

THE IMPACT OF URBANIZATION OF THE CITY OF BIJELJINA ON THE THERMAL COMFORT OF THE POPULATION

УТИЦАЈ УРБАНИЗАЦИЈЕ ГРАДА БИЈЕЉИНА НА ТЕРМАЛНИ КОМФОР СТАНОВНИШТВА

Dijana Đurić¹

UDK: 711.4:551.583

DOI: 10.14415/zbornikGFS39.04

CC-BY-SA 4.0 license

Summary: Construction of buildings from the beginning of the twentieth century in the city of Bijeljina made a complete transformation of the area and created an urban environment of a small town. Urbanization, combined with high temperatures, has led to thermal discomfort of the population, which was analyzed through bioclimatic index of heat load of an organism (HL). The aim of this paper is to include bioclimatic evaluation and analysis of thermal comfort in the process of spatial planning.

Резиме: Изградња објеката од почетка 20. века у граду Бијељина направила је потпуну трансформацију простора и створила од варошице урбану средину. Процес урбанизације у комбинацији са високим температурама, довео је до термалног дискомфора становништва, који је анализиран преко биоклиматског индекса топлотног оптерећења у човеку (HL). Циљ рада је укључити биоклиматско вредновање и анализирање термалног комфора у процес планирања простора.

Keywords: thermal comfort, HL, Bijeljina, urbanization, planning

Кључне речи: термални комфор, HL, Бијељина, урбанизација, планирање

1. INTRODUCTION

Urban areas are undergoing continuous growth in terms of inhabitants and land use expansion. 68% of world population is expected to live in urban areas by 2050 according to the 2018 Revision of World Urbanization Prospect [1, 2]. This intensive process of urbanization implies the use of all natural resources for the purpose of satisfying population needs. In the rising cities it is notable the reduction of green areas due to multi – storey buildings. Many cities have higher temperatures compared to the countryside due to large degree of urbanization that modifies land use and

1. УВОД

Урбане средине бележе константан раст становника и експанзију употребе земљишта. Према ревизији светске перспективе урбанизације из 2018, 68% становништва ће до 2050. живети у урбаним срединама [1,2]. Овакав интензиван процес урбанизације подразумева употребу свих природних ресурса ради задовољења људских потреба. У градовима у порасту приметан је пад зелених површина услед вишеспратних објеката. Многи градови имају вишу температуру од

¹ Dijana Đurić, assistant, University of Novi Sad, Faculty of Civil Engineering Subotica, Kozaračka 2a, Subotica, Serbia, tel: +381649842375, e – mail: dijana.djuric.gf@gmail.com

its cover, creating the specific phenomenon, urban heat islands [2,3]. For humans it is very difficult to adjust to increased temperatures that are most intense during months June, July and August, and sometimes even September. The transitional seasons, spring and fall, which are most suitable for outdoor activities, are showing increase in days with high temperatures and characteristics closer to the summer period.

Health problems and heat related deaths are on the rise. This research analyzed thermal comfort which is defined as a condition of mind that expresses satisfaction with the surrounding environment [4], in the city of Bijeljina, for the period of 14 years.

2. METHODOLOGY

The city of Bijeljina is located in the northeast part of Bosnia and Herzegovina, close to the border with Serbia on the east and Croatia on the north. It is characterized by a favorable geographical position, at the crossroads. It represents one of twenty municipalities in Bosnia and Herzegovina, ie one of only five in the Republic of Srpska, which since 1991 has an increase in population by as much as 16.1% [5]. The total population of the city is 42 278 [6].

The influx of population to Bijeljina, which has been going on since the beginning of the 20th century, has led to changes in the appearance and functioning of the city. The needs of the population for housing, education and work have imposed a rapid construction process, which often does not respect spatial norms. Omissions such as the proximity of objects to the street or another object, the absence of trees or their replacement with grass and buildings, overcrowding of some streets with multi storey buildings, insufficient number of parking spaces and many others create discomfort in people

окоline због нивоа урбанизације која модификује употребу земљишта, стварајући специфичан феномен, урбана топлотна острва [2,3].

Људима је тешко да се прилагоде повећаним температурама, које су најинтензивније током месеци јун, јул и август, а понекад и септембар. Прелазна доба, пролеће и јесен, која су најпогоднија за активности напољу, показју пораст дана са високим температурама и карактеристике ближе летњем добу. Здравствени проблеми и број умрлих повезаних са топлотом расту. Ово истраживање анализирало је термални комфор који је дефинисан као стање ума које изражава задовољство са околином [4], у граду Бијељина, у периоду од 14 година.

2. МЕТОДОЛОГИЈА

Град Бијељина налази се на североистоку Босне и Херцеговине, недалеко од границе са Србијом на истоку и Хрватском на северу. Карактерише га повољан географски положај, на раскрсници путева. Представља једну од двадесет општина у Босни и Херцеговини, односно једну од само пет у Републици Српској која од 1991. године бележи пораст становника за чак 16.1 % [5]. Укупан број становника износи 42 278 [6].

Прилив становништва у Бијељину, који траје од почетка 20 – ог века, довео је до промена у изгледу и функционисању самог града. Потребе становништва за становањем, образовањем и послом, наметнуле су брз процес изградње, који често не поштује просторне норме. Пропусти попут близине зграда улици, или неком другом објекту, непостојење дрвећа или њихова замена травнатим површинама и грађевинским објектима, преоптерећеност неких улица вишеспратним објектима, недовољан број паркинг места и

which in combination with high temperatures manifests itself in reduced thermal comfort. which results in mild or severe health problems in humans.

Most of the streets in the wider center of the city have undergone some degree of change in the form of construction of one or more residential or residential – commercial buildings since the year 2000 (figure 1).

многи други стварају nelaгoду код људи која се у комбинацији са високим температурама манифестује смањењем термалног комфора, који за последицу има појаву блажих или тежих здравствених тегоба.

Већина улица у ширем центру града претрпела је одређен степен промене у виду изградње једног или више стамбених или стамбено пословних објеката од 2000. године (слика 1).

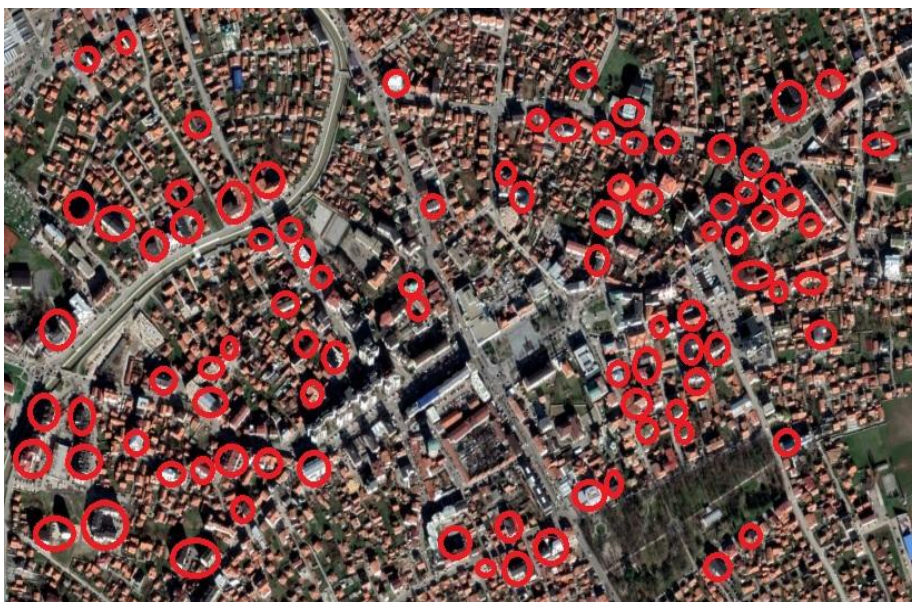


Figure 1 – Multi – storey residential buildings built since 2000
Слика 1 – Вишеспратни објекти изграђени од 2000. године

In the researched area, the average annual temperature ranges between 11 and 14 degrees Celsius. The warmest months are June, July and August with the maximum daily temperatures generally exceeding 30° C, and often even 40° C [7].

2019 was one of the warmest in the last 100 years on the research area. August had an average of 2° C higher mean air temperature [8], November was one of the 5 warmest in the last 150 years, with an average monthly temperature of 11.3° C [9] and December was the tenth

На истраживаном подручју средње годишње температуре крећу се између 11 и 14 степени целзијусових. Најтоплији месеци су јун, јул и август са максималним дневним температурама које углавном прелазе 30° C, неретко и 40° C [7].

2019. је била једна од најтоплијих у последњих 100 година на истраживаном подручју. Август је имао у просеку 2° C вишу средњу температуру ваздуха [8], новембар је био један од 5 најтоплијих у последњих 150 година, са средњом

warmest since the year 1861 [10].

In addition to high temperatures, the area of Bijeljina is characterized by a lack of wind. Average monthly and annual speeds do not exceed 2 m/s. Humidity, which also affects thermal comfort, is the highest during the summer months [7].

The meteorological station is located outside of the urban and densely populated zone of the city, in a settlement with single – storey, one – storey and two – storey houses, next to green areas, so it can be assumed that the temperatures in the city center have a slightly higher values than those presented on a measuring station.

High temperatures, higher humidity, lack of wind and a sudden process of urbanization have created an unpleasant climate in the city, which is reflected through the thermal disturbance of the population, which is most expressed during the summer months.

Thermal comfort was analyzed by using the bioclimatic index of a heat load of an organism (HL) for the period of 14 years (2005 - 2018), for the months June, July and August, which are the warmest during the year. This index analyzes the load of the central thermoregulatory system that arises due to the process of adaptation of the human body to the environment in which it is located [11].

To calculate human thermal balance, two types of data are needed, meteorological and physiological. The meteorological data in this research refer to daily average values. For physiological parameters were universal data that represent constants in the model. These are: metabolic heat of 135 Wm^{-2} , which refers to a person that is moving 1.1 ms^{-1} , skin temperature of 32°C , thermal insulation of 1 clo, which is achieved in a person that is resting at a temperature of 21°C and a relative humidity of 50 % and implies a man dressed in a business suit, albedo of

mesечном температуром од 11.3°C [9] а децембар је био десети најтоплији од 1861. године [10].

Поред високих температура, простор Бијељине карактерише недостатак ветра. Средње месечне и годишње брзине не прелазе 2 m/s . Влажност ваздуха, која такође утиче на термални комфор је највиша током летњих месеци [7].

Метеоролошка станица налази се ван урбане и густо насељене зоне града, у насељу са приземним, једносратним и двосратним кућама, поред зелених површина, по чему се може претпоставити да температура у центру града има нешто вишу вредност од приказане на мерној станици.

Високе температуре, већа влажност ваздуха, недостатак ветра и нагли процес урбанизације створили су непријатну климу у граду, која се огледа кроз нарушавање термалног комфора становништва које је најизражајније током летњих месеци. Термални комфор анализиран је кориштењем биоклиматског индекса топлотног оптерећења у човеку (HL) за период од 14 година (2005 – 2018), за месеце јун, јул и август који су најтоплији у току године. Овај индекс анализира оптерећење централног терморегулационог система које настаје услед процеса адаптације човековог тела на средину [11].

Да би се израчунала човекова топлотна равнотежа потребна су два типа података, метеоролошки и физиолошки. Метеоролошки подаци у овом истраживању односе се на средње дневне вредности. За физиолошке податке, кориштени су универзални који представљају константе у моделу. То су: метаболичка топлота од 135 Wm^{-2} која се односи на човека који се креће 1.1 ms^{-1} , температура коже 32°C , топлотна изолација од 1 clo која се оствари код човека који се одмара на температури од 21°C и релативној влажности од 50% и

the skin of 30%, albedo of earth of 17% and skin moisture which represents a dimensionless size [12,13,14].

The calculation of this index was done by using the program BioKlima 2.6 [15]. The range of values of the heat load of an organism is given in Table 1 [16].

подразумева човека обученог у пословно одело, албео коже 30%, албео земље 17% и влажност коже која представља бездимензионалну величину [12,13,14].

Рачунање овог индекса урађено је преко програма BioKlima 2.6 [15]. Опсег вредности топлотног оптерећења дат је у табели 1 [16].

Табела 1 – Опсег вредности топлотног оптерећења у човеку
Table 1 – Value range of heat load of an organism

Category / Категорија	Numerical value/ Нумеричка вредност
Very cold / Веома хладно	< 0.250
Cold / Хладно	0.250 – 0.820
Chilly / Прохладно	0.821 – 0.975
Comfortable / Угодно	0.976 – 1.025
Warm/ Топло	1.026 – 1.180
Hot/ Вруће	1.181 – 1.750
Very hot/ Веома вруће	> 1.750

3. RESULTS

During June, July and August 4 out of a total of 7 categories of the HL index are present. These are: comfortable, warm, hot and very hot. The analysis of the data showed unsatisfactory results during these months when there are very few comfortable days that are most pleasant for the human body. The month of June shows the most favorable values in relation to all three months. During June, in the observed period, 13 days were recorded within the category of comfortable, while during July, only 1 day in 2016 was recorded. During the month of August, 4 days were recorded in the category of comfortable, 2 days in 2005, 1 day in 2006 and 1 day in 2010.

Category warm appears between few and over 20 days in observed months. It shows a drop of days, by being replaced with a higher category during July. In 2006 this month did not have a single day within this category. June and August have an irregular appearance schedule.

3. РЕЗУЛТАТИ

Током јуна, јула и августа јављају се 4 од укупно 7 категорија HL индекса. То су угодно, топло, вруће и веома вруће. Анализа података показала је незадовољавајуће резултате током ових месеца када се јавља јако мали број угодних дана који су најпријатнији за људски организам. Месец јун показује најповољније вредности у односу на сва три месеца. Током њега у посматраном периоду забележено је 13 дана у оквиру категорије угодно, док је током јула забележен само 1 дан 2016. године. Током месеца августа забележена су 4 дана у категорији угодно, 2 дана 2005. године, 1 дан 2006. године и 1 дан 2010. године.

Категорија топло јавља се од неколико до преко 20 дана у посматраним месецима. Показује пад дана, уступајући место вишој категорији у току јула. Овај месец 2006. године није имао ниједан дан у оквиру ове категорије. Јун и август имају неправилан распоред

The categories hot and very hot are the most dangerous for the human body. Days with their values, especially of the category very hot, are important for monitoring the state of thermal comfort. The increase of these days shows the unfavorable development of a certain areas. In Bijeljina, days of this category do not have a rule of appearance. The hot category appears between 15 and 25 days. The category very hot is characterized by the presence of several days during all three months. In the observed period, days in this category appeared during 10 years, out of 14 in total. In general, the month of July has higher values of categories than the months of June and August. The number of days by categories of heat load of an organism for the month of June (period 2005 - 2018) is shown in Figure 2, for the month of July in Figure 3 and for the month of August in Figure 4.

појављивања. Категорије вруће и веома вруће су најопасније по људски организам. Дани са њиховим вредностима, посебно категорије веома вруће су важни за праћење стања комфора. Пораст ових дана показује неповољан развој одређеног простора. У Бијељини дани ове категорије немају правило појављивања. Категорија вруће јавља се између 15 и 25 дана. Категорију веома вруће одликује присуство од по неколико дана у току сва три месеца. У посматраном периоду јавила су се током 10 година, од укупно 14. Генерално, месец јул има више вредности категорија, него месеци јун и август. Број дана по категоријама топлотног оптерећења у човеку за месец јун (период 2005 – 2018) приказан је на слици 2, за месец јул на слици 3 и за месец август на слици 4.

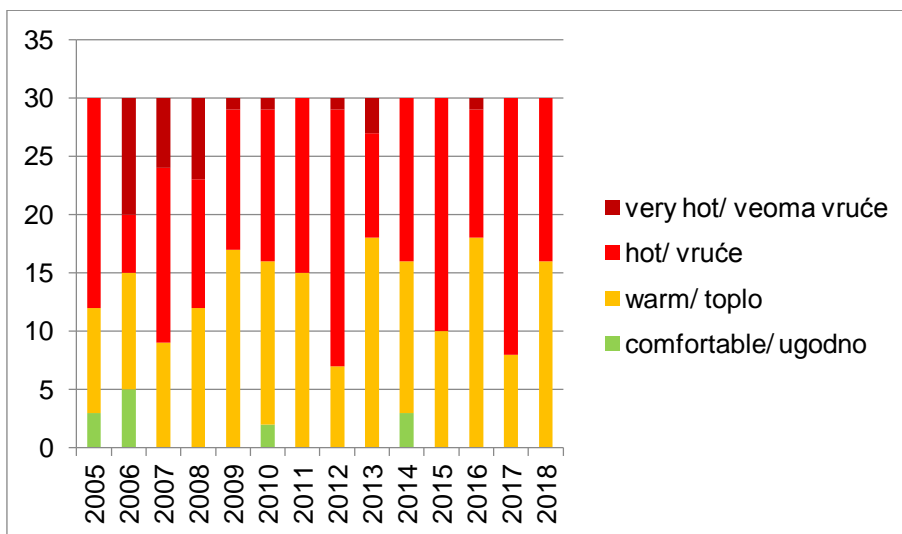


Figure 2 – Number of days by categories during June in the observed period
Слика 2 – Број дана по категоријама током јуна у посматраном периоду

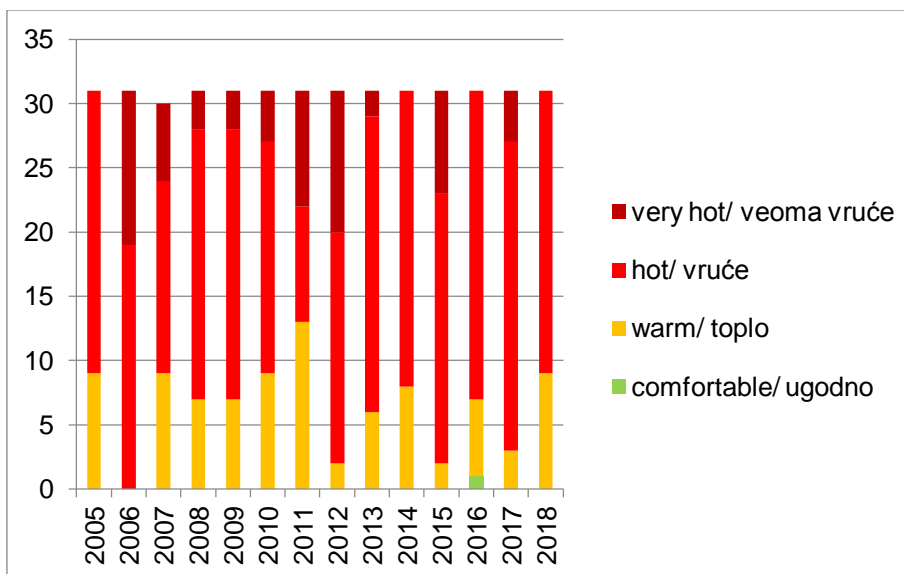


Figure 3 – Number of days by categories during July in the observed period
Слика 3 – Број дана по категоријама током јула у посматраном периоду

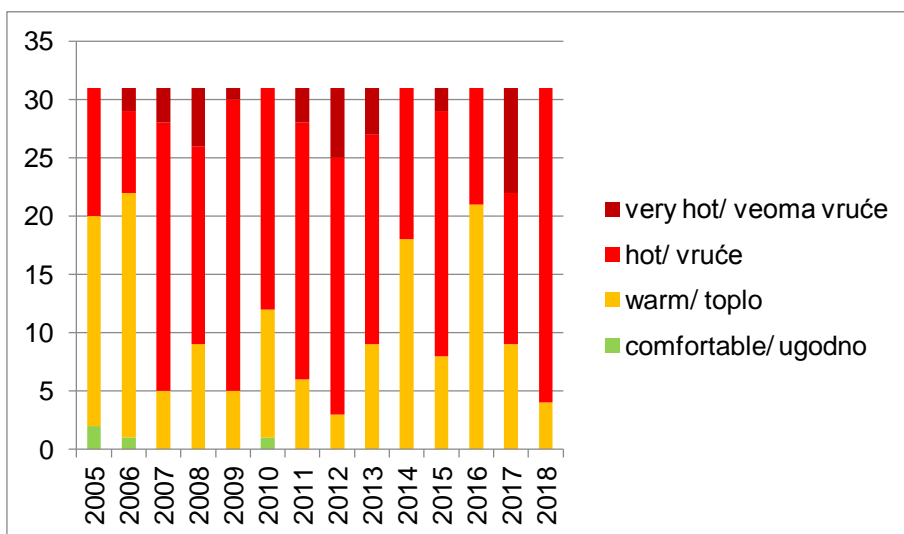


Figure 4 – Number of days by categories during August in the observed period
Слика 4 – Број дана по категоријама током августа у посматраном периоду

4. DISCUSSION

The daily value of the HL index shows unfavorable results during the summer months. July has the highest values of this index, and at the same time the largest number of days in the category very hot. During this month, there are no comfortable days and the human body suffers the most stress in the urban areas.

High temperatures, supported by other meteorological factors and the urban environment with little greenery and more and more concrete, are causing overheating of the human organism and its dysfunction. The use of greenery contributes to the reduction of heat in urban areas with the help of evapotranspiration and improves heat exchange by helping the urban energy balance [17].

All this gives importance to the knowledge of bioclimatic conditions and the state of comfort of the organism, during planning of a certain area. This is especially important for urban environments, where comfort must be a priority, due to the growing presence of urban heat islands.

Understanding the meteorological effects of urban planning and the impact of urban design on human quality of life is therefore of increasing importance [2]. Assessing the thermal comfort of the population, especially today in conditions of rising temperatures and urban expansion, is a necessary initial phase in careful urban design [18].

5. CONCLUSION

The city of Bijeljina, with the increasing development and expansion, records bigger lack of comfort of the population, which is most expressed during the months of June, July and August. The excessive process of urbanization has led to a reduction of green areas in the city, which are important for he

4. ДИСКУСИЈА

Дневна вредност индекса HL показује неповољне резултате током летњих месеци. Највише вредностима овог индекса, и уједно највећи број дана у категорији веома вруће има јул. Током овог месеца, нема угодних дана и људски организам трпи највећи стрес у урбаним срединама. Високе температуре потпомогнуте другим метеоролошким факторима и урбаном средином са мало зеленила и све више бетона условљавају прегрејавање људског организма и његову дисфункцију. Примена зеленила доприноси смањењу топлоте у урбаним срединама уз помоћ евапотранспирације и побољшава размену топлоте помажући урбану енергетској равнотежи [17].

Све ово даје на значају познавање биоклиматских услова и стања комфора организма, приликом планирања одређеног простора. Ово је посебно значајно за урбане средине, где комфор мора бити приоритет, услед све већег присуства урбаних топлотних острва. Разумевање метеоролошких ефеката урбаног планирања и утицаја урбаног дизајна на људски квалитет живота стога има све већи значај [2]. Процена топлотне удобности становништва, посебно данас у условима раста температуре и урбане експанзије, је неопходна почетна фаза у пажљивом урбаном дизајнирању [18].

5. ЗАКЉУЧАК

Град Бијељина са све већим развојем и ширењем, бележи и све већи недостатак комфора становништва, које је најизраженије током месеци јун, јул и август. Претеран процес урбанизације, довео је до смањења зелених површина у граду, које су значајне за

reducing of the temperature of air and the surrounding objects.

Unfavorable meteorological parameters, in combination with the intense process of urbanization are the basis for the state of poor thermal comfort of the population.

In the future, it is necessary to include bioclimatic evaluation in the planning process, in order to adequately implement changes of the area so that they minimally endanger the welfare of the population.

смањење температуре ваздуха и околних објеката.

Неповољни метеоролошки фактори у комбинацији са интензивним процесом урбанизације представљају основу лошег термалног комфора код становништва.

У будућности је неопходно убацили биоклиматско вредновање у процес планирања, како би се на адекватан начин спровеле измене простора тако да минимално угрожавају благостање становништва.

REFERENCES

- [1] UN DESA: *Revision of world urbanization prospects*, 2018.
- [2] Pigliaulte, I., Pisello, A. L., Bou – Zeid, E: Humans in the city: Representing outdoor thermal comfort in urban canopy models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2020, 133, 1 – 10.
- [3] Stewart, I. D., and Tim, R. O: Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2012, 93(12), 1879-1900.
- [4] ANSI/ASHRAE Standard 55: Thermal environmental conditions for human occupancy, 2020.
- [5] <http://www.statistika.ba/>, download 11.11.2019.
- [6] Агенција за статистику Босне и Херцеговине: *Попис становништва, домаћинства и станова у Босни и Херцеговини, Старост и пол, брачни статус, фертилитет*, 2013.
- [7] <https://rhmzrs.com/>, download 13.11. 2018.
- [8] Републички хидрометеоролошки заводе Републике Српске: *Синоптичка анализа за август 2019*, 2019.
- [9] Републички хидрометеоролошки заводе Републике Српске: *Синоптичка анализа за новембар 2019*, 2019.
- [10] Републички хидрометеоролошки заводе Републике Српске: *Синоптичка анализа за децембар 2019*, 2020.
- [11] Пецељ, М. Р., Пецељ – Пурковић, Ј., Пецељ, М: *Геокологија*. Географски факултет, Универзитет у Београду, 2015.
- [12] Пецељ, М: Биоклиматски индекси засновани на моделу Менекс – пример Бања Луке Зборник радова Географски институт Јован Цвијић, 2013, 63 (1), 1 – 13.
- [13] Шушњар, С., Пецељ, М: Bioclimate analysis of mountain Bjelašnica. *Bulletin of the Serbian geographical society*, 2014, XCIV – 1, 91 – 104.
- [14] Nishi, Y: Measurement of Thermal Balance of Man K. Cena & J. A. Clark (Ed.), *Bioengineering, Thermal Physiology: Physical Principles and Measurement*. New York, Elsevier, 1981, 29-39.
- [15] <https://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>, download 02.02.2017.
- [16] Blazejczyk, K: New climatological-and-physiological model of the human heat balance outdoor (MENEX) and its applications in bioclimatological studies in different scales, *Zeszyty IgiPZ PAN*, 1994, 28, 27-58.
- [17] Dai, Z., Guldman, J-M., Hu, Y: *Thermal impacts of greenery, water, and impervious structures in Beijing's Olympic area: a spatial regression approach*. *Ecological Indicators*, 2019, 97, 77– 88.
- [18] Dou, Y: *The influence of urban planning on urban thermal comfort*. Master Thesis in MSc Urban Environment Management, Wageningen University, the Netherlands, 2014.