

UČESTALA POJAVA NADPROSEČNO TOPLIH PERIODA U KRAGUJEVCU I OKOLINI

FREQUENT APPEARANCE OF EXTREMELY HOT WEATHER PERIODS IN KRAGUJEVAC AND ITS SURROUNDINGS

dr Slobodan Savić¹⁾, mr Saša Jovanović²⁾, dr Nebojša Jovičić³⁾, dr Milan Despotović⁴⁾

Rezime: Posledice globalnog zagrevanja svakako nisu i neće biti ravnomerno izražene u svim delovima naše planete. Takođe, vrlo je verovatna i neravnomerna raspodela promena klimatskih parametara po godišnjim dobima.

U ovom radu je predstavljena analiza učestalosti pojava nadprosečno toplih perioda u poslednjoj deceniji za grad Kragujevac i bližu okolinu. Izvršeno je poređenje sa referentnim tridesetogodišnjim periodom (1961-1990 godine). U delu rada analizirana je i eventualna promena u režimu padavina za isti period i isti lokalitet.

Učestala pojava nadprosečno toplih perioda nedvosmisleno ima negativan uticaj na kvalitet života stanovništva na ovim prostorima. U narednim decenijama može se očekivati dalje narušavanje uobičajenih klimatskih karakteristika našeg podneblja gde su praktično svi segmenti ljudskih aktivnosti bazirani na viševekovnim, uslovno rečeno, "klimatskim standardima".

Gljučne reči: globalno zagrevanje, kvalitet života

Abstract: The consequences of global warming are certainly not and will be not equally present in all the parts of our planet. Furthermore, irregular distribution of climate changes per seasons is also highly probable.

This paper analyses the frequency of appearance of extremely hot weather periods in the last decade in the city of Kragujevac and its immediate surroundings. A comparison with a thirty – year period is also made (1961-1990). A part of the paper deals with an apparent change in the precipitation regime for the same time period and the same locality .

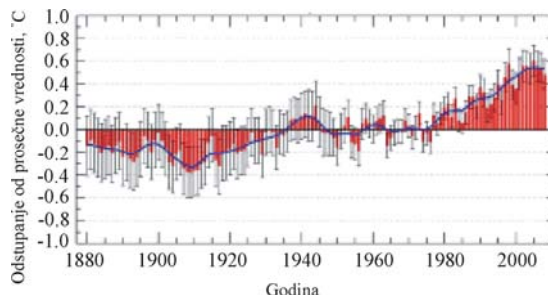
A frequent appearance of extremely hot weather periods has indisputably negative effects on the quality of life of the population. In the following decadesswe can expect further distortion of the climate characteristics of our region where all aspects of people's behaviour are practically based on "climate standards" that have been present for centuries.

Key words: global warming, quality of life

1. UVOD

Porast globalne prosečne temperature na našoj planeti je nesporna činjenica. Na slici 1 dat je grafički prikaz odstupanja globalne prosečne temperature od 1880. godine (od ove godine postoje relevantni podaci na globalnom nivou) pa do danas. Odstupanja se određuju u odnosu na prosečnu vrednost izračunatu za celokupni period. Jasno se uočava izraziti porast globalne prosečne temperature od početka sedamdesetih godina prošlog veka. U praktično istom vremenskom periodu došlo je do enormnog povećanja koncentracije gasova staklene bašte (GHG-Greenhouse gases) prvenstveno ugljen dioksida, metana i azot oksida. Njihov uticaj na povećanje

apsorpcije dugotalasnog spektra sunčevog zračenja je dokazan.



Slika 1 – Godišnja prosečna temperatura

Globalna atmosferska koncentracija ugljen dioksida, metana i azot oksida se znatno povećala

1) dr Slobodan Savić, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, mail: ssavic@kg.ac.rs

2) mr Saša Jovanović, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, mail: dviks@kg.ac.rs

3) dr Nebojša Jovičić, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, mail: njovicic@kg.ac.rs

4) dr Milan Despotović, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, mail: mdespotovic@kg.ac.rs

kao rezultat ljudskih aktivnosti od 1750. godine i sada značajno premašuje predindustrijske vrednosti određene iz uzoraka leda starih više hiljada godina. Globalna povećanja koncentracije ugljen dioksida prvenstveno su prouzrokovana promenama u korišćenju fosilnih goriva i korišćenju zemljišta dok su povećanja u koncentraciji metana i azot oksida prvenstveno posledica poljoprivrednih aktivnosti. Posledice globalnog zagrevanja svakako nisu i vrlo verovatno neće biti ravnomerno raspoređene u svim delovima naše planete. Veliki broj numeričkih modela predviđa najveći porast temperature do kraja ovog veka na kopnenim površinama i to na najvišim severnim geografskim širinama. Najmanje temperaturne promene se očekuju na okeanskim površinama južne zemljine polulopte. Na evropskom kontinentu najintenzivnije zagrevanje se može očekivati u južnim, jugoistočnim i istočnim delovima.

2. ANALIZA UČESTALOSTI POJAVE NADPROSEČNO TOPLIH PERIODA U KRAGUJEVCU I OKOLINI

Obzirom na teritorijalnu pripadnost naše zemlje jugoistočnom delu Evrope, možemo biti veoma zabrinuti za klimatsku budućnost našeg podneblja.

Neke već uočene promene bitnih klimatskih parametara su predmet analize u ovom radu. Poseban akcenat je dat na učestalosti pojavi nadprosečno toplih perioda u Kragujevcu i bližoj okolini.

U Tabeli 1 dat je pregled prosečnih srednjih mesečnih temperatura vazduha kao i prosečnih srednjih mesečnih maksimalnih i minimalnih temperatura za Kragujevac. Ovi podaci dobijeni su na osnovu merenja u meteorološkoj stanici u Kragujevcu za referentni period (poslednji tridesetogodišnji period od 1961-1990 a u skladu sa preporukama WMO - Svetske meteorološke organizacije). Klimatske karakteristike Kragujevca i njegove bliže okoline odgovaraju umereno-kontinentalnom tipu klime. Tabela 2 prikazuje srednje mesečne temperature za Kragujevac u periodu 1999-2008. U Tabeli 3 predstavljene su srednje mesečne maksimalne temperature vazduha za isti vremenski period a u Tabeli 4 srednje mesečne minimalne temperature u pomenutom vremenskom intervalu. U Tabelama 2, 3 i 4 crveno su obojena sva polja sa nadprosečnim vrednostima (u poređenju sa vrednostima iz Tabele 1) odgovarajućih parametara. Uočljivo je da broj crvenih polja znatno premašuje procenat od 50 %, a koji bi odgovarao prosečnim vrednostima iz perioda 1961-1990.

Temperatura °C	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Srednja mesečna	-0,1	2,2	6,3	11,3	16,1	19,0	20,6	20,2	16,7	11,4	6,4	1,8	11,0
Srednja maksimalna	3,8	6,7	11,8	17,3	22,0	25,0	27,2	27,3	23,9	18,2	11,5	5,6	16,7
Srednja minimalna	-3,8	-1,7	1,4	5,5	10,1	13,0	14,2	13,7	10,7	6,3	2,4	-1,6	5,9
Srednja mesečna količina padavina, mm	41,1	38,7	44,4	49,4	73,8	84,7	68,0	53,3	44,8	38,2	48,2	47,6	632,2

Tabela 1- Srednje mesečne vrednosti temperature vazduha i srednje mesečne količine padavina za period 1961-1990.

Godina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
1999	1,4	1,8	8,2	12,7	16,9	19,9	21,2	21,7	18,6	11,8	5,2	2,1	11,8
2000	-1,6	3,8	7,0	15,1	18,2	21,8	23,0	23,9	16,7	13,5	10,8	4,8	13,1
2001	4,1	4,1	11,0	10,8	17,4	18,5	23,1	22,8	15,9	13,8	4,6	-2,4	12,0
2002	-0,1	7,0	8,9	10,8	18,4	21,6	23,3	21,2	16,3	12,2	9,7	1,1	12,5
2003	0,7	-2,4	5,8	10,8	19,9	23,3	22,5	24,6	16,5	10,6	8,9	2,2	12,0
2004	-0,9	3,0	7,1	12,8	14,5	19,8	22,0	21,1	16,2	14,6	6,9	3,2	11,7
2005	1,4	-1,7	4,7	11,6	16,5	19,3	21,7	20,0	17,4	11,5	5,7	3,4	11,0
2006	-1,6	1,3	6,0	12,7	16,6	19,8	23,1	20,6	17,7	13,3	7,6	3,4	11,7
2007	6,3	6,4	9,1	12,1	18,3	22,9	24,8	23,3	15,6	10,9	4,5	0,4	12,9
2008	2,5	4,4	8,0	12,6	17,4	21,7	22,4	22,8	15,8	13,1	8,5	4,2	12,8

Tabela 2- Srednje mesečne temperature vazduha, °C

Godina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
1999	5,8	6,3	13,7	18,1	22,5	25,6	26,5	28,7	25,2	18,4	9,3	6,7	17,2
2000	2,2	9,3	14,0	21,9	26,1	28,8	30,4	32,4	23,2	20,5	17,8	10,3	19,7
2001	8,0	9,6	17,5	16,4	23,7	24,4	29,1	30,0	21,9	21,2	9,2	0,4	17,6
2002	4,7	14,0	15,3	16,8	24,5	27,6	29,7	27,0	23,0	18,8	14,9	4,2	18,4
2003	5,0	2,0	12,4	16,4	26,8	30,3	28,9	32,8	23,0	16,5	14,6	6,9	18,0
2004	3,1	7,9	12,3	18,4	20,9	25,7	28,5	28,2	23,1	21,4	12,3	6,8	17,4
2005	5,9	3,0	11,0	17,6	23,0	25,7	28,3	25,9	23,0	17,7	10,9	7,0	16,6
2006	3,0	5,2	11,3	18,5	23,1	25,6	29,7	26,7	24,4	21,1	14,4	8,3	17,6
2007	11,8	11,3	14,9	20,2	24,4	29,6	33,3	30,6	22,2	15,4	8,8	3,2	18,8
2008	6,8	10,8	14,4	18,2	24,3	28,6	29	30,6	21,5	20,4	13,9	7,5	18,8

Tabela 3- Srednje mesečne maksimalne temperature vazduha, °C

Godina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
1999	-1,5	-1,8	2,9	7,7	11,1	14,8	16,5	15,9	13,7	7,3	2,0	-1,6	7,3
2000	-4,7	-0,7	0,8	6,9	10,3	13,2	15,0	14,7	11,6	8,1	6,1	0,8	6,8
2001	1,0	-0,4	5,9	4,9	11,3	12,9	16,7	16,2	11,0	8,6	1,5	-4,7	7,1
2002	-4,2	1,8	3,5	5,9	11,7	14,8	17,3	16,7	11,2	8,1	5,3	-1,4	7,6
2003	-2,6	-6,1	-0,3	4,9	12,7	15,9	16,4	16,3	10,9	5,9	4,6	-1,7	6,4
2004	-3,9	-0,5	2,6	7,9	8,6	13,9	15,9	15,3	10,6	10,0	3,1	0,5	7,0
2005	-1,7	-6,0	-0,9	6,1	10,4	12,5	15,6	15,4	13,1	7,1	0,9	0,8	6,1
2006	-5,4	-2,1	1,6	7,4	9,8	13,6	15,3	14,9	11,9	7,5	2,6	-0,2	6,4
2007	2,2	2,1	4,2	3,4	12,2	15,3	15,3	16,4	10,5	7,3	1,5	-1,8	7,4
2008	-1,3	-0,5	-4,5	7,1	10	14,8	15,2	14,9	11,1	7,5	3,8	1,1	6,6

Tabela 4- Srednje mesečne minimalne temperature vazduha, °C

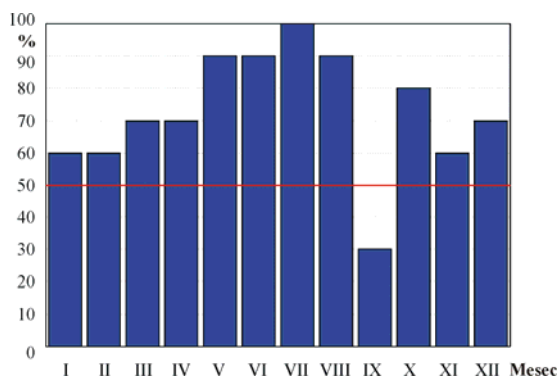
Godina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
1999	27,0	39,1	9,0	70,3	38,8	106,1	305,0	42,6	40,6	35,9	47,4	77,7	839,5
2000	25,9	37,7	18,8	29,0	34,7	20,6	30,4	19,9	103,8	8,0	24,0	26,0	378,8
2001	20,8	33,2	36,8	155,3	44,5	109,1	59,4	126,0	137,4	10,4	64,1	27,6	824,6
2002	17,2	20,1	26,0	63,7	38,6	57,2	99,5	83,8	95,8	65,5	31,5	39,4	638,3
2003	59,0	19,7	2,8	37,2	42,3	47,7	66,0	5,1	49,3	83,2	28,6	37,2	478,1
2004	86,4	59,5	21,3	52,3	50,3	61,4	80,4	92,8	31,0	50,1	104,7	19,7	709,9
2005	36,6	66,9	44,5	69,0	70,2	50,8	86,2	117,8	115,6	49,0	54,8	47,9	809,3
2006	27,9	38,7	116,1	86,3	29,1	84,8	22,4	141,9	58,7	16,7	13,9	54,6	691,1
2007	45,3	32,1	62,9	3,6	119,2	25,3	10,1	82,1	52,4	69,1	110,4	28,1	640,6
2008	36,6	13,0	61,5	32,7	13,1	59,0	51,6	41,4	50,2	31,2	30,6	34,7	455,6

Tabela 5- Mesečne količine padavina, mm

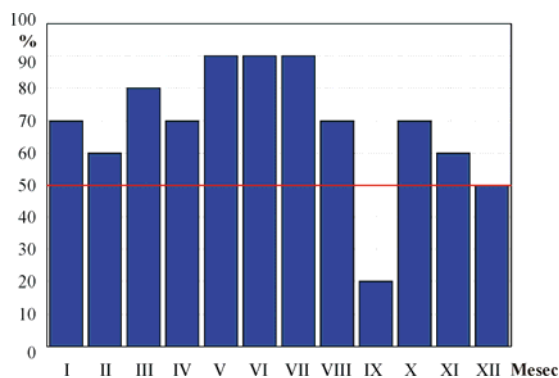
Dijagram sa slike 2 pokazuje da je pojava nadprosečno toplih meseci (uzimajući u obzir srednju mesečnu temperaturu kao kriterijum) izražena gotovo preko cele godine sa posebnim naglaskom na kasno prolećni i letnji period. Poznato je da je upravo taj period jedan od najvažnijih u razvoju mnogih biljnih kultura. Sličan i možda još izraženiji trend primećujemo posmatrajući dijagrame sa slika 3 i 4. Procenat iznadprosečnih vrednosti je još veći i opet je naročito izražen u gotovo istom delu godine. Kod dva od tri parametra, jedini mesec koji značajnije odstupa od dominantnog trenda je mesec septembar.

Uočava se da je veoma visok procenat (90-100 %) nadprosečnih vrednosti karakteristika sedmog meseca (jula) u godini. Od 30 odgovarajućih vrednosti jedino je u julu mesecu 1999. godine (izuzetno kišoviti mesec) zabeležena nešto niža srednja mesečna temperatura od prosečne. Objašnjenje za veći broj nadprosečnih srednjih mesečnih minimalnih temperatura za mesec septembar (suprotno od karaktera podataka iz Tabela 2 i 3) bi mogla biti povećana oblačnost i smanjeno noćno izračavanje toplote (pojačano izračavanje toplote je karakteristično za vedre noći). Analizom podataka iz Tabele 5 (a dijagramski prikazano na slici 5) primećuje se da je

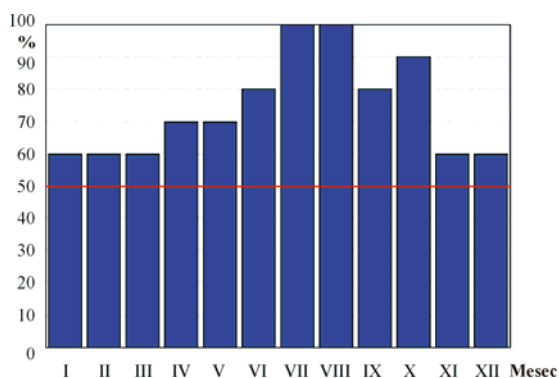
procenat učestalosti meseci sa nadprosečnom količinom padavina ispod 50% što bi, na prvi pogled, moglo ukazati na deficit padavina.



Slika 2 – Procenat perioda sa nadprosečnom srednjom temperaturom



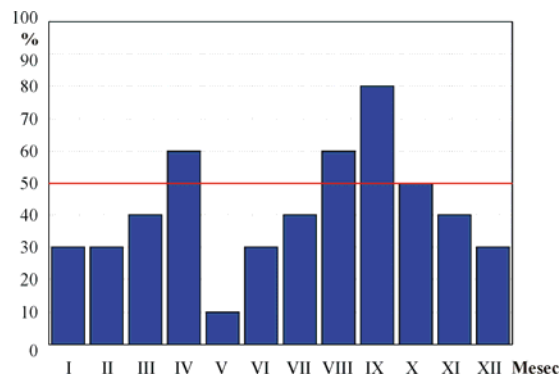
Slika 3 – Procenat perioda sa nadprosečnom srednjom maksimalnom temperaturom



Slika 4 – Procenat perioda sa nadprosečnom srednjom minimalnom temperaturom

Međutim, već na osnovu prosečne godišnje količine padavina za posmatrani desetogodišnji period (646,6 mm) a koja je veća od odgovarajuće vrednosti iz perioda 1961-1990 (632,2 mm), može se zaključiti da je u razmatranom periodu, ukupna godišnja količina padavina blago povećana. Podaci u Tabeli 5 nesumnjivo ukazuju da se veća učestalost sušnijih perioda javlja u zimskom delu

godine (decembar, januar i februar) a bitno je izražena krajem proleća i početkom leta (maj i jun). Ovo su takođe periodi od velikog značaja za rast i razvoj biljnih kultura. Sa druge strane, upoređivanjem odgovarajućih podataka uočava se relativno veliki broj meseci (posebno u drugoj polovini godine) sa značajno povećanim količinama padavina.



Slika 5 – Procenat perioda sa nadprosečnom količinom padavina

Neizbežno se nameće zaključak da je promena srednjih temperatura uzrokovala lančani poremećaj i ostalih klimatskih parametara, a posebno godišnjeg režima padavina. Porast srednjih mesečnih temperatura u zimskom i ranoprolećnom periodu, značajno povećava mogućnost preranog razvoja biljaka (posebno voćnih kultura) i povećava rizik od štetnih posledica poznih prolećnih mrazeva.

Godišnje doba	Odstupanje, %			
	t_{sr} (iznad proseka)	t_{maxsr} (iznad proseka)	t_{minsr} (iznad proseka)	padavine (ispod proseka)
Proleće III, IV, V	76,6	80,0	66,6	63,3
Leto VI, VII, VIII	93,3	83,3	93,3	56,6
Jesen IX, X, XI	56,6	50,0	76,6	43,3
Zima XII, I, II	63,3	66,6	60,0	70,0

Tabela 6- Procentualna odstupanja parametara po godišnjim dobima

Analiza promene klimatskih parametara (srednjih mesečnih temperatura i količina padavina) po godišnjim dobima (videti Tabelu 6) pokazuje da su procentualno najčešća odstupanja zabeležena u letnjim mesecima (81,62 %). Prolećni period karakteriše nešto manji procenat (71,62 %) odstupanja. Najpribližnji proseku iz referentnog

perioda (1961-1990) su jesenji (56,62 %) i zimski meseci (64,97 %).

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu prethodne analize može se zaključiti:

- U Kragujevcu i bližoj okolini je u poslednjoj deceniji nedvosmisleno došlo do porasta prosečne temperature u svim mesecima (izuzev septembra) kao i na godišnjem nivou.
- Porast temperature je naročito izražen u toku tri letnja meseca (jun, jul i avgust).
- Učestala je pojava toplih perioda (mesečni period) i to sa naglaskom na kasno proleće i leto. Sličan trend pokazuju i srednje maksimalne i srednje minimalne temperature na mesečnom nivou.
- U količini padavina na godišnjem nivou se ne primećuju bitnija odstupanja (čak je zapažen i blagi porast) ali je došlo do znatnih poremećaja raspodele padavina po mesecima. U veoma značajnom periodu za razvoj vegetacije (zima i proleće) u 5 od 6 meseci se javlja veći ili manji deficit padavina. Težište padavinskog režima je pomereno ka kasnom letu i ranoj jeseni, što je za većinu poljoprivrednih kultura od malog značaja.
- Poremećaj prosečne temperature je očigledno uzrokovao i promenu režima padavina a vrlo verovatno i promenu većeg broja ostalih klimatskih parametara.
- Promene srednje mesečne temperature, srednjih mesečnih maksimalnih i minimalnih temperatura, režima padavina i ostalih klimatskih parametara, svakako, izrazito utiču na kvalitet života ljudi. Prvenstveno ove promene utiču na opšte zdravlje stanovništva, i to posebno rizičnijih delova populacije, koji se znatno teže prilagođavaju promenama.

Radno okruženje se bitno menja, posebno za ljude koji rade na otvorenom prostoru (sve češće se javljaju periodi sa velikim brojem vezanih dana sa ekstremno visokim temperaturama i u tom smislu se često javlja potreba za uvođenjem neke vrste "vanrednog stanja"). Moguća je pojava čestih perioda sa nestašicama i otežanim snabdevanjem vodom. Očekuje se, za sada po obimu nepredvidiv, ali svakako negativan uticaj na veliki broj biljnih i životinjskih vrsta. Značajno se povećava rizik od izbijanja požara na svim mogućim lokalitetima (šumski, poljski kao i u naseljenim sredinama). Sa druge strane, zbog učestalosti ekstremnih količina padavina, javlja se povećana mogućnost čestih i po posledicama potencijalno katastrofalnih poplava. Indirektne posledice mogu biti brojne poput uticaja na saobraćaj, turizam, energetski sektor itd.

LITERATURA

- [1] Republički hidrometeorološki zavod Srbije, klimatološki podaci, 2009.
- [2] Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Summary for Policymakers, 2007.
- [3] Milosavljević, M.: Klimatologija, Naučna knjiga, Beograd, 1990.
- [4] Jovanović, S., Savić, S., Despotović, M.: Promene nekih klimatskih parametara u urbanim sredinama Republike Srbije, 4. Nacionalna konferencija o kvalitetu života, Festival kvaliteta 2009, 20-22 maj, pp. 39-43, Kragujevac, 2009.
- [5] Jovanović, S., Savić, S., Đorđević, Z.: Globalno zagrevanje - ozbiljna pretnja razvoju i opstanku ljudske civilizacije, 4. Nacionalna konferencija o kvalitetu života, Festival kvaliteta 2009, 20-22 maj, pp. 44-48, Kragujevac, 2009.
- [6] <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/2008/ann/global.html>
- [7] Third Assessment Report (TAR) of the IPCC, 2001.