



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ
ФАКУЛТЕТ

FACULTY OF NATURAL
SCIENCES AND MATHEMATICS



КЛИМАТСКЕ ПРИЛИКЕ У РАЗЛИЧИТИМ УРБАНИМ ЗОНАМА БАЊАЛУКЕ

-МАСТЕР РАД-

Ментор:
проф. др Горан Трбић

Студент:
Бојан Гарић

Бања Лука, 2022



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ
ФАКУЛТЕТ

FACULTY OF NATURAL
SCIENCES AND MATHEMATICS



КЛИМАТСКЕ ПРИЛИКЕ У РАЗЛИЧИТИМ УРБАНИМ ЗОНАМА БАЊАЛУКЕ

-МАСТЕР РАД-

Ментор:
проф. др Горан Трбић

Студент:
Бојан Гарић

Бања Лука, 2022



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ
ФАКУЛТЕТ

FACULTY OF NATURAL
SCIENCES AND MATHEMATICS



**URBAN CLIMATE CONDITIONS IN DIFFERENT BUILT-
UP ZONES IN BANJA LUKA**

-MASTER THESIS-

Mentor:
prof. PhD Goran Trbić

Student:
Bojan Garić

Banja Luka, 2022

Ментор: проф. др Горан Трбић, редовни професор, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет

Климатске прилике у различитим урбаним зонама Бањалуке

Резиме: Предмет истраживања су климатске прилике у различитим урбаним зонама Бањалуке. Истраживања урбане климе у свијету све више добијају на значају. 21. вијек је период трансформације градова, у смислу њиховог ширења и измјене просторно-функционалне организације града. Због све веће количине бетона у граду, асфалтираних улица, изградње бројних објеката различитих намјена, повећаног броја моторних возила у саобраћају, долази до измјене у атмосферским условима изнад града, који се одражавају на климу тог простора. Град са различитом структуром имаће другачије климатске услове од своје околине, а и због различите просторне структуре унутар самог града, поједини дијелови града имаће различите микроклиматске услове. Истраживање микроклиматских услова је битно због анализе утицаја климатских елемената на живот и здравље људи. Микроклиматска истраживања на подручју Бањалуке рађена су у периоду од 22. до 24. јуна 2021. године, током топлотног таласа, гдје су праћена четири различита климатска елемента: температура, влажност ваздуха, глобално зрачење и брзина вјетра, на три различите локације у граду. Мјерења су вршена на сваких 10 минута у периоду од 9 до 18 часова. Анализиране су минималне, максималне и просјечне вриједности за дате елементе. Рад има за циљ приказати постојеће разлике у микроклиматским условима у појединим зонама града, те да да представу о томе шта се може очекивати у наредном периоду.

Кључне ријечи: микроклима, климатски елементи, урбанизација, урбана климатологија, локалне климатске зоне, Бањалука.

Научна област: Физичка географија

Научно поље: Геонауке

Класификациона ознака према CERIF шифрарнику: P 005

Тип одабране лиценце Креативне заједнице: Ауторство - некомерцијално - дијелити под истим условима (CC BY-NC-SA)

Mentor: prof. PhD, Goran Trbić, full professor, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics

Urban climate conditions in different built-up zones in Banja Luka

Summary: The subject of the research is the climate conditions in different built-up urban zones in Banja Luka. Research into the urban climate in the world is gaining more and more importance. The 21st century is a period of transformation of cities, in terms of their expansion and changes in the spatial-functional organization of the city. Due to the increasing amount of concrete in the city, asphalted streets, the construction of numerous buildings of various purposes, the increased number of motor vehicles in traffic, there is a change in the atmospheric conditions above the city, which are reflected in the climate of that area. A city with a different structure will have different climate conditions from its surroundings, and due to the different spatial structure within the city itself, certain parts of the city will have different microclimatic conditions. The research of microclimate conditions is important because of the analysis of the influence of climatic elements on the life and health of people. Microclimate research in the area of Banja Luka was conducted from June 22 to 24, 2021, during a heat wave, where four different climate elements were monitored: temperature, air humidity, global radiation and wind speed at three different locations in the city. Measurements were made every 10 minutes in the period from 9 am to 6 pm. The minimum, maximum and average values for the given elements were analyzed. The aim of the work is to show the existing differences in certain zones, and to give directions for the future period.

Key words: microclimate, climate elements, urbanization, urban climatology, local climate zones, Banja Luka

Scientific field: Physical geography

Scientific field: Geosciences

Classification code according to the CERIF codebook: P 005

Creative Community license type selected: (CC BY-NC-SA)

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	8
1.1. Урбана климатологија.....	10
1.2. Урбано топлотно острво.....	14
1.3. Урбанизација.....	16
1.4. Локалне климатске зоне.....	19
2. ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА.....	21
3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА.....	26
3.1. Географски положај Бањалуке.....	26
3.2. Мјерења на терену.....	28
4. АНАЛИЗА И РЕЗУЛТАТИ РАДА.....	32
4.1. Микрометеоролошка мјерења.....	34
4.2. Температура ваздуха.....	36
4.3. Релативна влажност.....	37
4.4. Вјетар.....	38
4.5. Глобално зрачење.....	39
4.6. РЕТ.....	40
4.7. mРЕТ.....	42
5. ДИСКУСИЈА.....	45
6. ЗАКЉУЧАК.....	50
7. ЛИТЕРАТУРА.....	52

1. УВОД

Клима и климатске промјене су једно од најактуелнијих питања данашњице. Клима је један од главних фактора који утиче живот људи, како по питању привреде, тако и по питању здравља. Клима се дефинише као просјечно вишегодишње стање временских услова изнад неког мјеста, а елементи који чине климу су температура, влажност ваздуха, инсолација, правац и брзина вјетра, облачност, ваздушни притисак, падавине и сњежни покривач. Сви наведени елементи чине један климатски систем. Измјена само једног елемента утиче на друге елементе, а све то утиче на функционисање цијелог система.

Клима је природни фактор, који поред рељефа, водених површина и биљног и животињског свијета утиче на живот човјека и његово насељавање. Након прве, а потом друге и треће индустријске револуције долази до све већег процеса урбанизације и до све већег кретања становништва из правца село - град. Све веће насељавање утицало је на све већи удио укупног броја становника који живе у градовима.

Према процјенама UN-а током мјесеца новембра 2022. године број становника на планети Земљи ће износити 8 милијарди (United Nations, 2022). Дода ли се томе процес урбанизације који је стално у порасту, може се очекивати све веће насељавање градова и њихово ширење, на рачун природе и у том смислу изградњу све више објеката и саобраћајне инфраструктуре. Као једна од неповратних промјена као последица урбанизације је промјена земљишног покривача, односно намјена замљишта, које када се једном измијени обично остаје у таквој функцији, дугорчно без враћања у првобитно стање што се одражава на живот становника и мјеста у окружењу (Chen, 2017). Све веће бетонске површине, асфалти, издувни гасови из индустрије, саобраћаја и индивидуалних ложишта све више загађују животну средину и доприносе ефекту стаклене баште. Дакле, долази до измјена одређених елемената у атмосфери, а самим тим и до измјене одређених климатских елемената датог простора.

С обзиром на све већи напредак науке у свијету, данас се одређене науке продубљују и сужавају у својој свери истраживања и на тај начин дају конкретније и боље резултате. Исто тако у оквиру климатологије се извадају дисциплине које се посвећују само одређеним аспектима климе, као што су: палеоклиматологија, која изучава климатске прилике у геолошкој прошлости; агроклиматологија, која изучава односе климе и биљних култура; медицинска климатологија која изучава однос климе и човјека; урбана климатологија, која изучава климу града, итд.

Израда овог рада посвећена је урбаној климатологији, која изучава климатске прилике и услове у урбаној средини, конкретно на примјеру града Бањалуке. У раду су анализирана четири климатска елемента, температура, влажност ваздуха, глобално зрачење и брзина вјетра, за вријеме топлотног таласа од 22. до 24. јуна 2021. године.

Главна идеја рада је приказати различите микроклиматске услове у различитим урбаним дијеловима Бањалуке. Рад има за циљ да уз помоћ одређених метода прикаже на који начин и гдје су мјерени различити метеоролошки елементи, који су услови у урбаним зонама града, зашто се микроклиматски услови у тим зонама разликују, те да се дају неке смјернице за будући период.

1.1. Урбана климатологија

Урбана климатологија је ужи дио климатологије који се бави изучавањем климе градова. Град у склопу своје просторно-функционалне организације (зграде, саобраћајна инфраструктура, зеленила, водотоци...), имаће посебне микроклиматске услове, који ће се разликовати од његове околине и због тога овако модификована клима у граду назива се урбаном климом.

Занимање за урбану климу почело је 1833. када је Лук Ховард (Luke Howard) први пут документовао да се чини да су градови топлији од природног окружења. Многе студије у посљедњих 160 година добро су утврдиле овај ефекат урбаног топлотног острва. Феномен урбано топлотно острво је повезан с разликама у градским и руралним брзинама хлађења и најбоље се види ноћу под ведрим небом и слабим вјетром (Cleugh, 1995). Наведено дјело представљало је рађање урбане климатологије као примијењене науке. Дјелом нису обиљежене само једне од првих индустријских метропола свијета, него је и назначено да уз велики утицај метеоролошких појава, само структура града утиче на локалну климу, дјелујући на проток и распоред влаге и на распоред температуре, што све значајније утиче на разлику између градске зоне и сусједног окружења (Georgiadis, 2017).

Данас све више људи живи у градовима и површина урбаног земљишта се из године у годину повећава. Према пројекцијама, количина урбаног земљишта на Земљи до 2100. године могла да се креће од око 1,1 милиона до 3,6 милиона км² у пет сценарија, отприлике 1,8 - 5,9 пута више од глобалне укупне урбане површине од око 0,6 милиона км² 2000. године (Gao & O'Neill, 2020).

Овакав пораст урбане површине даје све већи интерес научницима, који истраживају њихов утицај на различитим нивоима. Урбана климатологија је данас призната дисциплина климатологије гдје преовладава интердисциплинаран приступ и је повезана с другим дисциплинама које имају сличне сфере интересовања као што су екологија, заштита животне средине и метеорологија (Brazel & Quatrocchi, 2005; Žgela, 2018).

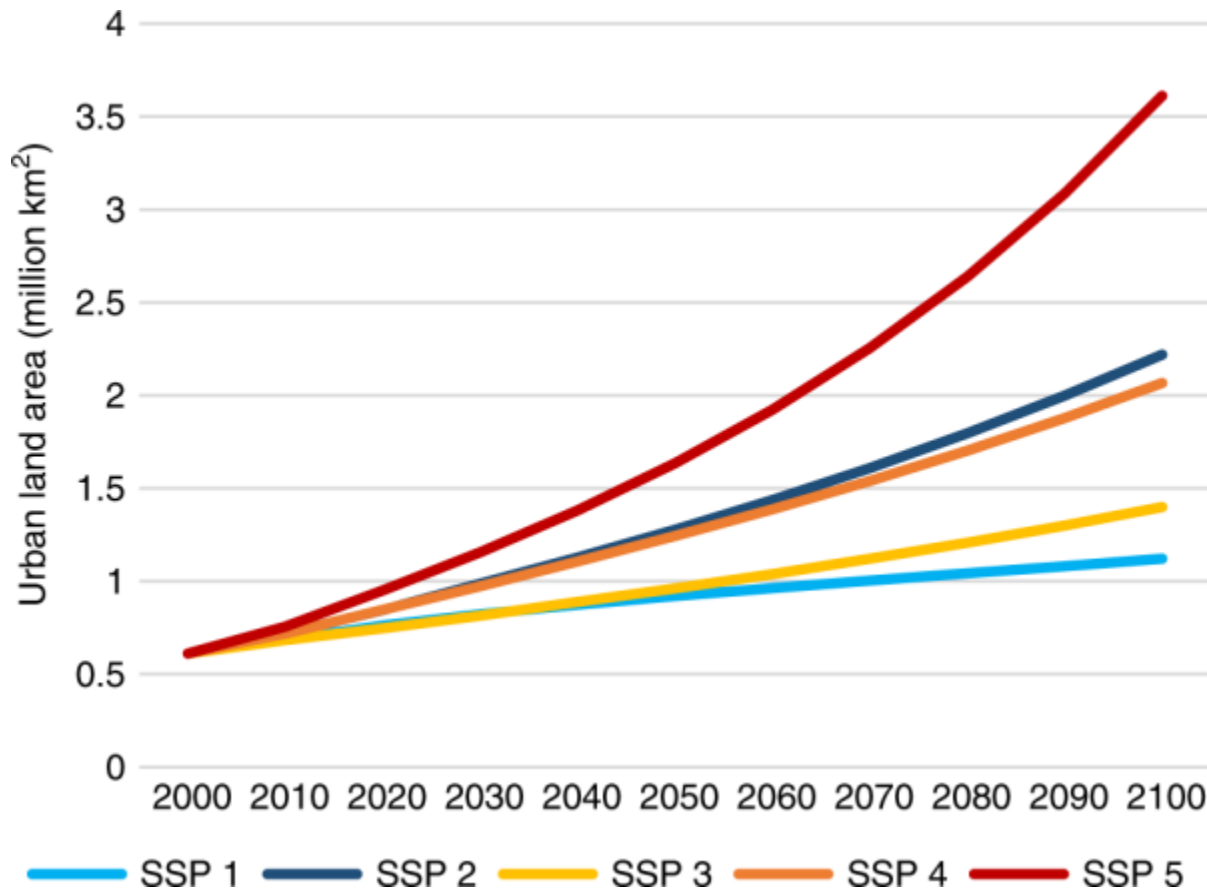


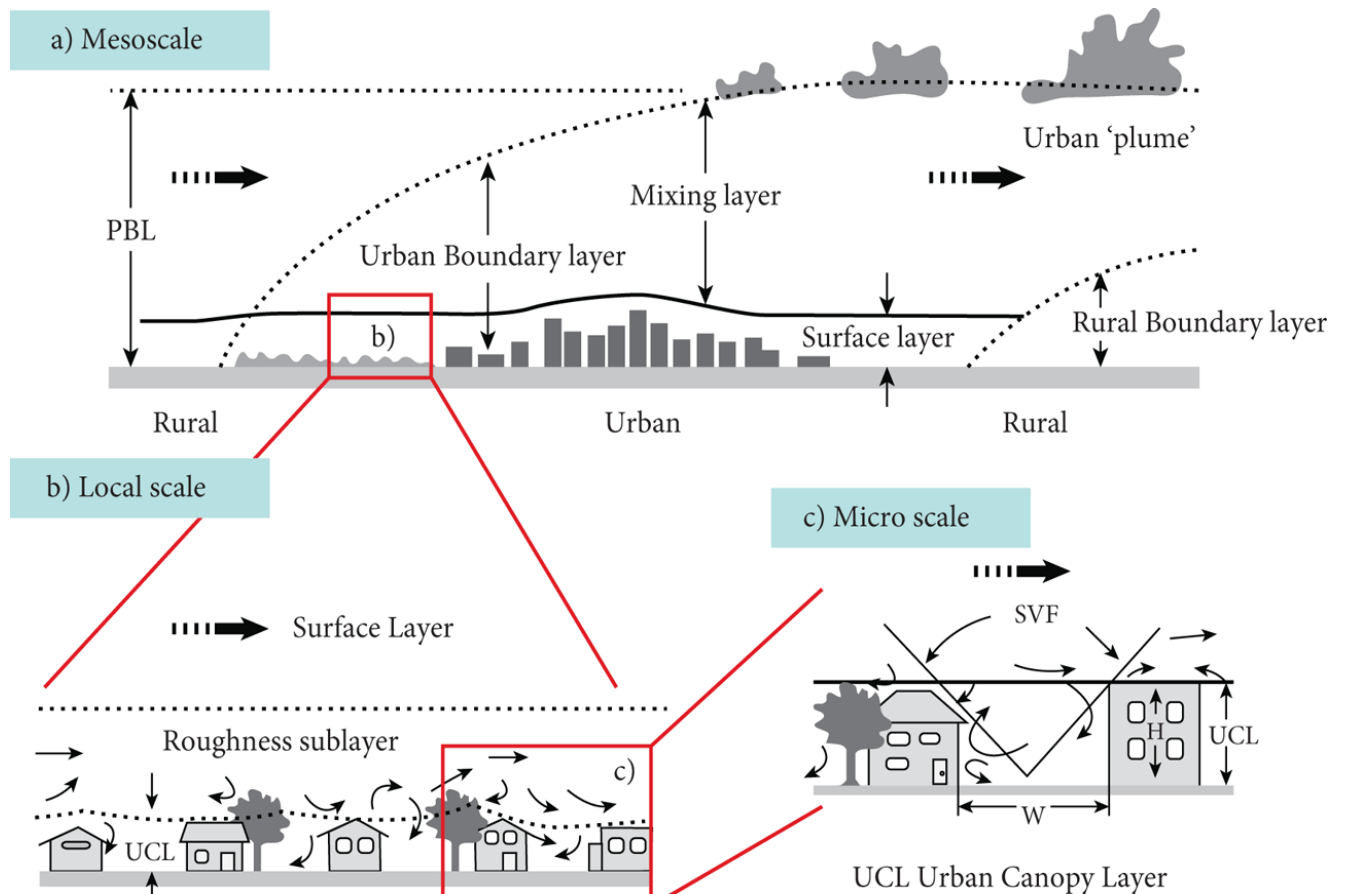
График 1: Укупна количина глобалног урбаног земљишта према различитим сценаријима за 21. вијек према Gao and O'Neill

Према средњем сценарију (SSP 3), развој новог урбаног земљишта износи више од 1,6 милиона km^2 на глобалном нивоу, што је површина 4,5 пута већа од Њемачке. Глобално урбано земљиште по глави становника се више него удвостручи са 100m^2 у 2000. години на 246m^2 у 2100. години (Gao & O'Neill, 2020).

Клима града се разликује од климе околних подручја у температури, количини падавина, влажности ваздуха, те брзини вјетра. Разлике су посљедица прије свега у начину кориштења земљишта, односно антропогеном земљишту, које је човјек измјенио, а поред

тога и у начину функционисања града. Нпр. зграде, поплочане улице и паркиралишта мијењају проток вјетра, отицање и енергетску равнотежу генерално. Урбано климатско окружење организовано је на различитим дужинским скалама, што је шематски приказано на Слици 1 (Georgiadis, 2017).

Слика 1: Хоризонтална и вертикална струјања у граду

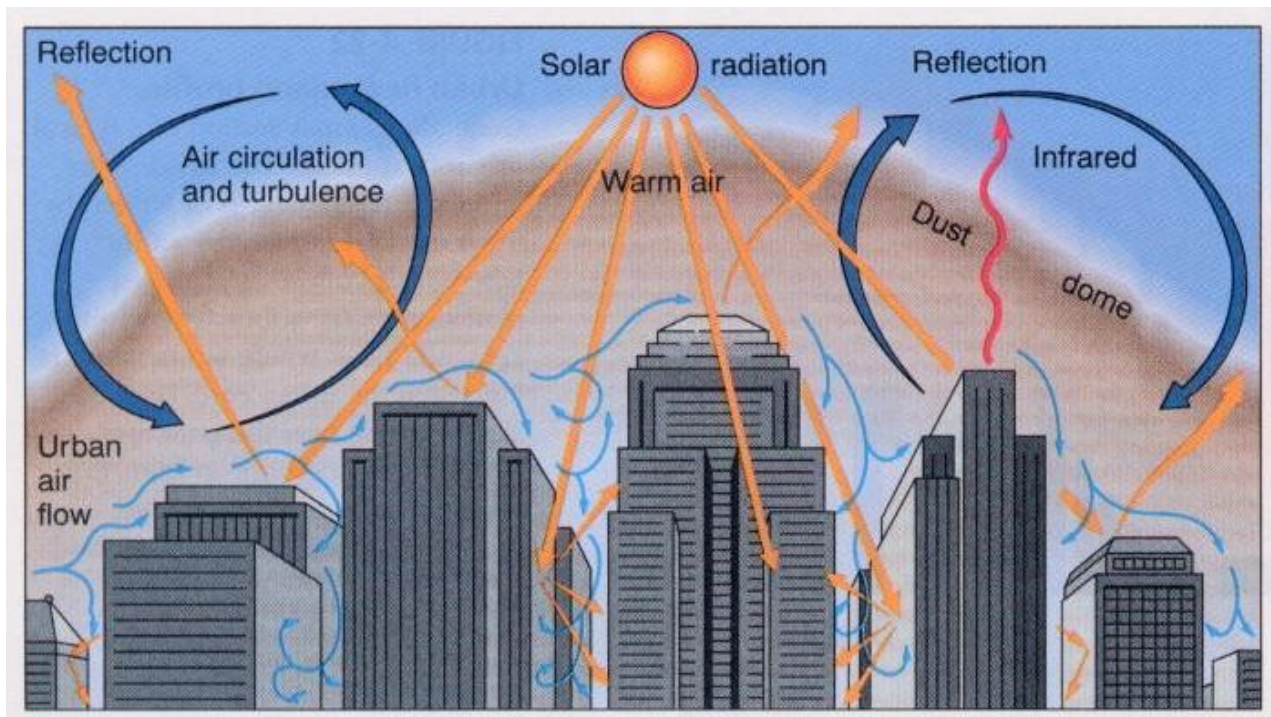


Објашњење за појмове: Широке стрелице показују просјечни смјер вјетра; уске стрелице у (b) и (c) означавају турбулентно струјање. PBL = планетарни гранични слој, UBL = урбани гранични слој, UCL = слој урбане надстрешнице, H = просјечна висина зграда, W = ширина улице

Извор: Georgiadis, 2017

Урбана и рурална средина битно се разликују по својој микроклими. Ове климатске разлике првенствено су узроковане измјеном Земљине површине од стране људског фактора и ослобађањем вјештачки створене енергије у околину. У граду бетон, асфалт и стакло замјењују природну вегетацију, а окомите површине зграда се праве све више и чине контраст сусједном руралном крајолику. Урбане површине уопштено имају нижи алbedo и самим тим могу да складиште више топлоте од површина које су замијениле (шуме, травњаци...). Дакле, што је већи алbedo, температура ваздуха је нижа (Lopez-Cabeza at al., 2022).

Слика 2: Струјања у урбаној средини



Извор: <http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/fall11/atmo336/lectures/sec4/urban.html>

Геометрија зграда узрокује апсорпцију веће количине расположивог долазећег Сунчевог зрачења и излазног Земљиног инфрацрвеног зрачења. Чак и рано ујутро и касно послје подне урбана подручја пресрећу и упијају зрачење на својим окомитим површинама. Урбана подручја обично су топлија од околних села. Ове разлике у температури најбоље се примјећују ноћу у стабилним условима када је атмосферско мијешање минимално.

Климатолози овај феномен називају урбаним топлотним острвом, које је најјаче у центру града, гдје је густина насељености највећа, а и привредна активност најинтензивнија.

1.2. Урбано топлотно острво

Ефекат топлотног острва описан је у многим градовима широм свијета. Просјечна температура ваздуха у граду са милион и више становника може да буде за 1 до 3°C већа од температуре околине. У вечерњим часовима та разлика може да иде и до 12°C (Оке, 1987).

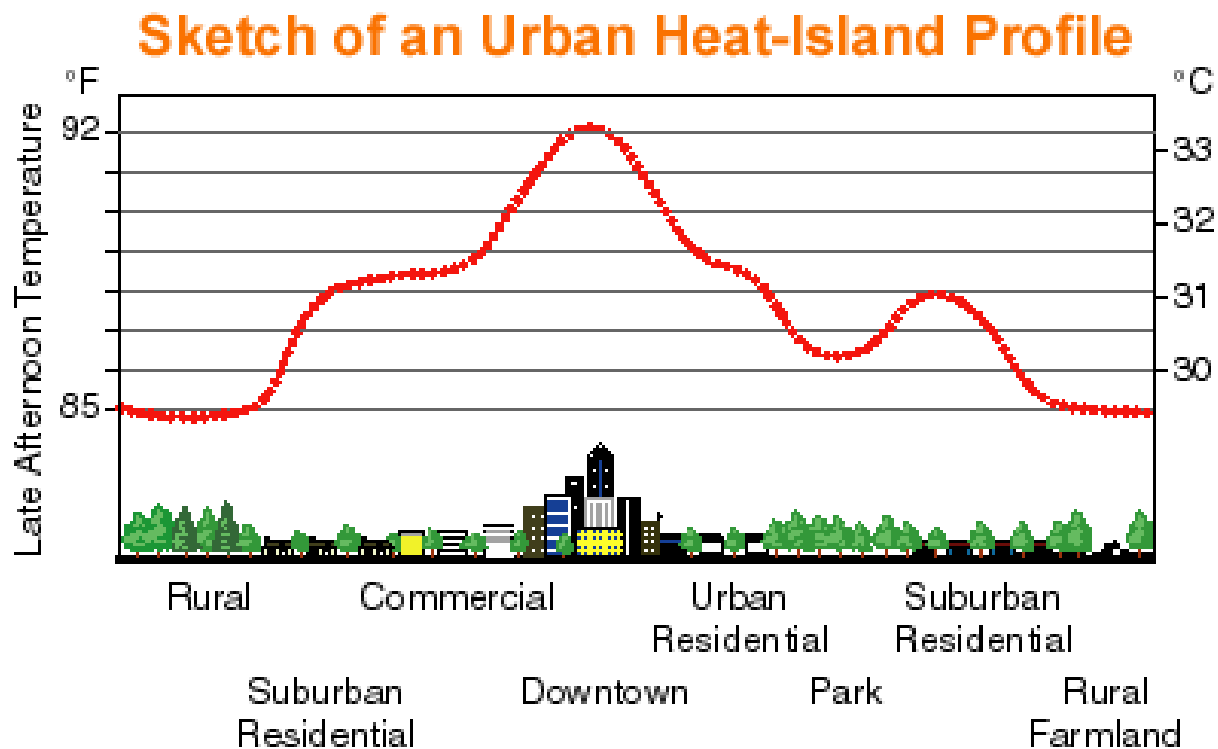
Температуре у већини градова су топлије од приградских руралних подручја. Током зиме разлике су мање изражене. Међутим, током љета топлотно острво се значајно разликује и и са собом оставља различите посљедице, као што су повећање кориштења уређаја за хлађење, већу потрошња енергије у граду, повећано урбано загађење, физиолошки стрес код становништва и сл (Vujić et al., 2021).

Вјетар у урбаним подручјима генерално је мирнији од вјетра у руралним подручјима. Ово смањење брзине узроковано је ефектима трења окомитих површина града. Међутим, неке уличне и грађевинске конфигурације унутар града могу канализовати вјетар и повећати његову брзину преко вентуријевог ефекта (Li et al., 2015).

Количина сунчевог зрачења коју примају градови смањена је слојем честица у атмосфери изнад. Веће концентрације честица у урбаној атмосфери смањују видљивост и расипањем и апсорбовањем свјетлости. Загађеност ваздуха у граду може повећати количину падавина повећањем броја кондензационих језгри кроз атмосферски додатак честица дима и прашине. Додатна производња тоpline унутар града повећава број конвекцијских струја на тој површини. Постоје неки подаци који указују на то да је количина падавина у многим великим градовима за око 5 до 10 процената већа од количине падавина у оближњим руралним областима. Ово повећање може бити посљедица комбинованог ефекта загађености ваздуха честицама и повећаног конвекцијског подизања (Britannica, Urban climate).

Урбано топлотно острво једно је од најочигледнијих и добро документованих примјера људске промјене климе на локалном нивоу. Док се топлотно острво може формирати у било којем подручју и на било којој просторној скали, градови са површинским температурама генерално већим од оних температура у њиховој околини, најсклонији су овом феномену. Просјечна годишња температура великог града може бити 1-2 °C виша од оне у сусједним руралним подручјима, а у мирним, ведрим ноћима урбани агломерати могу бити и до 12 °C топлији од оближњих села (Georgiadis, 2017).

Слика 3: Скица профила урбаног топлотног острва



Извор: <http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/fall11/atmo336/lectures/sec4/urban.html>

Термин градско острво топлоте се односи на подручје града које је топлије, тј. има вишу температуру од своје околине и оно се јавља у градовима широм свијета без обзира на њихову величину и тип климе у којем се налазе. Феномен је добио назив "острво" због изотермних вриједности које су изнад града веће од изотермних вриједности од околине,

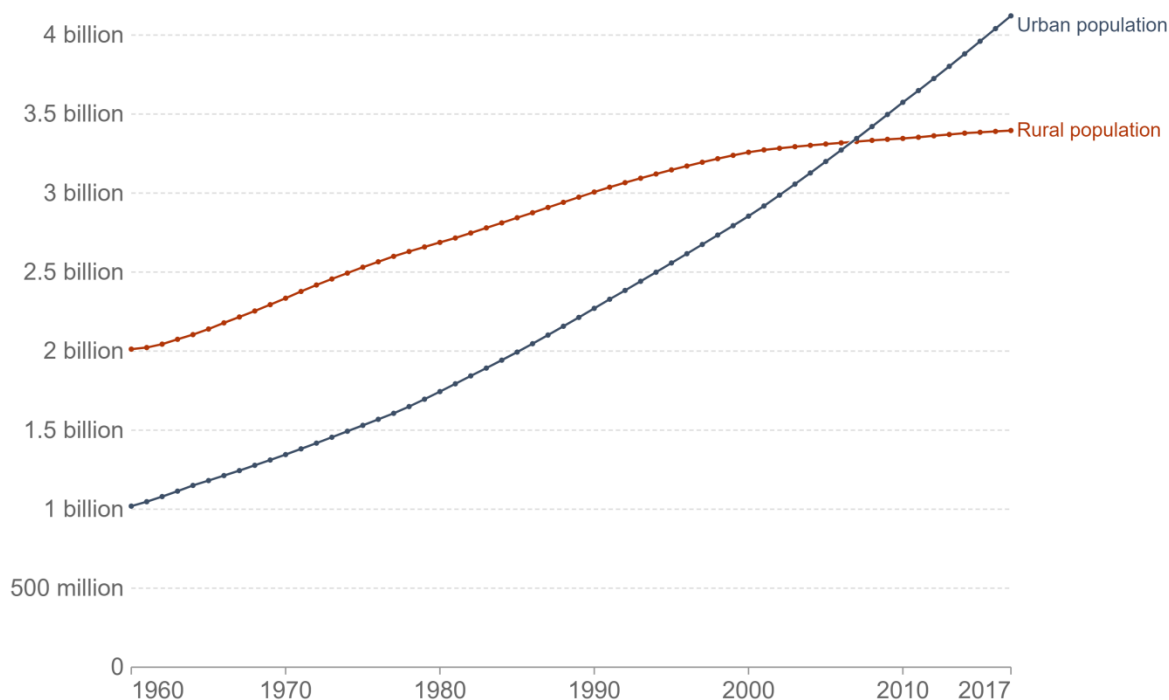
односно "мора" хладнијег ваздуха који окружује овај простор. Због тога дефиниција градског острва топлоте произилази на основу разлика у температури ваздуха између градске и природне или сеоске средине (Оке, 1995).

1.3. Урбанизација

Урбанизација је процес насељавања градова, односно повећања удјела градског становништва у укупном броју. Оно подразумијева просторно ширење градова и стварање нових. У узрочно-последичној вези, урбанизација са собом вуче процес дерурализације, односно процес напуштања руралних средина. У свијету је процес урбанизације све интензивнији, из деценије у деценију, те он свој највиши степен има сада, у 21. вијеку.

Према подацима Свјетске банке, данас око 57% свјетске популације – 4,3 милијарде становника живи у градовима и очекује се наставак овог тренда. Урбанизација у свијету је 1960. године износила 34%, 1990. године 43%, а 2020. године 56%. До 2050. године, с урбаним становништвом више него удвострученим од садашње величине, готово 7 од 10 људи у свијету живјеће у градовима (The World Bank, 2020).

Number of people living in urban and rural areas, World



Source: World Bank based on data from the UN Population Division

OurWorldInData.org/urbanization • CC BY

Note: Urban populations are defined based on the definition of urban areas by national statistical offices.

График 2: Урбана и рурална популација у свијету

УН процјењује да се прекретнички догађај – када је број људи у урбаним подручјима прстигао број у руралним срединама – догодио 2007. године. На графику 2 видљив је укупан број људи који су дефинисани као људи који живе у урбаним и руралним подручјима, који се прожима од 1960. до 2016. године. То се заснива на националним пописним бројкама, у комбинацији с процјенама УН-а, гдје пописни подаци нису доступни. Године 1960. двоструко више људи живјело је у руралним срединама (2 милијарде) него у урбаним срединама (1 милијарда). У 2007. години урбано и рурално становништво било је готово потпуно једнако и износило је по 3,33 милијарде. У 2016. години урбано становништво порасло је на 4 милијарде, док се свјетско рурално становништво тек незнатно повећало на 3,4 милијарде (Ritchie & Roser, 2018).

УН дефинише урбанизацију као сложен друштвено-економски процес који трансформише изграђену околину претварајући некадашња сеоска у урбана насеља, а истовремено мијењајући просторну дистрибуцију становништва из руралних у урбана подручја” (United Nations, 2018)

Дефинисање урбаног подручја у цијелом свијету није исто. У неким земљама се дефинисање урбаног доста разликује, те наилазимо на потешкоће у договору о стандардној дефиницији граница онога што чини урбано подручје. Стандардна метрика коју је УН усвојио за урбану густину је такозвана „густина насељености урбане агломерације“.


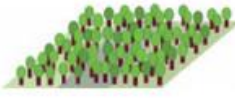

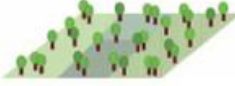






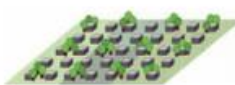






Према УН-у, израз "урбана агломерација" односи се на становништво садржано унутар оквира сусједне територије насељено на нивоима урбане густине без обзира на административне границе. Обично укључује становништво у граду плус оно у приградским подручјима која леже изван граница града, али су уз њих. Кад год је то могуће, користе се подаци класификовани према концепту урбане агломерације. Међутим, неке земље не дају податке према концепту урбане агломерације, већ умјесто тога користе концепт метрополитанског подручја или града. Ако је могуће, такви се подаци прилагођавају концепту урбане агломерације. Када није доступно довољно информација које би омогућиле такво прилагођавање, користе се подаци засновани на концепту ужег града или метрополитанског подручја (United Nations, 2018).

1.4. Локалне климатске зоне

Ради бољег проучавања урбане климе, односно појединих дијелова градова, научници Stewart & Оке развили су класификациони систем локалних климатских зона (КС ЛКЗ). Сваки ЛКЗ има карактеристичан температурни режим који се разликује од ЛКЗ другог дијела града, а који је најочљивији на сувим површинама, у мирним, ведрим ноћима и на подручјима једноставног рељефа. Могу да се простиру од неколико стотина метара до неколико километара у хоризонталу. Ови температурни режими зависе од природних биома (нпр. шуме, пустиње), структуре града (различите грађевине и њихов распоред) и антропогених активности (обрађена поља, саобраћај). Због различитих структура одређених дијелова града стварају се и различити микроклиматски услови који ће дефинисати одређени ЛКЗ. Физичка својства свих зона су мјерљива и не зависе у погледу мјеста или времена.

Постоји 17 типова локалних климатских зона од којих је 15 дефинисано на основу структуре и особине подлоге, а 2 су дефинисана на основу грађевинског материјала и антропогених емисија топлоте. Стандардни систем подијељен је на 10 „изграђених типова” (ЛКЗ 1–ЛКЗ 10) и 7 „неизграђених” односно природних типова, од А–Г (ЛКЗ А – ЛКЗ Г) (Stewart and Oke, 2012).

Слика 4: Класификација локалних климатских зона по Stewart and Oke

Built types	Definition	Land cover types	Definition
<p>1. Compact high-rise</p> 	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	<p>A. Dense trees</p> 	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
<p>2. Compact midrise</p> 	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	<p>B. Scattered trees</p> 	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
<p>3. Compact low-rise</p> 	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	<p>C. Bush, scrub</p> 	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
<p>4. Open high-rise</p> 	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	<p>D. Low plants</p> 	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
<p>5. Open midrise</p> 	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	<p>E. Bare rock or paved</p> 	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
<p>6. Open low-rise</p> 	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	<p>F. Bare soil or sand</p> 	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
<p>7. Lightweight low-rise</p> 	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	<p>G. Water</p> 	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
<p>8. Large low-rise</p> 	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	VARIABLE LAND COVER PROPERTIES	
<p>9. Sparsely built</p> 	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	<p><i>b. bare trees</i></p>	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
<p>10. Heavy industry</p> 	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	<p><i>s. snow cover</i></p>	Snow cover > 10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		<p><i>d. dry ground</i></p>	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		<p><i>w. wet ground</i></p>	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

Извор: Stewart and Oke, 2012

2. ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА

Истраживања урбане климе на простору БиХ су до сада слабо рађена. У Мостару је само једним дијелом (одређивање површинске температуре тла) урађено истраживање урбане климе (Leder & Leder, 2018). У Бањој Луци су рађена истраживања 2021. године током врућих љетних дана. Истраживања су спровели запослени Природно-математичког факултета у Бањој Луци заједно са истраживачима са Природно-математичког факултета у Новом Саду. До сада су урађена 2 рада која се баве урбаном климом града.

Milošević et al. (2022) анализирали су биометеоролошке услове током врућих љетних дана у различитим урбаним зонама Бањалуке, гдје је утврђено да урбане средине (центар града, урбани парк, обала ријеке) имају различите биометеоролошке услове током врућих љетних дана у Бањалуци.

Trbić et al. (2022) анализирали су дугорочне биометеоролошке услове у Бањалуци. Примјећен је интензиван пораст јаких топлотних дана у посљедњих двадесетак година, а број ових дана пет је пута већи него у 70-им и 80-им годинама. Примјећене су и тенденције пада јако хладних дана у посљедње двије деценије.

У осталим градовима БиХ нису вршена истраживања урбане климе.

Истраживање урбане климе у региону најзаступљеније је у Новом Саду. Од 2012. године на тему климе Новог Сада објављено је преко 40 радова на конференцијама и у научним часописима. Поред радова, истраживања урбане климе праћена су различитим пројектима, како домаћим, тако и међународним. Рађена су детаљна истраживања гдје је детаљно анализирана градска клима Новог Сада, градска острва топлоте, спољашњи термални комфор, појава топлотних таласа... Урађена је градска мрежа за праћење климатских елемената и пренос података између станица и сервера. Формиране су локалне климатске зоне и мрежа метеоролошких сензора (Milošević, 2018). Главни истраживачи на подручју истраживања урбане климе Новог Сада били су Savić, Milošević, Šećerov, Bajšanski, Basarin, Lelovics и други.

У склопу URBAN-PATH пројекта осмишљена је методологија за мапирање ЛКЗ и развој мреже метеоролошких сензора у Новом Саду. Savić et al. (2013) су први дали резултате класификације ЛКЗ у Новом Саду. Одредили су 9 ЛКЗ у Новом Саду и дали су приједлог за постављање 27 сензора и урбаној средини и околини.

Градска клима Новог Сада и њено истраживање дати су у детаљном прегледном раду Savić et al. (2016).

У раду Milošević et al. (2017a) истражен је утицај дрвећа на термални комфор човјека у градским паркинг подручјима. Са методологијом која је предложена остварило би се смањење термалног стреса до 3,7 °C на 84 % локација у предложеном дизајну паркинга у односу на постојећи. Такође, Milošević et al. (2017b) писали су и о употреби аутоматских алгоритама за побољшање термалног комфора човјека у граду.

Појава топлотних таласа у ЛКЗ Новог Сада и њихов утицај на морталитет становништва анализирани су од стране Savić et al. (2018). Истакнуто је да су најурбанизованији дијелови града (ЛКЗ 2, 5 и 6) најризичнији у погледу високих температура и смртности становништва.

Savić et al. (2018) урадили су процјену ризика топлотних удара и мапирање у урбаним подручјима. Методологија се темељи на интензитету урбаних острва топлоте као индексу опасности и просјечном дневном броју смртних случајева у популацији у свакој ЛКЗ као индексу утицаја. Резултати показују да екстремне температуре током топлотних таласа имају значајан утицај на здравље становништва, посебно градске четврти с најгушћом инфраструктуром (ЛКЗ 2 и 5) имају негативан утицај на урбано становништво и околину.

Šećerov et al. (2019) пишу о томе како развити систем који би ријешио већину проблема везаних за урбане метеоролошке мреже; како да све функционише уз ниску накнаду за интернетску услугу и како осигурати високу поузданост и перформансе на јефтином хардверу. Студија укључује детаље о томе како развити такав систем и представља статистичку анализу перформанси NSUNET система (урбане мреже Новог Сада) и мјерних података. Овакав систем праћења даје добре резултате у анализи температуре ваздуха или површине и топлотног термалног комфора у локалним климатским зонама

(ЛКЗ) урбаних и околних подручја, те може помоћи у идентификовању врућих тачки/мјеста у урбаном подручју.

Geletić at al. (2019) су анализирали међузонску и унутарзонску сезонску варијабилност површинских урбаних топлотних острва унутар методолошког оквира локалних климатских зона (ЛКЗ) у три средњоевропска града (Праг, Брно и Нови Сад), која се разликују по урбаном подручју и структури, као и по топографији и различитом земљишном покривеношћу. Откривене су сезонске разлике у интензитету температура урбаних топлотних острва за изграђене типове земљишних површина у одређеним ЛКЗ. Резултати су показали највеће разлике у љето и прољеће, а најмање зими.

Milošević at al. (2020) истраживали су термални комфор за 2015. годину у Новом Саду. Резултати су показали да су сати екстремног топлотног стреса најрјеђи у компактном, средње високом подручју ЛКЗ 2, а затим у густом дрвећу ЛКЗ А, док се подручје ниског растиња (ЛКЗ Д) показало као најнеугодније подручје током дана, а затим компактно ниска подручја (ЛКЗ 3). Тропске ноћи су најчешће у средњеизграђеним ЛКЗ 5 и 2 (40-46 ноћи) и смањују се према отвореним, ријетко изграђеним и природним ЛКЗ (6 - 8 тропских ноћи у ЛКЗ А и Д).

Dunjić at al. (2021) истраживали су просторну и временску динамику и однос између температуре ваздуха и пет параметара влажности ваздуха (релативна влажност, притисак водене паре, апсолутна влажност, специфична влажност и дефицит притиска паре) у Новом Саду на основу података од децембра 2015. године до децембра 2017. године. Анализом су обухваћена различита урбана подручја Новог Сада, која су оцртана у пет изграђених (урбаних) типова локалних климатских зона (ЛКЗ) (ЛКЗ 2, ЛКЗ 5, ЛКЗ 6, ЛКЗ 8 и ЛКЗ 9), те један земљишни (природни) прекривач, локални климатски појас (ЛКЗ А) који се налази изван урбаног подручја. Временска анализа обухватила је годишњу, сезонску и мјесечну динамику параметара температуре ваздуха и влажности ваздуха, као и њихове узорке током екстремних периода (топлотни и хладни талас). Резултати су показали да се урбано суво острво појављује у густо урбанизованим ЛКЗ 2 од фебруара до октобра, за разлику од других урбаних ЛКЗ. Анализа динамике влажности ваздуха током топлотног таласа показује да је интензитет урбаног сувог острва најизраженији током дана, али и навече (отприлике до поноћи) у ЛКЗ 2. Нижи интензитет урбаног сувог острва

уочен је послијеподне, у осталим урбаним ЛКЗ (ЛКЗ 6, ЛКЗ 8 и ЛКЗ 9), те повремено у каснијим послијеподневним часовима у ЛКЗ 5. Регресионом анализом потврђена је повезаност између температуре ваздуха и сваког од анализираних параметара влажности ваздуха.

Milošević et al. (2022) урадили су свеобухватну анализу динамике температуре ваздуха ЛКЗ Новог Сада која се заснивала на мјерењима на 17 станица током 3 године. Сатне промјене, брзине хлађења, брзина гријања и интензитета урбаног топлотног острва процијене су на сезонском и годишнем нивоу, те током периода топлотног таласа и хладног таласа. Уочене су значајне разлике за минималне и средње температуре између ЛКЗ. Препознато је двофазно ноћно хлађење с првом фазом хлађења коју карактерише интензивно хлађење зависно од ЛКЗ, које почиње 1-3 сата прије заласка сунца и траје до 3-4 сата након заласка сунца. Друга фаза хлађења траје до изласка сунца и окарактерисана је мање интензивним хлађењем независно од ЛКЗ. Најинтензивније хлађење примијећено је у првој фази хлађења топлотног таласа и кретало се од $-1,6^{\circ}\text{C h}^{-1}$ у уличном кањону (ЛКЗ 2) до $-3,9^{\circ}\text{C h}^{-1}$ у шуми (ЛКЗ А).

Урбаном климом на подручју Загреба бавио се само Žgela (2018) гдје су анализирана урбана топлотна острва града. У осталим градовима региона нису вршена истраживања.

У току је пројекат COST "FAIR NEtwork of micrometeorological measurements", у који су укључени и истраживачи из Новог Сада и Бањалуке и траје од 2021. до 2025. године.

Европска сарадња у науци и технологији (COST) је организација која финансира стварање истраживачких мрежа под називом COST Actions. Ове мреже нуде отворен простор за сарадњу међу научницима широм Европе (и шире) и тиме дају подстицај напретку истраживања и иновацијама.

Акција COST "FAIR NEtwork of micrometeorological measurements" окупља доста земаља широм Европе, међу којима су и државе региона; Босна и Херцеговина, Србија, Црна Гора, Хрватска и Словенија. Акција има за циљ побољшати стандардизацију и интеграцију између база података/сетова микрометеоролошких мјерења која су дио истраживачких пројеката или локалних/регионалних мјерних мрежа успостављених за посебне намјене (агрометеорологија, праћење урбане микроклиме). Рјешавање

идентификованих изазова захтијева ефективну прекограничну мрежу истраживача, учесника (стручне службе и агенције за околину, локалне власти и министарства, мала и средња предузећа) и цивилног друштва (специјализована и општа јавност) из Европе и шире како би се идентификовале и попуниле празнине у информацијама, како би се стандаризовали, оптимизовали и промовисали нови поступци мјерења и контроле прилагођене околини и како би се побољшао квалитет истраживања и како би се умрежили.

Главни циљ и циљ пројекта је успоставити, имплементирати и ширити платформу за дијелење микрометеоролошког знања (Micromet_KSP) широм Европе и даље. Стратегија је изградити Micromet_KSP на постојећим микрометеоролошким изворима – подацима и методологијама и трајно интегрисати нове чланове из држава пуноправних чланица и специфичних организација (<https://www.cost.eu/cost-action/fair-network-of-micrometeorological-measurements/#tabs+Name:Description>).

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

3.1. Географски положај Бањалуке

Бања Лука је други град по величини у Босни и Херцеговини и административни, привредни и клатурни центар Републике Српске. Географске координате града су $44^{\circ} 46'$ с.г.ш. и $17^{\circ} 01'$ и.г.д. Према попису 2013. године имала је 180 053 становника, а с обзиром на процес урбанизације који је све интензивнији, може се претпоставити да сада има око 200 000 становника.

Налази се у сјеверном дијелу државе на надморској висини од 163m. Клима Бањалуке је умјерено-континентална и налази се на прелазном дијелу између двије велике природне цјелине, Панонске низије (са доминантним утицајем на климу) и Динарида. Зиме су умјерено хладне, љета умјерено топла, са израженим презлазним периодима, прољеће и јесен.

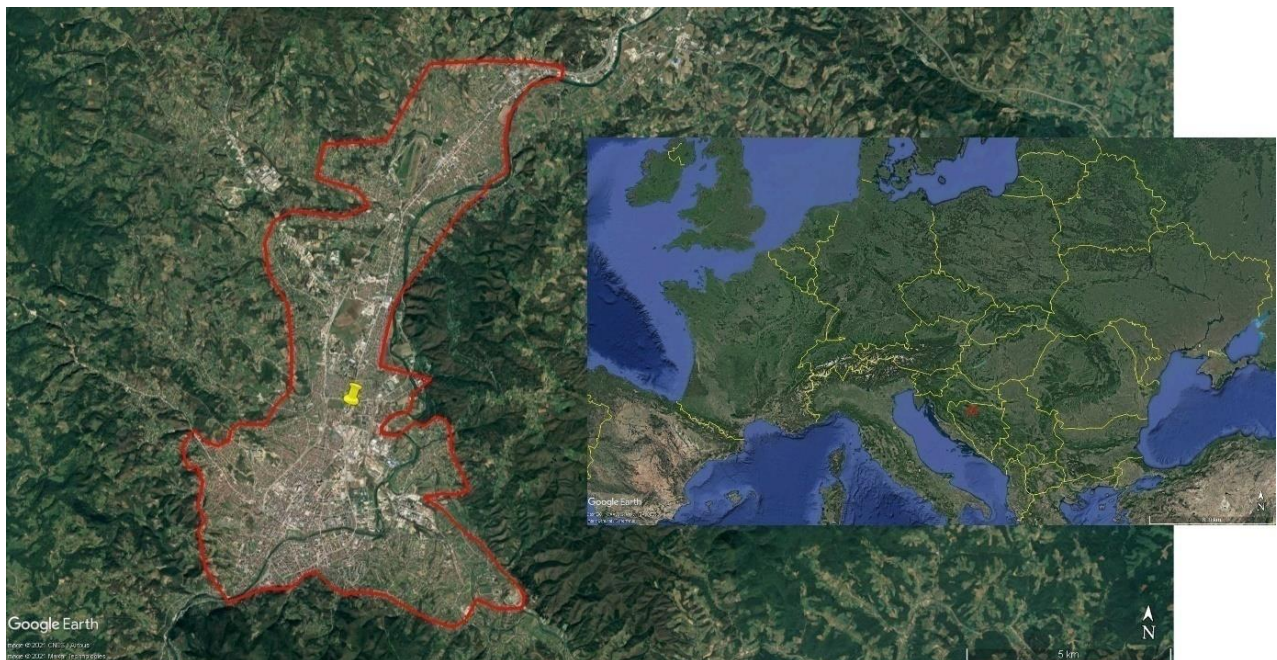
Према Көррен-Geiger класификацији, Бања Лука има Cbf климат (умјерена клима, потпуно влажна, топла љета, са најмање четири мјесеца просјечне температуре ваздуха изнад 10°C) (Trbić, 2010). Средња годишња температура ваздуха је $11,3^{\circ}\text{C}$, а средња годишња количина падавина је 1,036mm (период 1961-2020. године). Бањалука у просјеку има повољна биоклиматска обиљежја, а према Krügerовој класификацији физиолошких осјећаја топлоте и временских типова, у Бањалуци преовладава *пријатан временски тип* (Трбић, 2005). У посљедње двије деценије, топлотни таласи у БиХ су се јављали све чешће, углавном током љета. Вишеструки интензивни топлотни таласи у Бањалуци десили су се 2007, 2012, 2015, 2017, 2019, 2021 и 2022. године (Milošević et al., 2022).

Изграђено подручје града износи око 56km^2 и у посљедње двије деценије кад град се веома брзо развијао, дошло је до ширења града, нарочито према сјеверном дијелу због конфигурације терена, која је на југу представљена уским, котлинским дијелом, који се зракасто шири према сјеверу, односно Лијевче пољу. Дужина котлине је око 15km, а ширина не прелази 5km. Јужно од града кањон Врбаса раздваја планине Мањачу и Чемерницу. Са југоисточне стране котлине пружа се долина ријеке Врбање, десне притоке

Врбаса, који својим током пролази готово кроз средину града. Источни, већи, дио града припада сливу ријеке Врбас, а западни, мањи, дио припада сливу ријеке Гомјенице. Током географско-историјског развоја, насеље се ширило према сјеверу (Лијевче пољу) од свог средишта (јужни руб котлине) и мијењало је основну функцију и улогу у ширем простору (Мандић, 2013).

Прва насељавања Бањалуке се везују још за праисторију и античко доба, а данас она представља један модерни град у региону, са бројним функцијама. Изграђени су нови дијелови града и нова насеља, а ниски објекти у центру града претворени су у високе објекте (преко 8 спратова). Због све израженије урбанизације у граду долази и до промјене климатских услова града, што се манифестује преко све дужих и интензивнијих топлотних таласа са екстремним температурама, интензивнијим сушама, поплавама, све чешћим температурним стресовима (Milošević et al., 2022).

Слика 5: Урбани простор Бањалуке (црвена линија) са локацијом званичне метеоролошке станице (жута боја) и локација Бањалуке у БиХ и Европи (црвена боја)



Извор: Google Earth

Званична метеоролошка станица налази се у сјеверном дијелу града ($44^{\circ} 47'$ с.г.ш. и $17^{\circ} 12'$ и.г.д.). На основу података са Google Earth-а и Google Street View-а, непосредно урбано окружење станице комбинација је локалних климатских зона (ЛКЗ) 5 и 6, заснованих на ЛКЗ класификационом концепту Stewarta и Okea (2012).

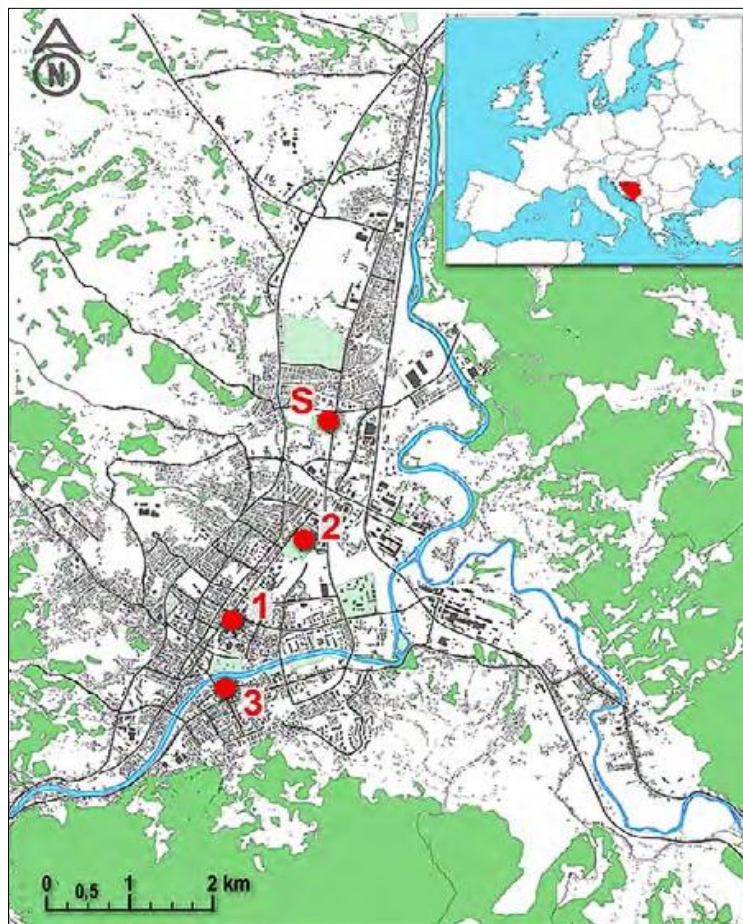
3.2. Мјерења на терену

У периоду од 22. до 24. јуна 2021. године вршена су микрометеоролошка мјерења на три локације у Бањој Луци током 3 врућа љетња дана. Вријеме током мјерења је било изразито топло, са температуром око 39 степени, без падавина, са ниском облачношћу, slabим вјетром и интензивним сунчевим зрачењем. Мјерења су обављена на три различите локације у граду:

- 1) центар града (густо урбанизовано „сиво” подручје)
- 2) урбани парк (природна „зелена” област)
- 3) обала ријеке (природно „плаво-зелено” подручје поред ријеке Врбас)

Све три локације представљају и шеталишну зону и користе се за одмор.

S) званична метеоролошка станица



Карта 1: Мјерне локације у Бањалуци и локација званичне метеоролошке станице (S)

Уређај којим су вршена мјерења назива се Three Kestrel 5400 Heat Stress trackers (Уређај за праћење тоplotног стреса) и постављен је на све три локације како би пратио микрометеоролошке услове за све локације у исто вријеме. Прије самог мјерења уређај је постављен 15 минута раније на дато мјесто, како би се мјерујући сензори изједначили са атмосферским условима. Уређај даје податке сваки минут и то: температуру ваздуха (T_a) у $^{\circ}\text{C}$, релативну влажност (RH) у %, брзину вјетра (v) у m s^{-1} и глобално зрачење (T_g) у $^{\circ}\text{C}$. Добијени резултати су кориштени на сваких 10 минута и извршено је приказивање микрометеоролошких мјерења за период од 9 до 18 часова. На основу ових мјерења извршена је статистичка анализа за посматрани период.

Слика 6: Локације микрометеоролошког мјерења у Бањалуци од 22. до 24. јуна 2021. године: 1) центар града (Занатски центар); 2) градски парк (парк Младен Стојановић); 3) поред ријеке (обала Врбаса поред Градског моста (мост Патре))



Поред ових мјерења израчунат је и индекс термалног комфора (ОТС). Психолози термални комфор дефинишу као стање ума када је човек задовољан топлотним условима околне средине, док се са термофизиолошке стране термални комфор достиже када је размјена топлоте између људског тијела и околине уједначена, а температура коже и ниво знојења унутар оквира комфора (Fanger, 1972; Нөрре, 2002). Метеоролошки фактори који утичу на термални комфор су температура ваздуха, вјетар, радијална температура, релативна влажност ваздуха. За процјену индекса термалног комфора одабрани су физиолошки еквивалент температуре (РЕТ) и измјењени физиолошки еквивалент температуре (mРЕТ).

Наведене вриједности су такође рачунате на сваких 10 минута. Нови термални индекс, назван измијењени физиолошки еквивалент температуре (mPET) су развили Chen and Matzarakis (2018) за примјену у различитим климатским условима. mPET се показао ефикаснијим у представљању топлотног комфора код људи, у различитим климатским зонама.

Табела 1: Прагови вриједности PET индекса за топлотни осјећај и ниво физиолошког стреса код људи (према Matzarakis и Mayer, 1996)

PET (°C)	Топлотни осјећај	Ниво физиолошког стреса
<4.1	Веома хладно	Екстремно хладан стрес
4.1 – 8.0	Хладно	Јако хладан стрес
8.1 – 13.0	Хладно	Умјерено хладан стрес
13.1 – 18.0	Незнатно хладно	Незнатно хладан стрес
18.1 – 23.0	Удобно/пријатно	Без термалног стреса
23.1 – 29.0	Незнатно топло	Незнатно топао стрес
29.1 – 35.0	Топло	Умјерено топао стрес
35.1 – 41.0	Вруће	Јако топао стрес
>41.0	Веома вруће	Екстремно топал стрес

4. АНАЛИЗА И РЕЗУЛТАТИ РАДА

Према подацима Републичког хидрометеоролошког завода Републике Српске, за период током истраживања од 22. до 24. јуна 2021. године, максимална температура (T_a) у Бањалуци износила је око 39°C, док је минимална износила око 18°C. Релативна влажност (RH) током дана била је ниска (30-40%), док се током ноћи знатно повећавала. Вјетар је био слаб, са просјечном брзином (v) од 0.9m/s. Покривеност неба облацима (N) је била ниска, у просјеку око 1,4. Овако вријеме било је идеално за стварање микрометеоролошких разлика у граду (Milošević et al., 2022).

Табела 2: Подаци временских услова у Бањалуци током периода мјерења (22-24. јун 2021. године)

Вриједности	T_a	RH	v	N
Просјек	28.5	62.8	0.9	1.4
Максимална	38.7	97.5	2.6	8
Минимална	17.7	34.4	0	0
Разлика	21.0	63.1	2.6	8

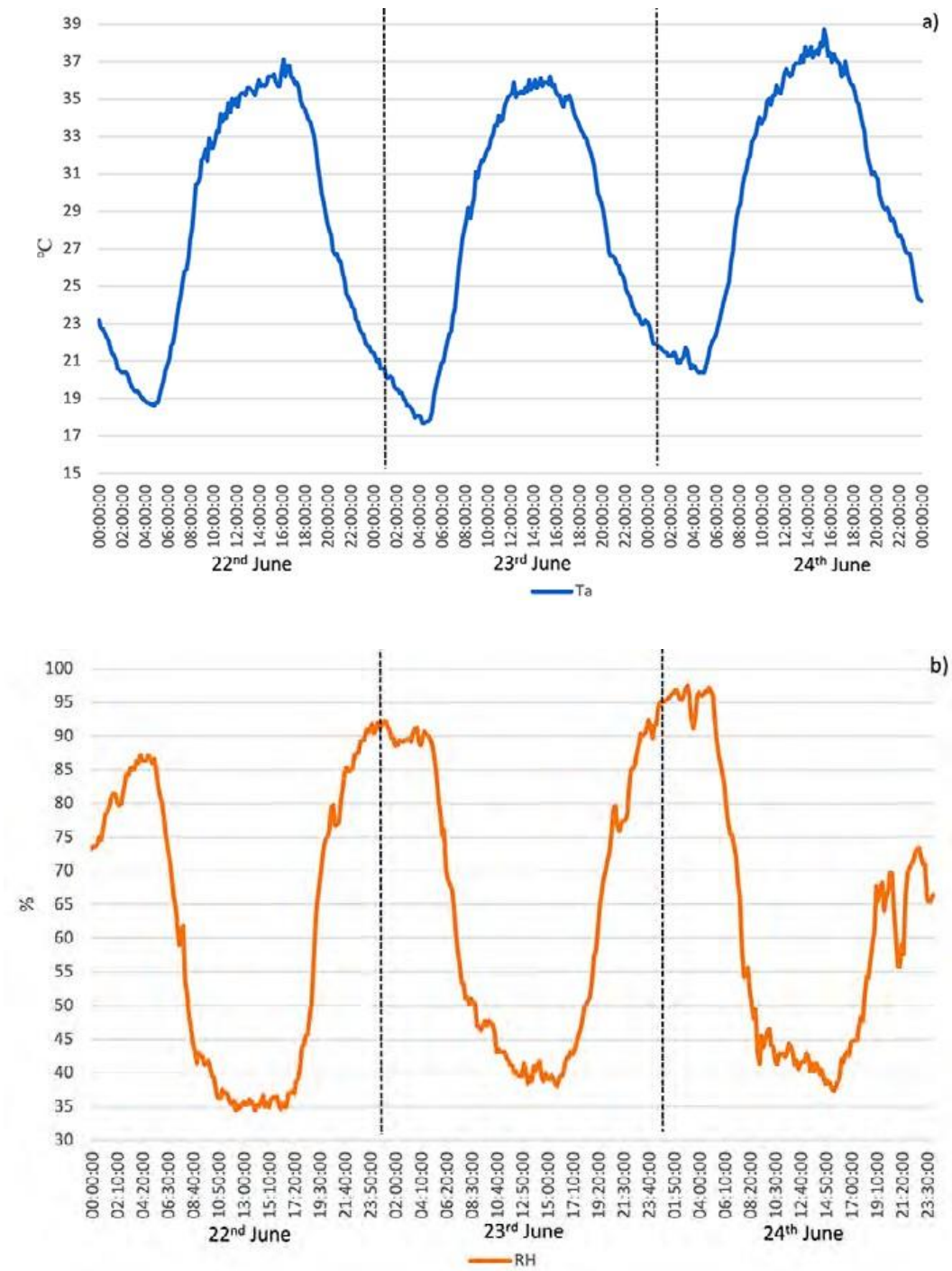


График 3: Временски услови у Бањалуци за период 22-24. јун: а) T_a и б) RH

4.1. Микрометеоролошка мјерења

Током периода истраживања узимале су се мјерене вриједности на сваких 10 минута у периоду од 9 до 18 часова. Вриједности свих параметара су анализирани са више аспеката и добијени резултати за све три локације приказани су у наредним прилозима.

Табела 3: Главне статистичке карактеристике температуре ваздуха (T_a), глобалне температуре (T_g), релативне влажности (RH), брине вјетра (v), средње температуре зрачења (T_{mrt}), Физиолошки еквивалент температуре (PET) и модификовани физиолошки еквивалент температуре (mPET) у различитим урбаним зонама Бањалуке у периоду 22-24.06.2021. (период мјерења 9-18h)

Елемент	T_a			T_g			RH			v			PET			mPET			
	D	P	R	D	P	R	D	P	R	D	P	R	D	P	R	D	P	R	
Локација																			
Просјек	35.5	33.9	33.6	43.9	36.2	39.9	35.7	39.0	41.4	0.7	0.6	0.7	45.6	36.7	41.5	41.4	34.7	38.4	
Max	39.0	37.7	38.9	49.9	44.0	49.7	50.5	52.4	58.0	1.6	1.4	1.6	53.2	42.4	54.4	47.2	39.3	48.9	
Min	28.8	26.8	26.0	31.0	28.7	26.2	29.8	29.5	33.0	0.0	0.0	0.0	30.9	27.8	26.5	29.8	27.4	26.5	
Разлика	10.2	10.9	12.9	18.9	15.3	23.5	20.7	22.9	25.0	1.6	1.4	1.6	22.3	14.6	27.9	17.4	11.9	22.4	
Одступање	1.8	2.6	3.2	4.4	3.1	6.7	3.4	4.3	4.8	0.4	0.3	0.4	5.5	3.5	7.9	4.2	2.9	6.2	

Објашњења за скраћенице: D – центар (downtown), P – парк, R – ријека (riverside)

4.2. Температура ваздуха

Највиша просјечна температура ваздуха T_a забиљежена је у самом центру града и износила је 35.5°C . Нешто мање температурне вриједности ($33\text{-}34^{\circ}\text{C}$) забиљежене су у парку Младен Стојановић и поред ријеке Врбас. У центру града су забиљежене и највеће екстремне температуре (T_{\max} и T_{\min}). Максимална температура износила је 39°C , а минимална 28.8°C . У односу на центар, парк је имао нижу T_{\max} (37.7°C) и вишу T_{\min} (26.8°C) у односу на локацију уз ријеку, гдје је минимална температура износила 26.0°C , а максимална 38.9°C . Уз ријеку је забиљежена и највећа температурна разлика (12.9°C) и највећа стандардна девијација (3.2°C) у поређењу са друге двије локације.

Захваљујући праћењу температуре на сваких 10 минута, добија се детаљан увид у временску варијабилност температуре ваздуха у Бањалуци. Најинтензивније разлике у температури између посматраних локација су од око $5\text{-}6^{\circ}\text{C}$ и јављају се између врућег центра града и свјежијег урбаног парка и обале ријеке у јутарњим часовима, посебно између 9 ујутро и поднева. Послијеподне, температурне разлике између центра града и других локација брзо се смањују на око $1\text{-}2^{\circ}\text{C}$, а понекад могу ићи и до 0°C (око 17-18 часова), што указује на појаву лаганог урбаног хладног острва у центру града. То би могла бити посљедица од хлада околних зграда које окружују мјесто мјерења у средишту града. Урбани парк имао је за око 1°C вишу температуру у поређењу са обалом ријеке током цијелог дана, осим неколико сати послеподне. Иако су мјерна мјеста на обали ријеке и у градском парку била испод дрвета, близина ријеке могла би додатно смањити температуру на обали ријеке у поређењу са локацијом урбаног парка. Генерално, разлике у температури ваздуха су се смањиле у послеподневним часовима између локација, а то би могло бити посљедица ефекта засјењења и мањег интензивног загријавања у послеподневним часовима (Milošević et al., 2022).

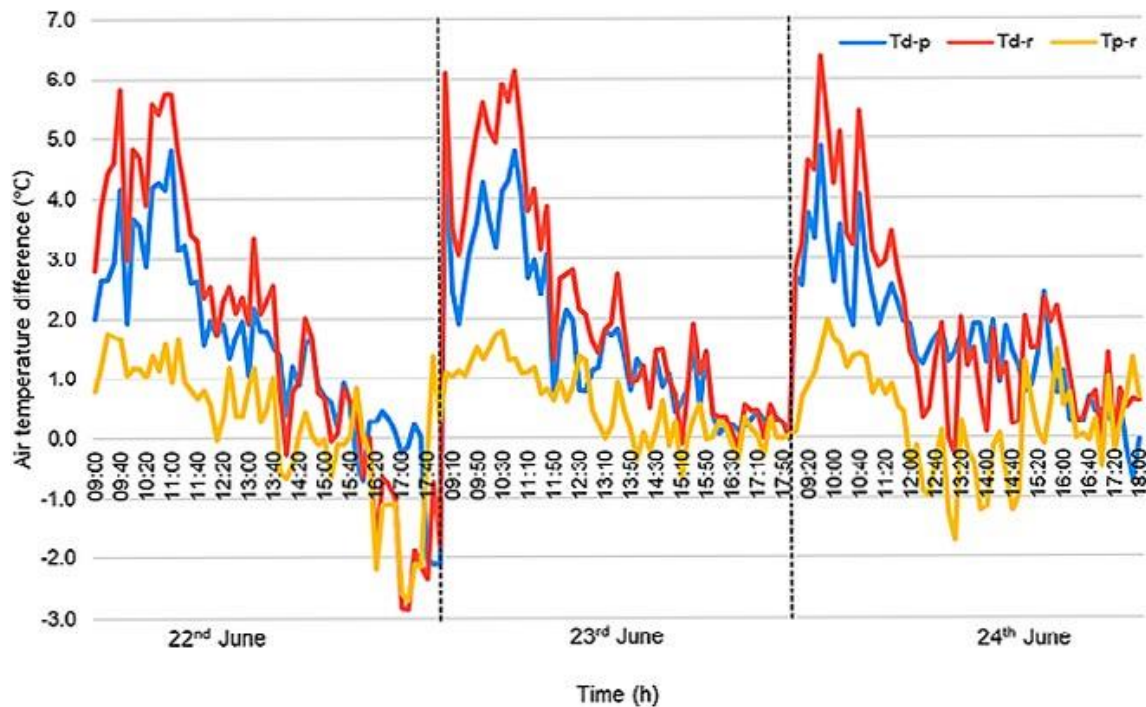


График 4: Временске варијације температуре у Бањалуци за период 22-24. јун 2021. године (период мјерења: 9-18h) ОБЈАШЊЕЊЕ ЗА ОЗНАКЕ: T_{d-p} представља температурну разлику између центра и градског парка, T_{d-r} представља температурну разлику између центра и обале ријеке и T_{p-r} представља температурну разлику између градског парка и обале ријеке

4.3. Релативна влажност

Највеће просјечне вриједности релативне влажности (RH) забиљежене су у близини ријеке (41,4%), а затим у градском парку (39,0%), док је најнижа просјечна RH забиљежена у центру града (35,7%). Већи распон и стандардна девијација забиљежени су поред ријеке, гдје су забиљежене и највеће максималне и минималне вриједности.

Током јутрањих часова може се примијетити временска варијација RH између посматраних локација. На примјер, центар града ујутро је имао до 14% нижи RH у поређењу с обалом ријеке и до 10% нижи RH у поређењу с градским парком. Како дан одмиче, разлике у RH су мање изражене између локација. Иако је локација уз ријеку имала

више вриједности RH током већег дијела дана, најмање изражене разлике у RH јављају се између обале ријеке и градског парка.

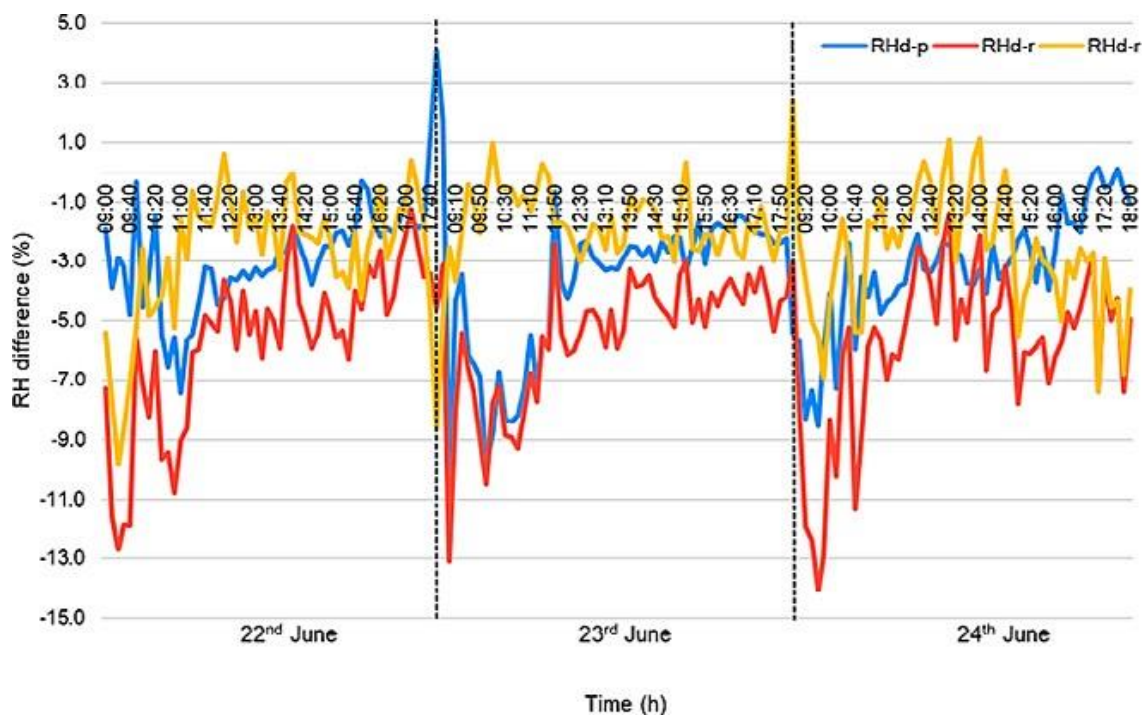


График 5: Временска варијација RH у Бањалуци за период 22-24. јун 2021. године (период мјерења: 9-18h) ОБЈАШЊЕЊЕ ЗА ОЗНАКЕ: RH_{d-p} представља разлику релативне влажности између центра и градског парка, RH_{d-r} представља разлику релативне влажности између центра и обале ријеке и RH_{r-r} представља разлику релативне влажности између градског парка и обале ријеке

4.4. Вјетар

Током периода мјерења брзина вјетра (v) је била мала на свим мјестима мјерења (0,6 - 0,7m/s) (Табела 3). Није било значајних разлика у брзини вјетра између локација, јер је током периода мјерења било сунчано и мирно вријеме. Урбани парк имао је тек нешто

нижу брзину вјетра. Како разлике у брзини вјетра нису биле значајне између локација, у раду није дата детаљна анализа брзине вјетра у Бањалуци.

4.5. Глобално зрачење

Највише вриједности глобалног зрачења (T_g) измјерене су у центру града који у просјеку има $4\text{ }^\circ\text{C}$ више вриједности T_g у односу на обалу ријеке и $7,7\text{ }^\circ\text{C}$ у односу на градски парк (Табела 3). Највеће максималне и минималне вриједности T_g забиљежене су у центру града. Градски парк је најугодније урбано подручје током периода мјерења с нижим просјечним T_g у поређењу с обалом ријеке.

Временске варијације T_g показују да се значајне разлике у градској средини јављају у периоду од 10 до 14h када је центар града знатно топлији са $14\text{-}15\text{ }^\circ\text{C}$ вишим T_g у поређењу да градским парком и обалом ријеке. У јутарњим часовима градски парк је нешто топлији у односу на обалу ријеке. Како дан иде према послеподневу, обала ријеке постаје топлија у поређењу с градским парком и центром града. Ово сугерише да је локација уз ријеку била у сјени прије поднева, међутим, била је обасјана сунцем и директно озрачена током касног послеподнева (Milošević, et al., 2022). Ови резултати наглашавају кључну улогу зрачења у просторној и временској варијабилности топлотне изложености у урбаним подручјима с умјереном климом током љетних дана (Geletić et al., 2021).

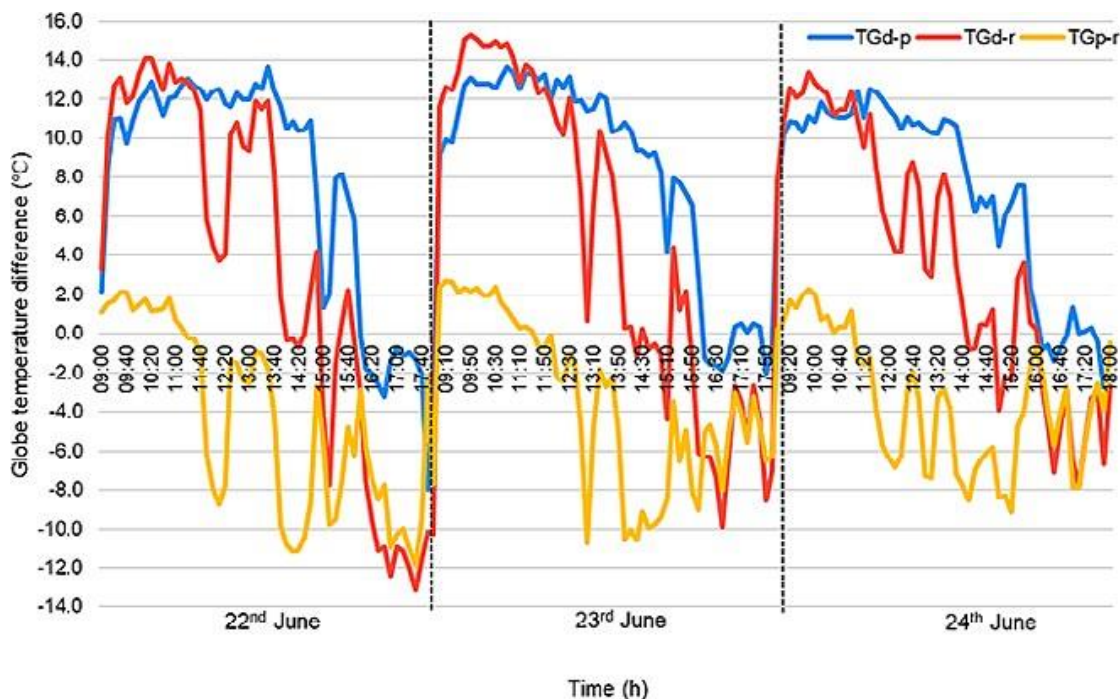


График б: Временска варијација Tg у Бањалуци за период 22-24. јун 2021. године (период мјерења: 9-18h) ОБЈАШЊЕЊЕ ЗА ОЗНАКЕ: TG_{d-p} представља разлику глобалног зрачења између центра и градског парка, TG_{d-r} представља разлику глобалног зрачења између центра и обале ријеке и TG_{p-r} представља разлику глобалног зрачења између градског парка и обале ријеке

4.6. PET

У центру града су забиљежене највеће просјечне вриједности PET-а (45,6°C), а затим уз ријеку (41,5°C), док су најниже просјечне вриједности PET-а забиљежене у градском парку (36,7°C) (Табела 3). То указује да су центар града и обала ријеке били доста више изложени сунчевом зрачењу, односно били су више под екстремним условима топлотног стреса, док су јаки услови топлотног стреса превладавали у градском парку (Табела 2).

Доста веће вриједности PET-а у поређењу с обалом ријеке и градским парком има центар града током цијелог дана. У периоду од 14 до 16 часова центар града има око 17°C више вриједности PET-а у поређењу са градским парком и обалом ријеке, а те се разлике смањују према касном послеподневу. У периоду од 16 до 18 часова обала ријеке је

топлински најнеугоднији дио града са преко 10°C вишим PET-ом у поређењу с центром града и градским парком. То би могла да буде последица директног сунчевог зрачења на обали ријеке у послеподневним часовима, док су центар града и градски парк у сјени зграда, односно дрвећа (Milošević et al., 2022).

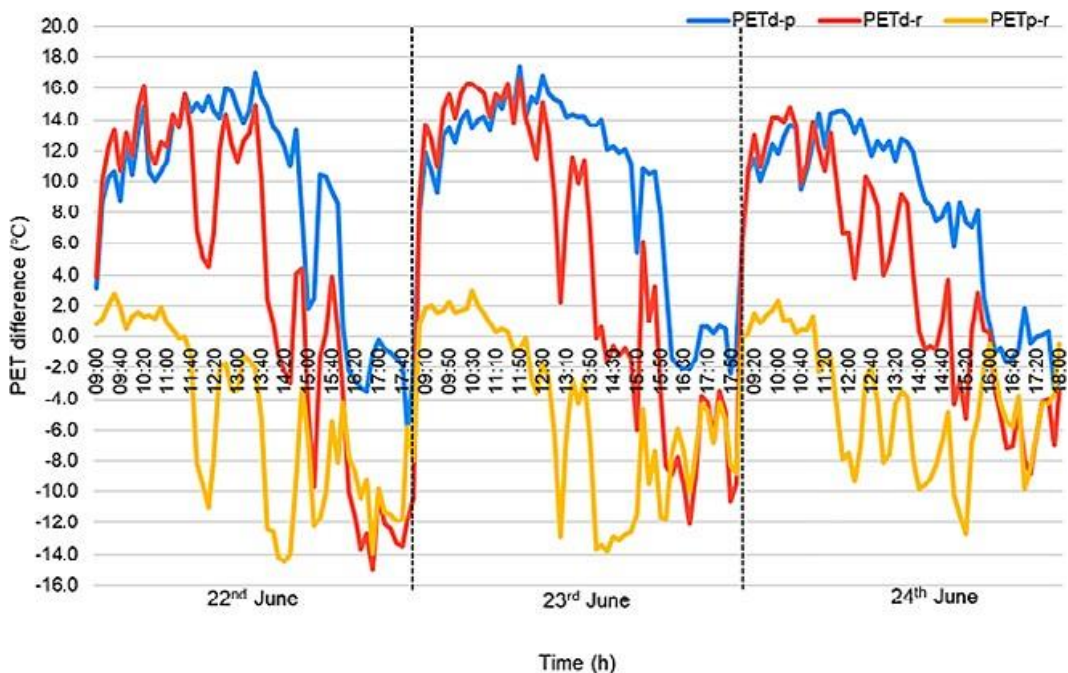


График 7: Временска варијација PET-а у Бањалуци за период 22-24. јун 2021. године (период мјерења: 9-18h) ОБЈАШЊЕЊЕ ЗА ОЗНАКЕ: PET_{d-p} представља разлику физиолошког еквивалента температуре између центра и градског парка, PET_{d-r} представља разлику физиолошког еквивалента температуре између центра и обале ријеке и PET_{p-r} представља разлику физиолошког еквивалента температуре између градског парка и обале ријеке

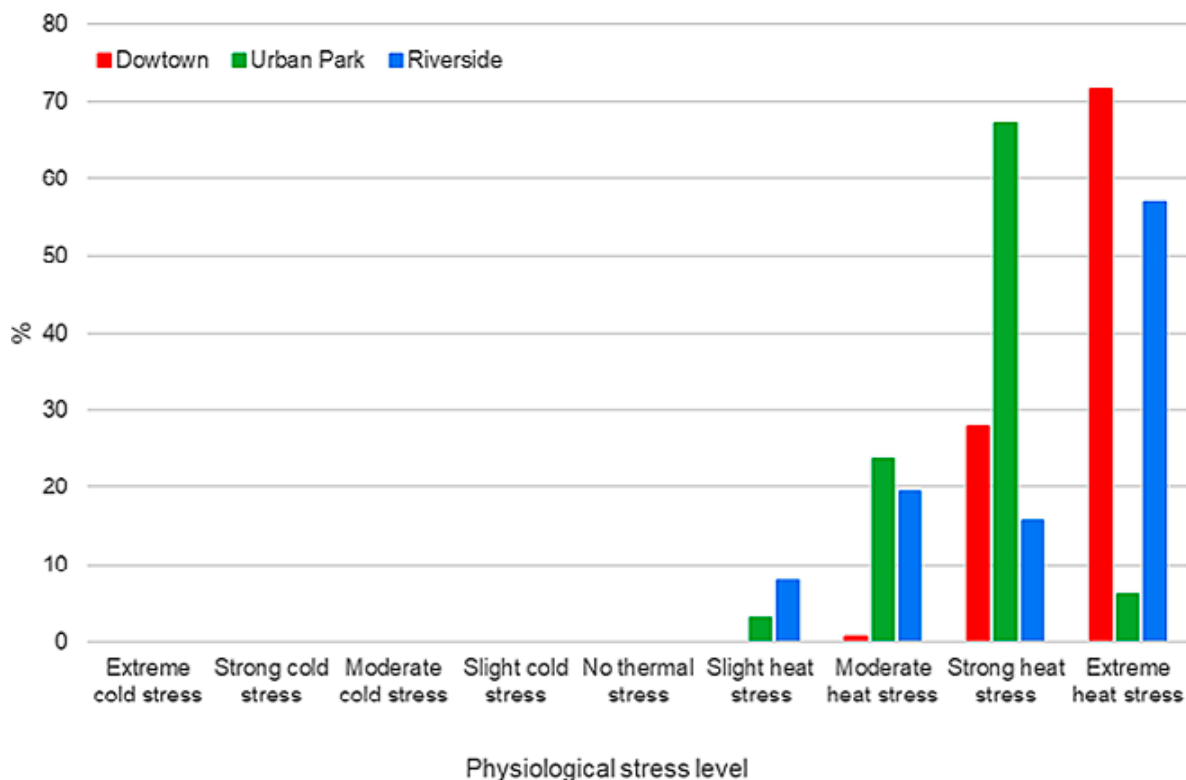


График 8: анализа учесталости (%) различитих степена физиолошког стреса (zasnovano na PET vриједностима) на локацијама у Бањалуци за период 22-24. јун 2021. године (период мјерења: 9-18h)

4.7. mPET

У центру града су забиљежене највише просјечне вриједности mPET-а (41,4°C), а затим уз ријеку (38,4°C), док је најнижи просјечни mPET запажен су у градском парку (34,7°C) (Табела 3). Према табели вриједности PET-а, екстремни топлотни стрес забиљежен је у центру града, јак топлотни стрес на обали ријеке и умјерен топлотни стрес у градском парку. У поређењу с PET-ом, резултати mPET-а показали су да је модификација изворног PET индекса довела до смањења нивоа физиолошког стреса за једну категорију на обали ријеке (од екстремног до јаког топлотног стреса) и у градском парку (од јаког до умјереног топлотног стреса).

Временска варијација mPET-а показала је да су максималне разлике између центра града и других локација биле нешто мање (до 13°C) у поређењу са PET разликама (које су биле до 17°C). Знатно виши mPET у центру града превладавао је до 14-15 часова. Након тога, обала ријеке имала је више вриједности mPET у поређењу с другим локацијама, јер је послеподне било обасјано сунцем. Само је у јутарњим часовима градски парк имао нешто виши mPET у односу на ријечну обалу (Milošević et al., 2022).

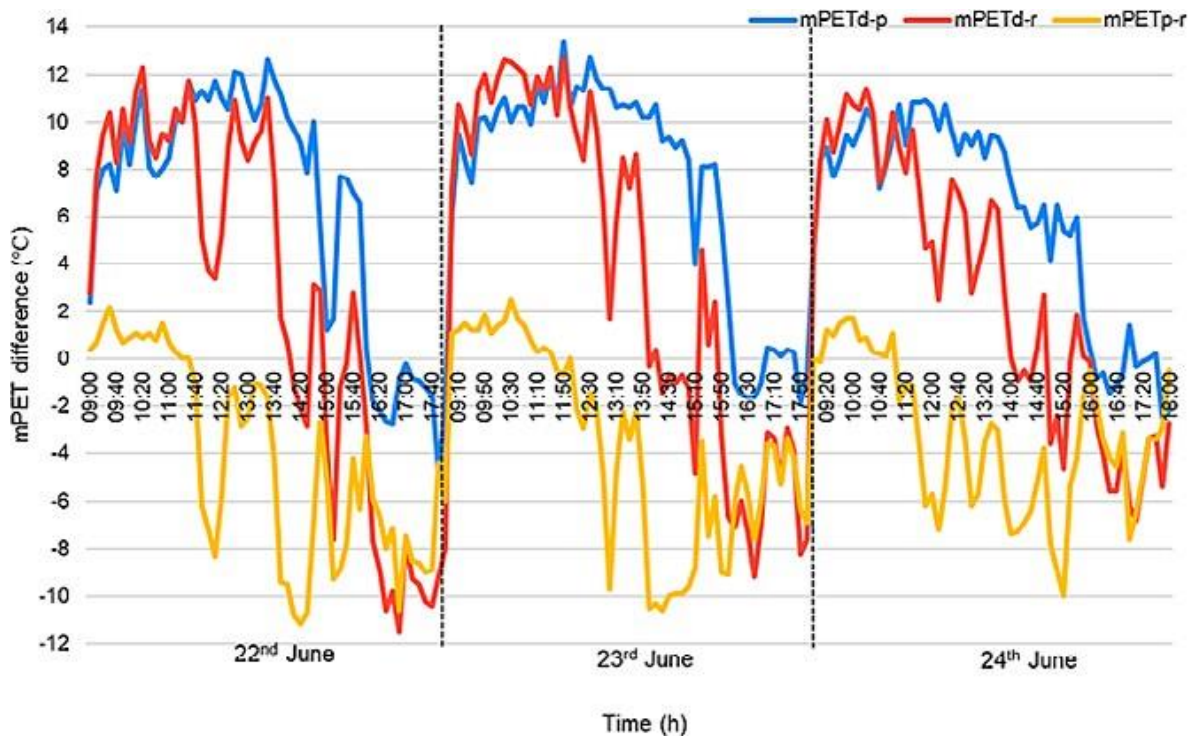


График 9: Временска варијација mPET-а у Бањалуци за период 22-24. јун 2021. године (период мјерења: 9-18h) ОБЈАШЊЕЊЕ ЗА ОЗНАКЕ: mPET_{d-p} представља разлику модификованог физиолошког еквивалента температуре између центра и градског парка, mPET_{d-r} представља разлику модификованог физиолошког еквивалента температуре између центра и обале ријеке и mPET_{p-r} представља разлику модификованог физиолошког еквивалента температуре између градског парка и обале ријеке

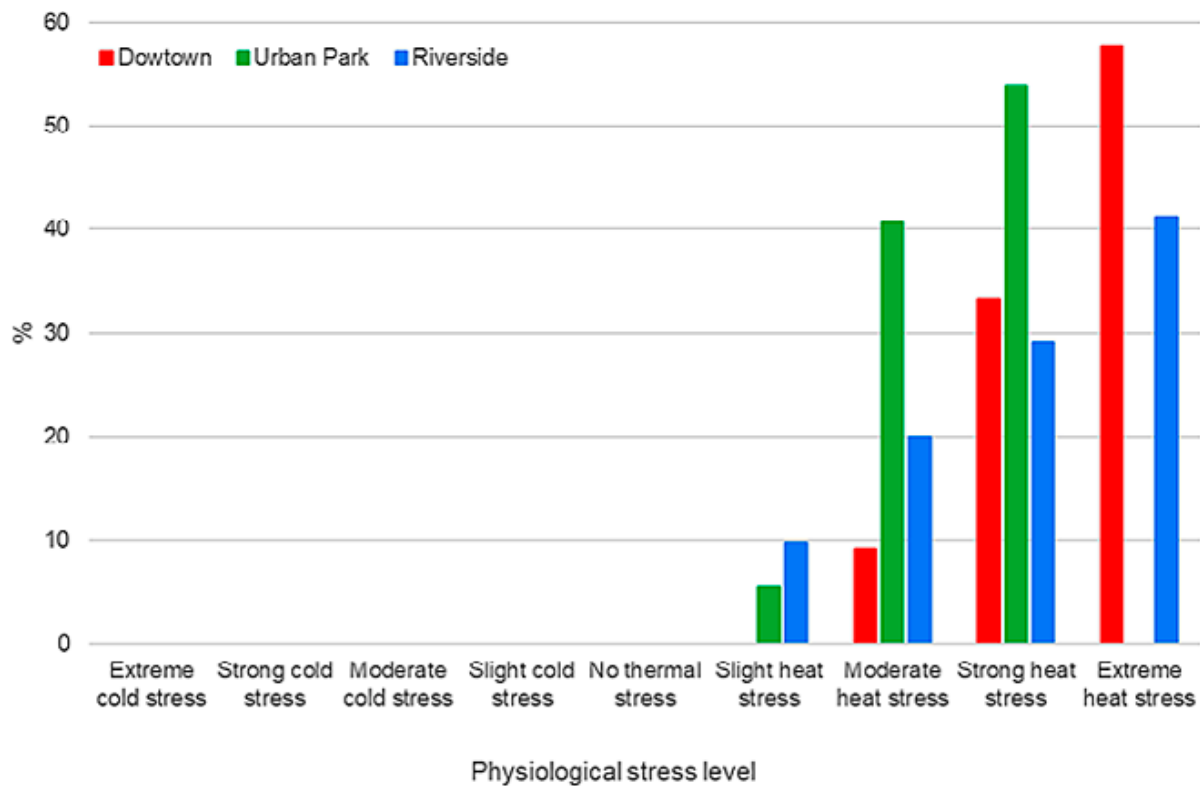


График 10: анализа учесталости (%) различитих степена физиолошког стреса (засновано на mPET вриједностима) на локацијама у Бањалуци за период 22-24. јун 2021. године (период мјерења: 9-18h)

Анализа учесталости (%) различитих степена физиолошког стреса на локацијама у Бањалуци на основу вриједности mPET приказана је на Графику 10. Нивои екстремног топлотног стреса превладавају у центру града (58%) и на обали (41%). Ипак, ово је смањење учесталости појаве екстремног топлотног стреса за 14% у центру града и за 16% на обали ријеке у поређењу с учесталостима PET-а на тим локацијама. Осим тога, јаки топлотни стрес доминира у градском парку (54%), што је смањење од око 13% у поређењу са учесталошћу овог нивоа топлотног стреса на основу PET вриједности. То указује да варијабилност одјеће коју доноси mPET прорачун у RayMan моделу може смањити нивое топлотног стреса на проучаваним локацијама (Milošević et al., 2022).

5. ДИСКУСИЈА

Иако се у Републици Српској, Босни и Херцеговини, број становника из године у годину смањује, на глобалној сцени укупан број становника из године у годину достиже нови максимум. Свјетска популација наставља да расте, али се темпо раста успорава (График 11). Према најновијим пројекцијама Уједињених нација свјетска популација би могла да порасте на око 8,5 милијарди 2030. године; 9,7 милијарди 2050. и 10,4 милијарде 2100. године (United Nations, 2022).

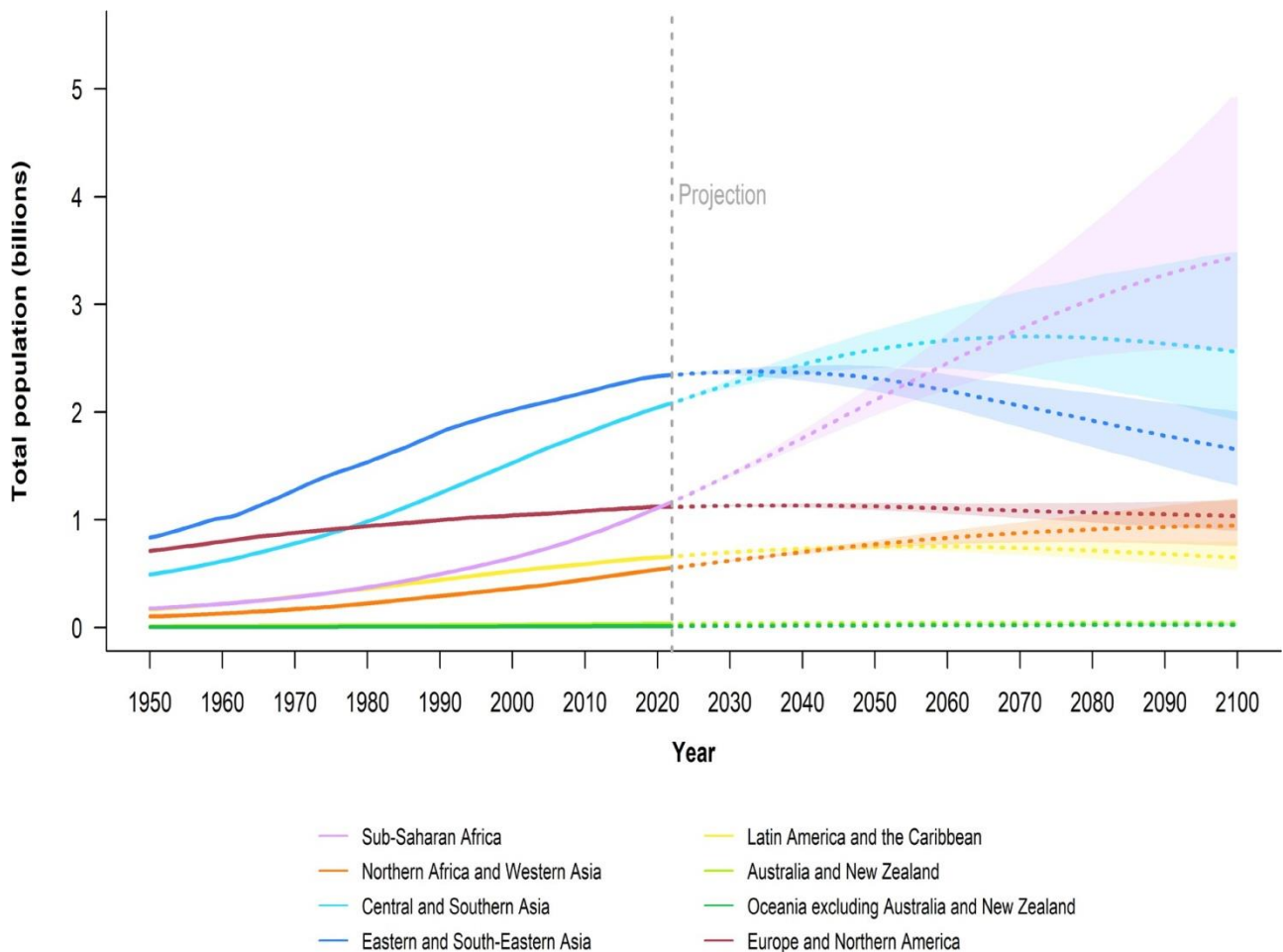


График 11: Број становника и процјене по континентима за период 1950-2100.

Урбанизација је процес који је започео након прве индустријске револуције и чији се тренд повећава из деценије у деценију. Тренутно је процес урбанизације највећи у 21.вијеку, али он ће наставити и даље да расте, на рачун процеса дерурализације. Све већа изградња у градовима, мијењање просторне организације и ширење градова доводе до измјене климе града и до стварања различитих климатских услова у граду у односу на околину, а и до стварања различитих микроклиматских услова унутар самог града. Процес урбанизације може да има негативне посљедице на климу града, као што су повећање температуре, промјене у отицању воде, мање испаравање, смањење брзине вјетра, смањење травнатних површина, сјеча шума...

Једном када је град изграђен, његов физички облик и обрасци кориштења земљишта могу бити закључани генерацијама, што доводи до неодрживог ширења. Експанзија потрошње урбаног земљишта надмашује раст становништва за чак 50%, за што се очекује да ће додати 1,2 милиона km² новог урбаног изграђеног подручја свијету у три деценије. Такво ширење врши притисак на земљу и природне ресурсе, што доводи до нежељених исхода; градови троше двије трећине глобалне потрошње енергије и чине више од 70% емисије стакленичких гасова (The World Bank, 2020).

Наведене посљедице доводе до тзв. таласа врућине, који су све чешћа појава љети у већим градовима, који са собом имају лоше посљедице по здравље људи. Чести су и смртни случајеви усљед високих температура, гдје у поједним земљама током љета, умре неколико хиљада људи. Екстремне температуре ваздуха, нажалост, све су чешће и имају тренд раста, из године у годину, широм свијета.

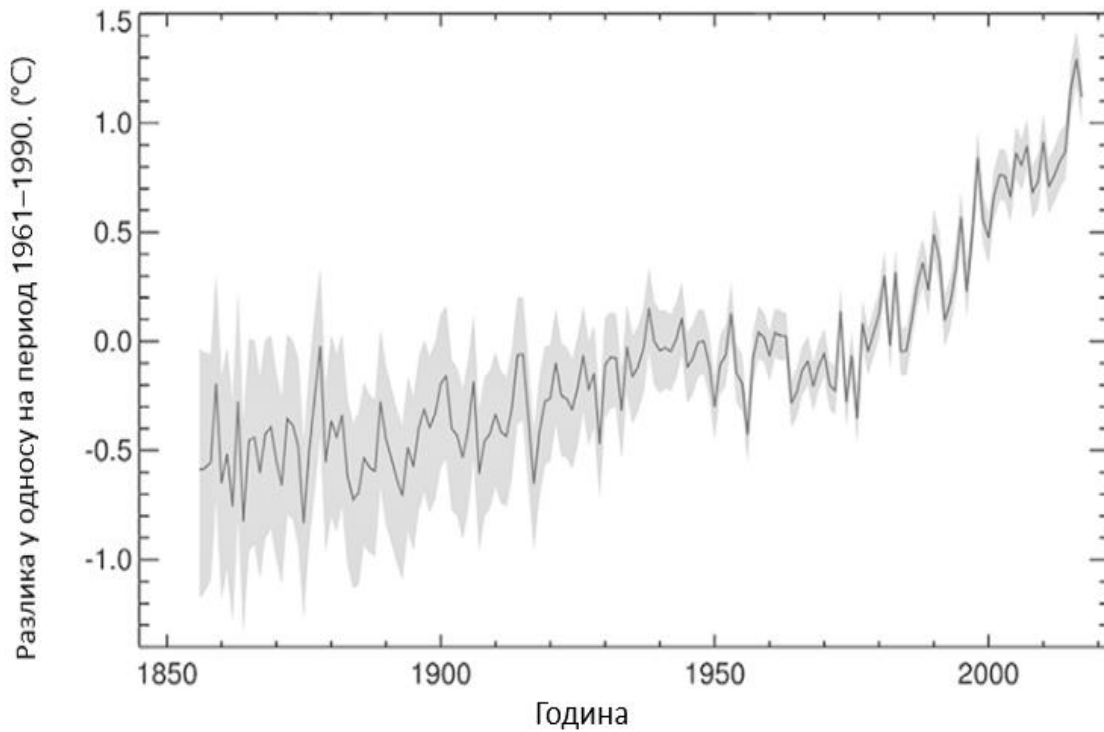
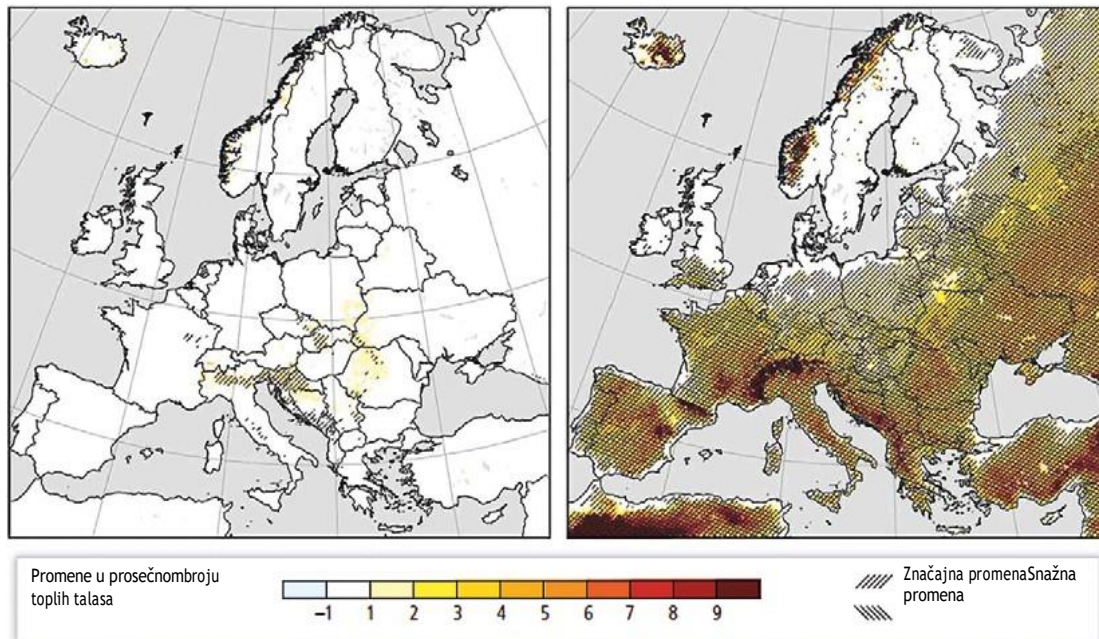


График 12: Глобална просјечна годишња одступања температуре ваздуха (y °C) изнад копна за период од 1856. до 2015. године (референтни период 1961-1990);

црна линија – вредности одступања; сиво поље – статистичка значајност од 95%

Да би се заштитили и ублажили посљедице од од топлотних и хладних таласа, потребно је припремити се, односно примјенити планове у случају истих. Нажалост, велики дио свјетске популације још увијек није заштићен таквим системима, а међу њима доста региона не посједује ни довољно података (Savić at al., 2020).

Слика 7: Пројектована промјена просјечног броја топлих таласа у периоду од маја до септембра за период 2071-2100, а упоређено са периодом 1971-2000. година



Извор: Savić et al., 2020

Истраживања у Бањалуци дала су сличне резултате као и нека друга истраживања у Европи. У поређењу температуре ваздуха показало се да су највеће температуре у најурбанизованијим дијеловима града. На примјер, истраживање Unger (2020) показује да су најурбанизованији, односно најизграђенији дијелови града у Сегедину у Мађарској имали највише температуре. Такође, мјесто које је најпогодније за формирање топлотног острва је у центру града, као и у Сегедину, гдје су топлотна острва била доминантна у центру града и то нарочито неколико сати послје заласка сунца. Периоди топлотних таласа с врућим временом посебно су обиљежена јаким ноћним урбаним топлотним острвом, као што је забиљежено у Сегедину. Током дана, температурне разлике у урбаним срединама углавном су повезане са засјеђењем (Unger, 2020). На примјер, Tor et al. (2020) показали су да градски парк у Генту, у Белгији генерално карактеришу ниже температуре са до 1,0 °C нижом средњом температуром током љетног дана у поређењу са центром града удаљеним 2km . Gál et al. (2021) истакнули су да урбане зелене површине генерално хладе околину, иако се њихов потенцијал хлађења разликује зависно од карактеристика

зелених површина, као што је величина урбаног парка. Резултати претходних студија показали су да се нижа влажност и урбано тоplotно острво често јављају у густо урбанизованим подручјима током љетњег дана и током тоplotног таласа у Новом Саду (Dunjić et al., 2021). Слични резултати добијени су у Генту у Белгији, где је најнижа релативна влажност забиљежена на урбаној локацији током тоplotног таласа, док је највећа релативна влажност постигнута на руралној локацији (Tor et al. 2020). Yang et al. (2017) су такође указали да се релативна влажност смањује са порастом урбанизације. Због веће изграђености, у градовима је брзина вјетра мања него у руралним срединама. Брзина вјетра може достићи већу брзину једино у условима урбаног кањона. Поређења ради, отвореније урбане локације у Генту, имале су највећу брзину вјетра, посебно током дана, у поређењу са мање отвореним локацијама, као што су урбани паркови (Tor et al., 2020; Milošević et al. 2022).

6. ЗАКЉУЧАК

Урбана климатологија је ужа дисциплина климатологије која у последње вријеме све више добија на значају. Повећање броја становника у градовима, ширење градова, измјене у просторно-функционалној организацији града доводе до измјене микроклиматских услова. Разлика у микроклиматским условима уочљива је како у односу рурална средина - урбана средина, тако и у различитим урбаним зонама унутар самог града. С обзиром да процес ширења градова подразумијева све већу изградњу (све више бетона, асфалтираних улица, више објеката) и већи промет у саобраћају, промјене у атмосфери су неминовне. Због тога микроклиматски услови неће бити истих интензитета као некад што су били, него ће разлика у микроклиматским условима остати иста, као што је тренутно или бити још израженија.

Као град који има близу 200 000 становника, Бањалука у својој урбаној просторној структури има различите микроклиматске услове. То је утврђено и на основу мјерења која су обављена на три различите локације у граду (центар града, градски парк и поред ријеке Врбас), гдје су се пратила 4 микроклиматска елемента: температура, влажност ваздуха, глобално зрачење и брзина вјетра. Као најтоплији дио града издваја се центар града, гдје је разлика у поређењу са парком и локацијом поред ријеке у температури ваздуха износила око 1-2 °С, а у глобалном зрачењу и до 5-6 °С. Највећа влажност ваздуха измјерена је поред ријеке, а затим у парку. Израчунате су и вриједности термалног комфора (РЕТ И mРЕТ) на све три локације, гдје се градски парк показао као најугоднија локација са 5-9 °С мањим РЕТ-ом, са малим разликама и са вриједностима за mРЕТ.

Без обзира на климатски тип у којем се налази, сваки град имаће разлике у микроклиматским условима унутар своје структуре. Постоје одређени начини како да се разлике у урбаним срединама ублаже. Прије свега треба се обратити пажња на рефлексност површина, чије ће повећање довести до мањег загријавања ваздуха. Повећање рефлексности површина може се постићи кориштењем свијетло обојених грађевинских материјала или облагањем површине грађевинског материјала свијетлим бојама. Други начин је изградња што више дрвореда и градских паркова и генерално „озелењавање“ града (кровна и вертикална вегетација).

Додатна топлота у градовима има неколико практичних импликација. Хоће ли се они сматрати позитивнима или негативнима зависи од макроклиме града. У градовима с релативно хладном климом или с хладном сезоном, топлотно острво може да има одређене предности, као што су јефтинији трошкови гријања куће, побољшан вањски комфор, мање опасности од временских услова на путевима, као што су површинска поледица или магла и повољнији услови за раст биљака и животињско станиште. С друге стране, топлотна острва у релативно врућим климама или годишњим добима могу повећати нелагоду и потенцијално повећати пријетњу топлотног стреса и смртности, те повећати трошкове климатизовања и потражњу за енергијом (Stewart and Oke, 2012).

С обзиром на установљене микроклиматске разлике у Бањалуци, потребно бих је очекивати и у наредном периоду. Бањалука је град у којем број становника из године у годину расте, те се такав тренд очекује и у наредном периоду. Већа урбанизација довешће до још већих разлика унутар урбаних зона града и формирања различитих локалних климатских зона. Потребно је припремити се пред најаву топлотних таласа и уопштено настојати да се разлике у микроклиматским условима што више ублаже. Генерално, микролиматски услови у градовима се мијењају и с обзиром на процес урбанизације и даље ће се мијењати, те је потребно њихово стално праћење, како би се указало на тренутно стање, посљедице и дале смјернице за будући период који ће бити од користи градским властима и који могу помоћи у заштити од екстремних врућина и у изради стратешке и просторно-планерске документације.

7. ЛИТЕРАТУРА

Brazel, J. A., & Quattrochi D., (2005): Urban Climatolog. Encyclopedia Of World Climatology, Springer, Dordrecht, 766-779.

Vujović, S. at al., (2021): Urban Heat Island: Causes, Consequences, and Mitigation Measures with Emphasis on Reflective and Permeable Pavements. CivilEng, Volume 2(2), 459-484.

Gál, T., at al., (2021): Numerical modelling for analysis of the effect of different urban green spaces on urban heat load patterns in the present and in the future. Computers, Environment and Urban Systems, Volume 87.

Geletič, J., at al., (2019): Inter-/intra-zonal seasonal variability of the Surface Urban Heat Island based on Local Climate Zones in three Central European Cities. Building and Environment, Volume 156, 21-32.

Geletič, J., at al., (2021): High-resolution modelling of thermal exposure during a hot spell: a case study using PALM-4U in Prague, Czech Republic. Atmosphere 12 (2), 175.

Georgiadis. T., (2017): Urban Climate and Risk. Ocford Adademic, Oxford Handbook Topics in Physical Sciences.

Dunjić, J., at al., (2021): Air Humidity Characteristics in "Local Climate Zones" of Novi Sad (Serbia) Based on Long-Term Data. International Journal of Geo-Information, Volume 10, 810.

Žgela, M., (2018): Urbana klimatologija – primjer toplinskog otoka grada Zagreba. Geografski horizont, Izdanje br. 2, 31-40.

<http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/fall11/atmo336/lectures/sec4/urban.html>

<https://www.britannica.com/science/urban-climate>

Leder, T., & Leder, N., (2018): Određivanje površinske temperature tla grada Mostara satelitskim metodama. e-Zbornik, elektronički zbornik radova Građevinskog fakulteta, Izdanje br. 8, 66-76.

Li, B. at al., (2015): Revisiting the ‘Venturi effect’ in passage ventilation between two non-parallel buildings. *Building and Environment*, Volume 94, 714-722.

Lopez-Cabeza, V., at al., (2022): Albedo influence on the microclimate and thermal comfort of courtyards under Mediterranean hot summer climate conditions. *Sustainable Cities and Society*, Volume 81, 103872.

Мандић, М., (2013): Карактеристике урбаног развоја Бање Луке. Географско друштво Републике Српске.

Matzarakis, A., & Mayer, H., (1996): Another kind of environmental stress: thermal stress. In WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control, Volume 18, 7-10.

Milošević, D., at al., (2017a): Influence of changing trees locations on thermal comfort on street parking lot and footways. *Urban Forestry and Urban Greening*, Volume 23, 113-124.

Milošević, D., at al., (2017b): Applications of automatic algorithms for improvement of outdoor thermal comfort in cities. *Procedia Engineering*, Volume 198, 187-192.

Милошевић, Д., (2018): Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу аутоматизованог модела и биоклиматских анализа. Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду.

Milošević, D., at al., (2020): Analysis of human thermal comfort in Central European City during summer of 2015: A case of Novi Sad (Serbia). *Glasnik Srpskog Geografskog Drustva*, Izdanje br. 100, 31-39.

Milošević, D., at al., (2022): Analysis of air temperature dynamics in the "local climate zones" of Novi Sad (Serbia) based on long-term database from an urban meteorological network. *International Journal of Biometeorology*, Volume 66, 371–384.

Milošević, D., at al., (2022): Biometeorological Conditions During Hot Summer Days in Diverse Urban Environments of Banja Luka (Bosnia and Herzegovina). *Geographica Pannonica*, Volume 26, 29-45.

Oke, T. R., (1995): The Heat Island of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects NATO ASI Series (Series E: Applied Sciences). Dordrecht, Volume 277.

Oke, T.R., (1987): Boundary Layer Climates. 2nd Edition, Methuen Co., London, New York.

Our World in Data - <https://ourworldindata.org/urbanization>

Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске (2021). Метеоролошки подаци из станице Бања Лука. Подаци доступни на <https://rhmzrs.com/>

Ritchie, H. & Roser, M., (2018): Urbanization. Our World in Data.

Savić, S., at al., (2013): Classifying urban meteorological stations sites by ‘Local Climate Zones’: preliminary results for the City of Novi Sad (Serbia). Geographica Pannonica, Volume 17, 60-68.

Savić, S., at al., (2016): Urban climate issues in complex urbanized environments: a review of the literature for Novi Sad (Serbia). Acta Climatologica et Chorologica, Volume 49-50, 63-80.

Savić, S., at al., (2018): Heat wave risk assessment and mapping in urban areas: case study for a midsized Central European city, Novi Sad (Serbia). Natural Hazards, Volume 91(3), 891-911.

Savić, S. i drugi (2020): Značaj održivog razvoja u urbanim sredinama primenom koncepta “rešenja zasnovana na prirodi”. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet i GReENERGY.

Stewart, I.D. & Oke, T.R. (2012): Local Climate Zones for urban temperature studies. Bulletin of American Meteorological Society, Volume 93, 1879-1900.

The World Bank - <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>

The World Bank, Urban Development,
<https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview>

The World Bank, Urban Population, <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>

Top, S., et al., (2020): Intra-urban differences of outdoor thermal comfort in Ghent on seasonal level and during record-breaking 2019 heat wave. *Building and Environment*, Volume 185, 107103.

Трбић, Г., (2005): Биоклиматска обиљежја Бањалуке. Гласник географског друштва Републике Српске, Издање бр. 10, 49–57.

Трбић, Г., (2010): Екоклиматска рејонизација Перипанонског обода Републике Српске. Географско друштво Републике Српске.

Trbić, G., et al., (2022): Long-term biometeorological conditions in the mid-sized European city -A case study of Banja Luka (Bosnia and Herzegovina). *EMS Annual Meeting*, Volume 19.

Unger, J., et al., (2020): Comparison of regional and urban outdoor thermal stress conditions in heatwave and normal summer periods: A case study. *Urban Climate*, Volume 32, 100619.

United Nations, <https://population.un.org/wup/General/FAQs.aspx>

United Nations, (2022): *World Population Prospects 2022, Summary of Results*. Department of Economic and Social Affairs.

United Nations, (2018): *World Urbanization Prospects. The 2018 Revision*.

Fanger, P.O., (1972): *Thermal comfort*. McGraw-Hill Company, New York.

Höppe, P., (2002): Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, Volume 34 (6), 661-665.

Chen, J., (2017): Rapid urbanization in China: A real challenge to soil protection and food security. *Catena*, Volume 69, 1-15.

Cleugh, H., (1995): Chapter 13 – Urban climates. *World Survey of Climatology*, Volume 16, 477-514.

COST, CA20108 - FAIR NEtwork of micrometeorological measurements (FAIRNESS), <https://www.cost.eu/cost-action/fair-network-of-micrometeorological-measurements/#tabs+Name:Description>

Šećerov, I., et al., (2019): Progressing urban climate research using a high-density monitoring network system. *Environmental Monitoring and Assessment*, Volume 191(2), 89.

Yang, P., (2017): Temporal–spatial patterns of relative humidity and the urban dryness island effect in Beijing City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Volume 56, 2221-2237.

Биографија аутора

Рођен је 6.5.1997. године у Бањалуци. Основну и средњу Економску школу завршио је у Бањалуци, а 2016. године уписао студије на Студијском програму географија на Природно-математичком факултету, Универзитета у Бањој Луци. 2020. године уписао је мастер студије на истом студијском програму. Добитник је вишегодишњих републичких и општинских награда, као што су стипендија Фонда др Милан Јелић (Министарство за научно-технолошки развој, високо образовање и информацио друштво), Награда за волонтирање (Министарство породице, омладине и спорта), школска стипендија Града Бања Лука. Кроз дужи низ година едуковао се по различитим питањима кроз неформално образовање и стекао бројне вјештине и знања. Један је од организатора бројних догађаја на Факултету и Универзитету, као што су StES, Дани студената, Дани отворених врата, Фестивал науке, Седмица географије, размјене студената, хуманитарне акције, бројне едукације и радионице. Члан је Студентске организације ПМФ-а и представник EGЕА Бања Лука, гдје кроз бројне активности промовише науку и студентски живот.

Изјава 1

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је мастер рад

Наслов рада: Климатске прилике у различитим урбаним зонама Бањалуке

Наслов рада на енглеском језику: Urban climate condition in different built-up zones in Banja Luka

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да мастер/магистарски рад, у цјелини или у дијеловима, није био предложен за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

У Бањој Луци 18.11.2022.

Потпис кандидата

Бојан Јарич

Изјава 2

Изјава којом се овлашћује Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци да мастер рад учини јавно доступним

Овлашћујем Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци да мој мастер рад, под насловом *Климатске прилике у различитим урбаним зонама Бањалуке*, који је моје ауторско дјело, учини јавно доступним.

Мастер рад са свим прилозима предао сам у електронском формату, погодном за трајно архивирање.

Мој мастер рад, похрањен у д и г и т а л н и р е п о з и т о р и ј у м Универзитета у Бањој Луци, могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио:

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство - некомерцијално - без прераде
- 4. Ауторство - некомерцијално - дијелити под истим условима**
5. Ауторство - без прераде
6. Ауторство - дијелити под истим условима

У Бањој Луци 18.11.2022.

Потпис кандидата

Боран Јарић

Изјава 3

Изјава о идентичности штампане и електронске верзије мастер рада

Име и презиме аутора: Бојан Гарић

Наслов рада: Климатске прилике у различитим урбаним зонама Бањалуке

Ментор: проф. др Горан Трбић

Изјављујем да је штампана верзија мог мастер рада идентична електронској верзији коју сам предао за дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци.

У Бањој Луци 18.11.2022.

Потпис кандидата

Бојан Гарић

Др Татјана Попов, доцент – председник
ужа научна област Физичка географија,
Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци

Др Горан Трбић, редовни професор – ментор
ужа научна област Физичка географија,
Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци

Др Стеван Савић, редовни професор – члан
ужа научна област Геокологија,
Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду

**Научно-наставном вијећу Природно-математичког факултета УНИБЛ
Вијећу студијског програма за географију**

Предмет: Извјештај Комисије о урађеном мастер раду под називом „Климатске прилике у различитим урбаним зонама Бањалуке“ кандидата **Бојана Гарића**

Одлуком Научно-наставног вијећа Природно-математичког факултета Универзитета у Бањој Луци бр.19/3.2424/22 од 12.10.2022. именовани смо у Комисију за преглед, оцјену и одбрану мастер рада на II циклусу Студијског програма Географија под називом „Климатске прилике у различитим урбаним зонама Бањалуке“ кандидата **Бојана Гарића**. Мастер рад је успјешно написан и у складу са тиме подносимо сљедећи:

ИЗВЈЕШТАЈ

Мастер рад кандидата **Бојана Гарића** урађен је у складу са поставкама и образложењем датим у пријави теме, под менторством проф. др Горана Трбића, редовног професора на катедри за физичку географију Природно-математичког факултета Универзитета у Бањој Луци. Мастер рад је написан на 46 страна у А4 формату и садржи 6 поглавља (Увод, Досадашња истраживања, Материјал и методе истраживања, Анализа и резултати рада, Дискусија, Закључак и Литература). У складу са поставкама и циљевима рада, кандидат је истраживао и вршио метеоролошки мониторинг на 3 локације у Граду Бањалуци. Током периода истраживања мјерене су вриједности одабраних метеоролошких параметара на сваких 10 минута у периоду од 9 до 18 часова. Анализирано је неколико микрометеоролошких параметара на три локације у Граду Бањалуци.

Мјерења су обављена на три различите локације у граду:

- 1) центар града (густо урбанизовано „сиво“ подручје)
- 2) урбани парк (природна „зелена“ област)
- 3) обала ријеке (природно „плаво-зелено“ подручје поред ријеке Врбас).

Уређај којим су вршена мјерења назива се *Three Kestrel 5400 Heat Stress trackers* (Уређај за праћење топлотног стреса) и постављен је на све три локације како би пратио микрометеоролошке услове за све локације у исто вријеме. Вршена су мјерења сљедећих метеоролошких параметара: максимална температура, глобално зрачење, релативна влажност ваздуха и брзина вјетра, Током периода истраживања узимале су се мјерене вриједности на сваких 10 минута у периоду од 9 до 18 часова. Вриједности свих параметара су анализирани са више аспеката.

Бањалука у својој урбаној просторној структури има различите микроклиматске услове. То је утврђено и на основу мјерења која су обављена на три различите локације у граду (центар града, градски парк и поред ријеке Врбас), гдје су се пратила 4 микроклиматска елемента: температура, влажност ваздуха, глобално зрачење и брзина вјетра. Као најтоплији дио града издваја се центар града, гдје је разлика у поређењу са парком и локацијом поред ријеке у температури ваздуха износила око 1–2 °С, а у глобалном зрачењу и до 5–6 °С. Највећа влажност ваздуха измјерена је поред ријеке, а затим у парку. Израчунате су и вриједности термалног комфора (РЕТ и mРЕТ) на све три локације, гдје се градски парк показао као најугоднија локација са 5–9 °С мањим РЕТ-ом, са малим разликама и са вриједностима за mРЕТ. Добијене вриједности су поређене са званичним подацима мјереним у Републичком хидрометеоролошком заводу Републике Српске на метеоролошкој станици у Бањалуци и утврђена је њихова међузависност.

Истраживање у мастер раду је показало знатно одступање метеоролошких елемената на три различите локације у Граду Бањалуци (локације код градског моста уз ријеку Врбас, Стари занатски центар и Парк Младен Стојановић). Највеће вриједности температуре ваздуха су забиљежене у строгом центру града (Стари занатски центар), док су најниже регистроване у Парку Младен Стојановић. С обзиром на установљене микроклиматске разлике у Бањој Луци, и у будућности се могу очекивати слични трендови. Већа урбанизација довешће до још већих разлика унутар урбаних зона града и формирања различитих локалних климатских зона. Биће потребне боље припреме за најаву топлотних таласа. Сем тога, биће неопходно настојати да се разлике у микроклиматским условима што више ублаже. Генерално, микроклиматски услови у градовима се мијењају и с обзиром на процес урбанизације и даље ће се мијењати, те је потребно њихово стално праћење. Ово је битно како би се указало на тренутно стање, могуће посљедице, те дате смјернице за будући период који ће бити од користи градским властима, а који могу помоћи у заштити од екстремних врућина и у изради стратешке и просторно-планске документације.

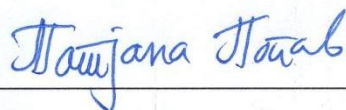
Закључак и приједлог:

На основу напријед изнесеног Комисија за преглед, оцјену и одбрану урађеног мастер рада на II циклусу студија, кандидата Бојана Гарић по насловом "Климатске прилике у различитим урбаним зонама Бања Луке" констатује да је рад успјешно завршен, научно утемељен, концептуално и методолошки правилно постављен, те технички уређен и практично примјенљив.

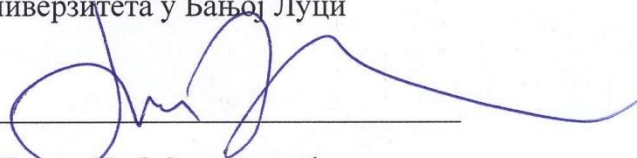
Комисија са задовољством позитивно оцјењује и предлаже Научно-наставно вијећу Природно-математичког факултета Универзитета у Бањој Луци да усвоји позитиван Извјештај завршеног мастер рада кандидата Бојана Гарића под насловом "Климатске прилике у различитим урбаним зонама Бања Луке" и да проведе даљу процедуру везану за одбрану рада.

КОМИСИЈА

Бања Лука, Нови Сад 28.10.2022.



Др Татјана Попов, доцент-предсједник
ужа научна област Физичка географија,
Природно-математички факултет
Универзитета у Бањој Луци



Др Горан Трбић, ред.проф-ментор
ужа научна област Физичка географија,
Природно-математички факултет
Универзитета у Бањој Луци



Др Стеван Савић, ред.проф-члан
ужа научна област Геоекологија,
Природно-математички факултет
Универзитета у Новом Саду

