



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ  
ДЕПАРТМАН ЗА ГЕОГРАФИЈУ, ТУРИЗАМ  
И ХОТЕЛИЈЕРСТВО



Мср. Драган Д. Милошевић

**ПРИМЕНА И ПРОЦЕНА  
КЛАСИФИКАЦИОНОГ СИСТЕМА  
ЛОКАЛНИХ КЛИМАТСКИХ ЗОНА ПОМОЋУ  
АУТОМАТИЗОВАНОГ  
МОДЕЛА И БИОКЛИМАТСКИХ АНАЛИЗА**

-Докторска дисертација-

Нови Сад, 2018.

# САДРЖАЈ

<i>ПРЕДГОВОР</i>	
<b>УВОД</b>	<b>6</b>
<b>ПРЕГЛЕД КЛИМАТСКИХ ИСТРАЖИВАЊА НОВОГ САДА</b>	<b>14</b>
<b>ГЕОГРАФСКИ ОПИС ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА</b>	<b>19</b>
<b>ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ НОВОГ САДА</b>	<b>19</b>
<b>ПРИРОДНЕ И ДРУШТВЕНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ НОВОГ САДА</b>	<b>20</b>
Геоморфолошке и орографске карактеристике	20
Хидрографске карактеристике	21
Климатске карактеристике	21
Педолошки слој, флора и фауна новосадског подручја	24
Урбани развој и кретање броја становника	25
<b>МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА</b>	<b>27</b>
<b>ГИС МЕТОДЕ ЗА МАПИРАЊЕ ЛКЗ</b>	<b>28</b>
Спајање просторних полигона и мапирање ЛКЗ	35
<b>ОДРЕЂИВАЊЕ ЛОКАЦИЈА МЕТЕОРОЛОШКИХ СЕНЗОРА УНУТАР ЛКЗ У НОВОМ САДУ</b>	<b>38</b>
<b>БАЗА ПОДАТАКА</b>	<b>39</b>
Алгоритам за чишћење базе података	39
<b>МЕТОДЕ ЗА АНАЛИЗУ ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА</b>	<b>43</b>
<b>МЕТОДЕ ЗА АНАЛИЗУ РЕЛАТИВНЕ ВЛАЖНОСТИ ВАЗДУХА</b>	<b>45</b>
<b>МЕТОДЕ ЗА АНАЛИЗУ ТЕРМАЛНОГ КОМФОРА ЧОВЕКА</b>	<b>45</b>
<b>ЛОКАЛНЕ КЛИМАТСКЕ ЗОНЕ У НОВОМ САДУ</b>	<b>49</b>
<b>ЛОКАЦИЈЕ МЕТЕОРОЛОШКИХ СЕНЗОРА ГРАДСКЕ МРЕЖЕ У НОВОМ САДУ</b>	<b>51</b>
<b>АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА У ЛОКАЛНИМ КЛИМАТСКИМ ЗОНАМА</b>	<b>58</b>
<b>АНАЛИЗА ГОДИШЊИХ, СЕЗОНСКИХ И МЕСЕЧНИХ ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА У ЛКЗ</b>	<b>58</b>
<b>АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА ТОКОМ ТОПЛОТНОГ И ХЛАДНОГ ТАЛАСА У ЛКЗ</b>	<b>70</b>
<b>АНАЛИЗА ПОЈАВЕ ДНЕВНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ИНДЕКСА У ЛКЗ</b>	<b>74</b>

<b>АНАЛИЗА РЕЛАТИВНЕ ВЛАЖНОСТИ ВАЗДУХА У ЛОКАЛНИМ КЛИМАТСКИМ ЗОНАМА</b>	<b>78</b>
<b>АНАЛИЗА ГОДИШЊЕ, СЕЗОНСКЕ И МЕСЕЧНЕ РЕЛАТИВНЕ     ВЛАЖНОСТИ ВАЗДУХА У ЛКЗ</b>	<b>78</b>
<b>АНАЛИЗА РЕЛАТИВНЕ ВЛАЖНОСТИ ВАЗДУХА ТОКОМ     ТОПЛОТНОГ И ХЛАДНОГ ТАЛАСА У ЛКЗ</b>	<b>81</b>
<b>АНАЛИЗА СПОЉАШЊЕГ ТЕРМАЛНОГ КОМФОРА У ЛОКАЛНИМ КЛИМАТСКИМ ЗОНАМА</b>	<b>85</b>
<b>АНАЛИЗА ГОДИШЊЕ, СЕЗОНСКЕ И МЕСЕЧНЕ     ВРЕДНОСТИ ИНДЕКСА ТЕРМАЛНОГ КОМФОРА У ЛКЗ</b>	<b>85</b>
<b>АНАЛИЗА ТЕРМАЛНОГ КОМФОРА ТОКОМ ТОПЛОТНОГ     И ХЛАДНОГ ТАЛАСА У ЛКЗ</b>	<b>94</b>
<b>УПОРЕДНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА СА ДРУГИМ СВЕТСКИМ ГРАДОВИМА</b>	<b>103</b>
<b>ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА</b>	<b>108</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	<b>111</b>
<b>БИОГРАФИЈА</b>	
<b>КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА</b>	

## **ПРЕДГОВОР**

*”Како је заносна божанствена филозофија<sup>а</sup>!*

*Нити на њој што иштрчи, нити ишкрипи као што мисле тупави глупани.*

*Пуна је мелодије као Аполонов леут,*

*Вечита гозба медених слабости,*

*Где од прождрљивости нема ни трага.”*

**МИЛТОН**

*Љубав ка мудрости, посебно географској, изазвала је у мени неописиву жељу да 2007. године упишем студије географије при Департману за географију, туризам и хотелијерству, Природно-математичког факултета, Универзитета у Новом Саду. Од 2011. године, та љубав се искристалисала у виду жеље за климатским истраживања, првобитно, на простору Војводине, а касније целе Србије и региона. Међутим, од 2013. године љубав ка климатским истраживањима се са регионалног нивоа ”спустила” на локални и микро ниво подстакнута међународним пројектом развоја мреже климатских сензора на подручју града Новог Сада и његове природне околине, у чему је директно учествовао и аутор дисертације.*

*Урбана климатологија као научна дисциплина представља изузетну могућност за истраживање и посебно је важна за данашњицу, али и сутрашњицу. То потврђују чињенице да је на нашој планети све више градског становништва, али и забележени пораст температуре ваздуха и измене других климатских елемената. Услед тога, желео сам да дам допринос овим битним истраживањима анализирајући климу града Новог Сада и његове околине, тј. његових различитих делова, тзв. локалних климатских зона о којима ће бити знатно више речи у наставку дисертације. Добијени резултати могу допринети климатски свесном урбаном планирању нашег града и допринети стварању пријатне и одрживе животне средине за његово становништво.*

*Истраживања везана за тему ове дисертације су започета 2013. године и у том дуготрајном процесу велику подршку ми је пружила моја породица, колеге и пријатељи, којима желим овом приликом да изразим захвалност.*

---

<sup>а</sup>Од грчких речи *philos* (пријатељ) и *sophos* (мудрост) је настало име филозофије. Услед чега филозофија представља љубав према мудрости.

*На првом месту желим да се захвалим мојој породици, пре свега оцу Драгану, мајци Милени, браћи Пери и Живку, снаји Данијели, синовкама Анђели, Милени и Теодори и синовцу Милану. Њихова безрезервна љубав, подршка, мотивација и вера су ми давали снагу за радом у жељи да их учиним поносним.*

*Велику захвалност дугујем својем ментору др Стевану Савићу који ме је корисним професорским и пријатељским саветима и неизмерном подршком држао на једином, правом путу истраживања и допринео да напишем ову дисертацију. Такође, желео бих да се захвалим члановима комисије др Лазару Лазићу, др Имре Нађу, др Горану Анђелковићу и др Бошку Миловановићу на конструктивним сугестијама и корисним саветима који су допринели побољшању квалитета докторске дисертације.*

*Захвалио бих се и др Милени Кресоји и др Зорани Лужанин са Департмана за математику и информатику (ПМФ, УНС) које су безрезервно помагале приликом развоја алгорита за чишћење базе података и даље статистичке анализе и графичког приказа резултата. Такође, желео бих да се захвалим колегиници Дајани Бјелајац и колеги др Владимиру Марковићу са нашег Департмана, као и колегиници Нори Скарбит и колеги Тамаш Галу са Универзитета у Сегедину у помоћи при изради појединих графичких прилога.*

*Осим тога, желео бих и да се захвалим својим драгим колегама из кабинета 4 и 15 ДГТХ-а на подршци приликом израде докторске дисертације, као и обиљу добре енергије и смеха који су допринели да истраживачки дани лакше и брже прођу.*

*И за крај, желео бих да се захвалим вереници Милицы која ме је својом љубави и подршком бодрила у писању дисертације, при томе показавши разумевање за моју љубав ка мудрости.*

*Надам се да ће резултати из ове дисертације допринети развоју српске и светске научне климатске мисли и наћи своју практичну примену у стварању градских средина које су климатски погодне за живот људи садашњице, али и сутрашњице.*

*У Новом Саду, априла 2018. године*

*Аутор*

## УВОД

Године 2007. је по први пут у људској историји број становника градских средина постао већи од броја становника у сеоским срединама на светском нивоу. Подаци из 2014. године указују да 54 % светског становништва (3,9 милијарди) живи у градовима, док је 1950. године број становника у градовима био 30 %. Тренд раста градског становништва ће се наставити и очекује се да 66 % светског становништва живи у градовима 2050. године (United Nations, 2014).

Према попису становништва Републике Србије из 2011. године у Србији живи 7.186.862 становника. Градско становништво чини 59,4 % укупног становништва, тј. 4.271.872 становника. Град Нови Сад (Нови Сад и Петроварадин) има 341.625 становника, односно Нови Сад има 307.760 становника (Републички завод за статистику, 2012). То га чини другим највећим градом Републике Србије, односно највећим градом Аутономне Покрајине Војводине. Интересантно је да скоро половина градског становништва на светском нивоу живи у насељима до 500.000 становника (United Nations, 2014), као што је Нови Сад.

На основу пројекција кретања броја становника за Републику Србију до 2041. године уочено је смањење броја становника за око 400.000 становника. За разлику од тога, Град Нови Сад очекује пораст броја становника за око 40.000 становника (Републички завод за статистику, 2014). Услед тога, изузетно је важно урадити тзв. климатски свесно урбано планирање Новог Сада које ће узети у обзир све специфичности градске климе и пројекције климатских промена у будућности за овај регион.

Генерално посматрајући, становници градских средина су под већим климатским притиском, у поређењу са становницима сеоских средина, услед

чешће појаве топлотних таласа\*, тропских ноћи, сушних периода, градских поплава, који утичу на комфор и здравље градског становништва, градску инфраструктуру и услуге екосистема (Rosenzweig et al., 2011). Услед тога, климатска истраживања градских средина све више добијају на значају како би дала допринос решавању наведених проблема. Најчешће се истражују температурне карактеристике градова, односно појава тзв. ”градских острва топлоте” као и карактеристике спољашњег термалног комфора† човека у граду.

Термин „градско острво топлоте“ указује да су градови топлији, тј. да имају више температуре ваздуха у односу на своју природну или сеоску околину. Овај термин је први пут смишљен у четрдесетим годинама XX века од стране истраживача Balchin and Pye (1947) и користи се и у XXI веку. Занимљиво је да се феномен острва топлоте јавља у бројним градовима света без обзира на климатски тип у коме се градови налазе и величину града. Он настаје као последица људских измена површинских и атмосферских особина и процеса које прате урбани развој. Феномен је добио назив ”острво” јер су изотермне вредности изнад града веће од изотермних вредности хладније околине која представља ”море” хладнијег ваздуха. Услед тога, острво топлоте је дефинисано на основу разлика у температури ваздуха између градске и природне или сеоске средине (Oke, 1995).

Вишак топлоте у градовима може да има позитивне или негативне утицаје у зависности од макроклиматских карактеристика региона у коме се град налази. У градовима који се налазе у хладнијим климатима, или током хладнијих годишњих доба, острва топлоте могу имати позитивне утицаје као што су:

---

\*Топлотни талас је по дефиницији Републичког хидрометеоролошког завода Србије континуирани низ од пет и више дана када је максимална дневна температура ваздуха у категорији веома топло и екстремно топло.

†Према психолошкој дефиницији, термални комфор представља стање ума када је човек задовољан топлотним условима околне средине (ASHRAE, 1997). Термофизиолошка дефиниција указује да се термални комфор достиже када је размена топлоте између људског тела и околине уједначена, а температура коже и ниво знојења унутар оквира комфора (Fanger, 1972) (Норре, 2002). Услед тога, може се закључити да термални комфор човека у спољној средини зависи од: вредности климатских елемената (температура ваздуха, релативна влажност ваздуха, брзина ветра, Сунчева радијација, итд.), нивоа одевености и физичке активности, физиологије и психологије човека, итд.

јефтиније грејање станова и кућа, побољшан спољашњи термални комфор, ређа појава поледице на путу или магле, бољи услови за развој биљака и животиња, итд. Међутим, острва топлоте у градовима који се налазе у топлијим климатима или током топлијих сезона могу имати негативне утицаје као што су: повећан дискомфорт и топлотни стрес становништва у спољној средини, повећана стопа морталитета становништва, већа потрошња енергије за хлађење станова и кућа, већа потрошња воде и сл. Осим тога, градска острва топлоте могу да утичу и на веродостојност климатских истраживања и коришћених података. Наиме, уколико се за анализу историјских промена температуре ваздуха користе подаци са станица које су некада биле изван града, а сада се налазе унутар града (као последица урбанизације), забележене вредности могу бити измењене под утицајем урбанизације. Осим тога, уколико се у анализи узима већи број градских станица него што је потребно у односу на укупну градску површину на свету, такође се може доћи до упитних закључака (Stewart and Oke, 2012).

Истраживања градских острва топлоте у XXI веку у себи обухватају две веома битне карактеристике данашњице: раст броја становника и климатске промене. Услед тога, није необично да се бројни истраживачи посвећују овој тематици, од Ванкувера до Токија, Лондона до Сао Паола, Делхија до Кејптауна, Берлина до Сегедина и Новог Сада. Међутим, пошто се светски градови међусобно разликују, не само по броју становника него и нивоу изграђености, проценту зелених површина, висини зграда, а разликују се и природне средине око њих, установљено је да некадашњи оквир за истраживања температура ваздуха (град-село) није довољно прецизан. Наиме, установило се да је интензитет градских острва топлоте практично неупоредив између градова јер се, на пример, у једном граду метеоролошка станица налази у парку (Преторија, Јужна Африка – Louw and Meyer, 1965), а у другом у градској улици са високим зградама (тзв. градски кањон у Даласу, Тексас – Ludwig, 1970) (Stewart and Oke, 2012). Сличан проблем је и са метеоролошким станицама постављеним у природној или сеоској средини јер се оне могу налазити у пољу, шуми, дворишту, па мерења са њих нису директно упоредива.

Услед тога, препозната је потреба за прецизнијом класификацијом станица у градским и сеоским срединама на основу карактеристика њихове околине, како би измерени подаци са њих били упоредиви између различитих градова.



Неколико истраживача се бавило овим проблемом почевши од 60. година XX века (Chandler, 1965; Auer, 1978; Ellefsen, 1991; Oke, 2004, 2008; Loridan and Grimmond, 2011), да би последњи и најсвеобухватнији класификациони систем станица у градској и природној околини урадили Stewart and Oke 2012. године.

Stewart and Oke (2012) су развили и дефинисали **класификациони систем ”локалних климатских зона” (КС ЛКЗ)** у циљу стварања истраживачког оквира за проучавање температурних особина градова и њихове околине и размену добијених резултата између истраживача. Локалне климатске зоне (ЛКЗ) представљају делове града и његове околине са специфичним типом подлоге (нпр. асфалт, природно земљиште), структуром (висина зграда и простор између њих), материјалима (бетон, стакло, земља, итд.) и људским активностима (саобраћај, индустрија, становање) које се простиру од неколико стотина метара до неколико километара у хоризонталној скали. Услед тога се у различитим ЛКЗ очекују специфични микроклиматски услови настали као последица измењености регионалне климе под утицајем урбанизације. Свака ЛКЗ има карактеристичан температурни режим који је најочигледнији изнад сувих површина, током ноћи без ветра и облака и у подручјима једноставног рељефа. Ови температурни режими трају током целе године и повезани су са хомогеним срединама или екосистемима градова (нпр. паркови, комерцијална језгра), природних биома (нпр. шуме, пустиње) и пољопривредних земљишта (нпр. воћњаци, њиве). Свака ЛКЗ је именована и издвојена на основу једне (или две) карактеристичне особине површине (најчешће на основу висина/растојања између објеката) или доминантног земљишног покривача (Табела 1). Физичке особине ЛКЗ су мерљиве и не зависе од простора и времена. Дефинисано је 17 ЛКЗ, од којих 15 на основу структуре и особина покривача површине, а две на основу грађевинског материјала и антропогеног испуштања топлоте. Десет ЛКЗ спада у тзв. ”изграђене типове” (од ЛКЗ 1 до ЛКЗ 10) и 7 ЛКЗ спада у тзв. ”неизграђене типове” или „природне типове“ (од ЛКЗ А до ЛКЗ Г) (Stewart and Oke, 2012) (Табела 1).

Табела 1. Типови локалних климатских зона (ЛКЗ) према Stewart and Oke (2012)

Изграђени типови	Неизграђени (природни) типови	Променљиве особине подлоге
ЛКЗ 1 - Збијена високоградња	ЛКЗ А - Густо распоређено дрвеће	а. Голо дрвеће
ЛКЗ 2 - Збијена средњеградња	ЛКЗ Б - Ретко распоређено дрвеће	б. Снежни покривач
ЛКЗ 3 - Збијена нискоградња	ЛКЗ Ц - Жбуње	ц. Суво тло
ЛКЗ 4 - Отворена високоградња	ЛКЗ Д - Ниско растиње	д. Влажно тло
ЛКЗ 5 - Отворена средњеградња	ЛКЗ Е - Каменисти или поплочани	
ЛКЗ 6 - Отворена нискоградња	ЛКЗ Ф - Голо земљиште или песак	
ЛКЗ 7 - Импровизирана нискоградња	ЛКЗ Г - Вода	
ЛКЗ 8 - Велика нискоградња		
ЛКЗ 9 - Ретка изграђеност		
ЛКЗ 10 - Тешка индустрија		

Од свога настанка, класификациони систем ЛКЗ је употребљен приликом анализе температурних карактеристика и термалног комфора следећих градова: Глазгов (Emmanuel and Krüger, 2012), Хонг Конг (Siu and Hart, 2013), Даблин (Alexander and Mills, 2014), Берлин (Fenner et al., 2014), Оберхаузен (Muller et al., 2014), Оломуц (Lehnert et al., 2014), Кочи (Thomas et al., 2014), Нагано, Упсала, Ванкувер (Stewart et al., 2014), Нанси (Leconte et al., 2015), Дар ес Салам (Ndetto and Matzarakis, 2015), Сегедин (Unger et al., 2015; Lelovics, et al. 2016), итд. Од 2012. године са његовом употребом је почето и у Новом Саду приликом анализе градске климе.

У Републици Србији, истраживања из области градске климатологије су ретка. Истраживања из ове научне области су урадили (Анђелковић, 2005) за Београд и чланови Центра за климатолошка и хидролошка истраживања (ЦКХИ) основаног при Природно-математичком факултету Универзитета у Новом Саду (чији је и аутор члан) за Нови Сад. Услед тога, резултати ове дисертације се делимично поклапају са већ објављеним резултатима од стране аутора у еминентним светским часописима, али и дају нов допринос научној дисциплини урбане климатологије. Савремена истраживања урбане климе Новог Сада су од 2012. године омогућена кроз међународни пројекат URBAN-PATH (<http://en.urban-path.hu/>), чији је и аутор био члан, а кроз који је развијена мрежа

---

климатских сензора у Новом Саду. Управо су измерени подаци са ових сензора кориштени у дисертацији.

Основни циљеви истраживања спроведених у оквиру докторске дисертације су следећи:

- Развој и примена модела за мапирање и дефинисање ЛКЗ у Новом Саду и његовој околини помоћу географских информационих система (ГИС). Модел је заснован на КС ЛКЗ (Stewart and Oke, 2012).
- Просторно дефинисање локација за постављање сензора за мерење температуре и влажности ваздуха у дефинисаним ЛКЗ на основу развијеног модела, теренског рада и знања аутора,
- Утврдити да ли ЛКЗ имају специфичне режиме температуре и влажности ваздуха коришћењем статистичких анализа сатних мерења температуре и влажности ваздуха током три године (јул 2014 – јун 2017),
- Утврдити да ли ЛКЗ имају специфичне биоклиматске услове коришћењем статистичких анализа трогодишњих сатних вредности израчунатих биоклиматских индекса,
- Поређење добијених резултата климатске анализе ЛКЗ у Новом Саду са сличним истраживањима у другим светским градовима (Берлин, Даблин, Нагано, Нанси, Оберхаузен, Упсала, Сегедин, итд.) у циљу утврђивања да ли ЛКЗ могу да послуже за интер-урбану анализу и
- Закључци о томе да ли је КС ЛКЗ адекватан за климатска истраживања градова и околине (интра-урбана анализа), да ли и када ЛКЗ имају карактеристичне температурне и биоклиматске карактеристике и да ли су добијени резултати интензита градских острва топлоте и карактеристика термалног комфора ЛКЗ упоредиви између градова (интер-урбана анализа).

• • •

### **Кратак опис садржаја докторске дисертације**

У поглављу *”Преглед климатских истраживања Новог Сада”* представљена је хронологија досадашњих климатских истраживања на подручју

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*

---

Новог Сада са акцентом на постављене циљеве и добијене резултате истраживања.

У поглављу *"Географски опис истраживаног подручја"* представљен је географски положај, основне физичко-географске и друштвено-географске карактеристике Новог Сада, као и приказ положаја метеоролошке станице Римски Шанчеви (Нови Сад).

*"Материјал и методе истраживања"* представља део дисертације у коме је представљена методологија за дефинисање ЛКЗ, коришћена база података, развијени алгоритам за чишћење базе података, статистичке методе и одабрани временски периоди за анализу температуре ваздуха, релативне влажности ваздуха и индекса термалног комфора.

У поглављу *"Локалне климатске зоне у Новом Саду"* приказани су резултати употребе развијене ГИС методологије за мапирање и дефинисање ЛКЗ у Новом Саду и његовој природној околини.

У поглављу *"Локације метеоролошких сензора градске мреже у Новом Саду"* дат је приказ дефинисаних локација за постављање метеоролошких сензора и адекватан текстуални опис и графички приказ репрезентативних станица.

Део дисертације под насловом *"Анализа температуре ваздуха у локалним климатским зонама"* обухвата презентовање и анализу вредности температуре ваздуха између ЛКЗ током дефинисаних временских периода: годишњи, сезонски и месечни ниво, током топлотног и хладног таласа, и помоћу појаве температурних индекса.

Поглавље *"Анализа релативне влажности ваздуха у локалним климатским зонама"* обухвата презентовање и анализу вредности релативне влажности ваздуха између ЛКЗ током дефинисаних временских периода: годишњи, сезонски и месечни ниво, као и током топлотног и хладног таласа.

Поглавље *"Анализа спољашњег термалног комфора у локалним климатским зонама"* обухвата презентовање и анализу вредности индекса спољног термалног комфора човека између ЛКЗ на годишњем, сезонском и месечном нивоу, као и током топлотног и хладног таласа.

У поглављу *"Упоредна анализа резултата са другим светским градовима"* су упоређени резултати истраживања температуре ваздуха, релативне влажности ваздуха и индекса термалног комфора из Новог Сада са резултатима из других светских градова у циљу даљег тестирања система локалних климатских зона и дефинисања генералних закључака.

У оквиру поглавља *"Закључна разматрања"* изнети су закључци о примени класификационог система локалних климатских зона на основу коришћене базе података и примењених метода. Процена његове примене се базирала на резултатима употребе ГИС методологије и статистичке обраде података метеоролошких елемената и израчунатих биоклиматских индекса, као и поређењем резултата са другим градовима.

## **ПРЕГЛЕД КЛИМАТСКИХ ИСТРАЖИВАЊА НОВОГ САДА**

Прва истраживања на тему градске климе Новог Сада и постављања метеоролошких сензора у граду извршили су Popov (1995) и Popov and Savić (2010). Издвојено је осам типова изграђености и предложено је десетак локација за постављање сензора на основу примене тадашњих научних метода.

Анализа температура ваздуха на сезонском и годишњем нивоу за период 1951-1990. године за станице Петроварадин и Римски Шанчеви је извршена у раду Lazić et al. (2006). Добијени резултати су указали на више температуре ваздуха у градској средини (Петроварадин) у односу на неизграђену околину града (Римски Шанчеви) и на постојање градског острва топлоте.

Нове методе мапирања града су коришћене 2011. године и дати су нови предлози за локације метеоролошких сензора засновани на анализи градске површине и ЛКЗ-а (Unger et al., 2011a; Unger et al., 2011b). Unger et al. (2011a, 2011b) су моделовали просторну распрострањеност градског острва топлоте у Новом Саду. Такође су дефинисали седам ЛКЗ и дали предлоге за постављање сензора на десет локација у граду.

Од 2012. године преко 30 радова је објављено у научним часописима и на конференцијама на тему градске климе Новог Сада. Истраживања су спровели чланови ЦКХИ заједно са демографима, архитектама и инжењерима. Резултати су публиковани у бројним научним часописима и излагани на научним конференцијама и написани у неколико књига. Надаље, истраживања су била подржана од стране три научна пројекта. Два међународна пројекта подржана од стране ИПА програма прекограничне сарадње са Мађарском реализована су између Департамана за географију, туризам и хотелијерство из Новог Сада и Департамана за климатологију и екологију предела из Сегедина (пројекат URBAN-PATH и URBAN-PREX). Трећи је национални пројекат подржан од стране Аутономне Покрајине Војводине. До сада, фокус истраживања је био на

---

мапирању локалних климатских зона града, анализи градског острва топлоте и спољашњег термалног комфора у Новом Саду (Savić et al. 2016a).

Савић и сар. (2012a) су анализирали појаву и интензитет градског острва топлоте у Новом Саду помоћу температурних података са четири метеоролошке станице које су функционисале у периоду 1949-2010. године. Криве разлика средњих, максималних и минималних дневних температура ваздуха за зимски и летњи период показале су више вредности на станици Петроварадин (градска зона) у односу на станицу Римски Шанчеви (сеоска зона). Највеће разлике су код минималних температура и крећу се до 2,8°C.

У оквиру URBAN-PATH пројекта развијена је методологија за мапирање ЛКЗ и развој мреже метеоролошких сензора у Новом Саду. О томе је публикован већи број радова (Savić, et al., 2013a; 2013b; Unger et al., 2014a; Lelovics et al., 2014) у којима се налазе информације у вези употребљене методологије и резултати њене употребе.

Marković et al. (2013) су извршили анализу типова изграђености Новог Сада и повезали је са интензитетом градског острва топлоте. Уочено је да са порастом процентуалне заступљености изграђених површина расте и интензитет градског острва топлоте са максималном вредношћу од 4 °C.

Прелиминарне резултате класификације ЛКЗ у Новом Саду су дали Savić et al. (2013a). Они су одредили девет ЛКЗ у Новом Саду. Такође, дат је предлог за постављање 27 сензора у граду и његовој ближој околини.

Прегледни рад о истраживању проблематике градске климе до 2013. године су урадили Savić et al. (2013b).

Savić et al. (2014c) су се бавили истраживањем потрошње електричне енергије током топлотних и хладних таласа. Уочена је повећана потрошња електричне енергије током топлотних и хладних таласа, која је нарочито изражена када су температуре ваздуха испод 5 °C или изнад 30 °C. Осим тога, урађен је и прогностички модел потрошње електричне енергије у зависности од температуре ваздуха.

Интердисциплинарно истраживање утицаја градске архитектуре на спољашњи термални комфор човека у Новом Саду су извршили Vajšanski et al. (2015). У раду Vajšanski et al. (2015) је развијен и примењен алгоритам за процену

и побољшање спољашњег термалног комфора у Новом Саду узимајући у обзир тренутни и предложени градски дизајн (нпр. висине зграда, растојање између њих, вегетација, итд.). Применом развијене методологије, термални стрес у предложеном градском дизајну је смањен до 10 % током дана са појавом екстремних температура.

Šećerov et al. (2015a) су представили методологију развита градске мреже за праћење климатских елемената и пренос података између станица и сервера у Новом Саду.

Basarin et al. (2016) су анализирали спољашњи термални комфор током појаве топлотних и хладних таласа у Новом Саду у периоду 1949-2012. Добијени резултати су указали да се периоди са појавом топлотног стреса чешће јављају, док периоди са хладним стресом су ређи током истраживаног периода.

У раду од Lelovics et al. (2016) су анализирани температурне карактеристике ЛКЗ Новог Сада и Сегедина током лета 2014. године. Резултати су показали да се највећи број тропских ноћи ( $T_{min} > 20$  °C) (Karl et al., 1999) јавља у најурбанизованијим деловима града (ЛКЗ 2, 3 и 5) са већим бројем у Новом Саду (до 17 тропских ноћи у ЛКЗ 2) у односу на Сегедин (до 8 тропских ноћи у ЛКЗ 3). Забележена је и магнитуда градског острва топлоте у Новом Саду од -3,7 °C током обданице до 6,9 °C током ноћи.

Milošević et al. (2016a) су извршили анализу спољашњег термалног комфора у ЛКЗ Новог Сада током периода топлотног таласа. Коришћен је РЕТ индекс (°C) (Matzarakis and Mayer, 1996) термалне комфорности који је израчунат помоћу микроклиматског RayMan модела (Matzarakis et al., 2007). Уочено је да је током обданице осећај термалног дис комфора најинтензивнији у ЛКЗ отворене средњеградње (насеље Лиман 2), а током ноћи у ЛКЗ збијене средњеградње (насеље Грбавица). Разлике у односу на природну средину су највеће током вечерњих и ноћних сати (до 7,1 °C РЕТ), док се током обданице јавља тзв. градско острво хладноће, када је у граду до -5,9 °C РЕТ хладније у односу на сеоску средину.

Savić et al. (2016a) је урадио детаљан, прегледни рад о истраживању градске климе Новог Сада до 2016. године.

Milošević et al. (2017a) су истраживали утицај дрвећа на термални комфор човека у градским паркинг подручјима. Развијен је и примењен алгоритам за



аутоматско мењање локација дрвећа у циљу проналаска дизајна паркинга са најмањим вредностима термалног стреса. Осим тога, испитиван је и утицај типова дрвећа на комфор човека. Предложеном методологијом је остварено смањење термалног стреса до 3,7 °C на 84 % локација у предложеном дизајну паркинга у односу на постојећи.

О употреби аутоматских алгоритама за побољшање термалног комфора човека у граду писао је Milošević et al. (2017b). Истакнуте су позитивне стране употребе софтвера за архитектонско моделовање и њихово повезивање са термалним комфором у циљу стварања комфорнијих градских средина.

Savić et al. (2018) су анализирали појаву топлотних таласа у ЛКЗ Новог Сада и њихов утицај на морталитет становништва. Уочено је да су најурбанизованији делови града (ЛКЗ 2, 5 и 6) најугроженији у погледу високих температура и смртности становништва.

Резултати истраживања градске климе Новог Сада су презентовани на бројним међународним и домаћим научним конференцијама:

- "Geographical Research and Cross-border Cooperation within the Lower Basin of the Danube" у Егепу (Savić et al., 2012b),
- "International Symposium Geography For Sustainable Development" у Темишвару (Savić et al., 2013c),
- "International Geographical Union Regional Conference: Changes, Challenges, Responsibility" у Кракову (Savić et al., 2014a),
- "The third Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube" на Сребрном језеру (Marković et al., 2014; Savić et al., 2014b),
- "9<sup>th</sup> International Conference on Urban Climate jointly with 12<sup>th</sup> Symposium on the Urban Environment" у Тулузу (Milošević et al., 2015a; Unger et al., 2015),
- "EUGeo 2015 - Convergences And Divergences Of Geography In Europe" у Будимпешти (Milošević et al., 2015b; Savić et al., 2015),
- 4<sup>th</sup> Serbian Congress of Geographers" на Копаонику (Milošević et al., 2015c; Šećerov et al., 2015b),

- "4<sup>th</sup> International Regional eCAADe Workshop" у Новом Саду (Milošević et al., 2016b),
- "Fourth Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube" у Видину (Milošević and Savić, 2016c; Savić et al., 2016b),
- "Urban Transitions Global Summit" у Шангају (Milošević et al., 2017b),
- "The Thirteenth Regional Conference EnE17" у Београду (Đurđević et al., 2017) и
- "Cities and Climate Conference" у Потсдаму (Milošević et al, 2017c).

## ГЕОГРАФСКИ ОПИС ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА

У овом поглављу су представљене информације о географском положају Новог Сада и његовим основним природним (геоморфолошке, орографске, хидрографске, климатске, педолошке и биогеографске) и друштвеним карактеристикама (урбани развој и кретање броја становника).

### ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ НОВОГ САДА

Нови Сад се налази у Аутономној покрајини Војводини (Република Србија), уз леву обалу реке Дунав (прилог 1). Географске координате града су  $45^{\circ} 15' N$  и  $19^{\circ} 50' E$  и простире се на надморској висини од 80 до 86 m у Панонском басену (Savić et al., 2013a).



Прилог 1. Положај Новог Сада у АП Војводини и Републици Србији

## **ПРИРОДНЕ И ДРУШТВЕНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ НОВОГ САДА**

Површински рељеф, хидрографски објекти, педолошки слој, зелене површине, изграђене површине, итд. могу утицати на климатске карактеристике градског простора. Из тих разлога, основне природне и друштвене карактеристике простора Новог Сада су представљене у даљем тексту.

### **Геоморфолошке и орографске карактеристике**

Три рељефне целине су заступљене на подручју Новог Сада и његовог атара: лесна тераса, алувијална тераса и инундациона раван. Северозападни и северни делови градског хатара се налазе на бачкој лесној тераси просечне апсолутне висине од 82 m. На југозападу и западу хатара се Бачка лесна зараван спушта према алувијалној тераси која је нижа за око 2 m, док источније прелази у виду изразитих прегипа (високих 4-6 m) у инундациону раван Дунава (Томић i sar., 2004).

Новосадско градско подручје се налази на алувијалној тераси и инундационој равни. Наиме, старији делови града су подигнути на алувијалној тераси просечне надморске висине око 80 m. Управо су ови делови града послужили као језгро настанка града јер нису плављени ни током највиших водостаја Дунава. Најнижу степеницу у рељефу Новог Сада представља инундациона раван Дунава просечне надморске висине око 78 m. Међутим, њена висина код Ратног острва се спушта до 73 m. Велики делови града су подигнути на инундационој равни (Телеп, Лиман, Адице и др.) што је омогућено подизањем насипа на Дунаву (Томић i sar., 2004).

## **Хидрографске карактеристике**

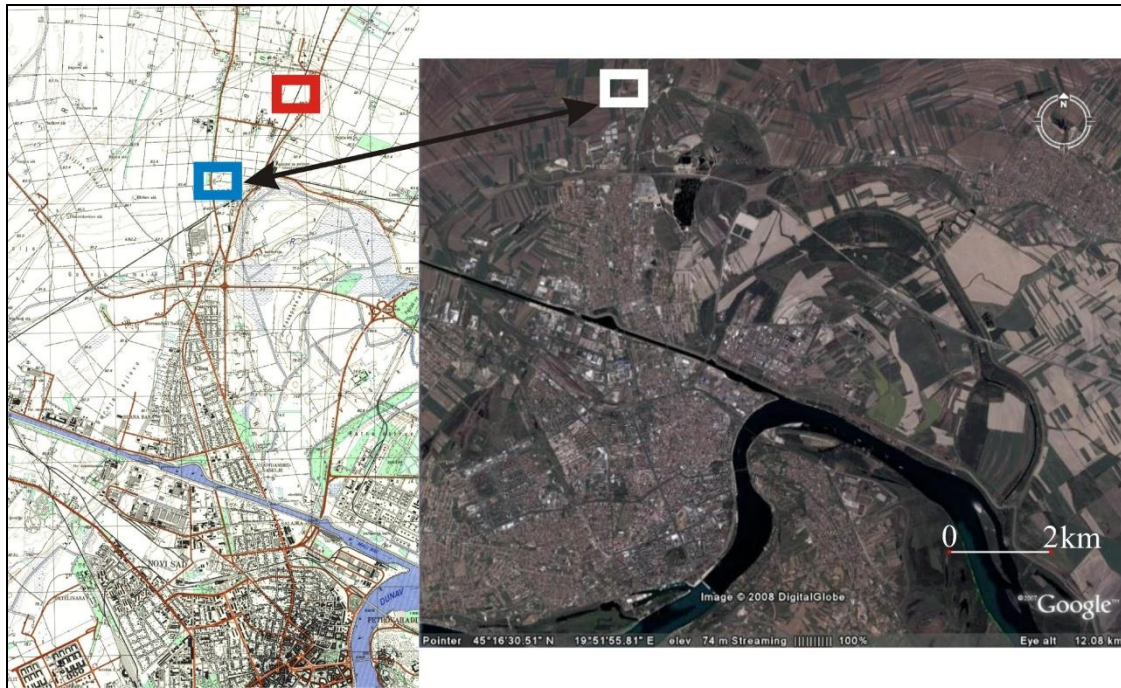
Најзначајнији хидрографски објекат Новог Сада је река Дунав која представља јужну и источну границу града. Ширина речног корита износи углавном од 500 до 800 m, осим код моста Варадинска дуга где је Дунав широк свега 280 m при средњем водостају. Овде се налази и највећа дубина реке на подручју града и износи 14 m при средњем, односно 17 m при високом водостају. Просечна дубина реке на подручју града износи 10 m. Дуж Дунава је на подручју града подигнут одбрамбени насип које је претворен у шеталиште "Дунавски кеј" (Томić i sar., 2004). Северни део града пресеца канал Дунав-Тиса-Дунав.

## **Климатске карактеристике**

Нови Сад има умерено-континенталну климу. Прва половина пролећа је доста ветровита, а друга половина је кишовита. Почетак лета је карактеристичан по већој количини падавина, док је остатак лета сув и топао. Јесен има малу количину падавина, а зиме су хладне са мало снежних падавина (Томić i sar., 2004).

Када се говори о климатским карактеристикама Новог Сада, анализирају се подаци са метеоролошке станице Римски Шанчеви. Ова станица се налази на Бачкој лесној тераси (Петровић и Миљковић, 1987) и удаљена је ваздушном линијом 1,9 km од северног урбаног обода Новог Сада. Координатне вредности износе  $\phi N 45^{\circ}19'19,23''$  и  $\lambda E 19^{\circ}49'46,26''$ , а надморска висина 84 m. Непосредно окружење представља обрадива површина, а просторно растојање од реке Дунав и Фрушке горе, који могу представљати значајне локалне климатске модификаторе на простору Војводине, износи 6,8 km, односно око 10 km. Станица се налази источно од регионалног пута према Србобрану (прилог 2) (Савић, 2009).

На основу удаљености од Дунава, Фрушке горе и новосадске урбане зоне, без додатних детаљних и исцрпних климатолошких и статистичких анализа, тешко се може изнети сигурна констатација да ови модификатори имају утицаја на временске серије метеоролошке станице (Савић, 2009).



Прилог 2. Географски положај метеоролошке станице Римски Шанчеви; *плавни-бели правоугаоник* - стварна локација станице; *црвени правоугаоник* - локација на основу координата РХМЗ Србије (извор: Савић, 2009)

У табели 2 су приказане средње вредности изабраних климатских параметара за последњи климатолошки базни период 1981-2010. године за метеоролошку станицу Римски Шанчеви (Републички хидрометеоролошки завод Србије, 2018). Климатолошке базе периоде је дефинисала Светска метеоролошка организација (СМО) и њих карактеришу средње вредности климатолошких података за узастопни период од 30 година који се ажурира сваких 10 година. Средња годишња температура ваздуха на Римским Шанчевима за наведени период је 11,4 °С. Најтоплији месец је јул са средњом температуром ваздуха од 21,9 °С, а најхладнији је јануар са средњом температуром од 0,2 °С. На Римским Шанчевима се просечно годишње забележи 81 мразни дан ( $T_{\text{мин}} < 0$  °С), највише током јануара. Средњи годишњи број тропских дана износи 32 ( $T_{\text{макс}} \geq 30$  °С) (табела 2) (Републички хидрометеоролошки завод Србије, 2018). Максимална температура ваздуха је измерена 24. јула 2007. године и износила је 41,6 °С, док је минимална температура ваздуха измерена 23. јануара 1963. године и износила је -28,6 °С.

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*

*Табела 2. Средње месечне и годишње вредности одабраних климатских параметара за метеоролошку станицу Римски Шанчеви за период 1981-2010. године.  $T_{\text{ср}}$  - средња температура ваздуха;  $T_{\text{макс}}$  - средња максимална температура ваздуха ;  $T_{\text{мин}}$  - средња минимална температура ваздуха;  $MД$  - средњи број мразних дана ;  $ТД$  - средњи број тропских дана ;  $PВ$  - средња релативна влажност ваздуха;  $И$  - средње трајање сијања Сунца;  $П$  - средња сума падавина;  $СД$  - средњи број дана са снегом;  $MгД$  - средњи број дана са маглом*

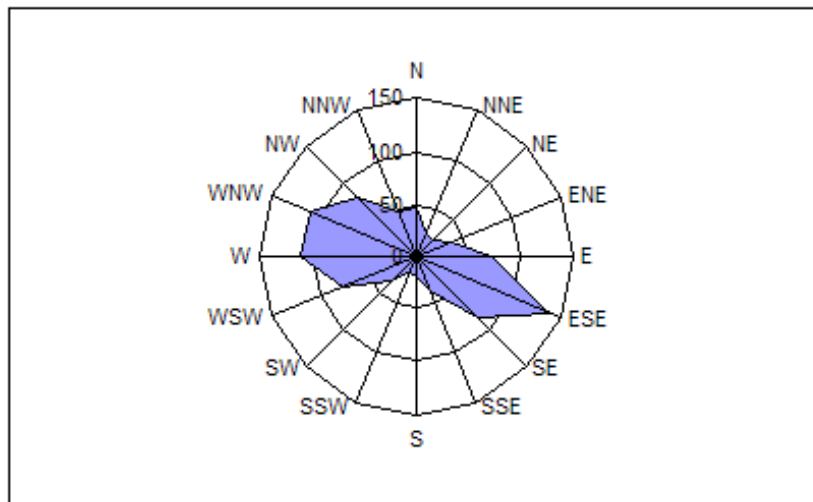
Период	$T_{\text{ср}}$	$T_{\text{макс}}$	$T_{\text{мин}}$	$MД$	$ТД$	$PВ$	$И$	$П$	$СД$	$MгД$
Јануар	0,2	3,7	-3,1	22	0	85	64,8	39,1	6	7
Фебруар	1,6	6,1	-2,4	18	0	79	99,0	31,4	7	4
Март	6,4	12,0	1,5	10	0	71	156,4	42,5	3	2
Април	11,8	17,7	6,2	2	0	67	190,1	49,2	0	1
Мај	17,3	23,0	11,3	0	1	66	250,8	63,0	0	0
Јун	20,1	25,8	14,1	0	6	69	269,4	91,4	0	1
Јул	21,9	28,1	15,5	0	11	68	303,6	64,3	0	1
Август	21,6	28,3	15,3	0	11	68	285,8	57,5	0	1
Септембар	16,9	23,6	11,4	0	2	72	205,7	53,8	0	1
Октобар	11,8	18,0	6,9	2	0	76	158,9	52,7	0	3
Новембар	5,9	10,5	2,2	9	0	82	92,4	53,8	2	6
Децембар	1,5	4,8	-1,5	18	0	86	58,4	48,8	6	7
Ср. годишња	11,4	16,8	6,5	81	32	74	2135,3	647,3	24	35

*Извор: Републички хидрометеоролошки завод, 2018*

Средња годишња релативна влажност ваздуха на Римским Шанчевима износи 74 %. Највећа релативна влажност ваздуха је у децембру са 86 %, а најмања у мају са 66 %. Средња годишња количина падавина на Римским Шанчевима износи 647,3 mm. Највише падавина на месечном нивоу се излучи током јуна (91,4 mm), а најмање током фебруара (31,4 mm). Снежних дана на Римским Шанчевима на годишњем нивоу има 24, највише током фебруара (7 дана). Број дана са маглом на годишњем нивоу износи 35, највише током децембра и јануара (14 дана) (табела 2) (Републички хидрометеоролошки завод Србије, 2018).

Трајање сијања Сунца на Римским Шанчевима на годишњем нивоу износи 2135,3 часова. Најмања осунчаност је током децембра са 58,4 часа, а највећа у јулу са 303,6 часова (табела 2) (Републички хидрометеоролошки завод Србије, 2018).

Најзаступљенији ветрови на подручју Новог Сада дувају из правца исток-југоисток (139 ‰), запад (111 ‰) и запад-северозапад (110 ‰), док најређе дувају са југа-југозапада (18 ‰), југа (19 ‰) и северо-истока (22 ‰) (прилог 3). Највеће средње брзине имају источни-југоисточни (3,3 m/s) и југоисточни ветар (3,2 m/s), а најмање ветрови са југа-југозапада (1,8 m/s) и југа (1,8 m/s) (Републички хидрометеоролошки завод Србије, 2018).



Прилог 3. Релативне честине ветра по правцима у промилима за метеоролошку станицу Римски Шанчеви за период 1981-2010. године.

Извор: Републички хидрометеоролошки завод, 2018

### Педолошки слој, флора и фауна новосадског подручја

Земљиште Новог Сада и околине је настало као производ деловања различитих природних чинилаца (геолошки састав, рељеф, клима, хидрографија и вегетација), утицаја човека и фактора времена. Земљишта која су заступљена на територији Новог Сада и околине су парарендзине, черноземи, гајњаче, алувијална земљишта, ливадска и ритска црница, мочварно глејно земљиште и слатине (Миљковић, 1987).

Распрострањеност биљних и животињских заједница на подручју Новог Сада и околине настала је комбинованим деловањем геоморфолошких,



*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*

климатских, хидролошких, педолошких и антропогених фактора. Ту спадају биљне заједнице лесне и алувијалне терасе, инундационе равни Дунава, као и зеленило у парковским областима града (нпр. врба, топола, брест, чемпрес, итд.). Од фауне, представници сисара, глодара, гмизаваца, водоземаца, риба, инсеката и птица су заступљени на територији града и околине (нпр. веверице, гуштери, жабе, шарани, врапци, пчеле, итд.) (Бугарчић, 1987).

### **Урбани развој и кретање броја становника**

Интензивна урбанизација и повећање броја становника довели су до великог броја проблема у градским срединама. Природни простор је замењен антропогеним објектима чије се карактеристике материјала значајно разликују од карактеристика природних објеката. Утицај градске средине и високе концентрације људи и њихове активности, веома је изражен на све компоненте физичко-географске средине (Anđelković, 2005).

Наведени процеси карактеришу и Град Нови Сад, чија урбана површина и број становника се повећавају. Најурбанизованији део града обухвата површину од 112 km<sup>2</sup> (Milošević et al., 2015b), док број становника у Граду, према последњем попису становништва из 2011. године, износи 341.625 становника (табела 3) (Републички завод за статистику, 2014).

Град Нови Сад се данас састоји из две градске општине: Градске општине Нови Сад и Градске општине Петроварадин. Насељена места Градске општине Нови Сад чине: Нови Сад, Футог, Ветерник, Бегеч, Кисач, Руменка, Степановићево, Каћ, Ченеј, Будисава и Ковиљ. Насељена места Градске општине Петроварадин чине: Петроварадин, Сремска Каменица, Буковац, Лединци и Стари Лединци. У оквиру њих постоји 46 месних заједница, тј. градских четврти које су приказане у прилогу 4.

*Табела 3. Кретање броја становника Града Новог Сада у званичним пописним периодима од 1948. до 2011. године*

Насеље/Попис	1948	1953	1961	1971	1981	1991	2002	2011
Град Нови Сад	111358	120686	155685	206821	250138	265464	299294	341625

*Извор: Републички завод за статистику, 2014*

Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа



Прилог 4. Градске четврти Новог Сада

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

У циљу примене и процене класификационог система ЛКЗ на примеру Новог Сада, први корак је дефинисање и мапирање ЛКЗ Новог Сада као и одређивање локација за постављање метеоролошких сензора у оквиру дефинисаних ЛКЗ. Други корак је скупљање и сређивање базе измерених података метеоролошких елемената и израчунатих индекса термалног комфора за трогодишњи период (јун 2014 - јул 2017). Трећи корак је статистичка анализа сређене базе података и графичко и табеларно приказивање добијених резултата. Четврти и последњи корак је дискусиона анализа и закључци о примени ЛКЗ у сврхе анализе урбане климе.

Кабинетски и теренски вид истраживања су били неопходни приликом писања докторске дисертације. Кабинетски рад је имао кључну улогу приликом дефинисања и мапирања ЛКЗ Новог Сада, као и приликом сређивања и статистичке анализе података измерених и израчунатих климатских елемената и индекса (прилог 5). Теренски рад је имао фундаменталан значај приликом финалног одређивања локација метеоролошких сензора у ЛКЗ Новог Сада и његове околине.



Прилог 5. Кабинетска истраживања током израде докторске дисертације  
(фото: Савић С., 2018)

## **ГИС МЕТОДЕ ЗА МАПИРАЊЕ ЛКЗ**

За мапирање ЛКЗ у Новом Саду је коришћена методологија развијена од стране аутора и других чланова међународног пројекта URBAN-PATH, а публикована у публикацији од Unger et al. (2014a) и у међународном научном часопису са фактором утицајности "Climate Research" из 2014. године. У дисертацији су приказане основне информације о развијеној методологији, док се додатне могу пронаћи у наведеним публикацијама.

Stewart and Oke (2012) су дефинисали ЛКЗ на основу 10 параметара који описују геометријске, термалне, радијационе и др. особине изграђених и неизграђених подручја (табеле 4 и 5). Развијена ГИС методологија за мапирање ЛКЗ у Новом Саду се заснива на употреби следећих база података и материјала: база објеката, аерофото снимци, топографске карте, база путева, база Corine Land Cover и сателитски снимци (прилог 6). Наведени подаци су кориштени као улазне вредности у ArcGIS софтверу помоћу кога су израчунате вредности седам параметара (од 10) за "просторне полигоне" (Gal and Unger, 2009) Новог Сада. Просторни полигони се састоје од зграде/спојених зграда и простора око ње/њих који је под њеним/њиховим утицајем (прилог 7). За одређивање просторних полигона се користила база зграда у Новом Саду са њиховим отисцима и висином у ЕСРИ шејпфајл формату (.shp) (Lelovics et al., 2014). У Новом Саду је укупно дефинисано и мапирано 47.000 просторних полигона (Šešerov et al. 2015a). Сваки полигон је распоређен у одговарајућу ЛКЗ (прилог 8) у складу са вредностима израчунатих параметара (табеле 4 и 5).

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*

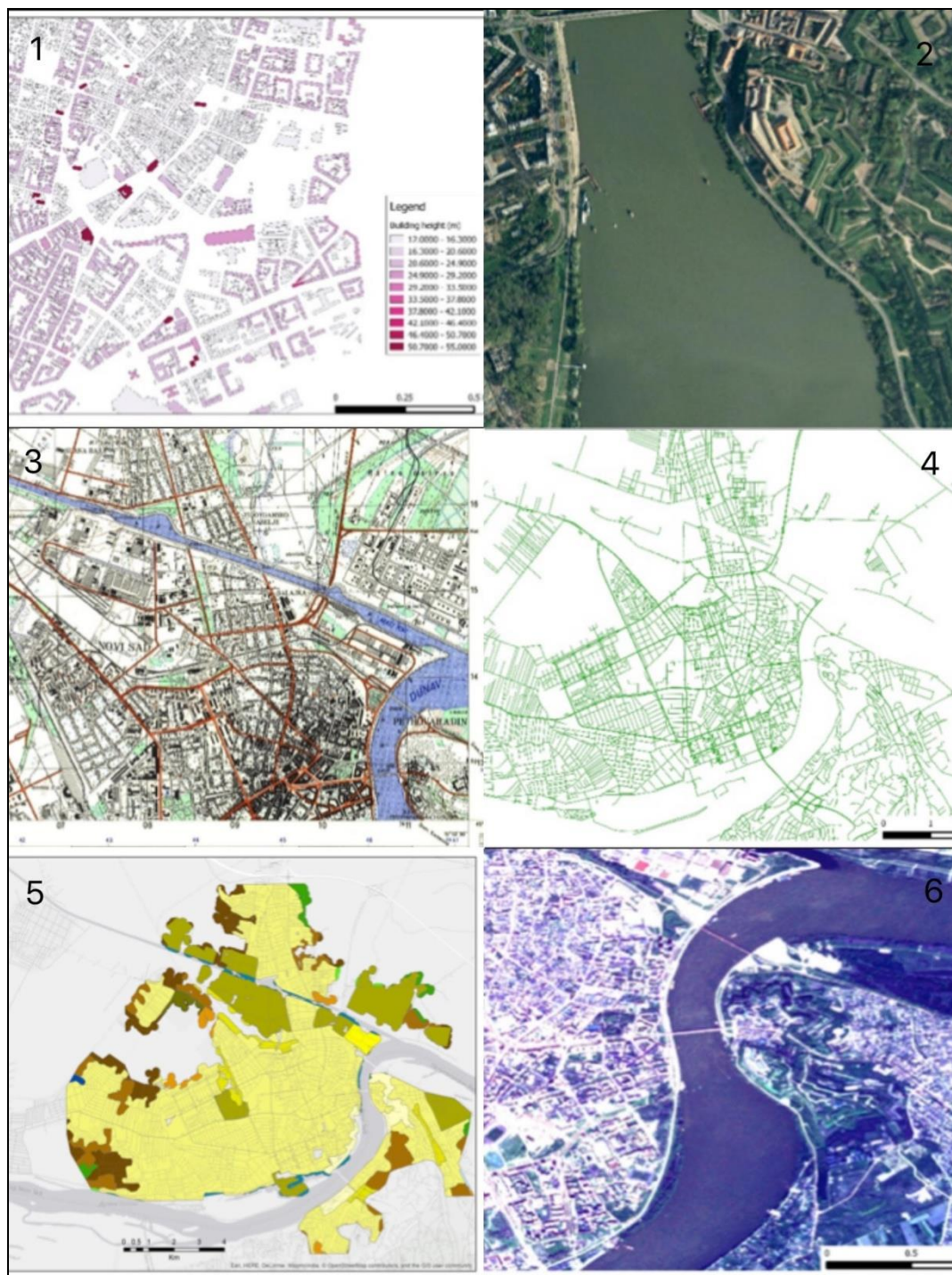
*Табела 4. Вредности геометријских и површинских особина ЛКЗ. Све особине су изражене у бездимензионалним јединицама, осим "висине хрпавости површине" (изражена у метрима) (у складу са Stewart and Oke, 2012)*

ЛКЗ	Фактор видика неба	Однос висине и ширине	Удео површине зграда	Удео непропусне површине	Удео пропусне површине	Висина хрпавости површине	Класа хрпавости терена
ЛКЗ 1 Збијена високоградња	0,2-0,4	>2	40-60	40-60	<10	>25	8
ЛКЗ 2 Збијена средњеградња	0,3-0,6	0,75-2	40-70	30-50	<20	10-25	6-7
ЛКЗ 3 Збијена нискоградња	0,2-0,6	0,75-1,5	40-70	20-50	<30	3-10	6
ЛКЗ 4 Отворена високоградња	0,5-0,7	0,75-1,25	20-40	30-40	30-40	>25	7-8
ЛКЗ 5 Отворена средњеградња	0,5-0,8	0,3-0,75	20-40	30-50	20-40	10-25	5-6
ЛКЗ 6 Отворена нискоградња	0,6-0,9	0,3-0,75	20-40	20-50	30-60	3-10	5-6
ЛКЗ 7 Импровизована нискоградња	0,2-0,5	1-2	60-90	<20	<30	2-4	4-5
ЛКЗ 8 Велика нискоградња	>0,7	0,1-0,3	30-50	40-50	<20	3-10	5
ЛКЗ 9 Ретка играјеност	>0,8	0,1-0,25	10-20	<20	60-80	3-10	5-6
ЛКЗ 10 Тешка индустрија	0,6-0,9	0,2-0,5	20-30	20-40	40-50	5-15	5-6
ЛКЗ А Густо распоређено дрвеће	<0,4	>1	<10	<10	>90	3-30	8
ЛКЗ Б Ретко распоређено дрвеће	0,5-0,8	0,25-0,75	<10	<10	>90	3-15	5-6
ЛКЗ Ц Жбуње	0,7-0,9	0,25-1	<10	<10	>90	<2	4-5
ЛКЗ Д Ниско растиње	>0,9	<0,1	<10	<10	>90	<1	3-4
ЛКЗ Е Каменити или поплочани	>0,9	<0,1	<10	>90	<10	<0,25	1-2
ЛКЗ Ф Голо земљиште или песак	>0,9	<0,1	<10	<10	>90	<0,25	1-2
ЛКЗ Г Вода	>0,9	<0,1	<10	<10	>90	-	1

Табела 5. Вредности термалних, радијационих и метаболичких особина ЛКЗ (у  
складу са Stewart and Oke, 2012)

ЛКЗ	Адмитанса површине ( $J m^{-2} s^{-1/2} K^{-1}$ )	Алbedo површине	Антропогено емитовање топлоте ( $W m^{-2}$ )
ЛКЗ 1 Збијена високоградња	1500-1800	0,10-0,20	50-300
ЛКЗ 2 Збијена средњеградња	1500-2200	0,10-0,20	<75
ЛКЗ 3 Збијена нискоградња	1200-1800	0,10-0,20	<75
ЛКЗ 4 Отворена високоградња	1400-1800	0,12-0,25	<50
ЛКЗ 5 Отворена средњеградња	1400-2000	0,12-0,25	<25
ЛКЗ 6 Отворена нискоградња	1200-1800	0,12-0,25	<25
ЛКЗ 7 Импровизована нискоградња	800-1500	0,15-0,35	<35
ЛКЗ 8 Велика нискоградња	1200-1800	0,15-0,25	<50
ЛКЗ 9 Ретка играђеност	1000-1800	0,12-0,25	<10
ЛКЗ 10 Тешка индустрија	1000-2500	0,12-0,20	>300
ЛКЗ А Густо распоређено дрвеће	непознато	0,10-0,20	0
ЛКЗ Б Ретко распоређено дрвеће	1000-1800	0,15-0,25	0
ЛКЗ Ц Жбуње	700-1500	0,15-0,30	0
ЛКЗ Д Ниско растиње	1200-1600	0,15-0,25	0
ЛКЗ Е Камени или поплочани	1200-2500	0,15-0,30	0
ЛКЗ Ф Голо земљиште или песак	600-1400	0,20-0,35	0
ЛКЗ Г Вода	1500	0,02-0,10	0

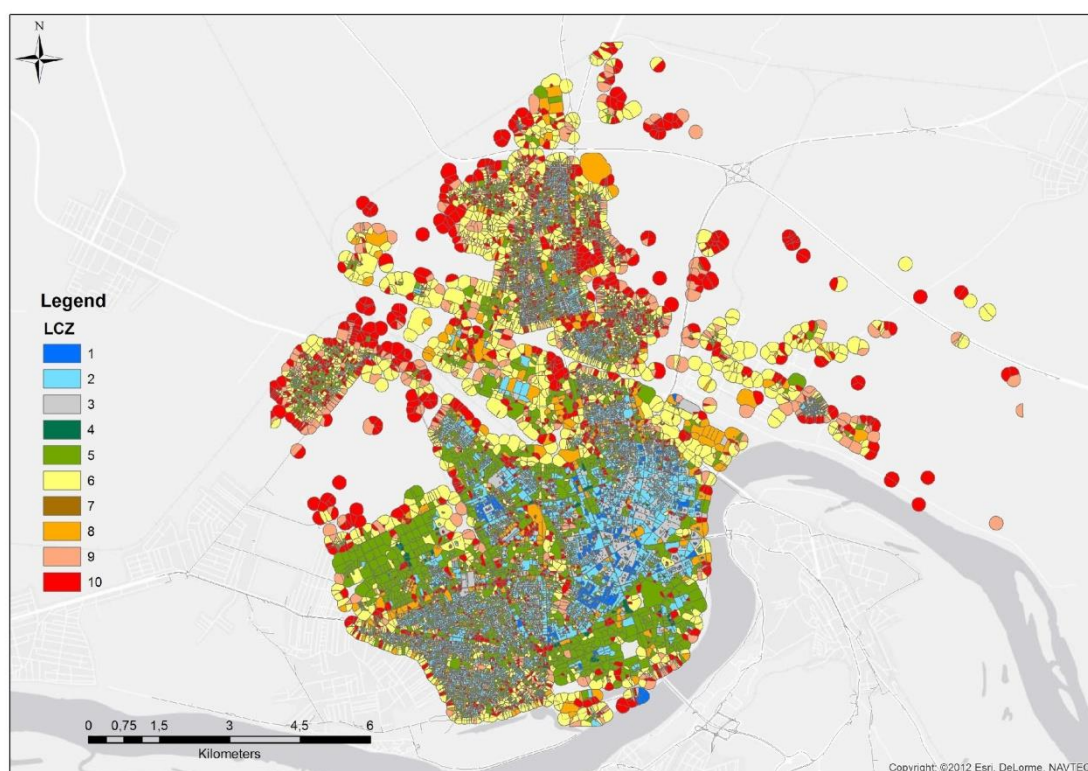
Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу аутоматизованог модела и биоклиматских анализа



Прилог 6. Употребљене базе података и материјали потребни за мапирање ЛКЗ у Новом Саду: 1. База објеката, 2. Аерофото снимак Новог Сада, 3. Топографске карте, 4. База путева, 5. Corine Land Cover база и 6. Сателитски снимци



Прилог 7. Пример изгледа просторних полигона у Новом Саду са зградама (a, b, c) и околином (измењено у односу на Lelovics et al., 2014)



Прилог 8. Дефинисани и мапирани просторни полигони у Новом Саду распоређени  
у ЛКЗ



Процес рачунања параметара на нивоу просторних полигона и потребне базе за то су описане у следећим корацима:

1. Рачунање "фактора видика неба<sup>‡</sup>" (енг. "sky view factor") је израчунат у хоризонталној резолуцији од 5 m помоћу базе зграда за Нови Сад (око 47.000 објеката). База се састојала од података о основама зграда и њиховој висини. Фактор видика неба је израчунат на нивоу улице за тачке које нису прекривене зградама. Израчунате вредности су осредњене за сваки просторни полигон. Утицај вегетације није узет у обзир (Lelovics et al., 2014).

2. Удео површине зграда (енг. "building surface fraction") представља део подлоге прекривен зградама у просторном полигону у односу на укупну површину полигона. Изражава се у %. За рачунање су коришћени подаци о основама зграда и просторним полигонима који су добијени из базе о зградама Новог Сада (Lelovics et al., 2014).

3. Удео пропусне површине ("pervious surface fraction") представља пропусни део подлоге у просторном полигону у односу на укупну површину полигона. Изражава се у %. Следећи подаци су коришћени приликом рачунања пропусне фракције подлоге: RapidEye сателитски снимци из 2013. године, топографска карта резмере 1:25.000, база путева и Corine Land Cover (CLC) база података о земљишном покривачу (Bossard et al., 2000). Израчунат је Normalized difference vegetation index (NDVI) помоћу атмосферски коригованих сателитских снимака у резолуцији од 5,16 m користећи бендове 3 и 5 (Tucker, 1979). Подручје је сматрано прекривеним антропогеним материјалима (бетон, асфалт и сл.) уколико је NDVI био испод 0,3. Пољопривредна земљишта после жетве имају ниску вредност NDVI и због тога је коришћена CLC база како би раздвојили ова подручја од антропогених. Водена подручја су дигитализована помоћу топографских карти. У завршном кораку, путеви су идентификовани на основу базе путева за градско и околно подручје (Lelovics et al., 2014).

---

<sup>‡</sup>Фактор видика неба представља видљиви део неба посматран са гла. Може имати вредност између 0 (небо је у потпуности невидљиво) и 1 (небо је у потпуности видљиво, на пример у равничарским пределима).

4. Удео непропусне површине (енг. "impervious surface fraction") је израчунат на основу података о фракцији површине зграда и фракцији пропусне површине користећи следећу формулу: Фракција непропусне површине = 1 - (фракција површине зграда + фракција пропусне површине) (Lelovics et al., 2014).

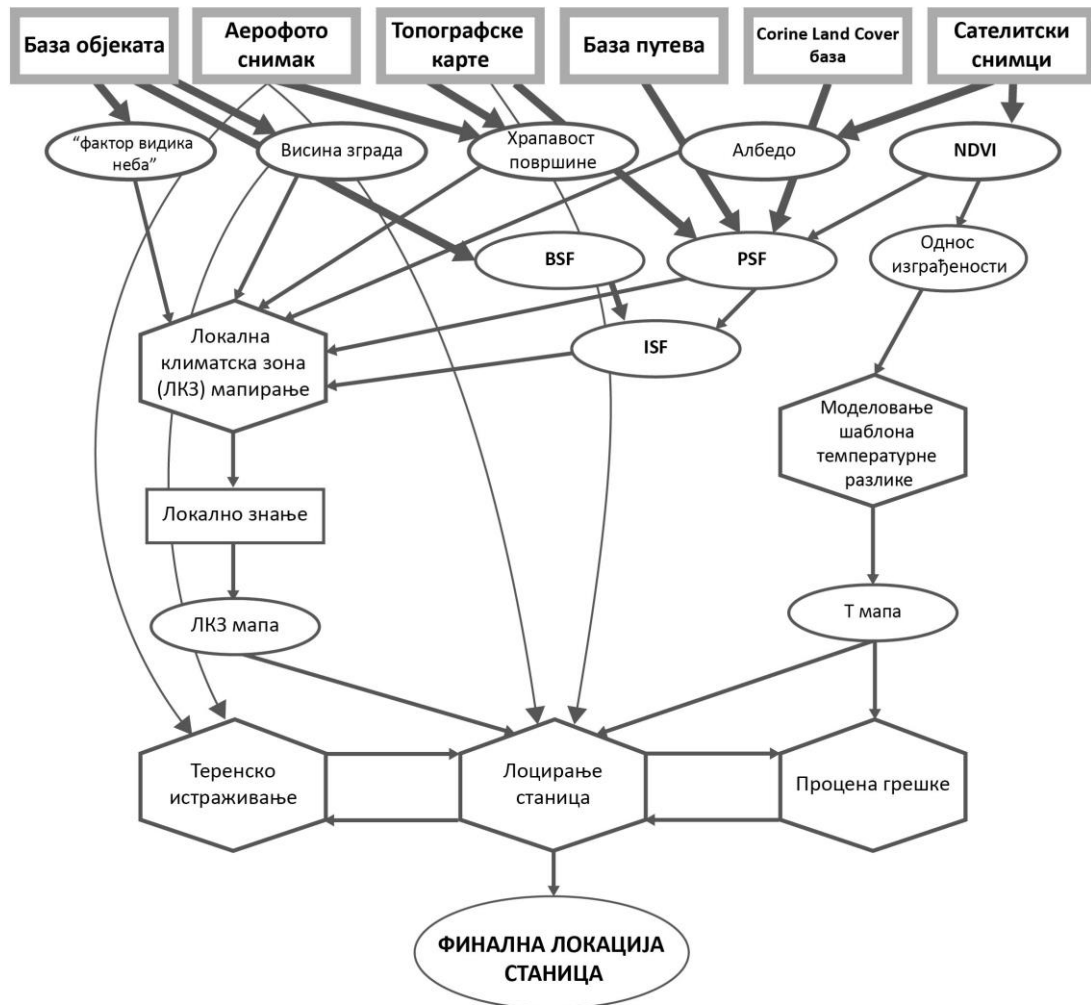
5. Висина храпавости површине (енг. "height of roughness elements") је израчуната пондерисањем средње вредности висина зграда са основама зграда. Као основа за рачунање је узета база зграда за Нови Сад (Lelovics et al., 2014).

6. Класа храпавости терена (енг. "terrain roughness class") је одређена помоћу класификационог метода храпавости од Davenport et al. (2000). Просторни полигони су класификовани у класе храпавости на основу интерпретације аеро-фото снимака, топографских карата и базе зграда (Lelovics et al., 2014).

7. Алbedo површине је израчунат помоћу атмосферски коригованих вредности рефлексије 5 бендова (440-510, 520-590, 630-685, 690-730 и 760-850 nm) RapidEye сателитских снимака (Lelovics et al., 2014).

Три параметра из Stewart and Oke (2012) која нису израчуната приликом мапирања и дефинисања ЛКЗ Новог Сада су: однос висине зграда и ширине улица (енг. "aspect ratio"), способност површине да упија и ослобађа топлоту (енг. "surface admittance") и антропогено испуштање топлоте (енг. "anthropogenic heat output"). За последња два параметра нису постојали подаци, док се однос ширине и висине може тачно одредити само за праве улице, раскрснице и блокове зграда, а не за цео истраживани простор. Због наведених разлога, ова три параметра нису узета у обзир приликом мапирања ЛКЗ у Новом Саду.

У прилогу 9 графички је приказан процес рачунања, употребљене базе података и излазни резултати дефинисања и мапирања ЛКЗ у Новом Саду.



Прилог 9. Графички приказ употребљене базе података и рачунања параметара у циљу дефинисања и мапирања ЛКЗ, као и одређивања локација станица у Новом Саду

### Спајање просторних полигона и мапирање ЛКЗ

Пре одређивања локација за постављање метеоролошких сензора, било је потребно мапирати просторне полигоне и одредити њихов тип ЛКЗ. Пошто ЛКЗ морају представљати хомогене делове града и околине у својој структури и морају имати површину минимум неколико стотина квадратних метара морало се приступити спајању раније дефинисаних просторних полигона како бисмо добили ЛКЗ одговарајуће површине (прилог 10). Ово је битан критеријум јер су

претходна истраживања показала да су мерења температуре ваздуха у градској средини под утицајем тзв. ”изворишне области” чија површина у граду најчешће износи неколико стотина метара (Оке, 2004; Unger et al. 2010). У складу са тим, просторни полигони који су припадали истој или сличној ЛКЗ су спојени у ЛКЗ полупречника минимум 250 m (Lelovics et al., 2014).

Процедура спајања просторних полигона у ЛКЗ одговарајуће величине се састојала од следећих корака:

1. На основу израчунатих вредности седам параметара површине извршена је класификација појединачних просторних полигона у ЛКЗ. Наиме, Stewart and Oke (2012) су дали распоне вредности за параметре за сваку ЛКЗ и на основу њих су просторни полигони добили оцену од 1 до 7 у складу са израчунатим вредностима параметара и њиховим уклапањем у дефинисане распоне. Уколико је полигон имао вредност  $> 3,0$  повезан је са две ЛКЗ које га најбоље описују (ЛКЗ<sub>1</sub> - најбољи резултат и ЛКЗ<sub>2</sub> - други најбољи резултат). Када су добијени резултати имали вредности испод дефинисаног критеријума, полигони су означени као нераспоређени (Lelovics et al., 2014).

2. Просторни полигони су класификовани у складу са ЛКЗ типом и локацијом. Тада је узето у обзир неколико решења:

а) Уколико је мањи полигон био унутар већег полигона, онда је он класификован као ЛКЗ већег полигона.

б) Уколико су сви полигони (осим максимално једног) око централног полигона припадали истој ЛКЗ, онда је централни полигон класификован у њихову ЛКЗ.

в) Уколико полигон није имао граничне полигоне исте ЛКЗ категорије онда је употребљено једно од следећих решења. У првом случају, ако је полигон има ЛКЗ<sub>1</sub> исту као ЛКЗ<sub>2</sub> граничног полигона (и обрнуто), онда је полигон класификован као ЛКЗ граничног полигона. У другом случају, ако полигон и гранични полигони припадају сличној ЛКЗ класи (н.пр. ЛКЗ 2 и ЛКЗ 3 или ЛКЗ 2 и ЛКЗ 5 - сличан ниво изграђености или висина зграда), полигон је класификован у исту ЛКЗ као гранични полигони.

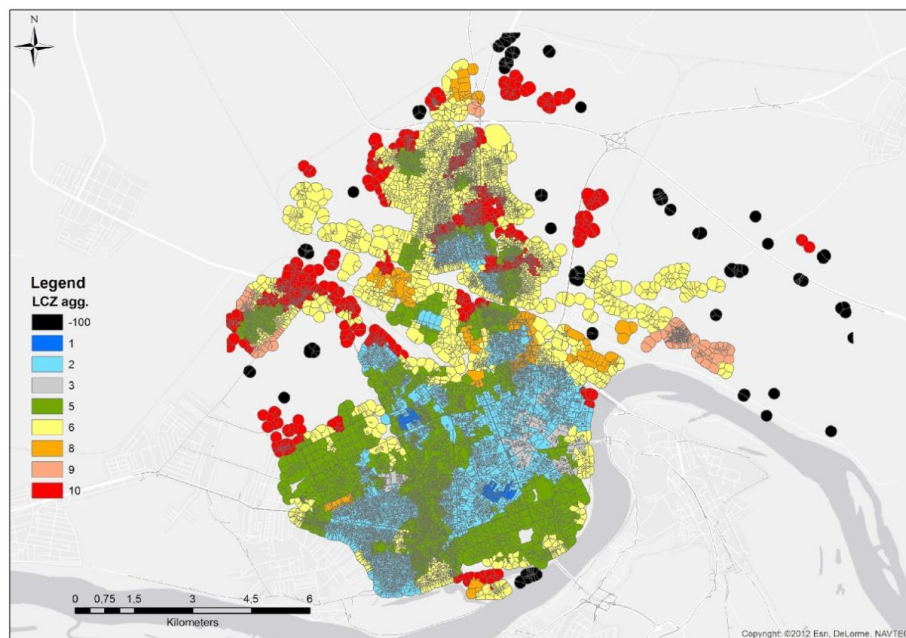
г) Преостали неклассификовани или неспојени полигони су класификовани у најчешћу ЛКЗ њихових граничних полигона (Lelovics et al., 2014).

3. Просторни обухват спојених полигона са истом ЛКЗ класом је испитан на неколико начина:

а) Уколико је спојени полигон обухватао простор полупречника најмање 250 m, онда је он сматран за самосталну ЛКЗ.

б) Уколико спојени полигони нису испуњавали горе наведени критеријум онда су они спајани даље док се не би добио полигон довољних димензија. Тај полигон је припадао ЛКЗ класи свог најчешћег, саставног полигона. У супротном, он је спајан са граничном ЛКЗ са којом је имао најдужу границу (Lelovics et al., 2014).

Недостаци оваквог приступа су да урбанистички измешана подручја и ЛКЗ мањих димензија нису довољно добро представљене. Међутим, циљ употребљене процедуре је израда генерализоване ЛКЗ мапе за дефинисање локација метеоролошких сензора и у том случају наведена, мања подручја су од мањег значаја. Мапиране ЛКЗ су сачуване у ESRI шејпфајл формату (.shp) адекватном за израду мапа и обраду података у ГИС-у (Lelovics et al., 2014).



*Прилог 10. Спојени просторни полигони у ЛКЗ Новог Сада.*

*Црном бојом су приказани полигони који су искључени из спајања у ЛКЗ због мале површине*

## ОДРЕЂИВАЊЕ ЛОКАЦИЈА МЕТЕОРОЛОШКИХ СЕНЗОРА УНУТАР ЛКЗ У НОВОМ САДУ

Приликом одабира локација за постављање метеоролошких сензора унутар ЛКЗ коришћена су два критеријума: 1. Локације су морале бити унутар ЛКЗ, бар 250 m далеко од његове границе; и 2. Број станица по ЛКЗ је требао да буде приближно пропорционалан њиховој површини у Новом Саду. Услед тога, веће ЛКЗ су имале већи број станица унутар њих.

Приликом теренског рада, у обзир су узети и следећи критеријуми пре финалног одређивања локација: 1. Изабране локације су морале бити репрезентативне за ЛКЗ у којој се налазе; и 2. Због сигурносних разлога, сензори су постављени на 4 m изнад површине на металном држачу који је повезан са стубом јавне расвете (прилог 11). Ранија истраживања градске климе су указала да је ваздух унутар градских улица добро измешан и да је утицај висине на измерене вредности занемарљив (Nakamura and Oke, 1988). Предност постављања станица на стубу јавне расвете је доступност електричне енергије којом се батерија станице пунила током ноћи.



*Прилог 11. Теренски рад приликом постављања станице (лево). Изглед станице на стубу јавне расвете (десно)*

## БАЗА ПОДАТАКА

Истраживани временски период је од 1. јула 2014. године до 31. јуна 2017. године (три године). Мерења температуре и релативне влажности су вршена на сваких минут на 27 локација унутар дефинисаних ЛКЗ. На сваких 10 минута су станице слале средње десетоминутне вредности измерених климатских елемената ка серверу. Мерења брзине ветра и радијације Сунца су вршена помоћу аутоматске метеоролошке станице постављене на крову Природно-математичког факултета у Новом Саду (45.245511 N, 19.853375 E) у циљу добијања података за рачунање индекса термалног комфора човека. Услед техничких проблема са интернетом и слањем података, вандализма и сл., било је периода када станице нису слале податке или су слале нетачне податке. Услед тога, пре статистичке анализе података, морало се приступити чишћењу и сређивању базе података. Након тога се приступило одабиру станица које су испуниле и задовољиле критеријум да имају < 10% недостајућих података у сређеној бази за истраживани период.

## АЛГОРИТАМ ЗА ЧИШЋЕЊЕ БАЗЕ ПОДАТАКА

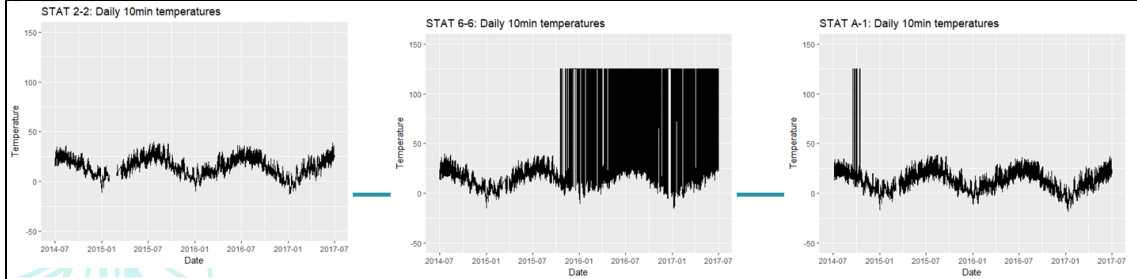
У циљу чишћења базе података од нетачних мерења, развијен је алгоритам у R програму<sup>§</sup> за чишћење сирових података (прилог 12) који се састојао од две процедуре. Прва процедура је тзв. **логичко чишћење**, тј. обрисане су температуре веће од 50 °C и мање од -30 °C (прилог 13). Дакле, све изнад/испод тога је сматрано за нетачан податак и било је обрисано. Потом је чишћење ишло

---

<sup>§</sup>R је бесплатан софтвер за статистичку обраду података и графички приказ резултата анализе (R Development Core Team, 2011).

Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу аутоматизованог модела и биоклиматских анализа

на сличан начин, али на месечном нивоу (прилог 14). Друга процедура је тзв. **унутрашње динамичко чишћење**. Ова процедура се састојала из два корака.



Прилог 12. Примери сирових података са станица: 2-2, 6-6 и А-1

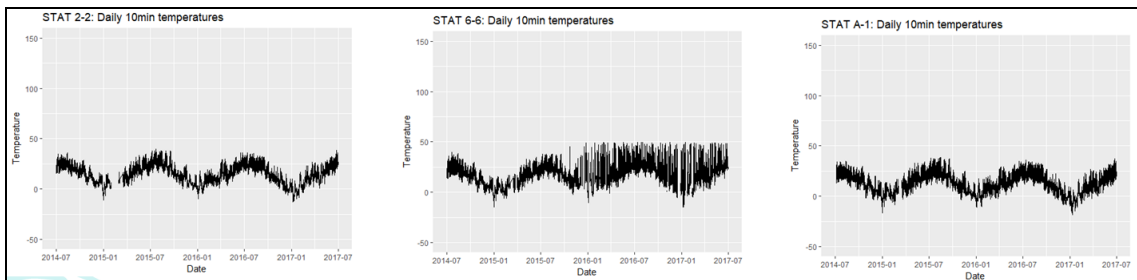
1. итерација

Улаз:  $\varepsilon = 3 \text{ }^\circ\text{C}$

Први корак унутрашњег динамичког чишћења је да се испита да ли се температура у временском тренутку  $i, t_i$  разликује од температуре пре 10 ( $t_{i-1}$ ) и после 10 минута ( $t_{i+1}$ ) за више од  $3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Односно, за свако  $i$  испитујемо да ли је испуњен услов,  $i = 2, 3, \dots, 155887$ :

$$|t_i - t_{i-1}| > \varepsilon \ \& \ |t_i - t_{i+1}| > \varepsilon$$

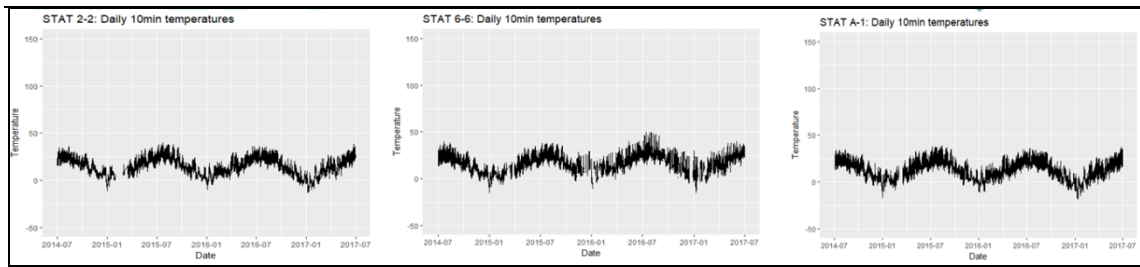
Уколико јесте, следи додатна анализа за  $t_i$ .



Прилог 13. Подаци са станица 2-2, 6-6 и А-1 након логичког чишћења у R програму



*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*



*Прилог 14. Подаци са станица 2-2, 6-6 и А-1 након логичког чишћења у R програму извршеног на месечном нивоу*

2. итерација - анализа на основу две најближе станице:

Нека је за измерену температуру у тренутку  $i$  испуњен услов из прве итерације. Наредни корак је да испитамо да ли је испуњен услов:

$$\min_j \{|t_i - t_{(i,j)}|\} > \varepsilon$$

Уколико јесте, температура мерена у тренутку  $i$  се уклања из базе и проглашава недостајућим податком.

По хаверсине формули<sup>\*\*</sup> израчунали смо најкраћа растојања између свих станица. Затим је испитивано да ли се температура разликује за више од 3 °C од температура са две најближе станице.

Напомена: Уместо 2. итерације можемо да поредимо температуре и по ЛКЗ:

Испитујемо да ли је испуњен услов:

$$\min_{j=1,2} \{|t_i - t_{(i,j)}|\} > \varepsilon$$

Уколико јесте,  $t_i$  се уклања из базе и проглашава недостајућим податком.

Фебруар и март 2015. године нису анализирани у дисертацији јер тада већина станица није слала податке услед проблема са мобилним картицама. Услед

---

<sup>\*\*</sup>Хаверсине формула рачуна најкраћу раздаљину између две станице користећи њихове лонгитуде и латитуде.

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа*

тога, 34 месеца су анализирана у дисертацији. У циљу адекватне статистичке анализе, одлучило се за елиминисање станица из даље анализе уколико су након чишћења имале више од 10% недостајућих података за истраживани период. Укупно је 17 станица (табела 6) испунило наведени услов и оне су кориштене у даљој статистичкој анализи.

*Табела 6. Процент недостајућих података по станицама за анализирани период пре и после чишћења у R програму*

Станица	Сирови подаци (% недостајућих података)	Очишћени подаци (% недостајућих података)	Анализирана у дисертацији
<b>2-1</b>	1%	1%	ДА
<b>2-2</b>	3%	3%	ДА
<b>2-3</b>	0%	0%	ДА
3-1	7%	44%	НЕ
<b>3-2</b>	4%	4%	ДА
5-1	4%	7%	НЕ
<b>5-2</b>	2%	2%	ДА
<b>5-3</b>	2%	3%	ДА
<b>5-4</b>	3%	3%	ДА
<b>5-5</b>	0%	0%	ДА
<b>5-6</b>	2%	2%	ДА
6-1	7%	36%	НЕ
6-2	45%	45%	НЕ
<b>6-3</b>	3%	4%	ДА
<b>6-4</b>	4%	4%	ДА
6-5	20%	24%	НЕ
6-6	1%	29%	НЕ
<b>6-7</b>	0%	0%	ДА
<b>6-8</b>	3%	3%	ДА
<b>6-9</b>	0%	0%	ДА
<b>8-1</b>	5%	5%	ДА
9-1	2%	9%	НЕ
<b>9-2</b>	5%	6%	ДА
9-3	22%	26%	НЕ
10-1	38%	38%	НЕ
<b>A-1</b>	1%	1%	ДА
Д-1	58%	59%	НЕ

## МЕТОДЕ ЗА АНАЛИЗУ ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА

У циљу испитивања колико је КС ЛКЗ добро предвидео локалне климатске карактеристике у Новом Саду, извршена је анализа трогодишњих десетоминутних мерења температуре ваздуха са одабраних 17 локација (< 10% недостајућих података) у граду и околини. Анализиране су средње, максималне и минималне температуре ваздуха на годишњем, сезонском и месечном нивоу, као и појава дневних температурних индекса по ЛКЗ у трогодишњем периоду (табела 7). Већина температурних индекса се базира на појави одређених дана када је температура била испод или изнад одређене граничне вредности. Углавном се базирају на минималним или максималним дневним температурама ваздуха. Њихов број је одређен на средњем годишњем нивоу по ЛКЗ, а они се јављају током различитих сезона. Мразни дани су они дани са минималном температуром ( $T_{мин}$ ) нижом од 0,0 °C, док су ледени дани са максималном температуром ( $T_{макс}$ ) испод 0,0 °C. Летњи дани су дани када је максимална температура ваздуха ( $T_{макс}$ ) изнад 25 °C. Још екстремнији су тропски дани који се карактеришу појавом максималних дневних температура ваздуха изнад 30 °C. Дани са тропским ноћима, односно појава тропских ноћи се карактерише минималним температурама ваздуха изнад 20 °C током ноћног периода. Ови индекси се најчешће користе у анализама градске климе (Skarbit et al., 2017) и могу бити корисни бројним друштвеним секторима (нпр. термоелектране и топлане, саобраћај, водовод и канализација, итд.). И на крају, извршена је и детаљна анализа температура ваздуха током појаве најинтензивнијег топлотног (4-15. август 2015. године) и хладног таласа (6-12. јануар 2017. године) у истраживаном периоду на нивоу 24 часа, обданице и ноћног периода (табела 7).

Статистичка обрада података и њихов графички приказ су извршени у R софтверу (R Development Core Team, 2011), Surfer софтверу (Surfer® 14, Golden Software LLC, 2017) и Microsoft Excel програму (2007).

Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа

Табела 7. Испитиване вредности и индекси температуре ваздуха за период  
01.07.2014.-31.06.2017. за дефинисане ЛКЗ

Испитиване вредности и индекси температуре ваздуха	Додатно објашњење
Средња вишегодишња температура ваздуха ( $T_{cp}$ )	за испитивани период
Средње сезонске температуре ваздуха ( $T_{cp}$ )	зимска, пролећна, летња, јесења
Средње месечне температуре ваздуха ( $T_{cp}$ )	сви месеци, од јануара до децембра за испитивани период
Средња максимална вишегодишња температура ваздуха ( $T_{ср\max}$ )	за испитивани период
Средње максималне сезонске температуре ваздуха ( $T_{ср\max}$ )	зимска, пролећна, летња, јесења
Средње максималне месечне температуре ваздуха ( $T_{ср\max}$ )	сви месеци, од јануара до децембра за испитивани период
Средња минимална вишегодишња температура ваздуха ( $T_{ср\min}$ )	за испитивани период
Средње минималне сезонске температуре ваздуха ( $T_{ср\min}$ )	зимска, пролећна, летња, јесења
Средње минималне месечне температуре ваздуха ( $T_{ср\min}$ )	сви месеци, од јануара до децембра за испитивани период
Апсолутне максималне температуре ваздуха ( $T_{ап\max}$ )	на годишњем, сезонском и месечном нивоу
Апсолутне минималне температуре ваздуха ( $T_{ап\min}$ )	на годишњем, сезонском и месечном нивоу
Средње температуре ваздуха током 24 часа	топлотни и хладни талас
Средње температуре ваздуха током обданице	топлотни и хладни талас
Средње температуре ваздуха током ноћи	топлотни и хладни талас
Број ледених дана	$T_{\max} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$
Број мразних дана	$T_{\min} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$
Број летњих дана	$T_{\max} > 25 \text{ } ^\circ\text{C}$
Број тропских дана	$T_{\max} > 30 \text{ } ^\circ\text{C}$
Број тропских ноћи	$T_{\min} > 20 \text{ } ^\circ\text{C}$

## МЕТОДЕ ЗА АНАЛИЗУ РЕЛАТИВНЕ ВЛАЖНОСТИ ВАЗДУХА

Класификациони систем ЛКЗ није развијен са циљем изучавања влажности ваздуха у градовима. Међутим, пошто су у Новом Саду и његовој околини постављени сензори за мерење релативне влажности ваздуха, приступило се и анализи овог климатског елемента у циљу добијања додатне вредности у дисертацији и откривања потенцијалних (не)знатних разлика у влажности између ЛКЗ.

Извршена је статистичка анализа трогодишњих мерења релативне влажности ваздуха са 17 локација у граду и околини. Анализиране су средње вредности на годишњем, сезонском и месечном ниову, као и током топлотног и хладног таласа. Статистичка обрада је извршена у R софтверу (R Development Core Team, 2011) и у Microsoft Excel програму (2007).

## МЕТОДЕ ЗА АНАЛИЗУ ТЕРМАЛНОГ КОМФОРА ЧОВЕКА

У циљу одређивања услова термалног комфора човека у различитим ЛКЗ током истраживаног периода, израчунати су индекси термалног комфора у спољној средини: физиолошки еквивалентна температура (енг. *Physiologically Equivalent Temperature - PET*) (Matzarakis, A. and Mayer, H. 1996) и универзални термални климатски индекс (*Universal Thermal Climate Index - UTCI*) (Blazejczyk et al., 2012). Индекси су израчунати у RayMan микроклиматском моделу (Matzarakis, A. et al. 2007). Улазни подаци унети у модел су сатне вредности температуре ваздуха, релативне влажности ваздуха, брзине ветра и Сунчеве радијације. Температура и релативна влажност ваздуха су преузети са станица постављених у ЛКЗ, док је брзина ветра преузета из предикција WRF модела (Michalakes, et al. 2004) за Панонски басен помоћу NOAA/NCEP глобалне прогнозе (EMC, 2003) или са станице постављене на крову Природно-математичког факултета у Новом Саду. Затим се вредност брзине ветра кориговала помоћу тзв. *Roughness Mapping*

*Tool* софтвера (Gál, T. and Unger, J. 2009). Помоћу овог софтвера су израчунати параметри храпавости површине на свим локацијама станица узимајући у обзир утицај вегетације и зграда око станица. На тај начин се израчунала константа редукације ветра ( $r$ ) за сваку станицу. Формуле за рачунање  $r$  су приказане у публикацији од Unger et al. (2014a, страна 105). Следећи корак је био да се у RayMan моделу изврши корекција Сунчеве радијације узимајући у обзир моделоване зграде и вегетацију око станица. У модел су унете и физиолошке карактеристике човека, као и његов ниво одевености. Сви наведени фактори утичу на субјективни термални осећај и ниво физиолошког стреса које људи осећају у животној средини, а који се изражавају вредностима *PET* (табела 8) и *UTCI* индекса (табела 9). У RayMan моделу се могу израчунати и индекси као што су стандардна ефективна температура (енг. Standard effective temperature - SET\*) и предвиђена средња вредност (Predicted Mean Vote – PMV). Међутим, наведени индекси се најчешће користе у анализи термалног комфора човека у унутрашњости зграда услед чега нису кориштени у даљој анализи.

*PET* и *UTCI* вредности су израчунате за 17 локација постављених у ЛКЗ Новог Сада и околине. Анализиране су њихове средње вредности на годишњем, сезонском и месечном ниову, а извршена је и детаљна анализа током појаве најинтензивнијег топлотног и хладног таласа у истраживаном периоду на нивоу 24 часа, обданице и ноћног периода. Статистичка обрада података и њихов графички приказ су извршене у R софтверу (R Development Core Team, 2011) и Microsoft Excel програму (2007).

Табела 8. Граничне вредности индекса физиолошки еквиваленте температуре (PET) за субјективни термални осећај и ниво физиолошког стреса човека (Matzarakis, A. and Mayer, H. 1996)

PET (°C)	Субјективни термални осећај	Ниво физиолошког стреса човека
	Веома хладно	Екстреман хладан стрес
4		
	Хладно	Јак хладан стрес
8		
	Умерено хладно	Умерен хладан стрес
13		
	Незнатно хладно	Незнатан хладан стрес
18		
	Комфорно	Нема термалног стреса
23		
	Умерено топло	Незнатан топлотни стрес
29		
	Топло	Умерен топлотни стрес
35		
	Вруће	Јак топлотни стрес
41		
	Веома вруће	Екстреман топлотни стрес

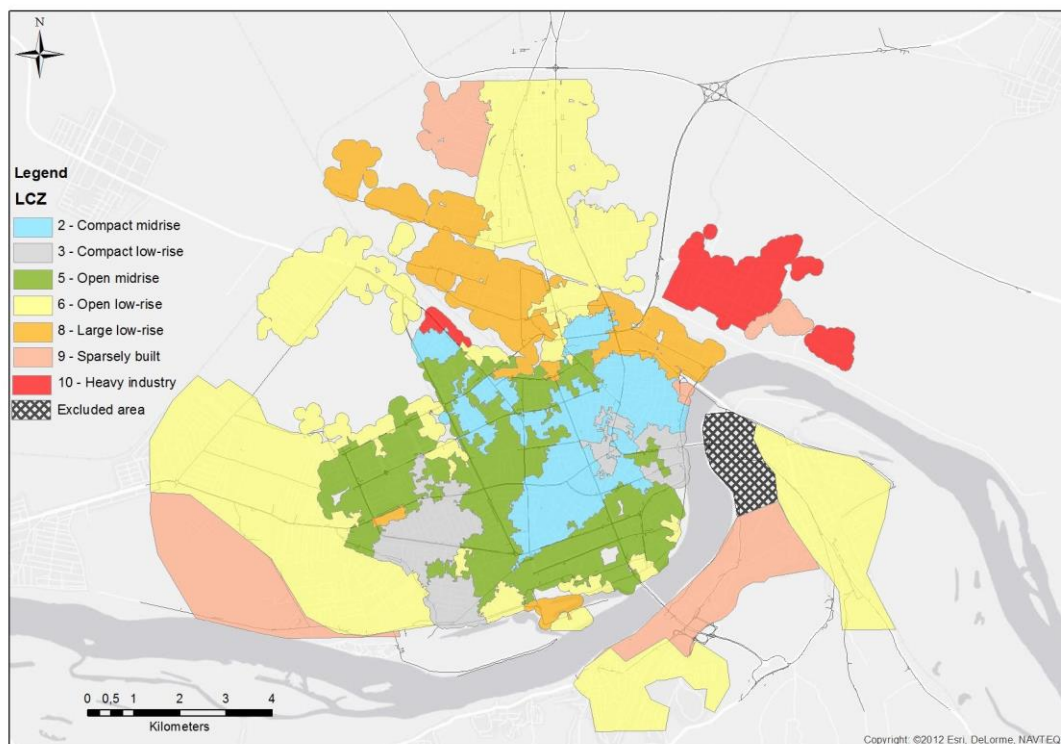
Табела 9. Граничне вредности универзалног термалног климатског индекса (UTCI) узимајући у обзир ниво физиолошког стреса човека (*Glossary of Terms for Thermal Physiology, 2003*)

Субјективни термални осећај	Ниво физиолошког стреса човека
изнад +46	Екстреман топлотни стрес
+38 до +46	Веома јак топлотни стрес
+32 до +38	Јак топлотни стрес
+26 до +32	Умерен топлотни стрес
+9 до +26	Без термалног стреса
+9 до 0	Незнатан хладан стрес
0 до -13	Умерен хладан стрес
-13 to -27	Јак хладан стрес
-27 до -40	Веома јак хладан стрес
испод -40	Екстреман хладан стрес



## ЛОКАЛНЕ КЛИМАТСКЕ ЗОНЕ У НОВОМ САДУ

Употребом развијене ГИС методологије на територији Новог Сада и његове околине је дефинисано 13 ЛКЗ: седам изграђених ЛКЗ и шест природних ЛКЗ. Изграђене ЛКЗ су: збијена средњеградња (ЛКЗ 2), збијена нискоградња (ЛКЗ 3), отворена средњеградња (ЛКЗ 5), отворена нискоградња (ЛКЗ 6), велика нискоградња (ЛКЗ 8), ретка изграђеност (ЛКЗ 9) и тешка индустрија (ЛКЗ 10) (прилог 15). У природне ЛКЗ спадају: густо распоређено дрвеће (ЛКЗ А), ретко распоређено дрвеће (ЛКЗ Б), жбуње (ЛКЗ Ц), ниско растиње (ЛКЗ Д) и вода (ЛКЗ Г). Највећи део града обухвата ЛКЗ 6 са 42,3 % површине, а затим следе ЛКЗ 5 (15,1 %) и ЛКЗ 9 (13,0 %). У Новом Саду су најмање заступљене ЛКЗ 10 и ЛКЗ 3 са око 5 % површине (табела 10).



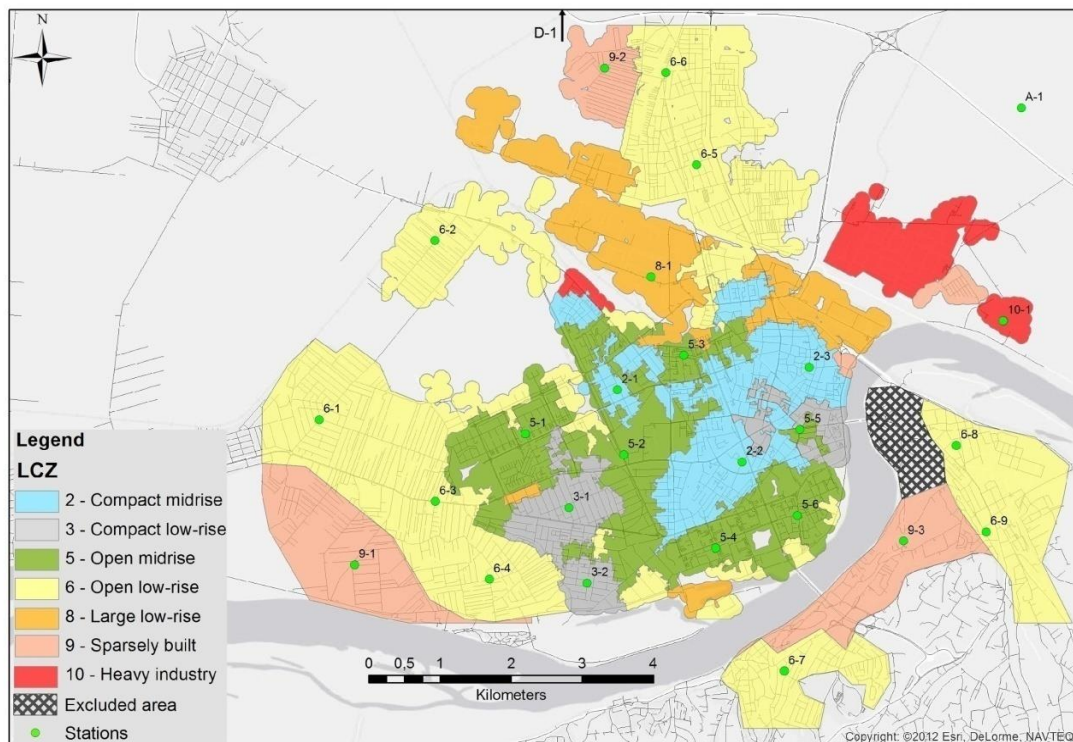
Прилог 15. Изграђене ЛКЗ у Новом Саду

Табела 10. Процентуални удео појединачних изграђених ЛКЗ у Новом Саду

ЛКЗ	Површина у %
2	9,6
3	5,2
5	15,1
6	42,3
8	10,1
9	13,0
10	4,7

## ЛОКАЦИЈЕ МЕТЕОРОЛОШКИХ СЕНЗОРА ГРАДСКЕ МРЕЖЕ У НОВОМ САДУ

Након кабинетског и теренског рада одређено је 27 локација у Новом Саду на којима су постављени метеоролошки сензори. На тај начин је формирана градска мрежа метеоролошких сензора у циљу праћења градске климе Новог Сада. Сензори су постављени унутар девет ЛКЗ. Унутар изграђених ЛКЗ су сензори постављени на 25 локација, док су у природним ЛКЗ сензори постављени на две локације (прилог 16). Основне географске информације о станицама (географска ширина и дужина, надморска висина) су представљене у табели 11, док су вредности израчунатих седам параметара за изграђене ЛКЗ у табели 12.



Прилог 16. Локације метеоролошких сензора (зелени круг) у Новом Саду и околини. Први број у имену сензора преставаља ЛКЗ, а други број представља редни број станице у ЛКЗ

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*

Табела 11. Основне информације станица градске мреже у Новом Саду

Име	Адреса	ЛКЗ	Геог. ширина	Геог. дужина	Надморска висина (m)
2-1	Нова Детелинара, улица Цанкарева, бр. 5	2	45,258055	19,814722	77
2-2	Грбавица, улица Данила Киша, бр. 7	2	45,249166	19,837222	79
2-3	Подбара, улица Земљане Ђуприје, бр. 12	2	45,261388	19,848888	78
3-1	Телеп, улица Илирска, бр. 42	3	45,243055	19,806388	76
3-2	Телеп, улица Фејеш Кларе, бр. 52	3	45,233333	19,809722	79
5-1	Бистрица, улица Браће Дроњак, бр. 13	5	45,252222	19,798333	80
5-2	Сајмиште, Булевар Европе (Веселина Маслеше 6)	5	45,25	19,816111	75
5-3	Банатић, улица Омладинског покрета, бр. 4	5	45,2625	19,826388	78
5-4	Лиман 3-4, улица Балзакова, бр. 24	5	45,238055	19,832777	81
5-5	Центар, улица Жарка Зрењанина, бр. 2	5	45,253055	19,8475	80
5-6	Лиман 1-2, улица Народног фронта, бр. 1	5	45,2425	19,847222	78
6-1	Ветерник, улица Краља Петра I, бр. 15	6	45,2552	19,7633	77
6-2	Сајлово, улица 21, бр. 1	6	45,276944	19,781388	80
6-3	Адице, улица Стевана Синђелића, бр. 1	6	45,243333	19,782222	77
6-4	Адице, улица Бранка Ђопића, бр. 97	6	45,233611	19,791944	76
6-5	Слана Бара, улица Ченејска, бр. 37	6	45,286994	19,828336	77
6-6	Клиса, улица Сентандрејски пут, бр. 136	6	45,29873	19,82254	78
6-7	Сремска Каменица, улица Железничка, бр. 11	6	45,2225	19,845555	119
6-8	Петроварадин, улица Патријарха Рајачића, бр. 44	6	45,251388	19,875555	76
6-9	Петроварадин, улица Мажуранићева, бр. 63	6	45,240555	19,881111	92
8-1	Индустријска зона "Југ", пут Партизанског новосадског одрода	8	45,272369	19,820833	77
9-1	Адице, улица Нова 34, бр. 7	9	45,235	19,768055	75
9-2	Горње Ливаде, улица Светлане Вранић, бр. 45	9	45,299166	19,811666	79
9-3	Рибњак, Каменички пут, бр. 126	9	45,239166	19,866388	127
10-1	Радна зона "Север IV"	10	45,267456	19,883928	81
A-1	Каћ, огледно поље Института за низијско шумарство и животну средину	A	45,294728	19,886231	77
D-1	Ченеј, спортски аеродром	D	45,385339	19,830964	79

Табела 12. Вредности израчунатих параметара за изграђене ЛКЗ у Новом Саду

ЛКЗ	Удео непропусне површине	Удео површине зграда	Удео пропусне површине	Алbedo	Фактор видика неба	Висина храпавости површине	Однос висине и ширине
2	0,63	0,35	0	0,15	0,48	24	26,8
3	0,82	0,18	0	0,16	0,67	6	24,9
5	0,68	0,19	0,1	0,17	0,72	20	25,9
6	0,79	0,14	0,1	0,18	0,77	12	24,7
8	0,67	0,33	0	0,16	0,75	12	26,0
9	0,78	0,07	0,2	0,18	0,85	12	24,3
10	0,66	0,01	0,3	0,18	0,98	12	24,1

ЛКЗ 2 обухвата централне делове Новог Сада (насеља Подбара и Грбавица), као и новоизграђе делове града (насеље Нова Детелинара). Унутар ЛКЗ 2 су постављени метеоролошки сензори на три локације (прилог 16). Непосредна околина једне од дефинисаних локација сензора унутар ЛКЗ 2 је приказана у прилогу 17. Ова ЛКЗ се карактерише збијеном средњеградњом са мало зелених површина и дрвећа и доминантно водонепропусном површином. Намењена је стамбеној и комерцијалној функцији.



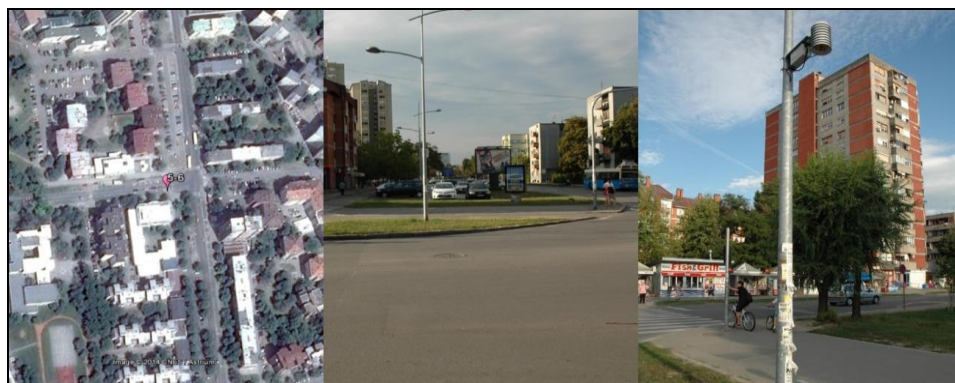
Прилог 17. Локација станице 2-1 из ваздуха и са тла

ЛКЗ 3 обухвата западне делове Новог Сада (насеље Телеп) и унутар ње су постављени метеоролошки сензори на две локације (прилог 16). Непосредна околина једне од дефинисаних локација сензора унутар ЛКЗ 3 је приказана у прилогу 18. Ова ЛКЗ се карактерише збијеном нискоградњом са нешто више зеленила и водопрпусне подлоге у односу на ЛКЗ 2. Намењена је стамбеној функцији.



*Прилог 18. Локација станице 3-1 из ваздуха и са тла*

ЛКЗ 5 карактерише стамбено-комерцијалне делове града и ту спадају насеља Лиман 1-4, Бистрица и Банатић. Унутар ЛКЗ 5 су постављени метеоролошки сензори на шест локација (прилог 16). Непосредна околина једне од дефинисаних локација сензора унутар ЛКЗ 5 је приказана у прилогу 19. Ова ЛКЗ се карактерише зградама средње висине са зеленилом и дрвећем између њих.



*Прилог 19. Локација станице 5-6 из ваздуха и са тла*

ЛКЗ 6 карактерише ободне делове града (насеља Адице, Сајлово, Слана Бара и Клиса), као и приградска насеља Ветерник, Петроварадин и Сремска Каменица. Унутар ЛКЗ 6 су постављени метеоролошки сензори на девет локација (прилог 16). Непосредна околина једне од дефинисаних локација сензора унутар ЛКЗ 6 је приказана у прилогу 20. Ова ЛКЗ се генерално карактерише збијеном нискоградњом са стамбеним кућама и окућницама око њих.



*Прилог 20. Локација станице 6-4 из ваздуха и са тла*

ЛКЗ 8 се простире у северном делу града и обухвата индустријске зоне ”Југ” и ”Север”. Унутар ЛКЗ 8 су постављени метеоролошки сензори на једној локацији (прилог 16). Непосредна околина дефинисане локације сензора унутар ЛКЗ 8 је приказана у прилогу 21. ЛКЗ 8 се карактерише ниским зградама велике површине које служе, пре свега, за складишта и у индустријске сврхе.



*Прилог 21. Локација станице 8-1 из ваздуха и са тла*

ЛКЗ 9 се наставља на ЛКЗ 6 и обухвата крајње, изграђене делове града (насеља Горње Ливаде, Адице и Рибњак). Унутар ЛКЗ 9 су постављени метеоролошки сензори на три локације (прилог 16). Непосредна околина једне од дефинисаних локација сензора унутар ЛКЗ 9 је приказана у прилогу 22. ЛКЗ 9 се карактерише слабом изграђеношћу са стамбеним кућама и великим зеленим површинама.



Прилог 22. Локација станице 9-2 из ваздуха и са тла

ЛКЗ 10 се простире у североисточном делу града и обухвата простор нафтне рафинерије и топлане. Унутар ЛКЗ 10 су постављени метеоролошки сензори на једној локацији (прилог 16). Непосредна околина дефинисане локације сензора унутар ЛКЗ 10 је приказана у прилогу 23.



Прилог 23. Локација станице 10-1 из ваздуха. Напомена: фотографисање са тла није било дозвољено у оквиру комплекса топлане



ЛКЗ А се налази североисточно од Новог Сада унутар шуме коју одржава Институт за низијско шумарство и животну средину. Унутар ЛКЗ А су постављени метеоролошки сензори на једној локацији (прилог 16). Непосредна околина дефинисане локације сензора унутар ЛКЗ А је приказана у прилогу 24. ЛКЗ А карактерише густо дрвеће и водопрпусна подлога карактеристична за ову природну средину изван града.



*Прилог 24. Локација станице А-1 из ваздуха и са тла*

ЛКЗ Д се налази северно од Новог Сада у склопу спортског аеродрома Ченеј. Унутар ЛКЗ Д су постављени метеоролошки сензори на једној локацији (прилог 16). Непосредна околина дефинисане локације сензора унутар ЛКЗ Д је приказана у прилогу 25. Ова ЛКЗ се карактерише ниским растињем и водопрпусном подлогом са неколико мањих објеката у околини.



*Прилог 25. Локација станице Д-1 из ваздуха и са тла*

## АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА У ЛОКАЛНИМ КЛИМАТСКИМ ЗОНАМА

У овом поглављу су представљени резултати статистичке анализе температуре ваздуха по ЛКЗ на годишњем, сезонском и месечном нивоу, током топлотног и хладног таласа, као и појава дневних температурних индекса.

### АНАЛИЗА ГОДИШЊИХ, СЕЗОНСКИХ И МЕСЕЧНИХ ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА У ЛКЗ

Годишња и сезонске средње температуре ваздуха ( $T_{cp}$ ) у току истраживаног периода се разликују између ЛКЗ. На годишњем нивоу, тенденција је јасна:  $T_{cp}$  се смањују са смањењем збијености и висине зграда и најниже су у неизграђеној, природној средини ван града (ЛКЗ А). Највише  $T_{cp}$  се јављају у ЛКЗ средње висине зграда (ЛКЗ 2 и ЛКЗ 5), а затим у ЛКЗ ниске градње и слабе изграђености (ЛКЗ 3, 6, 8 и 9) (табела 13). Максимална разлика у  $T_{cp}$  између изграђених и неизграђених ЛКЗ се јавља између ЛКЗ 2 и ЛКЗ А и износи 1,7 °C на годишњем нивоу (прилог 26). Разлике у  $T_{cp}$  између изграђених ЛКЗ су мање и максимално износе до 0,7 °C између ЛКЗ 2 и ЛКЗ 8(9) (табела 13).

У току свих сезона највише  $T_{cp}$  су забележене у ЛКЗ 2 (осим пролећа), док су најниже  $T_{cp}$  током свих сезона забележене у ЛКЗ А која се налази изван града (табела 11). На сезонском нивоу, највеће разлике у  $T_{cp}$  између изграђених и неизграђених ЛКЗ се јављају током лета и износе од 1,1 (ЛКЗ<sub>9-А</sub>) до 2,0 °C (ЛКЗ<sub>2-А</sub>). Добијене разлике представљају максималне интензитета градског острва топлоте у Новом Саду ( $ГОТ_u$ ) на сезонском нивоу (прилог 26). Најмање разлике се јављају током зимског периода и износе од 0,7 °C (ЛКЗ<sub>9-А</sub>) до 1,6 °C (ЛКЗ<sub>2-А</sub>). Током прелазних сезона, ситуација је слична са тим да је  $ГОТ_u$  израженији током јесени него током пролећа у већини ЛКЗ. Унутар града се највеће разлике у  $T_{cp}$  јављају између ЛКЗ 2 и ЛКЗ 9 и износе од 0,6 °C током јесени до 0,8-0,9 °C током

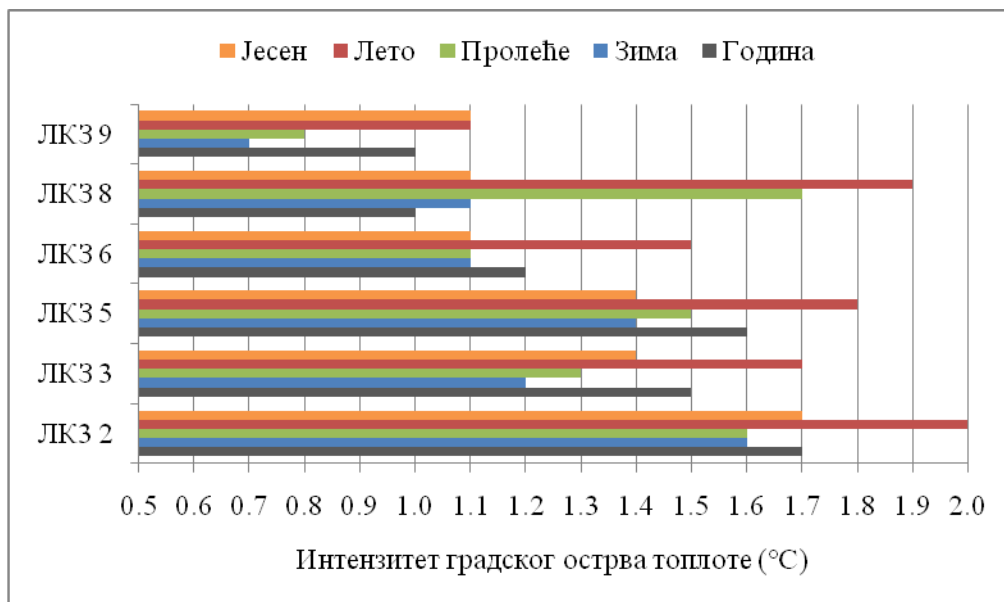
Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу аутоматизованог модела и биоклиматских анализа

зиме, пролећа и лета, што је дупло мање него када поредимо град и природну околину града. Услед тога, можемо закључити да се  $GOT_u$  мења током сезона у Новом Саду током истраживаног периода и да ЛКЗ у погледу  $T_{cp}$  одражавају свој специфични локални климатски карактер.

Табела 13. Годишња и сезонске  $T_{cp}$  у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017).

Поддебљани бројеви - највиша  $T_{cp}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $T_{cp}$

$T_{cp}$	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2 (3)	3 (1)	5 (5)	6 (5)	8 (1)	9 (1)	A (1)
Година	<b>14,4</b>	14,2	14,3	13,9	13,7	13,7	<u>12,7</u>
Зима	<b>3,6</b>	3,2	3,4	3,1	3,1	2,7	<u>2,0</u>
Пролеће	15,0	14,7	14,9	14,6	<b>15,1</b>	14,2	<u>13,4</u>
Лето	<b>24,1</b>	23,8	23,9	23,5	23,9	23,2	<u>22,1</u>
Јесен	<b>13,8</b>	13,6	13,6	13,3	13,3	13,2	<u>12,2</u>



Прилог 26. Интензитет градског острва топлоте ( $GOT_u$ ) у Новом Саду током сезона и на вишегодишњем нивоу (јул 2014 – јун 2017).  $GOT_u$  је дефинисан као разлика у  $T_{cp}$  између градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>x</sub>) и ЛКЗ А изван града (ЛКЗ<sub>x-A</sub>)

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа*

Ради детаљније анализе, приступило се изучавању  $T_{cp}$  на месечном нивоу. Највеће разлике у  $T_{cp}$  између изграђених и неизграђених ЛКЗ се јављају током летњих месеци и износе од 2 °С у јулу (ЛКЗ<sub>2-А</sub>) до 2,3 °С у августу (ЛКЗ<sub>8-А</sub>). Најмање разлике у  $T_{cp}$  се јављају током октобра и износе 1,2 °С (ЛКЗ<sub>2-А</sub>). Унутар изграђених ЛКЗ су разлике у  $T_{cp}$  мање и износе од 0,4 °С у октобру (ЛКЗ<sub>2-6(8)</sub>) до 1,2 °С у новембру (ЛКЗ<sub>2-9</sub>) (табеле 14 и 15). Генерално посматрајући, највише  $T_{cp}$  на месечном нивоу су забележене у најурбанизованијим деловима града (ЛКЗ 2, 8 и 5), док се са смањењем заступљености изграђених површина и повећањем зелених површина смањује температура ваздуха (н.пр. у ЛКЗ А, 9 и 6).

*Табела 14. Месечне  $T_{cp}$  у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017).*

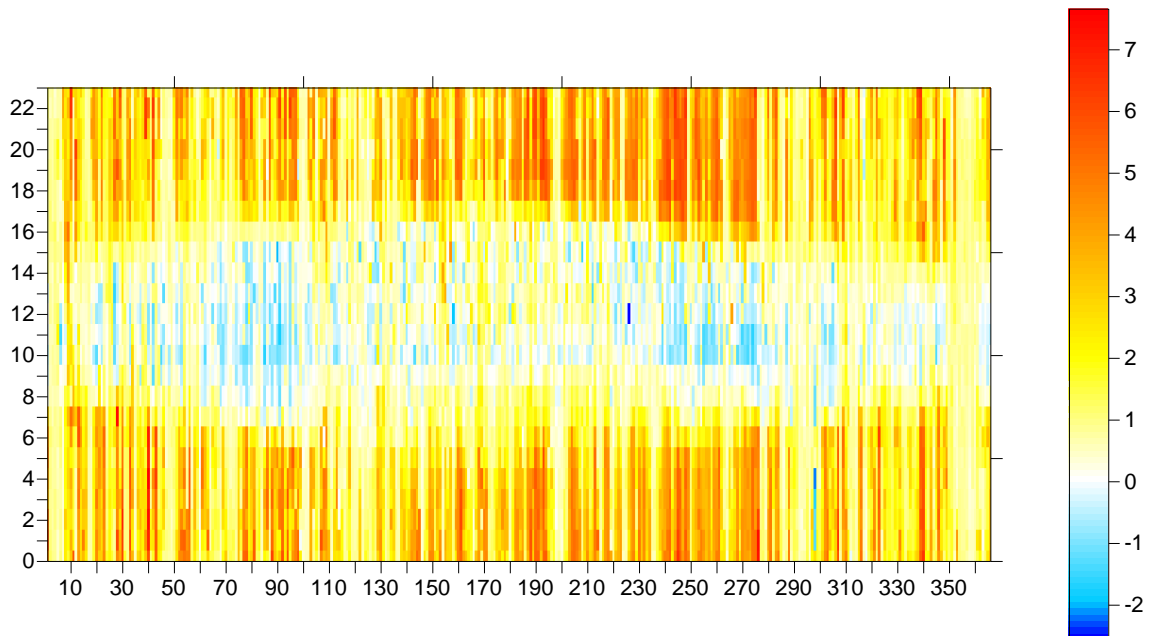
*Подебљани бројеви - највиша  $T_{cp}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $T_{cp}$*

$T_{cp}$	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2 (3)	3 (1)	5 (5)	6 (5)	8 (1)	9 (1)	А (1)
Јануар	<b>1,3</b>	0,8	1,1	0,8	0,8	0,4	<u>-0,2</u>
Фебруар	<b>7,5</b>	7,3	7,3	7,1	7,3	6,7	<u>5,7</u>
Март	10,5	10,2	10,5	10,0	<b>10,6</b>	9,7	<u>8,9</u>
Април	14,2	13,9	14,1	13,8	<b>14,3</b>	13,3	<u>12,6</u>
Мај	<b>18,8</b>	18,5	18,7	18,4	<b>18,8</b>	18,1	<u>17,2</u>
Јун	<b>23,4</b>	23,1	<b>23,4</b>	22,9	23,3	22,6	<u>21,6</u>
Јул	<b>25,0</b>	24,8	24,7	24,5	24,7	24,0	<u>23,0</u>
Август	23,7	23,4	23,5	23,2	<b>23,9</b>	22,8	<u>21,6</u>
Септембар	<b>19,5</b>	19,2	19,2	18,9	19,1	18,7	<u>17,8</u>
Октобар	<b>12,5</b>	12,4	12,2	12,1	12,1	12,2	<u>11,3</u>
Новембар	<b>9,2</b>	8,8	8,9	8,6	8,5	8,0	<u>7,4</u>
Децембар	<b>3,5</b>	3,0	3,3	3,0	2,8	2,6	<u>2,0</u>

Табела 15. Максималне разлике у месечним  $T_{cp}$  између изграђених и неизграђених ЛКЗ, као и између изграђених ЛКЗ

Месец	Максимална разлика у $T_{cp}$ у °C (ЛКЗ)	
	Између изграђених и неизграђених ЛКЗ	Између изграђених ЛКЗ
Јануар	1,5 °C	0,9 °C
	ЛКЗ <sub>2-А</sub>	ЛКЗ <sub>2-9</sub>
Фебруар	1,8 °C	0,8 °C
	ЛКЗ <sub>2-А</sub>	ЛКЗ <sub>2-9</sub>
Март	1,7 °C	0,9 °C
	ЛКЗ <sub>8-А</sub>	ЛКЗ <sub>8-9</sub>
Април	1,7 °C	1,0 °C
	ЛКЗ <sub>8-А</sub>	ЛКЗ <sub>8-9</sub>
Мај	1,6 °C	0,7 °C
	ЛКЗ <sub>2(8)-А</sub>	ЛКЗ <sub>2(8)-9</sub>
Јун	1,8 °C	0,8 °C
	ЛКЗ <sub>2(5)-А</sub>	ЛКЗ <sub>2(5)-9</sub>
Јул	2,0 °C	1,0 °C
	ЛКЗ <sub>2-А</sub>	ЛКЗ <sub>2-9</sub>
Август	2,3 °C	1,1 °C
	ЛКЗ <sub>8-А</sub>	ЛКЗ <sub>8-9</sub>
Септембар	1,7 °C	0,8 °C
	ЛКЗ <sub>2-А</sub>	ЛКЗ <sub>2-9</sub>
Октобар	1,2 °C	0,4 °C
	ЛКЗ <sub>2-А</sub>	ЛКЗ <sub>2-6(8)</sub>
Новембар	1,8 °C	1,2 °C
	ЛКЗ <sub>2-А</sub>	ЛКЗ <sub>2-9</sub>
Децембар	1,5 °C	0,9 °C
	ЛКЗ <sub>2-А</sub>	ЛКЗ <sub>2-9</sub>

Као додаток претходној анализи, урађен је графикон изоплета<sup>††</sup> који је представљен у прилогу 27. Овде су приказане разлике у  $T_{sr}$  између ЛКЗ 2 и ЛКЗ А током године. Уочљиво је да постоје знатне разлике између изграђене и природне средине, како на месечном, тако и на дневном нивоу (током обданице и ноћи). Највеће разлике се јављају у ноћном периоду, нарочито током летњих месеци, када  $GOT_u$  може да буде изнад  $7\text{ }^\circ\text{C}$ . Насупрот томе, у току обданице се могу јавити више температуре изван града него у њему, стварајући тзв. „градско острво хладноће“ интензитета око  $2\text{ }^\circ\text{C}$ . Ово је последица различитих шаблона осунчавања и сенки које се током обданице јављају у граду и природној средини изван града (Milošević et al., 2016a).



Прилог 27. Годњиње и дневне разлике у  $T_{sr}$  између изграђене ЛКЗ 2 и природне ЛКЗ А у Новом Саду. На у-оси су представљени часови (у UTC), а на х-оси су представљени дани у години

Даља анализа је обухватила поређење средњих годишњих, сезонских и месечних максималних ( $T_{sr\max}$ ) и минималних температура ваздуха ( $T_{sr\min}$ ) између ЛКЗ Новог Сада.

<sup>††</sup> Изоплете представљају линије на којима је вредност физичке величине иста, као на пример изотерме на којима је иста температура.

Анализирајући  $T_{срмакс}$  уочене су незнатне разлике између ЛКЗ на годишњем и сезонском нивоу. Највише вредности  $T_{срмакс}$  су забележене у ЛКЗ 8 и 3, а најниже у ЛКЗ А и 9 на годишњем и сезонском нивоу (табела 16). Највеће  $T_{срмакс}$  разлике се јављају између ЛКЗ 8 и ЛКЗ А и износе од 0,5 °C до 0,7 °C. Насупрот томе, најурбанизованији део града (ЛКЗ 2) се не разликује значајно у вредностима  $T_{срмакс}$  у односу на природну средину (од 0,1 до 0,4 °C) (прилог 28). Занимљиво је истаћи да су током лета  $T_{срмакс}$  биле за нијансу више изван града у ЛКЗ А, него у граду у ЛКЗ 5 и 9 (прилог 28). Могући разлог за то је да су током обданице градске улице у којима се налазе сензори често у сенци зграда, а може и да се јави локално струјање ваздуха из улице у улицу, услед чега су и температуре незнатно ниже на овим локацијама. Услед тога, може се констатовати да ЛКЗ у погледу  $T_{срмакс}$  не одражавају свој специфични локални климатски карактер.

Табела 16. Годишња и сезонска  $T_{срмакс}$  у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017).

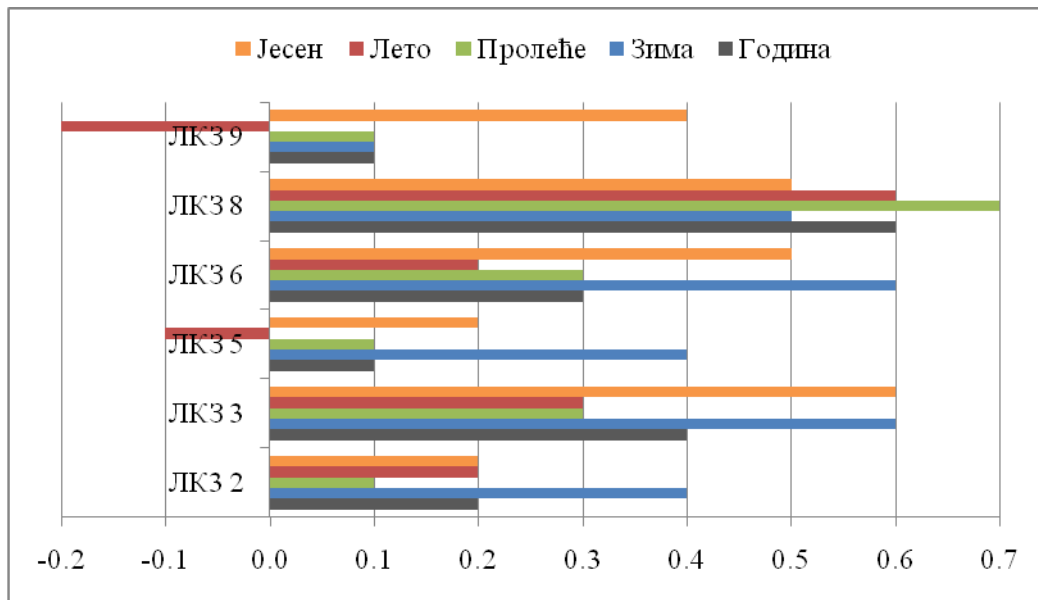
Подебљани бројеви - највиша  $T_{срмакс}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $T_{срмакс}$

$T_{срмакс}$	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2	3	5	6	8	9	А
	(3)	(1)	(5)	(5)	(1)	(1)	(1)
Година	18,7	18,9	18,6	18,8	<b>19,1</b>	18,6	<u>18,5</u>
Зима	7,3	<b>7,5</b>	7,3	<b>7,5</b>	7,4	7,0	<u>6,9</u>
Пролеће	19,5	19,7	19,5	19,7	<b>20,1</b>	19,5	<u>19,4</u>
Лето	29,8	29,9	29,5	29,8	<b>30,2</b>	<u>29,4</u>	29,6
Јесен	18,2	<b>18,6</b>	18,2	18,5	18,5	18,4	<u>18,0</u>

Анализирајући  $T_{срмакс}$  на месечном нивоу генерално су уочене незнатне разлике између ЛКЗ. Често се дешавало да су разлике у  $T_{срмакс}$  биле веће између изграђених ЛКЗ него између изграђених и неизграђених ЛКЗ. ЛКЗ 8 је имала највише  $T_{срмакс}$  током већине месеци, осим новембра и децембра, када су то биле ЛКЗ 3 и 6. Најмање вредности  $T_{срмакс}$  на месечном нивоу су најчешће измерене у

Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа

ЛКЗ 9 и А. Занимљиво је истаћи да су током августа и септембра најмање вредности  $T_{срмакс}$  забележене у ЛКЗ 5 (табела 17). Генерално, разлике између ЛКЗ на месечном нивоу су се кретале од 0,6 °C (у септембру, ЛКЗ<sub>8-5</sub>) до 1,2 °C (у октобру, ЛКЗ<sub>9-А</sub>).



Прилог 28. Разлика у  $T_{срмакс}$  између градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>x</sub>) и ЛКЗ А изван града (ЛКЗ<sub>x-А</sub>) у Новом Саду за период јул 2014 – јун 2017

У случају минималних температура ваздуха ( $T_{срмин}$ ) уочене су знатне разлике између ЛКЗ Новог Сада на годишњем и сезонском нивоу. Највише  $T_{срмин}$  су забележене у најурбанизованијим деловима града (ЛКЗ 2), а најниже у неизграђеној (природној) ЛКЗ А изван града на годишњем нивоу (ЛКЗ<sub>2-А</sub> = 2,9 °C) и током свих сезона (табела 18). Највеће разлике у  $T_{срмин}$  се јављају током пролећа и лета између ЛКЗ 2 и ЛКЗ А и износе до 3,0-3,1 °C (прилог 29). Разлике између изграђених ЛКЗ (н.пр. ЛКЗ<sub>2-9</sub>) су, такође, изражене и износе од 1,4 °C током зиме до 2 °C током лета, док су на годишњем нивоу 1,8 °C. Генерално посматрајући,  $T_{срмин}$  се смањују идући од ЛКЗ средњеградње ка нискоградњи, слабој изграђености и неизграђеној средини са следећим распоредом по ЛКЗ: 2 → 5 → 8 → 3 → 6 → 9 → А. Услед тога, може се констатовати да ЛКЗ у погледу  $T_{срмин}$  одражавају свој специфични локални климатски карактер.



*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа*

*Табела 17. Месечне  $T_{ср\max}$  у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017).*

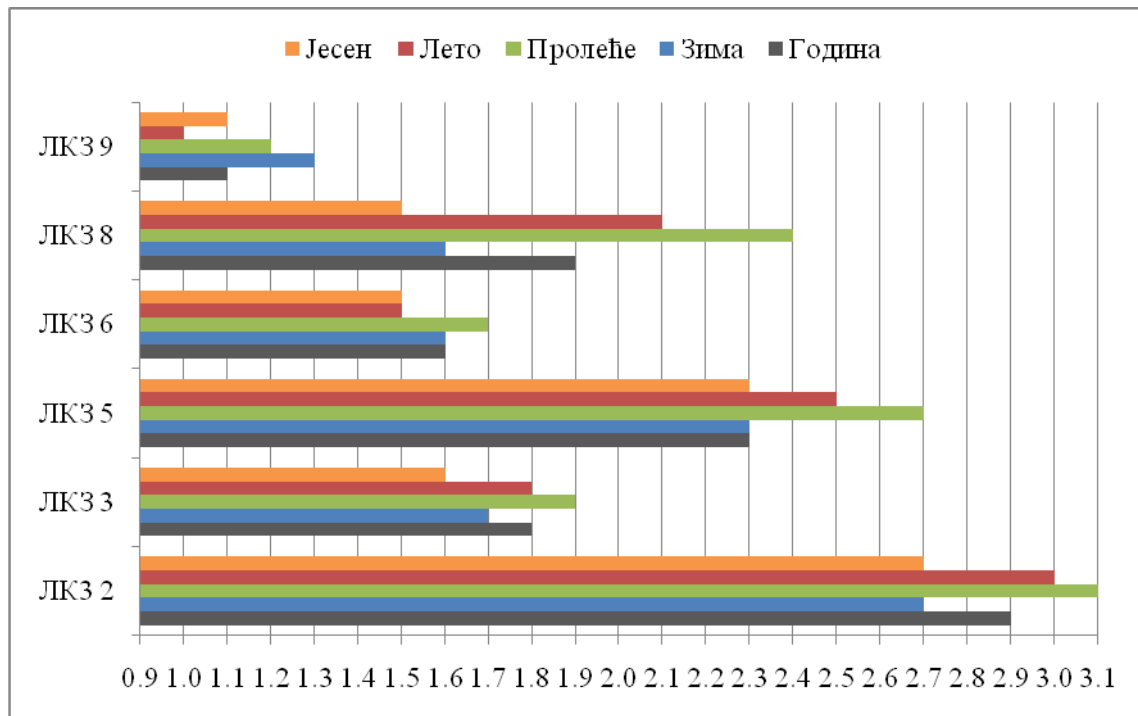
*Подебљани бројеви - највиша  $T_{ср\max}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $T_{ср\max}$*

$T_{ср\max}$	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2 (3)	3 (1)	5 (5)	6 (5)	8 (1)	9 (1)	A (1)
Јануар	4,2	4,4	4,3	4,4	<b>4,5</b>	<u>3,5</u>	3,8
Фебруар	11,4	<b>11,7</b>	11,3	11,6	<b>11,7</b>	<b>11,7</b>	<u>11,0</u>
Март	<u>14,8</u>	15,2	15,1	15,0	<b>15,7</b>	15,2	15,0
Април	19,5	19,7	19,4	19,8	<b>20,1</b>	<u>19,3</u>	19,4
Мај	24,3	24,3	24,1	24,3	<b>24,7</b>	24,1	<u>23,9</u>
Јун	29,2	29,0	28,9	28,9	<b>29,5</b>	<u>28,6</u>	28,7
Јул	30,6	30,8	30,3	30,6	<b>30,9</b>	<u>30,1</u>	30,5
Август	29,6	29,8	<u>29,3</u>	29,7	<b>30,3</b>	29,4	29,6
Септембар	24,3	24,7	<u>24,2</u>	24,5	<b>24,8</b>	24,5	24,5
Октобар	17,3	17,7	17,2	17,5	17,4	<b>17,9</b>	<u>16,7</u>
Новембар	13,1	<b>13,4</b>	13,2	<b>13,4</b>	13,3	<u>12,7</u>	12,9
Децембар	6,2	<b>6,4</b>	6,3	<b>6,4</b>	6,2	5,9	<u>5,7</u>

*Табела 18. Годишња и сезонска  $T_{ср\min}$  у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017).*

*Подебљани бројеви - највиша  $T_{ср\min}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $T_{ср\min}$*

$T_{ср\min}$	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2 (3)	3 (1)	5 (5)	6 (5)	8 (1)	9 (1)	A (1)
Година	<b>10,0</b>	8,8	9,4	8,7	9,0	8,2	<u>7,1</u>
Зима	<b>1,1</b>	0,1	0,7	0,0	0,1	-0,3	<u>-1,6</u>
Пролеће	<b>9,7</b>	8,5	9,3	8,3	9,0	7,8	<u>6,6</u>
Лето	<b>18,8</b>	17,7	18,3	17,4	18,0	16,8	<u>15,9</u>
Јесен	<b>10,2</b>	9,1	9,8	9,0	9,0	8,6	<u>7,5</u>



Прилог 29. Разлика у  $T_{срмин}$  између градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>х</sub>) и ЛКЗ А изван града (ЛКЗ<sub>х-А</sub>) у Новом Саду за период јул 2014 – јун 2017

$T_{срмин}$  на месечном нивоу показују знатне разлике између ЛКЗ Новог Сада. Током свих месеци, највише вредности  $T_{срмин}$  се јављају у ЛКЗ 2, а најниже у ЛКЗ А са највећом разликом од 3,3 °C у марту. Унутар града се, такође, јављају знатне разлике у  $T_{срмин}$  које износе до 2,1 °C у јулу (ЛКЗ<sub>2-9</sub>). Насупрот томе, разлике у  $T_{срмин}$  између структурно сличних ЛКЗ, као што су ЛКЗ 2 и 5, односно ЛКЗ 3 и 6 (8), су углавном незнатне (до 0,5 °C), а некада имају и исте вредности (табела 19).

Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа

Табела 19. Месечне  $T_{срмин}$  у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017).

Подебљани бројеви - највиша  $T_{срмин}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $T_{срмин}$

$T_{срмин}$	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2 (3)	3 (1)	5 (5)	6 (5)	8 (1)	9 (1)	A (1)
Јануар	<b>-1,7</b>	-2,8	-2,1	-2,7	-2,9	-3,4	<u>-4,4</u>
Фебруар	<b>4,0</b>	3,0	3,5	2,8	3,2	2,9	<u>1,1</u>
Март	<b>6,3</b>	5,3	6,1	5,0	5,7	4,4	<u>3,0</u>
Април	<b>8,8</b>	7,7	8,5	7,6	8,1	6,8	<u>5,8</u>
Мај	<b>13,9</b>	12,7	13,4	12,4	13,2	12,1	<u>11,0</u>
Јун	<b>18,2</b>	16,9	17,7	16,8	17,5	16,3	<u>15,2</u>
Јул	<b>19,8</b>	18,7	19,3	18,3	18,7	17,7	<u>16,8</u>
Август	<b>18,5</b>	17,4	18,0	17,1	17,7	16,6	<u>15,6</u>
Септембар	<b>15,2</b>	14,1	14,9	13,9	14,1	13,5	<u>12,8</u>
Октобар	<b>9,6</b>	8,6	9,2	8,4	8,6	8,2	<u>6,9</u>
Новембар	<b>5,7</b>	4,6	5,3	4,5	4,4	4,1	<u>2,8</u>
Децембар	<b>1,1</b>	0,1	0,7	0,0	-0,1	-0,3	<u>-1,4</u>

Ради изучавања температурних екстрема, приступило се анализи апсолутних максималних температура ваздуха ( $T_{апмакс}$ ) у ЛКЗ на годишњем, сезонском и месечном нивоу. На годишњем нивоу, највише  $T_{апмакс}$  су забележене у ЛКЗ 2 и 6 и износе 39,5 °C између 13-14 UTC (23. јул 2015. године). Најмање вредности  $T_{апмакс}$  на годишњем нивоу су забележене у ЛКЗ 9 и износе 38,0 °C. У току зиме су највише  $T_{апмакс}$  забележене у ЛКЗ 8, а током пролећа и лета су у најизграђенијим деловима града (ЛКЗ 2). ЛКЗ 3 и 9 су окарактерисане са најмањим вредностима  $T_{апмакс}$  током већине сезона. Током јесени се десила специфична ситуација када је током једног-два дана на готово свим станицама достигнула  $T_{апмакс}$  од око 35,0 °C између 13 и 14 h (UTC) (табела 20). Највише вредности  $T_{апмакс}$  на месечном нивоу су у већини случајева забележене у ЛКЗ 6 и 8, док су најниже вредности забележене у ЛКЗ А и 9 (табела 21).

Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа

Табела 20. Годишња и сезонска  $T_{апмакс}$  у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017).

Подебљани бројеви - највиша  $T_{апмакс}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $T_{апмакс}$

$T_{апмакс}$	ЛКЗ						
	2	3	5	6	8	9	A
Година (време мерења)	<b>39,5</b> (23.7.2015 13 h)	38,6 (13.8.2015 14 h)	39,4 (23.7.2015 13 h)	<b>39,5</b> (12.8.2015 13:30 h)	39,4 (13.8.2015 14:10 h)	<u>38,0</u> (13.8.2015 13:30 h)	38,7 (13.8.2015 14:10 h)
Зима (време мерења)	23,0 (28.2.2017 12:40 h)	<u>22,7</u> (28.2.2017 13:10 h)	23,0 (28.2.2017 15:00 h)	22,8 (28.2.2017 13:10 h)	<b>23,5</b> (28.2.2017 15 h)	22,9 (28.2.2017 14:50 h)	23,3 (28.2.2017 13 h)
Пролеће (време мерења)	<b>33,7</b> (29.5.2016 14:10 h)	<u>32,6</u> (19.5.2015 14:20 h)	33,6 (19.5.2015 14:00 h)	33,6 (19.5.2015 13:50 h)	32,9 (6.5.2015. 14:20 h)	33,3 (6.5.2015. 14:50 h)	33,1 (6.5.2015. 13:40 h)
Лето (време мерења)	<b>39,5</b> (23.7.2015 13 h)	38,6 (13.8.2015 14 h)	39,4 (23.7.2015 13 h)	<b>39,5</b> (12.8.2015 13:30 h)	39,4 (13.8.2015 14:10 h)	<u>38,0</u> (13.8.2015 13:30 h)	38,7 (13.8.2015 14:10 h)
Јесен (време мерења)	<b>35,0</b> (18.9.2015 15:50 h)	<b>35,0</b> (1.9.2015. 13:00 h)	<b>35,0</b> (1.9.2015. 14:00 h)	<b>35,0</b> (1.9.2015. 13:10 h)	<u>34,8</u> (1.9.2015. 11:30 h)	<b>35,0</b> (1.9.2015. 15:10 h)	<b>35,0</b> (1.9.2015. 13:30 h)

Табела 21. Месечне  $T_{апмакс}$  у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017).

Подебљани бројеви - највиша  $T_{апмакс}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $T_{апмакс}$

$T_{апмакс}$	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2	3	5	6	8	9	A
Јануар	18,0	18,5	18,4	<b>18,7</b>	18,5	18,3	<u>17,4</u>
Фебруар	23,0	<u>22,7</u>	23,0	22,8	<b>23,5</b>	22,9	23,3
Март	27,1	27,2	28,1	<b>28,3</b>	<b>28,3</b>	27,3	<u>26,7</u>
Април	31,0	30,8	30,6	<b>31,2</b>	30,6	30,2	<u>29,5</u>
Мај	<b>33,7</b>	<u>32,6</u>	33,6	33,6	32,9	33,3	33,1
Јун	39,1	37,5	39,0	38,7	<b>39,2</b>	37,9	<u>37,2</u>
Јул	<b>39,5</b>	38,4	39,4	39,3	38,3	<u>37,7</u>	37,8
Август	38,7	38,6	38,2	<b>39,5</b>	39,4	<u>38,0</u>	38,7
Септембар	<b>35,0</b>	<b>35,0</b>	<b>35,0</b>	<b>35,0</b>	<u>34,8</u>	<b>35,0</b>	<b>35,0</b>
Октобар	<u>28,8</u>	29,7	30,2	<b>30,6</b>	29,3	28,9	29,7
Новембар	<u>24,5</u>	24,6	<b>25,4</b>	25,2	25,2	24,7	24,9
Децембар	16,1	17,2	17,0	<b>17,3</b>	17,2	<u>15,8</u>	15,9

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа*

Након анализе  $T_{апмакс}$ , приступило се анализи апсолутних минималних температура ваздуха ( $T_{апмин}$ ) на годишњем и сезонском нивоу. Уочено је да се апсолутно најниже температуре ваздуха јављају у ЛКЗ А током свих сезона и на годишњем нивоу (-18,6 °C). За разлику од тога, ЛКЗ 3 и 2 се карактеришу највишим вредностима  $T_{апмин}$  током свих сезона и на годишњем нивоу (-13,4 °C у ЛКЗ 3). Време појављивања  $T_{апмин}$  је пред само свитање или у свитање (н.пр. између 4 UTC и 4:20 UTC током лета) (табела 22). На месечном нивоу, највише вредности  $T_{апмин}$  се, генерално, јављају у ЛКЗ 2 и 3, а најниже у ЛКЗ А (табела 23).

*Табела 22. Годишња и сезонска  $T_{апмин}$  у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017).*

*Подебљани бројеви - највиша  $T_{апмин}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $T_{апмин}$*

$T_{апмин}$	ЛКЗ						
	2	3	5	6	8	9	А
Година (време мерења)	-14,0 (10.1.2017. 07:40 h)	<b>-13,4</b> (8.1.2017. 05:50 h)	-14,5 (21.1.2017 5:40 h)	-14,5 (10.1.2017. 07:40 h)	-14,4 (8.1.2017 06:40 h)	-15,4 (10.1.2017. 07:30 h)	<u>-18,6</u> (10.1.2017 06:10 h)
Зима (време мерења)	-14,0 (10.1.2017 07:40 h)	<b>-13,4</b> (8.1.2017.0 5:50 h)	-14,5 (21.1.20170 5:40 h)	-14,5 (10.1.20170 7:40 h)	-14,4 (8.1.2017. 06:40 h)	-15,4 (10.1.20170 7:30 h)	<u>-18,6</u> (10.1.2017. 06:10 h)
Пролеће (време мерења)	-0,1 (25.3.2016. 05:00 h)	<b>0,0</b> (25.3.2016. 04:50 h)	-0,2 (4.4.2015. 03:30 h)	-1,2 (27.3.2017. 04:30 h)	-1,1 (25.3.2016. 05:00 h)	-1,5 (27.3.20170 4:40 h)	<u>-2,5</u> (25.3.2016. 04:30 h)
Лето (време мерења)	<b>11,8</b> (12.8.2016. 04:20 h)	11,0 (29.8.2014. 04:00 h)	10,5 (29.8.20140 4:20 h)	9,1 (29.8.2014. 04:20 h))	11,0 (12.8.2016. 04:20 h)	9,4 (29.8.2014 03:00 h)	<u>8,6</u> (29.8.2014. 04:00 h)
Јесен (време мерења)	<b>-2,1</b> (30.11.2016 4:10 h)	-2,9 (30.11.2016 06:10 h)	-3,1 (4.11.20150 5:00 h)	-3,2 (16.11.2016 03:30 h)	-3,3 (30.11.2016 .05:40 h)	-3,9 (30.11.2016 3:20 h)	<u>-4,8</u> (30.11.2016 .04:20 h)

Табела 23. Месечне  $T_{апмин}$  у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017).Подебљани бројеви - највиша  $T_{апмин}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $T_{апмин}$ 

$T_{апмин}$	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2	3	5	6	8	9	А
Јануар	-14,0	<u>-13,4</u>	-14,5	-14,5	-14,4	-15,4	<b>-18,6</b>
Фебруар	<u>-4,6</u>	-4,8	-4,8	-6,1	-4,7	-5,3	<b>-7,2</b>
Март	-0,1	<u>0,0</u>	-0,2	-1,2	-1,1	-1,5	<b>-2,5</b>
Април	<u>0,4</u>	0,0	-0,2	-0,5	0,6	0,5	<b>-1,0</b>
Мај	4,7	4,3	4,2	4,3	<u>5,1</u>	3,0	<b>2,5</b>
Јун	<u>12,5</u>	11,7	11,0	9,6	11,9	10,6	<b>9,4</b>
Јул	<u>14,3</u>	13,7	13,3	12,6	13,9	12,8	<b>11,6</b>
Август	<u>11,8</u>	11,0	10,5	9,1	11,0	9,4	<b>8,6</b>
Септембар	<u>9,1</u>	7,5	7,4	6,6	8,1	6,8	<b>5,8</b>
Октобар	1,7	1,1	0,8	-0,3	0,8	<u>1,9</u>	<b>-2,0</b>
Новембар	<u>-2,1</u>	-2,9	-3,1	-3,2	-3,3	-3,9	<b>-4,8</b>
Децембар	-12,3	<u>-11,7</u>	-12,6	-14,2	-13,3	-15,3	<b>-16,4</b>

## АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА ТОКОМ ТОПЛОТНОГ И ХЛАДНОГ ТАЛАСА У ЛКЗ

У циљу детаљнијег приказа температурних карактеристика ЛКЗ приступило се њиховој анализи током појава најинтензивнијег топлотног и хладног таласа у Новом Саду у изучаваном периоду (2014-2017). Увидом у сезонске билтене РХМЗ, уочено је да се најинтензивнији топлотни талас догодио у периоду 4-15. август 2015. године (12 дана) (Републички хидрометеоролошки завод Србије, 2015). Најинтензивнији хладни талас се догодио у периоду 6-12. јануар 2017. године (7 дана) (Републички хидрометеоролошки завод Србије,

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*

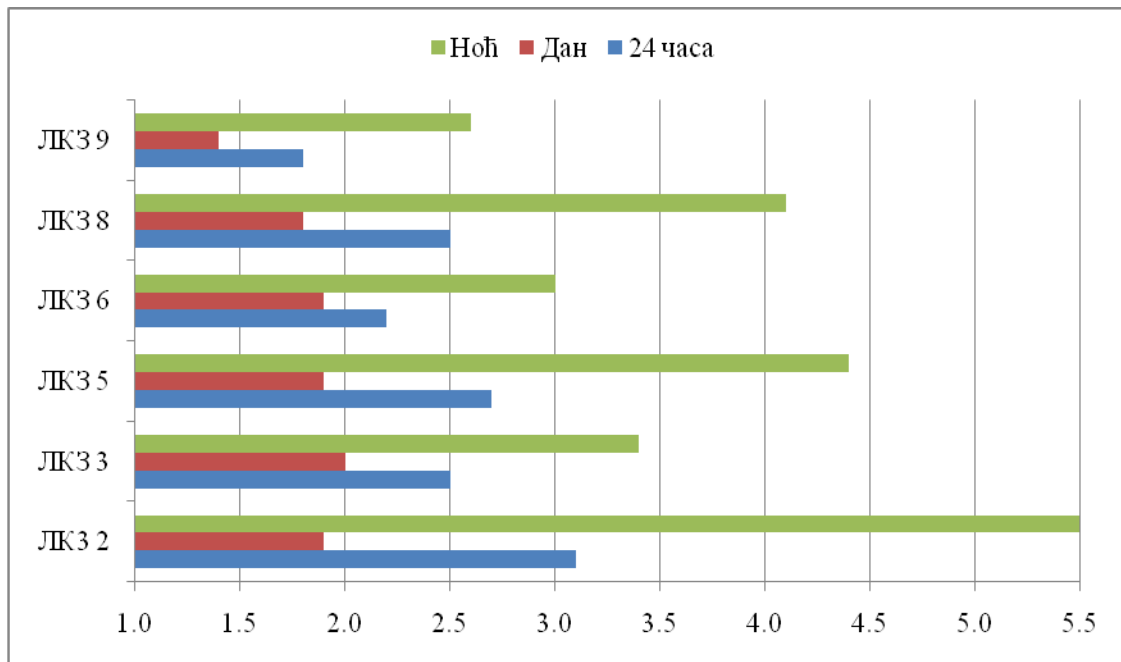
2017). У анализи су израчунате и кориштене средње вредности температуре ваздуха ( $T_{cp}$ ) за цео дан (24 часа), за период обданице и за ноћни период.

Топлотни талас је изабран као период за анализу температура ваздуха у ЛКЗ јер се он карактерише интензивном Сунчевом радијацијом и интензивним процесима размене топлоте. Такође, тада су термалне реакције изграђених и неизграђених површина дистинктивно другачије (Skarbit et al., 2017) и очекује се да ЛКЗ имају јединствене и најизраженије термалне карактеристике. На дневном нивоу (24 часа), највећа разлика у  $T_{cp}$  је забележена између изграђене и неизграђене средине, тј. између ЛКЗ 2 и ЛКЗ А и износи 3 °С. Унутар изграђених ЛКЗ разлике износе максимално 1,3 °С (између структурно различитих ЛКЗ 2 и 9). Између структурно сличних ЛКЗ, као што су 2 и 5, 3 и 6, 3 и 8, разлике у  $T_{cp}$  су незнатне. Током обданице, разлике у  $T_{cp}$  између изграђених ЛКЗ нису изражене са разликама до 0,7 °С (ЛКЗ<sub>3-9</sub>), док су између града и природне околине израженије и износе 2,0 °С (ЛКЗ<sub>3-А</sub>). Најизраженије разлике у  $T_{cp}$  између ЛКЗ се јављају током ноћног периода. Између изграђених и неизграђене ЛКЗ оне износе максималних 5,5 °С (ЛКЗ<sub>2-А</sub>) (прилог 30), док су унутар града разлике до 2,9 °С (ЛКЗ<sub>2-9</sub>). Генерално посматрајући, уочено је да се  $T_{cp}$  на нивоу читавог дана (24 часа) и током ноћног периода смањују идући од ЛКЗ средње градње ка ЛКЗ нискоградње, слабо изграђеним и неизграђеним ЛКЗ са следећим распоредом: 2 → 5 → 8 → 3 → 6 → 9 → А (табела 24).

*Табела 24.  $T_{cp}$  у ЛКЗ Новог Сада у периоду топлотног таласа (4-15. август 2015. године) на нивоу: 24 часа, током обданице и током ноћи.*

*Подебљани бројеви - највиша  $T_{cp}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $T_{cp}$*

ЛКЗ/Период	ЛКЗ 2	ЛКЗ 3	ЛКЗ 5	ЛКЗ 6	ЛКЗ 8	ЛКЗ 9	ЛКЗ А
24 часа	<b>29,0</b>	28,4	28,7	28,2	28,5	27,7	<u>26,0</u>
Обданица	30,5	<b>30,6</b>	30,5	30,4	30,3	29,9	<u>28,6</u>
Ноћ	<b>26,2</b>	24,1	25,1	23,7	24,8	23,3	<u>20,7</u>



Прилог 30. Разлика у  $T_{cp}$  између градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>x</sub>) и ЛКЗ А изван града (ЛКЗ<sub>x-А</sub>) у Новом Саду током топлотног таласа на нивоу: 24 часа, обданице и ноћи.

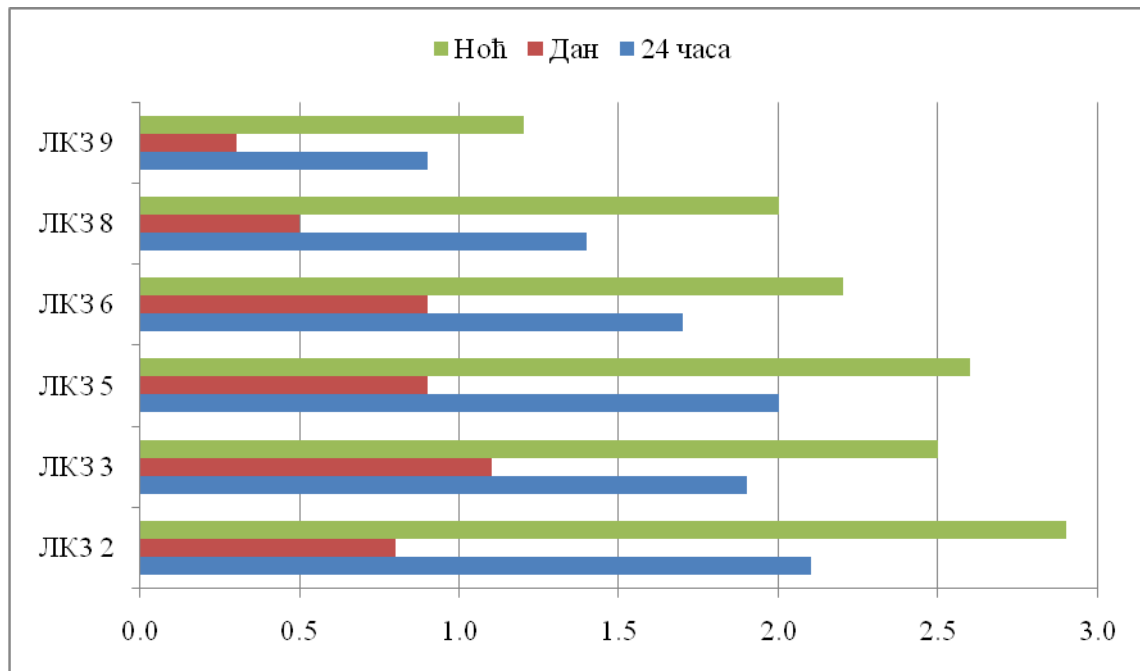
Топлотни талас је трајао од 4. до 15. августа 2015. године

Хладни талас је изабран као период за анализу температура ваздуха у ЛКЗ у циљу добијања информација о томе да ли се ЛКЗ током хладног периода године знатно или незнатно разликују по својим термалним карактеристикама. Уочено је да су разлике у  $T_{cp}$  између ЛКЗ на дневном нивоу (24 часа), током обданице и ноћи мање него током топлотног таласа током лета које су претходно анализирале. Слично као у анализи током топлотног таласа, највеће разлике у  $T_{cp}$  између ЛКЗ се јављају током ноћи између ЛКЗ 2 и А и износе 3 °C. Унутар града су те разлике мање и износе 1,7 °C између ЛКЗ 2 и 9. Током дана се унутар града јављају незнатне разлике у  $T_{cp}$  које износе највише 0,8 °C. Занимљиво је приметити да су током дана највише температуре ваздуха забележене у ЛКЗ 3. На нивоу 24 часа, разлике се крећу од 1,2 °C унутар града (ЛКЗ<sub>2-9</sub>) до 2,1 °C између града и околине (ЛКЗ<sub>2-А</sub>) (прилог 31). Генерално посматрајући, уочено је да се  $T_{cp}$  на нивоу читавог дана (24 часа) и током ноћног периода смањују идући од ЛКЗ средње градње ка ЛКЗ нискоградње, слабо изграђеним и неизграђеним ЛКЗ са следећим распоредом: 2 → 5 → 3 → 6 → 8 → 9 → А (табела 25). Уочљиво је да се



Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу аутоматизованог модела и биоклиматских анализа

током хладног таласа ЛКЗ стамбене нискоградње (ЛКЗ 3 и 6) карактеришу вишим температурама у односу на комерцијалну и индустријску, велику нискоградњу (ЛКЗ 8) што је обрнуто у односу на њихов температурни карактер током топлог таласа.



Прилог 31. Разлика у  $T_{sp}$  између градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>x</sub>) и ЛКЗ А изван града (ЛКЗ<sub>x-А</sub>) у Новом Саду током хладног таласа на нивоу: 24 часа, обданице и ноћи.

Хладни талас је трајао од 6. до 12. јануара 2017. године

Табела 25.  $T_{sp}$  у ЛКЗ Новог Сада у периоду хладног таласа (6-12. јануар 2017. године) на нивоу: 24 часа, током обданице и током ноћи.

Подебљани бројеви - највиша  $T_{sp}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $T_{sp}$

ЛКЗ/Период	ЛКЗ 2	ЛКЗ 3	ЛКЗ 5	ЛКЗ 6	ЛКЗ 8	ЛКЗ 9	ЛКЗ А
24 часа	<b>-7,7</b>	-7,9	-7,8	-8,1	-8,4	-8,9	<u>-9,8</u>
Обданица	-7,2	<b>-6,9</b>	-7,1	-7,1	-7,4	-7,7	<u>-8,0</u>
Ноћ	<b>-8,0</b>	-8,5	-8,3	-8,7	-8,9	-9,7	<u>-10,9</u>

## АНАЛИЗА ПОЈАВЕ ДНЕВНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ИНДЕКСА У ЛКЗ

Резултати анализе дневних температурних индекса за трогодишњи испитивани период (табела 26, прилог 32) сугеришу да се ЛКЗ Новог Сада одликују различитим термалним карактеристикама.

Један од тзв. „хладних индекса“, као што је појава мразних дана ( $T_{мин} < 0$  °C) указује на потребе редовног одржавања саобраћајница у граду (посипање соли по путевима), као и на потребе за грејањем станова и кућа. Услед тога, корисно је располагати информацијама о броју мразних дана у градовима, посебно по њиховим различитим, функционалним деловима, како би се ресурси адекватно распоредили. У Новом Саду и његовој природној, неизграђеној околини се на годишњем нивоу јавља између 35 и 64 мразних дана. Најмањи број мразних дана се јавља у најурбанизованијим деловима града које карактеришу стамбене зграде средње висине (ЛКЗ 2 и ЛКЗ 5), док се њихов број повећава идући ка градским зонама са кућама (ЛКЗ 3 и ЛКЗ 6), индустријској зони (ЛКЗ 8) и ободним деловима града (ЛКЗ 9). Највећи број мразних дана се јавља у ЛКЗ А (64 дана), североисточно од града, што је скоро дупло у односу на централне делове града. За разлику од тога, унутар изграђених ЛКЗ је разлика у броју мразних дана мања и износи до 10 дана (табела 26). Увидом у прилог 32, може се уочити да у изграђеним ЛКЗ има од 30 % до 45 % мање мразних дана у поређењу са природном ЛКЗ А изван града.

Број ледених дана ( $T_{макс} < 0$  °C) је, такође, битан показатељ који указује на потребе за грејањем, одржавањем путева, итд. у градској средини. Анализирајући добијене податке у табели 24 уочава се да је најмањи број ледених дана на годишњем нивоу забележен у ЛКЗ 8 (10 дана), док је највећи број ледених дана забележен у ЛКЗ А (14 дана) (табела 26). У односу на природну ЛКЗ А, изграђене ЛКЗ имају од 14 % до 29 % мањи број ледених дана (прилог 32) у истраживаном периоду.

Табела 26. Средњи годишњи број дана са појавом дефинисаних индекса температуре ваздуха по ЛКЗ у Новом Саду (Јул 2014 - Јун 2017).

Подебљани бројеви – највећи број дана са температурним индексима; подвучени бројеви - најмањи број дана са температурним индексима

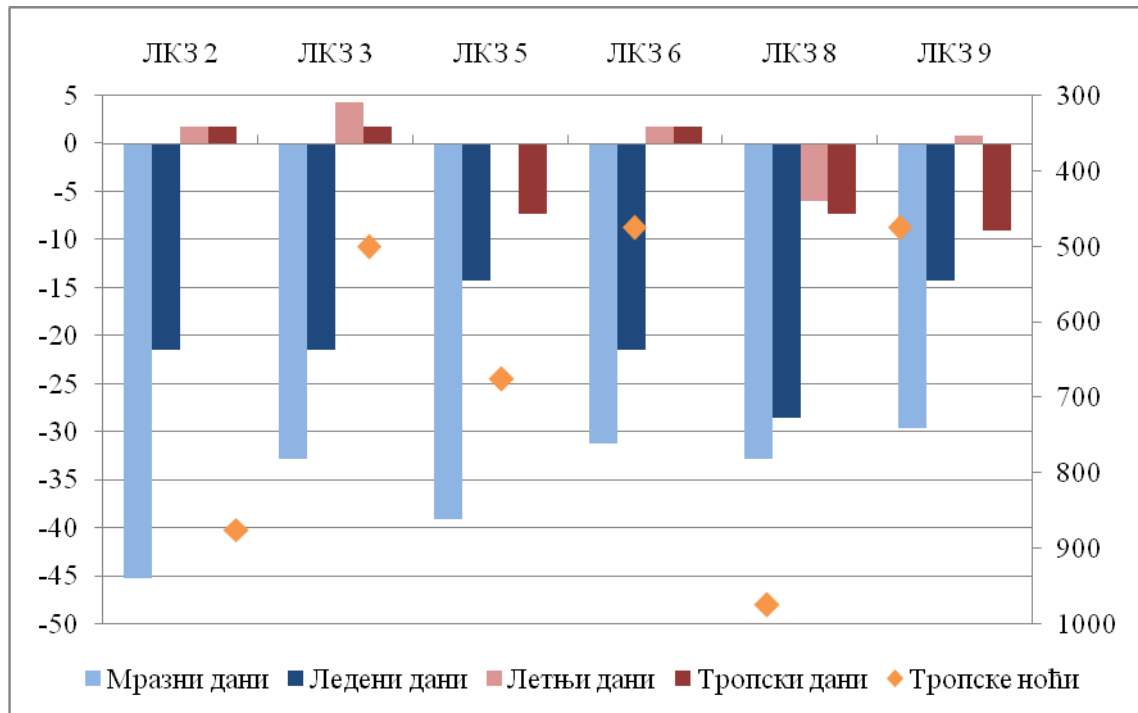
ЛКЗ	Мразни дани ( $T_{\text{мин}} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ )	Ледени дани ( $T_{\text{макс}} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ )	Летњи дани ( $T_{\text{макс}} > 25 \text{ } ^\circ\text{C}$ )	Тропски дани ( $T_{\text{макс}} > 30 \text{ } ^\circ\text{C}$ )	Тропске ноћи ( $T_{\text{мин}} > 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ )
2	<u>35</u>	11	118	<b>56</b>	35
3	43	11	<b>121</b>	<b>56</b>	20
5	39	12	116	51	27
6	44	11	118	<b>56</b>	19
8	43	<u>10</u>	<u>109</u>	51	<b>39</b>
9	45	12	117	<u>50</u>	19
A	<b>64</b>	<b>14</b>	116	55	<u>4</u>

Анализом броја летњих дана ( $T_{\text{макс}} > 25 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) по ЛКЗ уочено је да разлике у њиховом броју нису велике и максимално износе 12 дана (ЛКЗ<sub>3-8</sub>). Чак је уочљиво да је број летњих дана већи у неизграђеној животној средини ван града (ЛКЗ А - 116 дана) у односу на поједине градске ЛКЗ (н.пр. ЛКЗ 8 - 109 дана) (табела 26). Генерално, изграђене ЛКЗ имају незнатно већи број летњих дана (од 1 % до 4 %) у односу на природну ЛКЗ А, осим ЛКЗ 5 која има исти број летњих дана и ЛКЗ 8 која има 6 % мањи број летњих дана у истраживаном периоду (прилог 32). Узроци за ову појаву се могу тражити у смањеном директном зрачењу Сунца у појединим изграђеним ЛКЗ услед изграђености градских површина и појава сенки од високих и пространих зграда, те природне ЛКЗ могу забележити више температуре током дана.

Број тропских дана указује на дане у којима је максимална дневна температура била виша од  $30 \text{ } ^\circ\text{C}$  ( $T_{\text{макс}} > 30 \text{ } ^\circ\text{C}$ ). Разлике у броју тропских дана између изграђених ЛКЗ и неизграђене ЛКЗ А износе до 5 дана (ЛКЗ<sub>А-9</sub>). Највећи број тропских дана је забележен у изграђеним ЛКЗ 2, ЛКЗ 3 и ЛКЗ 6 (56 дана), док је најмањи у ЛКЗ 9 (50 дана). Изван града у ЛКЗ А је забележено 55 тропских дана (табела 26). Слично као и за летње дане, природна ЛКЗ А има већи/мањи број дана у односу на изграђене ЛКЗ. У односу на ЛКЗ 5, 8 и 9, ЛКЗ А има од 7 до

Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа

9 % већи број тропских дана, док ЛКЗ 2, 3 и 6 имају 2 % већи број тропских дана у односу на ЛКЗ А (прилог 32). Може се закључити да вредности „топлих индекса“ попут летњих и тропских дана не указују на знатне разлике између ЛКЗ, док се знатне разлике између ЛКЗ могу уочити узимајући у обзир вредности „хладних индекса“ попут мразних и ледених дана.



Прилог 32. Разлике у средњим годишњим вредностима температурних индекса у изграђеним ЛКЗ у односу на ЛКЗ А (изражене у %) за период јул 2014 – јун 2017

Утицај градских површина на промене температуре ваздуха је најоучљивији у ноћном периоду. Управо тада се јављају чувена ”градска острва топлоте” када су температуре у граду знатно више него у околини. О овоме ефекту сведочи и појава тзв. тропских ноћи када је минимална температура ваздуха током ноћи била изнад 20 °C ( $T_{мин} > 20\text{ °C}$ ). Управо се ЛКЗ највише разликују по вредностима овог индекса. Највећи број тропских ноћи се јавља у индустријској зони града (ЛКЗ 8 - 39 тропских ноћи) и у централним, збијено изграђеним градским деловима са стамбеним зградама (ЛКЗ 2 - 35 тропских ноћи). Са смањењем збијености изградње и са појавом више зелених површина смањује се број тропских ноћи у ЛКЗ (н.пр. ЛКЗ 6 и ЛКЗ 9 са 19 тропских ноћи).

---

Најмањи број тропских ноћи се јавља у природној средини изван града у ЛКЗ А и износи свега 4 тропске ноћи на годишњем нивоу, што је десетоструко мање у односу на градску средину. Stewart et al. (2012) су управо истицали овакве ноћи, без ветра и облачности, као примере када њихов класификациони систем ЛКЗ најочигледније показује температурне разлике између ЛКЗ и најбоље описује утицај урбанизације на температуру ваздуха. Резултати из Новог Сада су потврдили њихову теоретску тврдњу и бројчаним резултатима то поткрепили. Наиме, пораст броја тропских ноћи од природне ЛКЗ А ка изграђеним ЛКЗ износи од 475 % до чак 975 % (прилог 32).

## АНАЛИЗА РЕЛАТИВНЕ ВЛАЖНОСТИ ВАЗДУХА У ЛОКАЛНИМ КЛИМАТСКИМ ЗОНАМА

У Новом Саду је постављена мрежа сензора за мерење релативне влажности ваздуха (поред температуре ваздуха) чији су подаци коришћени у анализи наведеног климатског елемента унутар ЛКЗ. Сензори за мерење релативне влажности ваздуха су постављени на истим локацијама као и сензори за мерење температуре ваздуха. Међутим, мора се нагласити да класификациони систем ЛКЗ није намењен у сврхе изучавања влажности ваздуха у градовима, него пре свега за сврхе проучавања температурних карактеристика ЛКЗ. Услед тога, локације за постављање сензора су изабране у складу са очекиваним температурним разликама између ЛКЗ, а не разликама у влажности ваздуха.

## АНАЛИЗА ГОДИШЊЕ, СЕЗОНСКЕ И МЕСЕЧНЕ РЕЛАТИВНЕ ВЛАЖНОСТИ ВАЗДУХА У ЛКЗ

Вредности средње релативне влажности ваздуха ( $PB_{cp}$ ) су анализирани на годишњем, сезонском и месечном нивоу у току трогодишњег истраживаног периода у ЛКЗ Новог Сада и околине. Управо се релативна влажност ваздуха најчешће користи у научним истраживањима (Yang et al., 2017) и она ће се користити и у овој дисертацији.

Вредности  $PB_{cp}$  се генерално разликују између ЛКЗ на годишњем и сезонском нивоу. Најмања релативна влажност ваздуха на годишњем и сезонском нивоу је забележена у најурбанизованом делу града (ЛКЗ 2 - збијена средњеградња), а највећа изван града (ЛКЗ А - густо дрвеће) (табела 27). На годишњем нивоу те разлике износе максимално 10,1 % (ЛКЗ<sub>А-2</sub>). На сезонском нивоу се највеће разлике јављају током лета са 13,9 % разлике између ЛКЗ А и 2. Током пролећа и јесени се јављају сличне разлике са вредностима 10,1 % у

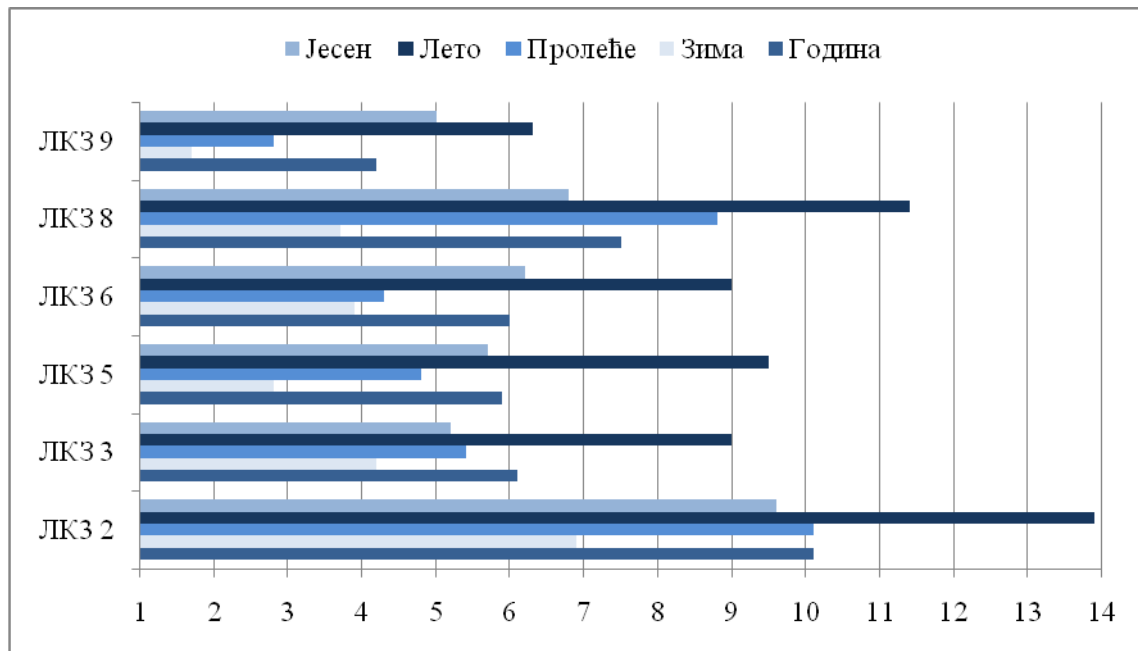
*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа*

пролеће и 9,6 % у јесен између ЛКЗ А и 2. Најмање разлике се јављају током зиме са 6,9 % између ЛКЗ А и 2 (прилог 33). Унутар града су разлике у  $PB_{cp}$  између ЛКЗ мање и крећу се од 4,6 % током јесени до 7,6 % током лета између ЛКЗ 9 и 2.

Уочљив је утицај градских површина на измерене вредности релативне влажности ваздуха јер је у ЛКЗ које се карактеришу већим процентом изграђених површина, мањим процентом зеленила и природног тла (н.пр. ЛКЗ 2) забележена знатно мања релативна влажност током свих сезона и на годишњем нивоу у односу на природне ЛКЗ. Насупрот томе, ЛКЗ са већим процентом вегетације и водопрпусним тлом се карактерише и већим процентом релативне влажности ваздуха (н.пр. ЛКЗ А). Међутим, уколико бисмо изузели природну ЛКЗ А, као и најмање и највише изграђене ЛКЗ 9 и 2, и поредили  $PB_{cp}$  између осталих изграђених ЛКЗ, уочили бисмо да су разлике у  $PB_{cp}$  између њих незнатне на годишњем и сезонском нивоу (испод 3 %) (табела 27). Уочена разлика се, чак штавише, уклапа у потенцијалну грешку сензора при мерењу релативне влажности ваздуха која износи  $\pm 3$  %. Услед тога, урбанизација знатно утиче на појаву разлика у влажности ваздуха између града и његове природне околине, а знатно мање унутар самог града и његових слично урбанизованих делова (ЛКЗ).

*Табела 27. Средња годишња и сезонска релативна влажност ваздуха ( $PB_{cp}$ ) унутар ЛКЗ у Новом Саду (Јул 2014 - Јун 2017). Подебљани бројеви - највиша вредност  $PB_{cp}$ ; подвучени бројеви - најнижа вредност  $PB_{cp}$*

$PB_{cp}$	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2 (3)	3 (1)	5 (5)	6 (5)	8 (1)	9 (1)	А (1)
Година	<u>72,8</u>	76,8	77,0	76,9	75,4	78,7	<b>82,9</b>
Зима	<u>84,2</u>	86,9	88,3	87,2	87,4	89,4	<b>91,1</b>
Пролеће	<u>65,3</u>	70,0	70,6	71,1	66,6	72,6	<b>75,4</b>
Лето	<u>64,5</u>	69,4	68,9	69,4	67,0	72,1	<b>78,4</b>
Јесен	<u>78,9</u>	83,3	82,8	82,3	81,7	83,5	<b>88,5</b>



Прилог 33. Разлика у  $PB_{cp}$  између природне ЛКЗ А и градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>x</sub>) у Новом Саду на годишњем и сезонском нивоу у периоду јул 2014 – јун 2017

Средња релативна влажност ваздуха ( $PB_{cp}$ ) је анализирана и на месечном нивоу. Уочено је да је најмања  $PB_{cp}$  забележена у ЛКЗ 2 током свих месеци, док је највећа забележена у ЛКЗ А (табела 28). Највеће разлике између станица се јављају током летњих и пролећних месеци, а најмање у хладнијем делу године, током зиме и јесени. Поређењем изграђених и неизграђених ЛКЗ, уочено је да су највеће разлике у  $PB_{cp}$  на месечном нивоу забележене између ЛКЗ А и 2 током јула (14,6 %). Између изграђених ЛКЗ, највеће разлике у  $PB_{cp}$  се јављају у јуну између ЛКЗ 9 и 2 и износе 8,5 %. У децембру су разлике у  $PB_{cp}$  најмање и износе 6,4 % између неизграђених и изграђених ЛКЗ (ЛКЗ<sub>A-2</sub>), односно 3,3 % између изграђених ЛКЗ (ЛКЗ<sub>3-2</sub>).

Слично као и на сезонском нивоу, примећено је да се ЛКЗ са већим процентом изграђености карактеришу нижом вредношћу релативне влажности ваздуха на месечном нивоу услед недостатка испарљивих површина. Мора се напоменути да све уочене вредности релативне влажности ваздуха, између осталог, зависе и од температура ваздуха у истраживаним ЛКЗ током наведених месеци јер оне утичу на капацитет ваздуха да прими влагу.



Табела 28. Средња месечна релативна влажност ваздуха ( $PV_{cp}$ ) по ЛКЗ у Новом Саду (Јул 2014 - Јун 2017). Подебљани бројеви - највиша вредност  $PV_{cp}$ ; подвучени бројеви - најнижа вредност  $PV_{cp}$

$PV_{cp}$	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2 (3)	3 (1)	5 (5)	6 (5)	8 (1)	9 (1)	A (1)
Јануар	<u>85,1</u>	87,3	89,2	87,6	88,6	90,0	<b>91,6</b>
Фебруар	<u>79,5</u>	80,6	85,1	84,0	83,0	87,3	<b>88,0</b>
Март	<u>69,8</u>	73,8	75,8	75,6	71,1	77,9	<b>78,3</b>
Април	<u>58,5</u>	63,4	63,7	63,9	59,3	65,8	<b>69,1</b>
Мај	<u>68,1</u>	73,3	73,3	74,5	69,7	75,0	<b>79,0</b>
Јун	<u>64,4</u>	70,5	69,8	71,4	67,2	72,9	<b>77,5</b>
Јул	<u>61,6</u>	65,8	65,9	65,7	63,4	69,3	<b>76,2</b>
Август	<u>67,4</u>	71,8	71,2	71,3	70,9	74,2	<b>81,3</b>
Септембар	<u>74,0</u>	79,5	78,2	78,2	76,1	79,7	<b>86,8</b>
Октобар	<u>82,6</u>	86,7	86,2	85,7	85,3	87,2	<b>90,4</b>
Новембар	<u>80,0</u>	83,7	83,9	82,7	83,2	84,1	<b>88,4</b>
Децембар	<u>87,0</u>	90,3	90,1	89,4	90,2	90,2	<b>93,4</b>

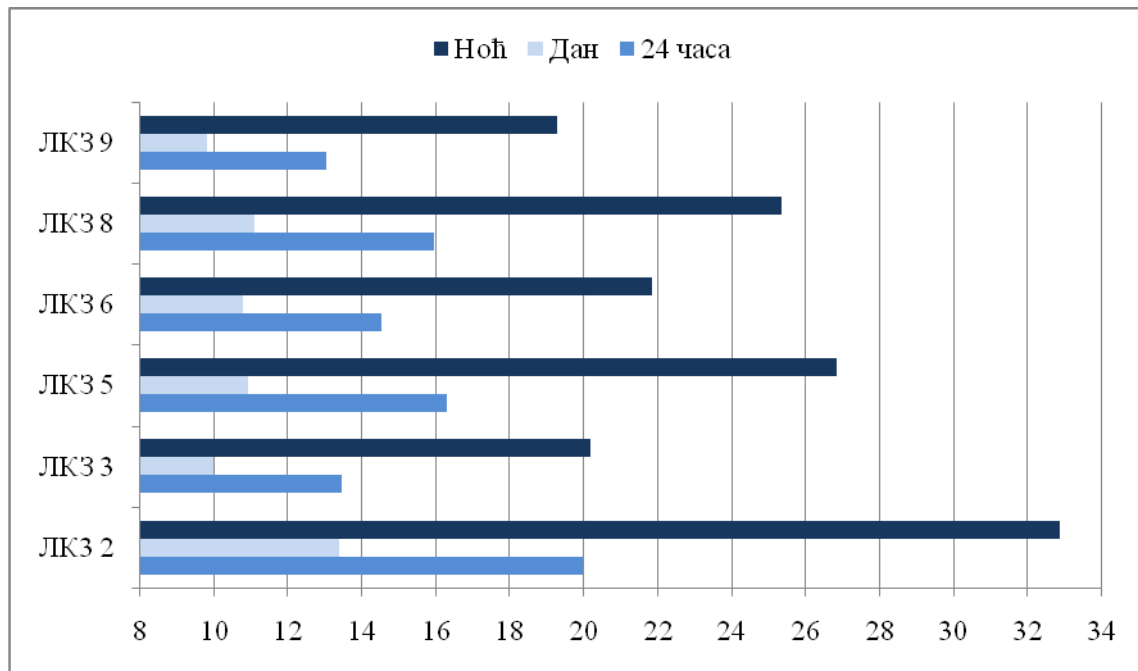
## АНАЛИЗА РЕЛАТИВНЕ ВЛАЖНОСТИ ВАЗДУХА ТОКОМ ТОПЛОТНОГ И ХЛАДНОГ ТАЛАСА У ЛКЗ

У циљу детаљнијег приказа карактеристика влажности ваздуха у ЛКЗ Новог Сада, приступило се њиховој анализи током појава најинтензивнијег топлотног и хладног таласа у Новом Саду у изучаваном периоду (2014-2017). У анализи су кориштене средње вредности релативне влажности ваздуха ( $PV_{cp}$ ) за цео дан (24 часа), као и за период обданице и за ноћни период.

Током топлотног таласа, на дневном нивоу (24 часа) је највећа разлика у  $PB_{cp}$  забележена између неизграђене и изграђене средине, тј. између ЛКЗ А и ЛКЗ 2 и износи 19,9 %. Унутар изграђених ЛКЗ разлике су знатно мање и износе до 6,9 % између структурно различитих ЛКЗ 9 и 2. Између структурно сличних ЛКЗ, као што су 2 и 5, 3 и 6, 3 и 8, разлике у  $PB_{cp}$  су незнатне (испод 3 %). Током обданице, разлике у  $PB_{cp}$  између изграђених ЛКЗ нису изражене и износе до 3,5 % (ЛКЗ<sub>9-2</sub>), док су између града и природне околине израженије и износе 13,3 % (ЛКЗ<sub>А-2</sub>). Најизраженије разлике у  $PB_{cp}$  се јављају између ЛКЗ током ноћног периода. Између изграђених и неизграђене ЛКЗ оне износе максималних 32,9 % (ЛКЗ<sub>А-2</sub>) (прилог 34). Унутар града највеће разлике износе до 13,6 % између структурно различитих ЛКЗ (ЛКЗ<sub>9-2</sub>), док су између сличних ЛКЗ и разлике у  $PB_{cp}$  мање (6,7 % између ЛКЗ 3 и 5). Генерално посматрајући, уочено је да су вредности  $PB_{cp}$  на нивоу читавог дана (24 часа), током обданице и ноћног периода најмање у ЛКЗ 2 које представља новосадско "градско острво сувоће", док су највеће у ЛКЗ А изван града (табела 29). Унутар града су те разлике незнатне, те се могу по влажности издвојити три зоне у Новом Саду: ЛКЗ 2 (најсувљи део града) → ЛКЗ 3, 5, 6, 8, 9 (умерено сув/влажан део града) → ЛКЗ А (влажан део природне околине града).

Табела 29. Средња релативна влажност ваздуха ( $PB_{cp}$ ) у ЛКЗ Новог Сада у периоду топлотног таласа (4-15. август 2015. године) на нивоу: 24 часа, током обданице и током ноћи. Подебљани бројеви - највиша  $PB_{cp}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $PB_{cp}$

ЛКЗ/Период	ЛКЗ 2	ЛКЗ 3	ЛКЗ 5	ЛКЗ 6	ЛКЗ 8	ЛКЗ 9	ЛКЗ А
24 часа	<u>47,1</u>	53,6	50,7	52,5	51,1	54,0	<b>67,0</b>
Обданица	<u>43,4</u>	46,8	45,8	46,0	45,7	46,9	<b>56,7</b>
Ноћ	<u>54,5</u>	67,2	60,5	65,6	62,0	68,1	<b>87,4</b>

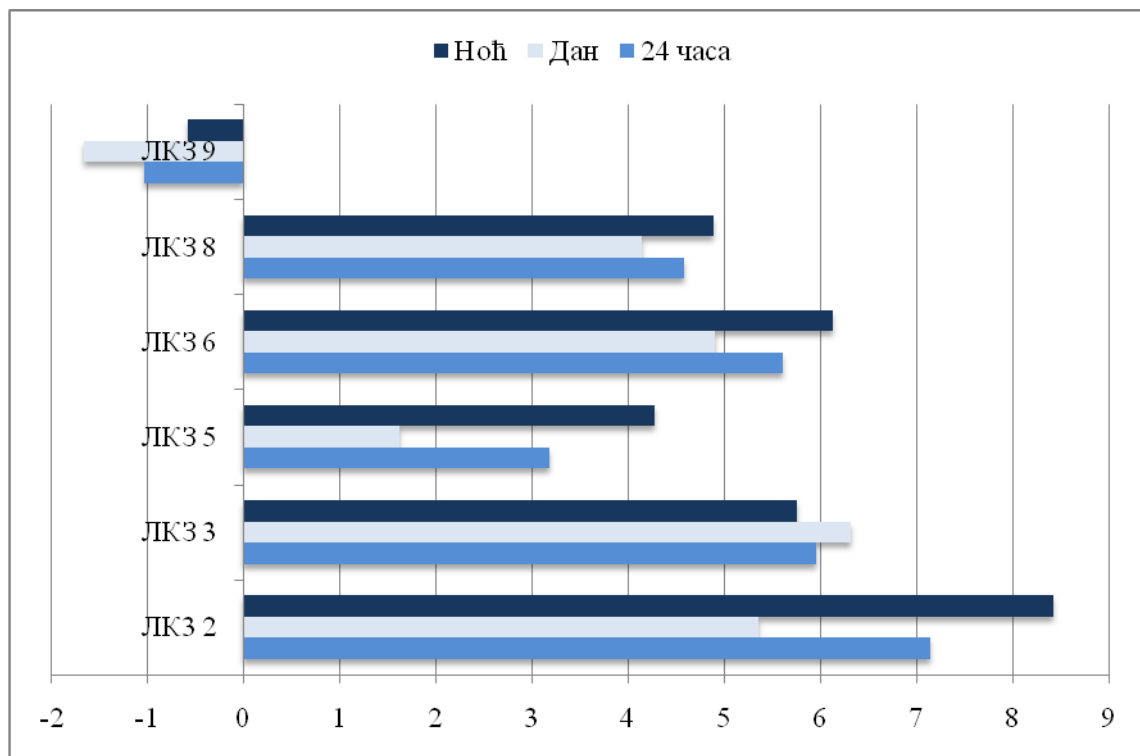


Прилог 34. Разлика у  $PB_{cp}$  између природне ЛКЗ А и градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>x</sub>) у Новом Саду током топлотног таласа на нивоу: 24 часа, обданице и ноћи. Топлоти талас је трајао од 4. до 15. августа 2015. године

Анализирајући  $PB_{cp}$  током хладног таласа, уочено је да се ЛКЗ 9, која обухвата периферне, слабо изграђене делове града, карактерише највишим вредностима релативне влажности ваздуха (више од природне ЛКЗ А). Најниже вредности  $PB_{cp}$  су забележене у ЛКЗ 2 и 3 унутар града (табела 30). Разлике у релативној влажности ваздуха између ЛКЗ су мале током обданице (до 8 % између ЛКЗ 9 и 3) и ноћног периода (до 9 % између ЛКЗ 9 и 2) (прилог 35). Између структурно сличних ЛКЗ као што су ЛКЗ 3, 6 и 8 разлике износе испод 3 % колико је и сама прецизност сензора. Забележене, незнатне разлике у  $PB_{cp}$  су вероватно последица ниских температура које се јављају током хладног таласа на простору града и околине када је атмосферски ваздух zasiћенији воденом паром.

Табела 30. Средња релативна влажност ваздуха ( $PV_{cp}$ ) у ЛКЗ Новог Сада у периоду хладног таласа (6-12. јануар 2017. године) на нивоу: 24 часа, током обданице и током ноћи. Подебљани бројеви - највиша  $PV_{cp}$ ; подвучени бројеви - најнижа  $PV_{cp}$

ЛКЗ/Период	ЛКЗ 2	ЛКЗ 3	ЛКЗ 5	ЛКЗ 6	ЛКЗ 8	ЛКЗ 9	ЛКЗ А
24 часа	<u>76,7</u>	77,8	80,6	78,2	79,2	<b>84,8</b>	83,8
Обданица	73,5	<u>72,5</u>	77,2	73,9	74,7	<b>80,5</b>	78,8
Ноћ	<u>78,9</u>	81,6	83,1	81,2	82,5	<b>87,9</b>	87,4



Прилог 35. Разлика у  $PV_{cp}$  између природне ЛКЗ А и градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>х</sub>) у Новом Саду током хладног таласа на нивоу: 24 часа, обданице и ноћи. Хладни талас је трајао од 6. до 12. јануара 2017. године

## **АНАЛИЗА СПОЉАШЊЕГ ТЕРМАЛНОГ КОМФОРА У ЛОКАЛНИМ КЛИМАТСКИМ ЗОНАМА**

У дисертацији су приказани резултати анализе спољашњег термалног комфора човека на годишњем, сезонском и месечном нивоу у току трогодишњег истраживаног периода унутар различитих ЛКЗ. Осим тога, анализиран је и термални комфор током појава топлотног и хладног таласа када се очекују најекстремнији биоклиматски услови за живот човека у граду. Наведене анализе су извршене у циљу препознавања локалних биоклиматских услова у граду и идентификацији најкомфорнијих и најнекомфорнијих ЛКЗ за живот човека у Новом Саду.

## **АНАЛИЗА ГОДИШЊЕ, СЕЗОНСКЕ И МЕСЕЧНЕ ВРЕДНОСТИ ИНДЕКСА ТЕРМАЛНОГ КОМФОРА У ЛКЗ**

Вредности биоклиматских индекса термалног комфора човека у спољној средини (*PET* и *UTCI*) су израчунате у RayMan микроклиматском моделу помоћу климатских података са станица, физиолошких одлика човека, и узимајући у обзир природне и антропогене објекте у околини (зграде и дрвеће) који су моделовани у њему. Резултати два најзначајнија биоклиматска индекса (*PET* и *UTCI*) су детаљније приказани и анализирани на годишњем, сезонском и месечном нивоу, као и током топлотног и хладног таласа.

Вредности *PET* индекса се генерално разликују између појединих ЛКЗ. Највећа вредност *PET* индекса на годишњем и сезонском нивоу је забележена у најурбанизованом делу града (ЛКЗ 2 - збијена средњеградња), а најмања изван града (ЛКЗ А - густо дрвеће) (табела 31). На годишњем нивоу те разлике износе максимално 3,8 °C (ЛКЗ<sub>2-А</sub>). На сезонском нивоу се највеће разлике јављају током лета са 4,1 °C између ЛКЗ 2 и А. Током пролећа и јесени се јављају разлике од 4,0

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа*

°C између наведених зона. Зимом су разлике најмање и износе 2,9 °C (прилог 36). Унутар изграђених ЛКЗ разлике износе од 2,4 °C током зиме до 3,5 °C током пролећа и лета између ЛКЗ 2 и ЛКЗ 9. Генерално посматрајући, највеће вредности *PET* индекса се јављају у ЛКЗ 2 и 8, а затим у ЛКЗ 3 и 5. ЛКЗ 6 и 9 се карактеришу нижим и сличним вредностима *PET* индекса, а најниже вредности су у ЛКЗ А (табела 31). Дакле, приметно је да се вредности *PET* индекса смањују од изграђених, збијених ЛКЗ ка отворенијим и зеленијим ЛКЗ.

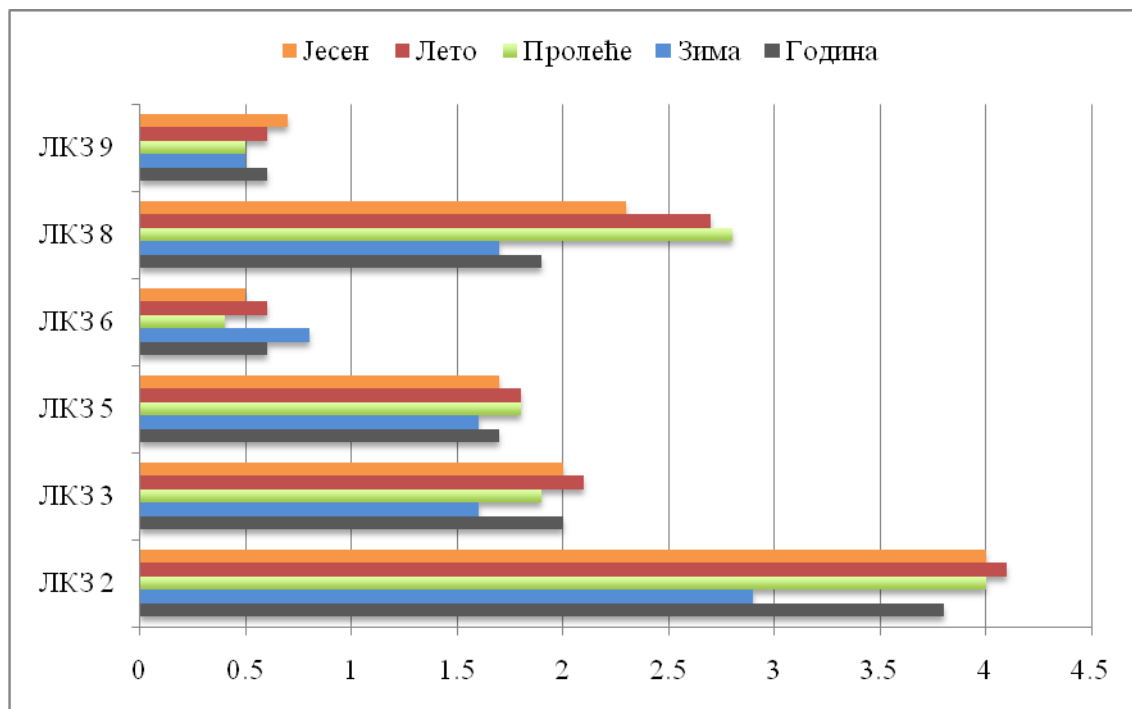
*Табела 31. Средња годишња и сезонска вредност PET индекса у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017). Подебљани бројеви – највиша вредност PET индекса; подвучени бројеви - најнижа вредност PET индекса*

<i>PET</i> (°C)	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2 (3)	3 (1)	5 (5)	6 (5)	8 (1)	9 (1)	А (1)
Година	<b>13,0</b>	11,2	10,9	9,8	11,1	9,8	<u>9,2</u>
Зима	<b>-1,4</b>	-2,7	-2,7	-3,5	-2,6	-3,8	<u>-4,3</u>
Пролеће	<b>14,5</b>	12,4	12,3	10,9	13,3	11,0	<u>10,6</u>
Лето	<b>23,6</b>	21,7	21,4	20,2	22,3	20,2	<u>19,6</u>
Јесен	<b>13,7</b>	11,6	11,3	10,1	11,9	10,3	<u>9,6</u>

Анализирајући средње годишње и сезонске вредности у табели 31 кроз граничне вредности физиолошког стреса, може се установити да се екстреман хладан стрес (< 4 °C) јавља у свим ЛКЗ током зиме. Током пролећа престаје екстремно хладан стрес и јавља се умерен хладан стрес (између 8 °C и 13 °C) у свим ЛКЗ, осим у ЛКЗ 2 и 8 у којима се јавља незнатан хладан стрес (између 13 °C и 18 °C) и оне су током ове сезоне најкомфорније за човека са аспекта термалног комфора. Током лета се вредности крећу унутар оквира без термалног стреса

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*

(између 18 °C и 23 °C) у свим ЛКЗ, осим у ЛКЗ 2 где се јавља незнатан топлотни стрес (између 23 °C и 29 °C). Међутим, лети се јављају периоди топлотних таласа када долази до знатног топлотног стреса у граду о чему сведоче резултати у наставку дисертације. У јесењем периоду се, као и у пролеће, јавља умерен хладан стрес у свим ЛКЗ, осим у ЛКЗ 2 у којој се јавља незнатан хладан стрес. На годишњем нивоу се јавља умерен хладан стрес (између 8 °C и 13 °C) у свим ЛКЗ. Може се закључити да је током пролећа и јесени најкомфорнија ЛКЗ за живот човека ЛКЗ 2 (збијена средњеградња). Током лета то су ЛКЗ 6 (отворена нискоградња) и 9 (слаба изграђеност), док су најнекомфорнији услови у ЛКЗ 2. Током зиме се најнекомфорнији услови јављају изван града у ЛКЗ А, а најповољнији у ЛКЗ 2.



*Прилог 36. Разлика у вредностима  $PET$  индекса између градских ЛКЗ ( $LKZ_x$ ) и ЛКЗ А изван града ( $LKZ_{x-A}$ ) у Новом Саду за период јул 2014 – јун 2017*

Вредности  $PET$  индекса су током свих месеци највише у најурбанизованом делу града, тј. у ЛКЗ 2. Насупрот томе, најниже вредности су забележене у ЛКЗ А током свих месеци. Унутар изграђених ЛКЗ, најниже вредности  $PET$  индекса су забележене у ЛКЗ 9 (табела 32). Највеће разлике у вредностима  $PET$  индекса између изграђене и природне средине ( $LKZ_{2-A}$ ) се

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа*

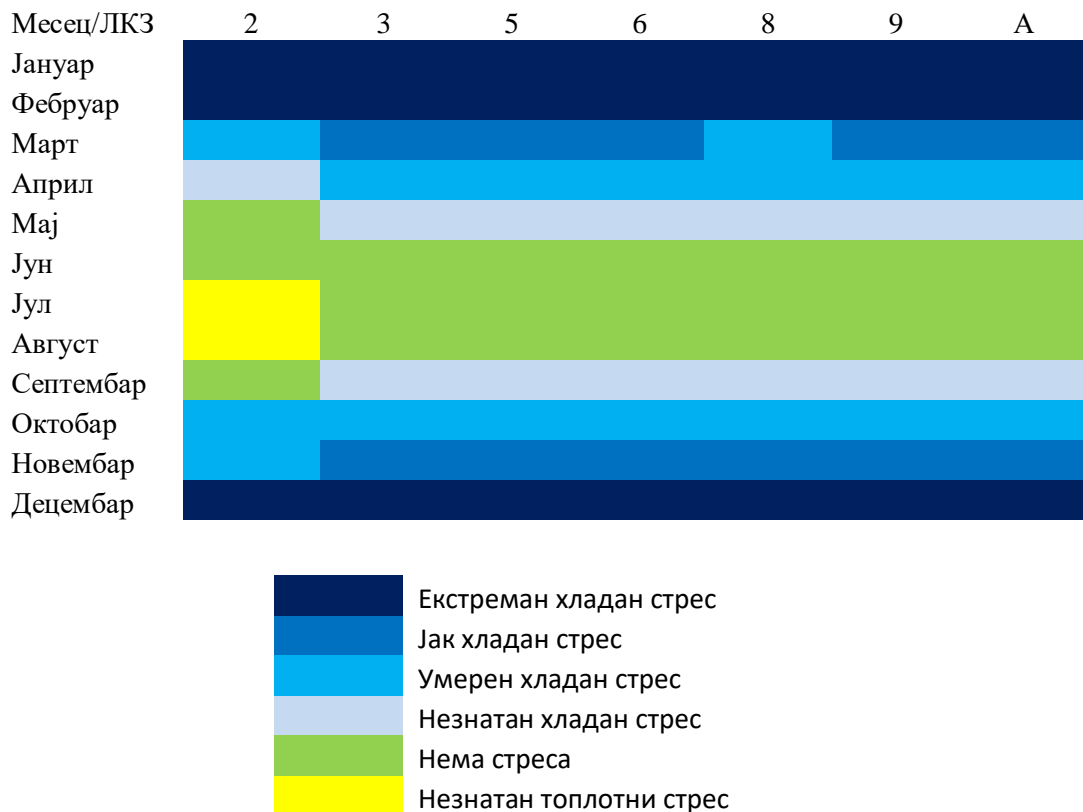
јављају у новембру и августу и износе 4,3 °С, односно 4,2 °С. Најмање разлике се јављају током децембра и јануара и износе 2,9 °С. Унутар града се те разлике крећу од 2,2 °С током фебруара до 4,0 °С током новембра између ЛКЗ 2 и 9.

*Табела 32. Средња месечна вредност PET индекса у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017). Подебљани бројеви – највиша вредност PET индекса; подвучени бројеви - најнижа вредност PET индекса*

PET (°C)	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2	3	5	6	8	9	A
	(3)	(1)	(5)	(5)	(1)	(1)	(1)
Јануар	<b>-3,8</b>	-5,3	-5,2	-5,9	-5,1	-6,3	<u>-6,8</u>
Фебруар	<b>2,8</b>	1,6	1,5	0,7	1,9	0,6	<u>-0,3</u>
Март	<b>10,1</b>	7,9	7,9	6,4	8,8	6,5	<u>6,0</u>
Април	<b>13,6</b>	11,4	11,2	9,8	12,3	9,8	<u>9,5</u>
Мај	<b>18,4</b>	16,4	16,3	15,0	17,2	15,1	<u>14,6</u>
Јун	<b>23,0</b>	21,0	20,9	19,6	21,7	19,6	<u>19,1</u>
Јул	<b>24,5</b>	22,6	22,2	21,0	23,0	21,0	<u>20,5</u>
Август	<b>23,3</b>	21,4	21,1	19,9	22,3	19,9	<u>19,1</u>
Септембар	<b>19,3</b>	17,3	17,0	15,8	17,7	15,9	<u>15,4</u>
Октобар	<b>12,8</b>	10,9	10,5	9,4	11,2	9,7	<u>9,0</u>
Новембар	<b>8,9</b>	6,6	6,4	5,1	7,0	4,9	<u>4,6</u>
Децембар	<b>-1,4</b>	-2,9	-2,9	-3,6	-2,8	-3,9	<u>-4,3</u>



*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа*



*Прилог 37. Термални комфор човека приказан кроз граничне вредности физиолошког стреса човека у спољној средини помоћу PET индекса на месечном нивоу током истраживаног периода (јул 2014 – јун 2017) у ЛКЗ Новог Сада*

Увидом у прилог 37 може се уочити да се екстреман хладан стрес ( $< 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) јавља у свим ЛКЗ током децембра, јануара и фебруара. Јак хладан стрес (од  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) се јавља у већини ЛКЗ током марта и новембра, осим у ЛКЗ 2 и 8 које одликује умерен хладан стрес (од  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). У априлу и октобру све ЛКЗ одликује умерен хладан стрес, осим ЛКЗ 2 која у априлу има незнатан хладан стрес (од  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Мај и септембар у свим ЛКЗ се одликује незнатним хладним стресом, осим у ЛКЗ 2 која се одликује одсуством термалног стреса (од  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Током јуна се све ЛКЗ одликују одсуством термалног стреса, док се у јулу и августу незнатан топлотни стрес (од  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) јавља у ЛКЗ 2. На основу наведеног, може се закључити да најповољнији спољни животни услови са становишта термалног комфора у Новом Саду јављају током јуна месеца (узимајући у обзир средње дневне вредности PET индекса). Већ у јулу и августу, топлотни стрес карактерише најурбанизованије делове града, док су периферије

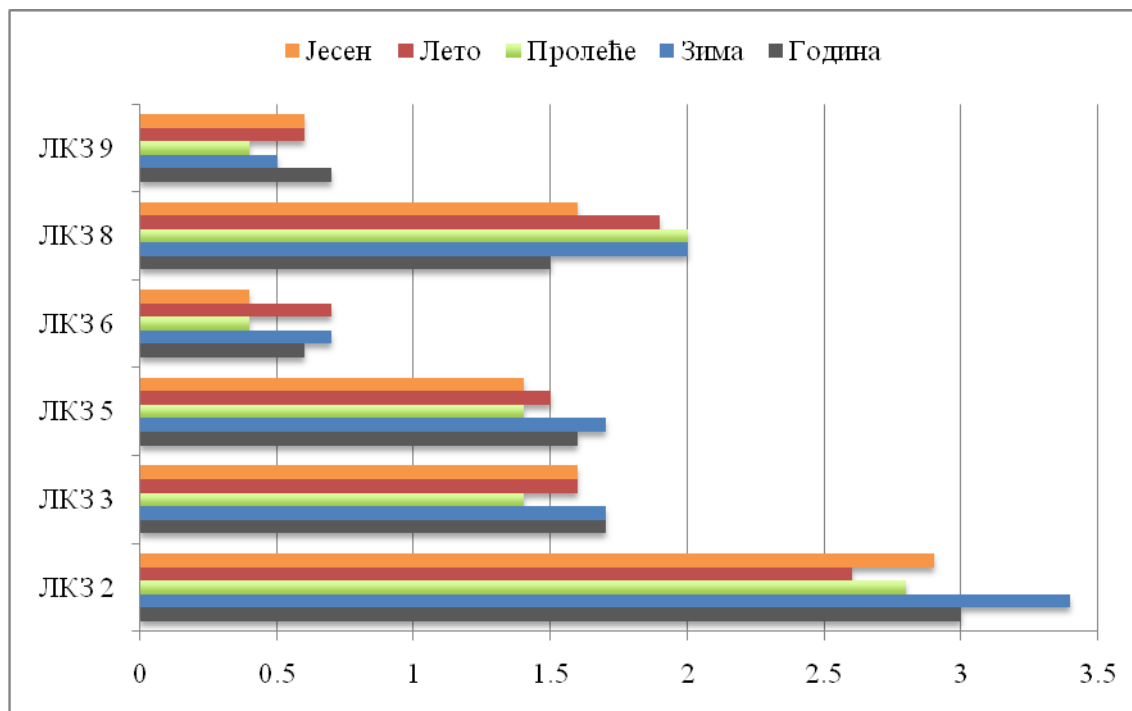
*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа*

града са повољнијим условима. Насупрот томе, током пролећних и јесењих месеци се најурбанизованији делови града одликују повољнијим термалним условима у односу на околину. Зими је ситуација неповољна у свим деловима града.

Анализом вредности *UTCI* индекса термалног комфора човека потврђено је постојање разлика у термалном комфору између ЛКЗ. На годишњем и сезонском нивоу се највише вредности *UTCI* индекса јављају у ЛКЗ 2, а најмање у ЛКЗ А (табела 33). Разлике износе на годишњем нивоу 3 °С између ЛКЗ 2 и А, док се на сезонском нивоу крећу од 2,6 °С током лета до 3,4 °С током зиме између наведених зона (прилог 38). Унутар града су те разлике ниже и износе од 2,0 ° током лета до 2,9 °С током зиме између ЛКЗ 2 и 9. Уочено је да се највише вредности *UTCI* индекса јављају у ЛКЗ 2, а затим се смањују у ЛКЗ 8, 3 и 5, да би достигле најниже вредности у ЛКЗ 6, 9 и А (табела 33). Утицај на овакав вид кретања вредности *UTCI* индекса имају ниво урбанизације и проценат зеленила које доприносе до повећања, односно смањења његових вредности.

*Табела 33. Средња годишња и сезонска вредност UTCI индекса у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017). Подебљани бројеви - највиша вредност UTCI индекса; подвучени бројеви - најнижа вредност UTCI индекса*

<i>UTCI</i> (°C)	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2 (3)	3 (1)	5 (5)	6 (5)	8 (1)	9 (1)	А (1)
Година	<b>14,2</b>	12,9	12,8	11,8	12,7	11,9	<u>11,2</u>
Зима	<b>2,3</b>	0,6	0,6	-0,4	0,9	-0,6	<u>-1,1</u>
Пролеће	<b>14,9</b>	13,5	13,5	12,5	14,1	12,5	<u>12,1</u>
Лето	<b>23,9</b>	22,9	22,8	22,0	23,2	21,9	<u>21,3</u>
Јесен	<b>14,4</b>	13,1	12,9	11,9	13,1	12,1	<u>11,5</u>



Прилог 38. Разлика у вредностима *UTCI* индекса између градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>x</sub>) и ЛКЗ А изван града (ЛКЗ<sub>x-А</sub>) у Новом Саду за период јул 2014 –јун 2017

Анализом вредности *UTCI* индекса у складу са категоријама и границама различитих нивоа термалног стреса, може се уочити да се на годишњем нивоу све ЛКЗ налазе у оквиру категорије без термалног стреса (од 9 °C до 26 °C). Током зиме се све ЛКЗ карактеришу незнатним хладним стресом (од 0 °C до 9 °C), осим ЛКЗ 6, 9 и А које се карактеришу умерено хладним стресом (од 0 °C до -13 °C). Током пролећа, лета и јесени се све ЛКЗ карактеришу одсуством термалног стреса. Међутим, према Комисији за термалну физиологију међународне уније физиолошких наука (The Commission for Thermal Physiology of the International Union of Physiological Sciences, 2003), вредности *UTCI* индекса између 18 °C и 26 °C спадају у тзв. „зону термалног комфора“ у спољној средини и овај услов испуњавају све ЛКЗ током лета на средњем дневном нивоу (табела 33).

Слично као са *PET* индексом, вредности *UTCI* индекса су током свих месеци највише у ЛКЗ 2, док су најниже вредности забележене у ЛКЗ А. Унутар изграђених ЛКЗ, најниже вредности *PET* индекса су забележене у ЛКЗ 6 и 9. Највеће разлике у вредностима *UTCI* индекса између изграђене и природне средине (ЛКЗ<sub>2-А</sub>) се јављају у децембру и износе 3,3 °C. Најмање разлике се

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа*

јављају током јула и износе 2,4 °C. Унутар града се те разлике крећу од 1,8 °C током јуна до 3,0 °C током децембра између ЛКЗ 2 и 6 (9) (табела 34).

*Табела 34. Средња месечна вредност UTCI индекса у ЛКЗ Новог Сада (Јул 2014 - Јун 2017). Подебљани бројеви – највиша вредност UTCI индекса; подвучени бројеви - најнижа вредност UTCI индекса*

UTCI (°C)	ЛКЗ (број станица унутар ЛКЗ)						
	2 (3)	3 (1)	5 (5)	6 (5)	8 (1)	9 (1)	A (1)
Јануар	<b>-0,2</b>	-2,1	-2,0	-3,0	-1,7	-3,3	<u>-3,7</u>
Фебруар	<b>6,3</b>	4,9	4,9	3,8	5,3	3,8	<u>3,0</u>
Март	<b>10,8</b>	9,3	9,4	8,2	10,0	8,3	<u>7,7</u>
Април	<b>13,8</b>	12,4	12,3	11,3	13,0	11,3	<u>10,9</u>
Мај	<b>18,6</b>	17,4	17,4	16,5	17,9	16,6	<u>16,0</u>
Јун	<b>23,2</b>	22,3	22,4	21,4	22,6	21,4	<u>20,7</u>
Јул	<b>24,7</b>	23,8	23,6	22,8	23,9	22,7	<u>22,3</u>
Август	<b>23,7</b>	22,7	22,5	21,7	23,4	21,7	<u>21,0</u>
Септембар	<b>19,7</b>	18,6	18,4	17,6	18,7	17,6	<u>17,2</u>
Октобар	<b>13,7</b>	12,4	12,1	11,3	12,6	11,5	<u>10,9</u>
Новембар	<b>9,8</b>	8,2	8,1	7,1	8,4	6,8	<u>6,5</u>
Децембар	<b>2,3</b>	0,5	0,5	-0,5	0,7	-0,7	<u>-1,0</u>

Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа



Прилог 39. Термални комфор човека узимајући у обзир граничне вредности нивоа физиолошког стреса за *UTCI* индекс на месечном нивоу током истраживаног периода (јул 2014 – јун 2017) у ЛКЗ Новог Сада

Анализирајући вредности *UTCI* индекса на основу категорија термалног стреса, уочено је да се помоћу њега издваја мање категорија у Новом Саду у односу на *PET* индекс. Најјача категорија стреса која се јавља је умерен хладан стрес (од 0 °C до -13 °C) током јануара у свим ЛКЗ и током децембра у ЛКЗ са већим процентом вегетације (6, 9 и А). Категорија незнатног хладног стреса (од 0 °C до 9 °C) се јавља у свим ЛКЗ током фебруара и новембра (осим у ЛКЗ 2), као и у марту у ЛКЗ 6, 9 и А и децембру у ЛКЗ 2, 3, 5 и 8. Период април-октобар се одликује категоријом без термалног стреса (од 9 °C до 26 °C), док се унутар њега у периоду јун-август јавља зона термалног комфора у спољној средини у свим ЛКЗ (од 18 °C до 26 °C) која се продужује и током септембра у најурбанизованијим деловима града (ЛКЗ 2, 5, 8 и 3) (прилог 39). Наравно, треба истаћи да је ово засновано на средњим дневним вредностима у оквиру којих свакако постоје сати са некомфорним условима у спољној средини. У поређењу са *PET* индексом, *UTCI* индекс се показао слабији приликом категоризације

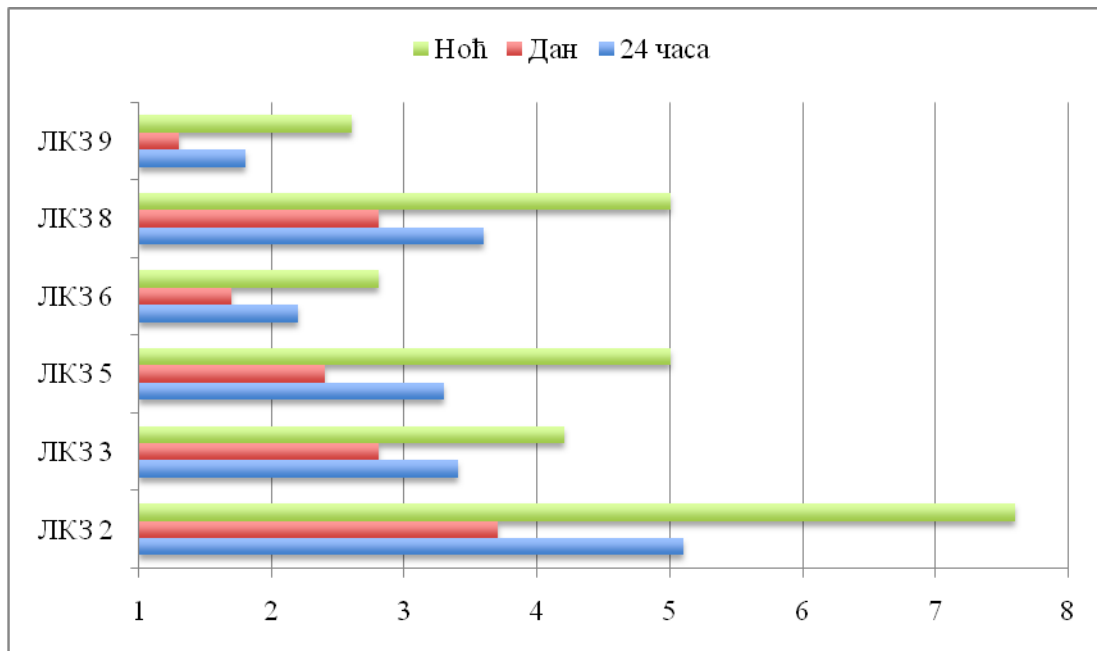
вредности термалног комфора у Новом Саду на месечном нивоу јер је издвојио мање категорија. Разлог за то је свакако и шири распон вредности унутар категорија *UTCI* индекса (од 9 °C до 17 °C) у односу на *PET* индекс (од 4 °C до 5 °C).

## АНАЛИЗА ТЕРМАЛНОГ КОМФОРА ТОКОМ ТОПЛОТНОГ И ХЛАДНОГ ТАЛАСА У ЛКЗ

Са сврхом добијања детаљније слике услова спољашњег термалног комфора човека у ЛКЗ Новог Сада, приступило се анализи *PET* и *UTCI* индекса термалног комфора током појава најинтензивнијег топлотног и хладног таласа у Новом Саду у изучаваном периоду (2014-2017). У анализи су кориштене средње вредности *PET* и *UTCI* индекса за цео дан (24 часа), као и за период обданице и за ноћни период.

Током топлотног таласа на дневном нивоу (24 часа) је највећа разлика у вредности *PET* индекса забележена између неизграђене и изграђене средине, тј. између ЛКЗ 2 и ЛКЗ А и износи 5,1 °C (прилог 40). Унутар изграђених ЛКЗ разлике су мање и износе до 3,3 °C између структурно различитих ЛКЗ 2 и 9. Између структурно сличних ЛКЗ, као што су 3 и 8, 6 и 9, разлике су незнатне 0,5 °C). Разлике у вредности *PET* индекса између ЛКЗ су мање током обданице него током ноћног периода. Током обданице, разлике у вредности *PET* индекса између града и природне околине износе до 3,7 °C (ЛКЗ<sub>2-А</sub>), док су оне током ноћи до максималних 7,6 °C (ЛКЗ<sub>2-А</sub>) (прилог 40). Унутар града највеће разлике износе до 2,4 °C током обданице, односно до 5,0 °C током ноћи између ЛКЗ 2 и 9. Генерално посматрајући, уочено је да се вредности *PET* индекса смањују од урбанизованијих ка мање урбанизованим и природним ЛКЗ у следећем смеру ЛКЗ 2 → ЛКЗ 8 → ЛКЗ 3 → ЛКЗ 5 → ЛКЗ 6 → ЛКЗ 9 → ЛКЗ А током обданице и на нивоу 24 часа. Током ноћи долази до "промене места" у споменутом смеру између ЛКЗ 3 и 5 јер ЛКЗ 5 тада има више вредности *PET* индекса од ЛКЗ 3 (ЛКЗ 2 → ЛКЗ 8 → ЛКЗ 5 → ЛКЗ 3 → ЛКЗ 6 → ЛКЗ 9 → ЛКЗ А) (табела 35).

Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа



Прилог 40. Разлика у вредностима *PET* индекса између градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>х</sub>) и ЛКЗ А изван града (ЛКЗ<sub>х-А</sub>) у Новом Саду током топлотног таласа на нивоу: 24 часа, обданице и ноћи. Топлотни талас је трајао од 4. до 15. августа 2015. године

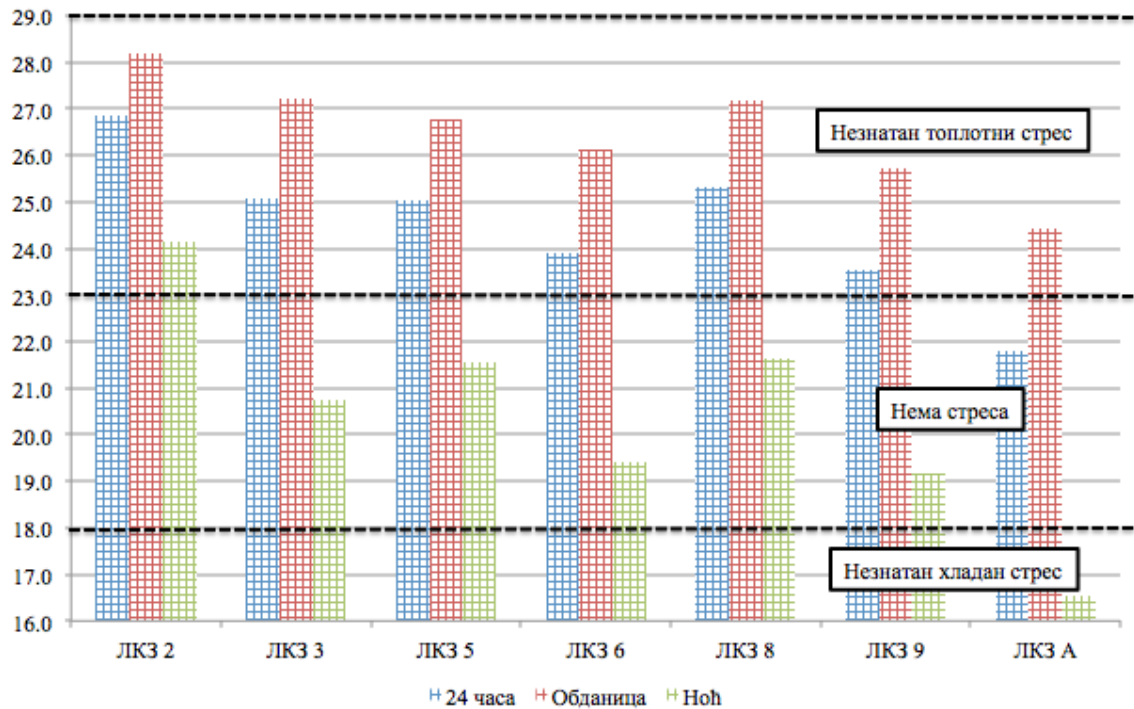
Табела 35. Средња вредност *PET* индекса у ЛКЗ Новог Сада у периоду топлот таласа (4-15. август 2015. године) на нивоу: 24 часа, током обданице и током ноћи. Подебљани бројеви - највиша вредност *PET* индекса; подвучени бројеви - најнижа вредност *PET* индекса

ЛКЗ/Период	ЛКЗ 2	ЛКЗ 3	ЛКЗ 5	ЛКЗ 6	ЛКЗ 8	ЛКЗ 9	ЛКЗ А
24 часа	<b>26,8</b>	25,1	25,0	23,9	25,3	23,5	<u>21,7</u>
Обданица	<b>28,1</b>	27,2	26,8	26,1	27,2	25,7	<u>24,4</u>
Ноћ	<b>24,2</b>	20,8	21,6	19,4	21,6	19,2	<u>16,6</u>

Анализирајући вредности *PET* индекса на основу категорија термалног стреса, уочено је да се током топлотног таласа јавља незнатан топлотни стрес (од 23 °C до 29 °C) током обданице на свим станицама. Он преовладава и током ноћи у ЛКЗ 2 која се одликује најјачом урбанизацијом. На свим осталим ЛКЗ нема топлотног стреса док се чак у ЛКЗ А (густа шума) јавља и незнатан хладан стрес (од 13 °C до 18 °C). Посматрајући на нивоу 24 часа, може се уочити да се све ЛКЗ карактеришу незнатним топлотним стресом, осим ЛКЗ А која се одликује

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*

недостатком топлотног стреса (прилог 41). Ово је показатељ како природне површине са шумом могу позитивно да утичу на смањење топлотног стреса људи током топлотног таласа. Услед тога, градске парковске површине би представљале најпогодније спољне пределе за људе током ових екстремних температурних догађаја.



*Прилог 41. Средња вредност PET индекса у ЛКЗ Новог Сада током: 24 часа, обданице и ноћи. Истраживани период је топлотни талас који је трајао од 4. до 15. августа 2015. године. Испрекиданим линијама су приказани распони категорија термалног стреса*

На дневном нивоу (24 часа) током топлотног таласа је највећа разлика у вредности *UTCI* индекса забележена између неизграђене и изграђене средине, тј. између ЛКЗ 2 и ЛКЗ А и износи 3,8 °C. Унутар изграђених ЛКЗ разлике су мање и износе до 2,5 °C између структурно различитих ЛКЗ 2 и 9. Током обданице, разлике у вредности *UTCI* индекса између града и природне околине се смањују и износе до 2,8 °C (ЛКЗ<sub>2-А</sub>), док се током ноћи повећавају до максималних 5,8 °C (ЛКЗ<sub>2-А</sub>). Унутар града највеће разлике износе до 1,8 °C током обданице, односно до 3,8 °C током ноћи између ЛКЗ 2 и 9 (табела 36 и прилог 42). Уочено је да се

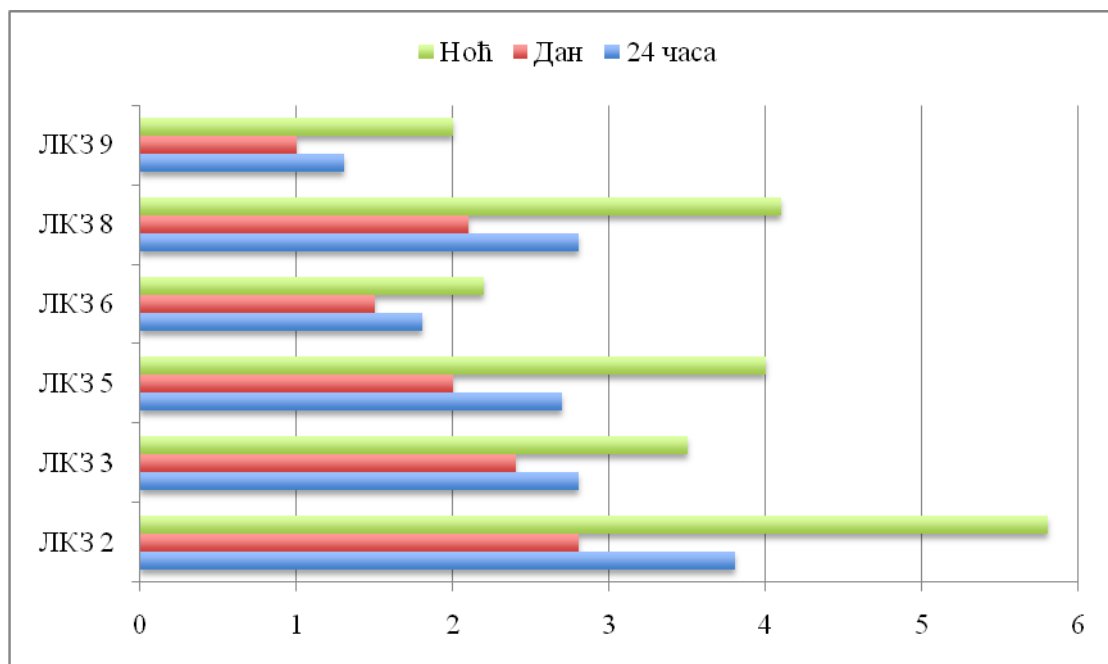


*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*

вредности *UTCI* индекса смањују од урбанизованијих ка мање урбанизованим и природним ЛКЗ, али су разлике између ЛКЗ мање него када се користи *PET* индекс.

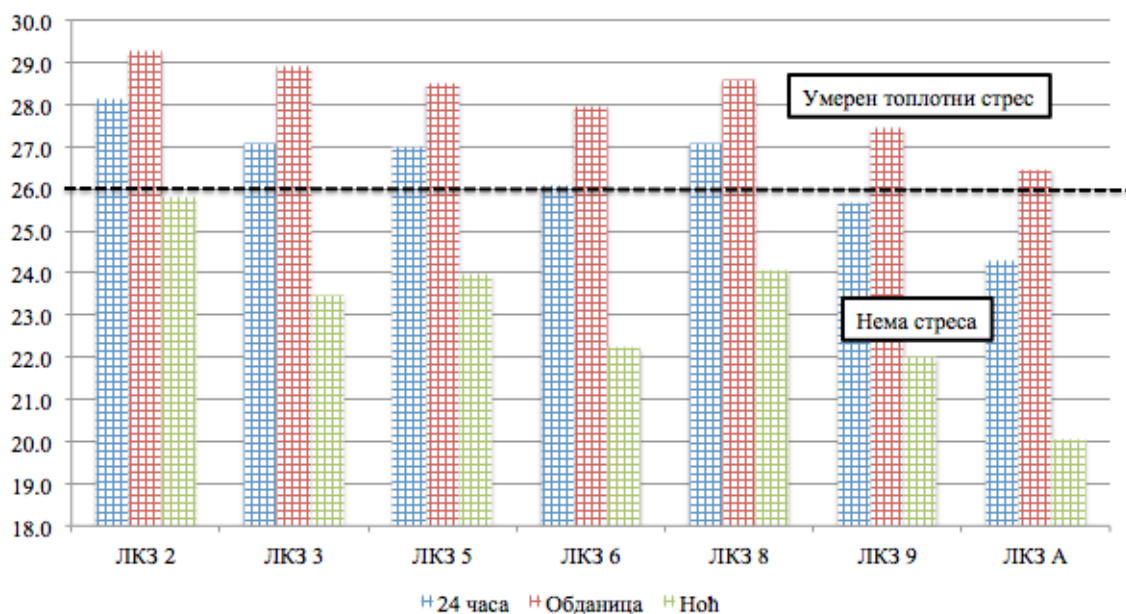
*Табела 36. Средња вредност *UTCI* индекса у ЛКЗ Новог Сада у периоду топлоталаса (4-15. август 2015. године) на нивоу: 24 часа, током обданице и током ноћи. Подебљани бројеви - највиша вредност *UTCI* индекса; подвучени бројеви - најнижа вредност *UTCI* индекса*

ЛКЗ/Период	ЛКЗ 2	ЛКЗ 3	ЛКЗ 5	ЛКЗ 6	ЛКЗ 8	ЛКЗ 9	ЛКЗ А
24 часа	<b>28,1</b>	27,1	27,0	26,1	27,1	25,6	24,3
Обданица	<b>29,3</b>	28,9	28,5	28,0	28,6	27,5	26,5
Ноћ	<b>25,8</b>	23,5	24,0	22,2	24,1	22,0	20,0



*Прилог 42. Разлика у вредностима *UTCI* индекса између градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>x</sub>) и ЛКЗ А изван града (ЛКЗ<sub>x-А</sub>) у Новом Саду током топлотног таласа на нивоу: 24 часа, обданице и ноћи. Топлотни талас је трајао од 4. до 15. августа 2015. године*

Анализирајући вредности *UTCI* индекса на основу категорија термалног стреса, уочено је да се током топлотног таласа јавља умерен топлотни стрес (од 26 °C до 32 °C) током обданице на свим станицама. Током ноћи нема топлотног стреса (од 9 °C до 26 °C) у спољној средини у свим ЛКЗ. Посматрајући на нивоу 24 часа, може се уочити да се најурбанизоване ЛКЗ (2, 8, 5 и 3) карактеришу умереним топлотним стресом, док се мање урбанизоване и природне ЛКЗ (9 и А) одликују недостатком топлотног стреса (прилог 43).



Прилог 43. Средња вредност *UTCI* индекса у ЛКЗ Новог Сада током: 24 часа, обданице и ноћи. Истраживани период је топлотни талас који је трајао од 4. до 15. августа 2015. године. Испрекиданим линијама су приказани распони категорија термалног стреса

Термални комфор током периода хладног таласа (од 6. до 12. јануара 2017. године) (7 дана) је анализиран користећи средње вредности *PET* и *UTCI* индекса за цео дан (24 часа), као и за период обданице и за ноћни период.

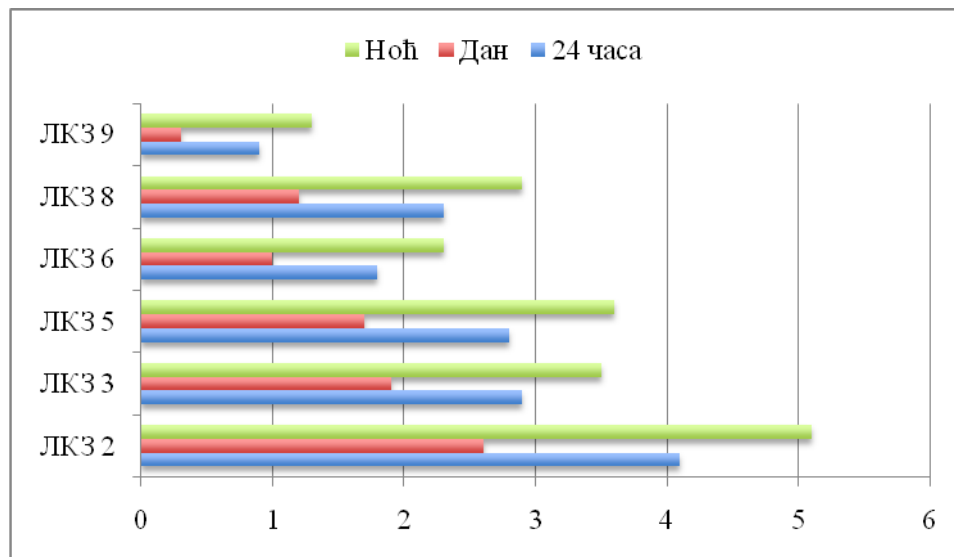
Током хладног таласа, на дневном нивоу (24 часа) је највећа разлика у вредности *PET* индекса забележена између ЛКЗ 2 и ЛКЗ А и износи 4,1 °C што је за степен мање него током анализираним топлотног таласа. Унутар изграђених ЛКЗ разлике су мање и износе до 3,2 °C између структурно различитих ЛКЗ 2 и 9,

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*

што је слично као и током анализираног топлотног таласа. Између структурно сличних ЛКЗ, као што су 8 и 6 разлике су незнатне ( $< 0,6$  °C). Током обданице, разлике у вредности *PET* индекса између града и природне околине износе до 2,6 °C (ЛКЗ<sub>2-А</sub>), док су оне током ноћи до максималних 5,1 °C (ЛКЗ<sub>2-А</sub>) што је мање него током анализираног топлотног таласа. Унутар града највеће разлике износе до 2,3 °C током обданице, односно до 3,8 °C током ноћи између ЛКЗ 2 и 9. Уочено је да се вредности *PET* индекса смањују у следећем смеру ЛКЗ 2 → ЛКЗ 3 → ЛКЗ 5 → ЛКЗ 8 → ЛКЗ 6 → ЛКЗ 9 → ЛКЗ А (табела 37 и прилог 44).

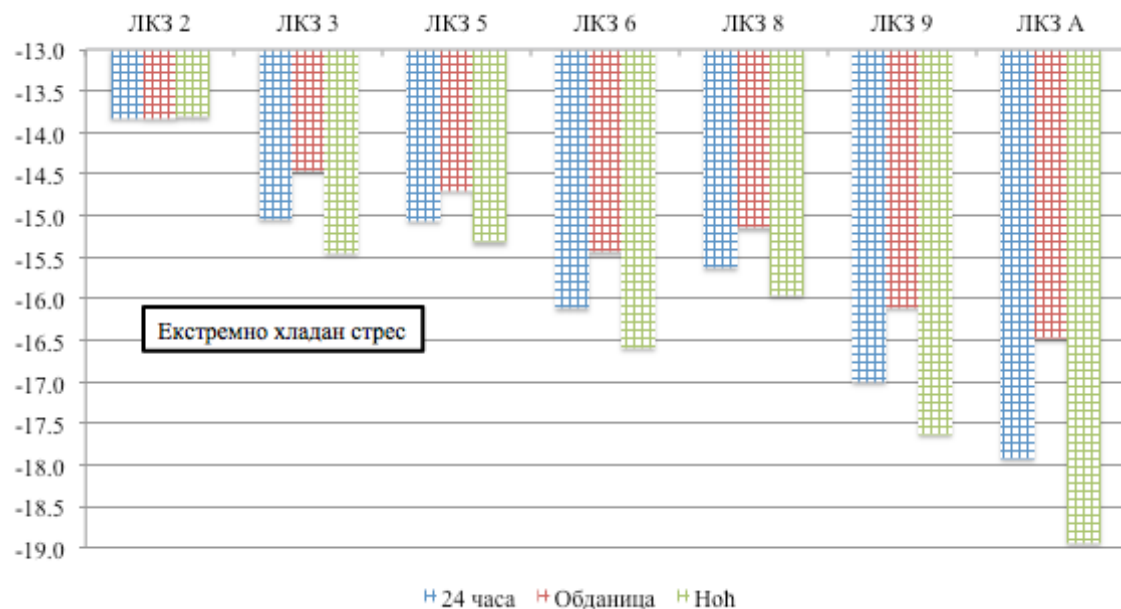
*Табела 37. Средња вредност *PET* индекса у ЛКЗ Новог Сада у периоду хладног таласа (6-12. јануар 2017. године) на нивоу: 24 часа, током обданице и током ноћи. Подебљани бројеви - највиша вредност *PET* индекса; подвучени бројеви - најнижа вредност *PET* индекса*

ЛКЗ/Период	ЛКЗ 2	ЛКЗ 3	ЛКЗ 5	ЛКЗ 6	ЛКЗ 8	ЛКЗ 9	ЛКЗ А
24 часа	<b>-13,8</b>	-15,0	-15,1	-16,1	-15,6	-17,0	-17,9
Обданица	<b>-13,8</b>	-14,5	-14,7	-15,4	-15,2	-16,1	-16,4
Ноћ	<b>-13,8</b>	-15,4	-15,3	-16,6	-16,0	-17,6	-18,9



*Прилог 44. Разлика у вредностима *PET* индекса између градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>x</sub>) и ЛКЗ А изван града (ЛКЗ<sub>x-А</sub>) у Новом Саду током хладног таласа на нивоу: 24 часа, обданице и ноћи. Хладни талас је трајао од 6. до 12. јануара 2017. године*

Анализирајући вредности *PET* индекса на основу категорија термалног стреса, уочено је да се током хладног таласа јавља екстреман хладан стрес ( $< 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) током целог дана на свим станицама (прилог 45). Услед тога, градске и природне ЛКЗ су изузетно некомфорне за боравак људи у њима током ових екстремних временских ситуација. Потенцијални начин за стварање комфорнијих услова за боравак човека у спољној средини је на личном нивоу регулисањем нивоа одевености појединца.



Прилог 45. Средња вредност *PET* индекса у ЛКЗ Новог Сада током: 24 часа, обданице и ноћи. Истраживани период је хладни талас који је трајао од 6. до 12. јануара 2017. године

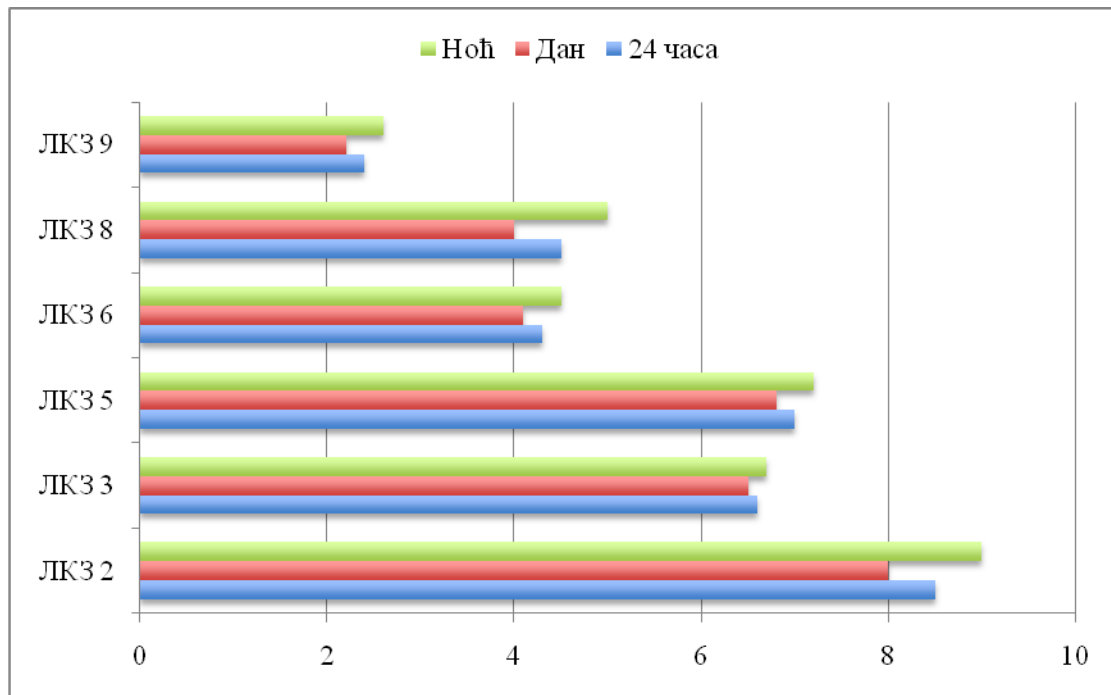
Анализирајући термални комфор у ЛКЗ током хладног таласа помоћу вредности *UTCI* индекса уочено је да се јављају знатне разлике, за разлику од коришћења *PET* индекса. Наиме, средње дневне разлике између ЛКЗ износе до  $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  између ЛКЗ 2 и ЛКЗ А. Између изграђених ЛКЗ разлике износе до  $6,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  између структурно различитих ЛКЗ 2 и 9. Између сличних ЛКЗ, као што су 8 и 6, разлике су знатно мање ( $< 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Занимљиво је да су током обданице забележене ниже вредности термалног комфора у ЛКЗ него током ноћи. Могући узрок за то су веће брзине ветра током обданице. Ипак, највеће разлике се јављају током ноћи

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*

и износе до 9,0 °C између ЛКЗ 2 и А, односно 6,4 °C између ЛКЗ 2 и 9 (табела 38 и прилог 46).

*Табела 38. Средња вредност UTCI индекса у ЛКЗ Новог Сада у периоду хладног таласа (6-12. јануар 2017. године) на нивоу: 24 часа, током обданице и током ноћи. Подебљани бројеви - највиша вредност UTCI индекса; подвучени бројеви - најнижа вредност UTCI индекса*

ЛКЗ/Период	ЛКЗ 2	ЛКЗ 3	ЛКЗ 5	ЛКЗ 6	ЛКЗ 8	ЛКЗ 9	ЛКЗ А
24 часа	<b>-12,8</b>	-14,7	-14,3	-17,0	-16,8	-18,9	-21,3
Обданица	<b>-13,4</b>	-14,9	-14,6	-17,3	-17,4	-19,2	-21,4
Ноћ	<b>-12,3</b>	-14,6	-14,1	-16,8	-16,3	-18,7	-21,3

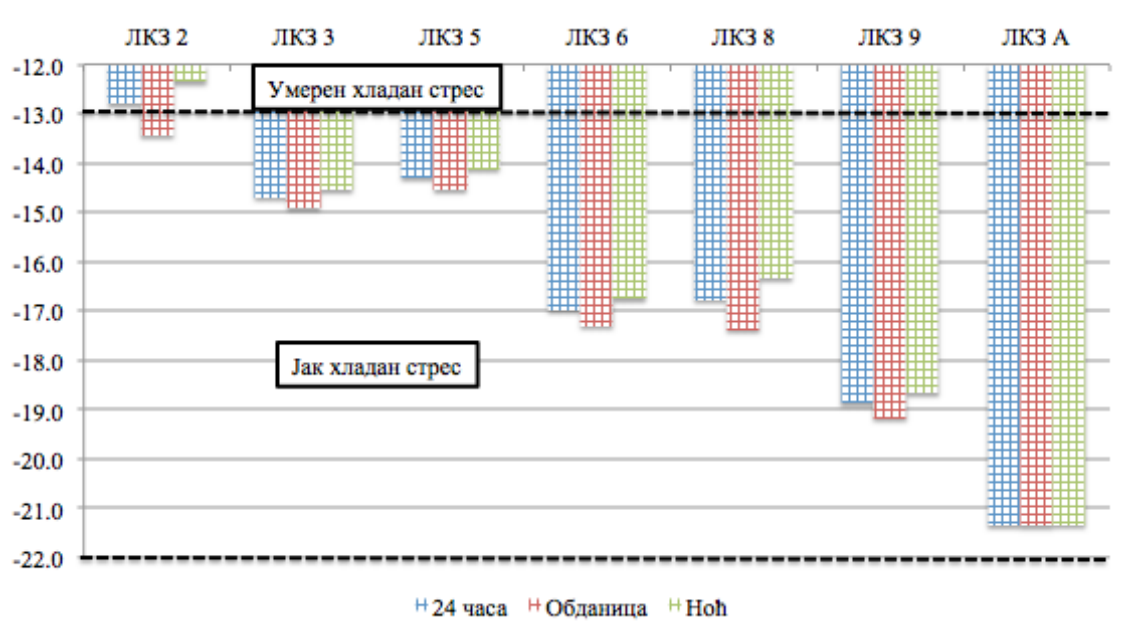


*Прилог 46. Разлика у вредностима UTCI индекса између градских ЛКЗ (ЛКЗ<sub>x</sub>) и ЛКЗ А изван града (ЛКЗ<sub>x-А</sub>) у Новом Саду током хладног таласа на нивоу: 24 часа, обданице и ноћи. Хладни талас је трајао од 6. до 12. јануара 2017. године*

Током хладног таласа се у ЛКЗ Новог Сада и околине јављају две категорије термалног стреса: умерен хладан стрес (од 0 °C до -13 °C) и јак хладан стрес (од -13 °C до -27 °C). Умерен хладан стрес се јавља само у ЛКЗ 2 на дневном нивоу и током ноћи, док се у осталим ЛКЗ јавља јак хладан стрес током

*Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу  
аутоматизованог модела и биоклиматских анализа*

читаваог дана (прилог 47). Услед тога, ЛКЗ 2 као најурбанизованији део града је током зиме ”најкомфорнији” за живот и боравак у спољној средини. Осим тога, овакве разлике у термалном кофмору могу да се одразе и на количину потрошене енергије за загревање домаћинстава у различитим деловима града, тј. у урбанизованијим деловима града становници потенцијално могу да смање интензитет грејања.



Прилог 47. Средња вредност UTCI индекса у ЛКЗ Новог Сада током: 24 часа, обданице и ноћи. Истраживани период је хладни талас који је трајао од 6. до 12. јануара 2017. године. Испрекиданим линијама су приказани распони категорија термалног стреса

## УПОРЕДНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА СА ДРУГИМ СВЕТСКИМ ГРАДОВИМА

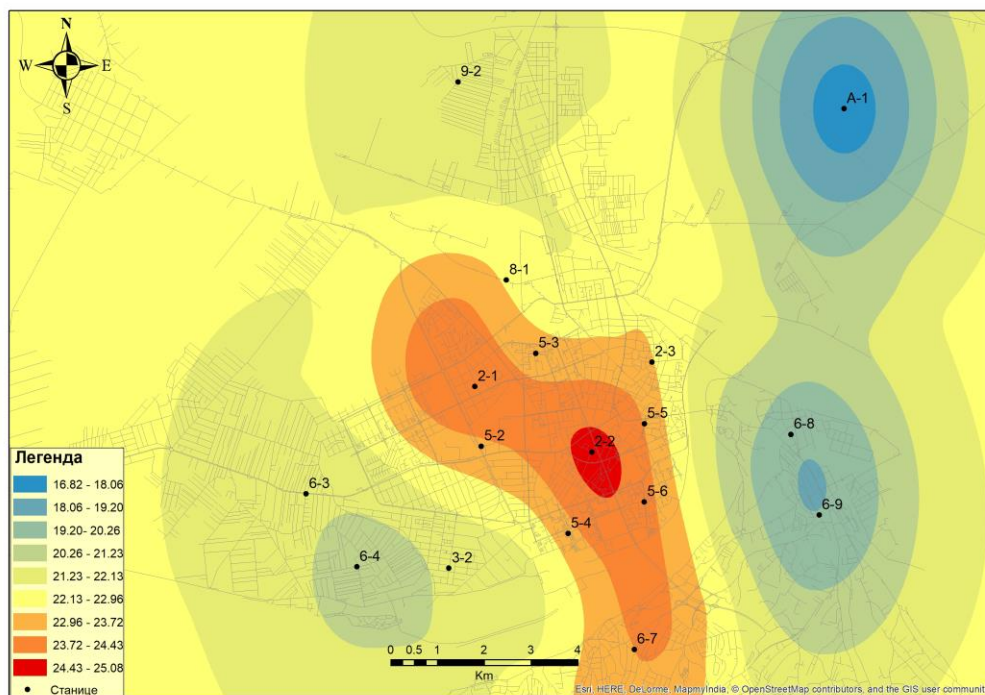
У овом поглављу је извршена упоредна анализа добијених резултата за ЛКЗ Новог Сада са резултатима истраживања из светских градова у којима постоји мрежа станица или су вршена мобилна мерења заснована на класификационом систему ЛКЗ. Анализиране су разлике у: температури ваздуха, релативној влажности ваздуха и вредностима индекса термалног комфора. Иако су ова поређења делимично ограничена због различитих периода истраживања, инструмената, локација у граду, итд., ипак се одређене генералне карактеристике ЛКЗ могу уочити.

Поређења разлика у **температури ваздуха** између истих ЛКЗ у различитим градовима је неопходна у циљу процене да ли развијени класификациони систем ЛКЗ омогућава интер-урбану анализу. До сада још увек нема велики број научних истраживања на ту тему услед чега је свака нова анализа допринос научној дисциплини урбане климатологије.

Резултати из дисертације су указали да се на годишњем нивоу највећа разлика у  $T_{sp}$  од  $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  јавља између најурбанизованог дела Новог Сада (ЛКЗ 2) и његове природне околине (ЛКЗ А). У Сегедину је највећа разлика, такође, забележена између града и природне средине и износи  $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ЛКЗ 2 - ЛКЗ Д) (Skarbit et al., 2017). У Берлину (Fenner et al, 2014) је уочено да се на годишњем нивоу највеће разлике јављају између ЛКЗ 5 и природне средине (ЛКЗ Б) и износе  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Поређењем новосадске ЛКЗ 5 са природном средином изван града (ЛКЗ А) су забележене сличне разлике са вредношћу од  $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Унутар града су температурне разлике мање и у Новом Саду износе максималних  $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  између ЛКЗ 2 и 9, док у Сегедину износе до  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  између наведених ЛКЗ. На сезонском нивоу, најизраженије температурне разлике између изграђених и природних ЛКЗ у Новом Саду, Сегедину и Берлину се јављају током лета, а најмање током зиме. У погледу температурних индекса Нови Сад, Сегедин (Skarbit et al., 2017) и

Оберхаузен (Немачка) (Müller et al. 2014) указују на знатне разлике у њиховом броју између различитих ЛКЗ посебно истичући разлике у бројности тзв. „хладних индекса“ и тропских ноћи у корист изграђених ЛКЗ.

Највеће разлике у  $T_{cp}$ , тј. тзв. максимални интензитет градског острва топлоте у Новом Саду је забележен ноћу током летњег топлотног таласа и износи 5,5 °C између ЛКЗ 2 и ЛКЗ А. Међутим, ове разлике могу износити и преко 8 °C на сатном нивоу између урбане и природне средине (прилог 48). Слично томе, највеће температурне разлике у другим светским градовима се генерално јављају током ноћи у летњем периоду између најурбанизованијих делова градова (ЛКЗ 1, 2 и 5) и природне околине града (ЛКЗ А, Б или Д) и износе: 6 °C у Сегедину (Unger et al., 2014б) и Упсали (Stewart, 2011), 5,2 °C у Берлину (Fenner et al., 2014), 5 °C у Даблину (Alexander and Mills, 2014), 4 °C у Нансију (Leconte et al., 2015), 2,5 °C у Нагану (Stewart et al., 2014). Добијени подаци могу послужити градским властима у циљу спровођења адекватног урбаног планирања које би требало да смањи интензитет градских острва топлоте и допринесе бољим условима живота у градовима.



Прилог 48. Температура ваздуха (°C) и формирано градско острво топлоте у Новом Саду 9.8.2015. године у 2:40 h (локално време)



Поређењем резултата из Новог Сада и других градова, генерално се може закључити да су разлике у температури ваздуха између збијених ЛКЗ и природне околине града (ЛКЗ<sub>2,3</sub>-ЛКЗ<sub>А</sub>) увек веће него између отворених ЛКЗ и природне околине града (ЛКЗ<sub>5,6</sub> – ЛКЗ<sub>А</sub>). Најмање разлике се јављају између слабо изграђених ЛКЗ и природне околине града (ЛКЗ<sub>9</sub>-ЛКЗ<sub>А</sub>). ЛКЗ 8 је у просеку топлија од ЛКЗ 6 и 9, а хладнија од ЛКЗ 2 и 3 и температурне разлике унутар града су увек мање него у између града и околине.

Истраживања **влажности ваздуха** у градовима су знатно ређа у односу на истраживања температурних карактеристика у њима. Међутим, и поред тога је резултатима научних студија указано да релативна влажност ваздуха представља значајан климатски елемент чије су вредности у градовима другачије него у природним срединама (Chandler, 1967; Ackerman, 1971; Hage, 1975; Song et al., 2012). Ово је уочено и у Новом Саду где се највеће разлике у  $PB_{cp}$  од 10,2 % јављају на годишњем нивоу између изграђених и неизграђених ЛКЗ (ЛКЗ 2 - ЛКЗ А). На сезонском нивоу су разлике највеће током лета, а најмање током зиме. Наведени мањак влажности у ваздуху изнад града у односу на ваздух изнад природних средина представља феномен који се назива ”градско острво сувоће” (енг. ”urban dryness island”) (Hilberg, 1978). Резултати из дисертације су указали да ЛКЗ 2 Новог Сада представља најизраженије градско острво сувоће са 33 % нижом вредношћу влажности ваздуха у односу на природну средину изван града (ЛКЗ А) у ноћном периоду током топлотног таласа. Сличан феномен су уочили и Geletić et al. (2018) у Брну (Чешка) током топлотног таласа. Између изграђених ЛКЗ су разлике у релативној влажности знатно мање и износе око 4-8 % на годишњем и сезонском нивоу.

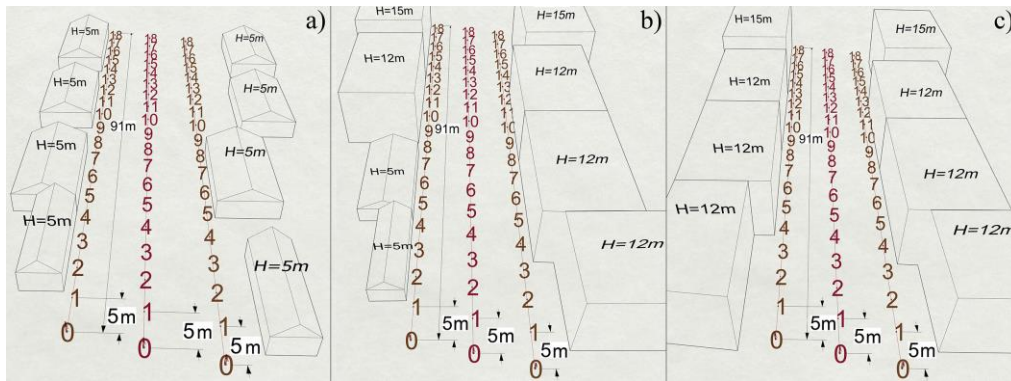
Истраживања разлика у **термалном комфору** између ЛКЗ су и даље ретка и у свом су зачетку. Први корак у том смеру су направили истраживачи из Мађарске (Kovács and Németh, 2012) који су уочили да су  $PET$  вредности на годишњем и сезонском нивоу, током тридесетогодишњег изучаваног периода, више у централним деловима Будимпеште (ЛКЗ 2) него у приградским деловима и природној средини (ЛКЗ 6 и А) за 3-4 °С. Више вредности током лета у најурбанизованијим деловима града (ЛКЗ 2 и 5) у односу на ретко изграђене и природне ЛКЗ (9 and А) су потврђене и у Оберхаузену (Немачка) (Muller et al.

2014). Слични резултати у *PET* вредностима на сезонском нивоу су добијени у овој дисертацији за Нови Сад и за Сегедин у раду од Unger et al. (2017). Наиме, највеће разлике у оба града се јављају лети између ЛКЗ 2 и А (Д) и износе до 4,1 °С у Новом Саду, односно до 3,6 °С у Сегедину. Најмање разлике у термалном комфору између изграђених и природних ЛКЗ се јављају зими и износе 2,1 °С у Сегедину, односно 2,9 °С у Новом Саду. Претходна истраживања термалног комфора у Новом Саду су указала на разлике у вредностима *PET* индекса до 1,6 °С између структурно сличних ЛКЗ и до 5,1 °С за структурно различите ЛКЗ током тропских дана. Током ледених дана, *PET* разлике су износиле до 2,0 °С између структурно сличних ЛКЗ и до 6,3 °С између структурно различитих ЛКЗ (Milošević, D. et al. 2015a). Анализом термалног комфора током топлотног и хладног таласа су у овој дисертацији потврђене знатне разлике у вредностима *PET* индекса које су најизраженије ноћу између изграђених и природних ЛКЗ и износе до 5,1 °С током хладног таласа, односно 7,6 °С током топлотног таласа. *PET* разлике током дана су мање изражене и износе од 2,6 °С до 3,7 °С током топлотног, односно хладног таласа. Слични резултати су добијени и током топлотног таласа у Сегедину са разликама до 6 °С између изграђених и природних ЛКЗ током ноћи, односно до 2,6 °С током дана.

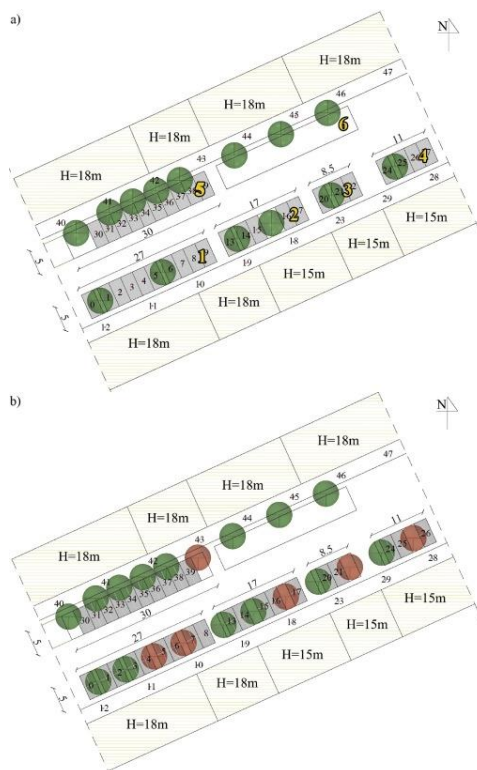
Поређењем резултата анализе термалног комфора Новог Сада и других градова може се указати да генерално постоји тренд смањења вредности *PET* индекса од урбанизованијих ка мање урбанизованим и природним ЛКЗ са најизраженијим разликама током ноћи топлотног таласа. Самим тим је потврђено да је локално становништво под већим термалним стресом у урбанизованијим деловима градова, него у њиховој природној околини. Услед тога, потребно је развити и спровести у дело климатски свесне урбане планове у циљу побољшања спољног термалног комфора човека у граду. На ово су указали и резултати анализа вредности *UTCI* индекса током тропских дана и топлотног таласа у Новом Саду и предложене мере за митигацију термалног стреса мењањем урбаног дизајна коришћењем дрвећа (Bajšanski et al., 2015; Milošević et al., 2017a). Наиме, мењањем геометрије улице (прилог 49) смањена је учесталост јаког топлотног стреса током тропског дана за 10%, односно вредности *UTCI* индекса су на појединим локацијама у улици смањене и до 6 °С (Bajšanski et al., 2015). Осим тога, мењањем локација и типа дрвећа у урбаној средини (нпр. паркинг простори),

Примена и процена класификационог система локалних климатских зона помоћу аутоматизованог тодела и биоклиматских анализа

термални стрес се може смањити на 77% локација до максималних 3°C без садње новог дрвећа, односно на 84% локација до максималних 4 °C уколико додајемо ново дрвеће, на шта је указао Milošević et al. (2017a) (прилог 50).



Прилог 49. Геометрија улице у Новом Саду са локацијама пешака на стазама и путу у: а) претходном урбаном дизајну, б) садашњем урбаном дизајну и ц) будућем урбаном дизајну (Вајшански et al., 2015)



Прилог 50. Локације дрвећа у а) предложеном дизајну паркинга и б) дефинисане локације за додавање дрвећа (црвена боја) (Milošević et al., 2017a)

## **ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА**

Предмет истраживања докторске дисертације јесте примена развијеног ГИС модела и биоклиматских анализа ради процене сврсисходности КС ЛКЗ за потребе истраживања урбане климе. Употребом развијеног модела и биоклиматских анализа су се желеле установити предности и недостаци КС ЛКЗ на примеру Града Новог Сада. На тај начин се желело доћи до закључака о томе да ли постоје и колико су интензивне локалне климатске разлике у различитим деловима Новог Сада.

Основни циљеви истраживања спроведених у оквиру докторске дисертације су наведени на почетку дисертације и сада ће бити изнесена закључна разматрања заснована на резултатима добијеним у дисертацији.

Развијени ГИС модел се показао као адекватан за мапирање и дефинисање ЛКЗ у Новом Саду и његовој околини издвојивши чак 13 ЛКЗ употребом 7 параметара градске површине. Међутим, финално дефинисање локација за постављање сензора за мерење температуре и влажности ваздуха у дефинисаним ЛКЗ се морало заснивати не само на резултатима употребе ГИС модела, него и на теренском раду и локалном знању аутора о локалним климатским условима у граду. Услед тога, може се закључити да КС ЛКЗ може послужити не само за описивање простора око климатских станица, него и за климатско мапирање целог града и околине.

У оквиру дисертације је приказан нов, развијен модел за чишћење базе података. Тек након тога је извршена статистичка анализа десетоминутних мерења температуре ваздуха током вишегодишњег периода која је указала да ЛКЗ имају специфичан температурни карактер када су у питању: средње температуре ваздуха, средње минималне температуре ваздуха и апсолутне минималне температуре ваздуха на годишњем, сезонском и месечном нивоу. Највише температуре ваздуха су забележене у изграђеним ЛКЗ, нарочито у ЛКЗ 2, док су најниже изван града у природној ЛКЗ А. Међутим, и између изграђених ЛКЗ се јављају знатне разлике у температури ваздуха, нарочито између ЛКЗ 2 и ЛКЗ 9.

Најизраженије разлике у  $T_{cp}$  између ЛКЗ се јављају ноћу током топлотног таласа када  $GOT_u$  износи  $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ЛКЗ<sub>2-А</sub>). Насупрот томе, статистичком анализом средњих максималних и апсолутно максималних температура ваздуха на годишњем, сезонском и месечном нивоу нису уочене знатне разлике између ЛКЗ. Учесталост појаве температурних индекса је указала да тзв. „хладни индекси“ (мразни дани, ледени дани) указују на температурне специфичности ЛКЗ у Новом Саду, док то није евидентно анализом тзв. „топлих индекса“ (летњи дани, тропски дани), изузев тропских ноћи. Наиме, управо се ЛКЗ највише разликују по броју тропских ноћи које су најучесталије у индустријској зони и у централним, збијено изграђеним ЛКЗ, док се њихова бројност вишеструко смањује у ЛКЗ које карактерише више зелених површина. Услед тога, може се закључити да ЛКЗ Новог Сада имају специфичан температурни карактер, што свакако зависи од вредности или индекса који се користи за наведено истраживање.

Анализом релативне влажности ваздуха је уочено да постоје знатне разлике између изграђених и природних ЛКЗ. У Новом Саду се јавља тзв. „урбано острво сувоће“ ноћу током топлотног таласа када је збијена средњеградња (ЛКЗ 2) окарактерисана са максималним дефицитом влажности од око 33% у односу на природну ЛКЗ А изван града. Насупрот томе, између изграђених ЛКЗ разлике су вишеструко мање. То није изненађујуће јер КС ЛКЗ и није првенствено намењен анализи влажности ваздуха у граду, него његовим температурним карактеристикама.

Статистичка анализа вредности израчунатих биоклиматских индекса *PET* и *UTCI* је указала да се ЛКЗ разликују у условима спољњег термалног комфора човека на годишњем, сезонском и месечном нивоу. Највеће разлике се јављају између изграђених ЛКЗ и природне ЛКЗ, док су унутар града разлике мање. Приметно је да се услови спољњег термалног комфора побољшавају идући од изграђених, збијених ЛКЗ ка отворенијим и зеленијим ЛКЗ. Највеће разлике се јављају ноћу током топлотног таласа између изграђене ЛКЗ 2 и природне ЛКЗ А са максималних око  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  *PET* разлике. Значајне разлике се јављају и током хладног таласа када разлике у вредностима *UTCI* индекса између градске и природне средине износе до  $9,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Поређењем добијених резултата климатске анализе ЛКЗ у Новом Саду са сличним истраживањима у другим светским градовима (Берлин, Даблин, Нагано,

---

Нанси, Оберхаузен, Упсала, Сегедин, итд.) уочене су сличне разлике између парова ЛКЗ. Наиме, у свим градовима су уочене више вредности температуре ваздуха, мањак влажности ваздуха и више вредности индекса термалног комфора у збијеним ЛКЗ чије вредности се мењају у супротном смеру у ЛКЗ отворене градње и природне средине. Пошто је и интензитет изучаваних климатских елемената и индекса сличан између парова ЛКЗ у различитим градовима, може се закључити да је КС ЛКЗ адекватан за интер-урбану анализу градске климе.

Садашња и будућа истраживања градске климе ће се базирати не само на употреби градских мрежа урбане климе и мобилним мерењима, него и на сателитским снимцима и климатским моделима. Добијени резултати служе и још ће више служити идентификацији климатских услова на локалном и микро нивоу унутар града и у његовој околини у циљу пружања информација свим релевантним институцијама и стручњацима. Завршни циљ свих ових истраживања јесте планирање и изградња климатски пријатнијег и комфорнијег града за садашње и будуће генерације становништва.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ackerman, B. (1971): Moisture content of city and country air. Preprints, Conference on Air Pollution Meteorology, Raleigh, NC, American Meteorological Society, 154-158.
- Anđelković G. (2005): Beogradsko ostrvo toplote - odlike, uzroci, posledice (monografija). Geografski fakultet, Beograd.
- Alexander, P.J. and Mills, G. (2014): Local climate classification and Dublin's urban heat island. *Atmosphere* 5: 755-774.
- ASHRAE (American Society of Heating and Refrigerating Engineers) (1997): *Handbook of Fundamentals: Physiological Principles, Comfort, Health*. New York.
- Auer, A.H. (1978): Correlation of land use and cover with meteorological anomalies. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 17: 636-643.
- Balchin, W.G.V., and Pye, N. (1947): A micro-climatological investigation of Bath and the surrounding district. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 73:297-323. <https://doi.org/10.1002/qj.49707331706>
- Bajšanski, I.V., Milošević, D.D. and Savić, S.M. (2015): Evaluation and improvement of outdoor thermal comfort in urban areas on extreme temperature days: Applications of automatic algorithms. *Building and Environment* 94(2): 632-643. doi 10.1016/j.buildenv.2015.10.019

- Basarin, B., Lukić, T. and Matzarakis, A. (2016): Quantification and assessment of heat and cold waves in Novi Sad, Northern Serbia. *International Journal of Biometeorology* 60(1): 139-150. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1012-z>
- Blazejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G., Staiger, H. and Tinz, B. (2012): Comparison of UTCI to selected thermal indices. *International journal of biometeorology* 56(3): 515-535.
- Bossard, M., Feranec, J. and Otahel, J. (2000): CORINE land cover technical guide: Addendum 2000. Technical Report 40. European Environment Agency, Copenhagen.
- Бугарчић, П. (1987): Рељеф новосадске околине. У: Географске монографије војвођанских општина-Новосадске општине I (Ђурчић, С., Богдановић, Ж. и Добренов, В.). Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Институт за географију, Нови Сад: 20-30.
- Chandler, T.J. (1965): *The Climate of London*. Hutchinson, 292 pp.
- Chandler, T.J. (1967): Absolute and relative humidities in towns. *Bulletin of American Meteorological Society* 48: 394-399.
- Davenport, A.G., Grimmond, C.S.B., Oke, T.R. and Wieringa, J. (2000): Estimating the roughness of cities and sheltered country. *Proceedings of 12<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology*, Asheville, NC, p. 96-99.
- Ђурђевић, Д., Савић, С. and Милошевић, Д. (2017): Application of urban climate research in Novi Sad (Serbia). *The Thirteenth Regional Conference EnE17*, Serbia, Belgrade, June 2017, Abstract book: pp. 36-40.
- EMC 2003. *The GFS Atmospheric Model*. NCEP Office Note 442, 14 p.



- Emmanuel, R. and Krüger, E. (2012): Urban heat island and its impact on climate change resilience in a shrinking city: The case of Glasgow, UK. *Building and Environment* 53: 137-149.
- Ellefsen, R. (1990/91): Mapping and measuring buildings in the urban canopy boundary layer in ten US cities. *Energy and Buildings* 15-16: 1025-1049.
- Fanger, P.O. (1972): *Thermal comfort*. McGraw-Hill Company, New York.
- Fenner, D., Meier, F., Scherer, A. and Polze, A. (2014): Spatial and temporal air temperature variability in Berlin, Germany, during the years 2001-2010. *Urban Climate* 10: 308-331.
- Gál, T. and Unger, J. (2009): Detection of ventilation paths using high-resolution roughness parameter mapping in a large urban area. *Building and Environment* 44: 198-206.
- Geletič, J., Lehnert, M. and Dobrovolný, P. (2016): Land surface temperature differences within local climate zones, based on two central European cities. *Remote Sensing* 8: 788.
- Geletič, J., Lehnert, M., Savić, S. and Milošević, D. (2018): Modelled spatiotemporal variability of outdoor thermal comfort in local climate zones of the city of Brno, Czech Republic. *Science of The Total Environment* 624: 385-395.
- Glossary of Terms for Thermal Physiology (2003): *Journal of Thermal Biology* 28, 75-106
- Hage, K.D. (1975): Urban-rural humidity difference. *Journal of Applied Meteorology* 14: 1277-1283.

- Höppe, P. (2002): Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings* 34(6): 661-665.
- Hilberg, S.D. (1978): Diurnal temperature and moisture cycles. Summary of METROMEX, Vol. 2, Causes of Precipitation Anomalies, Illinois State Water Survey Bull. 63, Champaign, IL, 25-42.
- Karl, T.R., Nicholls, N., and Ghazi, A. (1999): CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary. *Climatic Change* 42: 3-7.
- Kovács, A. and Németh, Á. (2012): Tendencies and differences in human thermal comfort in distinct urban areas in Budapest, Hungary. *Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis* 46:115-124.
- Kratzer, P.A. (1956): *The Climate of Cities*. Friedrich Vieweg Sohn, 184 pp.
- Lazić, L., Savić, S. and Tomić, Ž. (2006): Analysis of the temperature characteristics and trends in Novi Sad area (Vojvodina, Serbia). *Geographica Pannonica* 10: 14-21.
- Leconte, F., Bouyer, J., Claverie, R. and Petrisans, M. (2015): Using Local Climate Zone scheme for UHI assessment: Evaluation of the method using mobile measurements. *Building and Environment* 83: 39-49.
- Lee, D.O. (1991): Urban-rural humidity difference in London. *International Journal of Climatology* 11: 577-582.
- Lehnert, M., Geletič, J., Husák, J. and Vysoudil, M. (2014): Urban field classification by “local climate zones” in a medium-sized Central European city: the case of Olomouc (Czech Republic). *Theoretical and Applied Climatology* 122: 531-541.

- Lelovics, E., Unger, J., Gál, T. and Gál, C.V. (2014): Design of an urban monitoring network based on Local Climate Zone mapping and temperature pattern modelling. *Climate Research* 60: 51-62.
- Lelovics, E., Unger, J., Savić, S., Gál, T., Milošević, D., Gulyás, Á., Marković, V., Arsenović, D. and Gál, C.V. (2016): Intra-urban temperature observations in two Central European cities: a summer study. *Időjárás* 120-3: 283-300.
- Loridan, T. and Grimmond, C.S.B. (2011): Characterization of energy flux partitioning in urban environments: Links with surface seasonal properties. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 51: 219-241.
- Louw, W.J. and Meyer, J.A. (1965): Near-surface nocturnal winter temperatures in Pretoria. *Notos* 14: 49-65.
- Ludwig, F.L. (1970): Urban temperature fields. *Urban Climates*, WMO Tech. Note 108, 80-107.
- Matzarakis, A. and Mayer, H. (1996): Another kind of environmental stress: thermal stress. In WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control 18: 7-10.
- Matzarakis, A., Rutz, F. and Mayer, H. (2007): Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology* 51: 323-334.
- Marković, V., Savić, S., Arsenović, D., Stankov, U. and Dolinaj, D. (2013): Quantification of artificial surfaces impact on urban heat island of Novi Sad (Vojvodina, Serbia). *Geographica Pannonica* 17-3: 69-73.

Marković, V., Savić, S., Milošević, D., Arsenović, D. and Stankov, U. (2014): A GIS analysis of Local Climate Zones and human thermal condition patterns in Novi Sad: Preliminary results. In: Proc The Third Romanian- Bulgarian-Hungarian-Serbian Conf 'Geographical Research and Cross-border Cooperation within the Lower Basin of the Danube', Veliko Gradište, Serbia.

Milošević, D.D., Savić, S.M., Unger, J. and Gál, T. (2015a): Urban climate monitoring system suitability for intra-urban thermal comfort observations in Novi Sad (Serbia) - with 2014 examples. Extended abstracts of 9th International Conference on urban climate, Toulouse, France, 6p.

Milošević, D., Unger, J. and Gál, T. (2015b): Thermal comfort observations in the City of Novi Sad (Serbia) in 2014. In: Proc Fifth EUGEO Congress on the Geography of Europe, Budapest, Hungary.

Milošević, D., Savić, S., Marković, V. and Šećerov, I. (2015c): Temperature characteristics of Novi Sad during extreme temperature days. In: Proc 4 Srpski kongres geografa, Kopaonik, Serbia.

Milošević, D.D., Savić, S.M., Marković, V., Arsenović, D. and Šećerov, I. (2016a): Outdoor human thermal comfort in local climate zones of Novi Sad (Serbia) during heat wave period. Hungarian Geographical Bulletin 65-2: 129-137.

Milošević, D., Bajšanski, I., Savić, S. and Žiberna, I. (2016b): Benefits of the environmental simulations for the urban planning process. Between Computational Models and Performative Capacities, 4th eCAADe International Regional Workshop, Novi Sad, Serbia.

Milošević, D. and Savić, S. (2016c): Outdoor human thermal comfort in the city of Novi Sad (Serbia). Fourth Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube, p. 64.

- Milošević, D.D., Bajšanski, I.V and Savić, S.M. (2017a): Influence of changing trees locations on thermal comfort on street parking lot and footways. *Urban Forestry and Urban Greening* 23: 113-124.
- Milošević, D.D., Savić, S.M. and Bajšanski, I.V. (2017b): Applications of automatic algorithms for improvement of outdoor thermal comfort in cities. *Procedia Engineering* 198: 187-192.
- Milošević, D., Savić, S., Arsenović, D., Lužanin, Z. (2017c). Analysis of human thermal comfort in Central European city during summer period: A case of Novi Sad, Serbia. *Cities and Climate Conference 2017, 19-21 September 2017, Potsdam, Germany.*
- Миљковић, Љ. (1987): Структура земљишног покривача. У: Географске монографије војвођанских општина-Новосадске општине I (Ћурчић, С., Богдановић, Ж. и Добренов, В.). Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Институт за географију, Нови Сад: 20-30.
- Michalakes, J., Dudhia, J, Gill, D., Henderson, T., Klemp, J., Skamarock, W. and Wang, W. (2004): The Weather Research and Forecast Model: Software architecture and performance. *Proceedings of the 11th ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing In Meteorology, Reading, UK.*
- Muller, N., Kuttler, W. and Barlag, A.-B. (2014): Counteracting urban climate change: adaptation measures and their effect on thermal comfort. *Theoretical and Applied Climatology* 115: 243-257.
- Nakamura, Y. and Oke, T.R. (1988): Wind, temperature and stability conditions in an east–west oriented urban canyon. *Atmospheric Environment* 22: 2691-2700.

- Ndetto, L.E. and Matzarakis, A. (2015): Urban atmospheric environment and human biometeorological studies in Dar es Salaam, Tanzania. *Air Quality, Atmosphere and Health* 8: 175-191.
- Oke T.R. (1995): The Heat Island of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects. In: Cermak J.E., Davenport A.G., Plate E.J., Viegas D.X. (eds) *Wind Climate in Cities*. NATO ASI Series (Series E: Applied Sciences), vol 277. Springer, Dordrecht.
- Oke, T.R. (2004): Initial guidance to obtain representative meteorological observation sites. IOM Report 81, WMO/TD No. 1250, Geneva.
- Oke, T.R. (2008): Urban observations. Guide to meteorological instruments and methods of observation, Part II of Observing Systems, 7th ed., WMO-No. 8, II-11-1–II-11-25.
- Петровић, Ј. и Миљковић, Љ. (1987): Рељеф новосадске околине. У: Географске монографије војвођанских општина-Новосадске општине I (Ђурчић, С., Богдановић, Ж. и Добренов, В.). Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Институт за географију, Нови Сад: 20-30.
- Popov, Z. (1995): The proposal for setting station network to monitor urban climate of in Novi Sad. Republic Hydrometeorological Service, Belgrade: 35 pp. (in Serbian).
- Popov, Z. and Savić, S. (2010): The urban climate of Novi Sad. *Drugi Kongres geografa Srbije, Srpsko geografsko društvo-Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo*, 10-11 decembar 2010, Novi Sad, Knjiga apstrakata: 62 pp.
- Puliafito, S.E., Bochaca, F.R., Allende, D.G. and Fernandez, R. (2013): Green areas and microscale thermal comfort in arid environments: a case study in Mendoza, Argentina. *Atmospheric and Climate Sciences* 3: 372-384.

R Development Core Team (2011): R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: the R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0. Available online at <http://www.R-project.org/>.

Републички завод за статистику (2012): Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији. Београд, 609 стр.

Републички завод за статистику (2014): Пројекције становништва Републике Србије 2011-2041. - Подаци по општинама и градовима. Београд, 77 стр.

Републички хидрометеоролошки завод Србије (2015): Сезонски билтен за Србију: лето 2015. године. Одељење за климатске прогнозе, информисање и обуку, сектор Националног центра за климатске промене, Београд, 17 стр.

Републички хидрометеоролошки завод Србије (2017): Сезонски билтен за Србију: зима 2016/2017. године. Одељење за мониторинг климе и климатске прогнозе, сектор Националног центра за климатске промене, развој климатских модела и оцену ризика елементарних непогода, Београд, 15 стр.

Републички хидрометеоролошки завод Србије (2018): Нормале за синоптичке станице за период 1981-2010. Преузето са: [http://www.hidmet.gov.rs/latin/meteorologija/stanica\\_sr.php?moss\\_id=13174](http://www.hidmet.gov.rs/latin/meteorologija/stanica_sr.php?moss_id=13174) (25.3.2018.)

Rosenzweig, C., Solecki W.D., Hammer, S.A. and Mehrota, S. (2011): Climate Change and Cities. Cambridge University Press, 312 pp.

Савић, С. (2009). Кретање екстремних температуре ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000. Докторска дисертација у рукопису. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад, 1-272.

- Савић, С., Митровић, М. и Лазић, Л. (2012а): Анализа новосадског урбаног острва топлоте. Зборник радова, Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Департман за географију, туризам и хотелијерство 41: 18-28.
- Savić, S., Unger, J., Gál, T., Milošević, D. and Popov, Z. (2012b): Urban heat island research of Novi Sad (Serbia): A review. In: Proc Geographical Research and Cross-border Cooperation within the Lower Basin of the Danube, Eger, Hungary.
- Savić, S., Milošević, D., Lazić, L., Marković, V., Arsenović, D. and Pavić, D. (2013a): Classifying urban meteorological stations sites by 'Local Climate Zones': preliminary results for the City of Novi Sad (Serbia). *Geographica Pannonica* 17: 60-68.
- Savić, S., Unger, J., Gál, T., Milošević, D. and Popov Z (2013b): Urban heat island research of Novi Sad (Serbia): A review. *Geographica Pannonica* 17(1): 32-36.
- Savić, S., Milošević, D., Arsenović, D. and Marković, V. (2013c): Evaluation and public display of urban patterns of human thermal conditions (URBAN-PATH). In: Proc Int Symp – Geography for Sustainable Development; West University of Timisoara, Faculty of Chemistry, Biology and Geography; Timisoara, Romania.
- Savić, S., Unger, J., Milošević, D., Lelovics, E. and Gál, T. (2014a): Mapping of Local Climate Zones in two neighbouring Central-European city located in similar geographical environments. In: Proc IGU regional conference - Changes, Challenges, Responsibility, Kraków, Poland.



- Savić, S., Milošević, D., Marković, V. and Arsenović, D. (2014b): Urban heat island and human thermal comfort monitoring system in Novi Sad (URBAN-PATH project). In: Proc The Third Romanian-Bulgarian- Hungarian-Serbian Conf ‘Geographical Research and Cross-border Cooperation within the Lower Basin of the Danube’, Veliko Gradište, Serbia
- Savić, S., Selakov, A. and Milošević, D. (2014): Cold and warm air temperature spells during the winter and summer seasons and their impact on energy consumption in urban areas. *Natural hazards*, 73(2), 373-387.
- Savić, S., Bajšanski, I. and Milošević, D. (2015): Evaluation of outdoor thermal comfort in urban transformations of Novi Sad (Serbia). In: Proc Fifth EUGEO Congress on the Geography of Europe, Budapest, Hungary
- Savić, S., Milošević, D., Arsenović, D., Marković, V., Bajšanski, I. and Šećerov, I. (2016a): Urban climate issues in complex urbanized environments: a review of the literature for Novi Sad (Serbia). *Acta Climatologica et Chorologica* 49-50: 63-80.
- Savić, S. and Milošević, D. (2016b): One year intra-urban climate observation in Novi Sad (Serbia). Fourth Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube, p. 79.
- Savić, S., Marković, V., Šećerov, I., Pavić, D., Arsenović, D., Milošević, D., Dolinaj, D., Nagy, I. and Pantelić, M. (2018): Heat wave risk assessment and mapping in urban areas: case study for a mid-sized Central European city, Novi Sad (Serbia). *Natural Hazards* 91(3): 891-911.
- Siu, L.W. and Hart, M.A. (2013): Quantifying urban heat island intensity in Hong Kong SAR, China. *Environmental Monitoring and Assessment* 185: 4383-4398.

Skarbit, N., Gál, T. and Unger, J. (2015): Airborne surface temperature differences of the different local climate zones in the urban area of a medium sized city. Joint Urban Remote Sensing Event, 7120497.

Skarbit, N., Stewart, I. D., Unger, J. and Gál, T. (2017): Employing an urban meteorological network to monitor air temperature conditions in the 'local climate zones' of Szeged, Hungary. *International Journal of Climatology* 37: 582-596.

Song, Y., Liu, Y. and Ding, Y. (2012): A study of surface humidity changes in China during the recent 50 years. *Acta Meteorologica Sinica* 26: 541-553.

Stewart, I.D. and Oke, T.R. (2010): Thermal differentiation of local climate zones using temperature observations from urban and rural field sites. In *Ninth Symposium on Urban Environment*, August 2-6, American Meteorological Society: Keystone, CO.

Stewart, I.D. (2011): Redefining the Urban Heat Island. PhD dissertation, Department of Geography, University of British Columbia, Vancouver, Canada, 352 pp.

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

Stewart, I.D., Oke, T.R. and Krayenhoff, E.S. (2014): Evaluation of the "local climate zone" scheme using temperature observations and model simulations. *International Journal of Climatology* 34: 1062-1080.

Surfer® 14 (Golden Software, LLC) (2017): Golden Software, LLC. 809 14th Street Golden, Colorado 80401. [www.goldensoftware.com](http://www.goldensoftware.com)

- Šećerov, I., Savić, S., Milošević, D., Marković V. and Bajšanski, I. (2015a): Development of an automated urban climate monitoring system in Novi Sad (Serbia). *Geographica Pannonica* 19-4: 174-183.
- Šećerov, I., Savić, S. and Milošević, D. (2015b): Urban climate research based on an automated monitoring network sensors in Novi Sad (Serbia). In: Proc 4 Srpski kongres geografa, Kopaonik, Serbia.
- The Commission for Thermal Physiology of the International Union of Physiological Sciences (2003): Glossary of terms for thermal physiology. *Journal of Thermal Biology* 28, 75-106.
- Thomas, G., Sherin, A.P., Ansar, S. and Zachariah, E.J. (2014): Analysis of urban heat island in Kochi, India, using a modified local climate zone classification. *Procedia Environmental Sciences* 21: 3-13.
- Tomić, P., Lazić, L., Romelić, J., Pavić, D., Pavlica, K., Pajović, T. and Kovačević, M. (2004): Novi Sad na dlanu: Novi Sad on the palm. Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo.
- Tucker, C.J. (1979): Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing Environment* 8: 127-150.
- Unger, J. (1999): Urban-rural air humidity differences in Szeged, Hungary. *International Journal of Climatology* 19: 1509-1515.
- Unger, J., Gál, T.M., Rakonczai, J., Mucsi, L., Szatmári, J., Tobak, Z., Van Leeuwen, B. and Fiala, K. (2010): Modeling of the urban heat island pattern based on the relationship between surface and air temperatures. *Időjárás/Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* 114: 287-302.

- Unger, J., Savić, S. and Gál, T. (2011a): Modelling of the Annual Mean Urban Heat Island Pattern for Planning of Representative Urban Climate Station Network. *Advances in Meteorology* vol. 2011, Article ID 398613, 9 pages. doi:10.1155/2011/398613
- Unger, J., Savić, S. and Gál, T. (2011b): Method for representative siting of urban climate station network - Novi Sad (Serbia) as an example. *Climate and Constructions - International Conference*, October 24-25, 2011, Karlsruhe, Germany: 351-358.
- Unger, J., Savić, S., Gál, T. and Milošević, D. (2014a): Urban climate and monitoring network system in Central European cities. University of Novi Sad, University of Szeged, Novi Sad, Szeged.
- Unger, J., Lelovics, E. and Gál, T. (2014b): Local Climate Zone mapping using GIS methods in Szeged. *Hungarian Geographical Bulletin*, 63: 29-41.
- Unger, J., Savić, S., Gál, T., Milošević, D., Marković, V., Gulyás, Á. and Arsenović, D. (2015): Urban climate monitoring networks based on LCZ concept. 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, Toulouse, France, 1-6.
- Unger, J., Skarbit, N. and Gál, T. (2017): Evaluation of outdoor human thermal sensation of local climate zones based on long-term database. *International Journal of Biometeorology* 1-11.
- Unkašević, M., Jovanović, O. and Popović, T. (2001): Urban-suburban/rural vapor pressure and relative humidity differences at fixed hours over the area of Belgrade city. *Theoretical and Applied Climatology*: 68, 67-73.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014): World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352).

Yang, P., Ren, G., and Hou, W. (2017): Temporal–Spatial Patterns of Relative Humidity and the Urban Dryness Island Effect in Beijing City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 56(8): 2221-2237.

## Б И О Г Р А Ф И Ј А



Драган Милошевић је рођен 5. септембра 1988. године у Пакрацу. Први разред основне школе је завршио у Товарнику, док је остале разреде основне школе „Бранко Радичевић“ завршио у Бачинцима. Године 2003. уписује Гимназију „Сава Шумановић“ у Шиду и завршава је 2007. године. Исте године уписује основне академске студије на Универзитету у Новом Саду (УНС), при Природно-математичком факултету (ПМФ), на Департману за географију, туризам и

хотелијерство, смер професор географије. Године 2011. завршава основне академске студије географије са просеком 9,62 и постаје дипломирани професор географије. Исте године уписује мастер студије географије на истом факултету и завршава их 2012. године са просеком 9,75. У току школске 2011/2012. године провео је летњи семестар на усавршавању на Универзитету у Марибору где је вршио истраживања за израду мастер рада. Године 2012. уписује докторске студије на Департману за географију, туризам и хотелијерство, смер доктор наука - геонауке (географија) и полаже све испите са 10. Од фебруара 2016. године је ангажован на месту асистента на Департману за географију, туризам и хотелијерство (ПМФ, УНС).

Драган Милошевић је учествовао у два међународна и једном домаћем пројекту. Има око 30 научних радова (од тога 13 са фактором утицајности на којима је први аутор или коаутор) и око 30 научних излагања на домаћим и страним конференцијама. Осим тога, члан је: Центра за климатолошка и хидролошка истраживања при Универзитету у

Новом Саду, Међународне асоцијације урбаних климатолога и Међународног удружења биометеоролога. Члан је маркетинг тима Департмана за географију, туризам и хотелијерство (ПМФ, УНС), као и департманске канцеларије за међународну сарадњу. Осим тога, технички је уредник међународног научног часописа *Geographica Rannonica*. Преко Еразмус+ програма посетио је Универзитет у Дебрецину (Мађарска) и Универзитет у Оломуцу (Чешка) где је држао предавања њиховим студентима.

Нови Сад

Драган Милошевић

18.04.2018.

## Списак научних радова и саопштења по категоријама:

### M21a

1. Geletič, J., Lehnert, M., Savić, S., **Milošević, D.** 2018. Modelled spatiotemporal variability of outdoor thermal comfort in local climate zones of the city of Brno, Czech Republic. *Science of the Total Environment*, 624: 385-395. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.12.076 (IF 4.900)
2. Bajšanski, IV., **Milošević, DD.**, Savić, SM. 2015. Evaluation and improvement of outdoor thermal comfort in urban areas on extreme temperature days: Applications of automatic algorithms. *Building and Environment*, 94-2, 632-643. doi 10.1016/j.buildenv.2015.10.019 (IF 3.394)

### M21

1. **Milošević, DD.**, Bajšanski, IV., Savić, SM. 2017. Influence of changing trees locations on thermal comfort on street parking lot and footways. *Urban Forestry and Urban Greening* 23, 113-124. (IF 2.006)
  2. Savić, S., Selakov, A., **Milošević, D.** 2014. Cold and warm air temperature spells during the winter and summer seasons and their impact on energy consumption in urban areas. *Natural Hazards*, 73-2, 373-387. (IF 1.746)
-

**M22**

1. Savić, S. Marković, V., Šećerov, I., Pavić, D., Arsenović, D. **Milošević, D.** Dolinaj, D., Nagy, I. Pantelić, M. 2018. Heat wave risk assessment and mapping in urban areas: case study for a midsized Central European city, Novi Sad (Serbia). *Natural Hazards*, 91-3, 891-911. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3160-4>
2. Pantelić, MM., Dolinaj, DM., Leščešen, II., Savić, SM., **Milošević, DD.** 2015. Water Quality Of The Pannonian Basin Rivers The Danube, The Sava And The Tisa (Serbia) And Its Correlation With Air Temperature. *Thermal Science*, 19-2, 477-485. doi 10.2298/TSCI150325114P (IF 0.939)

**M23**

1. Leščešen I., Dolinaj D., Pantelić M., Savić S., **Milošević D.** 2018. Statistical analysis of water quality parameters in seven major Serbian Rivers during 2004-2013 period. *Water Resources*, accepted (IF 0.310)
  2. **Milošević, DD.**, Savić, SM, Stankov, U., Žiberna, I., Pantelić, MM., Dolinaj, D., Leščešen, I. 2017. Maximum temperatures over Slovenia and their relationship with atmospheric circulation patterns. *Geografije*, 122-1, 20 p. (IF 0.415)
  3. Lelovics, E., Unger, J., Savić, S., Gál, T., **Milošević, D.**, Gulyás, Á., Marković, V., Arsenović, D., Gál, CV. 2016. Intra-urban temperature observations in two Central European cities: a summer study. *Időjárás*, 120-3, 283-300. (IF 0.810)
  4. **Milošević, DD.**, Savić, SM, Pantelić, M., Stankov, U., Žiberna, I., Dolinaj, D., Leščešen, I. 2016. Variability of seasonal and annual precipitation in Slovenia and its correlation with large-scale atmospheric circulation. *Open Geosciences* (formerly Central European Journal of Geosciences), 8, 593-605. (IF 0.726)
  5. Leščešen, I., Pantelić, M., Dolinaj, D., Stojanović, V., **Milošević, D.** 2015. Statistical Analysis of Water Quality Parameters of the Drina River (West Serbia), 2004-11. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24- 2, 555-561. DOI: 10.15244/pjoes/29684 (IF 0.790)
  6. Balázs, D., Nagy, I., Andres, L. **Milošević, DD.** 2015. Soil Pollution In The Hungarian-Romanian Border Region (Valley Of Körös-Criş Rivers). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10-3, 207-216. (IF 0.730)
-



- 
7. **Milošević, DD.**, Savić, S., Stojanović V., Popov-Raljić, J. 2015. Effects of precipitation and temperatures on crop yield variability in Vojvodina (Serbia). *Italian Journal of Agrometeorology*, 35-44. (IF 0.290)

**M33**

1. **Milošević, DD.**, Savić, S., Bajšanski, I. 2017. Applications of automatic algorithms for improvement of outdoor thermal comfort in cities. *Procedia Engineering* 198, 187-192. Urban Transitions Conferences, Shanghai, September 2016.
  2. **Milošević, DD.**, Bajšanski, IV., Savić, SM., Žiberna I. 2016. Benefits of the environmental simulations for the urban planning process. *4th International Regional eCAADe Workshop*, Novi Sad, May 2016. Abstract book, pp. 24-30.
  3. **Milošević, DD.**, Savić, SM., Marković, V., Šećerov, I. 2015. Temperature characteristics of Novi Sad during extreme temperature days. *4th Serbian Congress of Geographers*. Kopaonik, Serbia, 7-9 October. Abstract book, pp. 125-129.
  4. Šećerov, I., Savić, SM., **Milošević, DD.** 2015. Urban climate research based on an automated monitoring network sensors in Novi Sad (Serbia). *4th Serbian Congress of Geographers*. Kopaonik, Serbia, 7-9 October. Abstract book, pp. 149-154.
  5. **Milošević, DD.**, Savić, SM., Unger, J., Gál, T. 2015. Urban climate monitoring system suitability for intra-urban thermal comfort observations in Novi Sad (Serbia) - with 2014 examples. *9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment*. Toulouse, France, 20<sup>th</sup>-24<sup>th</sup> July, pp. 1-6.
  6. Unger, J., Savić, S., Gál, T., **Milošević, D.**, Marković, V., Gulyás, Á., Arsenović D. 2015. Urban climate monitoring networks based on LCZ concept. *9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment*. Toulouse, France, 20<sup>th</sup>-24<sup>th</sup> July, pp. 1-6.
  7. **Savić, S.**, Geletič, J., Milošević, D., Lehnert, M. 2017. Analysis of land surface temperatures in "local climate zones" of Novi Sad (Serbia). *Cities and Climate Conference 2017*, 19-21 September 2017, Potsdam, Germany.
  8. Milošević, D., **Savić, S.**, Arsenović, D., Lužanin, Z. 2017. Analysis of human thermal comfort in Central European city during summer period: A case of Novi Sad, Serbia. *Cities and Climate Conference 2017*, 19-21 September 2017, Potsdam, Germany.
-

## M34

1. **Milošević, D.**, Savić, S. 2016. Outdoor human thermal comfort in the City of Novi Sad (Serbia). *Fourth Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube*. Vidin, Bulgaria, 15-17th September. Abstract book, pp. 64.
2. Savić, S., **Milošević, D.** 2016. One-year intra-urban climate observation in Novi Sad (Serbia). *Fourth Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube*. Vidin, Bulgaria, 15-17th September. Abstract book, pp. 79.
3. **Milošević, DD.**, Unger, J., Gál, T. 2015. Thermal comfort observations in the City of Novi Sad (Serbia) in 2014. *EUGeo 2015 - Convergences And Divergences Of Geography In Europe*. Budapest, Hungary, 30 August – 2 September. Abstract book, pp. 78.
4. Savić, S., Bajšanski I., **Milošević, DD.** 2015. Evaluation of outdoor thermal comfort in urban transformations of Novi Sad (Serbia). *EUGeo 2015 - Convergences And Divergences Of Geography In Europe*. 30 August – 2 September. Abstract book, pp. 79.
5. Savić, S., Unger, J., **Milošević, D.**, Lelovics, E., Gál, T. 2014. Mapping of Local Climate Zones in two neighboring Central-European city located in similar geographical environments. *International Geographical Union Regional Conference: Changes, Challenges, Responsibility*. Krakow, Poland, 18-22 August. Abstract book, pp. 89.
6. **Milošević, D.**, Savić, S., Žiberna, I., Dolinaj, D., Marković, V., Arsenović, D., Stankov, U. 2014. Fluctuations of the meteorological parameters and its influence on plant development in the Republic of Slovenia. *International Geographical Union Regional Conference: Changes, Challenges, Responsibility*. Krakow, Poland, 18-22 August. Abstract book, pp. 195.
7. Savić, S., **Milošević, D.**, Marković, V., Arsenović, D. 2014. Urban heat island and human thermal comfort monitoring system in Novi Sad (URBAN-PATH project). *The third Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube*. Srebrno jezero (Veliko Gradište), Serbia, 18-21 September. Abstract book, pp. 28.
8. Pavić, D., Mesaroš, M., Savić, S., Dolinaj, D., **Milošević, D.** 2014. Inland Excess Water Monitoring in Vojvodina (Serbia). *The third Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower*

- Basin of the Danube*. Srebrno jezero (Veliko Gradište), Serbia, 18-21 September. Abstract book, pp. 29.
9. Marković, V., Savić, S., **Milošević, D.**, Arsenović, D., Stankov, U. 2014. A GIS analysis of local climate zones and human thermal condition patterns in Novi Sad: Preliminary results. *The third Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube*. Srebrno jezero (Veliko Gradište), Serbia, 18-21 September. Abstract book, pp. 35.
  10. Savić, S., Selakov, A., **Milošević, D.** 2013. The Analysis of Heat waves and their Impact on Energy Consumption. *Natural hazards – links between science and practice*, Serbia, Belgrade 8-11.10.2013, Abstract book, pp. 29.
  11. Savić S., **Milošević D.**, Arsenović D., Marković V. 2013. Evaluation and public display of urban patterns of human thermal conditions (URBAN-PATH). Abstract book, *International Symposium Geography For Sustainable Development*, Timisoara, Romania, 17-18.05.2013., Abstract book, pp. 68-69.
  12. Kujundžić, R., Stojsavljević, R., Jovanović, M., **Milošević, D.** 2010. A Preliminary List of Geoheritage Sites in the Temštica River Valley, *1<sup>st</sup> International Conference on Geoheritage and Geotourism Research*, Novi Sad, Abstract book, pp. 66-67.
  13. Pantelić, M., Dolinaj, D., **Savić, S.**, Milošević, D., Leščešen, I. 2017. Water quality of Tisza river and its influence on tourism development in Serbia. 17th Contemporary Trends in Tourism and Hospitality, 1 & 2 September 2017, Novi Sad, Vojvodina, Serbia, Abstract book: 34.
  14. Dolinaj, D., Leščešen, I., Pantelić, M., **Savić, S.**, Milošević, D. 2017. Water quality of Drina river in Serbia and its effect on angling tourism development. 17th Contemporary Trends in Tourism and Hospitality, 1 & 2 September 2017, Novi Sad, Vojvodina, Serbia, Abstract book: 35.

## M51

1. Pantelić M., Stojanović, V., Dolinaj, D., Savić, S., Pavić, D., **Milošević, D.** 2017. Local residents' attitudes regarding ecological condition and pollution effects on human health and environment - case study of Veliki Bački Canal, Vojvodina, Serbia. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 97-2, 1-18.
  2. Šećerov, I., Savić, S., **Milošević, D.**, Marković V., Bajšanski, I. 2015. Development of an automated urban climate monitoring system in Novi Sad (Serbia). *Geographica Pannonica*, 19-4, 174-183.
-

- 
3. **Milošević, DD.**, Đorđević, J. 2015. Work zones of Novi Sad (Vojvodina, Serbia) with examples of industrial transformation. *Geographica Pannonica*, 19-1, 31-41.
  4. Lukić, T., Blešić, I., Basarin, B., Ivanović Bibić, Lj., **Milošević, D.**, Sakulski, D. 2014. Predatory and Fake Scientific Journals/Publishers- A Global Outbreak with Rising Trend: A Review. *Geographica Pannonica*, 18-3, 69-81.
  5. Savić, S., Unger, J., Gál, T., **Milošević, D.**, Popov, Z. 2013. Urban heat island research of Novi Sad (Serbia): A review. *Geographica Pannonica*, 17-1, 32-36.
  6. **Milošević, D.**, Savić, S., Žiberna, I. 2013. Analysis of the climate change in Slovenia: fluctuations of meteorological parameters for the period 1961-2011 (Part I). *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 93-1, 1-14.
  7. **Milošević, D.**, Žiberna, I., Savić, S. 2013. Analysis of the climate change in Slovenia: changes in plant development under the influence of meteorological parameters in the period 1961-2011 (Part II). *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 93-2, 1-22.
  8. **Milošević, D.**, Pavić, D., Mészáros, M., Dolinaj, D., Savić, S. 2013. Main Characteristics of Water Regime of the Phreatic Aquifer in Šid Municipality (Vojvodina, Serbia). *Geographica Pannonica*, 17-3, 79-90.
  9. Savić, S., **Milošević, D.**, Lazić, L., Marković, V., Arsenović, D., Pavić, D. 2013. Classifying Urban Meteorological Stations Sites by "Local Climate Zones": preliminary results for the City of Novi Sad (Serbia). *Geographica Pannonica*, 17-3, 60-68.
  10. Savić, S., **Milošević, D.**, Marković, V., Kujundžić-Dačović, R. 2012. Homogenisation of mean air temperature time series from Vojvodina (North Serbia). *Geographica Pannonica*, 16-2, 38-43.

**M53**

1. **Milošević, DD.**, Savić, SM., Marković, V., Arsenović, D., Šećerov, I. 2016. Outdoor human thermal comfort in local climate zones of Novi Sad (Serbia) during heat wave period. *Hungarian Geographical Bulletin*, 2, 129-137.
  2. Savić, SM., **Milošević, DD.**, Arsenović, D., Marković, V., Bajšanski, I., Šećerov, I. 2016. Urban climate issues in complex urbanized environments: a review of the literature for Novi Sad (Serbia). *Acta Climatologica Et Chorologica Universitatis Szegediensis*, 49-50, 63-80.
  3. **Милошевић, Д.**, Нађ, И., Стојановић, В. 2014. Земљишта у градовима: стање, проблеми и технике ремедијације. *Зборник радова Департмана за географију, туризам и хотелијерство*, 43-1, 1-17.
-

- 
4. **Milošević, D.**, Savić, S. 2013. Analysis of precipitation quantities and trends from Pannonian and Peripannonian parts of Serbia. *DELA*, 39, 125-139.
  5. Stojsavljević, R., Savić, S., **Milošević, D.**, Stojanov, S., Leščešen, I., Majstorović, V. 2013. Interpolation and Extrapolation of Precipitation Quantities in Serbia. *European Researcher*, 55, 7-2, 1980-1986.
  6. **Милошевић, Д.**, Савић, С. 2011. Компаративна анализа годишњих и сезонских средњих температура ваздуха у Вршцу и Зрењанину у периоду 1949-2010. *Зборник радова Департмана за географију, туризам и хотелијерство*, 40, 16-30.

**M63**

1. Đurđević, D., Savić, S., **Milošević, D.** 2017. Application of urban climate research in Novi Sad (Serbia). *The Thirteenth Regional Conference EnE17*, Serbia, Belgrade, June 2017, Abstract book: pp. 36-40.

**M64**

1. Savić, S., Unger, J., Gál, T., **Milošević, D.**, Popov, Z. 2012. Urban heat island research of Novi Sad (Serbia): A review. *Geographical Research and Cross-border Cooperation within the Lower Basin of the Danube*, Hungary, Eger 20-23.09.2012, Abstract book: pp. 7.

**Радови и саопштења која чине део докторске дисертације (по категоријама):****M21a**

1. Bajšanski, IV., **Milošević, DD.**, Savić, SM. 2015. Evaluation and improvement of outdoor thermal comfort in urban areas on extreme temperature days: Applications of automatic algorithms. *Building and Environment*, 94-2, 632-643. doi 10.1016/j.buildenv.2015.10.019 (IF 3.394)
-

**M21**

1. **Milošević, DD.**, Bajšanski, IV., Savić, SM. 2017. Influence of changing trees locations on thermal comfort on street parking lot and footways. *Urban Forestry and Urban Greening* 23, 113-124. (IF 2.006)

**M22**

1. Savić, S. Marković, V., Šećerov, I., Pavić, D., Arsenović, D. **Milošević, D.** Dolinaj, D., Nagy, I. Pantelić, M. 2018. Heat wave risk assessment and mapping in urban areas: case study for a midsized Central European city, Novi Sad (Serbia). *Natural Hazards*, 91-3, 891-911. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3160-4>

**M23**

1. Lelovics, E., Unger, J., Savić, S., Gál, T., **Milošević, D.**, Gulyás, Á., Marković, V., Arsenović, D., Gál, CV. 2016. Intra-urban temperature observations in two Central European cities: a summer study. *Időjárás*, 120-3, 283-300. (IF 0.810)

**M33**

1. **Milošević, DD.**, Savić, SM., Marković, V., Šećerov, I. 2015. Temperature characteristics of Novi Sad during extreme temperature days. *4<sup>th</sup> Serbian Congress of Geographers*. Kopaonik, Serbia, 7-9 October. Abstract book, pp. 125-129.
  2. Šećerov, I., Savić, SM., **Milošević, DD.** 2015. Urban climate research based on an automated monitoring network sensors in Novi Sad (Serbia). *4<sup>th</sup> Serbian Congress of Geographers*. Kopaonik, Serbia, 7-9 October. Abstract book, pp. 149-154.
  3. **Milošević, DD.**, Savić, SM., Unger, J., Gál, T. 2015. Urban climate monitoring system suitability for intra-urban thermal comfort observations in Novi Sad (Serbia) - with 2014 examples. *9<sup>th</sup> International Conference on Urban Climate jointly with 12<sup>th</sup> Symposium on the Urban Environment*. Toulouse, France, 20<sup>th</sup>-24<sup>th</sup> July, pp. 1-6.
  4. Unger, J., Savić, S., Gál, T., **Milošević, D.**, Marković, V., Gulyás, Á., Arsenović D. 2015. Urban climate monitoring networks based on LCZ concept. *9<sup>th</sup> International Conference on Urban Climate jointly with 12<sup>th</sup> Symposium on the Urban Environment*. Toulouse, France, 20<sup>th</sup>-24<sup>th</sup> July, pp. 1-6.
-

- 
5. Milošević, D., Savić, S., Arsenović, D., Lužanin, Z. 2017. Analysis of human thermal comfort in Central European city during summer period: A case of Novi Sad, Serbia. Cities and Climate Conference 2017, 19-21 September 2017, Potsdam, Germany.

**M34**

1. Milošević, D., Savić, S. 2016. Outdoor human thermal comfort in the City of Novi Sad (Serbia). *Fourth Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube*. Vidin, Bulgaria, 15-17th September. Abstract book, pp. 64.
  2. Savić, S., Milošević, D. 2016. One-year intra-urban climate observation in Novi Sad (Serbia). *Fourth Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube*. Vidin, Bulgaria, 15-17th September. Abstract book, pp. 79.
  3. Milošević, D.D., Unger, J., Gál, T. 2015. Thermal comfort observations in the City of Novi Sad (Serbia) in 2014. *EUGeo 2015 - Convergences And Divergences Of Geography In Europe*. Budapest, Hungary, 30 August – 2 September. Abstract book, pp. 78.
  4. Savić, S., Bajšanski I., Milošević, D.D. 2015. Evaluation of outdoor thermal comfort in urban transformations of Novi Sad (Serbia). *EUGeo 2015 - Convergences And Divergences Of Geography In Europe*. 30 August – 2 September. Abstract book, pp. 79.
  5. Savić, S., Unger, J., Milošević, D., Lelovics, E., Gál, T. 2014. Mapping of Local Climate Zones in two neighboring Central-European city located in similar geographical environments. *International Geographical Union Regional Conference: Changes, Challenges, Responsibility*. Krakow, Poland, 18-22 August. Abstract book, pp. 89.
  6. Savić, S., Milošević, D., Marković, V., Arsenović, D. 2014. Urban heat island and human thermal comfort monitoring system in Novi Sad (URBAN-PATH project). *The third Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube*. Srebrno jezero (Veliko Gradište), Serbia, 18-21 September. Abstract book, pp. 28.
  7. Marković, V., Savić, S., Milošević, D., Arsenović, D., Stankov, U. 2014. A GIS analysis of local climate zones and human thermal condition patterns in Novi Sad: Preliminary results. *The third Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian conference - Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of*
-

---

*the Danube*. Srebrno jezero (Veliko Gradište), Serbia, 18-21 September. Abstract book, pp. 35.

8. Savić S., **Milošević D.**, Arsenović D., Marković V. 2013. Evaluation and public display of urban patterns of human thermal conditions (URBAN-PATH). Abstract book, *International Symposium Geography For Sustainable Development*, Timisoara, Romania, 17-18.05.2013., Abstract book, pp. 68-69.

### M51

1. Šećerov, I., Savić, S., **Milošević, D.**, Marković V., Bajšanski, I. 2015. Development of an automated urban climate monitoring system in Novi Sad (Serbia). *Geographica Pannonica*, 19-4, 174-183.
2. Savić, S., Unger, J., Gál, T., **Milošević, D.**, Popov, Z. 2013. Urban heat island research of Novi Sad (Serbia): A review. *Geographica Pannonica*, 17-1, 32-36.
3. Savić, S., **Milošević, D.**, Lazić, L., Marković, V., Arsenović, D., Pavić, D. 2013. Classifying Urban Meteorological Stations Sites by “Local Climate Zones”: preliminary results for the City of Novi Sad (Serbia). *Geographica Pannonica*, 17-3, 60-68.

### M53

1. **Milošević, DD.**, Savić, SM., Marković, V., Arsenović, D., Šećerov, I. 2016. Outdoor human thermal comfort in local climate zones of Novi Sad (Serbia) during heat wave period. *Hungarian Geographical Bulletin*, 2, 129-137.
2. Savić, SM., **Milošević, DD.**, Arsenović, D., Marković, V., Bajšanski, I., Šećerov, I. 2016. Urban climate issues in complex urbanized environments: a review of the literature for Novi Sad (Serbia). *Acta Climatologica Et Chorologica Universitatis Szegediensis*, 49-50, 63-80.

### M63

1. Đurđević, D., Savić, S., **Milošević, D.** 2017. Application of urban climate research in Novi Sad (Serbia). *The Thirteenth Regional Conference EnE17*, Serbia, Belgrade, June 2017, Abstract book: pp. 36-40.
-



**M64**

1. Savić, S., Unger, J., Gál, T., **Milošević, D.**, Popov, Z. 2012. Urban heat island research of Novi Sad (Serbia): A review. *Geographical Research and Cross-border Cooperation within the Lower Basin of the Danube*, Hungary, Eger 20-23.09.2012.
-

**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ**  
**ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ**  
**ДЕПАРТМАН ЗА ГЕОГРАФИЈУ, ТУРИЗАМ И ХОТЕЛИЈЕРСТВО**

**КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА**

<b>РЕДНИ БРОЈ</b> <b>РБР</b>	
<b>ИНДЕНТИФИКАЦИОНИ БРОЈ</b> <b>ИБР</b>	
<b>ТИП ДОКУМЕНТАЦИЈЕ</b> <b>ТД</b>	Монографска документација
<b>ТИП ЗАПИСА</b> <b>ТЗ</b>	Текстуални штампани материјал
<b>ВРСТА РАДА</b> <b>ВР</b>	Докторска дисертација
<b>АУТОР</b> <b>АУ</b>	Мср. Драган Д. Милошевић
<b>МЕНТОР</b> <b>МН</b>	др Стеван Савић, ванредни професор
<b>НАСЛОВ РАДА</b> <b>НР</b>	ПРИМЕНА И ПРОЦЕНА КЛАСИФИКАЦИОНОГ СИСТЕМА ЛОКАЛНИХ КЛИМАТСКИХ ЗОНА ПОМОЋУ АУТОМАТИЗОВАНОГ МОДЕЛА И БИОКЛИМАТСКИХ АНАЛИЗА
<b>ЈЕЗИК ПУБЛИКАЦИЈЕ</b> <b>ЈП</b>	Српски/ћирилица
<b>ЈЕЗИК ИЗВОДА</b> <b>ЈИ</b>	Српски
<b>ЗЕМЉА ПУБЛИКОВАЊА</b> <b>ЗП</b>	Република Србија
<b>УЖЕ ГЕОГРАФСКО</b> <b>ПОДРУЧЈЕ</b> <b>УГП</b>	АП Војводина
<b>ГОДИНА</b> <b>ГО</b>	2018.

<b>ИЗДАВАЧ ИЗ</b>	Ауторски репринт
<b>МЕСТО И АДРЕСА МА</b>	ПМФ, Трг Доситеја Обрадовића 3, Нови Сад
<b>ФИЗИЧКИ ОПИС РАДА ФО</b>	12 поглавља/ 125 страница/ 79 лит. цитат/ 38 табела/ 50 прилога
<b>НАУЧНА ОБЛАСТ НО</b>	Географија
<b>НАУЧНА ДИСЦИПЛИНА НД</b>	Климатологија
<b>ПРЕДМЕТНА ОДРЕДНИЦА/</b>	Нови Сад, урбана клима, температура ваздуха, влажност ваздуха, термални комфор, локалне климатске зоне
<b>КЉУЧНЕ РЕЧИ ПО</b>	
<b>УДК</b>	
<b>ЧУВА СЕ ЧУ</b>	Библиотека Департамента за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 3
<b>ВАЖНА НАПОМЕНА ВН</b>	Нема

### **ИЗВОД/ИЗ**

Тема докторске дисертације је примена и процена класификационог система локалних климатских зона (ЛКЗ) помоћу аутоматизованог модела и биоклиматских анализа на примеру Новог Сада (Србија). Развијени ГИС модел се показао као адекватан за мапирање и дефинисање ЛКЗ у Новом Саду и његовој околини издвојивши чак 13 ЛКЗ употребом 7 параметара градске површине. Осим тога, у оквиру дисертације је приказан и развијен нов модел за чишћење базе података.

Добијени резултати су указали да се најизраженије разлике у средњој температури ваздуха ( $T_{cp}$ ) јављају између локалних климатских зона (ЛКЗ) ноћу током топлотног таласа и износе до 5,5 °C (ЛКЗ<sub>2-А</sub>, разлика између урбане збијене средњеградње и густе шуме изван града). На годишњем нивоу разлике у  $T_{cp}$  износе 1,7 °C између града и природне околине, односно 0,7 °C унутар различитих градских ЛКЗ. Статистичком анализом средњих максималних и апсолутно максималних температура ваздуха на годишњем, сезонском и месечном нивоу нису уочене знатне разлике између ЛКЗ. Учесталост појаве температурних индекса је указала да тзв. „хладни индекси“ (мразни дани, ледени дани) указују на температурне специфичности ЛКЗ у Новом Саду, док то није евидентно анализом тзв. „топлих индекса“ (летњи дани, тропски дани), изузев тропских ноћи. Анализом релативне влажности ваздуха је уочено да постоје знатне разлике између изграђених и природних ЛКЗ, док то није случај између изграђених ЛКЗ.

У Новом Саду се јавља тзв. „урбано острво сувоће“ ноћу током топлотног таласа када је збијена средњеградња (ЛКЗ 2) окарактерисана са максималним дефицитом влажности од око 33% у односу на природну ЛКЗ А изван града. Статистичка анализа вредности израчунатих биоклиматских индекса PЕТ и UТCІ је указала да се ЛКЗ разликују у условима спољњег термалног комфора човека на годишњем, сезонском и месечном нивоу, као и током топлотног и хладног таласа (до максималних 8-9 °С). Такође су резултати указали да је класификациони систем ЛКЗ адекватан за интер-урбану анализу градске климе (поређења између градова).

**ДАТУМ ПРИХВАТАЊА ТЕМЕ**  
**ДП**

20. 11. 2014. године

**ДАТУМ ОДБРАНЕ**  
**ДО**

**ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**  
**(Научни степен/  
име и презиме/  
звање/ факултет)**  
**КО**

1. др Лазар Лазић, редовни професор, ПМФ,  
Департман за географију, туризам и хотелијерство,  
Нови Сад – председник
2. др Стеван Савић, ванредни професор, ПМФ,  
Департман за географију, туризам и хотелијерство,  
Нови Сад – ментор
3. др Имре Нађ, редовни професор, ПМФ,  
Департман за географију, туризам и хотелијерство,  
Нови Сад – члан
4. др Горан Анђелковић, ванредни професор,  
Географски факултет, Универзитет у Београду -  
члан
5. др Бошко Миловановић, научни сарадник,  
Географски институт "Јован Цвијић"-САНУ,  
Београд - члан

**UNIVERSITY OF NOVI SAD**  
**FACULTY OF NATURAL SCIENCE AND MATHEMATICS**  
**DEPARTMENT OF GEOGRAPHY, TOURISM AND HOTEL MANAGEMENT**

**KEY WORDS DOCUMENTATION**

**ACCESSION NUMBER:**

**ANO**

**IDENTIFICATION NUMBER:**

**INO**

**DOCUMENT TYPE:**

**DT**

Monographic documentation

**TIPE OF RECOD:**

**TR**

Printed material

**CONTENTS CODE:**

**CC**

PhD dissertation

**AUTHOR:**

**AU**

Dragan D. Milošević, MSc

**MENTOR:**

**MN**

PhD Stevan Savić, associate professor

**TITLE/TI:**

Application and evaluation of classification system of Local climate zones using automatic model and bioclimate analysis

**LANGUAGE OF TEXT:**

**LT**

Serbian

**LANGUAGE OF ABSTRAKT:**

**LA**

Serbian/English

**COUNTRY OF PUBLICATION:**

**CP**

Republic of Serbia

**LOCALITY OF PUBLICATION:**

**LP**

Vojvodina

**PUBLICATION YEAR:**

**PY**

2018.

**PUBLISHER:**

**PU**

Author's reprint

**PUBLICATION PLACE:**

**PP**

21 000 Novi Sad, Serbia, Trg Dositeja Obradovića 3

**PHYSICAL DESCRIPTION:** 12 chapters/ 125 pages/ 79 literature notes/  
**PD** 38 tables/ 50 figures

**SCIENTIFIC FIELD:** Geography  
**SF**

**SCIENTIFIC DISCIPLINE:** Climatology  
**SD**

**KEY WORDS/KW:** Novi Sad, urban climate, air temperature, air humidity, thermal comfort, local climate zones

**UDC**

**HOLDING DATA:** The Library of Department of geography,  
**HD** tourism and hotel management, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3,

**NOTE:** None  
**N**

**ABSTRAKT:**  
**AB**

The topic of the doctoral dissertation is the application and assessment of the classification system of local climate zones (LCZ) using the automated model and bioclimatic analysis on the example of Novi Sad (Serbia). The developed GIS model proved to be adequate for mapping and defining LCZs in Novi Sad and its surroundings by delineating 13 LCZs using 7 parameters of the city surface. In addition, in the framework of the dissertation, is developed new model for cleaning the database.

The obtained results indicated that the most pronounced differences in mean air temperature ( $T_{sr}$ ) occur between LCZs at night during a heat wave and are up to 5.5 °C (LCZ<sub>2-A</sub>, the difference between urban compact midrise and dense forests). At annual level, the difference in  $T_{sr}$  is 1.7 °C between the city and the natural environment, and 0.7 °C within different city LCZs. Statistical analysis of mean maximum and absolute maximum air temperatures at annual, seasonal and monthly levels did not show significant differences between LCZs. The frequency of occurrence of temperature indexes indicated that the so-called "cold indices" (cold days, ice days) indicate the temperature specificity of LCZs in Novi Sad, while this is not evident from the analysis of so-called "warm indices" (summer days, tropical days), except for tropical nights. By analyzing the relative humidity of the air it was noticed that there are significant differences between the built-up and natural LCZs, while this is not the case between built-up LCZs. In Novi Sad there is recognized so-called "Urban dryness island" at night during a heat wave period when a compact midrise LCZ 2 is characterized with a maximum humidity deficit of about 33% compared to the natural LCZ A outside the city. Statistical analysis of the values of calculated bioclimatic indexes PET and UTCI indicated that LCZs differ in the conditions of the outdoor thermal comfort of population at annual, seasonal and monthly levels as well as during heat and cold waves (up to a maximum of 8-9 °C differences). The results also indicated that the LCZ classification system is adequate for inter-urban analysis of the city climate (comparisons between cities).

**ACCEPTED BY THE SCIENTIFIC  
BOARD ON:  
ASB**

20. 11. 2014.

**DEFENDED ON:  
DE**

**THESIS DEFEND BOARD:  
(degree/ name & surname/  
title/ faculty)  
DB**

1. PhD Lazar Lazić, full professor,  
Department of geography, tourism and hotel  
management, Novi Sad – President of board
2. PhD Stevan Savić, associate professor,  
Department of geography, tourism and hotel  
management, Novi Sad - Mentor
3. PhD Imre Nađ, full professor, Department of  
geography, tourism and hotel management,  
Novi Sad - Member
4. PhD Goran Anđelković, associate professor,  
Faculty of Geography, University of Belgrade -  
Member
5. PhD Boško Milovanović, research associate,  
Geographical Institute “Jovan Cvijic” of  
Serbian Academy of Sciences and Arts,  
Belgrade – Member