



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ФАКУЛТЕТ ЗАШТИТЕ НА РАДУ У НИШУ



Немања П. Петровић

**ОПТИМИЗАЦИЈА КОМПОЗИТНИХ ФАКТОРА УРБАНОГ
СТАМБЕНОГ БЛОКА СА АСПЕКТА ПОБОЉШАЊА СТАЊА
МИКРОКЛИМЕ**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Текст ове докторске дисертације ставља се на увид јавности,
у складу са чланом 30., став 8. Закона о високом образовању
("Сл. гласник РС", бр. 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 44/2010,
93/2012, 89/2013 и 99/2014)

НАПОМЕНА О АУТОРСКИМ ПРАВИМА:

Овај текст сматра се рукописом и само се саопштава јавности (члан 7. Закона о ауторским и сродним правима, "Сл. гласник РС", бр. 104/2009, 99/2011 и 119/2012).

**Ниједан део ове докторске дисертације не сме се користити ни у какве сврхе,
осим за упознавање са њеним садржајем пре одбране дисертације.**

Ниш, 2024.



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF OCCUPATIONAL SAFETY



Nemanja P. Petrović

**OPTIMIZATION OF THE COMPOSITE FACTORS OF THE URBAN
HOUSING BLOCK FROM THE ASPECT OF IMPROVING THE
CONDITION OF THE MICROCLIMATE**

DOCTORAL DISSERTATION

Niš, 2024.

Подаци о докторској дисертацији

Ментор:

др Јасмина Радосављевић, редовни професор
Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду у Нишу

Наслов:

Оптимизација композитних фактора урбаног стамбеног блока са аспекта побољшања стања микроклиме

Резиме:

Истраживање у овој дисертацији фокусира се на урбане стамбене блокове као сложене архитектонско-урбанистичке функционалне целине и генеративне елементе урбане структуре. Они се разматрају као просторно-функционални склопови, ограничени уличном мрежом, чија граница одређује облик, величину, димензије и могућности организације и коришћења простора.

Истраживање се бави микроклимом урбаног блока стамбене функције, која је условљена метеоролошким параметрима, зеленим површинама и физичким структурама унутар блока. Циљ дисертације је дефинисање оптималних композитних фактора урбаних блокова индивидуалног и колективног становања ради постизања што бољих микроклиматских услова за боравак људи.

Индивидуално становање анализирано је кроз предикционе моделе слободностојећих објеката, двојних објеката и објеката у низу, док је колективно становање анализирано кроз предикционе моделе отвореног, полузатвореног и затвореног типа изградње.

У истраживању је коришћен софтверски пакет ENVI_MET за креирање холистичког микроклиматског модела. Симулациони модели креирани су тако да се истраживање обавља кроз 3 фазе: анализа утицаја геометрије блока, утицај различитих варијанти зеленила и утицај материјализације поплочања и фасада објеката на микроклиматске услове унутар блока. Поред утицаја на микроклиму урбаног стамбеног блока, анализиран је и утицај композитних фактора на физиолошки еквивалентну температуру (PET) и топлотни стрес корисника простора.

Примена материјала поплочања са високим вредностима албеда је идентификована као доминантан фактор у снижавању температуре амбијенталног ваздуха. Варијанте озелењавања са комбинацијом вертикалног зеленила имају већу ефикасност у снижавању температуре амбијенталног ваздуха у односу на варијанте са

искључиво хоризонталним зеленилом. Као најповољнији модели у погледу вредности физиолошког еквивалентне температуре и категоризације физиолошког стреса показали су се: модел индивидуалног становања са слободностојећим објектима, варијанте озелењавања са зеленим кровом, партерним зеленилом и уличним дрворедом, примене материјала са ниским вредностима албеда у поплочању, и примене материјала са ниским вредностима албеда у материјализацији фасада објеката и модел колективног становања затворене изградње блока, варијанте озелењавања са зеленим кровом, партерним зеленилом и дрворедом, материјализацијом поплочања материјалом високе вредности албеда и материјализацијом фасада објеката материјалом ниске вредности албеда.

Научна област:	Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду
Научна дисциплина:	Урбана екологија
Кључне речи:	Биоклиматско планирање, урбани стамбени блок, ефекат стаклене баште, микроклима, топлотни комфор, заштита животне средине
УДК:	711.4:628.8:551.58(043.3)
CERIF класификација:	T 270 Технологија животне средине, контрола загађења
Тип лиценце креативне заједнице:	Selected License Type: CC BY-NC-ND

Data on Doctoral Dissertation

Doctoral
Supervisor:

dr Jasmina Radosavljević, Full Professor
University of Niš, Faculty of Occupational Safety in Niš

Title:

Optimization of the composite factors of the urban housing block from the aspect of improving the condition of the microclimate

Abstract:

Research in this dissertation focuses on urban residential blocks as complex architectural-urbanistic functional units and generative elements of urban structure. They are considered as spatial-functional complexes, bounded by street networks, whose borders determine shape, size, dimensions, and possibilities for space organization and utilization.

The study addresses the microclimate of urban residential blocks, which is conditioned by meteorological parameters, green spaces, and physical structures within the block. The dissertation's objective is to define optimal composite factors of urban blocks for individual and collective housing to achieve better microclimatic conditions for human habitation.

Individual housing is analyzed through predictive models of standalone buildings, duplexes, and row houses, while collective housing is examined through predictive models of open, semi-closed, and closed construction types.

The software package ENVI_MET® was utilized to create a holistic microclimatic model. Simulation models were designed to conduct the research in 3 phases: analyzing the impact of block geometry, the influence of different greenery variants, and the effect of paving and façade materialization on the microclimatic conditions within the block. Besides the impact on the microclimate of the urban residential block, the influence of composite factors on the Physiological Equivalent Temperature (PET) and heat stress of space users was analyzed.

The application of paving materials with high albedo values is identified as a dominant factor in lowering ambient air temperature. Greening variants combining vertical greenery are more effective in reducing ambient air temperature compared to exclusively horizontal greenery. The most favorable models in terms of Physiological Equivalent Temperature values and physiological stress categorization have been: the individual housing model with standalone buildings, greenery variants with a green roof, ground-level greenery, and street trees, the use of materials with low

albedo values in paving, and the use of materials with low albedo values in façade materialization, and the collective housing model of closed block construction, greenery variants with a green roof, ground-level greenery and trees, paving materialization with high albedo value materials, and façade materialization with low albedo value materials.

Scientific Field:	Environmental and Occupational safety engineering
Scientific Discipline:	Urban ecology
Keywords:	Bioclimate planning, urban housing block, Urban heat island effect, microclimate, thermal comfort, environmental protection
UDC:	711.4:628.8:551.58(043.3)
CERIF Classification:	T270 Environmental technology, pollution control
Creative Commons Licence Type:	Selected License Type: CC BY-NC-ND

ЗАХВАЛНОСТ АУТОРА

Овом приликом изражавам неизмерну захвалност ментору др Јасмини Радосављевић на стручној, професионалној и моралној подршци, као и изузетној посвећености коју ми је несебично пружила у току израде ове докторске дисертације.

Изузетну захвалност дугујем коментору др Ани Вукадиновић која је својим саветима, сугестијама и својој несебичној подршци и помоћи била уз мене од самог почетка до краја израде дисертације.

Такође, захваљујем се и свим члановима Комисије на корисним саветима које су дали у циљу постизања квалитета ове дисертације.

Захваљујем се и својој породици на безрезервној подршци и толеранцији, посебно својој супрузи Наталији, која је својим саветима и охрабрењима заслужна за реализацију ове дисертације.

На крају, желео бих да овај докторат посветим својим родитељима Првославу и Сунчици у име неизмерне љубави, подршке и пожртвовања које су ми пружили током мог живота и школовања, као и ћерки Нађи.

У Нишу, 2024. године

Аутор

Немања Петровић

Садржај:

1 УВОД	17
1.1 Предмет научног истраживања	17
1.2 Циљ научног истраживања	19
1.3 Хипотезе истраживања	20
1.4 Очекивани резултати истраживања	21
1.5 Примењене научне методе	21
2 ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА МИКРОКЛИМЕ УРБАНИХ БЛОКОВА.....	23
3 УРБАНИ БЛОК.....	38
3.1 Историјски развој типологије урбаног блока	40
3.1.1 Градови грчког полиса	41
3.1.2 Средњевековни град	44
3.1.3 Индустијски град	49
3.1.4 Модерни град (рани 20. век)	52
3.1.5 Модерни град (середина 20. века)	57
3.1.6 Урбани блокови у Републици Србији	60
4 МИКРОКЛИМА УРБАНИХ СРЕДИНА.....	62
4.1 Температура ваздуха	63
4.2 Релативна влажност ваздуха	64
4.3 Ваздушна струјања.....	65
4.4 Средња зрачна температура	66
4.5 Сунчево зрачење	67
4.6 Физиолошки еквивалентна температура (ПЕТ)	69
5 ЕФЕКАТ ТОПЛОТНОГ ОСТРВА.....	72
5.1 Евапорација	74
5.2 Акумулација топлоте	75
5.3 Радијација	78
5.4 Конвекција	79

5.5	Топлота настала од антропогених извора.....	80
6	КОМПОЗИТНИ ФАКТОРИ УРБАНОГ СТАМБЕНОГ БЛОКА.....	82
6.1	Урбани дизајн.....	83
6.2	Топографија, предео и околина	85
6.3	Фасаде и повезаност	87
6.4	Урбана форма	88
6.5	Однос величина изграђене структуре блока и блока као целине	90
6.6	Јавне површине блока	91
6.7	Урбана структура – град	93
6.7.1	Урбани блок	93
6.7.2	Форма блока и распоред маса изграђене структуре блока.....	95
6.7.3	Функционална анализа блока	96
6.7.4	Међусобни однос објеката у урбаном блоку	97
6.7.5	Материјализација површина објеката и поплочања урбаног блока	99
6.7.5.1	Албедо	100
6.7.5.2	Материјализација кровова	102
6.7.5.3	Материјализација поплочавања	103
7	МЕТОДА ПРОРАЧУНА УТИЦАЈА КОМПОЗИТНИХ ФАКТОРА УРБАНОГ СТАМБЕНОГ БЛОКА НА МИКРОКЛИМУ	104
7.1	Топлотни комфор	104
7.2	Сунчево зрачење	106
7.3	Циркулација ветра	108
8	МОДЕЛИ УРБАНИХ СТАМБЕНИХ БЛОКОВА ЗА ИНДИВИДУАЛНО И КОЛЕКТИВНО СТАНОВАЊЕ	110
9	АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ДОБИЈЕНИХ СИМУЛАЦИЈОМ МОДЕЛА	116
9.1.1	Индивидуално становање.....	116
9.1.2	Колективно становање.....	120
9.1.2.1	Избор предикционих модела колективног становања	128
9.1.2.1.1	Предикциони модели отворене изградње урбаног блока.....	128
9.1.2.1.2	Предикциони модели полуотвореног блока.....	130
9.1.2.1.2.1	Предикциони модели линијске ламелне изградње урбаног блока КОЛ 3.1 и КОЛ 3.2	131
9.1.2.1.2.2	Предикциони модели ивичне ламелне изградње урбаног блока КОЛ 4 и КОЛ 5 ..	134

9.1.2.1.2.3	Предикциони модели ивичне ламелне изградње урбаног блока КОЛ 6 и КОЛ 7 ..	137
9.1.2.1.2.4	Предикциони модели ивичне изградње урбаног блока КОЛ 8 и КОЛ 9	139
9.1.2.1.3	Предикциони модел затвореног блока.....	143
9.2	УТИЦАЈ ПРИСУСТВА ЗЕЛЕНИХ ПОВРШИНА НА МИКРОКЛИМУ УРБАНОГ	
	СТАМБЕНОГ БЛОКА	143
9.2.1	Модели озелењавања урбаног стамбеног блока.....	143
9.2.1.1	Предикциони модели са зеленим крововима на индивидуалним стамбеним објектима	144
9.2.1.2	Предикциони модели са зеленим крововима на објектима и партерним зеленилом унутар парцела/блока.....	145
9.2.1.3	Предикциони модели са зеленим крововима и зеленим фасадама на објектима и партерним зеленилом унутар парцела/блока	146
9.2.2	Предикциони модели код индивидуалног становања	147
9.2.2.1	Варијанте модела озелењавања код модела ИНД1.....	147
9.2.2.2	Варијанте модела озелењавања код модела ИНД2.....	153
9.2.2.3	Варијанте модела озелењавања код модела ИНД3.....	158
9.2.2.4	Анализа физиолошки еквивалентне температуре (ПЕТ) за предикционе моделе индивидуалног становања	164
9.2.3	Предикциони модели код колективног становања	166
9.2.3.1	Варијанте модела озелењавања код модела КОЛ 2.....	166
9.2.3.2	Варијанте модела озелењавања код модела КОЛ 3.....	171
9.2.3.3	Варијанте модела озелењавања код модела КОЛ 4.....	177
9.2.3.4	Варијанте модела озелењавања код модела КОЛ 6.....	181
9.2.3.5	Варијанте модела озелењавања код модела КОЛ 9.....	186
9.2.3.6	Варијанте модела озелењавања код модела КОЛ 10.....	191
9.2.3.7	Анализа физиолошки еквивалентне температуре (ПЕТ) за предикционе моделе колективног становања	197
9.3	УТИЦАЈ МАТЕРИЈАЛИЗАЦИЈЕ ОБЈЕКТА НА МИКРОКЛИМУ УРБАНОГ	
	СТАМБЕНОГ БЛОКА	200
9.3.1	Индивидуално становање – предикциони модел ИНД 1 – А5	201
9.3.2	Анализа физиолошки еквивалентне температуре (ПЕТ) за варијантна решења коришћења различитих вредност албеда материјала објеката и поплочања на моделу индивидуалног становања ИНД 1_А5	207
9.3.3	Колективно становање – предикциони модел КОЛ 10 – А4	210
9.3.4	Анализа физиолошки еквивалентне температуре (ПЕТ) за варијантна решења коришћења различитих вредност албеда материјала објеката и поплочања на моделу колективног становања КОЛ 10_А4	216
10	ЗАКЉУЧАК.....	219
11	ЛИТЕРАТУРА.....	225

ПОПИС СЛИКА

Слика 2.1. Три карактеристична модела груписања зграда у урбаном блоку:	24
Слика 3.1. Прикази различитих облика урбаног блока [17]	39
Слика 3.2. Урбанистички план Пуреја (https://www.pinterest.de/pin/507499451733323830/)	41
Слика 3.3. Урбанистички план Пријене [22]	42
Слика 3.4. Урбани стамбени блок у грчком полису (https://www.pinterest.com/pin/439452876118195511/)	43
Слика 3.5. Анализа елемената урбаног стамбеног блока грчког полиса [21]	44
Слика 3.6. План средњовековног града Фераре из 1600. године (https://www.earthlymission.com/maps-of-medieval-cities/)	45
Слика 3.7. План средњовековног града Сазунта (https://www.antiquemapsandprints.com/sagunto-vintage-town-city-map-plan-spain1930-218821-p.asp)	46
Слика 3.8. Урбани блок средњовековног града [19]	48
Слика 3.9. Хобрехтов план намене земљишта из 1856. године (https://en.wikipedia.org/wiki/Hobrecht-Plan#/media/File:1856_Bauplanungen.jpg)	50
Слика 3.10. Елементи урбаног стамбеног блока Берлина [19]	51
Слика 3.11. Детаљ плана вртног града – Брондби, Данска (https://i.redd.it/5xqbx485lcz.jpg)	52
Слика 3.12. Изглед Париза: у доба реновирања (А), изглед данас (Б) (https://www.skyscrapercity.com/threads/medieval-paris-before-baron-haussmanns-transformation.1044081/page-9)	53
Слика 3.13. Радничко стамбено насеље у Бечу (http://www.viennashares.org/sharingpastandpresent/history-time-social-housing-in-vienna-little-red-planning-hood/)	54
Слика 3.14. План суперблока у Transvaalbuurt-у, Амстердам [28]	55
Слика 3.15. Елементи стамбеног урбаног блока у Transvaalbuurt-у, Амстердам [19]	56
Слика 3.16.. Стамбена четврт Siedlungen пројектанта Ernst May-a (https://www.pinterest.com/pin/416301559285874462/)	58
Слика 3.17. Елементи отвореног блока Unité d'Habitation [16]	59
Слика 5.1. Кретање површинске температуре и температуре ваздуха током дана и ноћи изнад урбане и субурбане територије и руралног подручја (https://www.epa.gov/heat-islands/learn-about-heat-islands)	73
Слика 5.2. Дневни енергетски биланс руралног подручја Ванкувера (лето 1983. године), предграђа Чикага (јул 1992. године) и урбаног подручја Мексико Ситија (децембар 1993) [57][58][59]	74
Слика 5.3. Разлика између урбане и руралне температуре ваздуха након заласка Сунца за различите односе висине зграда и ширине простора између њих [50]	78
Слика 5.4. Дневно генерисање антропогене топлоте у урбаном, субурбаном и руралном подручју Бризбејна, Аустралија [71]	81
Слика 6.1. Елементи урбане форме од макро до микро нивоа	82
Слика 6.2 . Урбани дизајн стамбеног блока	84
Слика 6.3. Елементи урбаног дизајна [77]	85
Слика 6.4. Топографија, предео и еколошких фактора у урбаном дизајну https://www.ucl.ac.uk/bartlett/architecture/sites/bartlett_architecture/files/styles/owl_carousel/public/3_ds4_22_nazhang_rbg_1.jpg?itok=xunAWhtR	86

Слика 6.5. Фасаде и њихова међусобна повезаност унутар урбаног стамбеног блока https://www.pinterest.com/pin/80431543326342970/	87
Слика 6.6. Урбана форма урбаног стамбеног блока https://www.archdaily.com/940835/sta-zwei-plus-plus-intergenerational-housing-trans-city-tc/5ed5d05ab3576538ab000597-sta-zwei-plus-plus-intergenerational-housing-trans-city-tc-program?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open	89
Слика 6.7. Комбинације индекса изграђености и индекса заузетости урбаног блока https://www.gov.uk/government/publications/national-model-design-code/national-model-design-code-part-2-guidance-notes-html-accessible-version	91
Слика 6.8. Јавна површина урбаног блока (1.Граница отворених јавних садржаја у блоку ; 2. Путања кретања корисника; 3. Визуелна повезаност са објектима. 4. Рекреативна површина; 6. Присуство зелених површина; 8. Осветљење стаза и простора за рекреацију) https://www.gov.uk/government/publications/national-model-design-code/national-model-design-code-part-2-guidance-notes-html-accessible-version	92
Слика 6.9. Повезивање урбаних блокова у урбану форму града https://www.mvrdv.com/projects/45/a101urban-block?photo=16280	94
Слика 6.10. Форме урбаних блокова настале формирањем уличне мреже.....	95
Слика 6.11. Мултифункционални урбани блок, Град Ниш.....	97
Слика 6.12. Типови ивичне изградње блока: а) затворен систем, б) полузатворен систем, в) полуотворен систем, г) отворен систем.....	98
Слика 6.13. Постављање објеката на парцели а) објекти у непрекинутом низу, б) објекти у прекинутом низу, в) слободностојећи објекти, г) полуатријумски објекти, д) атријумски објекти.....	99
Слика 7.1. Термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха стамбеног насеља (црвеноа боја представља највишу температуру, а плава најнижу) [96].....	107
Слика 7.2. Рефлексија Сунчевог зрачења са фасада објеката (розе боја означава највеће топлотно зрачење, док бела означава подручје са најнижим степеном топлотног зрачења [96].....	108
Слика 8.1. Улазни метеоролошки подаци за софтвер ENVI-met.....	114
Слика 9.1. Организација блокова за индивидуално становање са приступним саобраћајницама (ИНД 1, ИНД 2, ИНД 3).....	116
Слика 9.2. Промена температуре амбијенталног ваздуха на нивоу блока код модела индивидуалног становања у току дана.....	117
Слика 9.3. График кретања медијалне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока током дана код модела индивидуалног становања.....	120
Слика 9.4. Промена температуре амбијенталног ваздуха на нивоу блока код модела колективног становања у 5.00 часова.....	121
Слика 9.5. Промена температуре ваздуха у урбаном блоку код модела колективног становања у 9.00 часова ујутру.....	122
Слика 9.6. Промена температуре амбијенталног ваздуха у урбаном блоку код модела колективног становања у 15.00 часова.....	123

Слика 9.7. Промена температуре ваздуха у урбаном блоку код модела колективног становања у 22.00 часова	125
Слика 9.8. График медијалне температуре ваздуха на нивоу урбаног блока током дана код модела колективног становања	127
Слика 9.9. Мерне тачке за предикционе моделе КОЛ 1 и КОЛ 2	128
Слика 9.10. Графици промене температуре ваздуха и брзине ветра за мерна места модела КОЛ 1 и КОЛ 2	129
Слика 9.11. Мерне тачке за предикционе моделе КОЛ 3.1 и КОЛ 3.2	131
Слика 9.12 Графици промене температуре амбијенталног ваздуха и брзине ветра за мерна места модела КОЛ 3.1 и КОЛ 3.2	132
Слика 9.13. Мерна места за предикционе моделе КОЛ 4 и КОЛ 5.....	134
Слика 9.14 Графици промене температуре амбијенталног ваздуха и брзине ветра за мерна места модела КОЛ 4 и КОЛ 5.....	135
Слика 9.15. Мерна места за предикционе моделе КОЛ 6 и КОЛ 7.....	137
Слика 9.16 Графици промене температуре амбијенталног ваздуха и брзине ветра за мерна места модела КОЛ 6 и КОЛ 7.....	138
Слика 9.17 мерна места за предикционе моделе КОЛ 8 и КОЛ 9	140
Слика 9.18 Графици промене температуре ваздуха и брзине ветра за мерна места модела КОЛ 6 и КОЛ 7	141
Слика 9.19 Приказ уређења блока и термовизијски снимак температуре ваздуха варијанти (А1, А2, А3, А4 и А5) озелењавања, модела индивидуалног становања ИНД1	148
Слика 9.20. График медијалних температура ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте озелењавања модела ИНД 1	151
Слика 9.21 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања модела индивидуалног становања ИНД2.....	153
Слика 9.22. Кретање медијалних температура ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте модела ИНД 2	156
Слика 9.23 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха предикционих варијанти озелењавања модела индивидуалног становања ИНД3.....	159
Слика 9.24. Медијалне температуре амбијенталног ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела ИНД 3	162
Слика 9.25 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха за различите варијанте озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ2	167
Слика 9.26. Медијалне температуре ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела КОЛ 2	170
Слика 9.27 Приказ урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ3	172
Слика 9.28. Медијалне температуре ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела КОЛ 3	175

Слика 9.29 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ4	177
Слика 9.30. Медијалне температуре ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела КОЛ 4	180
Слика 9.31 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ 6	182
Слика 9.32. Медијалне температуре ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела КОЛ 6	185
Слика 9.33 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ 9	187
Слика 9.34. Медијалне температуре ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела КОЛ 9	190
Слика 9.35 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ10	192
Слика 9.36. Медијалне температуре ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела КОЛ 10	195
Слика 9.37. Термовизијски приказ температуре амбијенталног ваздуха анализираних варијанти комбинације материјала у 15.00 часова и у 22.00 часа	202
Слика 9.38. Медијалне температуре амбијенталног ваздуха блока за различите варијанте материјализације објекта и поплачања модела ИНД 1 _А5.....	206
Слика 9.39. Термовизијски приказ температуре амбијенталног ваздуха анализираних варијанти комбинације материјала у 15.00 часова и у 22.00 часа	211
Слика 9.40. Медијалне температуре амбијенталног ваздуха блока за различите варијанте материјализације објекта и поплачања модела КОЛ 10 _А4.....	215

ПОПИС ТАБЕЛА

Табела 2.1. Преглед литературе најзначајнијих параметара зелене инфраструктуре који утичу на микроклиму у урбаном блоку.....	32
Табела 3.1. Основни елементи урбаног блока према <i>Maria Oikonomou</i> [19].....	39
Табела 4.1. ПЕТ категоризација топлотног осећаја и физиолошког стреса у зависности од температуре [11]	70
Табела 4.2. Елементи микроклиме и њихов утицај на урбану средину	70
Табела 5.1. Анализа намене земљишта, временских услова и енергетског биланса руралног, субурбаног и урбаног подручја [50]	75
Табела 6.1. Дужина уличног фронта као елемент за утврђивање система градње блока [32].....	98
Табела 6.2. Вредност албеда материјала у урбаном блоку [90]	101
Табела 8.1. Модели урбаног блока са урбанистичким параметрима	110
Табела 8.2. Приказ основних параметара симулационих модела	115
Табела 9.1 Максималне разлике у температури амбијенталног ваздуха код модела индивидуалног становања у различитим периодима дана на висини од 1,5 m (висина кретања пешака)	118
Табела 9.2 Максималне разлике у температури амбијенталног ваздуха код модела колективног становања у различитим периодима дана	126
Табела 9.3. Површине зелених кровова у светским градовима, подаци из 2019. године [107]	144
Табела 9.4 Подаци о позицији и уделу зелених кровова у површини урбаног блока.....	145
Табела 9.5 Подаци о укупној површини зелених кровова и партерног зеленила и уделу зелених површина у укупној површини урбаног блока.....	146
Табела 9.6 Подаци о укупној површини зелених кровова, зелених фасада и партерног зеленила и уделу зелених површина у укупној површини урбаног блока.....	146
Табела 9.7. Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру модела индивидуалног становања ИНД1.....	150
Табела 9.8 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру модела индивидуалног становања ИНД1.....	150
Табела 9.9 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру модела индивидуалног становања ИНД2.....	155
Табела 9.10 Приказ минималних и брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру модела индивидуалног становања ИНД2.....	156
Табела 9.11 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру модела индивидуалног становања ИНД3.....	160
Табела 9.12 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру модела индивидуалног становања ИНД3.....	161
Табела 9.13 Параметри човека за анализу ПЕТ.....	164
Табела 9.14 вредности ПЕТ и категорије ПЕТ за варијанте озелењавања А4 и А5 предикционих модела ИНД 1, ИНД 2 и ИНД 3.....	165
Табела 9.15 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ2.....	169

Табела 9.16 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 2	169
Табела 9.17 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 3	174
Табела 9.18 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 3	174
Табела 9.19 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 4	179
Табела 9.20 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 4	179
Табела 9.21 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 6	184
Табела 9.22 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 6	184
Табела 9.23 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 9	189
Табела 9.24 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 9	189
Табела 9.25. Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 10 ..	194
Табела 9.26 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 10	194
Табела 9.27 Вредности ПЕТ и категорије ПЕТ за варијанте А3 и А4 предикционих Модела КОЛ 2, КОЛ 3, КОЛ 4, КОЛ 6, КОЛ 9, КОЛ 10.....	198
Табела 9.28 Карактеристике материјала из софтверског пакета ENVImet.	201
Табела 9.29 Вредности ПЕТ и категорије ПЕТ за варијанте ББ, БЦ, ЦБ и ЦЦ предикционог модела ИНД 1_А5.....	208
Табела 9.30 Вредности ПЕТ и категорије ПЕТ за варијанте ББ, БЦ, ЦБ и ЦЦ предикционог модела КОЛ 10_А4.....	217

1 УВОД

1.1 Предмет научног истраживања

У физичкој структури града, урбани стамбени блок представља сложену архитектонско-урбанистичку функционалну целину и генеративни елемент урбане структуре. То је јединствена урбана целина изграђеног и отвореног простора и као такав он представља просторно-функционални склоп који је одређен површином земљишта ограниченог уличном мрежом. Граница урбаног блока одређује његов облик и величину, димензије страна и површине простора, што утиче на могућности његове организације и коришћења. При решавању проблема просторне композиције урбаног стамбеног блока долази до прожимања архитектонског и урбанистичког планирања и пројектовања.

Анализом постојећег стања урбаног стамбеног блока, као просторно-функционалне целине и генеративног елемента урбане структуре, могу се претпоставити одговарајући облици његове физичке структуре. У том смислу урбани стамбени блок може се посматрати са аспекта истраживачког концепта у фази урбанистичког планирања и архитектонско-урбанистичког пројектовања, при давању планских смерница у облику препорука за правила уређења и градњу.

Просторно функционална целина урбаног блока се може посматрати и анализирати преко његових композитних фактора. Као значајнији композитни фактори урбаног блока могу се издвојити: међусобни положај зграда, спратност зграда, оријентација зграда у односу на улицу. Међусобни положај зграда има посебан значај на услове инсолације, удобност прилаза зградама и коришћење слободног простора међу зградама, као и на степен економичног коришћења инфраструктуре. Висина зграда, тип грађења, положај улица, потреба за отвореним просторима и зеленим површинама, итд., утичу на избор груписања зграда у урбаном блоку, односно на њихов међусобни положај. Свака од наведених утицајних компонената је променљива, због чега може настати велики број могућности у погледу композиције у појединим конкретним случајевима. Разноврсност урбане структуре блока утиче на значајне варијације његових микроклиматских услова.

Микроклима урбаног блока је условљена метеоролошким параметрима (сунчевим зрачењем, температуром и влажношћу ваздуха, притиском ваздуха и брзином ветра), зеленим површинама и егзистенцијом физичких структура унутар урбаног блока. Ова

условљеност биће предмет научног истраживања са циљем утврђивања степена зависности утицаја композитних фактора урбаног стамбеног блока и његове изграђености на величину формирања локалних циркулационих струјања ваздуха код различитих категорија стамбених зграда, при одређеним метеоролошким условима.

На основу датог предмета истраживања, у дисертацији је анализирано пет категорија стамбених зграда и то: две за породично становање (слободностојећа кућа, двојна кућа и кућа у низу) и три категорије за колективно становање (слободностојећа зграда, зграда у низу, зграда у низу типа ламеле). Анализа треба да пружи објашњење интеракције која постоји између зграда, вегетације, тла и слоја ваздуха у висини кретања корисника простора како би се применом одговарајућих интервенција приликом дефинисања композитних фактора урбаног блока остварило побољшање микроклиматских услова за рад и живот становника. Величина и облик блока зависе од тога да ли се нови блок имплементира у постојећу уличну мрежу, која је код већине градова у Србији неправилна због иницијално стихијског развоја насеобина, или је реч о новопланираним подручјима који имају правилну, углавном ортогоналну, уличну мрежу. У дисертацији ће бити разматрани блокови како правилне, тако и неправилне геометрије. Поред тога, разматрани су и различити типови изградње урбаног блока (затворен, полузатворен и отворен тип блока). Такође, разматран је слој ваздуха у висини кретања корисника простора са аспекта формирања локалних циркулационих зона у којима долази до дужег времена задржавања загађујућих супстанци ваздуха, које могу довести до одређених здравствених ризика код корисника разматраног простора.

Да би се дефинисали параметри који највише утичу на формирање микроклиме урбаног блока у дисертацији су, применом софтверских апликација за параметарско моделовање, обухваћена истраживања која се односе на:

- метеоролошке параметре,
- материјале завршне обраде отворених простора (површине саобраћајница и пешачких стаза, површине отворених паркинг простора, простора намењених рекреацији, итд),
- правце пружања улица,
- положаје и растојања између објеката и њихова висина у односу на правац струјања ветра,
- површине и врсте зеленила,
- површине и позиције зелених кровова,

- конструкције и завршну обрада омотача зграда.

За наведена истраживања коришћен је софтвер ENVI-met за симулацију урбане микроклиме. Коришћењем овог софтверског пакета истражени су међусобни односи између објеката, вегетације (партерно и кровно зеленило) и различитих обрада површина и презентоваће се њихов утицај на промене локалне микроклиме у урбаном блоку у току одређеног временског периода. Дакле, добијени су подаци о промени локалне климе у зависности од: геометрије и материјализације зграда (положај и висина зграда, материјали површинске обраде зграда материјала, итд.), типова земљишта у блоку, кровног и партерног зеленила у блоку (тип, висина, густина, површина, положај, итд.). За одређене различите варијанте, које су горе наведене, добијене су излазне величине: температура ваздуха, релативна влажност, брзина ветра за одређени временски интервал које утичу на формирање микроклиме предметног подручја.

У раду су анализирани параметри који утичу на микроклиму постојећег урбаног дизајна како би се дефинисало у којој мери геометрија урбаног простора, зелене површине, неизграђени простори утичу на микроклиму дефинисаног простора блока. На основу спроведених истраживања дефинисани су композитни фактори који доприносе побољшању микроклиматских услова. У дисертацији су разматрани урбани стамбени блокови намењени како индивидуалном, тако и колективном становању за које је извршена предикција на основу различитих варијанти дефинисаних композитних фактора.

1.2 Циљ научног истраживања

Побољшање микроклиме урбаног стамбеног блока је један од битних предуслова за унапређење урбанистичког планирања и уређење градских простора. Ради остваривања оваквог вида побољшања микроклиматских услова, дефинисан је основни циљ истраживања који треба да узрочну повезаност композитних фактора урбаног стамбеног блока и карактеристика насталих микроклиматских услова. Са утврђивањем ове узрочности може се са избором и оптимизацијом композитних фактора урбаног блока утицати и на оптималне услове микроклиматског стања са аспекта повољних услова за рад и живот корисника простора.

Остваривање постављеног општег циља захтева дефинисање и реализацију посебних циљева истраживања кроз:

- Дефинисање фактора (геометријских карактеристика изграђене средине, позиција и оријентација објеката, материјализација фасада, материјализација поплочања) који утичу на промену микроклиме урбаног блока стамбене функције, а који настају као последица урбаног планирања и дизајна подручја;
- Генерисање урбаног дизајна и постизања одговарајуће микроклиме у урбаном стамбеном блоку при разлчитим временским условима.
- Дефинисање типа и позиције зеленила (кровно и партерно зеленило) у зависности од елемената урбане структуре која утичу на микроклиму урбаног стамбеног блока.

1.3 Хипотезе истраживања

Предмет научног истраживања формиран је на основу дефинисања хипотезе истраживања. Основна хипотеза истраживања полази од тога да су композитни фактори урбаног стамбеног блока фаворизујући фактори карактеристика стања микроклиме урбаног блока стамбене функције. На основу овако постављене хипотезе произлази већи број помоћних хипотеза које треба да укажу на узрочну везу појединих фаворизујућих фактора, са свог аспекта на поједине параметре стања микроклиме урбаног блока стамбене функције.

Као помоћне хипотезе истраживања могу се издвојити следеће:

- Геометрија, орјентација и материјализација зграда као и отворених простора који су у систему урбаног блока, могу да утичу на осенчење, акумулацију и рефлексију сунчевог зрачења што би требало директно да утиче на спољашњу температуру ваздуха микроклиме урбаног блока стамбене функције.
- Партерно уређење отворених простора који су у систему урбаног блока, могу да утичу на осенчење, акумулацију и рефлексију сунчевог зрачења што би требало директно да утиче на спољашњу температуру ваздуха микроклиме урбаног блока стамбене функције.
- Земљишта у урбаном стамбеном блоку, која могу бити у саставу партерног зеленила, апсорбују топлоту доспелог сунчевог зрачења и врше његову реемисију у зависности од типа тако да би различити типови земљишта могли да имају и различити допринос на загревање ваздуха посматране микроклиме урбаног блока стамбене функције.

- Кровно зеленило апсорбује доспело сунчево зрачење и услед његовог реемитовања може да утиче на микроклиму урбаног блока стамбене функције.

1.4 Очекивани резултати истраживања

Основни, очекивани допринос и резултат научног истраживања, који је спроведен у оквиру дисертације, је:

- Дефинисање, оптималних композитних фактора урбаног стамбеног блока, ради постизања оптималних повољних услова за рад и живот становника кроз побољшање микроклиматских услова урбаног блока.
- Применом модела у оквиру софтверског пакета ENVI-met, утврдиће се утицај геометрије, орјентације, материјализације зграда и отворених простора, типа и позиције зеленила на формирање микроклиматских услова што се може искористити у фазама пројектовања урбаних блокова стамбене функције.
- Унапређење постојећих теоретских знања на основу добијених оригиналних научних резултата у делу урбаног планирања и пројектовања.
- Побољшање позитивне законске регулативе у области планирања и изградње и то у делу регулисања изградње зелених кровова као елемента стамбеног објекта са наменом парковског простора који имају позитивни утицај на здравље људи с једне стране и допринос у постизању оптималних микроклиматских услова урбаног стамбеног блока, са друге стране.

На основу наведених резултата истраживања, може се закључити да се они могу првенствено применити при планирању и пројектовању нових урбаних стамбених блокова, али резултати истраживања дају могућност да се при реконструкцији постојећих урбаних блокова стамбене функције, изнађу могућности примене одговарајућих композитних фактора који могу побољшати постојеће микроклиматске услове.

1.5 Примењене научне методе

На основу дефинисаног предмета научног истраживања, а ради остваривања постављених циљева и задатака истраживања примењене су опште научне методе и у оквиру њих посебне методе.

У оквиру научних метода коришћене су методе анализе и синтезе са циљем утврђивања везе између постављеног предмета и циља истраживања. Метода анализе коришћена је за анализу релевантних литературних извора у датој области.

Методом синтезе извршена је систематизација постојећег научног знања по законитостима формалне логике која треба да омогући поставку нових теоретских сазнања која су у вези са композитним факторима урбаног блока стамбене функције.

Поред методе анализе и синтезе коришћена је и дедуктивна метода којом је утврђен ниво утицаја геометрије, орјентације, материјализације зграда и отворених простора, типа и позиције зеленила на формирање микроклиматских услова урбаних блокова стамбене функције.

Такође, примењена је метода функционалне и каузалне анализе. Функционална анализа има за циљ да применом физичких модела, приликом испитивања појединих композитних фактора урбаног стамбеног блока, утврди њихову комбинацију при којој се постижу најповољнији микроклиматски услови урбаног стамбеног блока.

Примена каузалне анализе омогућава утврђивање узрочне везе између појединих комбинација композитних фактора урбаног стамбеног блока са метеоролошким параметрима који одређују микроклиму предметног испитиваног урбаног блока.

На овај начин је извршена оптимизација композитних фактора урбаног стамбеног блока за остваривање повољних услова за рад и живот корисника простора.

Применом методе моделовања, а на основу разматрања урбаних блокова правилне и /или неправилне геометрије као и на основу разматрања затвореног, полузатвореног и отвореног типа урбаног блока, за дефинисане варијабилне факторе извршене су нумеричке симулације применом софтверског пакета ENVI-met. Софтверски пакет ENVI-met омогућава да се изврши каузална анализа међусобних односа метеоролошких параметра који дефинишу микроклиму урбаног стамбеног блока и то у односу на објекте, вегетацију и материјализацију површина. Дакле коришћење софтверског пакета ENVI-met биће на микролокацијском нивоу (урбани стамбени блок).

2 ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА МИКРОКЛИМЕ УРБАНИХ БЛОКОВА

Проблем микроклиме градских стамбених блокова почео је да се разматра са порастом негативних последица ефекта урбаног топлотног острва, као феномен више температуре ваздуха у градовима у односу на околину. Ефекат урбаног топлотног острва представља најважнију последицу утицаја урбанизације на топоклиму. У последњих неколико година велики број радова објављен је на ову тему за различита поднебља, како се негативне последице ефекта урбаног топлотног острва могу смањити са циљем пружања већег топлотног комфора становника и корисника урбаних простора.

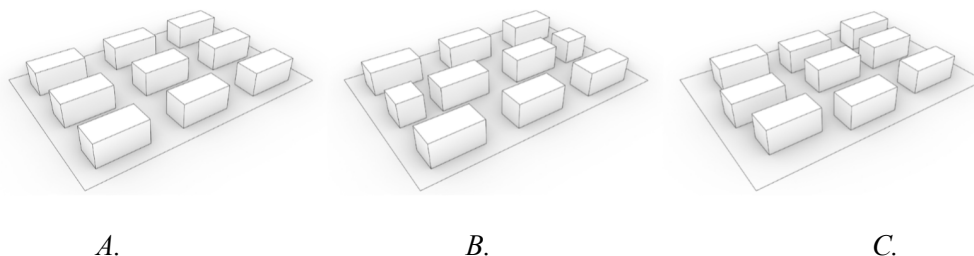
Sk Ziaul и *Swades Pal* су у истраживању [1] на тему смањења ефекта топлотног острва уз помоћ зеленила на простору града Меза у Индији проценили најбоље стратегије за ублажавање ефекта топлотног острва уз примену софтверског пакета ENVI-met®. Студија је рађена на 3 локације при чему је за сваку локацију разматрано 5 различитих стања истог простора: постојеће стање (C1), 100% озелењавање кровова (C2), 100% озелењавање кровова и зидова (C3), 50% озелењавање кровова и зидова (C4) и повећање партерног зеленила уз озелењавање кровова и зидова од 50% (C5). Прву локацију карактеришу отворена изградња и објекти средње висине; друга локација је компактно изграђена док су објекти углавном приземни; трећу локацију карактеришу ниски објекти отворене изградње са слободним површинама између њих. Распоред објеката урађен је према подацима са Google Earth платформе, а висине објеката одређиване су на лицу места. Према резултатима које су добили најбоље резултате су дали: стање C3 за отворену изградњу како средње високих (смањење температуре за 2,6°C) тако и ниских објеката (смањење температуре за 1,33°C) и стање C5 за отворену изградњу ниских објеката (смањење температуре за 1,87°C). Добијени подаци валидирани су простом линеарном регресијом између симулираних услова и постојећег стања.

Wanlu Ouyang и сарадници [2] испитивали су утицај различитих процената озелењавања у градским срединама различитих густина изградње. Истраживање је спроведено за поднебље са суптропском климом. Аутори су утврдили однос између присутности зелених површина и ефекта хлађења који те зелене површине пружају, тј. да ли је тај однос линеаран или нелинеаран са повећањем процента присутности зелених површина. Испитивања су урађена у софтверском пакету ENVI-met® на моделу са

различитим комбинацијама густине изградње (низак, средњи и висок) и различитим процентом покривености зеленилом површине која није изграђена (2 – 30% са интервалом од 2% и 56% покривености зеленилом). За овако постављене параметре модела анализиран је ефекат хлађења за три случаја густине урбаног ткива и то за два типа карактеристичних метеоролошких услова (најтоплији измерени дан и дан са просечном температуром за летњи период на посматраној локацији). За суптропску климу посматраног подручја резултати су показали нелинеарну (логаритамску) расподелу за однос покривености зеленилом и ефекат хлађења у сва три случаја густине изградње и за оба типа карактеристичних метеоролошких услова. Са процентом покривености зеленилом од 20 – 30% постигнута је оптимална ефикасност хлађења без обзира на густину и метеоролошке услове за летњи период.

Ahmad Hami и сарадници такође су истраживали утицај зеленила на топлотни комфор стамбеног блока за колективно становање [3]. Истраживање је обухватало физичка својства биљака, позицију и површину зеленила, густину садница, густину крошњи, врсту дрвећа, распоред садње и албедо.

Francesco De Luca истраживао је утицај сунчевог зрачења и ваздушним струјањем у урбаном стамбеном блоку [4]. Сунчево зрачење и ваздушна струјања представљају значајне факторе планирања урбаних стамбених подручја, јер је природно осветљење најбоље за осветљење унутрашњости објеката док ваздушна струјања могу да знатно утичу на комфор унутрашњег простора у зависности од формирања циркулационих зона око зграда. *Francesco De Luca* је анализирао утицај директног сунчевог зрачења, и циркулације ветра у зонама кретања пешака према Lawson-овим критеријумима за 27 варијација градње групације зграда у Талину. Циљ истраживања био је да се дефинишу оптималне конфигурације груписања објеката у урбаном блоку и да се развије метод за имплементацију решења у планску регулативу.



Слика 2.1. Три карактеристична модела груписања зграда у урбаном блоку:

A – правилна мрежа груписања објеката, B – степенести распоред груписања објеката, C – слободан распоред груписања објеката [4]

Креирао је параметарски модел за анализу 27 варијација груписања објеката у погледу шеме груписања, размака међу објектима и оријентације како би се анализирао упад сунчевих зрака, њихов утицај на фасаде објеката као и да би се одредио утицај ветра на комфор корисника простора.

Анализа резултата истраживања показала је да је најповољнији упад сунчевих зрака при правилној мрежи распореда објеката у урбаном блоку, највећој удаљености међу објектима и ротацији објеката под углом од 45° . Такође су резултати истраживања показали да у погледу формирања циркулационих зона ветрова, током највећег дела године, најповољнији распоред објеката степенасти и слободни правца пружања од 0° и 90° , док су се током јула месеца најбоље показали правилни и степенасти распоред објеката правца пружања ротираног за 45° . Анализа резултата је показала да сва три типа организације објеката у урбаном блоку показују задовољавајуће резултате при средњем и великом растојању између њих при заротираном положају за 90° .

Soumendu Chatterjee и сарадници истраживали су интеракцију различитих типова урбаног окружења на микролокацијском нивоу са циљем смањења ефекта топлотног острва [5]. У раду су анализирани четири стратегије смањења ефекта топлотног острва за подручје Колкате у Индији са тропским карактеристикама климе. Истраживање је спроведено коришћењем софтверског пакета ENVI-met[®]. Из градске структуре изабрана су три карактеристична случаја изградње: компактна градња објеката просечне спратности П+1, разуђена градња објеката просечне спратности П+4 и подручје компактне изградње просечне спратности П+9. Поред модела реалног стања направљени су модели са следећим карактеристикама:

- Модел са „хладним“ поплочањем – Асфалтне површине путева и тротоара, са вредношћу албеда од 0,31, замењене су бетонским површинама код којих је албедо 0,51.
- Модел са „хладним“ кровом – замењен је материјал за покривање објеката. Заменом материјала за покривање објеката, вредност албеда новог кровног покривања је 0,81.
- „Зелени“ модел – у овом моделу повећан је проценат зелених површина од 5 - 15% на свакој од посматраних локација
- Модел „хладног“ града – укључује примену промена које су оведене код свих претходних модела (замена асфалтних површина, замена кровног покривача, повећање процента зелених површина).

Резултати симулације су показали да се у току лета у моделу „хладног“ града температура ваздуха смањила за $0,7^{\circ}\text{C}$ за локацију са разуђеном изградњом објеката просечне спратност П+4, $0,8^{\circ}\text{C}$ за локацију са компактном изградњом објеката просечне спратност П+1 и за $1,1^{\circ}\text{C}$ за локацију са компактном изградњом објеката просечне спратност П+9. Разматран је и РЕТ тако да је вредност ове температуре за локацију са разуђеном изградњом објеката просечне спратност П+4 била у опсегу између $2,8^{\circ}\text{C}$ – $3,1^{\circ}\text{C}$, за локацију са компактном изградњом објеката просечне спратност П+1 била је у опсегу између $2,2^{\circ}\text{C}$ – $2,8^{\circ}\text{C}$ и за локацију са компактном изградњом објеката просечне спратне висине П+9 износила је $2,8^{\circ}\text{C}$ – $2,9^{\circ}\text{C}$. Анализа резултата је показала да вегетација има најзначајнији утицај на смањење ефекта топлотног острва.

Марија Лалошевић и сарадници спровели су истраживање, за Град Београд, које је обухватило употребу зелених кровова и материјала са ниским степеном апсорпције топлоте у циљу смањења ефекта топлотног острва [6]. Истраживање је спроведено на четири карактеристичне, у урбанистичко планском смислу за Град Београд, урбане јединице у оквиру постојећих стамбених блокова. За сваку од посматраних локација урађено је пет различитих модела. Основни модел је модел реалног стања а остали формиран модели су са елементима који потенцијално смањују ефекат топлотног острва. Анализирана је температура и то на нивоу кретања пешака и на нивоу кровова објеката у карактеристичним временским тренуцима током дана, у 7:00, 13:00, 19:00 и 01:00 часова. Симулације су рађене у софтверском пакету ENVI-met®.

Резултати истраживања су показали да се приликом увођења екстензивног зеленог крова температура амбијенталног ваздуха смањује у нивоу кретања пешака за највише $0,47^{\circ}\text{C}$, а у нивоу кровова за $0,53^{\circ}\text{C}$. Интензивни зелени кров даје боље резултате у погледу температуре амбијенталног ваздуха. Разлика између температуре амбијенталног ваздуха код модела реалног стања и модела са интензивним зеленим крововима износи максимално $1,51^{\circ}\text{C}$ у нивоу кретања пешака, а у нивоу кровова је $1,45^{\circ}\text{C}$. Уколико би се извршила реконструкција путева и поплочавања у погледу употребе материјала са већим албедом, разлика у температури амбијенталног ваздуха модела реалног стања и модификованог модела била би мања за $1,60^{\circ}\text{C}$ у нивоу кретања пешака и $0,90^{\circ}\text{C}$ мања у нивоу кровова. Највећи утицај на смањење ефекта топлотног острва има примена интензивних зелених кровова, изградња саобраћајних површина од базалтне цигле и светлог бетонског поплочања. Температура амбијенталног ваздуха урбаног блока, применом интензивних зелених кровова и изградњом саобраћајница од

базалтне цигле и светлог бетонског поплочања је мања у односу на температуру амбијенталног ваздуха основног модела за 1,80°C у нивоу кретања пешака и за 1,45°C у нивоу кровова.

Herath et all. су за тропско подручје Шри Ланке вршили процену ефекта зелене инфраструктуре на ефекат топлотног острва [7]. Истраживање је рађено применом софтверског пакета ENVI-met®.

Формирано је шест модела урбаног блока: модел реалног стања (T1), модел са применом дрвећа у тротоару уз саобраћајнице (T2), модел са применом зелених кровова на свим објектима (T3), модел са применом зелених кровова на половини објеката (T4), модел са применом зелених фасада на половини објеката (T5) и модел са комбинацијом дрвећа уз саобраћајнице, 50% зелених кровова и 50% зелених фасада (T6). Температуре амбијенталног ваздуха из модела од T2-T6 упоређиване су са температуром амбијенталног ваздуха из модела T1. Резултати су показали да је температура амбијенталног ваздуха код модела урбаног блока T1 мања од температуре амбијенталног ваздуха модела урбаног блока T2, T3, T4, T5 и T6 у опсегу од 1,87°C до 1,90°C.

Jose Rodriguez Algeciras и сарадници истраживали су утицај односа димензија и оријентације објеката који формирају унутарблоковске отворене површине, историјског центра града Камагвеја на Куби, на микроклиматске услове унутар блока [8]. Моделоване су и разматране различите геометрије настале варирањем дужине ивица унутарблоковског простора и висине околних објеката, као и оријентације унутрашњих дворишта ивично изграђеног блока. Анализа се базирала на временско просторном утицају геометрије дворишта на топлотне услове на простору са тропском климом. Процена утицаја заснивала се на нумеричким симулацијама средње зрачне температуре коришћењем софтверског пакета RayMan.

Резултати истраживања потврдили су да уколико је однос дужине ивица које дефинишу унутарблоковски отворени простор и висине објекта већи од 1 бољи јер доприноси побољшању топлотних услова у дворишту лети и смањује зоне са средњом зрачном температуром изнад 45°C. Оријентација дуж осе дворишта у правцу исток-запад утиче на смањење средње зрачне температуре за 15,7°C код дворишта изразито правоугаоног облика. Шеме кретања средње зрачне температуре по простору дворишта пружају информације о постојању и одређивању најповољнијих зона за одређене периоде дана и године за организацију простора унутарблоковских дворишта. Закључци аутора у погледу побољшања микроклиматских услова унутрашњих дворишта

обухватају: формирање унутрашњих дворишта квадратног облика даје бољи резултат у погледу смањења количине сунчевог зрачења у односу на правоугаони облик дворишта, однос дужине ивице дворишта и висине околних објеката има већи утицај од ротације блока, ротација блока има већи утицај у дистрибуцију засенчених делова дворишта у току дана.

Stella Tsoka је истраживао однос између морфологије урбаних простора и микроклиме на конкретним случајевима Града Солуна [9]. Истраживање је обухватило територију два градска подручја Солуна и примену енергетски ефикасних материјала, као и додатно постављање зеленила. Временски оквир истраживања је август месец, тј. летњи период. Показало се, на подручју обе локације, да употреба материјала са великим степеном рефлексије и малим степеном апсорпције сунчевог зрачења може утицати на смањење температуре површина улица и тротоара за 10°C уколико оријентација улица има правац север-југ. Ако оријентација улица има правац исток-запад тада је температура површина улица и тротоара мања за око $5,5^{\circ}\text{C}$. Такође је истраживање показало да се температура амбијенталног ваздуха, у најтоплије доба дана, може смањити за око $0,7^{\circ}\text{C}$ за оријентацију улице у правцу север-југ и за око $0,5^{\circ}\text{C}$ за оријентацију улице у правцу исток-запад, због смањене емисије дуготаласног зрачења и смањене конвекције топлоте. Уколико су растојања између објеката мала у односу на висину објеката долази до изразитог смањења директног сунчевог зрачења па је утицај примене високо рефлективних и ниско апсорпционих материјала значајно нижи. У овом случају, када су растојања између објеката мала, температура амбијенталног ваздуха је мања за само $0,25^{\circ}\text{C}$ у односу на основни модел реалног стања.

Показало се да додатно повећање површина под вегетацијом може допринети већим променама температуре површина улица и тротоара, јер велике површине сенки крошњи дрвећа спречавају загревање улица и тротоара, тако да се температура површина улица и тротоара на тај начин може смањити за 15°C без обзира на оријентацију улица. Са друге стране, резултати су показали да превише густо постављено високо зеленило утиче негативно на циркулацију ветра, тако да долази до слабијег кретања топлог ваздуха и благог повећања температуре ваздуха у односу на основни модел. Због тога треба водити рачуна о организацији и груписању стабала и карактеристикама (густина крошње, величина крошње, висина дрвета, размак међу дрвећем,...) планираног дрвећа. Истраживање је показало да је додатно смањење температуре амбијенталног ваздуха, за око $0,6^{\circ}\text{C}$, постигнуто потпуном пренаменом паркинг простора у парковско зеленило.

Поред употребе материјала ниске апсорпције и високе рефлексије сунчевог зрачења, као и зеленила, постоји могућност и увођења водених површина и повећања албеда вертикалних површина зидова објеката које такође могу имати великог утицаја на побољшање микроклиматских услова.

Tobi Eniolu Morakinyo и сарадници су у свом раду истраживали снижавање температуре ваздуха применом различитих типова зелених кровова у различитим климатским условима и са различитим висинама објеката [10]. Истраживан је утицај четири врсте зелених кровова на температуру спољашњег и унутрашњег ваздуха. Истраживање је спроведено на четири климатске зоне у урбаним блоковима који су имали три различите висине објеката (60m, 30m и 10m), применом софтвера ENVI-met® и EnergyPlus.

Резултати истраживања показују да су релативна влажност и интензитет сунчевог зрачења кључни параметри који одређују потенцијал ефекта смањења температуре ваздуха кроз евапотранспирацију зелених кровова. У топлим климатским условима са великом релативном влажношћу ваздуха зелени кровови су мање ефикасни у погледу снижавања температуре амбијенталног ваздуха у односу на подручја са топлотом климом и малом релативном влажношћу ваздуха. Најмањи ефекат зелених кровова је на подручју са умереном климом коју карактерише мали интензитет сунчевог зрачења и мала релативна влажност.

Према ефикасности снижавања температуре амбијенталног ваздуха и потребне енергије за хлађење унутрашњег простора објеката најефикаснији су интензивни зелени кровови. Њиховом применом долази до највеће уштеде у количини потрошене енергије за хлађење унутрашњег простора објеката у односу на основни модел, која износи 5,2%.

Истраживање које су спровели *Ouyang* и сарадници у 2020. години, бавила се испитивањем ефеката хлађења кроз зеленило у урбаној средини [11]. Истраживање је усмерено на утврђивање везе између обима зелених површина, посебно стабала, и њихове способности да обезбеде хлађење у различитим урбаним густинама и током различитих временских периода. Циљ је био пружити емпиријске доказе који би подржали планирање зелених површина у циљу побољшања микроклиматских услова у субтропским урбаним регионима. Истраживање је указало на логаритамски однос између покривености стаблима и редукције топлоте, што имплицира да постоји праг покривености стаблима изнад којег се добијају значајни ефекти хлађења. Студија је идентификовала да се оптимални ефекти хлађења постижу када је покривеност

зеленилом у интервалу од 20–30%. Резултати су пружили основу за формирање стратегија које би могле водити ка стварању термички пријатнијих и микроклиматски оптимизованих урбаних средина, што може имати значајне импликације за урбанистичко планирање и дизајн.

Истраживање *Abdollahzadeh* и сарадника у 2021. години се фокусира на процену термалних перформанси уличних кањона у стамбеним областима Ливерпоола у Аустралији, са циљем побољшања катефорије физиолошког стреса и идентификације оптималних урбанистичких конфигурација [12]. Евалуација је извршена кроз анализу утицаја композитних фактора блока на спољашњи термички комфор користећи компјутерске симулације, укључујући оријентацију улица, однос страница, типологију зграда и обухват површине.

Резултати истраживања показали су да оријентација уличног кањона има највећи утицај (46,42%) на спољашњи термички комфор (ОТС), праћен односом страница (30,59%), док је брзина ветра имала најзначајнији утицај на термички комфор спољних простора у обалској регији која типично присутан интензиван проток ваздуха.

Истраживање у 2022. години, које су спровели *Salvati* и сарадници, имало је за циљ да квантификује алbedo урбаног кањона (UCA) способност уличних кањона да рефлектују соларно зрачење назад у небо, што је контролисано соларном рефлективношћу путева и фасада и геометријом улице [13]. Анализирана је варијабилност UCA у типичном стамбеном подручју Лондона и њен утицај на спољашње и унутрашње микроклиме. Студија је користила мерења зрачења у стварним урбаним кањонима, физички модел на скали 1:10 и симулације помоћу ENVImet v 4.4.6 и EnergyPlus.

Резултати су показали да повећање рефлективности путева има висок апсолутни и релативни утицај на UCA у широким кањонима. У дубоким кањонима апсолутни утицај рефлективности путева је смањен, док је релативни утицај рефлективности зидова повећан. Такође, повећање рефлективности површина у урбаним кањонима негативно утиче на спољашњи термални комфор због повећаних међуодраза између површина, што доводи до виших средњих радијантних температура. Повећање рефлективности путева такође повећава инцидентно дифузно зрачење на суседне зграде, што изазива благи пораст унутрашњих оперативних температура. Налази су коришћени за дискусију о најбољим стратегијама дизајна за побољшање урбане термалне средине коришћењем

рефлективних материјала у урбаним кањонима без нарушавања спољашњег термалног комфора или унутрашњих термалних услова.

У табели 2.1. дат је преглед литературе најзначајнијих параметара зелене инфраструктуре који утичу на микроклиму урбаног блока.

Табела 2.1. Преглед литературе најзначајнијих параметара зелене инфраструктуре који утичу на микроклиму у урбаном блоку

Година	Часопис	Назив рада	Аутори	Локација	Тип блока	Софтверски пакет	Циљ рада	Улазни параметри - варијабле				Излазни параметри				Параметри модела
								Геометрија блока	Оријентација блока	Присуство зеленила	Материјализација	Температура ваздуха	Тмрт	Правац и брзина	ПЕТ	
2022	Building and Environment	The impact of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot-humid climate	Abd Elraouf, Reem Elmokadem, Ashraf Megahed, Naglaa Abo Eleinen, Osama Eltarabily, Sara	Port Fouad, Egypt	Стамбени блок, вишепородично становање	ENVI-met	Анализа утицаја урбане геометрије (коридора, односа висине објекта и ширине међу објектима и типологије зграда) на побољшање топлотног комфора у области са топлом и влажном климом	да	да			да	да	да	да	50 x 50 x 40 grid units 3 x 3 x 2m grid K=2 (1.4m) Sim. Period 14h Wall and Roof: Default material Moderate isolation Asphalt road
2021	Building and Environment	Impact of reflective materials on urban canyon albedo, outdoor and indoor microclimates	Salvati, Agnese Kolokotroni, Maria Kotopouleas, Alkis Watkins, Richard Giridharan, Renganathan Nikolopoulou, Marialena	London, England	Стамбени блок, вишепородично становање	ENVI-met EnergyPlus	Анализа утицаја различитих албеда урбаних кањона у стамбеним четвртима Лондона на топлотни комфор унутрашњег и спољашњег простора		да		да	да	да	да	да	100 x 100 grid 2 x 2 x 3m grid K=2 (1.5m) Sim. Period 36h Solar reflection analysis: Baseline model Fasade reflection Road reflection Combination

2020	Frontiers of Architectural Research	Outdoor thermal comfort: Analyzing the impact of urban configurations on the thermal performance of street canyons in the humid subtropical climate of Sydney	Abdollahzadeh, Nastaran Biloria, Nimish	Sydney, Australia	Стамбени блок, индивидуално и вишепородично становање	ENVI-met	Процена термичких перформанси улица у стамбеној зони и покушај да се побољша РЕТ индекс кроз проналажење оптималне урбане конфигурације	да	да	да		да	да	да	да	Sim. Period 24h
2020	Building and Environment	The cooling efficiency of variable greenery coverage ratios in different urban densities: A study in a subtropical climate	Ouyang, Wanlu Morakinyo, Tobi Eniolu Ren, Chao Ng, Edward	Hong Kong	Претежно стамбени блок, Вишепородично становање	ENVI-met	Доказивање постојања везе између степена покривености зеленилом и ефекта хлађења зеленила. Параметријска истраживања су спроведена на ENVI-met моделу и то на различитим густинама становања, као и различитим степеном покривености зеленилом.	да		да		да	да		да	118 x 118 grid units K=2 (1.5m) Sim. Period 24h Wall, roof and road albedo 0.3
2020	Urban Forestry and Urban Greening	Green roof effects on daytime heat in a prefabricated residential neighbourhood in Berlin, Germany	Maria Knaus, Dagmar Haase	Berlin, Germany	Стамбено насеље, вишепородично	ENVI-met	Анализа ефекта озелењавања кровова на спољашње топлотне услове у монтажної стамбеној зони. Софтвер се користи по први пут у планирању града			да		да			да	186 x 186 x 32 grid units 5 x 5 x 1m grid Sim. Period 24h Road: asphalt Roof : baseline scenario – asphalt Green model – intensive green roof LAD 2.5 50cm height

2018	Urban Forestry and Urban Greening	The influence of spatial configuration of green areas on microclimate and thermal comfort	Sahar Sodoudi Huiwen Zhang, Xiaoli Chi, Felix Müller, Huidong Li	Berlin, Germany	Просторна конфигурација зелених површина	ENVI-met, Rayman	Анализа везе између просторне конфигурације и ефекта хлађења зелених површина са пет различитих просторних конф и пет различитих типова вегетације	да	да	да		да		да	да	
2018	Building and Environment	Performance of Hong Kong's common trees species for outdoor temperature regulation, thermal comfort and energy saving	Tobi Eniolu Morakinyo, Kevin Lau, Chao Ren, Edward Ng	Hong Kong	Стамбено насеље, вишепородично	ENVI-met	Истраживање термалне и енергетске предности у одабраном кварту са тренутним индексом зелених површина од 7.2%, у поређењу са препоручених 30%.	да	да	да		да	да		да	100 x 100 grid units 5 x 5 m grid Initial air temperature 30 (°C) Relative Humidity 75 (%) Inflow direction 220 (°) Wind speed at 10 m 2.83 (m/s)
2018	Digital Landscape Architecture	Microclimate Analysis for Street Tree Planting in Hot and Humid Cities	Muge Unal, Cengiz Uslu, Ahmet Cilek, Mehmet Faruk Altunkasa	Adana, Turkey	Стамбено насеље, вишепородично	ENVI-met	Истраживање анализира како различите врсте вегетације и њихове гистине утичу на комфор пешака у граду са високим температурама и високом влажношћу ваздуха	да	да	да		да				180 x 120 x 20 cells, Time of start simulation: 00.00 – 23.59 Characteristic of the plant: Sparse tree crown and dense tree crown Plantation density: Low and high
2018	Urban Forestry and Urban Greening	Maximum extent of human heat stress reduction on building areas	Hyunjung Lee, Helmut Mayer	Stuttgart, Germany	Вишепородично становање	ENVI-met	Идентификовање врсте урбаног озелењавања које могу	да	да	да		да	да		да	150 x 150 grid units 3 x 3 m grid simulation time- 24h

		due to urban greening					највише смањити топлотни стрес на људима током врућих летњих дана.									
2017	Building and Environment	Evaluating the impact of urban green space and landscape design parameters on thermal comfort in hot summer by numerical simulation	Shibo Sun, Xiyan Xu, Zhaoming Lao, Wei Liu, Zhandong Li, Ester Higuera García, Li He, Jianning Zhu	Beijing	Вишепородично становање	ENVI-met, Rayman	Испитивање утицаја урбаних зелених површина и дизајна истраживање области на топлотни комфор у врућим летњим условима	да	да	да		да	да	да	да	90 x 40 cell grids grid set at 5 x 5 x 3 m
2017	Energy and Buildings	Temperature and cooling demand reduction by green-roof types in different climates and urban densities: A co-simulation parametric study	Tobi Eniolu Morakinyo, K.W.D.Kalani.C. Dahanayake, Edward Ng, Cheuk Lun Chow	Cairo, Hong Kong, Tokyo & Paris	Вишепородично становање	ENVI-met, EnergyPlus	Параметарска студија о утицају четири врста зелених кровова на спољну/унутрашњу температуру и потребу за хлађењем у четири различитих климатских услова и три урбане средине различитих густина	да	да	да		да	да		да	Simulation duration- 24h 2 x 2 x 3 m grid Domain size- 90 m × 200 m × 120 m Leaf reflectivity = 0.35 Leaf emissivity = 0.95 Minimal stomatal resistance (s/m) = 180 Thermal Conductivity (W/m.K) = 0.90 Density (kg/m3) = 1850 Specific Heat (J/kg.K) = 850 Thermal emissivity = 0.65 Solar Absorptance = 0.35
2016	Landscape and Urban Planning	Contribution of trees and grasslands to the mitigation of human heat stress in a residential district of Freiburg, Southwest Germany	Hyunjung Lee, Helmut Mayer, Liang Chen	Freiburg, Germany	Троспратне стамбене зграде са косим крововима и уличним кањонима са асфалтом површине, травњаци и дрвеће широког лишћа	ENVI-met, BioMet, RayMan	Квантификација доприноса дрвећа и травњака у ублажавању топлотног стреса код људи током дана и ноћи на различитим просторним скалама	да	да	да		да	да		да	Simulation duration- 24h 150 x 150 grid units 1 x 1 x 1 m grids

2015	Building and Environment	Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands	Mohammad Taleghani, Laura Kleerekoper, Martin Tenpierik, Andy van den Dobbelsteen	Netherlands	Стамбени блок, индивидуално и вишепородично становање	ENVI-met Rayman	Анализа најадекватнијих климатских услова у погледу топлотног комфора за боравак људи, која се врши на три типа становања, индивидуално м, колективном линијском и затвореном типу изградње укључујући и оријентацију објеката и коридора	да	да			да	да	да	да	1 x 1 x 2m grid K=2 (1.4m) Sim. Period 21h Heat transmittance: 0.31 W/m ² K (walls), 0.33 W/m ² K (roofs) Albedo: 0.1 (walls), 0.05 (roofs)
2015	Building and Environment	CFD analysis of transpirational cooling by vegetation: Case study for specific meteorological conditions during a heat wave in Arnhem, Netherlands	Christof Gromke, Bert Blocken, Wendy Janssen, Bart Merema, Twan van Hooff, Harry Timmermans	Arnhem, Netherlands	Колективно становање	Computational Fluid Dynamics (CFD)	Истраживано је транспирационо хлађење вегетације као мера за ублажавање спољних температура ваздуха за улични кањон у центру града за метеоролошке услове поподневног сата врелог летњег дана	да	да	да	да	да				
2014	Urban Forestry & Urban Greening	Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort	Katia Perini, Adriano Magliocco	Milan, Rome, Genoa	Вишепородично становање	Envi-met	Анализа ефекта урбаног топлотног острва са аспекта дистрибуције температуре и спољашњи топлотни комфор у	да	да	да		да		да		The grid resolution 5m horizontally and 2m vertically (52m×52m×2m). A mesh of 80×80 grids was allocated onto the entire model area (4002m×4002m), with a resolution of 5m.

							густом урбаном окружењу.									All the simulations carried out start at 10:00 A.M. and run for 4h; the model saves the data every 60min.
2013	Building and Environment	Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer	Manat Srivanit, Kazunori Hokao	Saga University, Japan	Објекти јавне намене	ENVI-met	Анализа важност и озелењавања као потенцијалне методе за пасивно хлађење и за смањење температуре амбијенталног ваздуха, посебно на нивоу пешака.	да	да	да	да	да		да		200x246 x 20 grids
2012	Building and Environment	An evaluation of outdoor and building environment cooling achieved through combination modification of trees with ground materials	Mohd Fairuz Shahidan, Phillip J. Jones, Julie Gwilliam, Elias Salleh	Putrajaya, Malaysia	Урбано ткиво уз градску саобраћајницу	ENVI-met, HTB2	Истраживање оптималног ефекта хлађења дрвећа са модификацијом приземног материјала у ублажавању утицаја урбаног топлотног острва и предности у погледу енергетских перформанси зграда у тропској клими.	да	да	да	да	да		да		(albedo of 0.8) 250 x 250 x 30 grids Simulation time 24h

3 УРБАНИ БЛОК

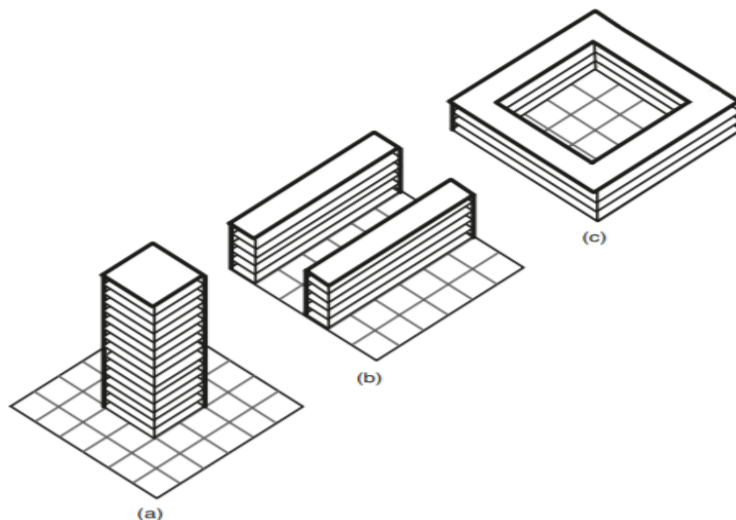
Урбани блок као основни елемент грађе и функције урбане средине може се дефинисати на више начина:

Léon Krier је 1994. године дефинисао урбани блок као део урбане средине који је од околних делова одвојен улицом. Он представља типолошки елемент који је основ за стварање урбаног простора, али може и остати недефинисан и произаћи из мреже околних улица и тргова. Према Krierу, урбани блок се може састојати од једне зграде или више зграда које су груписане у неку целину. Као део урбаног континуума урбани блок је градивни елемент који просторно и функционално оптимизован да пружи подршку за различите околности и свакодневни живот [14].

Hildebrand Frey 1999. године географски описује урбани блок као најмању површину окружену планском мрежом улица и путева [15].

Panerai, Castex и Depaule 2004. године дефинишу урбани блок као урбани елемент оивичен улицама и деле га на две целине ивицом блока где је ивица директно повезана са улицом и сагледава се као јавни простор и унутрашност која представља приватну зону. По њиховом мишљењу, да би урбани блок био адекватан, мора да садржи јавни и приватни простор и тачно дефинисане обрасце за коришћење ових простора [16].

Graham Towers 2005. године описује урбани блок на два начина: као елементарно груписање зграда смештених на комаду земље који је дефинисан мрежом улица тако да делује као јединствена целина, и као јединствену зграду која узима у обзир разне просторе и функције које би иначе биле резултат међусобног распоређивања различитих зграда. Као јединствена зграда урбани блок може имати различите облике што отвара могућност за стварање потпуно различитих урбаних простора, па се тако може на истој површини урбаног блока добити идентична бруто развијена површина било да је у питању петнаестоспратница торањског облика (слика 1а), већи број петоспратница које су груписане у ламеле (слика 1б) или троспратница грађена по принципу ивичне изградње (слика 1ц) [17].



Слика 3.1. Прикази различитих облика урбаног блока [17]

Ildefonso Cerdá је користио урбани блок као основ за план проширења Барселоне у 19. веку. Он је применио концепт урбане мреже блокова (манзана) који су били дефинисани пресеком различитих улица које су означавале њихове границе. Такав план је усвојен за проширење града јер се сматрао ефикасним за структуру урбаних блокова и кохезију града [18].

Maria Oikonomou је у својим истраживањима, на основу анализе типологије урбаних блокова, дефинисала основне елементе урбаног блока (улица, парцела, зграда и отворени простор) у погледу просторних и социјалних карактеристика [19].

Табела 3.1. Основни елементи урбаног блока према **Maria Oikonomou** [19].

Елемент	Просторне карактеристике	Социјалне карактеристике
Улица	1. Изглед 2. Оријентација уличне мреже 3. Хијерархија улица 4. Димензије 5. Зеленило	1. Функција (пешачки, аутомобилски, межевита саобраћај, итд.) 2. Приступачност 3. Коришћење (јавни простор, транзитни простор,...)
Парцела	1. Димензије 2. Просторни распоред	Намена земљишта (приватно, јавно, мешовито)
Зграде	1. Архитектонска форма 2. Материјал 3. Оријентација 4. Индекс заузетости парцеле и индекс изграђености парцеле	1. Корисници (социјални статус, старосно доба, брачно стање) 2. Намена објеката (становање, пословање, комбинација,...) 3. Временски оквир 4. Својина

Отворени простор	1. Површина 2. Однос отвореног и изграђеног простора унутар блока 3. Зеленило	1. Корисници (станари блока или јавна намена) Активности (рекреација, транзит,...) 3. Својина (приватна, јавна)
------------------	---	---

У законској регулативи Републике Србије у члану 2 Закона о планирању и изградњи, који се тиче дефинисања појмова који су употребљени у закону, стамбени блок је описан као целина у насељеном подручју која је јасно ограничена јавним површинама намењеним саобраћају при чему је могуће увести додатне интерне путање кретања за различите типове саобраћаја. У погледу геометрије блока разликује се ивична и слободна градња, односно отворени, полуотворени и затворени блокови [20].

Урбани блок (градски блок) може да се дефинише као просторно-функционална целина одређене намене и површине чију границу чине ободне саобраћајнице. Саобраћајна мрежа има за циљ да обезбеди несметану употребу блока и код највећег броја случајева, већ постојећих градова, она је формирана у функцији блока. Код планирања нових или приликом проширења постојећих градова улична мрежа се пројектује према планираној намени и предвиђеној фреквенцији возила. На тај начин добијају се празне површине између улица (урбани блокови) чије се планирање тек очекује и које је сада у функцији уличне мреже.

Може се десити да границу блока чине природни елементи или је она можда условљена конфигурацијом терена. Тада намену урбаног блока треба ускладити са тим и описати га као површину која је јасно ограничена природним елементима и у складу са тим дефинисати његов начин коришћења.

3.1 Историјски развој типологије урбаног блока

Просторну структуру урбаног блока чини основа парцеле која представља дводимензионални простор, и зграде које као посебни елементи уклопљени у дефинисани простор урбаног блока дају трећу димензију. Груписани урбани блокови, оивичени улицама и јавним просторима чине план града.

Велика већина градова, нарочито европских, настала је на простору античких или средњовековних насеобина, и остаци тих насеобина чине историјско градско језгро.

Међутим, постоје и градови чији је настанак независан од историјских фактора. Заједничко за оба начина настанка градова је историјски дефинисана култура грађења. Повезаност постоји и у погледу заједничког урбаног развоја чак иако су настали у различитим временским оквирима, на различит начин и под различитим околности које су довеле до њиховог настанка. Колико год да постоје сличности у развоју градова, у зависности од посебних услова и захтева који владају на неком поднебљу, разлике се могу разврстати на: географске, националне, институционалне, економске, итд. Ове разлике пресликавају се у урбану морфологију, као и у социјални карактер насталих градова.

3.1.1 Градови грчког полиса

Хиподамус из Милета је најпознатији урбаниста периода класичне епохе Старе Грчке и сматра се творцем урбанистичког планирања. Ортогонална улична мрежа се и данас често назива Хиподамова улична мрежа с обзиром на то да је овакав тип организације града био карактеристичан за грчке полисе. Он је планирао град Пиреј приказан на слици 3.2. (данашња Атина), а постоје и тврдње да је радио план и за Милет и Родос.



Слика 3.2. Урбанистички план Пиреја (<https://www.pinterest.de/pin/507499451733323830/>)

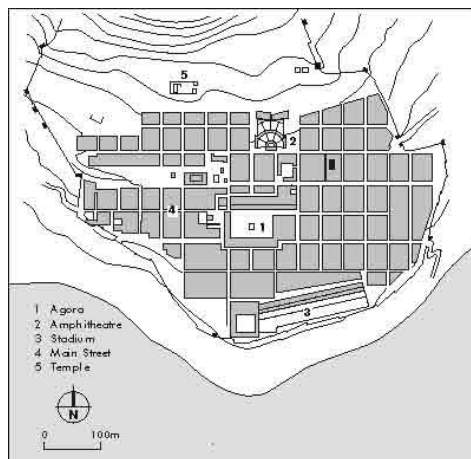
Урбани блокови у грчком полису били су намењени за становање. Употребом ортогоналне мреже обезбедила се равномерна расподела земљишта свим власницима. Трговина и становање били су главна намена блока, а отворени простори су служили за

дружење и окупљање. Све остале „градске“ функције попут позоришта, школа, пијаца, налазиле су се изван урбаних блокова у посебном делу полиса.

Антички град Пријена (Јонија) је хеленистички град у Малој Азији и представља добар пример планирања градова хеленистичке културе [21].

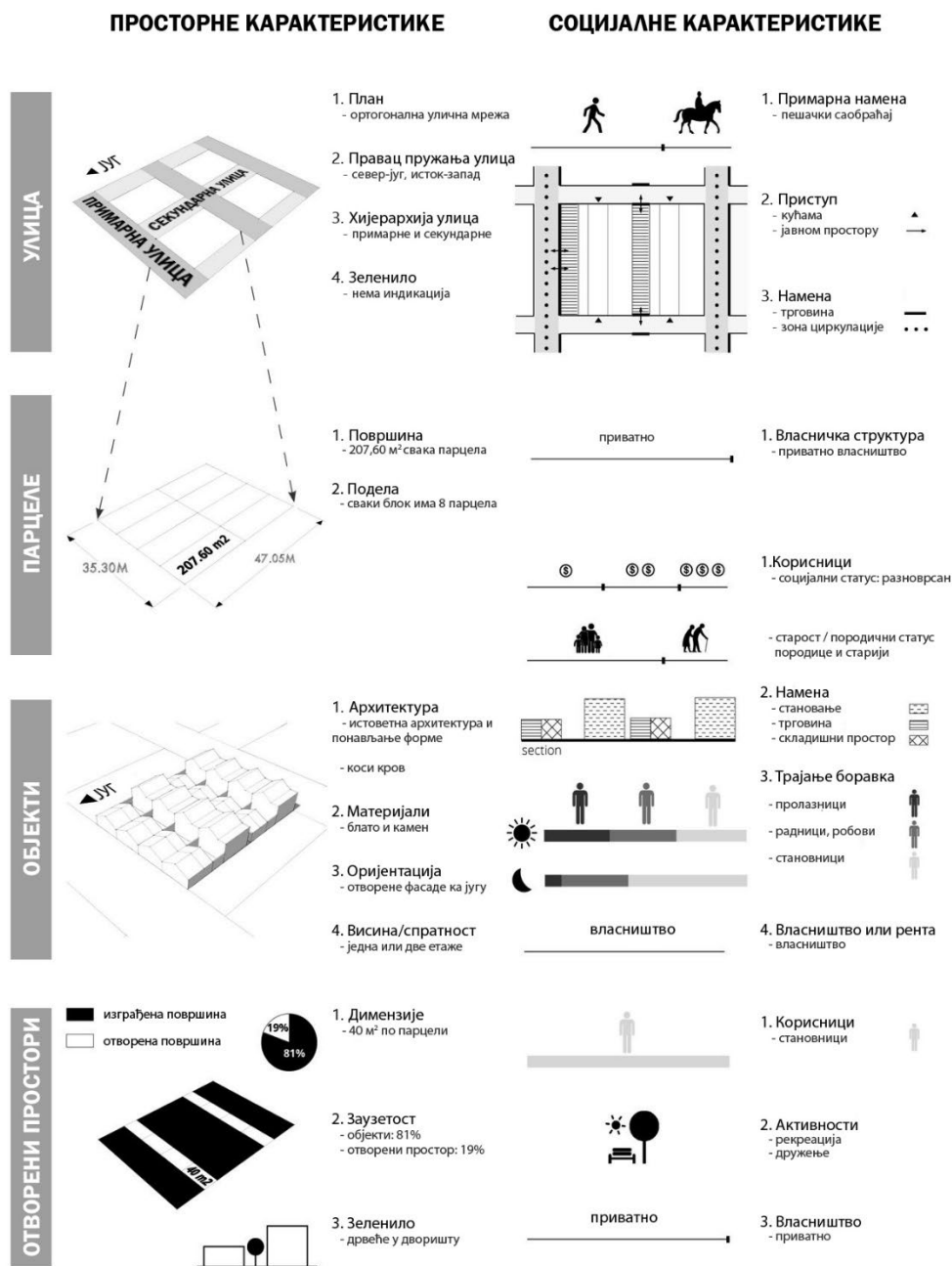
Пријена је изграђена око 370. године пре нове ере, и сматра се да је планер био Питеас, који је такође био један од најпознатијих планера хеленистичког периода. Град је позициониран на југозападу данашње провинције Ајдин, дистрикта у Турској. Како је формиран на падини, подељен је у 4 нивоа, а имао је око 4000 становника.

Улична мрежа Пријене састојала се из 6 примарних хоризонталних улица које се пружају правцем исток-запад и секундарних улица правца север-југ које заједно чине ортогоналну уличну мрежу, приказану на слици 3.3. Сви блокови који настају таквом уличном мрежом били су подељени на по 8 парцела од којих је свака имала димензију 8 m x 23 m. Главне улице имале су функцију саобраћајница и користиле су се и за трговину, док се кућама приступало из секундарних улица.



Слика 3.3. Урбанистички план Пријене [22]

Урбано језгро града Пријене састојало се из истоветних урбаних и архитектонских форми. Сви стамбени објекти били су архитектонски идентично обликовани са унутрашњим двориштем од око 40 m² коме се приступало из свих соба једне куће и користило се за окупљање укућана и за одмор. На слици 3.4. приказан је урбани стамбени блок у грчком полису.



Слика 3.5. Анализа елемената урбаног стамбеног блока грчког полиса [21]

3.1.2 Средњевековни град

Након пада Римског Царства, многи градови су напуштени, док су остали били уништавани од стране варвара. За то време је у остатку Европе дошло до урбаног раста и изградње нових насеља сконцентрисаних око трговине и занатства. Дошло је до појаве

полицентричног и диференцираног обрасца насеља који се састојао од специјализованих градова који су се заснивали на трговини углавном. Како је велика већина европских градова настала на темељу средњовековних градова, поједини аутори сматрају овај начин настанка савремених градова основом такозване европске заједнице [23]. На слици 3.6. је приказан план средњовековног града Фераре из 1660. године.



Слика 3.6. План средњовековног града Фераре из 1600. године (<https://www.earthlymission.com/maps-of-medieval-cities/>)

Основна карактеристика просторног планирања средњовековних градова јесте граница између града и околине. Ту границу углавном представљају зидине утврђења које су имале одбрамбену функцију града. Друга битна карактеристика јесте централна локација катедрала и главних улица са трговима. Трг је имао улогу пијаце и био је главно место свих трансакција. Улична мрежа остатка града била је у потпуности подређена доминантној позицији трга. Уске и компактне улице неправилног облика углавном су се зракасто спајале са централним тргом и на тај начин настајали су блокови неправилног полигоналног облика. Улице су служиле за транспорт робе и кретање уопште, па је подела парцела унутар блока била мање битна. Парцеле су биле уске, али дугачке тако да би што већи број трговаца могао да има отворен фронт ка улици. Објекти који су испуњавали такве парцеле имали су различите форме, па је и сама урбана морфологија значајно варијала. Одсуство континуитета у грађевинским линијама објеката према појединим ауторима представља доказ постојања различитих материјалних статуса становништва, па се тако могу препознати: трговци, занатлије, буржуји и свештеници) [24].

Конвергентни развој шпанског средњовековног града Сагунто у погледу економских, социјалних и културних карактеристика, као и урбанистичког плана, био је сличан великом броју других европских градова тог периода.

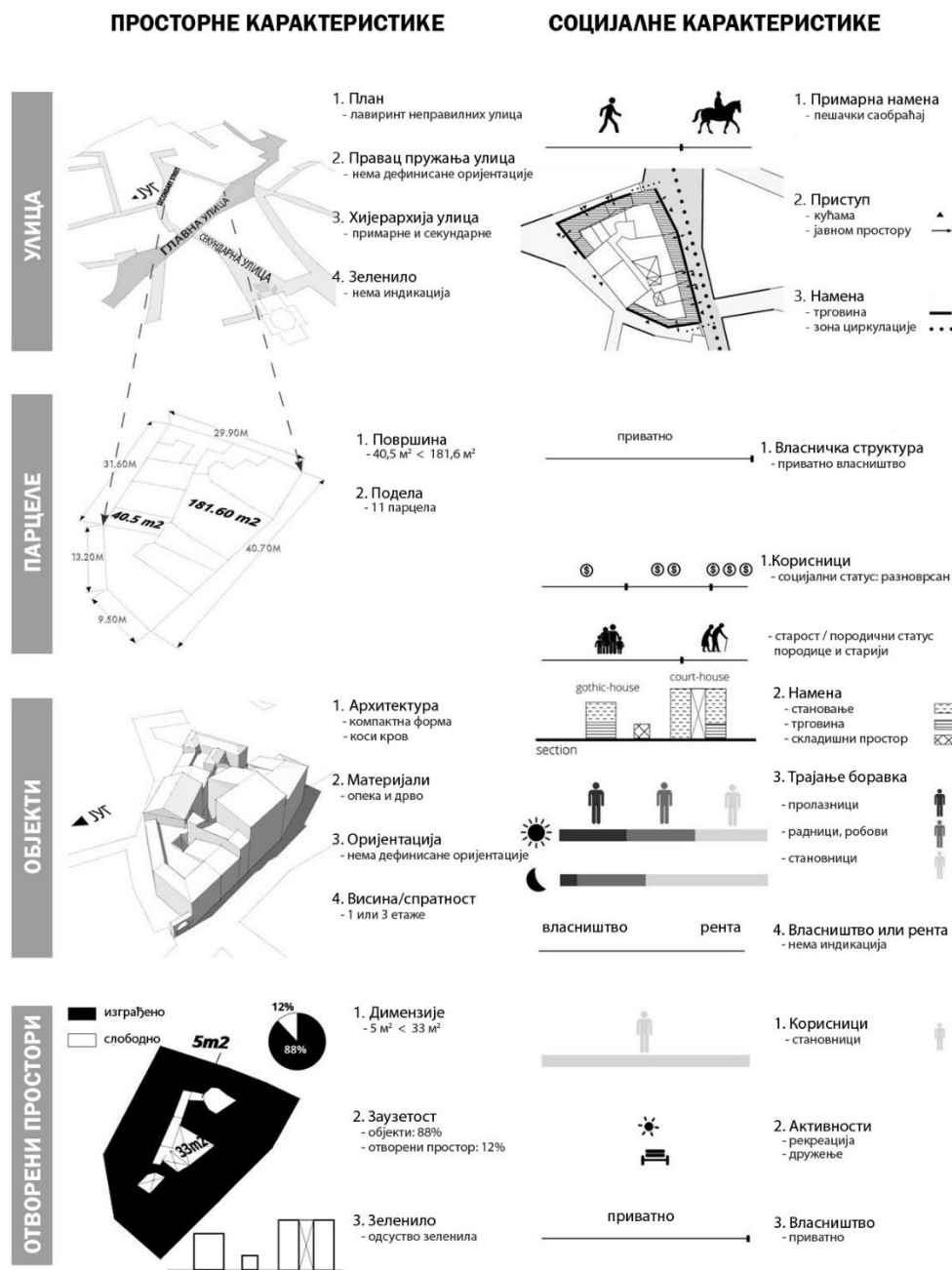
Сагунто су подигли Ибери у 5. веку пре нове ере. Град се брзо развијао пре свега захваљујући добрим трговинским везама са Грчком и Римским Царством. Иако разорен 219 године пре нове ере од стране Ханибала, 212. године пре нове ере враћа се у руке Римљана, тако да се велики број објеката који су настали под утицајем архитектуре Рима још увек назиру, попут римског циркуса, позоришта и дворца на брду око којег је уређен стари град. Након окупације Мавара 1098. године град доживљава процват, а затим долази до повратка власти Шпаније, при чему се формира мултикултурални град где бораве Маври, Јевреји и Хришћани унутар једног утврђења.

Урбано градско ткиво састављено је из више тргова који су повезани уским, кривудавим улицама које дефинишу облик блокова. У погледу организације блокова нема јасног раздвајања целина већ долази до мешања објеката за становање са малим двориштима и верских објеката. Раније поменута разлика у социјалним структурама не огледа се само у просторном раздвајању заната и услуга, већ је присутна и у изграђеним структурама, па се тако разликују два типа парцела, кућа и повезаних начина живота. Два основна типа кућа су готичка кућа и дворска кућа. На слици 3.7. приказан је план средњовековног града Сагунта.



Слика 3.7. План средњовековног града Сагунта (<https://www.antiquemapsandprints.com/sagunto-vintage-town-city-map-plan-spain1930-218821-p.asp>)

Готичка кућа је организована дуж правца који стоји управно на правац пружања улице и иде ка унутрашњости блока. Прва етажа је намењена за дневни боравак и производњу док се на другом спрату налазе мање битне просторије, за послугу. Са друге стране, дворска кућа кружно око унутрашњег дворишта. Прва етажа састоји се од улазне партије и штала и није намењена за живот. У овом типу објекта се не налазе производне функције, али се може организовати комерцијална функција. У обликовном смислу, дворска кућа не одаје утисак велелепности као готичка, па делује као да по потреби може да се изврши доградња ка унутрашњости дворишта. Међутим дворска кућа је намењена вишој класи становништва са бољим условима живота и користи целу површину парцеле одједном и није могуће извршити доградњу. На слици 3.8. приказане су просторне и социјалне карактеристике урбаног блока средњовековног града.



Слика 3.8. Урбани блок средњовековног града [19]

Урбани блок се налази у централном делу града Сагунта. Сагунту карактерише изломљена улична мрежа, излазак на главну улицу и постојање капије која води у јеврејски кварт. Овај град представља сегмент инстраживања *Marie Oikonomou* [19] и због својих карактеристика представља репрезентативан град тог времена, како по свом облику и по величини, тако и према типовима изграђених објеката

Код овог града отворени простори чине свега 12% територије блока, што је мање у односу на грчки полис, али за разлику од полиса овде нема зелених површина. Такође објекти су веће спратности, тако да се додатно визуелно смањује утисак присуства отвореног простора. Социјалне карактеристике средњевековног града се не разликују много од социјалних карактеристика градова античке грчке, доминантан је пешачки саобраћај, парцеле су у приватном власништву, слободне површине су намењене станарима. У оквиру једног блока постоји јасна разлика у социјалном статусу власника објеката, а огледа се у типу објекта који се налази на парцели. Намена објекта подељена је према етажама и оријентацији на стамбени простор, трговину и магацински простор.

3.1.3 *Индустријски град*

Један од најзначајнијих искорака друштва била је индустријска револуција. Током појаве и развоја индустријских градова, дошло је до масовне миграције сеоског становништва у градове (урбанизација). Средњевековни град у том тренутку је већ имао проблем да обезбеди дом за све већи број становника. Како би се проблем смештаја становништва решио дошло је до развоја градова и ван зидина утврђења средњевековних градова. Дошло је до формирања компактних градова који су се ван зидина вратили принципу планирања по правилној мрежи у којима је за транспорт почео да се све више користи аутомобил. Највећи проблем тог периода био је недостатак инфраструктуре (водовода и канализације), као и значајно загађење ваздуха због индустрије па је то условило ширење болести и нездравог окружења.

Правилна улична мрежа помогла је брз раст градова, а то је условило и правилне блокове, као и правилан распоред парцела [25]. Карактеристика изградње блокова је била ивична изградња са унутрашњим двориштима. Зграде се нису много разликовале по облику и величини. Спратност зграда је повећана и износила је од 4 до 6 етажа. Како су блокови рађени по сличним принципима, урбано ткиво новог града било је састављено од низа мултиплицираних блокова са минималним разликама. Типичан пример таквог индустријског града је Берлин у коме се и данас види урбани распоред који је резултат постојања индустријске ере.

Берлин је током индустријске револуције био главни град Краљевине Прусије са великим бројем становника и високом стопом економског раста. James Nobrecht, шеф

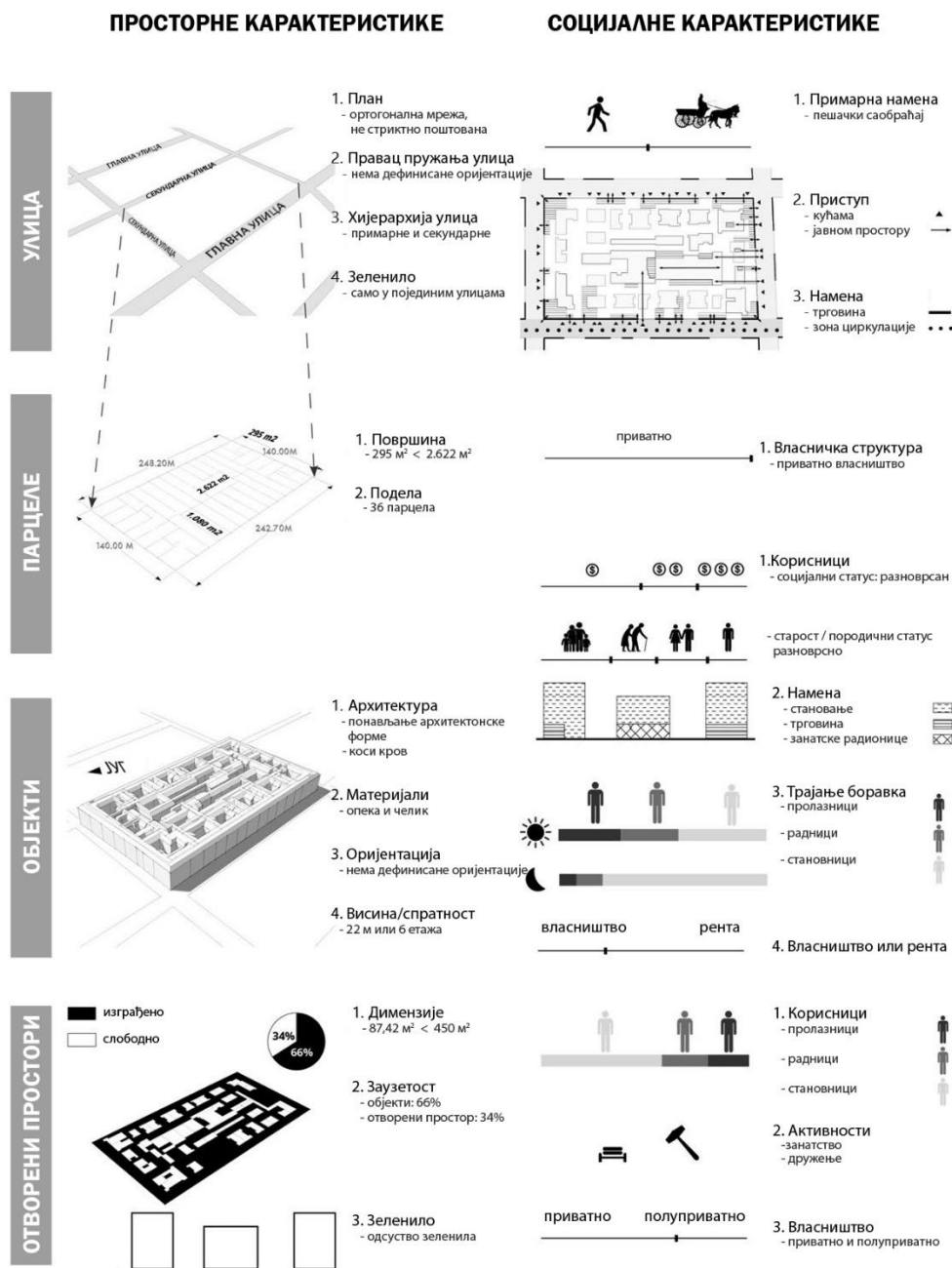
полиције за планирање, изнео је 1862. Године, план за коришћење земљишта изван Берлина приказан на слици 3.9. У том плану предвидео је развоје како радничких, тако и округа за буржоазију [26].



Слика 3.9. Хобрехов план намене земљишта из 1856. године (https://en.wikipedia.org/wiki/Hobrecht-Plan#/media/File:1856_Bauplanungen.jpg)

План су чиниле циркулационе улице ширине од 25-39 m, зракасте улице које су водиле ка центру, као и обилазница. На тај начин настајали су велики урбани блокови правоугаоног облика. Начин уређења блокова прописан је 1853. године и подразумевали су максималну висину објекта од 6 етажа (22 m) и минималну површину дворишта од 5,34 m дужине и 5,34 m ширине.

Као инвеститори таквих објеката јављали су се имућнији власници земљишта или приватне компаније које представљају претече стамбених удружења. Оно што је заједничко за све, јесте да су максимално користили дозвољену површину за изградњу објекта. То је резултирало компактном изградњом блокова са изузетно малим двориштима, која је добила назив станови касарне (Mietkasernen) [25]. Године 1897. берлинска урбанистичка полиција издала је нов правилник који је био много боље дефинисан него онај из 1853. године. Пример урбаног стамбеног блока у Берлину који је изграђен према новим правилима приказан је на слици 3.10.



Слика 3.10. Елементи урбаног стамбеног блока Берлина [19]

Блок је просторно ограничен правоугаоном мрежом улица примарног и секундарног карактера које су делимично озелењене. Површина блока зависи од уличне мреже, али је заједничка карактеристика, без обзира на величину блока, ивична изградња са константном висином венца свих објеката окренутих ка улици. Индекс заузетости на нивоу анализираног блока износи око 66% па се унутар блока јавља отворени простор који карактерише одсуство

зелених површина. У погледу социјалних карактеристика пешачки саобраћај се полако напушта као примарни, тако да се у индустријском граду јавља подједнако и запрежни саобраћај због све веће дистанце коју треба прећи услед увећања површине града. Парцеле су у приватном власништву, али су објекти у већини случајева под рентом. Социјални статус становништва је разноврстан, са нагласком на то да су пре свега у питању раднички блокови, па је већи проценат становника нише класе. По први пут се јавља могућност коришћења отворених простора унутар блока од стране посетилаца. Отворене површине имају намену дружења, али се унутар њих налазе и занатске радионице.

3.1.4 Модерни град (рани 20. век)

Идеја о модерном граду настала је двадесетих година 20. века, након Првог светског рата, са намером да се животна средина у граду оплемени и да се подигне стандард живота становништва. Циљ новог града је да се предложи планови који заговарају живот и рад у природи. У Енглеској, *Ebenezer Howard* био је оснивач покрета вртних градова који су још названи и сателитски градови [25]. У идеји вртног града није било затворених оивичених блокова. Планови ових градова показивали су потпуно неправилно планирање града у ком је зеленило најважнији елемент. Главне саобраћајнице, разгранати стамбени блокови окренути ка паркинзима и независне комерцијалне активности биле су основни елемент који се понављао у градском ткиву. На слици 3.11. приказан је детаљ вртног града Брондби у Данској.



Слика 3.11. Детаљ плана вртног града – Брондби, Данска (<https://i.redd.it/5xqbx485lcz.jpg>)

Са друге стране, у остатку Европе рађени су планови за проширење градова због непрестаног раста броја градова, броја становника и нових технологија превоза. План за модернизацију Париза, који је наложио Наполеон трећи, а који је добио задатак да уради и изведе *Georges-Eugene Haussmann*, имао је за циљ формирање здравије средине за живот у центру Париза. Проблем са којим су се сусретали Парижани био је недостатак животног простора. Француски реформатор *Victor Considerant* написао је о Паризу да представља место у ком нема природне светлости и свежег ваздуха и где велики број новорођене деце умире због болести изазваних лошим условима живота [27]. У опису једног лекара из 1840. године, у стамбеној згради је у соби од 5 m² живело двадесет троје људи. У овим условима долазило је до брзог ширења болести. Саобраћај је био још један од проблема. Најшире улице биле су широке свега 5 метара док су најуже износиле свега 1-2 метра што је представљало проблем за кретање вагона и кочија. Начин на који је *Hausmann* решио поменуте проблеме јесте напуштање средњевековне уличне мреже, увођење великих авенија, нових паркова и тргова, као и изградња нових предграђа у околини Париза [27].



(A)



(B)

Слика 3.12. Изглед Париза: у доба реновирања (A), изглед данас (B)
(<https://www.skyscrapercity.com/threads/medieval-paris-before-baron-haussmanns-transformation.1044081/page-9>)

На слици 3.12. - А приказан је изглед четврти Париза у време рушења, која је била позната по лошим условима за живот и која је носила назив „Мала Пољска“ након усвајања плана који је предложио *Hausmann*. На слици 3.12. - В приказано је како тај исти простор

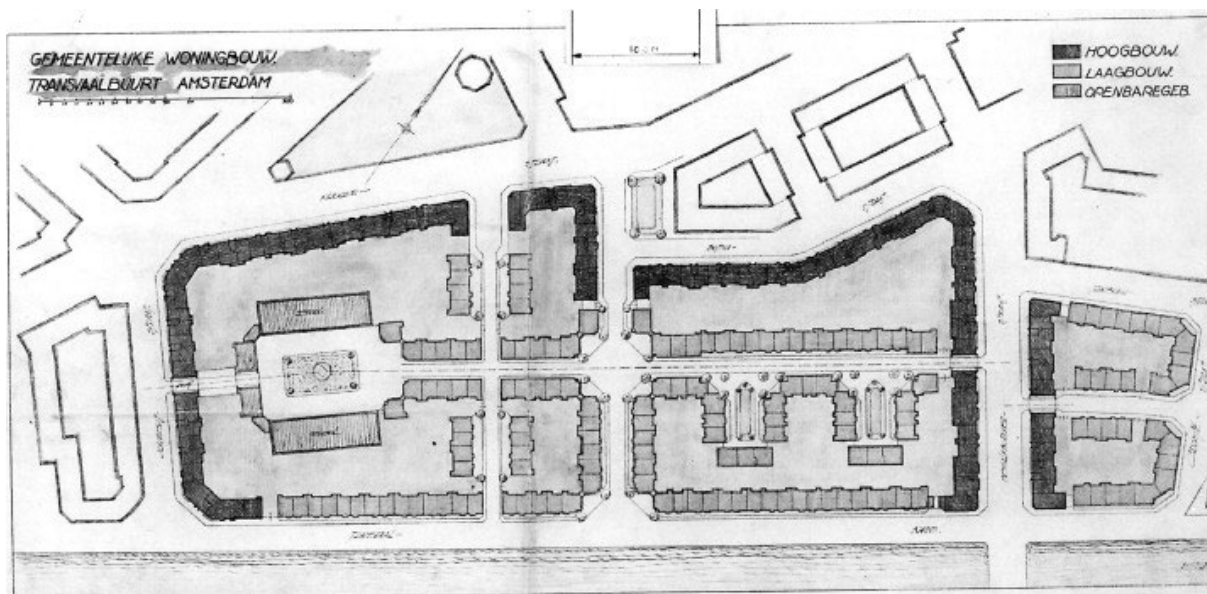
данас изгледа и познат је као *Boulevard Malesherbes*. Ова реконструкција инспирисала је планере за проширење градова у осталим земљама Европе.

Крајем 19. века еволуција социјалног становања захватила је и Беч. То је први град који је организовао конкурс за радничко становање кроз реорганизацију урбаног блока. Јасно ограничен затворени урбани блок са зеленилом у унутрашњем дворишту карактерише јефтине станове за радничку класу. Међутим, касније је тај принцип усвојен за све нове објекте истог типа и назван је општинским социјалним стамбеним комплексом (*Gemeindebauten*). На слици 3.13. приказано је радничко стамбено насеље у Бечу.



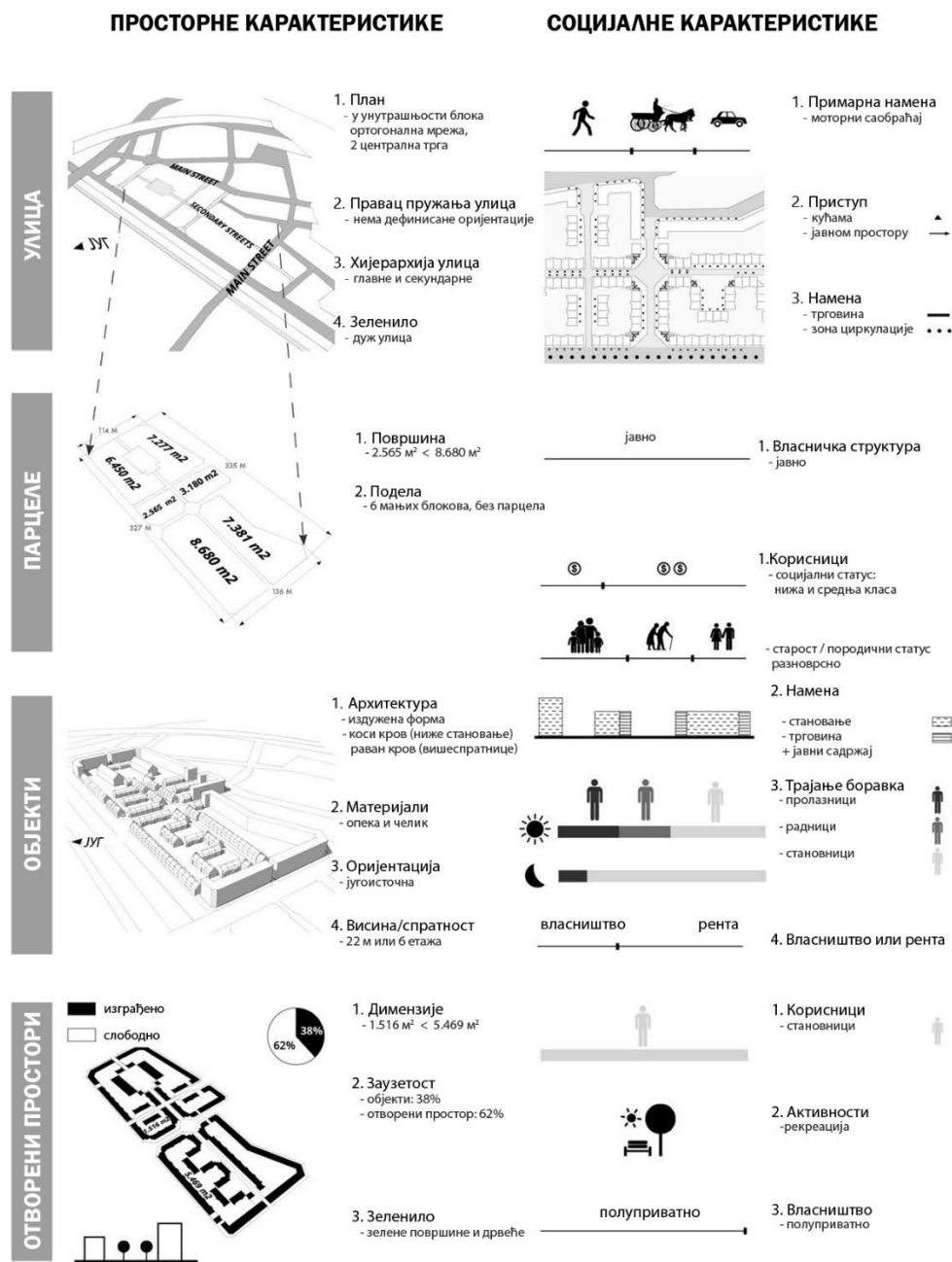
Слика 3.13. Радничко стамбено насеље у Бечу
(<http://www.viennashares.org/sharingpastandpresent/history-time-social-housing-in-vienna-little-red-planning-hood/>)

У *Transvaalbuurt*, делу Амстердама у Холандији, почетком 20. века формиран је суперблок, приказан на слици 3.14., који представља намеру модерног планирања да имплементира отворене блокове у структуру града [16].



Слика 3.14. План суперблока у Transvaalbuurt-у, Амстердам [28]

Након усвајања стамбеног закона 1902. године, који је садржао предлог кредита стамбеним удружењима за контролисану производњу станова, почела је реализација развоја субвенционисаног становања у Амстердаму. Највећи јавни пројекат чинило је проширење јужног дела града Амстердама, који је израдио Hendrik Petrus Berlage. Он је израдио два плана пре него што је град 1917. године прихватио коначну верзију која се састојала од нове прстенасто формиране железнице, правоугаоне уличне мреже, широких улица и суперблокова намењених социјалном становању дужине 500 m и ширине 200 m. Начин проширења индустријских градова, о коме је већ било речи, може се применити и у овом случају. Јасна структура нових четврти и јасна разлика између старог и новог дела града [16]. Одабрани урбани блок је пројекат Беларжа, Гратама и Верстега и налази се у делу Амстердама који се назива *Transvaalbuurt*, а изграђен је између 1903. и 1931. године. На слици 3.15. приказани су елементи стамбеног урбаног блока у Transvaalbuurt-у, којег чини 6 мањих блокова који су повезани секундарним улицама и отвореним просторима.



Слика 3.15. Елементи стамбеног урбаног блока у Transvaalbuurt-у, Амстердам [19]

Распоред зграда у оквиру суперблока показује тежњу да се он подели на мањи број градских блокова. Блок је на тај начин трансформисан из једног великог затвореног суперблока у комбинацију мањих отворених блокова. Зелене површине у унутрашњости блока на овај начин су постале јавне [29]. Зграде које се налазе на главним улицама су веће док су ниже зграде смештене у секундарним улицама. Непрекидни ток фасада представљао

је карактеристику раног моредног планирања, наглашавајући важност формирања границе улица. Континуитет фасада наглашавао је ток уличних зидова, а не запремину стварног блока [29]. Са спољашње стране Трансвалбурт комплекс представља велики стамбени део града модерног урбаног распореда, док се унутрашњи делови блока независно сагледани могу више упоредити са руралном средином. Индекс изграђености блока износи свега 38% што оставља 62% површине блока за отворени простору унутар блока који је уређен парковски са применом ниског и високог зеленила. Најзаступљенији тип саобраћаја је моторни саобраћај. Власничка структура парцела је јавна, површине припадају граду. Социјални статус сачињен је од ниже и средње класе становника, а намена простора је комбинација становања и трговине, али се јављају и објекти јавне намене. Отворени простори су доступни како станарима блока, тако и посетиоцима, па се приватност отворених простора унутар блока може оценити као полуприватни. Овај тип изградње блокова представља врхунац раног модерног планирања због интеграције просторних и друштвених карактеристика у једну уравнотежену целину.

3.1.5 Модерни град (середина 20. века)

Овај период карактерише јасна подела активности и потпуно дистанцирање од традиционалних вредности у погледу мешовите употребе града. Зграде су распрострањене на отвореном простору, али имају велику густину становања захваљујући великом броју етажа. Зелене површине налазе се како између зграда тако и по улицама и доминирају градским пејзажем. У погледу транспорта, аутомобил постаје основно средство мобилности.

План Новог Франкфурта за социјално становање, немачког архитекте и планера Ernst Mau, представља типичан пример модерног урбаног планирања у Немачкој, приказан на слици 3.16.

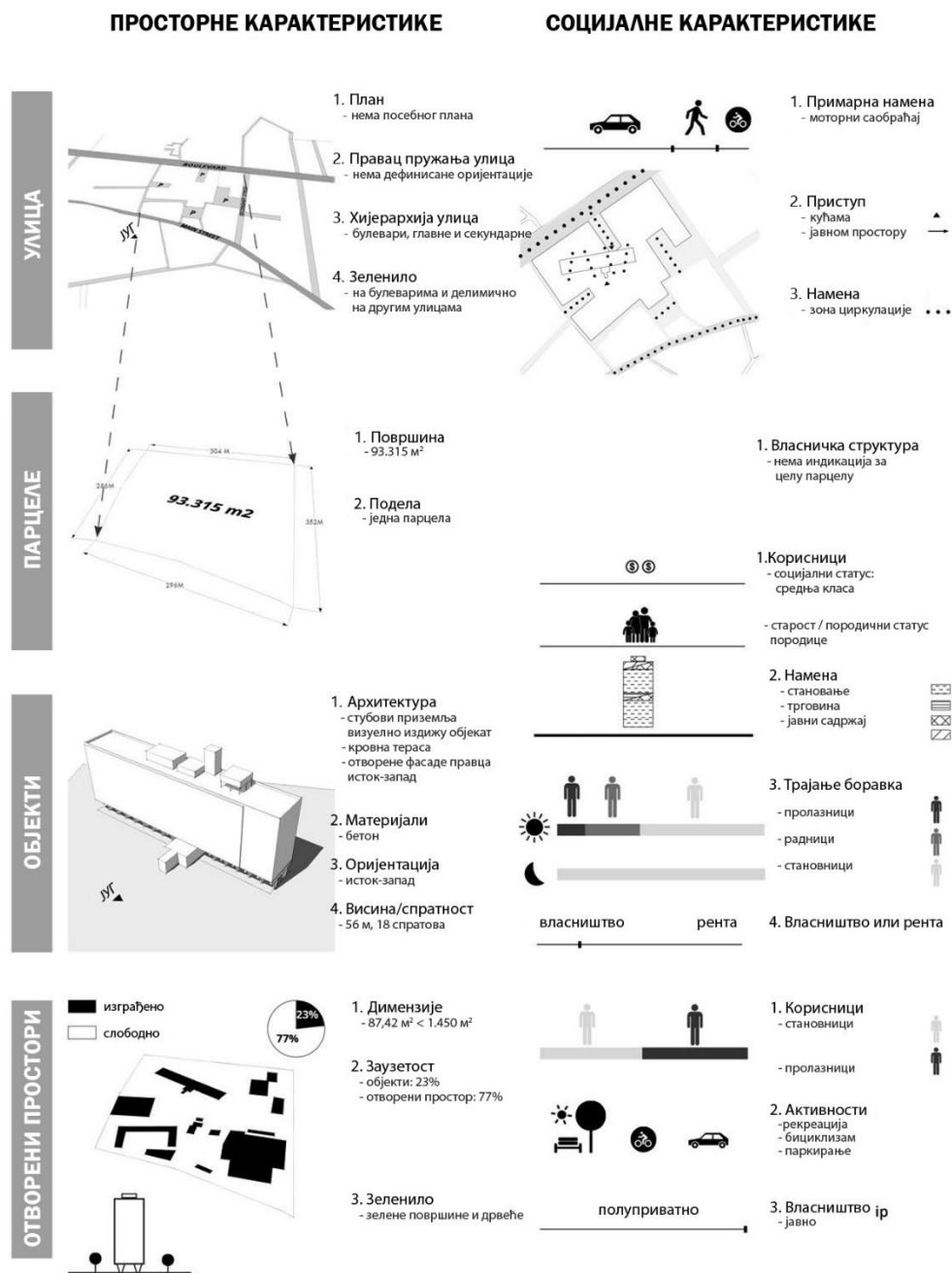


Слика 3.16.. Стамбена четврт Siedlungen пројекманта Ernst May-a
[\(https://www.pinterest.com/pin/416301559285874462/\)](https://www.pinterest.com/pin/416301559285874462/)

Стамбени објекти који формирају редове су се понављали, тако да су омогућавали брзу градњу и стварање континуиране слике градског блока. У оквиру нове стамбене четврти Siedlungen примећује се хомогеност и функционалност новог урбаног блока док се затвореност и компактност ранијих урбаних блокова избегавају [16].

Године 1924. Ле Корбизије је написао књигу „Урбанизам“ која садржи манифест о урбанистичком планирању. По њему традиционални градови осликавају хаос, неред и опасност, те стога он предлаже планове за нови град у којима доминирају линеарност, улична мрежа, отворени простор и масовно становање као главни принципи планирања [30].

Неколико година касније, 1943. године, Ле Корбизије је објавио још један манифест под називом „Атинска повеља“ која представља један од најконтраверзнијих докумената модерног покрета, а односи се на функције модерних градова [31]. У овом документу аутор се дистанцира од историјског оквира града и промовише архитектуру уместо урбане морфологије. Основна идеја јесте да се град подели на четири основне функције: становање, рекреацију, рад и транспорт. Стамбена јединица (*Unité d'Habitation*) представља последњу типологију и савршен је пример декомпозиције традиционалног оквира блока и карактерише је рађање нове урбане форме. Елементи отвореног блока стамбене јединице приказани су на слици 3.17.



Слика 3.17. Елементи отвореног блока *Unité d'Habitation* [16]

Ле Корбизијеов концепт планирања представља „негацију града“ и „смрт градског блока“ [16]. Ле Корбизије дефинише принципе планирања на основу којих гради Стамбену јединицу (*Unité d'Habitation*): „Једноставно је изградити урбане станове далеко од улица, без малих унутрашњих дворишта и са прозорима који гледају на велике паркове и то без обзира на тип стамбених шема“ [30]. Стамбена јединица (*Unité d'Habitation*) дизајнирана је

за смештај 1600 становника у 337 стамбених јединица на 18 спратова са заједничком терасом на крову. Димензије објекта су 165 m у дужини, 24 m у шитини и 56 m у висини. Објекат је постављен централно на парцели са правцем пружања исток-запад. Отворен простор је попуњен дрвећем, зеленилом и пешачким стазама, а паркиралиште доминира градским окружењем. Урбани блок је потпуно отворен, традиционални урбани облик и друштвене карактеристике су се изгубиле. Позиција солитера по великом градском блоку делује случајно и без правила. Традиционални елементи блока су пресечени, преиспитани и реорганизовани у нову јединицу, која делује као вертикални урбани блок [16]. Јавни објекти попут вртића и обданишта уграђени су у зграду као функционална структура мешовите намене. Употреба отвореног простора блока је по први пут доступна подједнако и становницима блока, али и пролазницима. Унутар јединице се налазе и остали комерцијални садржаји.

3.1.6 Урбани блокови у Републици Србији

Савремени урбани стамбени блок у Републици Србији представља динамичан и комплексан систем који се непрестано развија и мења у складу са демографским, економским и социјалним променама. Од изградње у социјалистичком периоду до данашњих дана, стамбени блокови су претрпели значајне промене како у естетском, тако и у функционалном смислу. Савремени урбани стамбени блок у Србији суочава са вишеструким изазовима, укључујући потребу за енергетском ефикасношћу, адаптацију на климатске промене, управљање природним ресурсима и обезбеђивање социјалне кохезије. Осим тога, интеграција зелених и одрживих принципа у дизајн стамбених јединица постаје све значајнија .

Урбани стамбени блокови у Републици Србији карактеришу различити стилови и периоди развоја, од историјских зграда у центрима градова до модерних насеља која су изграђена током брзе урбанизације у другој половини 20. века и наставка развоја у 21. веку. Ови стамбени блокови обично су део већих насеља која су планирана са циљем да обезбеде функционално и естетски пријатно становање, уз узимање у обзир потреба становника и захтева модерног живота [32].

У периоду после Другог светског рата, посебно у време социјалистичке Југославије, у Србији је дошло до значајне изградње великих стамбених комплекса који су били

фокусирани на масовно становање. Ове зграде су често биле изграђене од предфабрикованих бетонских панела и карактеришу их једноставне линије и функционалан дизајн.

Савремени трендови у стамбеној изградњи у Србији укључују интеграцију зелених технологија, енергетску ефикасност и дизајн који промовише заједничке просторе и социјалну интеракцију. Такође, новији стамбени пројекти теже да укључе већи број паркинг места, дечјих игралишта и приступа објектима за рекреацију и културу.

Еколошки аспекти и одрживост постају све важнији у планирању стамбених блокова. Разматрања укључују коришћење еколошки прихватљивих материјала, смањење потрошње енергије и воде, као и унапређење управљања отпадом. Развој зелених простора и вртова у оквиру урбаних блокова такође доприноси побољшању квалитета живота становника и биодиверзитета градских подручја.

4 МИКРОКЛИМА УРБАНИХ СРЕДИНА

При проучавању климе и климатских елемената могу се, у погледу просторне дефиниције посматраног подручја, узети у обзир три врсте климе атмосфере: макроклима, мезоклима и микроклима. Оквирне димензије просторне скале макроклиме су од 100 до 10.000 km, мезоклима се односи на простор од 1 до 100 km и микроклима на простор од 0 до 1 km у пречнику [33].

Микроклима урбаних средина је поље истраживања које се бави проучавањем климатских услова унутар специфичних малих подручја, често у контексту урбаних подручја која су значајно модификована људским деловањем [34]. Урбане микроклиме се разликују од околних руралних или природних подручја због специфичних антропогених материјала, као и структура и процеса. Микроклима урбаних средина обухвата промене у климатским условима које су специфичне за мала подручја. Ове промене могу укључити локалне варијације у температури, влажности, ветру, осунчаности и квалитету ваздуха које могу бити значајно различите од услова који владају у околним руралним подручјима или ширим урбаним регионима [35]. На микроклиму урбаних блокова могу да утичу многи фактори као што су архитектонска изградња (висина, облик и распоред зграда утичу на сенчење, ветрове коридоре и стварање урбаних топлотних острва), материјали изградње (боја, текстура и термална својства материјала који се користе у градњи могу значајно утицати на рефлексију, апсорпцију и емисију топлотне енергије), зеленило (присуство паркова, башти, зелених кровова и вертикалних башти може унапредити микроклиму смањењем температуре, повећањем евапотранспирације и побољшањем квалитета ваздуха), површинске карактеристике (пермеабилност и алbedo површина утичу на одводњавање, задржавање воде и управљање топлотом), антропогена топлота (топлота настала од возила, индустријских и комерцијалних активности и система за грејање и хлађење може повећати локалне температуре), ветар (смер и брзина ветра могу се променити због урбане морфологије, што може утицати на способност природног хлађења и вентилације) [35].

Параметри микроклиме су мерљиве величине које описују карактеристике климе на одређеном малом подручју. Ови параметри су важни јер омогућавају разумевање и

предвиђање услова околине, као и прилагођавање урбаног дизајна за побољшање комфора и здравља становника. Најзначајнији параметри микроклиме урбаних средина су [33]:

- температура ваздуха,
- релативна влажност ваздуха,
- ваздушна струјања
- интензитет сунчевог зрачења и
- средња зрачна температура
- физиолошки еквивалентна температура (ПЕТ)

4.1 Температура ваздуха

Температура ваздуха у микроклими је кључни показатељ који утиче на комфор становника, потрошњу енергије у зградама, и шире еколошке и економске аспекте градског окружења. Она се одређује на основу више фактора који су уско повезани с урбаним условима, укључујући материјале коришћене у изградњи, густину изграђености, присуство вегетације и људске активности [34].

Формирање и варијације температуре ваздуха у микроклими урбаних средина зависи од следећих фактора [35]:

- *Апсорпције топлоте* - урбане површине попут асфалта и бетона имају високу способност апсорпције сунчевог зрачења током дана, што резултира акумулацијом топлоте.
- *Емисије топлоте* - након што сунце зађе, акумулисана топлота се полако ослобађа у атмосферу, што доводи до пораста ноћних температура, често резултирајући у феномену познатом као урбано топлотно острво.
- *Геометрије града* - висина зграда и њихов просторни распоред могу створити "уличне кањоне" који ограничавају циркулацију ваздуха и доводе до повишених температура услед смањеног ветра и вентилације.
- *Зелене површине* - паркови, баште и друга зелена подручја у граду имају ефекат снижавања температуре околног ваздуха захваљујући процесима евапотранспирације и сенци коју пружају.

- *Воде* - присуство водених површина такође може умањити температуру ваздуха кроз процесе испаравања и конвекције.
- *Ветровитих коридора* - пројектовањем градских блокова с намерним пролазима за ветар, могуће је унапредити природну вентилацију и смањити локалне температуре.
- *Антропогени извори топлоте* - топлота од возила, климатизацијских система и индустрије додаје се природним изворима топлоте, што може значајно повећати градску температуру.
- *Климатске промене* - глобално повећање температура такође доприноси повећању температуре у урбаним микроклимама, посебно током топлотних таласа.
- *Адаптивне стратегије* - коришћење светлих боја и рефлективних премаза за грађевинске материјале, зелених кровова и фасада као и паметног урбаног планирања може помоћи у смањењу ефекта урбаних топлотних острва.

Коришћење термалних камера, метеоролошких станица, ГИС технологије и софтверских пакета омогућава детаљно праћење температурних промена унутар урбаних блокова и развијање прецизних модела.

Температура ваздуха у урбаним микроклимама је сложена и динамична, и варира не само између различитих делова града, већ и током различитих доба дана и годишњих доба. Разумевање ових комплексности је важно за дизајнирање одрживих и комфорних урбаних простора који су прилагођени како тренутним тако и будућим климатским изазовима.

4.2 Релативна влажност ваздуха

Релативна влажност ваздуха у микроклими урбаних средина представља проценат водене паре присутне у ваздуху у односу на максималну количину коју ваздух може да садржи при истој температури, и то је један од кључних фактора који утичу на термални комфор и здравље становника [36].

У урбаним подручјима, релативна влажност је подложна променама услед различитих антропогених и природних фактора. Један од тих фактора јесте присуство зеленила и водених површина као што су реке, језера и фонтане, јер доприносе повећању

влажности кроз процесе испаравања и транспирације. Зелени простори и отворене водене површине у урбаним срединама могу створити "оазе" веће влажности, што може допринети смањењу ефекта урбаних топлотних острва [12].

Урбана изградња може смањити количину земљишта доступног за испаравање, што доводи до ниже релативне влажности. Површине покривене бетоном, асфалтом или другим непропусним материјалима ограничавају количину влаге која се враћа у атмосферу. Клима-уређаји често испуштају топлоту и влагу у спољашње окружење, што може изменити локалну влажност, посебно у високо урбанизованим и густо насељеним областима. Слаба вентилација у урбаним "кањонима" створеним високим зградама може умањити ефикасност природног испаравања и пренос влажности ваздуха, што резултира нижом релативном влажношћу [13]. Временски услови, укључујући ветрове и фронталне системе, такође могу донети промене у нивоу влажности, носећи влажан или сув ваздух у урбана подручја.

За управљање и побољшање релативне влажности у урбаним микроклимама, предузимају се различите стратегије, попут садње дрвећа и биљака, стварања паркова и јавних вртова, као и увођење зелених кровова и зидова. Такође се може радити на унапређењу пропусности урбаног земљишта кроз инсталирање пропусних поплочавања и подстицање изградње резервоара за кишницу како би се повећала количина воде доступна за испаравање.

4.3 Ваздушна струјања

У оквиру разматрања микроклиматских услова урбаних средина, струјање ваздуха је од примарне важности због његовог утицаја на термални комфор, квалитет ваздуха и енергетску ефикасност [33].

Урбана морфологија има значајан утицај на струјање ваздуха. Високе зграде и уске улице могу створити 'уличне кањоне' који редукују брзину ваздуха на нивоу тла и узрокују турбуленције због разлике у притиску и температури између уличних кањона и отворенијих простора. Ови ефекти могу бити појачани присуством зграда које блокирају природне коридоре ветра, што доводи до акумулације топлоте и загађивача [13].

Струјање ваздуха у урбаним срединама такође је под утицајем специфичних термичких својстава градских материјала. Бетон и асфалт апсорбују и задржавају топлоту,

што доводи до локализованог повећања температуре и стварања вертикалних струјања топлијег ваздуха. Ови вертикални протоци могу модификовати локалне ветрове и смањити ефикасност природне вентилације [37]. Вегетација пружа хлађење кроз сенку и евапотранспирацију, док истовремено служи као природна баријера за ветар. Повећање зелених површина може значајно утицати на струјање ваздуха и смањити негативне ефекте загревања у градским подручјима.

Даље, топлота настала од возила или из зграда доприноси развоју термичких струја које могу утицати на локалне ветрове и услове струјања ваздуха. Смањење овог утицаја може се постићи оптимизацијом енергетске ефикасности зграда и повећањем употребе обновљивих извора енергије [38].

За емпиријско испитивање ових ефеката користе се технике као што су софтверска моделовања и теренска мерења струјања ваздуха. Резултати ових истраживања могу информисати урбане планере и архитекте о најбољим праксама у дизајнирању градских простора који промовишу ефикасно струјање ваздуха и смањују урбану топлотну оптерећеност.

Интеграцијом стратешког планирања, промишљеног дизајна и употребе одговарајућих материјала и вегетације, градови могу постати резилијентнији на климатске промене и пружити бољи квалитет живота својим становницима.

4.4 Средња зрачна температура

Средња зрачна температура је статистички концепт који се користи за описивање просечне вредности температуре ваздуха у неком периоду, и то може бити на дневном, месечном, годишњем нивоу или било којем другом значајном временском интервалу. У метеорологији и климатологији ово је један од основних параметара за карактеризацију климатских услова неке локације [39].

Средња зрачна температура је фундаментални показатељ микроклиматских услова који се користи за описивање општег стања атмосфере на одређеном месту. У контексту урбаних микроклима, средња зрачна температура не само да рефлектује тренутно стање климатских варијација већ и показује дугорочне трендове који су последица урбанизације,

као што су урбано топлотно острво (Urban Heat Island - UHI) и локалне промене у климатским обрасцима [40].

Средња зрачна температура се одређује као просечна температура измерена на одређеној висини изнад земље, обично на стандардној метеоролошкој висини од 1,5 до 2 метра [33]. У урбаним областима, ова температура може бити значајно виша него у околним мање развијеним или руралним областима због ефекта UHI. Повећање средње зрачне температуре има директне последице по потрошњу енергије, здравље људи, квалитет живота и функционалност екосистема.

Величина и геометрија урбаног простора, као и избор материјала, имају примарни утицај на формирање UHI. Асфалт, бетон и други грађевински материјали имају способност да апсорбују и задржавају топлоту сунчевог зрачења [13].

За смањење високих температура примењују се различите стратегије, укључујући повећање вегетације у градовима, примену светлијих боја у градњи које имају већи алbedo, и промоцију зелених кровова и зидова. Ове методе не само да доприносе смањењу температуре већ и побољшавају квалитет ваздуха и биодиверзитет.

Увид у средњу зрачну температуру и њене варијације је од суштинског значаја за развој одрживих градова. Препознавање и разумевање узрока и последица које температура има на урбано окружење омогућавају креирање стратегија које могу умањити негативне ефекте и искористити позитивне аспекте температуре за побољшање живота у урбаним центрима.

4.5 Сунчево зрачење

Интензитет сунчевог зрачења представља количину сунчеве енергије која пада на одређену површину за одређени временски интервал [41]. На површину Земље могу доспети две компоненте сунчевог зрачења: директно и дифузно сунчево зрачење [42]. Директно сунчево зрачење доспева на површину Земље непосредно од Сунца, а његовим расејавањем настаје дифузно сунчево зрачење.

Интензитет сунчевог зрачења варира у зависности од доба дана, годишњих доба, географске ширине и метеоролошких услова [43], [44]. За време ведрих дана од дифузног

зрачења потиче око 8% укупне енергије сунчевог зрачења које доспева на земљу. Због загађења ваздуха и конфигурације тла, у близини градова дифузно зрачење може бити и до 22% од укупног зрачења. За време облачних дана скоро укупно зрачење је дифузно сунчево зрачење [42].

На вертикалне и косе површине на Земљи може доспети директно, дифузно и рефлектовано сунчево зрачење. Интензитет рефлектованог сунчевог зрачења зависи од средине од које се сунчево зрачење рефлектује [41].

У урбаним срединама, зграде, инфраструктура и други изграђени елементи могу утицати на локални интензитет сунчевог зрачења утичући на његово апсорбовање, расејање и рефлексију. Зато, интензитет сунчевог зрачења представља важан фактор који обликује микроклиму у урбаним срединама, утичући директно на топлотне карактеристике простора, потрошњу енергије и на животну средину опште [45]. Специфична интеракција између сунчевог зрачења и урбаног окружења резултира значајно вишим температурама унутар градских језгара у односу на околна подручја [35]. Поред тога, урбанистичко планирање које обухвата материјале са ниским албедом доприноси акумулацији топлоте, док употреба светлијих материјала и "cool roofs" технологија може помоћи у рефлектовању веће количине сунчевог зрачења, смањујући тако температурне варијације унутар градског ткива [46].

Вегетација игра кључну улогу у модулацији сунчевог зрачења, стварајући сенку и омогућавајући процес евапотранспирације, што резултира нижим локалним температурама и повећањем комфора за становнике [38]. Дрвеће, жбуње и траве, као и вертикални вртови и зелени кровови, не само да смањују директни утицај сунчевих зрака већ и повећавају укупни урбани алbedo, доприносећи генералном хлађењу како земљишних тако и ваздушних слојева [13].

У контексту климатских промена и све веће потребе за одрживим развојем, разумевање и управљање интензитетом сунчевог зрачења довеле су до разматрања различитих стратегија које могу бити примењене у циљу оптимизације микроклиматских услова, што обухвата проучавање и примену нових материјала и конструкцијских техника, као и планирање зелених површина које доприносе бољем квалитету живота у урбаним областима.

4.6 Физиолошки еквивалентна температура (ПЕТ)

Физиолошки еквивалентна температура (ПЕТ - Physiological Equivalent Temperature) представља индекс који се користи за оцену перцепције спољашње топлотне средине од стране просечне особе. Овај индекс се широко користи у истраживањима микроклиме урбаних средина, посебно у контексту урбаних топлотних острва и утицаја на термални комфор становника [47].

ПЕТ узима у обзир не само амбијенталну температуру ваздуха, већ и друге факторе као што су брзина ветра, влажност, и сунчево зрачење. Он пружа процену температуре коју људско тело стварно осећа, узимајући у обзир ове различите аспекте околне средине.

У урбаним подручјима, ПЕТ је посебно важан јер фактори попут високе густине зграда, мањка зелених површина, и присуство изгрђених површина материјалима као што су асфалт и бетон могу значајно повећати перцепцију топлоте. Урбана топлотна острва, која се карактеришу вишим температурама у центрима градова у поређењу са околним подручјима, такође утичу на ПЕТ вредности [48].

ПЕТ интегрише неколико кључних фактора који утичу на људски топлотни опажај. Кључне карактеристике ПЕТ су [11]:

- *Топлотни комфор* - ПЕТ пружа процену температуре коју људско тело стварно осећа у одређеним спољашњим условима, узимајући у обзир комбинацију амбијенталних фактора.
- *Топлотни стрес* - ПЕТ може указати на потенцијални топлотни стрес који људи могу искусити у различитим спољашњим условима, помажући у идентификацији ситуација које могу бити непријатне или чак опасне.
- *Примена у урбаним студијама* - ПЕТ се често користи у студијама урбане микроклиме за анализу и планирање јавних простора, с обзиром на то како различити аспекти урбаног окружења утичу на топлотни комфор.
- *Анализа урбаних топлотних острва* - ПЕТ је посебно користан у истраживањима урбаних топлотних острва, јер може помоћи у разумевању колико је урбано окружење топлије у поређењу са околним подручјима.

- *Променљивост са временом и простором* - ПЕТ вредности могу се значајно разликовати у зависности од времена дана, годишњег доба, и специфичних карактеристика места, што омогућава детаљно разумевање и планирање за различите услове.

Категорија ПЕТ у зависности од топлотног опажаја људи и оцене физиолошког стреса на људско тело приказана је у табели 4.1.

Табела 4.1. ПЕТ категоризација топлотног осећаја и физиолошког стреса у зависности од температуре [11]

ПЕТ	Осећај топлоте	Оцена физиолошког стреса
< 4	Веома хладно	Екстремна хладноћа
4 – 8	Хладно	Јака хладноћа
8 – 13	Прохладно	Умерена хладноћа
13 – 18	Делимично прохладно	Блага хладноћа
18 – 23	Пријатно	Нема топлотног стреса
23 – 29	Делимично топло	Блага топлота
29 - 35	Топло	Умерена топлота
35 – 41	Вруће	Јака топлота
> 41	Веома вруће	Екстремна топлота

Мерење и анализа ПЕТ индекса помажу урбаним планерима и дизајнерима у разумевању топлотних услова и утицаја на становнике, као и у идентификацији потенцијалних стратегија за побољшање топлотног комфора у јавним просторима. Ово може укључивати дизајн и имплементацију зелених површина, водених елемената, промену материјала за покривање земљишта, као и планирање урбане вентилације за ублажавање ефеката високих температура.

Сви елементи микроклиме су јако важни за одређивање стања микроклиме. У табели 4.2. приказани су елементи микроклиме и њихов утицај на људско окружење.

Табела 4.2. Елементи микроклиме и њихов утицај на урбану средину

Елемент микроклиме	Опис	Утицај на урбану средину
Температура ваздуха	Мера топлоте у ваздуху	Утиче на потребу за грејањем/хлађењем, комфор становника

Релативна влажност ваздуха	Количина водене паре у ваздуху у односу на максималну могућу количину на одређеној температури	Утиче на здравље и удобност становника, одржавање зелених површина
Ваздушна струјања	Брзина и правац кретања ваздуха	Утиче на расподелу загађујућих супстанци, освежење урбаних подручја
Интензитет сунчевог зрачења	Количина сунчеве енергије која достиже на земљину површину по квадратном метру	Утиче на загревање зграда и урбаних површина, енергетску ефикасност и генерисање соларне енергије
Средња зрачна температура	Просечна температура у окружењу у одређеном периоду	Утиче на опште климатске услове и потребу за енергијом
Физиолошки еквивалентна температура (ПЕТ)	Индекс који мери топлотно оптерећење на људско тело	Утиче на комфор и здравље становника у урбаним подручјима
Албедо	Способност површине да одбија сунчеву радијацију назад у атмосферу, уместо да је апсорбује.	Утиче на локално загревање и удобност животне средине
Падавине	Вода која се испушта из атмосфере на земљу у облику кише, снега, магле или росе.	Утицај на водни биланс, залихе воде, вегетацију и ризик од поплава.
Евапотранспирација	Процес којим се вода губи из подручја земље и биљака кроз испаравање и транспирацију	Кључно за регулацију микроклиматске температуре и влажности, смањење ефекта топлотног острва.

Табела 4.2. пружа увид у то како различити аспекти микроклиме утичу на урбане средине, укључујући здравље и комфор становника, потребу за енергијом и одржавање урбаних зелених површина.

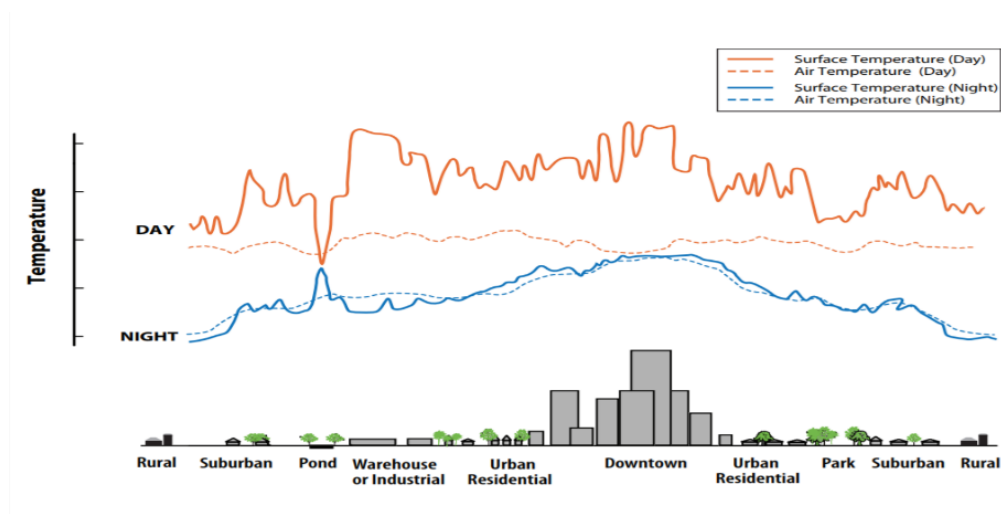
5 ЕФЕКАТ ТОПЛОТНОГ ОСТРВА

Ефекат топлотног острва представља феномен више температуре ваздуха у градским и приградским срединама у односу на температуру ваздуха природног окружења.

Овај феномен први је описао још 1818. године енглески метеоролог *Luke Howard* у својој студији о климатским утицајима у Лондону. Иако никад није вршио истовремена мерења закључио је следеће: „Просечна температура је 45,5°F (7,5°C), али у гушће изграђеним деловима града температура се услед утицаја становника и ложишта подиже на 50,5°F (10,2°C). То мора да пропорционално утиче и на предграђа. Већа температура града у односу на околину варира током године, најмања разлика је у пролеће, а највећа зими, посебно током ноћи, када је просечно температура града већа за 3,7°F (2,05°C) већа од температуре на селу“ [49]. Француски геолог и метеоролог *Emilien Renou* је дошао до сличних открића у Паризу током друге половине 19. века, *Wilhelm Schmidt* је описао овај феномен на примеру Беча почетком 20. века, У Сједињеним Америчким Државама је почело истраживање ефекта топлотних острва у првој половини 20. века. [50]. Феномен ефекта топлотног острва почео је да се истражује широм света као пошаст модерног урбаног друштва.

Током сунчаних дана (нарочито у летњем периоду) површине попут коловоза и кровова под дејством сунчевог зрачења могу се загрејати до чак 50°C више у односу на ваздух, док оне површине које се налазе у засенчењу или у окружењу које обилује зеленилом и земљиштем које је влажно имају приближно исту температуру као и ваздух. Површински ефекат топлотног острва јавља се током целог дана, али је присутније његово деловање пре заласка Сунца када се сунчево зрачење у виду топлоте акумулира у поменутих и другим површинама [51]. Атмосферски ефекат се за разлику од површинског најбоље испољава увече, након заласка Сунца када долази до емисије топлоте апсорбоване од стране изграђене структуре града током периода инсолације. Та топлота се ослобађа и преноси на околни ваздух због чега је у градским језгрима у току летњих месеци температура ваздуха знатно већа него на периферији што директно утиче и на комфор становника и корисника тог простора[52]. Средња годишња температура ваздуха на простору града од милион

становника већа је за 1°C , а та разлика у појединим случајевима може бити и до 3°C у односу на температуру ваздуха предграђа и руралних средина око града. Површински ефекат топлотног острва има индиректан, али битан утицај на температуру ваздуха. У парковима и осталим просторима са бујнијом вегетацијом могу се измерити ниже температуре површина, које утичу и на то да температура ваздуха буде нижа. По сличном принципу, у густо изграђеним насељима површине апсорбују много већу количину сунчеве енергије у реемитују је чиме долази до повећања температуре ваздуха. Како долази до константног мешања ваздуха у атмосфери, однос између температуре ваздуха и температура површина није увек исти. Циркулација ваздуха утиче на равномерно распоређивање топлоте, па је на неком одређеном простору варијација температуре ваздуха много мања од варијације температуре која се акумулира у различитим површинама на том истом простору [53]. На слици 5.1. приказано је кретање температуре површина и температуре ваздуха током дана и током ноћи у зависности од мерног места.



Слика 5.1. Кретање температуре површина и температуре ваздуха током дана и ноћи изнад урбане и субурбане територије и руралног подручја (<https://www.epa.gov/heat-islands/learn-about-heat-islands>)

Феномен ефекта топлотног острва (ЕТО) је резултат комбинације више узрока који делују заједно стварајући повећано топлотно оптерећење у урбаним подручјима. Фактори који стварају ефекат урбаног топлотног острва су следећи:

- смањење евапорације,
- повећање акумулације топлоте,

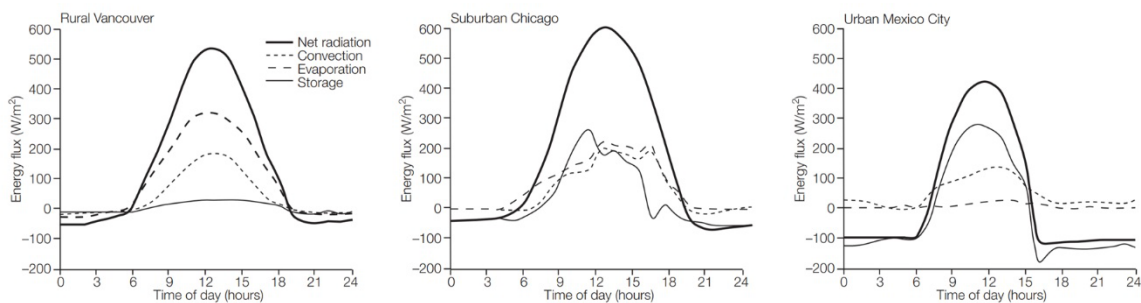
- повећање радијације,
- смањење конвекције,
- повећање антропогене топлоте.

5.1 Евапорација

Евапорација је испаравање односно прелаз површинских молекула течности у гасовиту фазу. Вода из влажног земљишта или са мокрих површина прелази у водену пару приликом загревања сунчевим зрачењем или зрачењем неког другог извора. Евапорација у микроклими урбаних средина је процес којим вода прелази из течног у гасовито стање, одузимајући топлоту из околине што доводи до ефекта хлађења [54].

Поред процеса евапорације, постоји и процес евапотранспирације који обухвата и испаравање воде са површина биљака кроз њихов биолошки процес хлађења. Оба поменута процеса расту са порастом влажности, са повећањем брзине струјања ваздуха и када је ваздух сув и топао [55] [56].

Професор Универзитета у Британској Колумбији *Tim Oke* је својим сарадницима анализирао енергетски биланс руралног подручја (Ванкувер), предграђа (Чикаго) и града (Мексико). Дијаграми енергетског биланса за ова три подручја приказани су на слици 5.2.



Слика 5.2. Дневни енергетски биланс руралног подручја Ванкувера (лето 1983. године), предграђа Чикага (јул 1992. године) и урбаног подручја Мексико Ситија (децембар 1993) [57][58][59]

Дијаграми са слике 5.2. показују значајан пад у евапорационој енергији од руралног, преко субурбаног до урбаног подручја. Ова промена се везује за чињеницу да се однос вегетације и изграђене структуре драстично смањује са 100% у руралном подручју, на 44% у субурбаном подручју, на свега 2% вегетације у урбаном подручју.

Сходно овим променама са смањењем евапорационе енергији долази до повећа у складиштењу топлоте током дана и ослобађања те топлоте током ноћи. Та енергија се током ноћи пре свега преноси путем зрачења, а у мањој мери је за пренос енергије заслужна конвекција [50]. У табели 5.1. је приказана расподела чиниоца енергетског биланса за поменуте локације.

Табела 5.1. Анализа намене земљишта, временских услова и енергетског биланса руралног, субурбаног и урбаног подручја [50]

	Рурално подручје Ванкувер [%]	Субурбано подручје Чикаго [%]	Урбано подручје Мексико Сити [%]
Намена земљишта			
Вегетација и вода	100	44	2
Зграде	0	33	43
Поплочање	0	23	55
Временски услови			
Кишни период	Да	Да	Не
Директно Сунчево зрачење ($W/m^2/dan$)	5380	7000	4920
Енергетски биланс			
Радијација	0,66	0,60	0,15
Конвекција	0,2	0,21	0,23
Евапорација	0,45	0,28	0,03
Складиштење топлоте	0,04	0,19	0,31
Ослобађање топлоте	0,03	0,08	0,42

Истраживање урбаног подручја Мексико Ситија рађено у периоду без падавина, док су остала два случаја анализирана у кишном периоду тако да је влажност земљишта и zasiћеност биљака водом била задовољавајућа. Треба нагласити да је свега 2% површине Мексико Ситија под вегетацијом, па се претпоставља да је систем наводњавања присутан, тако да анализа у кишној сезони не би донела неке значајне разлике у резултатима [50].

5.2 Акумулација топлоте

За акумулацију топлоте важна су два својства материјала: топлотна проводљивост и топлотни капацитет. Већина грађевинских материјала који се данас користе имају оба од ових својстава.

Топлотна проводљивост, или топлотна кондукција, представља способност одређеног материјала да преноси топлоту. Пренос топлоте кроз материјал са високом топлотном проводљивошћу одвија се знатно брже у односу на пренос топлоте кроз материјал са ниском проводљивошћу. Топлотна проводљивост материјала зависи од различитих фактора, укључујући његову врсту, густину, хемијски састав, агрегатно стање, околну температуру и притисак. Материјали са ниском топлотном проводљивошћу користе се као топлотни изолатори [60]. Сунчево зрачење, као облик електромагнетне радијације, игра виталну улогу у топлотном билансу Земље. Када сунчеви зраци достигну Земљину површину, део те енергије се апсорбује и претвара у топлоту, која се затим преноси у околне материјале путем кондукције. Фуријеов закон топлотне проводљивости је темељни принцип који управља кондукцијом. Он описује да је стопа преноса топлоте кроз материјал директно пропорционална разлици температура са различитих страна материјала и обрнуто пропорционална дебљини материјала [61].

Материјали високог топлотног капацитета задржавају више топлоте у свом волумену [62]. Ова два својства заједно представљају топлотну дифузивност (a) која је једнака количнику топлотне проводљивости (λ) и топлотног капацитета, који се изражава као производ густине материјала (ρ) и специфичног капацитета топлоте материјала (c) [63].

$$a\left(\frac{m^2}{s}\right) = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \quad (5.1)$$

Високе вредности топлотне дифузивности значе да топлота допире дубље у материјал, а температуре остају константније током времена. Ниске вредности значе да се загрева тањи слој, а температуре различитих слојева се тешко мењају. Топлотна проводљивости и топлотни капацитет се разликују од материјала до материјала, али постоји значајна разлика у топлотној дифузивности између материјала који се налазе у природи (тло, дрво, и сл.) и грађевинских материјала.

Акумулирање топлоте у микроклими урбаних средина је значајан фактор који утиче на формирање урбаних топлотних острва. Овај процес се односи на способност материјала који се налазе у градским подручјима да апсорбују топлоту током најтоплијих делова дана и да је задржавају, а затим постепено ослобађају током хладнијег периода, посебно ноћу.

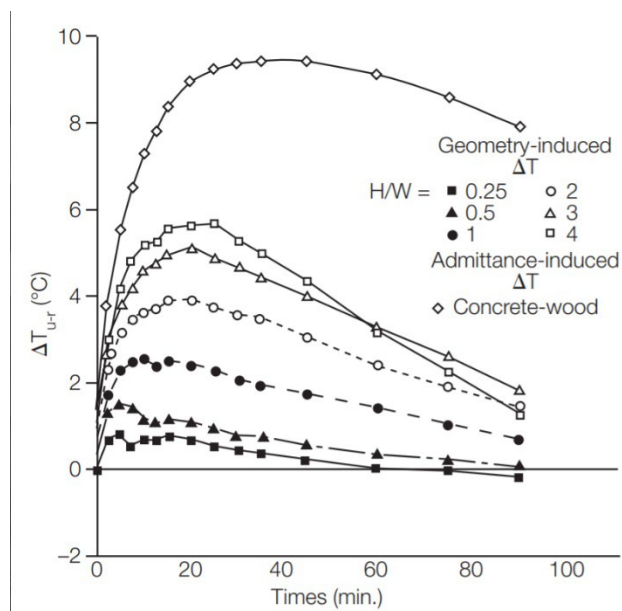
Материјали који се користе за изградњу као што су бетон, асфалт, камен и цигла имају висок топлотни капацитет, што значи да могу да апсорбују значајне количине топлотне енергије. Када Сунце зађе, ови материјали постепено ослобађају топлоту у околну атмосферу, што доводи до повећања ноћних температура и спречава значајно хлађење које се природно јавља у ненасељеним подручјима.

Додатно, урбане структуре могу инхибирати проток ваздуха и конвекцију, спречавајући емисију топлоте. Ово је нарочито приметно у областима са високом густином зграда, где ограничена вентилација и смањен простор за евапорацију доприносе топлотном стресу.

Смањење ефеката акумулирања топлоте може се постићи кроз [39]:

- Употребу материјала са нижим топлотном капацитетом или вишим рефлективним својствима (нпр. светле боје које одбијају више сунчевог зрачења).
- Повећање зелених површина, укључујући паркове, баште, зелене кровове и зидове, који могу помоћи у хлађењу кроз евапотранспирацију и сенчење.
- Дизајнирање градске инфраструктуре тако да се подстакне вентилација, укључујући стварање ветровитих коридора и отворених простора који омогућавају проток ваздуха.
- Употребу водних елемената као што су фонтане и језера који хладе околну атмосферу кроз испаравање.

На слици 5.3. приказан је резултат експеримента на моделима код којих је мерена промена у температури (разлика у температури ваздуха у урбаној и руралној средини) након заласка Сунца за различите висине и ширине зграда [50].



Слика 5.3. Разлика између урбане и руралне температуре ваздуха након заласка Сунца за различите односе висине зграда и ширине простора између њих [50]

Анализирајући дијаграм може се закључити да ефекат топлотног острва расте са повећањем односа висине објекта и ширине између објеката, тј. са повећањем ефекта урбаног кањона. Крива дијаграма која показује највећу температурну разлику представља температуре бетонске плоче (која је представник урбаног окружења) и дрвене плоче (која је представник руралног окружења). Ови резултати су потврђени нумеричким моделовањем [64].

5.3 Радијација

Соларна радијација је транспорт соларне енергије путем електромагнетних таласа или фотона, који настају услед промена у електронским конфигурацијама атома или молекула. Овај процес је најефикаснији када не постоји средњи прекидачки медијум, због чега је вакуум идеалан за пренос соларне топлотне енергије. Радијација се преноси на различитим таласним дужинама и/или фреквенцијама, са јаком спектралном зависношћу [65].

Свака површина или тело чија је температура виша од апсолутне нуле ($-273,15^{\circ}\text{C}$) зрачи топлотну енергију. Појам црног тела представља тело које има максималну стопу зрачења (савршено зрачи). Максимална стопа зрачења црног тела дефинисана је Стефан-

Болцмановим законом који даје везу између површине црног тела и површинске температуре црног тела:

$$Q'_{emitmax} = \sigma A_s T_s^4 = E_b \quad (5.2)$$

Све реалне површине имају мању стопу зрачења од црног тела. Емисивна моћ реалног тела или површине у односу на њен еквивалент црног тела назива се емисивност и обележава рачуна се по обрасцу:

$$\varepsilon = E/E_b \quad (5.3)$$

Емисивност реалних тела и површина се креће у распону од 0 до 1. Увођењем појма емисивности, формула за израчунавање стопе зрачења реалног тела гласи:

$$Q'_{emit} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4$$

Површина или запремина материјала такође имају својства зрачења описана као апсорптивност (α_{rad}), трансмисивност (τ_{rad}) и рефлективност (ρ_{rad}). Ова својства, заједно са емисивношћу, карактеришу пренос топлоте зрачењем објекта. Сагласно закону очувања енергије, укупна енергија која је апсорбована, пренета и рефлектована је једнака енергији која се зрачи на објекат [65].

5.4 Конвекција

Конвекција представља пренос топлоте са чврсте површине на течности или гасове, у овом случају са површине Земље на ваздух [66]. Степен конвекције расте са: повећањем брзине струјања ваздуха, повећањем турбуленције ваздуха изнад неравних површина и повећањем температурне разлике између површине и ваздуха.

Конвекција у микроклими урбаних средина је процес који се односи на вертикални пренос топлоте и влаге у атмосфери. Конвекција може бити природна, као резултат топлијег ваздуха који се диже зато што је мање густ, или присилна, као резултат вештачког утицаја попут ветра који настаје услед саобраћаја. У урбаним подручјима, конвекција је комплексна због великог броја структура које утичу на атмосферске услове и кретање ваздушних струја.

Ефекат топлотног острва интензивнији је током мирног и ведрога времена. Један од разлога за то је и тај што се мање топлоте пренесе са површине Земље у ваздух када је слаба

циркулација ваздуха. Слаби ветрови имају тежњу да повећају складиштење топлоте током дана и омогуће постепено ослобађање исте током ноћи. Брзина струјања ваздуха у градовима је и до 60% мања него у руралним срединама због објеката који представљају баријеру у простору [67], али се у неким ситуацијама може интензитет ветра повећати око подножја високих зграда [68].

Зграде и друге велике структуре у градовима могу значајно изменити природне путеве конвекције, стварајући пролазе где ваздух може брже да се креће, али такође и блокирати проток ваздуха и утицати на формирање зоне стагнације. То може довести до веће акумулације топлоте и згушњавања загађујућих материја који се теже расејавају у околини. Осим тога, урбани материјали који апсорбују и задржавају топлоту могу допринети локалним разликама у температури које покрећу конвекцијске струје [69].

Стратегије за унапређење конвекције у градовима укључују дизајн и планирање који омогућавају већу пропустљивост и проток ваздуха између зграда, као и увођење зелених простора који могу служити као "хладне оазе" у градском пејзажу. Поред тога, кровни вртови и зелени зидови могу допринети већој влажности и побољшању квалитета ваздуха, стимулишући конвекцијске процесе [54].

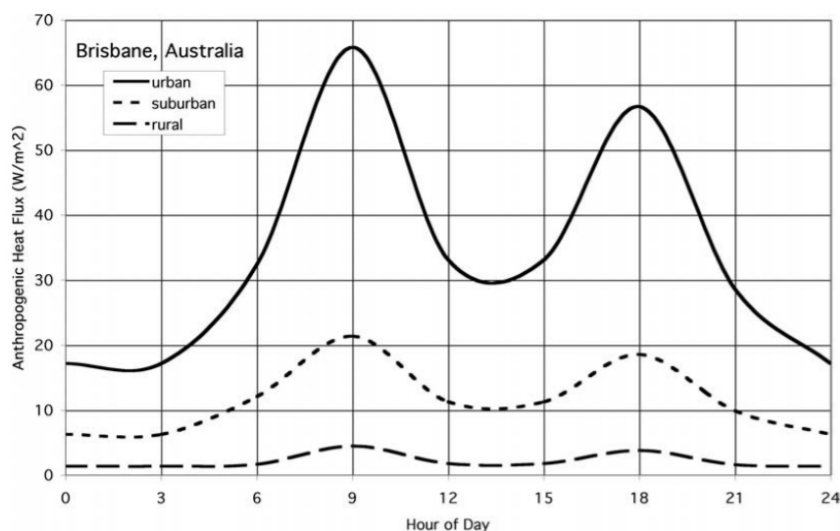
5.5 Топлота настала од антропогених извора

Топлота настана од антропогених извора настаје из различитих извора који су условљени људском активношћу. Примери настанка антропогене топлоте су зграде, индустрије, возила, али и сами људи. У руралним и субурбаним подручјима количина антропогене топлота је мања у односу на остале чиниоце енергетског биланса, док у густо изграђеним градским срединама антропогена топлота има значајан утицај на формирање ефекта топлотног острва [70].

Да би укупна настала топлота на неком подручју била позната морају се укључити сви корисници неког вида енергије: комерцијалне, стамбене, индустријске зграде и саобраћај. Антропогени добици топлоте су већи током зиме, али се са порастом потрошње енергије и у току лета испољавају у великој мери због масовне употребе клима уређаја.

Khan и Simpson су вршили истраживање добитака топлоте настале од антропогених извора у Брисбејну, Аустралија током децембра (летњи период) 1996. године [71]. Дневно

генерисање антропогене топлоте у урбаном, субурбаном и руралном подручју Бризбејна, Аустралија приказани су на слици 5.4.



Слика 5.4. Дневно генерисање антропогене топлоте у урбаном, субурбаном и руралном подручју Бризбејна, Аустралија [71]

На слици 5.4. приказана је имисија антропогене топлоте током периода од 24 часа у различитим подручјима, урбаном, субурбаном и руралном. Тренд раста све три линије дијаграма је присутан у истом периоду током дана, али је евидентно да се у градској средини емитује највећа количина антропогене топлоте. Максимална дневна вредност антропогене топлоте у градској средини износи око 66 W/m^2 , у приградској око 22 W/m^2 , док је најмања емисија у руралној средини у којој је највећа дневна емисија око 5 W/m^2 .

6 КОМПОЗИТНИ ФАКТОРИ УРБАНОГ СТАМБЕНОГ БЛОКА

У урбанистичком планирању и архитектонском пројектовању неопходно је укључити све елементе урбаног дизајна при анализи простора. Урбани дизајн се бави уређењем, изгледом и функцијом одређених урбаних простора. То је процес и исход стварања средине за живот и рад људи, као и простор са којим треба да се повежу корисници и да се у њему осећају пријатно. Под појмом урбани дизајн су обједињени: планирање, развој, архитектура, пејзажна архитектура, инжењерство, економија, право и финансије. Ширина сагледавања урбаног дизајна се може посматрати у различитим нивоима на макро нивоу урбане структуре подразумева планирање, зонирање, саобраћајну и инфраструктурну мрежу, док се на микро нивоу урбани дизајн бави детаљима попут типа осветљења и уличног мобилијара [72]. Елементи урбане форме од макро до микро нивоа приказани су на слици 6.1.



Слика 6.1. Елементи урбане форме од макро до микро нивоа

Урбана структура представља сложени систем изграђених елемената, амбијената и простора, зграда и блокова који повезани чине окружење за извођење комплексних процеса

живота у граду [73]. У урбану структуру се укључују и саобраћајни и инфраструктурни системи.

Композитни фактори урбаног стамбеног блока обухватају [73]:

- Форму блока и распоред маса
- Функционалну анализу блока
- Међусобни однос објеката
- Материјализацију површина

6.1 Урбани дизајн

Урбани дизајн представља интердисциплинарни праксу која се бави обликовањем физичких карактеристика градских простора. Централна идеја урбаног дизајна је стварање функционалних, атрактивних и одрживих урбаних средина које обезбеђују квалитетан живот њихових становника [74]. Ова област се фокусира на интеграцију архитектуре, планирања града, околине, инфраструктуре и јавних простора.

Урбани дизајн укључује разматрање и балансирање бројних фактора, укључујући социјалне, економске, еколошке и културне аспекте. Процес обликовања урбаног простора започиње разумевањем потреба и жеља заједнице и укључивањем становника у процес планирања. Стварање функционалних и приступачних транспортних мрежа један је од главних циљева, као и обезбеђивање квалитетних јавних простора као што су паркови и тргови који омогућавају социјалну интеракцију и рекреацију [75].

Одрживост је такође кључни елемент, са фокусом на минимизирање утицаја на околину и интеграцију зелених технологија као што су зелени кровови, системи за сакупљање кишнице и коришћење обновљивих извора енергије. Архитектура и дизајн зграда морају одражавати локални карактер и културу, али морају бити и функционални и енергетски ефикасни [76].

Укључивање урбаног мобилијара, као што су клупе, осветљење и корпе за смеће, доприноси функционалности и естетици јавних простора, док парковско уређење и зелене површине

побољшавају квалитет ваздуха и пружају природну лепоту. На слици 6.2. приказан је урбани дизајн стамбеног блока.



Слика 6.2 . Урбани дизајн стамбеног блока

<https://www.archdaily.com/309401/hanking-nanyou-newtown-urban-planning-design-proposal-jaeger-and-partner-architects/pro-1-18-d06>

Слика 6.2. приказује кључне елементе урбаног дизајна. Урбани дизајн укључује означене секције за јавне просторе, саобраћај и приступачност, зграде и архитектуру, одрживост и зелене технологије, урбани мобилијар и пејзажну архитектуру.

Урбани дизајн, стога, захтева холистички приступ који узима у обзир различите аспекте градског живота и окружења, тежећи стварању простора који су истовремено функционални, естетски пријатни и одрживи.

Хијерархија елемената урбаног дизајна као и груписање појединих елемената урбаног дизајна у посебне целине приказана је на слици 6.3.



Слика 6.3. Елементи урбаног дизајна [77]

Урбани дизајн игра кључну улогу у обликовању градова и градских средина које су функционалне, атрактивне и одрживе и зато је од великог значаја представити и топографију простора, фасаде и повезаност простора, форму блока, међусобни однос објеката као и материјализацију површина.

6.2 Топографија, предео и околина

У урбаном дизајну, топографија, предео и околина су од суштинске важности јер они директно утичу на то како ће се простор користити и како ће изгледати. Ови аспекти обухватају природне карактеристике и особине земљишта, као и њихов утицај на планирање и дизајн урбаних простора [77]. Природно окружење подразумева топографију терена, водених токова, као и флору и фауну карактеристичну за одређени простор. Елементи природног у урбаној средини могу бити: реке и потоци, језера, шумарци, паркови и рекреациони центри, улични дрвореди или приватна дворишта. Без обзира на то у којој се форми јављају елементи природног окружења се у целини посматрају као „зелена инфраструктура“. Да би се зелена инфраструктура одржала у неком простору сви елементи урбаног дизајна би требало да се подреде и планирају према њој.

Топографија се односи на физичке карактеристике земљишта, укључујући његову висину, нагиб и облик. Топографија може значајно утицати на распоред зграда, саобраћајне мреже и размештај јавних простора. На пример, стрме површине захтевају другачији приступ дизајну у односу на равнице. Топографија такође утиче на одводњавање и може одредити најбоље локације за зелене површине и водне карактеристике [78].

На слици 6.4. је приказан утицај топографије (као што су надморска висина и нагиб), елемената предела (попут вегетације и водених тела) и еколошких фактора (укључујући климу и биодиверзитет) на урбано планирање и дизајн.



Слика 6.4. Топографија, предео и еколошких фактора у урбаном дизајну

https://www.ucl.ac.uk/bartlett/architecture/sites/bartlett_architecture/files/styles/owl_carousel/public/3_d_s4_22_nazhang_rbg_1.jpg?itok=xunAWhR

Предео у урбаном дизајну се односи на укупни изглед и карактеристике одређеног подручја, укључујући његову вегетацију, водне површине, и већ постојећу изграђену средину. Он обухвата како природне тако и људским деловањем створене елементе. Предео утиче на то како ће се простор користити, како ће изгледати и како ће се осећати људи у том простору. На пример, предео са пуно зеленила и водених површина може створити опуштајућу и здраву околину за становнике.

Околина укључује шири контекст у којем се налази урбано подручје, укључујући природне карактеристике као што су клима, биодиверзитет и еколошки услови, као и културне, историјске и социоекономске аспекте. Околина може значајно утицати на начин

на који се планира и дизајнира урбан простор, јер се морају узети у обзир локални климатски услови, као и културни и историјски аспекти који обликују идентитет и карактер подручја [77].

6.3 Фасаде и повезаност

Однос објекта и парцеле на којој се налазе, улице на коју излазе и објекта на суседним парцелама, као и сама архитектура фасаде објекта, чине јединствену форму која је прописана планском регулативом са циљем формирања структуре која делује уравнотежено и складно у простору. Елементи структуре урбаног блока су: грађевинска и регулациона линија, позиција објекта на парцели и тип изградње објекта (слободностојећи објекат, двојни или у низу). Архитектура објекта подразумева: пројекцију свих равни објекта, позицију и величину отвора, структурални шаблон и материјализацију објекта. Као и код топографије, повезаност на нивоу града би требало да постоји како би се стекао утисак континуитета урбане средине, без обзира на намену [79]. На слици 6.5. приказане су фасаде и њихова међусобна повезаност унутар урбаног стамбеног блока.



Слика 6.5. Фасаде и њихова међусобна повезаност унутар урбаног стамбеног блока

<https://www.pinterest.com/pin/80431543326342970/>

Фасаде и повезаност су два важна аспекта у урбаном дизајну који се међусобно допуњују у стварању функционалних и естетски привлачних градских простора.

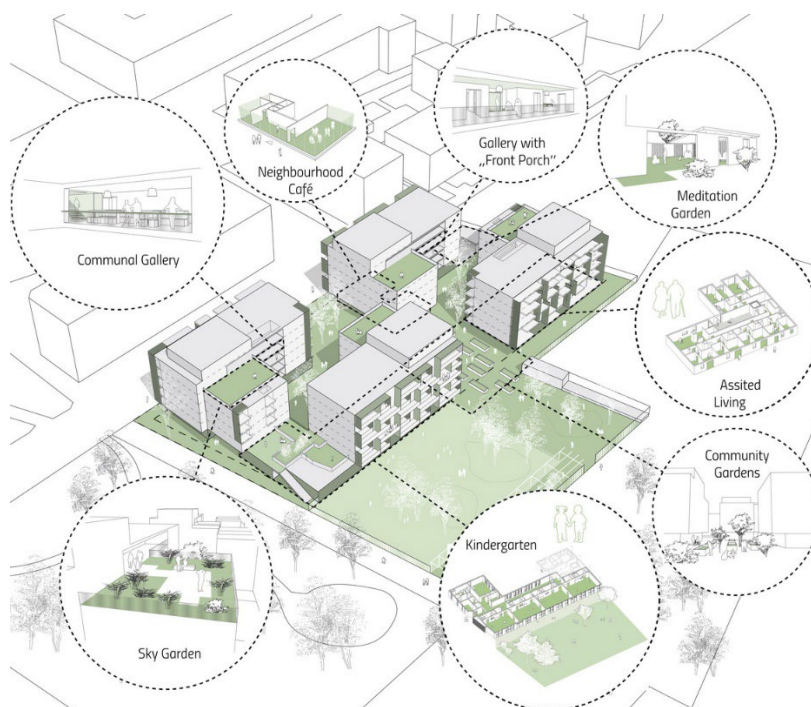
Фасаде представљају спољашњи изглед зграда и имају значајан утицај на визуелни идентитет урбаних подручја. Квалитетан дизајн фасада може допринети јединственом и атрактивном карактеру града, стварајући комфортно окружење за становнике. Фасаде такође играју важну улогу у функционалности зграда, укључујући аспекте енергетске ефикасности, осветљења, вентилације и топлотног комфора.

Повезаност у урбаном дизајну се односи на начин на који су различити делови града међусобно повезани, укључујући саобраћајну инфраструктуру, пешачке путеве и јавне просторе. Добра повезаност омогућава лаку приступачност и пролазност, чиме се подржавају ефикасност, безбедност и комфор урбаног живота. Она такође обухвата интеграцију различитих видова превоза и промовисање пешачких и бициклистичких мрежа.

Комбиновање квалитетних фасада и добре повезаности у урбаном дизајну води ка стварању привлачних и функционалних урбаних средина. Ово укључује дизајнирање зграда које су не само естетски привлачне, већ које се и хармонично уклапају у окружење, као и планирање градске структуре која подржава лаку приступачност и повезује различите делове града на ефикасан и угодан начин.

6.4 Урбана форма

Урбану форму чини распоред изграђеног простора, при чему треба водити рачуна о томе да изграђени простор не може бити посматран независно од природног окружења у коме је. Стога урбану форму чине међусобни односи изграђених објеката, шема намене простора и удео природног окружења унутар изграђене структуре. Урбана форма се посматра на нивоу града, дела града и са аспекта намене површина [80]. На слици 6.6. приказана је урбана форма стамбеног блока.



Слика 6.6. Урбана форма урбаног стамбеног блока

https://www.archdaily.com/940835/sta-zwei-plus-plus-intergenerational-housing-trans-city-tc/5ed5d05ab3576538ab000597-sta-zwei-plus-plus-intergenerational-housing-trans-city-tc-program?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open

Урбана форма у урбаном дизајну описује физичку структуру и облик градских простора. Она укључује распоред зграда, улица, јавних простора, те размештај и облик различитих урбаних елемената. Урбана форма је од суштинске важности јер директно утиче на начин на који људи доживљавају и користе градски простор. Кључне компоненте урбане форме су [80]:

- распоред зграда и блокова - како су зграде позициониране у односу једна на другу, њихова оријентација, густина и висина утичу на облик и карактер градског подручја.
- улице и саобраћајнице - конфигурација уличне мреже, укључујући ширину улица, дужину блокова и врсте саобраћаја који се подржавају, имају велики утицај на функционалност и приступачност урбаних области.
- јавни простори - тргови, паркови и други јавни простори су важни за социјалну интеракцију и рекреацију у градовима, доприносећи квалитету живота урбаних становника.

- архитектонски стил и дизајн - стил зграда и њихови естетски детаљи доприносе укупној визуелној привлачности и јединствености урбане средине.
- одрживост и зелене површине: Интеграција одрживих карактеристика и зелених површина, као што су паркови и кровни вртови, играју важну улогу у побољшању урбане екологије и пружању природних простора за одмор и опуштање.
- пешачке зоне и бициклистичке стазе: Промоција пешачких и бициклистичких стаза може побољшати повезаност, смањити зависност од аутомобила и подстаћи активнији начин живота.

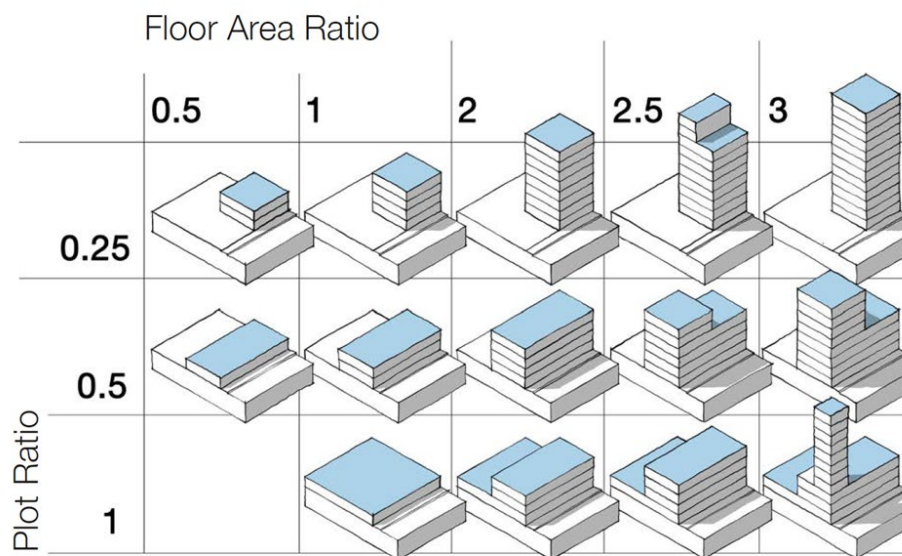
Урбана форма је динамичан концепт који се стално развија у складу са променама у друштвеним, технолошким и еколошким трендовима. Она је одраз културних, економских и социјалних вредности друштва у одређеном временском периоду.

6.5 Однос величина изграђене структуре блока и блока као целине

Однос између величине изграђене структуре блока и величине самог блока као целине је важан аспект у урбаном дизајну. Овај однос утиче на различите факторе као што су пропустљивост светла, приватност, приступ зеленим површинама и укупан квалитет животног простора у урбаном окружењу. Површина, волумен и перцепција објекта и средине у којој се налази представљају основу уређења неког простора [77].

Величина изграђене структуре у односу на величину блока одређује индекс изграђености. Већа густина може значити мање простора за јавне површине и зелене површине, али може повећати ефикасност у смислу коришћења простора и приступа услугама. Веће зграде у мањим блоковима могу ограничити природно светло и вентилацију у унутрашњим просторима, што може имати негативан утицај на животну средину.

Важно је осигурати довољно јавних и зелених површина у оквиру блока. Ове површине пружају простор за рекреацију, доприносе биодиверзитету и побољшавају квалитет ваздуха.



Слика 6.7. Комбинације индекса изграђености и индекса заузетости урбаног блока
<https://www.gov.uk/government/publications/national-model-design-code/national-model-design-code-part-2-guidance-notes-html-accessible-version>

Однос између изграђеног простора и укупног простора блока утиче на могућности за социјалну интеракцију. Прекомерна изградња може смањити ове могућности, док добро планирани блокови могу подстаћи јачање заједнице. Такође, однос изграђеног простора и простора блока утиче на приступачност и повезаност у блоку. Изазов је постићи равнотежу између изградње и остављања довољно простора за улице, стазе и јавни транспорт.

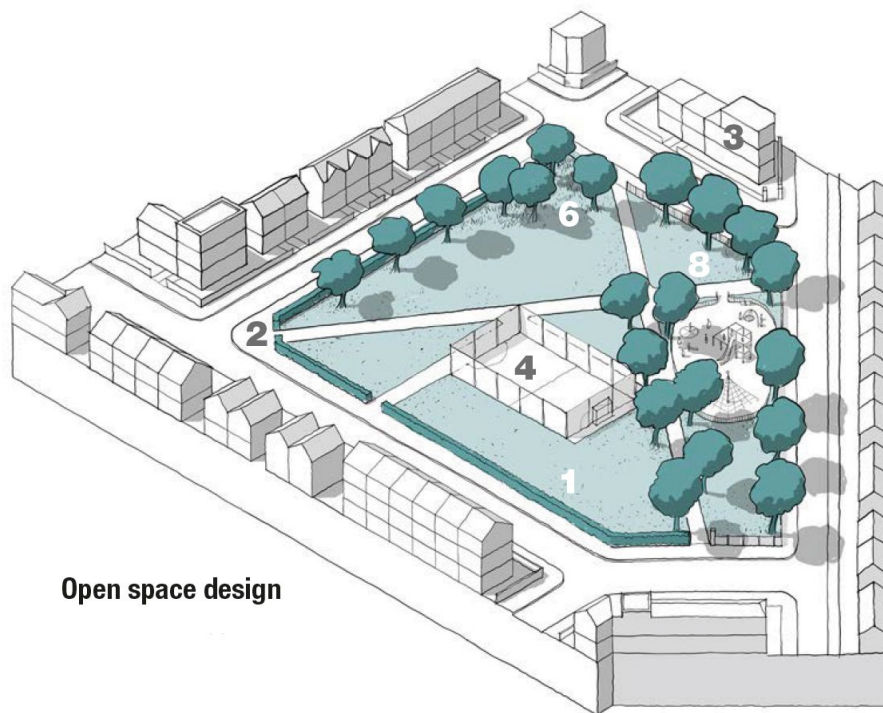
У урбаном дизајну, циљ је постићи оптималан баланс између изграђеног простора и отвореног простора у оквиру блока, чиме се обезбеђује функционалност, естетика, одрживост и квалитет живота за становнике [78].

Законска регулатива прописује параметре који морају бити испуњени како не би дошло до изградње несразмерних објеката који концептуално нарушавају изглед неког подручја, а да би се то остварили мора се намена објекта прилагодити форми урбаног блока и распореду маса.

6.6 Јавне површине блока

Велики део урбаног дизајна бави се управо уређењем и управљањем јавним простором, као и начином на који се тај простор користи. Јавни простор укључује природно

и изграђено окружење које се свакодневно користи од стране становника и посетилаца неког подручја. Неки делови приватних простора коју су отворени ка улици или другим отвореним просторима, а који су парковски уређени могу такође да допринесу укупном изгледу јавног домена [77]. На слици 6.8. приказана је јавна површина урбаног блока.



Слика 6.8. Јавна површина урбаног блока (1.Граница отворених јавних садржаја у блоку ; 2. Путања кретања корисника; 3. Визуелна повезаност са објектима. 4. Рекреативна површина; 6. Присуство зелених површина; 8. Осветљење стаза и простора за рекреацију)
<https://www.gov.uk/government/publications/national-model-design-code/national-model-design-code-part-2-guidance-notes-html-accessible-version>

Јавне површине обезбеђују простор за социјалну интеракцију, рекреацију, одмор и културне активности, доприносећи тако квалитету живота становника. У контексту урбаног блока, јавне површине могу укључивати зелене површине и паркове где парковска подручја или зелене површине унутар блока служе као места за одмор и рекреацију, као и простори за дружење становника. Дечија игралишта су такође важна за породице са децом, пружајући безбедан и стимулативан простор за игру и развој деце. Простори без аутомобила где становници могу слободно шетати, уживати у отвореном простору или учествовати у јавним догађајима у виду пешачких зона и тргова су веома важни за дизајн урбаног блока.

Спортске и рекреативне површине представљају просторе као што су: спортски терени, кошаркашки или фудбалски терени, који промовишу физичку активност међу становницима, мурале, скулптуре и друге форме јавне уметности, као и простори за извођење уличних представа и културних догађаја. Такође, важан елемент јавних површина су седеће површине и одморишта односно клупе и места за одмор где становници могу седети, опустити се и социјализовати.

Дизајн јавних површина у урбаним блоковима треба да узима у обзир потребе и жеље локалне заједнице, као и физичке и социјалне карактеристике окружења.

6.7 Урбана структура – град

6.7.1 Урбани блок

Урбани блок представља основну јединицу урбаног ткива и може се дефинисати као ограничена површина земљишта која је обично окружена улицама. Карактеристике урбаног блока, као што су величина, облик, врста и распоред зграда, јавних простора и инфраструктуре, директно утичу на квалитет живота становника, као и на функционалност и естетику урбаног подручја [32]

Урбани блок као део урбане структуре је предмет истраживања ове дисертације. Као такав он је дефинисан са свим својим елементима који утичу директно или индиректно на микроклиматске услове који у блоку владају. Урбани блок чине изграђени и отворени простори, а целина блока најчешће је подељена на саставне делове, тј. парцеле. У урбаном стамбеном блоку основна намена је становање, али се поред становања врло често јављају, најчешће у приземним етажама породичних и вишепородичних објеката простори са другачијим, најчешће комерцијалним функцијама. На слици 6.9. приказано је повезивање урбаних блокова у урбану форму града.



Слика 6.9. Повезивање урбаних блокова у урбану форму града
<https://www.mvrdiv.com/projects/45/a101urban-block?photo=16280>

Неки од аспеката који су важни у разматрању урбаног блока су [81]:

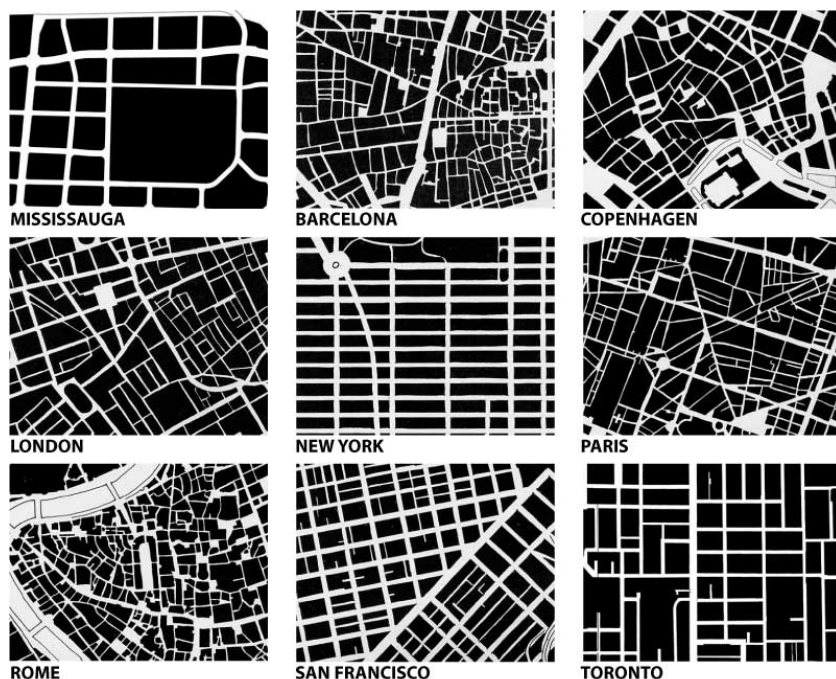
- **Густина урбаног блока**, укључујући број и величину зграда, утиче на количину доступног простора за становнике и на интензитет коришћења јавних простора. Густина такође утиче на пропустљивост светла, вентилацију и приватност.
- **Присуство и квалитет јавних простора**, као што су паркови, игралишта и пешачке зоне, су кључни за добробит становника. Зелене површине у урбаним блоковима доприносе еколошкој одрживости и пружају неопходну природну димензију у густо насељеним подручјима.
- **Повезаност и приступачност** - ефикасна улична мрежа и добра повезаност са ширим градским подручјем омогућавају лак приступ услугама, као што су образовање, здравство и трговина. Пешачке стазе и бицикличке стазе такође доприносе повећању доступности и одрживости.
- **Архитектура и дизајн** - дизајн зграда у урбаном блоку, укључујући њихову архитектуру, облик и материјале, је важан за естетику и функционалност блока. Ово укључује узимање у обзир енергетске ефикасности, дуготрајности и адаптабилности зграда.
- **Одрживост и животна средина** - интеграција одрживих решења, као што су зелени кровови, системи за сакупљање кишнице и коришћење обновљивих

извора енергије, доприноси смањењу утицаја на околину и стварању здравијих животних простора.

- Разумевање и анализа урбаних блокова захтева интердисциплинарни приступ који узима у обзир архитектонске, социјалне, еколошке и урбанистичке перспективе. Циљ је стварање урбаних блокова који су не само функционални и естетски привлачни, већ који такође подржавају одрживу и квалитетну урбану средину.

6.7.2 Форма блока и распоред маса изграђене структуре блока

Волумен објеката и њихов однос са околним простором (земљиштем), али и другим објектима, као и облик блока који је условљен уличном мрежом чине форму блока. Урбани блок има свој екстеријер и ентеријер. На слици 6.10. приказани су сегменти из просторног плана неких градова где је наглашена улична мрежа која је утицала на формирање урбаних блокова.



Слика 6.10. Форме урбаних блокова настале формирањем уличне мреже

(https://www.bricoleurbanism.org/wp-content/uploads/2008/01/urban-form_layout2.jpg)

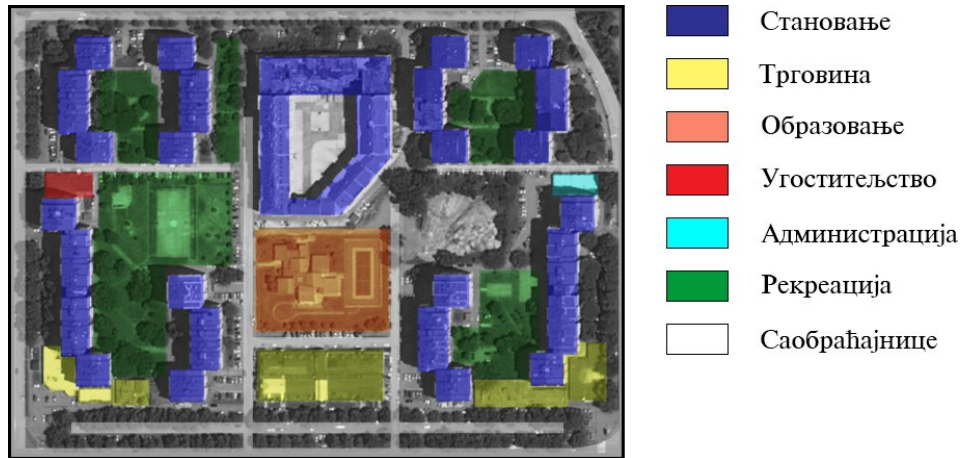
У зависности од периода формирања градова, улична мрежа може бити различитих геометријских форми (радијална, радијално-прстенаста, правоугаона, неправилна мрежа). Свака геометријска форма уличне мреже има своје карактеристике које су утицале у обликовном смислу на структуру града. Тако су се формирали градови код којих доминира правилна улична мрежа и градови код којих је доминантна неправилна улична мрежа (слика 6.10.). Геометријска форма уличне мреже пре свега зависи од тога да ли је град настао на простору на коме је већ постојало насеље из ранијих историјских периода или је реч о новопроектваном граду, односно проширењу града ван његових постојећих граница. Већина европских градова настала је на простору средњевековних градова и на то указују централне градске зоне. Урбани блокови који се формирају на неправилној уличној мрежи имају неправилан облик и постоје значајне разлике у величини блокова. Врло често долази до укидања појединих улица и укрупњавања блокова због захтева савременог друштва за већим просторима за живот и рад становника [82]. Модерни градови који не настају на простору постојећих градова или делови градова који се шире на неизграђеним просторима имају најчешће правилну уличну мрежу, која може бити ортогонална, радијална или комбинација ова два типа. У погледу величине блока, приликом планирања се води рачуна да блокови имају исту или приближно исту величину, али не ретко долази и до варирања у величини како би се разбила монотонија простора и како би се једноличност простора минимизирала [80].

6.7.3 Функционална анализа блока

Морфолошке и функционалне карактеристике урбаних простора могу се класификовати кроз концепт зонирања који се често користи у урбанистичком планирању где су облик, дизајн и употреба урбаних простора регулисани наменом одређених зона на које се примењују посебни захтеви и ограничења. На основу функционалних захтева појединих урбаних зона може се направити разлика подручја са стамбеном функцијом, нестамбеном функцијом, зеленила, саобраћајница [83]. Иако употреба простора није директно повезана са његовим физичким изгледом, нека истраживања су показала да просторни образац заузећа земљишта, који дефинише урбану форму, може указати на функционалне карактеристике тог простора [84]. С обзиром на то да урбани простори имају

мултифункционални карактер, блокови се најпрецизније могу описати као претежно стамбени, претежно комерцијални и сл.

На слици 6.11. приказан је урбани мултифункционални блок са претежно стамбеном наменом.



Слика 6.11. Мултифункционални урбани блок, Град Ниш

Функционална поставка блока мора бити у складу са планским документима поштујући параметре који су њиме прописани. Параметри се односе на густину насељености, степен заузетости површине, степен изграђености, максималну дозвољену спратност објеката, минималну удаљеност објеката у зависности од оријентације, довољан број паркинг места, присуство зеленила, итд. Саставни елемент сваког планског документа је и шема намена површина која грубо дефинише основну намену одређеног простора или блока.

6.7.4 Међусобни однос објеката у урбаном блоку

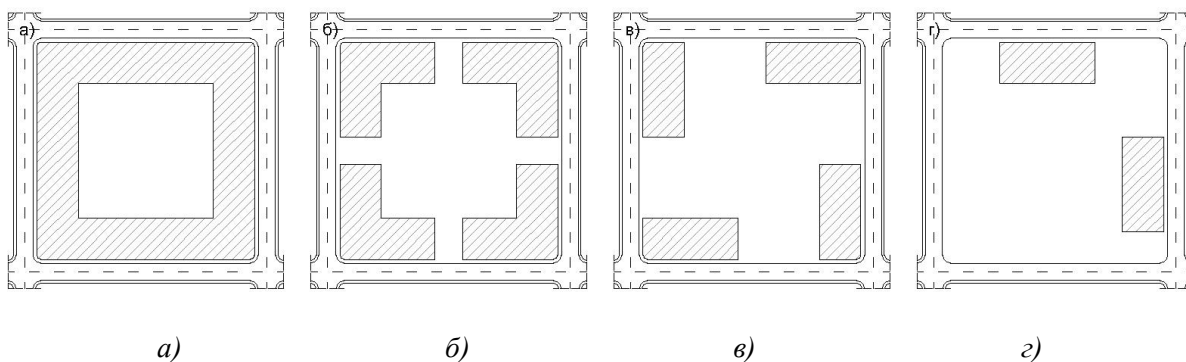
Архитектонско обликовање зграда директно је повезано са изграђеном средином блока и мора бити усклађено са урбанистичким плановима. Максимовић истиче да урбанистички планови захтевају повезивање зграда сличних карактеристика, те је на архитектама да осмисле различите типове зграда за формирање хармоничних архитектонских целина [85]. Према њему, важно је разматрати број спратова, распоред стамбених јединица и друге карактеристике зграда како би се дефинисао начин градње. Други степен поделе коју прави јесте на организацију однос између објеката, објеката у

односу на уличну мрежу, однос према насељу и урбаној средини уопште, као и према природном окружењу [86].

Однос међу зградама, и однос зграда и путне инфраструктуре у Србији је прописан Правилником о општим правилима за парцелацију, регулацију и изградњу. Према организацији зграда у односу на регулациону линију разликујемо слободну и ивичну градњу. У случају ивичне градње, долази до подударања грађевинске и регулационе линије. Фасада објекта оријентисана ка уличној мрежи има карактер јавног простора, док фасаде оријентисане ка унутрашњости блока имају карактер приватног простора. Међусобни однос објеката у урбаном блоку ивичне изградње дефинише тип изградње блока. Према повезаности објеката блокови ивичне изградње објеката деле се на: затворене, полузатворене, полуотворене и отворене [87]. Категоризација према проценту учешћа дужине уличног фронта у односу на укупан обим блока дата је у Табели 6.1., а графички је приказана на слици 6.12.

Табела 6.1. Дужина уличног фронта као елемент за утврђивање система градње блока [32]

Систем грађења блока	Дужина уличног фронта [%]
<u>Затворен</u>	75 – 100
Полузатворен	50 – 74
Полуотворен	25 – 49
Отворен	0 – 24



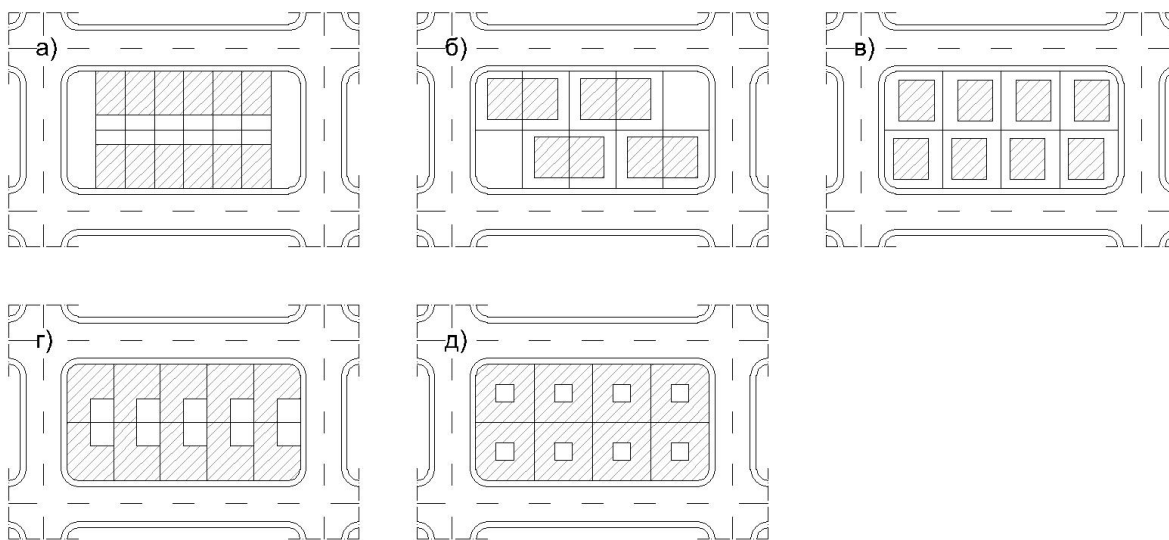
Слика 6.12. Типови ивичне изградње блока: а) затворен систем, б) полузатворен систем, в) полуотворен систем, г) отворен систем

Приликом слободног начина организације објеката у блоку грађевинска линија не преклапа се регулационом линијом што дозвољава већи степен индивидуалности пројектантског приступа, са поштовањем прописаних мера између објеката. Овакав приступ градњи омогућава слободно размештање зграда, стварајући неодређене границе урбаног блока и повезујући приватни и јавни простор [87].

Према организацији објеката на грађевинским парцелама, објекти могу бити постављени:

- У непрекинутом низу – објекат додирује бочне границу парцеле
- У прекинутом низу – објекат додирује једну бочну границу парцеле
- Слободностојећи објекти – објекат нема контакт са границама парцеле
- Полуатријумски објекти – објекат је у контакту са три границе парцеле
- Атријумски објекти – објекат је у контакту са свим границама парцеле

На слици 6.13. је приказано постављање објеката на парцели.



Слика 6.13. Постављање објеката на парцели а) објекти у непрекинутом низу, б) објекти у прекинутом низу, в) слободностојећи објекти, г) полуатријумски објекти, д) атријумски објекти

6.7.5 Материјализација површина објеката и поплочања урбаног блока

Урбане и субурбане површине имају много већу изграђену површину од руралних средина и у односу на изграђену површину, врло често мали проценат зелених површина. Однос изграђених површина и зеленила у градовима доприноси настанку ефекта топлотног

острва. Такође на настанак ефекта топлотног острва утиче и примена грађевинских материјала попут бетона, челика, стакла, итд. који имају много већу моћ апсорпције и реемисије сунчевог зрачења од природних материјала попут дрвета, земље, трске, опеке, итд.

6.7.5.1 Алbedo

Алbedo је број који показује колико се сунчевог зрачења рефлектује са неке површине, односно способност површине да рефлектује Сунчево зрачење назад у атмосферу. У контексту урбаних микроклима, алbedo површина игра значајну улогу у управљању градским топлотним оптерећењем и ублажавању ефеката урбаних топлотних острва [88].

Материјали са високим алbedo вредностима, као што су бели кровови или светли боје тротоара, могу значајно смањити количину апсорбоване топлоте тако што одбијају већи део сунчеве радијације. С друге стране, тамнији материјали као што су асфалт и тамни кровни покривачи имају ниске алbedo вредности и могу да допринесу повећању локалних температура због више апсорбоване топлотне енергије [89].

Утицај албеда на урбану микроклиму је сложен и може варирати у зависности од географске локације, климатских услова, сезонских варијација и урбане морфологије. Стратегије планирања које повећавају урбани алbedo могу допринети смањењу потребе за грејањем и хлађењем, чиме се смањује укупна потрошња енергије и емисије гасова стаклене баште [90].

У градским срединама материјали који се користе за обраду фасада објеката, као и материјали за поплочање отворених површина урбаних блокова су углавном чврсте структуре и тамнији што им омогућава да лако апсорбују сунчево зрачење. Материјали најчешће коришћени при изградњи урбаних блокова [89]:

- Асфалт - има низак алbedo и апсорбује велику количину сунчевог зрачења, што доприноси загревању урбаних површина. Тамна боја асфалта доприноси високој апсорпцији топлоте. Традиционални црни асфалт има веома низак алbedo, што га чини значајним учесником у стварању урбаних топлотних острва. Новији, светлији асфалт може имати већи алbedo.

- Бетон - алbedo бетона може значајно варирати у зависности од његовог састава и површинске обраде. За бетон, алbedo вредности су ниске, али могу бити и више за светлије врсте бетона коришћењем светлијих агрегата или специјалних завршних обрада или оне са рефлективним додацима.
- Високо рефлективни кровни покривачи - ови материјали имају високе алbedo вредности, што их чини веома ефикасним у рефлексији сунчевог зрачења и смањењу топлотног оптерећења на зградама.
- Трава и зелене површине - иако директни алbedo траве није висок, њен утицај нахлађење кроз евапотранспирацију је значајан.
- Природни камен и плочице - зависно од боје и текстуре, ови материјали имају углавном ниже алbedo вредности. Светлији природни камен и плочице имају већу рефлективност и стога већи алbedo.
- Светле боје фасадних материјала - светле боје фасада могу знатно повећати алbedo зграде, са вредностима које могу доста високе, у зависности од специфичне нијансе и материјала.
- Зелени кровови - зелени кровови, који укључују засађивање биљака на кровним површинама, имају умерен алbedo, али њихова главна предност лежи у способности да се евапотранспирацијом смањи температура околине.
- Боје за спољне површине - зависно од боје, спољне боје могу имати доста ниске алbedo вредности за тамније боје до високих вредности за светлије нијансе.

У табели 6.2. су приказане вредности албеда за неке материјале који се користе приликом изградње објеката, обраде њихових фасада или који се користе у обради отворених површина.

Табела 6.2. Вредност албеда материјала у урбаном блоку [90]

Материјал	Алbedo
Асфалт	0,05 – 0,20
Бетон	0,10 – 0,35
Високо рефлективни кров	0,60 – 0,70
Валовити кров	0,10 – 0,16
Кров са битуменом и шљунком	0,08 – 0,20
Трава и зелене површине	0,25 – 0,30
Природни камен и плочице	0.2 - 0.5

Боје фасадних материјала	0.7 – 0.8
Зелени кровови	0.3 – 0.5
Боје за спољне површине	0.2 – 0.6
Опека и камен	0,20 – 0,40
Дрвеће	0,15 – 0,18

На нивоу урбаног стамбеног блока, највећа количина сунчевог зрачења доспева на кровове, фасаде и партерно поплочање. У зависности од албеда ових површина зрачење се у већој или мањој мери апсорбује или рефлектује.

6.7.5.2 Материјализација кровова

У зависности од врсте материјала који се користе за завршну обраду кровних површина, албеда кровних површина износи од 0,08 – 0,20, што значи да 80 до 92% сунчевог зрачења апсорбује.

Према изгледу кровне конструкције разликујемо равне и косе кровове. Равне кровове карактерише нагиб кровних равни који је се креће у распону од минималних 1° до максималних 12°. Овај тип кровова карактеристичан је за објекте јавне намене, индустријске и објекте намењене вишепородичном становању. Нагиб кровних равни већи од 12° карактеристичан је за косе кровове који се углавном јављају код објеката индивидуалног становања [50].

Равни кровови израђују се углавном од:

- ЕПДМ мембрана (етилен пропилен диен мономер мембране) - једнослојна мембрана синтетичке гуме са примесама чађи, уља и стабилизатора. У облику трака се изводи и спаја вулканизацијом, што је чини водонепропусном. Црне је боје и апсорбује око 95% сунчевог зрачења [91].
- Битуменске траке су се најчешће примењивале при изградњи равних кровова и то посебно код стамбених и пословних зграда у Србији које су изграђене после 1945. године у периоду соцреализма. Стамбене и пословне објекте у послератном периоду карактерише строга рационалност која је дефинисана „Привременим прописима за стамбене зграде масовне изградње“ [92]. Оне се постављају у више слојева. Као подлога, користи се слој битулита преко кога се премазује отопљени слој битумена. Преко битуменског слоја постављају се или бетонске плоче или се

посипа шљунак уколико је реч о непроходним равним крововима. Обавезан је заштитни слој преко битуменских трака јер услед сунчевог зрачења долази до брзог старења и губитка водонепропусног својства битуменских трака [93].

За облагање косих кровних површина користе се [94]:

- Цреп – може бити различитих облика и димензија, што директно утиче и на нагиб кровних равни. Материјал за израду црепова је најчешће печена глина која методама енгобирања и глазирања може променити боју и завршну обраду.
- Тегола – тегола је водонепропусни кровни покривач најчешће на бази битумена којег одликује флексибилност и мала тежина. У свом саставу имају стаклена влакна, битумен и завршни слој од минералних гранула.
- Трапезасти лим – користи се при изради кровова малог нагиб кровних равни. Има велику носивост и могућност постављања секундарних носача на растојања до 5 метара. Пластификацијом, трапезасти лим може се изводити у разним бојама.

6.7.5.3 Материјализација поплочавања

Око 25 до 50% површина унутар изграђене градске структуре чине поплочане површине и путеви, који значајно утичу на локалну климу у градовима. Ове површине имају пресудан утицај на стварање ефекта топлотног острва због својих топлотних својстава. Поплочавање јавних простора, тротоара и улица најчешће се врши коришћењем бетона и асфалта.

Асфалт у тренутку уградње и почетне експлоатације одбије 5 до 10% сунчевог зрачења. У току експлоатације, боја асфалта бледи, чиме долази до повећања рефлексије до 20%. Температура асфалта у току интензивног загревања у току летњих месеци износи и до 65°C. Степен рефлексије бетонских плоча креће се у распону од 30% до 40%. Услед запрљања током експлоатације, вредност рефлексије бетонских плоча опада за око 5%. Максимална вредност температуре бетонских најчешће не прелази 50°C [50]. Нижа цена израде и уградње асфалта условљава употребу овог материјала и у просторима који су неприкладни за овај тип завршне обраде површина, где би употреба других материјала била адекватнија [95].

7 МЕТОДА ПРОРАЧУНА УТИЦАЈА КОМПОЗИТНИХ ФАКТОРА УРБАНОГ СТАМБЕНОГ БЛОКА НА МИКРОКЛИМУ

Софтверски пакет ENVI_MET[®] служи са креирање холистичког микроклиматског модела у ком различити елементи урбаног и пејзажног окружења међусобно делују. Прва верзија софтвера настала је 1994. године, а од тада се софтвер непрестано развија узимајући у обзир нове технике симулација, као и напредак рачунарских технологија. ENVI_MET[®] зарад што вернијег приказа реалног стања утицаја климатских фактора на посматраном подручју узима у обзир досадашња знања из динамике флуида, термодинамике, физиономије биљака и геологије [96].

Применом овог софтверског пакета може се извршити анализа:

- сунчевог зрачења
 - трајање периода инсолације
 - рефлексија зрачења
 - бацање сенке од објеката и зеленила на елементе урбане структуре
 - акумулација енергије сунчевог зрачења у материјалима изградње урбаног склопа
- примена зелених и водних површина
 - бенефити примењивања зелених фасада и кровова
 - утицај партерног зеленила и водених површина на промену микроклиматских услова
- дисперзија загађујућих честица
 - Ослобађање, преношење и таложење честица и гасова

7.1 Топлотни комфор

Када се говори о микроклими, топлотни комфор представља главни индикатор који описује субјективни осећај температуре кроз доживљај корисника простора. Он укључује утицај Сунца, ветра, температуре ваздуха и влажности.

У случају да људско тело не успе да изврши терморегулацију и прилагоди своју температуру условима средине, без обзира на то да ли је у питању топло или хладно време,

настаје термичка нелагодност при опажању стварног окружења. Нелагодни термички услови су један од основних разлога што се људи пре одлучују за живот на периферији града него у самом центру. Ова „миграција“ становништва ка периферијама доводи до континуираног ширења градова, што са собом повлачи разне еколошке и економске последице, као што су заузимање земљишта и загушење саобраћаја. Из тог разлога отворени урбани простори морају бити дизајнирани тако да жеље и очекивања корисника испуњавају функционалне захтеве градских структура. Процена микроклиматских услова урбаних блокова подразумева разумевање осећаја корисника простора у стварним климатским условима, односно како одређени климатски услови делују на понашање човека у различитим урбаним окружењима. Ово разумевање може да се посматра и са економске стране објеката који имају пословање у спољном простору попут кафића, продавница, отворених тржних центара, рекреационих простора, итд. Различити термодинамички модели омогућавају холистичку процену стационарних и транзитних услова топлотног комфора анализираног простора.

Ефекат топлотног острва може да се посматра од нивоа мањих врућих тачака на улици, до целих делова града. Да би разумели топлотни учинак на нивоу урбаног блока или на нивоу округа, мора се извести холистичка и динамичка симулација узрочника овог ефекта, а узрочници су:

- температура свих површина посматраног подручја,
- струјање ветра,
- транспирација вегетације и
- влажност тла.

Како су узрочници разноврсни, тако се и перспектива погледа на анализу може посматрати са различитих нивоа: физика зграда, стање вегетације или топлотни комфор корисника простора.

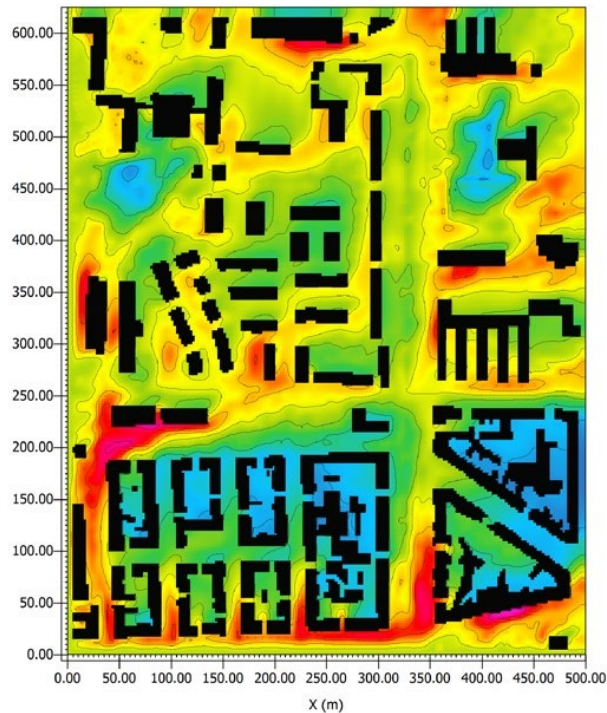
Различити материјали, облици и спратност зграда, вегетација, распоред отворених простора, итд стварају мрежу различитих микроклиматских услова чак и на јако малој површини. Засенчена дворишта и рекреативне површине могу представљати хладне оазе и у току врућих летњих месеци. Да би се разумео и анализирао неки простор на коме се врши

промена једног или више композитних фактора, симулација мора да траје најмање 24 сата да би се покренули сви различити ефекти грејања и хлађења у урбаном подручју.

7.2 Сунчево зрачење

Како се очекује интензивирање ефекта топлотног острва у наредним деценијама, предвиђа се и значајно повећање ефекта урбанизације, али проблем ефекта топлотног острва још увек није укључен у пројекције климатских модела и ретко кад се узима у обзир приликом планирања и пројектовања. У већини земаља на летњи климат утиче градска топлота, влажност и висок ниво сунчевог зрачења. Сунчеви зраци који падају на изграђену средину најчешће се апсорбују од стране тамних, нерелективних површина које ту акумулирану топлоту касније отпуштају у околну средину. Додатни утицај на високе температуре у урбаним срединама имају и ветрови малих брзина услед лоше циркулације између објеката. Од свих елемената микроклиме, сунчево зрачење је компонента са највећим просторним и временским варијацијама. Управо је разумевање и адекватна анализа сунчевог зрачења током године основ за квалитетан процес урбанистичког планирања и архитектонског пројектовања. Било да има превише, или премало, сунчевог зрачења може довести до непријатних животних услова како за људе, тако и за вегетацију.

На слици 7.1. приказана је разлика у температури ваздуха на одређеној локацији. Објекти су представљени црном бојом, док се температура градуирањем боја означава од црвене, која показује делове са највећом температуром, до плаве, која указује на најнижу температуру ваздуха на посматраном подручју.

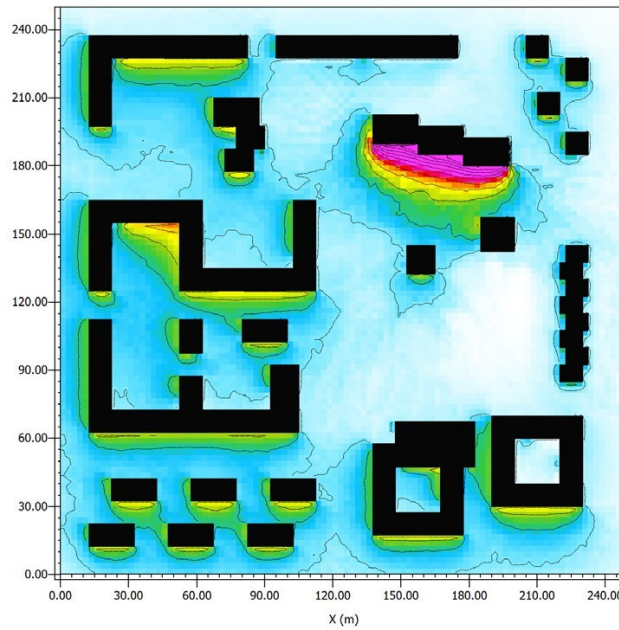


Слика 7.1. Термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха стамбеног насеља (црвена боја представља највишу температуру, а плава најнижу) [96]

Софтвер ENVI-MET[®] пружа могућност за тродимензионалну анализу, израчунавање и праћење расподеле краткоталасног директног, дифузног и рефлектованог сунчевог зрачења у спољашњем простору. За разлику од других софтвера који омогућавају симулацију протока зрачења, ENVI-MET[®] симулира још и проток ваздуха, измену топлоте и испарења у урбаним срединама са великом просторном и временском резолуцијом користећи исте улазне податке као и за соларну анализу.

Фасаде и кровови зграда процентуално дају највећи удео у изложености сунчевом зрачењу у градским срединама. Сунчево зрачење које се акумулира у спољном омотачу зграде представља основни оквир за анализу утицаја сунчевог зрачења на зграду у погледу грејања и хлађења. ENVI-MET[®] модули за анализу сунчевог зрачења омогућавају брзу и свеобухватну анализу зрачења на свим фасадама, узимајући у обзир и окружење и вегетацију. Такође, постоји могућност и дугорочне анализе климатских параметра што омогућава не само прорачун сунчевог зрачења које доспева на фасаде зграда, већ и могућност примене различитих типова вегетације на различитим просторима. Рефлексија сунчевог зрачења са фасада зграда које су изграђене од изузетно рефлективних материјала попут метала и стакла може значајно да утиче на микроклиматске параметре посматраног

подручја. На слици 7.2. је приказано како објекат са изизетно великом рефлексијом фасаде (нпр стаклена фасада) утиче на интензивирање зрачења у непосредној близини објекта (розе боја на слици) и колико је већа „купола“ зрачења око објекта са рефлективном фасадом у односу на објекте чија је фасада од мање рефлективног материјала.



Слика 7.2. Рефлексија Сунчевог зрачења са фасада објеката (розе боја означава највеће топлотно зрачење, док бела означава подручје са најнижим степеном топлотног зрачења [96])

Топлотно зрачење се може повећати за 300 W/m^2 па чак и више у подручјима око високорефлективних објеката. У софтверу постоји индексирана сфера која омогућава моделовање токова зрачења високе резолуције која укључује вишеструке рефлексије и прецизну процену топлотног зрачења.

7.3 Циркулација ветра

При различитом распореду објеката, на одређеној локацији урбаног блока, ветар на различите начине циркулише око објеката. Формирају се различите зоне циркулације ветра у којима су ваздушна струјања малих брзина до зона у којима се бележе велике брзине и налети ветра. Зоне код којих преовладавају мале брзине ветра, или пак мирне ваздушне масе повећавају ефекат топлотног стреса, акумулирају загађења и подстичу развој штеточина у вегетацији. Кроз мерења на терену могуће је сакупити локалне информације о правцу и брзини ветра, али да би се добили свеобухватни просторни подаци, као и да би се урадила

анализа могућих сценарија, неопходни су експерименти у ваздушним тунелима. Како овај тип експеримената није доступан свима, захтева доста средстава и времена, нумеричке студије су постале стандард у истраживању и пракси уз помоћ симулационих програма. ENVI-MET® софтвер има модел за анализу интеракције између урбаног развоја, архитектуре, пејзажне архитектуре, микроклиме и квалитета ваздуха, до растера од једног метра. На тај начин је могуће истражити међузависност климатских услова и дизајна животне средине. Потпуни тродимензионални систем рачунске динамике флуида интегрисан у овај пакет који се константно ажурура у складу са термичким условима посматране локације представља основ за симулацију микроклиме и квалитета ваздуха.

Полуотворени простори попут атријума, стадиона и слично развијају јединствену микроклиму која је подстакнута метеоролошким условима, као и дизајном околног простора. Ветар и Сунце су два елемента микроклиме који успостављају непосредну везу са спољним окружењем. Интеракције између зграда, вегетације и других елемента урбаног склопа стварају сложене обрасце који се могу потпуно променити у свега неколико метара. Због тога је битно да софтвер на свакој појединачној локацији анализира правац и брзину кретања ветра који покрећу турбуленције и процесе размене температуре уз објекат, као и пар метара од објекта.

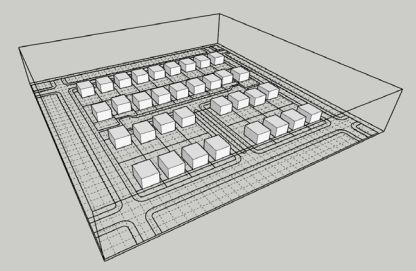
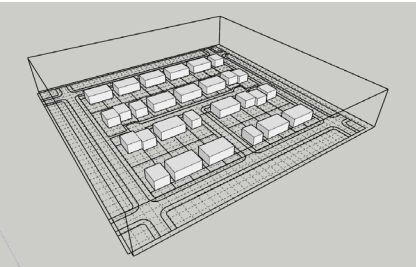
8 МОДЕЛИ УРБАНИХ СТАМБЕНИХ БЛОКОВА ЗА ИНДИВИДУАЛНО И КОЛЕКТИВНО СТАНОВАЊЕ

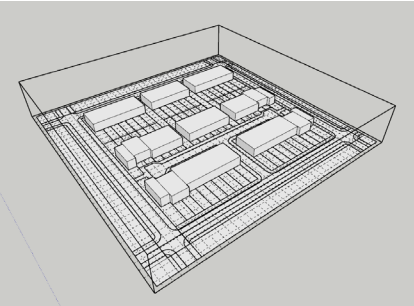
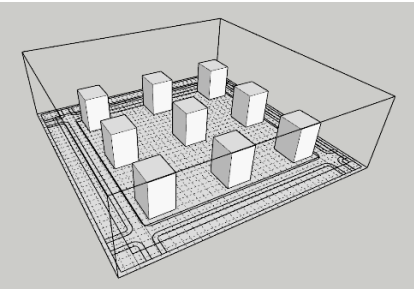
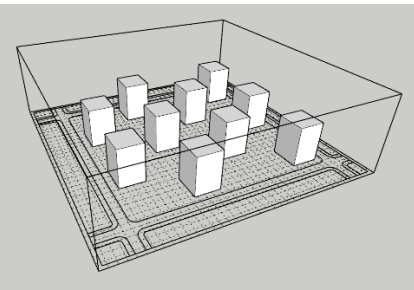
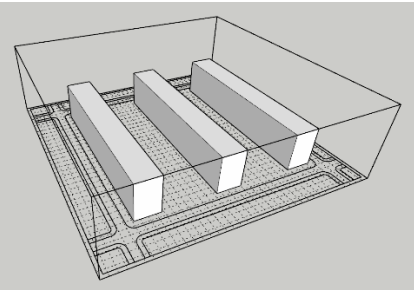
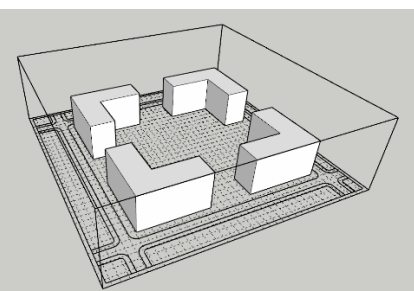
У овом поглављу, дати су резултати истраживања утицаја композитних фактора урбаног стамбеног блока на микроклиму. Као композитни фактори узети су следећи елементи:

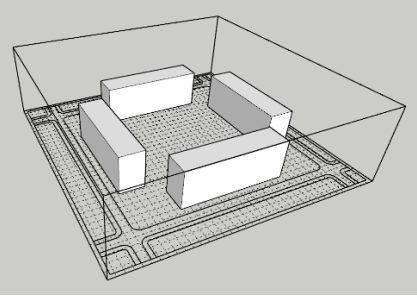
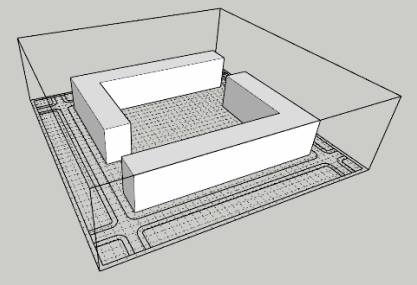
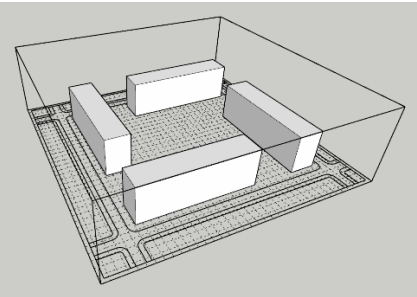
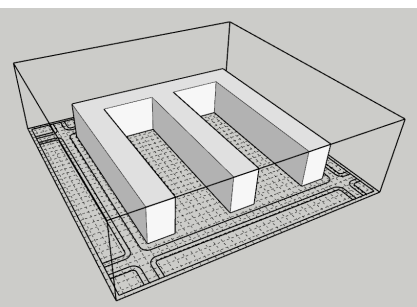
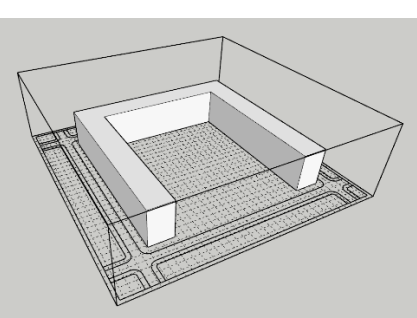
- Тип објеката
- Геометрија објеката (распоред објеката у блоку и њихова оријентација)
- Присуство зелених површина
- Материјализација објеката

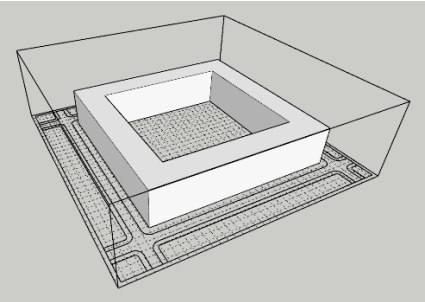
Модел блокова који су предмет истраживања дати су у Табели 8.1. Моделу су подељени у две групе: моделе индивидуалног и моделе колективног становања.

Табела 8.1. Моделу урбаног блока са урбанистичким параметрима

Графички приказ модела	Назив модела	Спратност	Индекс заузетости	Индекс изграђености	Густина насељености [97](ст./ха)
	ИНД 1	П+1	0,206	0,412	104
	ИНД 2	П+1	0,246	0,493	108

	ИНД 3	П+1	0,333	0,667	123
	КОЛ 1	П+6	0,167	1,167	583
	КОЛ 2	П+6	0,185	1,297	648
	КОЛ 3	П+6	0,356	2,489	1244
	КОЛ 4	П+6	0,302	2,113	1056

	КОЛ 5	П+6	0,267	1,867	933
	КОЛ 6	П+6	0,357	2,502	1251
	КОЛ 7	П+6	0,307	2,152	1076
	КОЛ 8	П+6	0,427	2,988	1494
	КОЛ 9	П+6	0,325	2,275	1137

	КОЛ 10	П+6	0,419	2,930	1465
---	--------	-----	-------	-------	------

Основна подела типа становања јесте на индивидуално и колективно. Узимајући у обзир типове становања разматрани су модели оба типа са увођењем подтипова. У оквиру индивидуалног становања разматрани су:

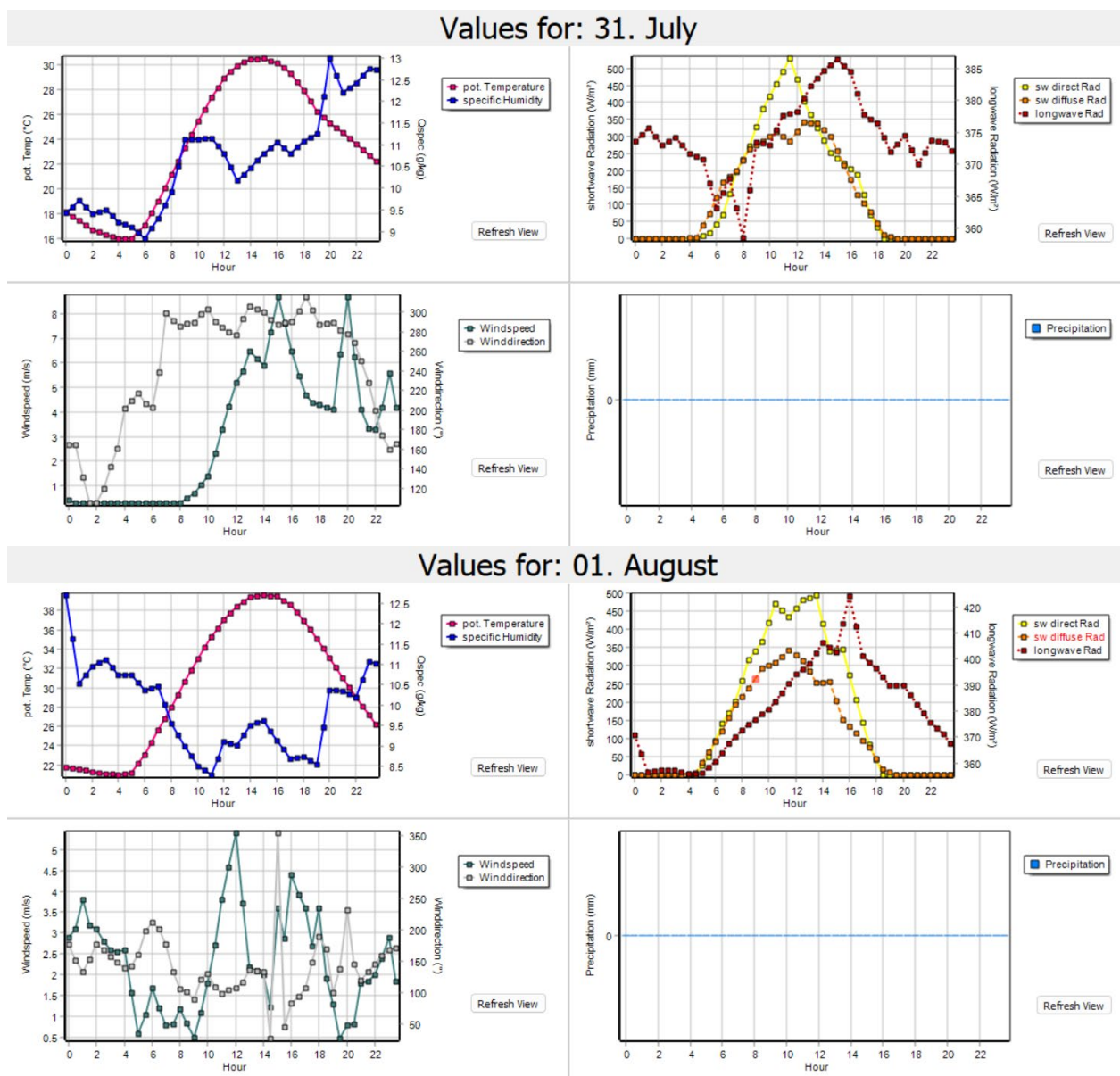
- слободностојећи објекти
- двојни објекти
- објекти у низу

Колективно становање разматрано је кроз анализу:

- слободностојећих објеката и
- ламела

Ламеле настају као спој више појединачних објеката и у складу са тим њихова геометрија може бити разноврсна. У складу са тим разматране су најчешће варијанте повезивања појединачних објеката у ламеле. Према Закону о планирању и изградњи организација блока подељена је на отворен, полуотворен и затворен блок [98].

Симулациони модели представљају предикциони блок позициониран на територији Града Ниша. Метеролошки подаци за град Ниш преузети су из софтверског пакета Meteororm 8. Улазни подаци представљају просечне метеоролошке податке за период од 2000 до 2019. године [99]. Овај временски период представља у тренутку израде дисертације најновије податке доступне у софтверу. Преглед метеоролошких улазних параметара у ENVI-met дат је на слици 8.1.



Слика 8.1. Улазни метеоролошки подаци за софтвер ENVI-met

Временски интервал за трајање симулација је 38 сати. Почетак симулације је у 9 часова на дан 31. јула, док је завршетак симулације у 23 часа 1. августа. Трајање симулације одређено је на основу литературних података [48], [100-104] и на основу трајања симулација у досадашњим истраживањима. Према литературним подацима трајање симулација углавном је од 24 до 48 сати, а у неким случајевима и до 96 сати. Препоручено трајање симулације је минимум 24 сата, како се не би јавили резултати који нису веродостојни услед неадекватне реакције објеката на микроклиматске услове на посматраној локацији. Први дан користи се за иницијално загревање објеката и тла и довођење целог система у реално стање,

док се резултати другог дана симулације користе као релевантни за анализу. Посматрани урбани блок је квадратног облика димензије 140/140m, а обухват симулационих модела је око 200 метара у ширини и дужини како би се обезбедило довољно места између објеката и границе модела ради реалнијег прорачуна утицаја, а према препоруци произвођача софтвера. Висина посматраног модела износи 45m. У Табели 8.2 дати су основни подаци о трајању симулације, улазним параметрима, параметрима локације, као и параметрима мреже на којој је модел постављен.

Табела 8.2. Приказ основних параметара симулационих модела

Почетак и трајање симулација			
Датум почетка		31.07.2021	
Време почетка		09:00:00	
Трајање симулације		38 h	
Улазни метеоролошки подаци			
Почетна температура ваздуха (AT)		23.25°C	
min (01.08.2021. 04:00 h)		20.99°C	
max (01.08.2021. 15:00 h)		39.60°C	
Почетна специфична влажност ваздуха		11.115	
min (01.08.2021. 11:00 h)		8.288	
max (31.07.2021. 20:00 h)		12.995	
Почетна брзина и правац ветра на 10 m висине		0.7 m/s	289.99°
min брзина и правац ветра (31.07.2023. 15 h)		0.5 m/s	90°
max брзина и правац ветра (01.08.2023. 9 h)		8.7 m/s	288°
Географски подаци за Ниш			
Надморска висина		195 m	
Географска ширина		43.34	
Географска дужина		21.93	
Број и величина ћелија и граничних услова			
Број ћелија по x оси	51	dx	5
Број ћелија по y оси	51	dy	5
Број ћелија по z оси	15	dz	5
Број граничних ћелија		5	
Земљиште граничних ћелија		[0200PL] Concrete Pavement Gray	

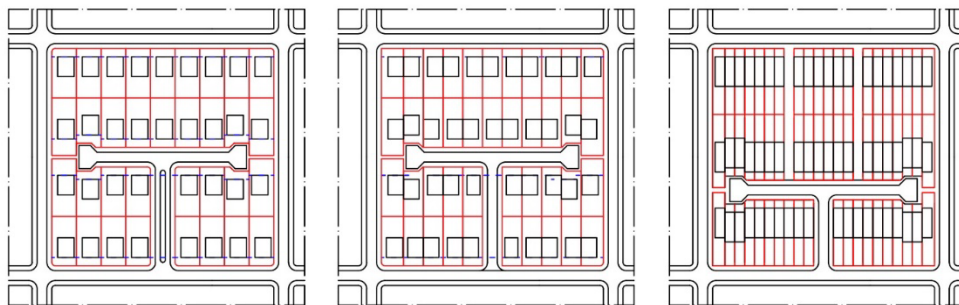
9 АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ДОБИЈЕНИХ СИМУЛАЦИЈОМ МОДЕЛА

У овом поглављу извршена је симулација предикционих модела урбаног стамбеног блока индивидуалног и колективног становања у софтверском пакету ENVI-met, као и анализа резултата добијених симулацијом предикционих модела.

9.1 Утицај геометрије објеката на микроклиму урбаног стамбеног блока

9.1.1 Индивидуално становање

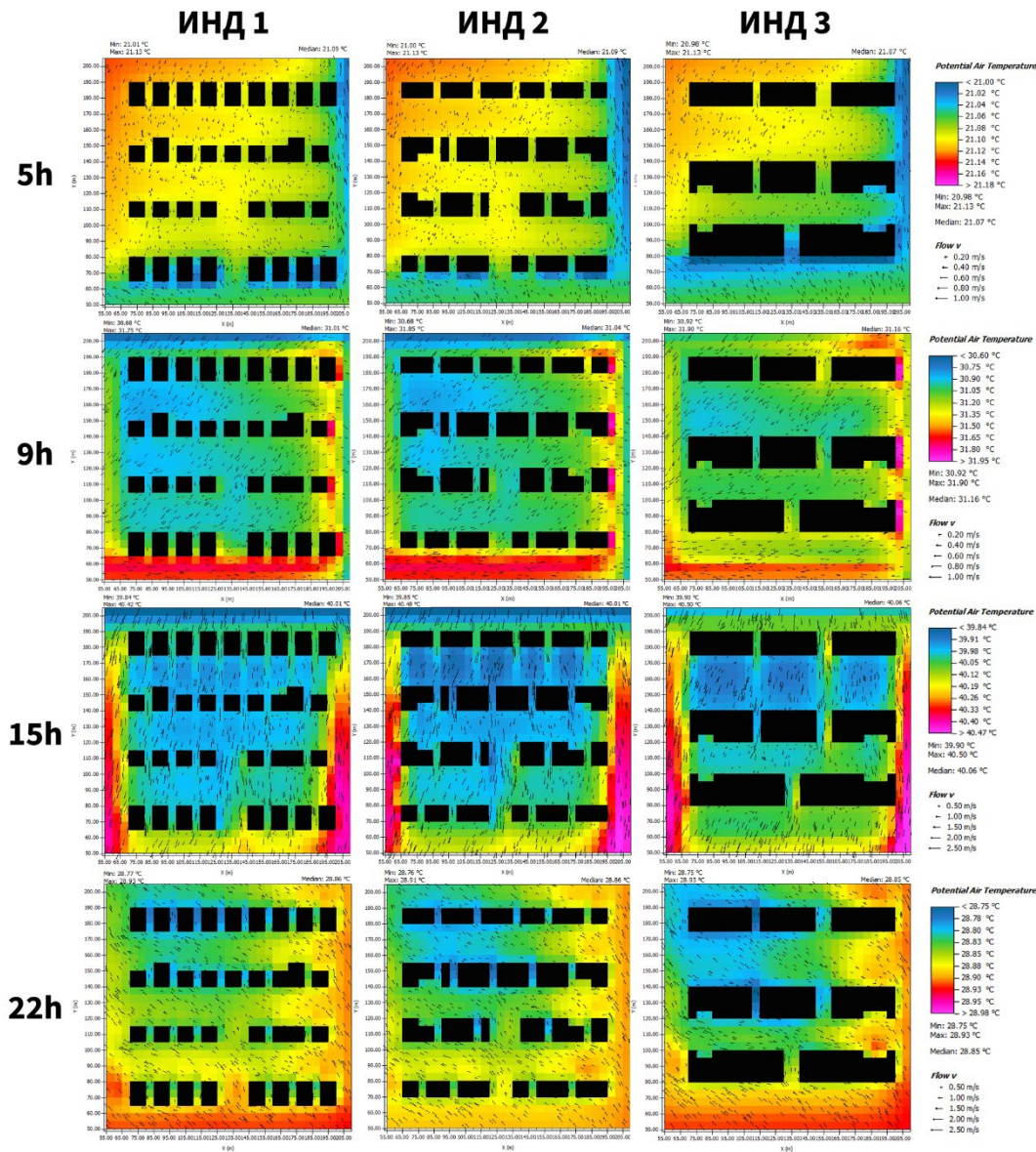
Модели индивидуалних објеката у оквиру посматраног стамбеног блока подељени су у три групе: слободностојећи, двојни и објекти у низу (слика 9.1). За све три групе објеката узета је иста спратна висина П+1, односно висина објеката износи 7 метара. Основа слободностојећих објеката има површину 120 m^2 (10 m/12 m), двојне куће имају површину од 114 m^2 (9,5 m/12 m) по једној јединици, док куће и низу имају површину јединице од 108 m^2 (6 m/18 m). Растојање између објеката код слободностојећих и двојних кућа износи 5 m, док је код кућа у низу растојање између објеката у ширини једне јединице и износи 6 m, а прекид се јавља максимално после десет објеката у низу.



Слика 9.1. Организација блокова за индивидуално становање са приступним саобраћајницама (ИНД 1, ИНД 2, ИНД 3)

На слици 9.2 приказана ја промена температура амбијенталног ваздуха током дана код слободностојећих, двојних и објеката у низу. Приказ је креиран тако да показује температуру ваздуха у 5.00, 9.00, 15.00 и 22.00 часа. У 5.00 часова ујутру температура амбијенталног ваздуха је најнижа, а објекти и терен који су се загревали током дана током ноћи су емитовали у спољни простор. Температура у 9.00 часова ујутру почиње да значајно расте у летњем периоду, објекти и терен апсорбују део сунчевог зрачења док се део рефлектује у спољашњи простор. У 15.00 часова је максимална дневна температура

амбијенталног ваздуха и највећа фреквенца корисника простора. Након заласка Сунца анализирана је температура амбијенталног ваздуха у 22.00 часа када долази до значајног пада улазних параметара температуре амбијенталног ваздуха, а објекти и терен емитују значајну количину топлоте у спољашњи простор.



Слика 9.2. Промена температуре амбијенталног ваздуха на нивоу блока код модела индивидуалног становања у току дана

Анализом података са слике 9.2 може се закључити да је код модела ИНД 1 температура амбијенталног ваздуха унутар блока најравномерније распоређена у свим посматраним временским интервалима због најразуђеније структуре блока која омогућава

најбоље проветравање унутарблоковске структуре, такође, јасно је видљиво и да се код модела ИНД 3 уочавају зоне са најнижом температуром ваздуха и које се по правилу налазе уз саме објекте. Како је проветравање ослабљено изграђеном структуром објеката у низу, зоне хладног ваздуха задржавају се уз објекат на местима где је циркулација ваздуха минимална. Посматрајући правац и интензитет ветра на слици 9.2 закључује се да се зоне хладног ваздуха налазе са супротне стране објеката у односу на дејство ветра који доноси ваздух више температуре.

Најмање правилности и највећа разуђеност резултата уочава се код модела ИНД 2. Како модел ИНД 2 има мање разуђену структуру блока од модела ИНД 1, а разуђенију структуру блока од модела ИНД 3 очекивана је расподела температуре амбијенталног ваздуха која представља интерполацију модела ИНД 1 и ИНД 3. Поред температуре амбијенталног ваздуха, са слике 9.2 се види и правац и брзина ветра у оквиру посматраног блока, а који су на слици приказани векторским стрелицама. Са слике 9.2 се види да долази до значајног смањења интензитета ветра у 5.00 и у 9.00 часова, док је у 15.00 часова и у 22.00 часа смањење интензитета незнатно код сва три модела (ИНД1, ИНД2 и ИНД3). Блага промена правца ветра код сва три модела јавља се унутар изграђене структуре блока у зависности од геометрије објеката. Највећа разлика може се приметити код модела ИНД3.

У табели 9.1 дате су максималне разлике у температури амбијенталног ваздуха код модела ИНД 1, ИНД 2 и ИНД 3 у 5.00 часова, 9.00 часова, 15.00 часова и 22.00 часа. Анализом табеле може се закључити да се током дана најмање разлике у температури амбијенталног ваздуха јављају код модела ИНД 1, односно код модела са индивидуалним слободностојећим објектима.

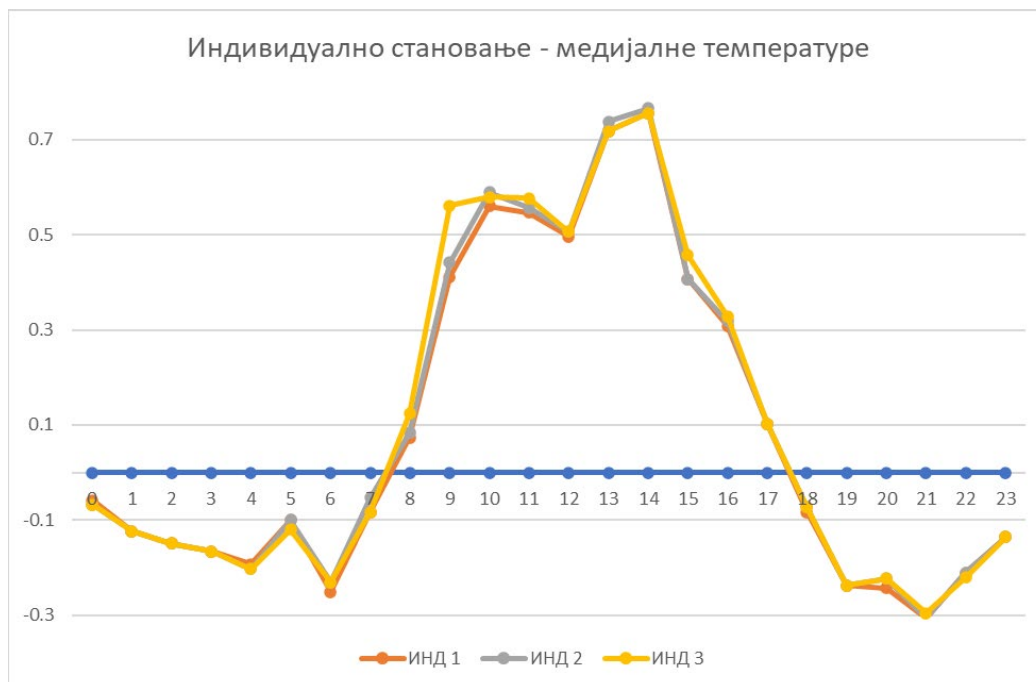
Табела 9.1 Максималне разлике у температури амбијенталног ваздуха код модела индивидуалног становања у различитим периодима дана на висини од 1,5 m (висина кретања пешака)

Модел	5.00 h	9.00 h	15.00 h	22.00 h
ИНД 1	0.12	1.07	0.58	0.16
ИНД 2	0.13	1.17	0.63	0.15
ИНД 3	0.15	0.98	0.6	0.18

Као што је већ наведено, разлог за ову расподелу температуре налази се у разуђеној структури геометрије објеката која дозвољава бољу циркулацију ваздуха између објеката у

односу на преостала два модела. Код модела ИНД 2 и ИНД 3 екстремне вредности ниских температура јављају се најчешће уз објекте и то по правилу уз дуже фасадне фронтове.

На слици 9.3 представљен је график разлике између медијалне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу блока модела индивидуалног становања ИНД 1, ИНД 2 и ИНД 3 и улазне температуре амбијенталног ваздуха [105]. Сва три графика показују идентичан тренд кретања температуре амбијенталног ваздуха са незнатним одступањима у појединим тренуцима у току дана. У периоду од 8.00 до 18.00 часова температура амбијенталног ваздуха унутар блока већа од температуре амбијенталног ваздуха улазних података (максимална вредност код модела ИНД 2 износи $0,76^{\circ}\text{C}$ у 14.00 часова). У периоду од 18.00 до 8.00 часова температура амбијенталног ваздуха унутар блока има вредности блиске температури амбијенталног ваздуха улазних података или је температура амбијенталног ваздуха унутар блока нижа (максимална вредност код модела ИНД 1 износи $-0,251^{\circ}\text{C}$ у 6.00 часова ујутру). Оваква разлика у односу на улазне податке условљена је постојањем површина попут поплочања, фасада и кровова објеката које апсорбује топлотну енергију од Сунца током дана и емитују је након заласка сунца и рефлексијом сунчеве енергије са тих површина. Струјање ваздуха кроз унутарблоковску структуру утиче на равномерну дистрибуцију температуре амбијенталног ваздуха. Код сва три модела индивидуалног становања (ИНД1, ИНД2 и ИНД3) постоји утицај геометрије блока на правац и интензитет струјања ветра. График на слици 9.3 показује да промене у геометрији урбаног стамбеног блока индивидуалног становања не утичу значајно на промену медијалне температуре блока.



Слика 9.3. График кретања медијалне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока током дана код модела индивидуалног становања

9.1.2 Колективно становање

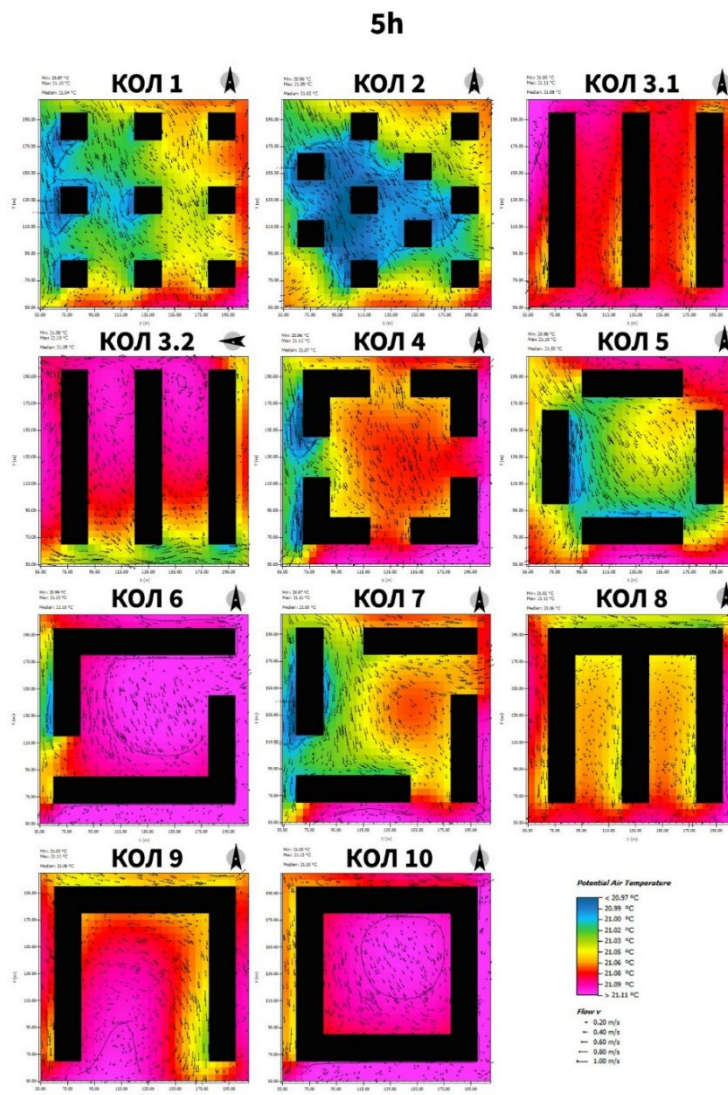
Анализа утицаја геометрије на моделима колективног становања извршена је на 11 модела који су сврстани у три основне групе у погледу организације објекта у оквиру урбаног блока:

- Отворени блок – модели КОЛ 1 и КОЛ 2
- Полузатворени блок – модели КОЛ 3.1, КОЛ 3.2, КОЛ 4, КОЛ 5, КОЛ 6, КОЛ 7, КОЛ 8 и КОЛ 9
- Затворени блок – КОЛ 10

Објекти који чине моделовани урбани блок креирани су са спратношћу П+6, односно висина објекта износи 28 метара. Површина основе слободностојећих објекта износи 360 m² (димензија основе 20 m са 18 m) док површина ламела варира у зависности од начина спајања појединачним објекта (ширина ламела износи 18 m). Минимални размак између објекта износи 30 m што је више од максималне висине објекта.

На сликама 9.4, 9.5, 9.6 и 9.7 приказана је промена температуре амбијенталног ваздуха код модела колективног становања. Као и код индивидуалног становања, временски

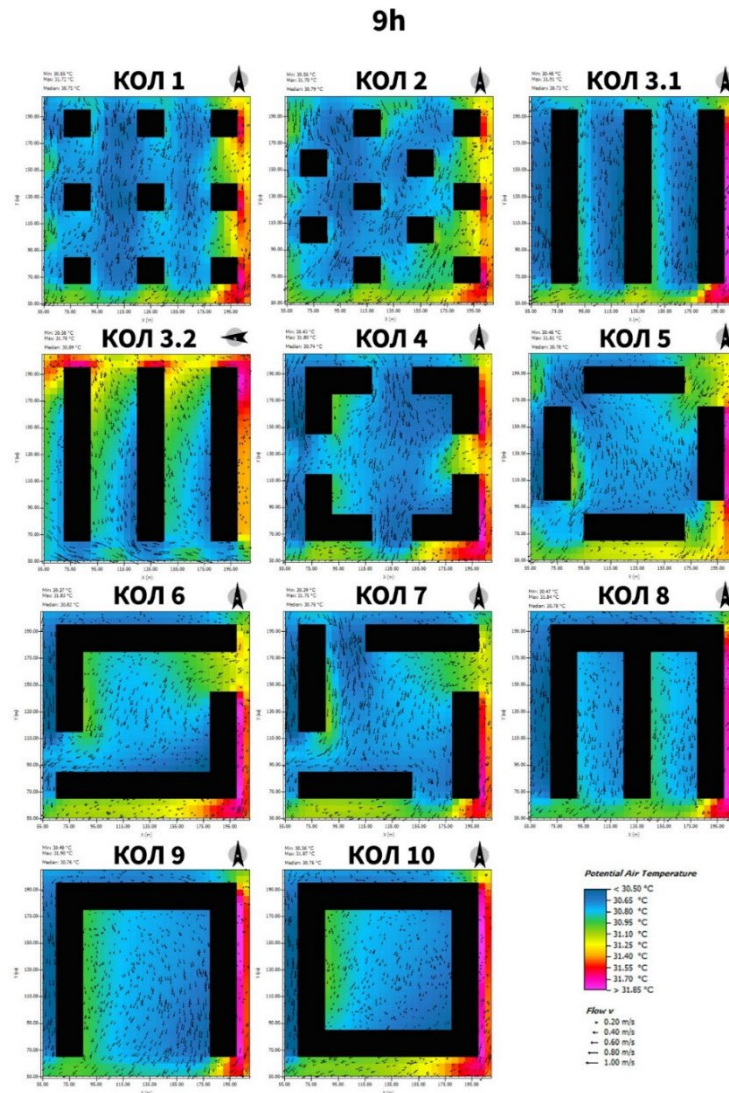
тренуци у току дана су 5.00 часова (Слика 9.4), 9.00 часова (Слика 9.5), 15.00 часова (Слика 9.6) и 22.00 часа (Слика 9.7).



Слика 9.4. Промена температуре амбијенталног ваздуха на нивоу блока код модела колективног становања у 5.00 часова

У 5.00 часова ујутру разлика у екстремним вредностима температуре амбијенталног ваздуха се креће од максималних 0,16°C и то код модела КОЛ 4, до максималних 0,06°C код модела КОЛ 3. Иако су разлике у температури амбијенталног ваздуха мале, посматрајући геометрију објеката са слике 9.4 види се да ветар има значајни утицај на температуру амбијенталног ваздуха. Најповољнији распоред објеката узимајући у обзир температуру амбијенталног ваздуха унутар блока је код модела КОЛ 2, док је температура амбијенталног ваздуха унутар урбаног блока највећа код модела КОЛ 6 услед неповољне позиције отвора

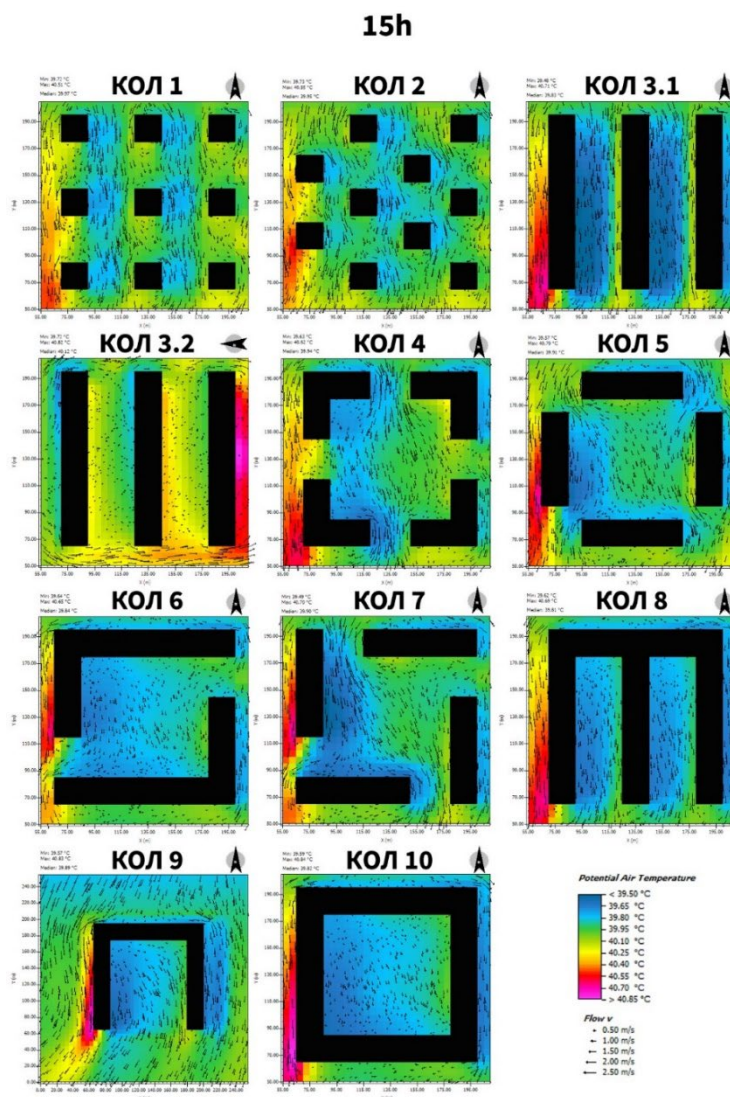
у односу на правац ветра у конкретном случају и КОЛ 10 због затворене изградње блока и немогућности продора ветра у унутрашњост урбаног блока на висини од 1,5 метара изнад терена.



Слика 9.5. Промена температуре ваздуха у урбаном блоку код модела колективног становања у 9.00 часова ујутру

Разлика у минималним и максималним вредностима температуре амбијенталног ваздуха за сваки од анализираних модела варира, тако да је код модела КОЛ 10 разлика у екстремним вредностима температуре амбијенталног ваздуха највећа и износи $1,51^{\circ}\text{C}$, а код модела КОЛ 2 разлика у екстремним вредностима температуре амбијенталног ваздуха је најмања и износи $1,14^{\circ}\text{C}$, што је приказано н слици 9.5. На свим посматраним моделима је повећана температура амбијенталног ваздуха са источне стране урбаног блока, што је

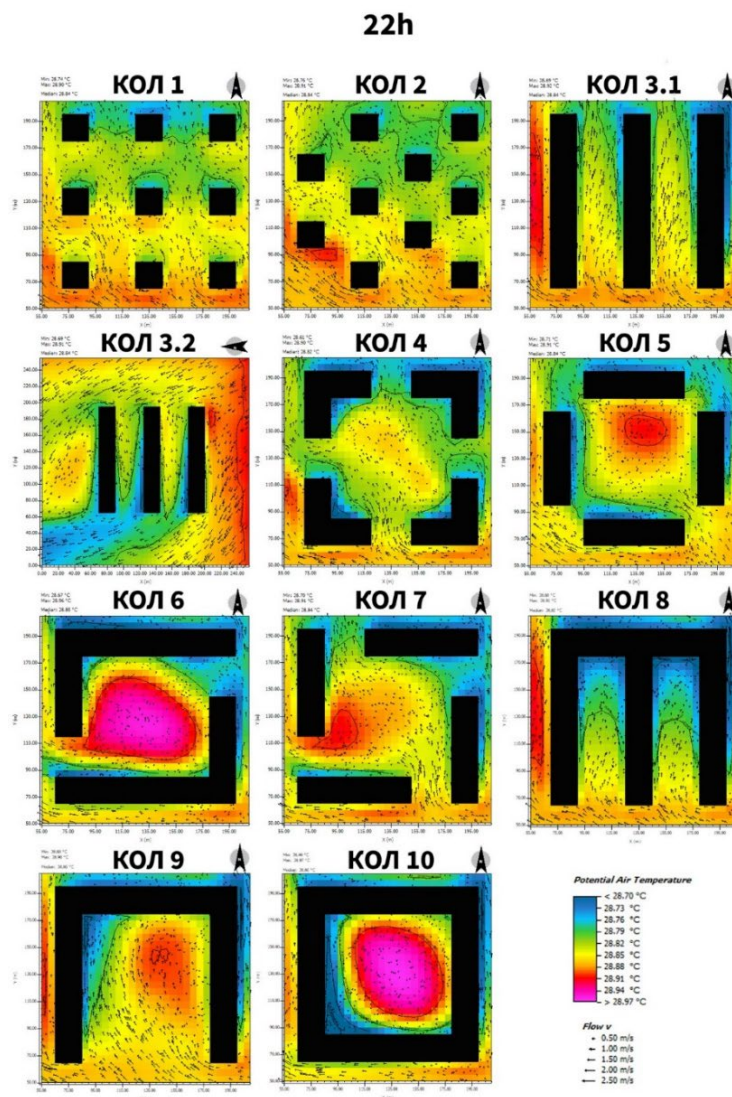
результат директног загревања терена и фасаде објекта сунчевим зрачењем. Геометрија објекта као и код слике 9.4 условљава брзину и правац ветра кроз блок па се код модела КОЛ 1, КОЛ 2, КОЛ 3.2, КОЛ 6 и КОЛ 7 види продор топлог ваздуха са источне стране у унутрашњост блока, док је код модела КОЛ 8, КОЛ 9 и КОЛ 10 унутрашњост урбаног блока заштићена од продора ветра у овом случају, тако да се хладан ваздух задржава у унутрашњости урбаног блока.



Слика 9.6. Промена температуре амбијенталног ваздуха у урбаном блоку код модела колективног становања у 15.00 часова

У најтоплијем тренутку у току дана, разлике између екстремних вредности температуре амбијенталног ваздуха посматраних модела крећу се од 1,25°C код модела КОЛ 10 и КОЛ 3.1 до 0,79°C код модела КОЛ 1. Сунчево зрачење тада загрева западну страну

урбаног блока па је већа температура амбијенталног ваздуха уз објекте са западне стране, односно код модела КОЛ 3.2 са јужне (слика 9.6). Дужина фасаде зграде са западне стране урбаног блока утиче на интензитет загревања ваздуха (дужа фасада, већа температура амбијенталног ваздуха). Код модела КОЛ 1 и КОЛ 2 примећује се знатно мање загревање са западне стране урбаног блока у односу на моделе са ламелама (КОЛ 3.1, КОЛ 3.2, КОЛ 4, КОЛ 5, КОЛ 6, КОЛ 7, КОЛ 8, КОЛ 9 и КОЛ 10) у правцу север-југ. Као и код претходних временских интервала, и у 15.00 часова утицај ветра није занемарљив. Код модела КОЛ 1 и КОЛ 2 разуђена организација објеката у оквиру урбаног блока омогућава продора ветра у унутрашњост урбаног блока што резултира равномернијом расподелом температуре амбијенталног ваздуха, тако да се, као и у претходним случајевима највећа разлика у температури амбијенталног ваздуха јавља код модела код којих је циркулација ваздуха онемогућена утицајем геометрије објеката.



Слика 9.7. Промена температуре ваздуха у урбаном блоку код модела колективног становања у 22.00 часова

Након заласка Сунца не долази до рефлексије и апсорпције сунчевог зрачења, већ се топлота апсорбована током дана емитује у амбијентални простор. Температура ваздуха у 22.00 часа приказана је на слици 9.7. Максимална разлика између екстремних вредности температуре ваздуха на нивоу урбаног блока у 22.00 часа износи $0,48^{\circ}\text{C}$ код модела КОЛ 10 док најмања температурна разлика износи $0,16^{\circ}\text{C}$ код модела КОЛ 1 и КОЛ 2. Са слике 9.7 се јасно види да несметана циркулација ваздуха унутар урбаног блока има велики утицај на температуру амбијенталног ваздуха. Код модела КОЛ 6 и КОЛ 10 распоред организација објеката не омогућава продор ветра у унутрашњост урбаног блока, тако да емитована топлота која се током дана апсорбовала остаје унутар урбаног блока и загрева амбијентални

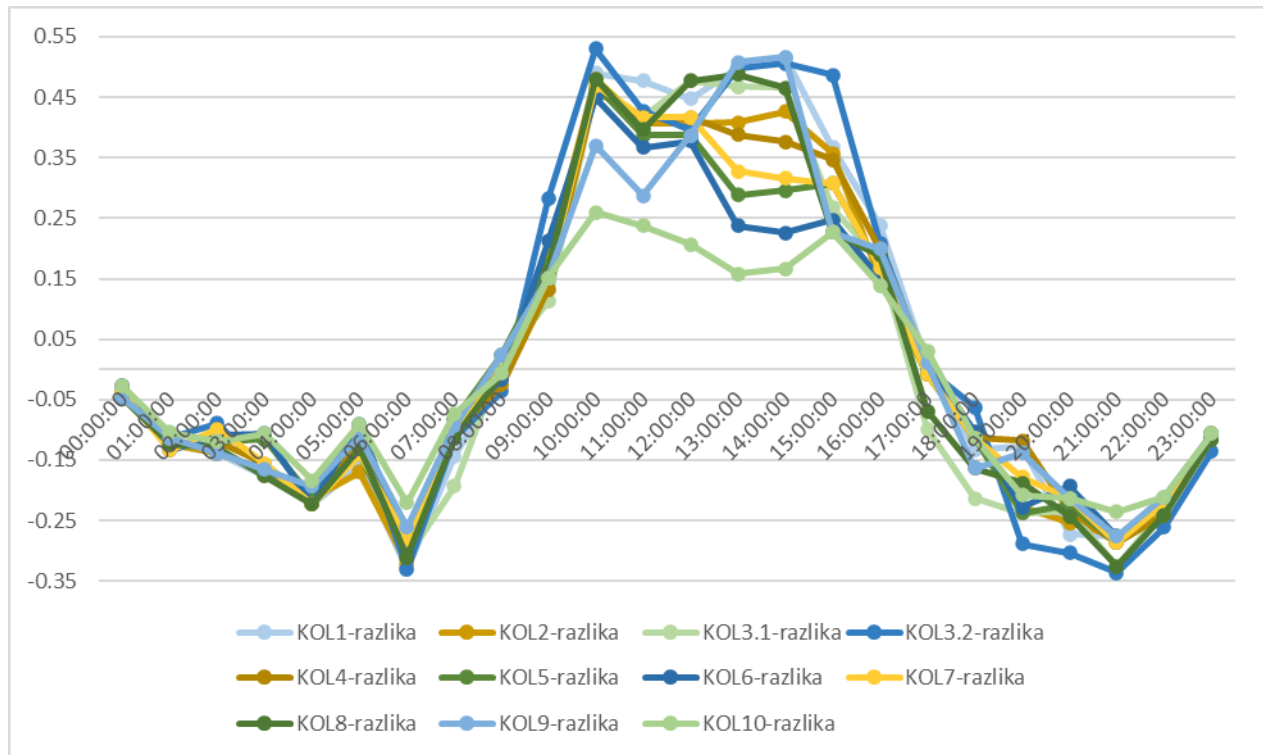
ваздух. Код модела КОЛ 1 и КОЛ 2, као и у претходним временским интервалима, опажа се највећа уједначеност температуре амбијенталног ваздуха на простору целог урбаног блока, која је условљена управо добрим проветравањем.

Табела 9.2 Максималне разлике у температури амбијенталног ваздуха код модела колективног становања у различитим периодима дана

Модел	5.00 часова	9.00 часова	15.00 часова	22.00 часова
	Разлике у температури амбијенталног ваздуха [°C]			
КОЛ 1	0.13	1.17	0.79	0.16
КОЛ 2	0.13	1.14	0.82	0.15
КОЛ 3.1	0.06	1.43	1.23	0.23
КОЛ 3.2	0.1	1.2	1.1	0.22
КОЛ 4	0.16	1.37	0.99	0.29
КОЛ 5	0.12	1.33	1.13	0.2
КОЛ 6	0.14	1.46	1.01	0.29
КОЛ 7	0.14	1.36	1.21	0.21
КОЛ 8	0.09	1.37	1.07	0.23
КОЛ 9	0.08	1.42	1.26	0.22
КОЛ 10	0.08	1.51	1.25	0.48

У табели 9.2 дат је приказ свих максималних разлика у температури амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока код модела колективног становања. Најмање разлике у екстремним вредностима температуре амбијенталног ваздуха јављају се код модела са отвореном структуром урбаног блока. Могућност проветравања урбаног блока утиче на равномерну расподелу температуре амбијенталног ваздуха, тако да се у свим деловима урбаног блока јављају релативно подједнаки температурни услови. Највеће разлике у температури амбијенталног ваздуха јављају се код модела који имају делимично затворену или у потпуности затворену структуру урбаног блока. Ове вредности нарочито су изражене у периоду дана када постоји Сунчево зрачење и одмах након заласка Сунца док се велика количина акумулиране топлоте у фасадним зидовима зграда предаје са површина фасада у амбијентални ваздух. Дужина фасаде која је изложена директном сунчевом зрачењу директно је пропорционална са температуром амбијенталног ваздуха уз сам објект,

односно, уколико је дужина фасаде на коју директно пада сунчево зрачење дужа, температура амбијенталног ваздуха уз објекат, услед смањене могућности проветравања, расте. Такође, унутарблоковски простор код затворене блоковске структуре задржава нижу температуру због смањене могућности упада сунчевих зрака и слабе циркулације ваздуха.



Слика 9.8. График медијалне температуре ваздуха на нивоу урбаног блока током дана код модела колективног становања

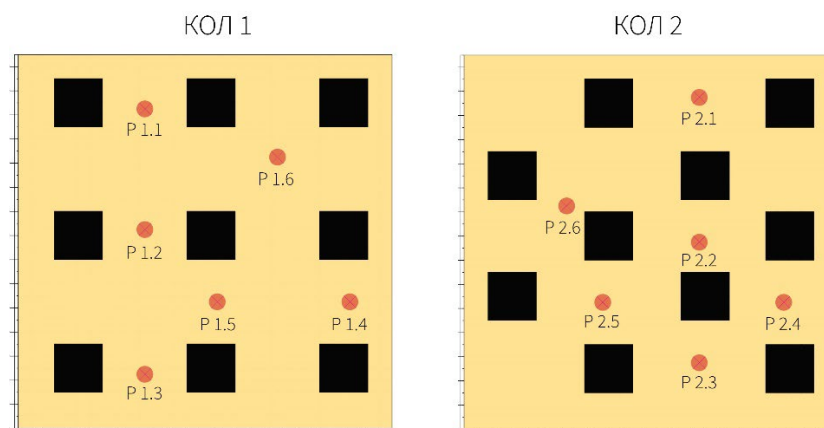
На слици 9.8 налази се график медијалне температуре ваздуха у односу на улазну температуру ваздуха на нивоу урбаног блока. Сви посматрани модели имају сличне токове у периоду од 8.00 часова ујутру до 17.00 или 18.00 часова поподне. У периоду од 18.00 часова до 8.00 ујутру код свих модела је нижа медијална температура амбијенталног ваздуха у односу на улазне податке температуре ваздуха. График показује најмање одступање медијалне температуре ваздуха у односу на температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока код модела КОЛ 10. Највеће одступање јавља се код модела КОЛ 3.2. Највећа одступања улазних података температуре ваздуха код модела КОЛ 10 износе $+0,25^{\circ}\text{C}$ у 10.00 часова и $-0,24^{\circ}\text{C}$ у 21.00 час. Код модела КОЛ 3.2 највећа одступања од $+0,53^{\circ}\text{C}$ су у 10.00 часова и $-0,33^{\circ}\text{C}$ у 21.00 час.

9.1.2.1 Избор предикционих модела колективног становања

Модели стамбених блокова за колективно становање подељени су према физичкој структури урбаног блока на отворене, полузатворене и затворене. Како би се извршила оптимизација истраживања, на основу модела утицаја геометрије на топлотни комфор унутар урбаног блока одабрани су модели са најповољнијом геометријом. Одабрани критеријум за избор најповољних модела је утицај микроклиматских фактора у претходно дефинисаним тачкама карактеристичним за посматране моделе унутар урбаног блока на висини кретања корисника.

9.1.2.1.1 Предикциони модели отворене изградње урбаног блока

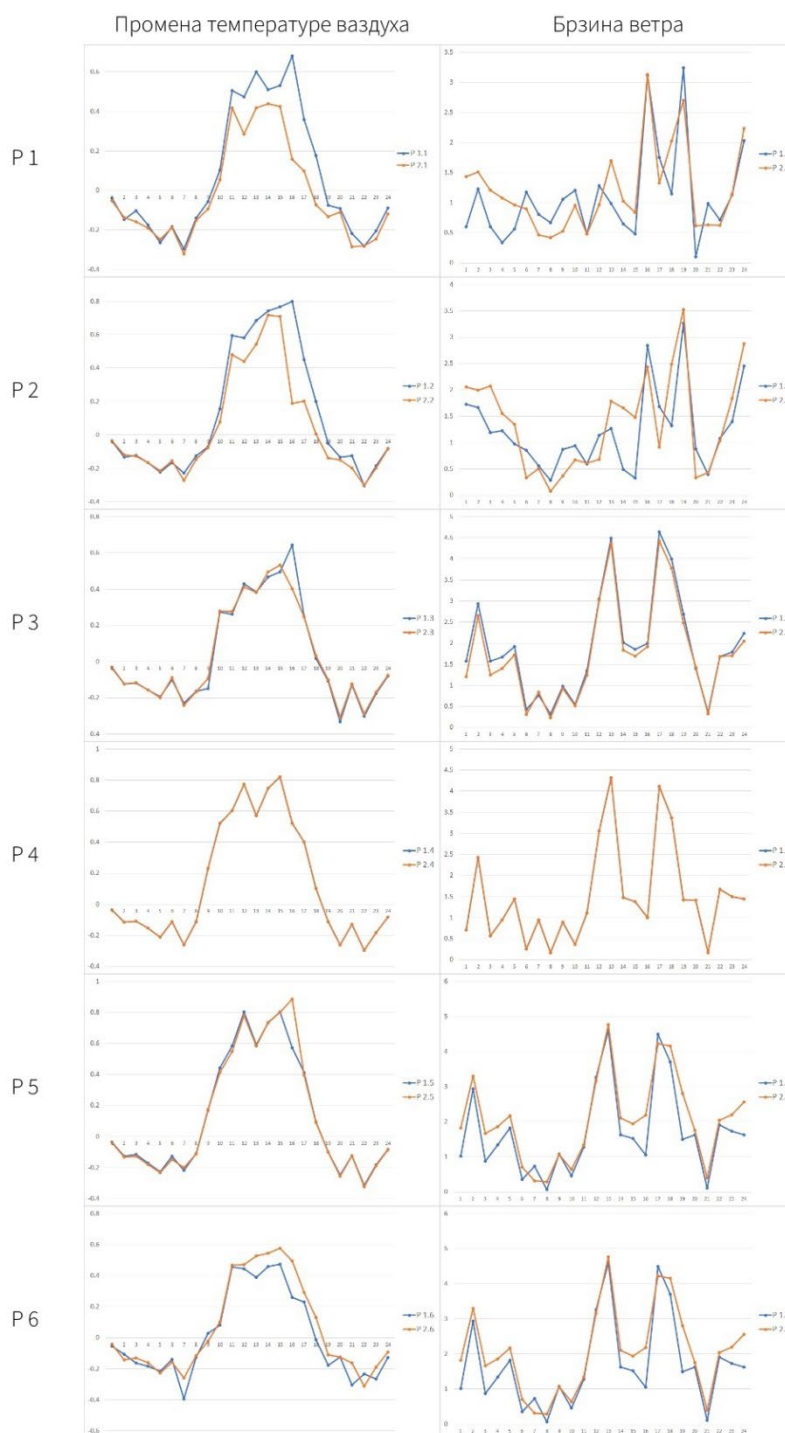
Модел колективног становања који су представници ове групе блокова су предикциони модели КОЛ 1 и КОЛ 2.



Слика 9.9. Мерне тачке за предикционе моделе КОЛ 1 и КОЛ 2

На слици 9.9 дата су мерна места за упоредну анализу микроклиматских параметара. Како се структура геометрије урбаног блока разликује код модела КОЛ 1 и КОЛ 2 мерна места су узета са приближно сличним утицајним факторима. Мерне тачке P 1.1 и P 2.1 представљају мерна места између објеката у правцу x осе, отворена са северне стране ка улици и крају урбаног блока. Мерне тачке P 1.2 и P 2.2 су мерна места између објеката у правцу x осе, у средини урбаног блока. P 1.3 и P 2.3 тачке налазе се између објеката у правцу x осе, отворене са јужне стране ка улици и крају урбаног блока. Тачке P 1.4 и P 2.4 представљају мерне тачке између објеката у у правцу отворене ка крају урбаног блока и улици са источне стране. Мерне тачке P 1.5 и P 2.5 су постављене између објеката по у

правцу у средини урбаног блока. Места Р 1.6 и Р 2.6 представљају тачке унутар урбаног блока које су најотвореније дејству ветра.



Слика 9.10. Графици промене температуре ваздуха и брзине ветра за мерна места модела КОЛ 1 и КОЛ 2

На слици 9.10 приказани су графици промене температуре амбијенталног ваздуха на одабраним мерним местима у односу на улазну температуру амбијенталног ваздуха на висини кретања пешака, као и брзина ветра на истим мерним местима. Анализом графика закључује се да је температура амбијенталног ваздуха на мерним местима која се налазе између објеката распоређених у правцу x осе нижа код предикционог модела КОЛ 1. Мерна места која се налазе између објеката распоређених дуж y осе или немају разлике у температури амбијенталног ваздуха или се те разлике јављају у појединим тренуцима у току дана, док је у већем делу дана температура амбијенталног ваздуха иста или приближна. Мерна места Р 1.6 и Р 2.6 која се налазе на најотворенијим позицијама дејству ветра код модела КОЛ 1 и КОЛ 2 имају више температуре амбијенталног ваздуха код предикционог модела КОЛ 2 од модела КОЛ 1 у најтоплијем делу дана. Брзина ветра на мерним местима Р 1.1 и Р 2.1, Р1.2 и Р 2.2, Р 1.5 и Р 2.5, Р 1.6 и Р 2.6 показује благо већи интензитет код предикционог модела КОЛ 2 услед мањих размака између објеката тј. формирања уских кањона који усмеравају ваздух. Поред анализе мерних места, на сликама 9.4, 9.5, 9.6 и 9.7 приказана је и дистрибуција температуре амбијенталног ваздуха у оквиру посматраног урбаног блока. Са слика се види да се код предикционог модела КОЛ 2 дешава равномернија расподела температуре амбијенталног ваздуха у оквиру посматраног урбаног стамбеног блока.

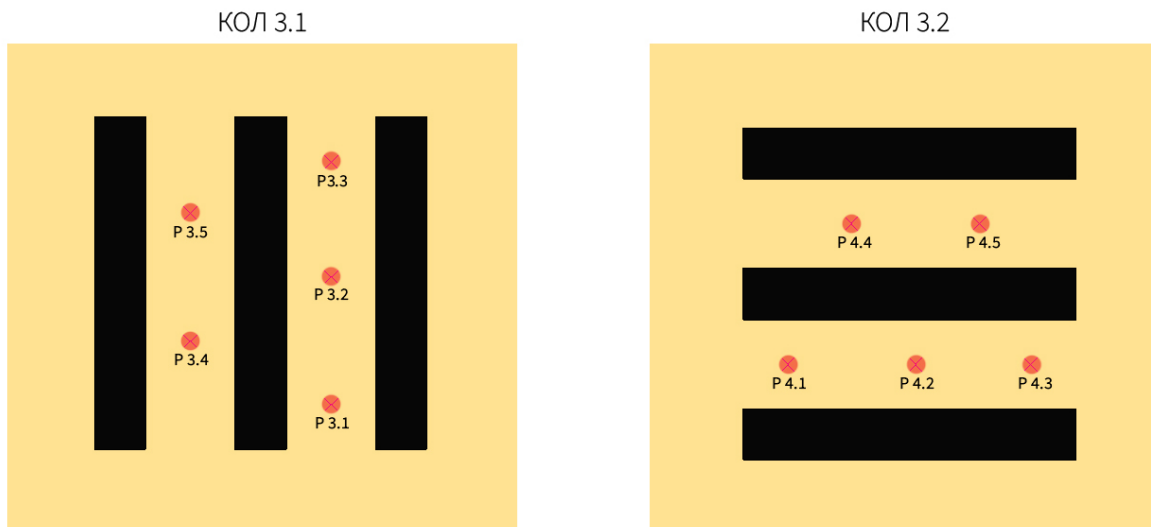
На основу анализе мерних места и анализе расподеле температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока у нивоу кретања пешака, одабран је предикциони модел КОЛ 2 за даљу анализу композитних фактора због равномерније расподеле температуре амбијенталног ваздуха у блоку, као и уједињеног дејства ветра на нивоу блока.

9.1.2.1.2 Предикциони модели полуотвореног блока

Предикциони модели од КОЛ 3 до КОЛ 9 припадају групи модела полуотворене изградње урбаног блока. Како ова група модела има велики број различитих типова организације објеката у оквиру структуре блока биће разматране и подгрупе из којих су одабрани предикциони модели:

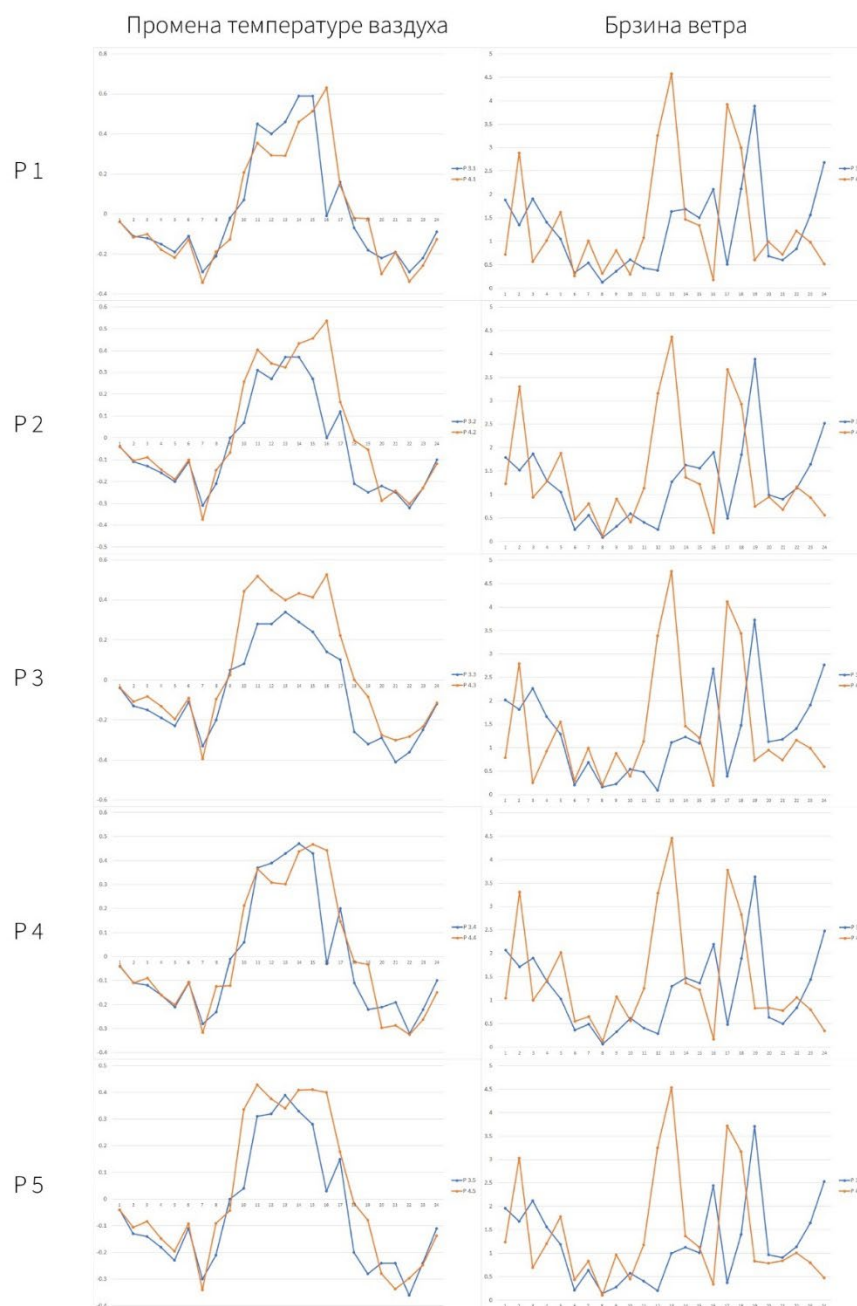
9.1.2.1.2.1 Предикциони модели линијске ламелне изградње урбаног блока КОЛ 3.1 и КОЛ 3.2

Према геометрији изграђеног блока предикциони модели КОЛ 3.1 и КОЛ 3.2 се разликују у оријентацији објеката. Предикциони модел КОЛ 3.1 изграђен је од објеката у низу који се простиру у правцу север-југ, док предикциони модел КОЛ 3.2 садржи објекте у низу који се простиру у правцу исток-запад.



Слика 9.11. Мерне тачке за предикционе моделе КОЛ 3.1 и КОЛ 3.2

На слици 9.11 приказана су мерна места у урбаном блоку за предикционе моделе КОЛ 3.1 и КОЛ 3.2. Како су предикциони модели КОЛ 3.1 и КОЛ 3.2 у погледу геометрије објеката идентични, мерна места су у погледу односа према геометрији блока истоветна. Мерне тачке Р 3.1, Р 4.1, Р3.3 и Р 4.3 су позициониране на улазу у блок, најближе улици. Мерне тачке Р 3.4, Р 4.4, Р 3.5 и Р 4.5 су нешто дубље позициониране у унутрашњост блока, а између две ламеле, док су мерне тачке Р 3.3 и Р 4.3 постављене у средини блока између две ламеле.



Слика 9.12 Графици промене температуре амбијенталног ваздуха и брзине ветра за мерна места модела КОЛ 3.1 и КОЛ 3.2

На слици 9.12 приказани су графици промене температуре амбијенталног ваздуха у односу на улазне температуре, као и брзина ветра на нивоу кретања пешака. Графици промене температуре ваздуха анализираних мерних места показују ниже вредности температуре амбијенталног ваздуха од температуре ваздуха улазних података у периоду од поноћи до 9.00 часова ујутру, као и од 18.00 часова до 23.00 часа. У периоду од 9.00 до 18.00

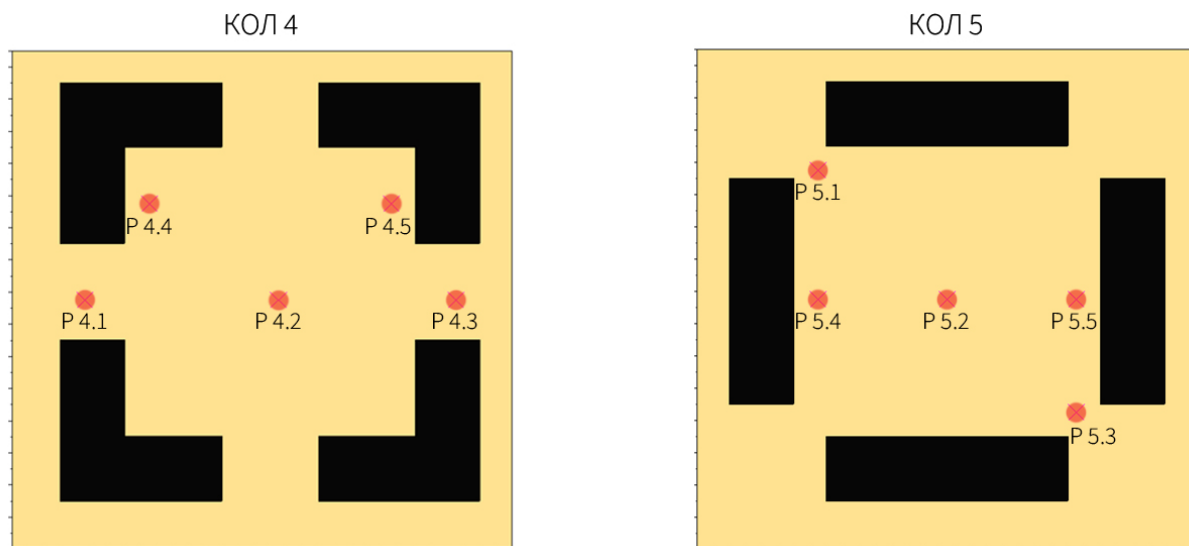
часова температура ваздуха унутар урбаног блока виша је од температуре ваздуха улазних података. Код свих мерних места у периоду од поноћи до 9.00 часова ујутру можемо приметити идентичан тренд кретања графика, као и велику подударност вредности температуре ваздуха. У периоду од 9.00 до 18.00 часова када температура амбијенталног ваздуха има више вредности од улазних код мерних места Р 3.2, Р 4.2, Р 3.3, Р 4.3, Р 3.4, Р 4.4, Р 3.5 и Р 4.5 приказана је температура ваздуха предикционог модела КОЛ 3.2 са већим вредностима у односу на предикциони модел КОЛ 3.1. Једино мерно место код ког је јасно дефинисана виша температура ваздуха предикционог модела КОЛ 3.1 јесте мерно место Р 3.1 у односу на мерно место Р 4.1, међутим након постизања свог дневног максимума, температура ваздуха модела КОЛ 3.1 на мерном месту Р 3.1, као и код осталих мерних места до 18.00 часова има ниже вредности од температуре ваздуха модела КОЛ 3.2. У периоду од 18.00 часова до 22.00 часа у зависности од геометрије урбаног блока и оријентације објеката долази до различите дистрибуције температуре ваздуха унутар блока, што се види на графицима на слици 9.12, да би од 22.00 часа температуре ваздуха оба модела (КОЛ 3.1 и КОЛ 3.2) постигле вредности које се до краја дана скоро идентично прате.

Брзина ветра код предикционих модела разликује се током дана услед различите оријентације објеката, али се код различитих мерних места јавља идентичан тренд кретања вредност брзине ваздуха на моделу КОЛ 3.1, односно на моделу КОЛ 3.2. Максималне вредности брзине ветра код модела КОЛ 3.2 веће су код мерних места Р 4.1 и Р 4.3 због њихове отворености ка околном простору, а најмања максимална брзина ветра је очекивано код мерних места Р 3.2 и Р 4.2 која се налазе у средини посматраног блока између две ламеле. За разлику од модела КОЛ 3.2, код модела КОЛ 3.1 максимална брзина ветра у току дана јавља се управо на мерном месту Р 3.2 које је у средини блока услед дејства ветра у истом правцу у ком се пружају објекти и формирања кањона. Брзина ветра код предикционог модела КОЛ 3.1 има мање осцилације у кретању током дана од модела КОЛ 3.2, а такође је и максимална вредност брзине ветра модела КОЛ 3.1 нижа од вредности брзине ветра модела КОЛ 3.2.

Како је у највећем делу дана температура ваздуха предикционог модела КОЛ 3.1 ближа улазним параметрима температуре ваздуха од температуре ваздуха модела КОЛ 3.2 и како је брзина ветра константнија у току дана, са мањим екстремним вредностима, предикциони модел КОЛ 3.1 је изабран за даљу анализу.

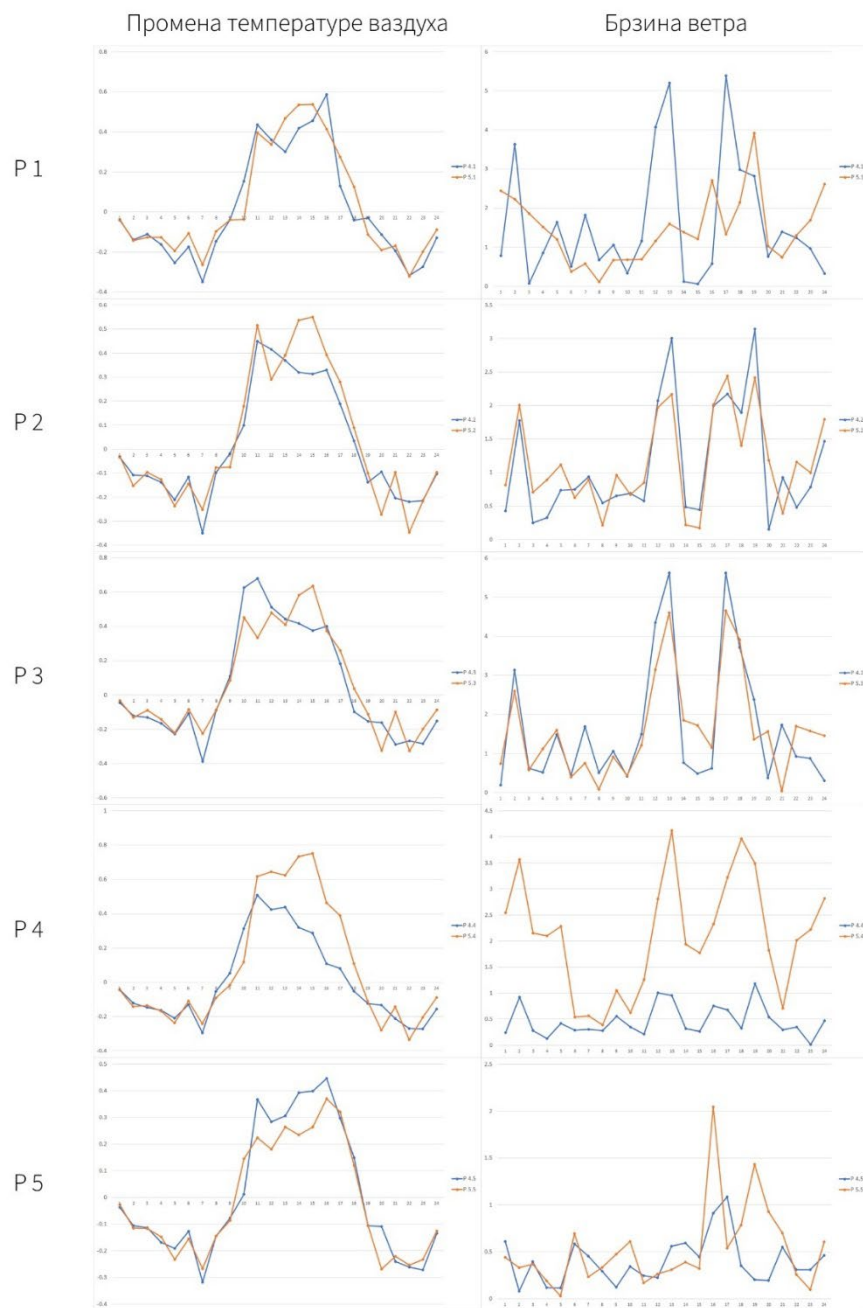
9.1.2.1.2.2 Предикциони модели ивичне ламелне изградње урбаног блока КОЛ 4 и КОЛ 5

Предикционе моделе КОЛ 4 и КОЛ 5 чине објекти који чине ламеле распоређене ивично у блоку. Оба модела садрже по четири улаза у унутрашњост блока, тј. продора ваздуха на нивоу кретања пешака. Код модел колективног становања КОЛ 4 отвори се налазе по средини страница блока тако да се добијају ламеле „Г“, облика док се код модела КОЛ 5 отвори налазе на теменима блока па изгађену структуру блока чине ламеле правоугаоног облика.



Слика 9.13. Мерна места за предикционе моделе КОЛ 4 и КОЛ 5

На слици 9.13 приказана су мерна места за моделе колективног становања КОЛ 4 и КОЛ 5. Мерна места P 4.1, P 5.1, P 4.3 и P 5.3 налазе се на наспрамним странама (код модела КОЛ 4), односно дијагонално (код модела КОЛ 5) једно у односу на друго. Поменута мерна места налазе се на отворима између ламела које пружају везу између спољашњег простора и унутрашњости блока. Мерна места P 4.2 и P 5.2 налазе се у средини урбаног блока код оба предикциона модела (КОЛ 4 и КОЛ 5). Позиција мерних места P 4.4, P 5.4, P 4.5 и P 5.5 одабрана су тако да не буду на директној путањи ветра, већ да показују стање мирног дела унутрашњости блока. Мерна места P 4.4 и P 5.4 постављена су уз објекте на западној стани блока, док су мерна места P 4.5 и P 5.5 постављена уз објекте на источној страни блока код оба предикциона модела.



Слика 9.14 Графици промене температуре амбијенталног ваздуха и брзине ветра за мерна места модела КОЛ 4 и КОЛ 5

Промене температуре ваздуха у односу на улазне податке и брзина ветра за одабрана мерна места за предикционе моделе КОЛ 4 и КОЛ 5 приказани су на слици 9.14. У зависности од одабраног мерног места, температура амбијенталног ваздуха унутар блока има ниже вредности од улазне температуре амбијенталног ваздуха од поноћи до најраније 8.00 часова ујутру (мерна места Р 4.4 и Р 5.4), а најкасније 10.00 часова ујутру (мерна места

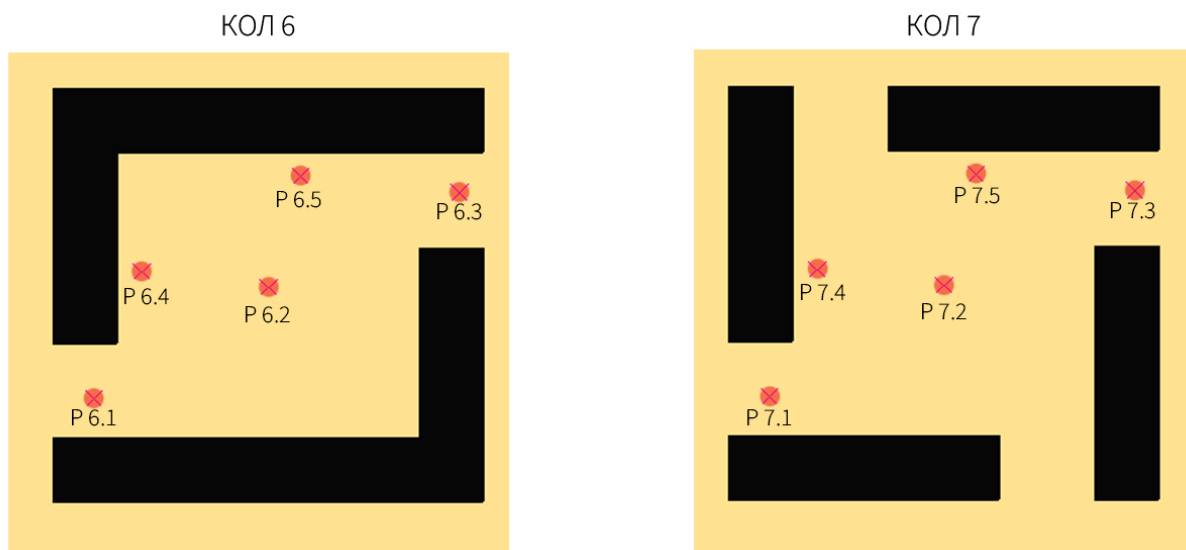
P 4.1, P 5.1, P 4.5 и P 5.5). Температура амбијенталног ваздуха на мерним местима већа је од улазне температуре ваздуха све до периода од 18.00 до 19.00 часова, зависно од мерног места. Како геометрија блока није истоветна, очекивана је разлика у излазним подацима између модела КОЛ 4 и КОЛ 5 без обзира на то што су мерна места изабрана са сличним утицајем. Највеће разлике како у температури амбијенталног ваздуха, тако и у брзини ветра јављају се код мерних места P 4.4 и P 5.4. На овим мерним местима температура амбијенталног ваздуха модела КОЛ 4 је током целог дана ближа улазним подацима од температуре ваздуха модела КОЛ 5, док је брзина ветра модела КОЛ 4 и до четири пута мања од брзине ветра модела КОЛ 5. Тренд кретања графика температуре амбијенталног ваздуха и ветра код модела КОЛ 4 и КОЛ 5 се не разликују значајно, али постоји јасна разлика у амплитудама тренда. Мерна места P 4.2 и P 5.2 такође показују више вредности разлике у температури амбијенталног ваздуха у односу на улазне податке код модела КОЛ 5. Мерна места P 4.2 и P 5.2 су карактеристична због своје позиције јер су у средини самог блока, и око њих се не налазе објекти. Брзина ветра на овим мерним местима код оба посматрана модела има исти тренд кретања, с тим што се веће вредности могу приметити код модела КОЛ 4. Разлог за овакву разлику у брзини ветра јесте у већим отворима између објекта кроз које већа количина ваздуха може да циркулише. На мерним местима P 4.1, P 5.1, P 4.3 и P 5.3 температура ваздуха оба модела има приближне вредности, с тим да се код мерних места P 4.3 и P 5.3 екстремне вредности разлике у температури амбијенталног ваздуха јављају у различитим тренуцима у току дана. Брзина ветра на мерним местима P 4.1 и P 5.1 има веће осцилације, као и веће екстремне вредности код модела КОЛ 4 од брзине ветра код модела КОЛ 5 чије је кретање знатно уравнотеженије током дана. У најтоплијем периоду у току дана, на мерним местима P 4.5 и P 5.5 вредности разлике у температури амбијенталног ваздуха урбаног блока у односу на улазне податке имају веће вредности код модела КОЛ 4 (у периоду од 10.00 до 17.00 часова) док се у осталом делу дана ови графици углавном поклапају. Са друге стране, брзина ветра значајно је већа је код модела КОЛ 5 у периоду од 16.00 до 20.00 часова.

У зависности од дела дана и правца дејства ветра, различите су вредности температуре и брзине ветра унутар блока. Према одабраним мерним местима, на основу анализе која је представљена, за даља истраживања одабран је предикциони модел КОЛ 4

због ефикаснијег утицаја на смањење температуре амбијенталног ваздуха у блоку и мањих осцилација у брзини ветра на већини одабраних мерних места.

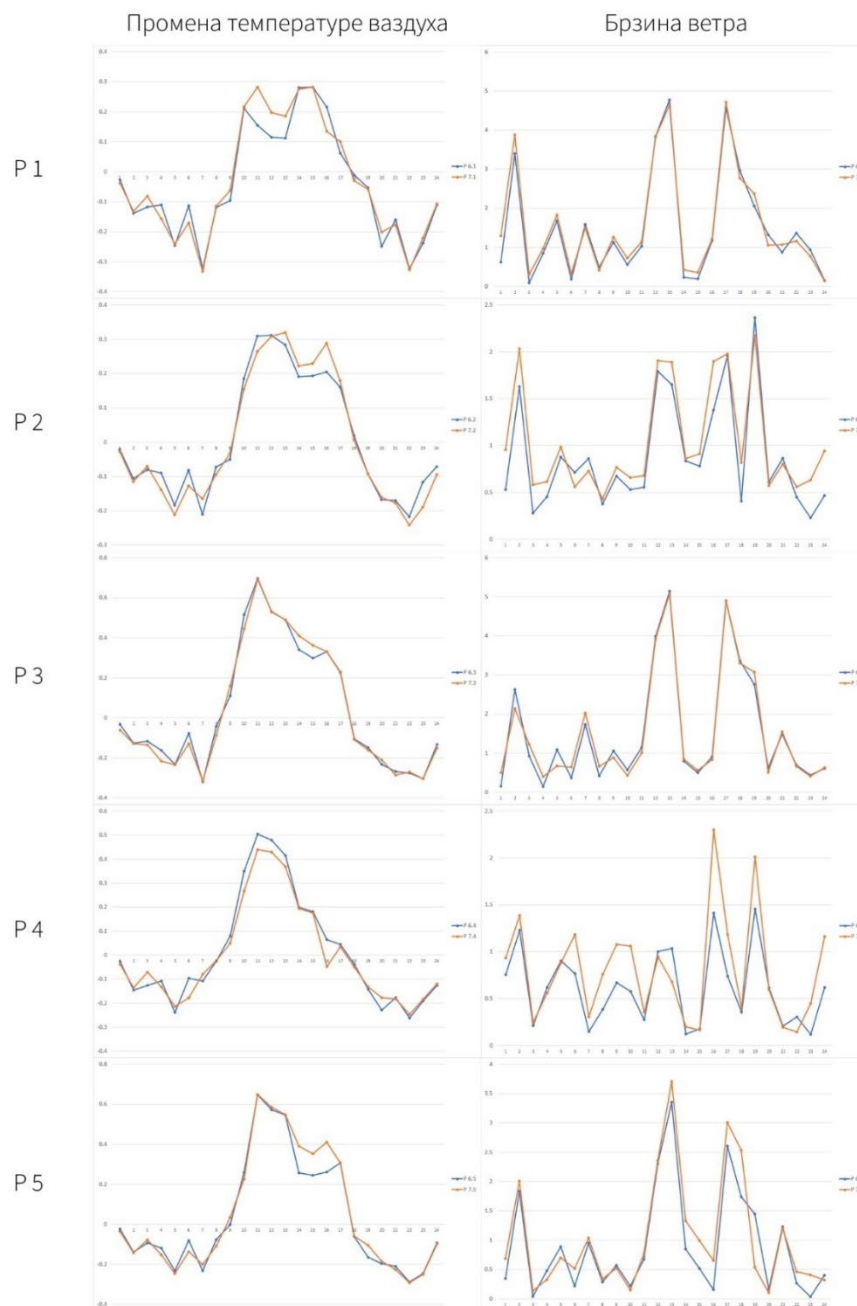
9.1.2.1.2.3 Предикциони модели ивичне ламелне изградње урбаног блока КОЛ 6 и КОЛ 7

Модел КОЛ 6 и КОЛ 7 изграђени су ивично постављеним објектима повезаним у ламеле. Модел КОЛ 6 има два отворена улаза у блок, док модел КОЛ 7 има 4 отворена улаза у блок. Геометрија објеката код ова два модела је истоветна, с тим да два додатна улаза код модела КОЛ 7 настају изостављањем једне зграде у низу из модела КОЛ 6. Отвори су постављени асиметрично у погледу осе симетрије блока.



Слика 9.15. Мерна места за предикционе моделе КОЛ 6 и КОЛ 7

Мерна места за предикционе моделе КОЛ 6 и КОЛ 7 приказане су на слици 9.15. Мерна места Р 6.1, Р 7.1, Р 6.2 и Р 7.2 налазе се на отвореним продорима у блок како би се посматрала промена брзине ветра и температуре амбијенталног ваздуха на месту контакта са отвореним простором. Мерна места Р 6.2 и Р 7.2 налазе се у средини блока, као и код претходне анализе. Мерна места Р 6.4, Р 7.4, Р 6.5 и Р 7.5 налазе се уз објекте, а одабрана су тако да се и код модела КОЛ 6 и код модела КОЛ 7 изврши анализа утицаја климатских фактора уз објекат, тј. да отвори који се јављају код модела КОЛ 7 не проузрокују да се мерно место налази на отвореном простору.



Слика 9.16 Графици промене температуре амбијенталног ваздуха и брзине ветра за мерна места модела КОЛ 6 и КОЛ 7

На слици 9.16 приказане су промене температуре амбијенталног ваздуха у односу на улазне податке у току дана и брзина ветра за мерна места одабрана према карактеристикама геометрије предикционих модела КОЛ 6 и КОЛ 7. Веома је јасно дефинисана граница када је реч о тренутку у ком се из нижих вредности разлике у температури амбијенталног ваздуха прелази у више вредности. Код свих посматраних места и у оба анализирана предикциона

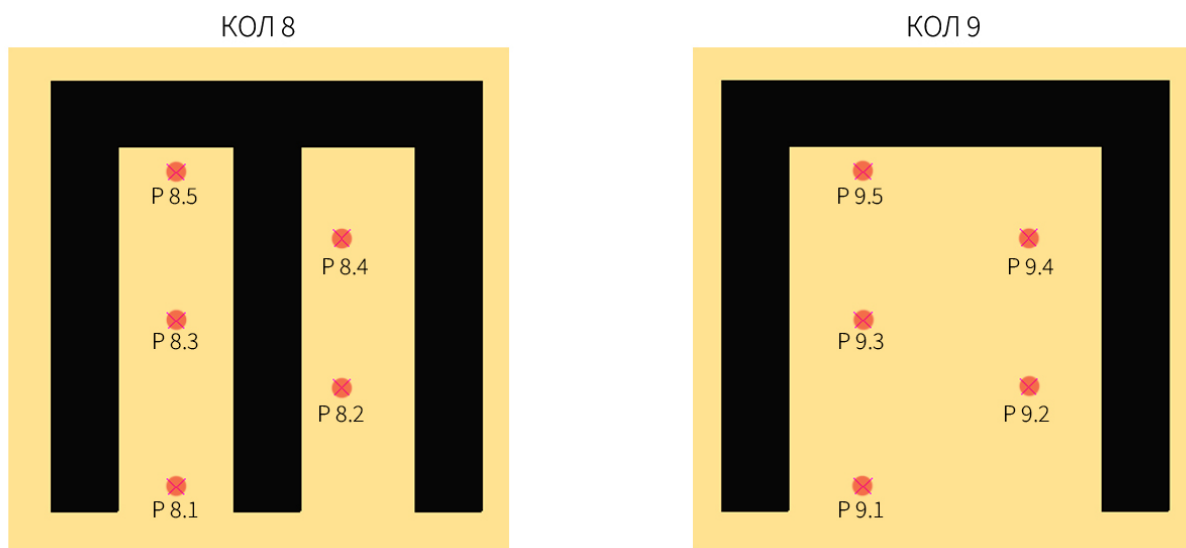
модела, ова граница јавља се у 9.00 часова ујутру. Такође је веома прецизно дефинисана и граница када се у току дана разлике у температури амбијенталног ваздуха смањују и када прелазе у негативне вредности, а то се догађа у 18.00 часова. Како је геометрија ова два предикциона модела веома слична, тако је и очекиван и сличан тренд кретања графика упоредне анализе. Мерна места Р 6.1, Р 7.1, Р 6.3 и Р 7.3 показују скоро идентичне брзине ветра током трајања дана, док у температури амбијенталног ваздуха постоје благе разлике које иду у корист предикционог модела КОЛ 6 с обзиром на то да се разлике температуре амбијенталног ваздуха модела КОЛ 6 мање од разлика модела КОЛ 7 у односу на улазне податке о температури ваздуха. Мерна места Р 6.2 и Р 7.2 која се налазе у средини посматраног блока током целог дана показују веће вредности брзине ветра код модела КОЛ 7, док се тренд брзине ветра оба модела поклапа скоро у потпуности током целог дана. Као и код брзине ветра, график разлике у температури амбијенталног ваздуха предикционог модела КОЛ 7 има више вредности од модела КОЛ 6. Мерна места Р 6.4, Р 7.4, Р 6.5 и Р 7.5 показују такође веома јасан тренд кретања брзине ветра при чему се као и код мерних места Р6.2 и Р 7.2 примећује повећан интензитет ветра код модела КОЛ 7, односно модела који је отворенији према спољашњем простору блока. За разлику од брзине ветра, разлике у температури амбијенталног ваздуха показују другачије резултате код мерних места Р 6.4, Р 7.4, Р 6.5 и Р 7.5. На мерним местима Р 6.4 и Р 7.4 предикциони модел КОЛ 6 показује више вредности у разлици температуре амбијенталног ваздуха у односу на улазне податке. Мерна места Р 6.5 и Р 7.5 показују више вредности температуре амбијенталног ваздуха у најтоплије доба дана код предикционог модела КОЛ 7.

На четири од пет мерних места разлика у температури ваздуха у односу на улазне податке предикционог модела КОЛ 7 већа је од температуре код модела КОЛ 6. Заједно са овим подацима, на свим мерним местима која се налазе у унутрашњости блока, брзина ветра модела КОЛ 7 већа је од брзине ветра модела КОЛ 6. Из наведених разлога, предикциони модел који се узима за даљу анализу јесте предикциони модел КОЛ 6.

9.1.2.1.2.4 Предикциони модели ивичне изградње урбаног блока КОЛ 8 и КОЛ 9

Предикциони модели КОЛ 8 и КОЛ 9 имају ивичну изградњу објеката са три стране, са источне, северне и западне стране док је јужна страна отворена ка унутрашњости блока. Разлика између ова два модела огледа се у томе што предикциони модел КОЛ 9 има још

једну изграђену ламелу у средини блока која је паралелна са ламелама са источне и западне стране.



Слика 9.17 мерна места за предикционе моделе КОЛ 8 и КОЛ 9

На слици 9.17 приказана су мерна места у оквиру предикционих модела КОЛ 8 и КОЛ 9. Мерна места редом од P 8.1 и P 9.1 до P 8.5 и P 9.5 постављена су од уласка у блок са јужне стране до објекта са северне стране, тако да су мерна места P 8.1 и P 9.1 најближа отвореном простору и улици, док се мерна места P 8.5 и P 9.5 налазе уз објекте, завучена у унутрашњост блока.



Слика 9.18 Графици промене температуре ваздуха и брзине ветра за мерна места модела КОЛ 6 и КОЛ 7

Промена температуре амбијенталног ваздуха у односу на улазне податке и брзина ветра предикционих модела КОЛ 8 и КОЛ 9 приказани су на слици 9.18. Графици разлике у температури амбијенталног ваздуха мерних места у односу на улазне податке показују извесне разлике код модела КОЛ 8 и КОЛ 9. Временски интервал од почетка дана до

тренутка када разлика у температури амбијенталног ваздуха прелази у позитивне вредности разликује се код мерних места Р 8.3, Р 9.3, Р 8.5 и Р 9.5 за предикционе моделе КОЛ 8 и КОЛ 9. Код предикционог модела КОЛ 8 из негативних вредности разлике у температури амбијенталног ваздуха прелази око 9.00 часова ујутру, док код модела КОЛ 9 из негативних вредности температурних разлика амбијенталног ваздуха прелази у позитивне око 8.00 часова ујутру. У поподневним часовима када разлика у температури амбијенталног ваздуха има силазну путању, код мерних места Р 8.2, Р 9.2, Р 8.4 и Р 9.4 јавља је разлика у времену када се температура амбијенталног ваздуха блока поклапа са улазном температуром ваздуха. Код модела КОЛ 8 то се дешава око 17.00 часова, док се код модела КОЛ 9 исти тренутак дешава око 18.00 часова. Када су у питању екстремне вредности температурних разлика модела КОЛ 8 и КОЛ 9, предикциони модел КОЛ 8 показује веће вредности на мерном месту Р 8.5 у најтоплије доба дана, док предикциони модел КОЛ 9 показује у најтоплије доба дана веће вредности код мерних места Р 9.2 и Р 9.3. Када је реч о нижим вредностима температуре амбијенталног ваздуха у мерним местима у односу на улазну температуру, модел КОЛ 9 показује вредности ближе улазним подацима на мерним местима Р 9.2, Р 9.4 и Р 9.5. Брзина ветра модела КОЛ 8 и КОЛ 9 зависи од изграђене структуре блока. Очекивано се јавља смањење брзине ветра код предикционог модела КОЛ 8 са померањем мерних места ка унутрашњости блока. Мали размак између објеката и затворена северна страна блока, спречавају циркулацију ваздуха, тако да се од мерног места Р 8.1 до мерног места Р 8.5 примећује истовестан тренд кретања брзине ветра, али са знатно мањим интензитетом код мерног места Р 8.5 у односу на мерно место Р 8.1. Са друге стране, услед мање густине изграђене структуре и ширег унутарблоковског простора, предикциони модел КОЛ 9 такође показује смањење интензитета ветра са померањем мерних места ка унутрашњости блока, с тим што је то смањење знатно мање него код предикционог модела КОЛ 8.

Одабрани предикциони модел из ове посматране групе на основу анализе података добијених са мерних места о разлици у температури ваздуха у односу на улазну температуру ваздуха и брзине ветра је предикциони модел КОЛ 9.

9.1.2.1.3 Предикциони модел затвореног блока

Модел КОЛ 10 једини је представник затвореног система изградње блока и као такав узима се у обзир за даљу анализу композитних фактора урбаног стамбеног блока.

9.2 УТИЦАЈ ПРИСУСТВА ЗЕЛЕНИХ ПОВРШИНА НА МИКРОКЛИМУ УРБАНОГ СТАМБЕНОГ БЛОКА

9.2.1 Модели озелењавања урбаног стамбеног блока

Поред геометрије урбаног стамбеног блока, анализирано је и присуство различитих врста зеленила на микроклиму блока. Креирани озелењени модели подељени су у следеће групе:

- Модели са зеленим крововима на индивидуалним стамбеним објектима
- Модели са зеленим крововима на индивидуалним и објектима колективног становања и партерним зеленилом унутар парцела/блока
- Модели са зеленим крововима и зеленим фасадама на индивидуалним и објектима колективног становања и партерним зеленилом унутар парцела/блока
- Модели са зеленим крововима на објектима, партерним зеленилом унутар парцела/блока и уличним дрворедом

Заједничко за све моделе јесте постојање зелених кровова као основног типа озелењавања блока. Оправдање за овакав корак налази се у примерима добре праксе европских и светских градова који су препознали значај зелене инфраструктуре. Постојање зелене инфраструктуре у погледу зелених кровова примењује се од средине двадесетог века, али су зелени кровови доживели процват последњих година када су многи градови имплементацију зелених кровова поспешили увођењем пореских олакшица, или су увели у правилнике или чак у законску регулативу [106]. У Копенхагену је употреба зелених кровова обавезна, у Паризу је планирано да до 2020. године буде 100.000 m² нових зелених кровова, Торонто је први град у Северној Америци који је увео обавезне зелене кровове 2009 године за објекте који имају површину већу од 2.000 m², кроз лондонски план и акциони план за биодиверзитет из 2008. године Лондон је удвостручио површину зелених кровова у централној зони за период од 2010. до 2017. године, Рецифе (главни град државе

Пернамбуко, једне од савезних држава Бразила) законску је регулисао имплементацију зелених кровова 2015. године. У Кордоби се добровољно озелењавање кровова промовише кроз пореске олакшице, у Антверпену је употреба зелених кровова прописана у оквиру обавезне заштите од бујица од 2011. године, Град Ротердам је дуплирао површину под зеленим крововима за 5 година (2012-2017. године) кроз грантове, пореске олакшице и пројекте, итд. У табели 9.3 дат је приказ светских градова, њихових популација, површина под зеленим крововима и површина зелених кровова по становнику.

Табела 9.3. Површине зелених кровова у светским градовима, подаци из 2019. године [107]

Град	Број становника	Површина зелених кровова (m ²)	Површина зелених кровова по становнику (m ² /становнику)
Базел	175.131	1.000.000	5,71
Штутгарт	590.000	2.000.000	3,38
Линц	193.814	500.000	2,57
Минхен	1.450.381	3.148.043	2,17
Беч	1.714.000	2.560.000	1,49
Малме	303.000	400.000	1,32
Хановер	522.686	638.500	1,22
Лондон (централна зона активности)	230.000	205.000	1,21
Дизелдорф	588.169	698.000	1,19
Берлин	3.600.000	4.000.000	1,11
Вашингтон Д.К.	681.170	254.470	0,37
Ротердам	634.661	235.000	0,37
Амстердам	813.562	300.000	0,36
Мелбурн	148.000	54.000	0,36
Портланд	570.000	157.989	0,27
Чикаго	2.700.000	508.130	0,19
Токио	13.184.161	1.345.250	0,10
Торонто	2.615.060	250.000	0,09
Сингапур	5.100.000	468.000	0,09
Копенхаген	510.000	40.000	0,07

9.2.1.1 Предикциони модели са зеленим крововима на индивидуалним стамбеним објектима

Зелени кровови на одабраним моделима креирани су на 100% површине кровова објеката. У питању је екстензивни зелени кров са ваздушним слојем који се у бази података

у софтверском пакету ENVI-met обележава са [02AGSS] и представља зеленило постављено на подлози од песковите иловаче.

Имплементација зелених кровова као јединог модела озелењавања блока примењена је само на индивидуалним моделима (ИНД1, ИНД2 и ИНД3). Овакав избор направљен је узимајући у обзир висину кровова као пете фасаде објеката у односу на висину кретања пешака, на којој се врши анализа микроклиматских услова. Код модела индивидуалног становања, зелени кров се налази на висини од 7 метара, док се код модела колективног становања висина крова налази на 28 метара. Узимајући у обзир разлику у висини, на моделима колективног становања, није очекивана разлика у микроклиматским параметрима на нивоу кретања пешака, односно, добијени параметри били би скоро у потпуности идентични са параметрима добијеним анализом геометрије блока колективног становања [108].

Табела 9.4 Подаци о позицији и уделу зелених кровова у површини урбаног блока

Модел	Висина крова [m]	Површина под зеленилом [m ²]	Удео зелених кровова у укупној површини блока [%]
ИНД 1	7	4.080	10,4
ИНД 2	7	4.770	12,16
ИНД 3	7	6.480	16,53

У табели 9.4 је дата површина зелених кровова на нивоу целог урбаног блока, као и удео зелених кровова у укупној површини урбаног блока. Удео је рачунат према усвојеној регулативи на територији града Ниша, тако да зелени кровови учествују са 50% своје површине у укупном уделу.

9.2.1.2 Предикциони модели са зеленим крововима на објектима и партерним зеленилом унутар парцела/блока

Поред зелених кровова у овом моделу присутно је и партерно зеленило унутар самог урбаног блока. Партерно зеленило представља ниско растиње које се у бази података пакета ENVI-met означава са [0200XX] и представља траву просечне густине и висине до 25 cm.

Табела 9.5 Подаци о укупној површини зелених кровова и партерног зеленила и уделу зелених површина у укупној површини урбаног блока.

Модел	Површина зеленог крова [m ²]	Површина партерног зеленила [m ²]	Удео зеленила у укупној површини блока [%]
ИНД 1	4.080	4.300	32,34
ИНД 2	4.770	4.500	35,13
ИНД 3	6.480	6.500	49,69
КОЛ 2	3.600	5.900	39,28
КОЛ 3.1	6.912	5.500	45,69
КОЛ 4	5.760	4.900	39,69
КОЛ 6	6.948	5.250	44,51
КОЛ 9	6.318	6.300	48,26
КОЛ 10	8.028	5.250	47,26

У табели 9.5 дати су подаци о укупној површини зеленила на простору посматраног урбаног блока, као и удео зеленила у укупној површини урбаног блока.

9.2.1.3 Предикциони модели са зеленим крововима и зеленим фасадама на објектима и партерним зеленилом унутар парцела/блока

Разлика између модела са зеленим крововима и партерним зеленилом и овог модела састоји се у томе што су у овом моделу озелењене и фасаде. Тип зеленила на фасадама је у софтверском пакету ENVI-met обележен са [02AGSS], као и зелени кров, и представља зеленило постављено на подлози од песковите иловаче.

Табела 9.6 Подаци о укупној површини зелених кровова, зелених фасада и партерног зеленила и уделу зелених површина у укупној површини урбаног блока.

Модел	Површина зеленог крова* [m ²]	Површина зелене фасаде* [m ²]	Површина партерног зеленила [m ²]	Удео зеленила у укупној површини блока [%]
ИНД 1	4.080	10.470	4300	59,05
ИНД 2	4.770	9.289	4500	58,82
ИНД 3	6.480	7.056	6500	67,69

КОЛ 2	3.600	21.280	5.900	93,57
КОЛ 3.1	6.912	24.528	5.500	108,26
КОЛ 4	5.760	22.176	4.900	96,26
КОЛ 6	6.948	22.624	5.250	102,22
КОЛ 9	6.318	20.664	6.300	100,97
КОЛ 10	8.028	24.976	5.250	110,97

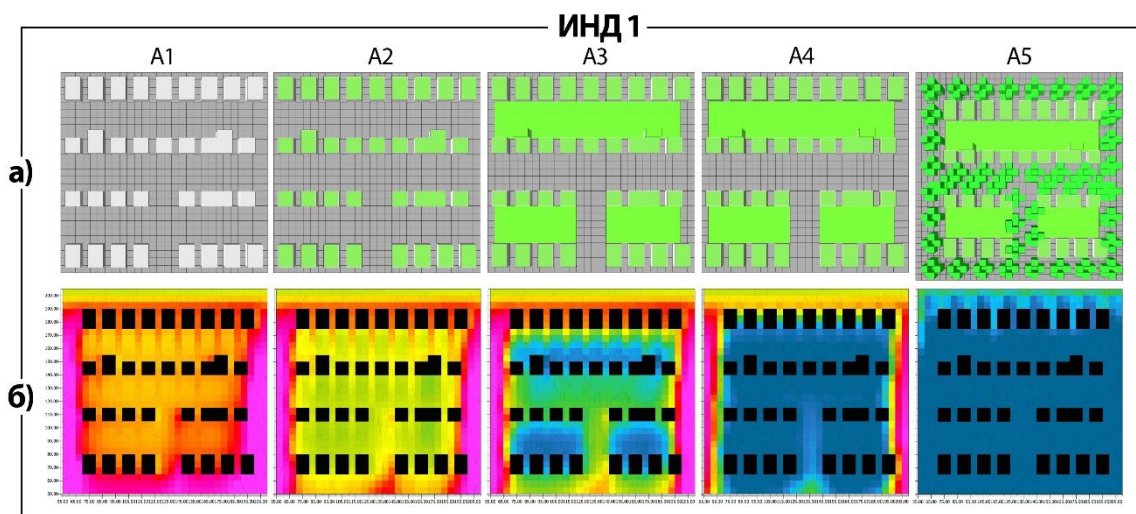
У табели 9.6 приказани су подаци о површини зелених кровова, зелених фасада и партерног зеленила на нивоу блока у зависности од предикционог модела, као и удео зелених површина у укупној површини блока. Приликом обрачуна удела зелених површина у укупној површини блока датој у табели 9.6 као и код претходних модела, у складу са регулативом Града Ниша, површине зелених кровова и зелених фасада узете су са 50% своје површине.

9.2.2 *Предикциони модели код индивидуалног становања*

9.2.2.1 *Варијанте модела озелењавања код модела ИНД1*

На слици 9.19 је приказан урбани блок означен као ИНД1 који се састоји од различитих конфигурација зелених површина и зелене инфраструктуре у контексту индивидуалног становања. На слици 9.19 под *a* приказано је пет различитих варијанти блока:

- А1-Геометрија блока (приказ основне геометрије без додатих зелених површина),
- А2-Зелени кров (приказ блока са зеленим крововима на стамбеним објектима),
- А3-Зелени кров и партерно зеленило (комбинација зелених кровова и зеленог партерног уређења),
- А4-Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (блок који укључује и зелене фасаде поред зелених кровова и партерног зеленила),
- А5-Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед (најзеленија конфигурација која укључује додатак дрвореда уз претходно наведене зелене површине).



Слика 9.19 Приказ уређења блока и термовизијски снимак температуре ваздуха варијанти (A1, A2, A3, A4 и A5) озелењавања, модела индивидуалног становања ИНД1

На слици 9.19 под **б** дати су термовизијски прикази који одражавају температуру амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака за сваку од варијанти озелењавања урбаног блока. Термовизијски приказ показује расподелу температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока у 15.00 часове када се очекује да је температура ваздуха унутар урбаног блока највећа. Скала боја од 10 нијанси показује вредности од 39,45°C до 40,25°C док су вредности са вишом температуром ваздуха од 40,25°C приказане интензивном розе бојом, а вредности са nižом температуром ваздуха од 39,45°C приказане су тамније плавом бојом.

Геометрија урбаног блока – анализа је извршена у оквиру утицаја геометрије на микроклиматске параметре и има највише температуре амбијенталног ваздуха, што се визуелно представља најтоплијим бојама (црвена и наранџаста) на термовизијском приказу на слици 9.19. Ово указује на висок ниво акумулиране топлоте у материјалима као што су бетон и асфалт. Најнижа температура ваздуха у 15.00 часова износи 39,84°C док је највиша температура амбијенталног ваздуха у 15.00 часова 40,42°C. Поред температуре амбијенталног ваздуха извршена је анализа брзине ветра. Најмања брзина ветра на простору блока износи 0,33 m/s, највећа брзина ветра износи 3,3 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,31 m/s.

Зелени кров – Увођење зелених кровова доводи до смањења температуре амбијенталног ваздуха, што се може видети по присуству зелених и плавих нијанси на термовизијском приказу на слици 9.19. Зелени кровови помажу у апсорпцији сунчевог

зрачења и повећању испаравања, што резултује нижим температурама. Најнижа температура амбијенталног ваздуха износи 39,78°C, а највиша температура амбијенталног ваздуха износи 40,36°C. Најмања брзина ветра износи 0,35 m/s, највећа брзина ветра износи 3,25 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,32 m/s.

Зелени кров и партерно зеленило – Додавање зеленила на тлу поред већ имплементираних зелених кровова доприноси додатном снижавању температуре амбијенталног ваздуха, што се види са слике 9.19 (ширење плавих нијанси). Ово указује на повећано испаравање водене паре, као и на нижи степен апсорпције и реемисије топлотне енергије. Најнижа температура амбијенталног ваздуха блока износи 39,45°C док највиша температура амбијенталног ваздуха блока износи 40,33°C. Најмања брзина ветра на простору блока износи 0,35 m/s, највећа брзина ветра износи 3,24 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,30 m/s.

Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило – Комбиновање зелених кровова са зеленим фасадама и партерним зеленилом додатно снижава температуру амбијенталног ваздуха, што је приказано областима плавих и зелених нијанси (слика 9.19). Зелене фасаде утичу на блок тако што смањују апсорпцију сунчевог зрачења, што директно утиче и на смањену реемисију зрачење са зидова у спољашњи простор, побољшавају изолацију објеката и повећавају евапотранспирацију на нивоу урбаног блока. Најнижа температура амбијенталног ваздуха износи 39,03°C, а највиша температура амбијенталног ваздуха износи 40,25°C. Најмања брзина ветра на простору урбаног блока износи 0,35 m/s, највећа брзина ветра износи 3,24 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,30 m/s.

Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед – Ова варијанта показује најниже температуре амбијенталног ваздуха на нивоу посматраног урбаног блока, са доминантним плавим и зеленим нијансама (слика 9.19). Дрвореди не само да пружају сенку, већ и помажу у смањењу ефекта топлотних острва кроз транспирацију и вентилацију. Најнижа температура ваздуха на нивоу урбаног блока износи 38,08°C док је највиша температура амбијенталног ваздуха 39,73°C. Најмања брзина ветра на простору урбаног блока износи 0,33 m/s, највећа брзина ветра износи 3,21 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,22 m/s.

Табела 9.7. Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру модела индивидуалног становања ИНД1

Варијанта	Минимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)	Максимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)
Геометрија	39,84	40,42
Зелени кров	39,78	40,36
Зелени кров и партерно зеленило	39,45	40,33
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	39,03	40,25
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	38,08	39,73

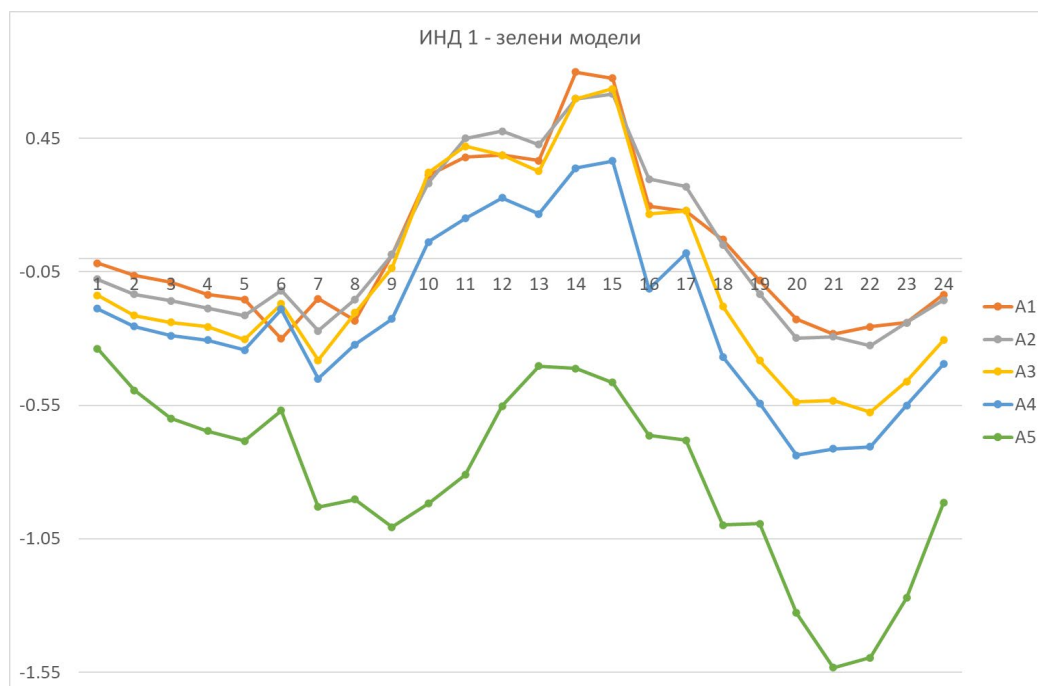
У табели 9.7 приказане су максималне и минималне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака за различите варијанте озелењавања модела индивидуалног становања ИНД 1 добијене у софтверском пакету ENVImet. Анализом вредности температура амбијенталног ваздуха које се налазе у табели 9.7 може се закључити да између минималних вредности температура амбијенталног ваздуха постоје веће разлике, односно да са градацијским повећањем зелених површина (зелени кров, зелени кров и партерно зеленило, зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада и зелени кров, партерно зеленило и дрворед) долази до израженијег смањења температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока. Максималне вредности температура амбијенталног ваздуха такође показују тренд смањења, с тим да је тај тренд мање изражен него код минималних вредности.

Табела 9.8 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру модела индивидуалног становања ИНД1

Варијанта	Минимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)	Максимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)
Геометрија	0,33	3,3
Зелени кров	0,35	3,25
Зелени кров и партерно зеленило	0,35	3,24
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	0,35	3,24
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	0,33	3,21

У табели 9.8 приказане су минималне и максималне брзине ветра на нивоу кретања пешака мерене у 15.00 часова за варијанте озелењавања модела ИНД 1. Иако се може приметити смањење брзине ветра градацијским додавањем зеленила, разлике су минималне, тако да се може закључити да присуство зелених површина не утиче на смањење брзине ветра на нивоу урбаног блока код модела индивидуалног становања ИНД 1.

На слици 9.20 приказане су разлике у медијалној температури амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока и почетних вредности температуре ваздуха за одређене сате у току дана за све варијанте модела имплементације зеленила у оквиру модела ИНД 1.



Слика 9.20. График медијалних температура ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте озелењавања модела ИНД 1

За све варијанте озелењавања, постоји тренд повећања температуре амбијенталног ваздуха током дана и смањења током ноћи. Најниже температуре амбијенталног ваздуха су у раним јутарњим сатима, док су највише температуре током поподневних сати. У периоду од поноћи до 5.00 часова ујутру, јасно је дефинисана диференцијација варијабли. Као највећа разлика, у поменутом периоду издваја се температура амбијенталног ваздуха код варијанте озелењавања применом зеленог крова, партерног зеленила и уличног дрвореда. У периоду од 8.00 до 11.00 часова, када долази до пораста температуре амбијенталног ваздуха варијанти, графици варијанти A1, A2 и A3 се поклапају, односно имају исте вредности

температуре амбијенталног ваздуха. У периоду од 11.00 до 17.00 часова долази до раздвајања графика варијанти A1, A2 и A3 при чему су вредности разлика минималне. У истом периоду, врши се јасна диференцијација варијанте A4, као и варијанте A5 која током целог дана бележи знатно ниже температуре амбијенталног ваздуха од варијанти A1, A2, A3 и A4. У периоду од 18.00 часова до 23.00 часа, варијанте A1 и A2 имају блиске вредности температуре амбијенталног ваздуха, док се варијанта A3 издваја и бележи ниже вредности температуре амбијенталног ваздуха. У периоду од 18.00 до 23.00 часа долази до смањења загревања блока сунчевом енергијом, односно престанка загревања након заласка Сунца. Апсорбована сунчева енергија у току дана емитује се са површина објеката и поплочања у амбијентални ваздух и доводи до његовог загревања. Из тог разлога, очекивано је смањење температуре амбијенталног ваздуха код модела који садрже партерно зеленило (A3, A4 и A5) у односу на моделе који не садрже зеленило, или садрже само кровно зеленило (A1 и A2).

Просечне вредности разлике у температури амбијенталног ваздуха у односу на почетне вредности температуре ваздуха унетих у софтверски пакет на дневном нивоу за посматране варијанте износе:

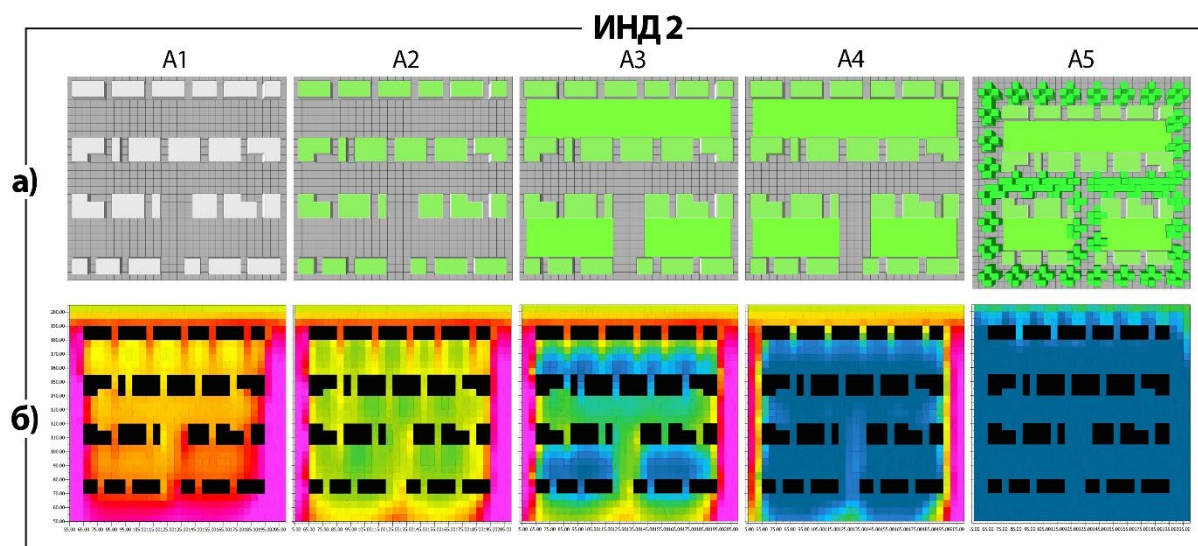
- Геометрија (A1): $0,0379^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров (A2): $0,03^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров и партерно зеленило (A3): $-0,078^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (A4): $-0,224^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров, партерно зеленило и дрворед (A5): $-0,817^{\circ}\text{C}$

Добијене просечне вредности температура амбијенталног ваздуха указују на то да имплементација хоризонталног зеленила (зелени кров и партерно зеленило) не доводи до значајних промена у температури ваздуха унутар урбаног блока. Тек примена вертикалног озелењавања (зелене фасаде и улични дрвореди) указује на значајније промене у температури ваздуха у урбаном блоку, на нивоу кретања пешака за предикциони модел КОЛ1. Имплементација дрвећа ефикаснија је од имплементације зелених фасада у погледу смањења температуре ваздуха на нивоу кретања пешака за посматрани модел за око 3,5 пута.

9.2.2.2 Варијанте модела озелењавања код модела ИНД2

На слици 9.21 је приказан урбани блок означен као ИНД2 који се састоји од различитих конфигурација зелених површина и зелене инфраструктуре у контексту индивидуалног становања са двојним објектима. Као и код анализе модела ИНД1 на слици 9.19 под **a** приказано је пет различитих варијанти блока:

- А1-Геометрија блока (приказ основне геометрије без додатих зелених површина),
- А2-Зелени кров (приказ блока са зеленим крововима на стамбеним објектима),
- А3-Зелени кров и партерно зеленило (комбинација зелених кровова и зеленог партерног уређења),
- А4-Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (блок који укључује и зелене фасаде поред зелених кровова и партерног зеленила),
- А5-Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед (најзеленија конфигурација која укључује додатак дрвореда уз претходно наведене зелене површине).



Слика 9.21 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања модела индивидуалног становања ИНД2

Термовизијски приказ који се налази на слици 9.21 под **б** приказује разлике у температури ваздуха у 15.00 часова на нивоу кретања пешака за сваку од варијанти озелењавања урбаног блока. Скала боја од 10 нијанси показује вредности од 39,45°C до 40,25°C док су вредности са вишом температуром ваздуха од 40,25°C приказане

интензивном розе бојом, а вредности са нижом температуром амбијенталног ваздуха од 39,45°C приказане су тамније плавом бојом.

Геометрија урбаног блока – Ова варијанта преставља утицај геометрије на урбани блок без имплементације зеленила. Највише вредности температуре амбијенталног ваздуха модела ИНД2 видљиве су на варијанти А1, што је визуелно представљено најтоплијим бојама (црвена и наранџаста) на термовизијском приказу на слици 9.21. Најнижа температура амбијенталног ваздуха у 15.00 часова износи 39,85°C док је највиша температура амбијенталног ваздуха у истом тренутку 40,48°C. Поред температуре амбијенталног ваздуха извршена је анализа брзине ветра. Најмања брзина ветра на простор урбаног блока износи 0,28 m/s, највећа брзина ветра износи 3,33 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу урбаног блока износи 2,29 m/s.

Зелени кров – Увођење зелених кровова доводи до смањења амбијенталне температуре, што се може видети по присуству зелених и жутих нијанси на термовизијском приказу (слика 9.21) које се јављају у правцу уз објекте у правцу дејства ветра. Зелени кровови утичу на смањење рефлексије сунчевог зрачења, као и на смањење апсорпције сунчевог зрачења. Најнижа температура ваздуха износи 39,73°C, а највиша температура ваздуха износи 40,41°C. Најмања брзина ветра износи 0,30 m/s, највећа брзина ветра износи 3,29 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,30 m/s.

Зелени кров и партерно зеленило – Имплементација партерног зеленила доводи до смањења температуре унутар урбаног блока. Највеће смањење температуре ваздуха јавља се на местима где је постављено партерно зеленило што указује на смањену рефлексију топлоте са материјала. Најнижа температура амбијенталног ваздуха урбаног блока износи 39,44°C док највиша температура амбијенталног ваздуха урбаног блока износи 40,39°C. Најмања брзина ветра на простору урбаног блока износи 0,28 m/s, највећа брзина ветра износи 3,26 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,30 m/s.

Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило – Увођењем вертикалног зеленила у форми зелених фасада, јавља се осетнији пад температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока што је приказано интензивном плавом бојом у унутрашњости блока (слика 9.21). Зелене фасаде смањују могућност рефлексије и апсорпције сунчевог зрачења, што директно утиче и на смањену реемисију зрачење са зидова у спољашњи простор и

делују као термоизолатор објеката. Најнижа температура амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока износи 39,06°C, а највиша температура ваздуха износи 40,31°C. Најмања брзина ветра на простору блока износи 0,29 m/s, највећа брзина ветра износи 3,27 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,30 m/s.

Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед – Ова варијанта показује најниже температуре ваздуха на нивоу посматраног урбаног блока, са доминантним плавим нијансама (слика 9.21). Ваздух под дејством ветра пролази кроз дрворед који има ефекат хлађења, како због евапотранспирације, тако и због хлада који прави испод своје крошње. Најнижа температура амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока износи 38,11°C док је највиша температура ваздуха 39,73°C. Најмања брзина ветра на простору блока износи 0,26 m/s, највећа брзина ветра износи 3,23 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,21 m/s.

Табела 9.9 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру модела индивидуалног становања ИНД2

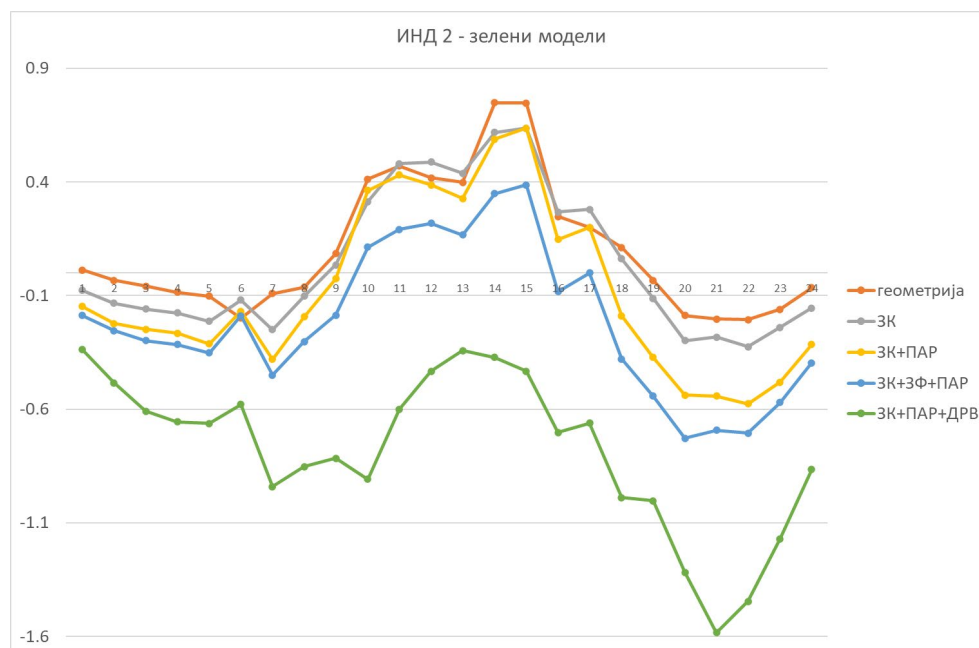
Варијанта	Минимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)	Максимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)
Геометрија	39,85	40,48
Зелени кров	39,73	40,41
Зелени кров и партерно зеленило	39,45	40,39
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	39,06	40,31
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	38,11	39,73

У табели 9.9 приказане су максималне и минималне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака за различите варијанте озелењавања модела индивидуалног становања ИНД 2 добијене у софтверском пакету ENVImet. Анализом вредности температура амбијенталног ваздуха које се налазе у табели може се закључити да између минималних вредности температура амбијенталног ваздуха постоје веће разлике, односно да са градацијским повећањем зелених површина (зелени кров, зелени кров и партерно зеленило, зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада и зелени кров, партерно зеленило и дрворед) долази до израженијег смањења температуре ваздуха на нивоу урбаног блока што се могло закључити и код варијанти озелењавања предикционог модела ИНД 1.

Табела 9.10 Приказ минималних и брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру модела индивидуалног становања ИНД2

Варијанта	Минимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)	Максимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)
Геометрија	0,28	3,33
Зелени кров	0,30	3,29
Зелени кров и партерно зеленило	0,28	3,26
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	0,29	3,27
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	0,26	3,23

У 9.10 приказане су минималне и максималне брзине ветра на нивоу кретања пешака мерене у 15.00 часова за варијанте озелењавања модела ИНД 2. Разлике у максималним и минималним брзинама ветра у варијантама озелењавања скоро да нема. Осцилације које се јављају између испитиваних варијабли не показују никакву значајност у промени брзине ветра, а такође, не потврђују ни градацијско повећање зелених површина као што је то био случај код предикционог модела ИНД 1.



Слика 9.22. Кретање медијалних температура ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте модела ИНД 2

На слици 9.22 приказан је график кретања медијалних температура амбијенталног ваздуха, за различите варијанте озелењавања, и почетних података температуре амбијенталног ваздуха који су унети у ENVImet. У периоду од 0.00 до 5.00 часова ујутру, приметан је пад температуре амбијенталног ваздуха свих варијабли при чему највећи пад бележи варијабла А5. У периоду загревања, од 6.00 до 11.00 часова долази до скоро потпуног поклапања графика варијанти А1, А2 и А3 док се график варијабле А4 одваја од побројаних услед бољег контролисања пораста температуре. У истом периоду, график варијанте А5 наставља да показује пад температуре што сугерише њену супериорност у контролисању температуре чак и током периода загревања која је условљена способношћу дрвећа да редукује температуру ваздуха услед евапотранспирације, као и формирања хлада испод крошње. У периоду од 12.00 до 17.00 часова када су максималне температуре у току дана долази до тренда повећања температуре ваздуха свих варијанти. У најтоплијем тренутку дана (између 14.00 и 15.00 часова) може се приметити да све варијанте зеленила утичу позитивно на смањење температуре ваздуха у односу на саму геометрију урбаног блока. Од 17.00 часова до 23.00 часа варијанта А5 показује најинтензивније смањење температуре потврђујући своју ефикасност која је присутна током целог дана. Варијанта А4 показује већи пад температуре од варијанте А3 што сугерише да имплементација вертикалног зеленила у форми зелених фасада може имати значајан утицај на смањење температуре током ноћног хлађења.

Варијанта А5 показује најбоље перформансе у смањењу температуре амбијенталног ваздуха током целог дана, што указује на то да комбинација зелених кровова, партерног зеленила и дрвореда може бити ефикасна стратегија за контролу температуре у урбаним срединама.

Просечне вредности разлике у температури амбијенталног ваздуха у односу на почетне вредности температуре ваздуха унетих у софтверски пакет на дневном нивоу за посматране варијанте износе:

- Геометрија (А1): 0,0979°C
- Зелени кров (А2): 0,04°C
- Зелени кров и партерно зеленило (А3): -0,0796°C
- Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (А4): -0,217°C

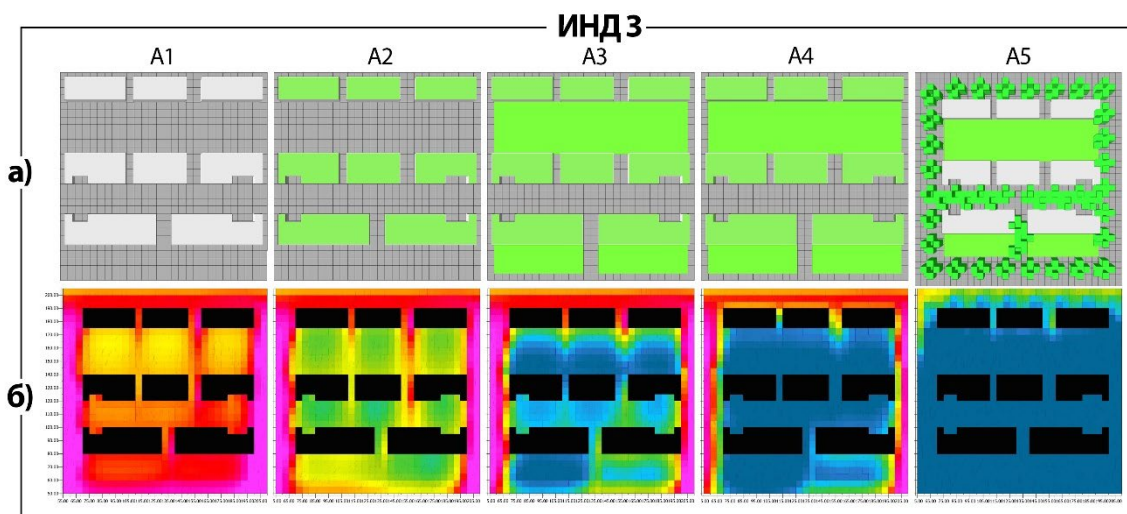
- Зелени кров, партерно зеленило и дрворед (A5): -0,782°C

Добијене просечне вредности указују на то да имплементација хоризонталног зеленила утиче на смањење температуре амбијенталног ваздуха унутар блока у просеку за око 0,05°C код модела са зеленим кровом, односно за око 0,17°C код модела са зеленим кровом и партерним зеленилом што представља мале промене у температури амбијенталног ваздуха. Тек примена вертикалног озелењавања указује на значајније промене у температури амбијенталног ваздуха у блоку, на нивоу кретања пешака за предикциони модел ИНД 2. Имплементација дрвећа ефикаснија је од имплементације зелених фасада у погледу смањења температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака за посматрани модел за око 3,6 пута код модела ИНД 2 што одговара и вредностима које су добијене приликом анализе предикционог модела ИНД 1.

9.2.2.3 Варијанте модела озелењавања код модела ИНД3

На слици 9.23 *a* је приказан урбани блок означен као ИНД3 који се састоји од различитих конфигурација зелених површина и зелене инфраструктуре у контексту индивидуалног становања са објектима у низу:

- A1-Геометрија блока (приказ основне геометрије без додатих зелених површина),
- A2-Зелени кров (приказ блока са зеленим крововима на стамбеним објектима),
- A3-Зелени кров и партерно зеленило (комбинација зелених кровова и зеленог партерног уређења),
- A4-Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (блок који укључује и зелене фасаде поред зелених кровова и партерног зеленила),
- A5-Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед (најзеленија конфигурација која укључује додатак дрвореда уз претходно наведене зелене површине).



Слика 9.23 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха предикционих варијанти озелењавања модела индивидуалног становања ИНД3

Термовизијски приказ који се налази на слици 9.23 под **б** приказује разлике у температури ваздуха у 15 часова на нивоу кретања пешака за сваку од варијанти озелењавања блока. Скала боја од 10 нијанси показује вредности од 39,45°C до 40,25°C док су вредности са вишом температуром ваздуха од 40,25°C приказане интензивном розе бојом, а вредности са nižом температуром ваздуха од 39,45°C приказане су тамније плавом бојом.

Геометрија урбаног блока – Ова варијанта преставља утицај геометрије на урбани блок без имплементације зеленила. Термовизијски приказ овог варијантног решења приказује највише температуре амбијенталног ваздуха које су приказане розе, црвеном и жутом бојом (слика 9.23). Најнижа температура ваздуха у 15.00 часова износи 39,9°C док је највиша температура ваздуха у истом тренутку 40,50°C. Поред температуре ваздуха извршена је анализа брзине ветра. Најмања брзина ветра на простору урбаног блока износи 0,3 m/s, највећа брзина ветра износи 3,3 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,27 m/s.

Зелени кров – Увођење зелених кровова доводи до смањења температуре амбијенталног ваздуха, што је приказано нијансама зелене и жуте боје на термовизијском приказу (слика 9.23) које се јављају уз објекте у правцу дејства ветра. Зелени кровови утичу на смањење рефлексије сунчевог зрачења, као и на смањење апсорпције сунчевог зрачења. Најнижа температура амбијенталног ваздуха износи 39,69°C, а највиша температура

амбијенталног ваздуха износи 40,42°C. Најмања брзина ветра износи 0,30 m/s, највећа брзина ветра износи 3,33 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,27 m/s.

Зелени кров и партерно зеленило – Имплементација партерног зеленила доводи до смањења температуре унутар урбаног блока. Највеће смањење температуре амбијенталног ваздуха јавља се на местима где је постављено партерно зеленило што указује на смањену рефлексију топлоте, али се зоне са хладнијим ваздухом (плава боја на слици 9.23) јављају и у деловима урбаног блока где нема партерног зеленила, услед позитивног утицаја партерног зеленила на свеукупно смањење температуре амбијенталног ваздуха блока. Најнижа температура ваздуха урбаног блока износи 39,38°C док највиша температура амбијенталног ваздуха блока износи 40,40°C. Најмања брзина ветра на простору урбаног блока износи 0,28 m/s, највећа брзина ветра износи 3,28 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,26 m/s.

Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило – Увођењем вертикалног зеленила у форми зелених фасада, јавља се осетнији пад температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока што је приказано интензивном плавом бојом у унутрашњости блока (слика 9.23). Зелене фасаде смањују могућност рефлексије и апсорпције сунчевог зрачења. Најнижа температура амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока износи 39,05°C, а највиша температура амбијенталног ваздуха износи 40,34°C. Најмања брзина ветра на простору блока износи 0,28 m/s, највећа брзина ветра износи 3,27 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,28 m/s.

Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед – Ова варијанта показује најниже температуре амбијенталног ваздуха на нивоу посматраног урбаног блока, са доминантним плавим нијансама (слика 9.23). Најнижа температура ваздуха на нивоу блока износи 38,22°C док је највиша температура ваздуха 39,93°C. Најмања брзина ветра на простору урбаног блока износи 0,27 m/s, највећа брзина ветра износи 3,24 m/s, док медијална брзина ветра на нивоу блока износи 2,20 m/s.

Табела 9.11 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру модела индивидуалног становања ИНДЗ

Варијанта	Минимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)	Максимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)
Геометрија	39,90	40,50

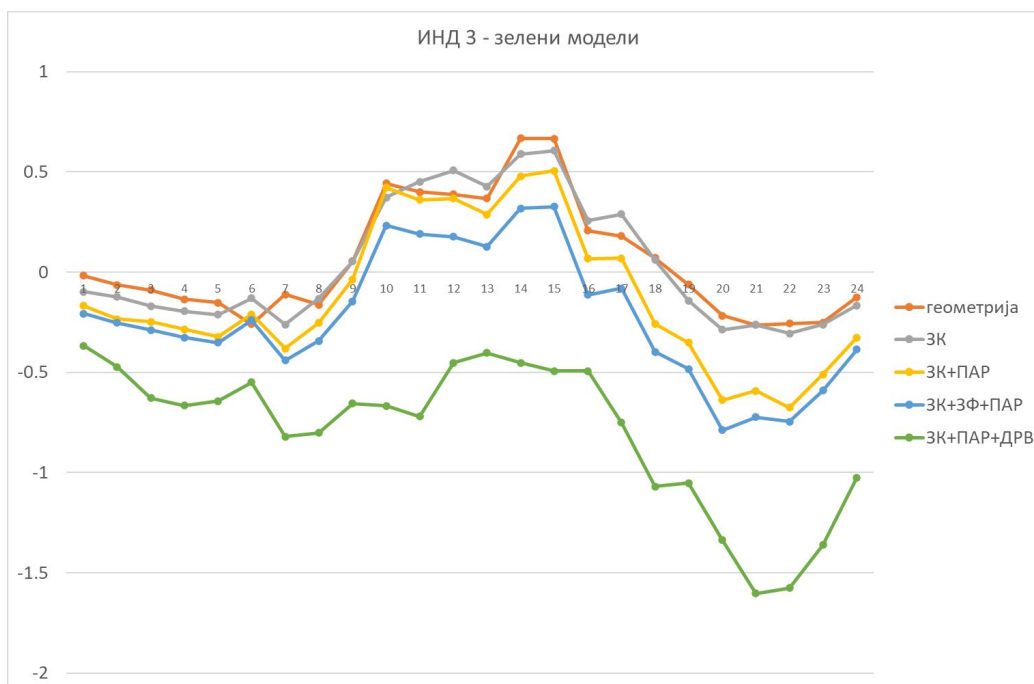
Зелени кров	39,69	40,42
Зелени кров и партерно зеленило	39,38	40,40
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	39,05	40,34
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	38,22	39,93

У табели 9.11 приказане су максималне и минималне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака за различите варијанте озелењавања модела индивидуалног становања ИНД 3 добијене у софтверском пакету ENVImet. Анализом вредности температура амбијенталног ваздуха које се налазе у табели 9.11 може се закључити да као и код варијанти предикционих модела ИНД 1 и ИНД 2 долази до градијентског смањења минималне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока са повећањем количине имплементираних зеленила (зелени кров, зелени кров и партерно зеленило, зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада и зелени кров, партерно зеленило и дрворед). Максималне температуре амбијенталног ваздуха такође бележе пад, али је он мање изражен.

Табела 9.12 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру модела индивидуалног становања ИНД3

Варијанта	Минимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)	Максимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)
Геометрија	0,3	3,3
Зелени кров	0,30	3,33
Зелени кров и партерно зеленило	0,28	3,28
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	0,28	3,27
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	0,27	3,24

У табели 9.12 приказане су минималне и максималне брзине ветра на нивоу кретања пешака мерене у 15.00 часова за варијанте озелењавања предикционог модела ИНД 3. Разлике у максималним и минималним брзинама ветра у варијантама озелењавања скоро да нема. Као и код предикционог модела ИНД 2, разлике између варијабли не показују значајност у односи на различите примене зелених површина.



Слика 9.24. Медијалне температуре амбијенталног ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела ИНД 3

На слици 9.24 приказан је график медијалних температура ваздуха за варијанте озелењавања и почетних података температуре амбијенталног ваздуха унетих у ENVImet. У периоду од 0.00 до 5.00 часова ујутру, све варијанте бележе пад температуре амбијенталног ваздуха, при чему се највећи пад јавља код варијанте А5 што указује на ефективност комбинације зеленог крова, партерног зеленила и дрвореда у смањењу ноћних температура амбијенталног ваздуха. Варијанте А1, А2, А3 и А4 бележе градацијски пад вредност температуре амбијенталног ваздуха, тј. варијанта А1 (без зеленила) има највеће вредности температуре амбијенталног ваздуха, нешто мање вредности температуре амбијенталног ваздуха има варијанта А2 (зелени кров), затим још мање вредности амбијенталног ваздуха има варијанта А3 (зелени кров и партерно зеленило) и на крају варијанта А4 (зелени кров, партерно зеленило и зелене фасаде) има најмању вредност температуре амбијенталног ваздуха од поменуте 4 варијанте. У периоду загревања, од 6.00 до 11.00 часова наставља се тренд градацијске разлике у температури амбијенталног ваздуха између варијанти А1, А2, А3 и А4 при чему варијанта А5 и у овом периоду има знатно мање вредности температуре амбијенталног ваздуха од варијанти А1, А2, А3 и А4. У периоду од 12.00 до 17.00 часова када су максималне дневне температуре амбијенталног ваздуха долази до тренда повећања температуре амбијенталног ваздуха варијанти А1, А2, А3 и А4 док у истом периоду

варијанта A5 бележи пад температуре амбијенталног ваздуха. У најтоплијем тренутку дана (између 14.00 и 15.00 часова) долази до диференцијације вредности температура амбијенталног ваздуха које поново указују на градацијску правилност у смањењу температуре амбијенталног ваздуха са повећањем зелених површина у урбаном блоку. Од 17.00 часова до 23.00 часа варијанта A5 показује најинтензивније смањење температуре амбијенталног ваздуха. Варијанте A3 и A4 показују већу ефикасност у смањењу температуре амбијенталног ваздуха од варијанти A1 и A2 указујући на смањену емисију апсорбоване топлотне енергије у периоду дана након заласка Сунца код варијанти са зеленилом у партеру. A4 показује већи пад температуре амбијенталног ваздуха од варијанте A3 што потврђује да имплементација вертикалног зеленила има утицај на снижавање вредности температура амбијенталног ваздуха.

Просечне вредности разлике у температури амбијенталног ваздуха у односу на почетне вредности температуре амбијенталног ваздуха унетих у софтверски пакет на дневном нивоу за посматране варијанте износе:

- Геометрија (A1): $0,0529^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров (A2): $0,0358^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров и партерно зеленило (A3): $-0,122^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (A4): $-0,230^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров, партерно зеленило и дрворед (A5): $-0,794^{\circ}\text{C}$

Добијене просечне вредности указују на то да имплементација хоризонталног зеленила утиче на смањење температуре амбијенталног ваздуха унутар урбаног блока у просеку за око $0,02^{\circ}\text{C}$ код модела са зеленим кровом тако да утицај зеленог крова нема никакву значајност код модела ИНД 3, односно за око $0,17^{\circ}\text{C}$ код модела са зеленим кровом и партерним зеленилом што представља мале промене у температури амбијенталног ваздуха. Тек примена вертикалног озелењавања указује на значајније промене у температури амбијенталног ваздуха у урбаном блоку, на нивоу кретања пешака за предикциони модел ИНД 3. Примена дрвореда има већи утицај на смањење температуре ваздуха урбаног блока од примене зелених фасада. Слично као код модела ИНД 1 и модела ИНД 2, и код модела ИНД 3 варијанта са имплементацијом дрвореда има способност да на температуру ваздуха утиче у виду смањења за око 3,45 пута.

9.2.2.4 *Анализа физиолошки еквивалентне температуре (ПЕТ) за предикционе моделе индивидуалног становања*

Након детаљне анализе различитих варијанти озелењавања предикционих модела индивидуалног становања, које су показале различите потенцијале у смањењу ефекта топлотног острва и унапређења термалног комфора у урбаним стамбеним блоковима, овај део истраживања обухвата анализу физиолошки еквиваленте температуре (ПЕТ). Анализа ПЕТ указује на то како разматране варијанте озелењавања доприносе побољшању микроклиматских услова на нивоу урбаног блока индивидуалног становања. Фокусирајући се на варијанте које су показале највећи потенцијал, а то су варијанта урбаног блока са применом зеленог крова, зелених фасада и партерног зеленила (А4) и варијанта урбаног блока са применом зеленог крова, партерног зеленила и уличног дрвореда (А5), овај сегмент истраживања има за циљ да утврди како различите врсте зеленила и различите геометрије изграђене структуре блока утичу на термалну удобност и здравље становника, чиме се доприноси свеобухватном приступу при планирању и пројектовању урбаног простора.

За анализу ПЕТ узети су параметри просечне особе мушког пола, старости 35 година, одеће прилагођене летњем периоду и просечне брзине кретања. Параметри човека на основу којих је рађена анализа ПЕТ дата је у табели 9.13.

Табела 9.13 Параметри човека за анализу ПЕТ

Параметри тела		
Пол	Мушки	
Године старости	35	
Тежина	75 kg	
Висина	1,75 m	
Позиција тела	усправна	
Површина тела	1,91 m ²	
Параметри одевања		
Статичка изолација	0.5	
Метаболички параметри		
Укупна стопа	метаболичка	164,49 W

У табели 9.14 приказане су вредности и категорије ПЕТ за варијанте озелењавања А4 и А5 предикционих модела индивидуалног становања ИНД 1, ИНД 2 и ИНД 3. Како би се извршила анализа варијанти према категоријама физиолошког стреса и одабрала најповољнија и најнеповољнија варијанта, разматрана су два кључна аспекта: најповољнија варијанта модела ће бити она која има највећи број сати у категоријама угодно (18°C до 23°C) и топло угодно (23°C до 29°C), јер оне представљају оптималне услове за комфор без значајног физиолошког стреса, док ће најнеповољнија варијанта модела ће бити она која има највећи број сати у екстремним категоријама као што су екстремно топло (више од 41°C) и веома топло (35°C до 41°C), које указују на висок ниво физиолошког стреса.

Табела 9.14 вредности ПЕТ и категорије ПЕТ за варијанте озелењавања А4 и А5 предикционих модела ИНД 1, ИНД 2 и ИНД 3

		ЗК+ЗФ+ПАР	ЗК+ПАР+ДРВ		ЗК+ЗФ+ПАР	ЗК+ПАР+ДРВ		ЗК+ЗФ+ПАР	ЗК+ПАР+ДРВ
0:00	ИНД 1	18.07	18.53	ИНД 2	18.07	18.44	ИНД 3	17.87	18.19
1:00		16.01	16.21		15.97	16.16		15.89	16.12
2:00		16.41	16.61		16.48	16.59		16.32	16.56
3:00		16.3	16.78		16.31	16.72		16.15	16.51
4:00		15.92	16.13		15.9	16.07		15.81	16.02
5:00		22.46	17.93		22.62	18.1		22.89	18.24
6:00		26.02	20.37		26.02	20.69		26.08	20.72
7:00		38.65	27.56		38.63	29.21		38.68	30.47
8:00		42.44	31.26		42.47	32.36		43.04	33.39
9:00		50.97	37.6		51.06	40.05		51.44	40
10:00		53.31	43.16		53.36	44.71		53.49	44.1
11:00		53.84	44.71		53.85	47.24		53.83	46.86
12:00	ИНД 1	54.13	48.29	ИНД 2	54.14	50.34	ИНД 3	54.14	50.09
13:00		54.63	48.82		54.62	50.55		54.61	49.32
14:00		54.69	48.63		54.67	49.85		54.66	49.96
15:00		54.21	46.4		54.22	46.72		54.24	48.63
16:00		53.86	43.67		53.86	44.05		53.85	47.6
17:00		48.81	38.92		48.86	39.11		48.67	39.31
18:00		40.18	34.77		39.55	34.67		39.98	35.02
19:00		29.89	29.29		29.92	29.32		29.85	29
20:00		27.51	26.81		27.49	26.71		27.47	26.5
21:00		25.23	24.68		25.26	24.81		25.08	24.4
22:00		23.42	23.19		23.44	23.33		23.29	22.94
23:00		21.59	21.57		21.62	21.58		21.52	21.41

Дневне вредности ПЕТ са одговарајућим категоријама физиолошког стреса за варијанте озелењавања А4 и А5 предикционих модела ИНД 1, ИНД 2 и ИНД 3 указују на значајно већу ефикасност варијанте озелењавања А5 на смањење физиолошког стреса корисника простора урбаног стамбеног блока индивидуалног становања. Код сва три предикциона модела (ИНД 1, ИНД 2 и ИНД 3) категорије физиолошког стреса екстремно топло и веома топло понављају се 12 пута код варијанте озелењавања А4 (екстремно топло 10 пута и веома топло два пута), док се код варијанте озелењавања А5 категорије физиолошког стреса екстремно топло и веома топло понављају 9 пута код модела ИНД 1 и ИНД 2 (екстремно топло 7 пута и веома топло 2 пута), односно 10 пута код модела ИНД3 (екстремно топло 7 пута и веома топло 3 пута).

Најповољније варијанте озелењавања у оквиру посматраних модела су: модел ИНД 1, варијанта А5 и модел ИНД 2, варијанта А5. Вредности ПЕТ варијанте ИНД 1- А5 и ИНД 2-А5 приказане у табели 9.14 указују на то да просечна вредност ПЕТ на дневном нивоу варијанте ИНД 1-А5 износи 30,91°C, док просечна вредност ПЕТ на дневном нивоу варијанте ИНД 2-А5 износи 31,56°C. Поред просечних дневних вредности разматране су и просечне вредности ПЕТ за интервале у категоријама екстремно топло и веома топло, па просечна вредност ПЕТ за интервале у категоријама екстремно топло и веома топло варијанте ИНД 1-А5 износи 44,47°C док за варијанту ИНД 2-А5 износи 45,85°C.

На основу добијених вредности као најповољнија варијанта озелењавања урбаног блока индивидуалног становања изабрана је варијанта А5 модела индивидуалног становања ИНД 1.

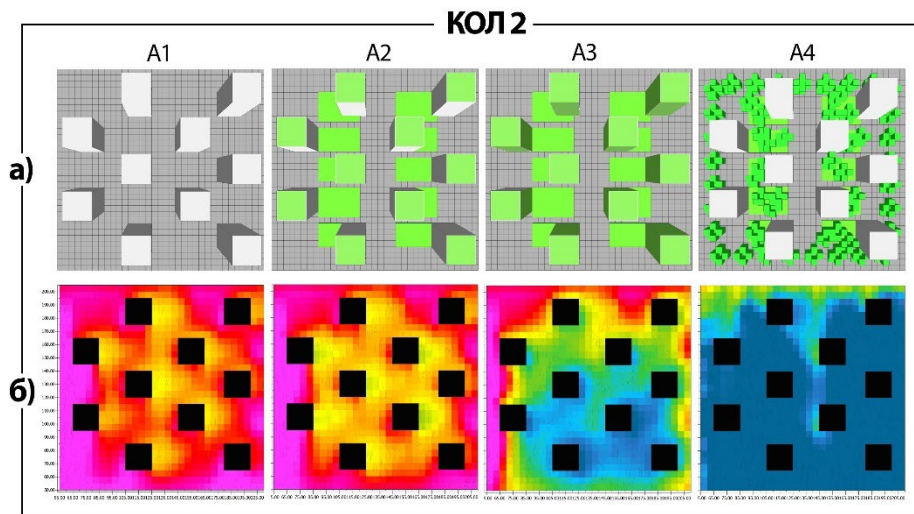
9.2.3 *Предикциони модели код колективног становања*

9.2.3.1 *Варијанте модела озелењавања код модела КОЛ 2*

На слици 9.25 је приказан урбани стамбени блок намењен колективном становању изграђен слободностојећим објектима и означен као КОЛ2 који се састоји од различитих конфигурација зелених површина и зелене инфраструктуре. На слици 9.25 под **a** приказане су четири различите варијанте блока:

- А1-Геометрија блока (приказ основне геометрије без додатних зелених површина),

- A2-Зелени кров и партерно зеленило (комбинација зелених кровова и зеленог партерног уређења),
- A3-Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (блок који укључује и зелене фасаде поред зелених кровова и партерног зеленила),
- A4-Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед (најзеленија конфигурација која укључује додатак дрвореда уз претходно наведене зелене површине).



Слика 9.25 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха за различите варијанте озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ2

Термовизијски приказ на слици 9.25 под **б** приказује разлике у температури амбијенталног ваздуха у 15.00 часова на нивоу кретања пешака за сваку од разматраних варијанти озелењавања урбаног блока. Скала боја од 10 нијанси показује вредности од 39,25°C до 40,15°C док су вредности са вишом температуром амбијенталног ваздуха од 40,15°C приказане интензивном розе бојом, а вредности са nižом температуром амбијенталног ваздуха од 39,25°C приказане су тамније плавом бојом.

Геометрија блока – У предикционом моделу КОЛ2, највише температуре амбијенталног ваздуха су забележене у варијанти A1, што је визуелно представљено топлим бојама (црвеном и наранџастом) на термовизијском приказу (слика 9.25). Најнижа температура амбијенталног ваздуха у 15.00 часова у нивоу кретања пешака износи 39,73°C, а највиша 40,55°C. Анализа брзине ветра у истом простору, приказује брзину ветра који се креће у распону од минималних 0,06 m/s, максималних 3,67 m/s, док је медијална брзина ветра 2,10 m/s.

Зелени кров и партерно зеленило – Имплементацијом зеленог крова и партерног зеленила у предикциони модел КОЛ 2 јављају се промене у термовизијском приказу које указују на смањење температуре амбијенталног ваздуха у нивоу кретања пешака. Промене су приказане већим површинама жуте боје и појавом зелене боје (слика 9.25) са источне стране објеката које су окренуте ка унутрашњости урбаног блока. Најнижа температура амбијенталног ваздуха износи $39,65^{\circ}\text{C}$ док највиша температура амбијенталног ваздуха на нивоу блока износи $40,55^{\circ}\text{C}$. Анализа брзине ветра показује минималне вредности од $0,07\text{ m/s}$ и максималне од $3,45\text{ m/s}$. Медијална брзина ветра на нивоу урбаног блока износи $2,09\text{ m/s}$.

Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило – Увођењем вертикалног зеленила у форми зелених фасада, поред зеленог крова и партерног зеленила, у предикциони модел КОЛ 2, јавља се осетнији пад температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока што је приказано интензивном зеленом и појавом плаве боје унутар урбаног блока (слика 9.25). Зелене фасаде смањују могућност рефлексије и апсорпције сунчевог зрачења, што директно утиче и на смањену реемисију зрачење са зидова у спољашњи простор. Највећи бенефит увођења зелене фасаде јесте повећање степена евапотранспирације биљака која утиче на смањење температуре амбијенталног ваздуха кроз смањење топлотног флукса [109]. Најнижа температура амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока износи $39,19^{\circ}\text{C}$, а највиша температура амбијенталног ваздуха износи $40,27^{\circ}\text{C}$. Најмања брзина ветра на простору блока износи $0,07\text{ m/s}$, највећа брзина ветра износи $3,43\text{ m/s}$, док медијална брзина ветра на нивоу урбаног блока износи $2,11\text{ m/s}$.

Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед – Ова комбинација је резултирала најнижим температурама амбијенталног ваздуха у урбаном блоку, визуелно представљеним доминантним плавим нијансама на термовизијском приказу (слика 9.25). Дрворед, постављен по спољашњем ободу урбаног блока и у унутрашњости урбаног блока, значајно утиче на смањење температуре амбијенталног ваздуха, кроз процесе као што су евапотранспирација и сенке која настаје услед егзистенције дрвећа. Најнижа забележена температура урбаног блока је $38,15^{\circ}\text{C}$, а највиша $39,80^{\circ}\text{C}$. Што се тиче ветра, најнижа брзина измерена у урбаном блоку је $0,1\text{ m/s}$, највећа $3,56\text{ m/s}$, док је медијална брзина ветра $2,04\text{ m/s}$.

Табела 9.15 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ2

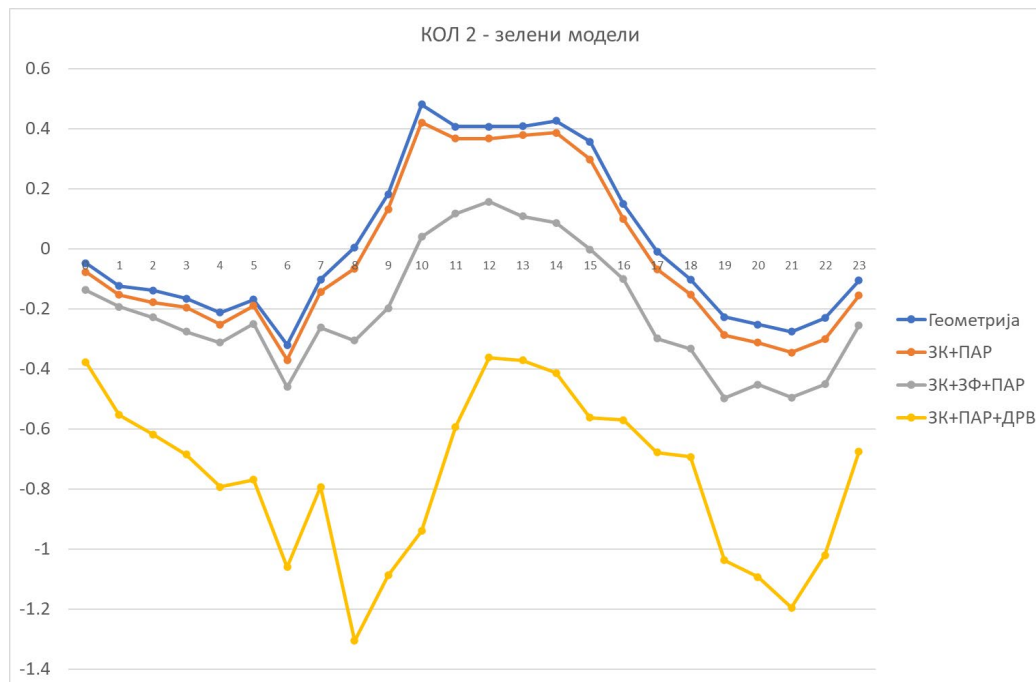
Варијанта	Минимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)	Максимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)
Геометрија	39,73	40,55
Зелени кров и партерно зеленило	39,90	40,55
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	39,19	40,27
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	38,15	39,80

У табели 9.15 приказане су максималне и минималне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака за различите варијанте озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ 2 добијене у софтверском пакету ENVImet. Анализом вредности из табеле 9.15 приметан је интензивнији пад минималних температура амбијенталног ваздуха код варијанти А3 и А4 док се код варијанте А2 добијају више минималне температуре амбијенталног ваздуха у урбаном блоку него у урбаном блоку у коме је разматрана само геометрија објеката. Када је реч о максималним температурама амбијенталног ваздуха, пад вредности максималних температура амбијенталног ваздуха од варијанте А1 до варијанте А4 је мањег интензитета него пад вредности температуре амбијенталног ваздуха код минималних температуре амбијенталног ваздуха од варијанте А1 до варијанте А4.

Табела 9.16 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 2

Варијанта	Минимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)	Максимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)
Геометрија	0,06	3,67
Зелени кров и партерно зеленило	0,07	3,45
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	0,07	3,43
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	0,1	3,56

У табели 9.16 приказане су минималне и максималне брзине ветра на нивоу кретања пешака, мерене у 15.00 часова, за различите варијанте озелењавања у предикционом моделу КОЛ 2. Анализа података показује да између ових варијанти постоји мала или нема разлике у максималним, односно минималним брзинама ветра. Осцилације које се јављају у брзинама ветра између различитих варијанти озелењавања нису статистички значајне и не указују на значајне промене у брзини ветра због озелењавања.



Слика 9.26. Медијалне температуре ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела КОЛ 2

На слици 9.26 приказан је график разлике медијалних температура ваздуха за различите варијанте озелењавања и почетних података температуре амбијенталног ваздуха унетих у ENVImet. У периоду од 0.00 до 5.00 часова све варијанте показују пад температуре што указује на општу тенденцију хлађења урбаног блока у току ноћи услед емисије апсорбоване топлоте током дана. Највећи пад температуре јавља се код варијанте А4. У периоду од 6.00 до 11.00 часова јавља се пораст температуре код свих варијанти при чему долази до пада у температури амбијенталног ваздуха у 8.00 часова код варијанти које садрже вертикалне системе озелењавања (А3 и А4). До овог пада температуре амбијенталног ваздуха долази након наглог скока температуре амбијенталног ваздуха у 7.00 часова који се јавља услед формирања локалних циркулационих зона. У најтоплије доба дана, од 12.00 до

17.00 часова графици приказани на слици 9.26 који се односе на варијанте A1 и A2 имају идентичан тренд кретања с тим да су температуре амбијенталног ваздуха код варијанте A2 мало ниже од температура амбијенталног ваздуха варијанте A1. Графици варијанти са вертикалним зеленилом (A3 и A4) су јасно одвојени од графика варијанти A1 и A2 при чему график варијанте A3 бележи више температуре амбијенталног ваздуха у односу на варијанту A4. У периоду од 18.00 до 23.00 тренд кретања температура амбијенталног ваздуха је исти с тим да се амплитуде разликују. Најмања амплитуда температуре амбијенталног ваздуха је код варијанте A1, приказана на слици 9.26, а највећа амплитуда температуре амбијенталног ваздуха приказана је на слици 9.26 за варијанту A4.

Просечне вредности разлике у температури амбијенталног ваздуха у односу на почетне вредности температуре амбијенталног ваздуха унетих у софтверски пакет на дневном нивоу за посматране варијанте износе:

- Геометрија (A1): $0,0137^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров и партерно зеленило (A2): $-0,0337^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (A3): $-0,208^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров, партерно зеленило и дрворед (A4): $-0,760^{\circ}\text{C}$

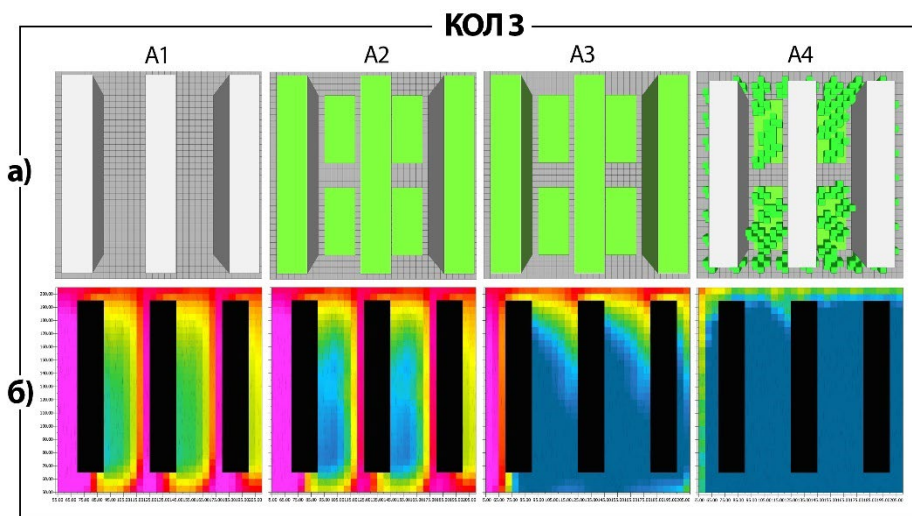
Примена хоризонталног озелењавања у варијанти A2 утиче на смањење температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока просечно у току дана за око $0,047^{\circ}\text{C}$. Код варијанте A3 просечна дневна температура у односу на варијанту геометрије смањује се за $0,221^{\circ}\text{C}$, а варијанта озелењавања A4 утиче на смањење температуре амбијенталног ваздуха у урбаном блоку у односу на варијанту A1 за $0,774^{\circ}\text{C}$. Као и код модела индивидуалног становања, и код модела КОЛ 2 смањење просечне температуре је за 3,5 пута веће код варијанте A4 него код друге варијанте која има примену вертикалног зеленила A3.

9.2.3.2 Варијанте модела озелењавања код модела КОЛ 3

На слици 9.27 је приказан урбани стамбени блок намењен колективном становању изграђен објектима распоређеним у ламеле и означен као КОЛ3 који се састоји од различитих конфигурација зелених површина и зелене инфраструктуре. На слици 9.27 под **a** приказане су четири различите варијанте блока:

- A1-Геометрија блока (приказ основне геометрије без додатих зелених површина),

- A2-Зелени кров и партерно зеленило (комбинација зелених кровова и зеленог партерног уређења),
- A3-Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (блок који укључује и зелене фасаде поред зелених кровова и партерног зеленила),
- A4-Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед (најзеленија конфигурација која укључује додатак дрвореда уз претходно наведене зелене површине).



Слика 9.27 Приказ урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛЗ

Термовизијски приказ који је дат на слици 9.27 под **б** илуструје разлике у температури амбијенталног ваздуха у 15.00 часова на нивоу пешачке зоне за различите варијанте озелењавања урбаног блока. Користи се скала од 10 нијанси за приказ температурних вредности које се крећу од 39,25°C до 40,15°C. Вредности које прелазе 40,15°C приказане су интензивном розе бојом, док су вредности ниже од 39,25°C означене тамнијом плавом бојом.

Геометрија блока – Највише температуре амбијенталног ваздуха на слици 9.27 **б** су на варијанти која се односи на геометрију блока. Уз објекте се јавља зона ниже температуре амбијенталног ваздуха која је приказана жутом и зеленом бојом а која је резултат засенчења које стварају објекти, док се око објеката налази зона високе температуре амбијенталног ваздуха. Минимална температура амбијенталног ваздуха унутар урбаног блока износи 39,48°C, док је максимална 40,71°C. Анализом брзине ветра установљено је да је минимална

брзина ветра на нивоу урбаног блока 0,16 m/s, максимална брзина ветра износи 3,56 m/s, док је медијална брзина ветра на нивоу урбаног блока 2,19 m/s.

Зелени кров и партерно зеленило – Додавањем зеленог крова и партерног зеленила долази до смањења температуре амбијенталног ваздуха која је дата на термовизијском приказу (слика 9.27). Промене у температури амбијенталног ваздуха код варијанте А1 приказане су зеленом и плавом бојом уз објекте окренуте ка унутрашњости урбаног блока (слика 9.27). Најнижа температура амбијенталног ваздуха износи 39,35°C док највиша температура амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока износи 40,70°C. Анализа брзине ветра показује минималне вредности од 0,16 m/s и максималне од 3,50 m/s. Медијална брзина ветра на нивоу урбаног блока износи 2,17 m/s.

Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило – додавањем зеленила на фасаде објеката долази до значајног пада температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака који је на термовизијском приказу (слика 9.27) означен интензивно плавом бојом која се јавља у унутрашњости урбаног блока и која се наставља и ка јужној страни ка излазу из урбаног блока услед дејства ветра са северне стране урбаног блока. Минимална температура амбијенталног ваздуха износи 38,72°C док је максимална температура амбијенталног ваздуха 40,35°C. Најмања брзина ветра је 0,15 m/s, највећа 3,48 m/s док је медијална 2,19 m/s.

Зелени кров, партерно зеленило и дрворед – Улични дрворед и унутарблоковско зеленило са дрвећем утиче позитивно на смањење температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока. На термовизијском приказу (слика 9.27) евидентно је смањење температуре амбијенталног ваздуха на нивоу целог урбаног блока са тенденцијом ширења изван граница урбаног блока. Минимална температура амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока износи 37,73°C, максимална температура амбијенталног ваздуха урбаног блока износи 39,88°C. Минимална брзина ветра износи 0,18 m/s, маскимална 3,39 m/s, а медијална износи 2,12 m/s.

Табела 9.17 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 3

Варијанта	Минимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)	Максимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)
Геометрија	39,48	40,71
Зелени кров и партерно зеленило	39,35	40,70
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	38,72	40,35
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	37,73	39,88

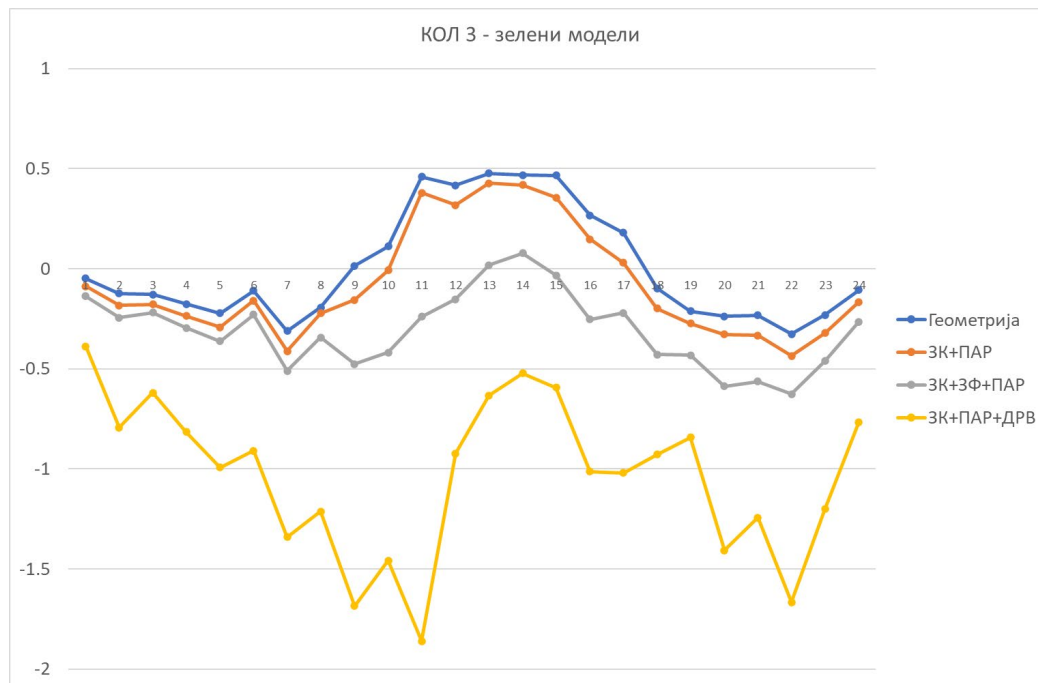
У табели 9.17 приказане су максималне и минималне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака за различите варијанте озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ 3 добијене у софтверском пакету ENVImet. Анализом вредности из табеле 9.17 приметан је континуиран пад, како минималних тако и максималних температура амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока. Највише максималне и минималне вредности температуре амбијенталног ваздуха бележе се код варијанте А1, док су најниже минималне и максималне температуре амбијенталног ваздуха код варијанте А4.

Табела 9.18 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 3

Варијанта	Минимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)	Максимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)
Геометрија	0,16	3,56
Зелени кров и партерно зеленило	0,16	3,50
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	0,15	3,48
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	0,18	3,48

У табели 9.18 приказане су минималне и максималне брзине ветра на нивоу кретања пешака, мерене у 15 часова, за различите варијанте озелењавања у предикционом моделу КОЛ 3. Као и код варијанти предикционог модела КОЛ 2, ни у варијантама предикционог

модела КОЛ 3 нема значајних промена у интензитету ветра у односу на различите типове озелењавања блока.



Слика 9.28. Медијалне температуре ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела КОЛ 3

На слици 9.28 приказан је график медијалних температура амбијенталног ваздуха варијабли озелењавања и почетних података температуре амбијенталног ваздуха унетих у ENVImet. У периоду од 0.00 до 5.00 часова ујутру бележи се континуирани пад температуре амбијенталног ваздуха код свих варијанти, при чему је код варијанте А4 највећи пад. Од 6.00 до 11.00 часова када долази до загревања простора урбаног блока, код варијанте А1, А2 и А3 бележи се пораст температуре амбијенталног ваздуха при чему варијанта са зеленом фасадом има много мањи пораст температуре амбијенталног ваздуха у односу на варијанте са хоризонталним озелењавањем (А2) или без озелењавања (А1). У истом временском интервалу, код варијанте А4 опажа се пад температуре амбијенталног ваздуха. Од 12.00 до 17.00 часова траје период дана са највећим дневним температурама амбијенталног ваздуха. Варијанте А1 и А2 немају значајне промене у температури амбијенталног ваздуха до 15.00 часова, након чега ове варијанте започињу тренд опадања температуре амбијенталног ваздуха. Варијанте А3 и А4 у најтоплијем периоду дана, бележе пораст температуре

амбијенталног ваздуха који своју максималну вредност достиже у 14.00 часова, након чега варијанте A3 и A4 започињу тренд опадања температуре амбијенталног ваздуха.

У периоду од 18.00 до 23.00 часа температуре амбијенталног ваздуха варијанти A1, A2, A3 и A4 имају параболични тренд кретања са постизањем минималне температуре за посматрани интервал у 22.00 часа. Градацијски пораст зеленила од варијанте A1 до варијанте A4 директно је пропорционалан са падом температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања предикционог модела КОЛ 3 (варијанта A1 бележи најмањи пад температуре амбијенталног ваздуха, док варијанта A4 бележи највећи пад температуре амбијенталног ваздуха).

Просечне температурне разлике између медијалних вредности амбијенталног ваздуха варијанти A1, A2, A3 и A4 и вредности температуре амбијенталног ваздуха које су улазни податак софтверског пакета ENVImet на дневном нивоу износе:

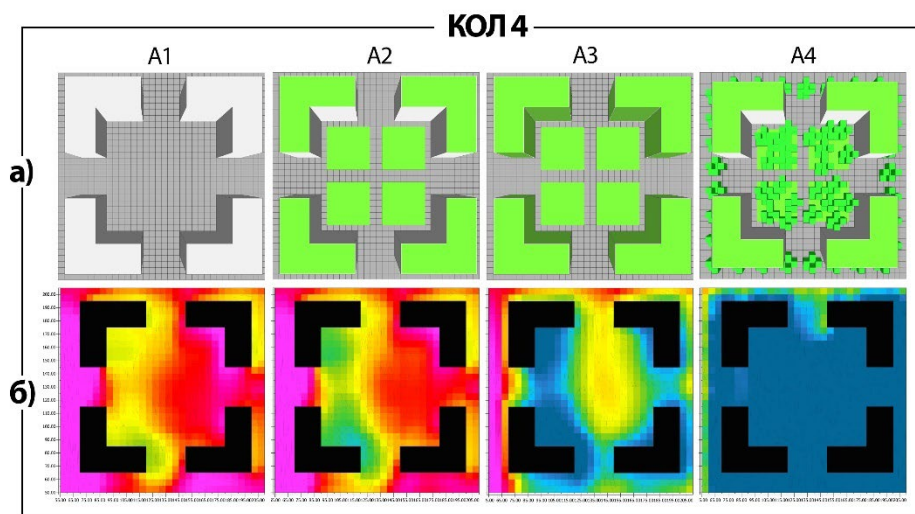
- Геометрија (A1): $0,00417^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров и партерно зеленило (A2): $-0,08^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (A3): $-0,308^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров, партерно зеленило и дрворед (A4): $-1,035^{\circ}\text{C}$

Геометрија објеката урбаног блока утиче на то да се просечна температура амбијенталног ваздуха у току дана скоро поклапа са просечном температуром улазних података температуре амбијенталног ваздуха. Варијанта A2 утиче на смањење температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока просечно у току дана за око $-0,08^{\circ}\text{C}$ и не утиче значајно на смањење температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока. Код варијанте A3 просечна дневна температура амбијенталног ваздуха смањује се за $0,308^{\circ}\text{C}$ у односу на почетну температуру амбијенталног ваздуха, а варијанта A4 утиче на смањење температуре амбијенталног ваздуха у урбаном блоку у односу на улазне вредности температуре амбијенталног ваздуха за $1,03^{\circ}\text{C}$. Смањење просечне температуре амбијенталног ваздуха је за 3,36 пута веће код варијанте A4 него код друге варијанте (A3) код које је примењено вертикално зеленило.

9.2.3.3 Варијанте модела озелењавања код модела КОЛ4

На слици 9.29 је приказан урбани стамбени блок намењен колективном становању, изграђен објектима распоређеним у ламеле распоређене ивично са формираним отворима по средини страница урбаног блока и означен као КОЛ4 који се састоји од различитих конфигурација зелених површина и зелене инфраструктуре.. На слици 9.29 под **a** приказане су четири различите варијанте блока:

- A1-Геометрија блока (приказ основне геометрије без додатих зелених површина),
- A2-Зелени кров и партерно зеленило (комбинација зелених кровова и зеленог партерног уређења),
- A3-Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (блок који укључује и зелене фасаде поред зелених кровова и партерног зеленила),
- A4-Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед (најзеленија конфигурација која укључује додатак дрвореда уз претходно наведене зелене површине).



Слика 9.29 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ4

Термовизијски приказ (Слика 9.29 под **б**) илуструје разлике у температури амбијенталног ваздуха у 15.00 часова на нивоу пешачке зоне за различите варијанте озелењавања урбаног блока. Користи се скала од 10 нијанси за приказ температурних вредности које се крећу од 39,25°C до 40,15°C. Вредности које премашују 40,15°C приказане

су интензивном розе бојом, док су вредности ниже од $39,25^{\circ}\text{C}$ означене тамнијом плавом бојом.

Геометрија блока – На слици 9.29 дат је термовизијски приказ температура амбијенталног ваздуха у урбаном блоку без зелених површина. Највише температуре амбијенталног ваздуха приказане су црвеном и розе бојом (слика 9.29). Уз објекте на западној страни урбаног блока ка његовој унутрашњости јављају се нешто ниже температуре амбијенталног ваздуха услед формирања хлада од објеката. Минимална температура амбијенталног ваздуха урбаног блока износи $39,63^{\circ}\text{C}$, док је максимална температура $40,62^{\circ}\text{C}$. Минимална брзина ветра на нивоу урбаног блока износи $0,04\text{ m/s}$, максимална брзина ветра износи $4,03\text{ m/s}$, док је медијална брзина ветра на нивоу блока $2,10\text{ m/s}$.

Зелени кров и партерно зеленило – Увођењем зелених кровова и партерног зеленила у урбани блок предикционог модела колективног становања КОЛ 4 долази до смањења температуре амбијенталног ваздуха унутар урбаног блока. Термовизијски приказ пада вредности температура амбијенталног ваздуха дат је на слици 9.29 и означен је зеленом бојом. До пада температуре амбијенталног ваздуха у урбаном блоку долази у зони засенчења, док се у остатку урбаног блока не примећује превише утицај зеленила. Минимална температура амбијенталног ваздуха износи $39,48^{\circ}\text{C}$, а максимална износи $40,61^{\circ}\text{C}$. Најмања брзина ветра износи $0,03\text{ m/s}$, а највећа $4,05\text{ m/s}$. Медијална брзина ветра на нивоу блока износи $2,10\text{ m/s}$.

Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило – Имплементација зелених фасада поред кровног и партерног зеленила утиче на смањење температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока. Анализирајући расподелу боја на термовизијском приказу, евидентна је појава плавих нијанси у зони засенчења, као и уз фасаду објеката са источне стране која је условљена нижом апсорпцијом, рефлексијом и емисијом сунчевог зрачења. Минимална вредност температуре амбијенталног ваздуха износи $38,98^{\circ}\text{C}$, а максимална $40,25^{\circ}\text{C}$. Брзина ветра има најмању вредност од $0,04\text{ m/s}$, највишу вредност која износи $3,99\text{ m/s}$ и медијалну вредност која на нивоу урбаног блока износи $2,09\text{ m/s}$.

Зелени кров, партерно зеленило и дрворед – Анализом термовизијског приказа варијанте А4 приказаног на слици 9.29 опажа се доминација плавих нијанси унутар целог

урбаног блока која указује на снижавање температуре амбијенталног ваздуха. У односу на остале варијанте предикционог модела КОЛ 4, варијанта А4 показује највећу ефективност у погледу смањења температуре ваздуха блока. Најнижа вредност температуре амбијенталног ваздуха износи 37,80°C, а највиша 39,83°C. Најмања брзина ветра је 0,08 m/s, а највећа 3,86 m/s, док је медијална брзина ветра 2,04 m/s.

Табела 9.19 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 4

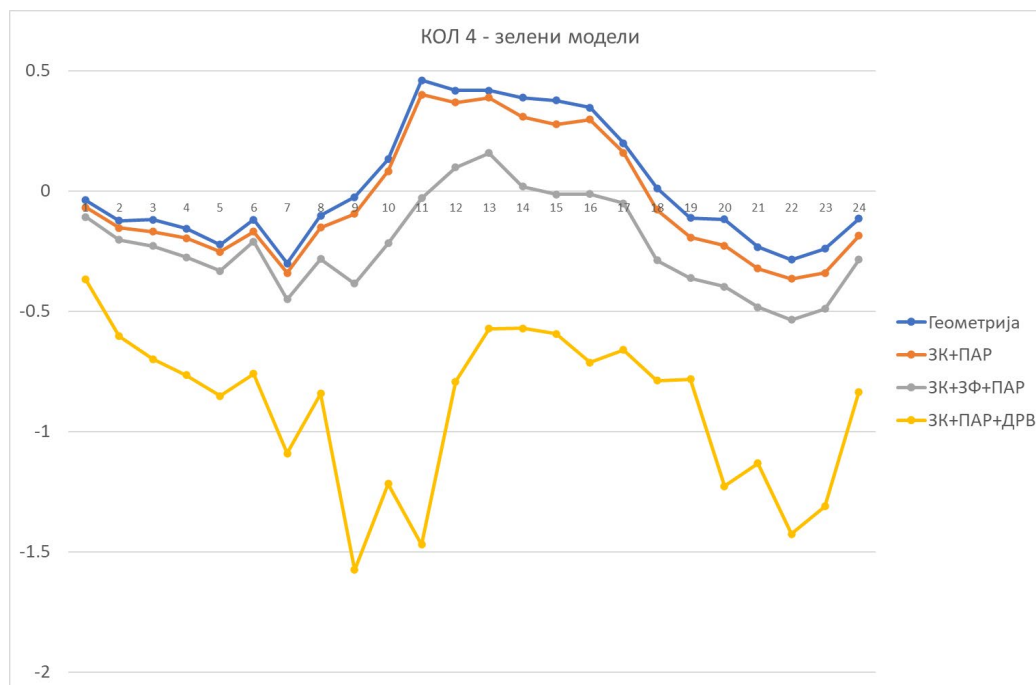
Варијанта	Минимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)	Максимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)
Геометрија	39,63	40,62
Зелени кров и партерно зеленило	39,48	40,61
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	38,98	40,25
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	37,8	39,83

У табели 9.19 приказане су максималне и минималне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака за различите варијанте озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ 4 добијене у софтверском пакету ENVImet. Примећује се константан пад и минималних и максималних вредности температура амбијенталног ваздуха варијанти на нивоу урбаног блока. Највише температуре, како минималне, тако и максималне регистроване су у варијанти А1. Најниже вредности и за минималне и за максималне температуре амбијенталног ваздуха забележене су у варијанти А4.

Табела 9.20 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 4

Варијанта	Минимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)	Максимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)
Геометрија	0,04	4,03
Зелени кров и партерно зеленило	0,03	4,05
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	0,04	3,99
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	0,08	3,86

У табели 9.20 приказане су минималне и максималне брзине ветра на нивоу кретања пешака, мерене у 15.00 часова, за различите варијанте озелењавања у предикционом моделу КОЛ 4. Минималне вредности брзине ветра показују незнатне разлике. Код максималних брзина ветра долази до смањења његове брзине увођењем вертикалног зеленила. Најнижа брзина ветра примећује се код варијанте А4.



Слика 9.30. Медијанле температуре ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела КОЛ 4

На слици 9.30 приказани су графици медијалних температура ваздуха за варијанте озелењавања и почетне податке температуре ваздуха унетих у ENVImet. У периоду од 0.00 до 5.00 часова све варијанте имају негативне вредности и бележе пад температуре амбијенталног ваздуха. У периоду од 6.00 до 11.00 часова варијанте А1 и А2 показују највећи скок температуре амбијенталног ваздуха док варијанта А3 бележи пораст температуре у знатно мањој мери. Варијанта А4 и у овом периоду бележи значајан пад, који прераста у нагли скок температуре амбијенталног ваздуха на крају поменутог временског интервала. Од 12.00 до 17.00 часова варијанте А1 и А2 бележе константан благи пад температуре амбијенталног ваздуха. Варијанта А3 у овом периоду прелази у негативне вредности разлике температуре амбијенталног ваздуха и температуре амбијенталног ваздуха улазних података. Варијанта А4 показује исти тренд кретања температура

амбијенталног ваздуха као и варијанте A1, A2 и A3 при чему је вредност температура амбијенталног ваздуха варијанте A4 знатно нижа од вредности варијанти A1, A2 и A3. У периоду од 18.00 до 23.00 часа све варијанте бележе негативне вредности и скоро идентичан тренд кретања са различитим амплитудама.

Просечне температурне разлике између медијалних вредности амбијенталног ваздуха варијанти A1, A2, A3 и A4 и вредности температуре амбијенталног ваздуха које су улазни податак софтверског пакета ENVImet на дневном нивоу износе:

- Геометрија (A1): $0,0179^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров и партерно зеленило (A2): $-0,043^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (A3): $-0,224^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров, партерно зеленило и дрворед (A4): $-0,902^{\circ}\text{C}$

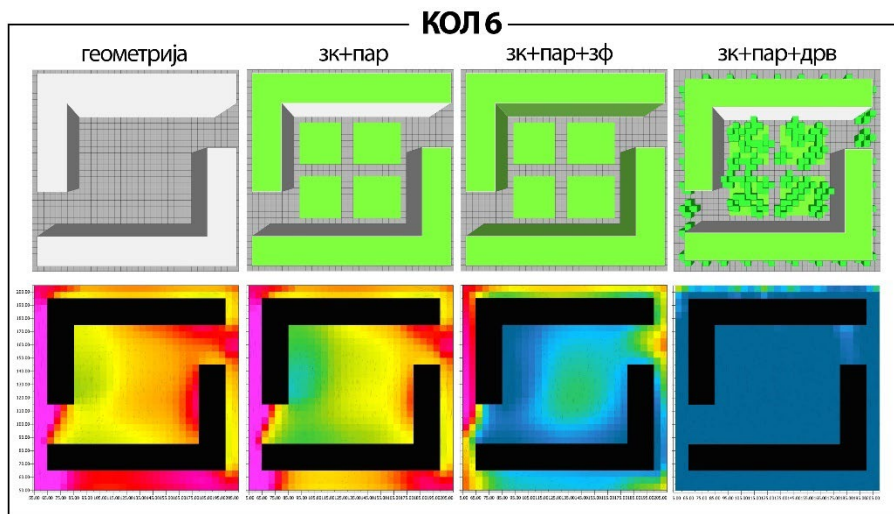
Варијанта A1 бележи мале разлике у просечној дневној температури амбијенталног ваздуха у односу на улазне податке температуре ваздуха. Све варијанте озелењавања урбаног блока показују на смањење просечне дневне температуре амбијенталног ваздуха у односу на почетне податке с тим да се варијанта A4 издваја са максималних $0,902^{\circ}\text{C}$. Примена хоризонталног озелењавања варијанти A2 утиче на смањење температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока просечно у току дана за око $-0,043^{\circ}\text{C}$ и не утиче значајно на смањење температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока. Код варијанте A3 просечна дневна температура амбијенталног ваздуха нижа је за $0,224^{\circ}\text{C}$ у односу на просечну дневну почетну температуру амбијенталног ваздуха. Смањење просечне температуре амбијенталног ваздуха код предикционог модела КОЛ 4 је за 4 пута веће код варијанте A4 него код варијанте A3.

9.2.3.4 Варијанте модела озелењавања код модела КОЛ 6

На слици 9.31 је приказан урбани стамбени блок намењен колективном становању изграђен објектима распоређеним у ламеле распоређене ивично са формираним отворима дијагонално постављеним у односу на странице урбаног блока и означен као КОЛ 6 који се састоји од различитих конфигурација зелених површина и зелене инфраструктуре. На слици 9.31 под *a* приказане су четири различите варијанте блока:

- A1-Геометрија блока (приказ основне геометрије без додатих зелених површина),

- A2-Зелени кров и партерно зеленило (комбинација зелених кровова и зеленог партерног уређења),
- A3-Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (блок који укључује и зелене фасаде поред зелених кровова и партерног зеленила),
- A4-Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед (најзеленија конфигурација која укључује додатак дрвореда уз претходно наведене зелене површине).



Слика 9.31 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ 6

Термовизијски снимак на слици 9.31 под **б** илуструје разлике у температури амбијенталног ваздуха у 15.00 часова на нивоу пешачке зоне за различите варијанте озелењавања урбаног блока. Користи се скала од 10 нијанси за приказ температурних вредности које се крећу од 39,25°C до 40,15°C. Вредности које премашују 40,15°C приказане су интензивном розе бојом, док су вредности ниже од 39,25°C означене тамнијом плавом бојом.

Геометрија блока – На термовизијском снимку стања урбаног блока без зелених површина опажају се највише температуре амбијенталног ваздуха у односу на остале варијантне моделе (слика 9.31), с тим да се у унутрашњости урбаног блока и код овог модела јављају зоне са жутом и благо зеленом бојом које указују на то да нема изразито високих вредности температуре амбијенталног ваздуха. Уз објекте на западној страни блока ка унутрашњости јављају се нешто ниже температуре амбијенталног ваздуха услед формирања сенке од објеката. Минимална температура ваздуха урбаног блока износи 39,64°C, док је

максимална температура 40,65°C. Минимална брзина ветра на нивоу урбаног блока износи 0,04 m/s, максимална брзина ветра износи 4,55 m/s, док је медијална брзина ветра на нивоу блока 1,1 m/s.

Зелени кров и партерно зеленило – Зелени кровови и партерно зеленило утичу на смањење температуре амбијенталног ваздуха у урбаном блоку. Ове промене приказане су на термовизијском снимку интензивно зеленом бојом и светло плавом која се налази уз источну фасаду објекта на западној страни урбаног блока (слика 9.31). До снижавања температуре амбијенталног ваздуха у урбаном блоку долази у зони засенчења, док се у остатку блока блаже шири утицај зеленила на снижавање температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока. Минимална температура ваздуха износи 39,49°C, а максимална износи 40,65°C. Најмања брзина ветра износи 0,04 m/s, а највећа 4,52 m/s. Медијална брзина ветра на нивоу блока износи 1,07 m/s.

Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило – Укључивање зелених фасада у варијанту А3 модела колективног становања КОЛ 6 резултира појавом доминантне плаве боје унутар урбаног блока (слика 9.31). Анализирајући расподелу боја на термовизијском снимку, приметно је формирање зоне „хладног ваздуха“ уз објекте блока, тако да се у средини урбаног блока јавља простор са вишом температуром амбијенталног ваздуха који је приказан зеленом бојом. Минимална вредност температуре амбијенталног ваздуха износи 38,15°C, а максимална 40,12°C. Брзина ветра има најмању вредност од 0,04 m/s, највишу вредност која износи 4,46 m/s и медијалну вредност која на нивоу урбаног блока износи 1,06 m/s.

Зелени кров, партерно зеленило и дрворед – У анализи варијанте А4, која укључује зелене кровове, партерно зеленило и дрворед, примећена је доминација плавих нијанси на термовизијском снимку целог урбаног блока. Ово указује на значајно снижавање температуре амбијенталног ваздуха у поређењу са другим предикционим моделима. Варијанта са зеленим кровом, партерним зеленилом и дрворедом (А4) се показала као најефикаснија у смањењу температуре амбијенталног ваздуха, са најнижом забележеном температуром амбијенталног ваздуха од 38,12°C и највишом од 39,67°C. Што се тиче брзине ветра, најмања измерена брзина је била 0,04 m/s, а највећа 3,56 m/s, док је средња (медијална)

брзина ветра износила 0,83 m/s. Ови подаци указују на значајан утицај ове комбинације зелених површина на микроклиму урбаног блока.

Табела 9.21 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 6

Варијанта	Минимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)	Максимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)
Геометрија	39,64	40,65
Зелени кров и партерно зеленило	39,49	40,65
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	38,15	40,12
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	38,12	39,67

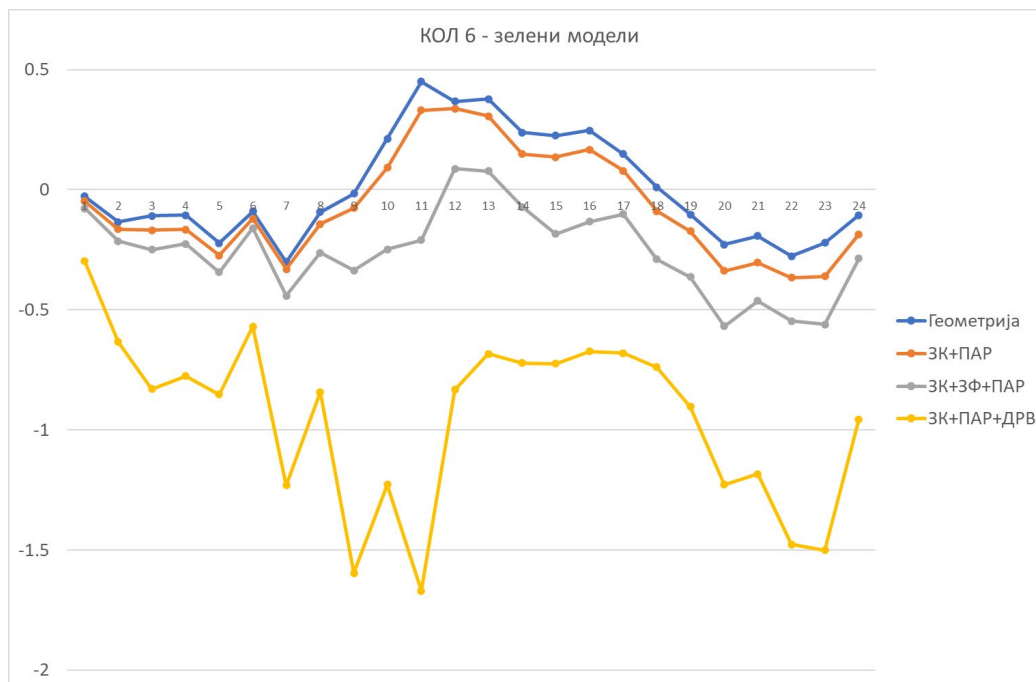
У табели 9.21 приказане су максималне и минималне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака за различите варијанте озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ 6 добијене у софтверском пакету ENVImet. Минималне температуре амбијенталног ваздуха показују веома мале разлике између варијанти А1 и А2, као и између варијанти А3 и А4 док се између ове две групе варијанти јавља разлика од око 1,5°C. Када су у питању максималне температуре амбијенталног ваздуха, такође долази до поклапања вредност варијанте А1 и А2, док се између варијанти са применом зеленила (А2, А3 и А4) јавља линеарна разлика у температури.

Табела 9.22 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 6

Варијанта	Минимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)	Максимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)
Геометрија	0,04	4,55
Зелени кров и партерно зеленило	0,04	4,52
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	0,04	4,46
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	0,04	3,56

У табели 9.22 приказане су минималне и максималне брзине ветра на нивоу кретања пешака, мерене у 15 часова, за различите варијанте озелењавања у предикционом моделу

КОЛ 6. Код минималних вредности брзине ветра не постоји разлика између варијанти. Код максималних брзина ветра долази до смањења брзине ветра увођењем дрвореда док су преостале три варијанте са готово идентичном максималном брзином ветра.



Слика 9.32. Медијалне температуре ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела КОЛ 6

На слици 9.32 приказан је график медијалних температура ваздуха за варијанте озелењавања и почетних температура амбијенталног ваздуха унетих у ENVImet. У периоду од 0.00 до 5.00 часова ујутру бележи се континуирани пад температуре амбијенталног ваздуха код свих предикционих модела, при чему је код варијанте А4 уочен највећи пад. Од 6.00 до 11.00 часова када долази до загревања простора урбаног блока код варијанти А1, А2 и А3 уочен је пораст температуре при чему варијанта са зеленом фасадом има много слабији пораст температуре амбијенталног ваздуха у односу на варијанте са хоризонталним озелењавањем или без озелењавања. У истом временском интервалу код варијанте А4 наставља се пад температуре амбијенталног ваздуха. Од 12.00 до 17.00 часова, у периоду са највећим дневним температурама, варијанте А1 и А2 имају скоро идентичне трендове промене температуре амбијенталног ваздуха са разликом у температури амбијенталног ваздуха. Варијанте са вертикалним зеленилом показују сличан тренд промене температуре амбијенталног ваздуха у посматраном периоду, са појавом максималних вредности

температуре амбијенталног ваздуха између 12.00 и 13.00 часова код варијанте A3 и у 13.00 часова код варијанте са A4. Од 18.00 до 23.00 часа, графици температура за варијанту A1 и варијанту A2 настављају са истоветним кретањем температура амбијенталног ваздуха, при чему варијанта A2 бележи нешто мање температуре амбијенталног ваздуха. Варијанта A3 прати тренд кретања температура амбијенталног ваздуха варијанти A1 и A2 с тим да бележи веће осцилације у вредностима температуре ваздуха.. График кретања температура амбијенталног ваздуха варијанте A4 током целог дана има далеко мање вредности од осталих графика.

Просечне температурне разлике између медијалних вредности амбијенталног ваздуха варијанти A1, A2, A3 и A4 и вредности температуре амбијенталног ваздуха које су улазни податак софтверског пакета ENVImet на дневном нивоу износе:

- Геометрија: 0,002°C
- Зелени кров и партерно зеленило (ЗК+ПАР): -0,07°C
- Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (ЗК+ЗФ+ПАР): -0,257°C
- Зелени кров, партерно зеленило и дрворед (ЗК+ПАР+ДРВ): -0,951°C

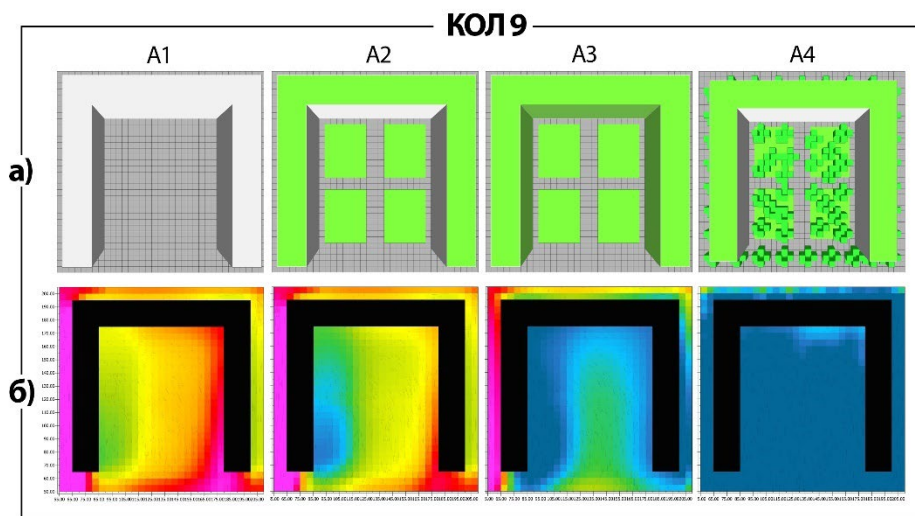
Просечна дневна температура амбијенталног ваздуха која је узета као улазни податак и просечна дневна температура амбијенталног ваздуха варијанте A1 су скоро идентичне. Употреба хоризонталног озелењавања, попут зеленог крова и партерног зеленила, доводи до благог смањења просечне дневне температуре амбијенталног ваздуха у урбаном блоку за око -0,07°C, што се не сматра значајним за смањење температуре амбијенталног ваздуха. Међутим, употреба зелених фасада резултира смањењем просечне дневне температуре амбијенталног ваздуха за 0,257°C у односу на почетну температуру. Увођење дрвореда доприноси смањењу температуре амбијенталног ваздуха за 0,951°C у поређењу са почетним подацима температуре амбијенталног ваздуха. Смањење просечне температуре амбијенталног ваздуха код варијанте A4 је 3,7 пута веће него код варијанте A3 која укључује вертикално зеленило.

9.2.3.5 Варијанте модела озелењавања код модела КОЛ 9

На слици 9.33 је приказан урбани стамбени блок намењен колективном становању изграђен објектима распоређеним у ламеле у облику слова П распоређене ивично са формираним отвором са јужне стране урбаног блока означен као предикциони модел КОЛ

9 који се састоји од различитих конфигурација зелених површина и зелене инфраструктуре. На слици 9.33 под **a** приказане су четири различите варијанте блока:

- A1-Геометрија блока (приказ основне геометрије без додатих зелених површина),
- A2-Зелени кров и партерно зеленило (комбинација зелених кровова и зеленог партерног уређења),
- A3-Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (блок који укључује и зелене фасаде поред зелених кровова и партерног зеленила),
- A4-Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед (најзеленија конфигурација која укључује додаток дрвореда уз претходно наведене зелене површине).



Слика 9.33 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ 9

Термовизијски снимак на слици 9.33 под **б** илуструје разлике у температури амбијенталног ваздуха у 15.00 часова на нивоу кретања пешака за различите варијанте озелењавања урбаног блока. Користи се скала од 10 нијанси за приказ температурних вредности које се крећу од 39,25°C до 40,15°C. Вредности које премашују 40,15°C приказане су интензивном розе бојом, док су вредности ниже од 39,25°C означене тамнијом плавом бојом.

Геометрија урбаног блока – На термовизијском снимку стања блока без зелених површина највише температуре у поређењу са осталим варијантним решењима присутне су на варијанти A1 (слика 9.33). Уз објекте на западној страни урбаног блока ка његовој

унутрашњости јављају се зоне ниже температуре амбијенталног ваздуха приказане зеленом бојом услед формирања сенки од објеката. Минимална температура ваздуха урбаног блока износи 39,57°C, док је максимална температура 40,83°C. Минимална брзина ветра на нивоу урбаног блока износи 0,07 m/s, максимална брзина ветра износи 4,41 m/s, док је медијална брзина ветра на нивоу блока 1,72 m/s.

Зелени кров и партерно зеленило – Увођење зелених површина у виду зеленог крова и партерног зеленила доводи до снижавања амбијенталне температуре урбаног блока која се манифестује на термовизијском снимку у виду ширег обухвата унутрашњости урбаног блока зеленим нијансама и појавом плаве боје у зони засенчења уз објекте са западне стране блока (слика 9.33 б). Минимална температура ваздуха износи 39,35°C, а максимална износи 40,83°C. Најмања брзина ветра износи 0,06 m/s, а највећа 4,41 m/s. Медијална брзина ветра на нивоу блока износи 1.75 m/s.

Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило – Имплементација зелених фасада поред кровног и партерног зеленила доводи до пада температуре амбијенталног ваздуха унутар урбаног блока. Овај пад приказан је на термовизијском снимку појавом интензивне плаве боје уз објекте која се шири ка унутрашњости урбаног блока. У средини урбаног блока присутна је зелена боја која указује на вишу температуру амбијенталног ваздуха. Минимална вредност температуре амбијенталног ваздуха износи 38,93°C, а максимална 40,19°C. Брзина ветра има најмању вредност од 0,07 m/s, највишу вредност која износи 4,39 m/s и медијалну вредност која на нивоу блока износи 1,79 m/s.

Зелени кров, партерно зеленило и дрворед – Анализом термовизијског снимка са слике 9.33 б варијанте А4 опажа се потпуна покривеност урбаног блока плавим нијансама које указују на пад температуре амбијенталног ваздуха. Једино место у урбаном блоку које показује светлије плаве нијансе налази се уз објекат у унутрашњости урбаног блока, оријентисано ка југу. Разлог за вишу температуру у овој зони јесте интензивно загревање јужне фасаде објекта током целог дана. У односу на остале варијантна решења, варијанта А4 показује највећу ефективност у погледу смањења температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока. Најнижа вредност температуре амбијенталног ваздуха износи 37,99°C, а највиша 39,68°C. Најмања брзина ветра је 0,05 m/s, а највећа 3,58 m/s, док је медијална брзина ветра 1,70 m/s.

Табела 9.23 Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 9

Варијанта	Минимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)	Максимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)
Геометрија	39,57	40,83
Зелени кров и партерно зеленило	39,35	40,83
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	38,93	40,19
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	37,99	39,68

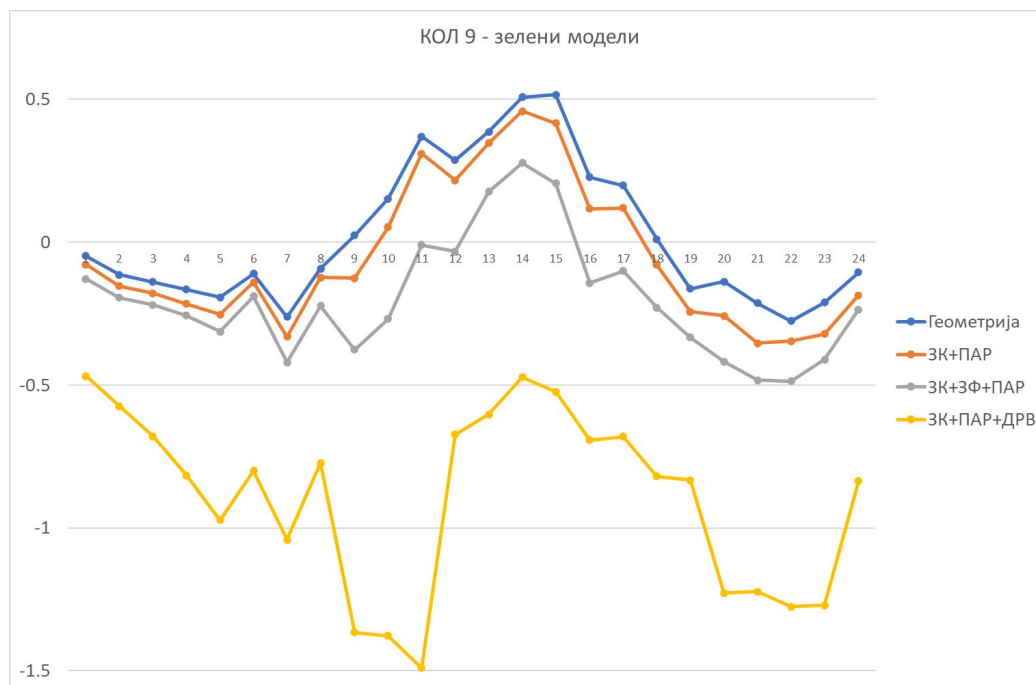
У табели 9.23 приказане су максималне и минималне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака за различите варијанте озелењавања модела колективног становања КОЛ 9 добијене у софтверском пакету ENVImet. Минималне температуре показују линеарни пад температуре од варијанте А1 варијанти А4 разлика температура амбијенталног ваздуха између ове две варијанте износи 1,58°C. Када су у питању максималне температуре амбијенталног ваздуха, такође долази до појаве линеарног пада температуре, али само код модела који имају имплементацију зелених површина (А2, А3 и А4), док се код варијанти А1 и А2 јавља иста вредност максималне температуре ваздуха на нивоу урбаног блока.

Табела 9.24 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 9

Варијанта	Минимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)	Максимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)
Геометрија	0,07	4,41
Зелени кров и партерно зеленило	0,06	4,41
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	0,07	4,39
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	0,05	3,58

У табели 9.24 приказане су минималне и максималне брзине ветра на нивоу кретања пешака, мерене у 15.00 часова, за различите варијанте озелењавања у предикционом моделу КОЛ 9. Код минималних вредности брзине ветра не постоји разлика између анализираних

варијанти. Код максималних брзина ветра долази до смањења брзине ветра увођењем дрвореда док су преостале три варијанте имају приближно исту максималну брзину ветра.



Слика 9.34. Медијалне температуре ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела КОЛ 9

На слици 9.34 приказан је график медијалних температура ваздуха варијанти озелењавања и улазних података температуре амбијенталног ваздуха унетих у ENVImet. Од 0.00 до 5.00 часова ујутру сви графици имају идентичан тренд кретања вредности разлика у температури амбијенталног ваздуха варијанти и улазних података температуре амбијенталног ваздуха, при чему су вредности температура код различитих варијанти различите. Варијанта А4 показује највећи пад температуре амбијенталног ваздуха у односу на почетне податке унете у софтверски пакет. У периоду од 6.00 до 11.00 долази до загревања урбаног блока након изласка Сунца, тада варијанта А1 бележи најјачи тренд пораста температуре амбијенталног ваздуха, док варијанте зелених модела А2 и А3 бележе пораст температуре, али слабијом динамиком. У најтоплијем периоду дана, од 12.00 до 17.00, у 14.00 часова код свих варијанти приметан је максимум дневних температура амбијенталног ваздуха, при чему варијанте А1 и А2 имају блиске максималне вредности температуре амбијенталног ваздуха. Варијанта А3 бележи нешто ниже вредности температуре, које су такође изнад вредности почетне температуре амбијенталног ваздуха из

софтверског пакета, док је максимална вредност температуре ваздуха варијанте А4 нижа од почетних вредности температуре ваздуха чиме показује позитиван утицај на смањење температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока. У периоду хлађења, односно у току заласка и након заласка Сунца, температуре амбијенталног ваздуха (слика 9.34) имају веће разлике у температури међусобно, при чему задржавају сличан тренд кретања. Појава већих разлика у температурама амбијенталног ваздуха за дате варијанте (слика 9.34) указује на ефикасност различитих врста зеленила у снижавању температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока.

Просечне вредности разлике у температури ваздуха у односу на почетне вредности температуре ваздуха унетих у софтверски пакет на дневном нивоу за посматране варијанте износе:

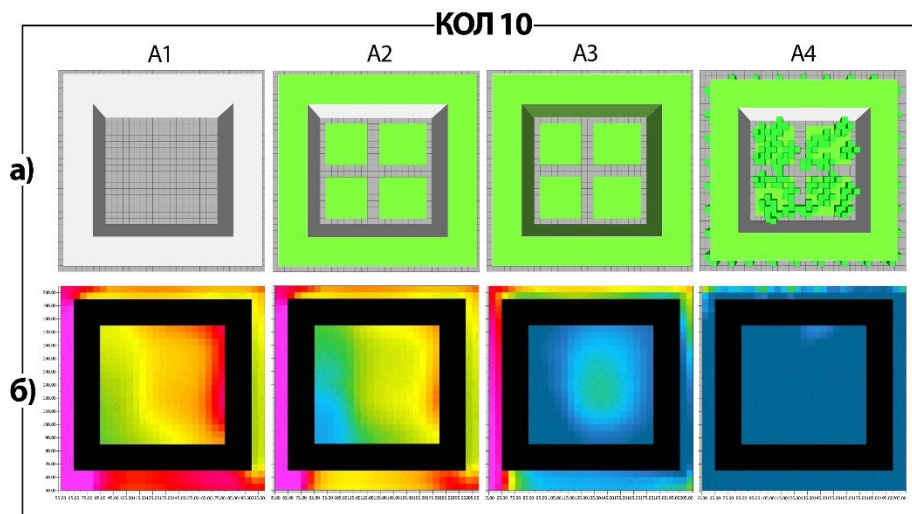
- Геометрија (А1): 0,018°C
- Зелени кров и партерно зеленило (А2): -0,056°C
- Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (А3): -0,200°C
- Зелени кров, партерно зеленило и дрворед (А4): -0,895°C

Просечна дневна температура амбијенталног ваздуха која је узета као почетни податак и просечна температура амбијенталног ваздуха за варијанте А1 и А2 разликују се за стоте делове степена што указује на веома мале разлике које су не приметне опажају људског тела. Имплементација зелених фасада (варијанта А3) резултира смањењем просечне дневне температуре амбијенталног ваздуха за 0,200°C у односу на почетну температуру. Још значајније, увођење дрвореда (варијанта А4) доприноси смањењу температуре амбијенталног ваздуха за 0,895°C у поређењу са улазним подацима температуре амбијенталног ваздуха. Смањење просечне температуре код варијанте А4 је 4,47 пута веће него код варијанте А3.

9.2.3.6 Варијанте модела озелењавања код модела КОЛ 10

На слици 9.35 је приказан урбани стамбени блок затвореног типа намењен колективном становању изграђен објектима распоређеним у ламеле означен као КОЛ 10 који се састоји од различитих конфигурација зелених површина и зелене инфраструктуре. На слици 9.35 под **a** приказане су четири различите варијанте блока:

- A1-Геометрија блока (приказ основне геометрије без додатих зелених површина),
- A2-Зелени кров и партерно зеленило (комбинација зелених кровова и зеленог партерног уређења),
- A3-Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (блок који укључује и зелене фасаде поред зелених кровова и партерног зеленила),
- A4-Зелени кров, партерно зеленило и улични дрворед (најзеленија конфигурација која укључује додатак дрвореда уз претходно наведене зелене површине).



Слика 9.35 Приказ уређења урбаног блока и термовизијски снимак температуре амбијенталног ваздуха варијанти озелењавања предикционог модела колективног становања КОЛ10

Термовизијски снимак који је дат на слици 9.35 б илуструје разлике у температури амбијенталног ваздуха у 15.00 часова на нивоу пешачке зоне за различите варијанте озелењавања урбаног блока. Користи се скала од 10 нијанси за приказ температурних вредности амбијенталног ваздуха које се крећу од 39,25°C до 40,15°C. Вредности које прелазе 40,15°C приказане су интензивном розе бојом, док су вредности ниже од 39,25°C означене тамнијом плавом бојом.

Геометрија урбаног блока – Анализа термовизијских слика варијанти урбаног блока са слике 9.35 показује да је температура амбијенталног ваздуха највиша унутар урбаног блока без присуства зеленила. Унутрашњост урбаног блока јасно је подељена на зону засенчења (зелена боја), зону мешања ваздуха (наранцаста боја) и зону загревања ваздуха услед рефлексије сунчевог зрачења са западне фасаде објеката. Минимална вредност температуре амбијенталног ваздуха износи 39,59°C, док је максимална вредност

40,84°C. Минимална вредност брзине ветра на нивоу посматраног блока износи 0,03 m/s, максимална брзина износи 4,41 m/s, а медијална брзина ветра на нивоу целог урбаног блока износи 0,98 m/s.

Зелени кров и партерно зеленило – Примена хоризонталног зеленила доводи до снижавања температуре амбијенталног ваздуха анализираних урбаног блока. Промена је приказана интензивнијом жутом бојом у средини урбаног блока, смањењем црвене боје на источној страни унутрашњости урбаног блока, као и појавом плаве боје у југозападном углу урбаног блока, на месту које је у овом периоду дана у хладу. Минимална температура амбијенталног ваздуха износи 39,4°C, а максимална вредност температуре амбијенталног ваздуха је 40,84°C. Минимална брзина ветра је 0,03 m/s, максимална 4,39 m/s, док је медијална брзина ветра 0,96 m/s.

Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило – увођење зелених фасада у модел колективног становања КОЛ 10 доводи до пада температуре амбијенталног ваздуха које је узроковано смањењем емисије топлоте са вертикалних површина објеката, као и смањењем апсорпције топлотне енергије од стране фасада објеката. Велики утицај у смањењу температуре амбијенталног ваздуха има евапотранспирација биљака које се налазе на фасадама објеката. Примена зелених фасада не само да утиче на промену температуре амбијенталног ваздуха унутрашњости урбаног блока, већ утиче и на смањење температуре амбијенталног ваздуха дуж улице. Минимална температура амбијенталног ваздуха урбаног блока износи 39,00°C док је максимална вредност температуре амбијенталног ваздуха 40,18°C. Минимална брзина ветра износи 0,03 m/s, максимална брзина ветра има вредност 4,34 m/s, а медијална брзина ветра на нивоу урбаног блока износи 0,95 m/s.

Зелени кров, партерно зеленило и дрворед – Као и код претходних анализираних варијанти, примена дрвећа има најповољнији утицај на смањење температуре амбијенталног ваздуха унутар урбаног блока. Анализом слике 9.35 приметна је интензивно плава боја како у унутрашњости урбаног блока, тако и уз улицу са спољње стране блока која указује на значајно смањење температуре амбијенталног ваздуха. Минимална вредност температуре амбијенталног ваздуха износи 37,85°C, док је максимална вредност температуре амбијенталног ваздуха 39,67°C. Минимална брзина ветра износи 0,04 m/s, максимална

брзина ветра има вредност 3,54 m/s, а медијална брзина ветра на нивоу блока износи 0,75 m/s.

Табела 9.25. Приказ минималних и максималних температура амбијенталног ваздуха за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 10

Варијанта	Минимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)	Максимална температура ваздуха у 15.00 часова (°C)
Геометрија	39,59	40,84
Зелени кров и партерно зеленило	39,4	40,84
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	39,00	40,18
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	37,85	39,67

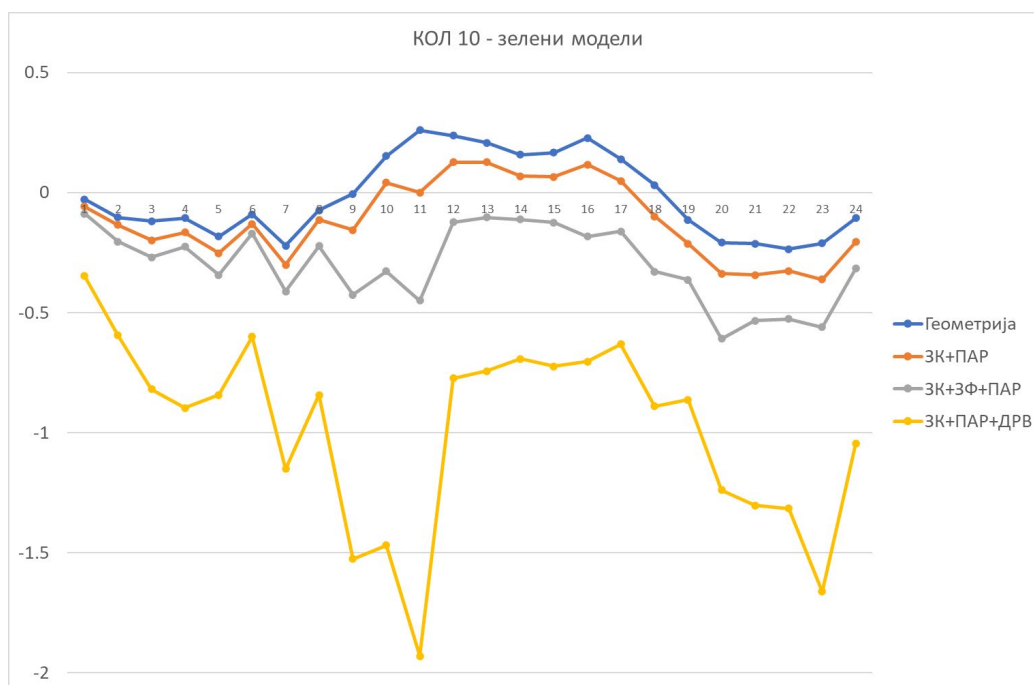
У табели 9.25 приказане су максималне и минималне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака за различите варијанте озелењавања модела колективног становања КОЛ 10 добијене у софтверском пакету ENVImet. Минималне температуре ваздуха за посматране варијабле на нивоу пада показују израженији пад вредности температуре амбијенталног ваздуха са градацијским повећањем зелених површина.

Најинтензивнији пад температуре амбијенталног ваздуха јавља се између варијанте А3 и А4. Када су у питању максималне температуре амбијенталног ваздух, варијанте А1 и А2 имају исте вредности максималне температуре ваздуха док варијанте А2, А3 и А4 показују линеарни тренд смањења максималне температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока.

Табела 9.26 Приказ минималних и максималних брзина ветра за различите варијанте имплементације зеленила у оквиру предикционог модела колективног становања КОЛ 10

Варијанта	Минимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)	Максимална брзина ветра у 15.00 часова (m/s)
Геометрија	0,03	4,41
Зелени кров и партерно зеленило	0,03	4,39
Зелени кров, партерно зеленило и зелена фасада	0,03	4,34
Зелени кров, партерно зеленило и дрворед	0,04	3,54

У табели 9.26 приказане су минималне и максималне брзине ветра на нивоу кретања пешака, мерене у 15.00 часова, за различите варијанте озелењавања у предикционом моделу КОЛ 10. Приликом анализе минималних брзина ветра нису примећене промене између посматраних варијанти. Код максималних брзина ветра долази до смањења брзине ветра увођењем дрвореда док преостале три варијанте имају приближно исту максималну брзину ветра.



Слика 9.36. Медијалне температуре ваздуха унутар урбаног блока за зелене варијанте предикционог модела КОЛ 10

На слици 9.36 приказане су разлике између медијалних температуре ваздуха за варијанте озелењавања и улазних температура ваздуха унетих у ENVImet. У периоду од 0.00 до 5.00 часова ујутру, као што се види са слике 9.36 бележи се пад температуре анализираних варијанти при чему су разлике између варијанти А1, А2 и А3 мале, а трендови су им идентични. График температуре амбијенталног ваздуха варијанте А4 показује значајнији пад при чему се минимална температура за поменути интервал достиже у 4 часа након чега креће пораст температуре амбијенталног ваздуха. У периоду загревања од 6.00 до 11.00 часова, графици температура за варијанте А1 и А2 имају растући тренд док графици температура за варијанте са вертикалним озелењавањем (А3 и А4) бележе наставак пада

температуре ваздуха. График температура за варијанту A1 у 11.00 часова достиже своју максималну дневну вредност док температуре амбијенталног ваздуха осталих варијанти у истом тренутку бележе пад. Варијанта A4 у 11.00 часова бележи своју минималну дневну температуру амбијенталног ваздуха. У временском интервалу од 12.00 до 17.00 часова када је најтоплије доба дана сви графици температура амбијенталног ваздуха показују релативну уравнотеженост података. Оно што модел колективног становања КОЛ 10 одваја од осталих анализираних модела јесте што варијанта A3 не прелази у позитивне вредности, односно током целог дана показује смањење температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока у односу на почетне вредности температуре ваздуха унете у софтверски пакет. У периоду од 19.00 до 23.00 часа трендови температура на слици 9.36 углавном су слични, при чему долази до веће разлике у температури ваздуха између свих модела што указује на степен јачине ефекта хлађења код различитих варијанти примене зелених површина.

Просечне вредности разлике у температури амбијенталног ваздуха у односу на почетне вредности температуре амбијенталног ваздуха унетих у софтверски пакет на дневном нивоу за посматране варијанте износе:

- Геометрија (A1): $-0,018^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров и партерно зеленило (A2): $-0,116^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило (A3): $-0,299^{\circ}\text{C}$
- Зелени кров, партерно зеленило и дрворед (A4): $-0,983^{\circ}\text{C}$

Просечна дневна температура амбијенталног ваздуха варијанте A1 разликује се за занемарљивих $0,018^{\circ}\text{C}$ од просека почетних температура ваздуха унетих у софтверски пакет. Варијанта A2 показује на дневном нивоу ефекат хлађења простора урбаног блока за $0,116^{\circ}\text{C}$. Имплементација зелених фасада поред кровног и партерног зеленила (варијанта A3) утиче на смањење просечне дневне температуре амбијенталног ваздуха за $0,299^{\circ}\text{C}$ у односу на почетну температуру. Највећи пад просечне дневне температуре амбијенталног ваздуха је код варијанте модела са додатим дрвећем (варијанта A4) код које долази до смањења температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока за $0,983^{\circ}\text{C}$. Смањење просечне температуре амбијенталног ваздуха код варијанте A4 је 3,28 пута веће него код варијанте A3.

9.2.3.7 *Анализа физиолошки еквивалентне температуре (ПЕТ) за предикционе моделе колективног становања*

Проучавање ПЕТ пружа увид у то како различити приступи увођења зеленила утичу на микроклиматске услове у урбаном блоку. Концентришући се на варијанте који су показале најбоље резултате, као што су комбинација зеленог крова, зелених зидова и партерног зеленила (варијанта А3) и комбинација зеленог крова, партерног зеленила и уличних дрвореда (варијанта А4), овај део истраживања има за циљ да утврди како промене у зеленим површинама и урбаном окружењу утичу на термалну удобност и здравље становника, што доприноси холистичком приступу у планирању и дизајнирању градских простора. За анализу ПЕТ узети су параметри просечне особе мушког пола, старости 35 година, одеће прилагођене летњем периоду и просечне брзине кретања. Параметри човека на основу којих је рађена анализа ПЕТ исти су као и приликом анализе која је извршена за индивидуално становање и дати су у табели 9.13.

У табели 9.27 приказане су вредности и категорије ПЕТ за варијанте А3 и А4 предикционих модела колективног становања КОЛ 2, КОЛ 3, КОЛ 4, КОЛ 6, КОЛ 9 и КОЛ 10. Како би се извршила анализа варијанти према категоријама физиолошког стреса и одабрала најповољнија и најнеповољнија варијанта, посматраће се два кључна аспекта: најповољнија варијанта модела ће бити она која има највећи број сати у категоријама угодно (18°C до 23°C) и топло угодно (23°C до 29°C), јер оне представљају оптималне услове за комфор без значајног физиолошког стреса, док ће најнеповољнија варијанта модела бити она која има највећи број сати у екстремним категоријама као што су екстремно топло (више од 41°C) и веома топло (35°C до 41°C), које указују на висок ниво физиолошког стреса.

Табела 9.27 Вредности ПЕТ и категорије ПЕТ за варијанте А3 и А4 предикционих Модела КОЛ 2, КОЛ 3, КОЛ 4, КОЛ 6, КОЛ 9, КОЛ 10

Сати		A3	A4		A3	A4		A3	A4		A3	A4		A3	A4		A3	A4
0	КОЛ 2	18.83	18.47	КОЛ 3	17.75	18.97	КОЛ 4	18.69	18.48	КОЛ 6	18.9	18.68	КОЛ 9	18.2	18.56	КОЛ 10	19	18.64
1		16.62	16.64		17.13	17.77		16.75	16.76		16.8	16.72		17.23	17.35		17.57	17.4
2		17.06	16.94		16.54	17.06		17.45	17.05		17.91	17.03		16.88	17.07		18.01	17.18
3		17.53	17.57		16.75	17.5		17.36	17.36		17.71	17.39		17.11	17.44		17.94	17.34
4		16.81	16.71		16.83	17.16		16.8	16.68		16.82	16.69		17.21	17.01		17.44	16.95
5		18.74	17.23		18.94	17.01		18.74	17.12		19.59	17.64		18.79	17.11		18.69	17.5
6		21.79	19.39		21.43	19.79		22.13	19.36		23.04	18.96		21.65	19.54		21.65	19.24
7		34.7	24.81		27.55	22.83		35.35	23.99		35.34	23.74		34.91	23.58		34.81	23.1
8		39.99	27.17		30.62	24.89		40.12	26.2		39.58	25.54		41.44	26.1		39.83	25.07
9		46.94	32.6		37.43	29.06		46.76	30.88		46.57	30.23		47.6	30.09		45.91	28.96
10		50.82	38.28		48.56	33.89		51.09	35.93		50.27	34.3		51.99	35.13		49.76	33.21
11		53	40.38		53.18	37.12		52.96	38.56		51.9	36.83		53.68	38.09		52.02	35.98
12		53.91	43.76		53.72	41.03		53.93	42.17		53.74	40.19		54	41.4		53.75	39.04
13		54.36	44.94		54	41.75		54.35	43.12		54.25	41.17		54.31	42.36		54.03	40.23
14		54.38	45.01		54.01	41.46		54.39	43.18		54.32	41.21		54.37	42.37		54.1	40.28
15		54.03	44.54		46.63	42.06		54.04	43.2		53.96	41.18		54.03	42.2		53.82	40.11
16		53.7	42.88		41.28	39.9		53.74	41.59		53.69	40.89		53.66	40.32		53.01	39.55
17		42.9	38.71		39.3	37.6		47.92	38.17		46.97	36.74		40.77	37.11		39.85	36.32
18		37.03	35.57		36.42	35.35		36.77	35.08		36.18	34.69		36.28	34.91		35.68	34.37
19		30.58	30.52		30.61	30.16		30.5	30.17		30.6	30.11		30.5	29.9		30.48	29.89
20		28.27	28.08		28.33	27.89		28.24	27.91		28.33	27.85		28.16	27.73		28.26	27.72
21		25.81	25.67		25.88	25.51		25.86	25.39		25.95	25.38		25.87	25.42		26.07	25.46
22		23.98	24.01		23.96	23.88		24.03	23.7		24.33	23.81		24.02	23.78		24.29	23.67
23		22.14	22.28		22	22.21		22.34	22.27		22.95	22.47		22.16	22.25		22.97	22.42

Дневне вредности ПЕТ са одговарајућим категоријама физиолошког стреса за варијанте озелењавања А3 и А4 предикционих модела КОЛ 2, КОЛ 3, КОЛ 4, КОЛ 6, КОЛ 9 и КОЛ 10 указују на значајно већу ефикасност варијанте озелењавања А4 на смањење физиолошког стреса корисника простора урбаног стамбеног блока колективног становања.

Анализа категорија физиолошког стреса варијанте озелењавања А3 (зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило)

- Код предикционих модела КОЛ 4 и КОЛ 6 категорије физиолошког стреса екстремно топло и веома топло понављају се 12 пута (9 пута екстремно топло и 3 пута веома топло), што ове предикционе моделе у варијанти озелењавања сврстава у најлошије за боравак људи.
- Код предикционих модела КОЛ 2, КОЛ 9 и КОЛ 10 категорије физиолошког стреса екстремно топло и веома топло понављају се 11 пута у току дана и то: код предикционих модела КОЛ 2 и КОЛ 9 категорија физиолошког стреса екстремнотопло 9 пута и веома топло 2 пута, док се код предикционог модела КОЛ 10 категорија физиолошког стреса екстремног топло понавља 8 пута, а категорија веома топло 3 пута.
- Као најповољнији модел варијанте озелењавања А3 (зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило) издваја се предикциони модел КОЛ 3 са укупно 10 понављања категорија екстремно топло и веома топло у току дана (7 пута екстремно топло и 3 пута веома топло)

Анализа категорија физиолошког стреса варијанте озелењавања А4 (зелени кров, партерно зеленило и дрворед)

- Код предикционих модела КОЛ 2 и КОЛ 4 категорије физиолошког стреса екстремно топло и веома топло јављају се 9 пута у току дана (Категорија физиолошког стреса екстремно топло јавља се 5 пута у току дана, док се категорија веома топло јавља 4 пута у току дана)
- Код предикционих модела КОЛ 3 и КОЛ 9 категорије физиолошког стреса екстремно топло и веома топло јављају се 8 пута (Категорије физиолошког стреса екстремно топло и топло јављају се по 4 пута у току дана)

- Код предикционих модела КОЛ 6 и КОЛ 10 долази до појаве категорија физиолошког стреса екстремно топло и веома топло 7 пута у току дана и то код предикционог модела КОЛ 6 долази до појаве категорије физиолошког стреса екстремно топло 3 пута док се категорија физиолошког стреса веома топло јавља 4 пута, а код предикционог модела КОЛ 10 не долази до појаве категорије физиолошког стреса екстремно топло, већ се категорија веома топло јавља 7 пута у току дана.

Како се код предикционих модела КОЛ 6 и КОЛ 10 категорије физиолошког стреса екстремно топло и веома топло јављају исти број пута, анализиране су просечне дневне медијалне температуре ПЕТ на нивоу блока. Просечна дневна вредност ПЕТ за предикциони модел КОЛ 6, варијанту озелењавања А4 износи 28,31°C, док просечна вредност ПЕТ за предикциони модел КОЛ 10, варијанту озелењавања А4 износи 27,90°C. Такође, анализиране су и просечне вредности ПЕТ за интервале који се налазе у категоријама физиолошког стреса екстремно топло и веома топло. Просечна вредност ПЕТ за предикциони модел КОЛ 6, варијанту озелењавања А4 за дневне интервале у категоријама физиолошког стреса екстремно топло и веома топло износи 39,74°C, а просечна вредност ПЕТ за предикциони модел КОЛ 10, варијанту озелењавања А4 за дневне интервале у категоријама екстремно топло и веома топло износи 38,78°C.

На основу броја сати у току дана са интервалима категорије физиолошког стреса екстремно топло и веома топло, дневне просечне вредности ПЕТ и просечне вредности ПЕТ за дневне интервале у категоријама физиолошког стреса екстремно топло и веома топло, као најповољнији модел и најповољнија варијанта у погледу топлотног комфора за боравак људи у урбаном стамбеном блоку одабран је модел КОЛ 10, варијанта А4.

9.3 УТИЦАЈ МАТЕРИЈАЛИЗАЦИЈЕ ОБЈЕКТА НА МИКРОКЛИМУ УРБАНОГ СТАМБЕНОГ БЛОКА

Након извршене анализе утицаја геометрије и присуства зелених површина на побољшање стања микроклиме урбаног блока, извршена је анализа утицаја материјализације на микроклиматске услове унутар урбаног блока. Модел за анализу утицаја изабрани су на основу претходних анализа, односно на основу утицаја на повећање топлотног комфора блока. На основу резултата анализе физиолошки еквивалентне температуре (ПЕТ) за предикционе моделе индивидуалног и колективног становања одабрани су модели и њихове најповољније варијанте. Анализа утицаја

материјализације објеката на микроклиму урбаног стамбеног блока извршена је за модел индивидуалног становања ИНД 1 (слободностојећи објекти) са варијантом озелењавања А5 (зелени кров, партерно зеленило и дрворед) и за модел колективног становања КОЛ 10 (затворен блок ивичне изградње) са варијантом озелењавања А4 (зелени кров, партерно зеленило и дрворед).

Утицај материјализације извршен је кроз 4 модела:

- Примена материјала са високим албедом за фасаде објеката и за поплочање блока
- Примена материјала са ниским албедом за фасаде објеката и поплочање блока
- Примена материјала са високим албедом за фасаде објеката и ниским албедом за поплочање блока
- Примена материјала са ниским албедом за фасаде објеката и високим албедом за поплочање блока

Приликом анализе коришћени су материјали приказани у табели 9.28 како би се извршила симулација предикционих модела.

Табела 9.28 Карактеристике материјала из софтверског пакета *ENVImet*.

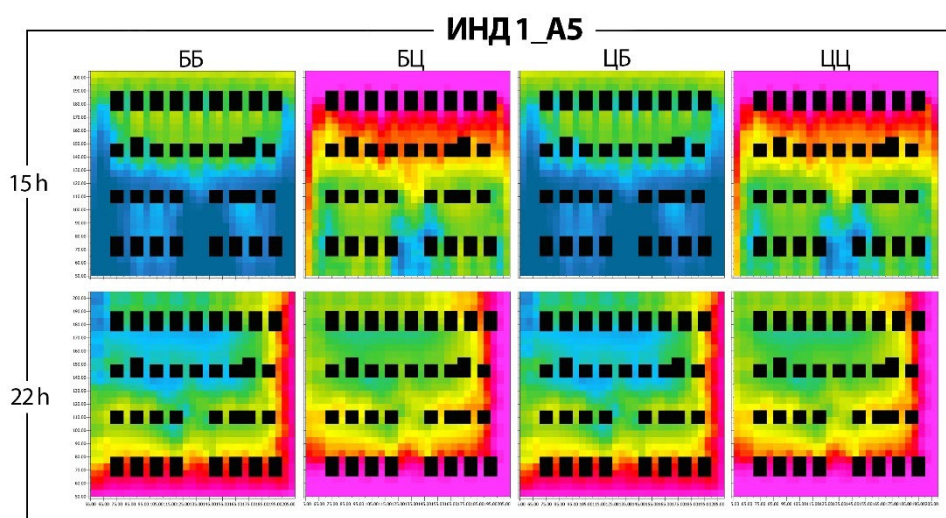
Позиција	Карактеристика	Висок алbedo	Низак алbedo
Фасада објекта	Дебљина	0,1 m	0,1 m
	Апсорпција	0,42	0,42
	Трансмисија	0,13	0,13
	Алbedo	0,8	0,2
	Емисивност	0,9	0,9
	Специфична топлота	1032,80 J/(kg*K)	1032,80 J/(kg*K)
	Топлотна проводљивост	1 W/mK	1 W/mK
	Густина	1686,88 kg/m ³	1686,88 kg/m ³
Партерно поплочање	Храпавост	0,01 m	0,01 m
	Алbedo	0,8	0,2
	Емисивност	0,9	0,9

9.3.1 Индивидуално становање – предикциони модел ИНД 1 – А5

На слици 9.37 приказан је термовизијски приказ предикционог блока индивидуалног становања ИНД 1 са имплементацијом зелених кровова, партерног зеленила и дрвореда. У колонама редом су различите комбинације вредности албеда материјализације објеката и поплочања:

- ББ – комбинација материјала високе вредности албеда у материјализацији објеката и високе вредности албеда поплочања
- БЦ – комбинација материјала високог албеда на објектима и материјала ниског албеда на поплочању
- ЦБ – комбинација материјала ниске вредности албеда на објектима и материјала високе вредности албеда у поплочању
- ЦЦ - комбинација материјала ниског албеда на објектима и ниског албеда у поплочању

У првом реду на слици представљене су термовизијске слике у 15.00 часова када је најинтензивније сунчево зрачење, а у другом реду представљени су термовизијски прикази у 22.00 часа када нема сунчевог зрачења и када долази до емисије апсорбоване енергије у току дана.



Слика 9.37. Термовизијски приказ температуре амбијенталног ваздуха анализираних варијанти комбинације материјала у 15.00 часова и у 22.00 часа

Термовизијски приказ у горњем реду илуструје промене у температури амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака у 15.00 часова за комбинације материјала различитих вредности албеда на објектима и у поплочању. За термовизијски приказ коришћена је скала од 10 нијанси при чему најтамније плава боја показује вредности температуре амбијенталног ваздуха мање од 38,2°C, док розе боја показује вредности температуре амбијенталног ваздуха веће од 40°C. На термовизијском приказу у доњем реду приказане су вредности температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака у 22.00 часа. Тамно плавом бојом приказане су вредности температуре

амбијенталног ваздуха мање од 27°C док су розе бојом приказане вредности температуре амбијенталног ваздуха веће од 28,6°C.

Висока вредност албеда материјала објеката и поплочања (ББ):

- 15.00 часова – Комбинација материјала високог албеда како за објекте, тако и за поплочање показује релативно ниже температуре амбијенталног ваздуха у односу на остале колоне, што указује на способност материјала са високим албедом да рефлектује већину сунчевог зрачења. Већа способност рефлексије сунчевог зрачења утиче на значајно смањење загревања површина фасада објеката и поплочања. Продор топлог ваздуха у унутрашњост блока приказан је зеленом бојом на слици 9.37. Наиласком на дрворед уз улицу долази до хлађења ваздуха и промене боје на термовизијском приказу у плаву. Најмања вредност температуре амбијенталног ваздуха износи 37,69°C док је највиша вредност температуре амбијенталног ваздуха 39,13°C. Брзина ветра на нивоу блока креће се од 0,33 m/s до 3,07 m/s. медијална брзина ветра на нивоу посматраног урбаног блока износи 1,89 m/s.
- 22.00 часа – Након заласка Сунца долази до емисије апсорбоване топлотне енергије у спољашњи простор урбаног блока. Анализом термовизијске слике, опажа се већа способност снижавања температуре амбијенталног ваздуха код материјала са високим албедом, што је приказано плавом бојом на слици 9.37. Топао ваздух продире у блок са југоисточне стране где долази до његовог постепеног хлађења приликом кретања кроз урбани блок. Минимална температура амбијенталног ваздуха на нивоу блока износи 27,20°C, а максимална износи 28,77°C. Минимална брзина ветра је 0,06 m/s, максимална 1,57 m/s, док је медијална брзина на нивоу урбаног блока 0,69 m/s.

Висока вредност албеда материјала објекта и ниска вредност албеда материјала поплочања(БЦ):

- 15.00 часова – Анализом термовизијског снимка са слике 9.37 приметна је виша температура амбијенталног ваздуха у односу на варијанту ББ. Разлог за ову промену је већа апсорпција сунчеве енергије од стране материјала поплочања са ниским вредностима албеда што доводи до већег загревања. Приликом продора топлог ваздуха са северне стране блока, долази до хлађења

ваздуха, али не у мери у којој је ова појава присутна код варијанте ББ. Најмања вредност температуре амбијенталног ваздуха је $38,33^{\circ}\text{C}$, а највећа вредност температуре амбијенталног ваздуха износи $40,30^{\circ}\text{C}$. Најмања брзина ветра износи $0,33\text{ m/s}$, максимална $3,10\text{ m/s}$, док је медијална брзина ветра $1,89\text{ m/s}$.

- 22.00 часа – На термовизијском приказу на слици 9.37 температура амбијенталног ваздуха варијанте БЦ на нивоу блока у односу на варијанту ББ показује више вредности које су приказане интензивнијом розе бојом на уласку у блок са југоисточне стране, као и зеленом бојом у унутрашњости блока. Минимална вредност температуре амбијенталног ваздуха износи $27,5^{\circ}\text{C}$, док је максимална температура амбијенталног ваздуха $29,03^{\circ}\text{C}$. До ове разлике у температури амбијенталног ваздуха између модела ББ и БЦ долази услед способности материјала са ниским албедом да задржава дуже акумулирану топлотну енергију што доводи до споријег хлађења. Минимална брзина ветра износи $0,06\text{ m/s}$, максимална износи $1,60\text{ m/s}$, а медијална брзина ветра износи $0,7\text{ m/s}$.

Ниска вредност албеда материјала објекта и висока вредност албеда материјала поплочања (ЦБ):

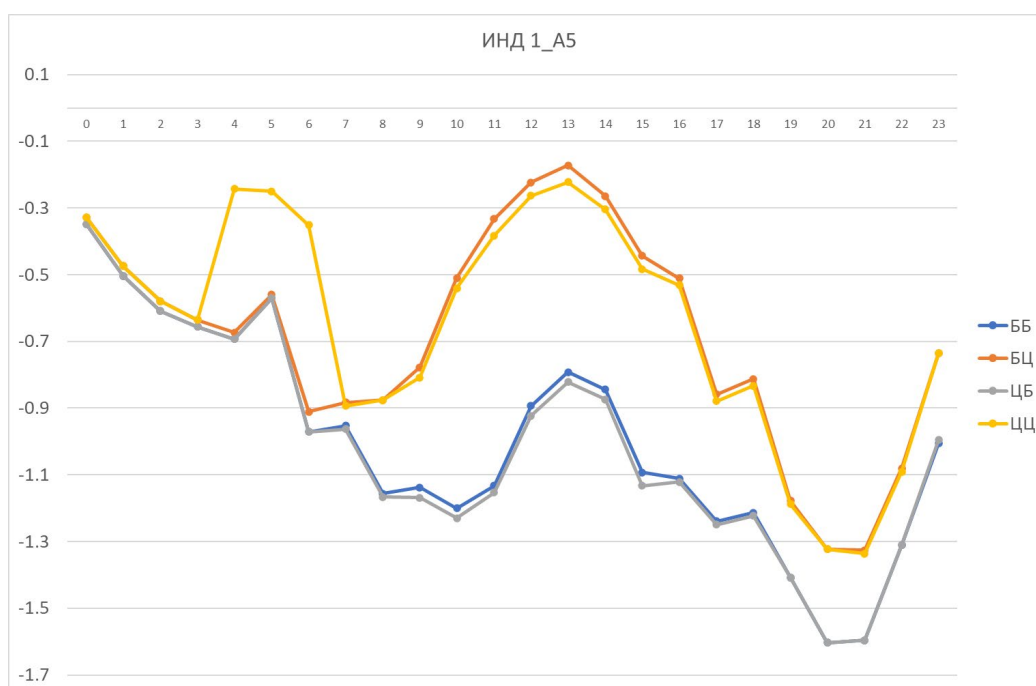
- 15.00 часова – Вредности температуре амбијенталног ваздуха приказане термовизијским снимком на слици 9.37 показују ниже вредности од варијанте БЦ и скоро исте вредности као код варијанте ББ. Овакве промене указују на висок степен значајности вредности албеда поплочања у температури амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока. Значај вредности албеда поплочања већи је од значаја вредности албеда материјализације објекта с обзиром на минималне разлике у термовизијском приказу температуре ваздуха варијанте ББ и термовизијског приказа варијанте ЦБ. Минимална вредност температуре амбијенталног ваздуха износи $37,65^{\circ}\text{C}$, а максимална вредност износи $39,13^{\circ}\text{C}$. Минимална брзина ветра је $0,33\text{ m/s}$, максимална брзина ветра је $3,07\text{ m/s}$, док је медијална брзина $1,89\text{ m/s}$.
- 22.00 часа – Термовизијски приказ температуре амбијенталног ваздуха у 22.00 часа варијанте ЦБ показује идентичне вредности као и варијанта ББ. Ово

указује на занемарљив утицај албеда материјала објеката на промену температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока у односу на утицај албеда материјала поплочања на нивоу блока, како у току дана када долази до загревања, тако и након заласка Сунца када долази до емисије апсорбоване топлоте. Такође нема разлике ни у брзини ветра између варијанти ЦБ и ББ.

Ниска вредност албеда материја објеката и ниска вредност албеда материјала поплочања (ЦЦ):

- 15.00 часова – Приликом анализе термовизијског приказа на слици 9.37 уочене су највише вредности температуре амбијенталног ваздуха управо код варијанте ЦЦ, што је очекивано, јер материјали са високим вредностима албеда имају способност веће апсорпције топлоте, што резултира вишим вредностима температуре амбијенталног ваздуха. Минимална вредност температуре амбијенталног ваздуха износи $38,28^{\circ}\text{C}$, а максимална вредност температуре амбијенталног ваздуха износи $40,30^{\circ}\text{C}$. Брзина ветра се креће у распону од $0,33\text{ m/s}$ до $3,10\text{ m/s}$, а медијална вредност брзине ветра на нивоу урбаног блока износи $1,89\text{ m/s}$.
- 22.00 часа – Диспозиција боја на термовизијском приказу температура амбијенталног ваздуха иста је код варијанти ЦЦ и БЦ на нивоу урбаног блока. Вредности температуре амбијенталног ваздуха се крећу у распону од $27,49^{\circ}\text{C}$ до $29,03^{\circ}\text{C}$. Овакав распоред температуре амбијенталног ваздуха по блоку, указује, као и код анализе варијанте ЦБ на висок степен значајности вредности албеда материјализације поплочања, као и на занемарљив утицај албеда материјализације објеката на промену температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока. Брзина ветра, као и температура ваздуха не разликује се од брзине ветра варијанте БЦ и износи минимално $0,06\text{ m/s}$, максимално $1,60\text{ m/s}$, док је медијална брзина ветра $0,7\text{ m/s}$.

На слици 9.38 приказане су разлике у медијалној температури ваздуха посматраних варијанти модела индивидуалног становања ИНД1_А5 са различитим комбинацијама вредност албеда материјала објеката и поплочања и почетних података температуре ваздуха унетих у софтверски пакет ENVImet.



Слика 9.38. Медијалне температуре амбијенталног ваздуха блока за различите варијанте материјализације објекта и поплочања модела ИНД 1_A5

Карактеристика свих графика на слици 9.38 јесте да у току целог дана бележе негативне вредности што указује на способност да посматрани модел индивидуалног становања ИНД1_A5 без обзира на вредност албеда материјала утиче на смањење температуре ваздуха блока. У периоду од 0.00 до 6.00 часова ујутру, готово да нема разлике у вредностима температуре ваздуха посматраних варијанти. варијанте БЦ и ЦЦ у периоду од 6.00 часова па до 13.00 часова бележе раст у разлици температуре амбијенталног ваздуха предикционог модела у односу на почетне вредности температуре амбијенталног ваздуха, док преостале две варијанте ББ и ЦБ настављају да бележе пад у разлици температура амбијенталног ваздуха у односу на почетне вредности температуре ваздуха све до 10.00 часова, након чега креће раст вредности температуре амбијенталног ваздуха који свој максимум бележи, као и код варијанти БЦ и ЦЦ, такође у 13.00 часова. У остатку дана графици свих варијанти настављају истоветан тренд кретања, с тим да долази до скоро потпуног поклапања вредности између варијанти БЦ и ЦЦ са једне и ББ и ЦБ са друге стране. На основу кретања графика, може се закључити да је у периоду загревања простора урбаног блока (од 6.00 до 11.00 часова), периоду највећих дневних температура амбијенталног ваздуха (од 12.00 до 17.00 часова), као и у периоду хлађења

простора блока након заласка Сунца (од 18.00 до 23.00 часова) утицај високих вредности албеда материјализације поплочања од великог значаја, односно да представља доминантни фактор снижавања температуре амбијенталног ваздуха унутар блока. Промена вредности албеда материјализације објеката показује благе разлике у најтоплијем периоду дана, али ове промене немају никакав значајан утицај на температуру ваздуха блока.

Просечне дневне разлике у температури амбијенталног ваздуха посматраних варијанти у односу на почетне вредности температуре амбијенталног ваздуха унете у софтверски пакет износе:

- Висока вредност албеда материјала објеката и поплочања (ББ): $-1,00^{\circ}\text{C}$
- Висока вредност албеда материјала објеката и ниска вредност албеда материјала поплочања (БЦ): $-0,68^{\circ}\text{C}$
- Ниска вредност албеда материјала објеката и висока вредност албеда материјала поплочања (ЦБ): $-1,01^{\circ}\text{C}$
- Ниска вредност албеда материјала објеката и поплочања (ЦЦ): $-0,65^{\circ}\text{C}$

Највећи пад разлике у температури амбијенталног ваздуха блока у односу на почетне вредности температуре амбијенталног ваздуха бележе варијабле ББ и ЦБ који као заједничку карактеристику имају високу вредност албеда материјала поплочања. Просечно дневно смањење температуре амбијенталног ваздуха у односу на почетне вредности температуре ваздуха износи 1°C , док варијабле које имају ниску вредност албеда материјала поплочања показују за око 35% мању ефикасност у снижавању температуре ваздуха блока на дневном нивоу.

9.3.2 Анализа физиолошки еквиваленте температуре (PET) за варијантна решења коришћења различитих вредност албеда материјала објеката и поплочања на моделу индивидуалног становања ИНД 1_А5

Како би се извршила анализа варијанти према категоријама физиолошког стреса и одабрала најповољнија и најнеповољнија варијанта, посматраће се два кључна аспекта: најповољнија варијанта модела ће бити она која има највећи број сати у категоријама угодно (18°C до 23°C) и топло угодно (23°C до 29°C), јер оне представљају оптималне услове за комфор без значајног физиолошког стреса, док ће најнеповољнија варијанта

модела бити она која има највећи број сати у екстремним категоријама као што су екстремно топло (више од 41°C) и веома топло (35°C до 41°C), које указују на висок ниво физиолошког стреса.

Табела 9.29 Вредности ПЕТ и категорије ПЕТ за варијанте ББ, БЦ, ЦБ и ЦЦ предикционог модела ИНД 1_А5

сати	ИНД ББ	ИНД БЦ	ИНД ЦБ	ИНД ЦЦ
0.00	18.51	18.58	18.51	18.58
1.00	16.17	16.26	16.17	16.25
2.00	16.59	16.66	16.59	16.65
3.00	16.75	16.83	16.75	16.83
4.00	16.1	16.17	16.1	16.17
5.00	18.08	17.99	18.02	17.92
6.00	20.72	20.36	20.6	20.26
7.00	28.6	27.43	27.64	26.76
8.00	33.39	31.33	31.64	29.81
9.00	40.42	37.33	39.22	36.99
10.00	46.43	42.46	45.83	42.11
11.00	46.49	44.06	46.01	43.38
12.00	49.67	47.49	49.08	47.06
13.00	50.97	48.44	50.51	48.2
14.00	50.13	49.1	49.78	48.4
15.00	46.94	47.02	45.36	45.91
16.00	43.39	44.31	42.47	43.42
17.00	38.73	39.45	38.17	38.91
18.00	34.27	35.23	34.1	35.03
19.00	28.73	29.92	28.71	29.84
20.00	26.35	27.42	26.36	27.38
21.00	24.4	25.19	24.39	25.17
22.00	22.98	23.7	22.99	23.68
23.00	21.39	21.96	21.39	21.94

Дневне вредности ПЕТ са одговарајућим категоријама физиолошког стреса за варијанте комбинације материјализације фасада објеката и поплочања урбаног блока са различитим вредностима албеда ББ, БЦ, ЦБ и ЦЦ предикционог модела ИНД 1 са варијантом озелењавања А5 (зелени кров, партерно зеленило и дрворед) приказане у табели 9.29 указују на већу ефикасност варијанти материјализације ББ и ЦБ, чија је заједничка карактеристика примена материјала високе вредност албеда у поплочању

урбаног блока, на смањење физиолошког стреса корисника простора урбаног стамбеног блока индивидуалног становања.

Анализа категорија физиолошког стреса варијанте материјализације:

- *ББ – Материјал високог албеда на фасадама објеката и материјал високог албеда у поплочању урбаног блока*

Категорије физиолошког стреса екстремно топло и веома топло, на примеру варијанте ББ јављају се 9 пута, од тога категорија физиолошког стреса екстремно топло 7 пута и категорија физиолошког стреса веома топло 2 пута. Дневна просечна вредност ПЕТ износи 31,50°C, а просечна вредност ПЕТ за интервале који се налазе у категоријама екстремно топло и веома топло износи 45,90°C.

- *БЦ – Материјал високог албеда на фасадама објеката и материјал ниског албеда у поплочању урбаног блока*

Категорије физиолошког стреса екстремно топло и веома топло, на примеру варијанте БЦ јављају се 10 пута у току дана, од тога категорија физиолошког стреса екстремно топло 7 пута и категорија физиолошког стреса веома топло 3 пута. Дневна просечна вредност ПЕТ износи 31,03°C, а просечна вредност ПЕТ за интервале који се налазе у категоријама екстремно топло и веома топло износи 43,49°C.

- *ЦБ – Материјал ниског албеда на фасадама објеката и материјал високог албеда у поплочању урбаног блока*

Категорије физиолошког стреса екстремно топло и веома топло, на примеру варијанте ЦБ јављају се 9 пута у току дана, од тога категорија физиолошког стреса екстремно топло 7 пута и категорија физиолошког стреса веома топло 2 пута. Дневна просечна вредност ПЕТ износи 31,1°C, а просечна вредност ПЕТ за интервале који се налазе у категоријама екстремно топло и веома топло износи 43,19°C.

- *ЦЦ – Материјал ниског албеда на фасадама објеката и материјал ниског албеда у поплочању урбаног блока*

Категорије физиолошког стреса екстремно топло и веома топло, на примеру варијанте ЦЦ јављају се 10 пута у току дана, од тога категорија физиолошког стреса екстремно топло 7 пута и категорија физиолошког стреса веома топло 3 пута. Дневна просечна вредност ПЕТ износи 30,69°C, а просечна вредност

ПЕТ за интервале који се налазе у категоријама екстремно топло и веома топло износи $42,94^{\circ}\text{C}$.

Варијанта употребе материјала ниског албеда на фасадама објеката и материјала ниског албеда у поплочању урбаног блока (ЦЦ) је на основу извршене анализе одабрана као најповољније варијантно решење у погледу топлотног комфора за боравак људи у урбаном блоку индивидуалног становања са слободностојећим објектима и варијантом озелењавања са зеленим кровом, партерним зеленилом и уличним дрворедом. Без обзира на 10 интервала са категоријама физичког стреса екстремно топло и веома топло (1 интервал више него код варијанти ББ и БЦ), просечне дневне вредности ПЕТ показују ниже вредности од просечних вредности ПЕТ за остале варијанте и то: $-0,815^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту ББ, $-0,335^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту БЦ и $-0,406^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту ЦБ. Такође, просечна вредност ПЕТ за интервале који се налазе у категоријама физиолошког стреса екстремно топло и веома топло варијанте ЦЦ има ниже вредности од осталих варијанти за: $-2,96^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту ББ, $-0,548^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту БЦ и $-2,218^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту ЦБ.

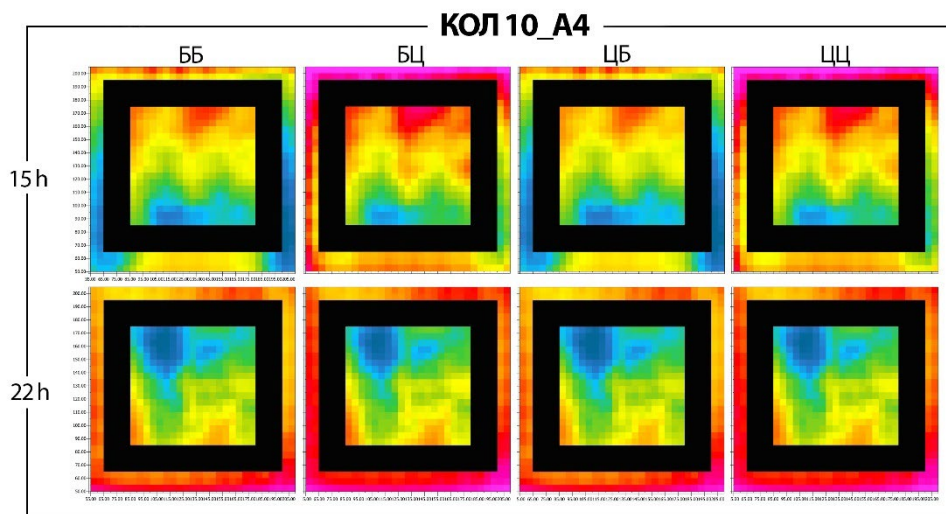
9.3.3 Колективно становање – предикциони модел КОЛ 10 – А4

На слици 9.39 приказан је термовизијски приказ предикционог блока колективног становања КОЛ 10 са имплементацијом зелених кровова, партерног зеленила и дрвореда. У колонама редом су различите комбинације вредности албеда материјализације објеката и поплочања:

- ББ – комбинација материјала високе вредности албеда у материјализацији објеката и високе вредности албеда поплочања
- БЦ – комбинација материјала високог албеда на објектима и материјала ниског албеда на поплочању
- ЦБ – комбинација материјала ниске вредности албеда на објектима и материјала високе вредности албеда у поплочању
- ЦЦ - комбинација материјала ниског албеда на објектима и ниског албеда у поплочању

У првом реду на слици представљене су термовизијске слике у 15.00 часова када је најинтензивније сунчево зрачење, а у другом реду представљени су термовизијски

прикази у 22.00 часа када нема сунчевог зрачења и када долази до емисије апсорбоване енергије у току дана.



Слика 9.39. Термовизијски приказ температуре амбијенталног ваздуха анализираних варијанти комбинације материјала у 15.00 часова и у 22.00 часа

Термовизијски приказ у горњем реду илуструје промене у температури амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака у 15.00 часова за комбинације материјала различитих вредности албеда на објектима и у поплочању. За термовизијски приказ коришћена је скала од 10 нијанси при чему је најтамније плава боја показује вредности температуре амбијенталног ваздуха мање од $37,5^{\circ}\text{C}$, док розе боја показује вредности веће од $39,75^{\circ}\text{C}$. На термовизијском приказу у доњем реду приказане су вредности температуре амбијенталног ваздуха на нивоу кретања пешака у 22.00 часа. Тамно плавом бојом приказане су вредности мање од $25,24^{\circ}\text{C}$ док су розе бојом приказане вредности веће од $28,9^{\circ}\text{C}$.

Висока вредност албеда материјала објеката и поплочања (ББ):

- 15.00 часова – Комбинација материјала високог албеда како за објекте, тако и за поплочање показује релативно ниже температуре амбијенталног ваздуха на термовизијском приказу на слици 9.39 у односу на варијанту БЦ и варијанту ЦЦ, што указује на значајан утицај примене материјала са високим вредностима албеда у поплочању блока. Највеће вредности температуре амбијенталног ваздуха приказане су црвеном бојом и налазе се у унутрашњости блока са северне стране, услед загревања јужно оријентисане фасаде сунчевом енергијом. Најниже температуре амбијенталног ваздуха приказане су са јужне стране у унутрашњости блока где висина зграда

формира хлад током целог дана. Најмања вредност температуре амбијенталног ваздуха износи $37,43^{\circ}\text{C}$ док је највиша вредност температуре амбијенталног ваздуха $37,20^{\circ}\text{C}$. Брзина ветра на нивоу блока креће се од $0,04\text{ m/s}$ до $3,53\text{ m/s}$. Медијална брзина ветра на нивоу посматраног урбаног блока износи $0,76\text{ m/s}$.

- 22.00 часа – У периоду након заласка Сунца топлотна енергија апсорбована у току дана емитује се и загрева амбијентални ваздух. Анализом термовизијске снимка са слике 9.39, опажају се минималне разлике у температурама амбијенталног ваздуха између посматраних варијанти. Топао ваздух продире у блок са југоисточне стране па се највећа разлика у температури амбијенталног ваздуха на слици 9.39 примећује у северозападном делу унутрашњости блока. Минимална температура амбијенталног ваздуха на нивоу блока износи $25,24^{\circ}\text{C}$, а максимална износи $28,64^{\circ}\text{C}$. Минимална брзина ветра је $0,01\text{ m/s}$, максимална $2,07\text{ m/s}$, док је медијална брзина на нивоу урбаног блока $0,16\text{ m/s}$.

Висока вредност албеда материјала објекта и ниска вредност албеда поплочања (БЦ):

- 15.00 часова – Анализом термовизијске слике 9.39 приметна је виша температура амбијенталног ваздуха варијанте БЦ у односу на температуру амбијенталног ваздуха варијанте ББ. Материјализација поплочања са ниским вредностима албеда доводи до веће апсорпције сунчеве енергије која утиче на повећање температуре амбијенталног ваздуха блока. Повећање температуре ваздуха у односу варијанту ББ, равномерно је распоређено по целој површини блока што је на термовизијском приказу на слици 9.39 приказано смањењем површине покривене плавом бојом, интензивнијим нијансама жуте боје и повећаним присуством наранџасте и црвене боје. Најмања вредност температуре амбијенталног ваздуха је $37,85^{\circ}\text{C}$, а највећа вредност температуре амбијенталног ваздуха износи $40,03^{\circ}\text{C}$. Најмања брзина ветра износи $0,04\text{ m/s}$, максимална $3,56\text{ m/s}$, док је медијална брзина ветра $0,76\text{ m/s}$.
- 22.00 часа – на термовизијском приказу на слици 9.39 нема разлика у визуелном представљању температура ваздуха у 22.00 часа између посматраних варијанти. Минимална вредност температуре амбијенталног

ваздуха износи $25,32^{\circ}\text{C}$, док је максимална температура амбијенталног ваздуха $28,85^{\circ}\text{C}$. Минимална брзина ветра износи $0,01\text{ m/s}$, максимална износи $2,10\text{ m/s}$, а медијална брзина ветра износи $0,16\text{ m/s}$. Упоредном анализом минималних и максималних температура ваздуха са варијантом ББ примећују се разлике у температури за максималних $0,21^{\circ}\text{C}$. Ова разлика јавља се у југоисточном делу посматране локације, ван граница блока (на ободној саобраћаници).

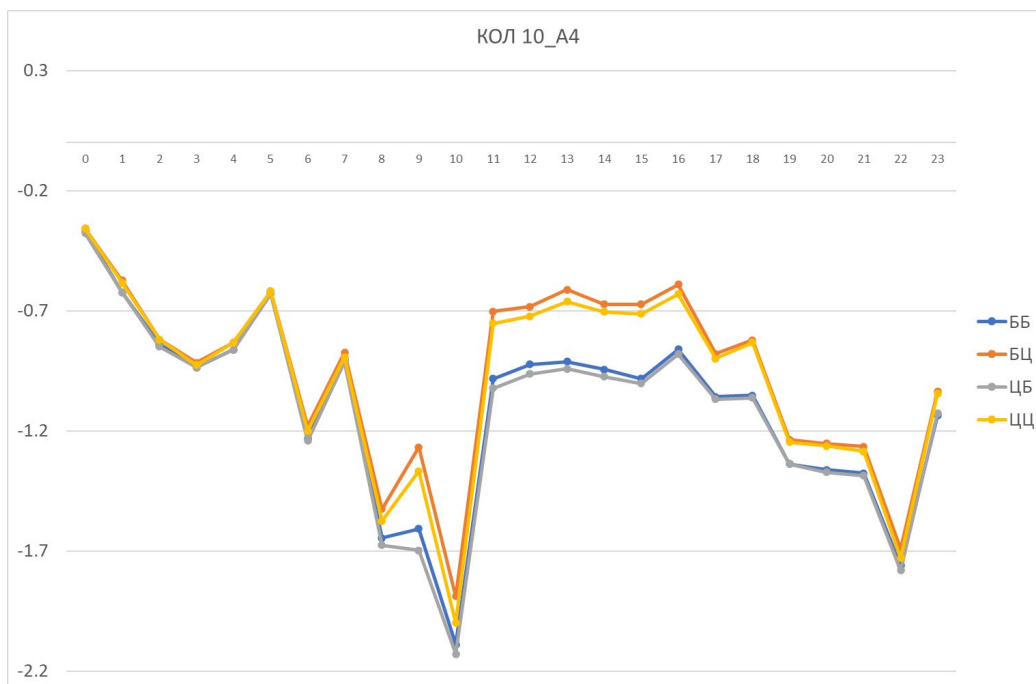
Ниска вредност албеда материјала објекта и висока вредност албеда поплочања (ЦБ):

- 15.00 часова – Вредности температуре амбијенталног ваздуха на термовизијском снимку показују најниже вредности код варијанте ЦБ. Разлике у температурама амбијенталног ваздуха између варијанти ББ и ЦБ нису значајне и оне износе највише $0,02^{\circ}\text{C}$ у упоредној анализи максималних и минималних вредности температура амбијенталног ваздуха, али је опажање ових разлика значајно због позитивног утицаја ниских вредност албеда материјала објекта на смањење температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока. Значајност високих вредности албеда поплочања је многоструко већа од значајности ниских вредности материјала објекта у погледу смањења температуре ваздуха на нивоу урбаног блока, што је показано и термовизијским снимком варијанте ЦБ. Минимална вредност температуре амбијенталног ваздуха износи $37,41^{\circ}\text{C}$, а максимална вредност износи $39,19^{\circ}\text{C}$. Минимална брзина ветра је $0,04\text{ m/s}$, максимална брзина ветра је $3,52\text{ m/s}$, док је медијална брзина $0,77\text{ m/s}$.
- 22.00 часа – Термовизијски приказ температуре ваздуха у 22.00 часа варијанте ЦБ са слике 9.39 показује идентичне вредности температуре амбијенталног ваздуха као и термовизијски прикази температуре амбијенталног ваздуха варијанти ББ и БЦ. Минимална температура амбијенталног ваздуха износи $25,23^{\circ}\text{C}$ док је максимална вредност температуре амбијенталног ваздуха $28,7^{\circ}\text{C}$. Минимална брзина ветра износи $0,01\text{ m/s}$, максимална износи $2,07\text{ m/s}$, а медијална брзина ветра износи $0,16\text{ m/s}$.

Ниска вредност албеда материјала објекта и ниска вредност албеда поплочања:

- 15.00 часова – Приликом анализе термовизијског приказа на слици 9.39 уочене су приближне вредности температуре амбијенталног ваздуха модела ЦЦ моделу БЦ, што је очекивано, јер је установљен доминантан значај албеда материјала поплочања у температури амбијенталног ваздуха. Температура амбијенталног ваздуха варијабле ЦЦ бележи незнатно мање вредности у односу на варијаблу БЦ чиме се као и у анализи варијабле ЦБ закључује да низак албедо материјала објекта утиче позитивно на смањење температуре амбијенталног ваздуха блока. Разлог за овакве вредности је тај што материјали са ниским вредностима албеда смањују рефлексију топлотне енергије у амбијентални ваздух чиме утичу на смањење температуре амбијенталног ваздуха. Додатни бенефит материјала фасада коришћеног у симулацијама јесте вредност специфичне топлоте материјала од 1032,80 J/kg*К која указује на релативно високу вредност енергије потребне за загревање материјала. Висока вредност специфичне топлоте указује на способност материјала да апсорбује већу количину енергије без значајне промене температуре самог материјала [110]. Минимална вредност температуре амбијенталног ваздуха износи 37,84°C, а максимална вредност износи 40,01°C. Брзина ветра се креће у распону од 0,04 m/s до 3,57 m/s, а медијална вредност брзине ветра износи 0,77 m/s.
- 22.00 часа – Вредности температуре амбијенталног ваздуха се крећу у распону од 25,30°C до 28,85°C. Ове вредности приближно се поклапају са вредностима осталих варијанти у погледу максималних и минималних температура ваздуха мерених у 22.00 часа. Брзина ветра, као и температура амбијенталног ваздуха не разликује се од брзине ветра осталих модела и износи минимално 0,01 m/s, максимално 2,10 m/s, а медијална брзина ветра износи 0,16 m/s.

На слици 9.40 приказане су разлике медијалне температуре посматраних варијанти са различитим комбинацијама вредност албеда материјала објекта и поплочања и почетних података температуре ваздуха унетих у софтверски пакет ENVImet модела колективног становања КОЛ 10_A4.



Слика 9.40. Медијалне температуре амбијенталног ваздуха блока за различите варијанте материјализације објеката и поплочања модела КОЛ 10_A4

У периоду од 0.00 до 10.00 часова све варијанте материјализације објеката и поплочања показују пад температуре амбијенталног ваздуха. Од 0.00 до 8.00 часова ујутру готово да нема разлике у вредностима температуре амбијенталног ваздуха између посматраних варијанти. У периоду од 8.00 до 10.00, када почиње интензивније загревање блока, долази до раслојавања података, тако да најниже температуре амбијенталног ваздуха показује варијанта ЦБ, затим ББ, варијанте ЦЦ и БЦ бележе значајнији скок вредност температура амбијенталног ваздуха, при чему највеће вредности температуре ваздуха показује варијанта БЦ. У периоду од 10.00 до 11.00 часова долази до наглог скока разлике у температури амбијенталног ваздуха варијанти у односу на улазне податке температуре ваздуха. У периоду од 16.00 часова долази до уравнотежења температуре амбијенталног ваздуха, када се јавља и највећа диференцијација у температурама амбијенталног ваздуха између варијанти које имају низак и висок алbedo материјала поплочања. Унутар групе варијанти са ниским вредностима албеда поплочања као ефикаснији модел у погледу смањења температуре амбијенталног ваздуха издваја се ЦЦ (модел са ниским албедом материјала објеката), док се у групи варијанти са високим вредностима албеда поплочања као ефикаснији у погледу смањења температуре амбијенталног ваздуха издваја варијанта ЦБ (модел са ниским албедом материјала поплочања). У периоду од 16.00 до 22.00 часа долази до тренда пада температуре

амбијенталног ваздуха код свих варијанти и до приближавања вредности свих варијанти, да би у 22.00 часа скоро све варијанте имале исте вредности медијалних температура амбијенталног ваздуха.

Просечне дневне разлике у температури амбијенталног ваздуха посматраних варијанти у односу на почетне вредности температуре унете у софтверски пакет износе:

- Висока вредност албеда материјала објеката и поплочања (ББ): $-1,10^{\circ}\text{C}$
- Висока вредност албеда материјала објеката и ниска вредност албеда материјала поплочања (БЦ): $-0,96^{\circ}\text{C}$
- Ниска вредност албеда материјала објеката и висока вредност албеда материјала поплочања (ЦБ): $-1,12^{\circ}\text{C}$
- Ниска вредност албеда материјала објеката и поплочања (ЦЦ): $-0,97^{\circ}\text{C}$

Највећи пад разлике у температури амбијенталног ваздуха блока у односу на почетне податке бележе варијанте ББ и ЦБ који као заједничку карактеристику имају високу вредност албеда материјала поплочања. Њихова вредност износи у просеку на дневном нивоу $-1,11^{\circ}\text{C}$, док варијанте које имају ниску вредност албеда материјала поплочања показују за око 13% мању ефикасност у снижавању температуре амбијенталног ваздуха блока на дневном нивоу.

9.3.4 Анализа физиолошки еквиваленте температуре (ПЕТ) за варијантна решења коришћења различитих вредност албеда материјала објеката и поплочања на моделу колективног становања КОЛ 10_А4

Како би се извршила анализа варијанти према категоријама физиолошког стреса и одабрала најповољнија и најнеповољнија варијанта, посматраће се два кључна аспекта: најповољнија варијанта модела ће бити она која има највећи број сати у категоријама угодно (18°C до 23°C) и топло угодно (23°C до 29°C), јер оне представљају оптималне услове за комфор без значајног физиолошког стреса, док ће најнеповољнија варијанта модела бити она која има највећи број сати у екстремним категоријама као што су екстремно топло (више од 41°C) и веома топло (35°C до 41°C), које указују на висок ниво физиолошког стреса.

Табела 9.30 Вредности ПЕТ и категорије ПЕТ за варијанте ББ, БЦ, ЦБ и ЦЦ предикционог модела КОЛ 10_A4

сати	КОЛ ББ	КОЛ БЦ	КОЛ ЦБ	КОЛ ЦЦ
0.00	18.43	18.52	18.42	18.5
1.00	17.14	17.2	17.13	17.18
2.00	16.94	17.03	16.94	17.02
3.00	17.1	17.19	17.08	17.16
4.00	16.68	16.78	16.67	16.76
5.00	17.46	17.44	17.35	17.33
6.00	19.25	19.14	19	18.91
7.00	23.69	23.22	23.08	22.7
8.00	25.6	25.22	24.82	24.4
9.00	29.92	29.46	28.66	27.98
10.00	34.38	33.31	32.77	31.9
11.00	36.67	36.44	35.22	35.03
12.00	39.98	39.53	38.18	38.17
13.00	40.63	40.6	39.4	39.15
14.00	40.48	40.94	39.09	39.5
15.00	39.98	40.69	38.93	39.56
16.00	39.2	40.69	38.27	38.83
17.00	35.9	40.02	35.25	35.82
18.00	33.7	36.62	33.36	34.08
19.00	29.28	34.55	29.15	29.9
20.00	27.24	30.1	27.17	27.83
21.00	25.04	27.96	24.98	25.5
22.00	23.27	25.59	23.25	23.79
23.00	22.05	23.87	22.03	22.36

Дневне вредности ПЕТ са одговарајућим категоријама физиолошког стреса за варијанте комбинације материјализације фасада објеката и поплочања урбаног блока са различитим вредностима албеда ББ, БЦ, ЦБ и ЦЦ предикционог модела КОЛ 10 са варијантом озелењавања А4 (зелени кров, партерно зеленило и дрворед) приказане у табели 9.30 указују на најмању ефикасност варијанте материјализације БЦ, чија је карактеристика примена материјала високе вредност албеда у материјализацији фасада објеката и материјала ниске вредности албеда у материјализацији поплочања урбаног блока колективног становања. Карактеристика свих посматраних варијанти јесте одсуство категорије физиолошког стреса екстремно топло.

Анализа категорија физиолошког стреса варијанте материјализације:

- *ББ – Материјал високог албеда на фасадама објеката и материјал високог албеда у поплочању урбаног блока*

Категорија физиолошког стреса веома топло, на примеру варијанте ББ јавља се 7 пута. Дневна просечна вредност ПЕТ износи $27,92^{\circ}\text{C}$, а просечна вредност ПЕТ за интервале који се налазе у категорији веома топло износи $38,98^{\circ}\text{C}$.

- *БЦ – Материјал високог албеда на фасадама објеката и материјал ниског албеда у поплочању урбаног блока*

Категорија физиолошког стреса веома топло, на примеру варијанте БЦ јавља се 8 пута. Дневна просечна вредност ПЕТ износи $28,83^{\circ}\text{C}$, а просечна вредност ПЕТ за интервале који се налазе у категорији веома топло износи $39,44^{\circ}\text{C}$.

- *ЦБ – Материјал ниског албеда на фасадама објеката и материјал високог албеда у поплочању урбаног блока*

Категорија физиолошког стреса веома топло, на примеру варијанте ЦБ јавља се 7 пута. Дневна просечна вредност ПЕТ износи $27,34^{\circ}\text{C}$, а просечна вредност ПЕТ за интервале који се налазе у категорији веома топло износи $37,76^{\circ}\text{C}$.

- *ЦЦ – Материјал ниског албеда на фасадама објеката и материјал ниског албеда у поплочању урбаног блока*

Категорија физиолошког стреса веома топло, на примеру варијанте ЦЦ јавља се 7 пута. Дневна просечна вредност ПЕТ износи $27,47^{\circ}\text{C}$, а просечна вредност ПЕТ за интервале који се налазе у категорији веома топло износи 38°C .

Варијанта употребе материјала ниског албеда на фасадама објеката и материјала високог албеда у поплочању урбаног блока (ЦБ) је на основу извршене анализе одабрана као најповољније варијантно решење у погледу топлотног комфора за боравак људи у урбаном блоку колективног становања затвореног типа изградње блока и варијантом озелењавања са зеленим кровом, партерним зеленилом и дрворедом. Просечне дневне вредности ПЕТ показују ниже вредности од просечних вредности ПЕТ за остале варијанте и то: $-0,575^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту ББ, $-1,496^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту БЦ и $-0,132^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту ЦЦ. Такође, просечна вредност ПЕТ за интервале који се налазе у категоријама физиолошког стреса екстремно топло и веома топло варијанте ЦБ има ниже вредности од осталих варијанти за: $-1,214^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту ББ, $-1,678^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту БЦ и $-0,245^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту ЦЦ.

10 ЗАКЉУЧАК

У раду су спроведена истраживања која обухватају утицај геометрије, имплементације зелених површина, као и материјализације објеката и поплочања изграђене структуре блока на микроклиму урбаног блока намењеног индивидуалном и колективном становању.

На основу спроведене анализе микроклиматских параметара као што су медијална температура и брзина ветра, као и физиолошки еквивалентна температура и категорија топлотног стреса корисника простора посматраног блока може се закључити:

- Геометрија урбаног блока намењеног индивидуалном становању (модел ИНД1 – слободностојећи објекти, модел ИНД2 – двојни објекти, модел ИНД3 – објекти у низу), не утиче значајно на промену медијалне температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока. Графици кретања медијалних температура ваздуха на нивоу блока у току посматраног периода од 24 часа за све варијанте модела индивидуалног становања (ИНД 1, ИНД 2 и ИНД 3) показују исти тренд, а највећа забележена разлика у медијалним температурама забележена је у 9.00 часова када предикциони модел ИНД 3 бележи медијалну температуру амбијенталног ваздуха за $0,15^{\circ}\text{C}$ већу од медијалне температуре ваздуха предикционог модела ИНД1, а $0,14^{\circ}\text{C}$ већу медијалну температуру ваздуха од температуре ваздуха предикционог модела ИНД 2. Просечна дневна медијална температура износи $30,4^{\circ}\text{C}$ код свих предикционих модела индивидуалног становања (ИНД 1, ИНД 2 и ИНД 3). На основу анализе може се закључити да геометрија урбаног блока при анализи индивидуалног типа становања, спратне висине П+1 нема утицај на промену параметара микроклиме без обзир на тип објеката (слободностојећи, двојни и објекти у низу).
- Геометрија урбаног блока намењеног колективном становању (модел КОЛ1, КОЛ2, КОЛ3.1, КОЛ3.2, КОЛ4, КОЛ5, КОЛ6, КОЛ7, КОЛ8, КОЛ9 и КОЛ10) показује утицај на медијалну температуру амбијенталног ваздуха урбаног блока, нарочито у периоду од 10.00 часова ујутру до 15.00 часова поподне, а највећа разлика у медијалним температурама амбијенталног ваздуха јавља се у 14.00 часова између предикционих модела КОЛ 9 (вредност медијалне температуре амбијенталног у 14.00 часова износи $38,91^{\circ}\text{C}$) и КОЛ 10

(вредност медијалне температуре амбијенталног у 14.00 часова износи $38,56^{\circ}\text{C}$). У периоду од 0.00 до 9.00, као и у периоду дана од 18.00 до 23.00 разлике у медијалним температурама посматраних варијанти модела су занемарљиве и износе највише $0,17^{\circ}\text{C}$ у 20.00 часова између предикционих модела КОЛ 4 (вредност медијалне температуре амбијенталног у 20.00 часова износи $34,97^{\circ}\text{C}$) и КОЛ 3.2 (вредност медијалне температуре амбијенталног у 20.00 часова износи $34,8^{\circ}\text{C}$). Варијанта модела КОЛ 10 (затворена ивична изградња блока) показује најбоље резултате у погледу смањења медијалне температуре амбијенталног ваздуха урбаног стамбеног блока намењеног колективном становању у периоду од 10.00 до 15.00 часова. Просечна дневна медијална температура на нивоу блока за све предикционе моделе колективног становања износи $30,3^{\circ}\text{C}$. На основу анализе закључује се да међусобни положај објеката и организација објеката у оквиру стамбеног блока колективног становања утичу на формирање локалних циркулационих зона и зона засенчења, које могу да позитивно утичу на микроклиматске параметре блока у најтоплије доба дана. Највећи утицај на побољшање микроклиматских параметара показује затворени тип ивичне изградње који доводи до значајног смањења утицаја ветра на унутрашњост стамбеног блока и на дуже задржавање хладног ваздуха унутар блока у најтоплије доба дана, али и на задржавање топлог ваздуха у унутрашњости блока у најхладније доба дана.

- Приликом анализе предикционих модела отвореног типа изградње, варијанта модела стамбеног блока колективног становања КОЛ 2 је на основу анализе мерних места и расподеле температуре амбијенталног ваздуха на нивоу урбаног блока у нивоу кретања пешака, као и због уједначеног дејства ветра на нивоу блока изабрана као повољнија и изабрана за даље анализе.
- Предикциони модели од КОЛ 3 до КОЛ 9 који припадају групи модела полуотвореног блока анализирани су у паровима, према изграђеној структури блока. Приликом анализе предикционих модела КОЛ 3.1 и КОЛ 3.2, варијанта модела КОЛ 3.1 одабрана је као повољнија за даље анализе због тога што су у највећем делу дана вредности температура амбијенталног ваздуха показале мање осцилације од почетних вредности температура амбијенталног ваздуха унетих у софтверски пакет од температура ваздуха варијанте модела КОЛ 3.2. Анализом варијанти модела КОЛ 4 и КОЛ 5 установљено је да варијанта КОЛ 4 има ефикаснији утицај на смањење температуре амбијенталног ваздуха на

нивоу блока и да су осцилације у брзини ветра на већини одабраних мерних места мање него код модела КОЛ 5. на основу чега је предикциони модел КОЛ 4 одабран за даљу анализу. Приликом анализе геометрије предикционих модела КОЛ 6 и КОЛ 7, предикциони модела КОЛ 6 одабран је за даљу анализу на основу ближих вредности температуре амбијенталног ваздуха почетним вредностима температуре унетим у софтверски пакет, као и на основу мање брзине ветра на посматраним мерним местима у унутрашњости блока. Предикциони модел КОЛ 9 је одабран као повољнији приликом анализе предикционих модела КОЛ 8 и КОЛ 9, на основу података о температури амбијенталног ваздуха на одабраним мерним местима. Вредности температуре амбијенталног ваздуха предикционог модела КОЛ 9 имају мање осцилације у односу на почетне податке о температури амбијенталног ваздуха унете у софтверски пакет.

- Предикциони модел КОЛ 10 одабран је за даљу анализу као једини представник модела затвореног типа изградње урбаног стамбеног блока намењеног колективном становању.
- Варијанте озелењавања предикционих модела индивидуалног становања ИНД 1, ИНД 2 и ИНД 3 са комбинацијом вертикалног зеленила А4 и А5 (А4 – зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило и А5 – зелени кров, партерно зеленило и дрворед) показују већи степен ефикасности у снижавању температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока стамбене функције у односу на варијанте озелењавања које имају искључиво хоризонтално зеленило (А2 – зелени кров и А3 – зелени кров и партерно зеленило). У односу на анализу утицаја геометрије на промену дневне медијалне температуре амбијенталног ваздуха блока, варијанта озелењавања А2 има нижу вредност просечне дневне медијалне температуре амбијенталног ваздуха за 0,02°C, варијанта озелењавања А3 нижу за 0,15°C, варијанта озелењавања А4 нижу за 0,28°C, а варијанта озелењавања А5 нижу за 0,86°C. Повећањем евапотранспирације количине зеленила у оквиру посматране локације долази до снижавања температуре урбаног блока. Поред повећања евапотраспирације, долази и до повећања засенчења на нивоу кретања пешака што доводи до снижавања температуре амбијенталног ваздуха у нивоу кретања пешака.

- Варијанте озелењавања предикционих модела колективног становања КОЛ 2, КОЛ 3, КОЛ 4, КОЛ 6, КОЛ 9 и КОЛ 10 са комбинацијом вертикалног зеленила А3 и А4 (А4 – зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило и А5 – зелени кров, партерно зеленило и дрворед) показују већи степен ефикасности у снижавању температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока стамбене функције у односу на варијанту озелењавања која има искључиво хоризонтално зеленило (А2 – зелени кров и партерно зеленило). У односу на анализу утицаја геометрије на промену дневне медијалне температуре амбијенталног ваздуха блока, варијанта озелењавања А2 има нижу вредност просечне дневне медијалне температуре амбијенталног ваздуха за $0,07^{\circ}\text{C}$, варијанта озелењавања А3 нижу за $0,26^{\circ}\text{C}$, а варијанта озелењавања А4 нижу за $0,93^{\circ}\text{C}$.
- Без обзира на величину и положај објеката у оквиру блока, може се закључити да зеленило код модела индивидуалног и колективног становања показује сличан утицај на смањење просечних дневних вредности температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока. Партерно зеленило и зелени кров на примеру индивидуалног становања, просечно утичу на смањење медијалне дневне температуре амбијенталног ваздуха за $0,15^{\circ}\text{C}$, док на примеру колективног становања просечно утичу на смањење медијалне дневне температуре амбијенталног ваздуха за $0,07^{\circ}\text{C}$. Партерно зеленило, зелена фасада и зелени кров на примеру индивидуалног становања, просечно утичу на смањење медијалне дневне температуре амбијенталног ваздуха за $0,28^{\circ}\text{C}$, док на примеру колективног становања просечно утичу на смањење медијалне дневне температуре амбијенталног ваздуха за $0,26^{\circ}\text{C}$. На примеру озелењавања блока партерним зеленилом, зеленим кровом и дрворедом, модели индивидуалног становања показују просечно смањење медијалне дневне температуре амбијенталног ваздуха за $0,86^{\circ}\text{C}$, док модели колективног становања показују просечно смањење медијалне дневне температуре амбијенталног ваздуха за $0,93^{\circ}\text{C}$. На основу података закључујемо да геометрија објекта у оквиру предикционог блока у истраживању има мањи утицај на промену медијалне температуре амбијенталног ваздуха од примене зелених површина и њихових карактеристика.
- Варијанта озелењавања урбаног блока индивидуалног становања, код модела ИНД1, ИНД2 и ИНД3, А5 – зелени кров, партерно зеленило и дрворед, има

око 3,5 пута већу способност смањења температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока у односу на варијанту озелењавања урбаног блока А4 – зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило

- Најповољнији модел индивидуалног становања у погледу примене варијанти озелењавања, са аспекта вредности физиолошки еквивалентне температуре (ПЕТ) и категоризације физиолошког стреса је модел ИНД 1, варијанта имплементације зеленила А5 – зелени кров, партерно зеленило и дрворед са просечном дневном вредности ПЕТ 30,91°C.
- Варијанта озелењавања урбаног блока колективног становања, код одабраних модела КОЛ2, КОЛ3, КОЛ4, КОЛ6, КОЛ9 и КОЛ10, А4 – зелени кров, партерно зеленило и дрворед, има од 3,3 (модел КОЛ10) до 4,4 (модел КОЛ9) пута већу способност смањења температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока у односу на варијанту озелењавања урбаног блока А3 – зелени кров, зелена фасада и партерно зеленило.
- Најповољнији модел колективног становања у погледу примене варијанти озелењавања, са аспекта вредности физиолошки еквивалентне температуре (ПЕТ) и категоризације физиолошког стреса је модел КОЛ10, варијанта имплементације зеленила А4 – зелени кров, партерно зеленило и дрворед код ког, за разлику од осталих анализираних модела и варијанти, не долази до појаве екстремне топлоте као једне од категорија физиолошког стреса. Просечна вредност ПЕТ у току дана износи 27,90°C
- Примена материјала поплочања са високим вредностима албеда представља у анализи предикционих модела индивидуалног становања ИНД1_А5 доминантан фактор у материјализацији урбаног блока са аспекта снижавања температуре амбијенталног ваздуха урбаног стамбеног блока. Просечно дневно смањење температуре амбијенталног ваздуха у односу на почетне вредности температуре амбијенталног ваздуха модела са високим вредностима албеда поплочања износи 1°C, док варијанте модела које имају ниску вредност албеда материјала поплочања показују за око 35% мању ефикасност у снижавању температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока на дневном нивоу.
- Најповољнији модел индивидуалног становања у погледу примене различитих вредности албеда материјала фасада објеката и поплочања, са

аспекта вредности физиолошки еквивалентне температуре (ПЕТ) и категоризације физиолошког стреса је модел ИНД 1, варијанта имплементације зеленила А5 – зелени кров, партерно зеленило и дрворед, варијанта материјализације ЦЦ – материјал ниске вредности албеда фасада објеката и материјал ниске вредности албеда поплочања. Варијанта материјализације ЦЦ има ниже просечне вредности од осталих анализираних варијанти материјализације на дневном нивоу за: $2,96^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту ББ, $2,218^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту ЦБ и $0,548^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту БЦ.

- Примена материјала поплочања са високим вредностима албеда представља у анализи предикционих модела колективног становања КОЛ 10_А4 доминантан фактор у материјализацији урбаног блока са аспекта снижавања температуре амбијенталног ваздуха урбаног стамбеног блока. За разлику од анализе модела индивидуалног становања, код модела колективног становања, утицај материјала поплочања са високим вредностима албеда на смањење температуре ваздуха унутар блока показује највећи утицај у периоду од 9.00 до 21.00 часова, док је у остатку дана утицај материјала поплочања са високим вредностима албеда занемарљив у односу на моделе са применом материјала ниске вредности албеда поплочања. Просечно дневно смањење температуре амбијенталног ваздуха у односу на почетне вредности температуре амбијенталног ваздуха износи $1,11^{\circ}\text{C}$, док варијанте модела које имају ниску вредност албеда материјала поплочања показују за око 13% мању ефикасност у снижавању температуре амбијенталног ваздуха урбаног блока на дневном нивоу.
- Најповољнији модел колективног становања у погледу примене различитих вредности албеда материјала фасада објеката и поплочања, са аспекта вредности физиолошки еквивалентне температуре (ПЕТ) и категоризације физиолошког стреса је модел КОЛ10, варијанта имплементације зеленила А4 – зелени кров, партерно зеленило и дрворед, варијанта материјализације ЦБ – материјал ниске вредности албеда фасада објеката и материјал високе вредности албеда поплочања. Варијанта материјализације ЦБ има ниже просечне вредности од осталих анализираних варијанти материјализације на дневном нивоу за: $1,678^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту БЦ, $1,214^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту ББ и $0,245^{\circ}\text{C}$ у односу на варијанту ЦЦ.

11 ЛІТЕРАТУРА

- [1] S. Ziaul and S. Pal, “Modeling the effects of green alternative on heat island mitigation of a meso level town, West Bengal, India,” *Advances in Space Research*, vol. 65, no. 7, pp. 1789–1802, 2020, doi: 10.1016/j.asr.2019.12.031.
- [2] W. Ouyang, T. E. Morakinyo, C. Ren, and E. Ng, “The cooling efficiency of variable greenery coverage ratios in different urban densities: A study in a subtropical climate,” *Build Environ*, vol. 174, p. 106772, 2020, doi: 10.1016/j.buildenv.2020.106772.
- [3] A. Hami, B. Abdi, D. Zarehaghi, and S. Bin Maulan, “Assessing the thermal comfort effects of green spaces: A systematic review of methods, parameters, and plants’ attributes,” *Sustain Cities Soc*, vol. 49, no. December 2018, p. 101634, 2019, doi: 10.1016/j.scs.2019.101634.
- [4] F. De Luca and F. De Luca, “Sun and wind: Integrated environmental performance analysis for building and pedestrian comfort,” *Simulation Series*, vol. 51, no. 8, pp. 3–10, 2019, doi: 10.13140/RG.2.2.30011.67369.
- [5] S. Chatterjee *et al.*, “Simulating micro-scale thermal interactions in different building environments for mitigating urban heat islands,” *Science of the Total Environment*, vol. 663, pp. 610–631, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.299.
- [6] M. D. Lalošević, M. S. Komatina, M. V. Miloš, and N. R. Rudonja, “Green roofs and cool materials as retrofitting strategies for urban heat Island mitigation - Case study in Belgrade, Serbia,” *Thermal Science*, vol. 2018, no. 6, pp. 2309–2324, 2018, doi: 10.2298/TSCI171120086L.
- [7] H. M. P. I. K. Herath, R. U. Halwatura, and G. Y. Jayasinghe, “Modeling a Tropical Urban Context with Green Walls and Green Roofs as an Urban Heat Island Adaptation Strategy,” *Procedia Eng*, vol. 212, no. 2017, pp. 691–698, 2018, doi: 10.1016/j.proeng.2018.01.089.
- [8] J. Rodríguez-Algeciras, A. Tablada, M. Chaos-Yeras, G. De la Paz, and A. Matzarakis, “Influence of aspect ratio and orientation on large courtyard thermal conditions in the historical centre of Camagüey-Cuba,” *Renew Energy*, vol. 125, no. September, pp. 840–856, 2018, doi: 10.1016/j.renene.2018.01.082.

- [9] S. Tsoka, "Investigating the Relationship Between Urban Spaces Morphology and Local Microclimate: A Study for Thessaloniki," *Procedia Environ Sci*, vol. 38, pp. 674–681, 2017, doi: 10.1016/j.proenv.2017.03.148.
- [10] T. E. Morakinyo, K. W. D. Kalani, C. Dahanayake, E. Ng, and C. L. Chow, "Temperature and cooling demand reduction by green-roof types in different climates and urban densities: A co-simulation parametric study," *Energy Build*, vol. 145, pp. 226–237, 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.03.066.
- [11] W. Ouyang, T. E. Morakinyo, C. Ren, and E. Ng, "The cooling efficiency of variable greenery coverage ratios in different urban densities: A study in a subtropical climate," *Build Environ*, vol. 174, May 2020, doi: 10.1016/j.buildenv.2020.106772.
- [12] N. Abdollahzadeh and N. Bilorla, "Outdoor thermal comfort: Analyzing the impact of urban configurations on the thermal performance of street canyons in the humid subtropical climate of Sydney," *Frontiers of Architectural Research*, vol. 10, no. 2, pp. 394–409, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.foar.2020.11.006.
- [13] A. Salvati, M. Kolokotroni, A. Kotopouleas, R. Watkins, R. Giridharan, and M. Nikolopoulou, "Impact of reflective materials on urban canyon albedo, outdoor and indoor microclimates," *Build Environ*, vol. 207, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108459.
- [14] L. Krier, *Houses, Palaces_Cities*. London, UK: Academy Publications, 1994.
- [15] H. Frey, *Designing the city*. New York: E & FN Spon, 1999.
- [16] P. Panerai, J. Castex, J. C. Depaule, and I. Samuels, *Urban forms; the death and life of the urban block*. New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2004.
- [17] G. Towers, *At home in the city, an introduction to urban housing design*. Oxford: Architectural Press, 2005.
- [18] B. J. Scheurer, "COMPACT CITY POLICY : HOW EUROPE REDISCOVERED ITS HISTORY COMPACT CITY POLICY : HOW EUROPE REDISCOVERED ITS HISTORY AND MET RESISTANCE *," no. 2, 2007.
- [19] M. Oikonomou, "The transformation of the urban block in the European City The transformation of the urban block in the European City," no. July 2014, 2016.
- [20] P. Le, "Zakon o planiranju i izgradnji," *Službeni glasnik RS* 72/2009, 81/2009, 24/, 2011.

- [21] Foundation of the Hellenic World, “A Walk Through Ancient Priene.” [Online]. Available: <http://www.tholos254.gr/projects/priene/en/index.html>
- [22] P. K. Dağlı and C. Cengiz, “Urban Spatial Formations in the Historical Process,” *The most recent studies in science and art*, vol. 2, no. May, 2018.
- [23] L. Benevolo, *The History of the City*, First Edit. Cumberland, Rhode Island, U.S.A.: MIT Press, 1980.
- [24] L. Hilberseimer, *The Nature of Cities: Origin, Growth and Decline, Pattern and Form, Planning Problems*. Chicago: P. Theobald, 1955.
- [25] S. Kostof, *The city shaped*. London, UK: Thames and Hudson, 1991.
- [26] H. Bodenschatz, *Berlin Urban Design*, 2nd Revise. Berlin, Germany: DOM Publishers, 2013.
- [27] P. P. de Moncan and C. Heurteux, *Le Paris d’Haussmann*, EBook. Paris, France: Ed. du Mecene, 2002.
- [28] W. Sonne, “Dwelling in the metropolis: Reformed urban blocks 1890-1940 as a model for the sustainable compact city,” *Prog Plann*, vol. 72, no. 2, pp. 53–149, 2009, doi: 10.1016/j.progress.2009.06.001.
- [29] S. Komossa, *The Dutch Urban Block and the Public realm*. Vantilt, Netherlands, 2010.
- [30] L. Corbusier, *Urbanisme*, 1st editio. Paris, France: Les Editions G. Cres & Cie, Paris, 1925.
- [31] SedaMercan, “Le Corbusier from The Athens Charter (1943).” [Online]. Available: <https://sedamercan.wordpress.com/2016/04/08/le-corbusier-from-the-athens-charter-1943/>
- [32] L. Vukajlov, “ULOGA URBANOG I RURALNOG BLOKA U FORMIRANJU STRUKTURE I IDENTITETA NASELJA U VOJVODINI,” Univerzitet u Novom Sadu, 2010.
- [33] M. Милосављевић, *Климатологија*, 10. издање. Београд: Научна књига, 1990.
- [34] A. M. , D. Rizwan, L. Y. Dennis, and C. Liu, “A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island,” *Journal of Environmental Sciences*, vol. 20, no. 1, pp. 120–128, 2008.

- [35] M. Palme and A. Salvati, "Urban microclimate modelling for comfort and energy studies," *Urban Microclimate Modelling for Comfort and Energy Studies*, pp. 1–556, 2021, doi: 10.1007/9783030654214.
- [36] Health and Safety Executive, "The six basic factors of Thermal Comfort." [Online]. Available: <https://www.hse.gov.uk/temperature/thermal/factors.htm>
- [37] C. Y. Kuo, R. J. Wang, Y. P. Lin, and C. M. Lai, "Urban design with the wind: Pedestrian-level wind field in the street canyons downstream of parallel high-rise buildings," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 11, Jun. 2020, doi: 10.3390/en13112827.
- [38] T. E. Morakinyo, K. K. L. Lau, C. Ren, and E. Ng, "Performance of Hong Kong's common trees species for outdoor temperature regulation, thermal comfort and energy saving," *Build Environ*, vol. 137, pp. 157–170, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.buildenv.2018.04.012.
- [39] H. Akbari *et al.*, "Local climate change and urban heat island mitigation techniques - The state of the art," *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 22, no. 1, pp. 1–16, Jan. 2016, doi: 10.3846/13923730.2015.1111934.
- [40] S. Thorsson, F. Lindberg, I. Eliasson, and B. Holmer, "Measurements of Mean Radiant Temperature in Different Urban Structures," *Sixth International Conference on Urban Climate*, no. November 2014, pp. 867–870, 2006.
- [41] A. Вукадиновић, "Каузална експланација топлотног комфора стамбеног објекта са стакленом верандом и емисије полутаната који настају сагоревањем фосилних горива," Ниш, 2020.
- [42] J. Радосављевић, Т. Павловић, and М. Ламбић, *Соларна енергија и одрживи развој*. Грађевинска књига, 2010.
- [43] М. Милосављевић, *Метеорологија*, Седмо изда. Београд: Научна књига, 1982.
- [44] Р. Ивановић and Ј. Јањић, *Речник основних метеоролошких појмова*. Косовска Митровица: Градска библиотека "Вук Караџић," 2005.
- [45] Z. Tan, K. K. L. Lau, and E. Ng, "Urban tree design approaches for mitigating daytime urban heat island effects in a high-density urban environment," *Energy Build*, vol. 114, pp. 265–274, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2015.06.031.

- [46] M. F. Shahidan, P. J. Jones, J. Gwilliam, and E. Salleh, "An evaluation of outdoor and building environment cooling achieved through combination modification of trees with ground materials," *Build Environ*, vol. 58, pp. 245–257, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.buildenv.2012.07.012.
- [47] D. Bruse, *Decoding Urban Nature*. Essen: ENVI_MET GmbH, 2017.
- [48] F. Salata, I. Golasi, R. de Lieto Vollaro, and A. de Lieto Vollaro, "Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data," *Sustain Cities Soc*, vol. 26, pp. 318–343, 2016, doi: 10.1016/j.scs.2016.07.005.
- [49] M. Parry and T. J. Chandler, "The Climate of London By Luke Howard," *Geogr J*, vol. 132, no. 1, p. 84, 1966, doi: 10.2307/1793062.
- [50] L. Gartland, *Heat Islands: Understanding and mitigating heat in urban areas*, vol. 9781849771. 2012. doi: 10.4324/9781849771559.
- [51] P. Berdahl and S. E. Bretz, "Preliminary survey of the solar reflectance of cool roofing materials," vol. 25, pp. 149–158, 1997.
- [52] M. C. de C. T. Amorim, V. Dubreuil, and A. T. Amorim, "Day and night surface and atmospheric heat islands in a continental and temperate tropical environment," *Urban Clim*, vol. 38, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.uclim.2021.100918.
- [53] U. S. E. Protection and A. Programs, "Reducing Urban Heat Islands : Compendium of Strategies Urban Heat Island Basics".
- [54] D. E. Bowler, L. Buyung-Ali, T. M. Knight, and A. S. Pullin, "Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence," *Landscape and Urban Planning*, vol. 97, no. 3. Elsevier, pp. 147–155, 2010. doi: 10.1016/j.landurbplan.2010.05.006.
- [55] M. Stanić, "Navodnjavanje," Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2017.
- [56] G. yu QIU, H. yong LI, Q. tao ZHANG, W. CHEN, X. jian LIANG, and X. ze LI, "Effects of Evapotranspiration on Mitigation of Urban Temperature by Vegetation and Urban Agriculture," *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 12, no. 8. pp. 1307–1315, Aug. 2013. doi: 10.1016/S2095-3119(13)60543-2.

- [57] H. A. Cleugh and T. R. Oke, "Suburban-rural energy balance comparisons in summer for Vancouver, B.C.," *Boundary Layer Meteorol*, vol. 36, no. 4, pp. 351–369, 1986, doi: 10.1007/BF00118337.
- [58] C. S. B. Grimmond and T. R. Oke, "Comparison of heat fluxes from summertime observations in the suburbs of four North American cities," *Journal of Applied Meteorology*, vol. 34, no. 4, pp. 873–889, 1995. doi: 10.1175/1520-0450(1995)034<0873:COHFFS>2.0.CO;2.
- [59] T. R. Oke, R. A. Spronken-Smith, E. Jáuregui, and C. S. B. Grimmond, "The energy balance of central Mexico City during the dry season," *Atmos Environ*, vol. 33, no. 24–25, pp. 3919–3930, 1999, doi: 10.1016/S1352-2310(99)00134-X.
- [60] Министарство грађевинарства саобраћаја и инфраструктуре, "Правилник о енергетској ефикасности зграда," *Службени гласник РС*, vol. 61. 2011. Accessed: Jan. 08, 2024. [Online]. Available: <https://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Pravilnik%20o%20energetske%20efikasnosti%20zgrada.pdf>
- [61] F. Incropera, D. Dewitt, T. Bergman, and A. Lavine, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, vol. 6. 2007.
- [62] I. Sarbu and C. Sebarchievici, "A comprehensive review of thermal energy storage," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 10, no. 1, 2018, doi: 10.3390/su10010191.
- [63] R. Dante, *Handbook of friction materials and their applications*. Woodhead Publishing, 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00634-7>.
- [64] J. A. Voogt and T. R. Oke, "Validation of urban canyon radiation model for nocturnal long-wave radiation fluxes," *Boundary Layer Meteorology*, vol. 54, pp. 347–361, 1991.
- [65] D. Ting, "Thermal Radiation," in *Thermofluids - From Nature to Engineering*, Academic Press, 2022, pp. 357–371.
- [66] A. Bejan, *Convection Heat Transfer*, 4. edition. John Wiley & Sons, 2013.
- [67] H. Landsberg, *The Urban Climate*, 1st Editio. Academic Press, 1981.
- [68] P. Bosselmann, E. Arens, K. Dunker, and R. Wright, "Urban form and climate: Case study, Toronto," *Journal of the American Planning Association*, vol. 61, no. 2, pp. 226–239, 1995, doi: 10.1080/01944369508975635.

- [69] R. Emmanuel and A. Loconsole, “Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region, UK,” *Landsc Urban Plan*, vol. 138, pp. 71–86, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.02.012.
- [70] P. Shahmohamadi, A. I. Che-Ani, K. N. A. Maulud, N. M. Tawil, and N. A. G. Abdullah, “The Impact of Anthropogenic Heat on Formation of Urban Heat Island and Energy Consumption Balance,” *Urban Studies Research*, vol. 2011, pp. 1–9, 2011, doi: 10.1155/2011/497524.
- [71] S. M. Khan and R. W. Simpson, “Effect of heat island on the meteorology of a complex urban airshed,” *Boundary Layer Meteorol*, vol. 100, no. 3, pp. 487–506, 2001, doi: 10.1023/A:1019284332306.
- [72] Department of Economic and Social Affairs, “World Urbanization Prospects the 2018 Revision,” New York, 2019. [Online]. Available: <https://population.un.org/wup/Download/>
- [73] R. Radović, *Forma grada*. Beograd: Građevinska knjiga, 2009.
- [74] A. Chatzidimitriou and S. Yannas, “Microclimate design for open spaces: Ranking urban design effects on pedestrian thermal comfort in summer,” *Sustain Cities Soc*, vol. 26, no. May, pp. 27–47, 2016, doi: 10.1016/j.scs.2016.05.004.
- [75] S. Sun *et al.*, “Evaluating the impact of urban green space and landscape design parameters on thermal comfort in hot summer by numerical simulation,” *Build Environ*, vol. 123, pp. 277–288, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.buildenv.2017.07.010.
- [76] B. Edwards, “The urban block as a tool for urban design The case of parklands, Nairobi,” 2015.
- [77] Australian Government, “Creating Places for People: An urban design protocol for Australian cities,” no. November, pp. 1–2, 2011.
- [78] Ron Kasprisin, *Urban Design: The Composition of Complexity*. Routledge, 2011.
- [79] “Proces urbanizacije,” Beograd: Ekonomski fakultet Beograd, 2014. [Online]. Available: <http://www.ekof.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2014/05/1-glava.pdf>
- [80] E. Of, G. Roofs, O. N. Urban, and S. Microclimate, “URBANO DE VERANO Tesis Doctoral,” 2015.

- [81] S. Hisham, A. Jarah, B. Zhou, R. J. Abdullah, Y. Lu, and W. Yu, "Urbanization and Urban Sprawl Issues in City Structure : A Case of the Sulaymaniah Iraqi Kurdistan Region," 2019, doi: 10.3390/su11020485.
- [82] A. Siksna, "The effects of block size and form in North American and Australian city centres," *Urban Morphology*, vol. 1, pp. 19–33, 1997.
- [83] S. Vanderhaegen and F. Canters, "Mapping urban form and function at city block level using spatial metrics," *Landsc Urban Plan*, vol. 167, no. November 2015, pp. 399–409, 2017, doi: 10.1016/j.landurbplan.2017.05.023.
- [84] T. Hermosilla, J. Palomar-Vázquez, Á. Balaguer-Beser, J. Balsa-Barreiro, and L. A. Ruiz, "Using street based metrics to characterize urban typologies," *Comput Environ Urban Syst*, vol. 44, pp. 68–79, 2014, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2013.12.002.
- [85] Б. Максимовић, *Урбанизам: основи пројектовања градова*. Београд: Грађевинска књига, 1957.
- [86] "Морфологија градског блока – анализа могућности примене у пројектовању и планирању," 2013.
- [87] L. Vukajlov, "ULOGA URBANOG I RURALNOG BLOKA U FORMIRANJU STRUKTURE I IDENTITETA NASELJA U VOJVODINI," Univerzitet u Novom Sadu, 2010.
- [88] H. Mohsen, R. Raslan, I. E.- Bastawissi, B. Environment, C. House, and U. W. Place, "OPTIMISING THE URBAN ENVIRONMENT THROUGH HOLISTIC MICROCLIMATE MODELLING: THE CASE OF BEIRUT ' S PERI -CENTER Faculty of Architectural Engineering , Beirut Arab University , Lebanon UCL Institute for Environmental Design and Engineering (IEDE), The Bar," 2015.
- [89] A. Synnefa, M. Santamouris, and I. Livada, "A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment," *Solar Energy*, vol. 80, no. 8, pp. 968–981, Aug. 2006, doi: 10.1016/j.solener.2005.08.005.
- [90] M. E. Hulley, "The urban heat island effect: Causes and potential solutions," *Metropolitan Sustainability: Understanding and Improving the Urban Environment*, pp. 79–98, 2012, doi: 10.1533/9780857096463.1.79.
- [91] Waterproofing d.o.o., "EPDM membrane." [Online]. Available: <http://www.waterproofing.rs/projects/epdm-membrane-2/>

- [92] M. Bajlon, “Stan u Beogradu,” *Архитектура Урбанизам*, vol. 74–77, 1975.
- [93] Fragmat S d.o.o., “Hidroizolacije.” [Online]. Available: <http://www.timizolirka.rs/gradzevinski-program/proizvodi/hidroizolacije>
- [94] Wienerberger d.o.o., “Katalog proizvoda inovacija Svetski lider u proizvodnji glinenih građevinskih materijala,” *Krovni sistemi*, Kanjiža, 2019.
- [95] T. J. Hawbaker, V. C. Radeloff, R. B. Hammer, and M. K. Clayton, “Road density and landscape pattern in relation to housing density, and ownership, land cover, and soils,” *Landsc Ecol*, vol. 20, no. 5, pp. 609–625, 2005, doi: 10.1007/s10980-004-5647-0.
- [96] D. Bruse, *Decoding Urban Nature*. Essen: ENVI_MET GmbH, 2017.
- [97] M. Dinić Branković and P. Mitković, “Proračun broja stanovnika i gustine naseljenosti,” Niš, 2020. [Online]. Available: <https://project.gaf.ni.ac.rs/earchi/node/124>
- [98] P. Le, “Zakon o planiranju i izgradnji,” *Službeni glasnik RS 72/2009, 81/2009, 24/*, 2011.
- [99] Meteotest and Meteororm, “Meteororm 8 Manual II: Theory Global Meteorological Database Version 8 Software and Data for Engineers , Planers and Education,” no. September, p. 84, 2020, [Online]. Available: https://meteororm.com/assets/downloads/mn80_software.pdf
- [100] H. M. P. I. K. Herath, R. U. Halwatura, and G. Y. Jayasinghe, “Evaluation of green infrastructure effects on tropical Sri Lankan urban context as an urban heat island adaptation strategy,” *Urban For Urban Green*, vol. 29, no. March 2017, pp. 212–222, 2018, doi: 10.1016/j.ufug.2017.11.013.
- [101] J. Y. Deng and N. H. Wong, “Impact of urban canyon geometries on outdoor thermal comfort in central business districts,” *Sustain Cities Soc*, vol. 53, p. 101966, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2019.101966.
- [102] K. Perini, A. Chokhachian, S. Dong, and T. Auer, “Modeling and simulating urban outdoor comfort: Coupling ENVI-Met and TRNSYS by grasshopper,” *Energy Build*, vol. 152, pp. 373–384, 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.07.061.
- [103] L. P. Muniz-Gaal, C. C. Pezzuto, M. F. H. de Carvalho, and L. T. M. Mota, “Urban geometry and the microclimate of street canyons in tropical climate,” *Build Environ*, vol. 169, p. 106547, 2020, doi: 10.1016/j.buildenv.2019.106547.

- [104] K. Fabbri, A. Ugolini, A. Iacovella, and A. P. Bianchi, “The effect of vegetation in outdoor thermal comfort in archaeological area in urban context,” *Build Environ*, vol. 175, no. March, p. 106816, 2020, doi: 10.1016/j.buildenv.2020.106816.
- [105] N. Petrovic, J. Radosavljevic, A. Vukadinovic, A. Kekovic, and N. Petrovic, “Effects of Different Types of Residential Block Greenery in Summer Conditions in Areas of Moderate Continental Climate on Thermal Comfort,” *Pol J Environ Stud*, vol. 32, no. 5, pp. 4241–4256, 2023, doi: 10.15244/pjoes/166160.
- [106] E. Chapman and I. Local, “Greening roofs in Europe and beyond Greening roofs in Europe and beyond,” no. October, 2019.
- [107] Living Roof Enterprises Ltd., “No Title,” Living Roofs and Walls from policy to practice. [Online]. Available: <https://livingroofs.org/>
- [108] G. Zhang, B. J. He, Z. Zhu, and B. J. Dewancker, “Impact of morphological characteristics of green roofs on pedestrian cooling in subtropical climates,” *Int J Environ Res Public Health*, vol. 16, no. 2, 2019, doi: 10.3390/ijerph16020179.
- [109] G. yu QIU, H. yong LI, Q. tao ZHANG, W. CHEN, X. jian LIANG, and X. ze LI, “Effects of Evapotranspiration on Mitigation of Urban Temperature by Vegetation and Urban Agriculture,” *J Integr Agric*, vol. 12, no. 8, pp. 1307–1315, 2013, doi: 10.1016/S2095-3119(13)60543-2.
- [110] P. Duda, “Heat Transfer Coefficient Distribution—A Review of Calculation Methods,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 3683, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/en16093683>.

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Немања Петровић рођен је у Нишу, где је завршио основну школу и гимназију Бора Станковић. Основне студије Архитектуре на Грађевинско-архитектонском факултету Универзитета у Нишу завршио је 2010. године са просечном оценом 9,14, а диплому мастер студија добио је 2012. године на Грађевинско-архитектонском факултету Универзитета у Нишу са просечном оценом 9,82, смер архитектонско-пројектантски. Током студија био је стипендиста Градске Општине Медијана (Фондација Света Петка), као и Фонда за младе таленте Републике Србије.

Од 2014. године, ангажован је у звању сарадника у настави и асистента на Академији техничко-васпитних струковних студија Ниш на основним струковним студијама: студијски програм Грађевинско инжењерство (на предметима: Нацртна геометрија, Рачунарска техника, Грађевинске конструкције, Рачунарска графика, Енергетска ефикасност у зградарству, Завршни радови и инсталације), студијски програм Инжењерство заштите животне средине (на предметима: Техничко цртање, Статистика и анализа) и студијски програм Архитектура (Основе архитектонског пројектовања, Грађевинско-архитектонске конструкције 1, Перспектива), као и на мастер струковним студијама: студијски програм Грађевинске конструкције и управљање грађењем (на предмету Конструктивни системи), студијски програм Управљање отпадом (на предмету Обрада и анализа података) и студијски програм Информационе технологије и системи (на предмету 3Д моделовање).

У досадашњем научно-истраживачком раду, Немања Петровић публиковао је 11 радова у међународним и националним часописима и око 20 радова на међународним и националним научним конференцијама.

Члан је Инжењерске коморе Србије и поседује лиценцу одговорног пројектанта архитектонских објеката, уређења слободних простора и унутрашњих инсталација водовода и канализације.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом

ОПТИМИЗАЦИЈА КОМПОЗИТНИХ ФАКТОРА УРБАНОГ СТАМБЕНОГ БЛОКА СА АСПЕКТА ПОБОЉШАЊА СТАЊА МИКРОКЛИМЕ

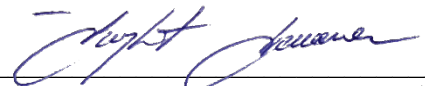
која је одбрањена на Факултету заштите на раду Универзитета у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да ову дисертацију, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављивао/ла на другим факултетима, нити универзитетима;
- да нисам повредио/ла ауторска права, нити злоупотребио/ла интелектуалну својину других лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, 18.01.2024.

Потпис аутора дисертације:



(Име, средње слово и презиме)

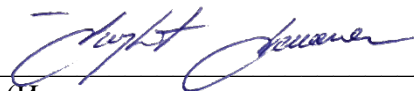
**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ЕЛЕКТРОНСКОГ И ШТАМПАНОГ ОБЛИКА
ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Наслов дисертације: **ОПТИМИЗАЦИЈА КОМПОЗИТНИХ ФАКТОРА УРБАНОГ
СТАМБЕНОГ БЛОКА СА АСПЕКТА ПОБОЉШАЊА СТАЊА
МИКРОКЛИМЕ**

Изјављујем да је електронски облик моје докторске дисертације, коју сам предао/ла за уношење у **Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу**, истоветан штампаном облику.

У Нишу, 18.01.2024.

Потпис аутора дисертације:


(Име, средње слово и презиме)

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу унесе моју докторску дисертацију, под насловом:

ОПТИМИЗАЦИЈА КОМПОЗИТНИХ ФАКТОРА УРБАНОГ СТАМБЕНОГ БЛОКА СА АСПЕКТА ПОБОЉШАЊА СТАЊА МИКРОКЛИМЕ

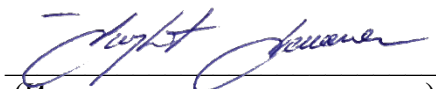
Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском облику, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прераде (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

У Нишу, 18.01.2024.

Потпис аутора дисертације:


(Име, средње слово и презиме)