

## ОДРЕЂИВАЊЕ ПРАГОВА ЕКСТРЕМНИХ ВРЕДНОСТИ ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

ГОРАН АНЂЕЛКОВИЋ<sup>1</sup>, ВЛАДАН ДУЦИЋ<sup>1</sup>, ГОРАН ТРБИЋ<sup>2</sup>, НАДА РУДАН<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду - Географски факултет, Студентски трг 3/III, Београд, Србија

<sup>2</sup>Универзитет у Бања Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, Бања Лука, Република Српска,

<sup>3</sup>Републички хидрометеоролошки завод, Пут Бањалучког одреда б.б. Бања Лука, Република Српска

**Сажетак:** Циљ овог рада је да се утврди стање екстремних вредности температуре ваздуха у Републици Српској и одреде њихови прагови као границе неповољности климе. Проучаване су температура ваздуха много испод нормалне и температура ваздуха много изнад нормалне. Просторни распоред минималних температура ваздуха у Републици Српској током проучаваног периода 2006-2010. година показује меридијанску, упоредничку и висинску закономерност. Средњи годишњи максимуми споро расту од севера ка југу и незнатно од запада ка истоку Републике Српске.

**Кључне речи:** екстремне вредности температуре, праг екстремности, адаптација становништва

### Увод

Екстремне климатске појаве све више привлаче пажњу научне јавности, а медијска покривеност развијенијег дела света је таква да готово ниједан екстремни климатски догађај не остане незабележен. Поједине релеватне научне институције, као Међувладин панел за климатске промене (IPCC), преузеле су иницијативу у тумачењу савремених климатских промена, процени антропогеног утицаја на климу, а у склопу тога и на климатске екстреме. Посебна пажња је посвећена актуелним трендовима температуре ваздуха. На глобалном нивоу, двадесети век, последња деценија XX века и 1998. година били су најтоплији у току последњег миленијума (IPCC, 2007).

Према подацима регистрованим у оквиру Глобалног климатског осматрачког система и националне мреже метеоролошких станица, сличан тренд пораста температуре ваздуха забележен је и у хемисферским, размерама, а преовлађује и у регионалним и локалним размерама. Ипак, у другој половини XX века јужно од 60° S, забележен је пад температуре ваздуха, а сличне промене су уочене и у деловима југоисточне Европе.

Поред регистрованих промена у трендовима температуре ваздуха, у многим регионима света регистроване су и промене у интензитету и учестаности појаве климатских екстрема, као што су таласи екстремно високих температура ваздуха. Поред несумњивих последица на људско здравље, високе температуре, праћене мањком падавина проузрокују и велике материјалне штете.

Анализе IPCC-а показују да би пројектовани пораст температуре ваздуха под утицајем повећања концентрације гасова са ефектом стаклене баште, у појединим регионима света био праћен различитим регионалним променама у променама у

интензитету и фреквенцији климатских екстрема. Ипак, у наредне две до три деценије „сигнал” тих промена ће још увек бити релативно слаб у поређењу са природном климатском варијабилношћу (IPCC, 2012).

Сваки простор на нашој планети има своје специфичне климатске екстреме, који се испољавају у неповољном дејству, с обзиром да је становништво увек прилагођено нормалним климатским условима „своје регије“ као уређеног геосистема (Анђелковић Г., 2010). Циљ овог рада је да се утврди стање екстремних вредности температуре ваздуха у Републици Српској и одреде њихови прагови као границе неповољности климе тог дела Босне и Херцеговине.

### Методологија истраживања

Климатолози су често принуђени да различите временске појаве и климатске вредности окарактеришу речима, односно није довољно само изношење бројевних вредности у таблицама (Вујевић П., 1956). Корисницима и обичним људима неопходно је речима дати одређено обележје за вредност температуре ваздуха или неког другог климатског елемента. Али, за квалификације „нижа од нормалне“, „знатно нижа од просечне“ или „скоро уобичајена“ или „екстремна“, што нас посебно занима, морају се узети у обзир **прецизне и научно одређене границе**.

За географску средину су нарочито важне екстремне вредности. Досадашња истраживања (Вујевић П., 1956; Радиновић Ђ., 1990. Анђелковић Г., 2006;) показала су да многе екстремне вредности климатских појава имају нормалну расподелу. Тип расподеле у основи одређује начин на који се израчунавају прагови за екстремне вредности климатских појава.

Теорема Корниа представља најбољи начин за проверу да ли се неки климатски елемент повинује Гаусовој расподели. По тој теорему двоструки коефицијент (количник) између квадрата стандардне девијације ( $\sigma$ ) и квадрата средњег одступања (променљивости -  $d$ ) једнак је Лудолфовом броју ( $\pi$ ) када одређени низ података има нормалну криву расподеле:

$$\frac{2\sigma^2}{d^2} = \pi \cdot$$

У теореме Корниа одступања не би смела да буду већа од 5 %. Ипак, испуњавање тог захтева је нужан али не и довољан услов нормалне расподеле. Да би се то потврдило треба наћи колики је број девијација које су по апсолутној вредности мање од  $\sigma$ . То се ради пребројавањем података у интервалу  $\mu \pm \sigma$  (између разлике и збира аритметичке средине и стандардне девијације). Наиме, по Гаусовој расподели унутар интервала  $\mu \pm \sigma$  лежи 68,27 % свих података, унутар интервала  $\mu \pm 2\sigma$  је 95,45 % свих података, а у границама  $\mu \pm 3\sigma$  чак 99,73 % података. Да би низ испуњавао критеријум нормалне расподеле број података у поменутом интервалу, значи, треба да буде већи од две трећине укупног броја података у испитиваном низу.

Треба, наравно, истаћи да у пракси готово нема ни једног места где би се крива честине неког климатског елемента по свом облику потпуно подударала са Гаусовом нормалном кривом у виду звона (Вујевић П., 1956). Ми се, међутим, чинећи свесну грешку, морамо задовољити мање или више грубом приближношћу. Класификација вредности климатских елемената коју је поставио Чепмен (Chapman E. H., 1919) на основу тачно одређених бројевних вредности описује степен „нормалности“ у климатологији. При томе се за нормалне узимају вредности које леже унутар интервала  $\mu \pm \sigma$ .

Вујевић (Вујевић П., 1956) истиче да је боље да се класе издвајају на основу вредности вероватне девијације ( $r$ ), која представља  $0,6745 \sigma$ , па су такви интервали

ужи за трећину од оних код стандардне девијације и да границе таквих класа боље одговарају општем осећању човека. Међутим, тада се границе за екстремно неповољне појаве знатно проширују, што не би добро описивало данашње климатске услове било које географске области на Земљи (имајући у виду савремене трендове климатских промена, тј. појачање екстрема). Ово је прихваћено у најновијим радовима из климатологије широм света: у њима се наглашава да се баш стандардна девијација користи за описивање абнормалних климатских услова (Oliver J. E., Hidore J. J.; 2002).

Када се све ово зна могу се израчунати границе, односно прагови честина – или вероватноћа појаве одређених вредности неког климатског елемента. Узећемо да **вредности климатског елемента које се налазе врло, знатно или много испод нормалне (испод  $\mu-2\sigma$ ) и врло, знатно или много изнад нормалне (изнад  $\mu+2\sigma$ ) представљају екстремну (неповољну) климатску појаву**. Сада треба узети у обзир правило нормалне расподеле по коме је вероватноћа  $p_2 = 0,9545$  (тзв.  $2\sigma$  правило), тј. ван интервала  $\mu\pm 2\sigma$  се налази  $100\% - 95,45\% = 4,55\%$ , што је  $2,275\%$  на сваком крају распореда (са обе стране најчешће вредности у низу).

Овом приликом су проучаване **температура ваздуха много испод нормалне и температура ваздуха много изнад нормалне**. Поступак је у највећем делу исти за обе, па примену метода нормалне расподеле можемо да образложимо на примеру прве ЕКП: минималних дневних температура ( $T_n$ ). Ради се о нивовима за 7 осматрачких станица по месецима за различите периоде (између 20 година за Бања Луку и 18 за Соколац, па до 6 година за Приједор, Добој, Бијељину, Вишеград и Билећу). Први такав низ је за Бања Луку за месец јануар. Он има 620 чланова (31 дан у јануару помножен са 20 година). Аналогни њему су нивои и за остале месеце. Тако је добијено 84 низа температура: по 12 за сваку од 7 осматрачких станица. Сређивањем минималних дневних температура по величини образован је статистички низ случајне променљиве  $T_n$ :

$$T_{n1} \leq T_{n2} \leq T_{n3} \leq \dots \leq T_{n620}.$$

Нивои температуре као статистичке серије сређени су по величини од најниже до највише вредности, тј. ширина интервала груписања података сведена је на ниво прецизности мерења температуре ( $0,1\text{ }^\circ\text{C}$ ). Када се разврстају све вредности по броју појављивања у координатном систему, за сваки низ температуре апсциса представља ординату честина. Добијене честине представљају криву расподеле која одговара нормалној расподели.

Поступак израчунавања прагова за минималне дневне температуре ваздуха састојао се у томе што се од укупне честине минималних дневних температура за сваки месец (број дана у месецу  $\cdot$  број година) одузимало  $2,275\%$  података полазећи од најниже вредности. За месеце са 31 даном то је 14 података:

$$\frac{620}{100} \cdot 2,275 = 14,105 \approx 14.$$

За месеце са 30 дана (600 вредности) то је такође 14 података, а за фебруар који формира 565 вредности, то је 13 података полазећи од апсолутно најниже вредности:

$$\frac{600}{100} \cdot 2,275 = 13,65 \approx 14$$

односно:

$$\frac{565}{100} \cdot 2,275 = 12,854 \approx 13.$$

За Соколац, који представља период 2001-2008. година, то је 13 (12,69) података код месеци са 31 даном (558 вредности), 12 (12,29) података код месеци са 30 дана (540 чланова низа), и за фебруар који формира 509 вредности, то је такође 12 (11,58) података полазећи од апсолутно најниже вредности.

И на крају код места са петогодишњим периодом (Приједор, Добој, Бијељина, Вишеград и Билећа) за месеце са 31 даном (155 вредности) то је 4 (3,52) податка, а за месеце са 30 дана 3 (3,41) податка, као и за фебруар који има 141 члана у низу (3,2) полазећи од апсолутно најниже вредности.

Тачна вредност температурног прага је за једну децималу виша од последње вредности (податка) која се одузме (14, 13, 12 или 4 и 3). Током овог дела поступка увидом у распоред честина вршено је просто одбројавање података и одређивана је вредност прага. Разлика је код испитивања супротних екстрема у томе што се уместо минималних разматрају максималне вредности и на крају одређује праг одбројавањем 2,275 % честина од највише уместо од најниже вредности параметра.

### **Температура ваздуха много испод нормалне**

Неповољне климатске појаве везане за температуру ваздуха разматрају се пре осталих екстремних климатских појава не због њиховог директног значаја, него индиректног, који је огроман знајући да температура има утицај и на остале климатске елементе. Директни утицај температурних екстрема скоро да нема директно разорно дејство на материјална добра, али оне могу директно угрожавати људске животе. Треба имати у виду чињеницу да је хладноћа одговорна за много већи број смртних случајева и поремећаја од велике врућине (Кајзер М., 2003).

Најниже и највише температуре ваздуха које су се у неком месту јавиле током одређеног временског периода зову се екстремне температуре. За екстремне температуре ваздуха везано је неколико параметара (средњих и апсолутних вредности), али нису сви подједнако битни за човеково здравље и његове активности. За истраживање неповољних климатских појава важне су вредности знатно испод, односно знатно изнад нормалне.

Ванредне климатске појаве се испољавају када постоји одговарајућа макрoатмосферска циркулација и када су погодни локални услови. У већини случајева макрoатмосферска ситуација је иста изнад већег подручја, али локални услови могу знатно да се разликују. Тако се некада извесна појава може јавити само у случајевима када су испуњена оба услова. Дневни минимум температуре ваздуха знатно испод нормалног појављује се у току зиме, најчешће при синоптичким ситуацијама када је изразит антициклон или кад доспе гребен високог ваздушног притиска изнад Републике Српске. Интересантно је да су исти услови карактеристични и за лето, с тим што се тада најчешће ради о гребену северноатлантског а не сибирског антициклона. Треба напоменути да нису ретке ни зоналне ситуације када се појављује минимална температура знатно испод нормалне (Radinović Ђ., 1981).

Средња годишња минимална температура ваздуха у Бања Луци у проучаваном двадесетогодишњем периоду износи 6,3 °C (таб. 1). Месечне вредности се крећу од -2,8 °C до 15,4 °C. Просторни распоред минималних температура ваздуха у Републици Српској током проучаваног периода 2006-2010. година показује меридијанску, упоредничку и висинску закономерност (таб. 1-8). Средња годишња минимална температура ваздуха је највиша у Билећи 7,4 °C, а расте незнатно и од запада ка истоку (у Приједору је 6,7 °C, а у Бијељини 7,3 °C). У Сокоцу је само 1,6 °C, према

се ту ради о знатно дужем периоду осматрања. У Бања Луци је средњи годишњи минимум нижи у периоду 1991-2010. година, него у периоду 2006-2010: 6,3 °С према 6,8 °С. Средње месечне вредности се просторно другачије мењају: лети оне опадају од запада ка истоку и од севера ка југу, а зими само ка истоку.

Табела 1. Параметри минималне температуре ваздуха (°С) у Бања Луци (1991-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср. мин температуре	-2.8	-2.0	1.5	5.7	10.1	13.9	15.4	15.1	10.8	6.8	2.9	-1.4	6.3
праг	-15.1	-13.6	-7.5	-2.0	3.6	7.0	8.9	8.7	3.9	-1.9	-5.7	-13.1	-15.1
Апс. мин температуре	-23.5	-18.4	-18.2	-5.9	-0.4	3.0	6.2	5.6	1.0	-6.0	-8.8	-18.8	-23.5

Табела 2. Параметри минималне температуре ваздуха (°С) у Соколцу (1991-2008. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср. мин температуре	-7.4	-7.2	-3.4	1.2	5.6	8.6	10.3	10.0	6.2	2.5	-1.6	-5.7	1.6
праг	-21.7	-20.9	-17.4	-6.1	-0.6	1.7	3.3	3.0	-1.8	-6.9	-13.1	-18.5	-21.7
Апс. мин температуре	-31.6	-29.4	-26.0	-12.3	-3.3	-2.9	0.7	0.6	-3.6	-17.2	-21.0	-21.0	-31.6

Табела 3. Параметри минималне температуре ваздуха (°С) у Бања Луци (2006-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср. мин температуре	-2.0	-0.4	2.6	6.9	11.2	15.0	16.3	15.7	11.4	6.9	3.0	-0.1	6.8
праг	-13.8	-11.8	-5.5	0.9	4.9	8.8	10.8	9.7	4.0	-1.7	-6.7	-13.2	-13.8
Апс. мин температуре	-18.8	-12.2	-9.6	-1.2	2.4	6.9	9.8	6.1	2.4	-3.1	-6.5	-17.3	-18.8

Табела 4. Параметри минималне температуре ваздуха (°С) у Приједору (2006-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср. мин температуре	-2.5	-0.8	2.1	6.4	10.5	14.4	15.7	15.1	11.0	6.7	2.2	-0.8	6.7
праг	-12.5	-11.4	-5.4	0.1	5.0	7.1	9.9	9.5	4.6	-1.8	-5.9	-14.6	-14.6
Апс. мин температуре	-16.5	-13.5	-9.2	-1.7	3.0	6.1	8.6	5.2	2.5	-4.1	-6.7	-22.0	-22.0

Табела 5. Параметри минималне температуре ваздуха (°С) у Добоју (2006-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср. мин температуре	-2.5	-1.1	2.1	6.2	10.8	14.6	15.8	15.3	11.1	6.6	2.7	-0.4	6.8
праг	-17.2	-13.6	-5.3	-0.3	4.2	8.0	10.2	9.3	4.5	-1.6	-6.4	-12.2	-17.2
Апс. мин температуре	-19.3	-14.0	-9.9	-1.0	2.4	9.9	9.7	6.6	3.1	-4.2	-7.9	-17.1	-19.3

Табела 6. Параметри минималне температуре ваздуха (°С) у Бијељини (2006-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср. мин температуре	-3.8	-0.3	3.0	6.8	11.8	15.5	17.0	16.1	11.5	7.0	3.3	0.0	7.3
праг	-16.0	-11.1	-4.4	0.2	5.1	7.3	12.4	10.4	4.1	-1.5	-5.3	-11.9	-16.0
Апс. мин температуре	-23.5	-13.0	-7.6	-1.0	1.7	1.3	10.9	8.7	3.1	-3.2	-6.6	-17.2	-23.5

ЋТабела 7. Параметри минималне температуре ваздуха (°C) у Вишеграду (2006-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср. мин температуре	-2.5	-1.4	1.3	5.0	9.3	13.3	14.0	14.1	10.3	6.7	2.6	-0.6	6.0
праг	-13.9	-11.3	-6.7	-1.7	0.8	7.7	8.4	8.4	3.8	-1.1	-3.4	-10.3	-13.9
Апс. мин температуре	-17.4	-13.6	-12.0	-4.4	2.9	6.1	3.9	7.2	1.3	-3.4	-6.1	-16.0	-17.4

Табела 8. Параметри минималне температуре ваздуха (°C) у Билећи (2006-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср. мин температуре	0.2	0.5	1.0	2.8	7.0	10.2	14.2	15.5	15.2	11.5	6.7	3.5	7.4
праг	-6.9	-7.9	-8.3	-3.1	2.3	4.5	8.3	10.5	7.5	5.5	-3.1	-3.9	-8.3
Апс. мин температуре	-10.6	-9.0	-9.4	-5.0	1.0	4.2	6.0	8.8	3.6	4.0	-4.4	-7.2	-10.6

Средње минималне температуре ваздуха су „очекиване“ вредности за одређени временски интервал, а апсолутно минималне температуре крајност природних услова неког простора. Живот и рад људи се организује према очекиваним вредностима, а у случају приближавања неповољних крајњих вредности људи морају да буду адекватно упозорени. Прагови за температуре ваздуха много испод нормалне су граничне вредности минималних дневних температура ваздуха и оне просторно и временски не би морале да се подударају са просечним величинама на које се човек адаптирао.

Строго научно посматрано те вредности прилично су неравномерно распоређене. Доња граница екстремности за температуру ваздуха у Републици Српској је око -17 °C. Места се специфичним општим климатским условима имају доста нижу или вишу границу: на основу овде коришћених података то је од око -22 до -9 °C (али је сигурно интервал много шири).

Вредности прагова у јако разноликом рељефу и са јаким утицајем мора у једном делу Републике Српске показују јасну висинску и ширинску закономерност. Висинске станице имају ниже прагове, али и ту појаву треба тумачити облицима рељефа. Вероватно је да су локални услови одлучујући за прагове минималних температура и да се становништво сваког краја адекватно адаптирало на интервале нормално ниских температура. Уопште су те разлике доста мале ако изузмемо Соколац и Билећу. Тако се може рећи да „упозорења“ могу да се упућују тек за прогнозиране температуре ваздуха испод -14 °C (Бања Лука) до испод -17 °C (Добој). У том интервалу је и двадесетогодишњи период за Бања Луку, али је његова вредност виша за 1,3 °C у дужем него што је добијена за краћи период (-13,8 °C). Посматрано у односу на Билећу то су доста ниже вредности (-8,3 °C).

Месечне граничне вредности налазе се на територији Републике Српске, наравно, увек изнад анализираних годишњих прагова, који се појављују у углавном у јануару, само у Приједору у децембру, а у Билећи чак у марту. Претпоставља се да су таква „иступања“ последица релативно кратког периода осматрања. Месечни прагови сежу до јулских 12,4 °C у Бијељини. У Билећи је највиши праг у августу 10,5 °C, док је у Сокоцу у јулу само 3,3 °C. Другим речима, лети (углавном је у питању јул) прагови се пењу и преко 10 °C.

Све ово значи да би у појединим крајевима требало лети упозоравати и на пад температуре испод 10 °C као неповољну појаву. У прелазним добима године је граница од око 0 °C. Први месец са мразним праговима је углавном октобар, а последњи април. Изузетак су Билећа и Соколац, са померањима сходно климатској варијанти.

Ако сада погледамо апсолутне минимуме закључујемо да се они просторно боље слажу са просечним минимумима, што је и разумљиво јер прагове одређује тип расподеле, односно фреквенција измерених дневних минимума. Најнижа измерена температура у истраживаном периоду је у Соколцу  $-31,6$  °C. У дужем изучаваном периоду Бања Луке су измерене ниже вредности што је и очекивано.

Спуштање апсолутних минимума испод прагова екстремности у великом броју места износи тек 2 до 3 °C, али у неким 7 до 8 °C. Код дужих периода осматрања она су и 10 до 12 °C.

У најтоплијем делу године поменута разлика је мања него зими, а то указује на велико груписање дневних минимума уз апсолутне вредности за то доба године и на повећање асиметрије расподеле током лета. Веће разлике су повољније ситуације за живот човека. Са друге стране, адаптација људи на апсолутне вредности блиске праговима значи повећану отпорност организма локалног становништва. Прелазна годишња доба су по интервалу раздвајања прагова екстрема и апсолутних екстрема сличнија летњем делу године. Најнижи праг од  $-21,7$  °C превазилази се у Приједору, Бања Луци и Бијељини, што може да упућује на велике просторне разлике у погледу минималних температура ваздуха у Републици Српској.

### Температура ваздуха много изнад нормалне

Дневни максимум температуре ваздуха знатно изнад нормалне у току зиме јавља се најчешће када се развија и одржава јака циклонска активност у нижим ширинама источног дела северног Атлантика или у западном Средоземљу. У оба случаја изнад Републике Српске тече интензивна адвекција топлоте која доводи до формирања термичког гребена. Врло високе температуре се могу јавити и при зоналним ситуацијама, обично када је зонална струја умерена на север са осом на око  $50^{\circ}$  с. г. ш. У току лета су сличне синоптичке ситуације као и зими. Највећа разлика је што се често изнад Балканског полуострва образује интензивна адвекција топлоте у југозападној струји, иако је циклонска циркулација слаба. Термички гребен је праћен гребеном високог притиска у приземљу дајући му динамички карактер (Radinović Đ., 1981).

Скала штетног дејстава високих температура иде од непријатности до болести, техничко-технолошких и друштвених утицаја и економских губитака. „Хиљаде људи сваке године умире услед директних или индиректних болести везаних за топлоту“ (Кајзер М., 2003). Али, не треба заборавити да разни радови истичу већу леталност код људи од ниских него од високих температура (Robeson S. M., 2002). Средње максималне температуре ваздуха спадају у групу важнијих климатских параметара неког простора па њихова анализа има значаја и за опште климатску анализу.

Већ на први поглед у табеле 11 до 16 (период исте дужине) запажа се да средњи годишњи максимуми споро расту од севера ка југу и незнатно од запада ка истоку Републике Српске: од  $17,8$  °C у Приједору до  $18,7$  °C у Билећи. Најизразитији је, ипак, пад у функцији надморске висине до  $13,9$  °C на Соколцу. Најниже месечне вредности се крећу од  $2,6$  °C у децембру на Соколцу до чак  $8,5$  у јануару у Билећи; а највише од  $24,6$  °C опет на Соколцу до  $31$  °C у Вишеграду, оба у јулу месецу. Максимуми се јављају у јулу, осим у Билећи, септембар, и у двадесетогодишњем периоду осматрања у Бања Луци, август (табела 9). Дужи период Бања Луке има ниже вредности у већини месеци и  $0,6$  °C нижу средњу годишњу вредност, него краћи период (таб. 9 и 11).

Прагови за температуре ваздуха много или знатно изнад нормалне за анализираних 7 станица у Републици Српској односе се на највише месечне прагове који могу да буду у јулу, августу или септембру. Они представљају границе екстремности за дато место (за целу годину). Генерализујући до највишег степена

просторни распоред граничних вредности максималних дневних температура ваздуха добијамо слику просторног распореда прагова који расту од запада са 38,4 °C у Приједору и од 39,9 °C на југу у Билећи до 40,2 °C ка истоку и северу у Бијељини. Као и код прагова екстремности минималних температура ваздуха и овде имамо јасан пад ка већим надморским висинама. У Соколцу је алармантна ситуација чим температура порасте изнад 33 °C. Врло је битна чињеница да је праг за Бања Луку у краћем и „новијем“ периоду виши чак за 1,8 °C (39,9 °C, према 38,1 °C) и да обе вредности не показују одлике урбане климе Бања Луке (уклапају се у „географију прагова“ природне средине у Републици Српској).

Табела 9. Параметри максималне температуре ваздуха (°C) у Бања Луци (1991-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср.макс. температуре	5.6	8.9	13.7	18.4	23.5	26.9	29.0	29.1	23.5	18.2	12.2	5.9	17.9
праг	18.8	20.3	25.0	27.3	32.3	35.6	37.5	38.1	32.2	29.2	23.5	19.3	38.1
Апс.макс. температуре	22.3	25.2	28.3	29.3	35.2	37.9	41.4	41.2	38.3	30.9	26.0	23.2	41.4

Табела 10. Параметри максималне температуре ваздуха (°C) у Соколцу (1991-2008. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср.макс. температуре	3.1	5.0	8.6	13.0	19.0	23.0	24.6	24.5	19.2	15.7	8.5	2.6	13.9
праг	13.0	15.1	19.2	22.6	27.5	30.9	33.0	32.8	28.2	24.6	19.5	12.7	33.0
Апс.макс. температуре	16.9	19.7	24.4	27.9	30.6	33.2	35.3	36.0	31.8	27.3	25.5	16.0	36.0

Табела 11. Параметри максималне температуре ваздуха (°C) у Бања Луци (2006-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср.макс. температуре	5.5	9.4	13.5	20.0	24.3	27.2	30.5	29.3	23.3	18.1	14.0	6.8	18.5
праг	18.8	20.5	24.3	27.5	33.6	35.8	39.9	36.9	35.2	28.9	24.7	20.1	39.9
Апс.макс. температуре	22.3	25.2	25.9	29.1	35.2	37.9	41.4	38.6	38.3	30.9	25.6	23.2	41.4

Табела 12. Параметри максималне температуре ваздуха (°C) у Приједору (2006-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср.макс. температуре	4.4	9.1	13.1	19.5	24.1	26.6	29.6	28.5	22.5	17.5	12.8	5.8	17.8
праг	16.6	19.9	23.1	26.9	32.3	35.3	38.4	35.4	34.0	28.5	24.7	19.4	38.4
Апс.макс. температуре	21.0	24.4	23.9	28.1	35.0	35.7	39.0	36.6	37.4	29.6	24.2	22.1	39.0

Табела 13. Параметри максималне температуре ваздуха (°C) у Добоју (2006-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср.макс. температуре	5.4	9.3	13.5	19.7	23.9	26.7	29.8	28.9	23.3	18.1	13.4	6.5	18.2
праг	17.9	21.0	23.4	26.7	33.3	35.7	39.5	36.3	34.4	28.3	24.6	20.4	39.5
Апс.макс. температуре	21.6	25.0	25.4	28.2	34.7	37.6	41.4	39.0	38.0	30.0	26.6	23.7	41.4



Табела 14. Параметри максималне температуре ваздуха (°C) у Бијељини (2006-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср.макс. температуре	4.1	8.4	13.0	19.5	24.3	27.2	30.3	29.0	23.4	17.8	13.0	5.8	18.0
праг	19.3	20.6	22.9	25.7	32.9	36.5	40.2	36.3	34.9	29.1	23.6	19.5	40.2
Апс.макс. температуре	20.9	24.0	25.7	27.2	35.0	37.6	43.0	39.0	37.8	31.0	25.6	22.8	43.0

Табела 15. Параметри максималне температуре ваздуха (°C) у Вишеграду (2006-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср.макс. температуре	5.0	9.2	13.9	20.5	25.0	27.8	31.0	30.8	23.9	17.9	10.8	5.7	18.5
праг	16.9	20.1	24.1	27.4	34.1	37.3	40.1	39.1	34.5	28.6	24.3	19.0	40.1
Апс.макс. температуре	19.3	22.8	26.2	28.7	35.3	37.7	42.6	42.4	36.7	30.0	26.6	22.6	42.6

Табела 16. Параметри максималне температуре ваздуха (°C) у Билећи (1991-2010. година)

Параметар	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	год.
Ср.макс. температуре	8.5	9.0	9.3	13.0	18.5	22.8	26.8	29.5	30.0	24.6	18.1	14.0	18.7
праг	15.9	15.9	15.3	20.1	24.9	30.7	34.1	38.1	39.9	34.1	25.9	20.9	39.9
Апс.макс. температуре	17.0	16.6	20.6	21.0	26.2	31.2	34.8	38.4	40.6	35.8	27.2	22.8	40.6

Прагови за температуре ваздуха много или знатно изнад нормалне за анализираних 7 станица у Републици Српској односе се на највише месечне прагове који могу да буду у јулу, августу или септембру. Они представљају границе екстремности за дато место (за целу годину). Генерализујући до највишег степена просторни распоред граничних вредности максималних дневних температура ваздуха добијамо слику просторног распореда прагова који расту од запада са 38,4 °C у Приједору и од 39,9 °C на југу у Билећи до 40,2 °C ка истоку и северу у Бијељини. Као и код прагова екстремности минималних температура ваздуха и овде имамо јасан пад ка већим надморским висинама. У Соколцу је алармантна ситуација чим температура порасте изнад 33 °C. Врло је битна чињеница да је праг за Бања Луку у краћем и „новијем“ периоду виши чак за 1,8 °C (39,9 °C, према 38,1 °C) и да обе вредности не показују одлике урбане климе Бања Луке (уклапају се у „географију прагова“ природне средине у Републици Српској).

Месечни прагови су најнижи у јануару, осим на Соколцу где се он јавља у децембру. Неповољне температуре тада на неким нижим станицама су већ када се попењу преко 15,9 °C (Билећа). Наравно ти прагови су још нижи на већим висинама, али „не много“. Са друге стране Бијељина има максимални зимски праг (19,3 °C). Уопште, највише месечне вредности су, наравно, годишњи прагови, а прелазне сезоне имају прагове у интервалу између 20 и 30 °C, са просечно вишим вредностима у јесен. Изузетак је јесен у Билећи са вишим праговима у сваком погледу. Ипак у прелазним годишњим добима често је „дозвољено“ појављивање температура и преко 30 °C: као неповољне понекад се узимају тек вредности од преко 34 °C - наравно, уз Билећу као изузетак (табела 16). У јесен се те вредности у Билећи померају за око 5 °C на више.

Где се налазе апсолутно највише измерене температуре и колико су оне „удаљене“ од упозоравајућих прагова? Највиша температура ваздуха према подацима којима се овом приликом располагало забележена је у Бијељини 43 °C. Она је виша од прага екстремности за то место 2,8 °C. Апсолутни максимум температуре у Соколцу износи тек 36 °C. Ове вредности се појављују у јулу, али на Соколцу у августу, а у Билећи су померене на септембар. Јануарски максимуми се крећу од 19,3 °C у

Вишеграду до 22,3 °C у Бања Луци, а у Билећи тај максимум износи 17 °C и 16,9 °C у Соколцу. Те вредности су изнад одговарајућих прагова скоро у оквирном интервалу 1 до 4 °C. У пролеће се могу појавити и температуре преко 35 °C, а у јесен чак и преко 38 °C – у Билећи и преко 40 (наравно у питању су септембарски максимуми). То може да буде чак изнад годишњих прагова. Највиши праг у Републици Српској (Бијељински 40,2 °C) превазиђен је свуда осим на Соколцу и у Приједору.

### Закључак

Сваки простор на нашој планети има своје специфичне климатске екстреме, који се испољавају у неповољном дејству, с обзиром да је становништво увек прилагођено нормалним климатским условима „своје регије“. У овом раду је анализирано стање екстремних климатских појава у Републици Српској и њихови прагови као границе неповољности климе. Проучаване су температура ваздуха много испод нормалне и температура ваздуха много изнад нормалне.

Просторни распоред минималних температура ваздуха у Републици Српској током проучаваног периода 2006-2010. година показује меридијанску, упоредничку и висинску закономерност. Вредности прагова у јако разноликом рељефу и са јаким утицајем мора у једном делу Републике Српске показују јасну висинску и ширинску закономерност. Вероватно је да су локални услови одлучујући за прагове минималних температура и да се становништво сваког краја адекватно адаптирало на интервале нормално ниских температура. Доња граница екстремности за температуру ваздуха у Републици Српској је око -17 °C. Места се специфичним општим климатским условима имају доста нижу или вишу границу: на основу овде коришћених података то је од око -22 до -9 °C (али је реално интервал много шири). У појединим крајевима лети би требало упозоравати на пад температуре испод 10 °C.

Најнижа измерена температура у истраживаном периоду је у Соколцу -31, 6 °C. Спуштање апсолутних минимума испод прагова екстремности износи од 2 или 3 °C до 7 или 8 °C, али код дужих периода осматрања и више.

Средњи годишњи максимуми споро расту од севера ка југу и незнатно од запада ка истоку Републике Српске. Прагови за температуре ваздуха много или знатно изнад нормалне за анализираних 7 станица у Републици Српској односе се на највише месечне прагове који могу да буду у јулу, августу или септембру. Они представљају границе екстремности за дато место (за целу годину). Прагови расту од запада са 38,4 °C у Приједору и од 39,9 °C на југу у Билећи до 40,2 °C ка истоку и северу у Бијељини. У Соколцу је алармантна ситуација чим температура порасте изнад 33 °C.

Највиша температура ваздуха према подацима којима се овом приликом располагало забележена је у Бијељини 43 °C. Она је виша од прага екстремности за то место 2,8 °C. Апсолутни максимум температуре у Соколцу износи тек 36 °C. Највиши праг у Републици Српској (Бијељински 40,2 °C) превазиђен је свуда осим на Соколцу и у Приједору. Максималне температуре ваздуха, имајући у виду „горући“ проблем промене климе, спадају у групу важнијих климатских параметара неког простора, али, не би требало заборавити на поменути чињеницу да је већа леталност код људи од ниских него од високих температура.

## Литература

- Анђелковић Г. (2006). Методологија одређивања екстремних температура ваздуха на примеру јануара и јула месеца у Неготину. *Гласник Српског географског друштва*, 86 (1).
- Анђелковић Г. (2010): Климатски екстреми у Србији - дефиниције, врсте и класификација. *Гласник Српског географског друштва*, 90 (4).
- Вујевић П. (1956): Климатолошка статистика. Научна књига. Београд.
- Кајзер М. (2003): Како време утиче на здравље. Драганић, Београд.
- Chapman E. H. (1919): On the use of the normal curve of errors in classifying observations in Meteorology. Meteorological Office London, Professional Notes, No. 5, London.
- Oliver J. E., Hidore J.J. (2002): Climatology - An Atmospheric Science. Prentice Hall, New Jersey.
- Radinović Đ. (1981): Vreme i klima Jugoslavije. IRO Građevinska knjiga, Beograd.
- Radinović Đ. (1990): Extraordinary, severe and hazardous weather phenomena – definitions, forecasts and warnings. Fifth International Youth School on Meteorology and Hidrology. Vol. 2. Bulgarian Academy of Sciences. Sofia.
- Robeson S.M. (2002): Relationships between mean and standard deviation of air temperature: implications for global warming. *Climate Research* 22.
- \*\*\* (1991-2010). Метеоролошки годишњаци. *Бања Лука: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске*.
- \*\*\* (2007). Summary for Policymakers: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *IPCC*
- \*\*\* (2012): Summary for Policymakers: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. Cambridge University Press. Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.*

## DETERMENING THE EXTREME AIR TEMPERATURE THRESHOLDS IN REPUBLIC OF SRPSKA

GORAN ANĐELKOVIĆ<sup>1</sup>, VLADAN DUCIĆ<sup>1</sup>, GORAN TRBIĆ<sup>2</sup>, NADA RUDAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*University of Belgrade –Faculty of Geography, Studentski trg 3/III, Belgrade, Serbia*

<sup>2</sup>*University of Banja Luka, PMF, Mladena Stojanovića, Banja Luka, Republic of Srpska*

<sup>3</sup>*Republic Hydrometeorological Service, Put Banjalučkog odreda bb, Banja Luka, Republic of Srpska*

**Abstract:** The goal of this paper is to determine the state of extreme air temperature in Republic of Srpska and to establish their thresholds as the limits of unsuitability of the climate. The air temperature much above and much below was investigated. The spatial distribution of minimal air temperatures in Republic of Srpska during the studied period 2006-2010 shows the meridian, parallel and altitude regularity. The average annual maximums increase slowly from the north towards the south and insignificantly from the west towards the east of Republic of Srpska.

**Key words:** extreme temperature values, extreme temperature treshold, population adaption

### Introduction

Extreme climate events increasingly draw attention of the scientific public, and due to mass media covering of the developed part of the world there is almost no extreme climate event that stays unnoticed. Certain relevant scsientific institutions, such as The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), have taken the initiative in the intrpretation of contemporary climate changes, the estimate of anthropogenic influence on climate, and as a part of that, also climate extremes. Special attention is given to current trends of air temperature. On global level, the 20th century, the last decade of the 20th century and the year 1998 were the warmest in the last millenium (IPCC, 2007).

According to the data registered by The Global climate monitoring system and national network of metereological stations, similar trend of air temperature increase has been noted in hemispherical scales as well, and it also prevails in regional and local scales. Still, in the second half of the 20th century south from 60° S decline of air temperature was registered, and similar changes have been noted in some parts of the south-eastern Europe.

Besides registered changes in air temperature trends, in many regions of the world the changes in intensity and frequency of the occurance of the climate extremes, such as the waves of extremely high air temperatures, have been registered. Apart from indubitable consequences on human health, high temperatures accompanied by the lack of precipitation cause high economic losses.

The analyses of the IPCC show that the projected increase of air temperature under the influnce of the increase of the concetration of the gases with greenhouse effect in certain regions of the world would be followed by various regional changes in changes in intensity and frequency of climate extremes. Nevertheless, in the next two to three decades „the signal“ of those changes will still be relatively weak in comparison with the natural climate variability (IPCC, 2012).

Every area on our planet has its own specific climate extremes, which are manifested as negative effects, since the population is always adapted to normal climate conditions of “its region” as an ordered geosystem (Anđelković G, 2010). The goal of this paper is to determine the state of extreme air temperature in Republic of Srpska and to establish their thresholds as the limits of unsuitability of the climate of that part of Bosnia and Herzegovina.

### The study methodology

Climatologists are often forced to characterize various weather conditions and climate values by words, meaning that it is not enough to present only number values in

charts (Vujević P, 1956). It is necessary to give users and common people certain characteristic in words for the temperature value or some other climate element. But, for qualifications such as “lower than normal”, “considerably lower than average” or “almost usual” or “extreme”, in which we are especially interested, **precise and scientifically determined limits** must be taken into consideration.

For a certain geographic region extreme values are especially important. Studies conducted so far (Vujević P, 1956; Radinović Đ, 1990; Anđelković G, 2006) have showed that many extreme values of climate events have normal distribution. The type of distribution basically determines the way the thresholds for extreme values of climate events are calculated.

Theorem Cornu represents the best way to check whether a certain climate element can be subjected to Gauss’s distribution. According to this theorem double coefficient (quotient) of square standard deviation ( $\sigma$ ) and square average deviation (variability –  $d$ ) equals Ludolph’s number ( $\pi$ ) when a certain sequence of data has normal curve of distribution:

$$\frac{2\sigma^2}{d^2} = \pi \cdot$$

In theorem Cornu, deviation should not be higher than 5%. Still, meeting that requirement is the necessary, but not the sufficient condition for normal distribution. To confirm that the number of deviations which absolute value is lower than  $\sigma$  should be found. It is done by counting data in the interval  $\mu \pm \sigma$  (between the difference and the sum of the arithmetic mean and standard deviation). According to Gauss’s distribution 68.27 % of all data is inside the interval  $\mu \pm \sigma$ , 95.45 % is inside the interval  $\mu \pm 2\sigma$ , and even 99.73 % inside  $\mu \pm 3\sigma$ . For a sequence to match the criterion of normal distribution the number of data in the mentioned interval should be higher than two thirds of the total number of data in the studied sequence.

It should be stated that in practice there is almost no place where the frequency curve of a certain climate element would completely match in its shape Gauss’s normal bell curve (Vujević P, 1956). Nevertheless, consciously making the mistake, we must be satisfied with more or less rough approximation. The classification of climate elements value established by Chapman (Chapman E. H., 1919) and based on precisely determined numeral values describes the level of „normality” in climatology. In this case for normal values are taken those values that lie inside the interval  $\mu \pm \sigma$ .

Vujević (Vujević P, 1956) emphasizes that it is better to separate classes on the basis of the value of a probable deviation ( $r$ ), which represents 0.6745  $\sigma$ , so those intervals are narrower for a third than those with standard deviation and that limits of those classes correspond better to general human feeling. However, in that case the limits for extremely negative events become considerably wider, which would not describe well current climate conditions of any area on Earth (taking into consideration current trends of climate changes, i.e. strengthening of extremes). This is accepted in the latest works in climatology all around the world: in these works it is emphasized that exactly standard deviation is used for describing abnormal climate conditions (Oliver J. E., Hidore J. J.; 2002).

Knowing this we can determine limits, i.e. the frequency thresholds – or probability of an event with certain values of a climate element. We will take that **the values of a climate element which are very, considerably or much below normal (under  $\mu-2\sigma$ ) and very, considerably or much above normal (above  $\mu+2\sigma$ ) represent extreme (negative) climate event**. Now we should take into consideration the rule of normal distribution according to which the probability is  $p_2 = 0.9545$  (so called  $2\sigma$  rule), i.e. outside the interval  $\mu \pm 2\sigma$  is 100 % - 95.45 % = 4.55 %, which is 2.275 % on each end of a layout (on both sides of the most frequent value in a sequence).

In this case **the air temperature much below normal** and **the air temperature much above normal** were studied. The procedure is almost the same in both cases, so we can explain the appliance of the normal distribution method in the case of the first ECE: minimal daily temperatures ( $T_n$ ). There are sequences for 7 monitoring stations per months for different periods (from 20 years for Banja Luka and 18 for Sokolac, to 6 years for Prijedor, Doboj, Bijeljina, Višegrad and Bileća). The first suchlike sequence is for Banja Luka for January. It has 620 entries (31 days in January multiplied with 20 years). The sequences for other months are analogue to this one. 84 temperature sequences were made in this way: 12 for each of the 7 monitoring stations. By arranging minimal daily temperatures according to their size the statistical sequence of the random variable  $T_n$  was created:

$$T_{n1} \leq T_{n2} \leq T_{n3} \leq \dots \leq T_{n620}$$

The temperature sequences as statistical series are arranged according to their size from the lowest to the highest values, i.e. the width of the interval of the grouping of data was reduced to the level of the precision of the temperature measurement (0.1 °C). When all the values are classified according to the number of occurrence in coordinate system, for each temperature sequence abscissa represents the ordinate of frequency. The gained frequencies represent the distribution curve which corresponds to normal distribution.

The procedure for determining thresholds for minimal daily air temperatures was to deduct 2.275 % of data starting from the lowest value from the total frequency of minimal daily air temperatures for each month (number of days in a month x number of years). For months with 31 days there are 14 data:

$$\frac{620}{100} \cdot 2,275 = 14,105 \approx 14.$$

For months with 30 days (600 values) there are also 14 data, and for February which forms 565 values, there are 13 data starting from the absolutely lowest value:

$$\frac{600}{100} \cdot 2,275 = 13,65 \approx 14$$

or:

$$\frac{565}{100} \cdot 2,275 = 12,854 \approx 13.$$

For Sokolac, which represents period 2001-2008, there are 13 (12.69) data for months with 31 days (558 values), 12 (12.29) data for months with 30 days (540 entries in a sequence), and for February which forms 509 values, there are also 12 (11.58) data starting from the absolute value.

And finally, for places with 5 year period (Prijedor, Doboj, Bijeljina, Višegrad I Bileća) for months with 31 days (155 values) there are 4 (3.52) data, and for months with 30 days 3 (3.41) data, as well as for February which has 141 entries in the sequence (3.2) starting from the absolutely lowest value.

The exact value of a temperature threshold is for one decimal higher than the last value (data) which is deducted (14, 13, 12 or 4 и 3). During this part of the procedure by taking the insight into the distribution of frequencies the simple counting of data was conducted and the value of a threshold was determined. The difference in determining the opposite extremes is that instead of taking minimal we take maximal values and at the end a threshold is determined by counting 2.275% frequencies from the highest instead of the lowest value of the parameters.

### The air temperature much below normal

Negative climate events related to air temperature are studied before other extreme climate events not because of their direct importance, but the indirect, which is huge knowing that temperature has influence on other climate events as well. Direct influence of temperature extremes has almost no direct devastating effects on economy, but they can directly endanger human lives. We should be aware of the fact that cold is responsible for much higher number of deaths and disorders than high temperatures (Kajzer M, 2003).

The lowest and the highest air temperatures that occurred in a certain place during a certain period are called extreme temperatures. Several parameters (average and absolute values) are related to extreme air temperatures, but not all of them are equally important for human health and human activities. The values considerably below and considerably above normal are important for investigation of negative climate events.

Severe climate events occur when there is adequate macro-atmospheric circulation and when local conditions are convenient. In most cases macro-atmospheric synoptic situation is the same over a larger area, but local conditions can vary considerably. Thus, a certain event can occur only when both conditions are fulfilled. A daily minimum of air temperature considerably below normal appears during the winter, most frequently under the synoptic situation with significant anticyclone or when a ridge of high air pressure arrives over Republic of Srpska. It is interesting that the same conditions are characteristic for summer as well, but in that case most frequently the ridge of North-Atlantic and not Siberian anticyclone is in question. It should be mentioned that zonal situations when minimal temperature considerably below normal occurs are not rare as well (Radinović Đ, 1981).

The average annual minimal air temperature in Banja Luka in the studied twenty-year period is 6.3 °C (tab. 1). Monthly values are from -2.8 °C to 15.4 °C. The spatial distribution of minimal air temperatures in Republic of Srpska during the studied period 2006-2010 shows the meridian, parallel and altitude regularity (tab. 1-8). The average annual minimal air temperature is the highest in Bileća 7.4 °C, and it rises insignificantly from the south to the east (in Prijedor it is 6.7 °C, and in Bijeljina 7.3 °C). In Sokolac it is only 1.6 °C, although in this case the monitoring period is much longer. In Banja Luka the average annual minimum is lower in period 1991-2010, than in the period 2006-2010: 6.3 °C versus 6.8 °C. The average monthly values change differently in space: in summer they fall from the west to the east and from the north to the south, and in winter only to the east.

**Table 1. The parameters of the minimal air temperature (°C) in Banja Luka (period 1991-2010)**

**Table 2. The parameters of the minimal air temperature (°C) in Sokolac (period 1991-2008)**

**Table 3. The parameters of the minimal air temperature (°C) in Banja Luka (period 2006-2010)**

**Table 4. The parameters of the minimal air temperature (°C) in Prijedor (period 2006-2010)**

**Table 5. The parameters of the minimal air temperature (°C) in Doboj (period 2006-2010)**

**Table 6. The parameters of the minimal air temperature (°C) in Bijeljina (period 2006-2010)**

**Table 7. The parameters of the minimal air temperature (°C) in Višegrad (period 2006-2010)**

**Table 8. The parameters of the minimal air temperature (°C) in Bileća (period 2006-2010)**

The average minimal temperatures are “expected” values for a certain time interval, and absolutely minimal temperatures are extremities of natural conditions of a certain area. Life and work of people is organized according to the expected values, and in the situation of approaching negative extreme values people must be adequately warned. The thresholds for air temperatures much below normal are the limit values of minimal daily air temperatures and they do not have to match spatially and temporally the average values a man is adapted to.

Strictly scientifically viewed those values are quite unevenly distributed. The bottom limit of extremity for air temperature in Republic of Srpska is around -17 °C. Places with

specific general climate conditions have much lower or higher limit: according to the data used here it is about -22 to -9 °C (but the interval is surely much wider).

The values of the thresholds in quite diverse relief and with the strong influence of the sea in one part of Republic of Srpska show the clear altitude and latitude regularity. Stations at higher altitude have lower thresholds, but this event as well should be explained by the type of the relief. It is probable that the local conditions have the greatest influence on minimal temperature thresholds and that the population of every area has adequately adapted to the intervals of normally low temperatures. Generally, those differences are quite low if we exclude Sokolac and Bileća. Thus, we can say that „warnings“ should not be made before the forecast air temperature is below -14 °C (Banja Luka) to -17 °C (Doboj). The twenty-year period for Banja Luka is in that interval, but its value is higher for 1.3 °C in the longer period than the value gained for the shorter period (-13.8 °C). Comparing to Bileća those values are quite lower (-8.3 °C).

Monthly limit values on the territory of Republic of Srpska are, naturally, always above analyzed annual thresholds, which appear mainly in January, only in Prijedor in December, and in Bileća not before March. It is assumed that those „discrepancies“ are the consequence of relatively short monitoring period. Monthly thresholds reach 12.4 °C in July in Bijeljina. In Bileća the highest threshold is in August 10.5 °C, while in Sokolac in July it is only 3.3 °C. In other words, in summer (usually in July) thresholds rise even over 10 °C.

All this means that in certain areas in summer there should be a warning for the temperature that falls below 10 °C as for a negative event. In spring and autumn the limit is around 0 °C. The first month with frosty thresholds is mostly October, and the last April. The exceptions are Bileća and Sokolac, with changes according to the climate variant.

If we now look at absolute minimums we can conclude that they spatially match better the average minimums, what is understandable because the thresholds are determined by the type of distribution, i.e. the frequency of measured daily minimums. The lowest measured temperature in the studied period is in Sokolac -31.6 °C. In the longer studied period in Banja Luka lower values were measured, what was expected.

The decline of the absolute minimums below the thresholds of extremity in the large number of places is only 2 to 3 °C, but in some 7 to 8 °C. In longer periods of monitoring they are even 10 to 12 °C.

In the warmest period of a year the mentioned difference is lower than in winter, what points to huge grouping of daily minimums to absolute values for that period of a year and on the increase of the asymmetry during the summer. Bigger differences are more favourable situations for human life. On the other hand, adaptation of people to absolute values close to thresholds means increased resistance of the organism of the local population. The spring and autumn are more similar to summer according to the interval of the division of the thresholds of the extremes and absolute extremes. The lowest threshold of -21.7 °C is exceeded in Prijedor, Banja Luka and Bijeljina, what can point to huge spatial differences in minimal air temperatures in Republic of Srpska.

### **The air temperature much above normal**

Daily maximum of the air temperature considerably above normal during the winter mostly appears when the strong cyclonic activity develops and maintains at lower latitudes of the eastern part of the northern Atlantic or in western Mediterranean. In both cases the intensive advection of heat flows above Republic of Srpska what leads to the formation of a thermal ridge. Very high temperatures can occur in zonal situations as well, usually when zonal current is moved to the north with axis at latitude about 50° north. During the summer synoptic situations are similar to those in winter. The greatest difference is that the intensive advection of heat is often formed over the Balkan Peninsula in the southwestern current,



although the cyclonic circulation is weak. The thermal ridge is accompanied by the ridge of high pressure at ground level giving it dynamic character (Radinović Đ, 1981).

The scale of harmful effects of high temperatures goes from unpleasantness to illness, technical-technological and social effects and economic losses. “Thousands of people die every year due to direct or indirect illnesses related to heat” (Kyser M, 2003). But, it should not be forgotten that it is emphasized in many works that human mortality is higher in the case of low than of high temperatures (Robeson S. M., 2002). Average maximal air temperatures belong to the group of important climate parameters of a certain area, so their analysis is significant for general climate analysis, as well.

Even at the first look at the tables 11 to 16 (the same period) it can be noticed that the average annual maximums increase slowly from the north towards the south and insignificantly from the west towards the east of Republic of Srpska: from 17.8 °C in Prijedor to 18.7 °C in Bileća. The most notable is the fall of altitude function to 13.9 °C at Sokolac. The lowest monthly values go from 2.6 °C in December at Sokolac to even 8.5 °C in January in Bileća; and the highest from 24.6 °C again at Sokolac to 31 °C in Višegrad, both in July. The maximums occur in July, except in Bileća – September, and during the twenty-year monitoring period in Banja Luka - August (table 9). The longer period in Banja Luka has lower values in most months and 0.6 °C lower average annual value than the shorter period (tables 9 and 11).

**Table 9. The parameters of the maximal air temperatures (°C) in Banja Luka (period 1991-2010)**

**Table 10. The parameters of the maximal air temperatures (°C) in Sokolac (period 1991-2008)**

**Table 11. The parameters of the maximal air temperatures (°C) in Banja Luka (period 2006-2010)**

**Table 12. The parameters of the maximal air temperatures (°C) in Prijedor (period 2006-2010)**

**Table 13. The parameters of the maximal air temperatures (°C) in Doboј (period 2006-2010)**

**Table 14. The parameters of the maximal air temperatures (°C) in Bijeljina (period 2006-2010)**

**Table 15. The parameters of the maximal air temperatures (°C) in Višegrad (period 2006-2010)**

**Table 16. The parameters of the maximal air temperatures (°C) in Bileća (period 1991-2010)**

The thresholds for air temperatures much or considerably above normal for 7 analyzed stations in Republic of Srpska refer to the highest monthly thresholds that can occur in July, August or September. They represent limits of extremity for a given place (for the whole year). By generalizing to the highest level the spatial distribution of the limit values of the maximal daily air temperatures we create the picture of the spatial distribution of the thresholds which rise from the west with 38.4 °C in Prijedor and 39.9 °C at the south in Bileća to 40.2 °C towards the east and north in Bijeljina. As well as with extremity thresholds of minimal air temperatures here we also have clear fall towards higher altitude. In Sokolac it is alarming situation as soon as the temperature rises above 33 °C. A very important fact is that the threshold for Banja Luka in shorter and “later” period is higher for even 1.8 °C (39.9 °C versus 38.1 °C) and that both values do not show the characteristic of the urban climate of Banja Luka (they fit “the threshold geography” of the natural environment in Republic of Srpska).

The monthly thresholds are the lowest in January, except at Sokolac where it occurs in December. At that period negative temperatures at some stations are as soon as they rise above 15.9 °C (Bileća). Naturally, those thresholds are even lower at higher altitude, but “not much”. On the other hand Bijeljina has maximal winter threshold (19.3 °C). Generally, the highest monthly values are, of course, annual thresholds, while spring and autumn have thresholds in the interval between 20 and 30 °C, with higher values in autumn at average. The exception is the autumn in Bileća with higher thresholds in any case. Nevertheless, in spring and autumn the occurrence of temperatures even above 30 °C is often “allowed”: sometimes as negative values are taken only the temperatures above 34 °C – with the exception of Bileća, of course (table 16). In autumn those values in Bileća move for about 5 °C upwards.

Where are registered the absolutely highest measured temperatures and how “far” are they from warning thresholds? The highest air temperature according to the data that were at our disposal was registered in Bijeljina 43 °C. It is higher than the extremity threshold for that place for 2.8 °C. The absolute temperature maximum in Sokolac is only 36 °C. These values occur in July, but in Sokolac in August, and in Bileća they are moved to September. January maximums vary from 19.3 °C in Višegrad to 22.3 °C in Banja Luka, in Bileća that maximum is 17 °C and in Sokolac 16.9 °C. Those values are above corresponding thresholds almost in the interval around 1 to 4 °C. In spring temperatures even above 35 °C can appear, and in autumn even above 38 °C – in Bileća even above 40 (clearly, those are September maximums). It can be even above annual thresholds. The highest threshold in Republic of Srpska (40.2 °C in Bijeljina) is exceeded everywhere except in Sokolac and Prijedor.

### Conclusion

Every area on our planet has its own specific climate extremes, which are manifested as negative effects, since the population is always adapted to normal climate conditions of “its region”. In this work the state of extreme climate events in Republic of Srpska was analyzed and their thresholds as limits of climate unsuitability. The air temperature much below normal and the air temperature much above normal were studied.

The spatial distribution of minimal air temperatures in Republic of Srpska during the studied period 2006-2010 shows the meridian, parallel and altitude regularity. The values of the thresholds in quite diverse relief and with the strong influence of the sea in one part of Republic of Srpska show the clear regularity according to the altitude and latitude. It is probable that the local conditions have the greatest influence on minimal temperature thresholds and that the population of every area has adequately adapted to the intervals of normally low temperatures. The bottom limit of extremity for air temperature in Republic of Srpska is around -17 °C. Places with specific general climate conditions have much lower or higher limit: according to the data used here it is about -22 to -9 °C (but, in reality the interval is much wider). In certain areas in summer a warning should be made when temperature falls below 10 °C.

The lowest measured temperature in the studied period is in Sokolac -31.6 °C. The decline of the absolute minimums below the thresholds of extremity is from 2 or 3 °C, to 7 or 8 °C, but in longer periods of monitoring even more.

The average annual maximums increase slowly from the north towards the south and insignificantly from the west towards the east of Republic of Srpska. The thresholds for air temperatures much or considerably above normal for 7 analyzed stations in Republic of Srpska refer to the highest monthly thresholds that can occur in July, August or September. They represent the limits of extremity for a given place (for the whole year). The thresholds rise from the west with 38.4 °C in Prijedor and 39.9 °C at the south in Bileća to 40.2 °C towards the east and north in Bijeljina. In Sokolac it is alarming situation as soon as the temperature rises above 33 °C.

The highest air temperature according to the data that were at our disposal was registered in Bijeljina 43 °C. It is higher than the extremity threshold for that place for 2.8 °C. The absolute temperature maximum in Sokolac is only 36 °C. The highest threshold in Republic of Srpska (40.2 °C in Bijeljina) is exceeded everywhere except in Sokolac and Prijedor. The maximal air temperatures, taking into consideration the “acute” problem of climate change, belong to the group of important climate parameters of a certain area, but the mentioned fact that human mortality is higher in the case of low than of high temperatures should not be forgotten.

### Reference

See references on page 115