

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Татјана С. Попов

**УТИЦАЈ САВРЕМЕНИХ КЛИМАТСКИХ
КОЛЕБАЊА И ПОТЕНЦИЈАЛНИХ
ПРОМЈЕНА КЛИМЕ НА
ФИТОГЕОГРАФСКА ОБИЉЕЖЈА
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ**

докторска дисертација

Београд, 2017.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF GEOGRAPHY

Tatjana S. Popov

**THE IMPACT OF RECENT CLIMATE
VARIABILITY AND POTENTIAL
CLIMATE CHANGE ON
PHYTOGEOGRAPHIC
CHARACTERISTICS OF THE REPUBLIC
OF SRPSKA**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2017

Ментор:

Др Владан Дуцић, редовни професор
Универзитет у Београду, Географски факултет

Чланови комисије:

Датум одбране докторске дисертације:

_____ Београд

ЗАХВАЛНИЦА

Користим се овом приликом да захвалим свим људима који су ми помогли при изради дисертације. Захваљујем, прије свега, проф. др Владану Дуцићу, свом цијењеном ментору, за свестручну помоћ и бројне корисне савјете и сугестије који су ми много помогли да дисертација добије жељену форму. Захваљујем проф. др Горану Трбићу, свом уваженом професору, на дугогодишњој сарадњи и пренесеном огромном искуству и знању, које ме усмјеравало у стручном и професионалном раду и развоју. Такође, свесрдно му захваљујем на корисним сугестијама и упутствима који су знатно допринијели квалитету дисертације. Посебну захвалност дугујем и проф. др Рајку Гњати за указано повјерење и несебичну стручну подршку. Захваљујем и професорима са Географског факултета Универзитета у Београду.

Неизмјерно сам захвална и Републичком хидрометеоролошком заводу Републике Српске и Федералном хидрометеоролошком заводу.

На крају, посебно желим да захвалим својој породици и пријатељима, који су увијек били уз мене и уз чију је огромну подршку, разумијевање и помоћ писање ове дисертације било много лакше.

**УТИЦАЈ САВРЕМЕНИХ КЛИМАТСКИХ КОЛЕБАЊА И
ПОТЕНЦИЈАЛНИХ ПРОМЈЕНА КЛИМЕ НА ФИТОГЕОГРАФСКА
ОБИЉЕЖЈА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ**

Сажетак

Циљ дисертације је да детерминише утицај савремених колебања климе на фитогеографска обиљежја Републике Српске. На основу података са једанаест метеоролошких станица извршена је анализа трендова најважнијих климатских елемената који утичу на развој и распрострањење биљног свијета, а прије свега температуре ваздуха, падавина, влажности ваздуха, облачности и инсолације. У периоду 1961–2015. године утврђени су позитивни трендови средњих, максималних и минималних годишњих и сезонских температура ваздуха. Сви наведени трендови најизраженији су у сјеверном дијелу Републике Српске, док је пораст загријавања нешто мањи у вишим подручјима Херцеговине. На цијелој територији утврђен је значајан позитиван тренд суме активних температура, како на годишњем нивоу, тако и у вегетационом периоду. За разлику од температуре ваздуха, трендови падавина су, сезонски и регионално, веома промјенљиви и различитог знака, али несигнификантни. Ипак, повећана је међугодишња варијабилност падавина и учесталост година са екстремним падавинама.

Уочена савремена колебања климатских елемената доведена су у везу са промјенама физиологије (тј. са промјенама прираста година дрвећа и приноса култура) и помјерањима у фенологији биљака. Установљено је да је пораст средње годишње температуре ваздуха негативно утицао на дебљински прираст дрвећа. Утврђена је значајна негативна корелација између прираста дрвећа и нормализованог ефекта гасова стаклене баште, као и Атлантске вишедеценијске осцилације. Помјерања у фенологији биљака генерално се огледају у негативним трендовима прољећних фенофаза и позитивним трендовима јесењих фенофаза.

На основу утврђених савремених колебања климе и пројекција будућих промјена предложене су смјернице за ублажавање климатских промјена и прилагођавање на промијењене климатске услове.

Кључне ријечи: савремена колебања климе, климатске промјене, климатски елементи, тренд, фитогеографија, биогеографија, Република Српска.

Научна област: Географија.

Ужа научна област: Физичка географија.

THE IMPACT OF RECENT CLIMATE VARIABILITY AND POTENTIAL CLIMATE CHANGE ON PHYTOGEOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE REPUBLIC OF SRPSKA

Abstract

The aim of the dissertation is to determine the impact of recent climate variability on the phytogeographic characteristics of the Republic of Srpska.

Based on data from eleven meteorological stations, trends in most important climate elements that affect plants development and distribution, primarily, air temperature, precipitation, humidity, cloud cover and sunshine, were determined. In the observed period (1961–2015), the positive trends in mean, maximum and minimum annual and seasonal air temperatures were determined all over the Republic of Srpska. All the aforementioned trends are most pronounced in the northern part of the Republic of Srpska, while the warming increase is slightly lower in the higher areas of Herzegovina. In the observed period, over the entire territory of the Republic of Srpska a significant positive trend of active temperatures sums, both annual and in the growing season is determined. Unlike air temperature, precipitation trends are seasonally and regionally very variable and different in character, but all insignificant. Inter-annual precipitation variability as well as the frequency of years with extreme precipitation have increased.

Recent variability of climatic elements, particularly air temperature and precipitation, has been brought into correlation with the changes in physiology (i. e. changes in tree-ring increment and crop yields) and in shifts in plants phenology in the Republic of Srpska. It was found that the increase in mean annual air temperature negatively affected the tree-ring diameter increment. There is a significant negative correlation between the tree-ring increment and normalized effect of greenhouse gases, as well as between the tree-ring increment and the Atlantic Multidecadal Oscillation. Shifts in seasonal plants activities, in general, are reflected in the negative trends of spring phenophases and positive trends of autumn phenophases.

Based on the observed recent climate variability in the Republic of Srpska and projected future climate change, basic guidelines for mitigation and adaptation to changing climate are proposed.

Key words: recent climate variability, climate change, climatic elements, trend, phytogeography, biogeography, the Republic of Srpska.

Scientific field: Geography.

Scientific subfield: Physical Geography.

САДРЖАЈ

Сажетак

Abstract

УВОД	1
1. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА	1
2. ЗАДАЦИ ИСТРАЖИВАЊА	3
3. РАДНЕ ХИПОТЕЗЕ	4
4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА	5
5. НАУЧНА ОПРАВДАНОСТ И ОЧЕКИВАНА ПРИМЈЕНА РЕЗУЛТАТА У НАУЦИ И ПРАКСИ	8
6. СТРУКТУРА И САДРЖАЈ ДИСЕРТАЦИЈЕ	10
I. ТЕОРИЈСКО-МЕТОДОЛОШКИ ОКВИР ИСТРАЖИВАЊА ...	12
1. УСЛОВЉЕНОСТ И ИНТЕРАКЦИЈЕ ИЗМЕЂУ КЛИМЕ И ВЕГЕТАЦИЈЕ	12
2. САВРЕМЕНЕ КЛИМАТСКЕ ПРОМЈЕНЕ	32
2.1. Дефиниција климатских колебања и промјена.....	32
2.2. Покретачи савремених климатских промјена.....	36
2.3. Промјене атмосферске концентрације гасова стаклене баште.....	38
2.4. Промјене температуре ваздуха – глобално загријавање	44
2.5. Промјене режима падавина	52
2.6. Промјене екстремних временских или климатских догађаја	56
3. УТИЦАЈ САВРЕМЕНИХ КЛИМАТСКИХ ПРОМЈЕНА НА БИЉНИ СВИЈЕТ	60
3.1. Утицаји на физиологију	64
3.1.1. Повећање стопе фотосинтезе	64
3.1.2. Повећање ефикасности коришћења воде	67
3.1.3. Повећање стопе раста.....	68
3.1.4. Повећање нето примарне производње.....	75

3.2. Утицаји на фенологију	83
3.3. Утицаји на распрострањење	91
3.4. Утицаји на биљне заједнице и еко-системе	99
3.5. Утицаји на изумирање врста	103

II. ОПШТЕ ЕКОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПРОСТОРА

РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ.....	106
1. КЛИМАТСКИ ФАКТОРИ	106
2. ОРОГРАФСКИ ФАКТОРИ.....	112
3. ЕДАФСКИ ФАКТОРИ.....	119

III. ФИТОГЕОГРАФСКА ОБИЉЕЖЈА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

.....	125
1. ОПШТЕ ОДЛИКЕ ФЛОРЕ И ВЕГЕТАЦИЈЕ	125
2. ХОРИЗОНТАЛНА И ВЕРТИКАЛНА ЗОНАЛНОСТ ВЕГЕТАЦИЈЕ ...	126
2.1. Хоризонтална зоналност вегетације	127
2.2. Вертикална зоналност вегетације	130
2.2.1. Низијски (планарни) појас	132
2.2.2. Брежуљкасти (колински) појас	135
2.2.3. Брдски (монтани) појас	138
2.2.4. Горски (алтимонтани) појас	139
2.2.5. Претпланински (субалпински) појас	141
2.2.6. Планински (алпински) појас	144
2.2.7. Медитеранска област	144
3. ФИТОГЕОГРАФСКА РЕГИОНАЛИЗАЦИЈА	147
3.1. Фитогеографска регионализација Стјепана Хорватића	147
3.2. Биогеографска регионализација Сергеја Матвејева	148
3.3. Еколошко-вегетацијска регионализација Владимира Стефановића и сарадника	149

IV. САВРЕМЕНА КОЛЕБАЊА КЛИМЕ У РЕПУБЛИЦИ

СРПСКОЈ.....	151
1. ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА	153

1.1. Средње мјесечне и годишње температуре ваздуха	153
1.2. Средње сезонске температуре ваздуха	173
1.3. Средње мјесечне и годишње максималне и минималне температуре ваздуха	185
1.3.1. Средње мјесечне и годишње максималне температуре ваздуха.....	185
1.3.2. Средње мјесечне и годишње минималне температуре ваздуха.....	188
1.4. Средње максималне и минималне сезонске температуре ваздуха ..	191
1.4.1. Средње максималне сезонске температуре ваздуха.....	191
1.4.2. Средње минималне сезонске температуре ваздуха.....	199
1.5. Апсолутно максималне и минималне температуре ваздуха	207
1.6. Суме активних температура	216
1.7. Учесталост дана са карактеристичним температурама ваздуха	221
1.7.1. Средњи број ледених дана.....	221
1.7.2. Средњи број мразних дана.....	225
1.7.3. Средњи број љетних дана	231
1.7.4. Средњи број тропских дана	233
1.7.5. Средњи број тропских ноћи	236
2. ПАДАВИНЕ	239
2.1. Средње мјесечне и годишње количине падавина	239
2.2. Средње сезонске количине падавина	249
2.3. Варијабилност падавина	259
2.3.1. Амплитуда падавина	259
2.3.2. Стандардна девијација	261
2.3.3. Коефицијент колебања падавина	263
2.4. Максималне дневне количине падавина	267
2.5. Кумулативне висине падавина	269
2.6. Кишни фактор.....	272
2.7. Индекс суше	275
2.8. Хидротермички коефицијент	278
2.9. Учесталост, интензитет и вјероватноћа падавина.....	280
2.9.1. Средњи број дана са падавинама $\geq 0,1$ mm.....	281
2.9.2. Средњи број дана са падавинама $\geq 1,0$ mm.....	284

2.9.3. Средњи број дана са падавинама $\geq 10,0$ mm.....	287
2.10. Средњи број дана са сњижним покривачем	289
3. ВЛАЖНОСТ ВАЗДУХА.....	292
3.1. Релативна влажност ваздуха.....	292
4. ОБЛАЧНОСТ.....	297
4.1. Средња мјесечна и годишња облачност.....	297
5. ИНСОЛАЦИЈА.....	298
5.1. Средња мјесечна и годишња инсолација.....	299
V. УТИЦАЈ САВРЕМЕНИХ КЛИМАТСКИХ КОЛЕБАЊА НА	
БИЉНИ СВИЈЕТ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ.....	303
1. УТИЦАЈИ НА ПРИРАСТ ДРВЕЋА	303
2. УТИЦАЈИ НА ПРИНОСЕ КУЛТУРА	319
3. УТИЦАЈИ НА ФЕНОЛОГИЈУ БИЉАКА.....	333
VI. ОСВРТ НА ПОТЕНЦИЈАЛНИ УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ	
ПРОМЈЕНА ПРОЈЕКТОВАНИХ ДО КРАЈА XXI ВИЈЕКА НА	
БИЉНИ СВИЈЕТ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ.....	352
1. ПРОЈЕКТОВАНЕ ПРОМЈЕНЕ КЛИМЕ У СВИЈЕТУ И РЕПУБЛИЦИ	
СРПСКОЈ.....	352
2. МОГУЋИ УТИЦАЈИ ПРОЈЕКТОВАНИХ КЛИМАТСКИХ ПРОМЈЕНА	
НА БИЉНИ СВИЈЕТ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ.....	359
VII. ОСНОВНЕ МЈЕРЕ АДАПТАЦИЈЕ БИЉНОГ СВИЈЕТА НА	
КЛИМАТСКЕ ПРОМЈЕНЕ.....	368
ЗАКЉУЧАК.....	373
ЛИТЕРАТУРА.....	383
БИОГРАФИЈА АУТОРА	416

СПИСАК ТАБЕЛА:

- Табела I – 1: Глобално најтоплије године у периоду инструменталних мјерења (1880–2015)
- Табела IV – 1: Средње мјесечне и годишње температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)
- Табела IV – 2: Средња годишња амплитуда температуре ваздуха у периоду 1961–2015. године (у °C)
- Табела IV – 3: Најтоплије и најхладније године у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Табела IV – 4: Најтоплије и најхладније пентаде у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Табела IV – 5: Средње мјесечне и годишње температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)
- Табела IV – 6: Средња годишња амплитуда температуре ваздуха у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)
- Табела IV – 7: Просјечне аномалије температуре ваздуха у слоју тропосфере у првих 8 km у грид сегменту мреже 40–50° с. г. ш. и 15–20° и. г. д. по пентадама у периоду 1979–2009. године
- Табела IV – 8: Средње сезонске температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)
- Табела IV – 9: Средње сезонске температуре ваздуха по пентадама у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)
- Табела IV – 10: Средње сезонске температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)
- Табела IV – 11: Средње мјесечне и годишње максималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015.

- године (у °C)
- Табела IV – 12: Средње мјесечне и годишње максималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)
- Табела IV – 13: Средње мјесечне и годишње минималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)
- Табела IV – 14: Средње мјесечне и годишње минималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)
- Табела IV – 15: Средње максималне сезонске температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)
- Табела IV – 16: Средње максималне сезонске температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)
- Табела IV – 17: Средње минималне сезонске температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)
- Табела IV – 18: Средње минималне сезонске температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)
- Табела IV – 19: Апсолутно максималне и апсолутно минималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)
- Табела IV – 20: Апсолутно максималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)
- Табела IV – 21: Апсолутно минималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)

- Табела IV – 22: Средње суме активних температура у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)
- Табела IV – 23: Средње суме активних температура у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)
- Табела IV – 24: Средњи мјесечни и годишњи број ледених дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Табела IV – 25: Средња мјесечна и годишња учесталост ледених дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)
- Табела IV – 26: Средњи мјесечни и годишњи број ледених дана у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године
- Табела IV – 27: Средњи мјесечни и годишњи број мразних дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Табела IV – 28: Средња мјесечна и годишња учесталост мразних дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)
- Табела IV – 29: Средњи мјесечни и годишњи број мразних дана у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године
- Табела IV – 30: Средњи мјесечни и годишњи број љетних дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Табела IV – 31: Средња мјесечна и годишња учесталост љетних дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)
- Табела IV – 32: Средњи мјесечни и годишњи број љетних дана у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године
- Табела IV – 33: Средњи мјесечни и годишњи број тропских дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

- Табела IV – 34: Средња мјесечна и годишња учесталост тропских дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)
- Табела IV – 35: Средњи мјесечни и годишњи број тропских дана у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године
- Табела IV – 36: Средњи мјесечни и годишњи број тропских ноћи у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Табела IV – 37: Средња мјесечна и годишња учесталост тропских ноћи у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)
- Табела IV – 38: Средњи мјесечни и годишњи број тропских ноћи у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године
- Табела IV – 39: Средње мјесечне и годишње количине падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у mm)
- Табела IV – 40: Године са највећом и најмањом количином падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Табела IV – 41: Средње мјесечне и годишње количине падавина у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у mm)
- Табела IV – 42: Средње сезонске количине падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у mm и %)
- Табела IV – 43: Средње сезонске количине падавина у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у mm и %)
- Табела IV – 44: Амплитуда средњих мјесечних и годишњих падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у mm)
- Табела IV – 45: Класификација годишњих и сезонских количина падавина у Републици Српској на основу

стандардизованих аномалија у периоду 1961–2015. године

- Табела IV – 46: Средњи мјесечни и годишњи коефицијент колебања падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)
- Табела IV – 47: Средњи мјесечни и годишњи коефицијент колебања падавина у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у %)
- Табела IV – 48: Средњи сезонски коефицијент колебања падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)
- Табела IV – 49: Средњи сезонски коефицијент колебања падавина у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у %)
- Табела IV – 50: Максимална дневна количина падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. (а), 1961–1990. (б) и 1981–2010. (в) године (у mm)
- Табела IV – 51: Кумулативне висине падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у mm и ‰)
- Табела IV – 52: Кумулативне висине падавина у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у ‰)
- Табела IV – 53: Средњи мјесечни и годишњи кишни фактор у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Табела IV – 54: Средњи мјесечни и годишњи кишни фактор у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године
- Табела IV – 55: Средњи мјесечни и годишњи индекс суше у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Табела IV – 56 : Средњи мјесечни и годишњи индекс суше у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године
- Табела IV – 57: Средњи мјесечни хидротермички коефицијент у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

- Табела IV – 58: Средњи мјесечни хидротермички коефицијент у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године
- Табела IV – 59: Средњи мјесечни и годишњи број дана са падавинама $\geq 0,1$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Табела IV – 60: Средња мјесечна и годишња учесталост дана са падавинама $\geq 0,1$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)
- Табела IV – 61: Средњи мјесечни и годишњи број дана са падавинама $\geq 0,1$ mm у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године
- Табела IV – 62: Средњи мјесечни и годишњи број дана са падавинама $\geq 1,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Табела IV – 63: Средња мјесечна и годишња учесталост дана са падавинама $\geq 1,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)
- Табела IV – 64: Средњи мјесечни и годишњи број дана са падавинама $\geq 1,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године
- Табела IV – 65: Средњи мјесечни и годишњи број дана са падавинама $\geq 10,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Табела IV – 66: Средња мјесечна и годишња учесталост дана са падавинама $\geq 10,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)
- Табела IV – 67: Средњи мјесечни и годишњи број дана са падавинама $\geq 10,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године
- Табела IV – 68: Средњи мјесечни и годишњи број дана са сњежним покривачем у Републици Српској у периоду 1961–

2015. године

- Табела IV – 69: Средњи мјесечни и годишњи број дана са сњежним покривачем у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године
- Табела IV – 70: Средња мјесечна и годишња релативна влажност ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)
- Табела IV – 71: Средња сезонска релативна влажност ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)
- Табела IV – 72: Средња мјесечна и годишња релативна влажност ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у %)
- Табела IV – 73: Средња сезонска релативна влажност ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у %)
- Табела IV – 74: Средња мјесечна и годишња облачност у Бањалуци у периоду 1961–2015, 1961–1990. и 1981–2010. године (у 1/10)
- Табела IV – 75: Средња мјесечна и годишња инсолација у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у h)
- Табела IV – 76: Средња мјесечна и годишња инсолација у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у h)
- Табела V – 1: Коефицијент корелације између АМО и NGE (r_1), АМО и средње годишње температуре (r_2) и NGE и средње годишње температуре (r_3) у периоду 1951–2008. године
- Табела V – 2: Коефицијент корелације између прираста појединачних узорака и средњег узорка (N_{11}) и АМО (r_1) и NGE (r_2) у периоду 1951–2010. године
- Табела V – 3: Прираст средњих узорака N_{AMO5} и N_{NGE4} (x) и коефицијент корелације између прираста средњих

узорака N_{AMO5} и N_{NGE4} и АМО (r_1) и NGE (r_2) у периоду 1951–2010. године

Табела V – 4: Коефицијент корелације годишњих, покретних пентадних и покретних декадних вриједности средње ширине година средњег узорка N_{NGE4} и средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године

Табела V – 5: Коефицијент корелације пентадних вриједности средње ширине година средњег узорка N_{NGE4} и средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године

Табела V – 6: Коефицијент корелације декадних вриједности средње ширине година средњег узорка N_{NGE4} и средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године

Табела V – 7: Коефицијент корелације годишњих, покретних пентадних и покретних декадних вриједности средње ширине година средњег узорка N_{AMO5} и средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године

Табела V – 8: Коефицијент корелације пентадних вриједности средње ширине година средњег узорка N_{AMO5} и средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године

Табела V – 9: Коефицијент корелације декадних вриједности средње ширине година средњег узорка N_{AMO5} и средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године

Табела V – 10: Просјечна производња и принос важнијих усјева у Републици Српској у периоду 1996–2014. године

- Табела V – 11: Просјечни приноси важнијих усјева култура по општинама и градовима у Републици Српској у периоду 1996–2014. године (t/ha)
- Табела V – 12: Просјечна производња воћа и принос по стаблу у Републици Српској у периоду 1997–2014. године
- Табела V – 13: Просјечни приноси воћа по општинама и градовима у Републици Српској у периоду 1997–2014. године (kg по стаблу)
- Табела V – 14: Коефицијент корелације просјечних приноса кукуруза и пшенице и температуре ваздуха и падавина у периоду 1996–2014. године
- Табела V – 15: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве првих цвјетова висибаве и маслачка у Републици Српској у периоду 1961–1990. године
- Табела V – 16: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза јоргована и зове у Републици Српској у периоду 1961–1990. године
- Табела V – 17: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза храста лужњака и букве у Републици Српској у периоду 1961–1990. године
- Табела V – 18: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза дивљег кестена и велелисне липе у Републици Српској у периоду 1961–1990. године
- Табела V – 19: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза шљиве сорте пожегача у Републици Српској у периоду 1961–1990. године
- Табела V – 20: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза крушке сорте калуђерка у Републици Српској у периоду 1961–1990. године
- Табела V – 21: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза јабуке сорте јонатан у Бањалуци у периоду 1961–1990. године

- Табела V – 22: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза трешње сорте мајска рана у Републици Српској у периоду 1961–1990. године
- Табела V – 23: Средња мјесечна температура ваздуха у Републици Српској у првом и четвртом кварталу године у периоду 2000–2015. године (у °C)
- Табела V – 24: Средњи датум одвијања фенофаза шљиве сорте пожегача у Тузли у периоду 1961–1990. (а), 2001–2005. (б) и 2010–2014. (в) године
- Табела V – 25: Средњи датум одвијања фенофаза трешње сорте мајска рана и крушке сорте калуђерка у Тузли у периоду 1961–1990. (а) и 2001–2005. (б) године

СПИСАК СЛИКА:

- Слика I – 1: Границе ареала букве (*Fagus silvatica*), храста лужњака (*Quercus robur*) и европске смрче (*Picea abies*) условљене климатским факторима
- Слика I – 2: Зависност распрострањења вегетације од климатских услова (температуре и падавина)
- Слика I – 3: Шематски приказ хоризонталне и вертикалне зоналности вегетације
- Слика I – 4: Кепенова класификација климата
- Слика I – 5: Кепен–Гајгерова класификација климата у периоду 1951–2000. године
- Слика I – 6: Холдрицов систем животних зона
- Слика I – 7: Промјена енергетског биланса Земље у периоду индустријализације (1750–2011)
- Слика I – 8: Промјена атмосферске концентрације гасова стаклене баште: угљен-диоксида CO₂ (зелено), метана CH₄ (наранцасто) и азот-субоксида N₂O (црвено) (подаци

из језгра ледника – симболи и директна мјерења у атмосфери – линије)

- Слика I – 9: Укупна годишња антропогена емисија гасова стаклене баште у периоду 1970–2010. године
- Слика I – 10: Годишња глобална антропогена емисија CO₂
- Слика I – 11: Промјена температуре ваздуха у свијету у периоду 1901–2012. године
- Слика I – 12: Глобални трендови топлих и хладних дана и ноћи у XX вијеку (број дана по деценији приказано на карти и годишња одступања у односу на просјек у периоду 1961–1990. године приказано на графикону)
- Слика I – 13: Глобални тренд годишњег броја мразних дана у XX вијеку (број дана по деценији приказано на карти и годишња одступања у односу на просјек у периоду 1961–1990. године приказано на графикону)
- Слика I – 14: Вјероватноћа појаве љетних дана у Европи у контролном периоду (а) и према сценарију климатских промјена (б)
- Слика I – 15: Промјена годишње количине падавина у свијету у периоду 1951–2010. године
- Слика I – 16: Глобални трендови екстремних падавина у XX вијеку (број дана са интензивним падавинама по деценији (а) и удио веома влажних дана (б) приказано на карти и њихова годишња одступања у односу на просјек у периоду 1961–1990. године приказано на графикону)
- Слика I – 17: Глобални трендови појаве хладних и топлих таласа у XX вијеку (број дана по деценији приказано на карти и годишња одступања у односу на просјек у периоду 1961–1990. године приказано на графикону)
- Слика I – 18: Аномалије температуре ваздуха (у °C) (а) и количине падавина (у mm) (б) у свијету у 2003. години

- Слика I – 19: Шематски приказ уочених утицаја савремених климатских промјена на биљни свијет
- Слика I – 20: Просјечна нето продуктивност екосистема у 2000. и 2100. години, те у „стабилизационом“ периоду 2100+100 (у gC/m^2 годишње)
- Слика I – 21: Просјечан датум почетка (а) и завршетка (б) вегетационог периода, те просјечна дужина трајања вегетационог периода (в) у периоду 1961–1998. године и дужина трајања вегетационог периода у 1990. години (г) у Европи
- Слика I – 22: Типови промјена распрострањења врсте са порастом надморске висине узроковани савременим климатским промјенама
- Слика II – 1: Подјела климатских фактора
- Слика II – 2: Хипсометријска карта Републике Српске и Босне и Херцеговине
- Слика II – 3: Педолошка карта Републике Српске
- Слика III – 1: Биогеографски региони у Европи и Босни и Херцеговини
- Слика III – 2: Вертикална диференцијација вегетације планине Маглић
- Слика III – 3: Карта потенцијалне вегетације Републике Српске и Босне и Херцеговине
- Слика III – 4: Еколошко-вегетацијска регионализација Републике Српске
- Слика IV – 1: Географски положај анализираних метеоролошких станица у Републици Српској и Федерацији Босне и Херцеговине
- Слика VI – 1: Очекиване промјене температуре ваздуха (а) и падавина (б) у свијету у периоду 2081–2100. године у односу на период 1986–2005. године

Слика VI – 2: Очекиване промјене средње годишње температуре ваздуха (у °C) и средње годишње количине падавина (у %) у Републици Српској и Босни и Херцеговини у периоду 2001–2030. и 2071–2100. године у односу на референтни период 1961–1990. године према умјереном сценарију промјене концентрације гасова стаклене баште (А1Б)

СПИСАК ГРАФИКОНА:

- Графикон IV – 1: Тренд средње годишње температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 2: Одступање средње годишње температуре ваздуха од просјечне температуре у стандардном климатолошком периоду (1961–1990) у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 3: Средња годишња температура ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године – перцентили
- Графикон IV – 4: Тренд средње температуре ваздуха најхладнијег мјесеца у години у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 5: Тренд средње температуре ваздуха најтоплијег мјесеца у години у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 6: Просјечне аномалије температуре ваздуха у приземном слоју атмосфере у грид сегменту мреже 40–50° с. г. ш. и 15–20° и. г. д. у периоду 1881–2008. године
- Графикон IV – 7: Просјечне аномалије температуре ваздуха у слоју тропосфере у првих 8 km у грид сегменту мреже 40–50° с. г. ш. и 15–20° и. г. д. у периоду 1979–2009. године

- Графикон IV – 8: Тренд средње температуре ваздуха у сезони зима у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 9: Тренд средње температуре ваздуха у сезони прољеће у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 10: Тренд средње температуре ваздуха у сезони љето у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 11: Тренд средње температуре ваздуха у сезони јесен у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 12: Тренд средње температуре ваздуха у вегетационом периоду у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 13: Одступање средњих сезонских температура ваздуха од просјечне температуре у стандардном климатолошком периоду (1961–1990) у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 14: Тренд средњих сезонских температура ваздуха у Бањалуци, Бијељини и Мостару у периоду 1961–2015. године – перцентили
- Графикон IV – 15: Тренд средње годишње максималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 16: Тренд средње годишње минималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 17: Тренд средње максималне температуре ваздуха у сезони зима у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 18: Тренд средње максималне температуре ваздуха у сезони прољеће у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

- Графикон IV – 19: Тренд средње максималне температуре ваздуха у сезони љето у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 20: Тренд средње максималне температуре ваздуха у сезони јесен у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 21: Тренд средње максималне температуре ваздуха у вегетационом периоду у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 22: Тренд средње минималне температуре ваздуха у сезони зима у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 23: Тренд средње минималне температуре ваздуха у сезони прољеће у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 24: Тренд средње минималне температуре ваздуха у сезони љето у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 25: Тренд средње минималне температуре ваздуха у сезони јесен у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 26: Тренд средње минималне температуре ваздуха у вегетационом периоду у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 27: Тренд апсолутно максималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 28: Тренд апсолутно минималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 29: Тренд средње годишње суме активних температура и средње суме активних температура у вегетационом периоду у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

- Графикон IV – 30: Тренд средње годишње суме активних температура (сума температура $\geq 5^{\circ}\text{C}$ и $\geq 10^{\circ}\text{C}$) у Бањалуци у периоду 1961–2014. године
- Графикон IV – 31: Тренд средњег годишњег броја дана са температурама $\geq 5^{\circ}\text{C}$ и $\geq 10^{\circ}\text{C}$ у Бањалуци у периоду 1961–2014. године
- Графикон IV – 32: Тренд средњег годишњег броја ледених дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 33: Тренд средњег годишњег броја мразних дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 34: Тренд средњег годишњег броја љетних дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 35: Тренд средњег годишњег броја тропских дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 36: Тренд средњег годишњег броја тропских ноћи у Мостару у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 37: Средња годишња количина падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (перцентили)
- Графикон IV – 38: Тренд средње годишње количине падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 39: Тренд средње годишње количине падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 40: Тренд средње количине падавина у сезони зима у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 41: Тренд средње количине падавина у сезони прољеће у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 42: Тренд средње количине падавина у сезони љето у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 43: Тренд средње количине падавина у сезони јесен у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 44: Тренд средње количине падавина у вегетационом периоду у Републици Српској у периоду 1961–2015.

- године
- Графикон IV – 45: Тренд средњег годишњег броја дана са падавинама $\geq 0,1$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 46: Тренд средњег годишњег броја дана са падавинама $\geq 1,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 47: Тренд средњег годишњег броја дана са падавинама $\geq 10,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 48: Тренд средњег годишњег броја дана са сњежним покривачем у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 49: Тренд средње годишње релативне влажности ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 50: Тренд средње годишње облачности у Бањалуци у периоду 1961–2015. године
- Графикон IV – 51: Тренд средње годишње инсолације у Републици Српској у периоду 1961–2015. године
- Графикон V – 1: АМО и NGE у периоду 1951–2008. године
- Графикон V – 2: Средња годишња температура ваздуха у Сокоцу и АМО у периоду 1951–2010. године
- Графикон V – 3: Средња годишња температура ваздуха у Сокоцу и NGE у периоду 1951–2008. године
- Графикон V – 4: Средњи годишњи дебљински прираст средњег узорка N_{AMO5} и АМО у периоду 1951–2010. године
- Графикон V – 5: Средњи годишњи дебљински прираст средњег узорка N_{NGE4} и NGE у периоду 1951–2010. године
- Графикон V – 6: Тренд средње годишње температуре ваздуха и дебљинског прираста средњег узорка N_{NGE4} у периоду 1961–2010. године

- Графикон V – 7: Тренд средње годишње температуре ваздуха и дебљинског прираста средњег узорка N_{AMO5} у периоду 1961–2010. године
- Графикон V – 8: Тренд просјечне производње важнијих усјева у Републици Српској у периоду 1996–2014. године (t)
- Графикон V – 9: Тренд просјечних приноса важнијих усјева у Републици Српској у периоду 1996–2014. године (t/ha)
- Графикон V – 10: Тренд просјечних годишњих приноса кукуруза и пшенице у Републици Српској у периоду 1996–2014. године (t/ha)
- Графикон V – 11: Тренд просјечне производње важнијих врста воћа у Републици Српској у периоду 1996–2014. године (t)
- Графикон V – 12: Тренд просјечних приноса важнијих врста воћа у Републици Српској у периоду 1996–2014. године (kg по стаблу)
- Графикон V – 13: Тренд производње шљива и јабука у Бањалуци и Бијељини у периоду 1996–2014. године (kg по стаблу)
- Графикон V – 14: Принос кукуруза и температура ваздуха у Републици Српској у периоду 1996–2014. године
- Графикон V – 15: Принос кукуруза и падавине у Републици Српској у периоду 1996–2014. године
- Графикон V – 16: Принос кукуруза и хидротермички коефицијент и индекс суше у Републици Српској у периоду 1996–2014. године
- Графикон V – 17: Принос пшенице, температура ваздуха и падавине у Републици Српској у периоду 1996–2014. године
- Графикон V – 18: Тренд времена одвијања фенофаза шљиве сорте пожегача у Тузли у периоду 1961–2015. године
- Графикон V – 19: Тренд почетка фенофазе појава првих цвјетова висибаве и маслачка у Тузли у периоду 1961–2015. године

УВОД

Биогеографи су још у XIX вијеку, на самим почецима развоја биогеографије као науке, анализирали условљеност и интеракције између климе и вегетације на глобалном нивоу, као и утицај климатских промјена на одлике и динамику вегетације. Од тада су законитости утицаја климе на распрострањење биљака систематски истраживане у оквиру биогеографије и сродних научних дисциплина. Међузависност климе и вегетације углавном обухвата два аспекта: (1) Вегетациони покривач сматра се најочигледнијим резултатом дјеловања климатских услова на одређеном геопростору. Вегетација се прилагођава на климатске услове, али и врши повратни утицај на климу. (2) Вегетациони покривач има веома важну улогу у хидролошким и биогеохемијским циклусима, односно у размјени енергије и материје између атмосфере и педосфере, с тим да поједини типови вегетације различито утичу на климу, што има за посљедицу другачију размјену енергије и материје између вегетационог покривача и атмосфере.

Клима директно и индиректно утиче на биљни свијет. Раст, развој и распрострањење биљака директно зависи од климатских елемената као што су: температура, радијација, падавине, влажност ваздуха и вјетар. Индиректан утицај огледа се у утицају наведених климатских елемената на карактеристике земљишта, болести биљних организама, конкурентне биљне врсте и заједнице, антропогену валоризацију вегетационог покривача и сл. Стога колебања и промјене климе у знатној мјери условљавају и промјене у биљном свијету.

1. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Геопростор Републике Српске био је предмет проучавања биогеографских и фитогеографских студија само као дио ширег простора (бивше Југославије или Балканског полуострва). Наведене студије углавном су се бавиле биогеографском регионализацијом простора или анализом појединих биљних заједница, углавном шумских. Студије утицаја климатских услова на динамику биљног покривача биле су ријетке. То указује на потребу израде научне студије која на комплексан и

цјеловит начин сагледава проблем утицаја климатских услова на фитогеографска обиљежја истраживаног подручја.

Предмет истраживања дефинисан је насловом теме, а односи се на анализу утицаја савремених климатских колебања и потенцијалних промјена климе на фитогеографска обиљежја Републике Српске. Научна студија треба што свестраније, свеобухватније и тачније да опише и објасни савремена климатска колебања у Републици Српској и њихов утицај на биљни свијет. Након дескрипције и експланације истраживаних појава и процеса, задатак студије је и да што тачније предвиди њихову даљу динамику и развој. Основне тешкоће у научном предвиђању климатских промјена у будућности и њиховог могућег утицаја на фитогеографска обиљежја Републике Српске могле би бити недовољан скуп чињеница о појавама које треба предвидјети, као и њихово тумачење, с обзиром на различита, међусобно чак и потпуно супротна, тумачења доступних чињеница.

Циљ рада је да се на основу комплексне анализе климатских елемената и климатских фактора утврди њихов утицај на фитогеографска обиљежја Републике Српске, те да се утврде трендови најзначајнијих климатских елемената који утичу на развој и распрострањење биљног свијета, прије свега температуре ваздуха, падавина, влажности ваздуха, инсолације и облачности. На крају, циљ је и утврдити утицај уочених трендова на физиологију, фенологију и распрострањење биљних врста и њихових заједница. Научни циљеви истраживања могу се дефинисати на сљедећи начин:

- научном дескрипцијом (описом) остварити општи увид у истраживане појаве и процесе,
- научно објаснити узрочно-последичне односе међу појавама и процесима који су предмет истраживања,
- на основу познавања динамике истраживаних појава и процеса извршити научно предвиђање њиховог даљег развоја.

Основни циљ истраживања мора бити стицање нових научних открића и научних спознаја о квалитативним и квантитативним својствима појава и процеса који се истражују, тј. стицање нових сазнања о климатским колебањима и промјенама на

подручју Републике Српске од друге половине XX вијека, као и о њиховом утицају на биљни свијет.

Истраживања климе, као главног фактора који одређује законитости географског распрострањења вегетације, добијају све већи значај у биогеографији и сродним наукама управо у контексту истраживања посљедица климатских промјена на динамику вегетационог покривача. Све је више истраживања у свијету која доказују да савремене климатске промјене доводе до промјена области распрострањења (ареала), физиологије и сезонског циклуса биљака (фенологије), као и да су промијењени климатски услови већ довели до локалног или глобалног изумирања одређених биљних врста. Стога ће се ова студија бавити климатским и фитогеографским истраживањем простора Републике Српске, с циљем да се изгради научни оквир за анализу утицаја савремених климатских колебања на фитогеографска обиљежја.

2. ЗАДАЦИ ИСТРАЖИВАЊА

У складу са дефинисаним предметом и постављеним циљевима, основни задаци истраживања везани су за комплексну анализу трендова климатских елемената на простору Републике Српске и анализу њиховог утицаја на фитогеографска обиљежја. Задаци истраживања дефинисани су на сљедећи начин:

- приказати теоријско-методолошки оквир истраживања,
- дати преглед уочених климатских промјена у свијету, првенствено промјена атмосферске концентрације гасова стаклене баште, температуре ваздуха, падавина и екстремних временских или климатских догађаја,
- дати преглед уочених утицаја савремених климатских колебања у свијету на биљни свијет, прије свега на физиологију, фенологију и распрострањење биљних врста, те на биљне заједнице и еко-системе,
- анализирати најзначајније еколошке факторе који утичу на фитогеографска обиљежја Републике Српске (климатске, орографске и едафске факторе),
- анализирати хоризонталну и вертикалну зоналност вегетације условљену варијацијама у климатским одликама и издвојити фитогеографске регионе у Републици Српској,

- детерминисати савремена колебања климе у Републици Српској утврђивањем трендова најзначајнијих климатских елемената (температуре ваздуха, падавина, влажности ваздуха, облачности и инсолације) у периоду 1961–2015. године и анализом промјена наведених климатских елемената између два тридесетогодишња периода (промјена у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период, за који је узет стандардни климатолошки период 1961–1990. године),
- утврдити утицај савремених климатских колебања и промјена у Републици Српској на биљни свијет – првенствено на његову физиологију (тј. на раст и развој анализом прираста година дрвећа и приноса култура), фенологију и распрострањење,
- дати осврт на могуће утицаје климатских промјена пројектованих до краја XXI вијека на фитогеографска обиљежја Републике Српске,
- предложити смјернице за адаптацију и митигацију на пројектоване промјене климе.

3. РАДНЕ ХИПОТЕЗЕ

Радне хипотезе истраживања дефинисање су на основу детаљне анализе релевантних научних радова првенствено иностраних аутора, али и малобројних домаћих радова који су се бавили наведеном проблематиком. Основне претпоставке (хипотезе) које су представљале полазну основу у изради дисертације дефинисане су на сљедећи начин:

- Биљни свијет Републике Српске спада међу разноврсније у Европи, а присуство ендемских и реликтних врста даје му посебан значај у очувању глобалне биолошке разноликости.
- Вегетациони покривач резултат је комплексног дјеловања климатских фактора и климатских елемената. Климатски услови имају кључну улогу у одвијању основних процеса биљака (фотосинтезе, дисања, раста, развоја и др.), те у одређивању граница распрострањења биљних врста и њихових заједница. Као извор енергије и воде, клима је примарни фактор који условљава распрострањење биљног свијета. Клима и рељеф, који игра

кључну улогу у њеној модификацији, условљавају зависне компоненте у еко-систему, као што су земљиште и живи свијет (биота).

- Варијабилност климе има велики утицај на биљне популације, врсте и заједнице, као и еко-системе. Током посљедњих деценија расте забринутост због потенцијалних утицаја глобалних климатских промјена на биљне врсте и еко-системе. Климатске промјене утичу на биљни свијет углавном кроз промјене падавина и температуре, што посљедично утиче на ефективну акумулирану топлоту и садржај расположиве воде у земљишту за регулисање процеса фотосинтезе, дисања и разлагања земљишног органског угљеника, а затим и на раст биљака, па и само распрострањење.
- Тренд загријавања који се огледа у порасту температуре ваздуха и инсолације присутан је на подручју Републике Српске од друге половине XX вијека, а израженији постаје 1990-их година.
- Савремена климатска колебања и промјене доводе до промјена области распрострањења (ареала), физиологије и сезонског циклуса биљака.
- Недостатак истраживања у Републици Српској у области фитогеографије намеће потребу једног цјеловитог и студијског истраживања утицаја савремених климатских колебања на биљни свијет, како би се на основу утврђених позитивних и негативних посљедица климатских промјена на биљни свијет пронашли адекватни модели адаптације на уочене и очекиване промјене у животној средини, у циљу ефикасног управљања и заштите високовриједне биолошке разноликости и екосистема у цјелини.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживање предмета докторске дисертације темељи се на фундаменталним и примијењеним истраживањима, те на примјени бројних научних метода. Поред општих географских, дијалектичких и гносеолошких метода, у току истраживања примјењиване су и сљедеће методе: литерарно-документарна метода, метода индукције и дедукције, методе анализе и синтезе, статистичко-математичке методе, компаративна метода, метода класификације, метода генерализације и специјализације, метода апстракције и конкретизације, функционална метода,

методе моделовања, графичке методе, картографске методе и друге. Осим примјене најсавременијих теоријско-методолошких поступака, аутор се у истраживању ослањао на теоријска и практична искуства иностраних и домаћих аутора који су се бавили наведеном проблематиком.

Задаци истраживања и укупан методолошки поступак захтијевали су примјену различитих техника рада – посматрања, класификације, мјерења, анализе садржаја, као и статистичких техника обраде података. Такође, неопходна су била теренска истраживања, те опсежна кабинетска истраживања и кабинетска обрада, уз примјену савремене рачунарске технике, а нарочито статистичких програма и Географског информационог система.

Научноистраживачки поступак подразумијевао је: дефиницију појмова и појмовну анализу, идентификацију и класификацију основних својстава истраживаних појава и процеса, те прикупљање, сређивање и статистичку обраду података, а затим и њихово научно тумачење и интерпретацију. Научноистраживачки поступак претпоставља анализу и критички осврт на досадашња научна сазнања о савременим глобалним климатским колебањима и промјенама, те на разноврсне методологије примјењивање у свијету за доказивање њиховог утицаја на биљни свијет – било да је ријеч о промјенама њиховог раста и развоја, фенологије или области распрострањења.

Научна студија полази од основне претпоставке да клима, као извор енергије и влаге (воде), дјелује као примарни фактор који контролише процесе у екосистему. Најважнији климатски фактор је климатски режим, дефинисан дневним и сезонским флукуацијама енергије и влаге. С промјенама климатског режима мијењају се врсте и обрасци распрострањености доминантних животних форми биљака. Стога је, да би се детерминисао утицај климатских колебања на биљни свијет, било неопходно прво извршити комплексну анализу трендова основних климатских елемената у Републици Српској. Анализа трендова климатских елемената извршена је за период 1961–2015. године на основу података са метеоролошких станица у Републици Српској за које постоје дугогодишња мјерења – Приједор, Бањалука, Добој, Бијељина, Соколац, Билећа и Требиње, а с обзиром на мали број станица на којима постоје континуирана мјерења у

наведеном периоду, у анализу су уврштени и подаци са појединих метеоролошких станица у Федерацији Босне и Херцеговине које се налазе у граничном подручју према Републици Српској – Сански Мост, Тузла, Сарајево и Мостар. С обзиром на то да на већини метеоролошких станица постоје прекиди у мјерењима у ратном и послератном периоду, недостајуће вриједности су екстраполисане према подацима са најближих станица за које су доступна мјерења у том периоду.

За карактеризацију климатских услова и утврђивање савремених колебања на истраживаном простору обрађени су следећи климатски параметри:

- температура ваздуха: средња мјесечна, сезонска и годишња температура, средња температура у вегетационом периоду, средња температура најтоплијег и најхладнијег мјесеца, средње и апсолутне максималне и минималне мјесечне, сезонске и годишње температуре, сума активних температура, број дана са карактеристичним температурама (ледени дани, мразни дани, љетни дани, тропски дани и тропске ноћи),
- падавине: средње мјесечне, сезонске и годишње количине падавина, средње количине падавина у вегетационом периоду, средња мјесечна, сезонска и годишња варијабилност падавина (амплитуда падавина, стандардизована аномалија падавина, коефицијент колебања падавина), максималне дневне падавине, кумулативне падавине, честина, интензитет и вјероватноћа падавина,
- индекс суше према Де Мартону, кишни фактор према Лангу и Грачанину и хидротермички коефицијент према Сељанинову,
- влажност ваздуха: средња мјесечна и годишња релативна влажност ваздуха,
- инсолација: средња мјесечна и годишња инсолација и
- облачност: средња мјесечна и годишња облачност.

Након анализе средњих и екстремних вриједности, утврђени су и трендови мјесечних, сезонских и годишњих вриједности наведених климатских елемената. Затим је извршена компаративна анализа добијених резултата за два тридесетогодишња периода: за стандардни климатолошки период 1961–1990. године и за период 1981–2010. године како би се поред уочених трендова додатно потврдила савремена колебања климе на истраживаном простору.

Комплексном анализом климатских елемената добијена је аналитичка основа за детерминисање утицаја савремених климатских промјена на фитогеографска обиљежја Републике Српске. Савремена колебања климатских елемената, прије свега температуре ваздуха и падавина, доведена су у везу са промјенама физиологије (тј. промјенама прираста година дрвећа и приноса култура) и фенологије биљака у Републици Српској.

5. НАУЧНА ОПРАВДАНОСТ И ОЧЕКИВАНА ПРИМЈЕНА РЕЗУЛТАТА У НАУЦИ И ПРАКСИ

Да би оправдала свој карактер научне студије, докторска дисертација пружиће оригиналне резултате истраживања, који могу бити користан допринос научним сазнањима у области биогеографије (а нарочито фитогеографије), климатологије, екологије и сродних наука.

Научна студија, као оригинално дјело утемељено на фундаменталним и примијењеним истраживањима, али и на примјени разноврсних научноистраживачких метода које омогућавају откривање нових научних чињеница, појава, законитости и теорија, за крајњи циљ има долажење до нових резултата и спознаја о утицају савремених колебања климе на подручју Републике Српске на биљни свијет. Чињенице на којима су засновани нови резултати и спознаје морају бити поуздане, прикупљене у довољном броју, критички размотрене и провјерене, правилно анализирани и интерпретиране. Очекивани резултати треба да одговоре на постављене задатке и циљеве истраживања. Односно, одговарајућом методологијом, методама и техникама рада, ослањајући се на општеприхваћена научна сазнања и практична искуства у вези са овом проблематиком, треба да се потврде дефинисане радне хипотезе. Научним тумачењем добијених података и резултата, потребно их је довести у везу с постављеним хипотезама, јер управо резултати до којих се дође истраживањем представљају доказ којим се постављене хипотезе потврђују или одбацују. Добијени резултати доведени су у везу с резултатима сличних истраживања у непосредном окружењу, чиме је извршено њихово тестирање како би се потврдила њихова ваљаност и вриједност.

Научни допринос овог истраживања огледа се у детерминисању савремених климатских колебања и промјена у Републици Српској и њиховог утицаја на фитогеографска обиљежја истраживаног подручја. Фитогеографска истраживања обезбјеђују вриједне инструменте за разумијевање и мјерење утицаја климатских промјена на процесе у еко-систему, јер се вегетација често посматра као „еколошки барометар“ краткорочне и дугорочне варијабилности климе на одређеном подручју. Из тог разлога, оваква истраживања су све бројнија у свијету и добијају много пажње научне јавности (нарочито у области географије, биогеографије, ботанике, климатологије, екологије, те у мултидисциплинарним истраживањима промјена у животној средини), али с обзиром на актуелност проблематике климатских промјена и шире јавности. Добијени резултати могу имати разноврсну практичну примјену и у области шумарства, пољопривреде, екологије, заштите животне средине и др.

Резултати истраживања у овој дисертацији треба да буду користан прилог научној и стручној пракси, те осталим релевантним факторима у области конзервације биодиверзитета, за правилно планирање политика заштите и спровођења одговарајућих мјера митигације и адаптације на климатске промјене, нарочито у погледу адекватних одговора на промјене у еко-системима (првенствено на утицај пројектованих климатских промјена, али и на све учесталије и интензивније хазарде који их прате). Студија може бити значајан извор података при изради планова и стратегија заштите биодиверзитета, планова управљања животној средином, идентификацији потенцијалних нових заштићених подручја и изради NATURA 2000 и EMERALD мреже, што је обавеза Републике Српске и Босне и Херцеговине на њиховом путу придруживања Европској унији.

С обзиром на то да је клима главни фактор који условљава развој и размјештај биљног свијета, као и процесе у еко-систему, потребно је будућа истраживања усмјерити на истраживање потенцијалног утицаја пројектованих климатских промјена на биљни свијет и динамику еко-система у цјелини. Чињеница да постоји јака корелација између климатских услова и распрострањења како појединачних биљних врста тако и њихових заједница, посматрано на различитим просторним скалама, говори да би, уколико се остваре, пројектоване промјене климе могле довести до промјена у саставу и распрострањењу вегетације на

локалном, регионалном и глобалном нивоу. Због тога истраживања „одговора“ биљног свијета на климатске промјене морају бити важан дио актуелних истраживања о глобалним промјенама у животној средини.

6. СТРУКТУРА И САДРЖАЈ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Структуру докторске дисертације чине сљедеће тематске цјелине: увод, седам поглавља и закључна разматрања.

У **уводном дијелу** дефинисани су предмет и циљ истраживања. Постављени су основни задаци на које научноистраживачки поступак треба да да одговоре. Истакнуто је да резултати до којих се дође одговарајући на постављене задатке и циљеве треба да потврде наведене полазне хипотезе истраживања. Приказане су основне научне методе и технике примјењиване у истраживању, а затим је образложена методологија којом ће се настојати одговорити на постављене циљеве и задатке.

У првом поглављу, под називом **Теоријско-методолошки оквир истраживања**, дат је преглед релевантних сазнања о проблематици утицаја савремених климатских промјена на биљни свијет. Дефинисани су појмови климатских колебања и климатских промјена и утврђени њихови главни покретачи. Дат је приказ уочених климатских промјена у XX вијеку на глобалном нивоу и у Европи – првенствено промјена атмосферске концентрације гасова стаклене баште, промјена температуре ваздуха (тј. тренда глобалног загријавања), промјена режима падавина и промјена екстремних временских или климатских догађаја. Затим је приказан њихов утицај на физиологију, фенологију и распрострањење биљних врста, те на биљне заједнице (њихов састав и интеракције међу врстама у оквиру заједнице), као и на функције и динамику еко-система.

У другом поглављу, под називом **Опште еколошке карактеристике простора Републике Српске**, анализирани су основни еколошки фактори под чијим утицајем је образован биљни свијет у Републици Српској – климатски фактори, који као главни извор енергије и воде представљају примарни фактор развоја и распрострањења биљног свијета, а затим и орографски фактори и едафски фактори, који имају већи значај на мањим просторним скалама. Орографски

фактори имају кључну улогу у модификацији климатских услова. Распрострањење биљних врста и заједница на локалном нивоу одређују локална клима (микроклима) и едафски фактори (садржај хранљивих материја у земљишту, рН земљишта, влажност земљишта, капацитет вододржљивости, те експозиција и нагиб терена).

У трећем поглављу, под називом **Фитогеографска обиљежја Републике Српске**, указано је на велику еколошку вриједност флоре Републике Српске у глобалним и регионалним размјерама. Анализирана је хоризонтална и вертикална зоналност вегетације на подручју Републике Српске, те је дат приказ развоја теоријско-методолошких концепција фитогеографске регионализације наведеног подручја.

У четвртом поглављу, под називом **Савремена колебања климе у Републици Српској**, утврђена су савремена колебања основних климатских елемената на истраживаном подручју: температуре ваздуха, падавина, влажности ваздуха, облачности и инсолације. Утврђени су значајни позитивни трендови средњих и екстремних температура ваздуха, као и инсолације, и трендови падавина различитог знака, који нису статистички значајни.

У петом поглављу, под називом **Утицај савремених климатских колебања на биљни свијет у Републици Српској**, уочени трендови температуре ваздуха и падавина доведени су у везу са промјенама раста, развоја и сезонских активности биљака у Републици Српској. Утврђен је њихов утицај на прираст година дрвећа, приносе култура и помјерања у фенологији биљака.

У шестом поглављу, под називом **Осврт на потенцијални утицај климатских промјена пројектованих до краја XXI вијека на биљни свијет у Републици Српској**, дате су пројекције климатских промјена до краја XXI вијека у свијету и у Републици Српској и Босни и Херцеговини. Објашњени су потенцијални утицаји наведених промјена климе на биљни свијет у будућности.

У седмом поглављу, под називом **Основне мјере адаптације биљног свијета на климатске промјене**, указано је на потребу спровођења мјера митигације и адаптације на климатске промјене. Основне мјере укратко су и назначене.

I. ТЕОРИЈСКО-МЕТОДОЛОШКИ ОКВИР

ИСТРАЖИВАЊА

1. УСЛОВЉЕНОСТ И ИНТЕРАКЦИЈЕ ИЗМЕЂУ КЛИМЕ И ВЕГЕТАЦИЈЕ

Настанак, развој, структура, динамика и распрострањење вегетације зависе од многих фактора – климатских, едафских, орографских, биотичких, историјских, антропогених итд. (*Golubyatnikov, L. L. & Denisenko, E. A., 2007*). Ипак, од природних услова неопходних за настајање и опстанак биљних врста и заједница основни еколошки значај има управо комплекс климатских фактора: топлота (температура), свјетлост, падавине, састав и влажност ваздуха, вјетар и инсолација (*Шенников, А. П., 1964*).

Двосмјерна интеракција између вегетационог покривача и атмосфере одређује динамичко стање равнотеже (еквилибријум) у систему који се развија као резултат интеракције између два медија – климе и вегетације (*Quillet, A. et al., 2010; Pielke, R. A. et al., 1998*). Интеракције између климе и вегетације подразумевају: (1) прилагођавање вегетације на климатске услове и повратне утицаје вегетације на климу (распрострањење главних типова вегетације указује на адаптацију вегетације на главне типове климе, јер свака климатска зона одговара одређеном типу вегетације), (2) размјену материја (на примјер, H_2O и CO_2) и енергије (на примјер, Сунчевог зрачења и топлоте) између вегетационог покривача и атмосфере (различити типови вегетације врше другачији утицај на климу, који се посљедично манифестује другачијом размјеном материје и енергије између вегетационог покривача и атмосфере) (*Zhou, G. & Wang, Y., 2000; Pielke, R. A. et al., 1998*). Клима, дефинисана као сезонски ток Сунчевог зрачења, температуре и падавина, првенствено одређује доминантан тип вегетације и биогеохемијска својства површине земљишта (на примјер, циклус кружења CO_2 , складиштење угљеника у биомаси биљака и у земљишту) (*Brovkin, V., 2002; Quillet, A. et al., 2010*). С друге стране, вегетациони покривач утиче на климу

промјеном физичких карактеристика површине земљишта: албеда, храпавости површине, водопропустљивости (биогеофизички механизми), дубине коријена и атмосферског састава гасова (CO_2 и CH_4) (биогеохемијски ефекти) (*Brovkin, V., 2002; Quillet, A. et al., 2010*).

Утицај биљака на климу је велики, јер биљни покривач пружа према зрачној енергији Сунца велику површину својих различитих дијелова, који преузимају улогу површине земљишта у радијационом билансу, постајући активна површина која рефлектује, пропушта или асимилије зрачну енергију Сунца претварајући је у топлотну (*Курнишкова, Т. В. & Петров, В. В., 1987; Јанковић, М. М., 1990*). Ту топлотну енергију апсорбују земљиште и надземни дијелови биљака, а затим се преноси ка нижим хоризонтима земљишта, одлази на загријавање површинских слојева ваздуха, троши на испаравање са површине земљишта и са биљака и губи испаравањем (*Курнишкова, Т. В. & Петров, В. В., 1987*). Својом активношћу биљни покривач формира специфичне еколошке услове на станишту – првенствено термичке услове, те услове освијетљености и влажности. Највећи утицај на формирање специфичних еколошких услова на одређеном станишту, дакако, има шумска вегетација.

Међусобне интеракције између вегетације и климе можемо пратити на различитим временским скалама (почев од неколико секунди до милиона година) (*Pielke, R. A. et al., 1998*). Еко-системи утичу на вријеме и климу на скали од неколико секунди до неколико година кроз размјену енергије, влаге и материја између површине земљишта и атмосфере, те кроз промјене атмосферске циркулације глобалних размјера које могу настати као последица промјена ових токова. Структуру и динамику еко-система на скали мјереној деценијама и вијековима снажно одређују климатски услови, прије свега варијабилност температуре ваздуха и доступности влаге. Глацијални-интерглацијални циклуси на скалама мјереним хиљадама година условљавају промјене географског распрострањења еко-система, албеда површине, те биогеохемијских циклуса и самих климатских услова, као реакција на промјене дјеловања Сунчевих сила. Посматрано на још дужим геолошким временским скалама, мјереним милионима

година, уочавамо да су еко-системи и климатски услови на Земљи заједно еволуирали кроз промјене биохемије и састава атмосфере.

Иако је повезаност климе и вегетације неоспорна, механизми који стоје иза ових међусобних интеракција нису у потпуности разумљиви и разјашњени (*Brovkin, V., 2002*). Док је с развојем физиологије биљака и биохемије појашњена већина биохемијских механизма на нивоу листа или биљке (на примјер, процес фотосинтезе и раст биљака), процеси на нивоу еко-система, као што су конкуренција међу биљкама, сукцесије биљних заједница и др., много су слабије истражени (*Brovkin, V., 2002*). Једна од очигледних препрека за то јесте дуг период за поновни раст вегетације, који код шумских еко-система може износити и стотину година. Промјене органског дијела земљишног профила као реакција на промјене биљног покривача чак су и спорије, па еволуција еко-система према равнотежи (еквистријуму) са животном средином траје и до неколико хиљада година. Систематска осматрања промјена биљног покривача и земљишног профила постоје само за највише неколико стотина година (а за највећи дио свијета ограничена су на још краћи период од свега неколико посљедњих деценија) (*Brovkin, V., 2002*). Другу отежавајућу околност представља чињеница да је у већини подручја свијета (међу којима и у Европи) природни вегетациони покривач већ вијековима измијењен и замијењен пољопривредним културама или засађеним плантажама шума (*Brovkin, V., 2002*).

Централна теза фитогеографије јесте да клима доминантно одређује просторно распрострањење главних типова вегетације на глобалном нивоу, док секундарни фактори као што су тип земљишта или топографија утичу у мањем обиму (*Brovkin, V., 2002*). Распоред климатских елемената на површини Земље детерминише главне обрасце распрострањења и одлике животних форми биљака, као и флористички састав географских области (*Шенников, А. П., 1964*). Као резултат тога, вегетација углавном остаје константна у датим климатским условима, упркос мозаику геолошког и педолошког састава тог подручја (*Golubyatnikov, L. L. & Denisenko, E. A., 2007*). Свака промјена у једном климатском елементу директно или индиректно утиче на друге климатске елементе, што се одражава на све живе организме нарушавањем баланса у

животној средини (*Palmate, S. S. et al., 2014*). Значај секундарних фактора, рељефа и земљишта много је већи на малим просторним скалама. На мањим просторним скалама, фактори који одређују локалне услове – микроклима, садржај хранљивих материја у земљишту, рН земљишта, капацитет вододржљивости, експозиција и нагиб терена, одређују потенцијално присуство или одсуство врсте. Интеракције у оквиру врсте и између врста, као што су конкуренција за ресурсе (свјетлост, воду, хранљиве материје и др.), такође, одређују да ли ће се заправо одређена биљка наћи на неком станишту (*Sykes, M. T., 2009*).

Температура, која представља мјеру топлотног стања сваког тијела, има велики физиолошки и еколошки значај за биљке – регулише ензиме и координира њихов рад, а важан је извор енергије за одвијање основних животних процеса: фотосинтезе, дисања, транспирације, раста и развоја (*Курнишкова, Т. В. & Петров, В. В., 1987; Кузнецов, В. В. & Дмитриева, Г. А., 2006*). Утицај температуре на интензитет одвијања процеса у биљкама изражава се Вант Хофовим правилом, према којем се брзина хемијске реакције удвостручава са повећањем температуре за сваких 10 °С (*Кузнецов, В. В. & Дмитриева, Г. А., 2006; Оторепец, С., 1991*). Генерално, интензитет фотосинтезе и дисања расте са повећањем температуре. Оптимална температура за одвијање фотосинтезе за већину биљака умјерено-континенталне зоне износи 20–30 °С (*Крстић, Б. et al., 2008*). За раст и развој биљака неопходна је одређена минимална количина топлоте, без које се основни физиолошки процеси прекидају и наступа смрт јединки. Температура потребна за одређену фазу развоја зависи од биолошких особина сваке биљне врсте и њене потребе за топлотом (*Оторепец, С., 1991*). „Доња граница температуре при којој биљке улазе у одређену фазу развоја назива се биолошки минимум, температуре изнад биолошког минимума потребног за одређену фазу развоја називају се активне температуре, док ефективне температуре представљају активне температуре умањене за биолошки минимум“ (*Оторепец, С., 1991*). Ипак, разлике у потребној температури постоје и код једне исте биљке у различитим фазама њеног развоја. Оптимална температура за раст младих биљака виша је него код одраслих јединки (*Березина, Н. А. & Афанасьева, Н. Б., 2009*). Такође, температура потребна за развој генеративних органа често је

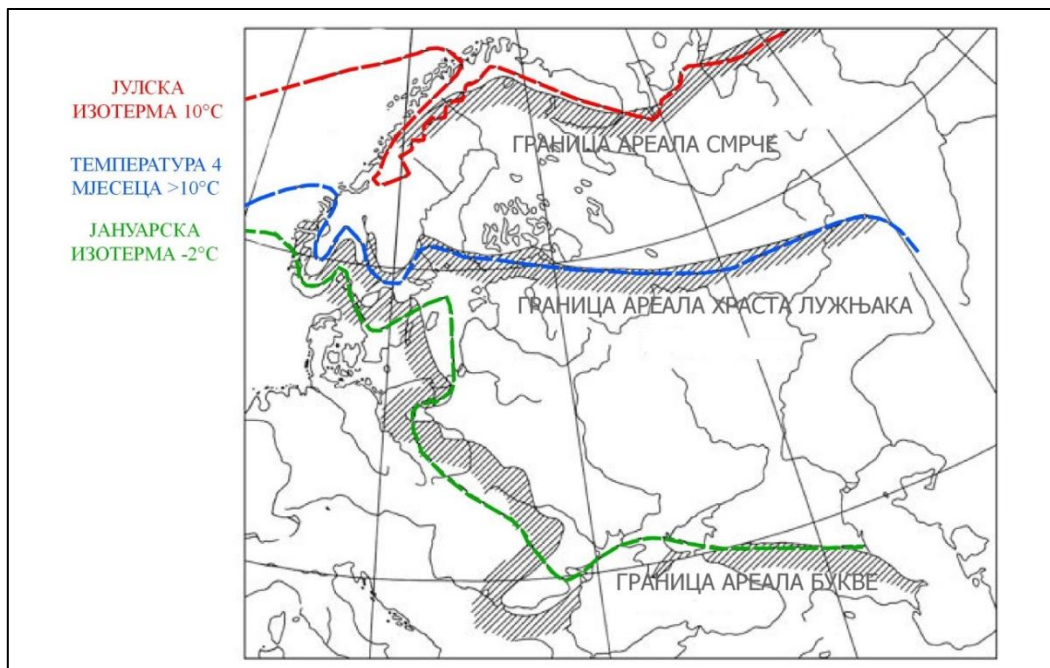
виша од оне потребне за раст вегетативних органа, тј. за развој плодова и сјемена потребно је више топлоте него за раст изданака и коријена (*Березина, Н. А. & Афанасьева, Н. Б., 2009*). Дакле, сваки физиолошки процес биљака карактеришу три кардиналне тачке температуре: минимум, оптимум и максимум. Оптимална температура представља вриједност температуре у оквиру дате еколошке валенце при којој се животни процеси најповољније одвијају. Минимум представља доњу границу температуре на којој се процес прекида услед недостатка топлоте, а максимум горњу границу на којој се процеси прекидају због вишка топлоте (*Оторенец, С., 1991*). Врста се најбоље развија у оквиру оптималних вриједности, преживљава, доживљава физиолошки стрес у близини еколошког минимума и максимума, док изван граница минимума и максимума не може преживјети. Минималне температуре налазе се мало изнад тачке смрзавања ткива, а максималне неколико степени испод индекса топлотне смрти (*Березина, Н. А. & Афанасьева, Н. Б., 2009*). На температурама испод 0 °С долази до заустављања метаболичких процеса због формирања кристала леда и имобилизације воде у ткивима и ћелијама биљака, док на температурама вишим од 50 °С долази до денатурације и деструкције основних протеина, прије свега ћелијских ензима (*Крстић, Б. et al., 2008*). Код већине биљака умјерене зоне оптимална температура за раст и развој износи 15–30 °С (*Крстић, Б. et al., 2008*). Температура утиче и на темпо развоја биљака – што је температура ваздуха виша, краћи су међуфазни периоди, а развој биљке бржи и обрнуто (*Оторенец, С., 1991*).

Развој биљног свијета не одређује само средња годишња температура ваздуха. Да ли ће нека биљна врста успијевати на одређеном подручју, зависи и од температурног режима током године – дужине трајања и просјечне температуре вегетационог периода, као и присуства односно одсуства периода са ниском температуром, која код већине биљака доводи до периода мировања. Генерално, биљке су најбоље прилагођене оним температурним приликама које су карактеристичне за нормалне услове у којима живе и развијају се, али ипак посједују извјесну унутрашњу способност да се у одређеној мјери прилагоде и на друге температурне услове који мање или више одступају од услова њиховог природног станишта – способност аклиматизације (*Јанковић, М. М., 1990*).

Способност аклиматизације могла би бити посебно важно својство које ће им омогућити одређени степен прилагођавања на савремена климатска колебања.

Температура условљава законитости распрострањења биљака на површини Земље, тј. у великој мјери одређује границе вегетацијских зона (распрострањење биома по континентима, надморску висину у планинама до које биљке могу да расту и сл.) (Курнишкова, Т. В. & Петров, В. В., 1987; Adams, J., 2010). Границе распрострањења појединих биљака често се поклапају са изотермама (Курнишкова, Т. В. & Петров, В. В., 1987). Климатски фактори су међу најзначајнијим, а у већини случајева и одлучујући фактори, који одређују границе ареала биљних врста и заједница. Границе ареала често су условљене неповољним климатским условима, нарочито неповољним хидротермалним условима, као што су недовољна топлота, недовољна количина падавина или њихов неповољан распоред током године, те неадекватан интензитет испаравања са површине земљишта, интензитет свјетлости, дужина дана, моћност сњежног покривача и др. У неким случајевима границу ареала одређује недостатак топлоте или прекратак топли период, док у другим случајевима пресудне могу бити оштре зиме. Често негативну улогу има недостатак атмосферске влаге током вегетационог периода. Истраживањима је утврђено да су код више европских врста дрвећа сјеверна и источна граница распрострањења у већини случајева одређене ниским зимским температурама. На примјер, ареал божиковине (*Ilex aquifolium*) у Европи ограничен је на подручја у којима је средња температура најхладнијег мјесеца виша од $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а сјеверна граница распрострањења ситнолисне липе (*Tilia cordata*) одређена је јулском изотермом од $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Huggett, R. J., 2004). Породица палми распрострањена је широм тропске зоне, као и у неким суптропским подручјима, али искључиво у областима без мразног периода. Климатске границе ареала могу ограничити распрострањење врста и хоризонтално (на сјевер, југ, исток и запад по географској ширини и дужини) и вертикално (по надморској висини – алтитудинално). Висинске климатске границе резултат су посебно сложене комбинације еколошких услова на великим надморским висинама: недовољне топлоте (неадекватна сума температура изнад најниже температуре потребне за дату врсту), недовољне влаге, интензитета Сунчевог зрачења, јаке

радијације, постојања вјечног снијега или касног топљења снијега. У суштини, граница ареала налази се на подручју гдје промијењени услови средине смањују конкурентску способност врсте у односу на друге врсте, па врста више није у стању да се одржи на том локалитету.



Слика I – 1: Границе ареала букве (*Fagus sylvatica*), храста лужњака (*Quercus robur*) и европске смрче (*Picea abies*) условљене климатским факторима (Frey, W. & Lӧsch, R., 2010)

Границе ареала могу одредити не само неповољни климатски услови већ и неповољни едафски услови (геолошка подлога или тип земљишта, као и локални услови дренажности), који могу прецизније одредити границе ареала врста и биома (Adams, J., 2010). Различите механичке или еколошке препреке (на примјер, високи планински вијенци, мора, пустиње итд.) које врста због својих биолошких и еколошких карактеристика није у могућности да превазиђе, такође, могу одредити границу ареала. Велики број врста ограничен је у свом распрострањењу стварним границама, тј. границе њихових ареала заиста представљају и крајње могућности њиховог ширења с обзиром на еколошке услове средине. То је нарочито случај с климатским границама. На примјер, многе тропске и суптропске биљке имају одговарајућу сјеверну границу усљед неповољног

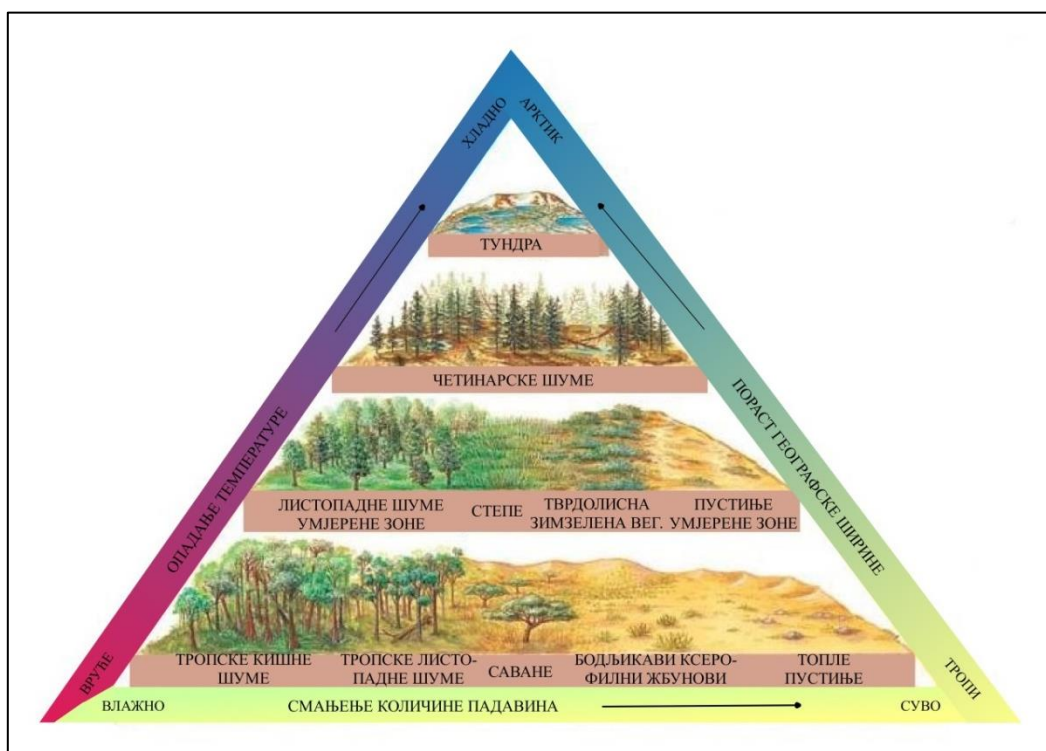
утицаја климе умјереног појаса са хладним зимским периодом. С друге стране, сасвим је сигурно да би многе врсте чије је распрострањење ограничено на само један континент могле живјети и на другим континентима, у одговарајућим еколошким условима, да није огромних морских пространа која за њих представљају несавладиву препреку, што је и показало антропогено потпомогнуто ширење ареала низа културних биљака (на примјер, кафе, кукуруза, кромпира, пиринча и др.) које су из својих првобитних ареала људским дјеловањем распрострањене и на друге континенте. Антропогеним дјеловањем такође је измијењен природни биљни покривач, па су на неким подручјима биоми редуковани или помјерени као реакција на антропогене поремећаје током посљедњих неколико хиљада година (*Adams, J., 2010*).

Распрострањење биљних врста и њихових заједница налази се под снажним утицајем климе, а нарочито режима температуре ваздуха и режима влажности станишта (доступности воде) (*Chaine, I. & Beaubien, E. G., 2001*). И температура ваздуха и количина падавине мијењају се дуж географских градијената у доста правилном распореду, што значи да у своме интензитету слабе или јачају у одређеном правцу – на примјер, од сјевера према југу, од нижих ка вишим надморским висинама, од морске обале ка унутрашњости континента итд. (*Јанковић, М. М., 1990*).

У погледу распореда температуре ваздуха на Земљиној површини уочава се зонални распоред по географској ширини – од екватора према половима. Хоризонтална зоналност температуре показује да се средња годишња температура ваздуха смањује за 0,5 °C од екватора према половима на сваких 1° географске ширине (*Шењиков, А. П., 1950*). То је условило постојање различитих климатских области – екваторијалне, тропске, суптропске, умјерене и поларне. Осим овог хоризонталног зонирања температуре ваздуха постоји и вертикално, дуж градијента надморске висине. Висинска (вертикална) зоналност температуре показује да средња годишња температура ваздуха опада за 0,5 °C на сваких 100 m надморске висине (*Шењиков, А. П., 1950*).

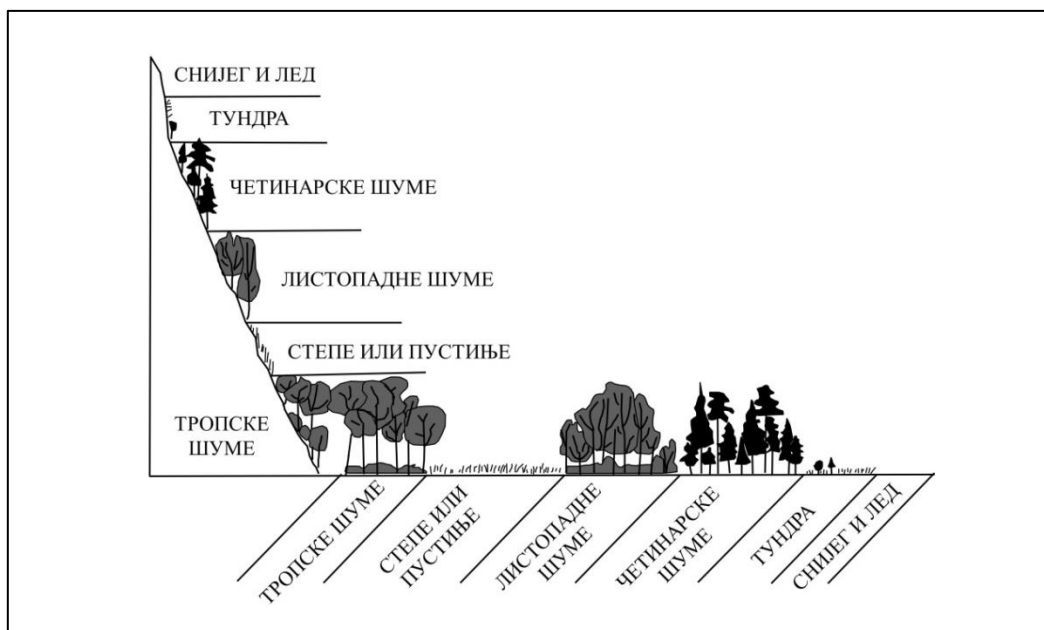
Јасно изражено зонирање температуре ваздуха дуж градијента географске ширине и надморске висине условљава постојање различитих климатских зона на Земљи,

које веома правилно прати одговарајућа појава хоризонталног и вертикалног зонирања типова вегетације (Јанковић, М. М., 1990). Само визуелно поређење карте свијета климе и вегетације открива снажну повезаност између климатских и вегетацијских зона: влажни тропи повезани су са зоном тропских шума, суви суптропи са суптропским пустињама, умјерена климатска зона са зоном листопадних и четинарских шума, а поларна са зоном тундре и поларних пустиња (Brovkin, V., 2002).



Слика I – 2: Зависност распрострањења вегетације од климатских услова (температуре и падавина) (Raven, P. H. et al., 2010; Николайкин, Н. И. et al., 2003)

Са повећањем надморске висине и опадањем температуре ваздуха долази до смјене различитих вегетацијских висинских појасева, прилагођених условима климе датог појаса, која одговара хоризонталној смјени вегетацијских зона од југа према сјеверу (Јанковић, М. М., 1990).



Слика I – 3: Шематски приказ хоризонталне и вертикалне зоналности вегетације
(Николајкин, Н. И. et al., 2003)

Ипак, без обзира на генерално правилан географски распоред температуре и падавина, распоред типова вегетације није тако једноставан. Дјеловање бројних других фактора (као што су стални вјетрови који утичу на влажност неког подручја, величина, висина и правац пружања планинских система, топле и хладне морске струје, разуђеност копна и мора, те историјски развој копна и мора, као и саме вегетације на Земљи, а затим и све присутнији и израженији антропогени утицаји и др.) нарушава основне законитости распрострањења вегетацијских зона које одређује распоред температуре и влаге на Земљи (Adams, J., 2010; Јанковић, М. М., 1990).

Један од првих покушаја повезивања условљености ареала биљака климатским условима средине представља издвајање шест група биљака према средњој годишњој температури ваздуха у подручју које насељавају, које је 1874. године извршио Алфонс де Кандол (*Alphonse Pyrame de Candolle*, 1806–1893):

- мегистотерми: биљке које живе у областима са средњом годишњом температуром ваздуха изнад 30 °C – биљке периода карбона,

- мегатерми: биљке које живе у областима са средњом годишњом температуром ваздуха изнад 20 °C и постојаном влажношћу и које не подносе мраз – биљке тропских и суптропских подручја,
- ксеротерми: биљке које живе у сувим суптропским подручјима са високим температурама ваздуха и сушним периодом који траје неколико мјесеци,
- мезотерми: биљке које живе у областима са средњом годишњом температуром ваздуха 15–20 °C, у областима умјерено топлог климата са постојањем хладног периода, али који не прекида вегетацију – на примјер, биљке у медитеранском типу еко-система, обично осјетљиве на мраз,
- микротерми: биљке које живе у областима са средњом годишњом температуром ваздуха 0–14 °C – углавном биљке умјерених подручја, прилагођене прохладном лјету и дугој хладној зими,
- хекистотерми: биљке које живе у областима са средњом годишњом температуром ваздуха испод 0 °C, у областима са врло хладном климом – биљке поларних и високопланинских области, које расту у условима минималне топлоте и кратког вегетационог периода (*Валтер, Г. & Алехин, В. В., 1936; Березина, Н. А. & Афанасьева, Н. Б., 2009*).

У овом периоду вршени су различити покушаји да се изрази условљеност распрострањења биљака одређеном температуром ваздуха. Научници су обично узимали у обзир број дана у периоду без мрза или број дана са температуром изнад неког одређеног минимума. Сматрали су да је за распрострањење биљака најважнији број дана са неком максималном, односно минималном температуром и да у најхладнијим подручјима ареала ширење дате врсте према још хладнијим областима онемогућава одређени број дана (карактеристичан за ту врсту) са температуром изнад неког минимума, а у најтоплијим подручјима ареала ширење дате врсте према још топлијим областима ограничава чињеница да се не смије повећати број дана са одређеним температурним максимумом (*Enquist, F., 1924*. према *Валтер, Г. & Алехин, В. В., 1936*). Тако се, на примјер, граница ареала букве (*Fagus sylvatica*) према хладним областима на сјеверу налази тамо гдје најмање 217 дана у години има максималну температуру изнад 7 °C, божиковине (*Plex aquifolium*) гдје најмање 345 дана има температуру изнад 0 °C, док се граница

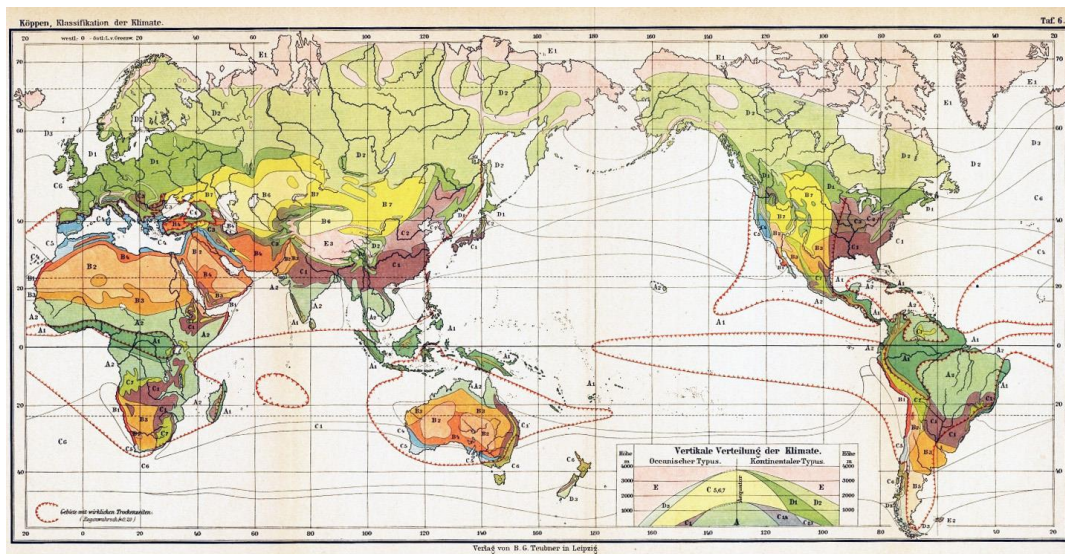
бијелог бора (*Pinus sylvestris*) према топлијим подручјима налази тамо гдје најмање 275 дана у години има температуру изнад 0 °C (Валтер, Г. & Алехин, В. В., 1936).

Подјелу еколошких група биљака у средњој Европи у односу на потребе за топлотом предложио је и Хајнц Еленберг (*Heinz Ellenberg*, 1913–1997), који је, као и Де Кандол, издвојио шест група биљака: 1) биљке изузетно отпорне на смрзавање, 2) биљке отпорне на хладноћу које ријетко прелазе сјеверну границу шума, 3) биљке средње отпорне на хладноћу с основним типом мјешовите шуме, 4) термофилне биљке јужних експозиција и „топлих“ земљишта, 5) веома термофилне биљке крајње осјетљиве на мраз и 6) биљке индиферентне на температуру, које имају широку еколошку валенцу прилагођавања на њу (Березина, Н. А. & Афанасјева, Н. Б., 2009).

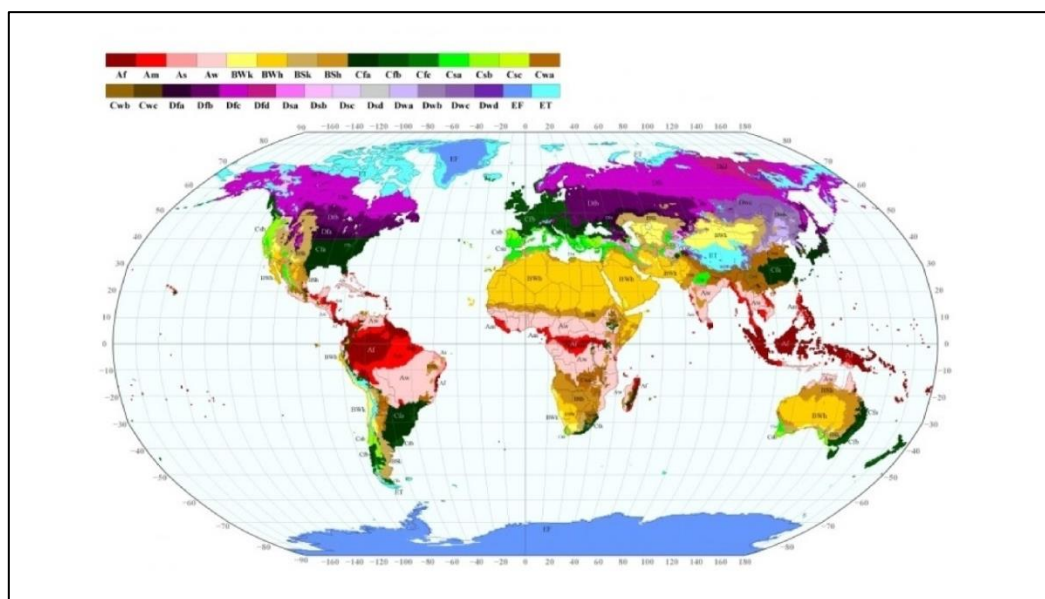
Ове анализе односа климе и вегетације обезбиједиле су теоријско-методолошке основе за квантитативно моделовање њиховог односа. Период развоја модела који представљају однос климе и вегетације може се подијелити у три фазе (Zhou, G. & Wang, Y., 2000). Прву фазу развоја карактерише истраживање повезаности природних типова вегетације и климе. Неки од најзначајнијих модела развијених у овој фази јесу Кепенова класификација климата, Холдрицов систем животних зона и Боксов модел (Zhou, G. & Wang, Y., 2000).

Један од првих озбиљнијих покушаја да се изрази условљеност распрострањења вегетације климатским условима био је рад Владимира Кепена (*Wladimir Köppen*, 1846–1940) *Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt*, објављен 1900. године, у којем је извршио прву глобалну квантитативну класификацију климе свијета и њоме условљеног распрострањења вегетације (ревидирана класификација публикована је 1918. године).¹

¹ Кепену карту свијета допунио је Рудолф Гајгер (*Rudolf Geiger*, 1894–1981) 1954. и 1961. године. Kottek, M. et al. (2006), на основу климатских података за другу половину XX вијека, направили су нову дигитализовану савремену климатску карту свијета базирану на овој класификацији. У контексту савремених климатских промјена треба споменути и рад Rubel, F. & Kottek, M. (2010), који су дали пројекције промјена главних климатских типова према Кепену у периоду 1901–2100. године према различитим сценаријима промјена.



Слика I – 4: Кепенова класификација климата (Көррен, W., 1900)



Слика I – 5: Кепен–Гајгерова класификација климата у периоду 1951–2000. године (Kottek, M. et al., 2006)

Кепен је првобитно издвојио шест главних температурних појасева: тропски, суптропски, умјерени са топлим љетом, умјерени са хладном зимом, хладни и поларни. Уочио је да су одређени типови вегетације повезани са појединим климатским зонама, тако да се карта вегетације може мање-више предвидјети на основу карте типова климе. У подјели Земље на климатске области, које управо и условљавају зоналан распоред вегетације, као параметре за одређивање типова

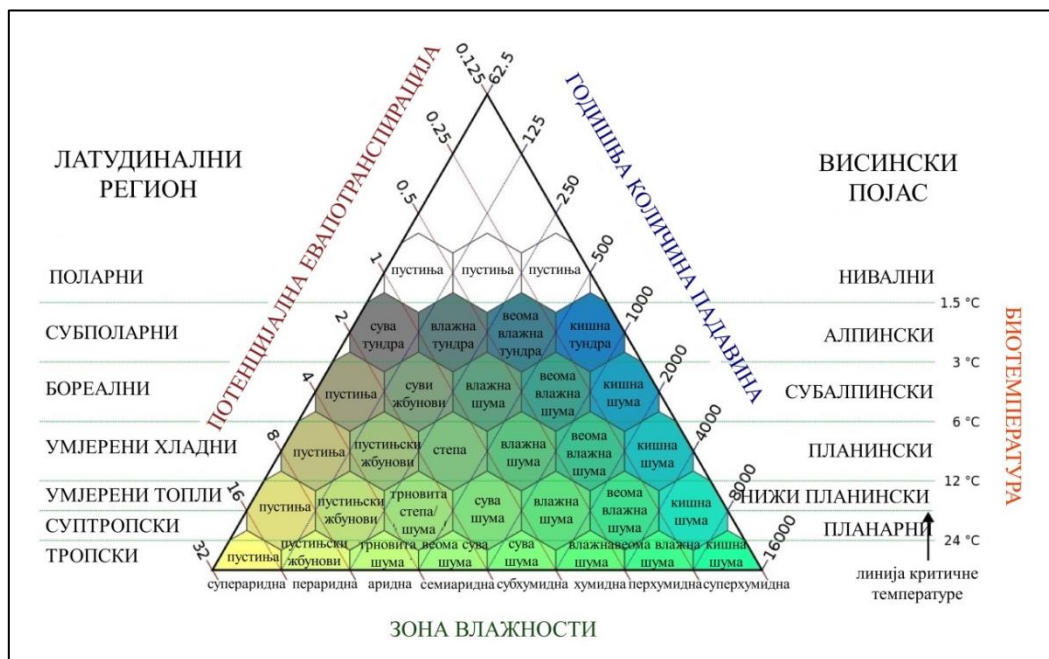
климата користио је просјечне количине падавина и температуре екстремних мјесеци – температуру најтоплијег и најхладнијег мјесеца у години. Тако, на примјер, тропска зона (А климат) обухвата подручја у којима је средња температура сваког мјесеца виша од 18 °С, а поларну зону (Е климат) одређује температура најтоплијег мјесеца нижа од 10 °С. Друго слово у класификацији одредио је на основу падавина (на примјер, Df – сњежни и потпуно влажни климат), а треће слово на основу температуре ваздуха (на примјер, Dfc – сњежни потпуно влажни климат са хладним љетом). Издвојио је пет вегетацијских зона које кореспондирају са пет основних типова климе: биљке екваторијалне зоне (А), биљке аридне зоне (В), биљке умјерено топле зоне (С), биљке сњежне зоне (D) и биљке поларне зоне (Е). Кепен је издвојио сљедећа климом условљена биљна подручја, која одговарају онима које је одредио француски ботаничар Де Кандол, али су Кепенова коректније ограничена:

- годишња минимална температура је изнад 16 °С, а период раста није прекинут неповољним добом године;
- годишњи минимум виши је од 16 °С, али је присутан период прекида, због суше, у којем пада врло мала количина падавина, па чак и највлажнији мјесец има мање од 12 кишних дана;
- минимална годишња температура је испод 16 °С, али не мања од 0 °С, период прекида због ниске температуре није присутан, али се ипак биљке веома осјетљиве на хладноћу не могу развијати у овом климату;
- температура дуже вријеме током године пада испод 0 °С, али је изотерма јула изнад 10 °С,
- изотерма јула је испод 10 °С (наведена изотерма готово у потпуности одговара граници дрвећа на сјеверу, па ова област представља зону тундре) (Валтер, Г. & Алехин, В. В., 1936).

Кепеновом класификацијом свијет је подијељен на пет главних климатских зона. Ове зоне издвојене су у зависности од температуре и падавина, сезонских варијација падавина, као и утицаја температуре и падавина на вегетацију. Кепен, међутим, није узимао у обзир друге климатске елементе који, такође, утичу на климу (на примјер, планетарни вјетрови и центри ваздушног притиска, фронтални системи и океанске струје). Ипак, његова класификација климе била је велики

допринос науци, а њена једноставност допринијела је општем прихватању и примјени широм свијета.

Амерички еколог Лесли Холдриц (*Leslie Ransselaer Holdridge, 1907–1999*) 1967. године у свом дјелу *Life zone ecology* дефинисао је нову класификацију „животних зона“ која одражава однос између климатских услова и потенцијалне природне вегетације. За њихово издвајање користио је три климатска индикатора: средња годишња биотемпература (просјечна температура након што су елиминисане вриједности $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$), годишња количина падавина и однос средње годишње потенцијалне евапотранспирације према просјечној годишњој количини падавина (*Holdridge, L. R., 1967; Brovkin, V., 2002*).



Слика I – 6: Холдрицов систем животних зона (*Holdridge, L. R., 1967*)

Дакле, поред температуре ваздуха узео је у обзир биланс између падавина и испаравања, јер је уочио да је биљкама за одвијање процеса у топлој клими потребна већа количина падавина, с обзиром на то да је и испаравање веће (*Adams, J., 2010*). Сматрао је да је нето водни биланс оно што, у ствари, стварно одређује да ли ће биљка доживјети сушу, као и који се тип биљака може развијати у таквим еколошким условима. Такође, истицао је да у одређивању погодности

климатских услова за раст биљака треба узимати у обзир само температуре изнад одређеног прага вриједности (сматрао је да је та граница $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, тј. тачка смрзавања, јер су испод тог прага температуре биљке у мировању без обзира на то колико ниско температура пада). Укрштањем наведених климатских варијабли формирао је у троугаоном координатном систему тридесет и шест хексагона са одређеним распонем вриједности температуре и водног биланса. Сваки од хексагона дефинише биоклимат назван одређеним типом вегетације, тј. „животној зоном“. Овај систем примјењиван је у многим подручјима свијета, а често и на глобалном нивоу. Међутим, иако нешто боље одражава распрострањење вегетације у зависности од климатских услова, ни он у многим дијеловима свијета не даје добре резултате, превентивно јер не узима у обзир утицај других фактора, као ни сезонски распоред температуре ваздуха и падавина (Zhou, G. & Wang, Y., 2000).

За разлику од Холдрицовог модела, Елџин Бокс (*Elgene Owen Box*) за одређивање типова вегетације користио је осам климатских параметара који изражавају просјечне вриједности, али и сезонски карактер температуре ваздуха и падавина: средње температуре најтоплијег и најхладнијег мјесеца, годишња амплитуда средњих мјесечних температура, средња годишња количина падавина, највећа и најмања средња мјесечна количина падавина, средња количина падавина у најтоплијем мјесецу, те годишњи индекс влажности изражен односом годишње количине падавина и годишње потенцијалне евапотранспирације одређене Thornthwaite методом (*Box, E. O., 1981*). У овом Боксовом моделу одређене су горње и доње границе толеранције климатских услова за око стотину функционалних типова биљака. На основу тих постављених климатских граница тзв. „еколошко сито“ одређује тип вегетације који се може развијати у датим климатским условима. Хијерархијском организацијом број функционалних типова биљака смањен је на скуп потенцијалних доминантних типова биљака (*Box, E. O., 1981; Zhou, G. & Wang, Y., 2000*).

Треба нагласити да током ове прве фазе израде модела климатски параметри који ограничавају екофизиолошке процесе биљака нису узимани у обзир приликом класификације типова вегетације (Zhou, G. & Wang, Y., 2000). Њихова примјена

почиње тек у другој фази развоја. У овој фази развијани су тзв. биогеографски модели, као што су: MAPSS, BIOME2, DOLY и др. BIOME2, као свеобухватни глобални модел класификације вегетације, узима у обзир физиолошка ограничења биљака, својства земљишта и одлике климе (температуру, падавине и инсолацију) и даје добре резултате у симулацији распрострањења вегетације на глобалном нивоу (Zhou, G. & Wang, Y., 2000). Биогеографски модели углавном одређују доминантне животне форме биљака или типове вегетације у различитим животним срединама на основу двије врсте услова који ограничавају њихово распрострањење: екофизиолошка ограничења и ограниченост ресурса (на примјер, воде и свјетлости) (Zhou, G. & Wang, Y., 2000). Укључивањем екофизиологије биљака у анализе распрострањења вегетације направљен је велики напредак у његовом моделовању. Модели ове класе углавном се користе за описивање структурних карактеристика вегетације (на примјер, индекса лисне површине) (Zhou, G. & Wang, Y., 2000). Главну примјену имали су управо у симулацијама распрострањења глобалне вегетације и њене реакције на климатске промјене. Међутим, ова врста модела углавном се фокусира на равнотежно стање еко-система и не омогућава симулације и структуре и динамике вегетације (Zhou, G. & Wang, Y., 2000).

Независно од биогеографских модела развијени су вегетацијски модели који симулирају биогеохемију (циклус угљеника) копна на основу датог распрострањења вегетације (Brovkin, V., 2002). Већина процесно оријентисаних биогеохемијских модела симулира фотосинтезу, дисање, раст, фенологију (сезонски развој листа), алокацију асимилираног угљеника у различита биљна ткива (у стабљике и коријен), као и акумулацију и минерализацију угинулих органских материја у земљишту, те проводљивост стома које регулишу размјену CO₂ и воде између биљака и атмосфере (Brovkin, V., 2002).

Трећа фаза проучавања започела је у посљедњој деценији XX вијека с развојем тзв. динамичких модела глобалне вегетације (*Dynamic Global Vegetation Model* – DGVM) који симулирају и структуру и динамику вегетације (Brovkin, V., 2002; Zhou, G. & Wang, Y., 2000). Реакције структуре вегетације на климатске промјене огледају се у промјенама састава врста и различитих карактеристика вегетације

као што су висина крошње или дубина коријена, док функционалне реакције укључују промјене у циклусима кружења угљеника, воде и хранљивих материја (на примјер, азота, фосфора, сумпора и др.). Ранији модели били су статични, направљени на основу статистичких односа између климатских параметара и функционалних типова биљака. Углавном су симулирали равнотежно стање вегетације и нису обухватили механизме промјене динамике вегетације – на примјер, нето примарну продуктивност. Различити динамички модели глобалне вегетације омогућавају симулацију: савременог распрострањења глобалне природне вегетације, условљености распрострањења вегетације климатским условима, реакције биљног покривача на међугодишњу варијабилност климе, те промјене распрострањења и структуре еко-система под будућим глобалним промјенама климе (Zeng, X. D., 2010). Дакле, ови модели, поред симулације биогеографских граница различитих функционалних типова биљака и биогеохемије копна, узимају у обзир дугорочне процесе промјена вегетационог покривача као одговор на промјене у животној средини (Brovkin, V., 2002). Ови модели у симулацијама узимају у обзир и конкуренцију међу функционалним типовима биљака засновану на претпоставци да функционални тип биљака са већом продуктивношћу има предност у конкуренцији, као и различите поремећаје који могу утицати на развој вегетације (на примјер, фреквенцију пожара) и њихов утицај на динамику складиштења угљеника и сукцесију вегетације (Brovkin, V., 2002). Биогеохемијски модели, као што су CENTURY, TEM, BIOME–BGC, узимају у обзир динамику вегетације и могу симулирати нето примарну продуктивност, циклус кружења угљеника и минералних хранљивих материја унутар и између типова вегетације и садржај детритуса и органских материја у земљишту (Zhou, G. & Wang, Y., 2000). Данас су већ развијени модели који могу симулирати и структуру и динамику вегетације. Такви су, на примјер, модели BIOME3, BIOME4 и IBIS (Zhou, G. & Wang, Y., 2000).

С обзиром на то да можемо очекивати да ће пројектоване промјене климе и састава атмосфере утицати и на структуру и на динамику вегетације, неопходно је и даље усавршавати динамичке моделе глобалне вегетације како бисмо што прецизније, тачније и свеобухватније представљали сву сложеност динамике вегетације у будућности (Quillet, A. et al., 2010; Zhou, G. & Wang, Y., 2000).

Иако се данас, на почетку XXI вијека, као главни узрочници промјене и нарушавања биодиверзитета у свијету наводе управо савремене промјене климе, а затим и промјене коришћења земљишта, акумулације азота, биотичких размјена, те повишена концентрације CO₂ (Sala, O. E. et al., 2000), у Републици Српској и Босни и Херцеговини климатске промјене нису идентификоване као главни узрочник притисака и штетног дјеловања на биолошку разноликост.

Према *Четвртном националном извјештају Босне и Херцеговине према Конвенцији Уједињених нација о биолошкој разноликости* најинтензивнији притисак на биодиверзитет у Републици Српској и Босни и Херцеговини врше:

- конверзија, девастација, деградација и фрагментација станишта,
- прекомјерна експлоатација ресурса – неодрживо коришћење ресурса, неодрживо прикупљање економски важних врста, сјеча шума, лов, риболов, криволов итд.,
- различити облици загађења свих сфера животне средине (FMOIT, 2010).

Тек након ових узрочника нарушавања биодиверзитета наводе се штетне последице климатских промјена (као и утицај инвазивних врста, тј. неконтролисано увођење алохтоних врста, неконтролисано увођење и манипулација са ГМО и сл.) (FMOIT, 2010).

Према истом извјештају, најзначајнији фактори нарушавања еко-система на подручју Републике Српске и Босне и Херцеговине представљају:

- изградња инфраструктуре (саобраћајне, електроенергетске, водопривредне итд.),
- пољопривредне активности (мелиорације, исцрпљивање станишта узгојем монокултура, употреба пестицида и ђубрива и др.),
- неконтролисана урбанизација и рурализација,
- несклад између развојних циљева по секторима и др. (FMOIT, 2010).

Степен вулнерабилности, као и главни узрочник угрожавања биодиверзитета, разликују се међу појединим типовима еко-система:

- интензивни процеси конверзије станишта угрожавају доминантне рефугијалне заједнице и ендемичне борове заједнице, мочварна подручја, слатководне еко-системе, ливаде у крашким пољима, субмедитеранске камените пашњаке и крашка подручја;
- прекомјерна експлоатација ресурса преовладава у најпродуктивнијим шумским екосистемима – у храстовим шумама у континенталном биогеографском региону и брдским шумама букве и јеле, те на обрадивим површинама, у слатководним екосистемима итд.;
- загађење ваздуха и вода представља велики проблем у еко-системима који се налазе у непосредној близини великих градова и насеља као што су: хигрофилне шуме јове, мезофилне ливаде у ријечним долинама континенталног биогеографског региона, субмедитерански каменити пашњаци и крашка подручја, слатководни еко-системи, еко-системи у урбаним и руралним подручјима;
- инвазије алохтоних врста представљају проблем за све врсте еко-система које могу досегнути са обала водотока и сусједних станишта који представљају почетне тачке инвазије;
- глобалне климатске промјене највише угрожавају биодиверзитет у алпском и медитеранском подручју – сматра се да ће климатске промјене највише погодити најосјетљивије еко-системе: високопланинске еко-системе, рефугијално-реликтне еко-системе кањона, литица и стрмих падина, еко-системе крашких поља и мочварне еко-системе (FMOIT, 2010).

Климатским промјена најугроженији су еко-системи високопланинских подручја, који су и најосјетљивији на промјене климатских услова. Посебно је угрожено планинско подручје Динарида, богато ендемским и реликтним врстама и осјетљивим (фрагилним) стаништима.

Ипак, у Републици Српској и Босни и Херцеговини још не постоје директни подаци о праћењу утицаја климатских промјена на биодиверзитет, те су овакве студије користан допринос њиховом проучавању.

2. САВРЕМЕНЕ КЛИМАТСКЕ ПРОМЈЕНЕ

2.1. Дефиниција климатских колебања и промјена

„Климатски систем представља укупност атмосфере, хидросфере, биосфере и геосфере и њихово међусобно дјеловање“ (*UNFCCC, 1992*). Климатски систем стално се мијења због интеракције између његових компоненти (атмосфере, хидросфере, криосфере, земљишног покривача и биосфере), као и због утицаја спољашњих фактора, као што су вулканске ерупције, варијације соларних параметара или антропогени фактори (на примјер, промјене у атмосфери и промјене начина коришћења земљишта).

Према Свјетској метеоролошкој организацији (*World Meteorological Organization – WMO*), климатска колебања (варијабилност) представљају варијације у средњим или другим статистичким параметрима климе на свим временским и просторним скалама (*WMO, 2016c*). Термин се често користи за означавање одступања климатских параметара током одређеног периода (на примјер, мјесеца, сезоне или године) у односу на дугорочне статистичке податке за исти период. Колебање климе изражава се овим одступањима, која се обично називају аномалије. Може бити посљедица природних унутрашњих процеса у оквиру климатског система или варијација природних или антропогених спољашњих фактора.

Кључна разлика између климатских колебања и промјена јесте у истрајности „аномалија“ климатских услова. У суштини, климатска колебања огледају се у промјенама које се дешавају у краћим периодима, као што су мјесеци, сезоне или године, а климатске промјене у промјенама које се дешавају у дужем периоду, обично мјереном деценијама или дуже (*WMO, 2016c*).

Климатске промјене представљају „промјене у стању климе које се могу идентификовати (на примјер, помоћу статистичких тестова) кроз промјене у просјечним вриједностима и/или варијабилности њених елемената, а које трају дужи период, обично неколико деценија или дуже“ (*Lavell, A. et al., 2012; IPCC, 2012; WMO, 2016c*). Климатске промјене могу бити посљедица природних

унутрашњих процеса или утицаја спољашњих фактора или истрајних антропогених промјена у саставу атмосфере или у коришћењу земљишта (*Lavell, A. et al., 2012; IPCC, 2012; WMO, 2016c*). Оваква дефиниција климатских промјена разликује се од дефиниције у *Оквирној конвенцији Уједињених нација о климатским промјенама*, гдје се промјена климе дефинише као: „промјена која се приписује директно или индиректно активностима човјека које мијењају састав глобалне атмосфере, те које се одвијају поред природне промјенљивости климе осмотрене кроз упоредиве периоде“ (*IPCC, 2012*). У Конвенцији се на тај начин прави разлика између климатских промјена које се приписују људским активностима које мијењају атмосферски састав и климатских колебања која се могу приписати природним узроцима.

Оквирна конвенција Уједињених нација о климатским промјенама (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) главни је мултилатерални споразум фокусиран на проблеме савремених климатских промјена, у који су укључене готово све државе свијета. Од 21. марта 1994. године, када је ступила на снагу, 195 земаља постале су чланицом Конвенције (*UNFCCC, 2016*). Босна и Херцеговина је Конвенцију ратификовала 6. децембра 2000. године (*Вукмир, Г. et al., 2009*). UNFCCC је једна од три конвенције усвојене на „Рио самиту о Земљи“, тј. на Конференцији Уједињених нација о заштити животне средине и развоју (UNCED), која је одржана у јуну 1992. године (*UNFCCC, 2016*). Тада су усвојене и *Конвенција Уједињених нација о биолошкој разноврсности* и *Конвенција о борби против дезертификације*, чији су циљеви нераскидиво повезани са циљевима наведене конвенције. Према Конвенцији, главни узрочник савремених климатских промјена су антропогене активности, које су знатно повећале атмосферске концентрације гасова стаклене баште, што за посљедицу има појачавање природног ефекта стаклене баште и додатно загријавање Земљине површине и атмосфере, које може негативно дјеловати на природне еко-системе и човјечанство (*UNFCCC, 1992*). Негативни ефекти климатских промјена представљају промјене у физичком окружењу или живом свијету (биота) које имају знатне штетне утицаје на структуру, отпорност или продуктивност природних и вјештачких еко-система, на функционисање социо-економских

система или на људско здравље и благостање (*UNFCCC, 1992*). С обзиром на уочене промјене климе, крајњи циљ Конвенције јесте „да се у складу с релевантним одредбама Конвенције успостави стабилност концентрације гасова стаклене баште у атмосфери на нивоу који ће спријечити опасно антропогено уплитање у климатски систем. Такав ниво треба да се постигне у року који је довољан да се еко-системима омогући природно адаптирање на промјену климе, да се осигура да производња хране не буде угрожена и да се омогући даљи економски развој на одрживи начин“ (*UNFCCC, 1992*).

Усвојено је више докумената, којима су прецизније утврђене и дефинисане обавезе чланица Конвенције у имплементацији и остваривању постављених циљева. Посебно треба споменути *Кјото протокол* и *Споразум у Паризу*.

Кјото протокол усвојен је 11. децембра 1997. године, а због сложеног процеса ратификације ступио је на снагу 16. фебруара 2005. године (*UNFCCC, 2015a*). Босна и Херцеговина је Протокол ратификовала 16. априла 2007. године (*Радусин, С. et al., 2013a*). Кјото протокол поставља обавезујуће циљеве стабилизације и смањења емисија гасова стаклене баште за тридесет седам индустријски најразвијених земаља свијета и Европску унију, јер су у великој мјери управо оне одговорне за садашње високе нивое емисије (резултат више од 150 година индустријске активности), за 5 % у односу на ниво из 1990. године у првом обавезујућем периоду 2008–2012. године (*UNFCCC, 2015a*). У Дохи, у Катару, 8. децембра 2012. године, усвојен је Доха амандман на Кјото протокол и од тада тече други период обавеза (2013–2020) (*UNFCCC, 2015a*). *Споразум у Паризу*, потписан 12. децембра 2015. године, обавезује државе потписнице на спровођење низа активности и мјера како би се пораст просјечне глобалне температуре задржао на нивоу знатно мањем од 2 °C у односу на просјечну температуру у преиндустријском периоду, а пожељно би било да се тај раст ограничи на 1,5 °C изнад преиндустријског нивоа, јер би се на тај начин знатно смањили ризици од климатских промјена (*UNFCCC, 2015b*). Такође, потписнице су се обавезале на повећање способности прилагођавања на негативне утицаје климатских промјена и подстицање отпорности климатског система, те на нискоемисиони развој (али на начин који не угрожава производњу хране) (*UNFCCC, 2015b*). До данас је

Споразум потписало 180 држава. Од тога броја, 75 држава је и ратификовало (прихватило или одобрило) Споразум – наведене државе узрокују 58 % укупне глобалне емисије гасова стаклене баште (*UNFCCC, 2016b*). Највећи емитери – Кина са нешто више од 20 % глобалне емисије и САД са 17,9 % глобалне емисије, ратификовали су (тј. прихватили) Споразум 3. септембра 2016. године. С обзиром на то да су 5. октобра 2016. године задовољена оба услова неопходна за његово ступање на снагу (најмање 55 држава потписница Конвенције које узрокују минимално 55 % укупне емисије гасова са ефектом стаклене баште ратификовало је Споразум), Споразум у Паризу примјењује се од 4. новембра 2016. године (*UNFCCC, 2016b*).

Активности и мјере које је неопходно спроводити како би се разумјели и рјешавали проблеми климатских промјена, да би биле еколошки, друштвено и економски најефикасније, морају се темељити на релевантним научним, техничким и економским сазнањима и континуирано се унапређивати у складу са новим открићима на овом пољу (*UNFCCC, 1992*).

У циљу стварања јасног научног погледа на тренутна сазнања о климатским промјенама и њиховим потенцијалним еколошким и социо-економским утицајима основан је Међувладин панел за климатске промјене (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*), данас водеће међународно тијело за процјену климатских промјена. Основан је 1988. године од стране Програма Уједињених нација за животну средину (UNEP) и Свјетске метеоролошке организације (WMO), а њихову иницијативу за заједничко оснивање подржала је Генерална скупштина Уједињених нација (*IPCC, 2016a*). Рад Међувладиног панела за климатске промјене одвија се у оквиру три радне и једне оперативне групе (активностима радних група координира јединица за техничку подршку) (*IPCC, 2016c*). Радна група I процјењује научна сазнања о физици климатског система и климатским промјенама. Радна група II процјењује угроженост природних и социо-економских система пројектованим климатским промјенама, те позитивне и негативне посљедице климатских промјена, као и могућности за прилагођавање на њих. Радна група III процјењује могућности ублажавања климатских промјена

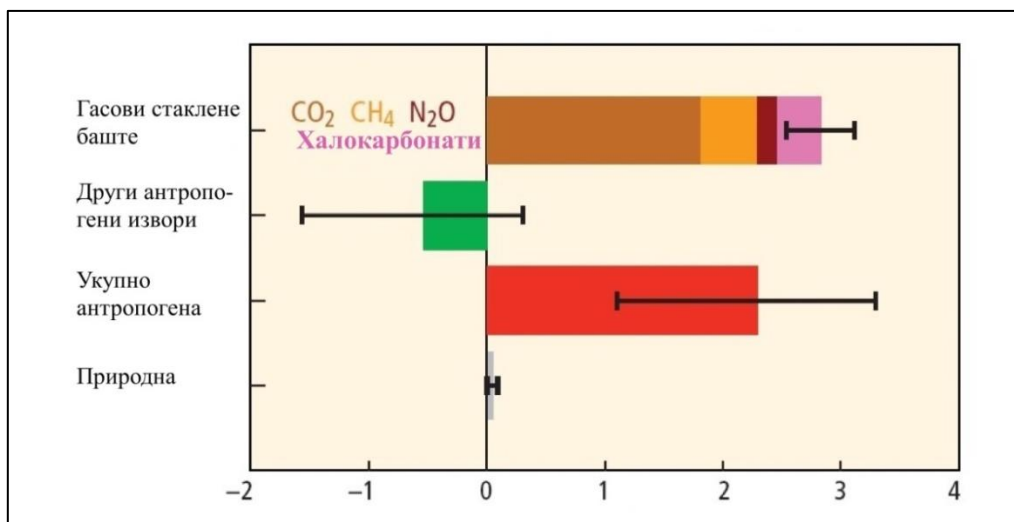
кроз ограничавање или спречавање емисија гасова стаклене баште и јачање активности којима би се уклониле из атмосфере. Оперативна група за националну инвентаризацију гасова стаклене баште основана је с циљем мониторинга *Програма националне инвентаризације гасова стаклене баште*.

Од свог оснивања Међувладин панел за климатске промјене припремио је и објавио пет извјештаја о процјени климатских промјена: 1990, 1995, 2001, 2007. и 2014. године (*IPCC, 2016b*). Осим извјештаја о процјени климатских промјена, објављује и специјалне извјештаје у којима анализира неко специфично питање (на примјер, *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, Carbon Dioxide Capture and Storage, Emissions Scenarios, The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability* и др.), као и методолошке извјештаје са практичним смјерницама за инвентаризацију гасова стаклене баште (*IPCC, 2016a*).

2.2. Покретачи савремених климатских промјена

Природне и антропогене материје и процеси који мијењају енергетски биланс Земље (нарушавајући проток енергије на Земљи) представљају физичке покретаче климатских промјена (*Myhre, G. et al., 2013*). Промјена биланса процјењује се на основу *in-situ* и даљинских посматрања концентрација гасова стаклене баште и аеросола, као и прорачуна коришћењем нумеричких модела. Позитивна промјена енергетског биланса Земље (већа од нуле) доводи до загријавања, а негативна (мања од нуле) до хлађења климатског система (*Myhre, G. et al., 2013*).

Према IPCC, укупна антропогена промјена енергетског биланса Земље у периоду 1750–2011. године је позитивна и узроковала је ефекат загријавања климатског система од $2,29 \text{ W/m}^2$ ($1,13\text{--}3,33 \text{ W/m}^2$) (*Myhre, G. et al., 2013; IPCC, 2014; IPCC, 2013*). Промјена енергетског биланса Земље из емисије гасова стаклене баште (CO_2 , CH_4 , N_2O , и халокарбоната) у 2011. години у односу на 1750. годину износи $3,00 \text{ W/m}^2$ ($2,22\text{--}3,78 \text{ W/m}^2$) – с тим да треба нагласити да је CO_2 дао највећи појединачни допринос од $1,33 \text{ W/m}^2$ ($1,68\text{--}2,03 \text{ W/m}^2$), CH_4 од $0,97 \text{ W/m}^2$ ($0,74\text{--}1,20 \text{ W/m}^2$), а халокарбонати од свега $0,01 \text{ W/m}^2$ ($0,18\text{--}0,35 \text{ W/m}^2$) (*IPCC, 2013*).



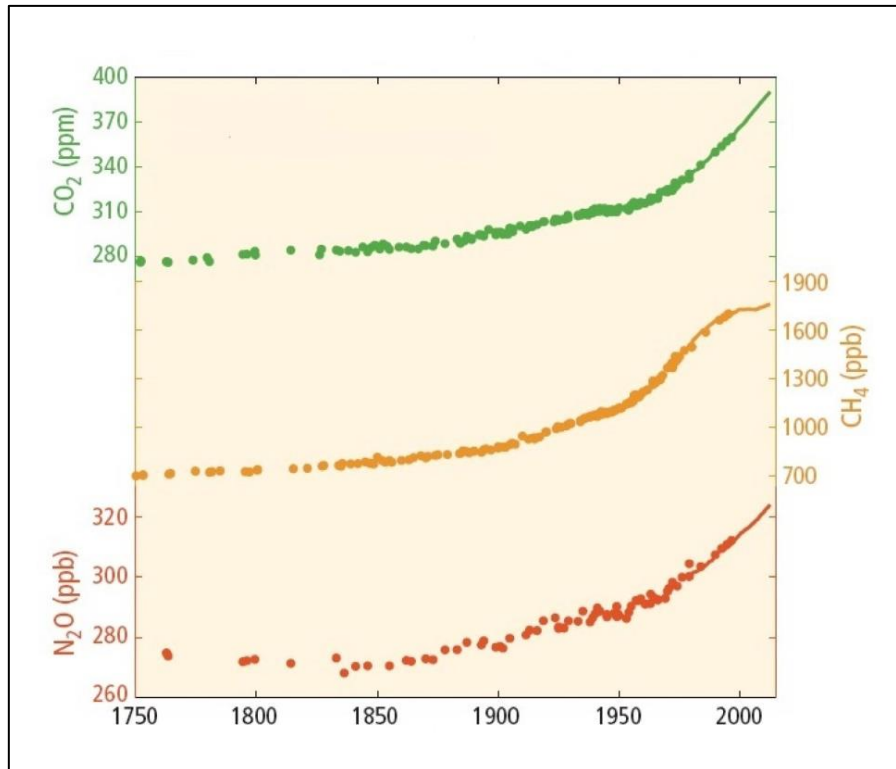
Слика I – 7: Промена енергетског биланса Земље у периоду индустријализације (1750–2011) (IPCC, 2014)

Промене Сунчевог зрачења и вулканских аеросола представљају природне факторе који утичу на промену енергетског биланса Земље. Стратосферски вулкански аеросоли могу имати велики расхладни ефекат на климатски систем током неколико година након великих вулканских ерупција. У наведеном периоду, утицај аеросола на промену енергетског биланса Земље износио је $-0,9 \text{ W/m}^2$ ($-1,9$ – $-0,1 \text{ W/m}^2$), док се промена енергетског биланса Земље због промена Сунчевог зрачења процењује на $0,05 \text{ W/m}^2$ ($0,00$ – $0,10 \text{ W/m}^2$) (IPCC, 2013; IPCC, 2014). Из тога можемо закључити да је укупна природна промена енергетског биланса Земље због промена Сунчевог зрачења и стратосферских вулканских аеросола дала веома мали допринос нето промени енергетског биланса Земље током прошлог вијека (осим кратких периода послје великих вулканских ерупција) (IPCC, 2013). Промена енергетског биланса Земље узрокована променом укупног Сунчевог зрачења чинила је само 2 % укупне промене енергетског биланса Земље у периоду 1750–2011. године (IPCC, 2014). Ипак, утицај Сунца на климу много је комплекснији, што је честа тема критичке анализе резултата IPCC. Иако мале варијације укупног Сунчевог зрачења повезане са једанаестогодишњим Сунчевим циклусом, које износе око 0,1 % ($1,3 \text{ W/m}^2$), немају знатнијег утицаја на климу, Kodera, K. et al. (2016) наводе неколико механизма који појачавају утицај Сунца на климатски систем: 1) повећање

директног утицаја укупног Сунчевог зрачења на површине океана због повратног транспорта водене паре у тропској зони Пацифика, 2) повећање утицаја услед промјена у Сунчевом спектру, посебно у ултраљубичастом дијелу спектра, што директно утиче на стратопаузу и повећање температуре и концентрације озона током Сунчевог циклуса, 3) космички зраци могу утицати на површинску температуру и кроз промјене облачности итд. Аутори такође истичу да је истраживање *Zhou, J. S. & Tung, K. K. (2010)* показало да је глобални просторни образац температуре, а не просјечна глобална температура, од кључног значаја за разумијевање утицаја Сунца на површину Земље (установили су стабилну и веома снажну везу између глобалног просторног обрасца површинске температуре мора и Сунчеве активности током више од десет Сунчевих циклуса). Много комплекснији приступ анализи утицаја Сунца на климу биће узет у обзир у моделима IPCC приликом припреме наредног извјештаја. У раду *Matthes, K. et al. (2016)* описан је скуп компоненти промјене енергетског биланса Земље узроковане промјеном укупног Сунчевог зрачења које треба да буду укључене у нови CMIP6 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 6*), а које нису биле имплементиране у раније моделе. Промјена енергетског биланса Земље узрокована промјеном Сунчевог зрачења зависи од укупног Сунчевог зрачења и Сунчевог спектралног зрачења, те F10,7 cm радио-флукса, као и утицаја честица (тј. геомагнетских индекса Ap и Kp) и стопе јонизације (њихово укључивање у климатске моделе омогућиће узимање у обзир и утицаја соларних протона, електрона и галактичких космичких зрака). Рад пружа детаљне препоруке како да се утицаји наведених компоненти инкорпорирају у климатске моделе.

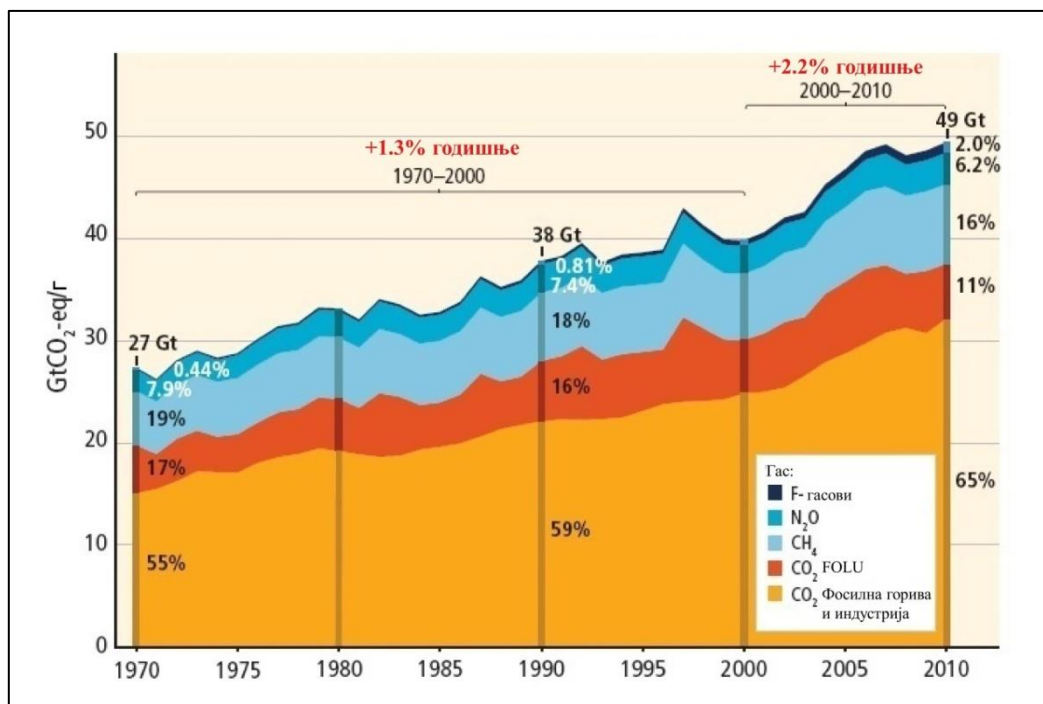
2.3. Промјене атмосферске концентрације гасова стаклене баште

Антропогене емисије гасова са ефектом стаклене баште у порасту су од преиндустријског периода, углавном због снажног технолошког и економског развоја и великог пораста броја становника на Земљи. Антропогене активности знатно су повећале концентрације угљен-диоксида (CO₂), метана (CH₄) и азот-субоксида (N₂O) у атмосфери од 1750. године (*IPCC, 2014; IPCC, 2013*).

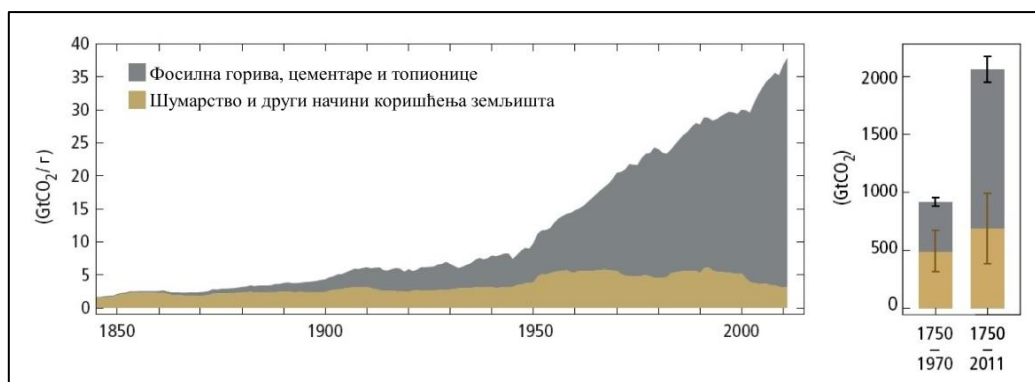


Слика I – 8: Промјена атмосферске концентрације гасова стаклене баште: угљен-диоксида CO_2 (зелено), метана CH_4 (наранџасто) и азот-субоксида N_2O (црвено) (подаци из језгра ледника – симболи и директна мјерења у атмосфери – линије) (IPCC, 2014)

У периоду 1750–2011. године концентрација CO_2 повећана је 40 %, са 278 ppm на 390,5 ppm, CH_4 150 %, са 722 ppb на 1.803 ppb, а N_2O 20 %, са 271 ppb на 324,2 ppb (Ciais, P. et al., 2013; IPCC, 2014; IPCC, 2013). Подаци добијени анализом узорака из ледничког покривача јасно показују да тренутне концентрације CO_2 , CH_4 и N_2O у атмосфери прелазе ниво икад измјерен у најмање посљедњих 800.000 година (Ciais, P. et al., 2013; IPCC, 2013). У том периоду атмосферска концентрација CO_2 варира је између 180 ppm током глацијалних и 300 ppm током интерглацијалних периода (Ciais, P. et al., 2013). За разлику од савременог наглог антропогеног повећања CO_2 , током 7.000 година прије почетка индустријализације атмосферска концентрација CO_2 показивала је веома споро повећање (са 260 ppm на 280 ppm). Просјечна стопа пораста концентрација наведених гасова током прошлог вијека прелази брзину промјене у протеклих 22.000 година (Ciais, P. et al., 2013; IPCC, 2013).



Слика I – 9: Укупна годишња антропогена емисија гасова стаклене баите у периоду 1970–2010. године (IPCC, 2014)



Слика I – 10: Годишња глобална антропогена емисија CO₂ (IPCC, 2014)

У периоду 1750–2011. године антропогена емисија CO₂ у атмосферу износила је 555 ± 85 Pg C – од тога, емисија из сагоријевања фосилних горива, производње цемента и топионица 375 ± 30 Pg C, а емисија узрокована промјенама начина коришћења земљишта (укључујући и крчење шума, пошумљавање и рефорестацију) 180 ± 80 Pg C (Ciais, P. et al., 2013; IPCC, 2013). Наведене емисије сматрају се доминантним узроком уоченог повећања атмосферске концентрације CO₂ (Ciais, P. et al., 2013). Око половине емисије од 1750. године задржано је у

атмосфери (240 ± 10 Pg C), док је остатак уклоњен из атмосфере и ускладиштен у понорима угљеника – у океанима 155 ± 30 Pg C, а у биомаси вегетације и у земљишном покривачу 160 ± 90 Pg C (Ciais, P. et al., 2013; IPCC, 2013). Емисије CO₂ из сагоријевања фосилних горива и индустријских процеса чиниле су око 78 % укупног повећања емисије гасова стаклене баште у периоду 1970–2010. године, а сличан удио доприноса имале су и у периоду 2000–2010. године (IPCC, 2014b). Треба истакнути да се око половине од 2.040 ± 310 Gt CO₂ кумулативних антропогених емисија у атмосферу између 1750. и 2011. године догодило у посљедњих 40 година (IPCC, 2014). Од 1970. године, кумулативна емисија CO₂ из сагоријевања фосилних горива, производње цемента и топионица се утростручила, а из шумарства и других начина коришћења земљишта повећала се око 40 % (IPCC, 2014). Нови подаци *Global Carbon Project* објављени у часопису *Earth System Science Data* (Le Quéré, C. et al., 2016) показују да глобална емисија CO₂ већ трећу годину заредом стагнира – глобална емисија угљеника из сагоријевања фосилних горива порасла је само 0,7 % у 2014. години, емисија није расла у 2015. години, док је у 2016. години порасла незнатних 0,2 %. Наведени подаци показују да долази до прекида брзог годишњег пораста емисије од 2,3 %, који је био присутан у овој у деценији до 2013. године. Раст емисије био је мањи од 1 % упркос расту БДП-а од преко 3 % (Le Quéré, C. et al., 2016). Главним разлогом смањивања пораста емисије током наведене три године сматра се смањено коришћење угља у Кини (Le Quéré, C. et al., 2016).

Од 1750. до 1970. године кумулативна емисија CO₂ из сагоријевања фосилних горива, производње цемента и топионица порасла је на 420 ± 35 Gt CO₂, а до 2010. године та се вриједност утростручила (1.300 ± 110 Gt CO₂). Кумулативна емисија CO₂ из сектора шумарства и других начина коришћења земљишта порасла је од 1750. године на 490 ± 180 Gt CO₂ у 1970. години, а до 2010. године на 680 ± 300 Gt CO₂ (IPCC, 2014b), с тим да је највеће апсолутно повећање забиљежено између 2000. и 2010. године (IPCC, 2014). У периоду 2002–2011. године концентрација CO₂ повећавала се по највећој декадној стопи промјене ($2,0 \pm 0,1$ ppm годишње) од 1958. године, када су почела директна мјерења атмосферских концентрација гасова стаклене баште (Ciais, P. et al., 2013; IPCC, 2014). Глобално, величина понора CO₂ у земљишту и океанима приближно је слиједила стопу раста у

атмосфери, апсорбујући сваке године просјечно 55 % укупних антропогених емисија (Ciais, P. et al., 2013). Просјечна годишња емисија из шумарства и других начина коришћења земљишта у периоду 2002–2011. године износила је $3,3 \pm 2,9$ Gt CO₂ годишње, а из сагоријевања фосилних горива и производње цемента $8,3$ (7,6–9,0) Gt CO₂ годишње (IPCC, 2014; IPCC, 2013).

Годишње емисије гасова стаклене баште расле су у просјеку за 1,0 Gt еквивалента CO₂ (2,2 %) годишње у периоду 2000–2010. године, у односу на 0,4 Gt еквивалента CO₂ (1,3 %) годишње у периоду 1970–2000. године, упркос све већем броју политика митигације и адаптације на климатске промјене (IPCC, 2014). Укупна антропогена емисија гасова стаклене баште у периоду 2000–2010. године била је највиша у историји и достигла је $49 (\pm 4,5)$ Gt еквивалента CO₂ годишње у 2010. години (IPCC, 2014). У наведеном периоду укупна годишња антропогена емисија гасова стаклене баште порасла је за око 10 Gt еквивалента CO₂. Пораст је највише узрокован емисијама из дјелатности као што су: енергетика (47 %), индустрија (30 %), саобраћај (11 %) и грађевинарство (3 %) (IPCC, 2014). Од 2000. године расле су емисије гасова стаклене баште у свим секторима, осим у сектору шумарства, пољопривреде и других начина коришћења земљишта (IPCC, 2014b).

Годишња стопа раста атмосферског CO₂ измјерена на опсерваторији Мауна Лоа на Хавајима, којом управља Национална управа за океане и атмосферу САД (*National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA*), током 2015. године износила је 3,05 ppm, што је највећи годишњи пораст у 56 година истраживања – 2015. година је четврта узастопна година са порастом концентрације CO₂ већим од 2 ppm (NOAA, 2016a). У 2016. години концентрација је први пут премашила 400 ppm – у фебруару је просјечна глобална атмосферска концентрација CO₂ износила 402,59 ppm (NOAA, 2016a). Концентрација CO₂ биљежила је изненађујуће велики пораст у првој половини 2016. године – концентрација је до јуна порасла на готово 407 ppm, што је 4 ppm већа концентрација него у јуну претходне године (WMO, 2016b). Овако велики пораст концентрације дјелимично је узрокован присутним Ел Нињом (и претходни највећи пораст такође је забиљежен у години са јаким Ел Нињом – у 1998. години) (NOAA, 2016a). Ипак, континуиране високе стопе емисије гасова стаклене баште у основи условљавају рекордне стопе пораста концентрације посљедњих година (NOAA, 2016a).

У Босни и Херцеговини емисија CO_2 у 1990. години износила је 34,04 Мт еквивалента CO_2 , од чега је производња енергије (укључујући и гориво за транспорт) узроковала емисију 26,5 Мт еквивалента CO_2 (Радусин, С. *et al.*, 2013а). Емисија из сектора енергетике знатно је смањена током ратног периода 1992–1995. године, па је у 2001. години износила 12,03 Мт еквивалента CO_2 . Ипак, до 2009. године поново је порасла, готово на ниво из 1990. године – на 22,2 Мт (Радусин, С. *et al.*, 2013а). Емисије из других сектора више су него преполовљене у периоду 1990–2001. године, првенствено због смањења емисија из сектора индустрије за више од 80 % и из сектора пољопривреде за 50 %. Иако су стопе емисије у 2008. години готово достигле ниво по глави становника из 1990. године (5,18 t еквивалента CO_2 по глави становника годишње), и даље су међу најнижим у Европи (Радусин, С. *et al.*, 2013а).

Послије готово деценије стабилне концентрације CH_4 још од касних 1990-их година, атмосферска мјерења показују поновни раст од 2007. године (Ciais, P. *et al.*, 2013; IPCC, 2014). Просјечна годишња емисија CH_4 у периоду 2000–2009. године износила је: 177–284 Tg из природних мочварних екосистема, 187–224 Tg из пољопривреде (узгој пиринча и животиње) и сектора отпада, 85–105 Tg из сагоријевања фосилних горива, 61–200 Tg из других природних емисија и 32–39 Tg из сагоријевања биомасе и биогорива (Ciais, P. *et al.*, 2013). Антропогена емисија чинила је 50–65 % укупне емисије CH_4 (Ciais, P. *et al.*, 2013). Флукуације емисија CH_4 из природних мочвара узроковане климатским факторима сматрају се главним покретачем глобалне међугодишње варијабилности емисије метана, а мањи допринос даје и сагоријевање биомасе у годинама великих пожара (Ciais, P. *et al.*, 2013).

Током посљедње три деценије концентрација N_2O константно расте по стопи $0,73 \pm 0,03$ ppb годишње (Ciais, P. *et al.*, 2013; IPCC, 2014). Главни узрочници емисија N_2O у атмосферу јесу реакције нитрификације и денитрификације реактивног азота у земљишту и у океанима. У 2006. години, антропогена емисија N_2O износила је 6,9 (2,7–11,1) Tg N (N_2O) – од тога 1,7–4,8 Tg из примјене азотних ђубрива у пољопривреди, 0,2–1,8 Tg из употребе фосилних горива и

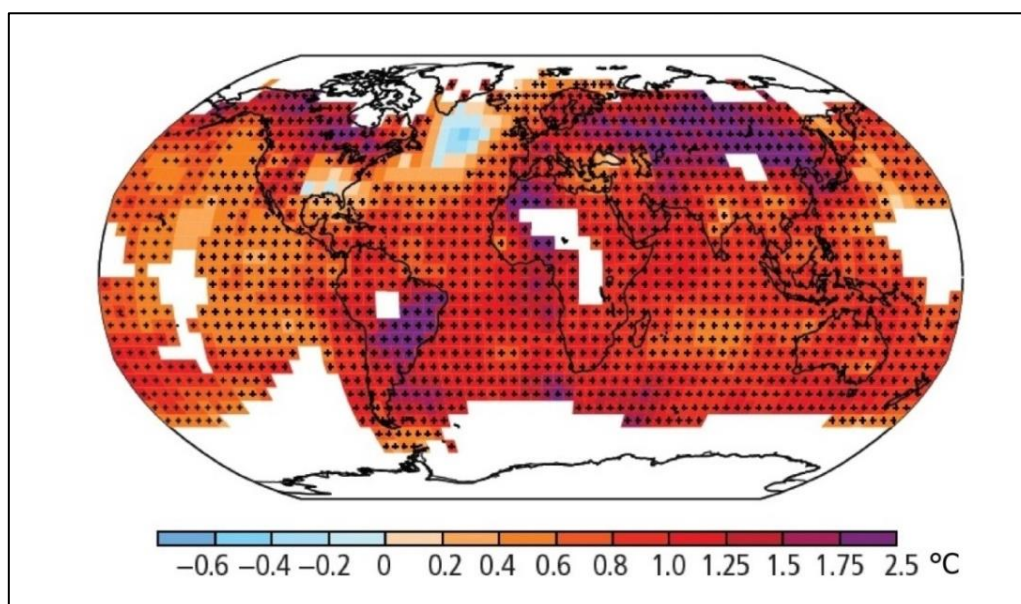
индустријских процеса, 0,2–1,0 Tg из сагоријевања биомасе (укључујући биогорива) и 0,4–1,3 Tg из емисија земљишног покривача услед акумулације атмосферског азота (Ciais, P. et al., 2013). Природна емисија N₂O из земљишта, океана, као и малих атмосферских извора износила је 5,4–19,6 Tg N (N₂O) (Ciais, P. et al., 2013). У 2010. години, антропогено стварање реактивног азота (доминантно из производње амонијака за ђубрива и индустрију, те из узгоја махунарки и сагоријевања фосилних горива) било је најмање два пута веће од стопе природног терестричког стварања (Ciais, P. et al., 2013). Поред N₂O, два важна азотна једињења која се емитују у атмосферу су NH₃ и NO_x, који утичу на тропосферски озон и аеросоле. Акумулација реактивног азота у земљишном покривачу вјероватно тренутно повећава природни понор CO₂, посебно у шумама, али величина овог ефекта варира међу регионима свијета (Ciais, P. et al., 2013).

2.4. Промјене температуре ваздуха – глобално загријавање

Глобално загријавање климатског система је неоспорно, а многе од уочених промјена у другој половини XX вијека нису забиљежене посљедњих деценија и вијекова – атмосфера и океани су се загријали, количине снијега и леда су смањене, а ниво мора је порастао (IPCC, 2014). Према Међувладином панелу за климатске промјене, веома је вјероватно да је више од половине осмотреног повећања просјечне глобалне температуре у периоду 1951–2010. године узроковано антропогеним повећањем концентрација гасова стаклене баште и другим антропогеним факторима (IPCC, 2014).

Глобална средња температура ваздуха на површини Земље порасла је од краја XIX вијека. Од тада до данас готово читава планета Земља захваћена је процесом загријавања (IPCC, 2014). Просјечна глобална површинска температура копна и океана порасла је у периоду 1880–2012. године за 0,85 °C (0,65 °C–1,06 °C) (Hartmann, D. L. et al., 2013). Укупно повећање температуре између периода 1850–1900. године и 2003–2012. године износило је 0,78 °C (0,72 °C–0,85 °C), а између периода 1850–1900. године и 1986–2005. године 0,61 °C (0,55 °C–0,67 °C) (Hartmann, D. L. et al., 2013; IPCC, 2014). Глобална годишња температура расла је

по просјечној стопи од $0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији од 1880. године, односно по просјечној стопи од $0,17\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији од 1970. године (NOAA, 2016b). Климатски систем на Земљи загријан је током посљедњих стотину година за око $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, а у том периоду забиљежена су два главна периода загријавања – између 1910. и 1945. године и од 1976. године до данас, с тим да је стопа загријавања у другом периоду двоструко већа и, самим тим, већа него у било ком другом периоду у посљедњих 1.000 година (Walther, G. R. et al., 2002). Стопа загријавања у посљедњих 50 година готово је двоструко већа од оне у посљедњих 100 година ($0,13 \pm 0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији напрема $0,07 \pm 0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији) (Trenberth, K. E. et al., 2007).



Слика I – 11: Промјена температуре ваздуха у свијету у периоду 1901–2012. године (IPCC, 2014)

Период 1983–2012. године врло вјероватно најтоплији је тридесетогодишњи период у посљедњих 800 година на сјеверној хемисфери, а вјероватно и најтоплији тридесетогодишњи период у посљедњих 1.400 година (IPCC, 2014). Протекле три деценије најтоплије су од када постоје инструментална мјерења – с тим да је свака била сукцесивно топлија од претходне, па је прва деценија XXI вијека била најтоплија још од 1850. године (Hartmann, D. L. et al., 2013; IPCC, 2014). Готово све године од 1990. године спадају међу глобално најтоплије –

шеснаест од седамнаест најтоплијих година од када постоје инструментална мјерења забиљежене су у овом вијеку – 2016. година била је најтоплија, а пентада 2011–2015. године представља најтоплији петогодишњи период од када постоје мјерења (WMO, 2016a; NOAA, 2016b; NOAA, 2017). Свих 16 година у XXI вијеку налази се међу седамнаест најтоплијих година (1998. година тренутно је осма најтоплија), с тим да је пет најтоплијих година забиљежено након 2010. године (NOAA, 2017).

Табела I – 1: Глобално најтоплије године у периоду инструменталних мјерења (1880–2015) (NOAA, 2016b; NOAA, 2017)

Ранг	Година	Одступање t (°C)	Ранг	Година	Одступање t (°C)
1.	2016.	0,94	10.	2003.	0,61
2.	2015.	0,90	10.	2006.	0,61
3.	2014.	0,74	10.	2007.	0,61
4.	2010.	0,70	11.	2002.	0,60
5.	2013.	0,66	12.	2004.	0,57
6.	2005.	0,65	12.	2011.	0,57
7.	2009.	0,64	13.	2001.	0,54
8.	1998.	0,63	13.	2008.	0,54
9.	2012.	0,62			

Просјечна глобална температура у 2015. години била је $0,76 \pm 0,1$ °C изнад просјечне температуре у стандардном климатолошком периоду 1961–1990. године – по први пут је била за више од 1 °C изнад температуре у преиндустријском периоду (WMO, 2016a). Просјечна глобална површинска температура копна и океана у 2015. години била је 0,90 °C виша од просјечне у XX вијеку (13,9 °C) (NOAA, 2016b). Десет мјесеци 2015. године било је рекордно топло за одговарајући мјесец (јануар је био други најтоплији јануар, а април трећи најтоплији април) (NOAA, 2016b). Овако висока температура у 2015. години, која је превазишла све дотадашње рекорде, последица је заједничког дјеловања изузетно снажног Ел Ниња и глобалног загријавања изазваног појачаним ефектом стаклене баште (WMO, 2016a). Снажан Ел Нињо развијен у 2015. години, један од

најмоћнијих икад забиљежених, допринио је рекордно високим глобалним температурама и у првој половини 2016. године (његов утицај ослабио је у мају) (*WMO, 2016b*). Просјечна температура првих шест мјесеци 2016. године била је 1,3 °C виша од просјечне у преиндустријском периоду (крајем XIX вијека) и 1,05 °C виша од просјека XX вијека (надмашила је претходни рекорд постављен у 2015. години за 0,02 °C) (*WMO, 2016b*). Сваки мјесец био је рекордно топао у 137 година мјерења (од 1880. године). Према подацима NOAA просјечна глобална површинска температура копна и океана у свим мјесецима прве половине 2016. године била је виша од просјека одговарајућег мјесеца у XX вијеку: у јануару за 1,04 °C, фебруару 1,21 °C, марту 1,22 °C, априлу 1,10 °C, мају 0,87 °C, а у јуну за 0,90 °C (*NOAA, 2016c*). Јуни 2016. године представља четрнаести узастопни мјесец са рекордном глобалном температуром копна и океана, а такође и 378. мјесец заредом са температуром изнад просјека XX вијека (последњи мјесец са температуром испод просјека био је децембар 1984. године) (*WMO, 2016b*). Низ рекордних мјесечних температура настављен је и у јулу и августу с просјечном глобалном температуром 0,87 °C и 0,92 °C вишом од просјека у XX вијеку (то су били петнаести и шеснаести узастопни мјесеци са рекордном глобалном температуром копна и океана) (*NOAA, 2016c; NOAA, 2016d*). С обзиром на то да су у осам мјесеци (од јануара до августа) 2016. године забиљежене рекордно високе мјесечне температуре, и да су остали мјесеци били међу пет најтоплијих, 2016. година била је најтоплија година у 137 година мјерења (*NOAA, 2017*). Просјечна глобална површинска температура копна и океана у 2016. години била је 0,94 °C виша од просјечне у XX вијеку (превазишла претходно рекордно топлу 2015. годину за 0,04 °C) (*NOAA, 2017*). Треба истакнути да је ово била трећа година заредом са постављеним новим рекордом глобалне годишње температуре ваздуха. Тиме је такође пети пут у XXI вијеку постављен нови рекорд глобалне годишње површинске температуре копна и океана (након 2005, 2010, 2014. и 2015. године) (*NOAA, 2017*). Година 2016. такође представља 40. годину заредом (од 1977. године) са годишњом температуром изнад просјечне у XX вијеку (*NOAA, 2017*).

Сателитска мјерења температуре која се односе на првих 8 km тропосфере и покривају практично цијелу планету показују мањи пораст од температуре у приземном слоју. Према подацима сателитских мјерења (http://vortex.nsstc.uah.edu/data/msu/v6.0beta/tlt/tltglhnam_6.0beta5.txt и ftp://ftp.ssmi.com/msu/monthly_time_series/rss_monthly_msu_amsu_channel_tlt_anomalies_land_and_ocean_v03_3.txt), не постоји статистички значајно загријавање од октобра 1993. године, односно јула 1994. године.

Према подацима NOAA, глобално најтоплије године 2015. и 2016. биле су друга и трећа најтоплија година у Европи, након рекордно топле 2014. године (NOAA, 2017). Температура ваздуха у већем дијелу Европе такође је порасла током двадесетог вијека (Kovats, R. S. et al., 2014) – стопа пораста је била највиша у посљедњој четвртини вијека. Просјечна температура ваздуха у Европи у периоду 2002–2011. године била је $1,3 \pm 0,11$ °C виша од просјечне у периоду 1850–1899. године (Kovats, R. S. et al., 2014). Ипак, загријавање се одвијало по различитим стопама, како регионално тако и сезонски. Од 1980-их година, загријавање је највеће у високим географским ширинама, у сјеверној Европи (у Скандинавији), посебно у зимском периоду, док је на Пиринејском полуострву загријавање највеће у сезони љето (Kovats, R. S. et al., 2014).

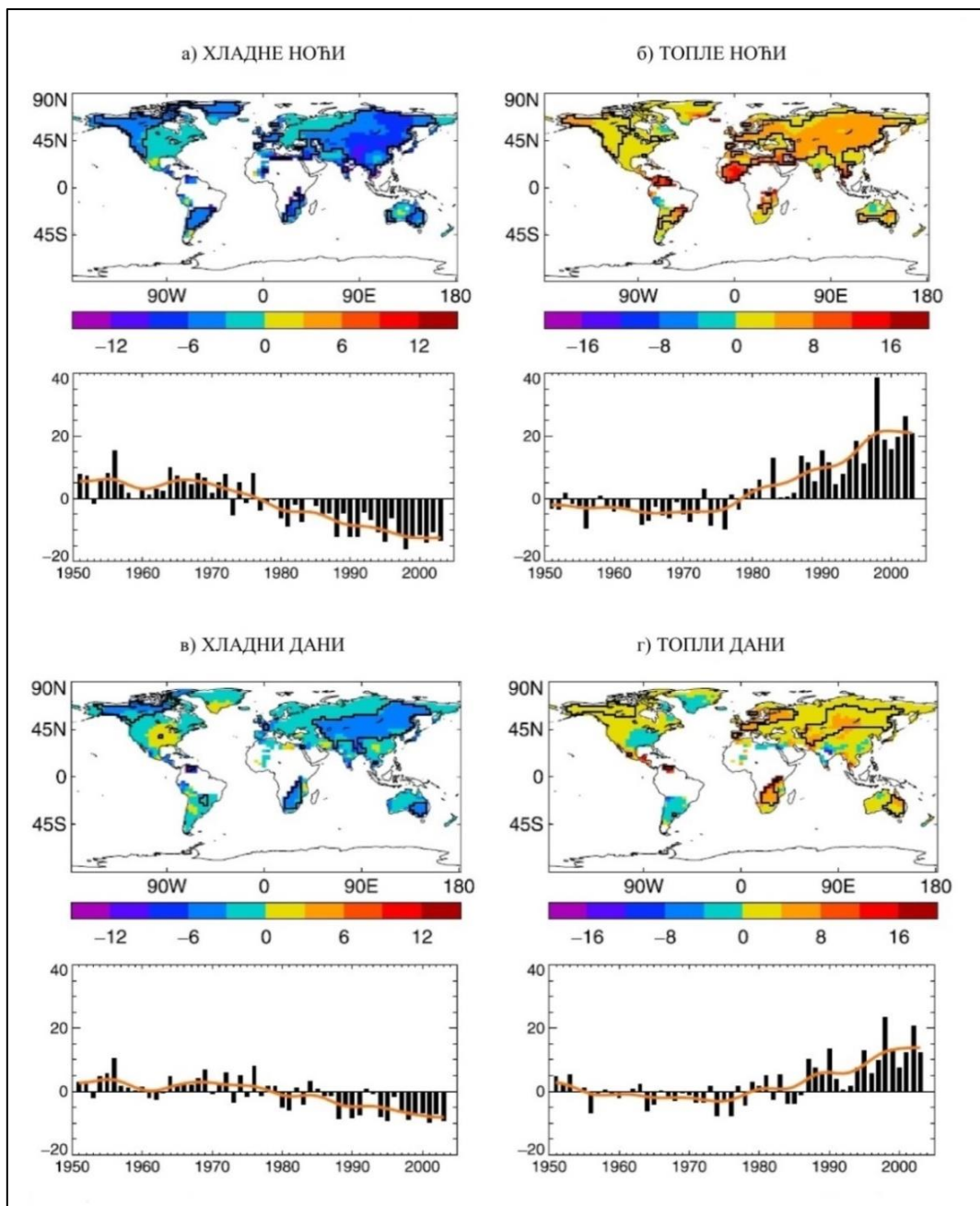
Усљед загријавања климатског система, осим позитивних трендова средњих температура ваздуха уочене су промјене екстремних температура ваздуха. Анализа глобалних трендова екстремних температура коју су извршили Alexander, L. V. et al. (2006) показује да готово сви температурни индекси показују значајне промјене у другој половини XX вијека (1951–2003). Екстремне минималне температуре расле су по већим стопама него екстремне максималне температуре – најнижа дневна минимална температура порасла је у наведеном периоду за готово 5 °C, што представља највећу промјену апсолутних температура (највеће повећање забиљежено је управо у Евроазији). Највиша минимална температура, најнижа максимална температура и највиша максимална температура такође су у порасту у другој половини XX вијека, али је разлика између периода 1951–1978. и 1979–2003. године мање изражена. У периоду 1901–2003. године на 60 %

анализираних станица у свијету забиљежен је значајан пораст најниже дневне минималне температуре, а на преко 50 % станица значајан пораст највише дневне минималне температуре (Alexander, L. V. et al., 2006). Пораст екстрема минималне температуре очигледан је у свим годишњим сезонама, иако су промјене у периоду децембар–мај генерално израженије, док су најмање промјене забиљежене у сезони јесен (Alexander, L. V. et al., 2006). Максималне температуре показују сличан образац промјене, иако је пораст у свим годишњим сезонама много мањи. Анализа резултата по годишњим сезонама показују да су скоро све промјене екстремних температура у периоду 1951–2003. године значајне, осим промјене највише дневне максималне температуре у сезонама зима и љето (Alexander, L. V. et al., 2006).

На глобалном нивоу примијећено је смањење броја неуобичајено хладних дана и ноћи, као и повећање броја неуобичајено топлих дана и ноћи – у већини подручја свијета присутан је тренд према топлијим и чешћим топлим данима и топлим ноћима и тренд према рјеђим и мање хладним хладним данима и хладним ноћима (Seneviratne, S. I. et al., 2012; IPCC, 2014). Резултати истраживања Alexander, L. V. et al. (2006) за три периода (1901–1950, 1951–1978. и 1979–2003. године) показују веома изражен негативан тренд појаве хладних ноћи, нарочито у посљедњем периоду. Такође, значајан је позитиван тренд појаве топлих ноћи током прошлог вијека, а посебно у посљедњих неколико деценија. На више од 75 % анализираних станица аутори су утврдили значајан пораст учесталости топлих ноћи, а на више од 50 % станица значајно смањење појаве хладних ноћи.

Промјене у броју топлих дана и хладних дана, такође, потврђују тренд загријавања климатског система, али су те промјене мање изражене него промјене топлих и хладних ноћи – подаци су показали статистички значајне промјене у том правцу на 40–50 % анализираних подручја. Повећање броја дана са екстремно високим температурама и смањење броја дана са екстремно ниским температурама утврђено је у 70–75 % региона (Trenberth, K. E. et al., 2007). Наведени трендови нарочито су изражени од 1970-их година, од када долази до константног смањења учесталости појаве хладних ноћи и хладних дана и

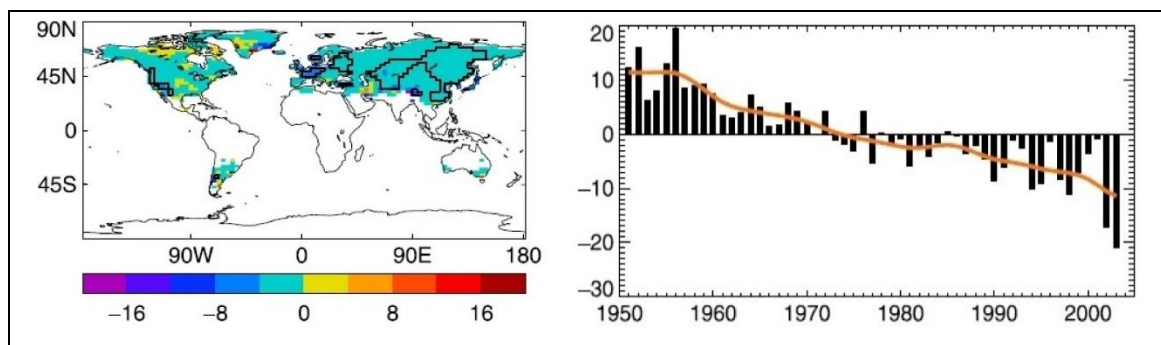
повећавања учесталости појаве топлих ноћи и топлих дана (Alexander, L. V. et al., 2006). Свака година од 1983. године била је изнад дугогодишњег просјека годишње појаве топлих ноћи, а свака година од 1980. године испод дугогодишњег просјека годишње појаве хладних ноћи (Alexander, L. V. et al., 2006).



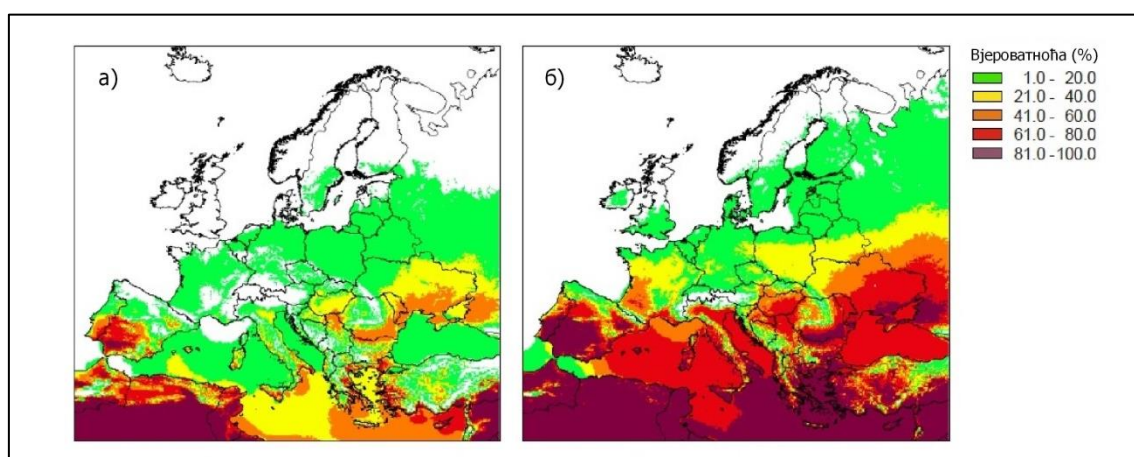
Слика 1–12: Глобални трендови топлих и хладних дана и ноћи у XX вијеку (број дана по деценији приказано на карти и годишња одступања у односу на просјек у периоду 1961–1990. године приказано на графикану) (Alexander, L. V. et al., 2006)

Уочени глобални трендови присутни су и на европском континенту – од 1950. године екстремни високих температура (љетни дани, тропски дани, тропске ноћи и топли таласи) постали су учесталији, а екстремни ниских температура (хладни таласи, мразни дани и ледени дани) рјеђи (Kovats, R. S. et al., 2014). Анализу трендова екстремних температура у Европи у другој половини XX вијека (1946–1999) извршили су Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P. (2003), који су утврдили да изражен тренд загријавања у периоду 1976–1999. године (0,43 °C по деценији у поређењу са 0,11 °C по деценији за цијели анализирани период 1946–1999. године) има за резултат и израженије трендове раста екстремних температура (четири индекса екстремних температура заснованих на перцентилима) у посљедњој четвртини XX вијека. Трендови годишње појаве хладних ноћи и топлих ноћи, као и хладних дана и топлих дана указују на тренд загријавања у Европи у другој половини XX вијека. Израженост и просторна кохерентност трендова већа је за хладне ноћи и топле ноћи него за хладне дане и топле дане. Позитивни трендови појаве хладних ноћи, топлих ноћи и топлих дана у периоду 1976–1999. године статистички су значајни ($p < 0,05$). Позитиван тренд од 11,3 дана по деценији довео је до готово удвостручавања годишњег броја топлих ноћи са 36 у 1976. години на 63 у 1999. години (што је смањило повратни период њиховог јављања са 10 на 6 дана) (Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P., 2003).

Смањење броја мразних дана у XX вијеку забиљежено је у већем дијелу свијета, па и у бројним подручјима у средњим географским ширинама сјеверне хемисфере (Trenberth, K. E. et al., 2007). Тренд смањења броја мразних дана уочен је и у Европи у другој половини XX вијека, као и тренд пораста броја љетњих дана. Негативан тренд годишњег броја мразних дана значајан је ($p < 0,05$) на готово половини анализираних станица у Европи, а позитиван тренд годишњег броја љетњих дана на петини анализираних станица (Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P., 2003). Тренд просјечног годишњег броја мразних дана износи -1,7 по деценији, а љетњих дана +0,8 по деценији. Према томе, у 1999. години било је просјечно 9,2 мразна дана мање и 4,3 љетња дана више него у 1946. години (Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P., 2003).



Слика I – 13: Глобални тренд годишњег броја мразних дана у XX вијеку (број дана по деценији приказано на карти и годишња одступања у односу на просјек у периоду 1961–1990. године приказано на графикану) (Alexander, L. V. et al., 2006)

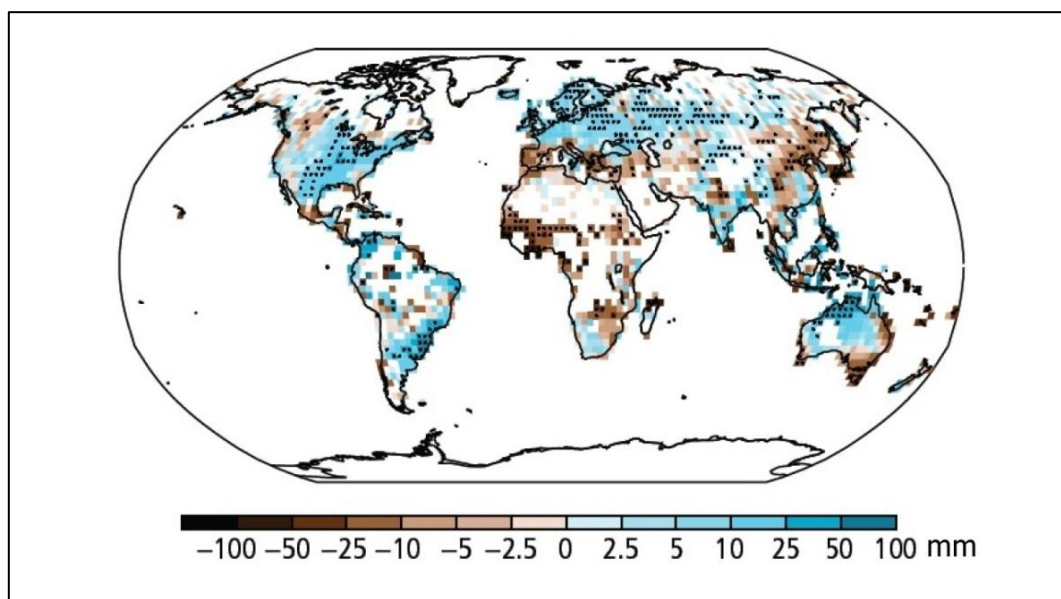


Слика I – 14: Вјероватноћа појаве љетних дана у Европи у контролном периоду (а) и према сценарију климатских промјена (б) (Dankers, R. & Hiederer, R., 2008)

2.5. Промјене режима падавина

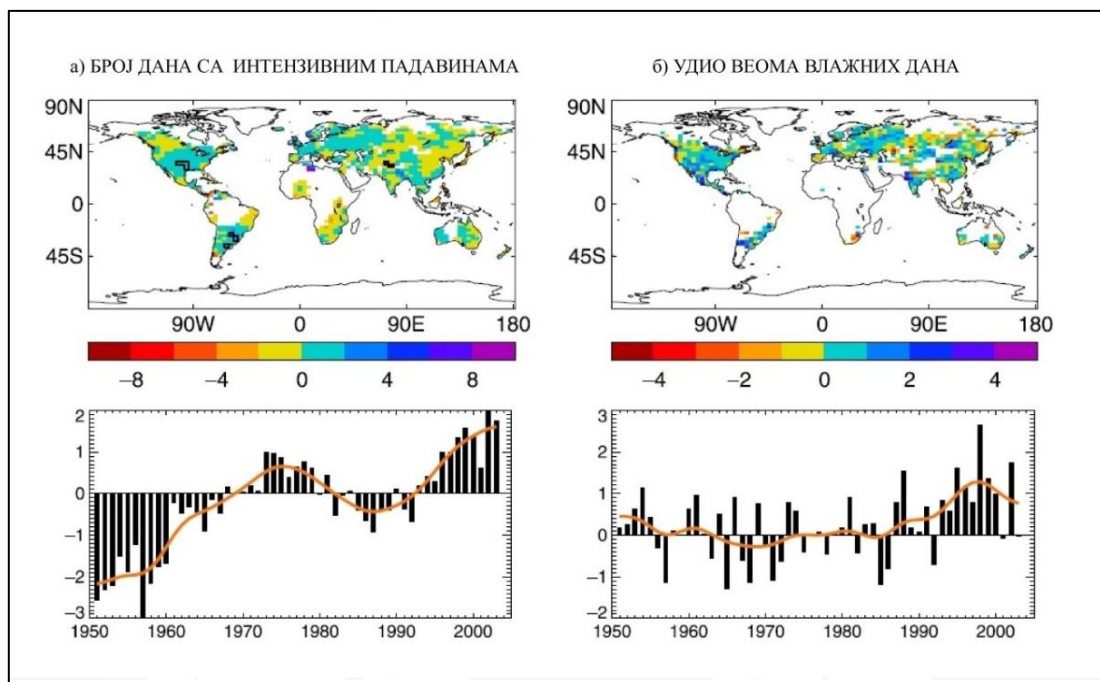
У средњим географским ширинама сјеверне хемисфере просјечна количина падавина повећана је од 1901. године (ипак уочени тренд постаје израженији тек након 1951. године) (IPCC, 2014). Иако различити параметри падавина показују тенденцију ка влажнијим условима, тј. ка њиховом повећању, које је у неким подручјима свијета и статистички значајно, мало је трендова који су значајни на глобалном нивоу (Alexander, L. V. et al., 2006). Ипак, аутори су истраживањима утврдили значајно повећање годишње количине падавина на више од 20 % станица у свијету – генерално, просјечна количина падавина повећана је током

XX вијека у подручјима сјеверно од 30° с. г. ш., док у тропским подручјима од 1970-их година доминирају негативни трендови (Trenberth, K. E. et al., 2007). Трендови падавина у Европи варирају регионално и сезонски – од 1950. године годишња количина падавина порасла је на сјеверу континента (до 70 mm по деценији), а смањена у дијеловима јужне Европе (Kovats, R. S. et al., 2014).



Слика I – 15: Промјена годишње количине падавина у свијету у периоду 1951–2010. године (IPCC, 2014)

Осмотрена све већа вјероватноћа појаве интензивних падавинских догађаја ($> 90.$ и $> 99.$ перцентила) у готово половини свијета, указује да су промјене екстремних падавина веће од промјена средњих количина падавина у многим подручјима (Trenberth, K. E. et al., 2007). Удио веома влажних дана ($> 95.$ перцентила) у укупној годишњој количини падавина већи је посљедњих неколико деценија него у претходном периоду (Trenberth, K. E. et al., 2007). У периоду 1961–1990. године повећан је удио $> 95.$ перцентила у укупној годишњој количини падавина, а број дана са падавинама $\geq 10,0$ mm показује кохерентне обрасце позитивне промјене у дијеловима Европе, Русији, САД, јужној Африци и већем дијелу Аустралије (Frich, P. et al., 2002). Ипак, промјене екстремних падавина много су мање кохерентне него што је то случај са промјенама температуре (Alexander, L. V. et al., 2006).



Слика I – 16: Глобални трендови екстремних падавина у XX вијеку (број дана са интензивним падавинама по деценији (а) и удио веома влажних дана (б) приказано на карти и њихова годишња одступања у односу на просјек у периоду 1961–1990. године приказано на графикаону) (Alexander, L. V. et al., 2006)

Индекси екстремних падавина у Европи у другој половини XX вијека показују позитивне трендове, иако је просторна кохерентност трендова мала (Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P., 2003). Број екстремних падавинских догађаја (на примјер, > 95. перцентила) у наведеном периоду вјероватно је порастао у многим регионима, чак и у онима у којима је дошло до смањења укупне количине падавина, што је у складу са глобалним трендом загријавања и примијећеним значајним повећањем количине водене паре у атмосфери (Trenberth, K. E. et al., 2007; Seneviratne, S. I. et al., 2012). На већини метеоролошких станица у Европи уочен је јасан позитиван тренд броја умјерено влажних дана (> 75. перцентила) и веома влажних дана (> 95. перцентила) у другој половини XX вијека (Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P., 2003). Позитиван тренд најчешће је присутан на станицама гдје се и годишња количина падавина повећава. Обрнуто, негативан тренд углавном се јавља у областима гдје је присутно њихово смањење. Индекси екстремних падавина показују много мању просторну кохерентност него индекси екстремних температура, јер се чак и на малим удаљеностима (≈ 500 km) могу пронаћи

позитивни и негативни трендови екстремних падавина. Релативни пораст екстремних падавина већи је од раста средњих количина падавина, што доводи до већег удјела обилних падавина у укупној количини падавина (*Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P., 2003*). Посматрано по сезонама, екстремне падавине у сезони зима нарочито су порасле у средњој и западној Европи и у европском дијелу Русије, док је тренд падавина у сезони љето слаб и просторно некохерентан (*Seneviratne, S. I. et al., 2012*).

Према пројекцијама климатских промјена, интензитет падавина као и учесталост јављања екстремних падавина и даље ће се повећавати. То је посебно важно са аспекта заштите биљног свијета, јер је утицај промјена екстремних падавинских догађаја на вегетацију и еко-системе много већи од утицаја промјене њихових средњих вриједности (*Kreyling, J. et al., 2008*). Дуготрајне обилне кише и суша утичу на биљни свијет модификацијом садржаја влаге у земљишту (*Kreyling, J. et al., 2008*). Недостатак воде у земљишту доводи до смањења његовог водног потенцијала, што може узроковати стрес код биљака усљед недостатка воде, док насупрот томе вишак воде у земљишним порама узрокује дефицит кисеоника и ствара средину у земљишту која је неповољна са аспекта доступности хранљивих материја, а може изазвати и знатно одумирање коријена. Оба механизма могу довести до смањења продуктивности или чак увенућа биљака ако пређу одређене границе. Велике суше и јаке пљусковите кише изазивају фенолошке промјене код биљака као постепено загријавање током једне деценије (*Jentsch, A. et al., 2009*). Резултати истраживања *Jentsch, A. et al. (2009)* током два вегетациона периода у експерименталном окружењу показали су да су симулирани стогодишњи екстремни временски догађаји у средњој Европи узроковали фенолошке промјене десет врста трава и вријеса – 32 дана суше убрзали су датум цвјетања за 4 дана, а дужина трајања наведене фазе продужена је за 4 дана, док велике кише (170 mm у трајању 14 дана) нису имале значајан утицај на средњи датум цвјетања, али су смањиле дужину трајања наведене фенофазе за неколико дана. Прекомјерно влажне године могу изазвати пад приноса биљних култура због задржавања стагнирајуће воде и повећане заражености штеточинама. Интензивне пљусковите падавине могу оштетити младе биљке и изазвати ерозију земљишта. Ипак, већа

количина падавина, али не и прекомјерна, током вегетационог периода може повећати приносе.

2.6. Промјене екстремних временских или климатских догађаја

Климатски екстреми (екстремни временски или климатски догађаји) дефинишу се као „појаве вриједности временске или климатске варијабле изнад (или испод) одређеног прага близу горње (или доње) границе распона осматраних вриједности дате варијабле“ (*Lavell, A. et al., 2012; IPCC, 2012*). Радна група за екстремне догађаје мреже Дугорочних еколошких истраживања (*Long Term Ecological Research – LTER*) користи сљедећу дефиницију: „екстремни климатски догађаји су статистички ријетки у фреквенцији, величини и/или трајању за дати климатски параметар или за комбинацију параметара у одређеном еко-систему“ (*Dankers, R. & Hiederer, R., 2008*). Уз претпоставку постојања „стандардног“ стања, екстремни временски или климатски догађај Међувладин панел за климатске промјене дефинише као „догађај који је риједак у референтној статистичкој дистрибуцији на одређеном мјесту“ (*Dankers, R. & Hiederer, R., 2008*). Иако дефиниције појма „ријетко“ варирају, екстремни временски догађај треба да буде рјеђи од 10. или 90. перцентила (*Dankers, R. & Hiederer, R., 2008*).

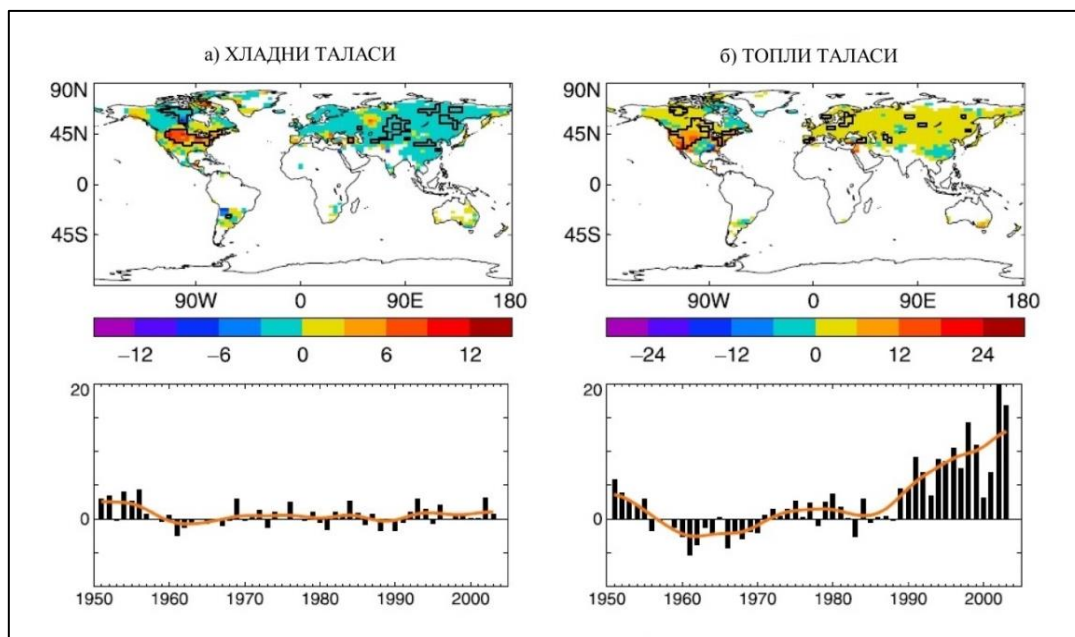
Климатске екстреме можемо сврстати у двије велике групе: (1) екстреме засноване на једноставној климатској статистици, који укључују екстреме као што су врло ниске или врло високе дневне температуре ваздуха или велике количине дневних или мјесечних падавина, који се јављају сваке године и (2) сложеније екстремне догађаје, као што су: суша, поплава, топли таласи, урагани и др., који се не морају јавити сваке године на датом подручју (*Easterling, D. R. et al., 2000*). Глобални трендови екстремних температура и падавина већ су анализирани у претходним поглављима, те ће овдје бити ријечи само о сложеним екстремним догађајима.

Анализе климатских промјена показују да долази до промјене фреквенције, интензитета, просторног распрострањења или трајања временских и климатских екстремних догађаја – првенствено климатских и хидрометеоролошких догађаја

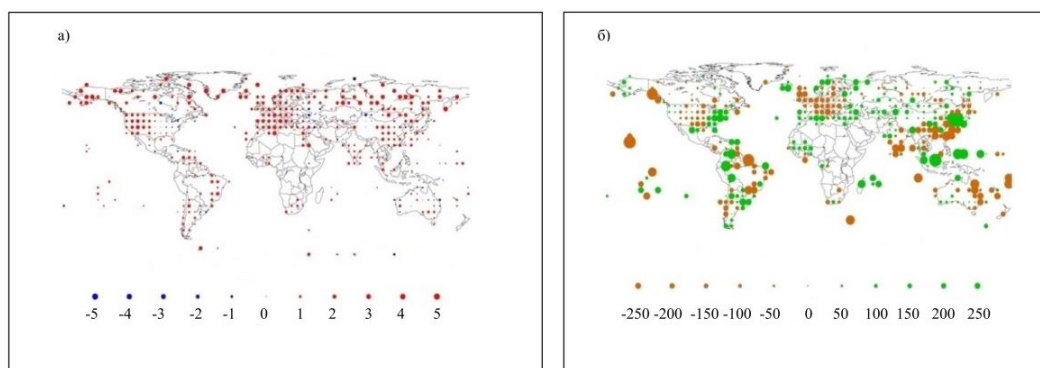
као што су: топли таласи, догађаји интензивних падавина, суше и тропски циклони (IPCC, 2014). Такве промјене имају за последицу повећање рањивости, као и повећање стреса за еко-системе у многим подручјима свијета (Lavell, A. et al., 2012).

С обзиром на то да су екстремни догађаји ријетки, на располагању нам је мало података на основу којих бисмо закључивали о дугорочним промјенама њихове учесталости и интензитета (IPCC, 2012). Ипак, истраживања су показала да су неки екстремни догађаји од 1950. године постали интензивнији и учесталији, првенствено као резултат повећања атмосферске концентрације гасова стаклене баште и глобалног загријавања (Bindoff, N. L. et al., 2013; IPCC, 2012). Неке од уочених промјена екстремних догађаја су: смањење екстремно ниских температура које су постале мање ниске, пораст екстремно високих температура које су постале још више, смањење броја мразних дана у средњим географским ширинама, повећање екстремно високих нивоа мора, повећање броја интензивних падавинских догађаја у бројним подручјима свијета итд. (IPCC, 2014; Bindoff, N. L. et al., 2013).

Вјероватноћа појаве топлих таласа удвостручена је у већем дијелу Европе (у средњој и источној Европи), у Азији (у Сибиру), у централној Аустралији, на Аљасци, у Канади итд. (IPCC, 2013; IPCC, 2014; Frich, P. et al., 2002; Seneviratne, S. I. et al., 2012). Повећана учесталост и дужина трајања топлих таласа уочена је у сезони љето у већем дијелу Европе (Handmer, J. et al., 2012). Најинтензивнији топли талас у средњој и западној Европи забиљежен је у љето 2003. године, које је тада било најтоплије откад постоје инструментална мјерења (Handmer, J. et al., 2012; Seneviratne, S. I. et al., 2012). Температура ваздуха била је за 1,4 °C виша од температуре до тада најтоплије, 1807. године (Trenberth, K. E. et al., 2007; Seneviratne, S. I. et al., 2012). Екстремни топли таласи у Европи забиљежени су и 2006, 2007. и 2010. године (Seneviratne, S. I. et al., 2012). За вријеме топлих таласа 2003. и 2006. године температуре у сезони љето биле су за двије стандардне девијације више од до тада највиших мјесечних температура још од 1500. године (Seneviratne, S. I. et al., 2012).



Слика I – 17: Глобални трендови појаве хладних и топлих таласа у XX вијеку (број дана по деценији приказано на карти и годишња одступања у односу на просјек у периоду 1961–1990. године приказано на графикону) (Alexander, L. V. et al., 2006)



Слика I – 18: Аномалије температуре ваздуха (у °C) (а) и количине падавина (у mm) (б) у свијету у 2003. години (NOAA, 2004)

Топли таласи могу директно негативно утицати на еко-системе (на примјер, смањењем доступне воде и ограничавањем циклуса кружења угљеника и азота могу смањити нето размјену CO_2 у еко-систему), што може резултирати потенцијалним смањењем нето примарне производње или чак смрћу организама (Handmer, J. et al., 2012). Чешће топле године могу довести до смањивања апсорпције CO_2 у копненим еко-системима, па у условима екстремних температура шумски еко-системи могу постати нето извор угљеника (Handmer, J.

et al., 2012). Смањење бруто примарне продуктивности за 30 %, заједно са смањеним дисањем у еко-системима широм Европе током топлог таласа 2003. године резултирао је снажним нето извором CO₂ (0,5 Pg угљеника годишње) у атмосферу и обрнути ефекат четири године нето секвестрације угљеника у екосистеме (*Ciais, P. et al.*, 2005).

Очекује се да би последица смањења количине падавина и повећања испаравања услед глобалног загријавања климатског система могла бити и повећање учесталости и интензитета суша у будућности. Иако су поједине студије указале да се повећање учесталости и интензитета суша глобално већ дешава још од 1970-их година, *Sheffield, J. et al.* (2012) наводе да је глобално повећање суша прецизирано – најчешће коришћени Палмеров индекс јачине суше (*Palmer Drought Severity Index – PDSI*) представља веома поједностављен модел потенцијалног испаравања који је осјетљив само на промјене температуре, те на тај начин погрешно реагује на глобално загријавање присутно током посљедњих неколико деценија. Реалније калкулације, засноване на фундаменталним физичким принципима који узимају у обзир и промјене доступне енергије, влажности и брзине ветра, указују на то да се режим суша мало промијенио током протеклих шездесет година (*Sheffield, J. et al.*, 2012). Студија *Damberg, L. & AghaKouchak, A.* (2014), заснована на сателитским осматрањима падавина, показује да у областима у којима се јавља суша не постоји значајан тренд у протекле три деценије. Међутим, ако се хемисфере посматрају одвојено, на јужној хемисфери присутан је значајан позитиван тренд, који није примијећен на сјеверној хемисфери. Студија је ипак показала да је у неким регионима свијета, као што су југозапад Сједињених Америчких Држава, Текас, дијелови Амазона, Рог Африке, сјеверна Индија, дијелови Медитерана и др. присутан значајан тренд повећања аридности (*Damberg, L. & AghaKouchak, A.*, 2014).

Утицаји екстремних временских и климатских догађаја на биљни свијет нису одређени само њиховим интензитетом већ и физиолошком осјетљивошћу живих бића на њих, као и њиховом способношћу да их превазиђу својим понашањем, активношћу и физиологијом, те нивоом изложености утицају тих екстремних догађаја (*Handmer, J. et al.*, 2012; *IPCC*, 2012).

3. УТИЦАЈ САВРЕМЕНИХ КЛИМАТСКИХ ПРОМЈЕНА НА БИЉНИ СВИЈЕТ

Вегетациони покривач је важна компонента еко-система, јер има незамјенљиву улогу у регулисању процеса у атмосфери, педосфери и хидросфери, кроз смањење концентрација гасова стаклене баште и повећање и одржавање стабилности климе. Вегетација је кључни покретач функционисања еко-система (на примјер, његове продуктивности и стабилности) и одржавања биодиверзитета (на примјер, кроз стварање станишта за друге групе организама) (*Boulangeat, I. et al., 2014*). Вегетациони покривач има важну улогу у одвијању процеса у еко-систему као што су: водни биланс, размјена енергије, циклуси кружења хранљивих материја и угљеника. Сви наведени процеси снажно реагују на климатске промјене (*Betts, R. A. et al. 1997*. према *Yu, L. et al., 2006*).

С обзиром на то да варијабилност климе има велики утицај на биљне популације, врсте, заједнице и еко-системе, проучавања утицаја климатских промјена на природну вегетацију посљедњих година постају веома важан сегмент студија глобалних промјена у животној средини (*Zhang, J. et al., 2006; Yu, L. et al., 2006*). Главне теме интересовања стручне јавности постају распрострањење вегетације у измијењеној клими, реакција еко-система на климатске промјене и повратни утицај измијењеног вегетационог покривача на биогеохемијске циклусе у еко-систему (*Füssel, H. & van Minnen, J. G., 2001*).

Током посљедњих деценија расте забринутост због потенцијалних утицаја глобалних климатских промјена на биљне врсте и еко-системе. Снажна корелација између климатских услова и распрострањења појединих биљних врста и њихових заједница (на различитим просторним скалама) наводи на закључак да ће са промјенама климе (пораст температуре и промјене количине и режима падавина) доћи до великих промјена у саставу, структури и распрострањењу биљног свијета, како на локалном и регионалном, тако и на глобалном нивоу (*Zhang, J. et al., 2006; Golubyatnikov, L. L. & Denisenko, E. A., 2007*). Животни циклус биљака у директној је вези са условима у њиховој спољашњој средини. Промјене температуре ваздуха и падавина директно утичу на биљне врсте,

нарочито када су нагле или интензивне (Sykes, M. T., 2009). Ипак, с обзиром на то да промјене климе нису јединствене у цијелом свијету, и реакције биљних врста и популација на те промјене биће веома сложене и разнолике (Golubyatnikov, L. L. & Denisenko, E. A., 2007). Иако смо тек у раној фази пројектованог глобалног загријавања, еколошки одговори биљних врста и заједница на савремене промјене климе већ су јасно уочљиви (Walther, G. R. et al., 2002). Генерално, биљке на промјене климе могу реаговати позитивно – повећавањем стопе раста или повећавањем бројности популације и негативно – смањивањем стопе раста са могућим локалним изумирањем или распрострањањем у нова подручја са повољнијим условима станишта (Sykes, M. T., 2009).

Пошто се климатске промјене јављају полако и у интеракцији са другим факторима животне средине, тешко је процијенити како ће се одразити на биодиверзитет (Kappelle, M. et al., 1999). У поређењу са опасностима за биљни свијет које долазе од других еколошких промјена узрокованих антропогеним активностима (на примјер, промјене земљишног покривача и начина његовог коришћења, различити облици загађења, повећана концентрација гасова стаклене баште, промјене станишта, увођење алохтоних и инвазивних врста у еко-систем итд.) директни утицаји савремених климатских промјена биће спори и тешко мјерљиви, али глобални и практично неповратни, што ће у многим подручјима свијета додатно повећати притисак на животну средину биљака (Kappelle, M. et al., 1999; Root, T. L. et al., 2003).

Уочени утицаји савремених климатских колебања и промјена на биљни свијет могу се сажети у неколико категорија:

- утицај на физиологију биљака: промјене у атмосферској концентрацији CO_2 , температуре ваздуха или падавинама директно утичу на физиолошке и развојне процесе биљака, као што су: фотосинтеза, дисање, раст и др.;
- утицај на фенологију биљака: климатске промјене доводе до промјена времена одвијања појединих фенофаза у животном циклусу биљака које зависе од фактора спољашње средине;
- утицај на распрострањење (ареал) биљака: врсте се премјештају и мигрирају према вишим географским ширинама или према вишим

надморским висинама, као реакција на помјерање климатских зона (промјене средње годишње температуре за 3 °C узрокују помјерање изотерми у умјереној зони за 300–400 km по географској ширини или за 500 m по надморској висини);

- утицај на биљне заједнице и еко-системе: климатске промјене могу узроковати промјене састава заједница и промјене биотичких интеракција међу врстама у оквиру заједнице, те промјене структуре и динамике еко-система, што се одражава на промјене у његовом функционисању (*Walther, G. R. et al., 2002; Hughes, L., 2000; Rosenzweig, C. et al., 2007; Kappelle, M. et al., 1999; Root, T. L. et al., 2003; Schröder, W. et al., 2014*).



Слика I – 19: Шематски приказ уочених утицаја савремених климатских промјена на биљни свијет (*Hughes, L., 2000; Bellard, C. et al., 2012*)

Као што је већ истакнуто, биљке могу да расту, развијају се, размножавају и опстају само у одређеном распону климатских и еколошких услова. Уколико се еколошки услови средине промијене изван граница еколошке валенце одређене врсте, врста на те промјене може реаговати на неколико начина:

- промјеном времена одвијања појединих фаза у животном циклусу, тј. промјеном фенологије;
- промјеном граница ареала (на примјер, помјерањем према половима или вишим надморским висинама) или промјеном густине индивидуа и популација у оквиру постојећег ареала;
- промјеном морфологије (на примјер, величине), размножавања или генетике;
- различитим адаптацијама на новостворене услове у животној средини;
- локалним истребљењем (екстирпацијом) или изумирањем на глобалном нивоу (*Rosenzweig, C. et al., 2007; Root, T. L. et al., 2003*).

Све је више студија које доказују да су савремене климатске промјене измијениле ареал, физиологију и сезонски циклус биљака, као и да су већ довеле до изумирања одређених врста (*Füssel, H. & van Minnen, J. G., 2001*). Код многих копнених, слатководних и морских врста примијећене су промјене ареала, сезонске активности, образаца миграција, бројности и интеракција међу врстама као реакција на савремене климатске промјене (*IPCC, 2014*). Уочене посљедице глобалног загријавања на биљни свијет током посљедњих 3–5 деценија огледају се у: ранијем одвијању фенофаза у прољеће и љето, дужем вегетационом периоду у средњим и вишим географским ширинама, повећаној продукцији на већим надморским висинама и вишим географским ширинама, смањењу бројности популација у доњим висинским и јужним латитудиналним дијеловима ареала код појединих врста, повећаној угрожености врста са веома ограниченим ареалима, која може довести до локалног изумирања итд. (*Rosenzweig, C. et al., 2007*).

Посљедице климатских промјена на биодиверзитет Европе већ се манифестују у промјенама распрострањења врста и граница еко-система, у промјенама времена одвијања животног циклуса и трајања вегетационог периода, као и у промјенама комплексних интеракција међу врстама, као што су односи предатора и плијена, опрашивање, конкуренција, болести и сл. (*Reid, H., 2006*).

С обзиром на различите трендове промјене климе и њихове разнолике манифестације на биљни свијет, и реакције биљног свијета на промијењене услове средине различите су између региона и еко-система. Тачан степен климатских

промјена довољан да покрене нагле и неповратне промјене биљног покривача и даље је неизвјестан, али ризик од преласка тог прага у еко-системима расте са глобалним загријавањем (IPCC, 2014).

3.1. Утицаји на физиологију

Пораст атмосферске концентрације CO₂ може проузроковати знатне промјене физиологије биљака. Реакције биљака на повишену концентрацију CO₂ и климатске промјене, огледају се у примарним физиолошким и молекуларним реакцијама, те у реакцијама стопе раста и размножавања (Ward, J. K. & Strain, B. R., 1999). Многобројни су експериментални докази директног утицаја обогаћивања атмосфере CO₂ на повећање стопе фотосинтезе, ефикасности коришћења воде, раста надземне и подземне биомасе биљака, те нето продуктивности еко-система (Huang, J. G. et al., 2007; Prior, S. A. et al., 2011). Ainsworth, E. A. & Long, S. P. (2005) мета-анализом података 120 рецензираних радова о утицају обогаћивања атмосфере CO₂ на физиологију и продуктивност биљака утврдили су да при повишеној концентрацији CO₂ долази до повећања усвајања угљеника у свијетлој фази фотосинтезе и дневне асимилације угљеника, те повећања раста и производње биомасе надземних органа, као и до смањења специфичне површине листа и проводљивости стома. Аутори су такође утврдили да је дрвеће много осјетљивије на повишену концентрацију CO₂ од зељастих врста биљака (Ainsworth, E. A. & Long, S. P., 2005).

3.1.1. Повећање стопе фотосинтезе

Научници сматрају да је повећана атмосферска концентрација CO₂ директно утицала на повећање интензитета фотосинтезе повећањем уноса и асимилације CO₂ (Saxe, H. et al., 1998; Huang, J. G. et al., 2007; Ceulemans, R. et al., 1999). До повећања стопе фотосинтезе долази усљед повећане доступности CO₂ за хлоропласти и смањења фотореспирације, што је резултат повећаног односа CO₂ у односу на O₂ (Ward, J. K. & Strain, B. R., 1999). Генерално, бољи раст дрвећа у условима повишене концентрације CO₂ резултат је повећања површине листа

биљке и повећања фотосинтетски активне површине листа по јединици површине листа, а вјероватно и смањења стопе дисања изданака (*Ceulemans, R. et al., 1999*). Ипак, пораст стопе фотосинтезе не значи и директно повећање раста биљака (*Saxe, H. et al., 2001*).

Истраживања су показала да се стопа фотосинтезе повећава након излагања биљака повишеној концентрацији CO_2 у трајању од неколико сати до неколико дана (*Ward, J. K. & Strain, B. R., 1999*). *Taub, D. R. et al. (2000)* доказали су да биљке у повишеној атмосферској концентрацији CO_2 повећавају толеранцију на високе температуре ваздуха за одвијање процеса фотосинтезе. Код више од половине испитиваних врста листови биљака које су расле при повишеној концентрацији CO_2 (550–1.000 $\mu\text{mol/mol}$) одржале су ефикасност транспорта електрона кроз фотосистем II на знатно вишим температурама од лишћа биљака које су расле при амбијенталној концентрацији CO_2 (~360 $\mu\text{mol/mol}$). Побољшање је установљено и код дрвенастих и код зељастих врста, као и код монокотила и код дикотила. *Faria, T. et al. (1996)* утврдили су да је способност младих садница храста плутњака (*Quercus suber*) да издрже излагање топлотном стресу од 45 °C у трајању 4 h била већа код биљака гајених у повишеној концентрацији CO_2 (700 $\mu\text{mol/mol}$) него код биљака гајених у амбијенталној концентрацији CO_2 (350 $\mu\text{mol/mol}$). *Herrick, J. D. & Thomas, R. B. (1999)* испитујући процес фотосинтезе листова у крошњи америчког ликвидамбара (*Liquidambar styraciflua*) који су изложени пуној дневној освијетљености и који се налазе у сјенци у амбијенталној и повишеној (амбијентална + 200 $\mu\text{l/l}$) атмосферској концентрацији CO_2 утврдили су да лишће које је изложено сунцу има 68 % већу масу листа по јединици површине, 63 % више азота у листовима по јединици површине листа, 27 % више хлорофила по јединици површине листа, те 77 % већу стопу свијетле фазе фотосинтезе него лишће у сјенци. Релативно повећање фотосинтезе лишћа изложеног сунцу при повишеном CO_2 било је преко два пута веће него код лишћа у сјенци – количина угљеника у листовима усвојена током дана повећана је 98 % код лишћа изложеног сунцу при повишеној концентрацији CO_2 , док је код листова у сјенци повећана 41 %.

Ипак, краткорочно мјерење стопе фотосинтезе може прецијенити потенцијалну асимилацију угљеника код биљака при дуготрајном излагању повишеној

концентрацији CO₂ (Ward, J. K. & Strain, B. R., 1999). С временом долази до аклиматизације биљака на повећану концентрацију CO₂ и смањења фотосинтетских параметара као што су максимална стопа карбоксилације и максимална стопа транспорта електрона (Kawaguchi, K. et al., 2012).

Садржај фотосинтезних пигмената обично се повећава при вишим температурама (Saxe, H. et al., 2001). Температура повећава интензитет процеса фотосинтезе до максимума у распону температура 25–40 °C и пада брзо на нулу када је рад протеина онемогућен. Биљке имају одређену способност аклиматизације на температуру током периода од неколико дана или недјеља, тако да се на тај начин температурни оптимум за одвијање процеса фотосинтезе може повећати за највише 10 °C (Saxe, H. et al., 2001). Експериментима је откривено да обогаћивање ваздуха CO₂ повећава температуру на којој биљке оптимално функционишу, чинећи их често погоднијим за успијевање у топлијем окружењу (Idso, C. D., 2012). Резултати истраживања 27 студија које су Saxe, H. et al. (2001) анализирали у свом прегледу потврђују очекивања да ће пораст температуре ваздуха повећати нето стопу асимилације CO₂ до оптимума. У 2/3 анализираних студија стопа фотосинтезе повећана је као реакција на умјерено повећање температуре ваздуха у XX вијеку. Више температуре ваздуха у умјереним ширинама, у зони четинарских и листопадних шума, могу повећати фотосинтезу дрвећа повећањем садржаја фотосинтезних пигмената, повећањем стопе свијетле фазе фотосинтезе и евентуално квантних приноса, те смањењем обима зимске инхибиције (Saxe, H. et al., 2001). Загријавање ће вјероватно смањити нето стопу фотосинтезе само у регионима гдје се фотосинтеза већ одвија на температури која је близу оптималне и/или гдје је изражен додатни стрес за биљке, на примјер, усљед недостатка воде (Saxe, H. et al., 2001). Генерално, сматра се да ће глобално загријавање до 2 °C вјероватно бити корисно за биљке, иако се може очекивати да ће врсте различито реаговати на промјене климе (Saxe, H. et al., 2001). Истраживање Gunderson, C. A. et al. (2010) о осјетљивости процеса фотосинтезе на промјене температуре и потенцијалне аклиматизације пет врста листопадног дрвећа утврдило је да дрвеће које расте у топлијим срединама има прогресивно вишу оптималну температуру за одвијање процеса фотосинтезе, с тенденцијом да са вишим оптималним температурама и нето стопа асимилација CO₂ буде виша. Прилагођавање

температурног оптимума потврђено је код свих испитиваних врста. Температурни оптимум анализираних врста износи 17 °C–34 °C, а потенцијал аклиматизације варира у распону 0,55 °C–1,07 °C по степену промјене дневне температуре. Аутори наводе да је низом ранијих истраживања утврђено да се аклиматизација и прилагођавање стопе фотосинтезе већином обавља у року 2–6 дана (*Gunderson, C. A. et al., 2010*).

3.1.2. Повећање ефикасности коришћења воде

Повишена концентрација CO₂ смањује проводљивост стома, што за резултат има смањену транспирацију и повећано чување воде (тј. већу асимилацију угљеника у односу на губитак воде са јединице површине листа) (*Ward, J. K. & Strain, B. R., 1999; Ceulemans, R. et al., 1999; Kawaguchi, K. et al., 2012*). Смањење проводљивости стома, уочено код лишћа многих врста дрвећа током прошлог вијека, последица је смањења густине стома на листовима (*Duquesnay, A. et al., 1998; Kawaguchi, K. et al., 2012*). Смањена проводљивост стома не мора увијек значити и мањи губитак и одавање воде са површине лишћа у атмосферу, јер при повишеној концентрацији CO₂ може доћи до повећања укупне лисне површине (*Kawaguchi, K. et al., 2012*).

Смањење губитака воде транспирацијом усљед затварања стома доводи до повећања односа усвојеног угљеника и губитка воде, односно повећања ефикасности коришћења воде (*Huang, J. G. et al., 2007*). Повећање ефикасности коришћења воде, дефинисане као количина произведене органске материје по јединици одавања воде транспирацијом у атмосферу, директна је последица повећаног обогаћивањем ваздуха CO₂ (*Idso, C. D., 2012*). Смањење транспирације, заједно са повећаним интензитетом фотосинтезе доприноси њеном повећању (*Prior, S. A. et al., 2011*). *Duquesnay, A. et al. (1998)* анализирајући релативне количине ¹²C и ¹³C у годовима букових стабала подигнутих у силвикултури у сјевероисточној Француској открили су да је њихова унутрашња ефикасност коришћења воде са повећањем концентрације CO₂ у атмосфери са 280 ppm на 360 ppm током претходног вијека порасла просјечно око 33 %.

Са физиолошког аспекта, повећана ефикасност коришћења воде представља једну од најзначајнијих реакција биљака на повишену концентрацију CO₂, јер им омогућава да расту у областима које су им до сада биле превише суве и врло је корисна за њихову продуктивност у условима повећане учесталости и интензитета суша у многим регионима свијета (*Prior, S. A. et al., 2011; Idso, C. D., 2012*).

3.1.3. Повећање стопе раста

Пораст атмосферске концентрације CO₂ има директан позитиван утицај на раст биљака због повећане доступности угљеника (*Huang, J. G. et al., 2007*). Пораст асимилације угљеника у листовима због обогаћивања атмосфере CO₂ значи бољи раст цијелог дрвета, што доводи до веће производње биомасе биљке (*Kawaguchi, K. et al., 2012*). Биљке са индетерминантним (неодређеним) типом раста показују веће повећање раста као одговор на повишену концентрацију CO₂ од биљака са детерминантним (одређеним) типом раста, вјероватно због разлика у способности понирања угљеника (*Ward, J. K. & Strain, B. R., 1999*). Такође, биљке често боље расту при повишеној концентрацији CO₂ када други ресурси, као што су хранљиве материје и вода, нису ограничени (*Ward, J. K. & Strain, B. R., 1999*). Довољна количина хранљивих материја често је потребна да би дошло до унапређења развоја дрвећа услед повишене концентрације CO₂ (*Yazaki, K. et al., 2005*). Низом истраживања потврђено је да повишена концентрација CO₂ под оптималним условима доводи до повећања индекса лисне површине, броја листова и грана, те утиче на начин гранања, а самим тим и на структуру и величину крошње (*Saxe, H. et al., 1998; Huang, J. G. et al., 2007*). Експерименти су обично показивали да са обогаћивањем атмосфере CO₂ долази до повећања лисне површине сјемењача и младица (*Huang, J. G. et al., 2007*). *Tissue, D. T. et al. (1997)* утврдили су пораст лисне површине бора (*Pinus taeda*) у условима повишене концентрације CO₂ током четири вегетационе сезоне за 217 %, 80 %, 58 % и 41 % у поређењу са јединкама које су расле при амбијенталној концентрацији CO₂ (*Huang, J. G. et al., 2007*). Повишена концентрација CO₂ генерално повећава биомасу стабљике (*Saxe, H. et al., 1998; Ainsworth, E. A. & Long, S. P., 2005; Huang, J. G. et al., 2007*). *Saxe,*

H. et al. (1998) navode rezultate istraživanja u kojem su četinari povećali biomasu 130 % pri izлагању повишеној концентрацији CO₂ у трајању од 338 дана, а листопадно дрвеће само 49 % за 329 дана узлагања, међутим, у дугорочним студијама пораст фотосинтезе у условима повишене концентрације CO₂ био је сличан и код четинарског (62 %) и код листопадног дрвећа (53 %).

Као резултат повећане стопе асимилације CO₂, поред повећане стопе раста биљака, код појединих врста примијењени су и промијењени обрасци расподеле биомасе у биљци (*Ceulemans, R. et al., 1999*). Биљке у свом развоју усвајају CO₂ из атмосфере и азот из земљишта, прераспоређујући их у биомасу подземних и надземних дијелова биљака, у мртве остатке и у органске материје у земљишту. С друге стране, CO₂ и други гасови стаклене баште, углавном CH₄ и N₂O, ослобађају се у атмосферу дисањем биљака, распадањем биомасе мртвих остатака и органских материја у земљишту, као и сагоријевањем (*Smith, P. et al., 2014*). Антропогено коришћење земљишта (обрадивог земљишта, шума, пашњака, мочвара и др.) и промјене начина коришћења земљишта (на примјер, претварање шумског земљишта и травњака у оранице и пашњаке, пошумљавање и др.) изазивају промјене ових природних циклуса – поменуте активности могу узроковати и емисију CO₂ (на примјер, крчење шума, исушивање тресетишта и др.) и понирање CO₂ (на примјер, пошумљавање), али и емисију других гасова стаклене баште, прије свега из сектора пољопривреде (на примјер, CH₄ из узгоја стоке и пиринча, N₂O из складиштења стајског ђубрива и спаљивања пољопривредног земљишта и биомасе) (*Smith, P. et al., 2014*).

Биљке генерално повећавају капацитет усвајања хранљивих материја у условима повишене концентрације CO₂ кроз прерасподјелу веће количине угљеника у подземне дијелове биљке, што доводи до веће густине ситних коријена и побољшане микоризне колонизације (*Ceulemans, R. et al., 1999*). Промјена образаца расподеле угљеника у биљци, доводи до промјена односа коријен : изданци, што има за резултат промјене физиологије и раста коријена (*Ceulemans, R. et al., 1999*). Недовољна доступност хранљивих материја и воде има тенденцију да повећа однос коријен : изданци као одговор на пораст концентрације CO₂, омогућавајући биљкама које расту на сиромашнијим и сувљим стаништима да

експлоатишу већу површину земљишта у циљу снабдијевања потребном количином воде и хранљивих материја (Huang, J. G. et al., 2007). Дрвеће при повишеној концентрацији CO₂ ствара више латералних примордија коријена, што доводи до повећања гранања коријена и темељније експлоатације земљишта (Ceulemans, R. et al., 1999). Способност дрвећа да повећа стопу раста као реакцију на тренд пораста концентрације CO₂ у атмосфери зависи од њихове способности усвајања хранљивих материја и воде из земљишта (Ceulemans, R. et al., 1999). Биљке генерално прерасподјелују биомасу у дијелове који су укључени у усвајање ограничавајућих ресурса, дакле, релативна ограниченост у азоту и другим хранљивим материјама у земљишту при повишеној концентрацији CO₂ повећава прерасподјелу биомасе према коријенима (Ward, J. K. & Strain, B. R., 1999). Резултати студија које су анализирали Rogers, H. H. et al. (1994) и Huang, J. G. et al. (2007) потврђују да је сува тежина биомасе коријена била већа под повишеним концентрацијама CO₂. Међутим, неколико студија није показало значајан утицај повишене концентрације CO₂ на однос коријен : изданак код дрвећа (Huang, J. G. et al., 2007). Lukac, M. et al. (2003) показали су да повишена концентрација CO₂ повећава расподјелу биомасе у подземне органе код три анализираних врсте из рода топола (*Populus* spp.) – биомаса коријена у састојини повећана је 47–76 % (Huang, J. G. et al., 2007). На парцелама са ваздухом обогаћеним CO₂ у југоисточном дијелу САД, шеснаест мјесеци након садње, биомаса коријена анализираних врста била је 28–62 % већа у односу на парцеле са амбијенталном концентрацијом CO₂ (код неких врста нису забиљежене промјене у биомаси коријена) (Pritchard, S. G. et al., 2001). Код већине од око 150 биљних врста које су анализирали Rogers, H. H. et al. (1994) забиљежено је повећање биомасе ситних коријена као реакција на повишену концентрацију CO₂. Према истраживању Norby, R. J. et al. (2004) годишња производња финих коријена више је него удвостручена на парцелама са концентрацијом CO₂ од 550 ppm у поређењу са парцелама са амбијенталном концентрацијом у листопадној шуми оријенталног ликвидамбара (*Liquidambar orientalis*) са затвореном крошњом (Huang, J. G. et al., 2007). Генерално, од свих органа биљке ситни коријени показују највећу реакцију на повишену концентрацију CO₂. Поред повећања густине ситних коријена,

стабла побољшавају своју способност снабдијевања хранљивим материјама кроз промјене у морфологији и грађи коријена.

У условима повишене концентрације CO₂ снабдијавање потребним ресурсима из земљишта може бити посредно побољшано симбиотским удруживањем са микоризним гљивама (*Ceulemans, R. et al., 1999*). У условима повишене концентрације CO₂ симбиоза дрвећа са микроорганизмима у земљишту (са азотофиксаторима, микоризним гљивама, бактеријама које врше минерализацију у ризосфери и др.) могла би омогућити повећано усвајање хранљивих материја, које би за резултат имало и повећан садржај угљеника у коријену (*Ward, J. K. & Strain, B. R., 1999; Ceulemans, R. et al., 1999*), јер су микоризне хифе гљива енергетски много ефикасније у усвајању хранљивих материја него коријен биљке домаћина (*Ceulemans, R. et al., 1999*). Смањене концентрације азота, уз претпостављено повећање секундарних једињења базираних на угљенику, потенцијално може промијенити начин исхране хербивора, који ће због тога можда морати конзумирати више лишћа сиромашнијег хранљивим материјама, што би могло имати штетан утицај на дрвеће (*Ceulemans, R. et al., 1999*).

Величина и дуг животни вијек дрвећа чине га технички и економски изазовним за мјерење и праћење реакција њиховог раста на повишену концентрацију CO₂ (*Huang, J. G. et al., 2007*). У пракси се најчешће користе два приступа за анализу последица атмосферског обогаћивања CO₂ на раст и развој дрвећа – краткотрајни експерименти на терену о утицају обогаћивања атмосфере CO₂ на саднице дрвећа или на младо дрвеће (на примјер, *Free-Air Carbon dioxide Enrichment* – FACE експерименти) и емпиријске дендрохронолошке студије (*Huang, J. G. et al., 2007*). Током протеклих деценија, експерименти са обогаћивањем атмосфере CO₂ вршени су на готово свим континентима, а резултати су показали да повишена концентрација CO₂ може имати знатан позитиван утицај на раст младих стабала или садница (*Huang, J. G. et al., 2007*). Насупрот томе, резултати дендрохронолошких студија утицаја атмосферског обогаћивања CO₂ на годове дрвећа још су контроверзни и предмет научних расправа (*Huang, J. G. et al., 2007*).

Мета-анализа утицаја вјештачке изложености повишеној концентрацији CO₂ на фотосинтезу и раст дрвенастих врста у више од 500 случајева које су анализирали Curtis, P. S. & Wang, X. (1998) показала је да повишена концентрација CO₂ стимулише раст дрвећа у готово свим случајевима, али и да њихова реакција на повишену концентрацију CO₂ зависи од врсте, фазе раста у којој се оне налазе, као и дужине трајања излагања (Yazaki, K. et al., 2005). Студија Lopatin, E. (2007) у Републици Коми, у сјеверозападној Русији, у пространој природној бореалној шуми, утврдила је статистички значајно повећање висине прираста сибирске смрче (*Picea obovata*) – 240 % и бијелог бора (*Pinus sylvestris*) – 140 % у средишњем дијелу зоне тајге. Аутор закључује да су главни узроци повећања висине прираста климатски, јер је температура ваздуха у том подручју током претходних тридесет година порасла за 0,43 °C, а атмосферска концентрација CO₂ за готово 50 ppm. Истраживање Walker, R. F. et al. (2000) показало је да је дрвеће изложено два пута већој концентрацији CO₂ од амбијенталне било 43 %, 64 % и 25 % више од стабала изложених амбијенталној концентрацији у условима високог, средњег и ниског садржаја азота у земљишту. Такође, пречник стабла дрвећа које је расло при атмосферској концентрацији CO₂ од 700 ppm за пет година, колико је трајао експеримент, био је 24 %, 73 % и 20 % већи од пречника дебла стабала која су изложена амбијенталној концентрацији CO₂ у условима високог, средњег и ниског садржаја азота у земљишту. Hussain, M. et al. (2001) FACE експериментом утврдили су да су сјемена дрвећа које је расло у условима ваздуха обогаћеног CO₂ у односу на сјемена дрвећа у амбијенталном ваздуху имала 91 % већу тежину, 265 % већи садржај липида, три пута већу успјешност клијања сјемена (и клијала су око 5 дана раније) и значајно већу дужину коријена. На основу наведених резултата аутори су закључили да ће ове саднице када постану активне у процесу фотосинтезе, вјероватно, имати већу стопу фотосинтезе и производње биомасе од садашњих стабала која расту у амбијенталној концентрацији CO₂. Norby, R. J. et al. (2002) анализом нето примарне продуктивности у затвореној крошњи шумског засада америчког ликвидамбара (*Liquidambar styraciflua*) током три године FACE експеримента утврдили су да је нето примарна продуктивност порасла 21 % у састојинама изложеним повишеној концентрацији CO₂ током три године истраживања. Надземна биомаса дрвећа порасла је 33 % у првој години, 15 % у

другој години и 7 % у трећој години експеримента. Разлог смањивања стопе раста надземне биомасе након знатног повећања прираста у првој години излагања лежи у чињеници да се у свакој сљедећој години све већа количина новоусвојеног угљеника у атмосфери обогаћеној CO₂ користила за повећање ситних коријена и производњу листова. Ипак, за вријеме три године студије 77 % додатно фиксираног угљеника ипак је алоцирано у надземну биомасу дрвета. Резултати имплицирају да је повећање продуктивности више резултирало у бржем циклусу кружења угљеника кроз систем него у повећаном складиштењу угљеника у дрвећу (Norby, R. J. et al., 2002). Експеримент Norby, R. J. et al. (2005) у четири FACE објекта у шумским састојинама недвосмислено је показао да биљке (или барем младе састојине) у умјереној зони могу расти брже и достићи већу величину у атмосфери обогаћеној CO₂ (≈ 550 ppm) (забиљежена медијана пораста нето примарне продуктивности износила је 23 ± 2 %). Истраживање DeLucia, E. H. et al. (1999) показало је да је послје две године излагања повећаној атмосферској концентрацији CO₂ (за 200 $\mu\text{l/l}$) у шумском засаду стопа раста доминантних борова повећана око 26 %, а укупна нето примарна производња 25 % у односу на дрвеће које је расло у амбијенталним условима.

Johnson, S. E. & Abrams, M. D. (2009) анализирајући стопу прираста базалне површине у различитим старосним групама (од младих до зрелих јединки) осам врста дрвећа у источном дијелу САД утврдили су да чак и најстарије дрвеће код неколико врста показује споро повећање базалне површине, али је оно ипак присутно. Такође, у посљедњих 50–100 година млађе дрвеће у оквиру једне врсте расте брже него што је расло старије дрвеће када је било те старости. Аутори наводе да би веће стопе раста старијих стабала данас у поређењу са старим стаблима из ранијих периода могле бити посљедица стимулативног утицаја антропогених глобалних промјена схваћених у најширем смислу (повећања концентрације CO₂, пораста температуре, повећања количине падавина и промјене хемије падавина), који су у посљедњих 50–100 година присутни на овом подручју, али и глобално.

Већина експеримената на терену показала је да повишена концентрација CO₂ директно побољшава раст младих стабала или садница без обзира на услове раста. Међутим, већина експеримената спроведена је на терену за само неколико сати,

недеље или неколико вегетационих сезона. Када би биљке биле изложене повишеној концентрацији CO_2 дужи период, стопе фотосинтезе и акумулације биомасе можда би биле ниже од добијених почетном реакцијом раста, јер се дрвеће с временом може прилагодити развоју у условима повећане концентрације CO_2 (због способности аклиматизације) (Huang, J. G. et al., 2007). Дакле, позитивну реакцију младих садница на повишену концентрацију CO_2 треба опрезно примјењивати на одрасло дрвеће у окружењу повишене концентрације CO_2 која се очекује у будућности (Yazaki, K. et al., 2005).

Huang, J. G. et al. (2007) и Yazaki, K. et al. (2005) у својим прегледима досадашњих истраживања наводе бројне студије које су утврдиле да повишена концентрација CO_2 има за резултат повећање радијалног раста година четинарског и листопадног дрвећа (али и неке студије које нису показале разлику у расту прстена током протеклих деценија). Међутим, још је нејасно да ли се уочени повећани раст година дрвећа може приписати директном утицају обогаћивања атмосфере CO_2 или је резултат његовог посредног дејства (Huang, J. G. et al., 2007). Koutavas, A. (2008) у другој половини XX вијека уочио је велико убрзање раста дрвећа грчке јеле (*Abies cephalonica*) на једном острву у Кефалонији. Повећање раста, нарочито од 1990. године, без преседана је у цијелом анализираном периоду. Аутор наводи да ови позитивни трендови раста нису повезани са регионалним варијацијама температуре ваздуха или падавина. Такође је искључио могућност да су узроковани утицајем поремећаја изазваних антропогеним активностима, јер је истраживање извршено на тешко приступачним шумским локалитетима. Дакле, аутор сматра да је једино објашњење за повећање ширине година крајем XX вијека обогаћивање атмосфере CO_2 . Прстенови дрвећа имају мање или више изражену тенденцију да, када не постоје ограничења у другим еколошким факторима животне средине, постају шири при повишеној концентрацији CO_2 него при амбијенталној концентрацији (Yazaki, K. et al., 2005). Међутим, дуготрајна изложеност CO_2 (дужа од 10 година) доводи до опадања интензитета повећања радијалног раста изазваног повишеном концентрацијом CO_2 због утицаја других фактора као што су старење и/или степен аклиматизације дрвећа на високу концентрацију CO_2 (Yazaki, K. et al., 2005).

3.1.4. Повећање нето примарне производње

Са порастом температуре ваздуха бруто примарна продуктивност расла је знатно брже од дисања еко-система, што указује да би глобално загријавање могло довести до повећања секвестрације угљеника у шумским еко-системима (*Chen, J. M. et al., 2006*). Иако шумски еко-системи заузимају само 27 % површине копна, садрже преко 60 % угљеника ускладиштеног у копненом дијелу биосфере (*Ceulemans, R. et al., 1999*). Дакле, шумски еко-системи представљају главни резервоар угљеника, јер се у њима налази више од 85 % угљеника у биљкама и 60–70 % угљеника у земљишту (*Ceulemans, R. et al., 1999*).

Копнени дио биосфере је све до око 1940. године био нето извор CO₂ (угљеника) у атмосфери, прије свега због сјече и крчења шума и претварања пашњака у оранице како би се ширила пољопривредна дјелатност. Од 1940. године до данас копнени дио биосфере постаје све већи понор за CO₂ (угљеник) (*Tans, P., 2009*). Глобални нето унос угљеника знатно је повећан – за око 0,05 милијарди тона годишње. У периоду 1960–2010. године глобални унос угљеника је удвостручен, са $2,4 \pm 0,8$ на $5,0 \pm 0,9$ милијарди тона годишње (*Ballantyne, A. P. et al., 2012*). Нето примарна производња шума на сјеверној хемисфери тренутно премашује хетеротрофно дисање, тј. тренутно доприноси копненом понирању угљеника (*Saxe, H. et al., 2001*). Позитивна нето производња еко-система вјероватно је реакција на све већи пораст концентрације CO₂, температуре ваздуха и акумулације азота (*Saxe, H. et al., 2001*). Мета-анализом података 127 студија *Lin, D. et al. (2010)* установили су да је загријавање значајно повећало биомасу биљака – за 12,3 % (8,4–16,3 %, $p < 0,05$). Осјетније повећање биомасе забиљежено је код дрвенастих (26,7 %) него код зељастих врста (5,2 %). Њихови резултати су открили да загријавање генерално повећава биомасу, што указује на појачан унос угљеника на копну усљед повећања раста и нето примарне продуктивности биљака. Глобална нето производња еко-система повећана је са 0,25 Pg угљеника годишње у 1980. години на 1,36 Pg угљеника годишње у 1990. години (*Cao, M. et al., 2005*). Нето производња еко-система узрокована обогаћивањем атмосфере CO₂ и варијабилношћу климе чини 30 % укупног копненог понирања угљеника у атмосферском билансу угљеника, а тај удио порастао је са 13 % у 1980. години на

49 % у 1990. години, што указује на све већи значај утицаја атмосферског обogaћивања CO₂ (Cao, M. et al., 2005). Bellassen, V. et al. (2011) утврдили су позитиван тренд нето примарне продуктивности шума у Европи у периоду 1950–2000. године од $1 \pm 0,5 \text{ gC/m}^2$ годишње. Од три главна узрочника наведеног тренда који су разматрани у овој студији, утицај повећања концентрације CO₂ објашњава око 61 % симулираног пораста, промјена климе 26 %, а промјене саме старосне структуре шума 13 % (Bellassen, V. et al., 2011). На нивоу континента, повећање концентрације CO₂ игра главну улогу због хомогеног утицаја на нето примарну продуктивност, док на локалном нивоу промјене климе и старосне структуре шума често имају доминантан утицај на нето производњу еко-система (Bellassen, V. et al., 2011). Анализа тренда промјене нормализоване разлике индекса вегетације (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) у периоду 1982–2008. године показује да је на сјеверној хемисфери између 35° с. г. ш. и 75° с. г. ш. присутан тренд „озелењавања“, тј. повећања биолошке активности (De Jong, R. et al., 2012). Наведени тренд такође је током посљедње двије деценије XX вијека присутан и у Европи, као и тренд повећања удјела шумских подручја – NDVI показује позитиван тренд у цијелој Европи (до 0,1 NDVI), осим у јужној Европи, гдје је присутно његово смањење (-0,02), што доказује да суве и семиаридне области овог дијела континента постају још аридније, док се у остатку Европе повећава удио шумских подручја (Julien, Y. et al., 2006).

Hamilton, J. G. et al. (2002) FACE експериментом у шуми бора (*Pinus taeda*) у САД која је четири године изложена повишеној атмосферској концентрацији CO₂ (амбијентална концентрација CO₂ + 200μl/l) утврдили су да је базална површина борова при повишеној атмосферској концентрацији CO₂ била 9,2 % већа у односу на дрвеће на парцелама са амбијенталном концентрацијом CO₂. Током прве три године стопа раста бора износила је око 26 %, док је у четвртој години смањена на 23 %. Просјечна нето производња еко-система на амбијенталним парцелама износила је 428 gC/m² годишње, што указује на то да је шума била нето понор атмосферског CO₂. Повишена атмосферска концентрација CO₂ повећала је нето производњу еко-система за 41 %. Ово повећање се прије свега односило на повећање биомасе биљака (57 %), а секундарно и на повећање акумулације угљеника у детритусу шуме (35 %), те на повећање прираста ситних коријена (8

%). Нето примарна производња повећана је 27 %, првенствено због повећања стопе раста, а бруто примарна производња 18 %. Аутори сматрају да, уколико би се измјерено повећање нето производње еко-система примијенило на шуме умјерене зоне глобално, могло ријешити до 10 % антропогене емисије CO₂ у атмосферу до 2050. године. То би могла бити горња граница, с обзиром на то да ће растућа глобална температура, поремећаји земљишног покривача и хетеротрофно распадање ткива дрвенстих врста коначно изазвати интензивније враћање угљеника назад у атмосферу.

Пошто су нето примарна производња и хетеротрофно дисање („дисање земљишта“) веома осјетљиви на температуру ваздуха, њена промјена, те промјене у хидрологији, као и поремећајима у еко-систему који их прате, могу много измијенити стопе и карактер нето производње еко-система у процесу прилагођавања еко-система на промјене климе (*Saxe, H. et al., 2001*).

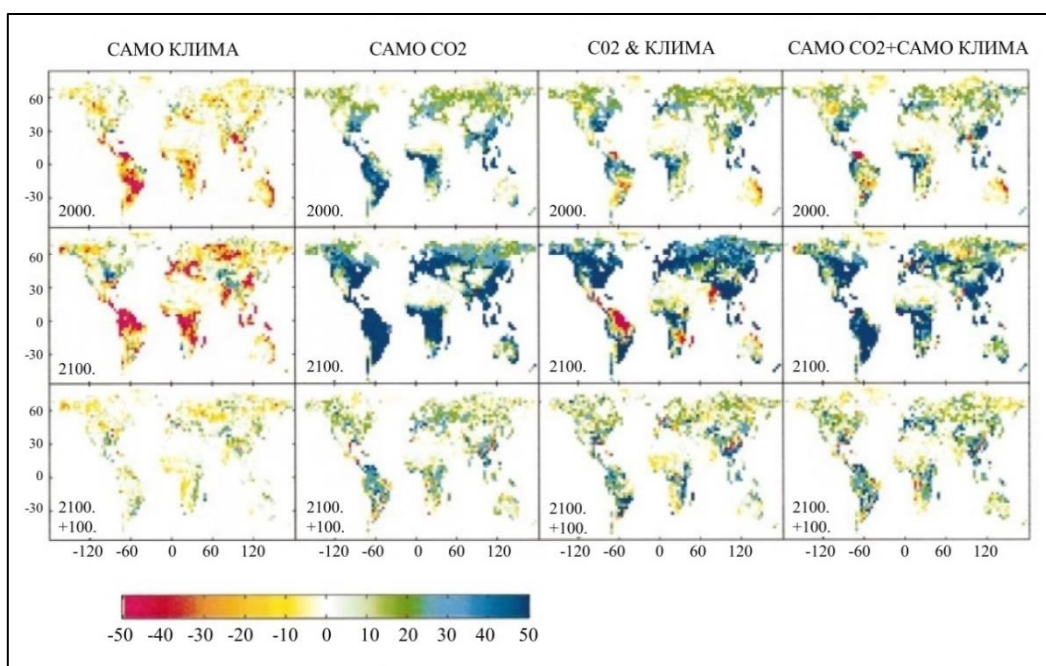
Пројекције већина модела показују да ће климатске промјене и повећање концентрације CO₂ вјероватно побољшати глобалну нето примарну производњу у шумама у наредних 50–100 година, нарочито у високим географским ширинама (*Saxe, H. et al., 2001*). *Saxe, H. et al. (2001)* наводе да ће се понирање угљеника наставити деценијама, као одговор на повећање концентрације CO₂ и климатске промјене, али ће се стопе разликовати регионално и временски. Динамички модели копнене вегетације и глобалног циклуса угљеника показују да ће се глобално понирање угљеника на копну повећавати до средине XXI вијека (*Davi, H. et al., 2006*), али су пројекције за другу половину XXI вијека различите, неки модели предвиђају да ће понирање угљеника на копну остати на истом нивоу, док други предвиђају његово смањење (*Cramer, W. et al., 2001; Davi, H. et al., 2006*).

Davi, H. et al. (2006) мјерили су утицај климатских промјена на циклусе кружења угљеника и воде примјеном процесно заснованог модела који садржи модел алокације угљеника и модел земљишта (CASTANEA). Симулације су спроведене за шест врста дрвећа у шумским еко-системима у Француској, распрострањеним у три климатске зоне – океанској, континенталној и медитеранској. Анализирали су листопадне врсте букву (*Fagus sylvatica*) и храст лужњак (*Quercus robur*), четинарске врсте бијели бор (*Pinus sylvestris*) и приморски бор (*Pinus pinaster*) и

склерофилну зимзелену врсту храст црника (*Quercus ilex*). Модел користи резултате метеоролошког модела ARPEGE, заснованог на умјереном сценарију емисије CO₂ (B2 сценарио IPCC). Према резултатима модела, у периоду 1960–2100. године просјечна температура ваздуха порашће за 3,1 °C (30 %), а количина падавина током сезоне љето смањиће се за 68 mm (27 %). Симулације предвиђају повећање бруто примарне производње у просјеку за све локалитете од 513 gC/m² (38 %), с тим да је пораст релативно стрм до 2020. године, након чега слиједи његово успоравање због повећања утицаја стреса изазваног недостатком воде. Супротно бруто примарној производњи, дисање еко-система расте по константној стопи за 350 gC/m² (31 %). Динамика нето продуктивности еко-система разликује се по локалитетима. Сви наведени еко-системи остаће понори угљеника, међутим, капацитет понирања ће се смањити код четинара (8 %), повећати код склерофилне зимзелене врсте (34 %) и веома много повећати код листопадног дрвећа (67 %), које у великој мјери профитира од продужавања вегетационог периода. Колики ће бити утицај главних варијабли (температуре, дужине вегетационог периода, обогаћивања атмосфере CO₂, суше), зависи од биљне врсте и климатске зоне (Davi, H. et al., 2006).

Могуће реакције процеса у еко-системима на пораст атмосферске концентрације CO₂ и климатске промјене Cramer, W. et al. (2001) илустровали су примјеном шест динамичких модела глобалне вегетације, који експлицитно представљају интеракције циклуса угљеника и воде у еко-систему и динамике вегетације. Симулације само промјене концентрације CO₂ показују веома распрострањено понирање угљеника на копну од 1,4–3,8 Pg угљеника годишње у 1990. години, које вијек касније расте на 3,7–8,6 Pg угљеника годишње. Симулације које укључују и климатске промјене показују смањено понирање угљеника на копну како данас (0,6–3,0 Pg угљеника годишње) тако и крајем XXI вијека (0,3–6,6 Pg угљеника годишње) као резултат утицаја климатских промјена на нето производњу тропских еко-система и еко-система јужне хемисфере. У свим моделима стопа раста нето производње еко-система почиње да се стабилизује око 2030. године, као последица смањивања утицаја CO₂ на физиологију биљака при његовим високим концентрацијама. Четири од шест модела показује даљи пад

нето производње еко-система узрокован климатским условима, као резултат повећаног хетеротрофног дисања и смањења нето примарне продуктивности у тропским еко-системима послје 2050. године. *Cramer, W. et al. (2001)* показали су да би се ове покренуте промјене могле наставити још најмање један вијек, чак и ако би се атмосферска концентрација CO₂ и клима сада стабилизовале.



Слика 1 – 20: Просјечна нето продуктивност еко-система у 2000. и 2100. години, те у „стабилизационом“ периоду 2100+100 (у gC/m² годишње) (*Cramer, W. et al., 2001*)

Bergh, J. et al. (2003) испитивали су појединачни и комбиновани утицај повишене температуре ваздуха (2 °C и 4 °C изнад амбијенталне температуре) и повишене концентрације CO₂ (350 ppm изнад амбијенталне концентрације CO₂) на нето примарну производњу четинарских врста обичне смрче (*Picea abies*) и бијелог бора (*Pinus sylvestris*) и листопадних врста букве (*Fagus sylvatica*) и калифорнијске миришљаве тополе (*Populus trichocarpa*) у шумама у Скандинавији коришћењем бореалне верзије процесно заснованог модела BIOMASS. Код три од четири анализираних врсте (*P. sylvestris*, *P. abies* и *P. trichocarpa*) повећање температуре ваздуха за 2 °C и 4 °C довело је до просјечног повећања нето примарне производње 11 % и 20 %, док је код *F. sylvatica* примијећено смањење нето

примарне производње 21 % и 48 %. Међутим, када је истовремено симулиран и пораст атмосферске концентрације CO₂ са 350 ppm на 700 ppm, одговарајуће просјечно повећање нето примарне производње три врсте порасло је на 41 % и 55 %, док је код *F. silvatica* примијећена промјена тренда и повећање 37 % и 10 %. Када је удвостручена концентрација CO₂, при преовлађујућој амбијенталној температури, средња вриједност нето примарне производње три врсте порасла је 27 %, а *F. silvatica* 58 %. Дакле, на основу наведених резултата аутори закључују да, како атмосферска концентрација CO₂ буде даље расла, главне врсте дрвећа у истраживаном подручју побољшаваће своју продуктивност, а ако и температура ваздуха такође настави да расте, већина њих ће и даље расти успјешније него сада. *Su, H. X. et al. (2007)* примјеном процесно заснованог модела BIOME-BGC анализирали су реакцију шуме смрче (*Picea schrenkianka*) на будуће климатске промјене и пораст атмосферске концентрације CO₂ у Тјен Шан планинама у сјеверозападној Кини. Сценарио климатских промјена предвиђа да двострука концентрација CO₂ индукује повећање температуре за 2,6 °C и пораст количине падавина за 25 %. Према њиховом моделу само повећање падавина довело би до повећања нето примарне продуктивности од 14,5 %, док би пројектовано повећање температуре само по себи повећало нето примарну продуктивност 6,4 %, а пораст атмосферске концентрације CO₂ 2,7 %. Међутим, када се пројектовани пораст количине падавина и температуре ваздуха симулирају заједно, нето примарна продуктивност шуме повећава се 18,6 %. Додавањем пораста концентрације CO₂ у модел и моделовањем повећања сва три параметра заједно утврђено је знатно повећање нето примарне продуктивности шума – просјечно 30,4 %. Синергија утицаја климатских промјена и удвостручене концентрације CO₂ условљава много већу реакцију шумских еко-система од збира реакција на утицај појединачних фактора (*Su, H. X. et al., 2007*). До сличних резултата дошли су и *Rathgeber, C. et al. (2003)* анализом ширине и густине година дрвећа 21 састојине алепског бора (*Pinus halepensis*) у Прованси, у југоисточној Француској. Аутори су утврдили да је продуктивност састојина као реакција на пројектоване промјене климе умјерено повећана за све састојине (17–24 %), док је знатно више повећана као реакција на утицај обogaћивања атмосфере двоструком концентрацијом CO₂ (72–86 %). Ипак, када су климатске промјене и повећање

атмосферске концентрације CO₂ посматрани заједно, продуктивност шума повећана је још и више (107–141 %), што је реакција већа од оне коју условљава збир њихових појединачних доприноса, управо због појачане синергије њиховог комбинованог утицаја на основне физиолошке процеса биљака. *Su, H. X. & Sang, W. G. (2004)* израчунали су да је са удвостручавањем концентрације CO₂ у ваздуху са 355 ppm на 710 ppm у храстовој шуми у Пекингу нето примарна продуктивност порасла 14,0 %, док је са пратећим повећањем температуре ваздуха од 2 °C нето примарна продуктивност порасла 15,7 %, а уз додатних 20 % повећања количине падавина 25,7 %. Пораст температуре ваздуха за 4 °C и повећање количине падавина од 20 % узроковали су пораст нето примарне продуктивности 25,7 %. Модел *Peng, C. et al. (2009)* показује да ће комбиновани утицај климатских промјена и обogaћивања атмосфере CO₂ на повећање нето примарне продуктивности у сјевероисточној Кини износити 10–12 % у 2030-им годинама, те 28–37 % у 2090-им годинама. *Sefcik, L. T. et al. (2007)* анализирали су синергију утицаја повишене и амбијенталне концентрације CO₂ (658 ppm и 383 ppm), акумулације азота (амбијенталне и амбијенталне + 30 kgN/ha годишње) и доступности свјетлости (ограничена и потпуна) на фотосинтезу, раст и опстанак сјемена садница шест различитих врста дрвећа у Мичигену, у САД: папирасте брезе (*Betula papyrifera*), јасике (*Populus tremuloides*), шећерног јавора (*Acer saccharum*), америчке букве (*Fagus grandifolia*), америчког бијелог бора (*Pinus strobus*) и америчке црне трешње (*Prunus serotina*). Излагањем биљака повишеној концентрацији CO₂ знатно је повећана ефикасност транспорта електрона (41 %), тамна фаза фотосинтезе (47 %) и свијетла фаза фотосинтезе (60 %) у поређењу са садницама које су расле при амбијенталној концентрацији CO₂. Експериментална акумулација азота значајно је повећала просјечно преживљавање свих врста – 48 %, али је преживљавање садница било највеће (85 ± 2 %) у условима високе концентрације CO₂ и велике акумулација азота. *Lloyd, J. (1999)* утврдио је да је пораст атмосферске концентрације CO₂ од почетка индустријске револуције вјероватно повећао нето примарну продуктивност зрелих листопадних шума умјерене зоне око 7 %, док је пропорционални пораст антропогеног таложења азота вјероватно повећао нето примарну продуктивност шума 25 %. Комбинованим утицајем ова два фактора, нето примарна продуктивност порасла

је 40 %, што је због синергетских интеракција заправо више од збира побољшања раста условљених појединачним дјеловањем повећања CO₂ и акумулације азота (Lloyd, J., 1999).

На основу мета-анализе рецензиране научне литературе о утицају пораста глобалне температуре ваздуха и атмосферске концентрације CO₂ на продуктивност биљака у XX и на почетку XXI вијека *Idso, C. D. (2012)* закључује:

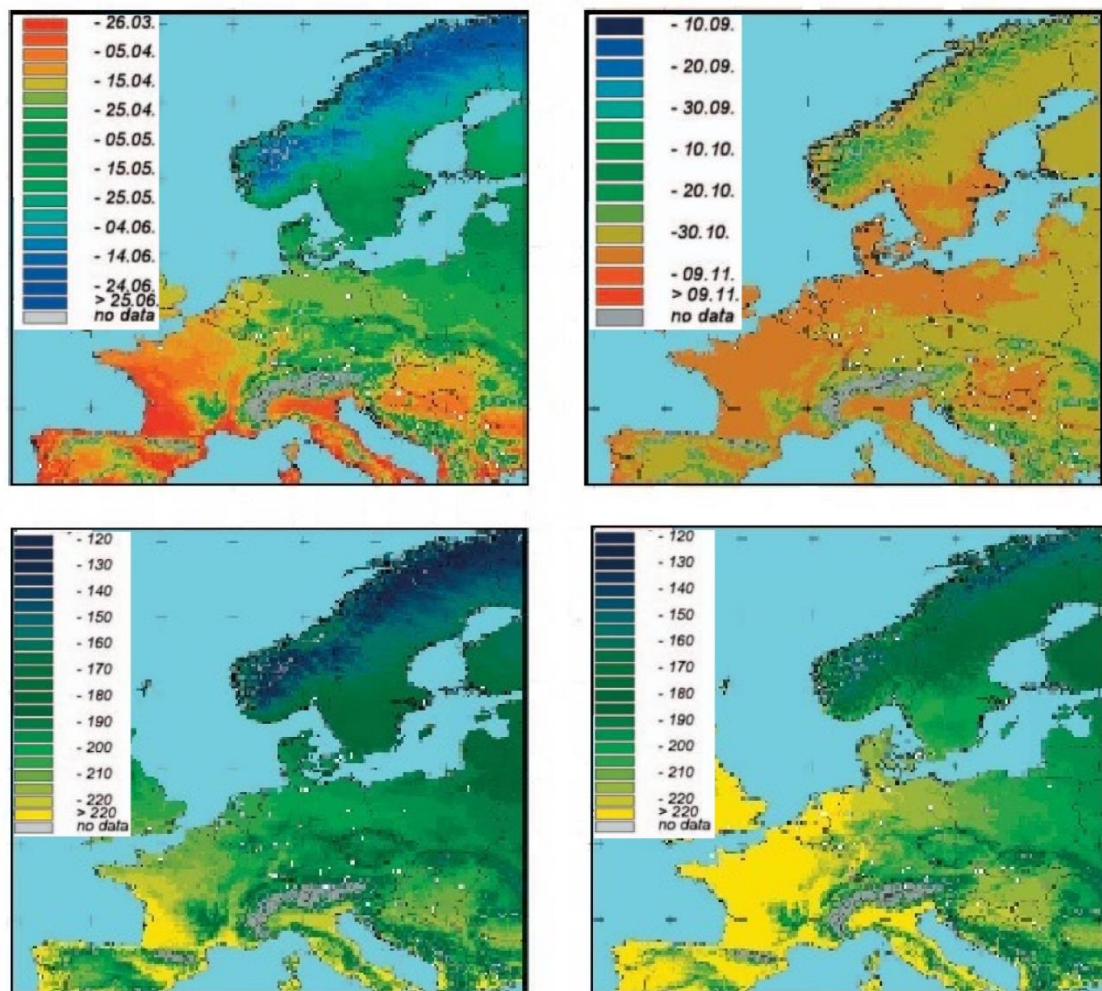
- у наведеном периоду порасла је продуктивност копненог дијела биосфере;
- не постоје емпиријски докази да ће се у будућности унос угљеника у биљке смањити на глобалном нивоу због повећања температуре ваздуха, јер је управо супротно установљено истраживањима;
- уочено глобално „озелењавање“ десило се упркос свим негативним дјеловањима на биљни свијет у протеклих неколико деценија, укључујући и пожаре, болести, штеточине, девастацију шума, па и и промјене климе;
- постоје јасни докази да је пораст концентрације CO₂ у атмосфери највјероватније главни узрок осматраних трендова „озелењавања“;
- као резултат пораста атмосферске концентрације CO₂, уз пратеће смањење транспирације, повећана је ефикасност коришћења воде у биљкама, што доводи до повећања продуктивности биљака и пружа им могућности да опстају у „загријаном свијету“ и имају користи од новонасталих услова;
- биљке би требало да буду у могућности да успјешно прилагоде своју физиологију на загријавање климатског система, које прати повећање концентрације CO₂ у атмосфери.

3.2. Утицаји на фенологију

Развој биљног свијета током године показује јасну периодичност у поступном смјењивању различитих фаза развоја (фенофаза) – ницање, листање, пупање, класање, цвјетање, зрење и др., која је у највећој мјери условљена температуром, иако утицај имају и други фактори (Јанковић, М. М., 1990; Пензар, И. & Пензар, Б., 1989). Просјечно или најчешће вријеме почетка, као и трајање појединих фенофаза на неком мјесту зависи од климатских услова у датом подручју (Пензар, И. & Пензар, Б., 1989). Почетак сезонског раста биљака захтијева одређени праг температуре, фотопериод и садржај влаге у земљишту (Kariyeva, J. et al., 2012). Поједине фенофазе наступају при одређеној суми топлоте – суми средњих или максималних дневних температура (Алехин, В. В., 1944), па одређена фаза у развоју вегетације наступа раније у топлијим, а касније у хладнијим годинама (Јанковић, М. М., 1990).

Анализа фенологије биљака у Европи коју су извршили Rötzer, T. & Chmielewski, F. M. (2001) показује да готово све фенофазе показују зависност од географске ширине и географске дужине. Посматрано од запада према истоку континента прољећне фенофазе почињу касније за 0,4–1,6 дана на сваких 100 km, а јесење фенофазе почињу раније за до 0,8 дана на сваких 100 km, док љетње не показују никакве промјене. Вегетациони период почиње 3,1 дана касније на сваких 100 m надморске висине, 0,5 дана касније на сваких 100 km од запада према истоку и 2,3 дана касније на сваких 100 km од југа ка сјеверу. Вегетациони период завршава се раније са повећањем надморске висине (за 1 дан на 100 m), са повећањем географске дужине (за 0,2 дана на 100 km) и са повећањем географске ширине (за 0,1 дана на 100 km). У нашем региону вегетациони период просјечно почиње у периоду од 10. до 25. априла, а завршава између 30. октобра и 4. новембра. Просјечно траје између 200 и 220 дана, а на вишим надморским висинама краће од 180 дана. Анализа екстремно топлих и хладних година у истраживаном периоду 1961–1998. године показала је да је у 1990. години, једној од најтоплијих у наведеном периоду, вегетациони период у Европи просјечно продужен за 12

дана у односу на вишегодишњи просјек, док је скраћивање вегетационог периода за 10 дана регистровано у хладној 1970. години.



Слика I–21: Просјечан датум почетка (а) и завршетка (б) вегетационог периода, те просјечна дужина трајања вегетационог периода (в) у периоду 1961–1998. године и дужина трајања вегетационог периода у 1990. години (г) у Европи (Rötzer, T. & Chmielewski, F. M., 2001)

Блиска повезаност између сезонског тока температуре ваздуха и доступне количине воде, с једне стране, и времена одвијања фенофаза, с друге, говори да се промјене климе одражавају на фенологију биљака (Badeck, F. W. et al., 2004). Вријеме јављања сезонских активности биљака можда је једна од најочљивијих и најједноставнијих промјена у екологији врста које се могу пратити као реакција на промјене климе (Walther, G. R. et al., 2002; Badeck, F. W. et al., 2004). Глобалне

промјене у времену одвијања фенофаза биљака, као што су листање, цвјетање, плоношење, промјена боје лишћа и опадање лишћа, сматрају се тзв. *еколошким отиском прстију* климатских промјена (Schröder, W. et al., 2014). Фенолошка истраживања представљају вриједан инструмент за разумијевање и мјерење утицаја климатских промјена на процесе у еко-систему, јер се вегетација често посматра као *еколошки барометар* краткорочне и дугорочне варијабилности климе (Walther, G. R. et al., 2002). Стога, фенолошка истраживања постају све актуелнија и важнија у области истраживања климатских промјена (White, M. A. et al., 2005; Sparks, T. H. & Menzel, A., 2002; Chmielewski, F. M. et al., 2004).

Бројни докази прикупљени посматрањем, моделовањем и техникама даљинске детекције указују на то да се фенологија многих биљака широм свијета мијења као реакција на глобално загријавање (White, M. A. et al., 2005; Sparks, T. H. & Menzel, A., 2002). Утицај климатских промјена на сезонске активности биљака посебно је велики у умјереним и вишим географским ширинама сјеверне хемисфере (Badeck, F. W. et al., 2004). Сезонски обрасци вегетације у Европи мијењају се као реакција на уочене трендове загријавања, јер је у многим случајевима управо пораст температуре ваздуха, која је главни покретач развојних процеса биљака, довео до убрзавања развоја биљака и до ранијег преласка на следећу фазу онтогенетског развоја (Badeck, F. W. et al., 2004). Фенолошке промјене у областима у којима је забиљежен тренд загријавања иду у смјеру ранијег јављања прољећних фенофаза (на примјер, пупања, листања и цвјетања) и каснијег појављивања фенолошких фаза у јесен (на примјер, промјена боје лишћа и опадање лишћа) (Parmesan, C. & Yohe, G., 2003; White, M. A. et al., 2005; Sparks, T. H. & Menzel, A., 2002; Badeck, F. W. et al., 2004; Song, Y. et al., 2010; Bradley, N. L. et al., 1999; Kariyeva, J. et al., 2012).

Прољећне и лјетње фенофазе (првенствено цвјетање и листање) прогресивно се јављају раније са порастом температуре ваздуха (Sparks, T. H. et al., 2000). Савремене промјене времена одвијања прољећних фенофаза биљних врста у снажној су корелацији са средњим температурама ваздуха у сезони прољеће (Walther, G. R., 2010). У средњим и високим географским ширинама на сјеверној

хемисфери, у којима се вегетације налази у стању мировања током зиме, а активни вегетациони период почиње у прољеће и љето, фенологија биљака углавном је условљена температуром ваздуха. За развој биљака у прољеће, углавном су важне промјене температуре у сезони зима и промјене температуре у рано прољеће (*Chmielewski F. M. et al., 2004*). Генерално, више температуре у касну зиму и рано прољеће узрокују раније цвјетање и листање биљака. Дакле, фенофазе које се одвијају у прољеће не реагују на промјене глобалне средње температуре, него на регионалне промјене зимских и прољећних температура, са нарочито великом улогом и значајем температура у седмицама које непосредно претходе наступању одређене фенофазе (*Badeck, F. W. et al., 2004*). Готово све фенофазе су у корелацији са прољећним температурама мјесеца који им претходи (*Walther, G. R. et al., 2002; Fitter, A. H. & Fitter, R. S. R., 2002; Sparks, T. H. et al., 2000*). Истраживање у Енглеској показало је да вријеме цвјетања у периоду од јануара до априла 60 % врста зависи од температуре 1–2 мјесеца прије цвјетања (*Fitter, A. H. et al., 1995*).

Док су промјене прољећних фенофаза условљене глобалним загријавањем документоване у бројним студијама, промјене у јесењој фенологији, па самим тим и у дужини трајања вегетационог периода, много су мање истражене и још не показују јасне трендове (*Vitasse, Y. et al., 2009*). Уочавање промјена у фенофазама које се одвијају у јесен отежано је због мањег обима расположивих података, али и самих фенофаза које су теже за дефинисање (као што је, на примјер, промјена боје лишћа), као и због чињенице да на њихово одвијање утичу и други фактори животне средине (*Sparks, T. H. & Menzel, A., 2002*). Упркос томе, општи тренд усмјерен је према њиховом каснијем јављању у условима глобалног загријавања. Чини се да се зима скраћује са оба краја, што доводи до продужавања вегетационог периода (*Sparks, T. H. & Menzel, A., 2002*).

Анализа трендова времена одвијања фенофаза у двадесет и једној европској држави у периоду 1971–2000. године показује да се 78 % забиљежених фенофаза листања, цвјетања и плодоношења јавило раније (31 % значајно раније), а само 3 % значајно касније, док је тренд промјене боје лишћа у јесен био прилично нејасан – у 48 % случајева промјена боје лишћа наступила је раније, а у 52 % случајева касније (*Menzel, A. et al., 2006*). Фенофазе у прољеће и љето јављају се

раније и до 4,6 дана на 1 °C загријавања, док је промјена боје лишћа у јесен одложена до 2,4 дана на 1 °C загријавања (Menzel, A. et al., 2006). Раније одвијање фенофаза у прољеће и лјето просјечно износи 2,5 дана на 1 °C пораста температуре, а одлагање промјене боје и опадања лишћа 1,0 дан на 1 °C пораста температуре. Анализа несумњиво показује да је фенологија врста зависна од температуре претходних мјесеци – већина фенофаза у значајној је корелацији са средњом мјесечном температуром мјесеца њеног почетка и два претходна мјесеца: 19 % фенофаза показује најјачу корелацију са температуром мјесеца њеног почетка, 63 % фенофаза са температуром претходног мјесеца и 18 % фенофаза са температуром два мјесеца прије њеног почетка (Menzel, A. et al., 2006).

Студије Chmielewski, F. M. & Rötzer, T. (2002) и Chmielewski, F. M. & Rötzer, T. (2001) показују да као резултат пораста средње температуре ваздуха у рано прољеће за 0,8 °C у последњој деценији XX вијека (између 1969–1988. и 1989–1998. године) вегетациони период у Европи почиње 8 дана раније. Најранији датум почетка забиљежен је у веома топлој 1990. години, док је због дуге и јаке зиме 1995/96. године вегетациони период у 1996. години почео релативно касно. Године са температурама изнад вишегодишњег просјека крајем зиме и почетком прољећа јасно су повезане са ранијим датумима цвјетања биљака – на примјер, у веома топлој 1961. и 1990. години, са одступањем температуре ваздуха од +3 °C, почетак цвјетања јабуке забиљежен је веома рано (Chmielewski, F. M. et al., 2004). Коефицијент корелације између температуре ваздуха и почетка вегетационог периода у Европи креће се у интервалу од 0,66 до 0,90, док коефицијент корелације између средње температуре ваздуха у периоду фебруар–април и просјечног датума почетка вегетационог циклуса биљака у Европи износи -0,83 (Chmielewski, F. M. & Rötzer, T., 2002). Повећање средње годишње температуре ваздуха у рано прољеће (фебруар–април) за 1 °C довело је до ранијег појављивања лишћа за око 7 дана (Chmielewski, F. M. & Rötzer, T., 2000. према Chmielewski, F. M. & Rötzer, T., 2002). Утврђено продужење вегетационог периода за 5 дана углавном је било резултат ранијег почетка прољећних фенофаза (Chmielewski, F. M. & Rötzer, T., 2001). Утицај пораста температуре ваздуха у сезони прољеће на ранији почетак фенофаза у тој сезони утврђен је код различитих врста

листопадног дрвећа у Европи и истраживањима *Clot, B. (2001), Juknys, R. et al. (2012), Sujetovien, G. & Šveikauskait, I. (2014), Tryjanowski, P. et al. (2006)* и др. Осмотрени трендови почетка фенофаза у прољеће кореспондирају са промјенама температуре ваздуха и циркулације Сјеверноатлантске осцилације (*North Atlantic Oscillation – NAO*). Упркос неким битним недоследностима, биљке су у већем дијелу Европе углавном раније започињале развој због све топлијих и влажнијих зима узрокованих дугорочним промјенама NAO (*Stenseth, N. C. et al., 2002*). Повећање интензитета струјања западних вјетрова који доносе благе маритимне ваздушне масе са Атлантика према континенталној Европи управо се сматра узроком пораста температуре ваздуха у сезони зима и у рано прољеће од краја 1980-их година. И промјене атмосферске циркулације, и температуре ваздуха и почетка прољећних фенофаза нарочито су изражене од краја 1980-тих година (*Scheifinger, H. et al., 2002*).

Истраживања показују општи тренд ранијег појављивање фенофаза у прољеће на сјеверној хемисфери за 2,8 дана по деценији (*Parmesan, C., 2007*). Глобална мета-анализа утврдила је просјечно раније појављивање фенофаза за просјечно 2,3 дана по деценији током последње четири деценије (*Parmesan, C. & Yohe, G., 2003*). Истраживање *Parmesan, C. & Yohe, G. (2003)* показало је да се фенофазе у прољеће јављају раније у просјеку за 5,1 дана по деценији у последњих пола вијека. *Walkovszky, A. (1998)* установио је раније цвјетања багрема (*Robinia pseudoacacia*) у Мађарској за 3–8 дана, повезано са промјеном просјечне температуре ваздуха у сезони прољеће. Просјечни датум цвјетања 385 британских биљних врста јављао се 4,5 дана раније током последње деценије XX вијека у поређењу са претходне 4 деценије (16 % врста значајно раније цвјетало је у 1990-им годинама него у претходном периоду, са просјечним ранијим почетком од 15 дана по деценији, док је 3 % врста цвјетало значајно касније) (*Fitter, A. H. & Fitter, R. S. R., 2002*). *Sykes, M. T. (2009)* наводи резултате истраживања *Peñuelas, J. et al. (2002)*, који су утврдили раније листање (3,3 дана по деценији), цвјетање (1,2 дана по деценији) и плодношеће (3,5 дана по деценији), као и одложено опадање лишћа (2,7 дана по деценији) биљака у Шпанији у другој половини XX вијека.

Нека истраживања, такође, указују на каснији почетак јесењих фенофаза, али су ове промјене мање изражене и показују више хетерогене трендове промјена. У Европи се, на примјер, промјена боје лишћа у јесен јавља 0,3–1,6 дана касније сваке деценије од 1950-их година (*Adams, J., 2010*). *Menzel, A. & Fabian, P. (1999)* утврдили су да су јесење фенофазе у Европи одгођене за просјечно 4,8 дана у периоду 1959–1993. године. Према *Jeong, S. J. et al. (2011)* завршетак вегетационог периода на сјеверној хемисфери одгођен је за 4,3 дана у периоду 1982–1999. године и за додатних 2,3 дана у периоду 2000–2008. године (*Che, M. et al., 2014*). Истраживањима наведених аутора утврђено је да је вријеме завршетка вегетационог периода у позитивној корелацији са температуром ваздуха у сезони јесен (*Che, M. et al., 2014*).

Истраживања показују просторно и временски различите трендове дужине трајања вегетационог периода – забиљежено је и продужавање и скраћивање вегетационог периода, у зависности од истраживаног подручја и периода за који су вршене анализе. Међутим, готово све новије студије говоре о његовом продужавању. Вегетациони период многих биљних врста у умјереним географским ширинама се продужава захваљујући ранијем почетку прољећних фенофаза и каснијем одвијању јесењих фенофаза (*Menzel, A. & Fabian, P., 1999*; *Menzel, A. et al., 2001*; *Chmielewski, F. M. et al., 2005*; *Chmielewski, F. M. & Rötzer, T., 2001*; *Schröder, W. et al., 2014*; *Sparks, T. H. & Menzel, A., 2002*; *Sparks, T. H. et al., 2000*; *Vitasse, Y. et al., 2009*). У Европи се прољећне фенофазе (на примјер, листање) јављају 6 дана раније, а јесење фенофазе (на примјер, промјена боје лишћа) 4,8 дана касније, што значи да је просјечна дужина трајања сезоне раста биљака продужена за 10,8 дана од 1960. године (*Menzel, A. & Fabian, P., 1999*).

Треба истакнути да су и културне (гајене) биљке (воћке, па чак и једногодишњи усјеви) реагују на промјене климе нарочито изражене од 1990-их година. Разлика између фенологије културних (гајених) биљака и фенологије природне вегетације (која се мијења како клима варира) јесте у томе што фенологија усјева не зависи и не мијења се само под утицајем климатских и других еколошких фактора него и под утицајем агрономских фактора (*Li, Z. et al., 2014*). Истраживања фенологије

ратарских култура као што су: кукуруз, овас, соја и др. јасно су утврдила да су се фенофаза које се одвијају у прољеће јављале раније у посљедњој деценији XX вијека, док су јесење фенофаза наступале касније (*Chmielewski, F. M. et al., 2004; Chmielewski, F. M. et al., 2005; Olesen, J. E. et al., 2007; Tao, F. et al., 2014; Li, Z. et al., 2014; Siebert, S. & Ewert, F., 2012; Sacks, W. J. & Kucharik, C. J., 2011*).

Несклад између животног циклуса биљака и сезонских варијација климе може довести до различитих негативних утицаја на биљке: 1) мраз може узроковати оштећење или уништавање лишћа и цвјетова ако се листање и цвјетање десе током мразног периода, 2) интензивне и дуготрајне сезонске суше, уколико се јављају током вегетационог периода, могу оштетити биљке и смањити приносе и (3) појава јесењих мразева прије сазријевања или превише хладна или прекратка љета могу довести до немогућности стварања зрелих плодова и сјемена (*Pigott, C. D. & Huntley, J. P., 1981*. према *Chuine, I. & Beaubien, E. G., 2001*). Раније цвјетање воћака може повећати ризик од штете узроковане касним мразевима (*Chmielewski, F. M. et al., 2004; Sparks, T. H. et al., 2000*). Појава мраза прије почетка цвјетања може изазвати повреде цвјетних пупољака, али штета није тако велика као што би била ако би се мраз јавио у фази цвјетања (*Chmielewski, F. M. et al., 2004*). Скраћивање развојног периода биљака, такође, може утицати на процесе формирања приноса (густину усјева, тежину зрна и сл.) (*Chmielewski, F. M. et al., 2004*). Скраћивање дужине трајања вегетационог периода може довести до промјена датума сјетве, па традиционални усјеви неће бити у могућности да потпуно сазрију, што ће имати за резултат ниже приносе култура. Продужавање вегетационог периода може узроковати ранију сјетву, осигурати сазријевање плодова, па чак и створити могућности вишеструке сјетве (у зависности од доступности воде). Са аспекта развоја биљака ранији почетак вегетационог периода кориснији је него његов каснији завршетак (*Chmielewski, F. M. et al., 2005*). Ранији почетак вегетационог периода могао би корисно утицати на асимилацију угљеника и повећање биомасе биљака, јер су у то доба године инсолација и садржај воде у земљишту обично већи него у сезони јесен (*Chmielewski, F. M. et al., 2005*).

Промјене времена одвијања појединих фенофаза узроковане савременим глобалним климатским колебањима и промјенама могу имати великог утицаја на продуктивност биљака, конкуренцију између биљних врста, интеракције са хетеротрофним организмима, а поред наведених директних утицаја на биосферу, могу имати посљедице на ресурсе и услуге еко-система неопходне човјечанству (*Badeck, F. W. et al., 2004*).

Различита способност фенолошких адаптација на дугорочно загријавање климатског система може врсте са лошом фенолошком способношћу прилагодљивости суочити са повећаним стресом усљед промијењених услова средине (*Bradley, N. L. et al., 1999*). Уочене савремене промјене у времену фенолошких фаза још су умјереног интензитета и углавном не износе више од неколико дана по деценији. С обзиром на то да ће пројектоване климатске промјене до краја овог вијека бити много веће магнитуде од осмотрених током XX вијека,² очекује се да би могле знатно утицати на фенологију биљака с обзиром на веома снажну зависност њиховог развоја од промјена температуре ваздуха (*Chmielewski, F. M. et al., 2004*). Стога, помјерања у сезонским активностима биљака морају бити узета у обзир при спровођењу мјера митигације и адаптације на климатске промјене (*Schröder, W. et al., 2014*).

3.3. Утицаји на распрострањење

Климатске промјене утичу на физиологију и фенологију биљака, као и на њихове интеракције са другим врстама, што за посљедицу може имати помјерање области њиховог географског распрострањења (ареала). Иако се са промјеном климе може очекивати постепена сукцесија вегетације, интензитет и правац тих промјена још је неизвјестан (*Yurova, A. Y. & Volodin, E. M., 2011*). Промјене распрострањења врста и граница биома, као реакција на климатске промјене, уочене су током XX вијека код широког спектра таксономских група и у многим регионима свијета

² У многим подручјима свијета очекује се да ће интензитет климатских промјена између 2071–2100. и 1961–1990. године бити најмање двоструко већи од оних забиљежених између 1991–2009. и 1961–1990. године (*Schröder, W. et al., 2014*).

(*Rosenzweig, C. et al., 2007; Thuiller, W. et al., 2005; Parmesan, C. & Yohe, G., 2003; Root, T. L. et al., 2003; Sykes, M. T., 2009; Kappelle, M. et al., 1999; Higgins, S. I. et al., 2003*).

На распрострањење врста првенствено утичу промјене термичког и плувиометријског режима, јер свака врста има специфичан физиолошки праг толеранције на температуру и падавине (*Woodward, F. I., 1987. према Walther, G. R. et al., 2002*).

Климатске промјене ће омогућити појединим биљним врстама да прошире свој ареал, друге пак могу доживјети смањење ареала, док се садашњи и будући ареал неких врста не морају поклапати (*Higgins, S. I. et al., 2003*). Врсте које су веома покретне или опортунисти вјероватно ће промјене климе искористити на рачун оних које то нису. Као одговор на загријавање климатског система на одређеном станишту, врсте које подносе топлије услове („јужне врсте“) могле би надвладати врсте прилагођене на хладније услове („сјеверне врсте“) (*Leemans, R. & van Vliet, A., 2004. према Parmesan, C. & Yohe, G., 2003*). Треба нагласити да се већа динамика промјена очекује у близини граница ареала него у унутрашњости ареала врсте (*Parmesan, C. & Yohe, G., 2003*). Јединке и популације на ивици ареала можда ће морати да мигрирају због промијењених климатских услова. Стога ће природне еоклиматске прелазне зоне (екотони), посебно осјетљиве на климатске промјене, бити нарочито погодне за праћење утицаја климатских промјена на промјене ареала (*Kappelle, M. et al., 1999*).

С временом, глобално загријавање може доћи до тачке када ће садашњи ареал биљака остати изван подручја у којем она може живјети (*Adams, J., 2010*). Када се остваре овакви услови много топлије климе, вегетационе зоне и биљне заједнице неће се само нагло помјерити у нова подручја. Сјемена биљака морају физички да се распростиру стотинама километара. Брзо загријавање, нарочито на сјеверној хемисфери, вјероватно ће довести до стварања простора са повољнијим климатским условима за врсте које захтијевају топлије услове (*Sykes, M. T., 2009*), али ће многе врсте остати да се развијају у областима са температуром која је за њих превисока (бар у дијелу њиховог ареала који се простире према нижим географским ширинама). Ако се јужна граница ареала врста умјерене области сјеверне хемисфере повуче брже него што врста прошири свој ареал према

сјеверу, доћи ће до смањивања њеног ареала, а врста може на крају изумријети (ако је ријеч о врсти малог и веома ограниченог специјализованог ареала и уске еколошке валанце на температуру) (Adams, J., 2010).

Колонизација нових области не зависи само од постојања простора са одговарајућом климом већ и од способности распрострањавања или миграције у нове области сваке врсте (Sykes, M. T., 2009). Ако врсте не могу довољно брзо мигрирати у нова подручја са одговарајућом климом, пријети им изумирање (Adams, J., 2010). Колико ће у томе бити успјешне, зависи од брзине климатских промјена, њихове способности распрострањавања, степена фрагментације пејзажа и антропогених утицаја (Sykes, M. T., 2009). Ако су климатске промјене веома брзе, врсте са дугим периодом стварања или ограниченом способношћу распрострањавања можда неће бити у стању да их прате (Sykes, M. T., 2009). Осим тога, неким врстама потребан је преносник за распрострањавање њиховог сјемена (на примјер, чавке ефикасно преносе жирове храста, а климатске промјене можда неће на исти начин утицати на чавке и храст) (Sykes, M. T., 2009). Такође, распрострањавање у знатно измијењеном и фрагментираним пејзажу усљед антропогених активности (какав је случај и у Европи), можда неће бити могуће, а зависиће од брзине и обима поремећаја и обезбијеђености погодних коридора и локалитета (станишта) за регенерацију на том путу (Sykes, M. T., 2009).

Са општим трендом загријавања, у мјери у којој способност распрострањавања врста и доступност ресурса то буду омогућавали, очекује се да ће врсте пратити помјерање климатских услова и исто тако помјерати своје распрострањавање према вишим географским ширинама, тј. према половима (посматрано по географској ширини) и према вишим надморским висинама, тј. ка врховима планина (посматрано по надморској висини) (Walther, G. R. et al., 2002; Walther, G. R., 2010; Kappelle, M. et al., 1999; Parmesan, C. & Yohe, G., 2003). Током протеклих деценија, примијењено је ширење ареала појединих врста према половима, које се може приписати повећању температуре ваздуха (Parmesan, C. & Yohe, G., 2003; Rosenzweig, C. et al., 2007). Мета-анализом података из 143 студије о распрострањавању врста и глобалном загријавању Root, T. L. et al. (2003) открили су досљедну промјену распрострањавања врста великог броја систематских група

биљака и животиња (од трава до дрвећа и од мекушаца до сисара) повезану с промјеном температуре ваздуха. Утврдили су да су се промјене распрострањења код 81 % од 1.700 анализираних врста у свијету десиле у правцу очекиваном на основу климатских промјена и познатих физиолошких ограничења врста. *Parmesan, C. & Yohe, G. (2003)* такође су утврдили промјене ареала у складу са климатским промјенама код 279 врста – уочено помјерање ареала према половима у просјеку је износило 6,1 km по деценији, а према вишим надморским висинама 6,1 m по деценији. Загријавање од неколико степени Целзијуса довољно је да помјери ареал дрвенастих врста у умјереној зони сјеверне хемисфере стотинама километара према половима изван њихових садашњих граница, док ће се истовремено њихове јужне границе вјероватно повлачити према сјеверу (*Adams, J., 2010*). Оваква помјерања ареала биљних врста већ су потврђена бројним истраживањима. Граница дрвећа у Шведској помјера се према сјеверу по стопи од око 10 m по деценији, а алпских биљака у Швајцарској од 28 m по деценији (*Sykes, M. T., 2009*). Ширење ареала брезе у Шведској према сјеверу, у зону тундре, такође се приписује загријавању климатског система (*Kullman, L., 1983*. према *Kappelle, M. et al., 1999*). Током посљедњих неколико деценија, 64 врсте васкуларних биљака у флори Холандије су изумрле, док су се 84 нове врсте појавиле први пут – за многе од ових „неофита“ најсјевернија граница ареала сада се налази управо на том подручју (*Van der Meijden, R., 1993*. према *Kappelle, M. et al., 1999*). Божиковина (*Plex aquifolium*), типична врста атлантског елемента флоре, чија је сјеверна граница ареала уско повезана са положајем зимске изотерме од 0 °C, у протеклих педесет година помјерила је своје распрострањење према сјеверу пратећи одговарајуће помјерање ове изотерме, тако да њен ареал сада заузима и ново подручје дуж јужне обале Шведске (*Walther, G. R. et al., 2005a*. према *Sykes, M. T., 2009*).

Климатске промјене могу изазвати промјене биљних заједница довољно велике да утичу и на више нивое биодиверзитета – на биоме (*Bellard, C. et al., 2012*). *Füssler, H. & van Minnen, J. G. (2001)* наводе да се највеће промјене очекују у биомима високих географских ширина: хладним четинарским шумама, шумо-тундри и тундри, гдје су ниске температуре сада главни ограничавајући фактор раста и

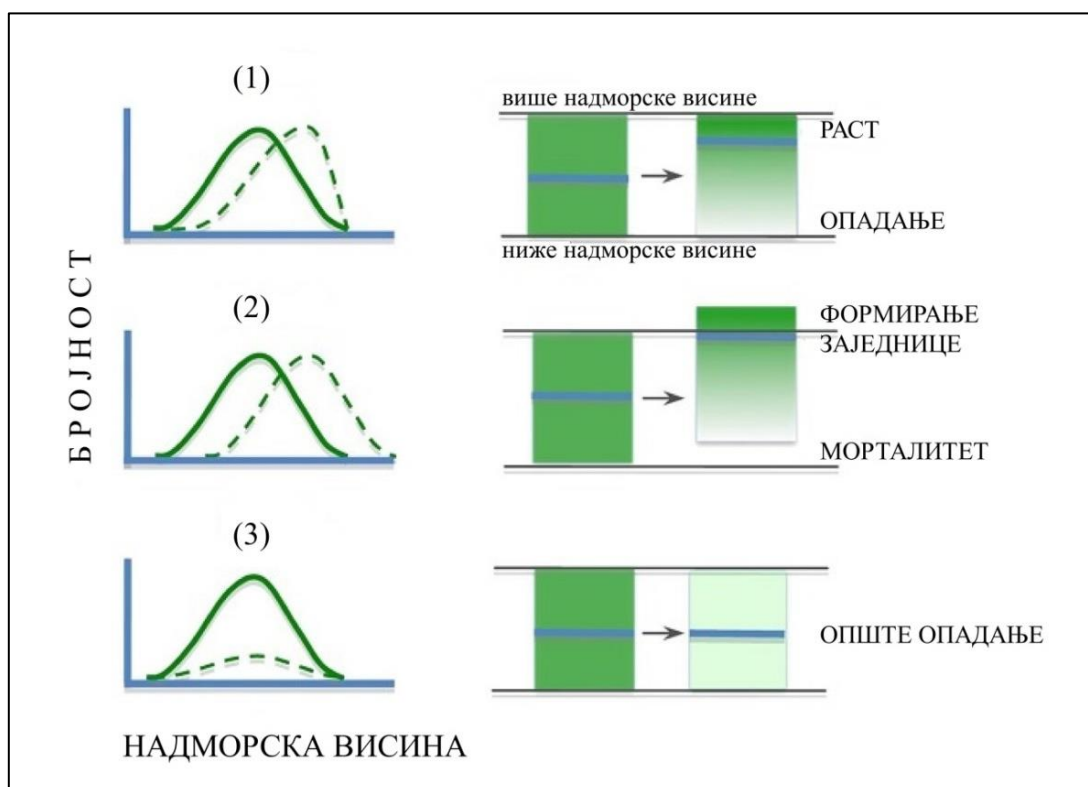
развоја вегетације. На распрострањење биома са малом количином воде, у којима се јавља сушни период, као што су саване и жбунасте заједнице, више ће утицати повећана концентрације CO₂, која за посљедицу има повећање ефикасности коришћења воде у биљкама. Садашње области тропских шума мање су осјетљиве на климатске промјене.

Пројекције показују да ће климатске промјене у Европи највеће посљедице за биљни свијет имати у поларном подручју Арктика, у семиаридним еко-системима источне Европе и у региону Медитерана (*Bakkenes, M. et al., 2002.* према *Reid, H., 2006*). Ареал бројних врста прошириће се према према половима у вишим географским ширинама, јер је загријавање највеће у тим областима, што би могло довести до скупљања граница у нижим географским ширинама са могућношћу изумирања врста у тим дијеловима ареала (*Sykes, M. T., 2009*). На вишим надморским висинама и у високим географским ширинама, очекује се да ће се алпске и бореалне шуме проширити према сјеверу и навише помјерити границу дрвећа на рачун ниских заједница алпске и арктичке тундре (*Alo, C. A. & Wang, G. L., 2008.* према *Bellard, C. et al., 2012*). У Европи су дрвенасте врсте и патуљасте жбунови већ замијенили многе арктичке заједнице и заједнице тундре (*Rosenzweig, C. et al., 2007*). Развој дрвећа у субалпским подручјима и подручјима у близини границе дрвећа повећан је, а у многим регионима младо дрвеће формирано је на надморским висинама и у географским ширинама изван тренутне границе дрвећа (*Hughes, L., 2000*).

Висинске смјене биљних врста дуж градијента надморске висине такође су веома добро документоване (*Rosenzweig, C. et al., 2007; Walther, G. R., 2010*). На неколико планинских система сјеверне хемисфере (Урал, Алпи, Родопи, Скандинавске планине и Стјеновите планине) граница дрвећа знатно је помјерена ка вишим надморским висинама током XX вијека (*Rosenzweig, C. et al., 2007*). *Hughes, L. (2000)* наводи бројне студије којима је доказано помјерање биљних врста према вишим надморским висинама у Алпима, с тим да је миграција додатно убрзана на почетку XXI вијека (*Walther, G. R. et al., 2005a.* према *Rosenzweig, C. et al., 2007*). *Hughes, L. (2000)* наводи и резултате истраживања која

су показала да је диверзитет биљних врста на тридесет планинских врхова у Алпима у 1992–1993. години на 70 % анализираних локалитета био већи у поређењу са историјским подацима, вјероватно због тога што су нове врсте колонизовале станишта на вишим надморским висинама. Помјерање ареала врста према врховима планина како клима буде постајала топлија може довести до локалног изумирања уско специјализованих алпинских врста које их сада насељавају, јер ће их потиснути конкурентније миграторне врсте (Sykes, M. T., 2009). Такође, ендемске врсте дрвећа замјењују друге широко распрострањене врсте, попут смрче и бора, које су мигрирале ка вишим надморским висинама под утицајем климатских промјена и других фактора (Pauli, H. et al., 2001. према Reid, H., 2006). Биљне врсте у алпском региону (често ендемске) осјетљиве су на загријавање климе, због углавном веома ограничених еколошких валенци на поједине климатске елементе, малих изолованих популација и одсуства одговарајућих области на вишим надморским висинама у које би могле мигрирати (Rosenzweig, C. et al., 2007). На Уралу је такође граница дрвећа помјерена 60–80 m према вишим надморским висинама (Adams, J., 2010). Истраживање динамике границе дрвећа у периоду 1915–2007. године у Скандинавским планинама у Шведској показује да су дрвенасте врсте маљава бреза (*Betula pubescens* ssp. *Czerepanovii*), смрча (*Picea abies*) и бијели бор (*Pinus sylvestris*) помјериле границу дрвећа навише за максимално 200 m н. в. (на већини локалитета промјене су мањих магнитуда због топоклиматских ограничења) (Kullman, L., 2010). У Шведској пројекције показују да ће шумска граница бити за 233–677 m виша у зависности од климатског сценарија и локалитета (Moen, J. et al., 2004. према Reid, H., 2006). Граница дрвећа у Финској помјериће се навише за око 200 m, на висине на којима је била за вријеме атлантског топлог периода прије око 4.500–7.500 година (Kellomäki, S., 1996. према Kappelle, M. et al., 1999). Поједине области богате ендемским врстама и уопште врстама тропске алпинске вегетације могу бити у потпуности замијењене монтаним магловитим шумама тренутно присутним на нижим надморским висинама (Halpin, P. N., 1994. према Kappelle, M. et al., 1999). Kelly, A. E. & Goulden, M. L. (2008) компаративном анализом биљног покривача дуж 2.314 m н. в. на Санта Роса планинама у јужној Калифорнији у 1977. и 2006/2007. години утврдили су да је са глобалним

загријавањем, повећањем варијабилности падавина и смањењем количине снијега просјечна надморска висина доминантних биљних врста за тридесет година порасла за око 65 m. Аутори истичу да је наведено помјерање према вишим надморским висинама више резултат помјерања висине на којој је врста доминантно распоређена у оквиру постојећег ареала него ширења ареала на нове висине.



Слика I – 22: Типови промјена распрострањења врсте са порастом надморске висине узроковани савременим климатским промјенама
(Breshears, D. D. et al., 2008)

На основу резултата теренских истраживања *Breshears, D. D. et al. (2008)* идентификовали су најмање три различита типа промјене распрострањења врста са порастом надморске висине (исто се може примијенити и на географску ширину): (1) промјена ареала која подразумијева поједностављену претпоставку паралелних помјерања централног дијела ареала (гдје је врста најзаступљенија) и крајњих граница ареала врсте, што значи да се читав ареал помјера навише, (2) промјена ареала која подразумијева да апсолутне границе постојећег ареала остају

непромијењене, али се централно тежиште распрострањења врсте помјера ка вишим надморским висинама и (3) промјена ареала усљед веома распрострањеног морталитета у оквиру постојећег ареала врсте.

Чак и у планинским областима гдје граница дрвећа није помјерена навише, промјене у саставу постојећих шума откривају утицај повећаног загријавања, јер се састав заједница мијења у правцу повећања бројности врста којима је потребна већа количина топлоте (*Adams, J., 2010*).

Пројекције великог броја модела указују на то да ће се величина ареала одређених врста смањивати како се клима буде мијењала. Истраживање динамике ареала 50,000 врста на глобалном нивоу показало је да ће се величина ареала 57 ± 6 % биљака и 34 ± 7 % животиња смањити за више од 50 % до 2080-их година уколико глобална температура ваздуха порасте за 3,5 °C у односу на преиндустријски ниво (са омогућавањем врстама да се распростиру по осмотреним стопама у области које ће тек постати климатски погодне) (*Warren, R. et al., 2013a*. према *Oppenheimer, M. et al., 2014*).

Пројекције промјена распрострањења биљних врста у Европи показују да су планинске и медитеранске врсте најугроженије, док се у бореалној зони очекује имиграција врста из јужних подручја континента (*Ohlemüller, R. et al., 2006*. према *Sykes, M. T., 2009*). Такође, у планинским подручјима више уско специјализованих врста може нестати како се граница дрвећа буде помјерала према вишим надморским висинама (*Sykes, M. T., 2009*). *Bakkenes, M. et al. (2002)* наводе да ће према постојећим пројекцијама климатских промјена само 32 % биљних врста у Европи које су 1990. године постојале у просјечној гридизованој ћелији мреже бити у њој присутно и у 2050. години (*Reid, H., 2006*). Многе европске врсте могу бити замијењене новим врстама које су боље прилагођене на више температуре и на стрес узрокован учесталијом, дуготрајнијом и интензивнијом сушом. Тако су, на примјер, у Холандији термофилне биљне врсте постале 60 % чешће у односу на период прије тридесет година, док је смањено присуство врста прилагођених на хладне услове средине (*Tamis, W. L. M. et al., 2005*).

У условима климатских промјена потребно је преиспитати и ефикасност постојећих мрежа заштићених подручја да очувају и заштите глобални биодиверзитет од њиховог негативног утицаја. У Европи су већ извршена одређена истраживања која су процјењивала ефикасност заштићених подручја и подручја која се налазе у мрежи NATURA 2000 у очувању биљних врста и врста кичмењака у климатским условима који се мијењају. *Araújo, M. B. et al. (2011)* утврдили су да ће до 2080. године $58 \pm 2,6$ % врста изгубити погодне климатске услове у заштићеним подручјима, као и $63 \pm 2,1$ % заштићених врста у NATURA 2000 подручјима. Аутори наводе да ће заштићена подручја и даље задржати веће климатске погодности за врсте од незаштићених подручја, што неће бити случај са NATURA 2000 подручјима. То указује на то да постоји велики ризик да су досадашњи напори који се предузимају у циљу очувања биодиверзитета у Европи угрожени климатским промјенама. Да би се они отклонили, биће потребно креирати и имплементирати нове политике и стратегије заштите биодиверзитета које узимају у обзир и мјере за ублажавање и прилагођавање на климатске промјене (*Araújo, M. B. et al., 2011*).

3.4. Утицаји на биљне заједнице и еко-системе

Вишеструко сложене климатске промјене утичу на све нивое биодиверзитета, од организма, преко популације, врсте, биоценозе и еко-система, до биома (*Bellard, C. et al., 2012*). Утицај климатских промјена на биљни свијет може бити директан, који се манифестује кроз већ наведене утицаје на физиологију (метаболичке и репродуктивне процесе) индивидуа и популација или индиректан кроз промјене у еко-систему, а који се манифестује у промјенама састава врста у заједници или промјенама интеракција међу врстама – укључујући односе предатора и плијена, односе конкуренције, опрашивање, ланце исхране итд. (*Stenseth, N. C. et al., 2002*). Пораст глобалне температуре, промијењена количина и режим падавина, дуже трајање периода без мраза и друге климатске промјене могу довести до смањења или фрагментације станишта многих биљних врста и стварања нових еколошких услова за поједине биљне заједнице и еко-системе (*Root, T. L. et al., 2003*; *Golubyatnikov, L. L. & Denisenko, E. A., 2007*). Са све израженијом фрагментацијом

станишта врсте нису у могућности да се крећу према климатски повољнијим предјелима, јер је њихова спрособност распрострања недовољна да савладају баријере између преосталих природних подручја (*Kappelle, M. et al., 1999*). Иако се многе промјене у саставу заједница могу приписати фрагментацији или измјенама станишта и другим „неклиматским“ узроцима, висока корелација између промјена састава врста и савремених климатских промјена, као и учесталости поремећаја узрокованих временским приликама доказана је многим истраживањима (*Rosenzweig, C. et al., 2007*). Синергија брзих климатских промјена (глобално загријавање и све учесталији и интензивнији екстремни климатски догађаји) и других притисака и утицаја (а нарочито фрагментације и уништавања станишта) лако може пореметити интеракције међу врстама у заједници, те довести до стварања новог састава врста у заједници, јер врсте у складу са својим еколошким потребама и могућностима различито реагују на наведене спољашње притиске и промјене (*Rosenzweig, C. et al., 2007; Root, T. L. et al., 2003*).

Састав врста у животним заједницама одраз је интеракција међу организмима, као и између организама и абиотичке средине (*Walther, G. R. et al., 2002; Rosenzweig, C. et al., 2007*). Интеракције међу врстама, које су међу најважнијим снагама које обликују структуру заједнице, обично су зависне од климатских услова. Стога велике разлике у реакцији на климатске промјене међу врстама могу утицати на измјене састава и структуре биљних заједница (*Gilman, S. E. et al., 2010; Fitter, A. H. & Fitter, R. S. R., 2002*). Истраживања се углавном фокусирају на директне утицаје климатских промјена на поједине врсте, али промјене интеракција међу врстама могу снажно утицати на то како ће се климатске промјене одразити на организме (на свим просторним скалама) – на промјену њихове индивидуалне способности, географског распрострањења, те структуре и динамике њихове заједнице (*Gilman, S. E. et al., 2010*). Различити утицаји климатских промјена на популације и врсте вјероватно ће довести до модификација интеракција унутар еко-система – првенствено односа као што су: конкуренција, однос предатора и плијена, однос домаћина и паразита, мутуализам, опрашивање, преношење болести, ланци исхране и др. (*Gilman, S. E. et al., 2010; Walther, G. R., 2010*;

Bellard, C. et al., 2012). Дакле, са климатским промјенама очекује се знатан утицај не само на врсте већ и на њихову интеракцију са другима врстама на истом или сусједним трофичким нивоима унутар еко-система, што може појачати директне ефекте климатских промјена (*Walther, G. R., 2010*). Када врсте које су у блиској интеракцији или конкуренцији показују дивергентне реакције на промјене, њихова интеракција може се промијенити (*Walther, G. R. et al., 2002*). Истраживање 9.650 интерспецијских система (укључујући и опрашиваче и паразите) показује да би око 6.300 врста могло нестати након изумирања врста с којима су у интеракцији (*Koh, L. P. et al. 2004*. према *Bellard, C. et al., 2012*).

Климатске промјене могу промјеном фенологије врста, промијенити и вријеме њихове интеракције са другим врстама (*Yang, L. H. & Rudolf, V. H. W., 2010*). Уколико климатске промјене изазову несклад између фенолошких промјена, код популација биљака цвјетница и њихових опрашивача инсеката може доћи до изумирања и биљке и опрашивача, јер се, на примјер, вријеме цвјетања биљке можда више неће поклапати са присуством опрашивача (*Gilman, S. E. et al., 2010*). Ипак, врло је вјероватно да ће и у промијењеним условима климе цвјетнице остати приближно синхронизоване са врстама које их опрашују и од којих увелико зависе (*Sparks, T. H. et al., 2000*). Ипак, забиљежени су и случајеви различитих фенолошких реакција на климатске промјене врста у оквиру исте заједнице (*Both, C. et al., 2009; Yang, L. H. & Rudolf, V. H. W., 2010*). На примјер, неуобичајено топло прољеће у сјеверном Јапану довело је до знатно ранијег цвјетања неколико прољећних ефемерних биљака у односу на вријеме присуства њихових опрашивача пчела, што је резултирало драстичним смањењем производње сјемена тих врста (*Kudo, G. et al., 2004*. према *Yang, L. H. & Rudolf, V. H. W., 2010*). Такође, климатске промјене могу довести до несклада времена потреба и доступности хране у ланцима исхране (*Stenseth, N. C. et al., 2002; Walther, G. R., 2010*), јер сви појединачни организми укључени у различите трофичке нивое не реагују подједнако и/или не реагују на исти утицај фактора животне средине (*Walther, G. R., 2010*). Дугорочна студија *Both, C. et al. (2009)* у Холандији показала је да су климатске промјене другачије утицале на фенологију врста повезаних у ланцу исхране и нарушиле интеракције на четири трофичка

нивоа. Аутори су утврдили тренд ранијег јављања пупања храста (за 0,17 дана годишње) и тренд ранијег достигања максималне биомасе гусјеница (за 0,75 дана годишње), као и ранијег датума излијегања врабаца (за 0,36–0,50 дана годишње), који су присутни од средине 1980-их година, док датум излијегања птичјих предатора није показивао тренд. Дакле, вријеме максималне биомасе гусјеница остало је уско повезано са датумом пупања храста, као и вријеме излијегања врабаца са присуством максималне биомасе гусјеница. Ипак, реакција потрошача на промјене климе била је слабија него реакција извора њихове хране. Излијегање предатора није било у корелацији са максималним присуством врабаца. Као резултат, усклађеност између времена потражње и доступности хране погоршали су се током времена и за врапце и за њихове предаторе.

Са промјеном климатских услова такође може доћи до промјене конкурентске способности одређених врста. Врста која раније започне развој узурпира расположиве ресурсе и спречава конкурентну врсту која се касније развија да изврши колонизацију, а с временом те пролазне промјене могу постати трајне (*Gilman, S. E. et al., 2010*). На примјер, раније одвијање фенофазе листања дрвећа у прољеће даје му предност над конкурентима у погледу раста, јер омогућава да заузме већи дио шуме (*Dudley, N., 2001*. према *Reid, H., 2006*). Алохтоне врсте могу са промјеном климатских услова савладати дотадашње препреке и постати нови члан у саставу живог свијета одређене заједнице (*Walther, G. R. et al., 2002*). Климатске промјене могле би смањити и ефикасност постојећих механизма контроле инвазивних врста (*Klein, R. J. T. et al., 2014*), а може доћи и до ширења алохтоних врста штеточина (може се такође повећати и број аутохтоних штеточина) (*Reid, H., 2006*).

Промијењене интеракције међу врстама могу довести до губитка биодиверзитета или деградације еко-система, али и до стварања нових односа између врстама, као и до нових комбинација у саставу врста у заједници (*Sykes, M. T., 2009*). Ипак, утицај климатских промјена на многе сложене интеракције међу врстама које чине основу функционисања еко-система још је недовољно истражен и познат (*Reid, H., 2006*). Успјешност мјера прилагођавања на климатске промјене зависи

од идентификовања интеракција између врста које су најугроженије или најрањивије на промјену климе, као и оних које су кључне детерминанте структуре и функција заједнице (*Gilman, S. E. et al., 2010*).

С обзиром на то да биогеохемијско функционисање еко-система зависи од збира међусобно повезаних активности организама у њему, односно начина и стопе одвијања процеса у њему (на примјер, фотосинтезе, дисања, асимилације CO₂, нитрификације, распадања органских материја итд.) (*Kappelle, M. et al., 1999*), промјеном физиологије врста, климатске промјене могу утицати и на функционисање еко-система у цјелини. Промјене климатских елемената које превазиђу физиолошке могућности врсте и/или наруше и поремете њихове функционалне односе са другим врстама, могу довести до изумирања врста или њиховог мигрирања у друга подручја, што може имати за посљедицу смањење биодиверзитета у датом еко-систему (*Kappelle, M. et al., 1999*). Постаје јасно да губици врста или одређених функционалних група из еко-система могу у неком тренутку пореметити његово функционисање и угрозити ресурсе и користи неопходне човјечанству, јер поједине врсте и функционалне групе биљака обављају јединствене функције и не могу бити замијењене другим (*Kappelle, M. et al., 1999*). Губитак врста са сличним функцијама у еко-систему може смањити његову отпорност и могућност прилагођавања на климатске промјене (*Kappelle, M. et al., 1999*).

3.5. Утицаји на изумирање врста

Природне климатске промјене доста спорије од савремених изазвале су знатне промјене еко-система и изумирање врста током протеклих неколико милиона година (*IPCC, 2014*). Основним узроцима масовног изумирања више од 95 % врста мегафлоре крајем тријаса (прије око 200 милиона година) сматрају се повећање концентрације CO₂ за 3–4 пута (због обимног базалтног вулканизма) и пораст средње глобалне температуре за 3–4 °C (*McElwain, J. C. et al., 1999*. према *Füßel, H. & van Minnen, J. G., 2001*). Ипак, засада се само неколико примјера савременог изумирања врста приписује климатским промјенама (*IPCC, 2014*).

Иако су врсте и раније током своје еволуционе историје реаговале на климатске промјене, примарна брига за врсте и њихове еко-системе данас јесу садашњи интензитет и брзина промјена, који превазилазе све природне варијације у посљедњих 1.000 година, а можда и у даљој прошлости, па могу довести до повећања стопе изумирања врста (*Reid, H., 2006*). Тако велика брзина промјена отежава могућност врстама и еко-системима да се прилагоде на нове климатске услове (*Reid, H., 2006*). Такође, модерни пејзаж пружа мало флексибилности еко-системима да се прилагоде брзим промјенама у животној средини, јер, за разлику од миграција у историји, данас врсте морају мигрирати кроз предио који је све више „непроходан“ због веома распрострањеног уништавања и фрагментације природних станишта (*Kappelle, M. et al., 1999; Reid, H., 2006*). Међувладин панел за климатске промјене наводи да је у Европи могућност адаптације природних еко-система генерално ниска, дијелимично и због углавном фрагментираних природних или полуприродних станишта у високоурбанизованом и пољопривредном пејзажу (*Reid, H., 2006*). Током протеклих деценија, фрагментација и уништавање станишта довели су до смањивања биодиверзитета на локалном, регионалном и глобалном нивоу (*Kappelle, M. et al., 1999*). Фрагментација станишта која спречава распрострањавање врста према погоднијим стаништима и оставља популације у изолацији или једноставно недостатак нових одговарајућих области за колонизацију (на примјер, на вишим надморским висинама) данас играју важну улогу у изумирању врста (*Rosenzweig, C. et al., 2007*).

Кључни показатељи изложености врста ризику од изумирања (глобалног губитка свих индивидуа) или екстирпације (губитка популације на одређеном локалитету) јесу: величина њеног ареала, густина индивидуа у ареалу и обиље погодних станишта у оквиру ареала (*Rosenzweig, C. et al., 2007*). Смањење било којег од наведених елемената (на примјер, смањење величине ареала због фрагментације станишта) може узроковати смањење бројности популације (*Rosenzweig, C. et al., 2007*). Сваки од ових елемената изложен је директном утицају брзог глобалног загријавања, али изумирање и екстирпацију појединих врста најчешће узрокује заједничко дјеловање више фактора који врше притисак на врсте (*Rosenzweig, C. et al., 2007*).

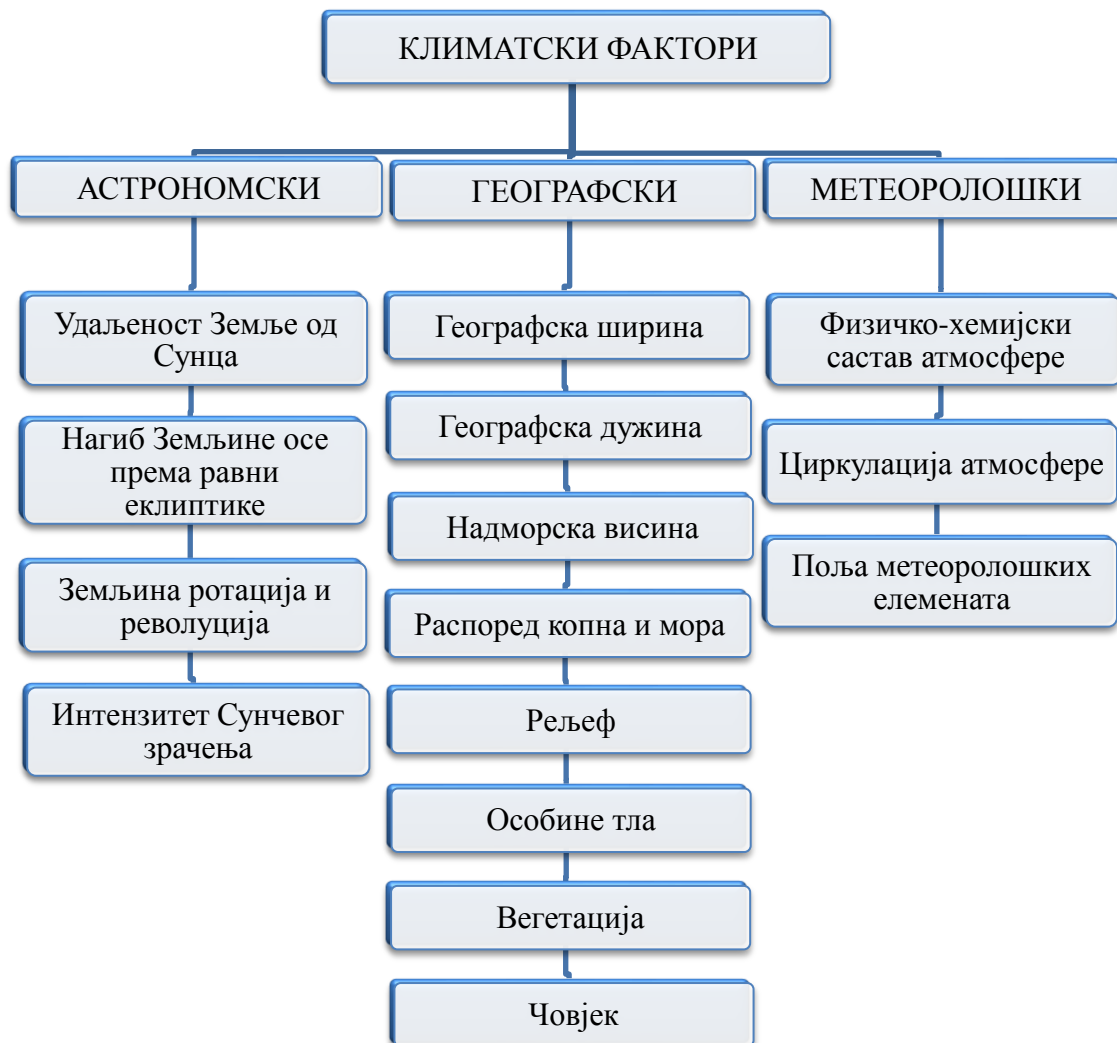
Reid, H. (2006) наводи резултате *Thomas, C. D. et al. (2004)*, који су на основу анализе пет региона у свијету закључили да ће 24 % врста и таксона у њима бити на путу истребљења до 2050. године ако се садашња стопа климатских промјена настави и даље (у различитим сценаријима глобалног загријавања тај проценат се креће од 15 % до 37 %). За многе врсте климатске промјене ће представљати већу пријетњу опстанку него уништавање њихових природних станишта (*Reid, H., 2006*). У *Четвртом извјештају о процјени климатских промјена* Међународни панел за климатске промјене наводи да ће 20–30 % биљних и животињских врста које су до сада процијењене (на непристрасном узорку) вјероватно бити под високим ризиком од изумирања, ако пораст средње глобалне температуре пређе 2–3 °C у односу на преиндустријски ниво (*Oppenheimer, M. et al., 2014*). *Thuiller, W. et al. (2005)* на основу пројекција распрострањења 1.350 европских биљних врста до краја XXI вијека и седам сценарија климатских промјена утврдили су да ризици од изумирања врста могу бити велики, чак и према умјереним сценаријима промјена и упркос постојању разлика између модела – више од половине анализираних врста могло би до 2080. године бити сврстано у категорију рањиве врсте или угрожене врсте према критеријумима *Црвене листе* Међународне уније за очување природе (IUCN). Очекивани губитак врста изузетно је промјенљив у зависности од сценарија (27–42 %) и региона (2,5–86,0 %) (*Thuiller, W. et al., 2005*). Високопланинске врсте су најосјетљиве на климатске промјене (60 % губитка врста), док ће бореална зона изгубити само неколико врста (али ће стицати друге имиграцијом). Ипак, највеће промјене очекују се на прелазу између Медитеранског и Евросибирског региона (*Thuiller, W. et al., 2005*).

IPCC наводи да ће се ризик од изумирања врста повећати у односу на преиндустријски и садашњи период, према свим сценаријима климатских промјена, као резултат велике брзине и интензитета климатских промјена (*IPCC, 2014*). Глобално загријавање, губитак ледника у океанима, промјене падавина, смањење протицаја ријека, повећање киселости океана, смањење садржаја кисеоника у океану и др., у интеракцији са истовременим измјенама станишта, прекомјерном експлоатацијом, загађењем свих компоненти животне средине, еутрофикацијом и ширењем инвазивних врста, могу довести до повећаног ризика од изумирања врста у блиској будућности (*IPCC, 2014*).

II. ОПШТЕ ЕКОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПРОСТОРА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

1. КЛИМАТСКИ ФАКТОРИ

Под климатским факторима подразумевамо чиниоце који утичу на претварање соларне климе у физичку (терестричку) климу. То су условно непромјенљиви спољашњи и унутрашњи фактори који се у оквиру климатског система дугорочно испољавају на атмосферу (Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004). Климатске факторе можемо подијелити на: астрономске, географске и метеоролошке.



Слика II – 1: Подјела климатских фактора (Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004)

Од географске ширине зависи зоналност у расподјели климатских елемената, прије свега температуре, која са собом повлачи и зоналност у расподјели других климатских елемената, као и зоналност у распрострањењу биљног и земљишног покривача. Зоналност у расподјели температуре условљена је непосредном зависношћу износа топлоте коју Земља добија од Сунца (радијације), која се смањује са порастом географске ширине, јер степен загријаности подлоге, па самим тим и ваздуха изнад ње, зависи, прије свега, од величине упадног угла Сунчевих зрака (*Burić, D. et al., 2013*). Република Српска, која се простире између $45^{\circ} 16' 34''$ с. г. ш. и $42^{\circ} 33' 19''$ с. г. ш., налази се у сјеверном умјереном топлотном појасу, који карактерише нормална смјена обданице и ноћи, умјерена количина топлоте, изражена четири годишња доба и јављање најтоплијег и најхладнијег мјесеца у години након љетног и зимског солстиција (*Шегота, Т., 1976*. према *Трбић, Г., 2010*). Република Српска налази се у сјеверним умјереним ширинама у којима угловни моменат условљава појачане западне зоналне струје и поремећаје у њима са порастом географске ширине (*Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004*).

Утицај географске дужине је посредан – распоред копна и мора, тј. удаљеност неког подручја од мора, одређује његов степен маритимности или континенталности. Због тога што се вода и копно различито загријавају, јер имају различите специфичне топлоте и алbedo, те због тога што вода пропушта свјетлост до 20 m дубине, а копно уопште не, створена су два основна климатска типа: континентални и маритимни, који се разликују првенствено у годишњем ходу температуре ваздуха, који је у континенталним подручјима много већи него у маритимним, као и помјерању времена јављања екстремних температура – најтоплији и најхладнији мјесец у маритимним областима јављају се касније у односу на континенталне зоне, јер се вода спорије загријева, али и спорије хлади. Граница између простора са преовлађујућим утицајем маритимне и континенталне климе може се одредити помоћу два најважнија критеријума: 1) по режиму падавина – у областима континенталне климе више падавина се излучи у љетној половини године, а у маритимној у зимској и 2) по режиму температура – у областима континенталне климе прољеће је топлије од јесени, а у областима маритимне ситуација је обрнута (*Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004*).

Република Српска, која се простире између $16^{\circ} 11' 06''$ и. г. д. и $19^{\circ} 37' 44''$ и. г. д., има израженији континентални климатски тип. Степен континенталности генерално расте од запада према истоку и од југа према сјеверу. Ипак, подручје се налази под утицајем како континенталних (сибирских) тако и маритимних (атлантских) ваздушних маса (Трбић, Г., 2010).

Рељеф је изузетно важан климатски фактор, јер се с промјеном висине, облика и оријентације појединих елемената рељефа мијењају сви климатски елементи атмосфере (Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004). Утицај рељефа првенствено се односи на утицај надморске висине, која условљава појаву вертикалних градијената климатских елемената са њеним порастом. Рељеф на климу утиче својим макроформама и мезоформама. Планине и котлине, као макроформе, утичу на климу правцем пружања, надморском висином, рашчлањеношћу, експозицијом итд. Модификаторска улога планина манифестује се на три основна начина: 1) као препреке вјетровима онемогућавају размјену топлих и хладних ваздушних маса, 2) као изворишта ваздушних струјања планинске падине и долине због различитих нагиба различито се загријавају, што за последицу има појаву локалних вјетрова и 3) са порастом надморске висине мијењају се сви климатски елементи, што доводи до стварања посебног климатског типа – планинске климе (Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004; Милосављевић, М., 1976). Осим планина, важан утицај на климатске услове имају отворене и затворене депресије, сужења у ријечним долинама и др. (Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004).

Планински системи средње и југоисточне Европе: Алпе, Високе Татре, Карпати и Динариди имају знатан модификаторски утицај на климу Републике Српске – западни дио алпског планинског лука у великој мјери слаби утицај Атлантског океана, са којег долазе топле и влажне ваздушне масе, Високе Татре и Карпати слабе утицај хладних сибирских ваздушних маса са сјевера и истока, док Динариди у великој мјери спречавају продор топлих ваздушних маса са Јадрана и Медитерана (Трбић, Г., 2010). Детаљнија анализа рељефа и његовог модификаторског утицаја на климу и биљни свијет Републике Српске биће приказана у поглављу *Орографски фактори*.

Врста подлоге (земљишта) има прије свега битан еоклиматски модификаторски утицај, који је условљен његовим физичким и хемијским особинама. Као

климатски фактор, подлога утиче првенствено на биланс зрачења, задржавање падавина, испаравање и отицање, који зависе од њеног албеда, терестричког зрачења и апсорпције топлоте. Одлике земљишног покривача у Републици Српској биће приказане у поглављу *Едафски фактори*.

Водене површине као климатски фактор утичу на све климатске елементе, али највише на температуру ваздуха, ваздушни притисак, вјетар, испаравање, влажност ваздуха и кружење воде у атмосфери (*Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004*).

Велике водене површине смањују дневно и годишње колебање температуре ваздуха, а повећавају влажност ваздуха (незнатно и количину падавина), те брзину локалних вјетрова. Највећи утицај имају свакако океани и мора, док је утицај великих ријека и језера ограничен само на њихово приобаље. За климатске прилике у Републици Српској нарочито је важан утицај Атлантског океана, који представља главно извориште влажних ваздушних маса које долазе на наше подручје, а донекле и Средоземно море кроз утицај Ђеновске депресије. Ријечне долине Саве, Уне, Врбаса, Босне, Дрине и других већих ријека мијењају локалне климатске услове само у њиховом непосредном окружењу на начин да повећавају релативну влажност и учесталост дана са маглом, а незнатно смањују ход температуре ваздуха (*Трбић, Г., 2010*).

Веgetациони покривач као климатски фактор највећи модификаторски утицај има на температуру ваздуха, влажност ваздуха, облачност, падавине и јачину вјетра (*Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004*). Специфична топлота биљака знатно је већа од било које врсте земљишта или стијена (посљедица велике количине воде у њима). Активни слој биљног покривача, било да га чине горње површине трава, жбуња или дрвећа, не пропушта Сунчеве зраке до Земљине површине већ их задржава у горњим спратовима вегетације, гдје их претвара у топлотну енергију. Због тога се Земљина површина под вегетацијом не може толико ни загријати ни расхладити као гола стијена (*Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004*). Такође, испаравање се врши и са активног слоја вегетације (транспирација) и са земљишта (*Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004*). Биљни покривач (нарочито шумски) дјелује као знатна препрека која смањује брзину вјетра. Од свих биљних формација, шуме имају највећи утицај на климу – ублажавају температурне екстреме, повећавају

апсолутну и релативну влажност ваздуха, што има утицаја и на облачност изнад ње, смањују брзину вјетра итд. (*Милосављевић, М., 1976*).

Антропогени фактор с развојем технике и технологије постаје све важнији модификатор климе. Негативни утицаји људских активности и дјелатности огледају се у загађењу атмосфере повећањем садржаја аеросола, радиоактивних честица и штетних гасова (СО, СО₂, Н₂С и др.). Највеће загађиваче представљају: индустријска и енергетска постројења, саобраћај, велике градске агломерације („урбана острва топлоте“), градске топлане, пољопривредна производња (употреба минералних ђубрива, пестицида и др.) итд. О њиховом утицају на промјене климе већ је било ријечи у поглављу *Покретачи климатских промјена*.

Општа и регионална атмосферска циркулација и кретање ваздушних маса (циклона и антициклона), које се током цијеле године или у поједини сезонама врши преко овог простора и у његовом непосредном окружењу, такође, имају велики утицај на климу Републике Српске (*Вемп, М., 1954*. према *Трбић, Г., 2010*). Изнад Атлантика, Сибира, Арктика, Медитерана и Сахаре формирају се ваздушне масе различитих физичких особина, које различито утичу на временске прилике и климу на нашем подручју (*Трбић, Г., 2010*).

Република Српска налази се између два стална акциона центра атмосфере – Азорског антициклона у суптропским ширинама и Исландске депресије у субполарним ширинама. Ови системи високог и ниског ваздушног притиска на сјеверној хемисфери формирају Сјеверноатлантску осцилацију (NAO), која снажно утиче на вријеме у Европи (*Hordon, R. M., 2005a*), па и на нашим просторима. Азорски антициклон, пространи атмосферски центар са релативно сталним високим ваздушним притиском, развија се у суптропском региону источног дијела сјеверног Атлантика у близини Азорских острва на 25–35° с. г. ш. током сезона зима и прољеће на сјеверној хемисфери (*Hordon, R. M. & Binkley, M., 2005*). Најизраженији је у сезони љето, када су знатне разлике у загријаности копна и океана. Ваздушни притисак у централном дијелу антициклона износи 1024 mb. Веома је постојан и условљава ведро, топло и суво вријеме. Исландска депресија је полупостојани центар ниског ваздушног притиска, чији се центар обично налази у сјеверном Атлантику (изнад Сјеверног или Норвешког мора), тј.

између Исланда и јужног Гренланда на 60–65° с. г. ш. (*Hordon, R. M., 2005a*). У јануару је у центру циклона ваздушни притисак нижи од 996 mb (*Hordon, R. M., 2005a*). Формира се у зимској половини године на сјеверној хемисфери, када је океан релативно топлији од хладног европског копна, а током љета, како копно постаје све топлије, а океан релативно хладнији, у великој мјери слаби и долази до смањивања његове величине. Југоисточном периферијом Исландска депресија може захватити и наше подручје и тада по висини постоје јаке струје и јављају се дуготрајније падавине (*Burić, D. et al., 2013*). Сјеверноатлантска осцилација, као периодична флукуација у расподјели ваздушног притиска, главни је извор међугодишње варијабилности у атмосферској циркулацији у сјеверном Атлантику и у Европи. Висока вриједност NAO индекса, који представља нормализовану аномалију притиска на нивоу мора од децембра до фебруара између Азорских острва (или Португала) и Исланда, значи да је присутна снажна активност исландске депресије, која повећава утицај хладних арктичких ваздушних маса на сјевероистоку Сјеверне Америке и појачава струјање западних вјетрова који у западну Европу доносе топле и влажне ваздушне масе (*Lockwood, J. G., 2005*).

Неједнако загријавање великих копнених и водених површина условљава појаву акционих центара сезонског карактера. Сибирски (азијски) антициклон је полупостојани систем високог атмосферског притиска који се формира сјеверније од 45° с. г. ш. (центар антициклона налази се у сјевероисточном Сибиру, у области Јакутска) током хладније половине године у условима дуготрајније стабилности атмосфере и екстремно хладног времена са изузетно ниским температурама ваздуха (и до -50 °C) (*Hordon, R. M., 2005b*). Припада групи термичких антициклона, јер се формира усљед интензивног хлађења површинских слојева ваздуха изнад азијског континента током зиме. Притисак у центру антициклона износи и преко 1.040 mb (највиши притисак икада забиљежен на Земљи забиљежен је у сибирском антициклону) (*Hordon, R. M., 2005b*). Састављен је од хладног и густог ваздуха. Обично је врло плитак и његов утицај се ријетко осјећа изнад 2.400 m н. в. (*Hordon, R. M., 2005b*). Активан је зими, а љети усљед загријавања пространог азијског копна нестаје. У Републици Српској хладни сибирски антициклон условљава стабилно, суво и хладно вријеме са хладним вјетром сјеверног смјера. На нашим просторима снажни продори

арктичких континенталних ваздушних маса, који узрокују појаву хладних таласа, могу се јавити неколико пута у хладном дијелу године (у просјеку 4–5 пута) (*Шегота, Т., 1976. према Трбић, Г., 2010*).

Током прољећа и јесени велики утицај на климатске услове у Републици Српској имају медитерански циклони (*Дуцић, В. & Радовановић, М., 2005*). Сјеверозападни дијелови Медитерана, а нарочито Ђеновски залив, подручја су честог стварања депресија (циклогенезе), нарочито у хладном дијелу године. Ђеновска депресија представља систем ниског ваздушног притиска који се развија јужно од планинског вијенца Алпа у подручју Ђеновског залива, Лигурског мора, долине ријеке По, Венецијанског залива и сјеверног Јадрана. Настаје као резултат уласка ваздуха из сјеверног Атлантика у Медитеран између Алпа и Централног масива, преко долине ријеке Роне. Доноси хладне и влажне ваздушне масе. Путања циклона Vc креће се долином ријеке Саве и на нашем подручју условљава максимум падавина крајем прољећа и почетком љета (секундарни максимум се јавља крајем јесени).

У сезони љето на нашем подручју долази до повремених продора топлих ваздушних маса са југа, из Сахаре и са Медитерана, који условљавају веома топло и суво вријеме (*Трбић, Г, 2010*).

2. ОРОГРАФСКИ ФАКТОРИ

Орографски фактори су уз климу кључни фактори који утичу на развој и распрострањење биљака. Ипак, утицај рељефа (топографије) посредан је и огледа се у модификацији утицаја непосредних фактора (првенствено климатских и едафских). Рељеф утиче на расподјелу топлоте и падавина на површини Земље (*Курнишкова, Т. В. & Петров, В. В., 1987*). Топографија одређује микроклиматске услове на сваком станишту – апсорпција радијационе топлоте коју добијају земљиште и биљке и влажност земљишта зависе од изложености странама свијета (експозиције) и нагиба падине. Влажност земљишта обично је већа на падини окренутој ка сјеверу него југу, док су јужне експозиције топлије и сувље (*Валтер, Г., 1982*).

Орографски фактори обухватају утицај: надморске висине, рашчлањености рељефа (конфигурације терена), нагиба терена (инклинације) и експозиције (изложености странама свијета) (Алехин, В. В., 1944).

С порастом надморске висине мијењају се основни климатски елементи – температура ваздуха опада (за 0,55 °С на сваких 100 m н. в.), дневна температурна колебања постају већа, дужина трајања вегетационог периода се скраћује, ваздушни притисак и садржај водене паре се смањују, а количина падавина, учешће снијега у укупној количини падавина, трајање сњежног покривача, јачина вјетра, радијација и ултравиолетно зрачење повећавају се. Таква промјена климатских услова са порастом надморске висине условљава да на већим надморским висинама састојине имају мањи прираст и да све фенофазе њиховог развоја почињу касније, а и више времена је потребно за њихово одвијање, док се сви физиолошки процеси одвијају брже због краћег вегетационог периода (Говедар, З., 2011). С порастом надморске висине смјењују се различити климатски висински појасеви, који су условили формирање различитих вегетацијских висинских појасева са специфичним биљним свијетом: планарни, колински, субмонтани, монтани, виши монтани, субалпински, алпински, субнивални и нивални. На којој надморској висини ће се формирати одређени вегетацијски појас, зависи од величине самог планинског масива, географске ширине на којој се налази, као и његове удаљености од мора. На подручју Републике Српске са порастом надморске висине смјењују се различити типови шумске вегетације – од листопадних лишћара, преко мјешовитих лишћарско-четинарских, до чистих четинарских шума. Изнад појаса шума налази се појас субалпинских и алпинских пашњака и зона вјечног снијега.

Експозиција (изложеност терена странама свијета) утиче на топоклиматска својства станишта – условљава разлике у јачини свјетлости, осунчаности, топлоти и влажности. Најоштрији контрасти у еколошким условима постоје између сјеверних и јужних експозиција. На сјеверној хемисфери падине окренуте према југу много се више загријавају него сјеверне, јер Сунчеви зраци падају на њих под већим углом. Због тога су сјеверне експозиције хладније, влажније и слабије освијетљене, док су јужне топлије и имају ксерофитнији карактер (Алехин, В. В., 1944). Експозиција одређује и изложеност падина доминантним вјетровима.

Подручја која се налазе у завјетрини примају знатно већу количину падавина. Због свог модификаторског утицаја на друге еколошке факторе (првенствено климатске) експозиција утиче на: „висински појас вегетације, дужину трајања вегетационог периода, број мразних дана и дужину трајања сњежног покривача, испаравање, режим воде у земљишту, педолошке процесе, подмлађивање и др.“ (Говедар, З., 2011). Одређена врста дрвећа достиже већу надморску висину на јужној експозицији него на сјеверној. На јужним планинским странама обично се развијају термофилне заједнице свијетлих шума (на примјер, храстове шуме), а на сјеверним мезофилне и тамне шуме (на примјер, букове шуме) (Говедар, З., 2011). Топле јужне и западне експозиције настајују: црни бор, бијели бор, муника, ариш, китњак, сладун, цер, црни јасен, питоми кестен и др., хладне сјеверне и сјевероисточне експозиције: јела, смрча и буква, прелазне експозиције: јавор, бијели јасен, бријест, липа и др., док молика, граб и багрем успијевају на свим експозицијама, а храст лужњак, пољски јасен и топола на равним неекспонираним теренима (Говедар, З., 2011).

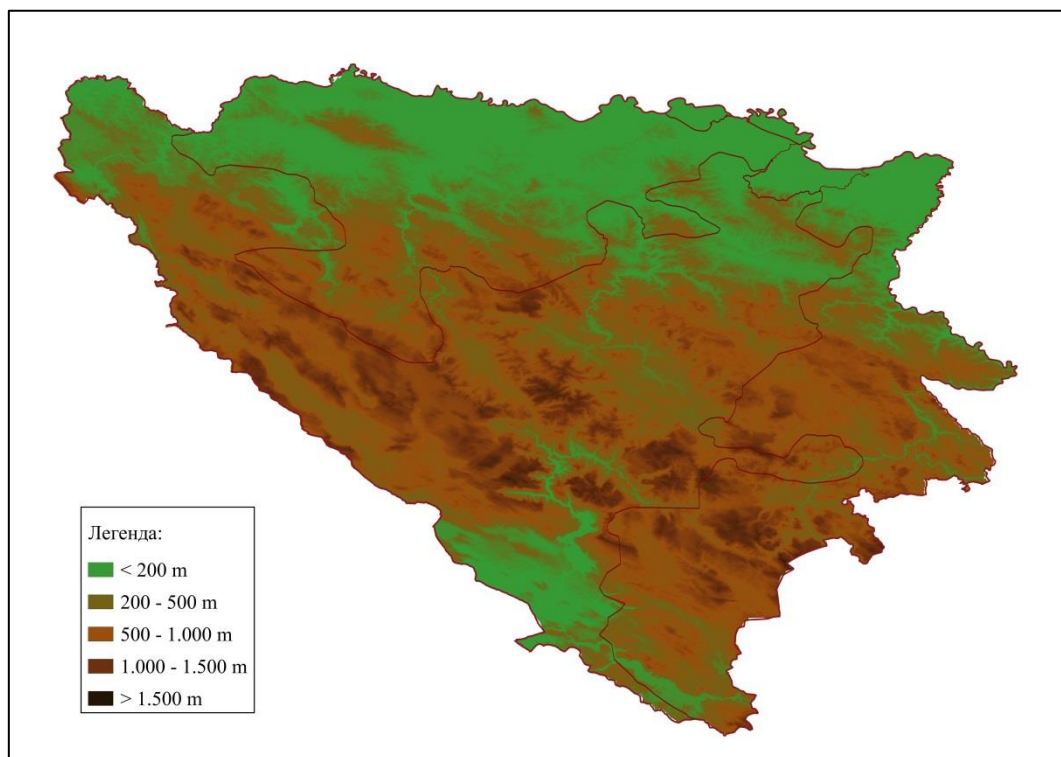
Инклинација (нагиб терена, угао под којим Сунчеви зраци падају на површину) првенствено модификује едафске факторе, тј. карактеристике површине земљишног покривача и процесе који се одвијају у њему. Од нагиба терена зависе степен загријавања и режим влажења и исушивања земљишта. Генерално, са порастом нагиба терена смањују се влажност и дубина земљишта, те трајање топлења снијега, а повећава брзина отицање воде, као и брзина и интензитет процеса ерозије (Говедар, З., 2011). Различити нагиби терена погодују развоју одређених биљних врста – на врло благим нагибима терена ($< 5^\circ$ или $< 9\%$) развијају се: храст лужњак, пољски јасен и тополе, на средње благим ($5-7^\circ$ или $9-12\%$): храст лужњак, граб и липа, на врло стрмим ($25-40^\circ$ или $47-84\%$): смрча, молика, црни бор, бијели бор, ариш, муника, оморика, црни јасен, питоми кестен и храст китњак, док врлетне терене ($> 40^\circ$ или $> 84\%$) може да насељава веома мали број врста међу којима: оморика, црни бор и бијели бор (Говедар, З., 2011).

Конфигурација терена (рашчлањеност рељефа) модификује и климатске услове и педогенетске процесе. На теренима са израженом конфигурацијом, због честих и наглих промјена нагиба, експозиције и надморске висине, стварају се различити микроклиматски услови и мозаични склоп земљишта, што доводи до разлика у

саставу шумских заједница, тј. до појаве или одсуства одређених врста дрвећа (*Говедар, З., 2011*). Посебан утицај на распрострањење биљака има макрорељеф планина, који на релативно малом простору ствара велике висинске амплитуде које условљавају промјену климатских елемената – првенствено температуре и влажности станишта, што за последицу има и одговарајуће смјене висинских вегетацијских зона (*Курнишкова, Т. В. & Петров, В. В., 1987*). Дна дубоких долина у планинским областима примају мању количину топлоте и свјетлости, у њима се акумулирају веће количине падавина и хладне ваздушне масе (са дужим задржавањем снијега), а честе су појаве магле и мраза. Због тога се на таквим стаништима развија хигрофилнија, термофобнија (отпорнија на хладноћу) и сциофилнија вегетација (*Курнишкова, Т. В. & Петров, В. В., 1987*). У таквим условима долази до формирања инверзног распореда вегетације – на примјер, испод појаса храстово-грабових шума у хладним влажним и засјенченим увалама формирају се шуме букве или чак шуме букве и јеле (*Говедар, З., 2011*). Високе елементе рељефа (изражене гребене, планинске врхове и сл.), а нарочито њихове јужне експозиције, које се највише загријавају, насељавају термофилније врсте које захтијевају више топлоте, а имају мање захтјеве према потребној влази (*Курнишкова, Т. В. & Петров, В. В., 1987*). Планине представљају знатне препреке, механичке и еколошке, за продор биљака из једног подручја у друго (*Курнишкова, Т. В. & Петров, В. В., 1987*), те могу одредити границу ареала појединих врста. Мали облици рељефа (микрорељеф и нанорељеф) повећавају разноликост станишта и доприносе стварању мозаичног склопа вегетације (*Курнишкова, Т. В. & Петров, В. В., 1987*). Терене веома изражене конфигурације углавном насељавају: смрча, оморика, молика, муника, црни бор, бијели бор, ариш, буква, храст китњак, црни јасен и др., док храсту лужњаку, пољском јасену и тополи више одговарају равничарски терени (*Говедар, З., 2011*).

У Републици Српској највећим дијелом заступљен је планински рељеф, који доминира средишњим, источним и југозападним дијелом територије, док акумулацијско-тектонски рељеф преовладава на сјеверу и на крајњем југу у завалама ниске Херцеговине. Равничарска подручја (< 200 m) обухватају петину територије Републике Српске. Брежуљкасти терени захватају четвртину, ниске

планине (500–1.000 m) трећину, а средње и високе планине (1.000–2.000 m) петину површине Републике Српске (Тошић, Р., 2008). На надморским висинама изнад 2.000 m налази се само 8,4 km² (Тошић, Р., 2008).



Слика II – 2: Хипсометријска карта Републике Српске и Босне и Херцеговине

Геолошка и тектонска хетерогеност простора Републике Српске условила је диверзификацију рељефа на три макроморфолошке области: панонску област, планинско-котлинску област и јадранску област.

Панонска област обухвата јужни дио дна Панонског басена и његов перипанонски брежуљкасто-брдовити обод у сјеверном дијелу Републике Српске. Панонска низија у Републици Српској заузима само крајњи сјеверни равничарски дио територије, јужно од ријеке Саве, на надморским висинама 100–200 m (ниска Посавина, Лијевче поље и Семберија). Главне елементе рељефа чине алувијалне равни и ријечне терасе, те ниске острвске планине. Подручје дисекују ријека Сава и њене десне притоке – Уна, Врбас, Босна, Усора, Толиса, Лукавац, Дрина и др. Њихове су алувијалне равни, грађене од финих ријечних наноса квартарне

старости, не само најнижи већ и најмлађи облици рељефа. Доминирају мали нагиби терена, на којима је процес ерозије замијењен акумулативним процесима.³ У овом доминантно равничарском рељефу истиче се и неколико ниских хорст и рудних и флишних планина – Козара (978 m н. в.), Просара (363 m н. в.), Љубић (594 m н. в.), Мотајица (652 m н. в.), Требовац (692 m н. в.) и Мајевица (915 m н. в.). Јужни обод Панонске низије на подручју Републике Српске простире се од ријеке Уне на западу до ријеке Дрине на истоку, а чини га ланац средње високих рудних и флишних планина (до око 1.000 m н. в.). Висински представља превојно подручје према планинском систему Динарида, односно планинско-котлинској области.

Планинско-котлинска област заузима највеће пространство у Републици Српској. Простире се јужно од Панонске области све до линије Лебршник–Борач–Вучево–Црвањ–Црна гора (тј. до Јадранске области). У физиономији простора доминирају високе и средње високе планине, те дубоке ријечне долине и неколико неогених котлина. Планине, правца пружања сјеверозапад–југоисток, припадају Динарском систему младих вјеначних планина, који је дио алпског планинског вијенца. Неотектонским издизањем унутрашњих и спољашњих Динарида створен је високопланински појас, који се пружа од унске геофрактуре на сјеверозападу, до Љубишње, Маглића и палеодепресије Гатачког поља на југоистоку (*Лепурица, А., 2012*). То је подручје са највишим апсолутним надморским висинама (Маглић 2.386 m н. в.) и највећом вертикалном рашчлањеношћу рељефа ($> 800 \text{ m/km}^2$) у Републици Српској (*Лепурица, А., 2012*). На подручју унутрашњих Динарида доминирају високи планински масиви: Трескавице (2.086 m н. в.), Лелије (2.032 m н. в.), Зеленгоре (2.014 m н. в.), Маглића (2.386 m н. в.), Љубишње (2.238 m н. в.), Волујака (2.297 m н. в.) и Лебршника (1.985 m н. в.). Изнад 1.700 m н. в. присутни су трагови плеистоценог глацијалног рељефа (на примјер, циркна језера на Зеленгори). Зону „високог крша“ у спољашњим Динаридима чине планине: Клековача (1.961 m н. в.), Виторог (1.907 m н. в.), Вележ (1.969 m н. в.), Баба

³ Терени са нагибом мањим од 10° обухватају око 70 % површине Републике Српске, првенствено у овом сјеверном равничарском подручју, као и по дну крашких поља у Херцеговини (*Тошић, Р., 2008*).

(1.735 m н. в.), Гатачка Бјелашница (1.867 m н. в.) и др. Од овог високопланинског појаса терен се постепено спушта према сјеверу, преко појаса средње високих планина (1.000–1.600 m н. в.), перипанонског обода (< 1.000 m н. в.) до дна Панонске низије, док је пад терена према југу, тј. према Јадранској области, доста стрмији. Појас средње високих планина чине планине претежно карбонатног састава: Мањача (1.236 m н. в.), Тисовац (1.173 m н. в.), Чемерница (1.339 m н. в.), Романија (1.652 m н. в.), Требевић (1.629 m н. в.), Јаворник (1.160 m н. в.), Деветак (1.424 m н. в.), Јавор (1.537 m н. в.), Бокшаница (1.275 m н. в.), Сушица (1.238 m н. в.), Звијезда (1.675 m н. в.), Ковач (1.532 m н. в.) и др. На ширем подручју Романије формиране су кречњачке висоравни (на примјер, Гласиначка површ), као и низ подземних крашких облика рељефа (на примјер, пећина Орловача). Осим наведених планина, у појасу средње високих планина налазе се и планине централног динарског офиолитског појаса: Узломац (1.001 m н. в.), Борја (1.078 m н. в.) и Варда (1.344 m н. в.). Подручје Бирча, Лудмера и Осата формирано је на претежно водонепропустљивијим стијенама дринског палеозоика. Од дубоких кањона и клисура у овој области, треба споменути најдубље кањонске тјеснаце Сутјеске и њене притоке Хрчавке. Котлине створене расједањем између планинских вијенаца, изграђене су од неогених језерских и ријечних седимената. Најзначајније су формиране у композитним ријечним долинама – сарајевска, фочанска, вишеградска, зворничка, рогатичка и др.

Јадранска област обухвата јужни дио Републике Српске, тј. већи дио источне Херцеговине (изузев области високог крша, која се сматра граничном зоном између планинско-котлинске и јадранске области). Област има типична крашка геоморфолошка и хидролошка својства. Најзначајнији облици рељефа су кречњачко-доломитни планински масиви: Црвањ (1.921 m н. в.), Главица (1.441 m н. в.), Вучево (1.602 m н. в.), Живањ (1.696 m н. в.), Лебршник (1.985 m н. в.), Бјеласница (1.396 m н. в.), Ситница (1.410 m н. в.) и крашка поља: ниска, до 400 m н. в. (Попово, Требињско и Љубинско поље), средње висока, до 600 m н. в. (Фатничко, Дабарско, Билећко и Планско) и висока (Гатачко, Невесињско, Церничко, Кључко, Слато, Лукавичко и др.).

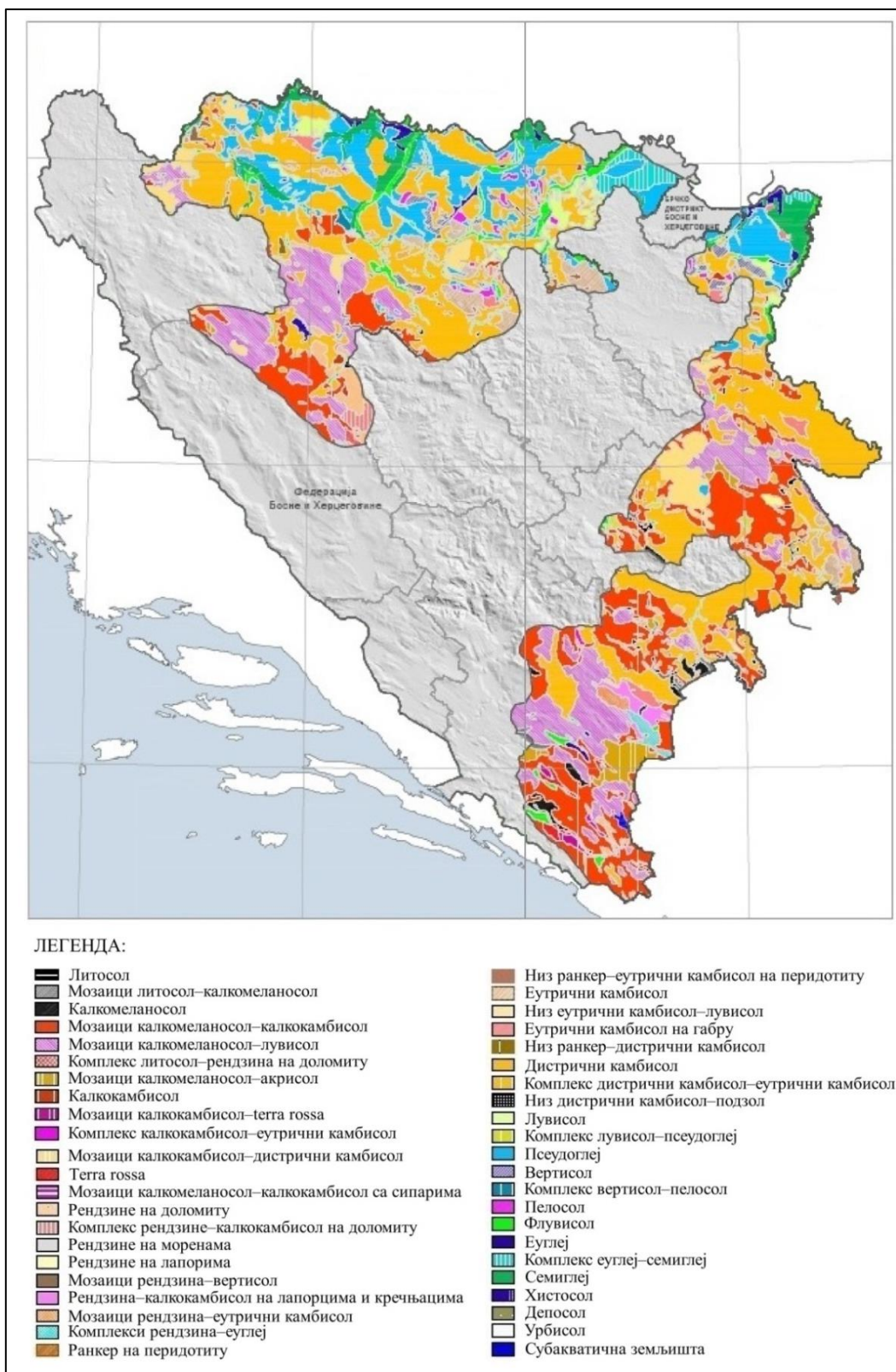
3. ЕДАФСКИ ФАКТОРИ

Вегетациони покривач у оквиру једне климатске зоне може бити разнолик као посљедица различитих едафских услова (*Алехин, В. В., 1944*). За биљни свијет едафски фактори имају велики значај – током живота биљке из земљишта узимају воду и хранљиве материје, а један њихов дио (коријен) развија се у земљишту. Земљиште на биљке утиче својим физичким (текстура, структура, влажност, температура, компактност, водни капацитет, пропустљивост за воду, капиларност, ваздушни капацитет и др.), хемијским (хемијски састав, начин и степен разлагања органских материја и карактер хумуса, реакција земљишта, концентрација соли и др.) и биолошким (присуство и активност едафона) особинама.

Од влажности и топлотних својстава земљишта, као и садржаја хранљивих материја у њему, зависи састав биљних заједница. Одређене биљке за свој развој захтијевају земљиште богато хранљивим солима – еутрофне биљке (на примјер, већина шумских, ливадских и културних биљака), док друге могу да успијевају на подлози сиромашној хранљивим материјама – олиготрофне биљке (на примјер, високопланинске биљке). Биљке такође могу захтијевати присуство одређених материја у подлози (на примјер, калцифилне, калцифобне, нитратне и халофитне биљке) или одређену реакцију подлоге (на примјер, ацидофилне, алкалофилне и неутрофилне биљке).

Разлике у климатским условима, као и у геолошкој подлози, надморској висини и топографији, уз различите утицаје антропогених фактора, условиле су веома изражену хетерогеност земљишног покривача у Републици Српској, како у погледу заступљености појединих систематских јединица, тако и у погледу њихових својстава. Доминирају типови земљишта из реда аутоморфних земљишта, иако релативно велики дио територије у сјеверном равничарском дијелу (долина ријеке Саве и њених притока) заузимају и хидроморфна земљишта.

Анализа карактеристика земљишта у Републици Српској извршена је према *Педолошкој карти Босне и Херцеговине 1 : 500.000* (*Бурлица, Ч. & Вукореп, И., 1980*) и према опису својстава земљишта у *Тирић, М. (1991)*.



Слика II – 3: Педолошка карта Републике Српске
(Нови урбанистички завод Републике Српске, 2015)

У равничарском подручју панонске области доминирају земљишта из реда хидроморфних земљишта: псеудоглеј, еуглеј, семиглеј, флувисол и др., која су углавном дубока, тежег механичког састава и под сталним или повременим утицајем подземних и површинских вода. Благо валовите брежуљкасте терене перипанонског обода заузимају земљишта из реда аутоморфних земљишта: дистрични камбисол, еутрични камбисол, лувисол, вертисол, рендзина, калкокамбисол и др. Највеће пространство заузимају псеудоглеј и дистрични камбисол на терцијарним седиментима, а мање су заступљене комбинације еуглеја и семиглеја, флувисол, лувисол, те еутрични камбисол, вертисол, рендзина на лапорцу и калкокамбисол на кречњаку.

Псеудоглеј је земљиште типично за хумидне области у умјереном климатском појасу са више од 700 mm падавина, у којима водни режим карактерише смјењивање влажног и сувог периода. Развија се на матичној стијени, која по механичком саставу мора бити услојена на начин да се испод релативно пропустљивог површинског слоја налази водонепропусни слој. Образује се на равним теренима, најчешће на старим ријечним и језерским терасама, али и на благим брежуљкастим теренима на којима се застојна вода брже дренира. На псеудоглеју се обично образују храстове шуме, и то најчешће мезофилна заједница храста китњака и обичног граба, али се у областима са дугом мокром фазом могу формирати и шуме храста лужњака. Већином има ниску производну способност, чак и за ову аутохтону шумску вегетацију, јер му у мокрој фази недостаје кисеоник, а у сувој фази приступачна вода. Такође је сиромашан хранљивим материјама. Флувисол је формиран на равном рељефу у долини ријеке Саве и њених притока: Уне, Врбаса, Укрине, Босне, Дрине и др. То су топлија земљишта, лакшег механичког састава, у чијој текстури доминирају пијесак и шљунак, услед чега су добро дренирана и аерисана, али релативно ограниченог капацитета за воду. На њима су развијене поплавне хигрофилне шуме јохе, тополе и врбе. Еуглеј (мочварно глејно земљиште) заузима депресије и дијелове ријечних долина у којима је постојан висок ниво подземне воде која трајно стагнира и гдје не допиру поплавне воде. На њему се образује типична мочварна вегетација. Код семиглеја (полуглејног земљишта) оглејавање се врши подземном водом која се налази у дубљим дијеловима земљишног профила (испод 1 m), а површински

дијелови профила остају потпуно изван утицаја подземне воде и процес педогенезе се одвија као код аутоморфних земљишта.

У планинско-котлинској области, на вишим надморским висинама и на теренима са великим нагибима, доминирају типови земљишта из реда аутоморфних земљишта. Најчешће се појављују у облику земљишних комбинација (мозаика), јер се на релативно малом простору смјењује неколико педолошких системских јединица, а њихова законитост појављивања зависи од матичног супстрата и рељефа (*Ђурић, М., 1991*). На силикатним супстратима доминира дистрични камбисол, док је на кречњацима најзаступљенија серија мозаичног типа: калкомеланосол-калкокамбисол-лувисол (у подножју падина образује се лувисол, средње дијелове падина заузима калкокамбисол, а врло стрме падине и планинске врхове калкомеланосол), као и мозаици двочланог типа серије земљишта калкомеланосол-калкокамбисол. Поред наведених типова заступљени су и: еутрични камбисол (гајњача) на базичним еруптивним стијенама (серпентинима) и лапорцима, рендзина на моренском материјалу и доломиту, калкомеланосол, земљишне комбинације дистричног камбисола и лувисола на киселим стијенама, ранкер, комплекс лувисола и псеудоглеја, бруниподзол и подзол (на високим планинама). Од неразвијених земљишта заступљен је колувијум, док се флувисол појављује само у уским долинама ријека.

Дистрични камбисол (кисело смеђе земљиште) формира се у брдско-планинском подручју на надморској висини 500–1.100 m, на киселим офиолитским стијенама из јурске епохе (офиолитски меланж), на кварцно-силикатним супстратима (пјешчари, глинци, кристаласти шкриљци, киселе еруптивне стијене), с малом количином базичних катјона. Углавном се јавља на сјеверним експозицијима које су влажније. То су типична шумска земљишта на којима вегетацијски покривач углавном чине листопадне шуме, а рјеђе мјешовите листопадно-четинарске шуме. Један је од најраспрострањенијих типова земљишта у брдско-планинском подручју (заузима око $\frac{1}{3}$ шумских земљишта у Босни и Херцеговини). Искрчене површине ових земљишта најчешће се користе као ливаде и пашњаци. Еутрични камбисол (гајњача) углавном је развијен на терцијарним језерским седиментима, али се јавља и на лапорцима, колувијалним наносима и базичним еруптивним стијенама.

Претежно је иловастог састава, са нешто повећаном количином глине у (В)в хоризонту, средње тешког механичког састава, претежно дубоког и моћног профила, доста повољног водно-ваздушног режима, с високим степеном засићености базама. На њему су углавном развијене заједнице листопадних шума, претежно храстове и букове шуме. На перидотитско-серпентинским стијенама у унутрашњим Динаридима, на примјер, на подручју Вишеграда и Теслића, заступљен је посебан тип еутричних камбисола који представља типично станиште борових шума (*Ђурић, М., 1991*). Калкокамбисол (смеђе земљиште на карбонатима) јавља се на свим кречњачко-доломитним планинама централних и спољашњих Динарида, претежно у средњим висинским појасевима и блажим нагибима, а на карстним заравнима у средње дубоким пукотинама, шкрапама и вртачама. Формира се искључиво на тврдим чистим кречњацима и доломитима. Заузима готово 40 % шумских земљишта у Босни и Херцеговини. Калкомеланосол (кречњачко-доломитна црница) такође се јавља на свим кречњачким планинама, али претежно у вишим планинским појасевима – око 70 % свих црница налази се изнад 900 m н. в., али се на стрмим падинама може јавити и у нижим појасевима. Вертисол (смоница) формира се на неогеним језерским седиментима, на супстратима који садрже више од 30 % глине (углавном монтморилонитске), у климатским условима које карактерише смјењивање сушног периода, када представља компактну испуцалу масу, и влажног периода, када је љепљив и пластичан. Због тога има неповољна физичка својства, која се огледају у лошим водним и ваздушним особинама, уском интервалу повољне влажности за механичку обраду, кидању коријеновог система биљака усљед бубрења, појави пукотина и педотурбација, те у могућности појачане ерозије. Рендзина је хумусно-акумулативно земљиште на карбонатним растреситим супстратима. Најраспрострањенија је на флишним серијама са лапорцима у котлинама Динарида. На високим кречњачким планинама (изнад 1.500 m н. в.), у зони реликтних ледника, формира се на моренским наносима, док су рендзине на доломиту највише распрострањене у долинама ријека Неретве и Врбаса. Ранкер је хумусно-акумулативно земљиште заступљено на високим силикатним планинама (нарочито на перидотитима), највише у офиолитској зони, а затим и на Маглићу, Враници и др. Лувисол (лесивирано псеудоподзоласто земљиште) формира се на

старим ријечним и језерским тересима и на другим заравњеним теренима, на иловастим супстратима, најчешће у висинском појасу 200–1.000 m н. в. Подзол се јавља само локално, у вишим планинским подручјима изнад 900 m н. в., на пјесковитим и киселим кварцним стијенама, у областима са средњом годишњом температуром ваздуха нижом од 7 °С. Природну вегетацију која се образује на подзолу чине четинарске шуме смрче, бијелог бора и др., док се као секундарна вегетација углавном јављају заједнице са доминацијом вријеса и боровнице.

Наведена земљишта на кречњацима у планинско-котлинској области претежно су плитка и сува, тешког механичког састава са доста израженом каменитости и скелетности профила, док су земљишта на осталим супстратима (на силикатима) средње дубока и дубока, знатно влажнија и имају повољнији механички састав. Пошто се углавном налазе на инклинираним теренима, у подручјима са великом количином падавина, изложена су негативном утицају водне ерозије.

У јадранској области доминирају плитка аутоморфна земљишта, на кречњачко-доломитним супстратима (на мањим површинама и на флишу, углавном лапорцу) и са вегетационим покривачем који углавном чине ксеротермне храстове шуме и макија. Доминирају земљишне комбинације, које најчешће обухватају само прва два члана серије земљишта на кречњаку (калкокамбисол и калкомеланосол), а у топлијем, нижем дијелу Херцеговине до око 500 m н. в., на заравњеним теренима и у вртачама, заступљена је црвеница (*terra rossa*). У мањем обиму распрострањене су и рендзине (доломитне и на флишу), а у уском појасу око ријетких водотока флувисол (на примјер у долини Требишњице).

Земљишта ове области карактерише недостатак влаге, мала моћност земљишног профила, скелетност, висок степен површинске стјеновитости, тежак механички састав, те изложеност негативном утицају хемијске крашке ерозије.

III. ФИТОГЕОГРАФСКА ОБИЉЕЖЈА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

1. ОПШТЕ ОДЛИКЕ ФЛОРЕ И ВЕГЕТАЦИЈЕ

Потенцијална вегетација представља углавном стабилну и зрелу вегетацију у стадијуму климакса могућу без антропогеног уплитања, која одражава општи тренд у регионалном развоју вегетације у одређеном периоду (*Liang, T. G. et al., 2012*). Стога анализа потенцијалне вегетације може пружити важне информације о утицају промијењених климатских услова на динамику вегетације (*Liang, T. G. et al., 2012*). Из тог разлога, наведена истраживања добијају посљедњих година много пажње у области биогеографије, ботанике, климатологије и екологије (*Liang, T. G. et al., 2012*).

Флора Републике Српске и Босне и Херцеговине је међу најразноврснијим у Европи, а њен нарочити значај са аспекта глобалног биодиверзитета огледа се у високом удјелу ендема и реликата – највише ендема има управо у флори виших биљака (око 450 врста и подврста) (*Redžić, S. et al., 2009*). С обзиром на то да сада није извршен цјеловит инвентар диверзитета врста у Републици Српској и Босни и Херцеговини, тешко је говорити о тачном броју врста флоре. Ипак, стручњаци процјењују да се 30 % балканских ендема флоре налази и на територији Босне и Херцеговине (*FMOIT, 2014*). Кањони и клисуре у долинама ријека Дрине, Врбаса, Угра, Уне и Босне, те подручја некадашњих циркова на високим планинама, значајни су рефугијуми за одржавање терцијарних и глацијални реликата (*Redžić, S. et al., 2009*). На примјер, у долини ријеке Дрине налазе се бројни рефугијуми за представнике терцијарне флоре (међу којима је најзначајнија Панчићева оморика), а своје станиште ту проналазе и бројне стеноендемичне и ендемичне врсте Босне и Херцеговине, Динарида и Балканског полуострва, што ово подручје чини центром специјског и екосистемског диверзитета важним на регионалном и глобалном нивоу (*Redžić, S. et al., 2009*). Ендемо-реликтне врсте заступљене су и у перипанонској области, на падинама планина Козаре, Просаре, Мотајице и Мајевице – на примјер, рефугијум еко-

система сребрне липе и јеле у долини ријеке Моштанице на 250 m н. в. (Redžić, S. et al., 2009). Подручје Националног парка „Козара“ (које обухвата истоимену планину) представља најбоље очуван преддио природних еко-система на прелазу између Динарског планинског система и Панонске низије. Посебну вриједност флори Републике Српске дају три очувана прашумска подручја – Перућица, Лом и Јањ. Прашума Перућица представља највећу вриједност Националног парка „Сутјеска“. То је јединствен природни комплекс у којем се на релативно малом простору (1.434 ha), али у знатном висинском распону (612–2.386 m) сусреће 12 развијених шумских асоцијација. Због свог јужног положаја (субмедитеранско-медитеранско подручје) била је веома важан рефугијум за вријеме леденог доба, који је омогућио очување многих термофилних терцијарних врста флоре. Прашумски комплекси Лом и Јањ заштићени су 2012. године као строги резервати природе. Осим прашумских резервата, треба споменути и мочварно-барски комплекс Бардача, који је 2007. године проглашен мочварним подручјем од међународног значаја (Рамсарско подручје).

Због чињенице да подручје Републике Српске карактеришу високовриједни еко-системи од великог значаја за заштиту и очување глобалног биодиверзитета, истраживања утицаја савремених и пројектованих климатских промјена на промјене динамике биљних врста и њихових заједница веома су важна, како би се на вријеме предузеле мјере митигације и адаптације на уочене промјене услова средине у циљу конзервације флоре и еко-система уопште.

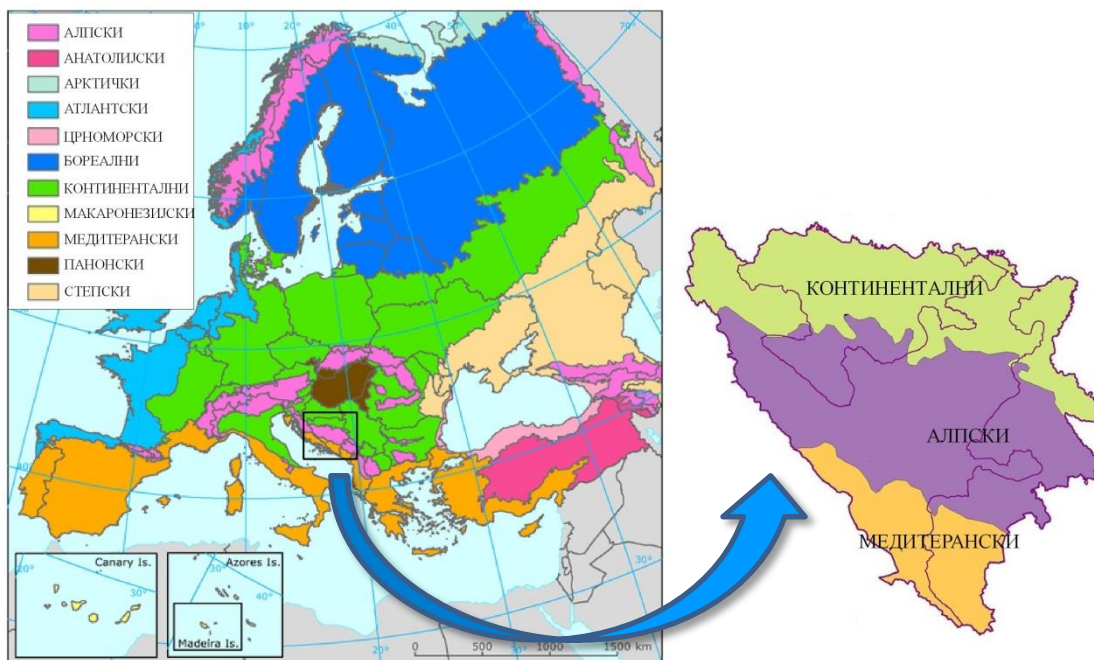
2. ХОРИЗОНТАЛНА И ВЕРТИКАЛНА ЗОНАЛНОСТ ВЕГЕТАЦИЈЕ

Усљед изражене морфолошке диференцираности терена, с посебно израженом висинском зоналношћу рељефа, геопростор Републике Српске је геоморфолошки, климатски и педолошки веома хетероген, што за последицу има и хетероген распоред вегетације. С обзиром на релативно мало простирање дуж градијента географске ширине (између 42° 33' 19" с. г. ш. и 45° 16' 34" с. г. ш.) које условљава хоризонтално зонирање вегетације и знатно простирање дуж

градијента надморске висине (у распону од 80 m н. в. до 2.368 m н. в.) на подручју Републике Српске израженија је вертикална зоналност вегетације (потенцијалне и реалне), али је присутна и хоризонтална зоналност.

2.1. Хоризонтална зоналност вегетације

На подручју Републике Српске издвајају се три биогеографска региона – континентални на сјеверу (низијско подручје у долини ријеке Саве и њених притока), алпски (средишње планинско подручје Динарида) и медитерански на југу (подручје Херцеговине) (ЕЕА, 2002).



Слика III – 1: Биогеографски региони у Европи и Босни и Херцеговини (ЕЕА, 2012)

Основне одлике биогеографских региона у Републици Српској дате су према публикацији Европске агенције за животну средину (*European Environment Agency – ЕЕА*) *Europe's Biodiversity – Biogeographical Regions and Seas* (ЕЕА, 2002).

Континентални регион један је од најпродуктивнијих еко-система на европском континенту. Регион у којем преовладавају листопадне шуме распрострањен је између бореалног региона (у којем доминирају четинарске шуме) на сјеверу и

отворених степа на југу. Шуме данас покривају око 1/3 површине региона, јер су антропогеним дјеловањем створене простране пољопривредне површине (на више од половине површине региона), а поред њих знатан удио имају и травњаци, углавном полуприродни (EEA, 2002). Дакле, иако су климатски услови и карактеристике земљишта најпогоднији за развој различитих типова листопадних шума, интензивна урбанизација и развој пољопривреде у равницама и великим ријечним долинама резултирали су њиховим крчењем или стварањем веома фрагментираних шумских подручја (EEA, 2002). У састав заједница ових листопадних шума улази велики број врста: буква (*Fagus sylvatica*), храст (*Quercus* spp.), граб (*Carpinus betulus*), бријест (*Ulmus glabra*), липа (*Tilia* spp.), јасен (*Fraxinus excelsior*) и многе друге. У поплавним листопадним шумама које се развијају дуж ријечних обала на земљиштима створеним депоновањем ријечног материјала током поплава веома су распрострањени: храст лужњак (*Quercus robur*), пољски бријест (*Ulmus campestris*), јоха (*Alnus* spp.), топола (*Populus* spp.), врбе (*Salix* spp.), јасен (*Fraxinus* spp.) и др. Идући према сјеверу региона, листопадно дрвеће јавља се спорадично према прелазној зони ка четинарским (бореалним) шумама.

Алпском региону у Републици Српској припада подручје планинског система Динарида. Готово половина површине цијелог алпског региона покривена је шумама у чији састав улази релативно мали број врста дрвећа. Доминирају четинарске врсте: јела (*Abies alba*), смрча (*Picea abies*), ариш (*Larix decidua*), бијели бор (*Pinus sylvestris*) и алпски борови (*Pinus cembra*, *Pinus mugo* и *Pinus nigra*). Поред наведених четинарских врста, присутно је око 40 врста листопадног дрвећа, међу којима су најзначајније: буква (*Fagus sylvatica*), лијеска (*Corylus avellana*), јасен (*Fraxinus excelsior*), горски јавор (*Acer pseudoplatanus*), те бијела и зелена јоха (*Alnus incana* и *Alnus viridis*). Ипак, само неке од наведених врста имају важнију улогу у еко-систему на висинама изнад 600 m (EEA, 2002). Изнад горње шумске границе распрострањени су алпински пашњаци, које карактерише изузетно висок диверзитет флоре уз доминацију врста из двије породице биљака – трава и шашева. Вегетацију која насељава каменита станишта на стијенама и сипарима, такође, карактерише висок удио ендема. У зони вјечног снијега

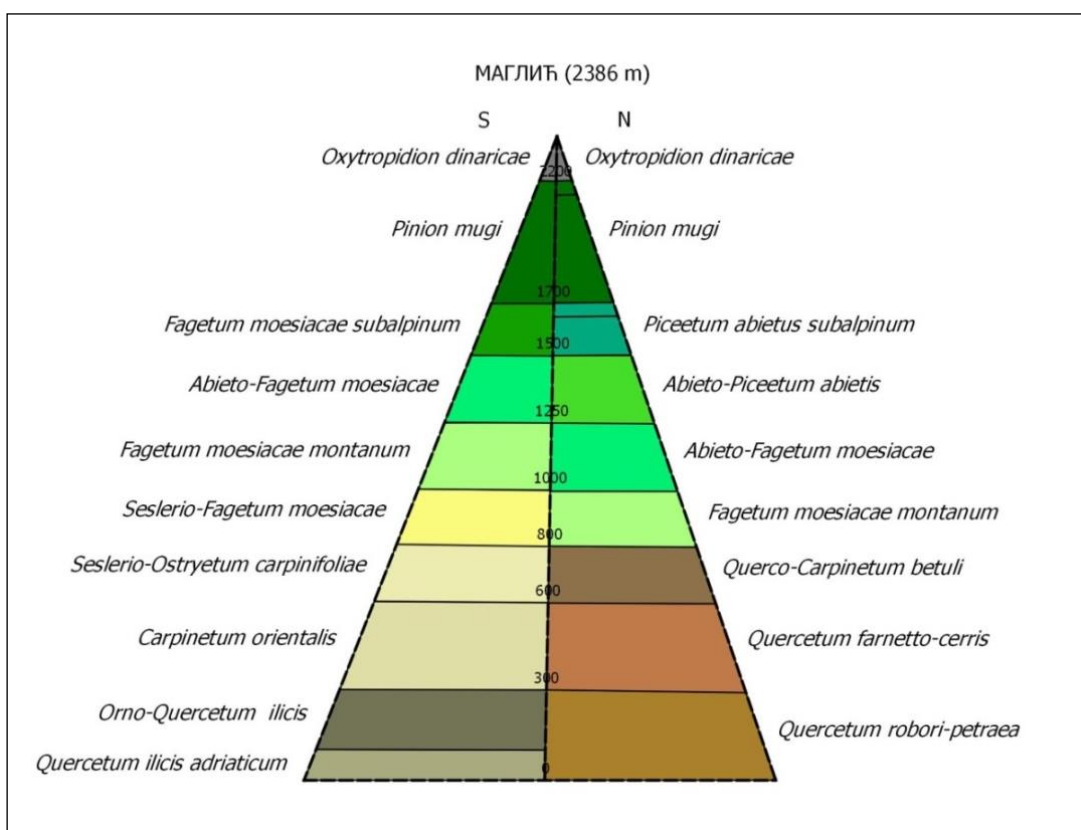
вегетација постаје све оскуднија, јер у таквим екстремним условима могу успијевати само маховине и лишајеви.

Медитерански регион карактерише највећи број аутохтоних врста у Европи и висок удио ендема, због чега је ово подручје уврштено у тзв. „жаришта биодиверзитета“ (то је једно од само два таква подручја у Европи).⁴ Флору региона карактерише склерофилно (зимзелено) дрвеће, жбуње и патуљасто жбуње (многе врсте садрже ароматична и етерична уља). Доминантне широколисне врсте дрвећа су склерофилне (зимзелене са кожастим листовима) – на примјер, различите врсте храста: црника (*Quercus ilex*), плутњак (*Quercus suber*) и цер (*Quercus cerris*). Наведене склерофилне врсте су током посљедњих 2.000–3.000 година постепено смијениле листопадне широколисне врсте дрвећа (сада заступљене углавном само на већим надморским висинама или у подручјима са високим садржајем влаге) (EEA, 2002). У саставу шума у планинским подручјима Медитерана налазе се и бројне ендемске и ријетке врсте четинара из родова *Abies*, *Pinus*, *Juniperus* и *Taxus*. Шумска вегетација у овом региону знатно је деградирана дуготрајном испашом и експлоатацијом, те честим пожарима. Стога, данас различити облици тврдолисне жбунасте вегетације покривају знатна пространства. Најпознатији облици су свакако макија (заједница густих зимзелених жбунова са склерофилним и ерикоидним листовима, у којој се јавља и појединачно дрвеће, често на силикатним супстратима) и гарига (заједница ниских зимзелених жбунова и полужбунова, обично не виших од 1 m, који већином не образују компактну вегетацију већ формирају врло разријеђене заједнице, углавном на кречњаку, а у којима доминирају *Labiatae* и *Leguminosae*). На овим стаништима развијају се врсте прилагођене свјетлости и суши, а доминирају врсте жбуња интензивних боја, од којих су многе веома ароматичне – на примјер, врсте из родова *Cistus*, *Genista*, *Calluna*, *Arbutus*, *Thymus*, те жалфија, рузмарин, лаванда и др.

⁴ Видјети више у: Mittermeier, R. A., Myers, N., Robles-Gil, P. & Mittermeier, C. G. (eds.) (1999). Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. Mexico City: SEMEX/Agrupación Sierra Madre и Zachos, F. E. & Habel, J. C. (eds.) (2011). Biodiversity Hotspots, Distribution and Protection of Conservation Priority Areas. Berlin: Springer-Verlag.

2.2. Вертикална зоналност вегетације

С порастом надморске висине од сјеверног равничарског подручја, преко перипанонског обода до високих динарских планина смјењују се различити висински појасеви климе, који су условили вертикалну зоналност вегетације и формирање специфичног биљног свијета у сваком висинском појасу. Типови шумске вегетације смјењују се од листопадних (првенствено храстово-грабових и букових шума), преко мјешовитих листопадно-четинарских (доминантно буково-јелових шума), до чистих четинарских шума, изнад којих се налази појас субалпинских и алпинских пашњака и зона вјечног снијега. Наведено вертикално зонирање вегетације илустровано је на примјеру планине Маглић, највише планине у Републици Српској.



Слика III – 2: Вертикална диференцијација вегетације планине Маглић
(Јакушић, Р., 1989)



ДЕГРАДАЦИОНИ СТАДИЈУМИ ШУМА ЦРНИКЕ

60 Макија и гарига

ТЕРМОФИЛНЕ ШУМЕ ХРАСТОВА

61 Шуме медунца и црног граба или шуме црног граба

65 Шуме медунца и бијелог граба или шуме бијелог граба

561 Шуме сладуна и цара

563 Шуме цара

52 Шуме китњака и цара

МЕЗОФИЛНЕ ШУМЕ ХРАСТОВА

531 Шуме китњака и обичног граба

31 Шуме китњака

41 Шуме лужњака и обичног граба

ХИГРОФИЛНЕ ШУМЕ

73 Шуме врба и топсела

74 Шуме црне јохе

ШУМЕ БУКВЕ И ШУМЕ БУКВЕ И ЈЕЛЕ

11 Шуме букве

17 Термофилне шуме букве

161 Субалпине шуме букве

21 Шуме букве и јеле

22 Шуме букве и јеле са смрчом

ШУМЕ ЦРНОГ И БИЈЕЛОГ БОРА

34 Шуме црног бора

35 Шуме црног и бијелог бора

ШУМЕ СМРЧЕ

243 Шуме јеле и смрче

244 Шуме бијелог бора и смрче (јеле)

245 Мразине шуме смрче

246 Субалпине шуме смрче са фитоценозама стијена и сипара

КЛЕКОВИНА БОРА

39 Шуме клековине бора

ВЕГЕТАЦИЈСКИ КОМПЛЕКСИ

61,17 Шуме црног граба (медунца и црног граба) и термофилне шуме букве са фитоценозама стијена и сипара

65,34 Шуме црног граба (медунца и црног граба) и шуме црног бора са фитоценозама стијена и сипара

61,34,17 Шуме црног граба (медунца и црног граба), шуме црног бора и термофилне шуме букве са фитоценозама стијена и сипара

НЕШУМСКЕ ПОВРШИНЕ

Пољопривредне површине, насеља, шумске голети и остало

ШУМЕ ДИСЈУНКТНОГ АРЕАЛА

- Шуме македонског храста
- ▽ Шуме кестена
- ▲ Шуме панчићеве оморике
- + Шуме мунике
- Шуме зелене јохе

Слика III – 3: Карта потенцијалне вегетације Републике Српске и Босне и Херцеговине (Стефановић, В. et al., 1983)

2.2.1. Низијски (планарни) појас

У низијском подручју алувијалних равни и ријечних тераса у долини ријеке Саве и њених притока Уне, Врбаса, Босне, Дрине и др., развијене су шумске заједнице чије је формирање условљено режимом поплавних и подземних вода: поплавне шуме храста лужњака и жутиловке (*Genisto elatae-Quercetum roboris*), шуме пољског јасена (*Leucoio-Fraxinetum angustifoliae*), шуме црне јохе (*Alnetum glutinosae*), шуме врбе и тополе (*Populeto salicetum*) и др. На нешто вишим и оцједитијим теренима изван утицаја поплавних вода, али који су још под утицајем високих нивоа подземних вода, развијају се шуме храста лужњака и обичног граба (*Carpino betuli-Quercetum roboris*). Све наведене шумске заједнице формирају се у условима хумидне и умјерено топле климе. Средња годишња температура ваздуха на стаништима ових шума износи 9–11 °С, средња годишња релативна влажност ваздуха 80–100 %, а количина падавина 700–1.000 mm.

Поплавне шуме врбе и тополе (*Populeto salicetum*) најзаступљенији су тип поплавне шумске вегетације. Ове шуме меких лишћара представљају азоналне фитоценозе, развијене на флувисолу непосредно уз обале ријека, на ријечним острвима, на рубовима мочвара и других водених површина (типичне едафогене, а мање орогене фитоценозе), на стаништима која су често плављена поплавним водама и која су под сталним утицајем допунског влажења подземним водама. Карактерише их велики број хигрофилних шумских заједница класе *Populetea albae*, као и шибљака класе *Salicetea purpureae*: заједнице бијеле врбе (*Salicetum albae*), заједнице бијеле и крхке врбе (*Salicetum albae fragilis*), заједнице бадемасте и кошарачке врбе (*Salicetum triandrae-viminalis*), заједнице бадемасте врбе (*Salicetum triandrae*), заједнице бијеле врбе и бијеле и црне тополе (*Salici-Populetum*), заједнице бијеле тополе (*Populetum albae*), те мјешовите заједнице црне и бијеле тополе (*Populetum nigro-albae*) (Милановић, Ђ. et al., 2015). Осим наведених едификаторских врста, у саставу заједница јављају се и: ракита (*Salix purpurea*), вез (*Ulmus laevis*), црна јоха (*Alnus glutinosa*), бијела јоха (*Alnus incana*), пољски јасен (*Fraxinus angustifolia*) и др.

Шуме црне јохе (*Alnetum glutinosae*) оптимално се развијају на равним теренима, на којима је током цијеле године висок ниво подземне воде, углавном на дубоком флувисолу, те еуглеју и псеудоглеју (Plavac, I. et al., 2009). У спрату дрвећа који

најчешће покрива цијелу површину, доминира едификаторска врста црна јоха (*Alnus glutinosa*) (Plavac, I. et al., 2009).

Низијске шуме тврдих лишћара, подсвезе *Ulmenion* свезе *Alnion*, заступљене су у низијама и долинама наведених ријека, на периодично плављеном еуглеју, хумоглеју и псеудоглеју, на стаништима која су под утицајем високог нивоа подземних вода. У спрату дрвећа најзначајније врсте су: пољски јасен (*Fraxinus angustifolia* ssp. *pannonica*), пољски бријест (*Ulmus minor*), вез (*Ulmus laevis*), храст лужњак (*Quercus robur*), клен (*Acer campestre*) и др. (Милановић, Ђ. et al., 2015).

Поплавне шуме са пољским јасеном чини неколико заједница: поплавне шуме јасена и дријемовца (*Leucojo-Fraxinetum angustifoliae*), поплавне шуме црне јохе и пољског јасена (*Alno-Fraxinetum*) и поплавне шуме тополе и пољског јасена (*Populo-Fraxinetum angustifoliae*) (Plavac, I. et al., 2009). Шумска заједница пољског јасена и касног дријемовца (*Leucoio-Fraxinetum angustifoliae*) развија се у приобалном појасу, на равним теренима и у плитким депресијама, који су изложени дуготрајном дјеловању поплавних површинских вода, као и високих подземних вода, на дубоком, глиновитом, неутралном до слабо базичном земљишту, углавном на флувисолу, али и на еуглеју и псеудоглеју. Пољски јасен представља тзв. „барску границу шума“ – на стаништима на којима је присутна још већа количина воде није могућ развој било којег типа шумских заједница, већ се на таквим стаништима развија мочварна вегетација (Alegro, A., 2000). У спрату дрвећа доминира едификаторска врста пољски јасен (*Fraxinus angustifolia*), а јављају се и: црна јоха (*Alnus glutinosa*), храст лужњак (*Quercus robur*), пољски бријест (*Ulmus effusa*), црна топола (*Populus nigra*), бијела врба (*Salix alba*) и др. Поплавне шуме са пољским јасеном представљају еколошку везу између хигрофилних шума јохе и поплавних шума врба и топола на још влажнијим стаништима према водотоку, те шума храста лужњака и жутиловке, на нешто оцједитијим теренима (Plavac, I. et al., 2009).

Поплавне шуме храста лужњака и велике жутиловке (*Genisto elatae-Quercetum roboris*) заузимају велике површине у плављеном дијелу Посавине. Образују се на хидроморфном еуглејном и псеудоглејном земљишту, на стаништима на којима је ниво подземне воде релативно висок током цијеле године, а на површини вода дуго стагнира. У спрату дрвећа, осим едификаторске врсте храста лужњака

(*Quercus robur*), заступљени су и: пољски јасен (*Fraxinus angustifolius*), црна јоха (*Alnus glutinosa*), вез (*Ulmus laevis*), бијела топола (*Populus alba*) и црна топола (*Populus nigra*) (Plavac, I. et al., 2009). На нешто оцједитијим теренима ове шуме прелазе у хигрофилне шуме храста лужњака и обичног граба.

У наведеним поплавним шумама у спрату жбуња честе су: обична курика (*Evonymus europaeus*), црвена удика (*Viburnum opulus*), плава купина (*Rubus caesius*), пасквица (*Solanum dulcamara*), свибовина (*Cornus sanguinea*), бијели глог (*Crataegus laevigata*), трнина (*Prunus spinosa*), велика жутиловка (*Genista elata*), трушљика (*Frangula alnus*) и др., а у приземном спрату зељастих биљака: козлац (*Arum maculatum*), коприва (*Urtica dioica*), касни дријемовоцац (*Leucopodium aestivum*), метиљка (*Lysimachia nummularia*), шумска кострика (*Brachypodium sylvaticum*), перуника (*Iris pseudacorus*), вучја нога (*Lycopus europaeus*), златица (*Ranunculus ficaria*), шашеви (*Carex* spp.) и многе друге (Plavac, I. et al., 2009).

Хигрофилне шуме лужњака и обичног граба (*Carpino betuli-Quercetum roboris*) формирају се на заравњеним и благо нагнутиим теренима на терцијарним седиментима и делувијалним терасама, на дубоким илимеризованим, смеђим и псеудоглејним земљиштима, слабо киселе до неутралне реакције, која су углавном изван утицаја поплавних вода, али под утицајем високих нивоа подземних вода. Обични граб не подноси стагнирајућу воду и дуготрајан висок ниво подземних вода, па се ове шумске заједнице развијају на стаништима на којима је ниво подземних вода изван зоне коријеновог система обичног граба, али у зони коријеновог система храста лужњака, који добро подноси такве услове (Милановић, Ђ. et al., 2015; Alegro, A., 2000). У спрату дрвећа доминирају: храст лужњак (*Quercus robur*), граб (*Carpinus betulus*), клен (*Acer campestre*), сребрна липа (*Tilia tomentosa*), ситнолисна липа (*Tilia cordata*) и пољски јасен (*Fraxinus angustifolia*) (Plavac, I. et al., 2009). Слабо развијени спрат жбуња углавном формирају: лијеска (*Corylus avellana*), пољска ружа (*Rosa arvensis*), калина (*Ligustrum vulgare*), обична курика (*Evonymus europaeus*), купина (*Rubus fruticosus*), ликовоцац (*Daphne mezereum*), глог (*Crataegus monogyna*) и др. У приземном спрату карактеристичне су зељасте биљке: бијела шумарица (*Anemone nemorosa*), висибабa (*Galanthus nivalis*), златица (*Ranunculus ficaria*), шумска кострика (*Brachypodium sylvaticum*), здравичица (*Sanicula europea*), шумски шаш

(*Carex sylvatica*), добричица (*Glechoma hederacea*), јагода (*Fragaria vesca*), пузава ивица (*Ajuga reptans*), јагорчевина (*Primula vulgaris*), плућњак (*Pulmonaria officinalis*), велика власњача (*Festuca gigantea*), многоцвјетни Саламунов печат (*Polygonatum multiflorum*) и др. (Plavac, I. et al., 2009; Alegro, A., 2000). У еколошком погледу, ове шуме заузимају положај између поплавних шума храста лужњака и колинских шума храста китњака и граба.

2.2.2. Брежуљкасти (колински) појас

На низијски појас наставља се брежуљкасти (колински) појас, који се простире на надморским висинама од 150 до 600 m. Просјечна годишња температура ваздуха у овом подручју износи око 10 °C, просјечна годишња количина падавина од око 800 mm у сјевероисточном дијелу до око 1.000 mm у сјеверозападном дијелу перипанонског обода. У колинском појасу доминирају храстове шуме, тј. шуме храста китњака (*Quercus petraea*), који образује неколико типова шумских заједница. Осим климазоналних шума китњака и обичног граба (*Quercus-Carpinetum*) свезе *Carpinion betuli*, у овом појасу заступљене су и ацидофилне шуме китњака (*Quercetum petraeae montanum*), као и шуме китњака и кестена свезе *Quercion robori-petraeae* (Стефановић, В. et al., 1983).

Мезофилне шуме китњака и обичног граба (*Quercus petraea-Carpinus betulus*) представљају широко распрострањену климазоналну вегетацију нижег континенталног подручја у сјеверном дијелу Републике Српске, на надморским висинама до 700 m. Развијају су на брежуљкастим, равним или благо нагнутиим теренима који су изван утицаја високих подземних вода, на умјерено влажном псеудоглејном, смеђем шумском и илимеризованом земљишту, неутралне, слабо базичне до слабо киселе реакције. У спрату дрвећа, осим едификаторских врста храста китњака (*Quercus petraea*) и обичног граба (*Carpinus betulus*), присутни су: пољски бријест (*Ulmus campestris*), трешња (*Cerasus avium*), клен (*Acer campestre*), горски јавор (*Acer pseudoplatanus*), сребрнолисна липа (*Tilia argentea*), велелисна липа (*Tilia platyphyllos*) и др. Веома добро развијени спрат жбунастих врста граде: лијеска (*Corylus avellana*), обична курика (*Evonymus europaeus*), калина (*Ligustrum vulgare*), глог (*Crataegus monogyna*) и бројне друге, а приземни спрат, нарочито

добро развијен у прољеће прије листања дрвенастих врста у вишим спратовима: бијела и жута шумарица (*Anemone nemorosa* и *Anemone ranunculoides*), клокочика (*Staphyllea pinnata*), свибовина (*Cornus sanguinea*), купина (*Rubus fruticosus*), бодљикава веприна (*Ruscus aculeatus*), здравичица (*Sanicula europea*), копитњак (*Asarum europaeum*), широколисна веприна (*Ruscus hyppoglossum*), шумска кострика (*Brachypodium sylvaticum*), јагорчевина (*Primula vulgaris*), жута мртва коприва (*Lamium luteum*), пузава ивица (*Ajuga reptans*), јагода (*Fragaria vesca*), шумска броћика (*Galium silvaticum*), пиласти шаш (*Carex pilosa*) и др. (Plavac, I. et al., 2009). Ове шуме диференцирају се на неколико асоцијација: (1) реликтне заједнице храста китњака и веприне (*Rusco hyppoglossi-Quercetum petraeae*) и обичног граба и веприне (*Rusco aculeati-Carpinetum betuli*), (2) заједнице китњака и сребрне липе (*Tilio argenteae-Quercetum petraeae*) на топлијим и оцједитијим стаништима, углавном на југоисточним експозицијама и (3) субасоцијације храста китњака са цером (*Quercus-Carpinetum quercetosum cerris*), које заузимају најтоплија станишта у оквиру ових шума (оптимално на врховима и главицама перипанонских брежуљака, најчешће експонираним према западу или југоистоку) и представљају терминалну фазу у развоју ових шума идући према термофилним шумама медунца, цера и китњака (Plavac, I. et al., 2009).

Храстово-грабове шуме са пасјим зубом свезе *Erythronio-Carpinion betuli* распрострањене су на благо заталасаним теренима перипанонског обода углавном на силикатним стијенама, на дубоком псеудоглеју, неутралне до благо киселе реакције, док су на равним теренима и киселијим земљиштима уско повезане са сродном заједницом обичног граба с длакавим шашем из исте свезе *Carici pilosae-Carpinetum betuli* (Plavac, I. et al., 2009).

Шуме храста китњака и питомог кестена (*Quercus-Castanetum sativae*) распрострањене су у сјеверозападном дијелу Републике Српске – на подручју Костајнице, Козарске Дубице, Новог Града, Крупе на Уни и фрагментарно око Приједора (Милановић, Ђ. et al., 2015). Развијају се на киселим, силикатним, оцједитим и нешто топлијим стаништима, на платоима, седлима и блажим падинама, на надморској висини од 150 m до 600 m (Милановић, Ђ. et al., 2015). Уз едификаторске врсте питоми кестен (*Castanea sativa*) и храст китњак (*Quercus petraea*) у спрату дрвећа могу се јавити и обични граб (*Carpinus betulus*), буква

(*Fagus sylvatica*), бреза (*Betula pendula*), а у нижим спратовима: жутиловка (*Genista* spp.), обична боровица (*Juniperus communis*), боровница (*Vaccinium myrtillus*), вријес (*Calluna vulgaris*) и др. (Милановић, Ђ. et al., 2015).

Појас храстово-грабових шума, у зависности од хидротермичких услова, диференцира се на сјеверозападни дио, у којем доминирају наведени типови мезофилних шума китњака и обичног граба (*Carpinion betuli*), и источно-југоисточни дио, у којем су доминантне термофилне шуме сладуна и цера (*Quercion confertae cerris*) (Лакушић, Р., 1989).

На крајњем истоку Републике Српске, у долини ријеке Дрине, у условима сувље и континенталније климе, заступљене су панонско-балканске термофилне дубраве: шуме сладуна и цера (*Quercetum confertae-cerris*), те изнад њих у вишој брдској зони шуме китњака и цера (*Quercetum petraeaea-cerris*) на нижим и топлијим, а шуме китњака (*Quercetum petraeae montanum*) на вишим и хладнијим положајима (Стефановић, В. et al., 1983). Као ороадафске заједнице, у кањонима на кречњаку и на топлијим стаништима развијене су шуме медунца и црног граба (*Quercus pubescentis-Ostryetum carpinifoliae*), црног јасена и граба (*Orno-Ostryetum carpinifoliae*), бијелог граба (*Carpinetum orientalis*) и цера (*Orno-Quercetum cerris*) (Стефановић, В. et al., 1983). Највеће пространство заузимају шуме сладуна и цера. Шуме китњака и цера на истоку се образују на перм-карбонским седиментима, а на сјеверу и на карбонатном флишу (претежно еоценском), на слабо киселом, обично дубоком, смеђем земљишту, углавном између 250 m н. в. и 600 (800) m н. в. (Милановић, Ђ. et al., 2015). У саставу ових шума често се јавља жестика (*Acer tataricum*). Осим наведених, друге дрвенасте врсте су ријетке. У спрату жбуња често су присутне: обична боровица (*Juniperus communis*), пољска ружа (*Rosa arvensis*), длакави зановијет (*Chamaecytisus hirsutus*), а у спрату зељастих биљака: бујад (*Pteridium aquilinum*), жутиловка (*Genista ovata*) и др. (Милановић, Ђ. et al., 2015).

Мезотермне шуме храста – цера (*Quercus cerris*), китњака (*Quercus petraea*) и сладуна (*Quercus frainetto*) јављају се у виду мањих састојина по брежуљцима и широким клисурама перипанонске и прелазне илирско-мезијске области Републике Српске, обично на стрмим падинама и широким гребенима, на вертисолу, те еутричном и дистричном камбисолу (Милановић, Ђ. et al., 2015).

На вишим теренима и топлијим експозицијама, шуме китњака и обичног граба прелазе у ацидофилне шуме храста китњака (*Quercetum petraeae montanum*) (на стрмим, плитким и топлим земљиштима и претежно јужним експозицијама) или у брдске шуме букве (*Fagetum montanum*) на хладнијим експозицијама.

2.2.3. Брдски (монтани) појас

Брдски појас се у планинском подручју Динарида простире изнад 600 m н. в. (а у панонском и перипанонском подручју изнад 350 m н. в.). Горња граница појаса лежи између 700 m н. в. и 900 m н. в. Просјечна годишња температура износи 7–10 °C, а просјечна количина падавина око 1.000–1.200 mm. Доминантна дрвенаста врста овог појаса је буква.

Букове шуме илирске провинције (*Aremonio-Fagion*) најраспрострањеније су шумске заједнице у Републици Српској – распрострањене су у највећем дијелу динарске области, а веома су присутне и у другим вегетацијским областима. Диференцирају се на више шумских заједница које насељавају различите висинске појасеве – од колинског до горског и субалпинског појаса. Доњом границом распрострањења букове шуме надовезују се на шуме храста китњака и граба у перипанонској области, шуме сладуна и цера у прелазној илирско-мезијској области, шуме китњака и граба са глувачем у динарској области, те шуме медунца у субмедитеранској области (Милановић, Ђ. et al., 2015). Непосредно изнад појаса храстових шума налази се појас брдских букових шума (*Fagetum montanum*) свеза *Fagion illyricum* и *Luzulo-Fagion*, а изнад њега појас шума букве и јеле (*Abieti-Fagetum*) и шума букве и јеле са смрчком, док највиши појас чине субалпинске букове шуме (Стефановић, В. et al., 1983), које се на горњој граници сусрећу са клековином бора кривуља.

Брдске шуме букве (*Fagetum montanum*) у динарском подручју најчешће се развијају на камбисолу и калкомеланосолу, а у перипанонској области на дубоком дистричном камбисолу, те на лувисолу на силикатима (Alegro, A., 2000). У спрату дрвећа доминира едификаторска врста буква (*Fagus sylvatica*), али су често присутни и: храст китњак (*Quercus petraea*), обични граб (*Carpinus betulus*), горски бријест (*Ulmus glabra*), млијечни јавор (*Acer platanoides*), горски јавор

(*Acer pseudoplatanus*) и обични јасен (*Fraxinus excelsior*) (Alegro, A., 2000). У обично веома богатом спрату жбуња присутни су: црвена зова (*Sambucus racemosa*), обични ликовац (*Daphne mezereum*), ловоролисни ликовац (*Daphne laureola*), широколисна курика (*Evonymus latifolius*), божиковина (*Ilex aquifolium*), црвена козокрвина (*Lonicera xylosteum*), планинска козокрвина (*Lonicera alpigena*) и др. (Alegro, A., 2000).

Ацидофилне шуме букве, односно букве и јеле, заступљене су са неколико фитоценоза: шуме букве с бекицом (*Luzulo-Fagetum*), шуме букве с ребрачком (*Blechno-Fagetum*), ацидофилне шуме букве у којој се јављају и јела и смрча (*Fago-Abietetum*) и претпланинске ацидофилне шуме букве (*Vaccinio-Fagetum*) (Милановић, Ђ. et al., 2015). Развијају се на киселим силикатним супстратима: на перм-карбонским и верфенским седиментима на југоистоку, на шкриљцима у сливу ријеке Сане, на рожнацима на планинама Узломац и Мањача, те на андезиту и дациту на истоку Републике Српске (Милановић, Ђ. et al., 2015).

2.2.4. Горски (алтимонтани) појас

Динарске шуме букве и јеле (*Abieti-Fagetum dinaricum*)⁵ представљају најзначајнији тип шумских заједница у Републици Српској и Босни и Херцеговини. Развијају се на кречњаку и доломиту, на лесивираним земљишту, калкокамбисолу и калкомеланосолу, мање-више на свим експозицијама и нагибима, на висинама од 600 m до 1.500 (1.600) m. Доминантне врсте у заједници су буква (*Fagus sylvatica*) и јела (*Abies alba*), а уз њих се јављају горски јавор (*Acer pseudoplatanus*), горски бријест (*Ulmus glabra*) и др. У спрату жбуња чест је ликовац (*Daphne mezereum*), а у приземном слоју ниског растиња: женска папрат (*Athyrium filix-femina*), мушка папрат (*Dryopteris filix-mas*), сребренка (*Lunaria rediviva*), луковичаста режуха (*Cardamine bulbifera*) и др. (Alegro, A., 2000). У

⁵ За разлику од динарских, панонске шуме букве и јеле (*Abieti-Fagetum praeparannonicum*) развијају се у условима топлије климе и мање количине падавина, на дубоком калкокамбисолу и дистричном камбисолу, на надморској висини од 200 m до 1.000 m (Alegro, A., 2000) (на веома мале надморске висине (200 m) јела се спушта на сјеверним падинама планине Козаре). Распрострањене су по цијелој перипанонској области, претежно на брдским силикатним масивима планина Козаре и Узломца, а фрагментарно и на Требави и Мајевици (Милановић, Ђ. et al., 2015).

брдском и горском појасу, ова фитоценоза јавља се у три варијанте – шуме букве и јеле без смрче у области спољашњих Динарида, шуме букве и јеле са смрчом у централним Динаридима и шуме букве и јеле у оромедитеранском појасу Динарида (Милановић, Ђ. *et al.*, 2015).

Шуме букве и јеле са смрчом широко су распрострањене на кречњачким земљиштима, дистричном камбисолу и оподзољеним земљиштима. Оптимално се развијају до 1.400 m н. в. – изнад те висине јела постепено ишчезава, јер се погоршавају еколошки услови за њен развој (Говедар, З., 2005). У појасу шума букве и јеле са смрчом јављају се и шуме јавора и јасена (*Aceri-Fraxinetum*), шуме смрче (*Piceetum dolomiticum*, *Piceetum inversum*, *Lycopodio-Piceetum*, *Sphagno-Piceetum* и др.), шуме бијелог бора и смрче (*Piceo-Pinetum illyricum* и *Piceo-Pinetum*), шуме смрче и јеле (*Abieti-Piceetum illyricum* и *Abieti-Piceetum silicicolum*), шуме бијелог и црног бора (*Pinetum nigrae-sivestris serpenticum*, *Pinetum silvestris dolomiticum* и *Pinetum nigrae dolomiticum*), шуме црног бора (*Pinetum nigrae calcicolum*) и др. (Стефановић, В. *et al.*, 1983).

У саставу ацидофилних шума смрче (*Vaccinio-Piceetea*), које се простиру од брдског до планинског појаса, преовладава обична смрча (*Picea abies*), која углавном гради монодоминантне заједнице. Насељава хладнија и едафски свјежија станишта, на различитим супстратима на планинама унутрашњих Динарида. На нашем подручју, шуме смрче су климазоналног карактера у субалпинском појасу, међутим, у горском појасу се јављају као азоналне и екстразоналне едафогене или орогене заједнице (на примјер, „мразишне шуме“) (Милановић, Ђ. *et al.*, 2015).

Мразишне шуме смрче насељавају сјеверне падине висоравни планинских масива унутрашњих Динарида (Виторога, Малована, Влашића, Јахорине, Игмана, Стакорине, Ковача, Љубишње, Чемерници и др., али се јављају и у кањону Угра и његових притока Иломске и Угрића), у висинском појасу од 900 m до 1.600 m, или се јављају као мразишне заједнице у долинама или вртачама у којима се због температурне инверзије скупља хладан ваздух (тзв. „мразишта“) (Милановић, Ђ. *et al.*, 2015). Представљају реликтну вегетацију из периода леденог доба када је бореална вегетација била распрострањена знатно даље на југ (Alegro, A., 2000). Различите едафогене заједнице јеле и смрче развијају се на дистричном

камбисолу, лувисолу, рендзини, псеудоглеју, хистосолу или оглејаном земљишту: *Galio rotundifolii-Abietetum* на киселим силикатним супстратима, *Blechno-Abietetum* на изразито дистричном земљишту (на пјешчарима и амфиболима), реликтна заједница *Sphagno-Piceetum* на врло влажним тресетним земљиштима, на заравнима и у рељефским депресијама (на око 1.000 m н. в.), *Lycopodio-Piceetum* на изразито хигрофилним стаништима, *Petasiti-Piceetum* на еуглеју изнад доломитног алувијума, *Vaccinio-Piceetum* на доломитној рендзини итд. (Милановић, Ђ. et al., 2015).

Шуме смрче секундарног карактера обухватају прогресивне стадијуме заједнице бијелог бора и смрче према климатогеној шуми букве и јеле (*Abieti-Fagetum*): 1) шуме смрче са бијелим бором (*Piceo-Pinetum illyricum*), које заузимају знатне површине на висоравнима у источном дијелу Републике Српске (Гласинац и Равна гора), али и западније (Лом и Клековача), 2) шуме јеле и смрче (*Abieti-Piceetum*), које представљају терминалну фазу развоја овог сукцесивног низа (бијели бор нестаје из заједнице, а јела ураста у прву етажу), и 3) *Pleurozio-Piceetum*, које представљају оптимални стадијум сукцесије у којем у заједници доминира смрча, нестаје јасика, а придолази јела (Милановић, Ђ. et al., 2015).

2.2.5. Претпланински (субалпински) појас

У претпланинском (субалпинском) појасу, који се у области унутрашњих Динарида простира на надморским висинама од 1.100 m до 1.700 m, доминирају биоценозе четинарских и листопадно-четинарских шума и закржљалог четинарског планинског жбуња, које обично карактерише веома упрошћена структура, условљена суровом климом – оштром, дугом зимом са доста снијега и хладним, влажним и кратким љетом. У овом висинском вегетацијском појасу заступљене су шуме смрче, шуме бијелог бора са боровницом, шуме смрче и јеле, шуме смрче и букве, шуме букве и јеле (обично са боровницом), шуме субалпинске букве са боровницом, шуме ариша (понекад са бором кривуљом и смрчом), честари бора кривуља, честари полегле планинске клеке са смрчом, планинско жбуње зелене јохе, планинско жбуње зановијети или вријеса, шумска тресетишта и др.

Дакле, изнад појаса мјешовитих шума, на кречњаку се јавља појас субалпинске букве, а на силикатним супстратима појас шума смрче, док највише вегетацијске појасеве чине заједнице бора кривуља и високопланинске травне формације (Ђурић, М., 1991). Стога субалпински појас можемо подијелити на два потпојаса:

- нижи потпојас, у којем шумску вегетацију чине субалпинске шуме букве које припадају широј групи илирских букових шума, те шуме јеле и смрче бореалног карактера (остаци вегетације која је на овом подручју била шире распрострањена током леденог доба) и
- виши потпојас, у којем вегетацију највећим дијелом чини клековина бора кривуља (*Pinus mugo*), а мјестимично као клековина може бити развијена и буква (*Alegro, A., 2000*).

Субалпинске шуме букве (*Fagetum subalpinum dinaricum*) развијају се изнад шума букве и јеле, на надморским висинама од 1.100 m до 1.500 m, а према вишим надморским висинама прелазе у појас клековине бора кривуља (*Alegro, A., 2000*). Развијају се на високим кречњачким планинама Динарида, на хумозном смеђем земљишту или на планинским црницама, у условима ниских температура ваздуха, кратког вегетационог периода, те јаког утицаја вјетра и снијега, због чега су стабла букве у овом појасу релативно ниска, у доњем дијелу савијена и чворастих грана окренутих у смјеру дувања вјетра (*Alegro, A., 2000*). На горњој граници распрострањења букве се чак не развијају у облику стабла него стварају грмолику вегетацију, тзв. „клековину букве“ (*Alegro, A., 2000*). У спрату дрвећа доминира буква (*Fagetum subalpinum*), чест је и горски јавор (*Acer pseudoplatanus*), а само мјестимично могу се јавити јела и смрча. Добро је развијен спрат жбуња у којем се, осим врста присутних и у брдским шумама букве, јављају и: велелисна врба (*Salix appendiculata*), планинска рибизла (*Ribes alpinum*), купина камењарка (*Rubus saxatilis*), шумска ружа (*Rosa pendulina*) и др. (*Alegro, A., 2000*).

Средњоевропске субалпинске шуме букве са горским јавором (*Acer pseudoplatanus*) трајни су климарегионални стадијум вегетације на планинама западних Динарида у Босни и Херцеговини, док су на источним Динаридима заступљене сличне субалпинске шуме букве са грчким јавором (*Acer heldreichii* ssp. *visiani*) и Панчићевом млијечи (*Cicerbita pancicii*) (Милановић, Ђ. et al., 2015). Овај тип шума представља више фитоценоза: субалпинске шуме јавора са

високим зеленима (*Lunario redivivae-Aceretum pseudoplatani*), субалпинске шуме букве (*Polysticho lonchitis-Fagetum*), субалпинске шуме букве и горског јавора (*Aceri-Fagetum „moesiacaе subalpinum“*) и субалпинске шуме букве са грчким јавором (*Aceri heldreichii-Fagetum*) (Милановић, Ђ. et al., 2015).

У појасу субалпинских шума букве, у висинском појасу од 1.500 m до 1.800 m, на релативно малој површини заступљене су и субалпинске шуме смрче. Развијају се у условима врло оштре климе, на карбонатним и силикатним стијенама, већином на плитким и скелетним земљиштима, израженије на сјеверним падинама (Милановић, Ђ. et al., 2015).

Клековина бора кривуља (*Pinetum mugi dinaricum*) обухвата жбунасте заједнице у којима је главна едификаторска врста бор кривуљ (*Pinus mugo*). Развија се на кречњачком, врло плитком земљишту са сировим хумусом, у условима умјерено хладне климе, са великом количином падавина и снажним утицајем снијега и вјетра (Alegro, A., 2000). Распрострањен углавном изнад 1.400 m н. в., представља посљедњи појас шумске вегетације – наставља се на субалпинске шуме букве, смрче или мунике, са којима се на доњој граници често мијеша и гради прелазне заједнице, док су на горњој граници распрострањења формације бора кривуља све разрјеђеније и ниже растом, те постепено прелазе у вегетацију планинских травњака (алпинске рудине) и вегетацију пукотина стијена (Милановић, Ђ. et al., 2015). Као климарегионална вегетација горњег субалпинског појаса, јавља се на готово свим високим планинама у Републици Српској: Клековача, Лелија, Зеленгора, Маглић, Лебршник и др. (Милановић, Ђ. et al., 2015). У флористичком саставу заједнице присутан је велик број бореалних и арктичких врста које су на ове просторе доспјеле за вријеме леденог доба (тада је заједница била распрострањена и на знатно нижим надморским висинама) (Alegro, A., 2000). У саставу заједнице уз бор кривуљ најчешће се јављају и: велелисна врба (*Salix appendiculata*), јаребика (*Sorbus aucuparia*), мукињица (*Sorbus chamaespilus*), планинска козокрвина (*Lonicera borbasiana*), патуљаста клека (*Juniperus nana*), боровница (*Vaccinium myrtillus*), брусница (*Vaccinium vitis-idaea*), длакава алпска ружа (*Rhododendron hirsutum*) и др. (Alegro, A., 2000).

2.2.6. Планински (алпински) појас

Субалпинске и алпинске ливаде, вриштине и стјењаци углавном су састојине ниских, кржљавих и полеглих жбунова, најчешће до 50 cm висине, које се формирају у субалпинском и алпинском појасу високих планина (Милановић, Ђ. et al., 2015). Планинске и бореалне вриштине припадају свези *Rhododendro-Vaccinion* – на примјер заједнице са боровницом (*Vaccinium myrtillus*), омеликом (*Genista radiata*), клекама (*Juniperus communis* ssp. *alpina* и *Juniperus sabina*) и др. (Милановић, Ђ. et al., 2015). Субарктичке и борео-алпинске формације врба јављају се у субалпинском, алпинском и понекад високогорском појасу, изнад 1.700 m н. в. (на Клековачи, Трескавици, Маглићу и др.), на облицима крашко-глатијалног рељефа, претежно на једрим кречњацима, а понекад и моренским наслагама (Милановић, Ђ. et al., 2015). Веома разнолике травњаке алпинског и субалпинског појаса на кречњаку и силикатима чине свезе: *Seslerion juncifoliae*, *Oxytropidion dinaricae*, *Seslerion comosae*, *Ranunculion crenati*, *Jasionion orbiculatae*, *Achilleo-Arnicion* и *Gentianello-Nardio* и др. (Милановић, Ђ. et al., 2015). Распрострањени су на свим планинама које досежу у субалпински и алпински појас. У подручју око сњежаника, у пукотинама стијена, на сипарима испод планинских врхова, у планинским рудинама или вриштинама развија се специфична високопланинска вегетација са знатним бројем ендема и глацијалних реликата (Лакушић, Р., 1990).

2.2.7. Медитеранска област

У вишем субмедитеранском планинском подручју у веома мозаичном распореду шумске вегетације заступљене су шуме букве и јеле без смрче (смрча изостаје због медитеранских утицаја), секундарне шуме букве и ацидофилне шуме букве (Стефановић, В. et al., 1983). У клисурама и кањонима развијене су термофилне шуме букве и шуме црног граба. Најраспрострањенија варијанта ових ксеротермних букових шума јесу шуме букве и јавора глухача (*Aceri obtusati-Fagetum*), које се јављају на карбонатима и плитким земљиштима брдског појаса сјеверне Херцеговине. Шуме црног граба и букве (*Ostryo-Fagetum*) развијају се на

топлим стаништима унутрашњих Динарида, на карбонатним супстратима и базичним плитким земљиштима, а шуме букве с јесењом шашиком (*Seslerio autumnalis-Fagetum*) на јужним експозицијама оромедитеранског појаса. За површи експониране према југу и западу карактеристичне су фитоценозе цера и фитоценозе храста китњака и цера. Ендемо-реликтне шуме мунике (*Pinus heldreichii* ssp. *leucodermis*) на високим планинама Херцеговине, развијају се у висинском појасу од 1.400 m до 1.800 m, на екстремним стаништима, на блоковима кречњачких стијена, стрмим падинама са литицама и точилима, као и на уским гребенима и хрбатима (Милановић, Ђ. et al., 2015). Едафогени карактер заједнице мунике на доломитним и моренским рендзинама имају у горском појасу (гдје се спуштају и до 1.200 m). У субалпинском појасу заступљене су субалпинске шуме букве, са којима на планинским масивима Чврнице, Височице и Орјена алтернира заједница мунике (Стефановић, В. et al., 1983). Највиши појас овог планинског субмедитеранског појаса, такође, чини клековина бора.

У монтаном подручју субмедитеранског појаса доминирају биоценозе ксеротермних шума: шуме грабића, црног граба, црног јасена, макљена, мечје лијеске типа *Carpinetum orientalis*, шуме црног бора типа *Ericeto-Pinetum nigrae Orneto (Ostryeto)-Pinetum nigrae*, шуме питомог кестена, шуме са преовладавањем македонског храста, шуме са преовладавањем питомог ораха, шуме платана у ријечним долинама и др. Највеће пространство заузимају шуме храста и црног граба (*Quercus-Ostryetum carpinifoliae* и *Seslerio-Ostryetum*), у којима се у неким подручјима Херцеговине јавља и полузимзелени македонски цер (*Quercus trojana*) (Стефановић, В. et al., 1983). Шуме македонског цера (*Quercus trojana*) представљају реликтну заједницу која се задржала на рефугијалним стаништима унутар климатогене шуме медунца и бјелограбића, најчешће у чистим састојинама (Милановић, Ђ. et al., 2015). У виду енклава заступљене су термофилне шуме букве *Seslerio-Fagetum* и *Aceri obtusati-Fagetum*, као и мезофилне шуме букве *Fagetum montanum illyricum* (Стефановић, В. et al., 1983).

У нижем субмедитеранском подручју најзаступљенија је климазонална заједница медунца и бијелог граба (*Quercus pubescentis-Carpinetum orientalis*), која се развија изнад шума црнике на висинама изнад 400 m, на калкокамбисолу, црвеници и посмеђеној црвеници у условима умјерено топле и перхумидне климе. У спрату

дрвећа најзначајније врсте су: бијели граб (*Carpinus orientalis*), храст медунац (*Quercus pubescens*), храст дуб (*Quercus virgiliana*), црни јасен (*Fraxinus ornus*), макљен (*Acer monspessulanum*) и цер (*Quercus cerris*). У већем дијелу ареала ове заједнице такође је заступљен македонски цер. Шуме сладуна (*Quercetum confertae adriaticum*) јављају се на заравњеним теренима, најчешће на дубљим или меризованим црвеницама. На вишим положајима, у екстремнијим условима станишта, заступљене су шуме храста медунаца и црног граба (*Quercus-Ostryetum carpinifoliae*), те шуме црног граба са јесењом шашиком (*Seslerio-Ostryetum carpinifoliae*) (Стефановић, В. et al., 1983). Шуме медунаца и црног граба (*Quercus-Ostryetum carpinifoliae*) распрострањене су на надморским висинама од 400 до 950 m, на камбисолу и рендзини на кречњаку и доломиту, у условима нешто хладније климе. Представљају посљедњу шумску заједницу субмедитеранског подручја, тј. границу с вегетацијом евросибирско-сјеверноамеричке регије. У овој заједници нису присутне зимзелене врсте, а мањи је и удио термофилних врста. У спрату дрвећа најзначајније врсте су: црни граб (*Ostrya carpinifolia*), храст медунац (*Quercus pubescens*), јавор глухач (*Acer obtusatum*), макљен (*Acer monspessulanum*), црни јасен (*Fraxinus ornus*) и мукиња (*Sorbus aria*) (Alegro, A., 2000). У наведеним шумама у спрату жбуња чести су: дрен (*Cornus mas*), трнина (*Prunus spinosa*), павит (*Clematis vitalba*), а у приземном спрату ниског растиња: јесења шашика (*Sesleria autumnalis*), бљушт (*Tamus communis*), ситни шаш (*Carex humilis*), црвена дјетелина (*Trifolium rubens*) и др. (Alegro, A., 2000). Субмедитеранске шуме црног бора (*Pinus nigra* subsp. *dalmatica*) у Херцеговини насељавају стрме падине на доломитним рендзинама у висинском појасу од 300 до 1.000 m (Милановић, Ђ. et al., 2015).⁶ У крашким пољима која су периодично плављена, као и у долини ријеке Требишњице, развијене су заједнице из реда *Alno-Quercetalia* и *Alnetalia*, те заједнице из редова *Populetales*, *Molinetalia* и *Phragmitetalia* (Стефановић, В. et al., 1983).

У најнижем еумедитеранском подручју присутни су и различити стадијуми деградираних тврдолисних шума – макије и зимзелене вегетације дрвећа и жбуња

⁶ Други скуп шума црног бора обухвата реликтне, углавном кањонске састојине на кречњацима, које су флористички ближе средњоевропским шумама црног бора (*Pino-Ericion*) (Милановић, Ђ. et al., 2015).

црнике (*Quercion ilicis „adriaticum“*) и мјешовите зимзелене вегетације дрвећа и жбуња храста црнике и црног јасена (*Orno-Quercion ilicis*), као и гариге, коју чине заједнице: *Cisto-Ericion*, *Juniperion oxycedri*, *Spartion juncei*, *Calycotome infesta* и др.

3. ФИТОГЕОГРАФСКА РЕГИОНАЛИЗАЦИЈА

Геопростор Републике Српске још средином XX вијека био је предмет фитогеографске и биогеографске регионализације, али само као дио ширег простора (бивше Југославије или Балканског полуострва).

3.1. Фитогеографска регионализација Стјепана Хорватића

Прве значајније фитогеографске подјеле овог дијела Европе дали су Иво Хорват и Стјепан Хорватић. Према фитогеографској регионализацији Стјепана Хорватића у дјелу *Фитогеографске значајке и рашичлањење Југославије* из 1967. године, највећи дио територије Републике Српске припада Евросибирско-сјеверноамеричкој регији, а само мањи дио Медитеранској регији, док је у највишим планинским подручјима заступљена Алпско-високогордијска регија, којој припада вегетација изнад горње шумске границе, али дјелимично и травна вегетација планинских рудина и вегетација стијена и точила у појасу клековине бора и субалпинских шума (*Хорватић, С., 1967. према Стефановић, В. et al., 1983*).

Евросибирско-сјеверноамеричка регија се на простору Републике Српске диференцира на три провинције: илирску, која обухвата западна хумиднија подручја, мезијску, која обухвата источна ариднија подручја, и средњоевропску, којој припадају најсјевернији дијелови Републике Српске (*Хорватић, С., 1967. према Стефановић, В. et al., 1983*). Медитеранска регија заступљена је јадранском, а алпско-високогордијска динарском провинцијом (*Хорватић, С., 1967. према Стефановић, В. et al., 1983*).

3.2. Биогеографска регионализација Сергеја Матвејева

Сергеј Матвејев је у дјелу *Биогеографија Југославије* из 1961. године извршио биогеографску регионализацију овог дијела Европе издвајањем биљно-животињско-предионих заједница (еко-система) у рангу биогеографских провинција. Његова регионализација биогеографских подручја заснивала се на одређивању садржаја појмова: област, подобласт, провинција, потпровинција и крајина, који су схваћени као еко-системи различитог хијерархијског ранга и дефинисани географским, еволутивним и еколошким својствима у историјском и савременом контексту (*Матвејев, С., 1961*).

Биогеографске области издвојио је према историјско-географском критеријуму (дуга просторна изолованост копна сјеверне хемисфере од копна јужне хемисфере); подобласти према географско-еволуционом критеријуму (географски центри поријекла и обиља облика значајни од палеогена); провинције према историјско-еколошком критеријуму (као зонално распрострањене еко-системе вишег реда, који се у оквиру једне подобласти међусобно разликују по посебним еко-системима нижег реда, по типу динамичких процеса и по посебним животним формама прилагођеним на те услове); потпровинције према биогеографско-синеколошком критеријуму (према разликама у саставу врста и синеколошким типовима у оквиру једне предоне зоне), а крајине претежно по синеколошким типовима насталим за вријеме посљедње глацијације или интерглацијације усљед специфичних еколошких услова који су владали у појединим групама рефугијума или у поједним рефугијумима (*Матвејев, С., 1961*).

Према наведеној регионализацији подручје Републике Српске припада Медитеранско-европској подобласти Холарктичке области, а само највиши дијелови високих планина припадају Аркто-планинској области. Медитеранско-европска подобласт заступљена је провинцијом европских претежно листопадних шума, која заузима највећи дио Балканског полуострва у планарном и колинском појасу (дијели се на двије потпровинције: балканско-средњоевропских шума и субмедитеранско-балканских шума). Аркто-планинска област, представљена провинцијама холарктичке тајге (потпровинција европских шума типа тајге) и субарктичке и планинске тундре (потпровинција европске високопланинске

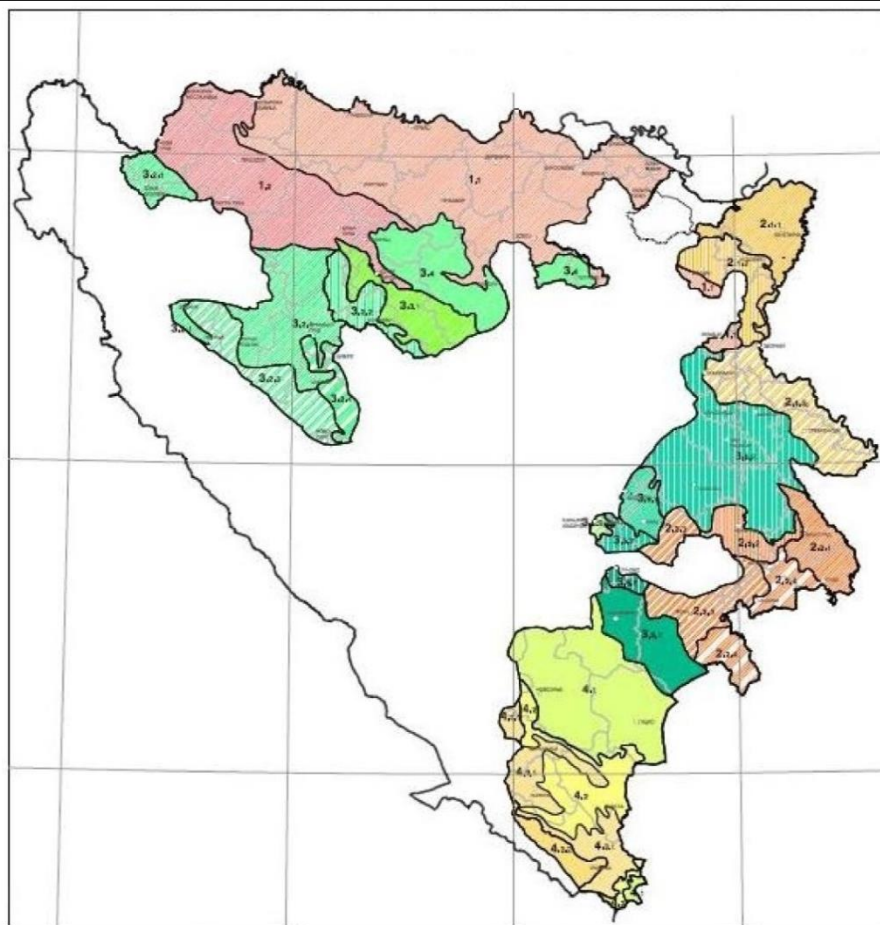
камените тундре и високопланинских пашњака), распрострањена је на планинама у виду посебне висинске зоне, али и у виду група елемената или појединих карактеристичних врста у највишем појасу високих планина (*Матвејев, С., 1961*).

3.3. Еколошко-вегетацијска регионализација Владимира Стефановића и сарадника

Регионализација вегетационог покривача коју су извршили *Стефановић, В. et al. (1983)* у дјелу *Еколошко-вегетацијска рејонизација Босне и Херцеговине* заснива се на анализи фитогеографско-климатских, педолошких и вегетацијских компоненти и њиховој синтези. Аутори су креирали три хијерархијска нивоа регионализације: 1) области које карактеришу хомогене фитогеографске и климатске одлике, релативна сличност геоморфолошких и орографских прилика, те заступљеност једне или више својствених климазоналних фитоценоза посебних одлика по саставу флорних елемената, 2) подручја која имају заједничке уже фитогеографске карактеристике и нека специфична геоморфолошка, орографска и климатска обиљежја, а у погледу шумске вегетације одликују се израженим карактером неких климазоналних заједница и распрострањењем већих комплекса шума условљених орографско-едафским факторима и 3) рејони које карактеришу неке уже специфичности појединих територија, те неке посебне геоморфолошке или орографско-едафске карактеристике (*Стефановић, В. et al., 1983*).

Према наведеним критеријумима, на подручју Републике Српске и Босне и Херцеговине издвојене су четири области:

- Перипанонска област, која обухвата равничарске и брежуљкасте предјеле у сјеверном дијелу територије,
- Прелазно илирско-мезијска област, која заузима сјевероисточни, источни и југоисточни дио,
- Област унутрашњих Динарида,
- Медитеранско-динарска област, која обухвата дијелове планинског система Динарида који су под утицајем медитеранске климе (*Стефановић, В. et al., 1983*).



ЛЕГЕНДА:

1. ПЕРИПАНОНСКА ОБЛАСТ

1.1 Сјеверобосанско подручје

1.2 Сјеверозападнобосанско подручје

2. ПРЕЛАЗНА ИЛИРСКО-МЕЗИЈСКА О.

2.1. Доње дринско подручје

2.1.1 Семберијско-посавски рејон

2.1.2 Мајевички рејон

2.1.3 Сребренички рејон

2.2. Горње дринско подручје

2.2.1 Вишеградски рејон

2.2.2 Рогачички рејон

2.2.3 Горажданско-фочански рејон

2.2.4 Чајничко-мештровачки рејон

3. ОБЛАСТ УНУТРАШЊИХ ДИНАРИДА

3.2. Западнобос. кречњачко-доломитно п.

3.2.1 Кључко-петровачки рејон

3.2.2 Скендервакуфски рејон

3.2.3 Гламочко-купрешки рејон

3.2.4 Копривнички рејон

3.3. Средњобосанско подручје

3.3.1 Врандучки рејон

3.3.2 Сарајевско-зенички рејон

3.4 Завидовићко-геслићко подручје

3.5. Подручје источнбосанске висоравни

3.5.1 Озренско-округлички рејон

3.5.2 Романијски рејон

3.6. Југоисточнбосанско подручје

3.6.1 Игманско-зеленгорски рејон

3.6.2 Трновски рејон

4. МЕДИТЕРАНСКО-ДИНАРСКА ОБЛАСТ

4.1 Субмедитеранско-планинско подручје

4.2 Субмедитеранско монتانско подручје

4.3. Субмедитеранско подручје

4.3.1 Рејон без зимзелених елемената

4.3.2 Рејон са зимзеленим елементима

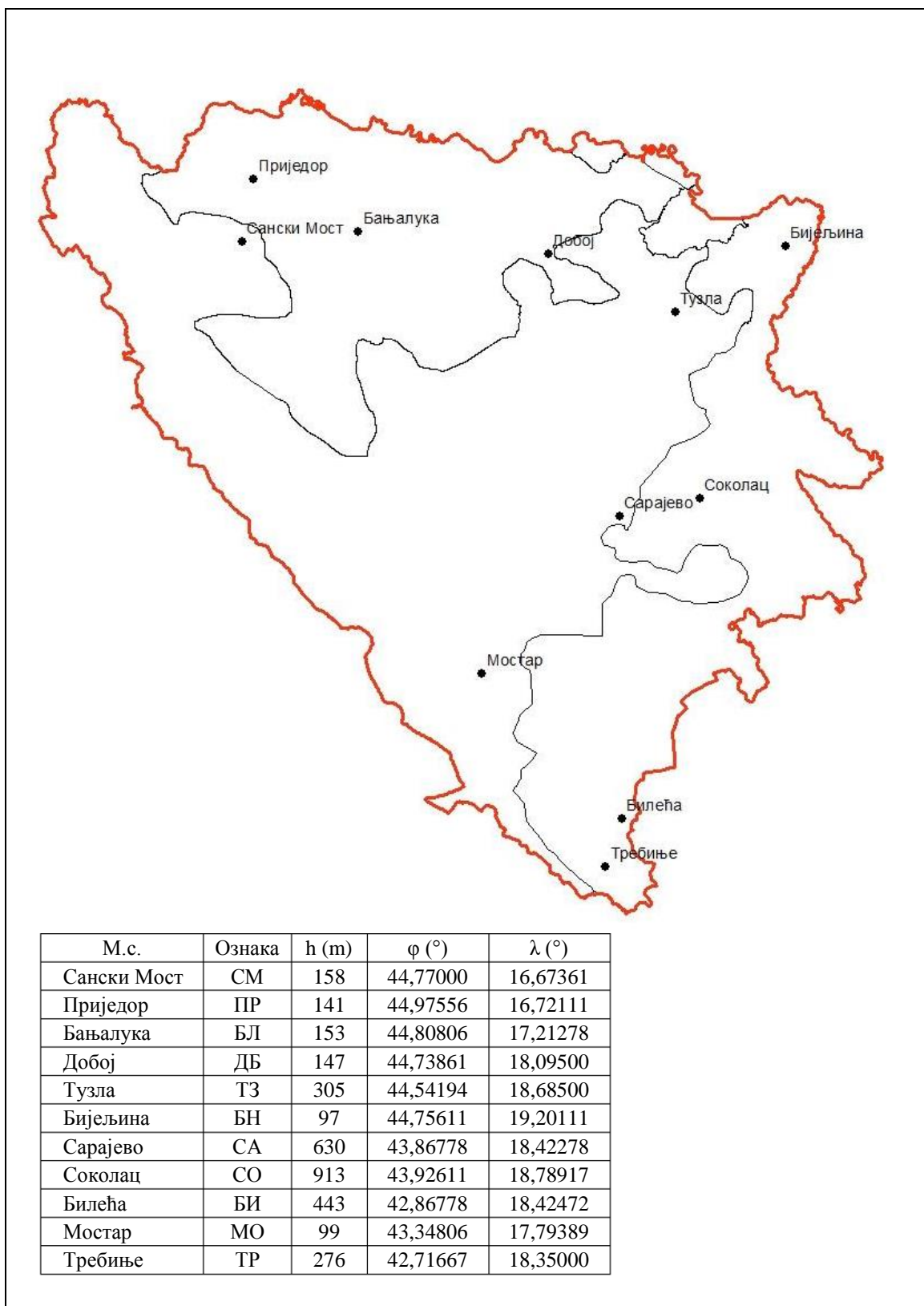
Слика III – 4: Еколошко-вегетацијска регионализација Републике Српске (Стефановић, В. et al., 1983; Урбанистички завод Републике Српске, 2008)

IV. САВРЕМЕНА КОЛЕБАЊА КЛИМЕ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

Савремена колебања климе у Републици Српској детерминисана су комплексном анализом основних климатских елемената – температуре ваздуха, падавина, влажности ваздуха, облачности и инсолације. Анализа климатских елемената на истраживаном простору извршена је за период 1961–2015. године на основу података са метеоролошких станица у Републици Српској за које постоје дугогодишња мјерења – Приједор, Бањалука, Добој, Бијељина, Соколац, Билећа и Требиње, као и појединих метеоролошких станица у Федерацији Босне и Херцеговине које се налазе у граничном подручју према Републици Српској – Сански Мост, Тузла, Сарајево и Мостар. Подаци су преузети из *Метеоролошког годишњака I* Савезног хидрометеоролошког завода Београд (за период 1961–1985. године), *Метеоролошког годишњака* Федералног хидрометеоролошког завода Сарајево (за период 1992–2015. године) и документације Републичког хидрометеоролошког завода Бањалука (за период 1991–2015. године) (*СХЗ, 1963–1988; ФХЗ, 2013–2016; РХЗ, 1991–2015*).

С обзиром на то да на већини метеоролошких станица постоје прекиди у мјерењима у ратном и послератном периоду, извршена је екстраполација недостајућих података према подацима са најближих станица за које су доступна мјерења у том периоду. Екстраполација је заснована на претпоставци истих разлика (температура, влажност, инсолација) или константних односа (падавине) између дужих и краћих низова осматрања.

Утврђени су трендови мјесечних, сезонских и годишњих вриједности средњих и екстремних температура ваздуха и падавина, те трендови средње годишње релативне влажности ваздуха, инсолације и облачности. Затим је извршена компаративна анализа климатских елемената за два тридесетогодишња периода. Просјечне вриједности наведених параметара у периоду 1981–2010. године упоређене су са њиховим вриједностима у стандардном климатолошком периоду 1961–1990. године како би се, поред уочених трендова, додатно потврдила савремена колебања климе на истраживаном простору.



Слика IV – 1: Географски положај анализираних метеоролошких станица у Републици Српској и Федерацији Босне и Херцеговине

1. ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА

Међу климатским елементима који утичу на раст и развој, а самим тим и распрострањење биљних врста и њихових заједница, температура, тј. топлота, заузима прво и најзначајније мјесто.

Температура условљава све биохемијске и физиолошке процесе у биљкама (дисање, транспирацију, фотосинтезу, акумулацију и транспорт асимилатива, апсорбовање минералних материја из земљишта), а дјелује и на педолошке и микробиолошке процесе у земљишту из којег биљке црпе воду и хранљиве материје. Биљке имају одређене захтјеве према температури како би успјешно прошле одређену фенофазу или цијели животни циклус. Сваки стадујим у развоју биљке има своје карактеристичне кардиналне тачке: оптимум, минимум и максимум (*Милосављевић, М., 1976*). Оптимална температура је она на којој се физиолошки процес одвија највећом брзином, а њен даљи пораст праћен је смањењем брзине одвијања процеса, све док се не достигне граница на којој се он зауставља (*Кузнецов, В. В. & Дмитриева, Г. А., 2006*). Минимум представља доњу границу температуре при којој се процес прекида усљед недостатка топлоте, а максимум горњу границу при којој се процеси прекидају због вишка топлоте (*Оторепец, С., 1991*). Температура утиче и на темпо развоја биљака – што је температура виша, краћи су међуфазни периоди, а развој биљке бржи, и обрнуто (*Оторепец, С., 1991*). Географски распоред температуре на Земљи одређује законитости распрострањења биљних врста и заједница. Хоризонталну и вертикалну зоналност температуре прати одговарајућа хоризонтална и вертикална зоналност вегетације.

1.1. Средње мјесечне и годишње температуре ваздуха

Средња годишња температура ваздуха у сјеверном дијелу Републике Српске благо расте од запада према истоку – од 10,5 °С у Санском Мосту, преко 11,0–11,2 °С у Приједору, Бањалуци и Добоју до 11,5 °С на крајњем истоку, у Бијељини. Средња годишња температура ваздуха опада према планинско-котлинској области. У овом континенталном дијелу температура опада са порастом

надморске висине за 0,5–0,8 °C на сваких 100 m н. в. – па у Сокоцу, на највишој анализираној станици, просјечна годишња температура ваздуха износи 6,9 °C, док је у источној Херцеговини температурни градијент нешто већи и износи 0,7–1,0 °C (Трбић, Г., 2013). Највише температуре ваздуха карактеришу ниску Херцеговину – средња годишња температура ваздуха у Требињу износи 14,4 °C, а у Мостару 15,0 °C. Просјечна годишња температура ваздуха у вишим предјелима Херцеговине, на примјер у Билећи, износи 12,3 °C.

Табела IV – 1: Средње мјесечне и годишње температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	-0,1	1,9	6,2	10,7	15,2	18,7	20,4	19,7	15,6	10,9	6,1	1,2	10,5
ПР	-0,3	2,0	6,5	11,4	16,0	19,6	21,3	20,8	16,4	11,3	5,9	1,2	11,0
БЛ	0,2	2,2	6,6	11,3	16,1	19,7	21,4	20,7	16,3	11,3	6,3	1,6	11,2
ДБ	0,1	2,3	6,6	11,4	16,0	19,4	21,0	20,5	16,3	11,3	6,2	1,4	11,0
ТЗ	-0,2	1,8	6,0	10,7	15,1	18,3	20,0	19,7	15,5	10,8	5,9	1,1	10,4
БН	0,1	2,4	6,7	11,7	16,8	20,1	21,8	21,4	17,0	11,7	6,3	1,6	11,5
СА	-0,3	1,5	5,3	9,7	14,5	17,6	19,5	19,3	15,2	10,6	5,7	0,6	9,9
СО	-3,8	-2,0	1,9	6,7	11,7	15,0	16,7	16,3	12,3	7,6	2,6	-2,3	6,9
БИ	3,2	4,1	7,2	10,9	15,7	19,4	22,1	21,8	17,4	12,9	8,2	4,5	12,3
МО	5,3	6,7	10,0	13,7	18,5	22,4	25,4	25,1	20,5	15,5	10,4	6,4	15,0
ТР	5,7	6,4	9,2	12,6	17,4	21,2	24,1	24,0	19,6	15,2	10,7	7,0	14,4

На свим станицама најхладнији мјесец је јануар, са просјечном температуром од -3,8 °C у Сокоцу до 5,3 °C у Мостару. Просјечна температура јануара у перипанонској области креће се од -0,2 °C до 0,2 °C. Најтоплији мјесец је јули, са највишом просјечном температуром ваздуха у источном и јужном дијелу територије (Бијељина 21,8 °C, Билећа 22,1 °C и Мостар 25,4 °C). Просјечна температура у јулу у Бањалуци износи 21,4 °C.

Средња годишња амплитуда температура ваздуха у периоду 1961–2015. године на сјеверу износи од 20,2 °C у Тузли до 21,7 °C у Бијељини. Највећа годишња амплитуда температура на цијелом истраживаном подручју присутна је управо у Семберији, која и представља најконтиненталнији дио истраживане територије, у

којем су и разлике између најтоплијег и најхладнијег периода највеће. Температурне амплитуде нешто су мање у високој Херцеговини (на примјер, Билећа 18,8 °C) и на подручју Сарајева (19,9 °C).

Табела IV – 2: Средња годишња амплитуда температуре ваздуха у периоду 1961–2015. године (у °C)

СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	БН	СА	СО	БИ	МО	ТР
20,5	21,6	21,2	20,9	20,2	21,7	19,9	20,5	18,8	20,1	18,4

Од десет најтоплијих година у посматраном периоду 1961–2015. године, девет је забиљежено од 2000. године (само се 1994. година наша међу десет најтоплијих). Међу најтоплијим годинама у анализираном периоду биле су: 2000, 2007, 2008. и 2014. година. Година 2014. била је најтоплија година у већем дијелу Републике Српске. У Семберији су од 2014. године топлије биле једино 2008. и 2015. година. У Херцеговини 2014. година није била међу првих неколико најтоплијих година. У Мостару је најтоплија била 2015. година, а затим 1994, 2011. и 2012. година (занимљиво је да су у Мостару присутне врло мале разлике у средњој годишњој температури десет најтоплијих година). У Билећи још није надмашена рекордно топла, 1994. година.

Од 1990. године, када тренд загријавања постаје израженији, забиљежено је само неколико година хладнијих од просјека стандардног климатолошког периода (1961–1990. година) – 1996. година (на свим станицама осим Сокоца), 2005. година (у Санском Мосту, Приједору, Добоју, Тузли, Сарајеву и Билећи), те 1995. година у Тузли и Билећи, 1997. година у Тузли и 1991. и 2006. година у Билећи. У Сокоцу су све године од 1990. године биле топлије од просјека стандардног климатолошког периода.

Међу најхладнијим годинама у периоду 1961–2015. године нашле су се: 1962, 1964, 1976, 1978. и 1980. година (све из периода прије 1990. године). У сјеверозападном дијелу Републике Српске најхладније године забиљежене су на почетку анализираног периода. У Бањалуци и Приједору најхладније су биле 1962. и 1964. година. На подручју од Добоја до Бијељине најхладнија је била 1980. година, а у региону Сарајева и Сокоца, као и у Херцеговини, 1976. година.

Табела IV – 3: Најтоплије и најхладније године у Републици Српској
у периоду 1961–2015. године

НАЈТОПИЈЕ ГОДИНЕ																				
М. с.	СМ		ПР		БЛ		ДБ		ТЗ		БН		СА		СО		БИ		МО	
	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.
1.	12,2	2014	13,0	2014	13,0	2014	12,7	2014	12,0	2014	13,1	2008	11,6	2014	8,8	2014	13,5	1994	16,2	2015
2.	11,9	2000	12,5	2009	12,8	2000	12,5	2015	12,0	2000	13,1	2015	11,3	2000	8,4	1994	13,1	2003	16,2	1994
3.	11,9	2008	12,5	2000	12,8	2007	12,5	2000	11,9	2008	13,0	2014	11,2	2008	8,3	2013	13,1	2007	16,2	2011
4.	11,8	2009	12,5	2008	12,8	2008	12,4	2008	11,8	2015	13,0	2012	11,2	2013	8,3	2002	13,1	2000	16,2	2012
5.	11,7	2002	12,5	2012	12,7	2012	12,3	2012	11,7	2007	13,0	2000	11,1	1994	8,1	2008	13,1	2008	16,1	2003
6.	11,7	2007	12,3	2007	12,7	2015	12,2	2007	11,7	2012	12,9	2007	11,1	2002	8,1	2000	13,0	2002	16,1	2007
7.	11,6	1994	12,1	2013	12,7	2009	12,1	2002	11,5	2002	12,8	2009	11,1	2012	8,1	2012	12,9	2013	16,1	2008
8.	11,6	2012	12,1	2015	12,3	2013	12,0	2009	11,5	2013	12,8	2002	11,0	2007	8,0	2015	12,9	2015	16,0	2000
9.	11,5	2015	12,0	2002	12,3	1994	12,0	2013	11,4	2009	12,7	1994	10,8	2009	8,0	2007	12,9	2012	15,9	2013
10.	11,3	2013	11,9	2011	12,3	2002	11,9	1994	11,0	2011	12,6	2013	10,8	2015	8,0	2009	12,8	2001	15,9	2014

НАЈХЛАДНИЈЕ ГОДИНЕ																				
М. с.	СМ		ПР		БЛ		ДБ		ТЗ		БН		СА		СО		БИ		МО	
	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.
1.	9,3	1964	9,3	1964	9,7	1962	9,6	1980	9,0	1980	9,9	1980	8,7	1976	5,0	1976	11,0	1976	13,6	1976
2.	9,3	1978	9,3	1962	9,7	1964	9,9	1976	9,2	1996	10,0	1978	8,8	1978	5,7	1980	11,2	1980	13,7	1980
3.	9,4	1976	9,7	1969	9,8	1980	10,0	1978	9,2	1978	10,0	1985	8,9	1991	5,9	1984	11,4	1995	14,0	1978
4.	9,4	1980	9,7	1963	9,9	1976	10,1	1964	9,3	1976	10,3	1984	9,0	1964	5,9	1962	11,5	1978	14,1	1965
5.	9,6	1962	9,7	1976	9,9	1978	10,1	1985	9,4	1985	10,4	1976	9,0	1980	6,0	1978	11,6	1973	14,1	1984
6.	9,6	1985	9,9	1965	10,0	1963	10,2	1962	9,4	1991	10,5	1964	9,1	2005	6,0	1969	11,6	1984	14,2	1974
7.	9,7	1969	9,9	1978	10,1	1965	10,2	1963	9,6	1964	10,5	1973	9,2	1984	6,0	1970	11,6	2005	14,2	1981
8.	9,7	1973	10,1	1970	10,1	1969	10,2	1973	9,6	1984	10,6	1962	9,3	1962	6,0	1981	11,7	1974	14,3	1967
9.	9,8	1986	10,2	1973	10,2	1985	10,3	1991	9,6	1986	10,6	1970	9,3	1969	6,1	1973	11,7	1981	14,4	1971
10.	9,8	1996	10,2	1971	10,3	1996	10,3	1986	9,7	2005	10,6	1986	9,3	1985	6,2	1985	11,8	1983	14,4	1972

Табела IV – 4: Најтоплије и најхладније пентаде у Републици Српској
у периоду 1961–2015. године

Пентада	СМ		ПР		БЛ		ДБ		ТЗ		БН		СА		СО		БИ		МО	
	t	ранг	t	ранг	t	ранг	t	ранг	t	ранг	t	ранг	t	ранг	t	ранг	t	ранг	t	ранг
1961–1965.	9,9	10.	9,8	11.	10,1	11.	10,5	10.	9,9	10.	10,9	9.	9,5	10.	6,4	7.	12,3	6.	14,8	7.
1966–1970.	10,2	7.	10,3	10.	10,5	9.	10,8	7.	10,2	6.	11,1	7.	9,52	9.	6,3	8.	12,1	8.	14,5	9.
1971–1975.	10,1	9.	10,4	9.	10,7	8.	10,7	8.	10,1	8.	11,0	8.	9,54	7.	6,3	9.	12,0	9.	14,4	10.
1976–1980.	9,9	11.	10,5	8.	10,4	10.	10,4	11.	9,7	11.	10,6	11.	9,32	11.	6,1	11.	11,7	11.	14,2	11.
1981–1985.	10,2	8.	10,7	7.	10,7	7.	10,6	9.	9,9	9.	10,7	10.	9,54	8.	6,3	10.	11,9	10.	14,6	8.
1986–1990.	10,5	6.	11,3	5.	11,0	6.	10,9	6.	10,1	7.	11,3	6.	9,84	6.	7,0	6.	12,3	7.	15,0	6.
1991–1995.	10,7	4.	11,0	6.	11,3	5.	11,0	5.	10,3	5.	11,7	4.	10,0	5.	7,0	5.	12,4	5.	15,2	5.
1996–2000.	10,7	5.	11,4	4.	11,4	4.	11,2	4.	10,5	4.	11,6	5.	10,2	4.	7,2	4.	12,6	4.	15,2	4.
2001–2005.	10,9	3.	11,4	3.	11,6	3.	11,3	3.	10,7	3.	12,0	3.	10,2	3.	7,4	3.	12,6	3.	15,4	3.
2006–2010.	11,4	2.	12,0	2.	12,3	2.	11,9	2.	11,3	2.	12,5	2.	10,7	2.	7,8	2.	12,6	2.	15,7	2.
2011–2015.	11,5	1.	12,3	1.	12,6	1.	12,2	1.	11,6	1.	12,7	1.	11,0	1.	8,1	1.	12,9	1.	16,0	1.

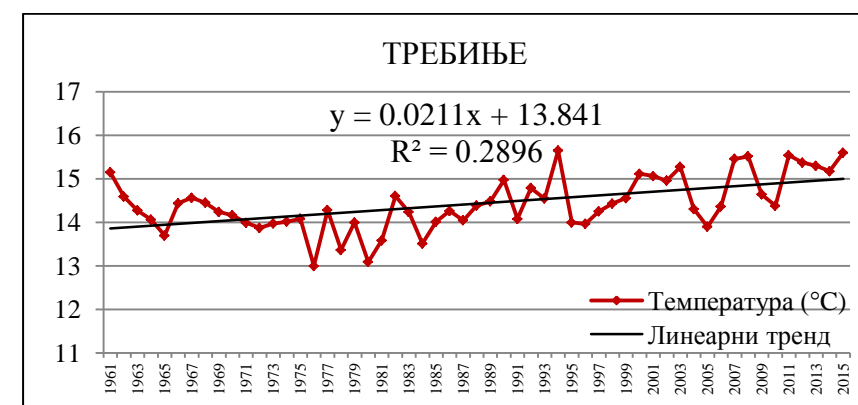
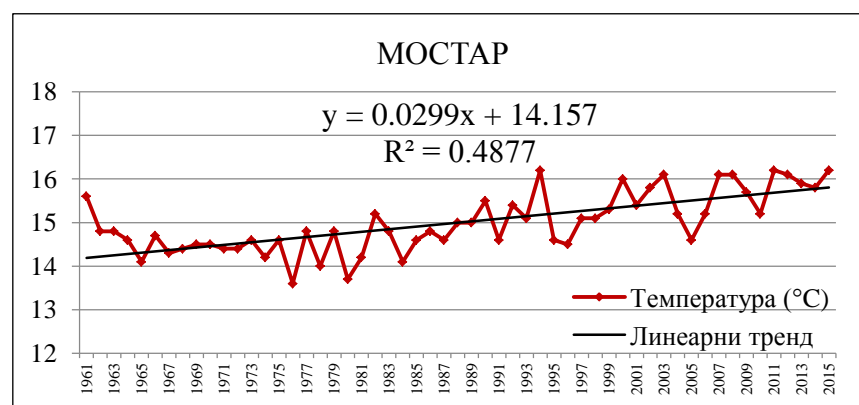
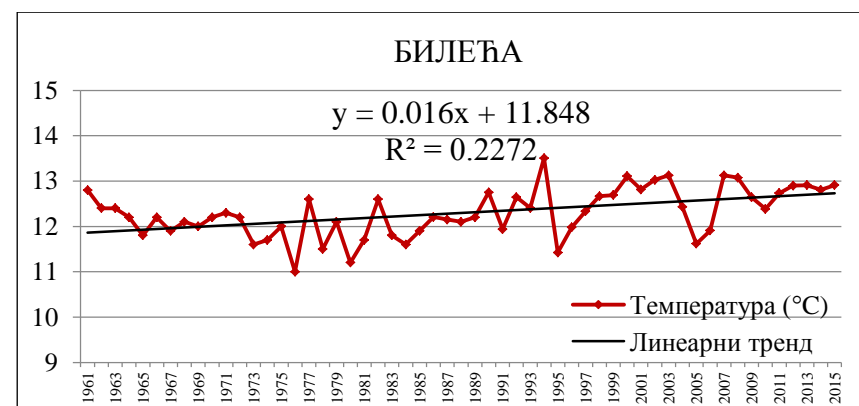
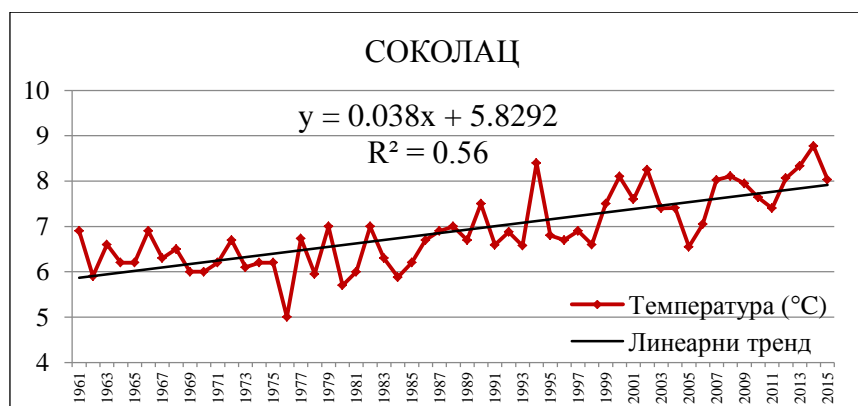
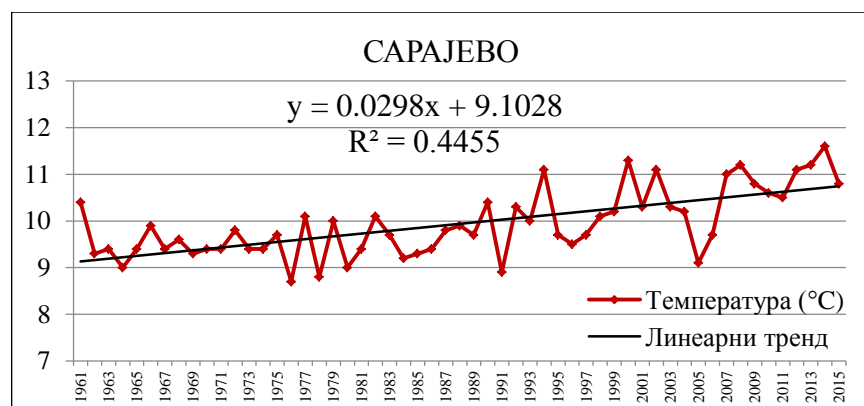
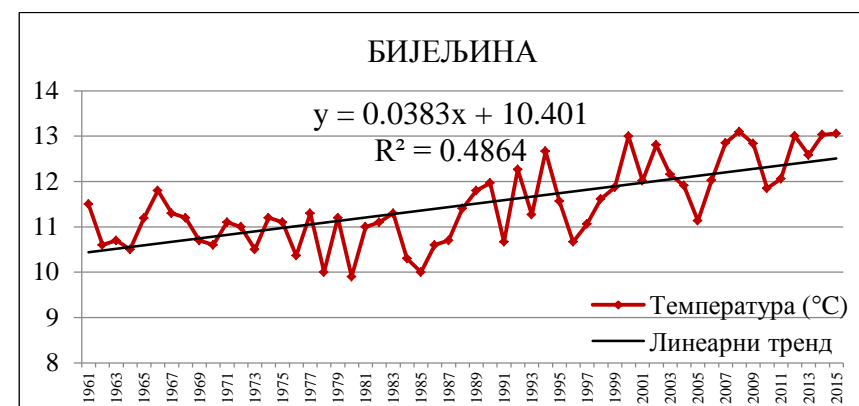
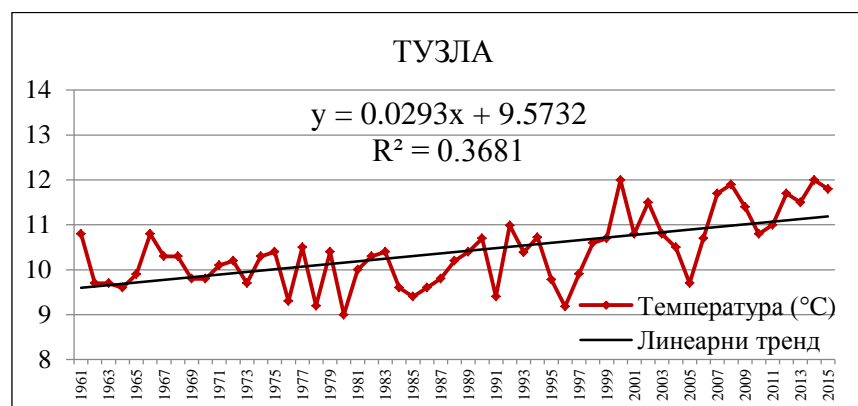
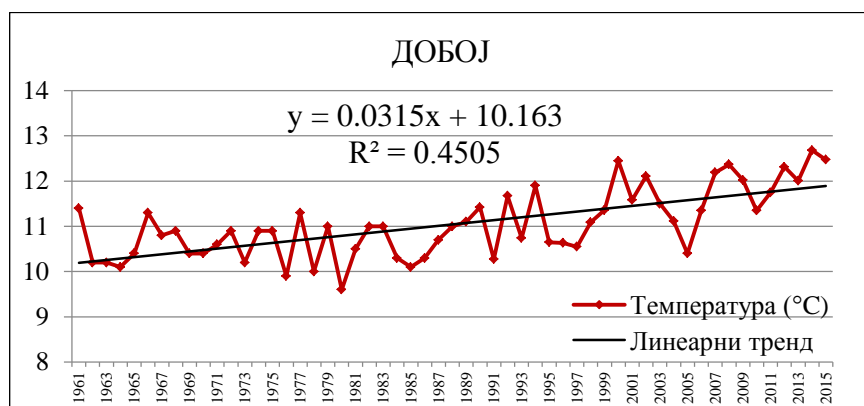
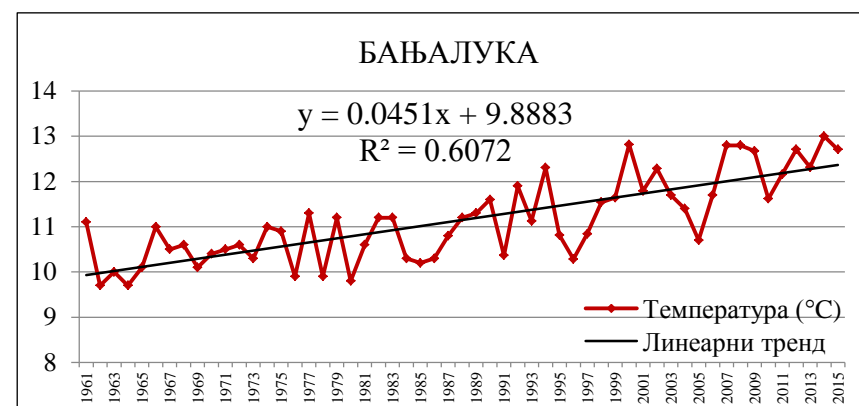
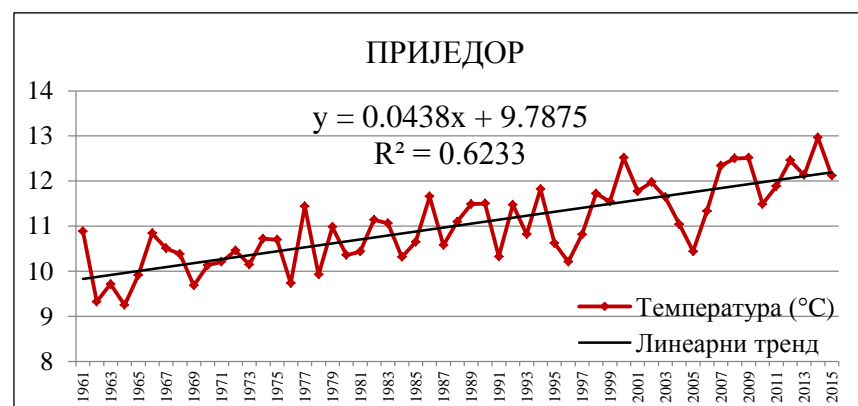
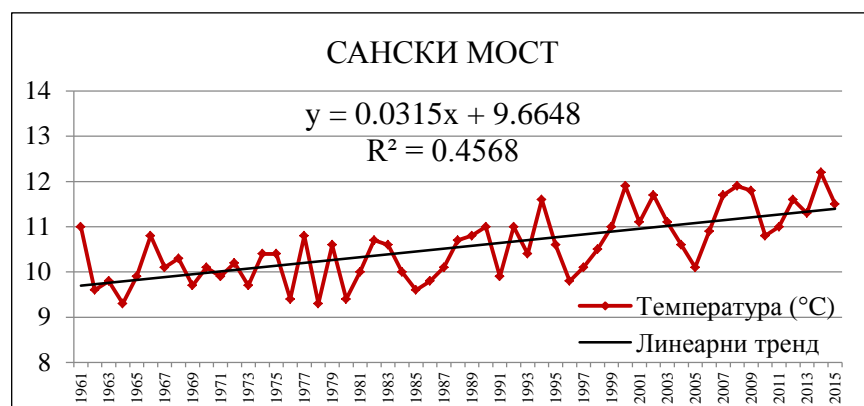
Међу десет најхладнијих година, генерално, налазе се године прије 1990. године, када тренд загријавања постаје интензивнији. Само су се на појединим станицама међу најхладнијим годинама нашле већ споменуте године хладније од просјека – 1991, 1996. и 2005. година.

На израженији тренд загријавања од 1990. године указује и анализа средње годишње температуре ваздуха по пентадама. Пет пентада од 1990. године најтоплије су пентаде у анализираном периоду. На цијелој територији Републике Српске од пентаде 1991–1995. године свака сљедећа била је сукцесивно топлија од претходне (осим у Санском Мосту и Бијељини, гдје је пентада 1991–1995. године била топлија од пентаде 1996–2000. године). Нарочито топле биле су три пентаде у XXI вијеку (2001–2005, 2006–2010. и 2011–2015. године). На цијелој територији то су биле и три најтоплије пентаде од 1961. године, с тим да је посљедња пентада била убједљиво најтоплија – за 1,0–1,4 °C топлија од стандардног климатолошког периода 1961–1990. године (осим у Билећи, гдје је тај пораст износио 0,6 °C). У анализираном периоду најхладнија пентада била је пентада 1976–1980. године. Једино је у Бањалуци ово била друга најхладнија пентада. Хладнија од ње била је само пентада с почетка анализираног периода – 1961–1965. године (на већини станица, осим на онима у Херцеговини, ово је била друга најхладнија пентада).

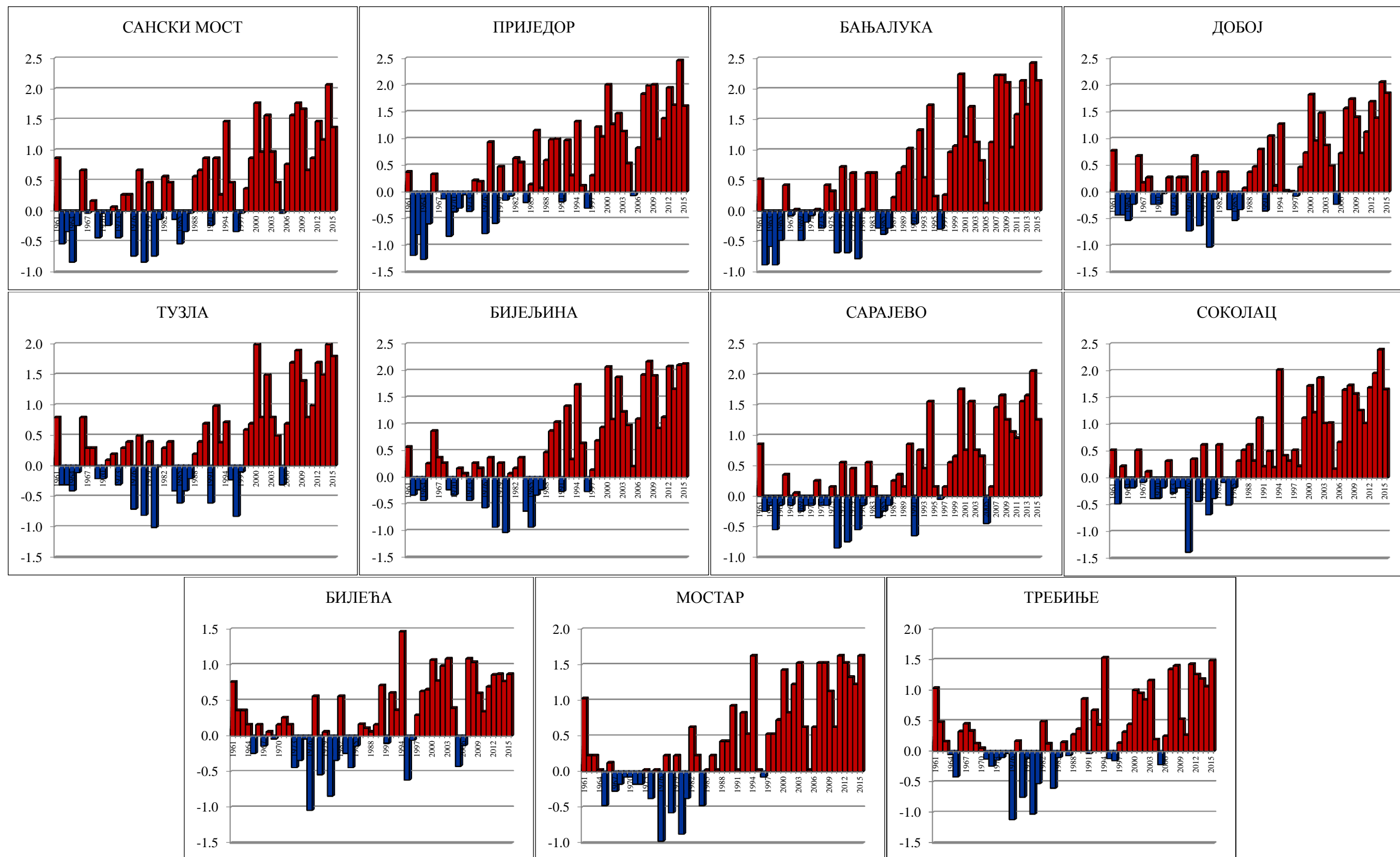
У другој половини XX вијека и на почетку XXI вијека, у свим дијеловима Републике Српске присутан је статистички значајан ($p < 0,01$) позитиван тренд средње годишње температуре ваздуха. Пораст температуре ваздуха у Републици Српској или у појединим њеним подручјима утврђен је и ранијим истраживањима (Трбић, Г. & Бајић, Д., 2011; Трбић, Г., 2013; Попов, Т. & Трбић, Г., 2015; Попов, Т. & Живак, Н., 2016). Највеће повећање температуре ваздуха забиљежено је у сјеверном дијелу Републике Српске, тј. на подручју Посавине и Семберије, и у јужном дијелу Херцеговине, док је у брдско-планинским подручјима пораст температуре мањи (Трбић, Г., 2013). У анализираном периоду 1961–2015. године пораст средње годишње температуре ваздуха по линији тренда кретао се у интервалу од 0,2 °C по деценији у Билећи до 0,4 °C по деценији у Приједору и

Бијељини. Ипак, највећи пораст забиљежен је у Бањалуци (0,5 °C по деценији), вјероватно и због утицаја „урбаног острва топлоте“. У Бањалуци је од почетка посматраног периода број становника порастао за 51 % – са 131.681 становника у 1961. години на 199.191 становника у 2013. години (посматрано од завршетка Другог свјетског рата, број становника је порастао за чак 104 %) (Гело, *J. et al.*, 1995; *РЗС*, 2013). Појава „урбаног острва топлоте“, тј. пораста температуре ваздуха у урбаном простору у односу на рурално окружење са природним пејзажима, последица је интензивне замјене природних површина кроз процес урбанизације. Природне површине, које углавном представљају вегетациони и земљишни покривач, користе релативно велики дио апсорбованог зрачења у процесу евапотранспирације и отпуштају водену пару која доприноси ефекту хлађења ваздуха у њиховој близини. Насупрот томе, изграђене површине углавном се састоје од нерелефних и водоотпорних грађевинских материјала, па апсорбују знатан дио зрачења, који се ослобађа у виду топлоте. Због тога градови ослобађају велике количине топлоте, па је и температура ваздуха у њима виша него у њиховој околини. Дању се јаче загријавају, а губици топлоте су незнатни јер је испаравање мало, а падавине брзо отичу асфалтом, за разлику од природних површина, које упијају влагу. У урбаном простору је смањено и израчување топлоте, па је у граду и ноћ топлија него у околини. Све то доприноси јачем загријавању великих урбаних средина.

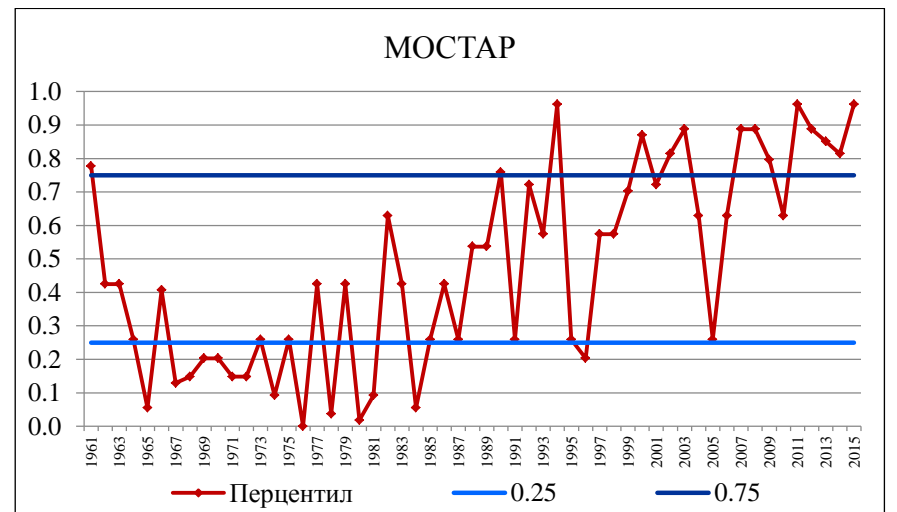
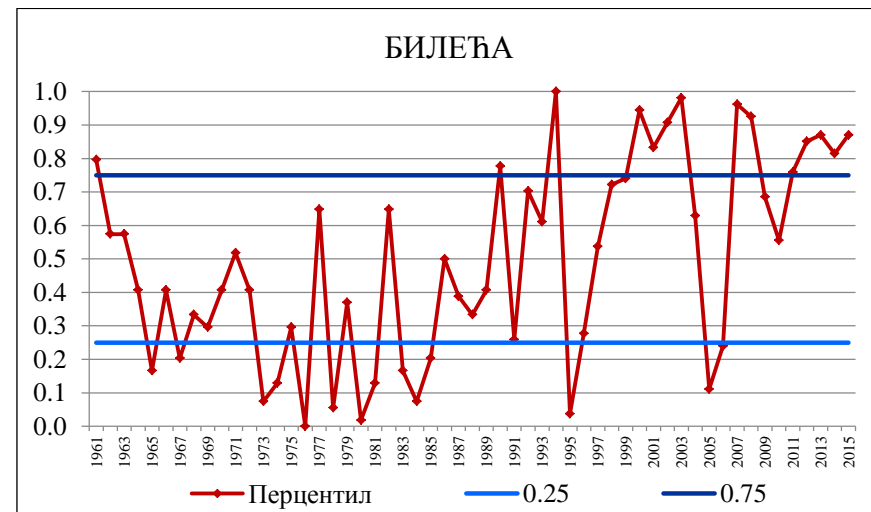
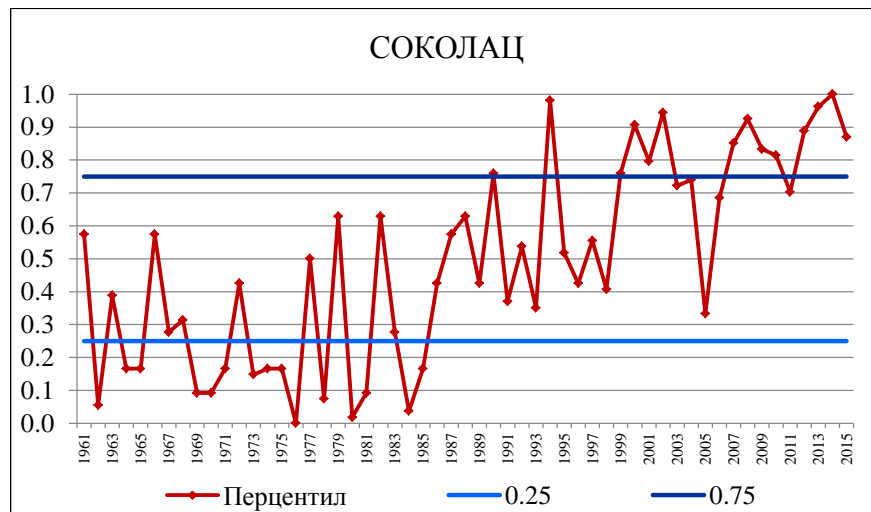
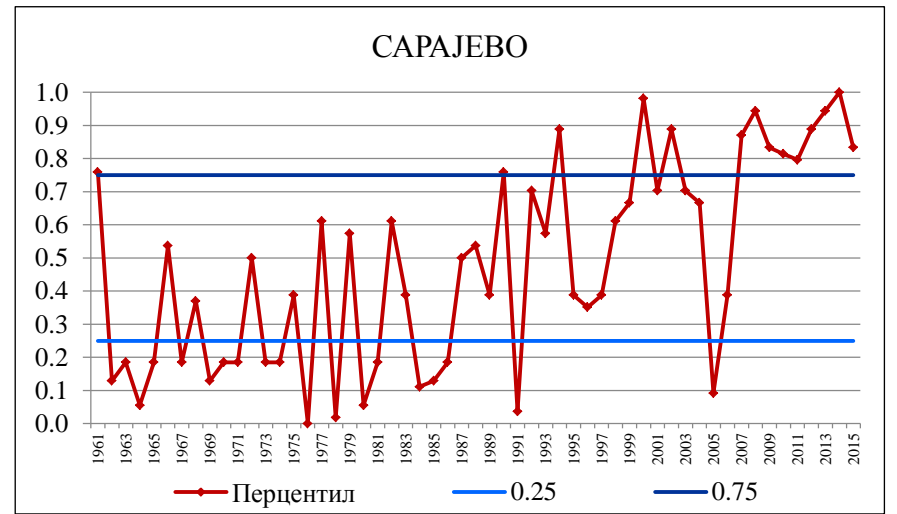
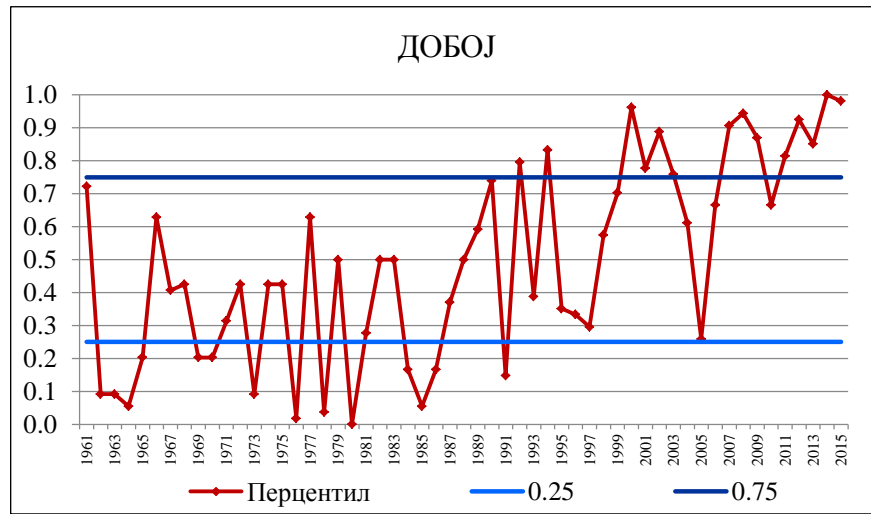
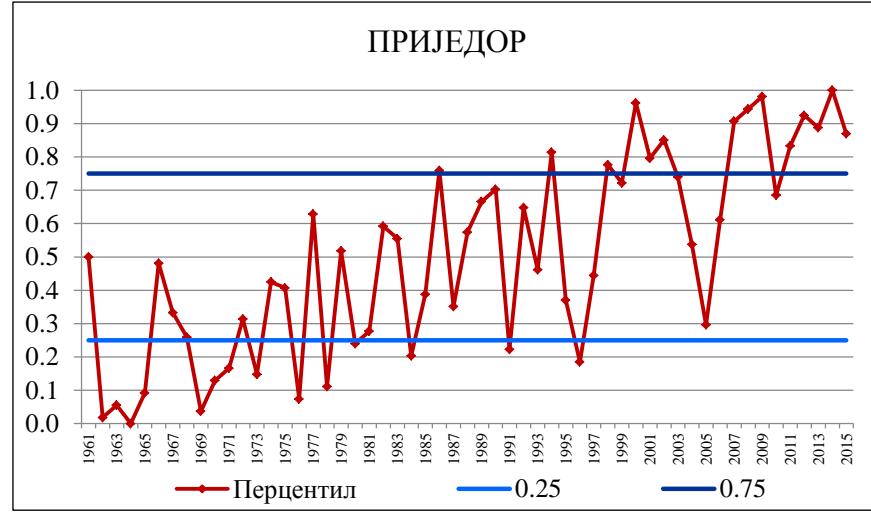
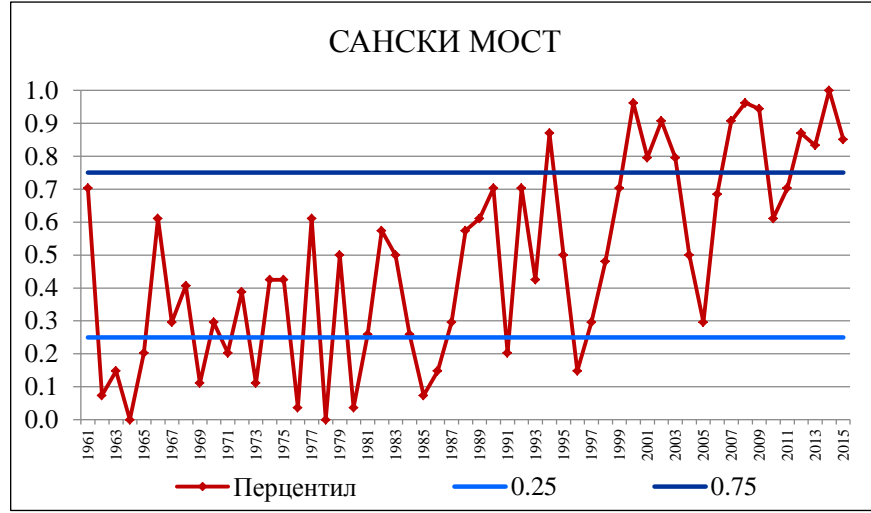
На тренд загријавања, који израженији постаје након 1990. године, указује и анализа перцентиала. Од 1990. године, на појединим станицама само су се једна или двије године нашле у категорији < 25. перцентиала – на примјер, 1991. година у Добоју, Бијељини и Сарајеву, 1995. година у Билећи, 1996. година на сјеверозападу, у Бијељини и у Мостару, те 2005. година у Сарајеву и Билећи. У Сокоцу се ниједна година од 1990. године не налази у овој категорији. У већини подручја међу најхладнијим годинама (< 25. перцентиала) највише је година из пентаде 1961–1965. године и декаде 1971–1980. године (у Херцеговини из наведене декаде).



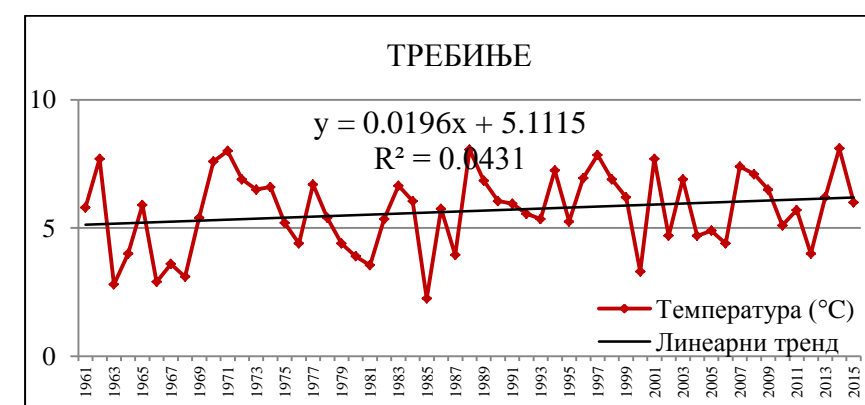
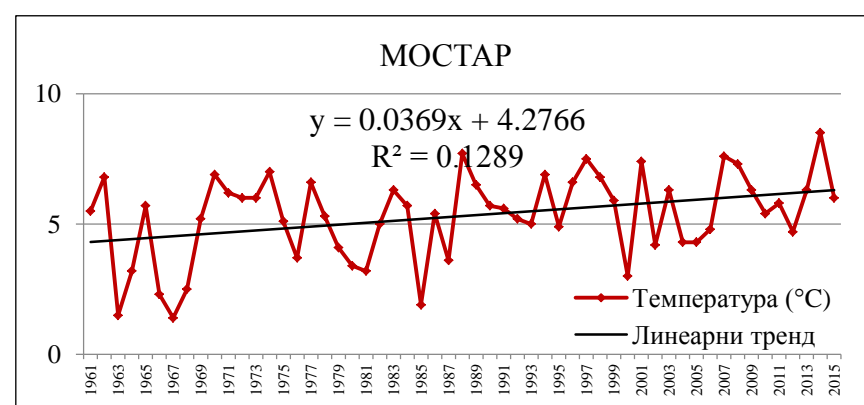
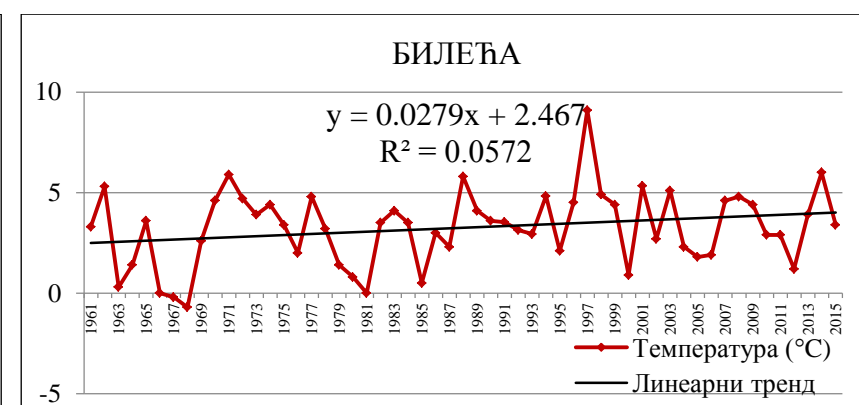
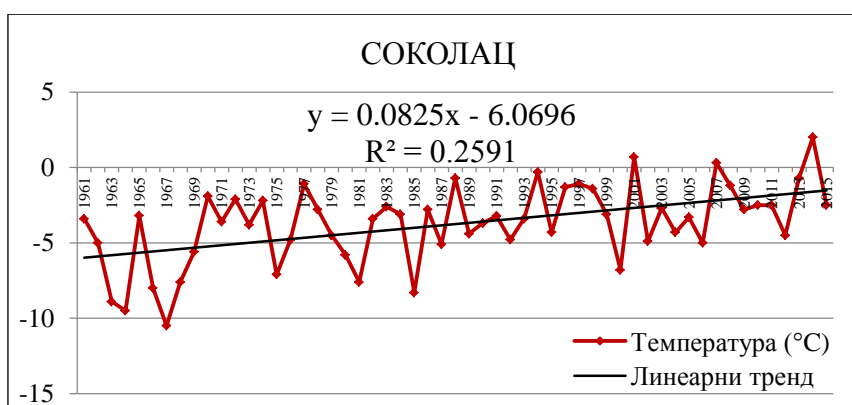
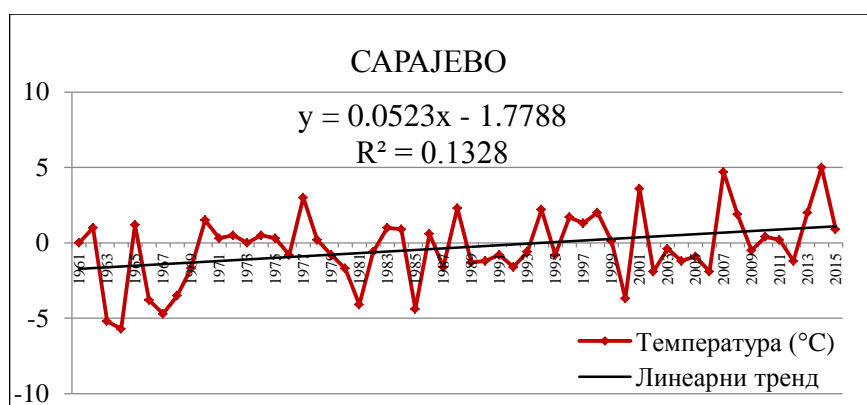
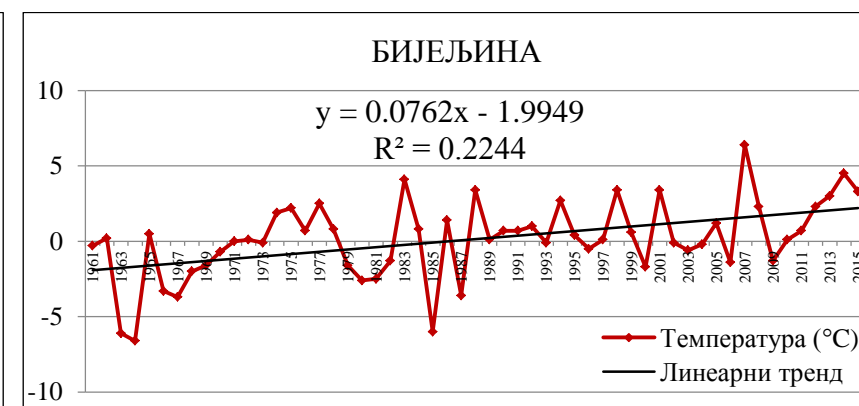
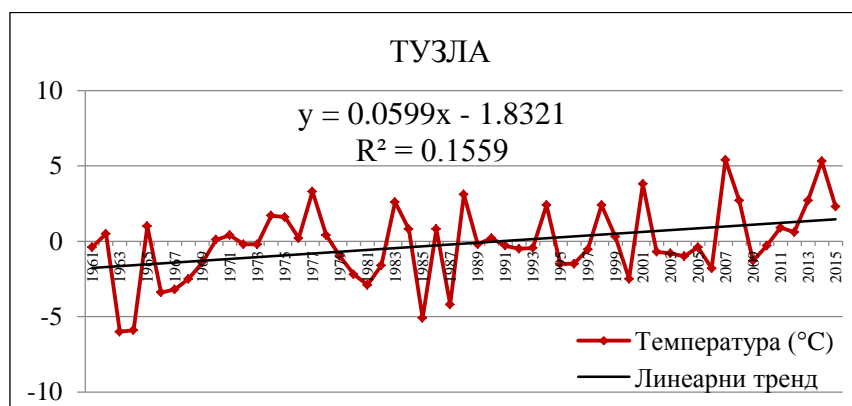
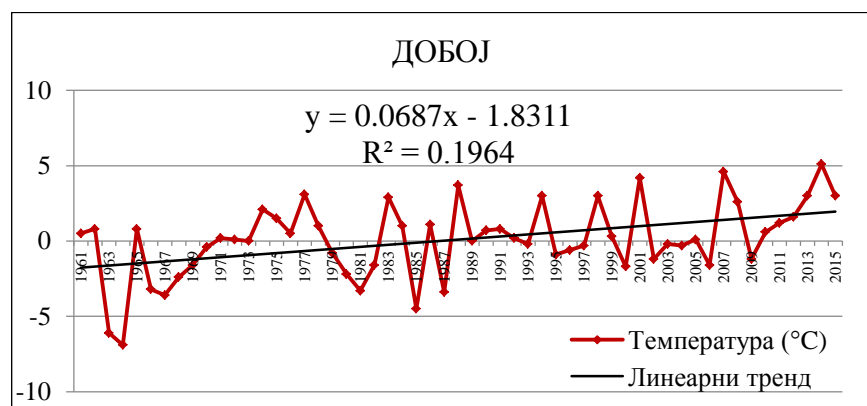
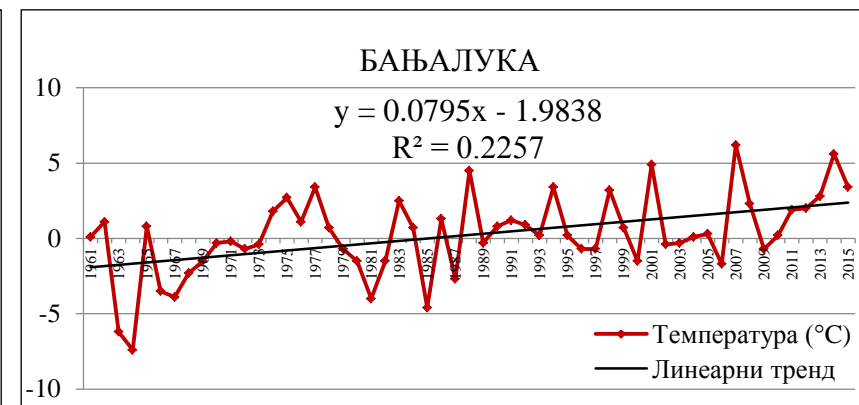
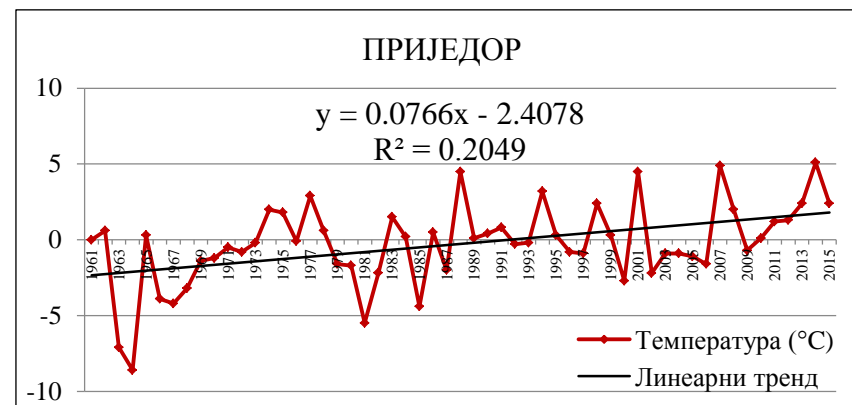
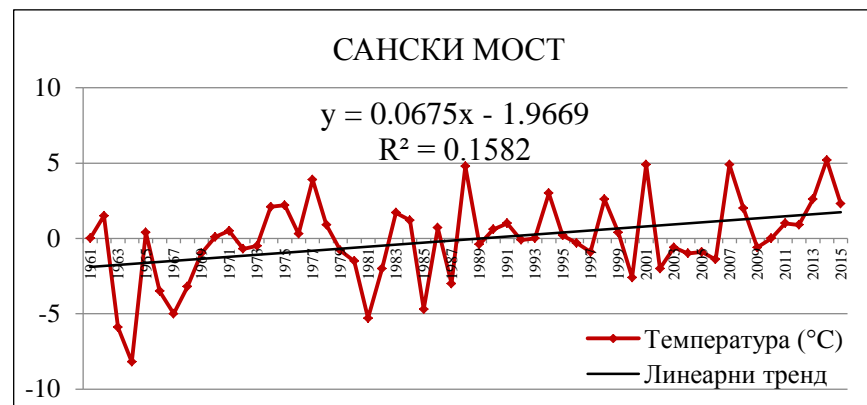
Графикон IV – 1: Тренд средње годишње температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



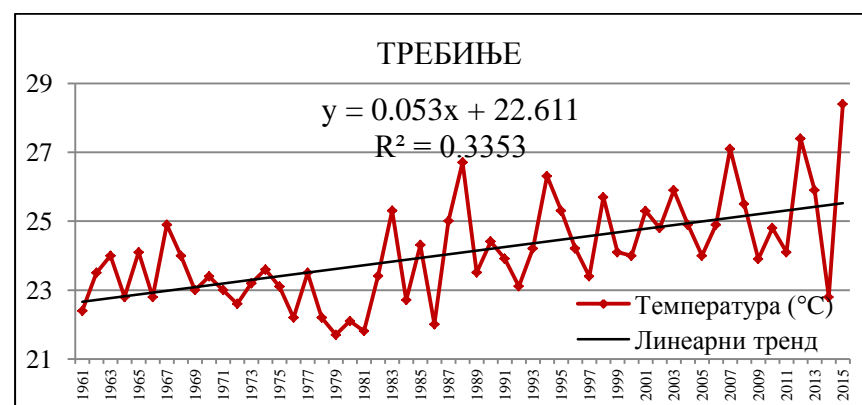
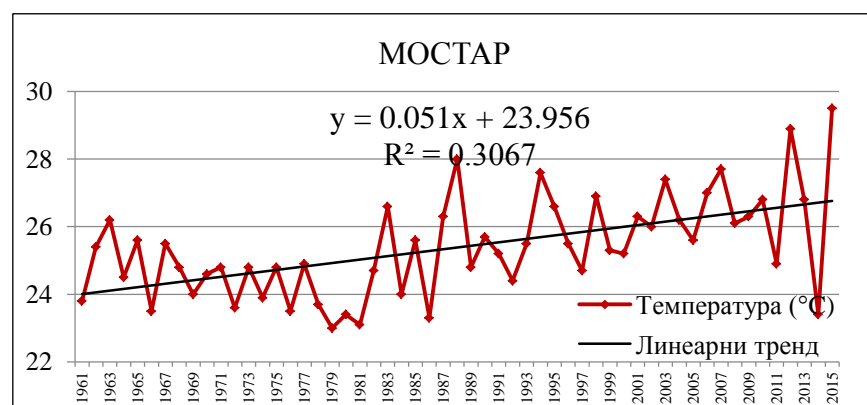
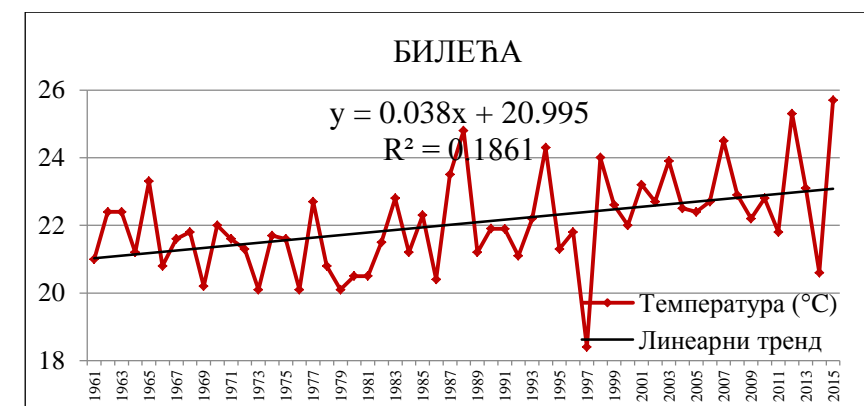
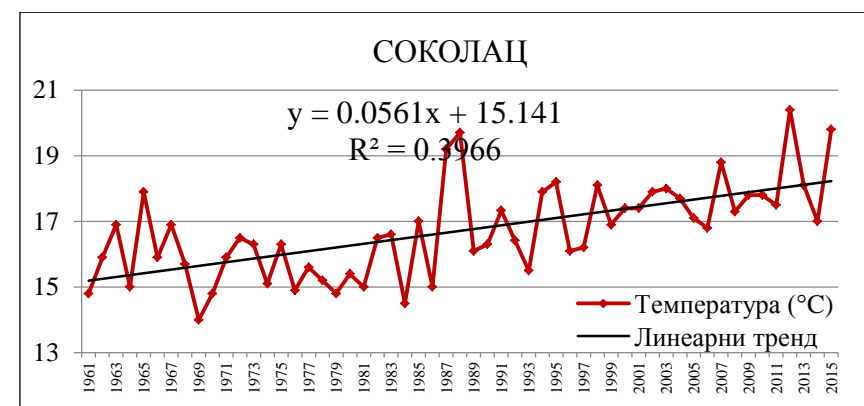
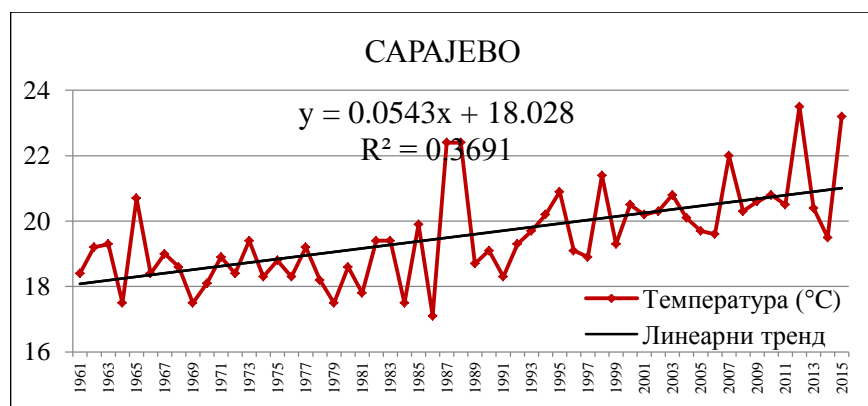
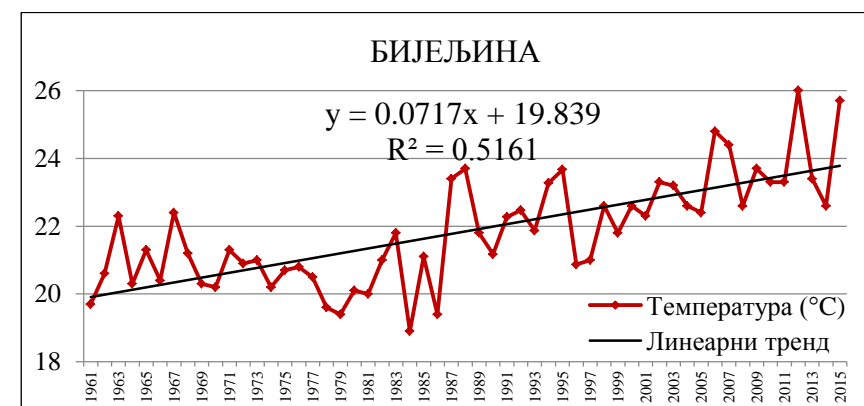
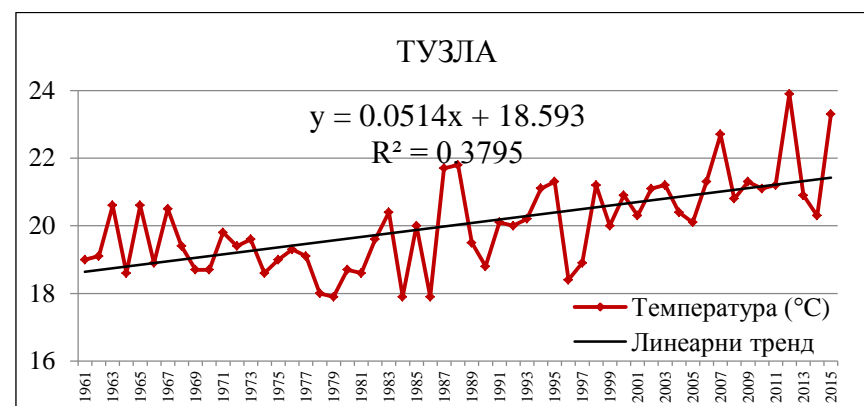
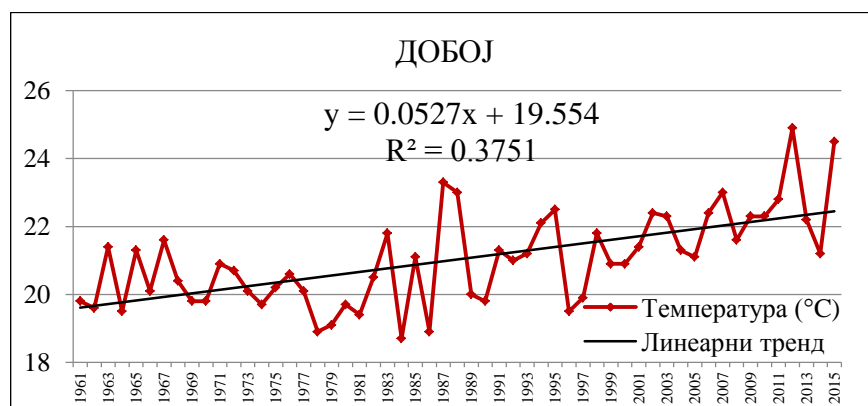
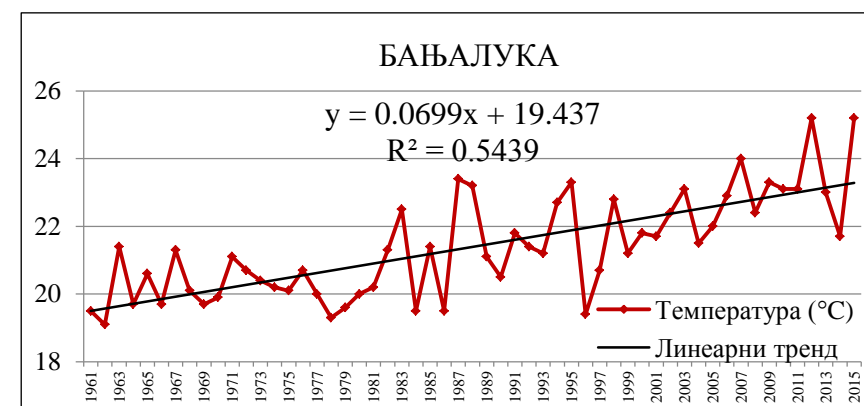
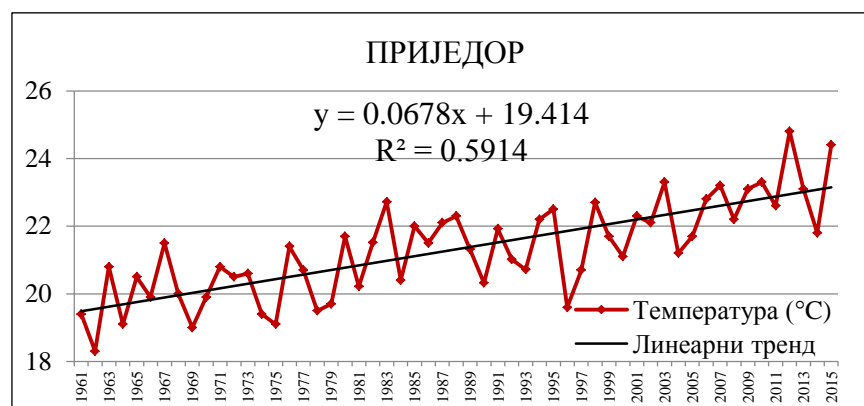
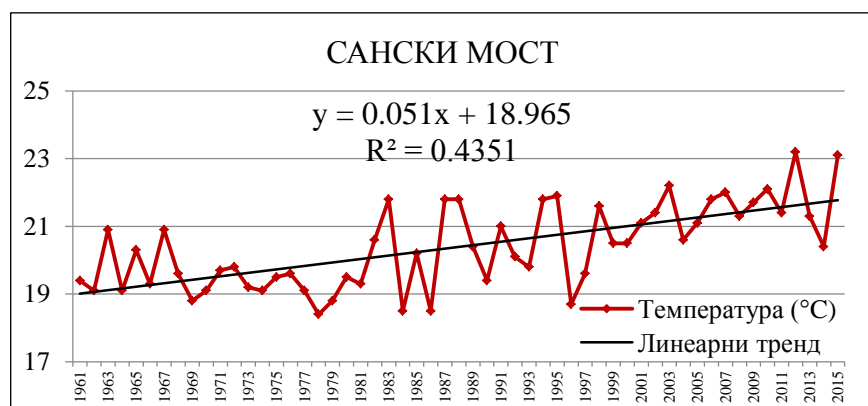
Графикон IV – 2: Одступање средње годишње температуре ваздуха од просјечне температуре у стандардном климатолошком периоду (1961–1990) у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 3: Средња годишња температура ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године – перцентили



Графикон IV – 4: Тренд средње температуре ваздуха најхладнијег мјесеца у години у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 5: Тренд средње температуре ваздуха најтоплијег мјесеца у години у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Након 1990. године просјечно свака друга година налази се у категорији > 75 . перцентила. У већини подручја дванаест година након 1990. године налази се у категорији > 75 . перцентила (у Бијељини чак петнаест година). С друге стране, ниједна година из стандардног климатолошког периода (1961–1990) не налази се у овој категорији (осим 1961. године на подручју Херцеговине).

Средње температуре најтоплијег и најхладнијег мјесеца у години расле су по нешто вишим стопама од средње годишње температуре ваздуха. Позитиван тренд средње температуре јануара статистички је значајан на нивоу $p < 0,01$ на свим станицама, осим у Билећи ($p < 0,10$). Средња температура јануара порасла је по линији тренда за $0,5$ – $0,8$ °C по деценији. Само је у Херцеговини тај пораст био знатно мањи ($0,3$ °C по деценији). Позитиван тренд средње температуре јула статистички је значајан на нивоу $p < 0,01$ на свим станицама. У већини подручја средња температура јула порасла је за $0,5$ °C по деценији, док је нешто већи пораст ($0,7$ °C по деценији) забиљежен само у највећем граду Републике Српске, у Бањалуци (и због већ споменутог утицаја „урбаног острва топлоте“), као и на крајњем сјевероистоку (у Бијељини), који представља њен најконтиненталнији дио, гдје су годишње амплитуде и нешто израженије.

Компаративна анализа средње годишње температуре ваздуха у периоду 1981–2010. године у односу на вриједности у стандардном климатолошком периоду 1961–1990. године, такође доказује статистички значајан ($p < 0,01$) пораст загријавања. Средња годишња температура ваздуха порасла је на свим анализираним станицама, а највећи пораст забиљежен је на сјеверу – у Бањалуци и Приједору за $0,8$ °C, а у Бијељини за $0,7$ °C. У наведеном периоду знатно већи пораст од пораста годишње вриједности температуре забиљежен је у најхладнијем и најтоплијем мјесецу у години. Јануарска температура порасла је од $0,7$ °C у Херцеговини до чак $1,5$ °C у Сокоцу (у перипанонској области $0,9$ – $1,2$ °C). Док је пораст температуре у јануару значајан само на подручју Сокоца ($p < 0,05$), пораст температуре у јулу значајан је ($p < 0,01$) на цијелој територији Републике Српске. Просјечна температура јула порасла је за више од 1 °C на свим станицама, осим у Билећи ($0,7$ °C). Просјечна температура најтоплијег мјесеца у Бијељини ($22,2$ °C) и Билећи ($22,3$ °C) виша је од 22 °C, што указује на промјену од топлог љета у референтном периоду ка жарком љету у периоду 1981–2010. године.

Табела IV – 5: Средње мјесечне и годишње температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	-0,8	1,8	5,8	10,4	14,8	18,1	19,7	18,9	15,5	10,7	5,7	1,0	10,1
	б	0,1	1,8	6,2	10,9	15,7	19,0	20,8	20,1	15,6	11,1	5,9	1,6	10,7
	-	0,9	0,0	0,4	0,5	0,8	0,9	1,1	1,1	0,2	0,5	0,2	0,6	0,6
ПР	а	-1,1	1,9	6,0	10,9	15,5	18,9	20,5	20,0	16,3	11,1	5,4	0,6	10,5
	б	0,0	2,1	6,7	11,6	16,5	19,9	21,8	21,2	16,6	11,7	5,8	1,7	11,3
	-	1,1	0,2	0,7	0,7	1,0	1,0	1,3	1,3	0,2	0,5	0,4	1,1	0,8
БЛ	а	-0,7	1,9	6,1	10,9	15,7	18,9	20,5	19,7	15,9	10,8	5,9	1,2	10,6
	б	0,5	2,2	6,8	11,4	16,6	19,9	21,8	21,2	16,5	11,6	6,2	1,9	11,4
	-	1,2	0,3	0,7	0,5	1,0	1,0	1,3	1,5	0,5	0,8	0,4	0,8	0,8
ДБ	а	-0,7	2,1	6,3	11,1	15,6	18,7	20,3	19,7	16,2	11,1	5,9	1,2	10,6
	б	0,3	2,2	6,6	11,4	16,3	19,4	21,3	20,8	16,3	11,5	6,1	1,7	11,2
	-	0,9	0,1	0,4	0,2	0,7	0,7	0,9	1,1	0,1	0,4	0,2	0,5	0,5
ТЗ	а	-0,8	1,7	5,7	10,4	14,8	17,7	19,3	18,9	15,4	10,6	5,6	0,9	10,0
	б	-0,1	1,6	6,0	10,7	15,4	18,3	20,3	20,0	15,4	11,0	5,6	1,3	10,5
	-	0,7	-0,1	0,3	0,3	0,6	0,6	1,0	1,2	0,0	0,4	0,0	0,4	0,5
БН	а	-0,8	2,2	6,3	11,3	16,3	19,2	20,8	20,4	16,7	11,4	6,0	1,3	10,9
	б	0,5	2,3	6,8	11,8	17,3	20,4	22,2	21,7	17,0	11,9	6,1	1,8	11,7
	-	1,2	0,1	0,5	0,5	1,0	1,2	1,4	1,3	0,3	0,5	0,1	0,5	0,7
СА	а	-0,9	1,5	5,1	9,4	14,1	16,9	18,9	18,5	15,1	10,4	5,3	0,3	9,5
	б	-0,2	1,3	5,4	9,7	14,8	17,8	19,9	19,6	15,2	10,9	5,3	0,9	10,1
	-	0,8	-0,2	0,3	0,3	0,7	0,9	1,0	1,1	0,1	0,5	0,1	0,7	0,5
СО	а	-4,8	-2,3	1,6	6,4	11,4	14,3	16,0	15,5	12,0	7,2	2,1	-2,7	6,4
	б	-3,2	-2,0	2,1	6,8	12,0	15,2	17,1	16,6	12,3	8,0	2,3	-1,9	7,1
	-	1,5	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,1	0,3	0,8	0,2	0,8	0,7
БИ	а	2,8	4,2	7,0	10,7	15,4	18,8	21,6	21,1	17,5	12,8	8,1	4,4	12,0
	б	3,6	3,9	7,2	11,0	16,0	19,6	22,3	22,2	17,4	13,1	7,9	4,5	12,4
	-	0,7	-0,3	0,2	0,2	0,6	0,8	0,7	1,0	-0,1	0,3	-0,2	0,1	0,4
МО	а	4,8	6,6	9,7	13,3	17,9	21,5	24,7	24,2	20,4	15,3	10,1	6,2	14,6
	б	5,5	6,6	10,1	13,8	19,0	22,7	25,8	25,6	20,5	15,7	10,2	6,5	15,2
	-	0,7	0,0	0,4	0,5	1,0	1,2	1,1	1,3	0,1	0,4	0,1	0,3	0,6
ТР	а	5,4	6,5	9,0	12,4	16,9	20,4	23,4	23,3	19,6	15,1	10,5	7,0	14,1
	б	5,8	6,2	9,3	12,6	17,7	21,4	24,5	24,4	19,6	15,3	10,4	7,0	14,5
	-	0,4	-0,3	0,3	0,2	0,7	1,0	1,1	1,1	0,0	0,2	-0,1	0,0	0,4

Напомена: Статистички значајна разлика у средњој годишњој температури ваздуха и средњој температури ваздуха најхладнијег и најтоплијег мјесеца у години – болд $p < 0,01$, италики $p < 0,05$.

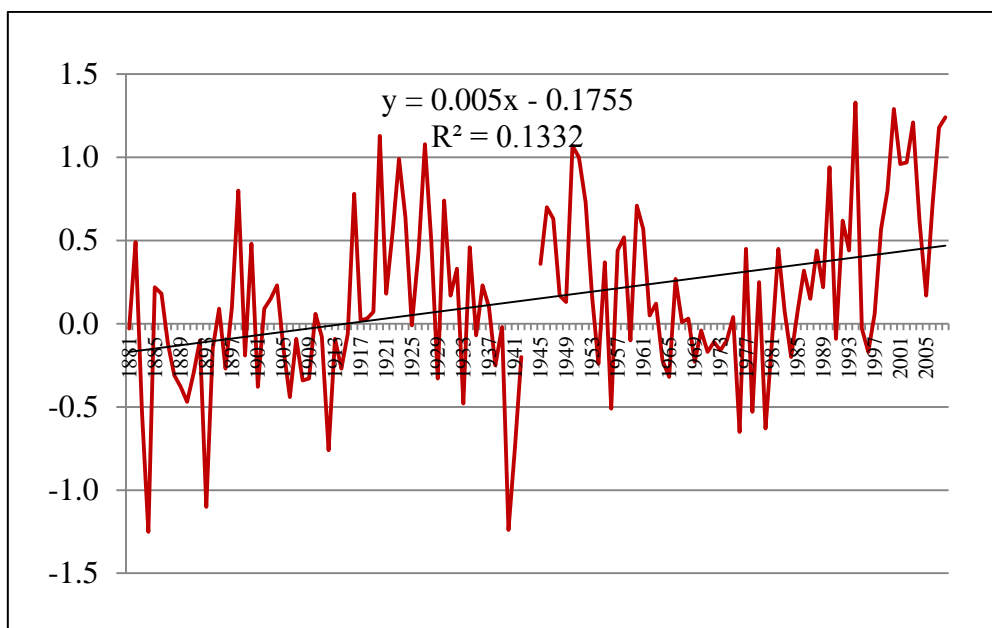
Средње годишње амплитуде температуре ваздуха у периоду 1981–2010. године више су у односу на оне у референтном периоду у готово свим подручјима Републике Српске, што је последица нешто већег пораста температуре ваздуха најтоплијег мјесеца, у односу на повећање температуре најхладнијег мјесеца. Годишња амплитуда температуре ваздуха смањена је само на подручју Сокоца, првенствено због великог пораста температуре ваздуха у најхладнијем мјесецу за чак 1,5 °C.

Табела IV – б: Средња годишња амплитуда температуре ваздуха у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)

м. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	БН	СА	СО	БИ	МО	ТР
а	20,54	21,64	21,20	20,99	20,11	21,60	19,79	20,76	18,74	19,83	18,00
б	20,70	21,81	21,36	21,00	20,39	21,79	20,02	20,32	18,76	20,27	18,67
-	0,15	0,17	0,16	0,00	0,28	0,19	0,22	-0,44	0,02	0,44	0,67

Анализа просјечних аномалија температуре ваздуха према подацима из *Global Historical Climatology Network (GHCN)*⁷ у периоду 1881–2008. године за GRID сегмент мреже 40–50° с. г. ш. и 15–20° и. г. д. који покрива територију Републике Српске, такође, показује тренд пораста температуре ваздуха. У наведеном периоду температура ваздуха у приземном слоју атмосфере (на 2 m висине) расла је по стопи 0,005 °C по години, односно 0,5 °C по вијеку.

⁷ GHCN је база података о температури, падавинама и ваздушном притиску у приземном слоју атмосфере (на 2 m висине) коју заједнички стварају *National Climatic Data Center, Arizona State University* и *Carbon Dioxide Information Analysis Center*. Подаци су прикупљени са метеоролошких станица широм свијета – подаци о температури са око 6.000 станица, о падавинама са око 7.500 станица, а о притиску са око 2.000 станица). База података је формирана почетком 1990-их година, друга верзија је објављена 1997. године, а најновија у мају 2011. године (*NOAA NCEI, 2016*).

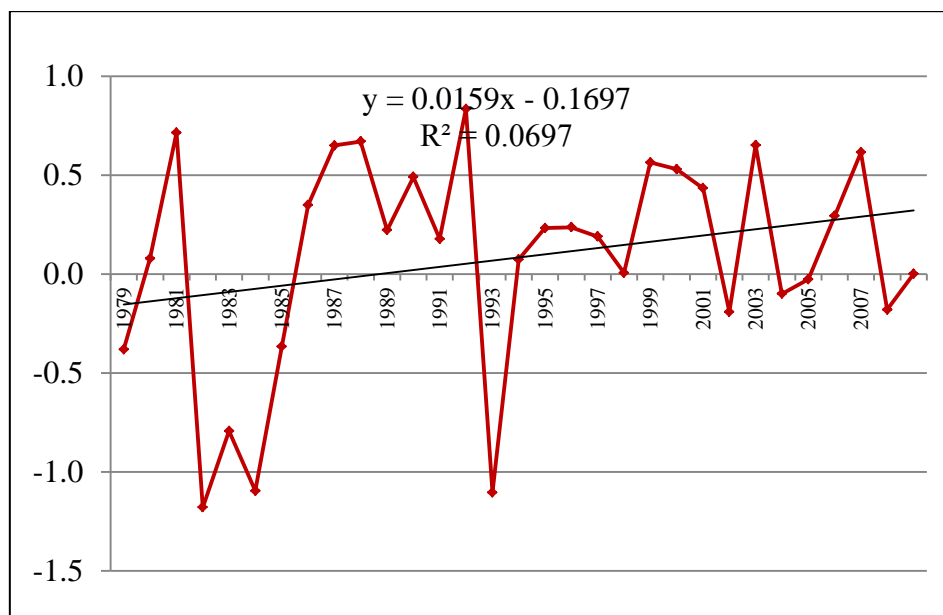


Графикон IV – 6: Просјечне аномалије температуре ваздуха у приземном слоју атмосфере у грид сегменту мреже 40–50° с. г. ш. и 15–20° и. г. д. у периоду 1881–2008. године (Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change, 2016a)

Приземна мјерења на 2 m висине имају својих објективних слабости, јер не покривају цијели истраживани простор, него само појединачне тачке гдје се налазе метеоролошке станице, које су већином смјештене у котлинама и ријечним долинама гдје су формиран велики урбани центри, па је у њима често присутна и појава „урбаног острва топлоте“, која ствара лажну слику виших вриједности температуре и на ширем подручју (Дуцић, В. *et al.*, 2007). Такође, у Републици Српској је веома мало метеоролошких станица са континуираним мјерењима у брдско-планинским подручјима. Због тога су за анализу тренда температуре ваздуха од друге половине XX вијека коришћени и MSU сателитски подаци⁸.

⁸ *Microwave Sounding Units* (MSU) представљају сет сателитских података који су створили NOAA и NASA, те Универзитет Алабама. За разлику од GHCN, који даје податке о температури ваздуха на 2 m изнад површине земље, MSU је скуп података који представљају температуру у слоју атмосфере који се протеже до око 8 km изнад површине земље. Просторни обухват података готово је глобалан са подацима доступним у грид мрежи од 2,5° г. ш. и 2,5° г. д., али је временска покривеност ограничена, јер су подаци доступни од 1979. године (NOAA ESRL PSD, 2016b).

Анализом сателитских осматрања слоја тропосфере у првих 8 km у периоду 1979–2009. године, извршеном на основу података о температури за грид сегмент мреже 40–50° с. г. ш. и 15–20° и. г. д. у којем се налази Република Српска, утврђен је пораст температуре ваздуха који по линији тренда износи 0,0159°C по години, тј. 0,159°C по декади.



Графикон IV – 7: Просјечне аномалије температуре ваздуха у слоју тропосфере у првих 8 km у грид сегменту мреже 40–50° с. г. ш. и 15–20° и. г. д. у периоду 1979–2009. године (Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change, 2016b)

Анализа аномалија температуре по пентадама показује да је највеће позитивно одступање температуре забиљежено у пентади 1999–2003. године (0,398 °C), а затим у пентади која јој је претходила – 1994–1998. године (0,148 °C). Највеће годишње позитивно одступање температуре забиљежено је 1992. године (0,835 °C) и 1981. године (0,715 °C).

Периоди минималних вриједности температуре забиљежени су након вулканских ерупција (утицај природних фактора на промјене температуре) (Дуцић, В. et al., 2007). Највеће негативно одступање температуре забиљежено је у пентади 1979–1983. године. Тренд постаје негативан од 1995. године након завршетка утицаја великих вулканских ерупција. Највеће негативно одступање температуре

забиљежено је 1982. године (-1,179 °C), у години када се догодила друга по магнитуди вулканска ерупција у посљедњих стотину година (ерупција вулкана Ел Чичон у Мексику). Замућење атмосфере настало као посљедица ерупције трајало је најмање четири године (1982–1985) (Дуцић, В. *et al.*, 2007), што одговара периоду негативних одступања температуре у Републици Српској.

Секундарни минимум (-1,104 °C) забиљежен је 1993. године након најјаче вулканске ерупције од 1912. године – ерупције вулкана Пинатубо на филипинском острву Лузон у јуну 1991. године. Са значајним коефицијентом корелације ($r = 0,58$) утврђено је да је енергетски ефекат вулканског аеросола утицао на температуру ваздуха у Републици Српској са закашњењем од годину дана (Дуцић, В. *et al.*, 2007).

Табела IV – 7: Просјечне аномалије температуре ваздуха у слоју тропосфере у првих 8 km у грид сегменту мреже 40–50° с. г. ш. и 15–20° и. г. д. по пентадама у периоду 1979–2009. године (Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change, 2016a)

Пентада	Одступање температуре (°C)	Ранг
1979–1983.	-0,312	6.
1984–1988.	0,041	5.
1989–1993.	0,124	3.
1994–1998.	0,148	2.
1999–2003.	0,398	1.
2004–2008.	0,120	4.

Ако за исти период (1979–2008) упоредимо податке о тренду температуре ваздуха GHCN за приземни слој атмосфере на 2 m висине (годишњи пораст за 0,0377 °C) и MSU за првих 8 km тропосфере (годишњи пораст за 0,0181 °C), можемо закључити да је већи пораст температуре присутан у приземном слоју атмосфере. Већи пораст температуре у приземном слоју атмосфере утврђен је и истраживањима Луковић, Ј. (2008) и Дуцић, В. *et al.* (2008).

Компаративна анализа вриједности линеарног тренда температуре ваздуха показала је више вриједности на основу приземних мјерења (GHCN) него на основу сателитских осматрања (MSU) у Републици Србији, Европи и свијету глобално (сви линеарни трендови статистички су значајни на нивоу $p < 0,05$ и $p < 0,025$) (Луковић, Ј., 2008). И приземна мјерења и сателитска осматрања показују најнижи тренд за планету у цјелини ($0,27\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији и $0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији) у поређењу са вриједностима за Европу ($0,39\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији и $0,29\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији) и за Републику Србију ($0,34\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији и $0,24\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији) (Луковић, Ј., 2008). Анализа приземних и сателитских података у периоду 1979–2005. године у Војводини, коју су извршили *Ducić, V. et al. (2008)*, такође је показала веће вриједности тренда у приземном слоју (GHCN $0,0384\text{ }^{\circ}\text{C}$ годишње, HadCRUT3 $0,0398\text{ }^{\circ}\text{C}$ годишње, MSV $0,0425\text{ }^{\circ}\text{C}$ годишње) у односу на сателитска осматрања (MSU $0,0275\text{--}0,0288\text{ }^{\circ}\text{C}$ годишње). Наведена анализа показала је да нема амплификације тренда пораста температуре са висином у Војводини и глобално (*Ducić, V. et al., 2008*). Луковић, Ј. (2008) закључује да је то „вјероватно, последица чињенице да се на глобалном нивоу потиру утицаји локалних и регионалних климатских фактора, због чега су глобалне амплитуде промјене мање“ (Луковић, Ј., 2008). Статистички значајан коефицијент корелације за Европу и Републику Србију са помјерањем од двије и три године, који се односи на приземна мјерења, навео је аутора на закључак да се утицај доминантног фактора колебања температуре ваздуха прво појавио у тропосфери, а тек након тога у приземном слоју, што би могло да указује на значај спољашњих климатских фактора у колебању температуре ваздуха (као што су Сунчева активност и вулканска активност) (Луковић, Ј., 2008). Анализа података међугодишње разлике трендова температуре ваздуха између сателитских и приземних података за Републику Србију показала је силазни тренд, што је у складу са чињеницом да је тренд пораста температуре у приземном слоју већи (Луковић, Ј., 2008). Заправо, највећа негативна разлика између приземних и сателитских мјерења забиљежена је након наведених вулканских ерупција. Такође, треба истакнути да се разлика између GHCN и MSU по линији тренда повећава, што није у складу са моделима антропогеног повећања ефекта стаклене баште (Луковић, Ј., 2008).

Анализе трендова температуре ваздуха GHCN за приземни слој атмосфере на 2 m висине и MSU за првих 8 km тропосфере у грид сегменту мреже 40–50° с. г. ш. и 15–20° и. г. д. показују да је тренд загријавања климатског система присутан и у другим подручјима у региону. То потврђују и истраживања површинске температуре ваздуха на метеоролошким станицама у окружењу.

Анализа годишњих и сезонских температура ваздуха у Републици Србији у другој половини XX и на почетку XXI вијека (1961–2010) показује изражен позитиван тренд у већини подручја, осим на југоистоку (*Vučičević, B. et al., 2010; Дуцић, B. et al., 2009*). У односу на период 1961–1990. године, период 1971–2000. године био је топлији у већем дијелу територије за 0,7 °C, а на крајњем југоистоку хладнији за 0,4 °C (*Vučičević, B. et al., 2010*). У већем дијелу Црне Горе у овом периоду присутан је тренд пораста максималне и минималне температуре ваздуха, који је интензивнији за максималне него за минималне температуре (*Burić, D. et al., 2014*). Наведени тренд је већином статистички значајан, посебно у сезонама љето и прољеће. Средње, средње минималне и средње максималне температуре ваздуха показују значајне позитивне трендове и на цијелом подручју Републике Хрватске (*Branković, Č. et al., 2013*). Као и у Црној Гори, више стопе раста забиљежене су за максималне температуре ваздуха (просјечно за 0,3–0,4 °C по деценији), док су трендови средње и средње минималне температуре ваздуха нешто мањег интензитета (најчешће између 0,2–0,3 °C по деценији) (*Branković, Č. et al., 2013*). На свим станицама у Републици Словенији присутни су статистички значајни високи позитивни трендови средњих, максималних и минималних сезонских и годишњих температура ваздуха (*Milošević, D. et al., 2013a*). Тренд је такође најизраженији у сезони љето, а затим у сезонама зима и прољеће (*Milošević, D. et al., 2013a*). Загријавање климатског система у региону огледа се и у израженим трендовима свих индекса температурних екстрема – позитивним трендовима топлих температурних индекса (топли дани и топле ноћи, трајање топлих таласа и др.), те негативним трендовима хладних температурних индекса (хладни дани и хладне ноћи, дужина хладних таласа и др.) (*Branković, Č. et al., 2013*).

1.2. Средње сезонске температуре ваздуха

На подручју Републике Српске најхладнија годишња сезона је зима. Средња температура ваздуха у овој сезони на сјеверу износи 0,9–1,3 °С, а у региону Сарајева 0,6 °С. Најхладније су зиме на подручју Сокоца (-2,7 °С), а најтоплије у Херцеговини (Билећа 3,9 °С и Мостар 6,1 °С). У сјеверном дијелу Републике Српске присутне су незнатне разлике у температури ваздуха у сезонама прољеће и јесен, док је у планинско-котлинској области и Херцеговини јесен топлија од прољећа (на примјер, Соколац 7,5 °С и 6,8 °С и Мостар 15,5 °С и 14,1 °С). Лјето је најтоплија годишња сезона на цијелој територији, са просјечним температурама од 16,0 °С у Сокоцу, преко 19,3–21,1 °С на сјеверу до 24,3 °С у Мостару.

Табела IV – 8: Средње сезонске температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °С)

М. с.	ЗИМА	ПРОЉЕЋЕ	ЉЕТО	ЈЕСЕН	ВЕГЕТАЦИОНИ ПЕРИОД
СМ	1,0	10,7	19,6	10,8	16,7
ПР	1,0	11,3	20,6	11,2	17,6
БЛ	1,3	11,4	20,6	11,3	17,6
ДБ	1,2	11,3	20,3	11,3	17,4
ТЗ	0,9	10,6	19,3	10,7	16,5
БН	1,3	11,8	21,1	11,7	18,1
СА	0,6	9,8	18,8	10,5	16,0
СО	-2,7	6,8	16,0	7,5	13,1
БИ	3,9	11,3	21,1	12,9	17,9
МО	6,1	14,1	24,3	15,5	20,9
ТР	6,3	13,1	23,1	15,2	19,8

Табела IV – 9: Средње сезонске температуре ваздуха по пентадама у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)

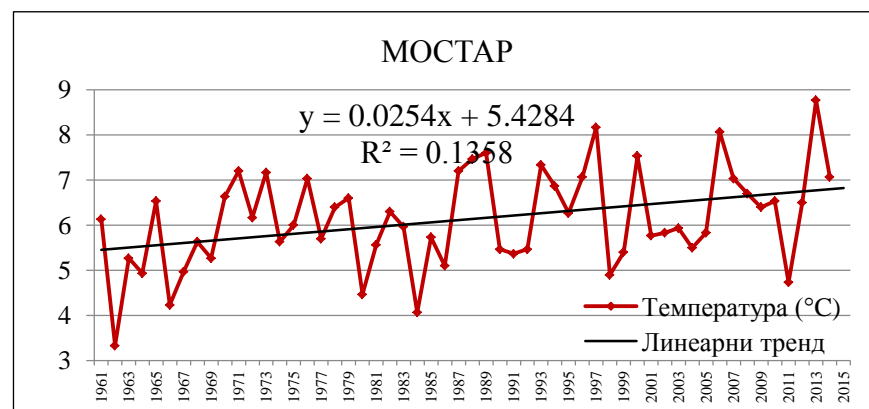
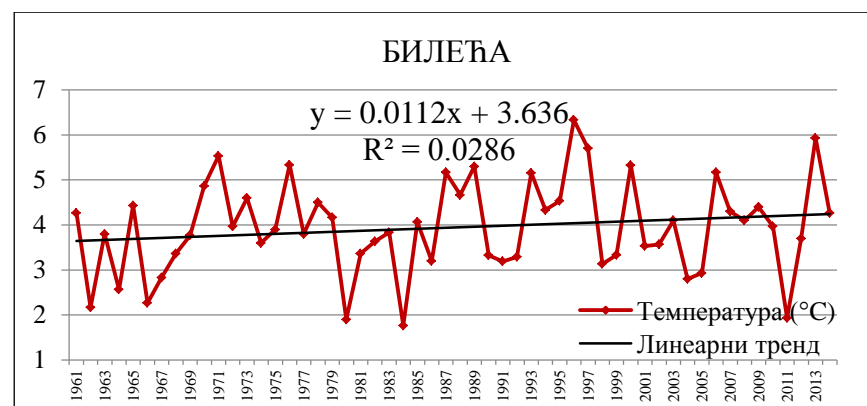
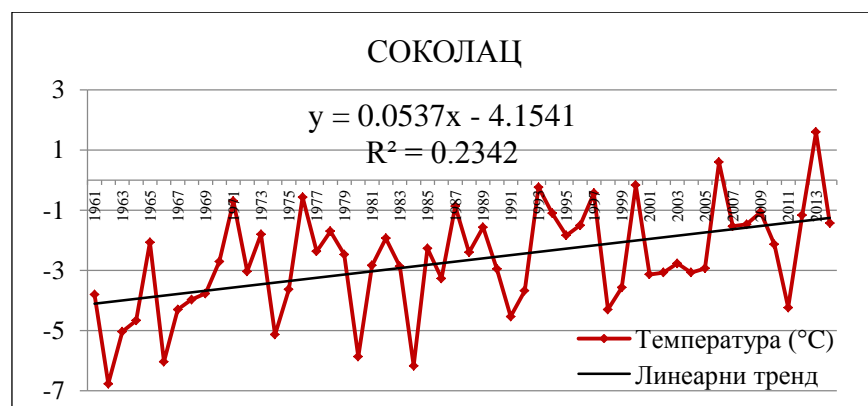
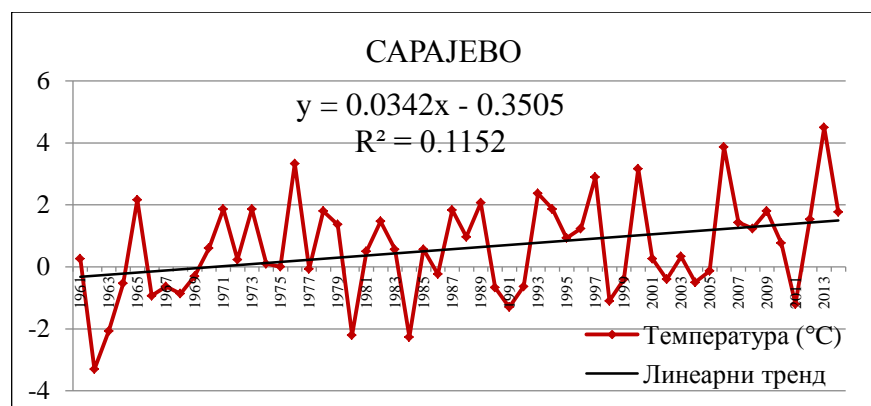
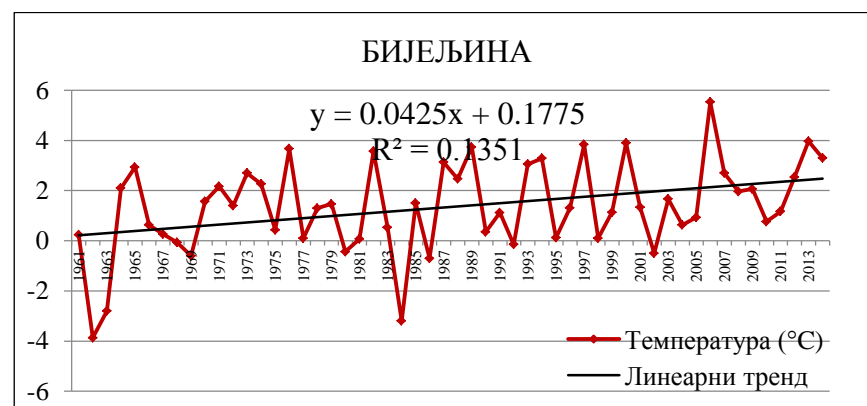
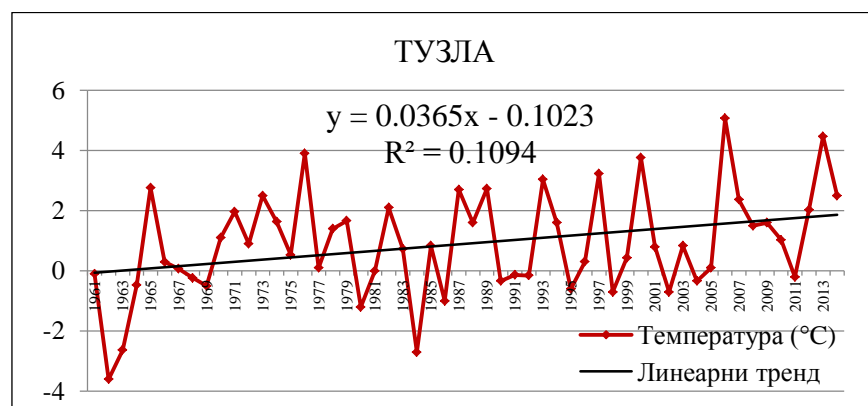
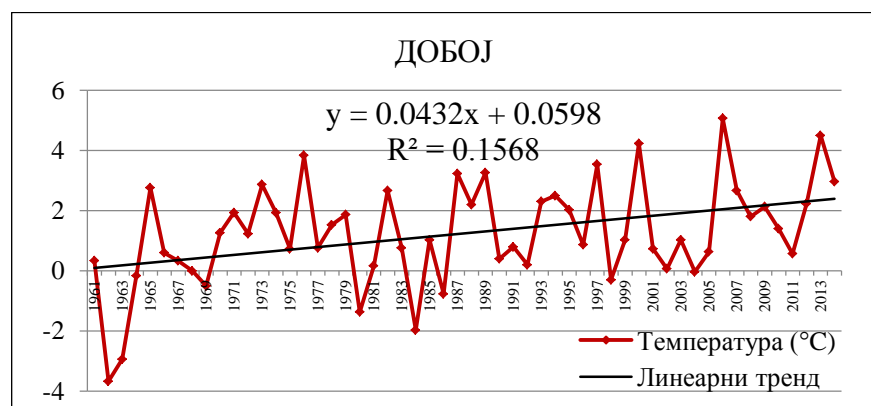
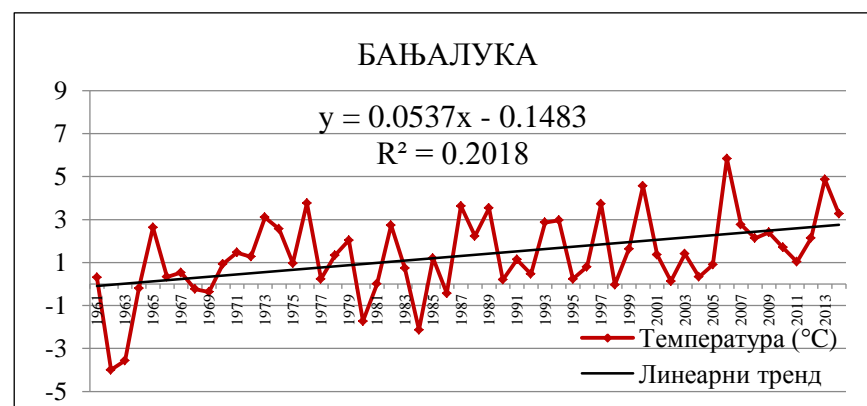
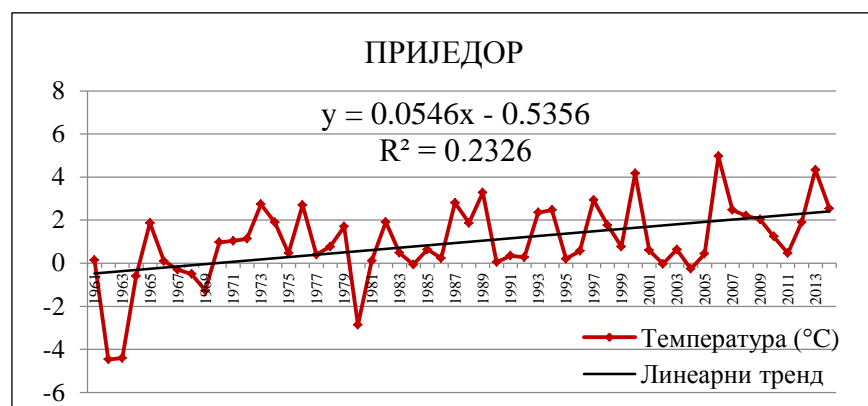
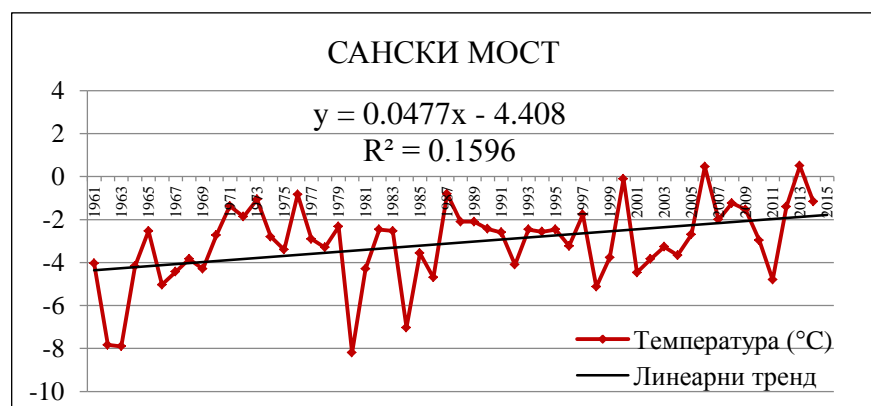
Сезона	ЗИМА												ПРОЉЕЋЕ											
	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	БН	СА	СО	БИ	МО	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	БН	СА	СО	БИ	МО				
Пентада	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	БН	СА	СО	БИ	МО	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	БН	СА	СО	БИ	МО				
1961–1965.	-1,1	-1,5	-1,0	-0,7	-0,8	-0,3	-0,7	-4,5	3,4	5,2	10,2	10,0	10,5	10,9	10,2	11,1	9,3	6,2	11,0	13,6				
1966–1970.	0,2	-0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	-0,4	-4,2	3,4	5,3	10,5	10,7	11,0	11,2	10,6	11,5	9,7	6,7	11,4	13,9				
1971–1975.	1,6	1,5	1,9	1,7	1,5	1,8	0,8	-2,9	4,3	6,4	10,4	11,0	11,1	11,2	10,6	11,5	9,8	6,5	11,0	13,6				
1976–1980.	0,8	0,5	1,1	1,3	1,2	1,2	0,8	-2,6	3,9	6,0	9,7	10,6	10,3	10,4	9,6	10,8	9,0	5,8	10,5	13,1				
1981–1985.	0,4	0,6	0,5	0,5	0,2	0,5	0,2	-3,2	3,3	5,5	10,6	11,0	11,3	11,1	10,6	11,3	9,9	6,7	11,3	13,8				
1986–1990.	1,7	1,6	1,8	1,7	1,1	1,8	0,8	-2,2	4,3	6,6	10,6	11,5	11,2	11,1	10,3	11,5	9,7	6,8	11,0	13,9				
1991–1995.	1,2	1,1	1,5	1,6	0,7	1,5	0,6	-2,3	4,1	6,3	10,7	11,1	11,1	11,1	10,2	11,8	9,7	6,6	11,2	14,0				
1996–2000.	1,6	2,0	2,1	1,9	1,4	2,1	1,2	-2,0	4,8	6,6	10,7	11,6	11,5	11,2	10,5	11,8	9,7	6,5	11,2	14,2				
2001–2005.	0,2	0,3	0,8	0,5	0,1	0,8	-0,1	-3,0	3,4	5,8	11,1	11,8	11,8	11,8	11,1	12,5	10,3	7,6	11,9	14,8				
2006–2010.	2,4	2,6	3,0	2,6	2,3	2,6	1,8	-1,1	4,4	6,9	11,8	12,5	12,7	12,3	11,6	12,9	10,6	7,8	11,8	15,0				
2011–2015.	2,1	2,3	2,8	2,6	2,2	2,7	1,7	-1,3	4,0	6,8	11,4	12,5	12,4	12,0	11,3	12,7	10,4	7,4	11,7	14,9				
Сезона	ЉЕТО												ЈЕСЕН											
Пентада	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	БН	СА	СО	БИ	МО	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	БН	СА	СО	БИ	МО				
1961–1965.	19,1	19,3	19,5	19,8	19,1	20,5	18,4	15,5	21,1	24,1	11,4	11,4	11,4	11,8	11,5	12,3	11,1	8,2	13,6	16,0				
1966–1970.	18,7	19,3	19,3	19,6	18,6	20,1	17,8	14,9	20,3	23,1	11,4	11,4	11,5	11,9	11,4	12,4	11,0	7,8	13,3	15,8				
1971–1975.	18,8	19,5	19,7	19,8	18,8	20,2	18,2	15,5	20,6	23,4	9,4	9,7	9,8	9,9	9,5	10,3	9,1	5,8	11,8	14,1				
1976–1980.	18,5	19,9	19,3	19,0	17,9	19,5	17,5	14,5	19,6	22,7	10,1	10,5	10,4	10,4	9,8	10,6	9,7	6,5	12,4	14,7				
1981–1985.	19,1	20,2	20,0	19,5	18,6	19,9	18,1	15,1	20,5	23,6	10,8	11,4	11,2	11,2	10,5	11,2	10,2	6,9	12,7	15,4				
1986–1990.	19,3	20,6	20,3	19,9	18,9	20,7	18,6	15,9	20,8	24,0	10,5	11,3	10,9	11,0	10,3	11,4	10,2	7,4	12,9	15,6				
1991–1995.	20,0	20,7	21,1	20,7	19,6	21,8	19,0	16,1	21,4	24,8	10,9	11,1	11,4	11,2	10,3	11,7	10,7	7,8	12,9	15,6				
1996–2000.	20,1	21,1	21,1	20,6	19,9	21,8	19,6	16,8	21,7	25,1	11,0	11,3	11,6	11,4	10,8	11,6	10,5	7,7	12,8	15,3				
2001–2005.	20,6	21,4	21,4	21,0	19,9	22,1	19,4	16,8	21,8	25,3	11,1	11,4	11,7	11,5	10,9	12,0	10,6	7,9	12,8	15,5				
2006–2010.	20,6	21,7	21,9	21,3	20,4	22,5	19,8	16,9	21,9	25,4	10,9	11,5	11,8	11,4	11,1	12,1	10,5	7,6	12,6	15,4				
2011–2015.	21,0	22,4	22,7	22,2	21,0	23,1	20,6	17,7	22,4	25,8	11,6	12,2	12,6	12,4	12,0	12,7	11,8	8,9	13,5	16,7				

Просјечна температура ваздуха у вегетационом периоду од 16,5–18,1 °C у сјеверном дијелу Републике Српске погодује развоју и узгоју низа култура карактеристичних за континентално поднебље, а температура ваздуха виша од 20 °C у ниској Херцеговини узгоју типичних јужних врста карактеристичних за субмедитеранско подручје. У наведеним областима налазе се и најзначајнија аграрна подручја Републике Српске – Лијевче поље, Семберија и Попово поље.

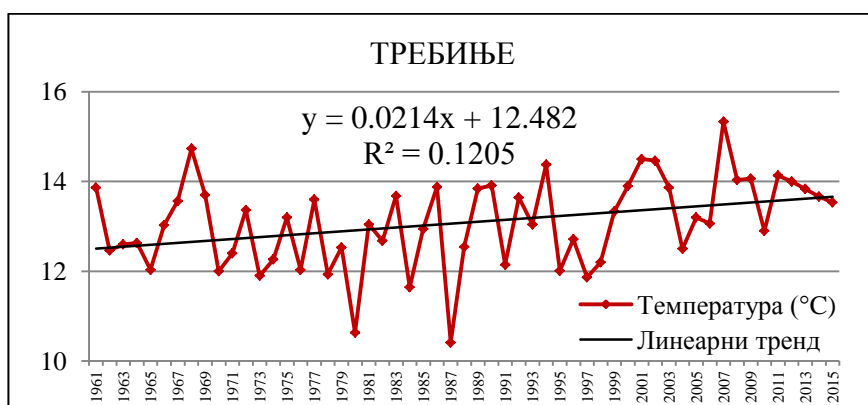
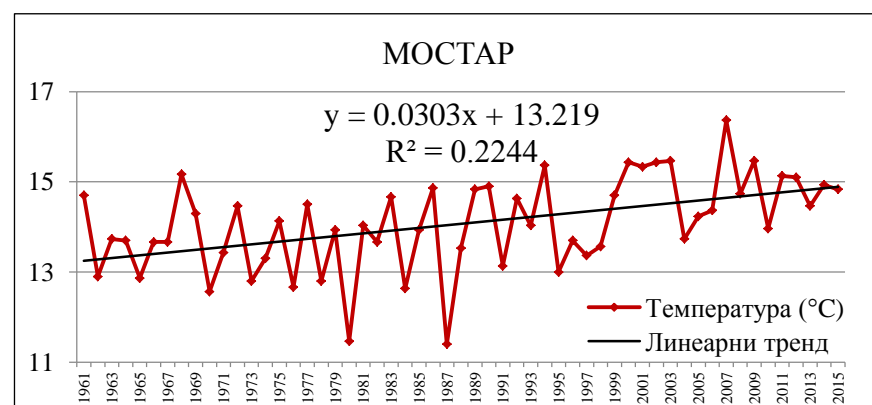
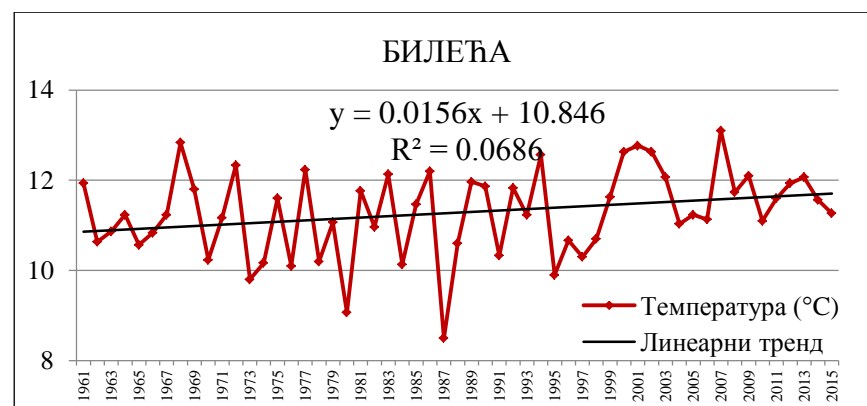
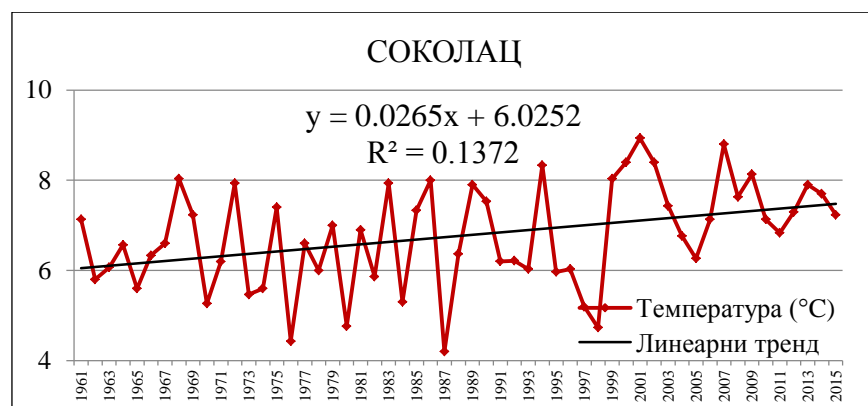
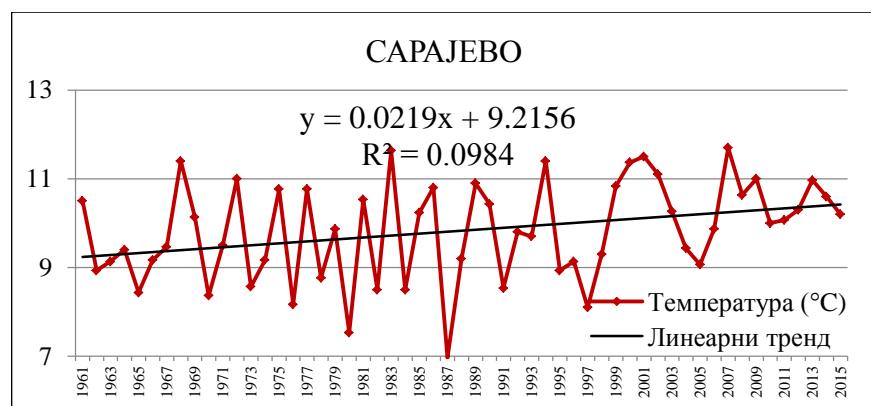
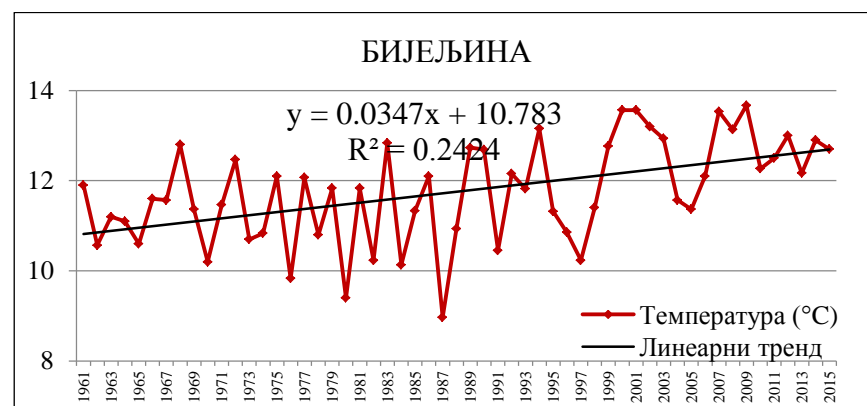
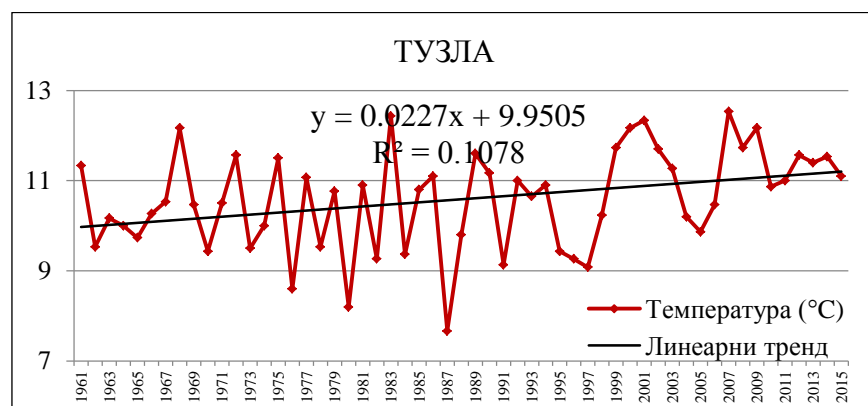
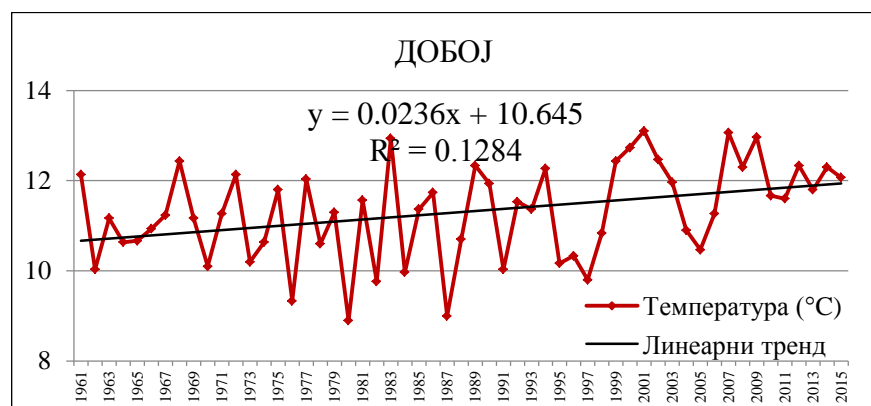
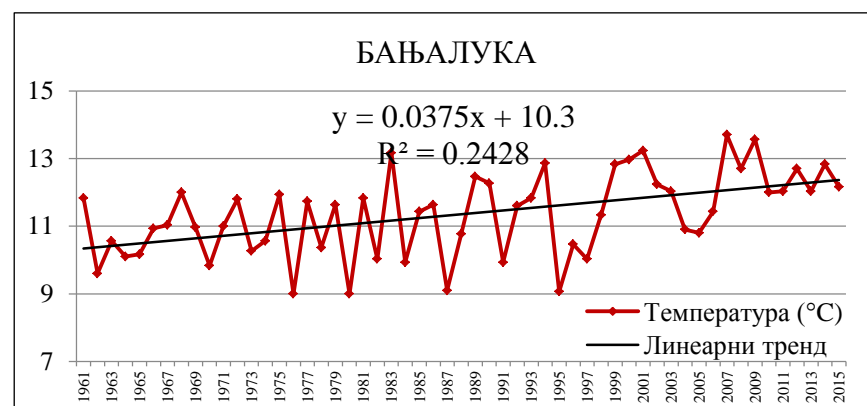
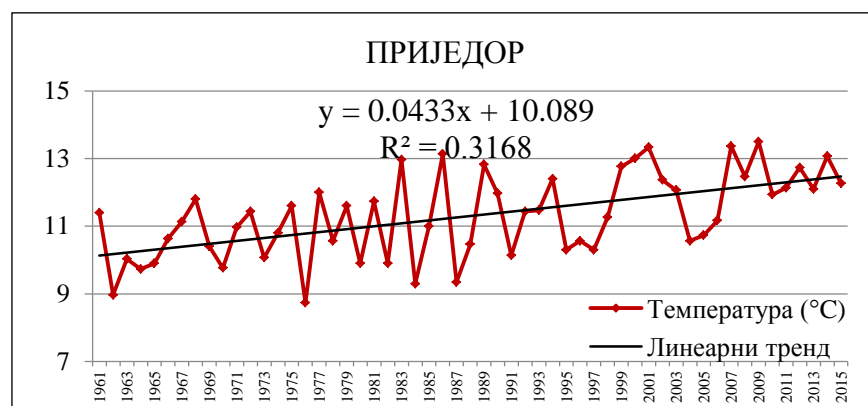
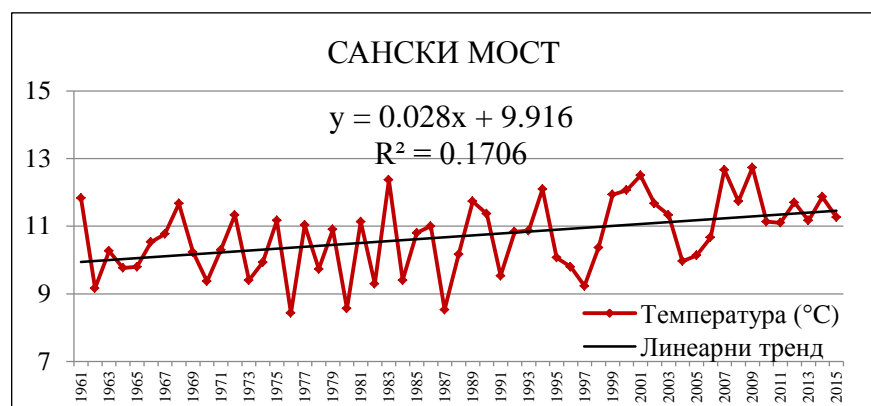
Анализа сезонских температура ваздуха по пентадама, такође, потврђује тренд загријавања од 1990. године, који је нарочито изражен у XXI вијеку. Три посљедње пентаде најтоплије су пентаде од 1961. године у свим годишњим сезонама. У сезони љето посљедња пентада 2011–2015. године била је убједљиво најтоплија пентада на свим анализираним станицама. У сезонама зима и прољеће, то је била друга најтоплија пентада, од које је топлија била само пентада која јој је претходила (2006–2010). У сезони јесен, посљедња пентада је, такође, била најтоплија, а иза ње су се нашле двије пентаде које су јој претходиле (2006–2010. и 2001–2005. године).

У сезони зима најхладнија је била пентада с почетка посматраног периода (1961–1965), а након ње пентаде 1966–1970. и 1981–1985. године. Међу најхладнијим пентадама у овом дијелу године налази се само једна пентада након 1990. године – пентада 2001–2005. године. У сезони прољеће од пентаде с почетка анализираних периода хладнија је била само пентада 1976–1980. године. Наведена пентада била је најхладнија и у сезони љето, а након ње у овој категорији налази се још неколико пентада, али све из периода прије 1990. године, када тренд загријавања, нарочито у овој сезони, постаје интензиван.

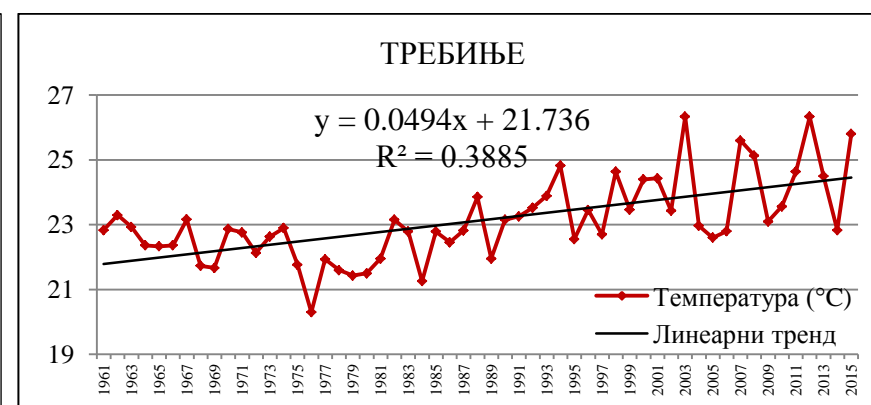
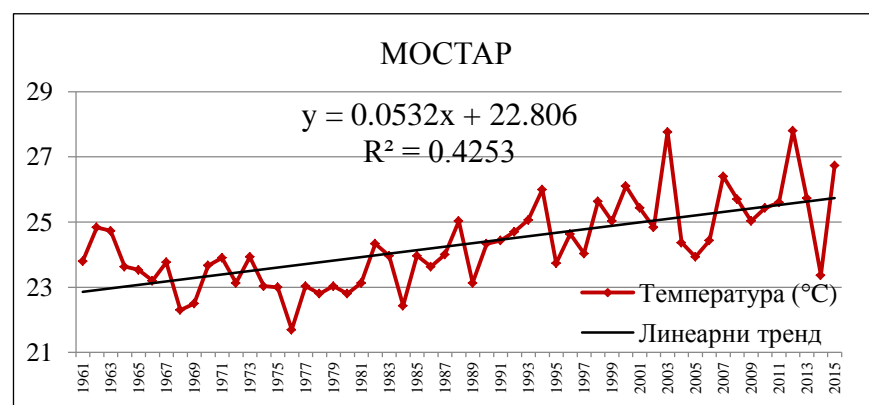
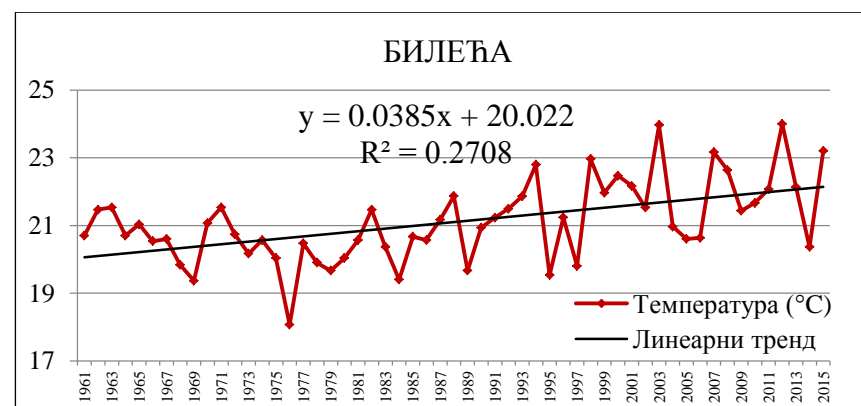
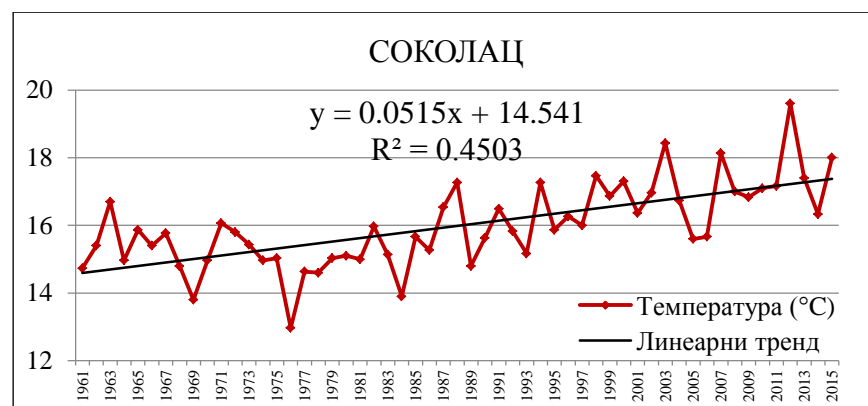
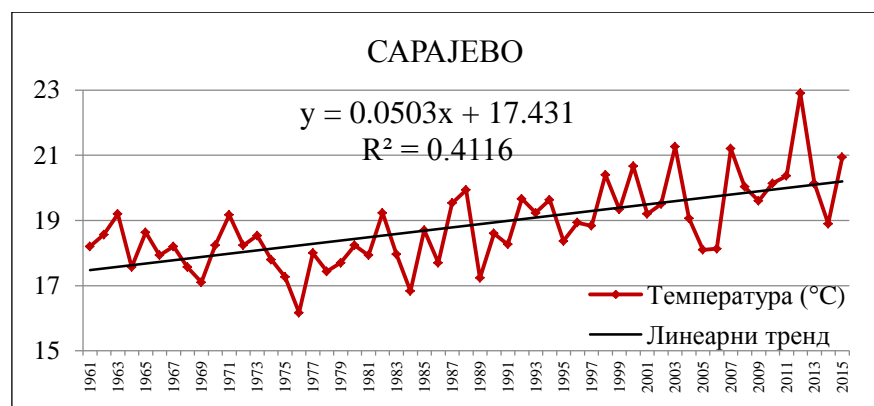
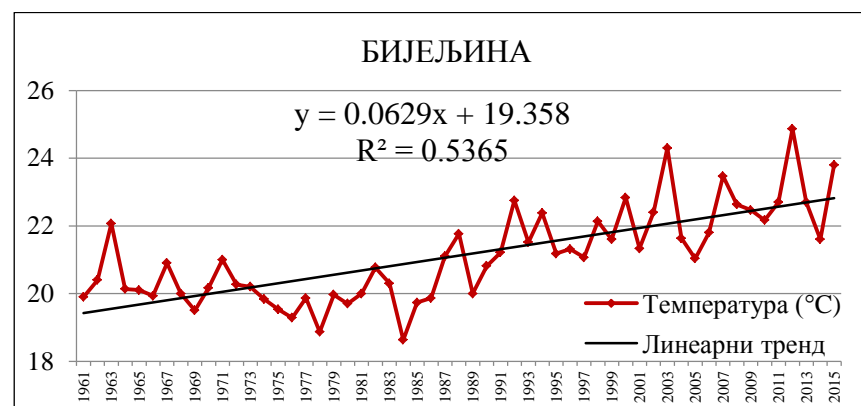
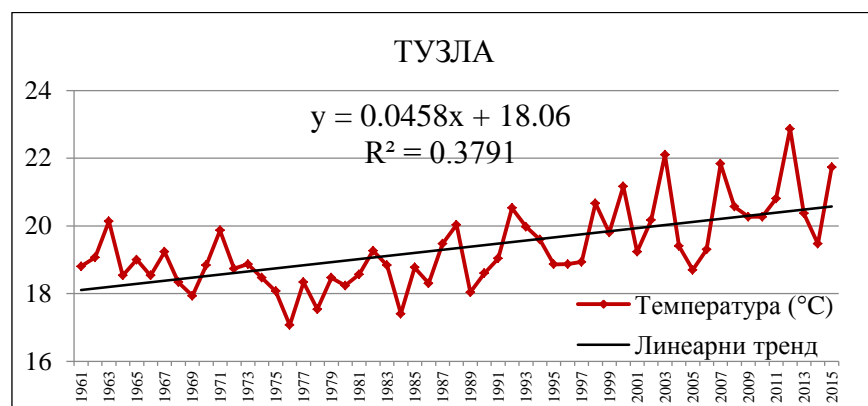
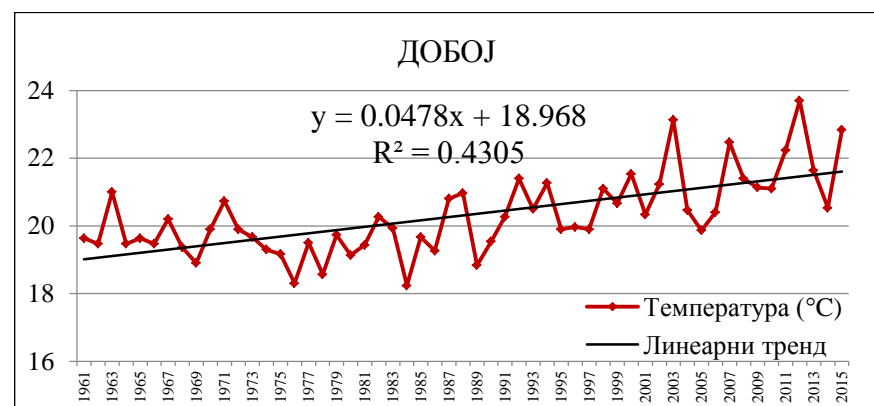
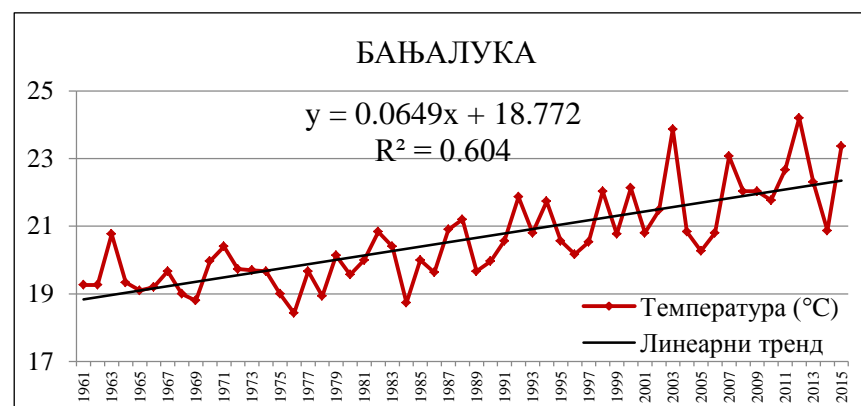
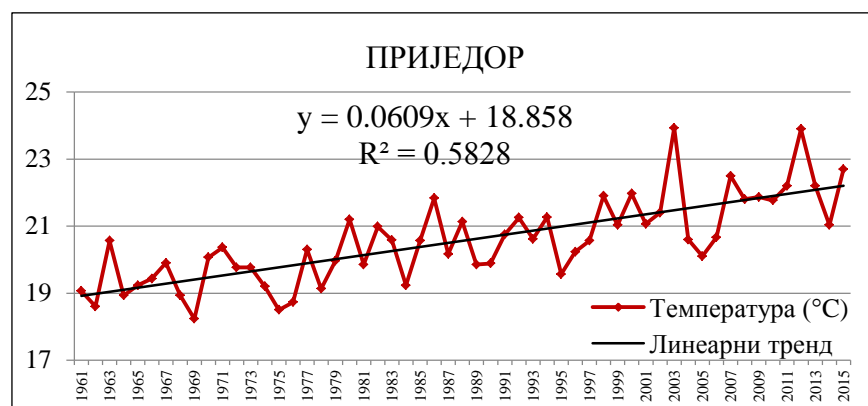
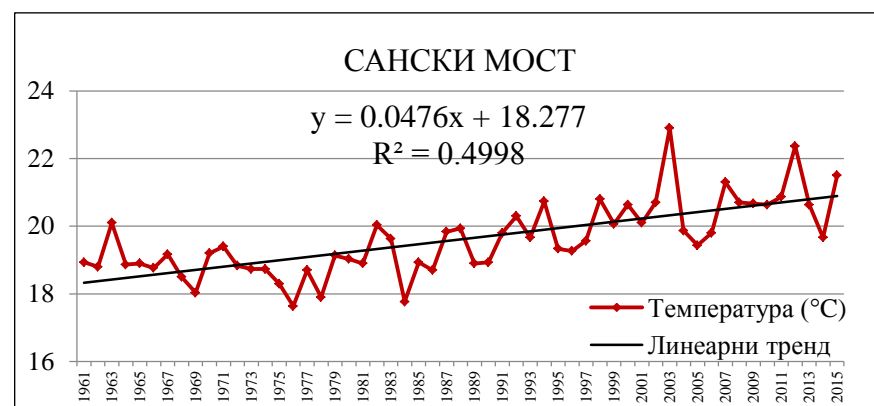
У анализираном периоду 1961–2015. године позитиван тренд температуре ваздуха забиљежен је у свим годишњим сезонама, као и у вегетационом периоду, на свим истраживаним станицама. Тренд пораста најизраженији је у сезони љето, а затим у сезонама зима и прољеће, док је незнатан пораст температуре ваздуха присутан у сезони јесен.



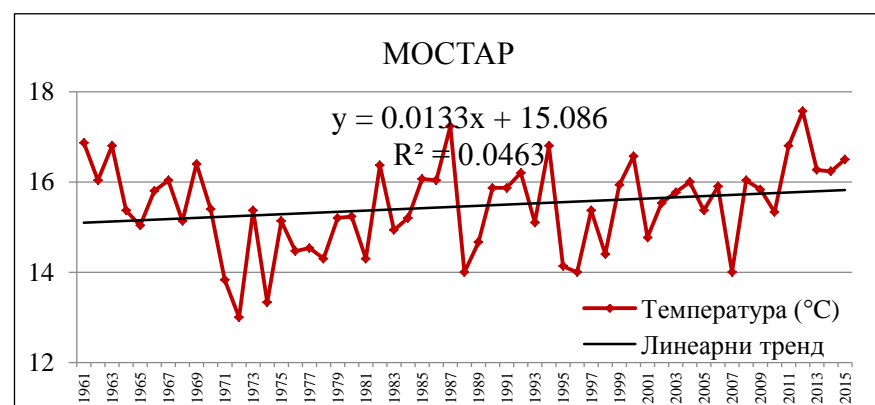
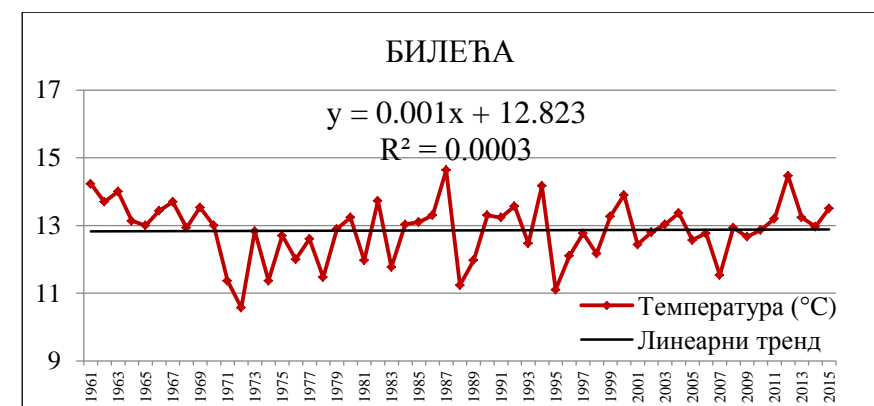
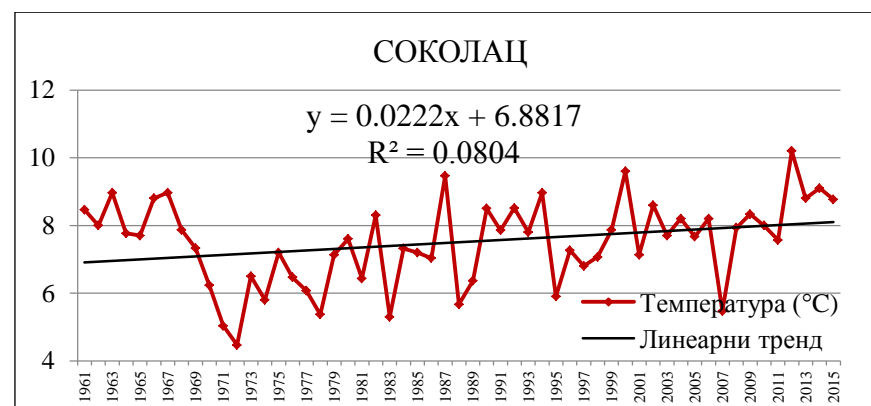
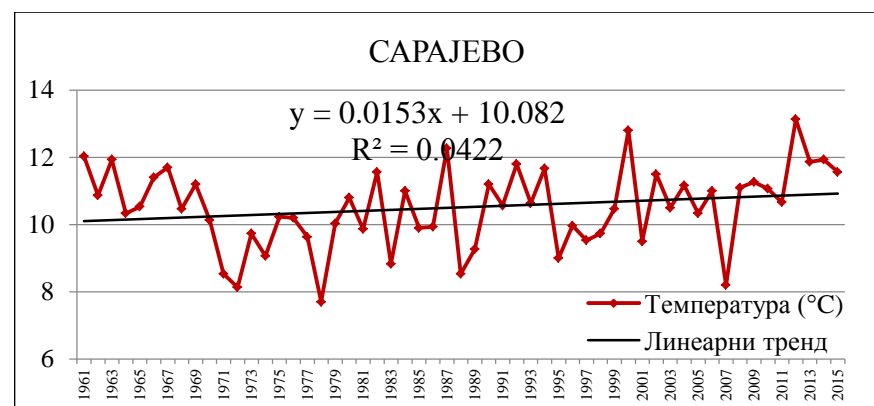
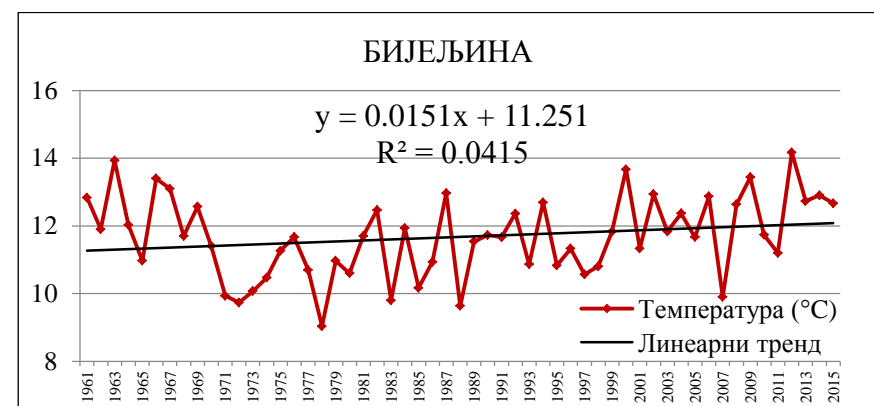
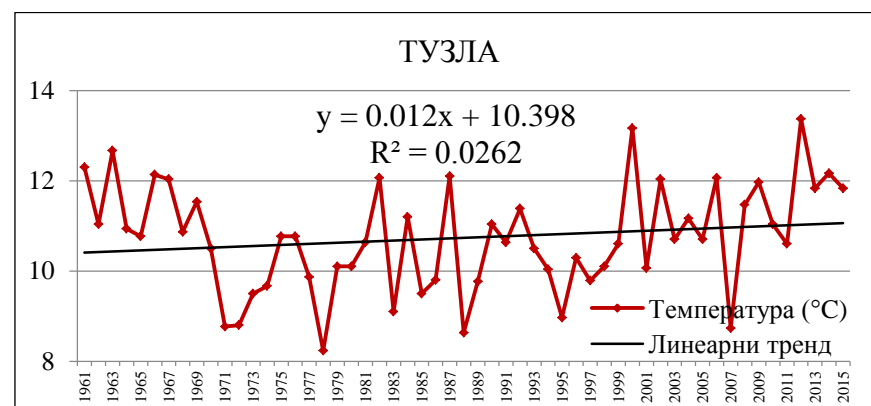
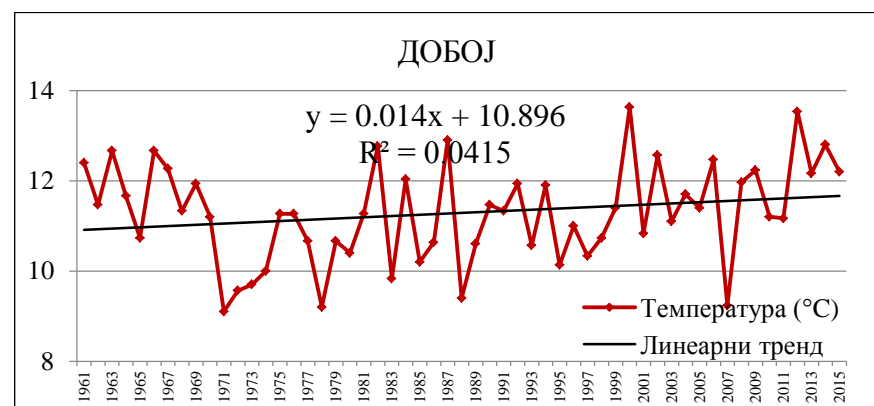
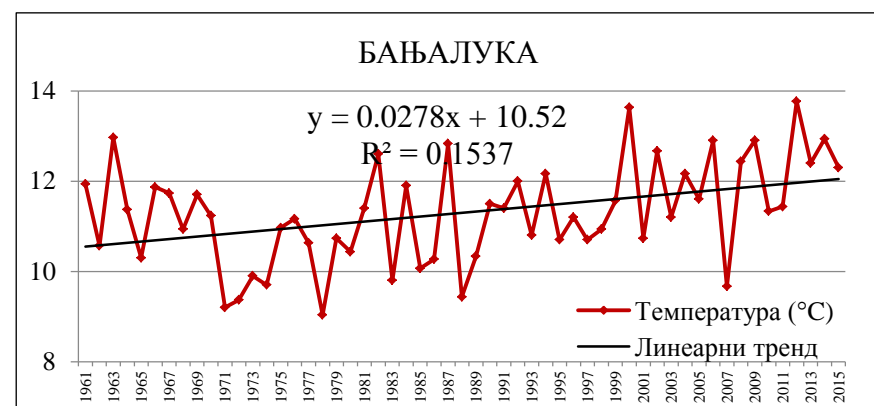
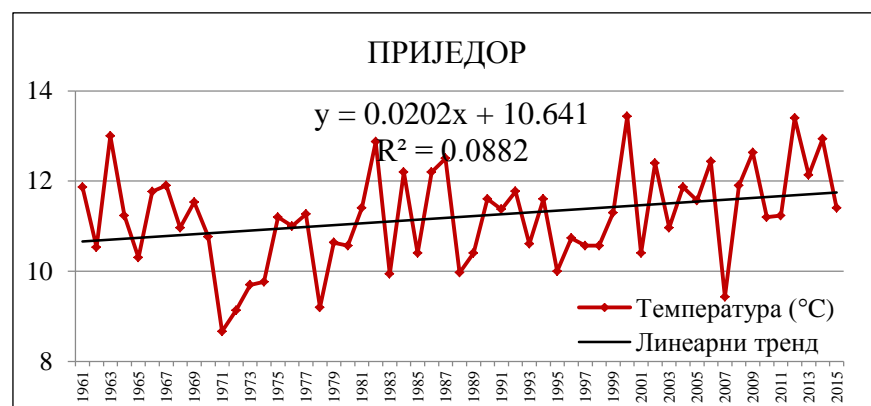
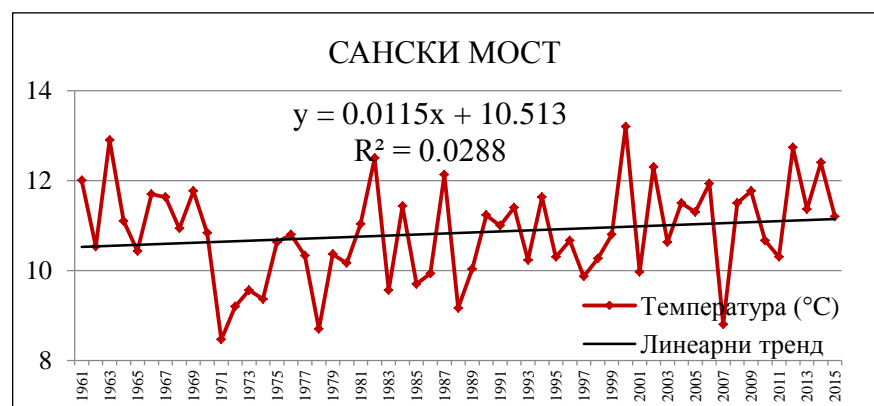
Графикон IV – 8: Тренд средње температуре ваздуха у сезони зима у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



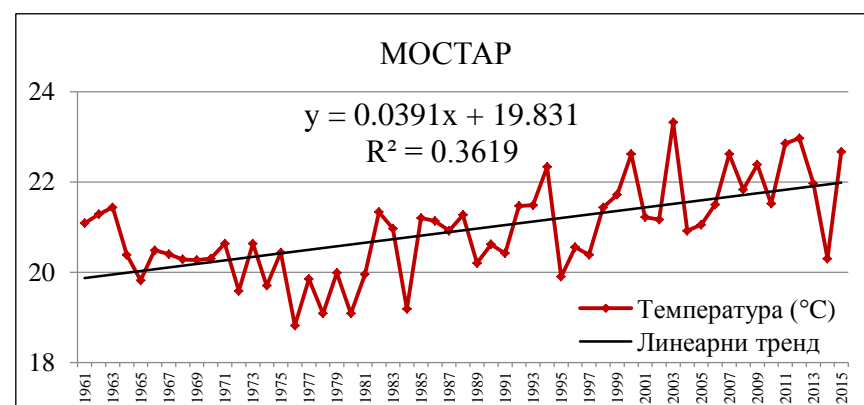
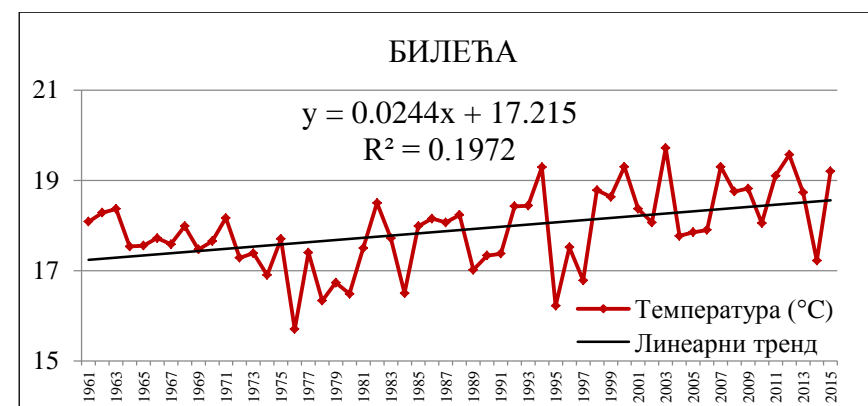
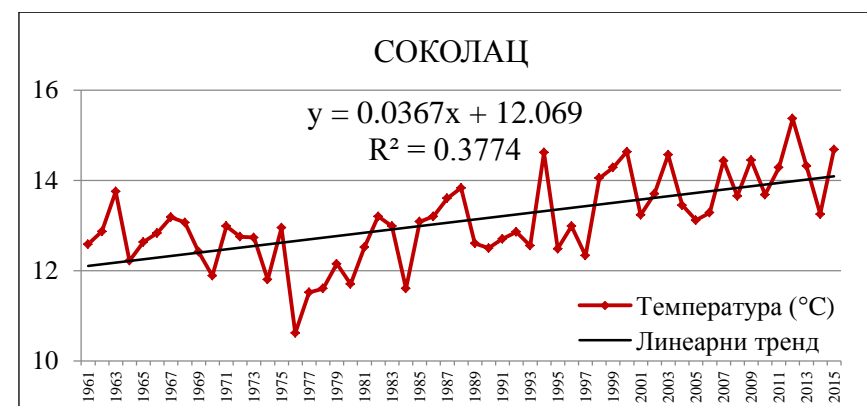
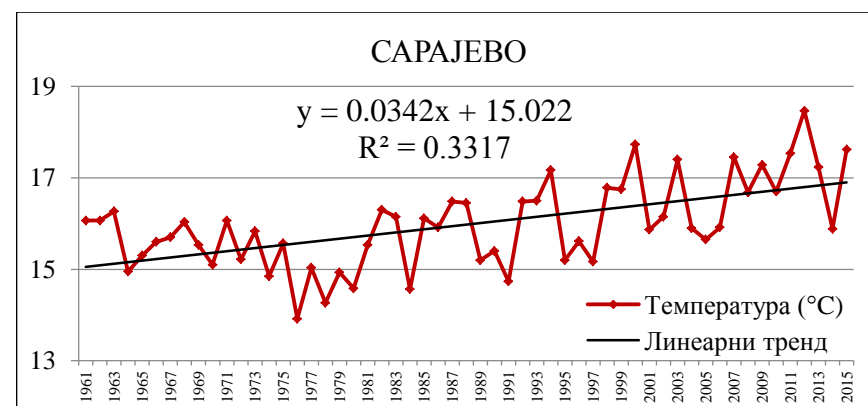
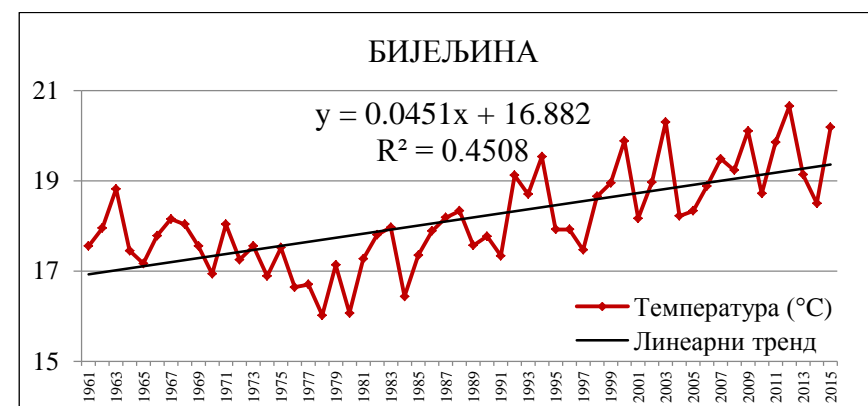
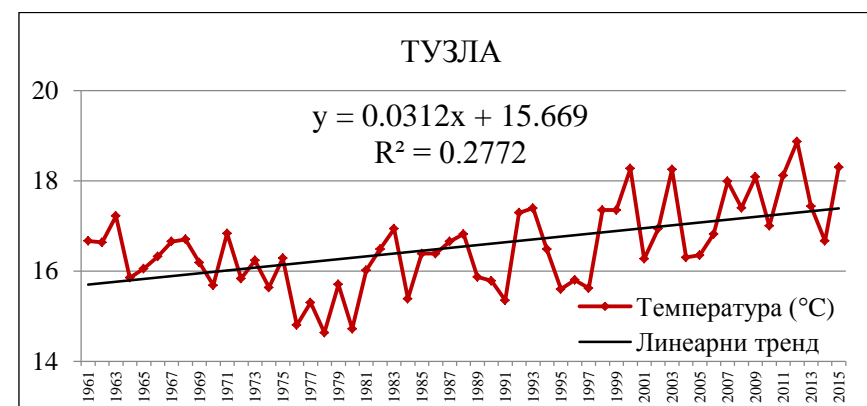
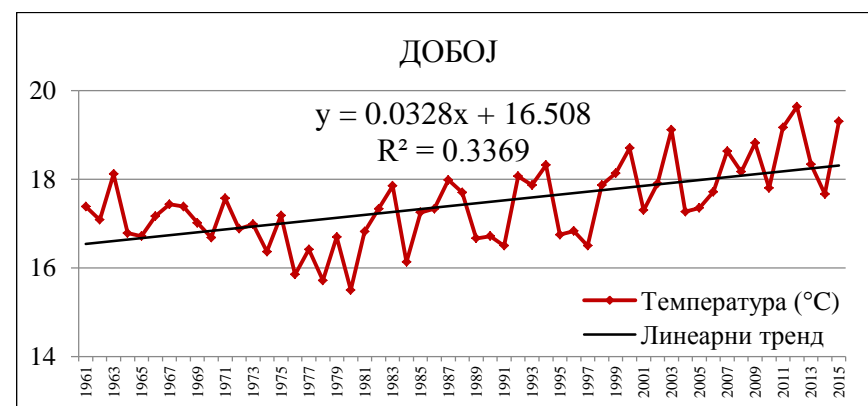
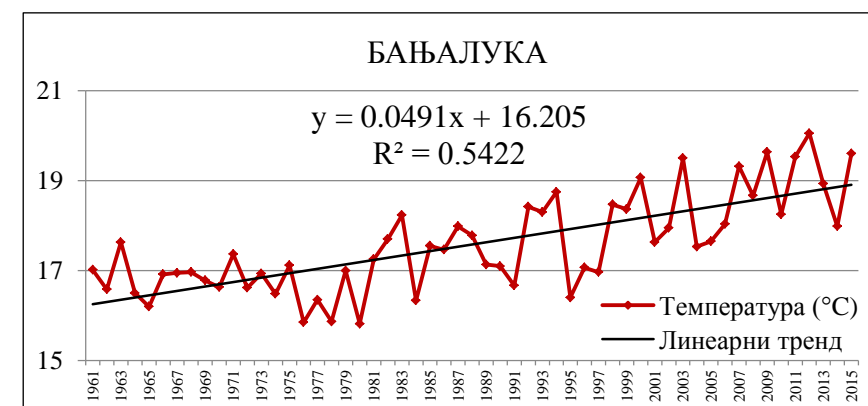
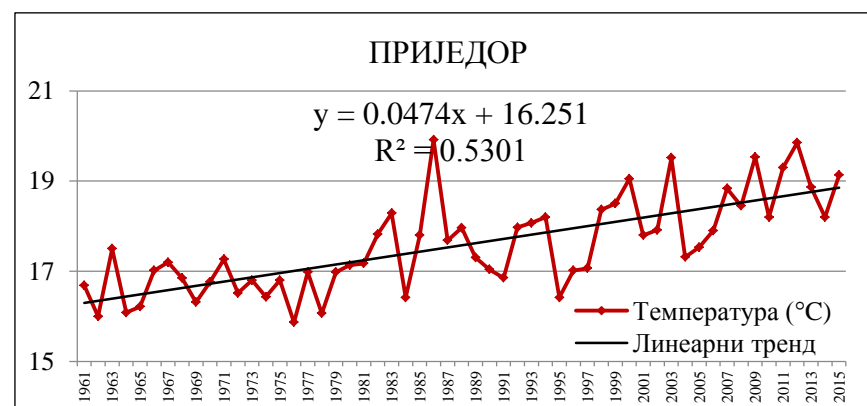
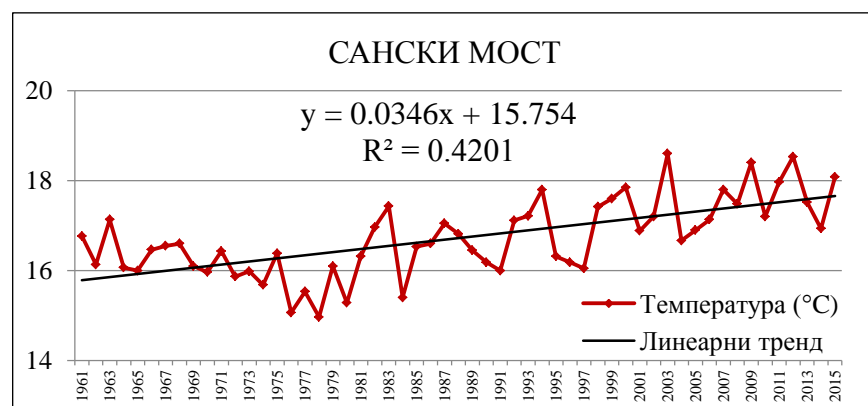
Графикон IV – 9: Тренд средње температуре ваздуха у сезони прољеће у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



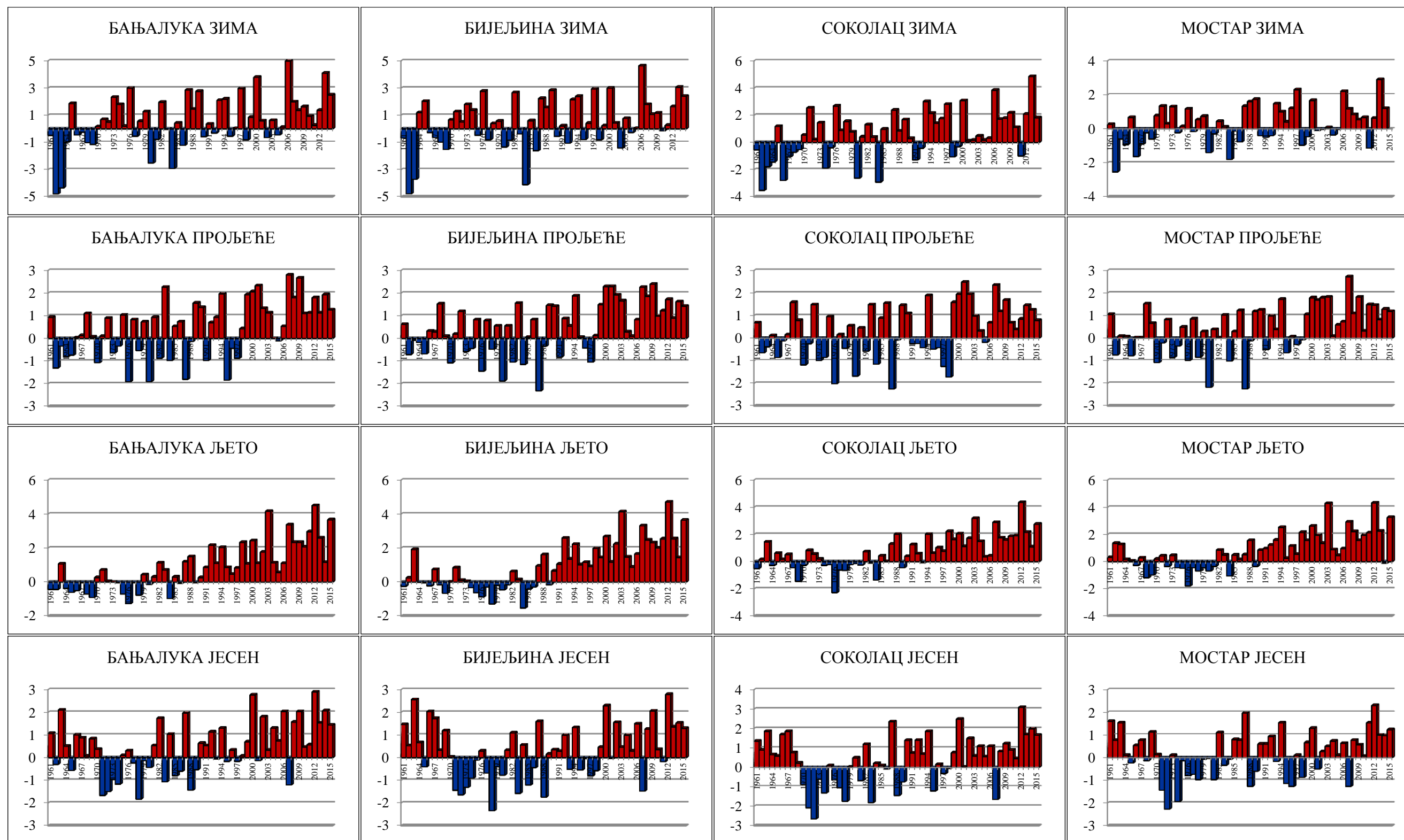
Графикон IV – 10: Тренд средње температуре ваздуха у сезони љето у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



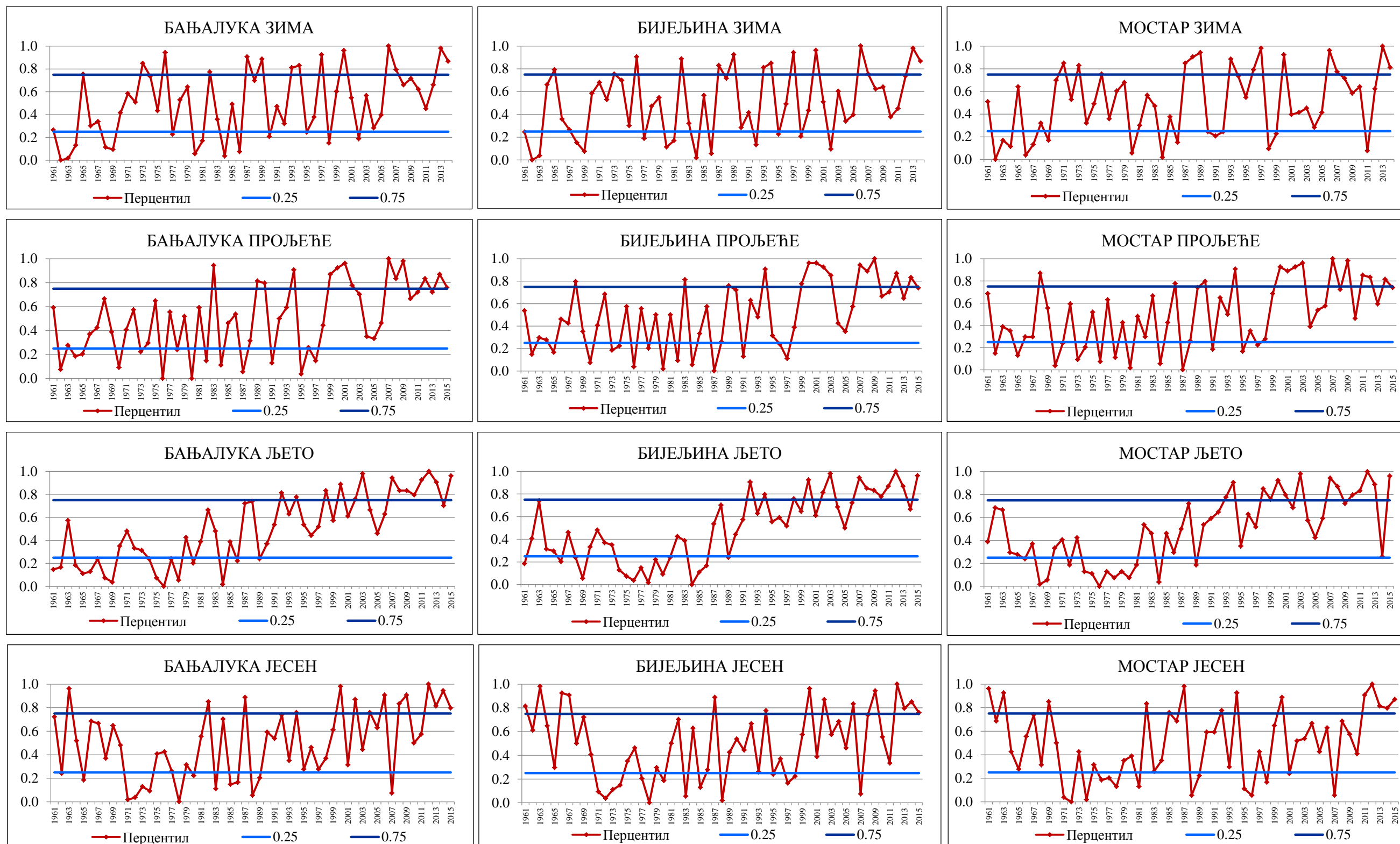
Графикон IV – 11: Тренд средње температуре ваздуха у сезони јесен у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 12: Тренд средње температуре ваздуха у вегетационом периоду у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 13: Одступање средњих сезонских температура ваздуха од просјечне температуре у стандардном климатолошком периоду (1961–1990) у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 14: Тренд средњих сезонских температура ваздуха у Бањалуци, Бијељини и Мостару у периоду 1961–2015. године – перцентили

Статистички значајан ($p < 0,01$) позитиван тренд температуре ваздуха у сезони љето забиљежен је на цијелој територији Републике Српске. На већини станица температура ваздуха у овом дијелу године порасла је по линији тренда за $0,5\text{--}0,6$ °C по деценији. У сезонама зима и прољеће пораст је износио $0,3\text{--}0,5$ °C по деценији и $0,2\text{--}0,3$ °C по деценији. На свим станицама уочени тренд значајан је на нивоу $p < 0,01$ или $p < 0,02$, осим у Билећи, гдје позитиван тренд још није статистички значајан. Температура ваздуха у сезони јесен незнатно је порасла по линији тренда за $0,01\text{--}0,3$ °C по деценији. Утврђени благи пораст температуре ваздуха у овој сезони значајан је једино у Бањалуци ($p < 0,01$) и Сокоцу ($p < 0,05$).

Компаративна анализа средњих сезонских температура ваздуха показује да је у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период у свим подручјима забиљежен пораст температуре ваздуха у свим сезонама, као и у вегетационом периоду. Пораст температуре ваздуха у сезони љето статистички је значајан ($p < 0,01$) на цијелој територији Републике Српске. На свим станицама највећи пораст температуре ваздуха забиљежен је управо у најтоплијем дијелу године, у сезони љето ($0,9\text{--}1,3$ °C), а затим у сезонама прољеће ($0,4\text{--}0,8$ °C) и зима ($0,3\text{--}0,9$ °C), док су најмање промјене присутне у сезони јесен. Загријавање у сезони љето најизраженије је у Бањалуци, Бијељини, Приједору, Сарајеву, Сокоцу и Мостару. Просјечна температура ваздуха у сезони љето у Бањалуци, Бијељини и Мостару порасла је за чак $1,2\text{--}1,3$ °C у односу на референтни период. У сезони зима температура ваздуха највише је порасла у Бањалуци, Приједору и Сокоцу ($0,9\text{--}1,0$ °C). Међутим, статистички значајна ($p < 0,05$) разлика у температури ваздуха између два периода утврђена је само у Приједору и Сокоцу. У сезони прољеће статистички значајна разлика присутна је у сјеверном дијелу територије – на сјеверозападу (Сански Мост, Приједор и Бањалука) ($p < 0,05$) и на крајњем сјевероистоку (Бијељина), те на југу, у Мостару ($p < 0,02$). У овим подручјима температура ваздуха у сезони прољеће просјечно је порасла за $0,6\text{--}0,8$ °C. У свим сезонама тренд загријавања најмање је изражен у високој Херцеговини. Температура ваздуха у сезони љето у Билећи је порасла за $0,9$ °C у односу на референтни период. У сезонама зима и прољеће пораст је био знатно мањи ($0,3$ °C и $0,4$ °C), док је јесења температура остала непромијењена.

Табела IV – 10: Средње сезонске температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)

М. с.		ЗИМА	ПРОЉЕЋЕ	ЉЕТО	ЈЕСЕН	ВЕГЕТАЦИОНИ ПЕРИОД
СМ	а	0,6	10,3	18,9	10,6	16,2
	б	1,2	10,9	19,9	10,9	17,0
	-	0,7	<i>0,6</i>	1,0	0,3	0,8
ПР	а	0,4	10,8	19,8	10,9	17,0
	б	1,4	11,6	21,0	11,3	17,9
	-	<i>1,0</i>	<i>0,8</i>	1,2	0,4	0,9
БЛ	а	0,8	10,9	19,7	10,9	16,9
	б	1,6	11,6	21,0	11,4	17,9
	-	0,9	<i>0,7</i>	1,3	<i>0,6</i>	1,0
ДБ	а	0,8	11,0	19,6	11,0	17,0
	б	1,5	11,4	20,5	11,3	17,6
	-	0,6	0,4	0,9	0,3	0,6
ТЗ	а	0,6	10,3	18,6	10,5	16,1
	б	1,0	10,7	19,6	10,6	16,7
	-	0,4	0,4	0,9	0,1	0,6
БН	а	0,9	11,3	20,2	11,4	17,5
	б	1,5	12,0	21,5	11,7	18,4
	-	0,6	<i>0,7</i>	1,3	0,3	1,0
СА	а	0,3	9,6	18,1	10,2	15,5
	б	0,8	10,0	19,1	10,5	16,2
	-	0,5	0,4	1,0	0,2	0,7
СО	а	-3,2	6,4	15,2	7,1	12,6
	б	-2,3	7,0	16,3	7,5	13,3
	-	<i>0,9</i>	0,5	1,0	0,4	0,8
БИ	а	3,8	11,1	20,5	12,8	17,5
	б	4,1	11,4	21,4	12,8	18,1
	-	0,3	0,4	0,9	0,0	0,6
МО	а	5,9	13,6	23,5	15,3	20,3
	б	6,3	14,3	24,7	15,5	21,2
	-	0,4	<i>0,6</i>	1,2	0,2	0,9
ТР	а	6,3	12,8	22,4	15,0	19,3
	б	6,4	13,2	23,4	15,1	20,0
	-	0,1	0,4	1,1	0,1	0,7

Напомена: Статистички значајна разлика – болд $p < 0,01$, италик $p < 0,05$.

Од нарочитог значаја за раст и развој биљака јесте уочени позитивни тренд температуре ваздуха у вегетационом периоду, када је биљкама топлота и најпотребнија за одвијање животних процеса. На свим станицама наведени позитивни тренд је и статистички значајан ($p < 0,01$). Просјечно загријавање по линији тренда креће се у интервалу од $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији (у Санском Мосту, Добоју, Тузли и Сарајеву) до $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији (у Бањалуци, Приједору и Бијељини). Уочени тренд загријавања, који још није превеликог интензитета, може потенцијално повољно утицати на биљне врсте, јер им у кључном периоду омогућава више топлоте неопходне за оптималан развој. Температура ваздуха у вегетационом периоду порасла је у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период за $0,8\text{--}1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ у сјеверном низијском подручју (у Добоју и Тузли за $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), а у региону Сарајева и Сокоца за $0,7\text{--}0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. У Херцеговини је већи пораст температуре ваздуха забиљежен у нижим него у вишим предјелима (Мостар $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ и Билећа $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$).

1.3. Средње мјесечне и годишње максималне и минималне температуре ваздуха

1.3.1. Средње мјесечне и годишње максималне температуре ваздуха

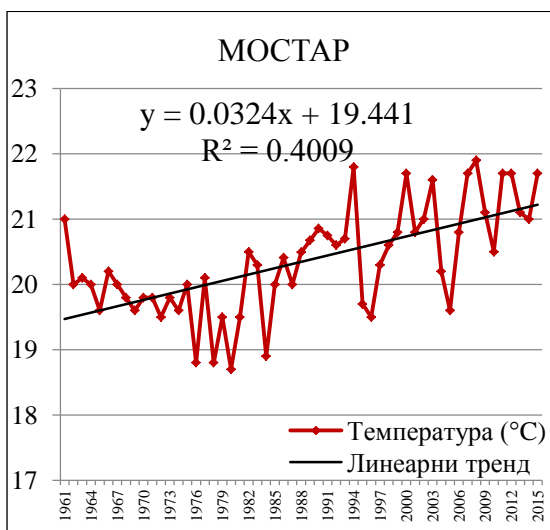
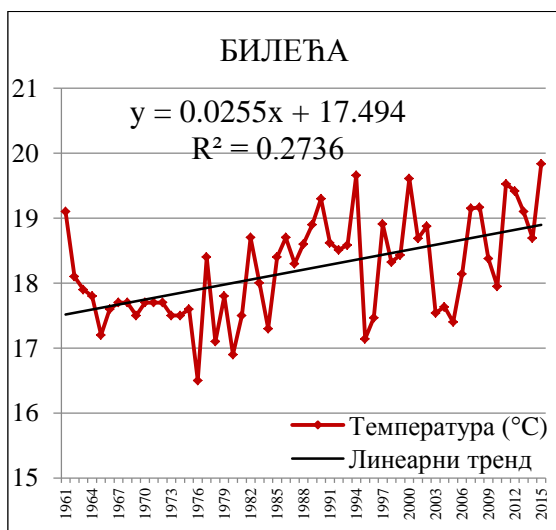
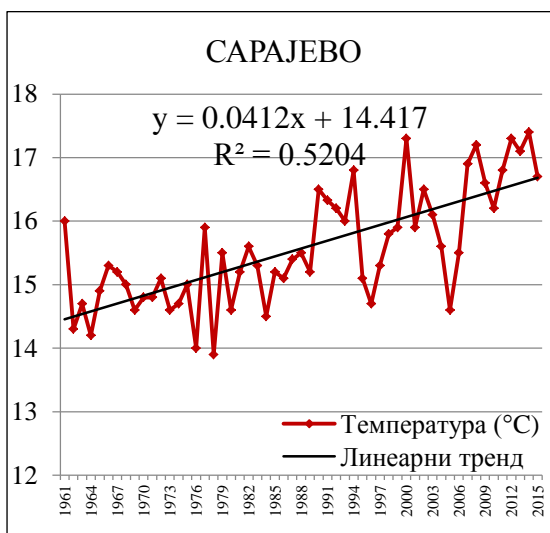
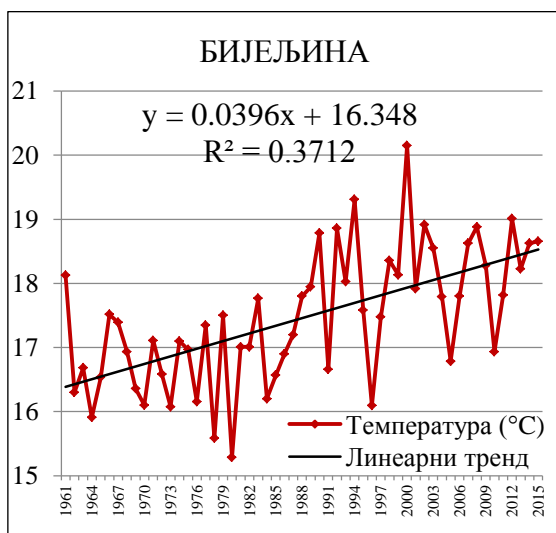
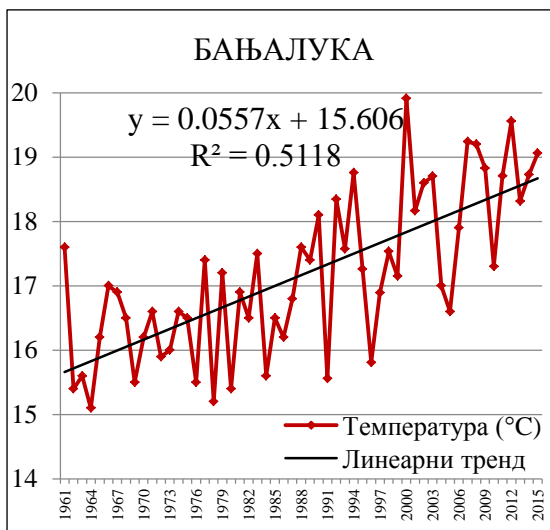
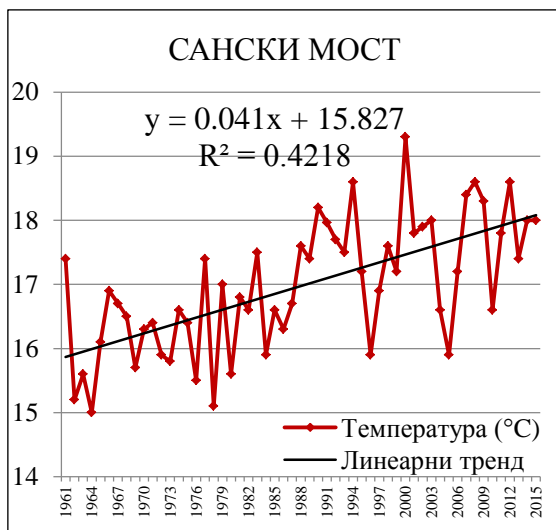
Средња годишња максимална температура ваздуха у периоду 1961–2015. године у сјеверном дијелу Републике Српске износи од $16,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Приједору, преко $17,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Бањалуци до $17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на крајњем истоку, у Бијељини. Средња годишња максимална температура ваздуха опада према југу, према планинско-котлинској области. Просјечна средња годишња максимална годишња температура ваздуха у Сарајеву износи $15,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Анализу отежава непостојање података за високопланинска подручја. Највише средње годишње максималне температуре ваздуха карактеришу ниску Херцеговину (на примјер, Мостар $20,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). У вишим предјелима Херцеговине, у Рудинама, средња годишња максимална температура ваздуха износи $18,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Табела IV – 11: Средње мјесечне и годишње максималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	4,5	7,6	12,7	17,6	22,4	25,5	27,8	27,7	23,2	17,7	11,5	5,5	17,0
ПР	3,7	7,0	12,4	17,7	22,6	25,8	28,0	27,9	23,3	17,5	10,6	4,3	16,7
БЛ	4,8	7,3	12,8	17,8	22,6	25,9	28,2	28,1	23,5	17,8	11,5	5,7	17,2
БН	4,1	7,2	12,9	18,2	23,4	26,6	28,7	29,0	24,4	18,7	11,3	5,2	17,5
СА	3,3	6,1	10,8	15,6	20,9	24,0	26,5	26,9	22,1	16,8	10,1	3,8	15,6
БИ	7,7	9,4	12,8	16,5	21,8	25,5	29,1	29,3	24,5	19,6	13,5	9,0	18,2
МО	8,8	11,1	15,1	19,4	24,7	28,5	31,9	32,1	26,9	21,2	14,7	9,8	20,3

У другој половини XX вијека и на почетку XXI вијека, у свим дијеловима Републике Српске присутан је значајан ($p < 0,01$) позитиван тренд средње годишње максималне температуре ваздуха. У анализираном периоду 1961–2015. године, тренд пораста у већем дијелу Републике Српске износио је 0,4 °C по деценији, а у Херцеговини 0,25–0,32 °C по деценији. Ипак, највећи пораст забиљежен је у Бањалуци (0,56 °C по деценији), вјероватно и због већ наведеног утицаја „урбаног острва топлоте“.

Анализе потврђују статистички значајну разлику ($p < 0,01$) између средње годишње максималне температуре ваздуха у периоду 1981–2010. године и у стандардном климатолошком периоду 1961–1990. године, што потврђује тренд загријавања у свим дијеловима Републике Српске. Средња годишња максимална температура ваздуха порасла је на свим анализираним станицама, али је знатно већи пораст забиљежен у сјеверном дијелу (Приједор и Бијељина 0,9 °C, Бањалука чак 1,1 °C) него у Херцеговини (Билећа 0,5 °C и Мостар 0,7 °C).



Графикон IV – 15: Тренд средње годишње максималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Табела IV – 12: Средње мјесечне и годишње максималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °С)

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	3,8	6,9	12,1	17,1	21,7	24,8	27,1	26,7	23,3	17,5	11,0	5,2	16,4
	б	4,9	8,2	13,1	17,9	23,1	25,9	28,3	28,3	23,3	18,1	11,4	5,9	17,4
	-	1,1	1,3	1,0	0,8	1,4	1,1	1,2	1,7	0,1	0,6	0,3	0,7	0,9
ПР	а	3,0	6,2	11,7	17,0	21,9	25,0	27,3	26,9	23,5	17,5	10,0	3,8	16,1
	б	4,1	7,4	12,5	17,9	23,1	26,0	28,4	28,6	23,4	17,8	10,4	4,8	17,0
	-	1,1	1,2	0,8	0,8	1,2	1,0	1,2	1,7	-0,1	0,3	0,4	1,0	0,9
БЛ	а	3,7	6,8	12,0	17,2	22,0	25,0	27,2	26,9	23,3	17,4	10,8	5,1	16,4
	б	5,2	7,6	13,1	17,9	23,1	26,2	28,7	28,7	23,7	18,2	11,5	6,2	17,5
	-	1,6	0,9	1,1	0,7	1,2	1,2	1,4	1,8	0,4	0,8	0,7	1,1	1,1
БН	а	3,0	6,6	12,2	17,8	22,8	25,7	27,9	28,1	24,3	18,5	10,8	4,9	16,9
	б	4,5	7,5	13,1	18,4	24,0	26,9	29,2	29,6	24,6	19,1	11,1	5,5	17,8
	-	1,5	1,0	0,9	0,7	1,2	1,2	1,3	1,5	0,3	0,6	0,3	0,6	0,9
СА	а	2,7	5,9	10,4	15,1	20,3	23,1	25,5	25,7	22,0	16,5	9,7	3,5	15,0
	б	3,6	6,2	10,9	15,7	21,5	24,3	27,0	27,4	22,0	17,1	9,7	4,3	15,8
	-	0,9	0,3	0,5	0,6	1,2	1,3	1,5	1,7	0,0	0,6	0,0	0,8	0,8
БИ	а	7,5	9,2	12,4	16,2	21,3	24,9	28,4	28,4	24,7	19,5	13,4	8,9	17,9
	б	8,1	9,5	13,1	16,7	22,3	25,6	29,5	29,8	24,5	19,8	13,2	9,0	18,4
	-	0,6	0,3	0,6	0,4	1,0	0,8	1,1	1,4	-0,2	0,2	-0,3	0,0	0,5
МО	а	8,4	10,8	14,6	19,0	24,0	27,6	31,1	31,1	26,9	21,0	14,4	9,7	19,9
	б	9,1	11,2	15,3	19,5	25,3	28,9	32,4	32,7	27,0	21,4	14,4	9,8	20,6
	-	0,8	0,4	0,6	0,6	1,3	1,3	1,3	1,6	0,1	0,3	0,1	0,2	0,7

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – болд $p < 0,01$, италић $p < 0,05$.

1.3.2. Средње мјесечне и годишње минималне температуре ваздуха

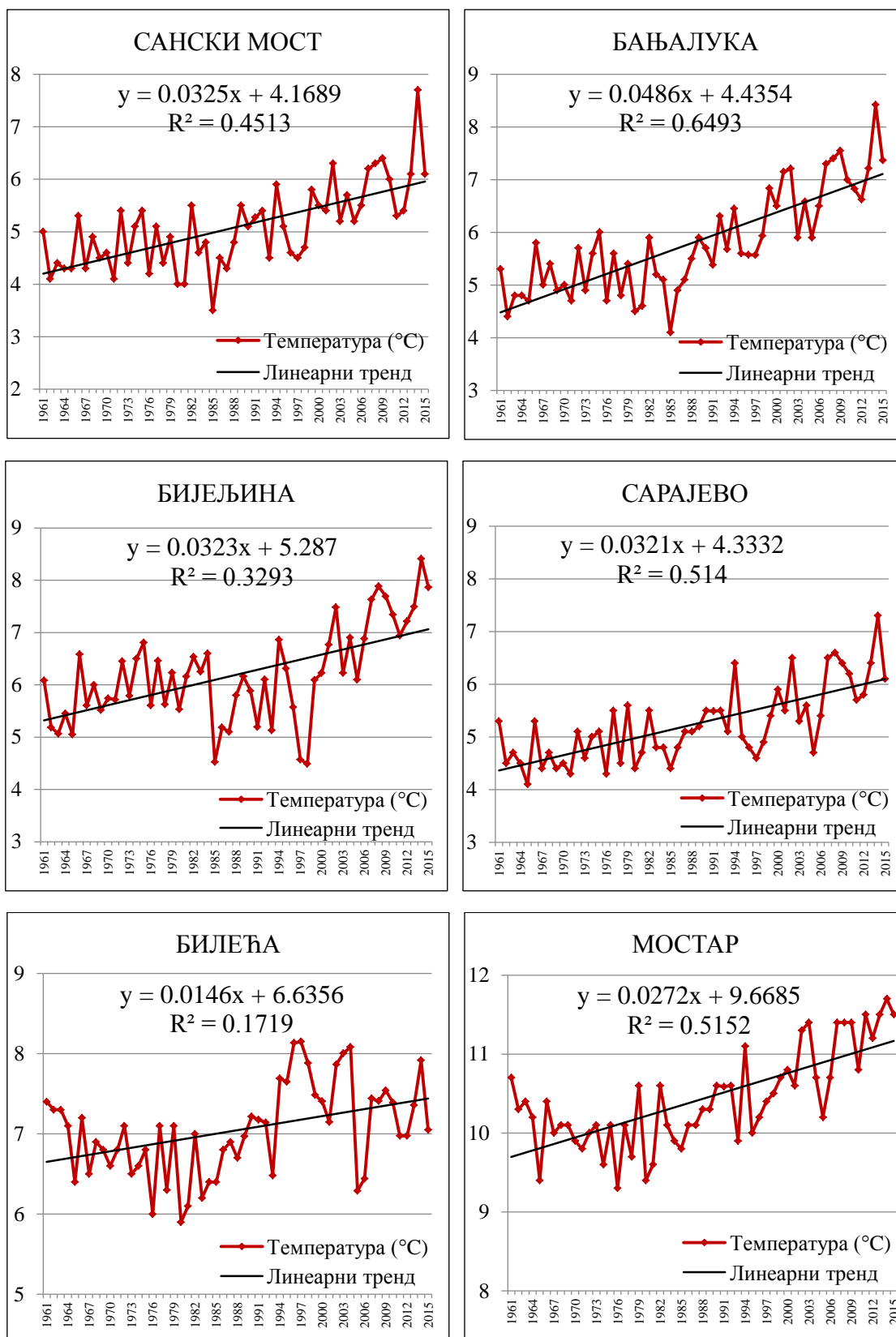
Средња годишња минимална температура ваздуха у периоду 1961–2015. године у сјеверном дијелу територије износи од 5,1 °С у Санском Мосту, преко 5,8 °С у Бањалуци до 6,2 °С у Бијељини. Средња годишња минимална температура ваздуха најнижа је у планинско-котлинској области. Просјечна годишња минимална температура ваздуха у Сарајеву износи 5,2 °С. Средње годишње минималне температуре ваздуха знатно су више на југу, у Херцеговини (Билећа 7,0 °С и Мостар чак 10,4 °С).

Табела IV – 13: Средње мјесечне и годишње минималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	-4,1	-2,7	0,5	4,5	8,7	12,2	13,5	13,2	9,9	6,1	1,8	-2,4	5,1
ПР	-3,7	-2,2	1,1	5,4	9,8	13,5	14,7	14,5	11,0	6,8	2,1	-2,1	5,9
БЛ	-3,5	-2,1	1,3	5,3	9,5	13,2	14,6	14,3	10,6	6,2	2,2	-1,9	5,8
БН	-3,4	-2,0	1,4	5,7	10,4	14,0	15,5	14,9	11,0	6,3	2,2	-1,7	6,2
СА	-3,6	-2,2	0,9	4,7	8,8	11,8	13,4	13,3	9,9	6,1	2,1	-2,3	5,2
БИ	-0,8	-0,1	2,5	5,8	10,1	13,2	15,3	15,2	11,4	7,7	3,8	0,5	7,0
МО	2,3	3,2	5,6	8,7	13,0	16,5	19,2	19,2	15,4	11,4	7,0	3,5	10,4

У периоду 1961–2015. године на цијелој територији Републике Српске присутан је значајан ($p < 0,01$) позитиван тренд средње годишње минималне температуре ваздуха, који је, као и у случају средње максималне температуре ваздуха, знатно израженији на сјеверу (у већини подручја температура је по линији тренда порасла за 0,3 °C по деценији, једино у Бањалуци за 0,5 °C по деценији) него у Херцеговини (у Билећи за 0,1 °C по деценији). Треба истакнути да су средње годишње минималне температуре ваздуха расле по стопама нижим од стопа пораста средњих годишњих максималних температура ваздуха.

Статистички значајна ($p < 0,01$) разлика између средње годишње минималне температуре ваздуха у периоду 1981–2010. године и средње годишње минималне температуре ваздуха у стандардном климатолошком периоду 1961–1990. године, утврђена је на свим станицама, осим у Бијељини, гдје је разлика значајна само на нивоу $p < 0,10$. Пораст средње годишње минималне температуре ваздуха између два периода мањи је него пораст средње годишње максималне температуре ваздуха. Као и у случају средње годишње максималне температуре ваздуха, мањи пораст присутан је на подручју Херцеговине (0,4–0,5 °C). У већини осталих подручја температура је порасла за 0,6–0,9 °C. Једино је у Бијељини забиљежен мањи пораст (0,3 °C).



Графикон IV – 16: Тренд средње годишње минималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Табела IV – 14: Средње мјесечне и годишње минималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °С)

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	-5,1	-2,7	0,4	4,1	8,3	11,7	12,8	12,5	9,7	5,6	1,4	-2,9	4,6
	б	-4,1	-3,0	0,4	4,7	9,0	12,3	13,8	13,5	9,9	6,3	1,6	-1,9	5,2
	-	1,0	-0,3	0,0	0,6	0,8	0,6	0,9	1,0	0,2	0,7	0,2	1,0	0,6
ПР	а	-4,5	-2,1	0,9	5,0	9,5	12,9	14,1	14,0	11,0	6,4	1,6	-2,4	5,5
	б	-3,6	-2,4	1,1	5,8	10,4	13,9	15,2	14,9	11,1	7,1	1,9	-1,6	6,2
	-	0,9	-0,3	0,1	0,8	0,9	1,0	1,1	1,0	0,1	0,7	0,3	0,7	0,6
БЛ	а	-4,6	-2,3	0,7	4,7	9,0	12,4	13,7	13,5	10,1	5,7	1,6	-2,6	5,1
	б	-3,3	-2,3	1,5	5,5	9,8	13,4	15,0	14,8	10,7	6,5	2,2	-1,3	6,0
	-	1,3	0,0	0,8	0,7	0,8	0,9	1,3	1,4	0,6	0,8	0,6	1,3	0,9
БН	а	-4,3	-1,9	1,2	5,5	10,1	13,5	14,9	14,3	10,9	5,9	1,9	-2,0	5,8
	б	-3,3	-2,1	1,3	5,7	10,6	14,0	15,7	15,0	10,8	6,3	1,9	-1,6	6,2
	-	1,0	-0,3	0,1	0,3	0,5	0,5	0,8	0,7	-0,1	0,4	-0,1	0,3	0,3
СА	а	-4,4	-2,3	0,7	4,4	8,5	11,4	12,8	12,6	9,7	5,7	1,6	-2,8	4,8
	б	-3,4	-2,4	0,9	4,8	9,1	11,9	13,6	13,7	9,9	6,4	1,9	-1,8	5,4
	-	1,0	-0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,8	1,1	0,2	0,8	0,3	1,0	0,6
БИ	а	-1,3	-0,2	2,4	5,5	9,7	12,7	14,8	14,5	11,4	7,4	3,6	0,3	6,7
	б	-0,5	-0,2	2,7	5,8	10,5	13,4	15,5	15,6	11,2	7,8	3,6	0,7	7,2
	-	0,8	0,0	0,3	0,3	0,9	0,7	0,7	1,1	-0,2	0,4	-0,1	0,4	0,4
МО	а	1,9	3,2	5,4	8,4	12,5	15,8	18,6	18,4	15,3	11,2	6,7	3,3	10,1
	б	2,4	3,0	5,7	8,8	13,3	16,7	19,5	19,6	15,3	11,6	6,8	3,7	10,5
	-	0,5	-0,2	0,3	0,4	0,9	0,8	0,9	1,2	0,1	0,4	0,2	0,4	0,5

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – болд $p < 0,01$, италик $p < 0,05$.

1.4. Средње максималне и минималне сезонске температуре ваздуха

1.4.1. Средње максималне сезонске температуре ваздуха

Средња сезонска максимална температура ваздуха најнижа је у сезони зима. У сјеверном дијелу средња максимална температура у сезони зима износи од 5,0 °С у Приједору до 5,5 °С у Бијељини, а на подручју Сарајева 4,4 °С. И у случају средње максималне температуре зима је најтоплија у Херцеговини (Билећа 8,7 °С и Мостар 9,9 °С). На сјеверозападу је сезона прољеће топлија од сезоне јесен (Приједор 17,5 °С и 17,1 °С), на истоку су готово подједнако топле (Бијељина 18,1

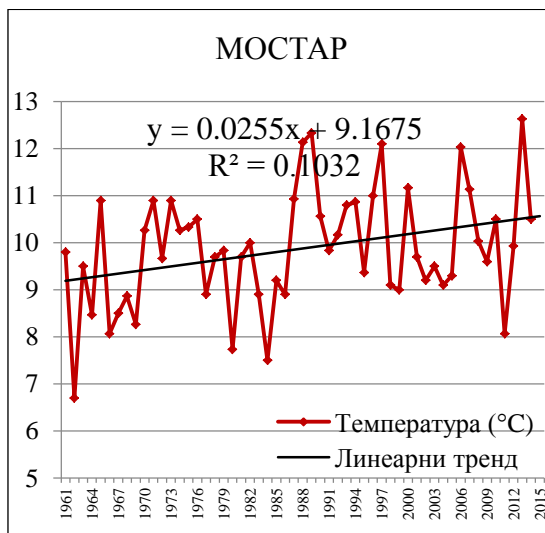
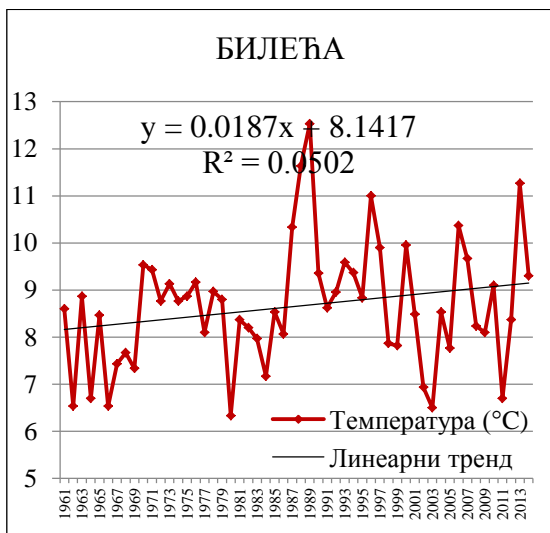
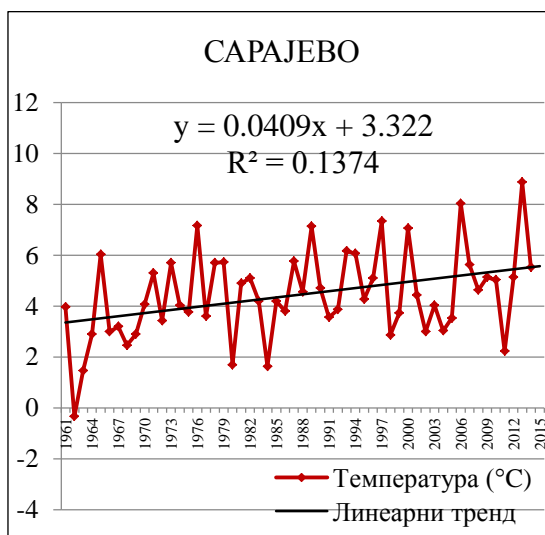
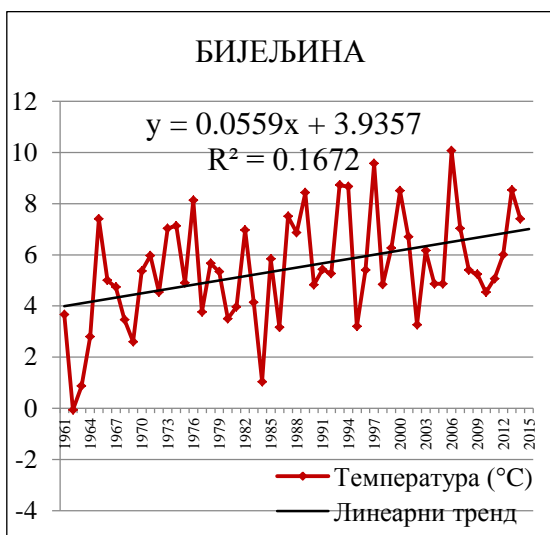
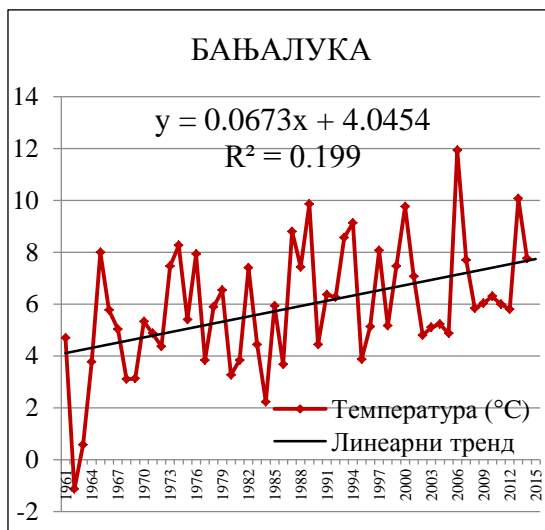
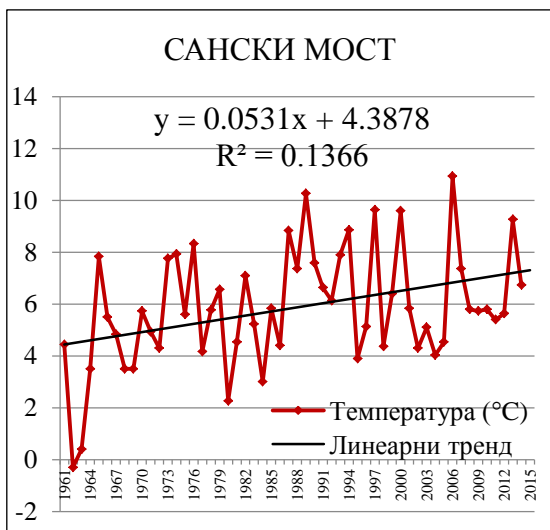
°C и 18,1 °C), док је у Херцеговини сезона јесен знатно топлија од сезоне прољеће (Билећа 19,2 °C и 17,0 °C и Мостар 20,9 °C и 19,7 °C). Љето је најтоплија годишња сезона на цијелој територији, са просјечном температуром од 27,0 °C у Санском Мосту до 30,9 °C у Мостару (у Бањалуци 27,4 °C). Просјечна средња максимална температура ваздуха у вегетационом периоду на сјеверу се креће у распону од 24,0 °C у Санском Мосту до 25,0 °C у Бијељини, а у Херцеговини од 24,4 °C у Билећи до 27,3 °C у Мостару.

Табела IV – 15: Средње максималне сезонске температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)

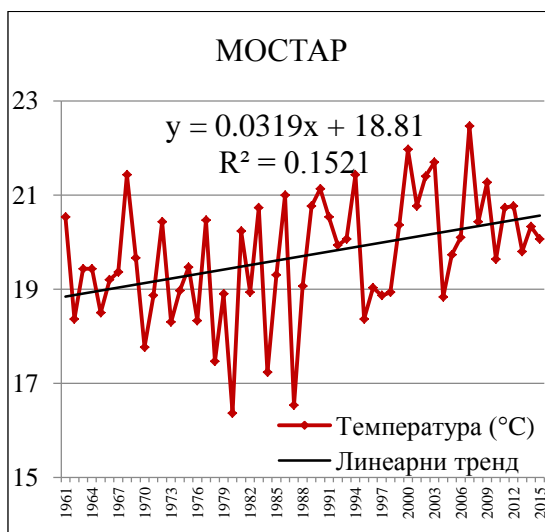
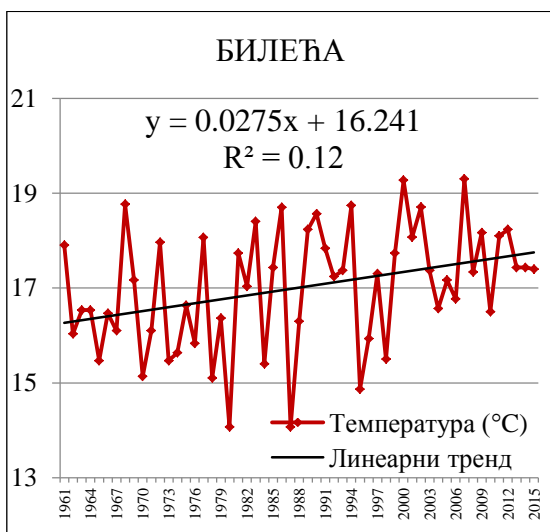
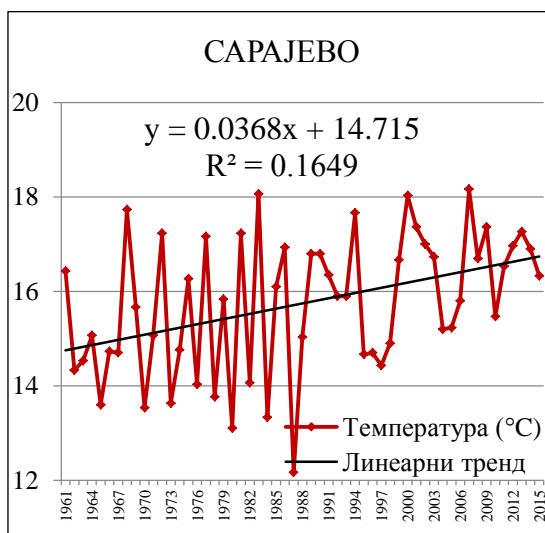
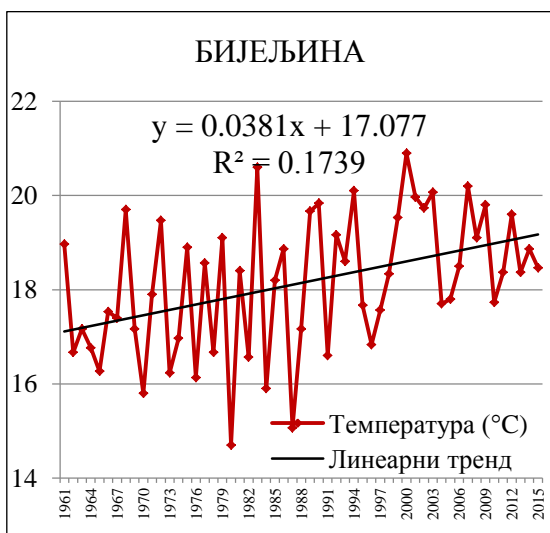
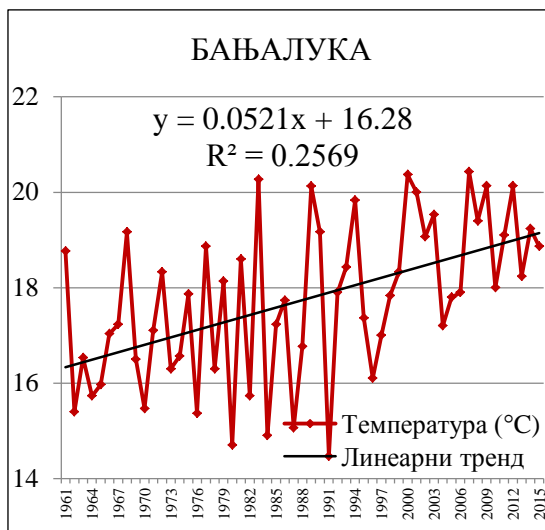
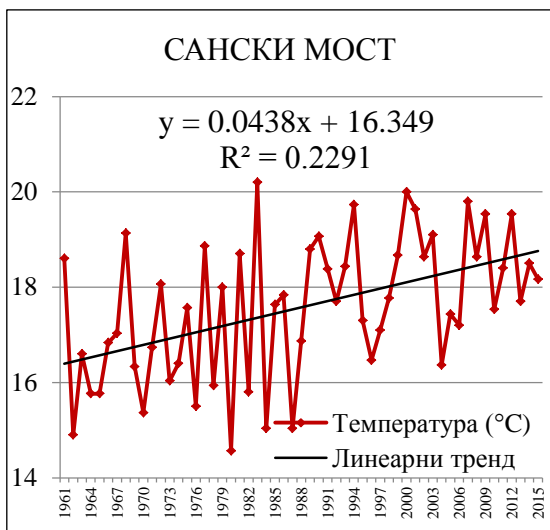
М. с.	ЗИМА	ПРОЉЕЋЕ	ЉЕТО	ЈЕСЕН	ВЕГЕТАЦИОНИ ПЕРИОД
СМ	5,8	17,6	27,0	17,4	24,0
ПР	5,0	17,5	27,3	17,1	24,2
БЛ	5,9	17,7	27,4	17,5	24,3
БН	5,5	18,1	28,1	18,1	25,0
СА	4,4	15,7	25,8	16,3	22,7
БИ	8,7	17,0	27,9	19,2	24,4
МО	9,9	19,7	30,9	20,9	27,3

У анализираном периоду 1961–2015. године, на свим истраживаним станицама забиљежен је значајан позитиван тренд ($p < 0,01$, једино у Мостару у сезони зима $p < 0,02$) средње максималне температуре ваздуха у свим годишњим сезонама осим сезоне јесен, као и у вегетационом периоду. Највећи пораст забиљежен је у сезони љето, затим у сезонама зима и прољеће, док је у сезони јесен присутан незнатан и несигнификантан пораст температуре ваздуха. Значајан ($p < 0,02$) тренд пораста средње максималне температуре ваздуха у сезони јесен забиљежен је једино у Бањалуци.

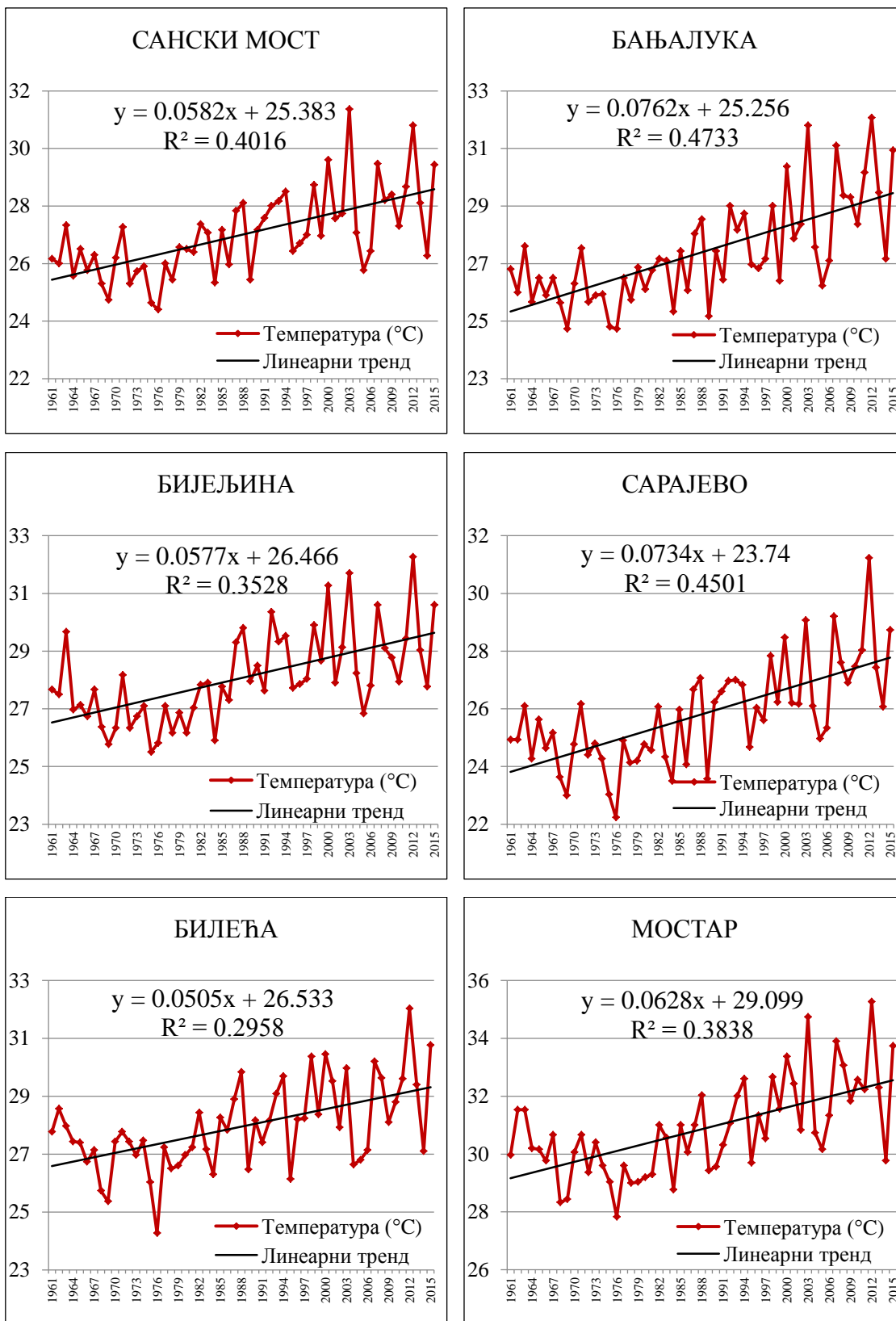
Средња максимална температура ваздуха у сезони љето порасла је на већини станица по линији тренда за 0,6 °C по деценији. Највећи пораст забиљежен је у Бањалуци (0,76 °C по деценији) и Сарајеву (0,73 °C по деценији), а најмањи у Билећи (0,50 °C по деценији).



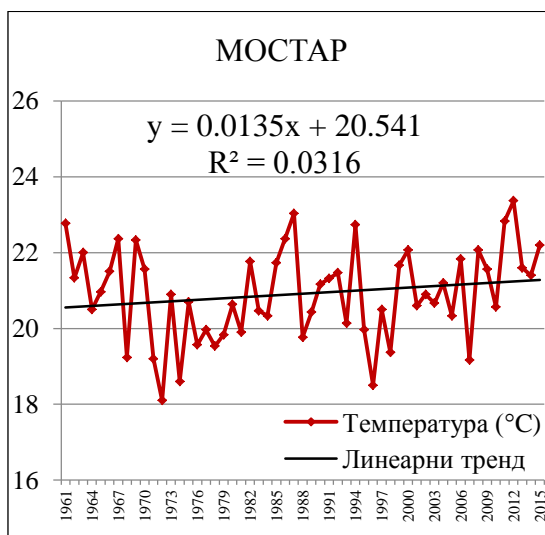
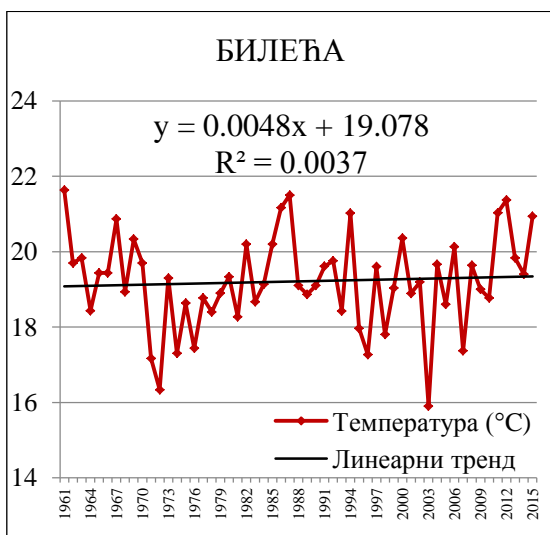
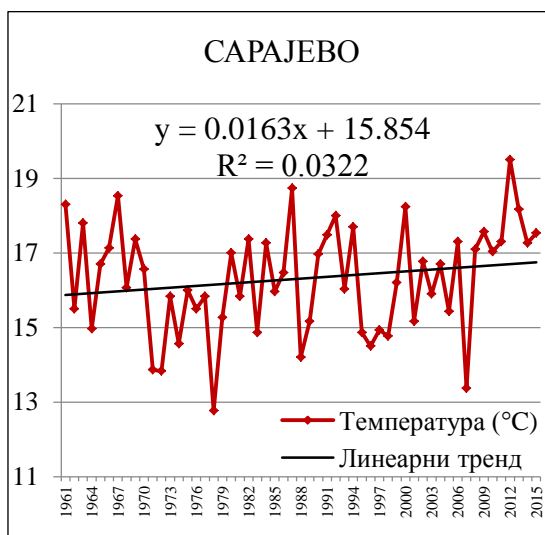
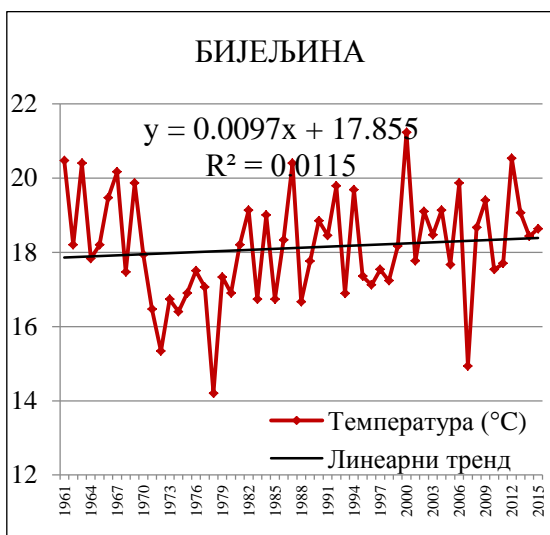
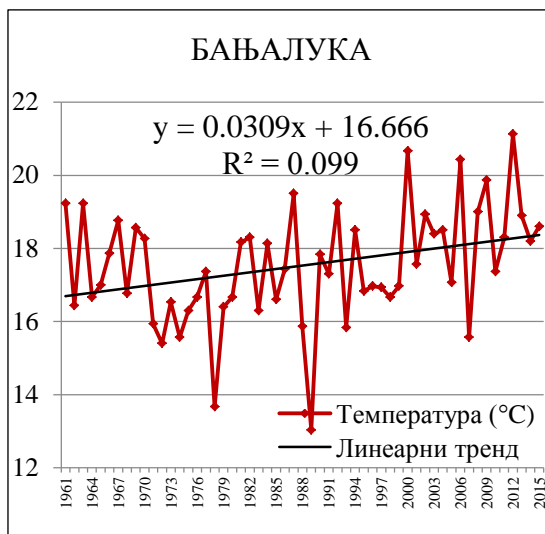
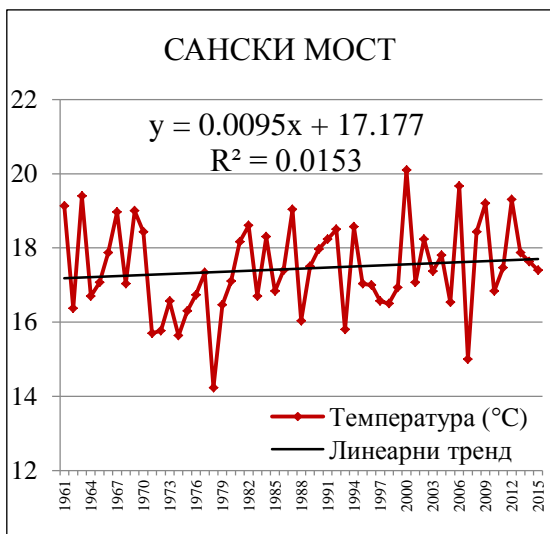
Графикон IV – 17: Тренд средње максималне температуре ваздуха у сезони зима у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



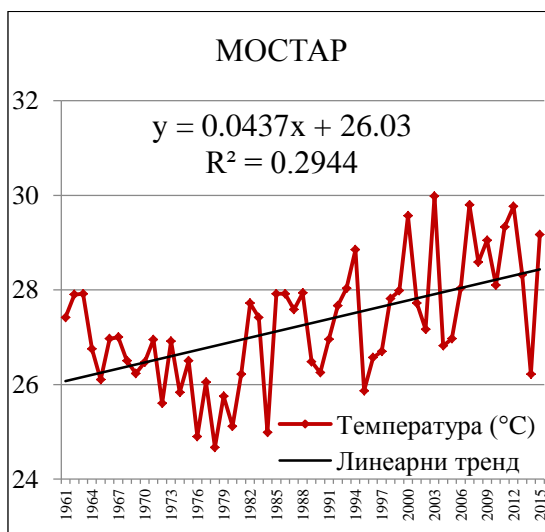
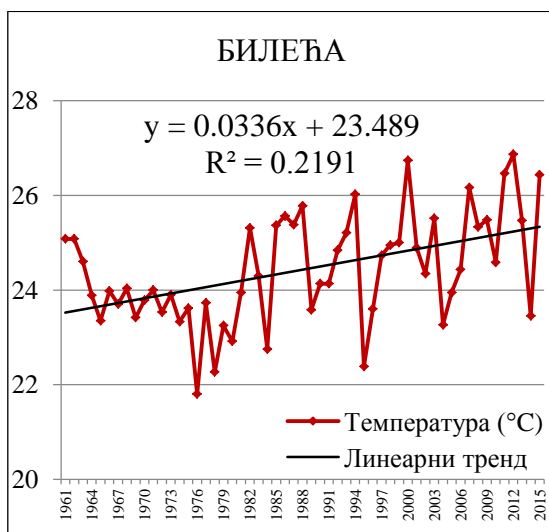
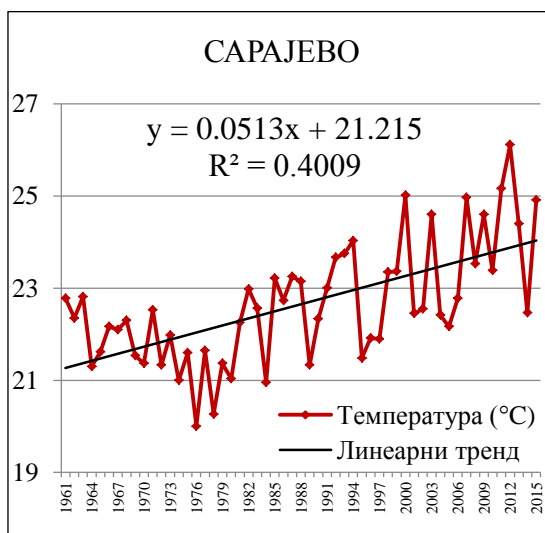
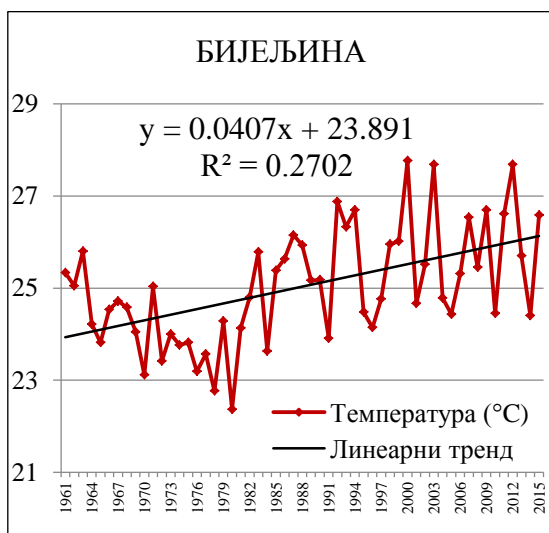
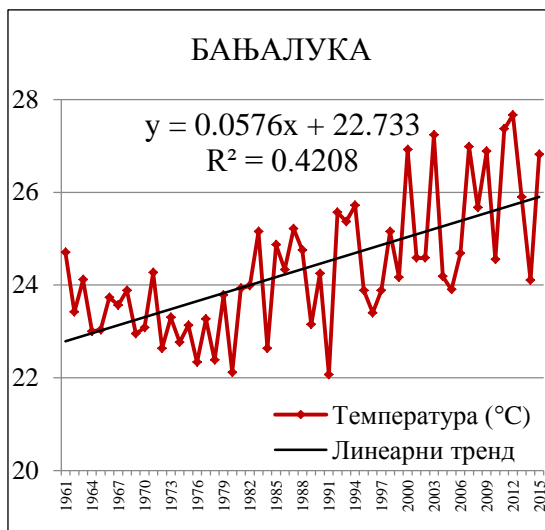
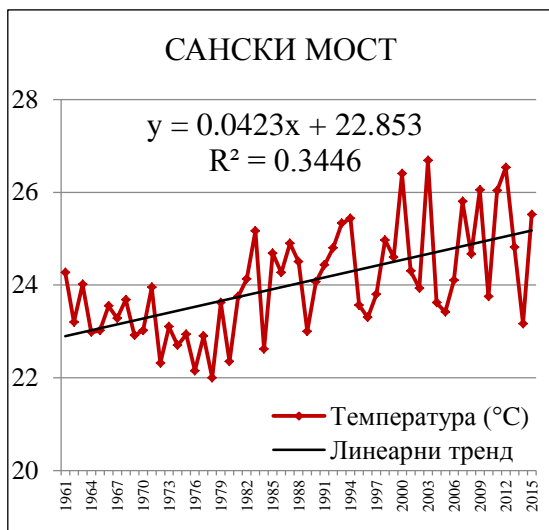
Графикон IV – 18: Тренд средње максималне температуре ваздуха у сезони прољеће у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 19: Тренд средње максималне температуре ваздуха у сезони љето у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 20: Тренд средње максималне температуре ваздуха у сезони јесен у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 21: Тренд средње максималне температуре ваздуха у вегетационом периоду у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Средња максимална температура ваздуха у сезонама прољеће и зима, такође је најмање порасла у Херцеговини – у Билећи 0,27 °C по деценији у сезони прољеће и 0,19 °C по деценији у сезони зима. У већем дијелу Републике Српске средња максимална температура у сезони прољеће порасла је по линији тренда за 0,4 °C по деценији, а у сезони зима 0,4–0,5 °C по деценији, једино је у Бањалуци тај пораст био нешто виши – 0,52 °C по деценији и 0,67 °C по деценији. Пораст средње максималне температуре ваздуха у вегетационом периоду на већини станица износио је 0,4 °C по деценији. Највећи пораст забиљежен је у Бањалуци (0,58 °C по деценији) и Сарајеву (0,51 °C по деценији), а најмањи у Херцеговини – у Билећи (0,34 °C по деценији) и Мостару (0,44 °C по деценији).

Компаративна анализа показује да је у периоду 1981–2010. године средња максимална температура ваздуха у сезони љето на свим станицама била значајно ($p < 0,01$) виша у односу на референтни период. Наведени пораст износио је високих 1,3–1,5 °C (једино у Билећи 1,1 °C). Осим у сезони љето, знатан пораст средње максималне температуре ваздуха забиљежен је и у сезонама прољеће и зима. У сезони прољеће значајна разлика у односу на референтни период утврђена је у Санском Мосту ($p < 0,01$), Бањалуци и Бијељини, те у Херцеговини ($p < 0,05$) (пораст у Приједору и Сарајеву налази се на прагу значајности). У сезони зима статистички значајна разлика утврђена је једино у Бањалуци ($p < 0,05$). Средња максимална температура у сезони прољеће порасла је од 0,7–0,8 °C у Херцеговини и Сарајеву до 0,9–1,0 °C у сјеверном дијелу територије, а у сезони зима од 0,4–0,5 °C у Херцеговини, преко 0,7 °C у Сарајеву, до чак 1,0–1,3 °C на сјеверу (Сански Мост и Бањалука). Утврђени пораст средње максималне температуре ваздуха у сезони јесен од 0,2–0,4 °C (једино у Бањалуци 0,6 °C) није статистички значајан. На подручју Билеће регистровано је незнатно смањење температуре ваздуха у овој сезони у односу на референтни период (за 0,1 °C). Средња максимална температура у вегетационом периоду на цијелој територији значајно је виша ($p < 0,01$) у односу на референтни период. Просјечан пораст температуре износио је 1,0–1,1 °C (једино у Билећи 0,7 °C).

Табела IV – 16: Средње максималне сезонске температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °С)

М. с.		ЗИМА	ПРОЉЕЋЕ	ЉЕТО	ЈЕСЕН	ВЕГЕТАЦИОНИ ПЕРИОД
СМ	а	5,4	17,0	26,2	17,3	23,4
	б	6,4	18,0	27,5	17,6	24,5
	-	<i>1,0</i>	1,0	1,3	0,3	1,0
ПР	а	4,4	16,9	26,4	17,0	23,6
	б	5,5	17,8	27,7	17,2	24,6
	-	1,1	0,9	1,3	0,2	1,0
БЛ	а	5,1	17,1	26,3	17,0	23,6
	б	6,4	18,1	27,8	17,7	24,7
	-	<i>1,3</i>	<i>1,0</i>	1,5	0,6	1,1
БН	а	4,8	17,6	27,2	17,9	24,4
	б	5,9	18,5	28,6	18,3	25,5
	-	1,1	0,9	1,4	0,4	1,0
СА	а	4,1	15,3	24,7	16,1	21,9
	б	4,8	16,0	26,2	16,3	23,0
	-	0,7	0,8	1,5	0,2	1,1
БИ	а	8,5	16,6	27,2	19,2	24,0
	б	8,9	17,3	28,3	19,1	24,7
	-	0,4	<i>0,7</i>	1,1	-0,1	0,7
МО	а	9,6	19,2	29,9	20,8	26,6
	б	10,1	20,0	31,3	20,9	27,6
	-	0,5	<i>0,8</i>	1,4	0,2	1,0

Напомена: Статистички значајна разлика – болд $p < 0,01$, италики $p < 0,05$.

1.4.2. Средње минималне сезонске температуре ваздуха

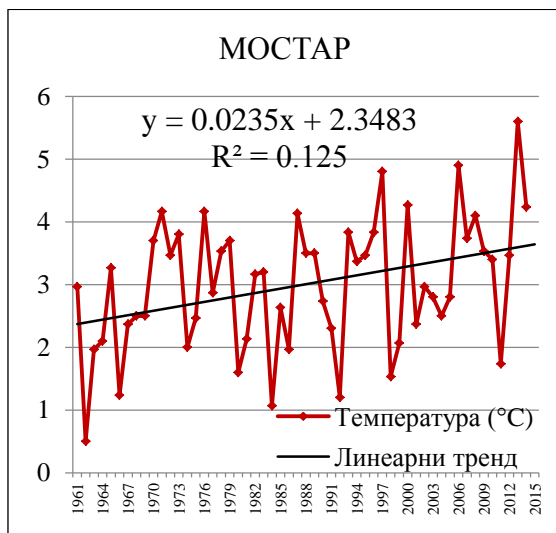
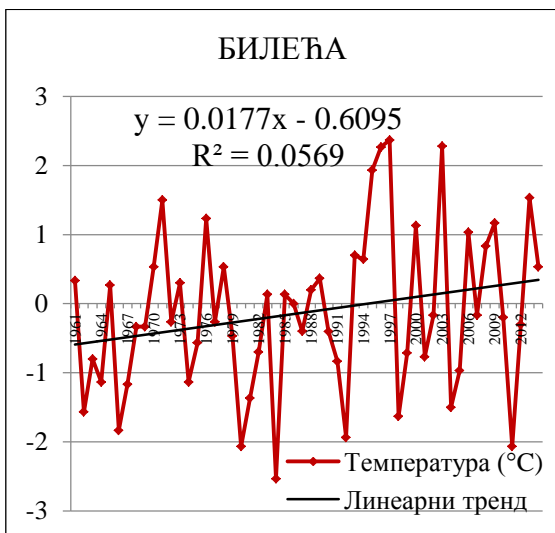
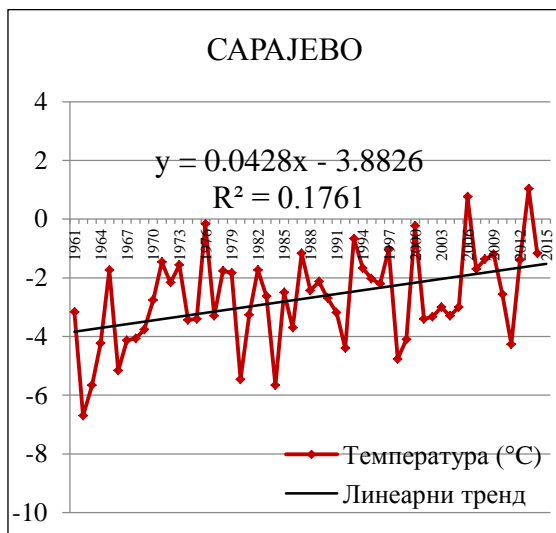
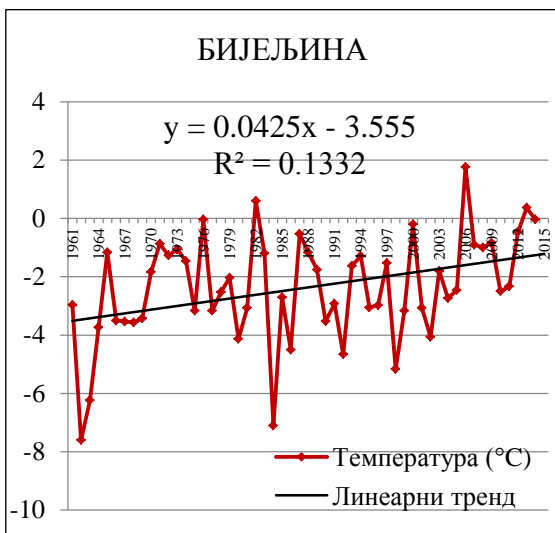
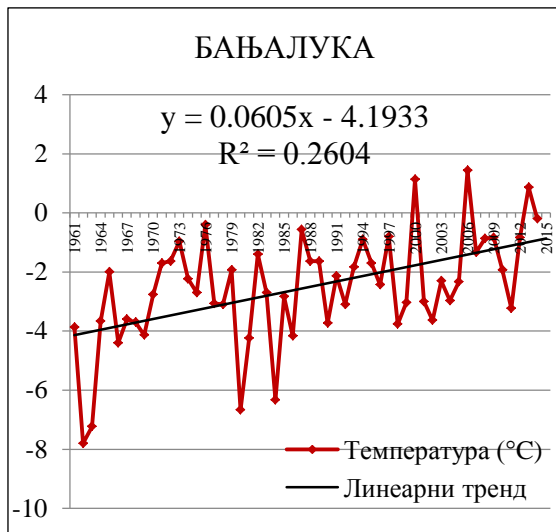
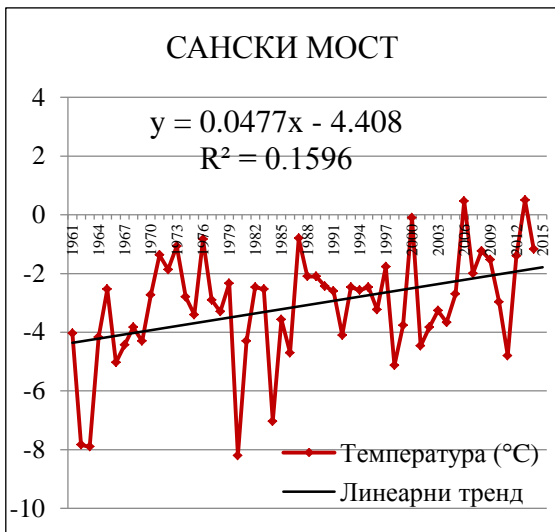
Средња сезонска минимална температура ваздуха, такође је најнижа у сезони зима, са просјечним вриједностима од $-3,1$ °С до $-2,4$ °С у сјеверном дијелу, $-2,7$ °С у региону Сарајева и од $-0,1$ °С до $3,0$ °С у Херцеговини. За разлику од средње максималне температуре ваздуха, сезона јесен топлија је од сезоне прољеће на цијелој истраживаној територији – на примјер, у Бањалуци $6,3$ °С и $5,4$ °С, а у Мостару $11,3$ °С и $9,1$ °С. Љето је најтоплија годишња сезона, са просјечном средњом минималном температуром од $14,0$ °С и $14,8$ °С у Бањалуци и Бијељини,

до 18,3 °C у Мостару. Просјечна средња минимална температура ваздуха у вегетационом периоду креће се од 10,3 °C и 11,9 °C у Санском Мосту и Бијељини до 15,3 °C у Мостару.

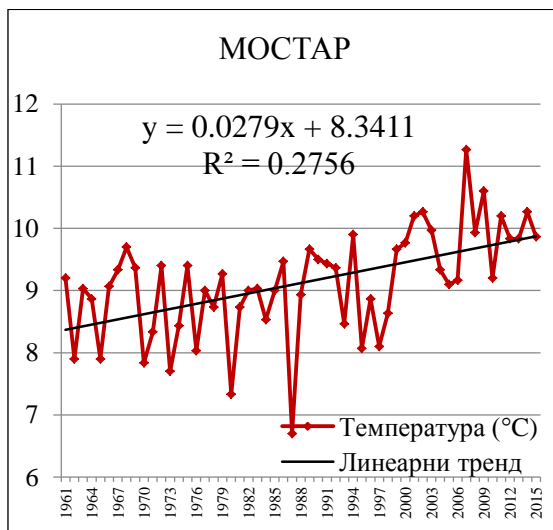
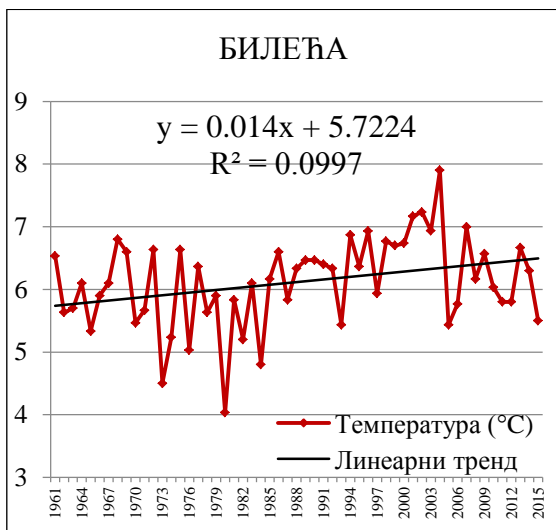
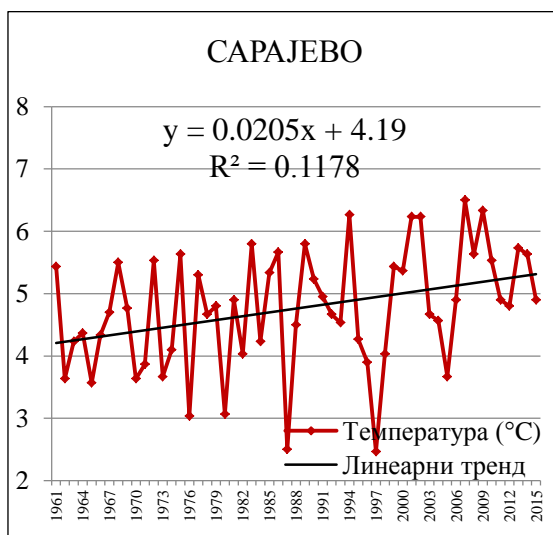
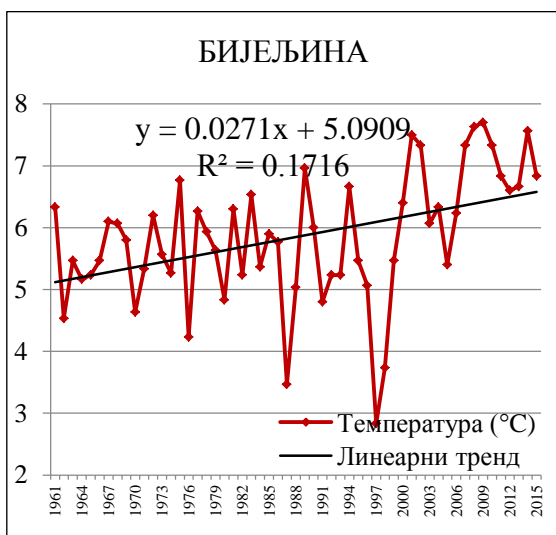
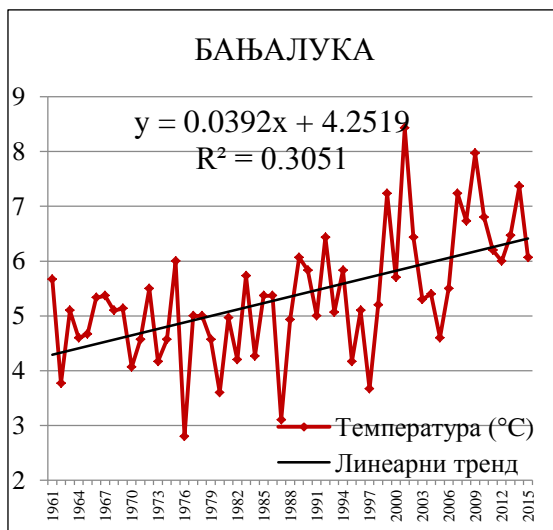
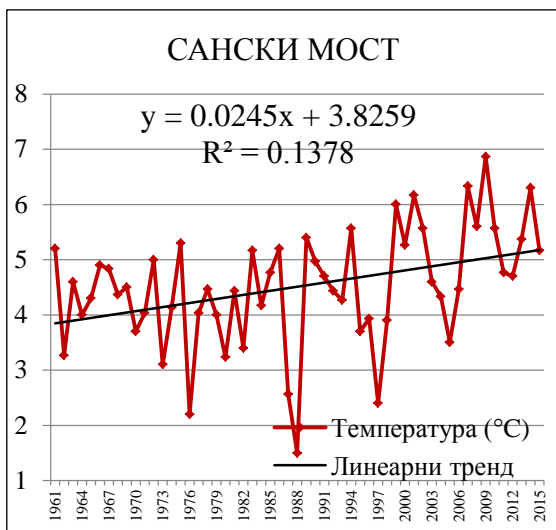
Табела IV – 17: Средње минималне сезонске температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)

М. с.	ЗИМА	ПРОЉЕЋЕ	ЉЕТО	ЈЕСЕН	ВЕГЕТАЦИОНИ ПЕРИОД
СМ	-3,1	4,5	12,9	6,0	10,3
ПР	-2,7	5,5	14,2	6,6	11,5
БЛ	-2,5	5,4	14,0	6,3	11,2
БН	-2,4	5,8	14,8	6,5	11,9
СА	-2,7	4,8	12,8	6,0	10,3
БИ	-0,1	6,1	14,5	7,6	11,8
МО	3,0	9,1	18,3	11,3	15,3

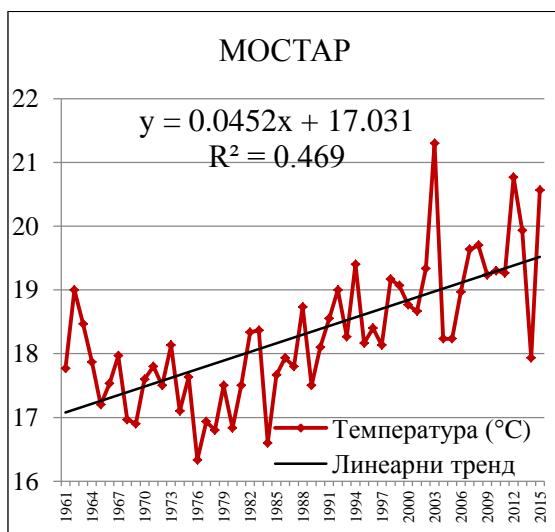
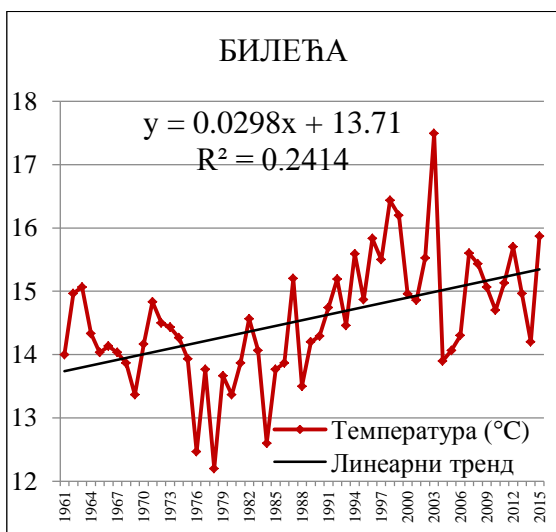
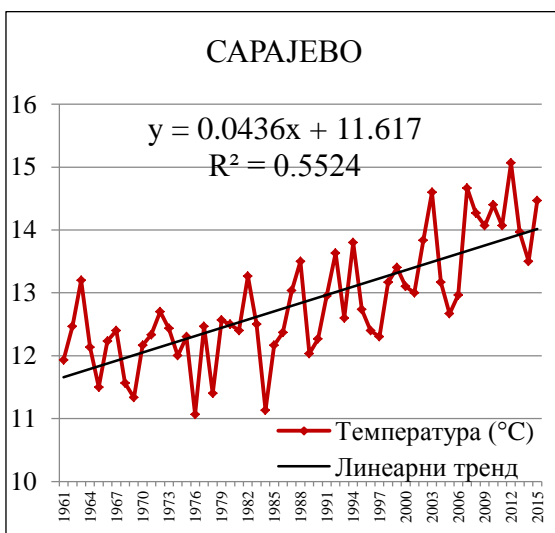
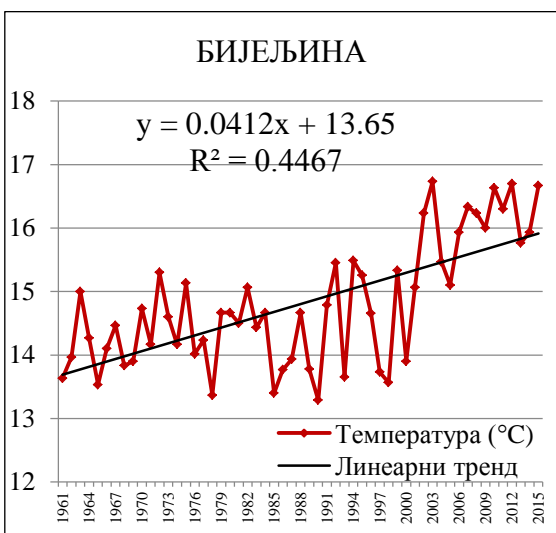
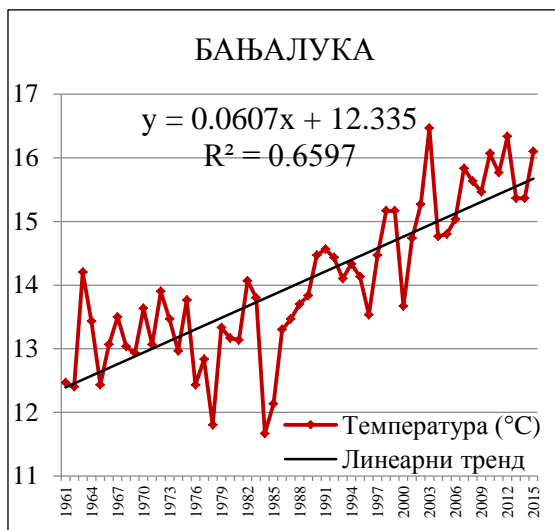
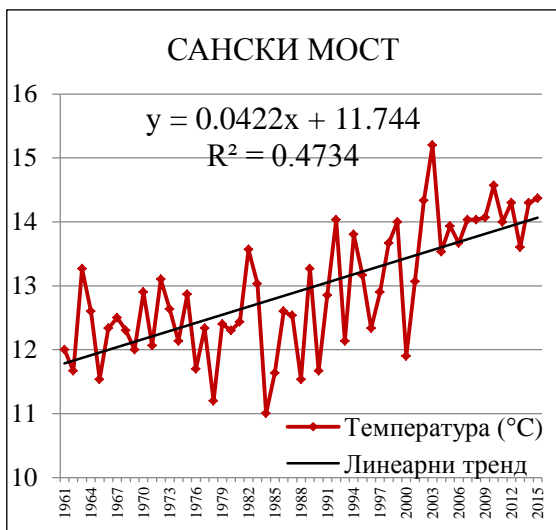
У анализираном периоду 1961–2015. године на свим истраживаним станицама забиљежен је позитиван тренд температуре ваздуха у свим годишњим сезонама, као и у вегетационом периоду. Међутим, средње минималне сезонске температуре ваздуха расле су по нешто нижим стопама од средњих максималних сезонских температура. Уочени позитиван тренд статистички је значајан на свим станицама у сезонама љето ($p < 0,01$) и прољеће ($p < 0,01$ или $p < 0,02$), док је у сезони зима тренд значајан ($p < 0,01$) на свим станицама осим у Билећи. У сезони јесен присутан је благи тренд пораста, који је значајан једино у Бањалуци ($p < 0,01$), Сарајеву ($p < 0,02$), Бијељини и Приједору ($p < 0,05$). Средња минимална температура ваздуха у сезонама љето и зима порасла је по линији тренда на већини станица за 0,4 °C по деценији. Највећи пораст забиљежен је у Бањалуци (0,6 °C по деценији у обје сезоне), а најмањи у Билећи (0,3 °C по деценији у сезони љето и 0,2 °C по деценији у сезони зима). У сезони прољеће средња минимална температура ваздуха порасла је по линији тренда од 0,1 °C по деценији у Билећи до 0,4 °C по деценији у Бањалуци. Пораст у сезони јесен кретао се од незнатних 0,01 °C по деценији у Билећи и 0,16 °C по деценији у Мостару до 0,24 °C по деценији у Сарајеву и 0,37 °C по деценији у Бањалуци.



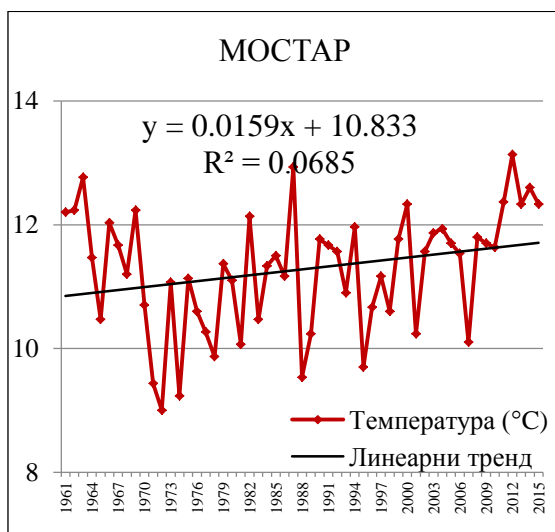
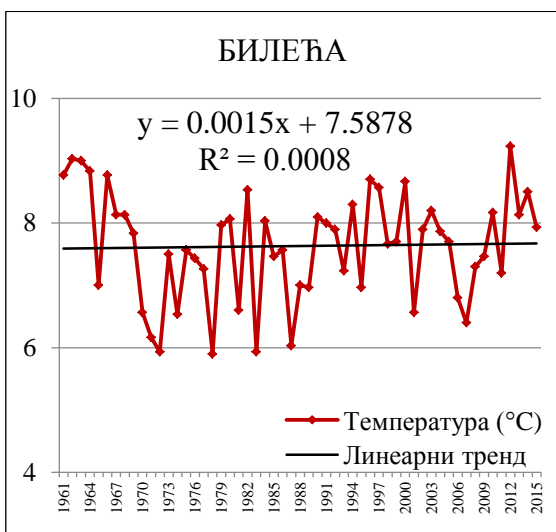
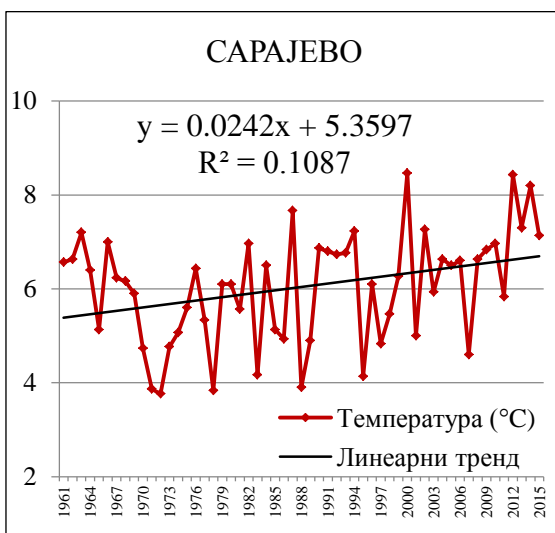
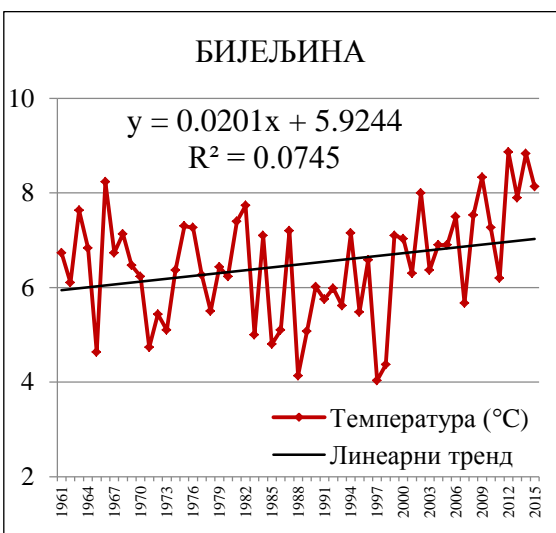
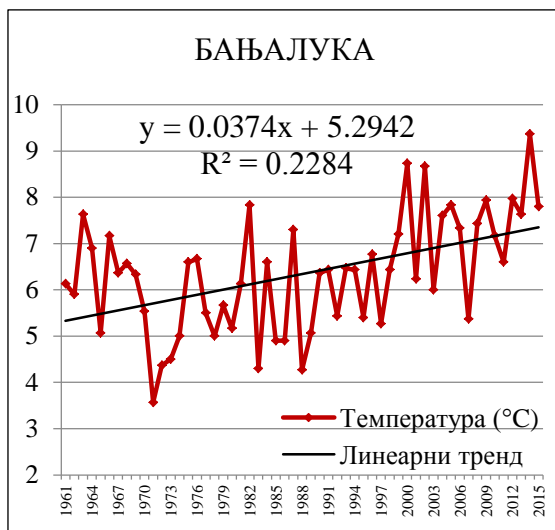
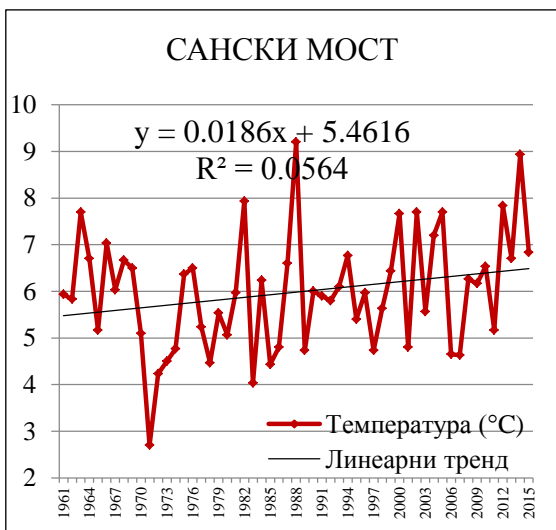
Графикон IV – 22: Тренд средње минималне температуре ваздуха у сезони зима у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



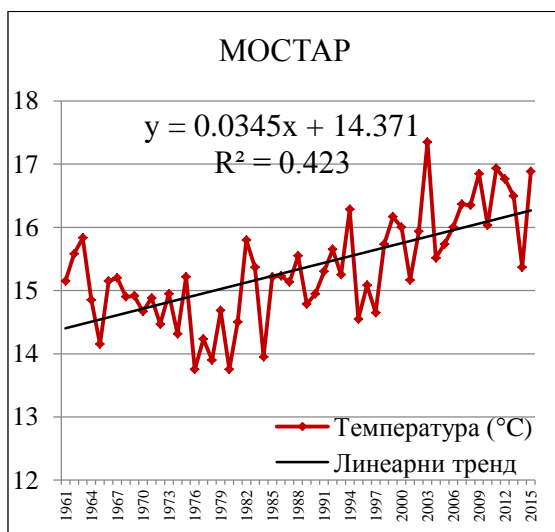
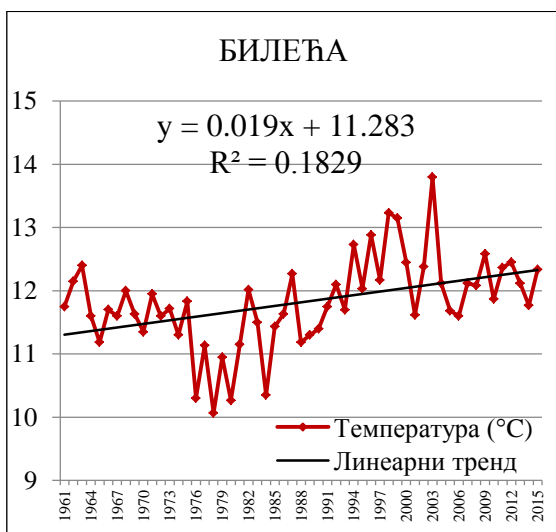
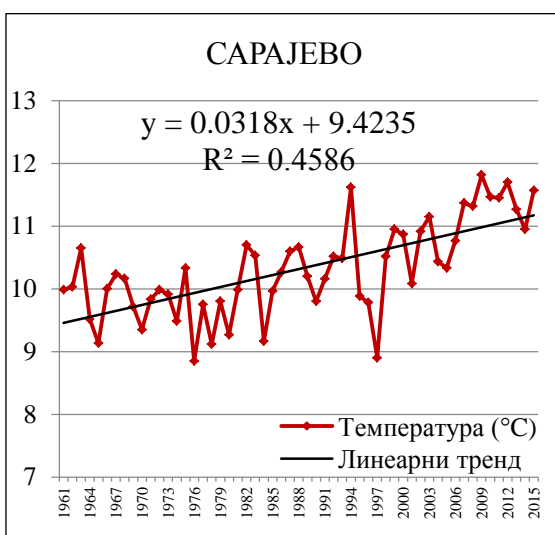
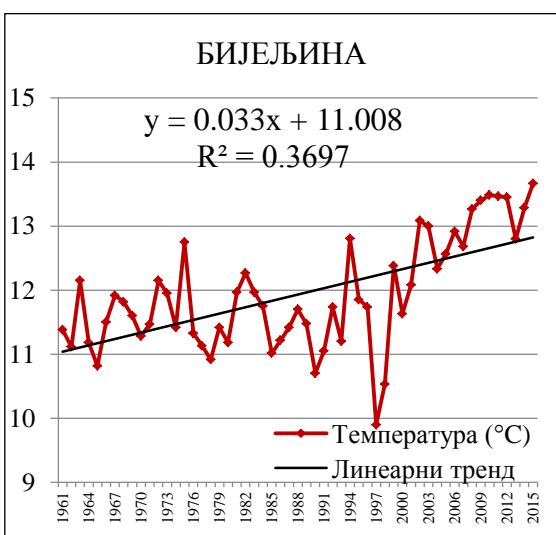
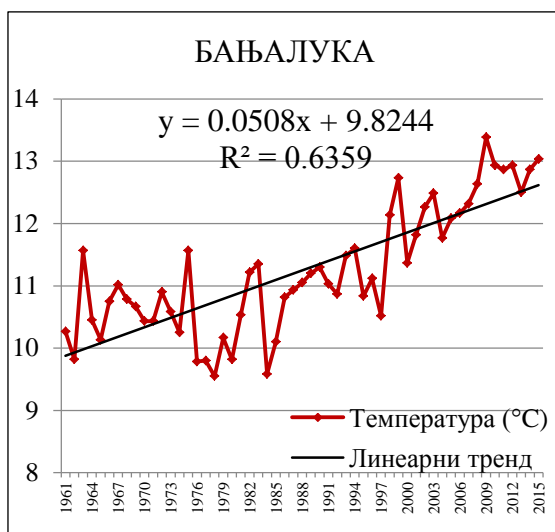
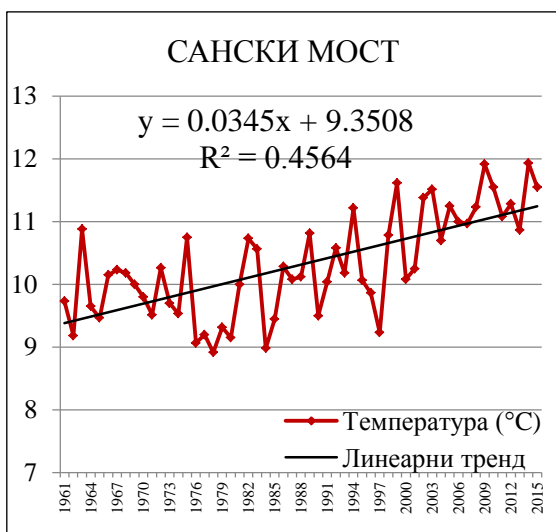
Графикон IV – 23: Тренд средње минималне температуре ваздуха у сезони прољеће у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 24: Тренд средње минималне температуре ваздуха у сезони љето у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 25: Тренд средње минималне температуре ваздуха у сезони јесен у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 26: Тренд средње минималне температуре ваздуха у вегетационом периоду у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Средња минимална температура ваздуха у вегетационом периоду порасла је по линији тренда нешто мање него средња максимална температура – просјечно за 0,3 °C по деценији. Као и у осталим сезонама, пораст је највећи у Бањалуци (0,5 °C по деценији), а најмањи у Билећи (0,2 °C по деценији).

Средња минимална температура ваздуха у сезони љето у периоду 1981–2010. године на свим станицама била је значајно ($p < 0,01$) виша од средње вриједности у референтном периоду. Пораст је у већем дијелу Републике Српске износио 0,7–0,8 °C, а у Приједору и Бањалуци 1,0–1,2 °C.

Табела IV – 18: Средње минималне сезонске температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °C)

М. с.		ЗИМА	ПРОЉЕЋЕ	ЉЕТО	ЈЕСЕН	ВЕГЕТАЦИОНИ ПЕРИОД
СМ	а	-3,6	4,2	12,3	5,7	9,8
	б	-2,8	4,6	13,1	6,1	10,5
	-	0,7	0,5	0,8	0,3	0,7
ПР	а	-3,0	5,2	13,6	6,3	11,1
	б	-2,4	5,7	14,7	6,7	11,9
	-	0,6	0,6	1,0	0,4	0,8
БЛ	а	-3,2	4,8	13,2	5,8	10,6
	б	-2,2	5,6	14,4	6,5	11,5
	-	<i>1,0</i>	0,8	1,2	<i>0,7</i>	1,0
БН	а	-2,7	5,6	14,2	6,2	11,5
	б	-2,3	5,9	14,9	6,3	12,0
	-	0,4	0,3	0,7	0,1	<i>0,4</i>
СА	а	-3,1	4,5	12,2	5,6	9,9
	б	-2,5	4,9	13,1	6,1	10,5
	-	0,7	0,4	0,8	0,4	0,6
БИ	а	-0,4	5,9	14,0	7,5	11,4
	б	0,0	6,3	14,8	7,5	12,0
	-	0,4	0,5	0,8	0,1	0,6
МО	а	2,8	8,7	17,6	11,0	14,8
	б	3,1	9,3	18,6	11,3	15,5
	-	0,3	<i>0,5</i>	1,0	0,2	0,7

Напомена: Статистички значајна разлика – болд $p < 0,01$, италики $p < 0,05$.

Значајна разлика у средњој минималној температури ваздуха у сезони прољеће утврђена је у Бањалуци ($p < 0,01$) и у Херцеговини (Билећа $p < 0,01$ и Мостар $p < 0,02$), док је у сезонама зима и јесен разлика значајна једино у Бањалуци ($p < 0,05$). Средња минимална температура ваздуха у сезони прољеће на сјеверу је била виша у односу на референтни период од $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Бијељини до $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Бањалуци, а у Херцеговини за $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. У сезони зима температура је порасла за $0,3\text{--}0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Херцеговини и на крајњем сјевероистоку, а на сјеверу од $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Приједору до $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Бањалуци.

Средње минималне температуре ваздуха у сезони јесен незнатно су порасле на већини станица (за $0,1\text{--}0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ у сјеверозападном дијелу, а на подручју Сарајева за $0,3\text{--}0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Знатнији пораст, који је и једини статистички значајан, присутан је једино у Бањалуци ($0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Средње минималне температуре ваздуха у вегетационом периоду најмање су порасле на сјевероистоку ($0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$), затим на подручју Сарајева и Херцеговине ($0,6\text{--}0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$), а највише на сјеверозападу (од $0,7\text{--}0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Санском Мосту и Приједору, до чак $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ у Бањалуци).

1.5. Апсолутно максималне и минималне температуре ваздуха

У оквиру анализе термичког режима неопходно је извршити и анализу екстремних температура ваздуха (најнижих и највиших температура измјерених на неком подручју), јер често управо оне онемогућавају раст и развој биљних врста на одређеном подручју или ограничавају њихово даље распрострањавање, а не средње вриједности температуре ваздуха.

Температурни екстреми, као што су топли таласи и хладни таласи, могу знатно утицати на биљни свијет, а првенствено на водни биланс у биљци, оштећење па чак и увенуће биљака, нарушавање њихових животних функција, раст и развој, приносе, али и ограничавање њиховог распрострањања (*Smoyer-Tomic, K. et al., 2003; Березина, Н. А. & Афанасьева, Н. Б., 2009*). Какве ће последице дјеловање екстремних врућина и хладноћа оставити на биљке зависи, од њиховог интензитета, дужине трајања, учесталости јављања, брзине промјенљивости

температуре, али и од особина самих биљака (*Березина, Н. А. & Афанасьева, Н. Б., 2009; Hamada, A. M., 2001*). За вријеме дугог периода еволуционог развоја биљке су се прилагодиле утицају различитих температура, па многи типови биљака имају израженију отпорност на дјеловање екстремних температура (*Березина, Н. А. & Афанасьева, Н. Б., 2009*). Ипак, приноси култура могу бити знатно смањени уколико се неповољне временске прилике, нарочито високе температуре и суфицит или дефицит падавина, јаве током критичне фазе развоја, као што су ране фазе развоја биљке или фаза размножавања.

Негативно дејство екстремно високих температура ваздуха на биљке огледа се у: успоравању процеса фотосинтезе, нарушавању структуре хлоропласта, појачавању дисања, успоравању процеса у ћелији, разградњи или успоравању рада ензима, дезинтеграцији мембране у ћелији, штетном дејству на генеративне органе биљака, изазивању топлотног удара итд. (*Крстић, Б. et al., 2008*). Штетно дјеловање екстремно високих температура много се мање осјећа у великим шумским еко-системима, гдје је клима влажнија, као и у довољно влажном земљишту, те земљишту заклоњеном од утицаја сувих вјетрова.

Екстремно ниске температуре ваздуха које доводе до смрзавања биљака, такође, представљају велики еколошки стрес и могу бити ограничавајући фактор њиховог распрострањења (*Pearce, R. S., 2001*). „Ниске температуре, прије свега, негативно утичу на основне физиолошке процесе у биљци (фотосинтезу, метаболизам, транспирацију, растење), најприје их успоравајући, а затим при даљем снижавању температуре и сасвим их прекидајући“ (*Јанковић, М. М., 1990*). Ниске температуре стварају стресне услове за биљке на два начина: дјеловањем самих ниских температура и дехидрацијом ћелија и ткива када се вода у ћелијама заледи (*Beck, E. H. et al., 2004; Алехин, В. В., 1944*). Колика ће се оштећења јавити на биљци услед дјеловања екстремно ниских температура, зависи од фазе развоја, трајања и интензитета ниских температура, брзине хлађења (и поновног загријавања) итд. (*Beck, E. H. et al., 2004*).

Апсолутно максимална температура ваздуха измјерена у периоду 1961–2015. године на истраживаним станицама износи 43,1 °С и измјерена је у Мостару у августу 2007. године. Готово једнака вриједност температуре забиљежена је и у Бијељини у јулу исте године (43,0 °С). Овако екстремно високе температуре измјерене су за вријеме изузетно снажног и дуготрајног топлог таласа који је у том периоду захватио Европу. Највиша температура ваздуха у Бањалуци (41,6 °С) измјерена је јулу 2013. године. Апсолутно максимална температура ваздуха у Сокоцу (36,1 °С) измјерена је у истом периоду.

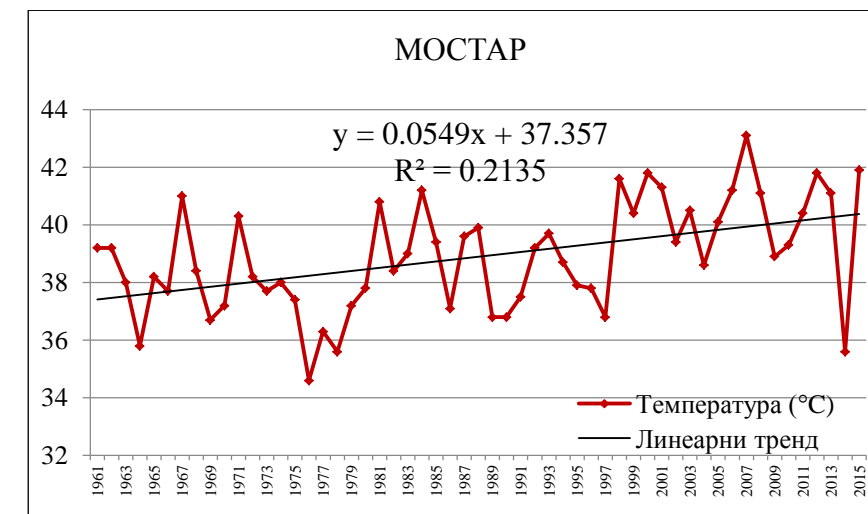
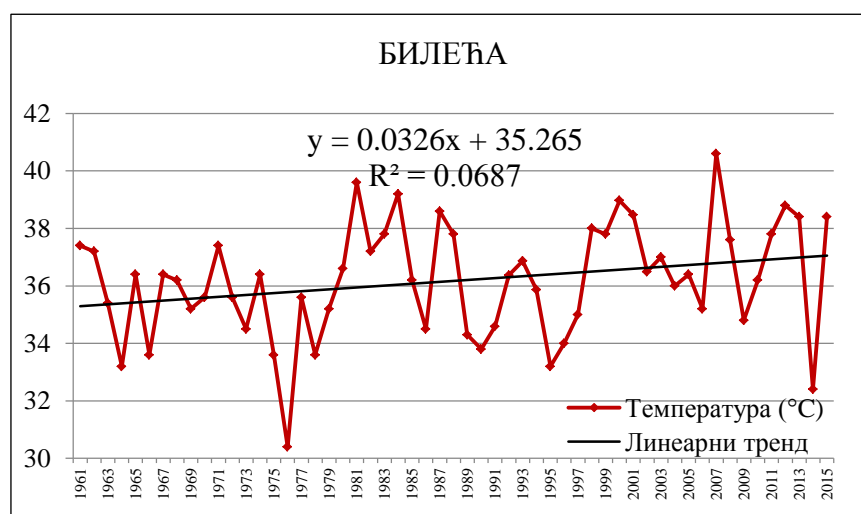
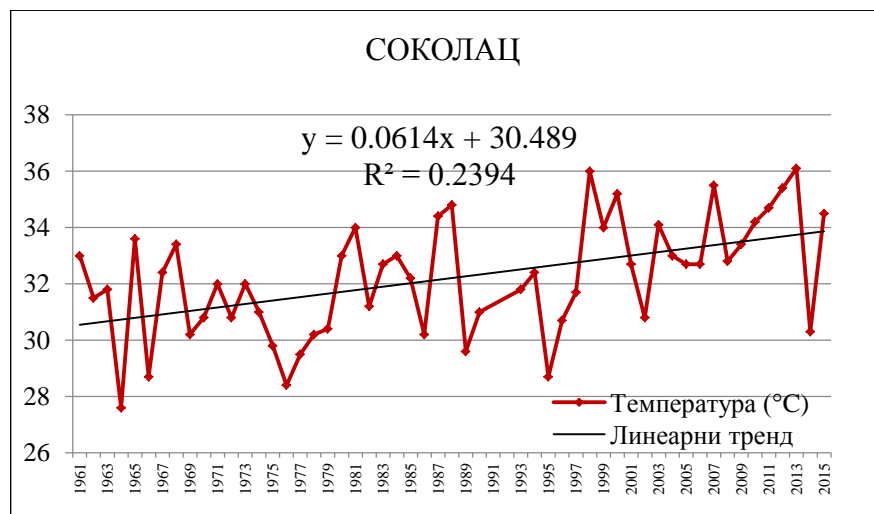
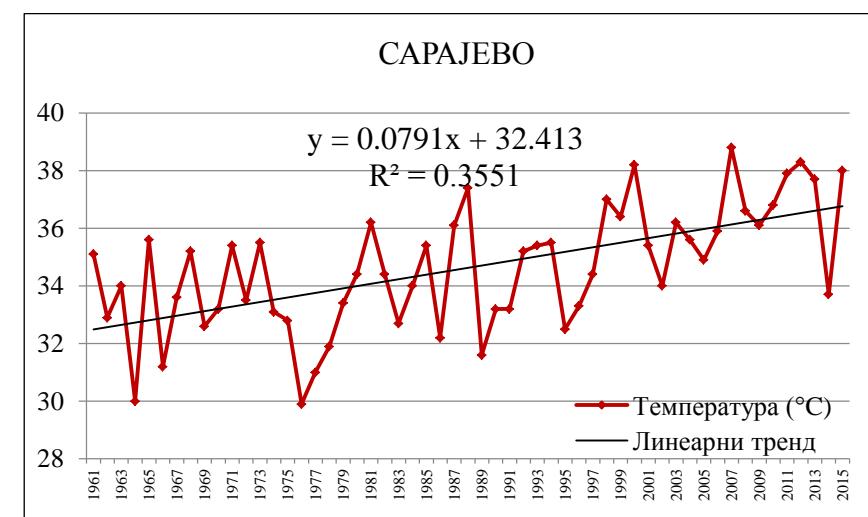
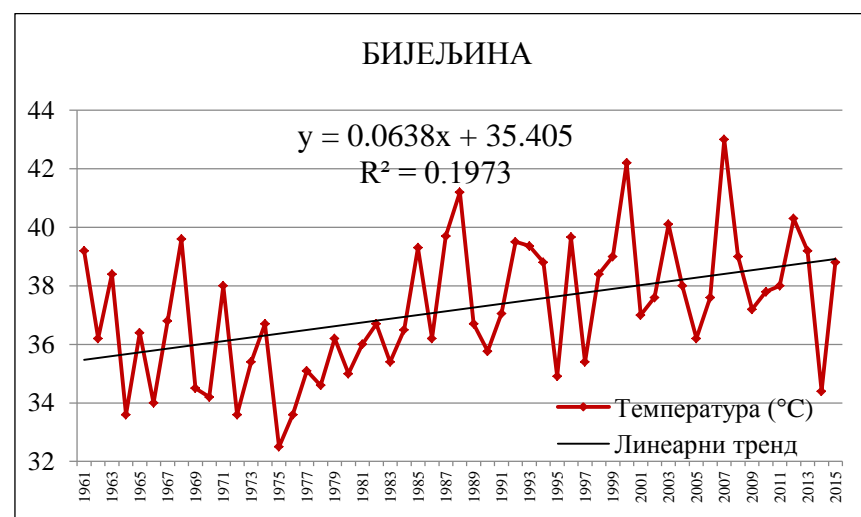
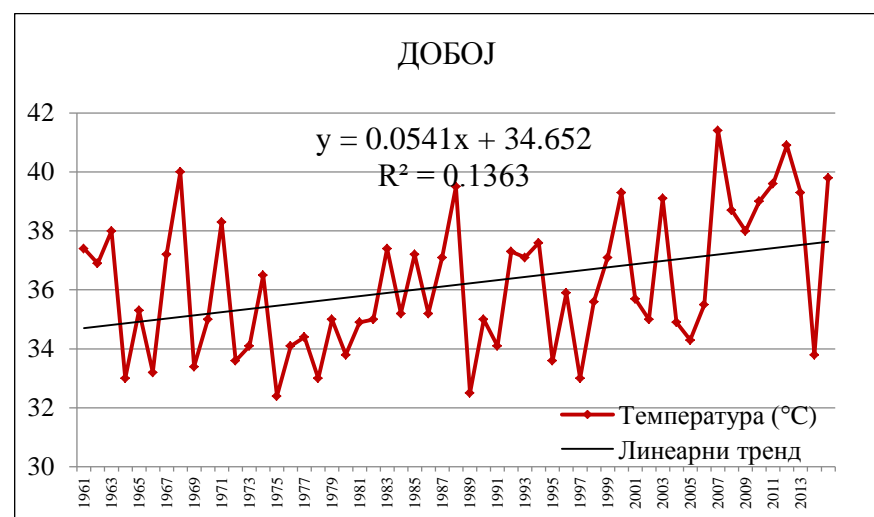
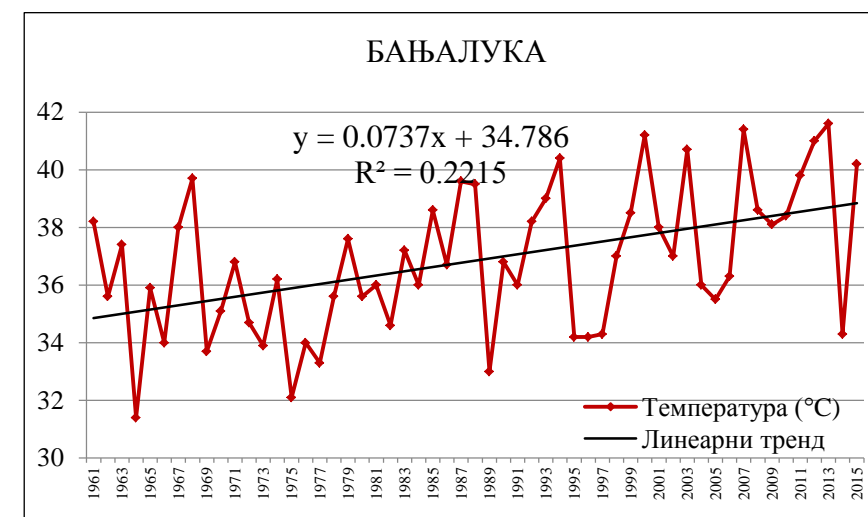
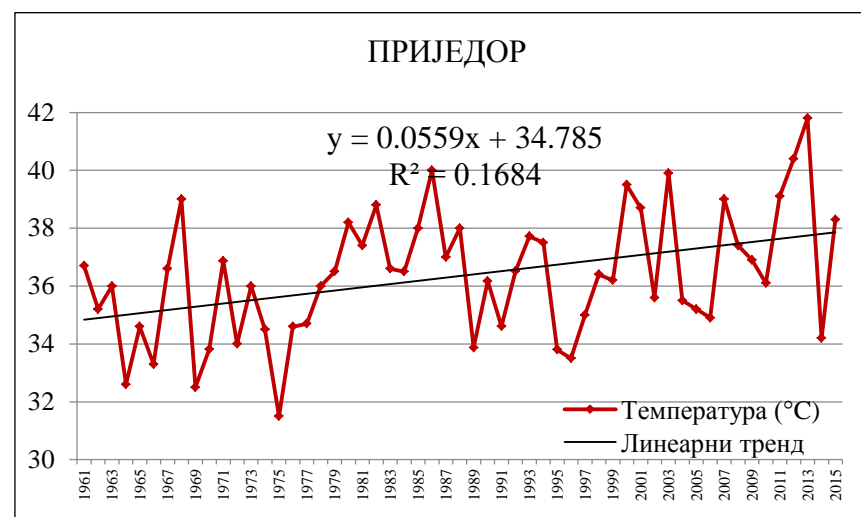
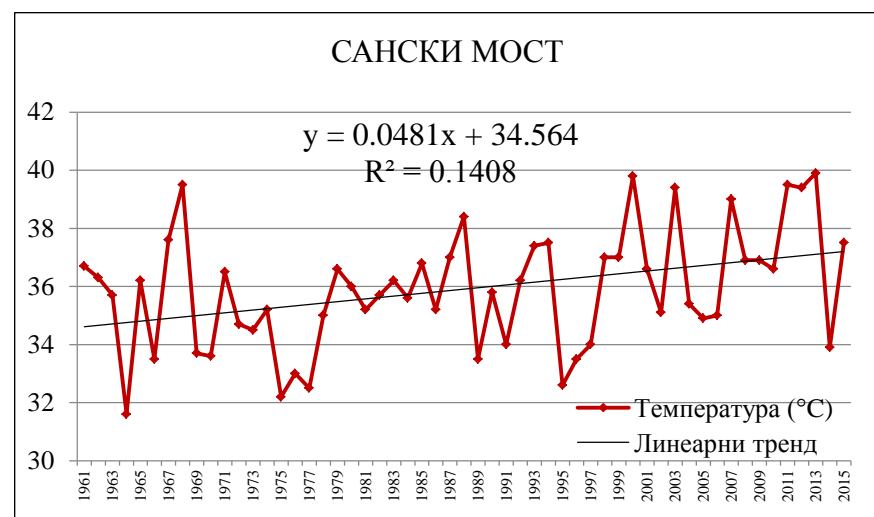
Апсолутно минимална температура ваздуха у наведеном периоду износи -34,6 °С, а измјерена је у Сокоцу 13. јануара 1985. године. У сјеверном дијелу Републике Српске, у подручјима до 200 m н. в., најниже температуре ваздуха измјерене су 23. и 24. јануара 1963. године – у Добоју -32,2 °С, Приједору -30,0 °С, Бијељини -28,2 °С, а у Бањалуци -26,4 °С. Наведени апсолутни минимуми температуре ваздуха забиљежени су при постојању веома израженог континенталног зимског циклona насталог послје продора хладних арктичких ваздушних маса са сјевероистока (*Дуцић, В. & Радовановић, М., 2005*). Такав развој временске ситуације условио је пад температуре ваздуха у овом подручју и испод -30 °С.

Апсолутно минималне температуре ваздуха измјерене на југу знатно су више – на примјер, -10,9 °С у Мостару (такође измјерена у јануару 1963. године) и -15,4 °С у Билећи (измјерена у јануару 1968. године).

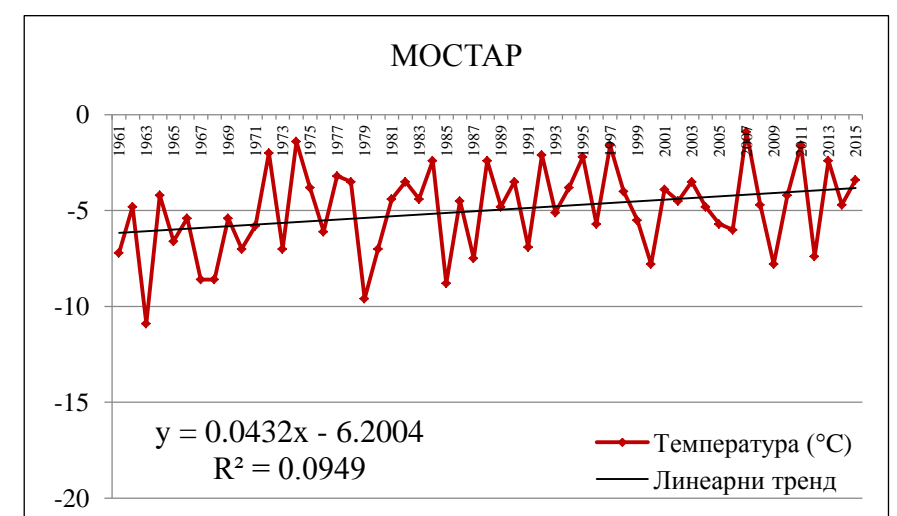
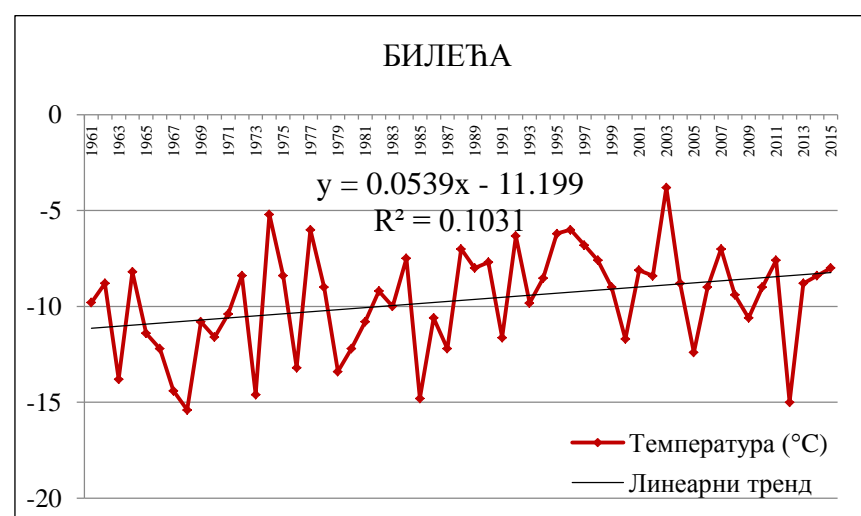
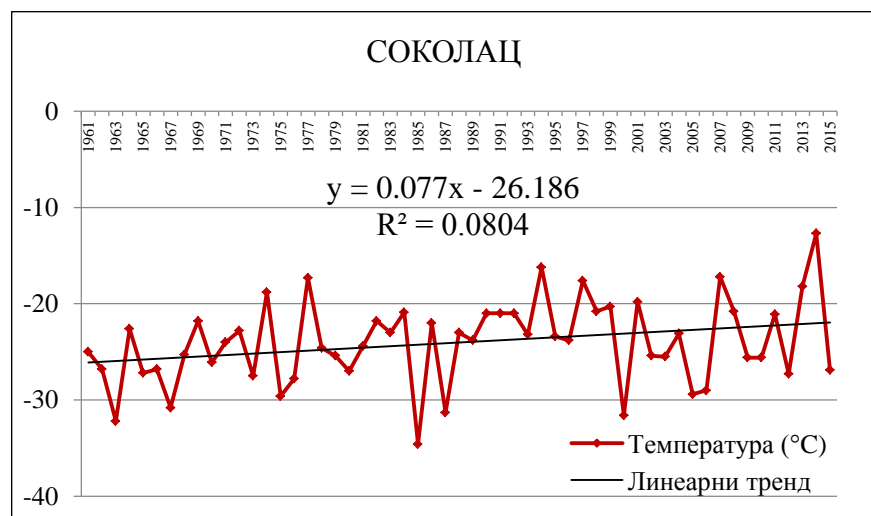
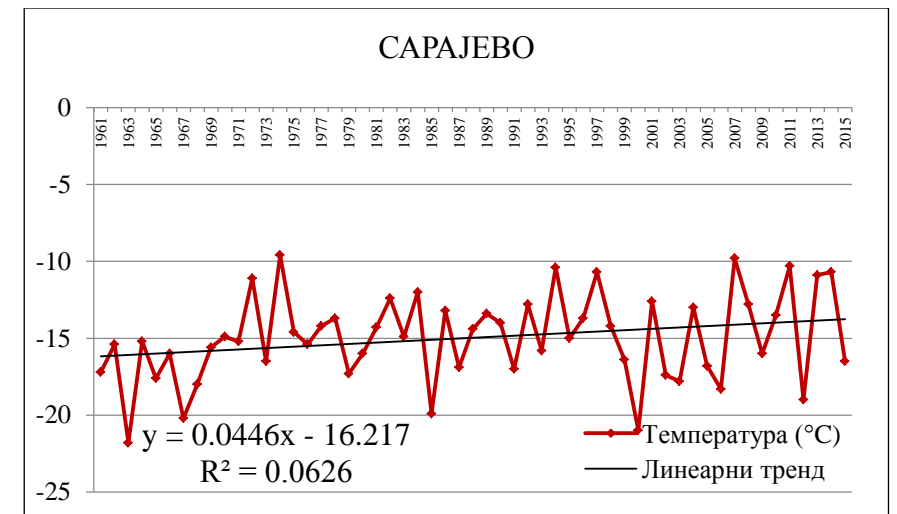
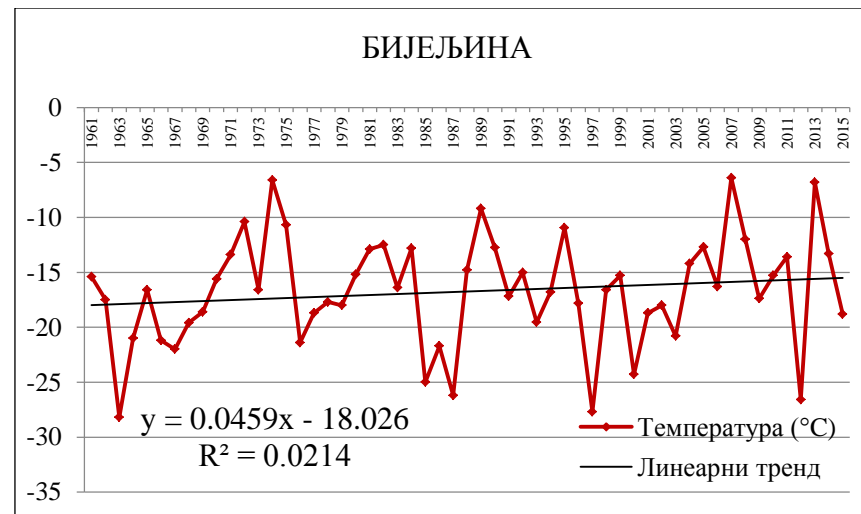
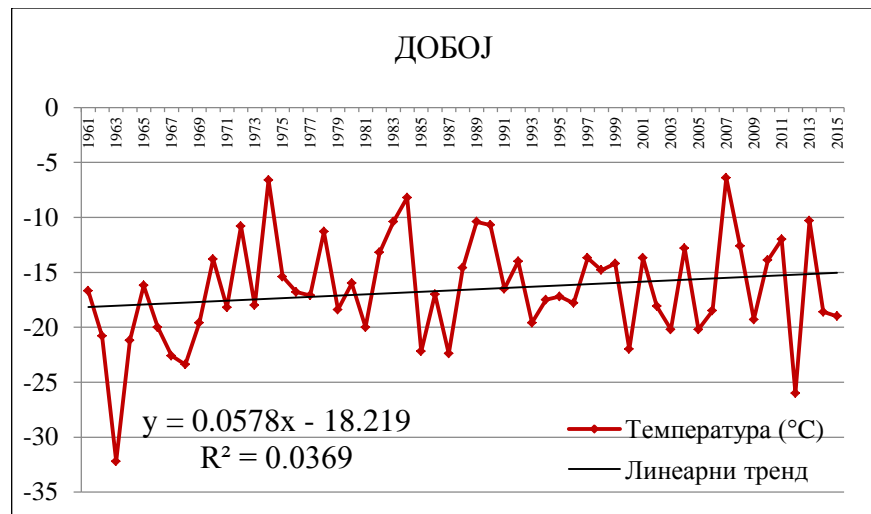
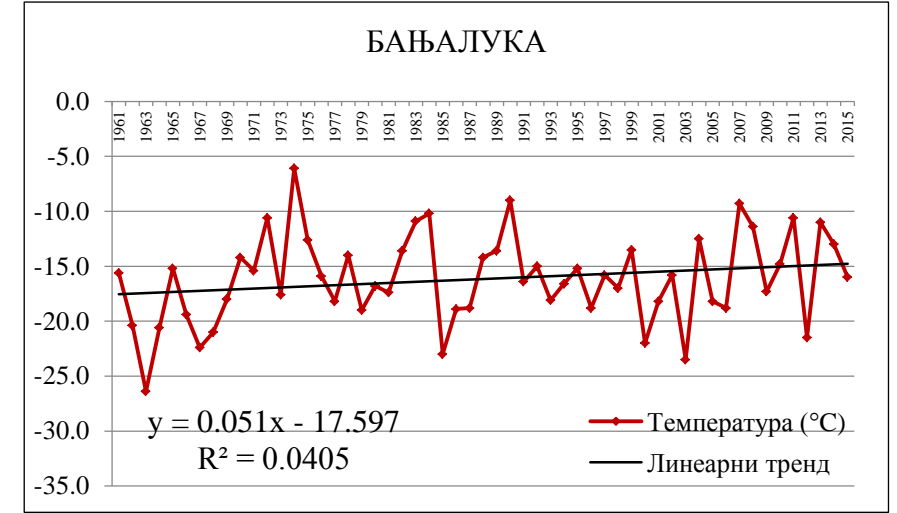
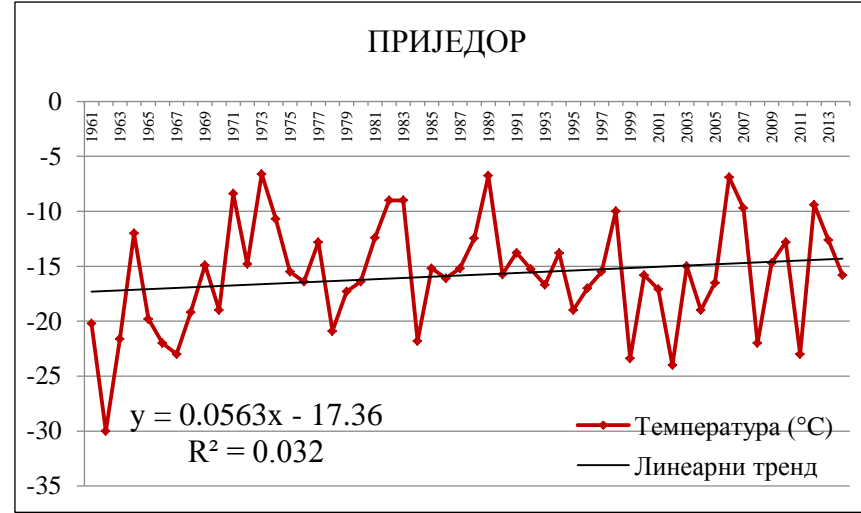
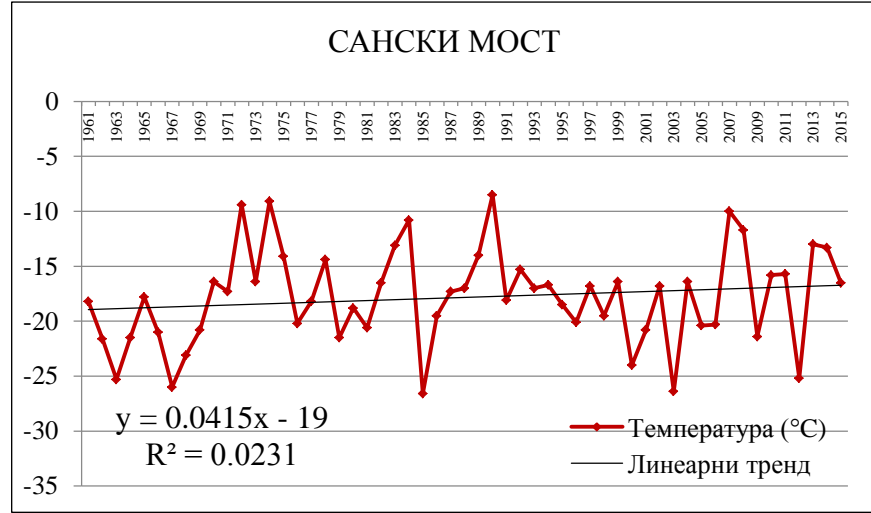
У другој половини XX и на почетку XXI вијека присутан је значајан позитиван тренд ($p < 0,01$) апсолутно максималних температура ваздуха у готово свим дијеловима Републике Српске (тренд је слабије изражен само у вишим подручјима Херцеговине, $p < 0,10$). Највећи пораст забиљежен је на подручју Сарајева (0,79 °С по деценији) и Бањалуке (0,73 °С по деценији). На већини осталих станица апсолутно максималне температуре ваздуха порасле су по линији тренда за 0,5 °С по деценији, осим у Билећи, гдје је тај пораст износио 0,3 °С по деценији.

Табела IV – 19: Апсолутно максималне и апсолутно минималне температуре
ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °С)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Г.
СМ	max	20,8	24,7	29,2	30,9	36,6	39,7	39,9	37,5	30,4	26,4	23,0	39,9
	min	-26,6	-25,2	-20,4	-6,3	-2,3	4,5	0,6	-1,7	-7,3	-17,8	-21,6	-26,6
ПР	max	21,0	24,4	28,1	31,7	35,0	39,4	41,8	37,5	30,8	25,8	22,1	41,8
	min	-30,0	-23,0	-18,6	-5,0	-0,3	5,9	5,0	0,1	-6,5	-14,5	-22,0	-30,0
БЛ	max	22,3	25,2	29,6	31,8	35,4	41,6	41,2	40,2	30,9	27,1	23,5	41,6
	min	-26,4	-21,5	-18,2	-5,9	-1,4	5,3	5,0	-1,4	-6,0	-14,3	-20,4	-26,4
ДБ	max	21,6	25,0	29,0	32,7	36,0	41,4	40,9	39,8	30,6	26,6	23,7	41,4
	min	-32,2	-26,0	-19,7	-4,7	-0,3	1,6	6,7	5,3	-8,4	-15,4	-20,8	-32,2
ТЗ	max	21,0	25,3	28,2	31,6	35,6	40,7	40,5	38,2	31,0	30,4	23,5	40,7
	min	-25,8	-22,0	-17,9	-6,6	-1,1	1,4	5,7	-1,4	-8,0	-16,0	-19,0	-25,8
БН	max	20,3	24,0	27,7	32,5	35,0	43,0	41,2	38,8	31,5	28,2	22,1	43,0
	min	-28,2	-26,6	-19,3	-4,9	0,2	2,4	7,3	-1,7	-7,5	-14,0	-18,7	-28,2
СА	max	18,2	21,4	26,6	29,8	33,2	38,2	38,8	38,0	30,4	24,0	18,0	38,8
	min	-21,8	-19,0	-16,8	-6,2	-0,9	0,8	4,8	-1,7	-7,4	-14,6	-16,5	-21,8
СО	max	16,9	19,7	24,4	27,9	30,6	36,1	36,0	34,5	28,3	25,4	22,4	36,1
	min	-34,6	-31,8	-26,0	-12,3	-4,3	-2,9	0,1	-7,6	-17,2	-29,6	-27,5	-34,6
БИ	max	17,0	22,9	25,7	29,0	33,2	39,2	40,6	37,7	29,8	24,0	20,0	40,6
	min	-15,4	-14,6	-11,3	-5,0	-0,6	4,2	7,5	5,4	-3,6	-12,8	-15,0	-15,4
МО	max	18,2	25,0	27,6	31,5	35,6	42,5	43,1	38,8	32,5	25,5	19,4	43,1
	min	-10,9	-8,6	-6,5	-1,2	4,0	8,0	8,4	10,2	6,4	-4,8	-7,8	-10,9



Графикон IV – 27: Тренд апсолутно максималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 28: Тренд апсолутно минималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Постоји статистички значајна разлика у апсолутно максималним температурама измјереним у периоду 1981–2010. године у односу на оне у референтном периоду ($p < 0,01$ или $p < 0,02$) на већини станица (осим у Билећи, Добоју, Санском Мосту и Приједору). Треба истакнути да су након 1990. године, када тренд загријавања постаје израженији и када екстремни временски и климатски догађаји постају чешћи и интензивнији, на свим станицама надмашене апсолутно максималне температуре ваздуха из референтног периода, али не и апсолутно минималне температуре ваздуха, што је у складу са уоченим трендом загријавања.

Компаративна анализа апсолутно максималних температура измјерених у периоду 1981–2010. године показује да су на готово свим станицама надмашени апсолутни максимуми из референтног периода (једино је у Приједору максимум надмашен тек 2013. године). Рекордне температуре ваздуха забиљежене су за вријеме изузетно јаког топлог таласа који је током сезоне љето (у јуну и јулу) 2007. године захватио средњу и југоисточну Европу. Осим у Приједору, нови максимуми из периода 1981–2010. године поново су надмашени у посљедњих пет година и у Бањалуци, Санском Мосту и Сокоцу – у јулу и августу 2013. године. У Бањалуци је апсолутни максимум у стандардном климатолошком периоду ($39,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ измјерен у јулу 1968. године) надмашен три пута у периоду 1981–2010. године: први пут у августу 1994. године ($40,4\text{ }^{\circ}\text{C}$), а затим у августу 2000. године ($41,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) и јулу 2007. године ($41,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Нови рекорд апсолутно максималне температуре ваздуха постављен је поново у јулу 2013. године ($41,6\text{ }^{\circ}\text{C}$).

С друге стране, не постоји статистички значајна разлика између апсолутно минималне температуре ваздуха у периоду 1981–2010. године у односу на оне у референтном периоду (разлика је значајна једино на подручју Билеће, $p < 0,02$). Апсолутно минималне температуре ваздуха измјерене у периоду 1981–2010. године више су него у референтном периоду, што је у складу са уоченим трендом пораста температуре ваздуха, али тренд њиховог пораста у већем дијелу Републике Српске још није статистички значајан. Уочени позитивни тренд значајан је једино у Сокоцу, највишој анализираној станици ($p < 0,05$), и у Херцеговини – у Билећи ($p < 0,02$) и Мостару ($p < 0,05$). На већини станица апсолутно минималне температуре ваздуха порасле су по линији тренда за $0,4\text{--}0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији, а у Сокоцу за чак $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ по деценији.

Табела IV – 20: Апсолутно максималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °С)

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	20,8	23,8	28,2	30,6	36,0	35,7	39,5	38,3	35,8	30,4	25,4	23,0	39,5
	б	20,8	24,7	29,2	29,2	34,5	36,6	39,4	39,8	36,9	30,4	25,4	23,0	39,8
	-	0,0	0,9	1,0	-1,4	-1,5	0,9	-0,1	1,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,3
ПР	а	18,6	22,7	28,1	31,0	33,6	38,8	39,0	40,0	37,0	30,8	25,4	21,7	40,0
	б	21,0	24,4	28,0	30,0	35,0	38,8	39,2	40,0	37,4	30,8	24,2	22,1	40,0
	-	2,4	1,7	-0,1	-1,0	1,4	0,0	0,2	0,0	0,4	0,0	-1,2	0,4	0,0
БЛ	а	21,1	22,8	29,6	29,2	35,4	35,2	39,7	39,5	37,0	30,0	26,4	23,5	39,7
	б	22,3	25,2	28,3	29,3	35,4	37,9	41,4	41,2	38,3	30,9	26,7	23,5	41,4
	-	1,2	2,4	-1,3	0,1	0,0	2,7	1,7	1,7	1,3	0,9	0,3	0,0	1,7
ДБ	а	19,6	22,5	29,0	30,0	36,0	35,6	40,0	39,5	35,0	30,6	25,8	23,5	40,0
	б	21,6	25,0	28,8	31,7	34,7	37,6	41,4	39,5	38,0	30,6	26,6	23,7	41,4
	-	2,0	2,5	-0,2	1,7	-1,3	2,0	1,4	0,0	3,0	0,0	0,8	0,2	1,4
ТЗ	а	18,8	22,8	27,8	30,0	35,6	34,6	39,5	39,0	34,7	28,8	25,6	23,5	39,5
	б	21,0	25,3	28,2	31,6	34,2	37,2	40,7	39,5	37,0	29,8	30,4	23,5	40,7
	-	2,2	2,5	0,4	1,6	-1,4	2,6	1,2	0,5	2,3	1,0	4,8	0,0	1,2
БН	а	19,0	23,2	27,4	30,4	34,5	37,2	41,2	41,2	36,2	30,4	26,0	19,8	41,2
	б	20,3	24,0	27,7	32,5	35,0	37,6	43,0	41,2	37,8	31,5	28,2	22,1	43,0
	-	1,3	0,8	0,3	2,1	0,5	0,4	1,8	0,0	1,6	1,1	2,2	2,3	1,8
СА	а	15,4	20,2	25,8	28,8	31,5	33,6	37,4	36,2	35,0	30,2	22,7	18,0	37,4
	б	18,2	21,4	26,6	29,8	33,2	35,9	38,2	38,8	35,0	30,4	24,0	18,0	38,8
	-	2,8	1,2	0,8	1,0	1,7	2,3	0,8	2,6	0,0	0,2	1,3	0,0	1,4
СО	а	13,2	17,3	22,4	26,0	30,1	31,2	34,8	34,0	32,6	26,4	21,6	22,4	34,8
	б	16,9	19,7	24,4	27,9	30,6	33,2	35,3	36,0	32,6	26,4	25,4	22,4	36,0
	-	3,7	2,4	2,0	1,9	0,5	2,0	0,5	2,0	0,0	0,0	3,8	0,0	1,2
БИ	а	16,6	22,9	25,7	27,4	33,2	37,2	39,2	39,6	37,7	29,8	24,0	20,0	39,6
	б	17,0	22,9	25,7	27,7	31,2	37,4	39,2	40,6	37,7	29,8	23,6	19,0	40,6
	-	0,4	0,0	0,0	0,3	-2,0	0,2	0,0	1,0	0,0	0,0	-0,4	-1,0	1,0
МО	а	18,2	25,0	27,6	30,8	34,8	38,4	41,2	40,8	38,8	32,5	23,8	19,3	41,2
	б	18,2	25,0	27,6	30,4	35,6	41,2	42,5	43,1	38,8	32,5	25,5	19,4	43,1
	-	0,0	0,0	0,0	-0,4	0,8	2,8	1,3	2,3	0,0	0,0	1,7	0,1	1,9

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – болд $p < 0,01$, италик $p < 0,05$.

Табела IV – 21: Абсолютно минималне температуре ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °С)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	-26,6	-23,0	-16,8	-4,8	-2,3	1,0	5,6	0,6	-1,7	-7,3	-17,8	-26,6
	б	-26,6	-23,0	-20,4	-6,3	-1,1	0,5	4,5	0,6	0,8	-6,8	-13,0	-26,6
	-	0,0	0,0	-3,6	-1,5	1,2	-0,5	-1,1	0,0	2,5	0,5	4,8	0,0
ПР	а	-30,0	-22,5	-14,0	-4,5	0,1	1,5	5,9	5,0	0,1	-6,5	-14,5	-30,0
	б	-24,0	-19,0	-18,6	-5,0	-0,3	2,7	7,0	5,2	2,1	-6,2	-14,2	-24,0
	-	6,0	3,5	-4,6	-0,5	-0,4	1,2	1,1	0,2	2,0	0,3	0,3	6,0
БЛ	а	-26,4	-20,8	-16,6	-3,4	-1,4	0,9	5,3	5,0	-1,4	-5,8	-14,3	-26,4
	б	-23,5	-20,8	-18,2	-5,9	-0,4	3,0	5,3	5,2	1,0	-6,0	-11,3	-23,5
	-	2,9	0,0	-1,6	-2,5	1,0	2,1	0,0	0,2	2,4	-0,2	3,0	2,9
ДБ	а	-32,2	-19,6	-18,2	-2,8	-0,3	1,6	6,7	5,3	-0,2	-8,4	-15,4	-32,2
	б	-22,4	-19,2	-19,7	-4,7	0,0	4,2	6,9	6,4	2,5	-8,4	-10,7	-22,4
	-	9,8	0,4	-1,5	-1,9	0,3	2,6	0,2	1,1	2,7	0,0	4,7	9,8
ТЗ	а	-25,8	-20,0	-15,8	-4,0	-0,9	1,4	5,7	4,0	-1,4	-5,2	-16,0	-25,8
	б	-20,8	-20,0	-17,9	-6,6	-1,1	3,4	6,0	4,0	0,7	-8,0	-11,6	-20,8
	-	5,0	0,0	-2,1	-2,6	-0,2	2,0	0,3	0,0	2,1	-2,8	4,4	5,0
БН	а	-28,2	-21,7	-16,8	-4,5	0,2	2,4	7,3	5,8	-1,7	-7,0	-14,0	-28,2
	б	-26,2	-21,7	-19,3	-4,9	0,6	3,5	7,4	4,5	0,5	-7,5	-11,7	-27,7
	-	2,0	0,0	-2,5	-0,4	0,4	1,1	0,1	-1,3	2,2	-0,5	2,3	0,5
СА	а	-21,8	-18,4	-15,1	-5,0	-0,9	2,6	4,8	1,2	-1,7	-6,1	-14,6	-21,8
	б	-21,0	-18,4	-16,8	-6,2	0,5	0,8	5,4	4,5	1,8	-7,4	-13,4	-21,0
	-	0,8	0,0	-1,7	-1,2	1,4	-1,8	0,6	3,3	3,5	-1,3	1,2	0,8
СО	а	-34,6	-31,8	-24,2	-12,0	-4,2	-2,2	0,1	-3,0	-7,6	-10,2	-29,6	-34,6
	б	-34,6	-31,8	-26,0	-12,3	-3,4	-2,9	0,7	-3,0	-4,0	-17,2	-23,6	-34,6
	-	0,0	0,0	-1,8	-0,3	0,8	-0,7	0,6	0,0	3,6	-7,0	6,0	0,0
БИ	а	-15,4	-12,0	-11,3	-5,0	-0,6	4,6	7,6	5,4	1,6	-3,6	-12,8	-15,4
	б	-14,8	-12,4	-11,3	-5,0	1,6	4,2	7,5	8,0	3,6	-2,4	-8,8	-14,8
	-	0,6	-0,4	0,0	0,0	2,2	-0,4	-0,1	2,6	2,0	1,2	4,0	0,6
МО	а	-10,9	-8,6	-6,5	0,4	4,0	8,2	8,4	10,2	6,4	-0,1	-4,8	-10,9
	б	-8,8	-8,6	-6,5	-1,2	4,7	8,0	11,1	10,7	7,4	2,4	-2,8	-8,8
	-	2,1	0,0	0,0	-1,6	0,7	-0,2	2,7	0,5	1,0	2,5	2,0	2,1

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – болд $p < 0,01$, италик $p < 0,05$.

1.6. Суме активних температура

Као што је већ истакнуто, биљке не започињу развој (као ни касније фазе) при истим температурама. Температурна сума неопходна за одвијање животних процеса биљака, као што су ницање, листање, цвјетање, доношење плода итд., зависи од особина саме биљке и њених потреба за одређеном сумом температура да би се нашла у појединој фази развоја (*Оторенец, С., 1991*).

Под температурним сумама подразумијевају се суме средњих дневних температура ваздуха у вегетационом периоду одређене врсте (*Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004*).

На основу утврђених сума активних температура на неком подручју можемо процјењивати могућности развоја појединих биљних врста у тој области – на примјер, биолошка сума температура неопходна за узгој дувана износи 3.200–3.600°C, кукуруза 2.400–3.000°C, пшенице 1.900–2.300°C, кромпира 1.300–3.000°C, јечма 1.600–2.100°C итд. (*Милосављевић, М., 1976*).

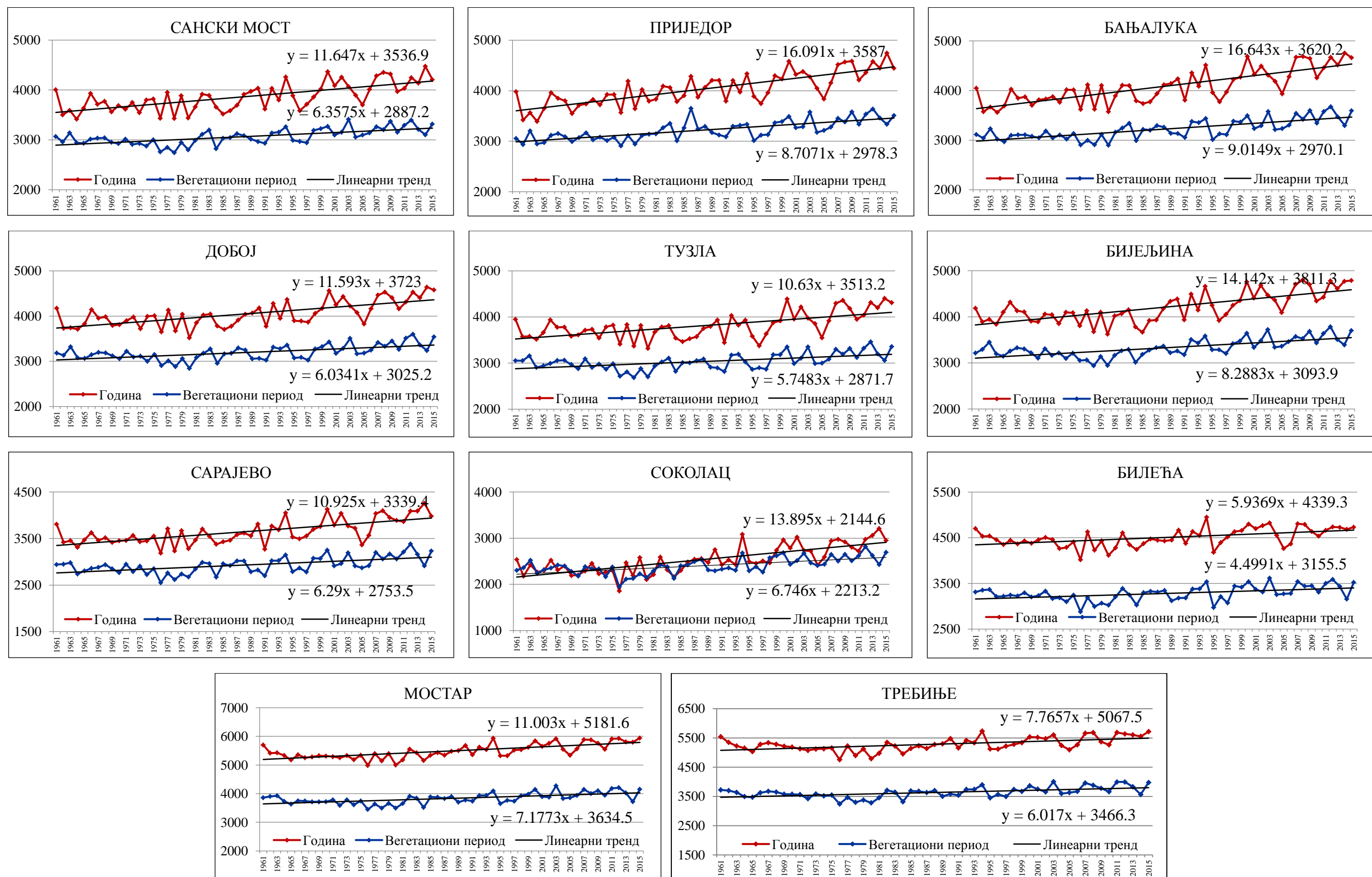
У сјеверном низијском подручју Републике Српске годишња сума активних температура расте од 4.037 °C на западу (Приједор) до 4.207 °C на истоку (Бијељина). Према планинској области сума температура опада (на примјер, у Сокоцу износи 2.534 °C). Од планинских подручја високе Херцеговине сума активних температура према југу поново расте – од 4.505 °C у Билећи до 5.490 °C у Мостару. Сличан режим показује сума активних температура у вегетационом периоду.

У сјеверном дијелу територије сума активних температура у вегетационом периоду креће се у интервалу од 3.222 °C у Приједору и Бањалуци до 3.326 °C у Бијељини. Сума активних температура у вегетационом периоду у Сокоцу (2.402 °C) само је нешто нижа од годишње суме. И у вегетационом периоду суме активних температура највише су на југу, а нарочито у нижим подручјима Херцеговине (на примјер, у Мостару 3.835 °C).

Табела IV – 22: Средње суме активних температура у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у °C)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	вег. п.	г.
СМ	-2,4	51,8	190,8	321,0	472,4	561,6	632,2	611,2	466,8	337,6	181,6	38,3	3065,2	3863,1
ПР	-8,2	57,1	201,4	341,0	497,2	588,0	660,7	643,9	491,3	351,8	176,8	36,5	3222,1	4037,5
БЛ	7,5	62,6	206,0	338,6	499,8	589,6	663,2	642,4	488,9	348,8	190,4	48,5	3222,5	4086,2
ДБ	2,9	63,5	204,0	340,6	495,4	580,9	651,9	636,5	488,9	350,9	187,3	44,7	3194,2	4047,5
ТЗ	-4,8	51,1	185,5	320,1	468,3	548,3	621,0	611,2	463,7	335,6	177,5	33,2	3032,6	3810,8
БН	4,3	66,1	207,9	352,1	521,5	604,1	677,2	662,6	508,6	363,8	190,1	49,2	3326,0	4207,3
СА	-9,8	41,2	165,7	290,6	448,0	529,0	606,0	599,5	456,5	330,0	170,0	18,5	2929,6	3645,3
СО	-116,5	-55,4	59,8	200,5	362,2	448,7	518,1	504,7	367,9	236,3	78,6	-71,3	2402,1	2533,7
БИ	100,7	115,3	222,4	328,0	488,0	582,9	683,8	676,3	522,5	399,9	247,1	138,6	3281,5	4505,5
МО	164,6	188,4	309,8	410,4	574,5	672,2	786,9	777,9	613,6	481,4	311,8	198,3	3835,5	5489,7

У периоду 1961–2015. године утврђен је значајан ($p < 0,01$) позитиван тренд суме активних температура, како на годишњем нивоу тако и у вегетационом периоду, на цијелој територији Републике Српске. Наведени тренд може повољно утицати на биљне врсте, јер им омогућава више топлоте неопходне за оптимално одвијање низа процеса, све док степен загријавања не пређе критичне границе и постане преинтензиван. Највећи пораст суме активних температура (годишње и у вегетационом периоду) забиљежен је у сјеверном дијелу Републике Српске.



Графикон IV – 29: Тренд средње годишње суме активних температура и средње суме активних температура у вегетационом периоду у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

У Бањалуци су суме активних температура порасле по линији тренда за 166,4 °С по деценији и 90,1 °С по деценији, у Приједору за 160,9 °С по деценији и 87,1 °С по деценији, а у Бијељини за 141,4 °С по деценији и 82,9 °С по деценији.

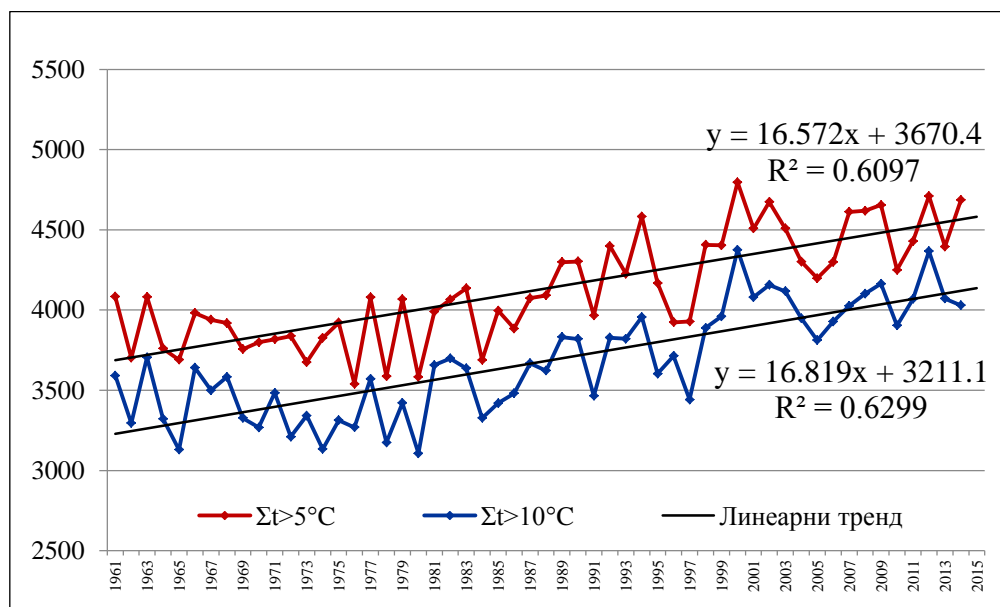
Табела IV – 23: Средње суме активних температура у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у °С)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	вег. п.	г.	
СМ	a	-26	50	180	311	460	542	611	587	464	330	172	30	2974	3710
	б	2	49	192	326	485	569	644	622	469	345	177	50	3114	3930
	-	28	0	12	15	26	27	33	35	5	15	5	20	139	220
ПР	a	-34	54	185	328	481	566	637	620	490	346	161	20	3121	3852
	б	-1	59	206	348	513	596	676	659	497	362	174	54	3287	4141
	-	34	6	21	20	31	30	39	39	7	16	13	34	166	290
БЛ	a	-21	55	189	328	485	567	636	610	478	335	176	36	3105	3874
	б	15	62	211	342	515	597	677	658	494	359	187	60	3283	4177
	-	36	8	22	14	30	30	41	48	16	24	11	24	178	303
ДБ	a	-21	58	194	334	485	562	630	612	486	343	176	37	3108	3894
	б	8	62	205	341	506	583	659	645	489	357	182	53	3223	4090
	-	29	4	12	7	21	21	29	34	3	14	6	17	115	195
ТЗ	a	-24	49	175	312	460	532	599	585	461	328	167	27	2949	3671
	б	-3	46	186	321	477	550	629	621	461	340	168	40	3059	3835
	-	21	-3	10	9	17	18	30	36	1	12	0	13	110	165
БН	a	-23	62	194	338	504	576	646	632	502	354	179	42	3200	4007
	б	14	64	211	354	535	613	690	674	510	370	183	57	3376	4274
	-	37	2	17	16	31	37	43	42	8	16	4	15	176	267
СА	a	-29	42	158	283	438	508	585	574	453	321	158	9	2842	3501
	б	-5	36	167	292	459	535	616	609	456	338	160	29	2966	3691
	-	24	-6	9	9	20	27	31	34	3	17	2	20	124	191
СО	a	-148	-63	51	191	352	428	496	479	361	223	63	-84	2307	2348
	б	-100	-56	64	205	373	455	530	515	370	247	70	-59	2447	2613
	-	48	8	13	14	21	27	34	35	8	25	7	25	140	265
БИ	a	88	117	217	322	477	563	669	655	524	397	244	138	3210	4410
	б	110	110	224	329	496	588	692	687	522	405	238	141	3315	4542
	-	22	-7	7	7	19	25	23	32	-2	8	-6	3	105	131
МО	a	150	186	299	400	556	645	765	751	611	475	303	192	3729	5335
	б	172	186	313	414	587	681	800	793	615	486	305	202	3890	5554
	-	22	0	14	14	31	35	35	41	4	11	2	10	161	219

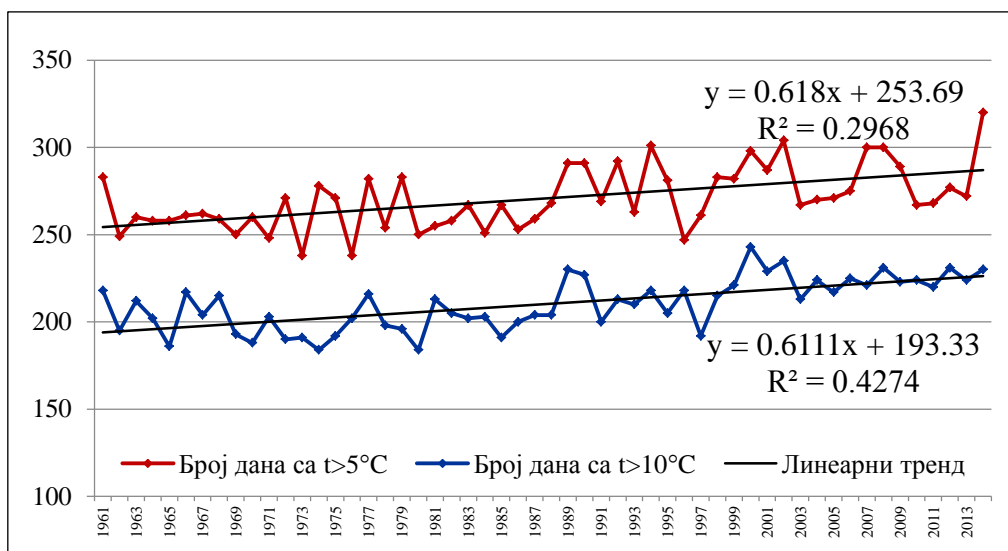
Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – болд $p < 0,01$, италик $p < 0,05$.

Статистички значајна разлика ($p < 0,01$) између годишње суме активних температура и суме активних температура у вегетационом у периоду 1981–2010. године у односу на њихове вриједности у референтном периоду, такође је утврђена на цијелој територији Републике Српске. Разлика годишње суме активних температура између два наведена периода на три станице на којима је и утврђен највећи пораст – у Бањалуци, Приједору и Бијељини износи 303 °C, 290 °C и 267 °C, респективно, а у вегетационом периоду 178 °C, 166 °C и 176 °C респективно. Процентуално, годишња сума активних температура највише је порасла у Сокоцу (11 %). На већини осталих станица пораст је износио 5–8 %, а у Херцеговини 3–4 %. У вегетационом периоду сума активних температура између два периода порасла је 3–6 %.

Анализа суме активних температура, дефинисаних као температуре ≥ 5 °C и ≥ 10 °C, на примјеру Бањалуке, такође, показује значајан ($p < 0,01$) позитиван тренд од 168,2 °C и 165,7 °C по деценији. Значајан је ($p < 0,01$) и тренд пораста годишњег броја дана са температурама ≥ 5 °C и ≥ 10 °C (0,6 дана по деценији).



Графикон IV – 30: Тренд средње годишње суме активних температура (сума температура ≥ 5 °C и ≥ 10 °C) у Бањалуци у периоду 1961–2014. године



Графикон IV – 31: Тренд средњег годишњег броја дана са температурама $\geq 5^\circ\text{C}$ и $\geq 10^\circ\text{C}$ у Бањалуци у периоду 1961–2014. године

Постоји и статистички значајна разлика ($p < 0,01$) у просјечној суми температура $\geq 5^\circ\text{C}$ и $\geq 10^\circ\text{C}$ у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период. Сума температура $\geq 5^\circ\text{C}$ порасла је за $359,2^\circ\text{C}$ (9,2 %), а сума температура $\geq 10^\circ\text{C}$ за $363,6^\circ\text{C}$ (10,5 %). Између два периода годишњи број дана са температурама изнад наведених прагова повећан је за 13 дана.

1.7. Учесталост дана са карактеристичним температурама ваздуха

1.7.1. Средњи број ледених дана

У сјеверном дијелу Републике Српске годишње се просјечно јавља 16–20 ледених дана (дана у којима је максимална температура нижа од 0°C), а на подручју Сарајева 23 ледена дана. Јављају се у периоду од новембра до марта, а највише у јануару (7–9 дана) и децембру (5–8 дана). Просјечна учесталост њихове појаве износи 23–28 % у јануару и 16–26 % у децембру. На крајњем југу годишње се просјечно јави само 1 ледени дан, углавном у јануару. Ипак, за вријеме веома оштре зиме 2012. године, у Мостару је у фебруару забиљежен неуобичајано велики број оваквих дана – 6 ледених дана. Анализу броја ледених дана у планинској области, гдје их је засигурно и највише, онемогућава непостојање

континуираних осматрања овог параметра на станицама у овој области. У стандардном климатолошком периоду 1961–1990. године у Сокоцу се годишње просјечно јављало 40 ледених дана. Осматрања ледених дана на овој станици обновљена су тек посљедњих десет година, и у том периоду (2005–2015) број ледених дана у односу на број у стандардном периоду преполовљен је – просјечно се јављало 20 ледених дана.

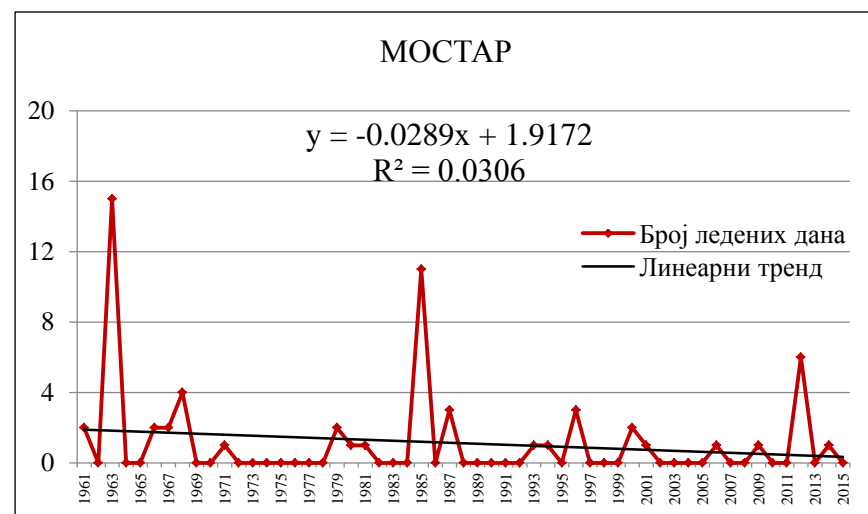
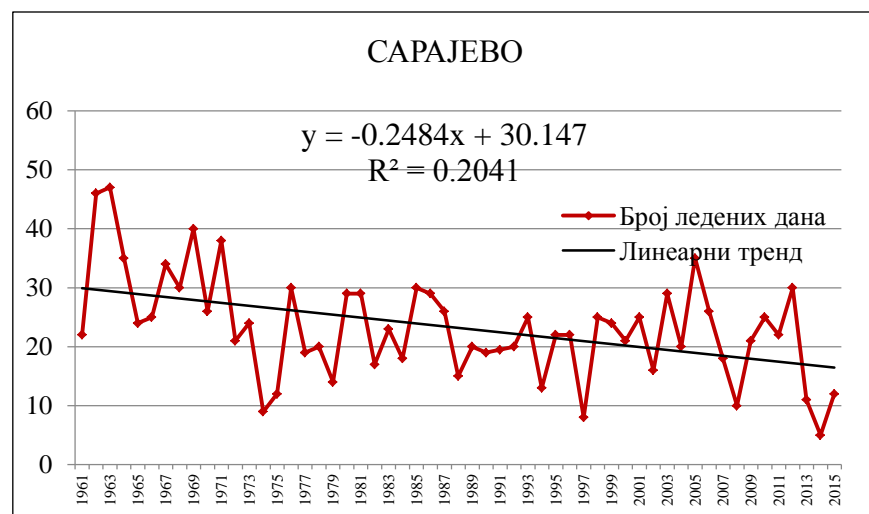
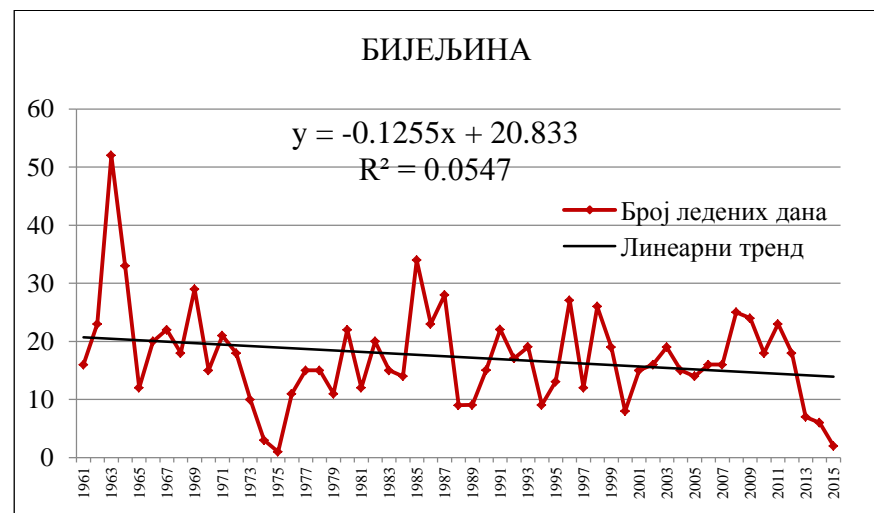
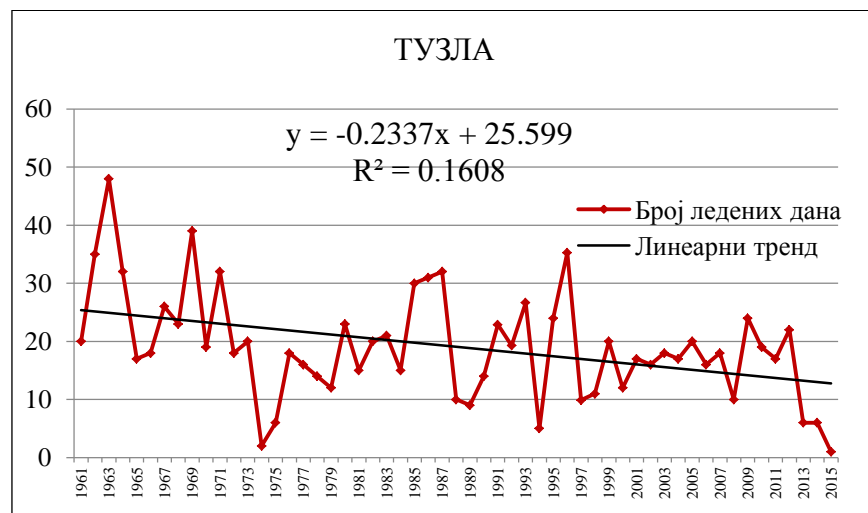
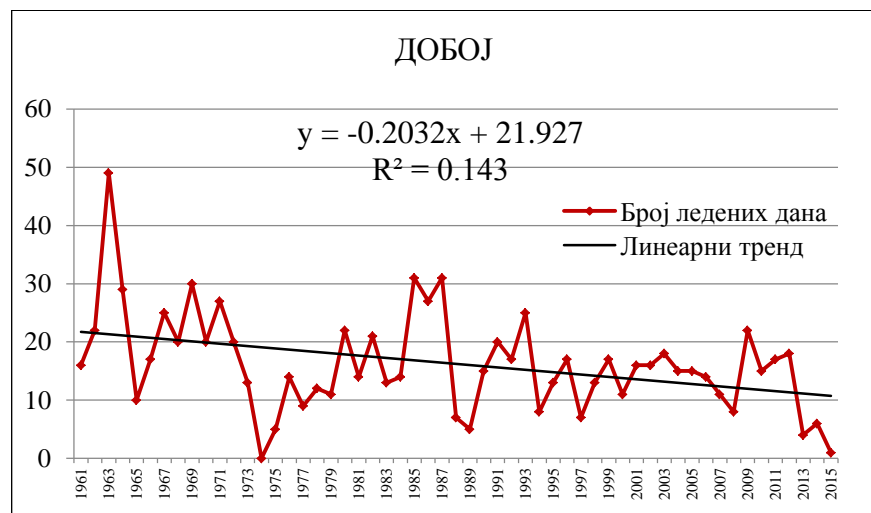
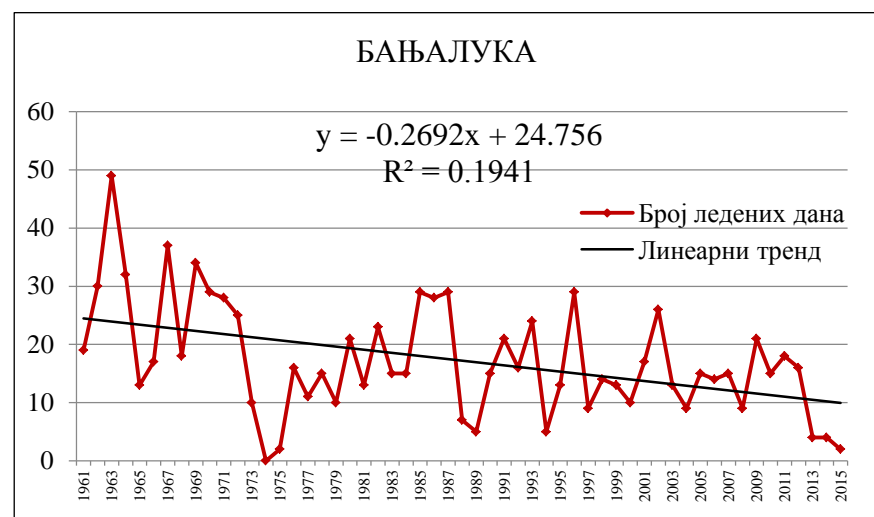
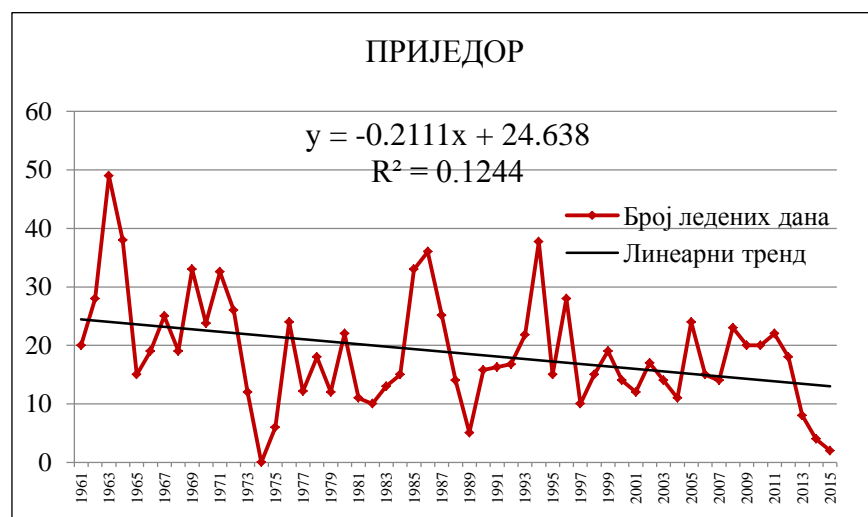
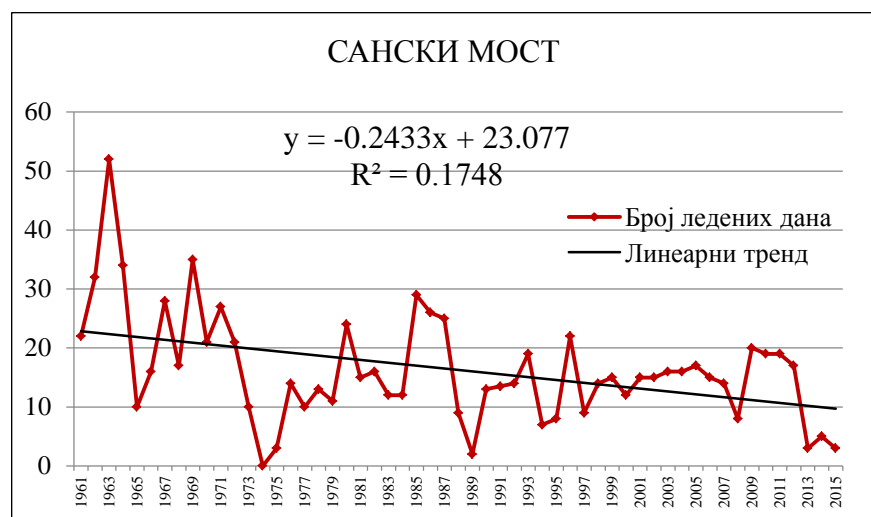
Табела IV – 24: Средњи мјесечни и годишњи број ледених дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5	16
ПР	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	7	20
БЛ	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5	17
ДБ	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5	16
БН	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5	17
СА	9	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	8	23
МО	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Табела IV – 25: Средња мјесечна и годишња учесталост ледених дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	23	10	2	0	0	0	0	0	0	0	2	17	4
ПР	25	10	2	0	0	0	0	0	0	0	4	21	5
БЛ	25	12	2	0	0	0	0	0	0	0	2	16	5
ДБ	24	10	2	0	0	0	0	0	0	0	2	16	4
БН	25	10	2	0	0	0	0	0	0	0	4	17	5
СА	28	15	3	0	0	0	0	0	0	0	4	26	6
МО	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

У складу с осмотреним трендом загријавања, у периоду 1961–2015. године на свим станицама присутан је статистички значајан ($p < 0,01$, једино у Приједору $p < 0,02$ и Бијељини $p < 0,10$) негативан тренд броја ледених дана. Број ледених дана смањен је по линији тренда од 2,7 дана по деценији у Бањалуци и 2,5 дана по деценији у Сарајеву до 1,2 дана по деценији у Бијељини и 0,2 дана по деценији у Мостару, гдје је појава ових дана ионако ријеткост.



Графикон IV – 32: Тренд средњег годишњег броја ледених дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Компаративна анализа броја ледених дана у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период показује несигнификантно смањење годишњег броја ледених дана од највише 4 дана (у Бањалуци, Сарајеву и Санском Мосту) до свега 0,6–1,0 дана (у Приједору, Бијељини и Мостару). Ипак, треба нагласити да је у посљедњих пет година додатно знатно смањен број ледених дана, што је утицало на повећање значајности осмотреног тренда.

Табела IV – 26: Средњи мјесечни и годишњи број ледених дана у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	8,6	3,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	5,7	18,6
	б	6,4	2,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	4,6	14,9
	-	-2,3	-0,3	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	-1,1	-3,8
ПР	а	9,1	3,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	6,8	20,4
	б	7,3	2,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,4	6,1	19,4
	-	-1,8	-0,4	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	-0,7	-1,0
БЛ	а	9,4	3,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	5,6	19,8
	б	7,3	3,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,6	16,2
	-	-2,1	-0,2	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	-1,0	-3,6
ДБ	а	8,8	2,9	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	5,3	18,3
	б	7,1	3,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	4,7	15,9
	-	-1,8	0,1	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	-0,7	-2,4
БН	а	8,9	2,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	5,3	18,2
	б	7,3	3,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	5,2	17,7
	-	-1,6	0,3	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	-0,1	-0,6
СА	а	9,8	4,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	9,2	25,7
	б	8,0	4,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	7,2	21,7
	-	-1,8	0,2	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,0	-4,0
МО	а	1,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,5
	б	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8
	-	-0,6	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,6

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – болд $p < 0,01$, италик $p < 0,05$.

1.7.2. Средњи број мразних дана

Ниске температуре испод тачке смрзавања стварају услове за појаву мраза, који може узроковати стварање кристала леда у ћелијама биљака и између ћелија, који доводе до њиховог физичког оштећења и онемогућавања физиолошких процеса (Inouye, D. W., 2000). Колика оштећења ткива ће узроковати мраз, зависи од врсте биљке и њене фазе развоја. Пупољци, младо лишће и други тек формиран органи дрвенстих биљака осјетљивији су него старија ткива (стабла и старо лишће), док су код зељастих дикотила стари листови осјетљивији од нових. Ипак, код свих биљака репродуктивни органи су најосјетљивији на негативно дјеловање мраза (Inouye, D. W., 2000). Мраз, а посебно радијациони мраз, може оштетити биљке (механичка оштећења или замрзавање биљних ткива, што означава крај раста биљке) или узроковати смањење приноса (Moulton, B. & Oliver, J. E., 2005).

Појава мраза такође може бити ограничавајући фактор распрострања појединих биљних врста, јер се биљне културе разликују по својој отпорности на мраз, која је условљена њиховом генетиком и поријеклом. Културе топле сезоне, као што су парадајз и боранија, настале у тропским областима, могу бити озбиљно оштећене чак и слабим мразом, док, с друге стране, културе типичне за хладну сезону, као што су брокула, купус, грашак и лук, настале у сјеверним областима, подносе мраз и замрзавање малог интензитета кратког трајања са релативно малим оштећењима. Дакле, штетност дјеловања мраза одређена је врстом и сортом, те фенофазом и стањем биљака. „Величина оштећења вегетације од мраза не зависи само од тога, да ли се прољећни мраз појавио раније или касније, већ зависи и од тога у каквом је степену развића дотични мраз затекао биљне културе на неком мјесту или области“ (Милосављевић, М., 1976). Мраз представља hazard ако се посљедњи јаки мраз у прољеће јави када је већ започео вегетациони период биљака или ако се први мраз у јесен јави прије завршетка вегетационог циклуса биљака (Moulton, B. & Oliver, J. E., 2005). За биљке су управо најштетнији тзв. позни прољећни мразеви, када дрвеће почне листати или се чак налази у фази цвјетања. Али све док се пупољци не отворе, опасност од ниских температура је незнатна. При дејству умјереног мраза настају дјелимична оштећења цвјетова, листова и младица воћака, док при појави јаких прољећних мразева најчешће

долази до потпуног измрзавања свих зељастих органа (Ивановић, М. et al., 2008). При појави јаких и дуготрајних прољећних мразева када се воћке налазе у осјетљивим стадијумима развоја (послије цвјетања), често настају и озбиљнија оштећења камбијума и коре. Буква (*Fagus sylvatica*), широко распрострањена врста дрвећа у шумама средње Европе (па и на нашем подручју), која се јавља у широком спектру еколошких услова, може да поднесе веома хладне услове зими, али је осјетљива на појаву касних мразева након формирања листова (Kreyling, J. et al., 2012). Стога, појава касних мразева може чак одредити њене сјеверне и сјевероисточне границе ареала.

У сјеверном дијелу Републике Српске годишње се просјечно јавља 83–94 мразна дана (дана са минималном температуром нижом од 0 °C). Просјечна годишња учесталост појаве износи 23–26 %. Јављају се у периоду од октобра до априла, а највише у зимским мјесецима – јануару (23–24 дана), децембру (19–21 дан) и фебруару (18–19 дана). Највећу учесталост појаве имају у мјесецу јануару (73–78 %). На подручју Сарајева мразни дани такође се јављају у наведеном периоду године, а годишње се просјечно јави 89 таквих дана. Највише мразних дана јавља се у Сокоцу – 151 дан, што представља учесталост њихове појаве од 41 %. Јављају се у периоду од септембра до маја, а највише у зимским мјесецима – у јануару 29 дана (учесталост појаве 93 %) и у децембру 27 дана (учесталост појаве 86 %). На крајњем југу годишње се просјечно јавља 20 мразних дана, углавном у периоду од новембра до марта, а највише у зимским мјесецима.

Табела IV – 27: Средњи мјесечни и годишњи број мразних дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

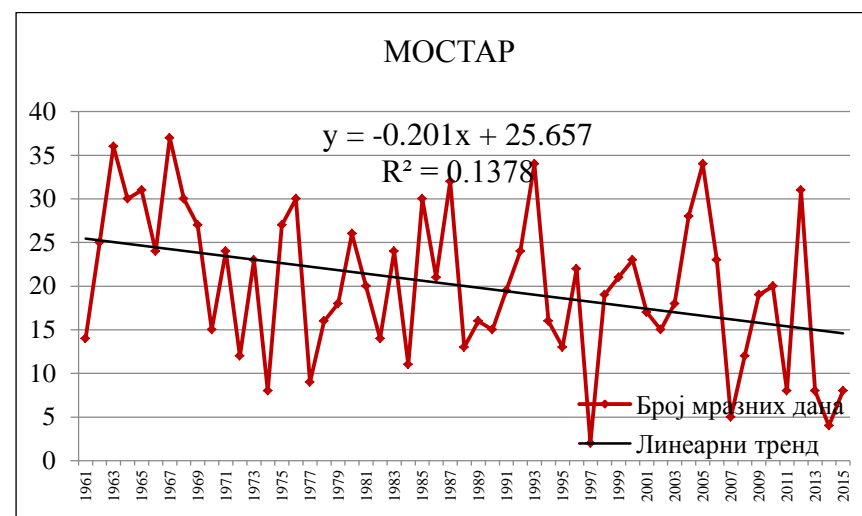
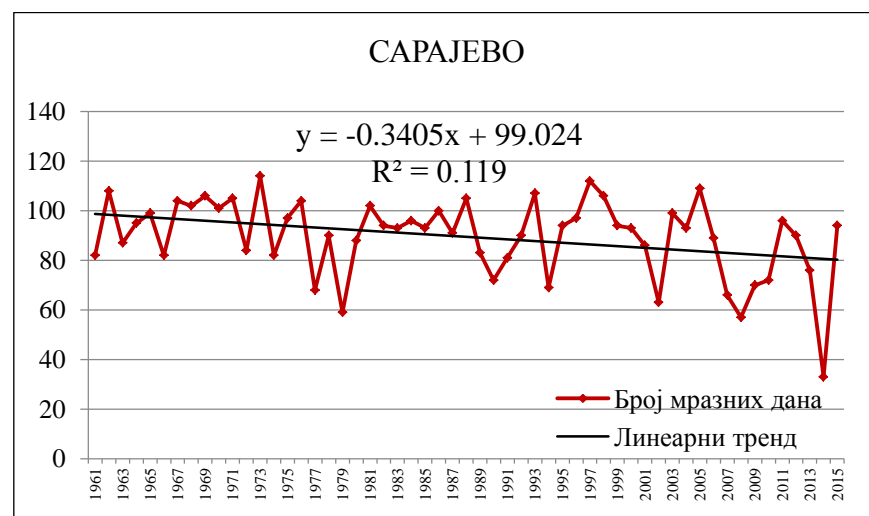
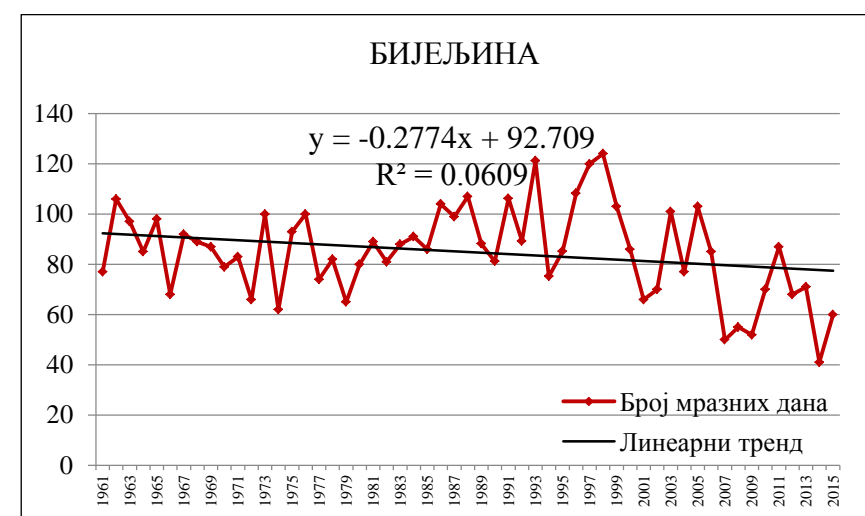
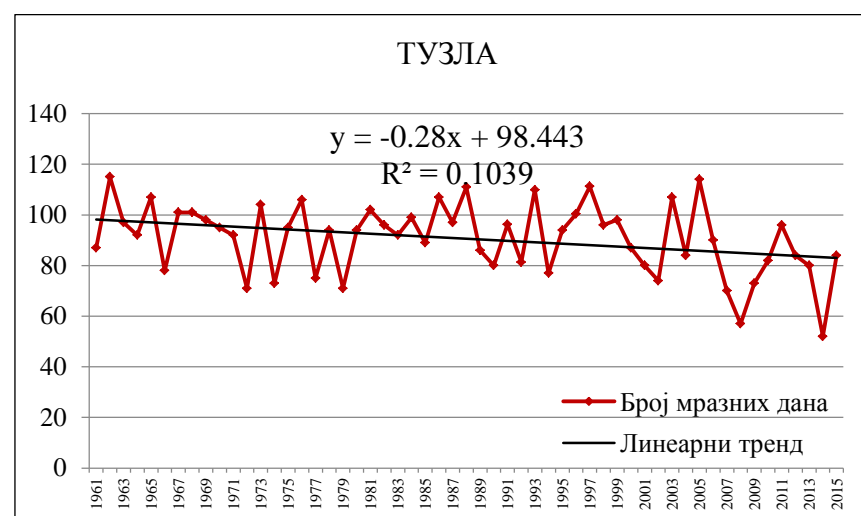
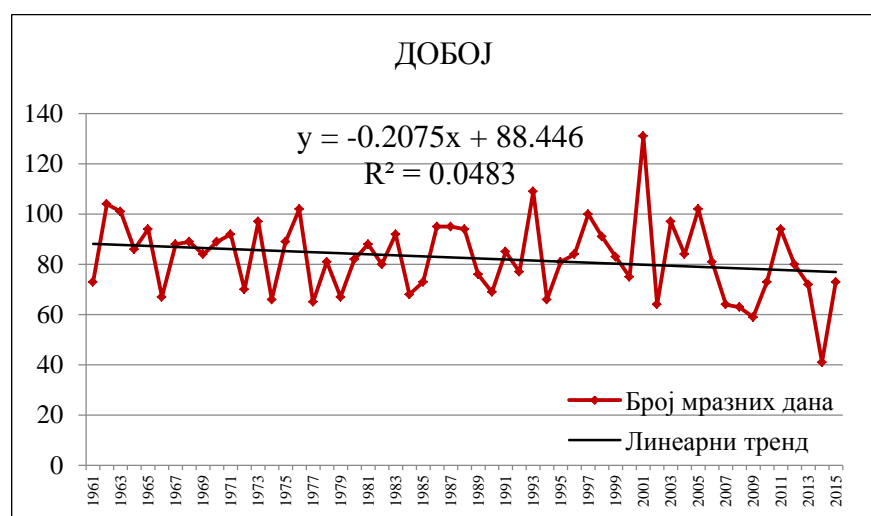
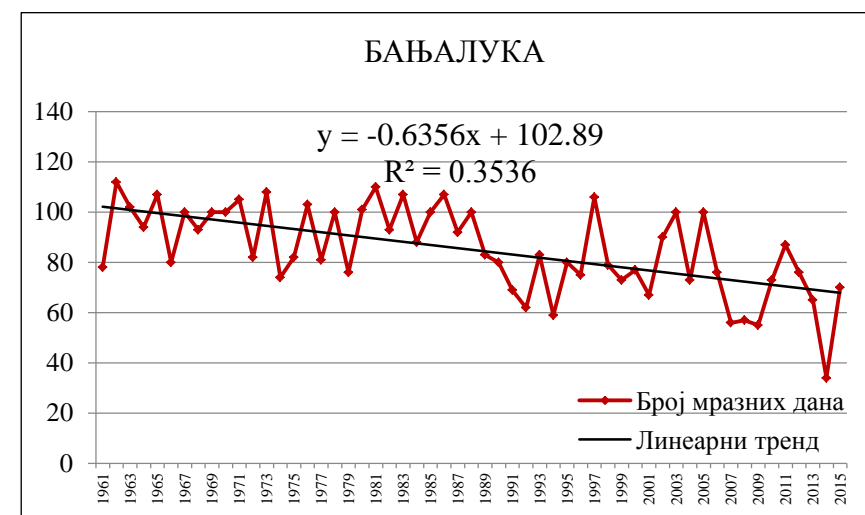
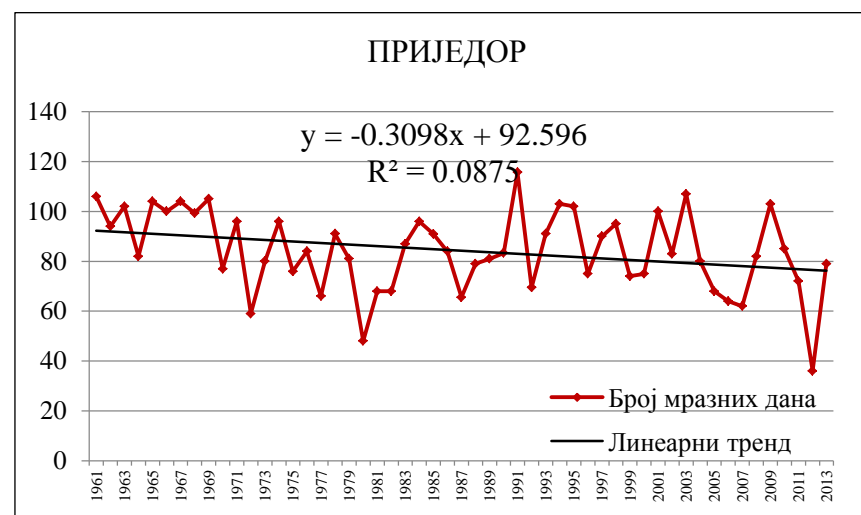
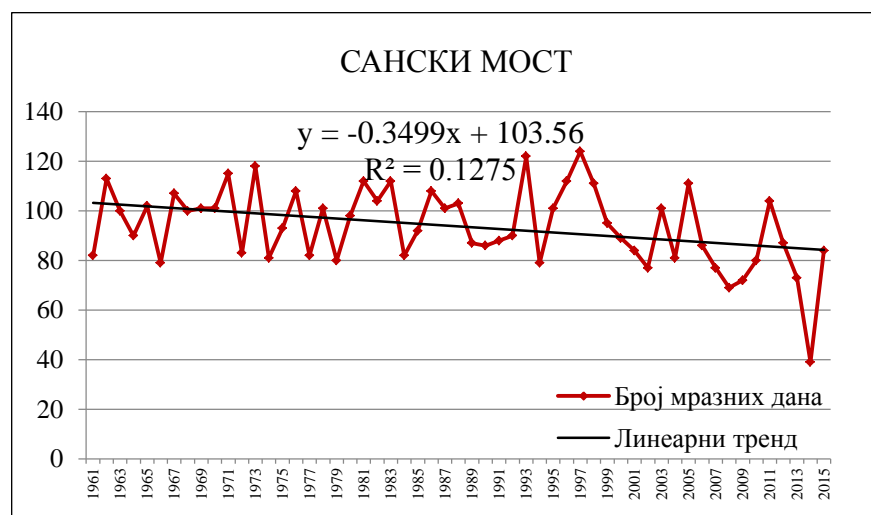
М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	24	19	13	3	0	0	0	0	0	3	10	21	94
ПР	23	19	11	1	0	0	0	0	0	2	8	20	84
БЛ	23	19	12	2	0	0	0	0	0	2	9	19	85
ДБ	23	18	11	2	0	0	0	0	0	2	8	19	83
ТЗ	24	19	12	2	0	0	0	0	0	3	10	21	91
БН	23	18	11	1	0	0	0	0	0	3	9	20	85
СА	23	18	12	2	0	0	0	0	0	2	10	22	89
СО	29	25	24	12	2	0	0	0	2	11	20	27	151
МО	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1	5	20

Табела IV – 28: Средња мјесечна и годишња учесталост мразних дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	78	69	43	11	1	0	0	0	0	9	32	67	26
ПР	76	67	36	5	0	0	0	0	0	5	27	64	23
БЛ	73	66	37	7	0	0	0	0	0	8	29	61	23
ДБ	74	63	34	6	0	0	0	0	0	5	27	61	23
ТЗ	78	66	40	7	0	0	0	0	0	8	32	67	25
БН	74	65	35	5	0	0	0	0	0	9	30	63	23
СА	75	65	39	8	0	0	0	0	0	6	34	69	25
СО	93	90	76	42	6	1	0	0	7	34	66	86	41
МО	25	18	6	0	0	0	0	0	0	0	3	15	5

У периоду 1961–2015. године присутан је негативан тренд броја мразних дана, који је најизраженији у сјеверозападном дијелу (у Бањалуци и Санском Мосту статистички значајан на нивоу $p < 0,01$, а у Приједору $p < 0,02$), затим у већим градовима као што су Сарајево ($p < 0,01$) и Тузла ($p < 0,02$), као и на југу (Мостар $p < 0,01$). Највеће смањење броја мразних дана по линији тренда забиљежено је у Бањалуци (6,4 дана по деценији), Санском Мосту (3,5 дана по деценији) и Сарајеву (3,4 дана по деценији). Тренд смањења годишњег броја мразних дана уочен је и истраживањима у региону (Burić, D. et al., 2014; Milošević, D. et al., 2013a; Branković, Č. et al., 2013).

Компаративна анализа показује да је у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период на свим истраживаним станицама смањен број мразних дана. Највеће смањење забиљежено је у Бањалуци (за 12,3 дана), што је и једина статистички значајна ($p < 0,01$) разлика у броју мразних дана између два наведена периода, а затим у Сокоцу (за 4,9 дана). На осталим станицама у периоду 1981–2010. године просјечно су се јављала 2–3 мразна дана мање.



Графикон IV – 33: Тренд средњег годишњег броја мразних дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Табела IV – 29: Средњи мјесечни и годишњи број мразних дана у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	25,3	19,1	13,5	3,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	3,3	10,4	21,8	97,4
	б	24,5	20,6	13,6	2,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	10,4	19,9	94,5
	-	-0,7	1,5	0,1	-0,8	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,8	0,0	-1,8
ПР	а	23,8	18,4	10,9	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	8,9	20,6	85,7
	б	23,3	19,2	10,6	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	8,2	18,1	82,3
	-	-0,4	0,8	-0,3	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	-0,7	-2,5	-3,4
БЛ	а	25,7	19,2	12,4	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	10,4	21,6	94,6
	б	21,8	18,9	11,3	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	8,4	17,5	82,3
	-	-3,9	-0,3	-1,1	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	-2,0	-4,2	-12,3
ДБ	а	24,0	17,9	10,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	9,0	19,6	83,9
	б	23,1	18,4	10,3	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	8,2	18,0	83,3
	-	-0,9	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,8	-1,6	-0,6
ТЗ	а	24,9	18,9	12,9	2,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	2,4	10,1	21,4	93,5
	б	24,4	19,4	11,9	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	9,8	20,0	91,4
	-	-0,5	0,5	-1,0	0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,3	-0,3	-1,5
БН	а	24,5	18,5	10,3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,8	9,2	20,1	86,6
	б	23,3	19,3	11,2	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	10,2	19,7	88,7
	-	-1,2	0,8	0,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,6	1,0	-0,4
СА	а	24,4	18,2	12,3	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	2,1	11,2	22,2	92,9
	б	23,4	18,5	12,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	10,6	20,9	89,2
	-	-1,1	0,3	-0,3	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,5	-0,6	-1,4
СО	а	29,4	25,1	23,8	13,3	2,0	0,2	0,0	0,1	2,1	11,5	20,4	27,7	155,2
	б	28,8	25,8	23,6	12,0	2,0	0,1	0,0	0,1	2,0	10,0	20,2	26,1	150,2
	-	-0,6	0,7	-0,2	-1,3	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-1,5	-0,2	-1,6
МО	а	8,8	4,8	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	5,0	21,9
	б	6,9	5,6	1,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,3	19,4
	-	-1,9	0,8	-0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,8	-2,6

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – болд $p < 0,01$, италик $p < 0,05$.

Потенцијална посљедица климатских промјена јесте и промјена фреквенције и распрострањења појаве мраза (Inouye, D. W., 2000). Питање на који начин ће се наведене промјене одразити на биљни свијет веома је комплексно због интерактивног дјеловања промјена температуре, падавина и концентрације CO_2 . Ипак, регистровано продужење вегетационог периода у Европи једна је од

индикација да ће се те промјене огледати у већој фреквенцији прољећних мразева који узрокују знатно оштећење биљака (*Inouye, D. W., 2000*). За многе биљне врсте, вегетациони период у прољеће почиње када је мала вјероватноћа оштећења од мраза. Климатске промјене, међутим, могу промијенити временске услове на начин да се почетак вегетационог периода више не подудара са периодом ниског ризика од појаве мраза, па биљне популације могу бити чешће подложне оштећењима усљед мраза него у прошлости. Према већини модела климатских промјена повећање ризика од негативних утицаја мраза условљено је климатским загријавањем, које има за резултат „преурањен“ развој биљака у прољеће, у периодима када је појава мраза још могућа (*Souther, S. & McGraw, J. B., 2011*).

За већину биљних врста у умјереним географским ширинама датум почетка вегетационог периода у прољеће није непромјенљив, већ зависи од температуре ваздуха. Ризик од појаве мраза може се повећати због повећане фреквенције необично високих температура које стимулишу раст биљака крајем зиме или у рано прољеће (*Souther, S. & McGraw, J. B., 2011*). Са општом тенденцијом ка ранијем почетку вегетационог периода и с њим повезаним ранијим датумом цвјетања биљака у будућности, може доћи до повећане изложености биљака штети због појаве касних мразева (*Goergen, K. et al., 2013*). Према истраживању *Goergen, K. et al. (2013)* у блиској будућности различити модели пројектују тренд ка већој учесталости појаве мраза на почетку вегетационог периода. Пројектоване више средње дневне температуре ваздуха довешће до ранијег почетка периода вегетације, али ипак мразни дани ће се и даље јављати. Ситуација би се могла промијенити у даљој будућности. Пројекције указују на смањење учесталости дана са мразом у односу на блиску будућност. Такође, јасно је уочена веза између пораста глобалне температуре ваздуха и повећања ризика од појаве мраза у монтаним, арктичким и бореалним еко-системима због смањене акумулације снијега (*Souther, S. & McGraw, J. B., 2011*). Смањење сњежног покривача који дјелује као изолација у суровим климатским условима, може изложити биљке негативном дјеловању екстремно ниских температура и њиховом уништавању усљед замрзавања (*Souther, S. & McGraw, J. B., 2011*). Појава јаких мразева доводи често до знатног смањења приноса, док слабији мразеви често само деградирају квалитет бербе (*Goergen, K. et al., 2013*).

1.7.3. Средњи број љетних дана

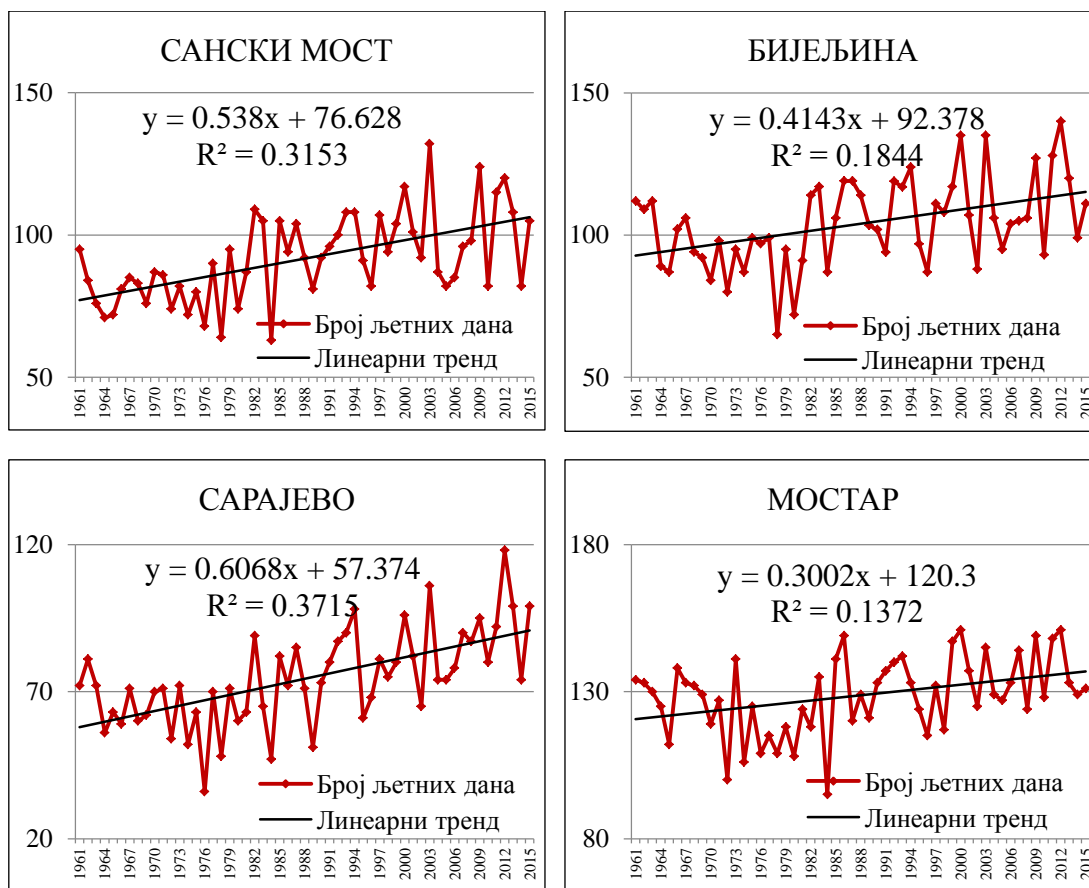
Просјечан број љетних дана (дана у којима је максимална температура била виша од 25 °С) на сјеверу се креће од око 90 дана у западном дијелу до око 110 дана на крајњем истоку Републике Српске. Просјечна годишња учесталост њихове појаве износи 25–28 %. На овом подручју љетни дани јављају се у периоду од априла до октобра (у Бијељини и у марту), а највише током љетних мјесеци. Учесталост јављања највећа је током јула и августа и износи 70–80 %. У планинско-котлинској области годишње се јавља знатно мање љетних дана. У Сокоцу су се у стандардном климатолошком периоду годишње просјечно јављала 32 љетна дана, обично у периоду од маја до септембра (понекад и у октобру). Највећи број љетних дана јавља се у Херцеговини. У Мостару се годишње просјечно забиљежи 129 таквих дана, што представља годишњу учесталост јављања од 35 %. Јављају се у периоду од марта до октобра. Ипак, њихов број највећи је током љетних мјесеци – нарочито у јулу и августу, када њихова учесталост јављања износи чак 94–95 %.

Табела IV – 30: Средњи мјесечни и годишњи број љетних дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	0	0	0	3	11	17	24	22	12	3	0	0	92
ПР	0	0	0	3	11	18	24	23	11	3	0	0	92
БН	0	0	1	3	12	19	25	25	14	5	0	0	104
СА	0	0	0	1	7	14	20	21	10	2	0	0	74
МО	0	0	1	4	15	24	30	29	20	6	0	0	129

Табела IV – 31: Средња мјесечна и годишња учесталост љетних дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	0	0	1	9	34	58	77	72	39	10	0	0	25
ПР	0	0	1	9	35	58	76	73	38	10	0	0	25
БН	0	0	2	10	40	64	80	80	48	15	1	0	28
СА	0	0	0	3	23	46	66	67	32	5	0	0	20
МО	0	0	2	12	50	80	95	94	68	20	0	0	35



Графикон IV – 34: Тренд средњег годишњег броја љетних дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

У анализираном периоду 1961–2015. године утврђен је статистички значајан позитиван тренд броја љетних дана (на свим анализираним станицама тренд је значајан на нивоу $p < 0,01$, једино у Приједору на нивоу $p < 0,05$). Број љетних дана порастао је по линији тренда за 4–6 дана по деценији. Нешто мањи пораст забиљежен је једино у Мостару, који се и налази у најтоплијем дијелу територије. Утврђена је и једнака статистичка значајност разлике броја љетних дана у периоду 1981–2010. године у односу на период 1961–1990. године. У периоду 1981–2010. године годишње се просјечно јављало 8–13 љетних дана више него у референтном периоду. Тренд пораста броја љетних дана (као и броја тропских дана) забиљежен је и широм региона (Burić, D. et al., 2014b).

Табела IV – 32: Средњи мјесечни и годишњи број љетних дана у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	0,0	0,0	0,3	2,3	8,5	15,9	22,5	20,2	11,7	2,6	0,1	0,0	84,0
	б	0,0	0,0	0,5	2,7	12,3	17,6	24,7	24,1	12,2	3,1	0,1	0,0	97,3
	-	0,0	0,0	0,2	0,4	3,7	1,8	2,2	3,9	0,6	0,6	0,0	0,0	13,3
ПР	а	0,0	0,0	0,3	2,5	9,6	16,3	22,8	20,8	12,1	3,2	0,1	0,0	87,6
	б	0,0	0,0	0,4	3,2	12,4	17,6	24,8	24,6	12,0	3,5	0,0	0,0	98,4
	-	0,0	0,0	0,1	0,7	2,8	1,3	2,0	3,8	-0,1	0,3	-0,1	0,0	<i>10,9</i>
БН	а	0,0	0,0	0,8	2,9	11,7	17,8	23,5	23,3	14,3	3,9	0,1	0,0	98,2
	б	0,0	0,0	0,5	3,0	13,5	19,8	25,2	25,8	15,0	5,1	0,3	0,0	108,2
	-	0,0	0,0	-0,3	0,1	1,9	1,9	1,8	2,6	0,7	1,3	0,1	0,0	10,0
СА	а	0,0	0,0	0,1	0,8	5,7	11,6	18,4	18,1	9,6	1,1	0,0	0,0	65,4
	б	0,0	0,0	0,1	1,0	7,9	14,7	21,6	21,8	9,5	1,6	0,0	0,0	78,2
	-	0,0	0,0	0,0	0,2	2,2	3,2	3,2	3,7	0,0	0,5	0,0	0,0	12,8
МО	а	0,0	0,0	0,6	2,7	13,3	22,9	29,2	28,6	20,4	6,1	0,0	0,0	123,6
	б	0,0	0,1	0,5	3,8	16,4	24,1	29,9	29,6	20,7	6,5	0,1	0,0	131,5
	-	0,0	0,0	0,0	1,1	3,1	1,3	0,7	1,0	0,3	0,4	0,1	0,0	7,9

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – бولد $p < 0,01$, италик $p < 0,05$.

1.7.4. Средњи број тропских дана

На сјеверу Републике Српске годишње се просјечно јавља 30–40 тропских дана (дана са максималном температуром вишом од 30 °C), док се у планинским предјелима годишње јави само неколико таквих дана. Просјечна годишња учесталост тропских дана на сјеверу износи 8–11 %. Њихова учесталост је најмања у планинским подручјима, а највећа на крајњем југу. У Мостару се годишње просјечно забиљежи 67 тропских дана (учесталост јављања 18 %). Тропски дани јављају се у периоду од маја до септембра, а њихова највећа учесталост је у љетним мјесецима јулу и августу – 28–41 % у сјеверном дијелу, а у Мостару чак 71 %.

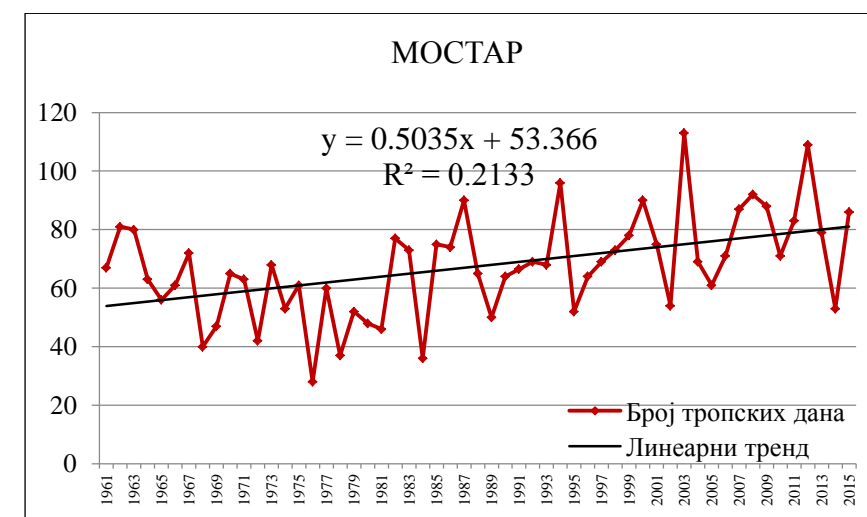
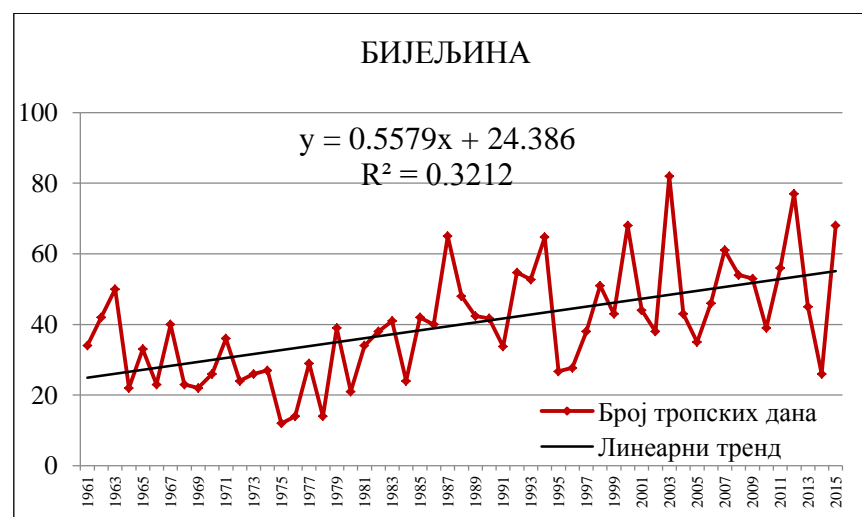
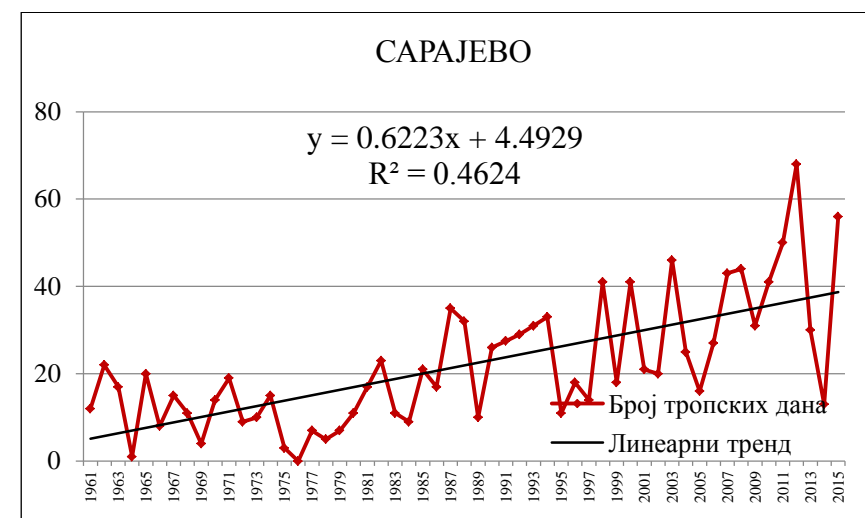
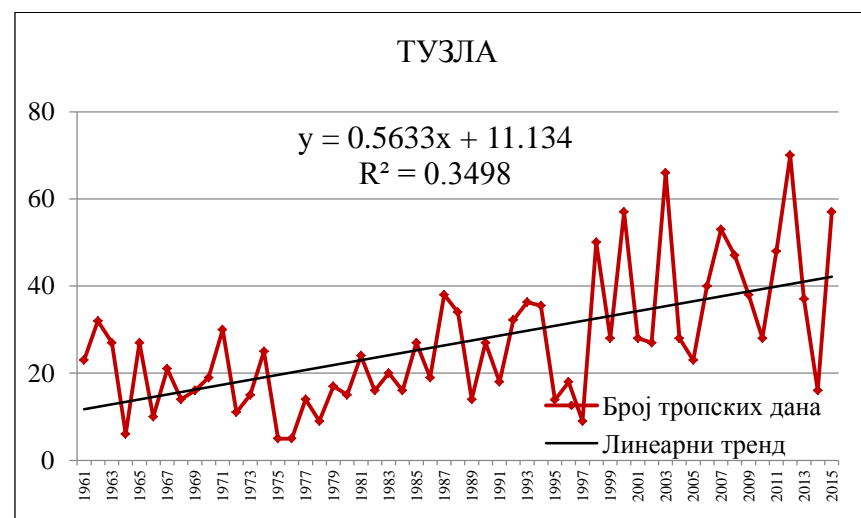
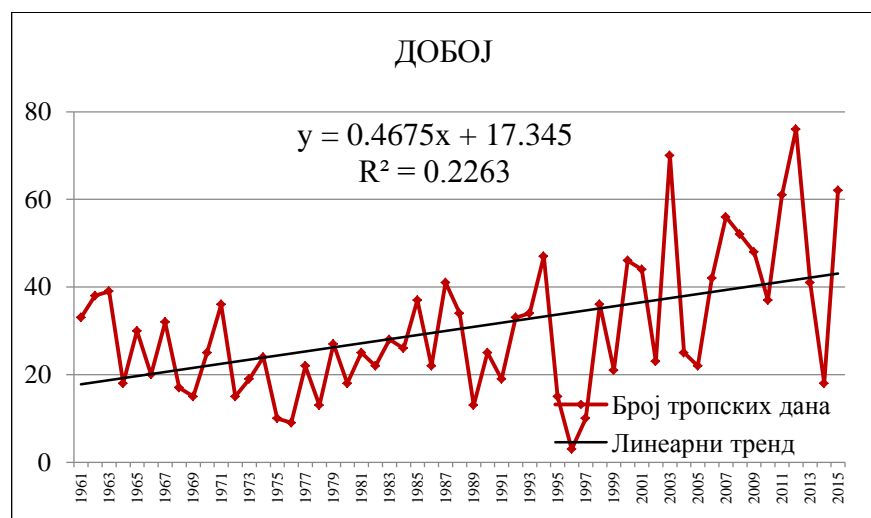
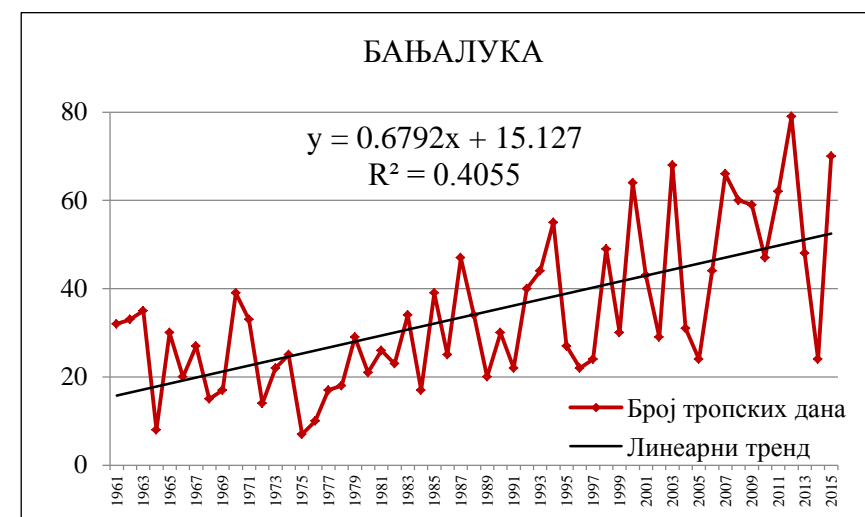
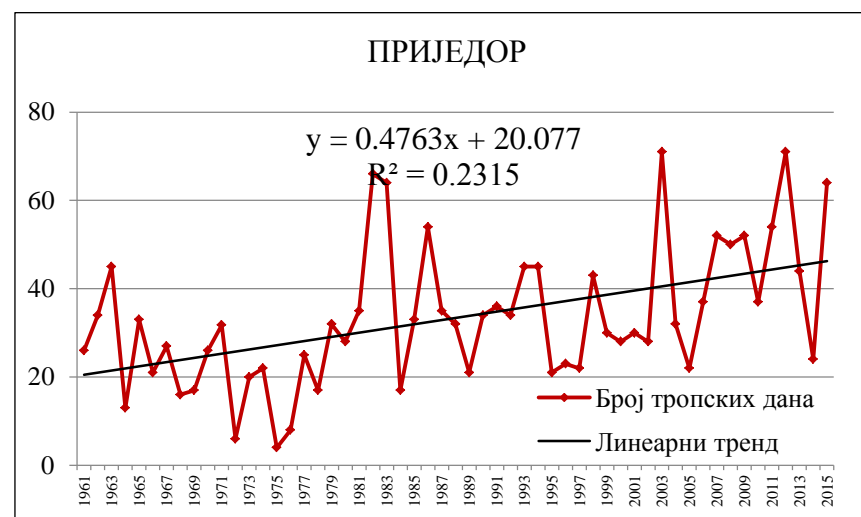
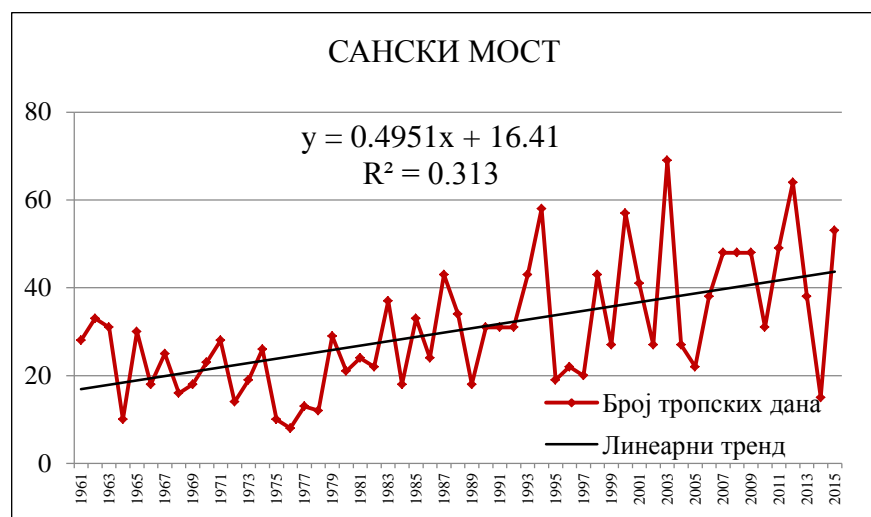
Табела IV – 33: Средњи мјесечни и годишњи број тропских дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	0	0	0	0	1	6	10	10	2	0	0	0	30
ПР	0	0	0	0	2	7	11	11	3	0	0	0	33
БЛ	0	0	0	0	2	7	11	11	3	0	0	0	34
ДБ	0	0	0	0	1	5	10	10	3	0	0	0	30
ТЗ	0	0	0	0	1	5	9	10	2	0	0	0	27
БН	0	0	0	0	3	8	12	13	4	0	0	0	40
СА	0	0	0	0	1	3	7	9	2	0	0	0	22
МО	0	0	0	0	3	12	22	22	8	0	0	0	67

Табела IV – 34: Средња мјесечна и годишња учесталост тропских дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	0	0	0	0	5	19	33	33	8	0	0	0	8
ПР	0	0	0	1	7	22	35	35	9	0	0	0	9
БЛ	0	0	0	0	6	22	36	36	10	1	0	0	9
ДБ	0	0	0	0	5	18	32	33	10	0	0	0	8
ТЗ	0	0	0	1	4	16	28	31	8	0	0	0	7
БН	0	0	0	0	8	26	40	41	15	1	0	0	11
СА	0	0	0	0	2	11	23	30	5	0	0	0	6
МО	0	0	0	1	11	41	71	71	25	1	0	0	18

У анализираном периоду 1961–2015. године утврђен је статистички значајан ($p < 0,01$) позитиван тренд броја тропских дана на свим станицама. Највећи пораст по линији тренда забиљежен је у Бањалуци (6,8 дана по деценији) и Сарајеву (6,2 дана по деценији). На осталим станицама њихов број порастао је за 4,7–5,6 дана по деценији. Утврђена је значајна разлика у просјечном броју тропских дана у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период ($p < 0,01$, једино у Приједору $p < 0,02$ и Добоју $p < 0,05$). На већини станица годишње је просјечно забиљежено 10–13 тропских дана више него у референтном периоду (једино у Добоју 7 дана више).



Графикон IV – 35: Тренд средњег годишњег броја тропских дана у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Табела IV – 35: Средњи мјесечни и годишњи број тропских дана у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,6	8,7	7,7	2,5	0,0	0,0	0,0	23,2
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	6,7	12,1	12,1	2,3	0,1	0,0	0,0	35,3
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	3,1	3,4	4,5	-0,2	0,1	0,0	0,0	12,1
ПР	а	0,0	0,0	0,0	0,2	1,7	4,8	9,6	8,8	2,9	0,0	0,0	0,0	28,2
	б	0,0	0,0	0,0	0,2	2,5	7,7	12,2	12,4	2,6	0,0	0,0	0,0	37,6
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,8	2,6	3,6	-0,2	0,0	0,0	0,0	9,5
БЛ	а	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	3,9	8,6	8,6	2,8	0,1	0,0	0,0	24,9
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	7,3	12,6	12,4	3,1	0,2	0,0	0,0	38,1
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	3,4	4,0	3,8	0,3	0,1	0,0	0,0	13,2
ДБ	а	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	3,8	8,3	8,2	3,0	0,1	0,0	0,0	24,4
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	5,3	10,4	11,1	2,7	0,1	0,0	0,0	31,9
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,5	2,1	2,9	-0,3	0,0	0,0	0,0	7,4
ТЗ	а	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	2,7	6,7	7,2	1,8	0,0	0,0	0,0	19,2
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	5,8	10,3	10,5	2,2	0,0	0,0	0,0	30,4
	-	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,9	3,1	3,6	3,3	0,4	0,0	0,0	0,0	11,2
БН	а	0,0	0,0	0,0	0,1	1,7	5,7	10,2	10,5	4,2	0,1	0,0	0,0	32,4
	б	0,0	0,0	0,0	0,1	3,2	8,8	13,9	14,5	5,1	0,3	0,0	0,0	45,7
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	3,1	3,6	4,0	0,9	0,2	0,0	0,0	13,3
СА	а	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,3	4,7	6,2	1,2	0,0	0,0	0,0	13,7
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	4,3	8,9	10,7	1,3	0,0	0,0	0,0	26,0
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,0	4,2	4,5	0,2	0,0	0,0	0,0	12,3
МО	а	0,0	0,0	0,0	0,1	2,1	9,3	20,5	19,7	7,8	0,4	0,0	0,0	59,8
	б	0,0	0,0	0,0	0,1	3,9	13,2	23,3	23,6	7,4	0,4	0,0	0,0	71,9
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	3,9	2,8	3,9	-0,4	-0,1	0,0	0,0	12,1

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – болд $p < 0,01$, италић $p < 0,05$.

1.7.5. Средњи број тропских ноћи

У већем дијелу Републике Српске тропске ноћи (дефинисане као дани у којима се температура није спустила испод 20 °С) јављају се ријетко. Годишње се забиљежи

свега неколико дана са минималном температуром вишом од 20 °C или се такви дани јаве тек једном у неколико година. Учесталост појаве тропских ноћи знатно је већа на југу. У Мостару се годишње просјечно јавља 30 тропских ноћи, што представља годишњу учесталост јављања од 8 %. Јављају се у периоду од маја до септембра, али је њихова учесталост највећа током два најтоплија мјесеца – јула и августа (39 %).

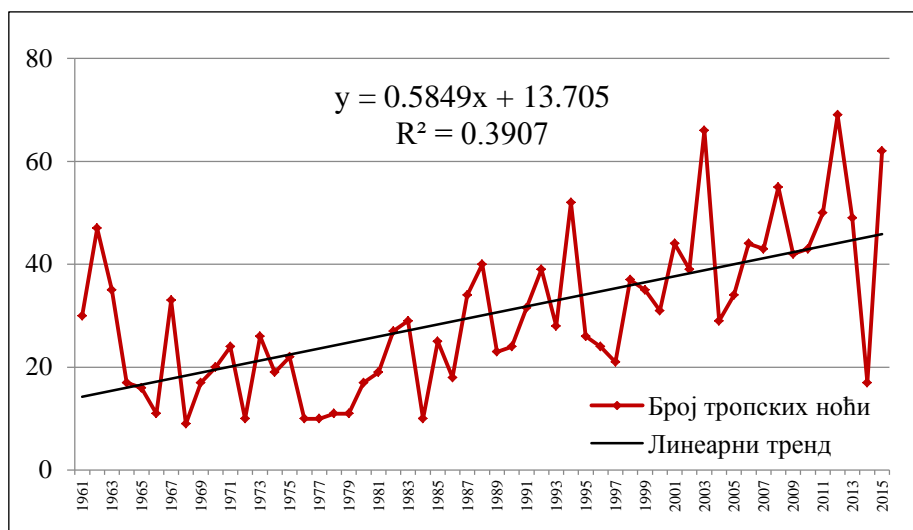
Табела IV – 36: Средњи мјесечни и годишњи број тропских ноћи у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
БЛ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
ДБ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
ТЗ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СА	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
МО	0	0	0	0	0	4	12	12	2	0	0	0	30

Табела IV – 37: Средња мјесечна и годишња учесталост тропских ноћи у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
БЛ	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0
ДБ	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0
ТЗ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СА	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
МО	0	0	0	0	1	13	39	39	6	0	0	0	8

У другој половини XX вијека и почетком XXI вијека забиљежен је значајан ($p < 0,01$) позитиван тренд броја тропских ноћи у Мостару. У периоду 1961–2015. године број тропских ноћи порастао је по линији тренда за 5,8 дана по деценији. Статистички је значајна ($p < 0,01$) и разлика у просјечном броју тропских ноћи забиљежених у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период. У том периоду просјечно се јављало 12 тропских ноћи више него у референтном периоду. Посљедњих година тропске ноћи постају чешће и у осталим дијеловима истраживаног подручја.



Графикон IV – 36: Тренд средњег годишњег броја тропских ноћи у Мостару у периоду 1961–2015. године

Табела IV – 38: Средњи мјесечни и годишњи број тропских ноћи у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
БЛ	а	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
ДБ	а	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
ТЗ	а	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
СА	а	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
МО	а	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,0	9,2	8,8	1,4	0,0	0,0	0,0	21,5
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,2	13,7	13,9	1,7	0,0	0,0	0,0	33,8
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,2	4,5	5,1	0,3	0,0	0,0	0,0	12,3

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – болд $p < 0,01$, италик $p < 0,05$.

2. ПАДАВИНЕ

Поред температуре ваздуха, падавине су најважнији климатски елемент од којег у великој мјери зависи раст и развој биљног свијета, као и његово распрострањење. Падавине су основни извор влаге у земљишту, из којег биљке преко коријеновог система апсорбују воду. Осим тога, вода у земљишту раствара хранљиве минералне материје, које се углавном налазе у облику неприступачном за биљке и чини их погодним за исхрану биљака (*Оторенец, С., 1991*).

Количина падавина која се излучи у неком мјесту на Земљиној површини у одређеном периоду резултат је дјеловања бројних фактора и процеса који су у међусобној интеракцији, а који су и сами временски и просторно промјенљиви (*Granger, O. E., 2005*). Образац распрострањења падавина знатно је сложенији од обрасца распрострањења температуре ваздуха или глобалног зрачења, првенствено због утицаја фактора које можемо подијелити на оне који утичу на вертикална кретања у атмосфери и оне који се односе на саму природу атмосфере (*Granger, O. E., 2005*). Из друге групе фактора посебно треба истакнути стабилност и нестабилност атмосфере, као и њену температуру и влагу, које су одређене природом изворишног региона ваздушних маса и њиховом каснијом путањом (*Granger, O. E., 2005*).

2.1. Средње мјесечне и годишње количине падавина

У Републици Српској „годишња сума падавина показује највећу зависност од рељефа, али и од континенталности простора и путање атмосферских поремећаја који условљавају кишно вријеме“ (*Трбић, Г. et al., 2011*).

Средња годишња количина падавина у сјеверном дијелу Републике Српске генерално опада са порастом континенталности од запада према истоку – од 1.040 mm у Бањалуци до 740,8 mm у Бијељини. На подручју Сарајева средња годишња количина падавина износи 942,2 mm, а Сокоца 853,8 mm. Највећа количина падавина излучи се на југу, у Херцеговини – од 1.495,7 mm у Мостару, преко 1.606,4 mm у Билећи до 1.679,4 mm у Требињу.

Табела IV – 39: Средње мјесечне и годишње количине падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у мм)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
ПР	62,5	55,5	64,7	80,6	85,1	88,8	79,3	77,6	93,1	82,1	88,0	75,6	932,9
СМ	69,5	64,9	76,4	91,0	96,2	103,1	86,8	81,1	97,3	89,2	95,7	89,1	1040,4
БЛ	70,8	64,0	78,3	89,2	98,3	108,8	90,1	84,5	95,9	78,5	92,7	89,1	1040,1
ДБ	62,0	58,5	64,3	73,2	93,4	108,0	89,1	76,9	78,5	69,6	79,9	75,5	928,8
ТЗ	59,8	52,7	59,6	73,1	94,5	112,9	93,0	76,9	72,5	67,6	72,2	69,9	904,9
БН	51,8	45,5	54,1	62,0	73,6	90,4	70,1	59,4	56,2	54,4	64,2	60,3	740,8
СА	71,2	66,7	67,6	75,9	83,2	89,0	77,2	66,1	81,8	84,7	91,9	86,5	942,2
СО	55,5	52,2	55,5	68,7	82,4	86,4	75,2	68,1	76,6	77,0	84,0	71,9	853,8
БИ	161,9	148,2	136,0	133,6	92,8	82,6	55,4	68,7	126,8	175,3	220,8	204,2	1606,4
МО	158,6	140,1	133,9	127,9	94,3	74,2	47,8	68,9	117,6	156,3	194,0	182,0	1495,7
ТР	175,2	153,4	140,4	137,7	89,0	79,5	49,0	75,0	135,8	189,9	235,1	219,4	1679,4

„Максимуми падавина у сјеверном дијелу Републике Српске (Бањалука, Добој, Бијељина, Соколац) јављају се крајем прољећа и почетком љета, што је одлика континенталног режима, док се максимуми падавина на подручју Херцеговине (Чемерно, Гацко, Билећа, Требиње) готово по правилу догађају у јесен, тачније у

ноембру“ (Трбић, Г. *et al.*, 2011). На сјеверу се максимална количина падавина излучи крајем прољећа и почетком љета (у јуну), док се секундарни максимум јавља почетком јесени (у септембру). У Бањалуци се највећа количина падавина излучи у јуну (108,8 mm) и мају (98,3 mm), а затим у септембру (95,9 mm). У Херцеговини се максимум падавина јавља за вријеме хладних мјесеци – у новембру, а затим у децембру и јануару. На примјер, у Требињу се у новембру просјечно излучи 235,1 mm, у децембру 219,4 mm, а у јануару 175,2 mm падавина. У сјеверном дијелу територије и у источном дијелу до Сарајева и Сокоца минимална количина падавина излучи се у фебруару (од 45,5 mm у Бијељини до 66,7 mm у Сарајеву), а на подручју Херцеговине у јулу (од 47,8 mm у Мостару до 55,4 mm у Билећи).

У посматраном периоду 1961–2015. године у сјеверном дијелу Републике Српске највећа количина падавина забиљежена је 2014. године. Међу годинама са великом количином падавина налазе се и 2010. и 2001. година, као и неколико година из периода прије 2000. године: 1969, 1991, 1995. итд. Екстремно кишна (са одступањем већим од $+3\sigma$) била је 2014. година у Бањалуци и Санском Мосту, те 2010. година у Билећи. Година 2014, са катастрофалним поплавама у мају и августу, сврстава се у категорију врло кишних година (одступање $+2-3\sigma$) у Добоју, Бијељини, Сокоцу и Мостару. Врло кишна година била је 2010. година у Санском Мосту, Добоју, Бијељини и Сокоцу, те 2001. година у Добоју и Бијељини, 1999. година у Сарајеву, као и 2013. година у Мостару.

У сјеверном дијелу истраживане територије 2011. година била је година са најмањом количином падавина. Мала количина падавина забиљежена је и 2000, 2003. и 2012. године, као и 1971, 1983. и 1990. године. На сјеверу је 2011. година била једина година у категорији врло сушних година (одступање $-3-2\sigma$). Вегетациони период 2011. године био је најсушнији вегетациони период у посљедњих педесет година на подручју Бањалуке, Приједора и Добоја (Трбић, Г. *et al.*, 2011). Једино је на подручју Бијељине, осим наведене године, врло сушна била и 2000. година. У Сокоцу се у овој категорији нашла само једна година из стандардног климатолошког периода – 1982. година, а у Сарајеву двије – 1982. и 1990. година.

Табела IV – 40: Године са највећом и најмањом количином падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Године са највећом количином падавина																						
М. с.	СМ		ПР		БЛ		ДБ		ТЗ		БН		СА		СО		БИ		МО		ТР	
	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.
1.	1543	2014.	1463	2014.	1686	2014.	1495	2014.	1353	2014.	1090	2001.	1249	1999.	1276	2010.	2698	2010.	2491	2010.	2734	2010.
2.	1424	2010.	1213	1969.	1396	2010.	1427	2001.	1325	2001.	1027	2010.	1187	2010.	1220	2014.	2302	1979.	2188	2013.	2399	1979.
3.	1258	1969.	1197	2010.	1307	1991.	1333	2010.	1261	2010.	1017	2014.	1169	1978.	1077	1999.	2138	1969.	1987	1979.	2229	1996.
4.	1254	1976.	1119	1981.	1281	1980.	1226	1995.	1234	1970.	924	2004.	1153	2005.	1039	1968.	2115	2009.	1973	1996.	2201	1969.
5.	1226	1972.	1102	2002.	1263	2001.	1216	1991.	1215	2005.	921	2005.	1142	2001.	1031	2005.	2067	2014.	1901	1966.	2165	1966.
6.	1203	1974.	1093	1967.	1252	1964.	1163	2005.	1087	1999.	892	1981.	1112	1963.	1020	2001.	2044	1978.	1881	1978.	2091	2014
7.	1193	1991.	1093	1970.	1252	1984.	1148	2004.	1048	1968.	868	1977.	1104	1989.	1018	1977.	2020	1976.	1849	2009.	2073	1984.
8.	1186	1995.	1084	1974.	1227	1976.	1147	1964.	1047	1991.	863	1996.	1101	1977.	1016	2013.	1991	2004.	1847	1969.	2055	2009.
9.	1177	2007.	1070	1991.	1214	1974.	1124	1970.	1039	2004.	840	1970.	1091	1995.	993	1964.	1956	1963.	1833	1970.	2018	1963.
10.	1176	2002.	1052	1976.	1207	1969.	1091	1974.	1006	1981.	829	1987.	1083	2014.	987	1996.	1952	2013.	1805	1976.	2018	2013.

Године са најмањом количином падавина																						
М. с.	СМ		ПР		БЛ		ДБ		ТЗ		БН		СА		СО		БИ		МО		ТР	
	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.	(мм)	г.
1.	606	2011.	491	2011.	588	2011.	504	2011.	566	2011.	467	2011.	626	1982.	562	1982.	965	1994.	840	1983.	944	1989.
2.	764	2003.	645	2003.	683	1971.	627	2000.	569	2000.	481	2000.	643	1990.	587	1990.	967	2011.	846	1989.	1000	1994.
3.	765	2000.	657	1983.	702	2000.	657	1983.	600	1971.	492	1971.	692	2011.	627	2011.	1001	1997.	873	2011.	1054	2011.
4.	776	1971.	709	1971.	777	2003.	664	1971.	632	1990.	531	2003.	721	2000.	631	1983.	1126	1983.	897	1994.	1260	1985.
5.	832	1983.	713	2000.	815	1983.	686	1990.	680	2012.	541	1990.	723	1973.	652	1988.	1129	1989.	1044	2006.	1305	2015.
6.	870	1990.	740	2012.	820	1990.	716	2003.	711	1988.	566	1989.	729	1961.	679	1986.	1247	1975.	1150	1993.	1311	1973.
7.	880	1988.	777	1990.	868	2015.	745	1982.	713	1997.	573	2012.	766	2015.	685	1962.	1249	1982.	1162	2003.	1314	1992.
8.	880	1994.	781	1985.	875	1978.	749	1985.	734	2003.	593	1988.	779	1992.	705	1994.	1266	1993.	1175	1982.	1320	1983.
9.	892	1978.	791	1962.	886	1961.	761	1988.	771	1962.	601	2008.	784	1971.	718	1971.	1283	1992.	1178	1992.	1322	1997.
10.	907	1986.	814	1961.	886	1987.	769	1978.	782	1973.	618	1992.	787	1993.	722	1993.	1303	1990.	1184	1990.	1330	1993.

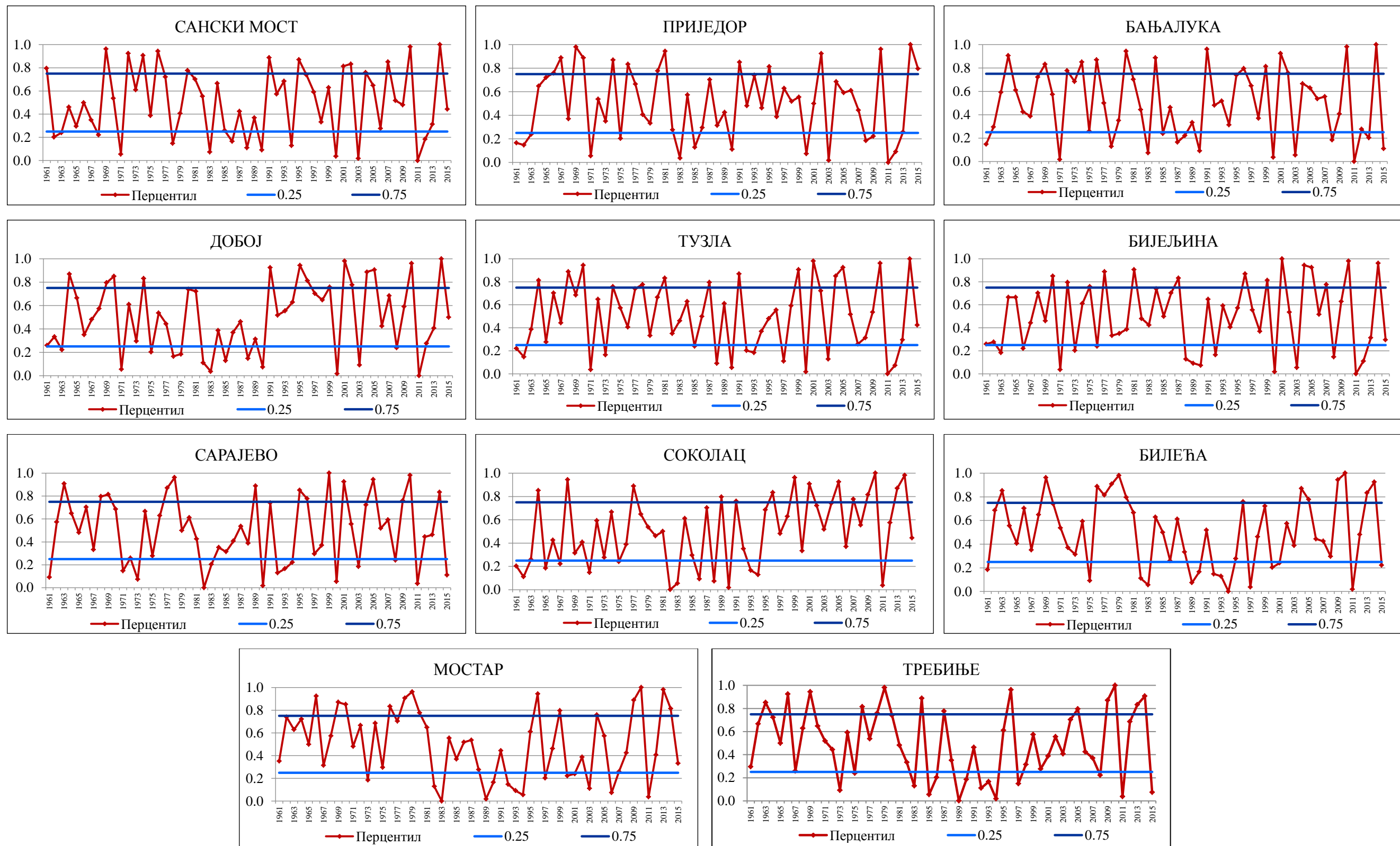
На цијелом анализираном подручју ниједна година се не може сврстати у категорију екстремно сушних (са одступањем падавина већим од -3σ). Знатно мања количина падавина од уобичајене забиљежена је и током сушне 2000, 2003, 2007, 2008. и 2012. године. Током веома сушне 2003. и 2012. године у сјевероисточном дијелу Републике Српске забиљежена је промјена карактера климатског типа у правцу повећања сушности – хумидни тип климе замијенио је семиаридни, док је у вегетационом периоду, а нарочито током сезоне љето, преовладавао још сушнији аридни тип климата према Лангу (Трбућ, Г. *et al.*, 2013).

Анализа линеарног тренда годишњег стандардизованог индекса падавина (*Standardized Precipitation Index – SPI12*), коју су извршили Дуцић, В. *et al.* (2014) за период 1961–2010. године, показала је негативан тренд једино на подручју Херцеговине (Билећа) (наведени тренд није статистички значајан), док је на осталим станицама тренд позитиван, али само у Бијељини и статистички значајан. Линеарни тренд SPI 3 за сезону зима (фебруар) у Билећи, Сарајеву и Добоју показује силазни тренд (повећање сушности), који није статистички значајан. У наведеној сезони тренд је несигнификантно позитиван у Бањалуци и Бијељини. Линеарни тренд SPI 3 за сезону љето (август) негативан је на већини станица (једино у Билећи статистички значајан), док је линеарни тренд SPI 3 за сезону јесен (новембар) позитиван (у Бијељини и статистички значајан) (Дуцић, В. *et al.*, 2014).

О повећању међугодишње варијабилности падавина и порасту учесталости година са екстремним падавинама говори све чешћа смјена веома влажних година са интензивним поплавама веома сувим годинама са појавом суше (или обрнуто). На примјер, након веома сушне 1990. године наступила је веома влажна 1991. година, након сушне 2000. године веома влажна 2001. година, а након веома влажне 2010. године, у којој су забиљежене и велике поплаве, дошла је екстремно сушна 2011. година, у већем дијелу Републике Српске најсушнија година у анализираном периоду. „Током 2010. године углавном је у свим мјесецима било позитивно одступање падавина, са највишим суфицитом у појединачним мјесецима – од

1.000 % на сјеверу до 225 % на југу земље“ (Трбић, Г. *et al.*, 2011). Након ње услиједила је 2011. година, у периоду инструменталних мјерења, најсушнија година на сјеверу Републике Српске и једна од најсушнијих у Херцеговини (Трбић, Г. *et al.*, 2011). У Бањалуци је у периоду 1985–1990. године забиљежено шест узастопних година са годишњом количином падавина испод просјека (у том периоду просјечна годишња количина падавина износила је 921mm), након којих је услиједила веома влажна 1991. година, у којој је излучено 1.307 mm падавина. Затим је након периода 1991–1999. године, који је имао карактер умјерено влажне фазе (Дуцић, В. *et al.*, 2008), услиједила екстремно сушна 2000. година са само 702 mm падавина, а након ње веома влажна 2001. година са 1.263 mm падавина.

Анализа перцентила показује да је у Републици Српској од почетка XXI вијека повећан удио година у категоријама < 25. и > 75. перцентила. Све године од 2009. године имале су обиљежје екстремних временских прилика (Трбић, Г. *et al.*, 2014): велике поплаве забиљежене су 2009, 2010. и 2014. године, суше и јаки топли таласи 2011, 2012, 2013. и 2015. године, јак хладни талас забиљежен је почетком 2012. године, а снажан вјетар средином исте године. Истраживање Дуцић, В. *et al.* (2014) такође је потврдило пораст броја станица на којима су забиљежене екстремно сушне и екстремно влажне године. Према овом истраживању у декади 2001–2010. године регистрован је највећи број екстремних љета у падавинском погледу на шест станица, у декади 1981–1990. године највећи број сушних, а у декади 2001–2010. године највећи број влажних година (Дуцић, В. *et al.*, 2014). „Досадашње анализе показују да се плувиметријски режим мијења у смислу повећања интензитета кишних падавина и продужења сушних периода“ (Трбић, Г. & Бајић, Д. 2011).

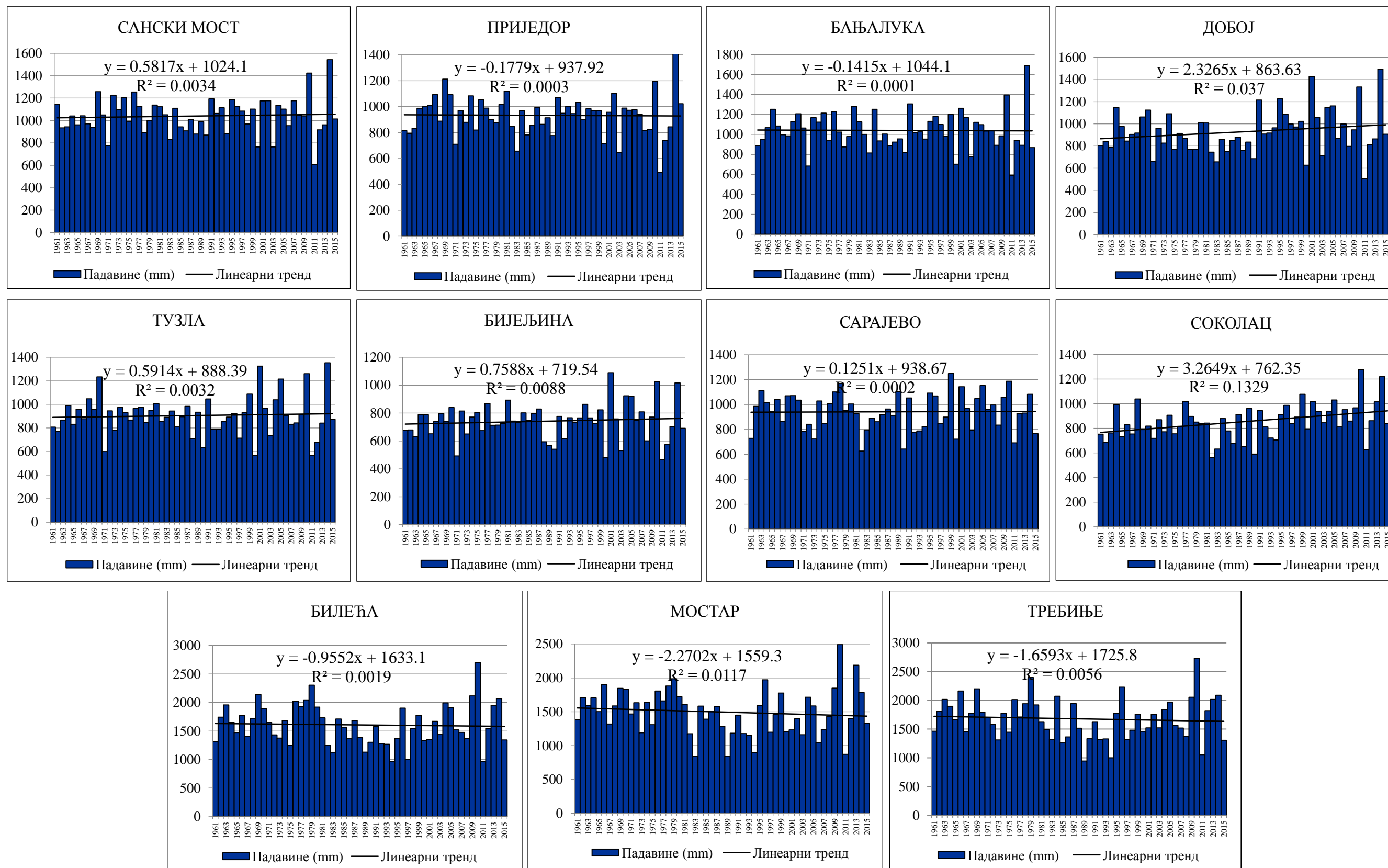


Графикон IV – 37: Средња годишња количина падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (перцентили)

За разлику од температуре ваздуха, трендови годишње количине падавина у периоду 1961–2015. године регионално су веома промјенљиви. На релативно малим удаљеностима можемо пронаћи станице на којима је присутан позитиван тренд и станице на којима је присутан негативан тренд средње годишње количине падавина. Тако је, на примјер, у Санском Мосту присутан позитиван тренд падавина (5,8 mm по деценији), а у 25 km удаљеном Приједору и 40 km удаљеној Бањалуци негативан тренд (1,8 mm по деценији и 1,4 mm по деценији). Ипак, сви уочени трендови нису статистички значајни. Једино је на подручју Сокоца регистрован значајан ($p < 0,01$) позитиван тренд средње годишње количине падавина од 32,6 mm по деценији. На подручју Херцеговине присутно је несигнификантно смањење годишње количине падавина – у Мостару 22,7 mm по деценији, а у Требињу 16,6 mm по деценији.

Компаративна анализа просјечне годишње количине падавина у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период, такође, не показује статистички значајну разлику у количини падавина између два наведена периода. У периоду 1981–2010. године количина падавина је у односу на стандардни климатолошки период 1961–1990. године највише повећана у Добоју (77,6 mm или 9,0 %) и Сокоцу (57,4 mm или 7,2 %), док је у истом периоду количина падавина највише смањена на подручју Херцеговине – у Билећи (103,7 mm или 6,4 %) и Мостару (122,0 mm или 8,0 %).

Посматрано на годишњем нивоу, промјене количине падавина још нису драстичне, међутим, дефицит падавина током сезоне љето већ постаје израженији на готово цијелом подручју Републике Српске (Трбић, Г., 2013).



Графикон IV – 38: Тренд средње годишње количине падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Табела IV – 41: Средње мјесечне и годишње количине падавина у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у мм)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Г.
СМ	а	67,6	62,2	78,7	88,1	95,7	104,1	92,9	80,3	80,0	93,8	83,9	1023,5
	б	66,7	64,2	81,9	90,9	92,4	109,8	73,3	105,7	91,3	94,9	93,2	1039,7
	-	-0,9	2,0	3,2	2,8	-3,3	5,7	-20,6	25,4	11,3	1,1	9,3	16,3
ПР	а	63,1	56,8	68,0	80,2	85,6	88,7	87,7	76,9	73,9	88,2	73,1	926,5
	б	60,9	51,8	68,2	77,4	83,6	94,3	66,5	98,5	84,0	86,5	76,8	924,5
	-	-2,2	-5,0	0,2	-2,8	-2,0	5,6	-21,2	-8,5	10,1	-1,6	3,7	-2,0
БЛ	а	69,5	63,4	79,1	87,0	97,8	111,0	94,8	82,2	72,0	91,5	87,0	1028,6
	б	70,0	59,7	87,8	87,6	89,8	114,4	84,1	100,1	80,2	92,7	92,6	1036,4
	-	0,6	-3,8	8,7	0,6	-7,9	3,4	-10,8	17,9	8,2	1,2	5,6	7,8
ДБ	а	57,3	55,8	64,1	70,9	85,7	102,0	84,5	67,3	57,0	75,6	73,8	870,1
	б	63,0	53,8	68,9	71,9	89,6	121,7	90,3	84,4	76,0	81,0	75,2	947,7
	-	5,7	-2,0	4,8	1,0	3,9	19,6	5,8	-4,2	17,1	5,4	1,4	77,6
ТЗ	а	58,6	55,0	61,1	75,8	91,6	110,8	93,7	64,4	56,4	71,0	71,5	894,3
	б	59,5	48,5	65,3	69,0	82,2	124,3	91,6	74,5	75,5	74,1	67,5	909,6
	-	0,9	-6,4	4,2	-6,9	-9,5	13,5	-2,1	10,1	19,0	3,1	-4,0	15,4
БН	а	48,3	45,7	55,1	61,7	66,3	95,3	71,1	51,7	45,8	63,4	60,3	726,6
	б	54,1	41,9	59,1	66,0	66,8	98,8	69,4	55,9	61,5	66,3	61,1	757,9
	-	5,7	-3,8	4,0	4,3	0,5	3,6	-1,7	4,2	15,6	2,8	0,8	31,3
СА	а	71,4	67,0	70,3	73,6	81,7	91,0	80,1	70,2	76,6	94,2	84,6	932,0
	б	66,5	62,8	69,4	77,9	74,0	92,6	73,9	85,4	88,0	92,6	84,1	936,7
	-	-4,9	-4,2	-0,9	4,3	-7,6	1,6	-6,2	15,1	11,3	-1,6	-0,5	4,6
СО	а	53,2	47,9	55,7	62,0	72,5	84,0	73,0	69,8	67,5	83,5	69,5	802,7
	б	52,7	52,2	57,3	67,2	74,6	91,7	74,2	72,4	79,8	88,5	69,7	860,1
	-	-0,5	4,3	1,7	5,2	2,1	7,7	1,2	15,8	12,3	5,0	0,2	57,4
БИ	а	169,0	148,7	149,3	137,7	93,0	90,1	57,5	121,3	166,0	215,6	206,0	1630,6
	б	137,7	135,8	127,1	121,0	95,3	74,5	51,5	122,7	179,6	222,0	198,3	1526,9
	-	-31,4	-12,9	-22,1	-16,7	2,3	-15,7	-6,0	1,4	13,7	6,4	-7,7	-103,7
МО	а	164,7	153,2	150,0	127,3	102,1	77,9	44,8	96,6	153,5	199,9	178,9	1522,7
	б	138,9	120,2	127,2	117,7	89,6	70,0	43,2	121,5	151,8	184,7	176,2	1400,7
	-	-25,7	-33,0	-22,9	-9,6	-12,4	-7,9	-1,6	24,8	-1,7	-15,2	-2,7	-122,0
ТР	а	173,2	147,5	153,7	149,0	88,5	84,1	49,2	121,5	192,0	234,5	217,8	1697,2
	б	155,7	138,6	132,1	113,1	89,2	74,8	41,8	140,5	181,4	244,3	225,1	1601,2
	-	-17,5	-8,9	-21,6	-35,9	0,8	-9,3	-7,4	18,9	-10,6	9,9	7,2	-96,0

Слични трендови падавина као у Републици Српској забиљежени су и у региону. Средња годишња количина падавина у Републици Србији биљежи несигнификантан позитивни тренд (Дуцић, В. *et al.*, 2009). Ипак, трендови су, као и у Републици Српској, регионално различити. У периоду 1950–2004. године у највећем дијелу територије, осим на истоку и југу, присутан је позитиван тренд количине падавина (Vučićević, В. *et al.*, 2010). У југозападном дијелу (на подручју Златибора, Сјенице и Призрена) присутан је статистички значајан позитиван тренд, а у Неготинској крајини значајан негативан тренд (Дуцић, В. *et al.*, 2009). Анализа трендова годишњих и сезонских количина падавина показује да су на већини станица у Републици Словенији присутне ниске и негативне вриједности тренда које нису статистички значајне (Milošević, D. *et al.*, 2013a). Годишње количине падавине у Републици Хрватској показују преовладавајуће несигнификантне трендове, који су позитивни у источним, а негативни у осталим подручјима (негативни трендови годишње количине падавина углавном су посљедица негативних трендова падавина у сезони љето) (Branković, Č. *et al.*, 2013). У анализираном периоду у Подгорици, у Црној Гори, такође, није присутан статистички значајан тренд промјене количине падавина ни у једној сезони (Дуцић, В. *et al.*, 2011). Ипак, резултати досадашњих истраживања показују да је у Црној Гори генерално број дана са падавинама смањен, али је повећан интензитет падавина, посебно на југозападу (Burić, D. *et al.*, 2015). Број дана са падавинама ≥ 1 mm смањен је од 1976. године и на цијелој територији Републике Србије, док је годишња количина падавина изнад 95. перцентила порасла у односу на референтни период 1961–1990. године (Vučićević, В. *et al.*, 2010).

2.2. Средње сезонске количине падавина

Укупна годишња количина падавина је недовољна мјера за анализу доступности влаге за раст и развој биљног свијета на неком подручју, јер не говори о томе како су падавине распоређене током године. За процјену погодности неког подручја (станишта) за развој биљног свијета једнако су важни и распоред падавина по годишњим сезонама, међугодишња варијабилност, варијације падавина од мјесеца до мјесеца, као и честина и интензитет падавина (Granger, O. E., 2005).

Анализа падавина по годишњим сезонама показује да се највећа количина падавина на крајњем сјеверозападу, као и на подручју Сарајева и Сокоца, излучи у сезони јесен (27–28 %), а затим у сезонама љето (26 %) и прољеће (24–25 %), док се током сезоне зима излучи најмања количина падавина (21–24 %). У сјеверном дијелу Републике Српске, на подручју од Бањалуке до Бијељине, највећа количина падавина излучи се у сезони љето (од 27 % у Бањалуци до 31 % у Тузли), а затим у сезонама прољеће (25 %) и јесен (23–26 %). Зима је и у овом дијелу Републике Српске најсушнија годишња сезона (20–22 %).

Највеће колебање падавина током године присутно је на подручју Херцеговине, са великом разликом у количини падавина током хладног и топлог дијела године. У сезонама јесен и зима излучи се 2/3 годишње количине падавина, а током изузетно сушног љета свега 12–13 % годишње количине падавина.

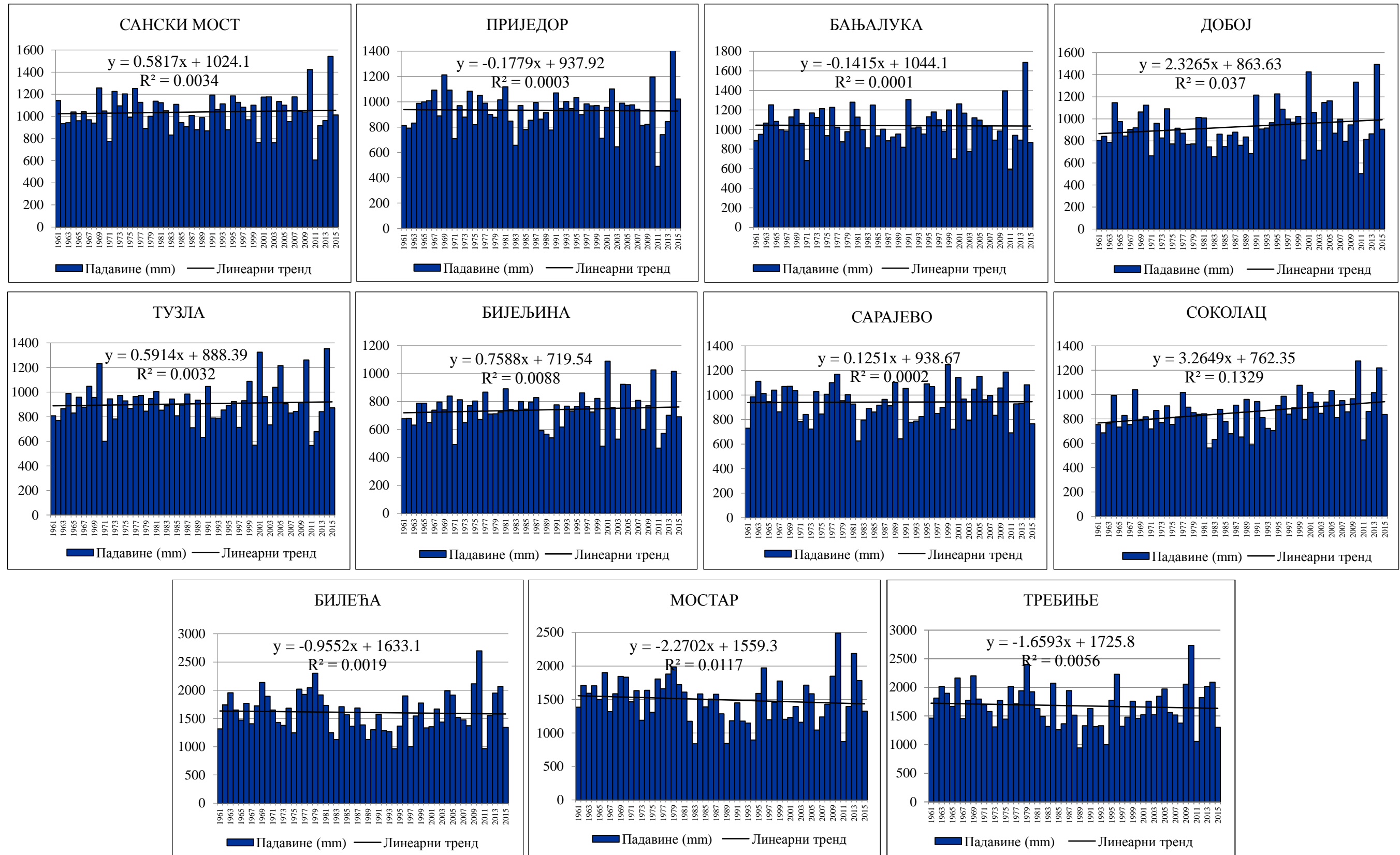
У вегетационом периоду, када је влага биљкама и најпотребнија, у сјеверном дијелу Републике Српске излучи се просјечно 53–58 % годишње количине падавина, у региону Сарајева и Сокоца 50–54 %, а у Херцеговини само 34–35 %.

Табела IV – 42: Средње сезонске количине падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у mm и %)

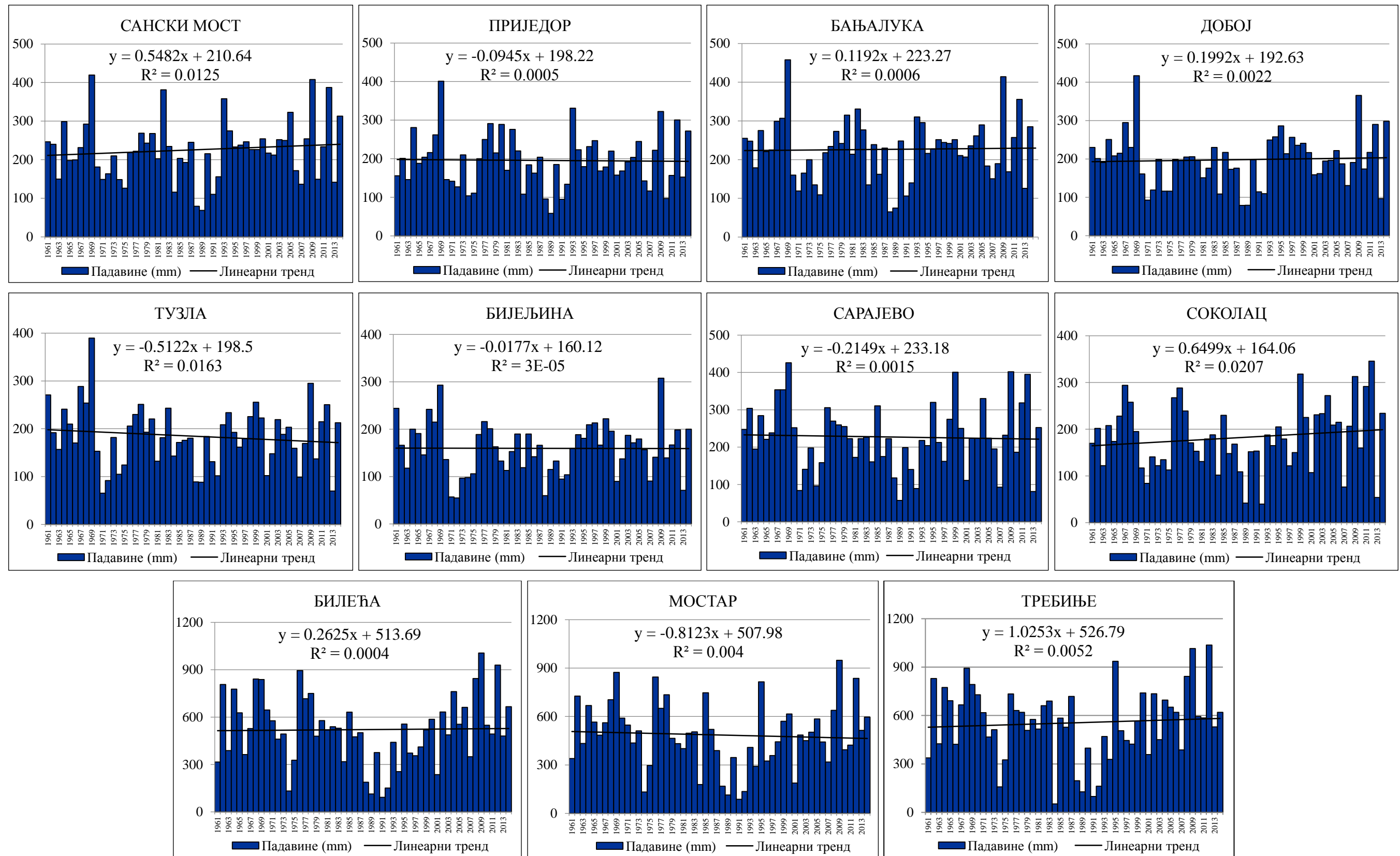
М. с.	ЗИМА		ПРОЉЕЋЕ		ЉЕТО		ЈЕСЕН		ВЕГЕТАЦИОНИ ПЕРИОД	
	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
СМ	225,7	21,7	263,5	25,3	271,0	26,0	282,2	27,1	555,5	53,3
ПР	195,6	20,9	230,4	24,6	245,8	26,3	263,2	28,2	504,6	54,0
БЛ	226,6	21,7	265,8	25,5	283,4	27,2	267,0	25,6	566,7	54,3
ДБ	198,1	21,3	230,9	24,8	273,9	29,4	228,0	24,5	519,1	55,8
ТЗ	184,4	20,3	227,2	25,1	282,8	31,2	212,4	23,4	522,9	57,7
БН	159,6	21,5	189,6	25,5	219,8	29,6	174,8	23,5	411,6	55,3
СА	227,3	24,1	226,7	24,0	232,3	24,6	258,5	27,4	473,2	50,1
СО	181,9	21,3	206,7	24,1	229,8	26,8	237,6	27,8	457,6	53,5
БИ	520,9	32,3	362,5	22,5	206,7	12,8	522,9	32,4	559,9	34,7
МО	485,6	32,4	356,1	23,7	190,9	12,7	467,8	31,2	530,7	35,4
ТР	555,0	32,9	367,1	21,8	203,5	12,1	560,8	33,3	566,0	33,6

У периоду 1961–2015. године трендови количине падавина су, сезонски и регионално, веома промјенљиви. У сезони зима присутни су регионално врло промјенљиви трендови, са смјењивањем позитивног и негативног тренда на релативно малом простору. Најизраженији негативан тренд забиљежен је у Мостару, гдје су падавине по линији тренда смањене за 8,1 mm по деценији, док је највећи позитиван тренд забиљежен у само 83 km удаљеном Требињу, гдје су падавине по линији тренда порасле за 10,3 mm по деценији. Ипак, ниједан тренд на цијелом анализираном подручју није статистички значајан. У сезони прољеће присутан је незнатан пораст количине падавина у већем дијелу Републике Српске, осим у Херцеговини, гдје је утврђено смањење количине падавина (на примјер, у Требињу за 10,3 mm по деценији). Ипак, уочени позитивни тренд значајан је једино на подручју Сокоца ($p < 0,01$), гдје је количина падавина порасла по линији тренда за 13,9 mm по деценији. У сезони љето присутан је негативан тренд на готово цијелом подручју, осим у Сокоцу и Добоју (на подручју Добоја забиљежено је неколико година са екстремно великим количинама падавина и интензивним поплавама – 2005, 2010. и 2014. године). Ипак, уочени негативни тренд засада је значајан ($p < 0,05$) једино на сјеверозападу, на подручју Приједора и Санског Моста (13,9 mm и 16,9 mm по деценији). Негативни тренд израженији је и у Херцеговини (на примјер, у Билећи је смањење количине падавина по линији тренда за 14,9 mm по деценији значајно на нивоу $p < 0,10$). У сезони јесен присутан је благи и несигнификантни пораст количине падавина на свим станицама (од 1,5 mm по деценији у Мостару до 13,6 mm по деценији у Санском Мосту), осим у Требињу, гдје је забиљежено несигнификантно смањење количине падавина за 2,2 mm по деценији.

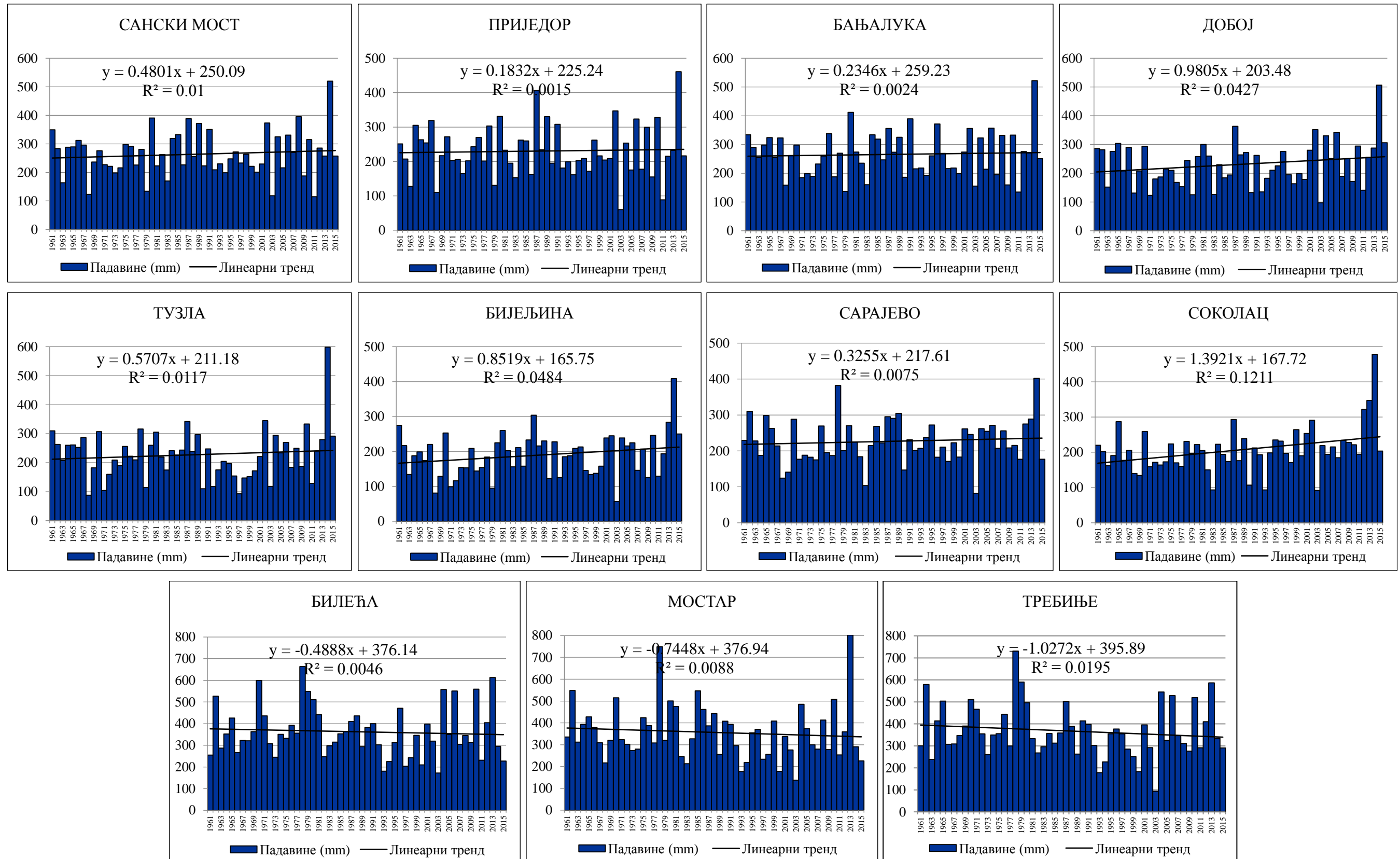
У вегетационом периоду тренд количине падавина регионално је врло промјенљив. У сјеверном дијелу Републике Српске, негативан тренд присутан је у сјеверозападном дијелу све до Бањалуке, док је на подручју источно од Бањалуке све до Бијељине присутан позитиван тренд. У источном дијелу од Бијељине до Сарајева и Сокоца, количина падавина у овом дијелу године такође расте. Једини значајан ($p < 0,02$) позитиван тренд од 22,5 mm по деценији присутан је управо на подручју Сокоца. Количина падавина у вегетационом периоду смањена је у већем дијелу Херцеговине, а незнатан пораст присутан је једино на подручју Мостара.



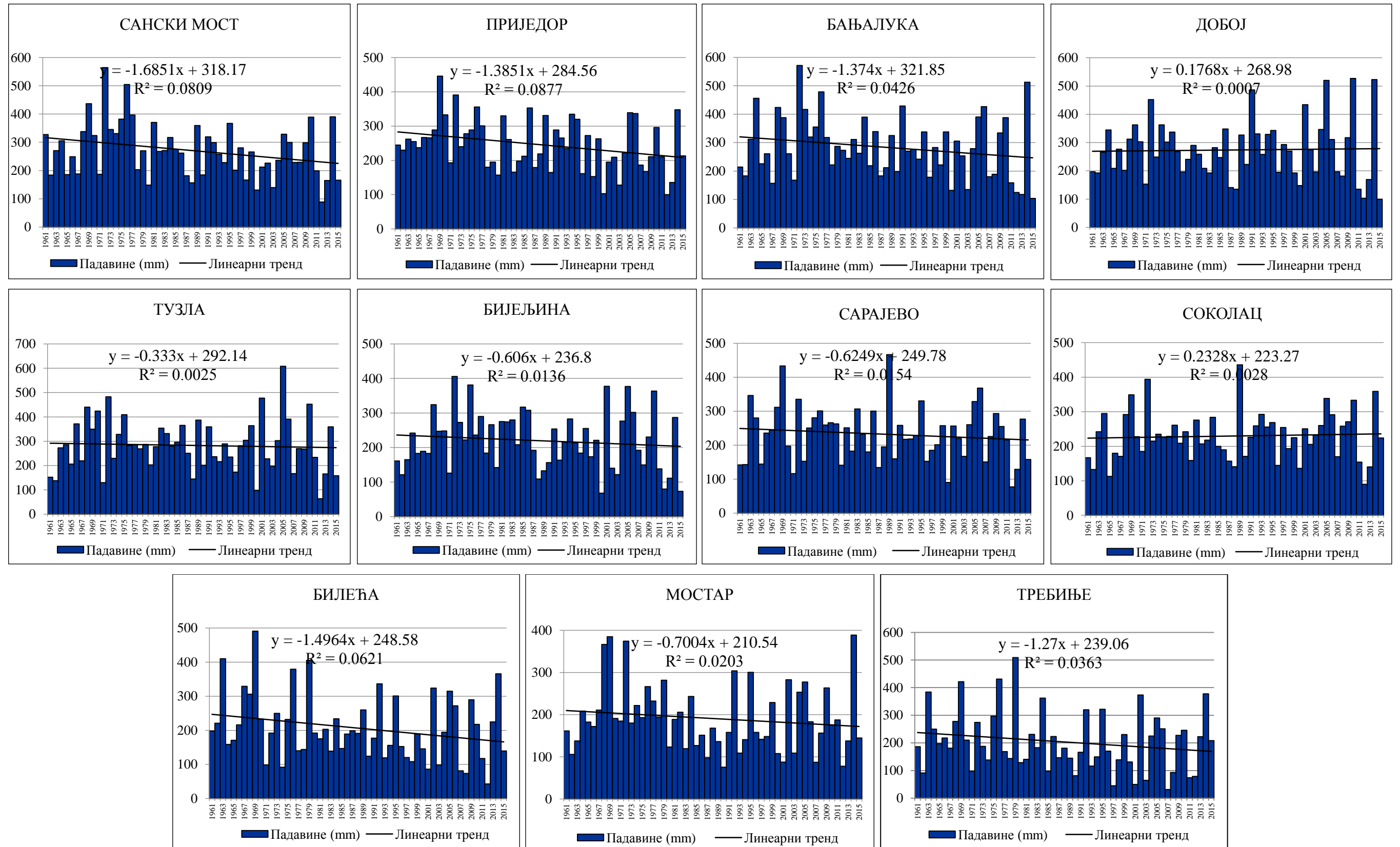
Графикон IV – 39: Тренд средње годишње количине падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



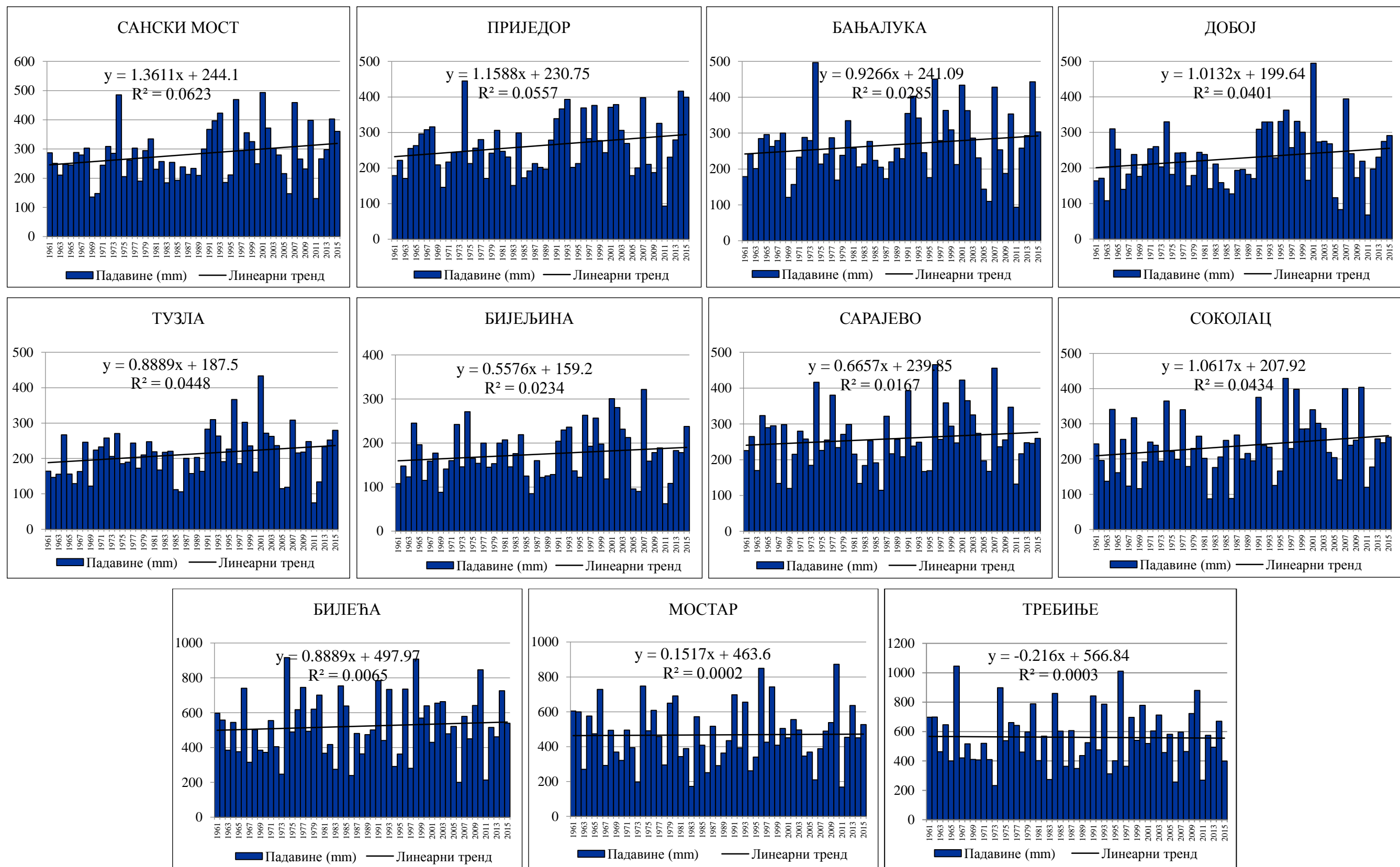
Графикон IV – 40: Тренд средње количине падавина у сезони зима у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



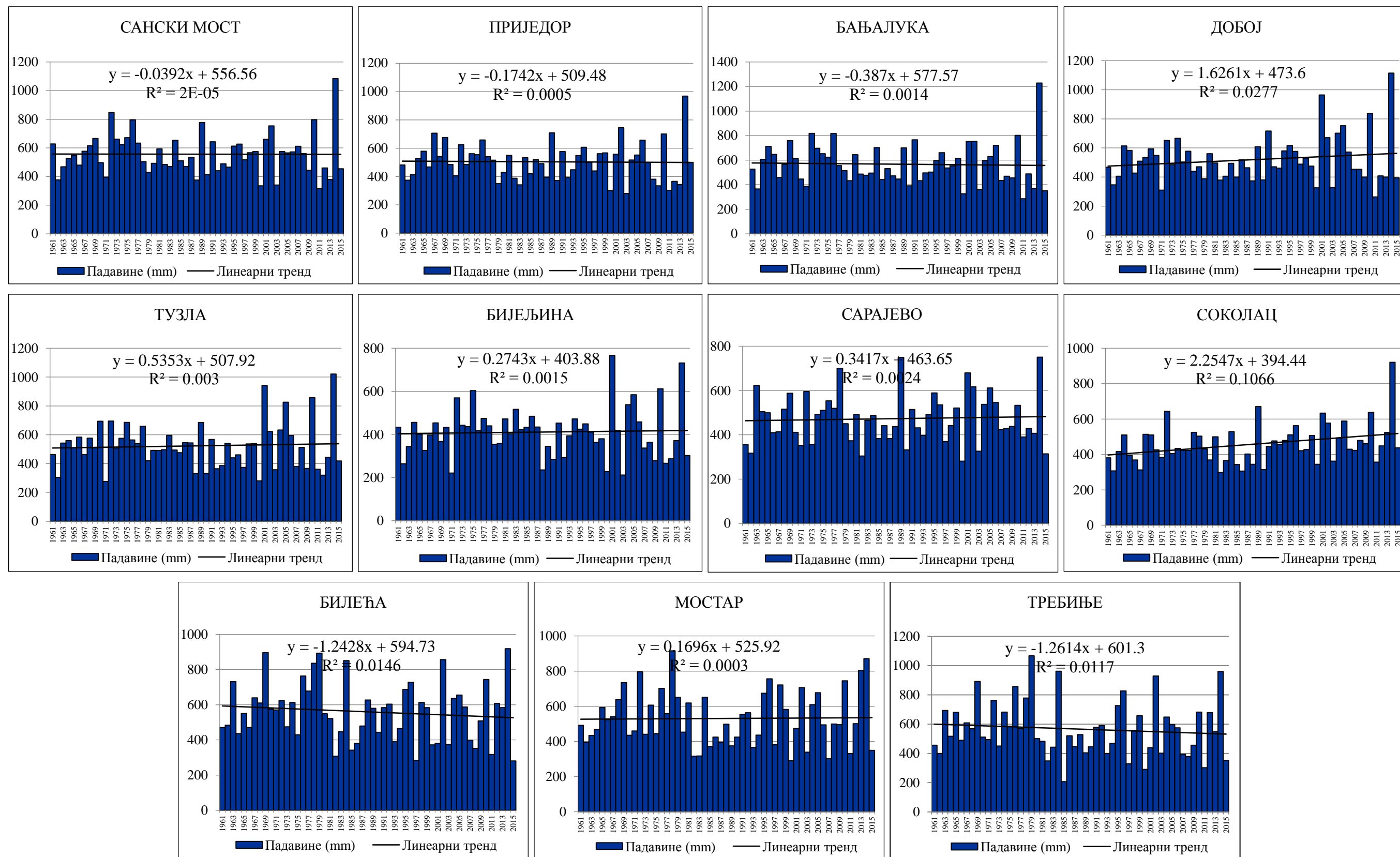
Графикон IV – 41: Тренд средње количине падавина у сезони прољеће у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 42: Тренд средње количине падавина у сезони љето у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 43: Тренд средње количине падавина у сезони јесен у Републици Српској у периоду 1961–2015. године



Графикон IV – 44: Тренд средње количине падавина у вегетационом периоду у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Табела IV – 43: Средње сезонске количине падавина у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у mm и %)

М. с.		ЗИМА		ПРОЉЕЋЕ		ЉЕТО		ЈЕСЕН		ВЕГЕТАЦИОНИ ПЕРИОД	
		(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
СМ	а	213,8	20,9	262,5	25,6	293,0	28,6	254,1	24,8	557,1	54,4
	б	221,3	21,3	265,3	25,6	258,4	24,9	291,9	28,2	547,5	52,8
	-	7,4	3,4	2,8	1,1	-34,6	-13,4	37,8	13,0	-9,6	-1,8
ПР	а	193,5	20,9	233,8	25,2	260,8	28,1	238,9	25,8	503,5	54,3
	б	184,7	20,1	229,2	24,9	236,7	25,7	269,1	29,3	496,3	54,0
	-	-8,8	-4,8	-4,6	-2,0	-24,1	-10,2	30,1	11,2	-7,2	-1,5
БЛ	а	220,4	21,4	263,9	25,6	299,3	29,1	245,6	23,9	566,3	55,0
	б	219,1	21,2	265,3	25,7	275,8	26,7	273,0	26,4	553,4	53,6
	-	-1,3	-0,6	1,4	0,5	-23,4	-8,5	27,4	10,0	-12,8	-2,3
ДБ	а	187,8	21,6	220,7	25,3	262,7	30,2	199,9	22,9	486,6	55,9
	б	191,7	20,2	230,4	24,3	283,9	30,0	241,4	25,5	529,8	55,9
	-	3,9	2,0	9,7	4,2	21,2	7,5	41,5	17,2	43,1	8,1
ТЗ	а	186,0	20,8	228,6	25,5	288,5	32,2	191,8	21,4	520,4	58,1
	б	174,0	19,2	216,5	23,8	293,6	32,3	224,0	24,7	519,2	57,2
	-	-12,0	-6,9	-12,1	-5,6	5,0	1,7	32,2	14,4	-1,2	-0,2
БН	а	154,9	21,3	183,2	25,2	228,0	31,4	161,0	22,1	407,8	56,1
	б	157,3	20,7	192,0	25,3	227,1	29,9	183,6	24,2	415,9	54,7
	-	2,4	1,5	8,8	4,6	-0,9	-0,4	22,7	12,3	8,1	1,9
СА	а	224,4	24,1	225,5	24,2	241,8	25,9	241,1	25,8	467,3	50,1
	б	211,9	22,7	221,3	23,7	235,8	25,2	265,9	28,4	473,1	50,6
	-	-12,5	-5,9	-4,2	-1,9	-6,0	-2,5	24,8	9,3	5,8	1,2
СО	а	171,0	21,3	190,1	23,7	226,8	28,2	215,1	26,8	425,4	53,0
	б	173,9	20,2	199,1	23,2	238,2	27,7	248,2	28,9	459,9	53,5
	-	2,9	1,7	9,0	4,5	11,4	4,8	33,1	13,3	34,5	7,5
БИ	а	524,4	32,1	380,0	23,3	224,0	13,7	502,8	30,8	576,0	35,3
	б	467,3	30,7	343,5	22,6	187,3	12,3	524,3	34,4	526,3	34,6
	-	-57,1	-12,2	-36,6	-10,6	-36,7	-19,6	21,5	4,1	-49,7	-9,4
МО	а	495,2	32,6	379,4	24,9	196,3	12,9	450,0	29,6	522,3	34,3
	б	428,8	30,8	334,4	24,0	173,0	12,4	458,0	32,8	501,7	36,0
	-	-66,4	-15,5	-44,9	-13,4	-23,4	-13,5	8,0	1,7	-20,6	-4,1
ТР	а	539,1	31,8	391,2	23,0	219,6	12,9	547,9	32,3	578,6	34,1
	б	516,5	32,3	334,5	20,9	181,2	11,3	566,2	35,4	524,0	32,8
	-	-22,7	-4,4	-56,8	-17,0	-38,4	-21,2	18,2	3,2	-54,6	-10,4

Напомена: Статистички значајна разлика – **болд** $p < 0,01$, *италик* $p < 0,05$.

Компаративна анализа просјечне количине падавина у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период, такође, не показује значајну разлику у количини падавина између наведених периода ни у једној годишњој сезони, као ни у вегетационом периоду. Значајна разлика утврђена је једино у Добоју у сезони јесен, у којој је количина падавина повећана за 41,5 mm или 17,2 %. У овој сезони количина падавина на свим станицама порасла је 9–17 % у односу на референтни период. У сезони љето падавине су највише смањене на сјеверозападу – у Санском Мосту за 13 %, а у Приједору за 10 %. У сезонама прољеће и зима нема знатније разлике у количини падавина између два периода. У вегетационом периоду количина падавина је у периоду 1981–2010. године знатније порасла само у Добоју и Сокоцу (8 %).

2.3. Варијабилност падавина

Најчешће коришћени параметри за анализу варијабилности или дисперзије падавина су: стандардна девијација, варијанса, коефицијент колебања, амплитуда, квантили, децили, перцентили и др. (*Granger, O. E., 2005*). Амплитуда представља разлику између највеће и најмање вриједности падавина. Стандардна девијација је квадратни коријен средњег квадрата одступања појединачних мјерења од њихове аритметичке средине, а варијанса квадрат стандардне девијације. Коефицијент варијације (колебања) изражава однос стандардне девијације и средње вриједности падавина.

2.3.1. Амплитуда падавина

Максимална годишња количина падавина у сјеверном дијелу Републике Српске забиљежена је 2014. године, а кретала се у интервалу од 1.353,1 mm у Тузли до 1.686,2 mm у Бањалуци (у Бијељини је максималних 1.089,9 mm забиљежено 2001. године). Максимална количина падавина у Сокоцу (1.276,3 mm) и Херцеговини (од 2.490,7 mm у Мостару до 2.734,3 mm у Требињу) забиљежена је 2010. године, када су на овом подручју забиљегене и велике поплаве. Минимална годишња количина падавина на сјеверу територије (од 467,4 mm у Бијељини до 605,8 mm у Санском Мосту) забиљежена је 2011. године, на подручју Сарајева и

Сокоца 1982. године, док су на подручју Херцеговине најсувље године биле 1989. и 1994. година. Убједљиво највеће амплитуде средњих годишњих количина падавина присутне су на подручју Херцеговине (од 1.650,7 mm у Мостару до 1.790,6 mm у Требињу), а затим на сјеверозападу (од 937,5 mm у Санском Мосту до 1.098,0 mm у Бањалуци). Амплитуде су најмање на подручју Сокоца и Сарајева, те Тузле и Добоја.

Табела IV – 44: Амплитуда средњих мјесечних и годишњих падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у mm)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.	
СМ	max	141,3	189,6	171,2	226,4	212,1	231,6	255,9	291,4	285,8	292,8	179,3	218,6	1543,3
	min	1,8	12,0	10,7	17,4	16,0	26,9	14,9	1,0	13,7	0,0	4,3	3,1	605,8
ПР	А	139,5	177,6	160,5	209,0	196,1	204,7	241,0	290,4	272,1	292,8	175,0	215,5	937,5
	max	130,0	156,0	163,9	163,8	218,8	178,8	183,0	176,3	237,2	266,0	189,0	165,4	1463,4
БЛ	min	1,6	9,4	12,8	10,7	11,0	19,1	18,4	1,0	12,0	0,0	3,3	2,0	490,6
	А	128,4	146,6	151,1	153,1	207,8	159,7	164,6	175,3	225,2	266,0	185,7	163,4	972,8
ДБ	max	148,4	195,0	157,7	214,0	217,8	277,0	273,4	304,0	284,0	276,0	196,0	207,0	1686,2
	min	9,0	7,5	5,0	4,5	14,0	35,7	20,5	1,8	19,0	0,0	5,1	0,4	588,2
ТЗ	А	139,4	187,5	152,7	209,5	203,8	241,3	252,9	302,2	265,0	276,0	190,9	206,6	1098,0
	max	139,5	129,0	181,0	189,9	270,4	372,4	288,0	287,9	326,1	187,0	150,8	164,5	1494,5
ДВ	min	7,5	10,3	8,8	16,1	19,0	44,0	2,8	0,2	12,0	0,0	15,0	2,0	504,1
	А	132,0	118,7	172,2	173,8	251,4	328,4	285,2	287,7	314,1	187,0	135,8	162,5	990,4
ТЗ	max	139,4	120,2	141,1	186,9	339,3	337,5	290,0	212,7	304,2	177,7	143,0	183,9	1353,1
	min	10,2	10,0	8,3	18,3	16,4	43,9	8,3	0,0	6,4	0,1	13,0	2,0	566,1
БН	А	129,2	110,2	132,8	168,6	322,9	293,6	281,7	212,7	297,8	177,6	130,0	181,9	787,0
	max	106,0	103,0	142,0	108,2	252,5	233,0	196,0	174,0	213,4	151,0	115,3	152,4	1089,9
БН	min	2,0	6,0	5,1	2,7	16,0	22,4	11,3	0,0	0,1	0,0	9,5	3,7	467,4
	А	104,0	97,0	136,9	105,5	236,5	210,6	184,7	174,0	213,3	151,0	105,8	148,7	622,5
СА	max	161,3	183,1	174,4	148,5	203,3	181,5	190,0	183,3	258,3	259,0	206,2	293,6	1248,9
	min	4,3	12,9	1,9	7,7	29,0	11,8	8,4	4,8	6,1	0,9	24,0	2,5	626,0
СО	А	157,0	170,2	172,5	140,8	174,3	169,7	181,6	178,5	252,2	258,1	182,2	291,1	622,9
	max	126,1	154,7	108,1	153,9	260,7	203,7	249,0	159,9	232,7	229,0	202,0	222,6	1276,3
СО	min	4,9	6,8	5,8	4,5	22,0	11,6	2,0	0,6	5,0	0,4	16,0	0,6	562,0
	А	121,2	147,9	102,3	149,4	238,7	192,1	247,0	159,3	227,7	228,6	186,0	222,0	714,3
БИ	max	388,1	425,6	338,0	347,0	252,5	251,0	170,9	204,9	384,0	512,0	537,0	500,0	2698,3
	min	5,0	1,4	0,1	21,5	10,0	11,2	1,0	2,2	6,0	0,0	55,5	0,0	965,0
БИ	А	383,1	424,2	337,9	325,5	242,5	239,8	169,9	202,7	378,0	512,0	481,5	500,0	1733,3
	max	394,9	373,4	386,8	275,8	280,3	190,0	246,2	224,0	336,4	462,8	434,1	467,6	2490,7
МО	min	0,4	1,3	0,0	16,1	10,9	10,0	0,3	0,0	2,7	0,0	45,8	0,0	840,0
	А	394,5	372,1	386,8	259,7	269,4	180,0	245,9	224,0	333,7	462,8	388,3	467,6	1650,7
ТР	max	391,9	437,5	369,8	428,9	252,0	200,3	185,4	307,6	388,5	590,8	528,6	481,1	2734,3
	min	0,0	0,0	0,8	9,0	4,5	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,9	0,0	943,7
А	391,9	437,5	369,0	419,9	247,5	197,3	185,4	307,6	388,5	590,8	476,7	481,1	1790,6	

2.3.2. Стандардна девијација

Анализа стандардизованих аномалија сезонских количина падавина у Републици Српској показује да је врло сушна зима забиљежена 1988. године у Бањалуци и 1989. године у Санском Мосту. Прољеће 2003. године било је врло сушно у Бијељини и Сарајеву, у којем је и прољеће 1983. године било у истој категорији. Екстремно кишно прољеће забиљежено је 2014. године широм Републике Српске (осим у Херцеговини). Екстремно велике количине падавина које су узроковале и велике поплаве широм Републике Српске забиљежене су у мају 2014. године. Током овог мјесеца највише кише излучено је у Хан Пијеску (327 mm), на Козари (313 mm), у Зворнику (303 mm), Мркоњић Граду (274 mm) и Добоју (270 mm) (Супић, Д. & Чизмић, И., 2015).⁹ Прекомјерне падавине, које су изазвале изливање водотока, бујице, подизање нивоа подземних вода и плављење пољопривредних површина, створиле су сувише влажне услове који су онемогућавали оптималан развој биљака, а погодовале су и појави биљних болести и интензивном развоју корова (Супић, Д. & Чизмић, И., 2015).

На подручју Сарајева и Сокоца прољеће 2014. године било је врло кишно. У Мостару екстремно кишно било је прољеће 2013. и 1978. године. Екстремно кишна сезона била је љето 1972. године у Санском Мосту, те зима 1969. године и јесен 2001. године у Добоју. Врло кишне зиме у већем дијелу анализираних подручја забиљежене су 1969. и 2009. године, а у Сокоцу 2012. године. Осим 2014. године сезона прољеће била је врло влажна у Сарајеву и 1978. године. У Билећи су три прољећне сезоне биле у овој категорији – 1963, 1969. и 2013. године. Врло кишне јесени забиљежене су на појединим станицама 1974, 1996, 2001, 2007. и 2010. године.

⁹ Велике количине падавина и поплаве забиљежене су и почетком августа исте године, када су највеће количине падавина излучене на подручју Добоја (288 mm), Бањалуке (276 mm), Источног Дрвара (219 mm) и Рибника (205 mm) (Супић, Д. & Чизмић, И., 2015).

Табела IV – 45: Класификација годишњих и сезонских количина падавина у Републици Српској на основу стандардизованих аномалија у периоду 1961–2015. године

Карактеристика	САНСКИ МОСТ						БАЊАЛУКА					
	г.	з	п	љ	ј	в. п.	г.	з	п	љ	ј	в. п.
Екстремно сушно (<-3σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Врло сушно ((-3)–(-2) σ)	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Сушно ((-2)–(-1) σ)	6	7	6	8	8	8	5	8	9	8	9	8
Нормално (±1 σ)	42	39	41	38	38	41	41	38	39	38	38	39
Кишно (1–2 σ)	4	3	7	7	5	4	7	5	6	7	5	7
Врло кишно (2–3 σ)	1	4	0	1	4	1	0	2	0	2	3	0
Екстремно кишно (>3 σ)	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1
Карактеристика	ДОБОЈ						БИЈЕЉИНА					
	г.	з	п	љ	ј	в. п.	г.	з	п	љ	ј	в. п.
Екстремно сушно (<-3σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Врло сушно ((-3)–(-2) σ)	1	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
Сушно ((-2)–(-1) σ)	5	11	10	8	8	5	7	10	7	9	8	10
Нормално (±1 σ)	40	37	40	41	37	44	40	37	41	38	37	38
Кишно (1–2 σ)	6	4	4	2	8	3	3	5	5	7	8	5
Врло кишно (2–3 σ)	3	1	0	4	1	2	3	2	0	1	2	1
Екстремно кишно (>3 σ)	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1
Карактеристика	САРАЈЕВО						СОКОЛАЦ					
	г.	з	п	љ	ј	в. п.	г.	з	п	љ	ј	в. п.
Екстремно сушно (<-3σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Врло сушно ((-3)–(-2) σ)	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Сушно ((-2)–(-1) σ)	10	8	3	10	9	9	7	8	6	10	8	8
Нормално (±1 σ)	34	37	41	38	37	36	39	37	43	39	38	40
Кишно (1–2 σ)	8	8	7	5	7	7	6	8	4	4	7	6
Врло кишно (2–3 σ)	1	1	2	2	2	3	2	1	1	2	2	0
Екстремно кишно (>3 σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Карактеристика	БИЛЕЋА						МОСТАР					
	г.	з	п	љ	ј	в. п.	г.	з	п	љ	ј	в. п.
Екстремно сушно (<-3σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Врло сушно ((-3)–(-2) σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сушно ((-2)–(-1) σ)	7	7	9	8	8	11	6	7	7	9	10	10
Нормално (±1 σ)	40	37	37	37	36	34	40	38	40	37	35	35
Кишно (1–2 σ)	7	9	6	7	9	7	7	8	6	5	8	8
Врло кишно (2–3 σ)	0	1	3	3	2	3	2	1	0	4	2	2
Екстремно кишно (>3 σ)	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0

2.3.3. Коефицијент колебања падавина

Средњи годишњи коефицијент колебања падавина у периоду 1961–2015. године у сјеверном дијелу територије износи од 15–17 % на сјеверозападу и крајњем истоку до 19–21 % на подручју Добоја и Тузле. Коефицијент колебања на подручју Сокоцу износи 17 %. Падавине су током године најнеравномјерније распоређене у Херцеговини, гдје је и годишњи коефицијент колебања највећи (21–22 %).

На сјеверу је коефицијент колебања највиши у августу (62–75 %), а у Тузли и Сарајеву у септембру (64–68 %). Колебање падавина у Сокоцу највеће је током октобра и септембра. У Херцеговини је коефицијент колебања највиши током љетних мјесеци – јула (Мостар и Требиње) и августа (Билећа). Управо мјесечни коефицијент колебања у јулу на двије наведене станице представља највећи мјесечни коефицијент колебања на цијелој истраживаној територији – Мостар 96 % и Требиње 94 %. О великој варијабилности падавина у јулу на овом подручју говори податак да је у Мостару јули 1988. године био потпуно сув, без падавина (а и годину прије наведене забиљежена је изузетно мала количина падавина – свега 4 mm), док је у 1972. години у том мјесецу забиљежено 246 mm, а у 2014. години 138 mm падавина.

Табела IV – 46: Средњи мјесечни и годишњи коефицијент колебања падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	48	56	45	45	51	41	59	69	63	60	48	56	15
ПР	51	59	51	47	57	43	52	62	63	62	47	52	17
БЛ	51	55	47	44	51	49	55	74	63	65	48	57	18
ДБ	55	48	54	49	54	55	57	73	67	61	46	51	21
ТЗ	52	50	57	45	61	50	61	64	68	60	45	52	19
БН	51	57	59	39	64	52	62	75	64	71	43	53	17
СА	56	63	53	39	46	43	52	62	64	62	48	58	16
СО	59	58	41	46	52	46	50	57	60	64	51	57	17
БИ	64	65	56	51	57	63	72	78	71	64	49	55	22
МО	65	66	63	46	58	50	96	78	66	67	50	60	22
ТР	65	64	57	55	70	63	94	92	69	67	52	53	21

Табела IV – 47: Средњи мјесечни и годишњи коефицијент колебања падавина у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у %)

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	46	61	44	38	52	31	61	63	51	68	49	63	12
	б	56	54	39	45	54	42	46	64	62	52	47	55	14
	-	17	-14	-12	16	4	25	-33	2	17	-31	-4	-14	12
ПР	а	52	63	50	44	55	40	49	58	58	67	48	53	14
	б	54	53	46	48	61	44	43	61	63	51	44	52	14
	-	3	-18	-8	9	9	8	-13	5	7	-32	-9	-2	0
БЛ	а	54	60	47	34	50	44	50	60	58	70	45	61	14
	б	57	53	40	44	53	45	57	63	59	60	47	56	16
	-	5	-13	-19	24	4	3	12	4	2	-16	4	-7	7
ДБ	а	60	52	61	37	55	31	48	61	52	62	42	51	15
	б	57	45	46	51	48	59	66	65	75	57	50	49	21
	-	-5	-15	-33	26	-14	46	28	7	31	-9	16	-4	28
ТЗ	а	55	55	61	32	57	36	61	54	52	61	41	50	14
	б	52	50	49	42	54	53	59	60	81	57	47	49	19
	-	-5	-9	-25	24	-5	32	-4	9	35	-9	13	-2	26
БН	а	58	65	63	30	66	44	67	77	56	74	37	49	13
	б	51	55	54	39	53	51	61	66	75	67	45	50	18
	-	-14	-19	-17	25	-26	15	-11	-17	26	-10	16	2	28
СА	а	60	65	53	34	51	42	54	59	58	67	48	53	15
	б	55	61	50	38	39	42	48	62	71	59	50	62	17
	-	-9	-7	-8	11	-32	2	-12	5	18	-14	3	14	11
СО	а	57	51	38	39	50	40	61	53	60	71	52	57	15
	б	61	58	41	44	41	44	43	55	64	62	57	57	18
	-	7	11	7	12	-23	8	-42	4	7	-15	8	0	17
БИ	а	59	64	44	53	59	61	71	69	78	70	52	57	19
	б	72	69	53	47	56	54	78	92	71	54	54	56	24
	-	18	6	17	-13	-5	-13	9	25	-10	-29	4	-1	20
МО	а	63	61	54	46	64	44	110	75	57	73	52	58	19
	б	72	77	58	43	53	54	87	81	70	51	49	66	25
	-	12	21	8	-6	-20	20	-27	8	18	-43	-5	13	25
ТР	а	64	67	48	57	73	57	87	91	73	74	56	51	19
	б	75	66	55	45	73	63	104	98	69	59	51	54	23
	-	15	-2	13	-26	0	10	17	7	-6	-26	-9	4	16

Компаративна анализа коефицијента колебања у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период 1961–1990. године показује повећану варијабилност падавина на свим станицама, узроковану већ наведеном честом смјеном изразито влажних година са великим поплавама и веома сушних година. У наведеном периоду повећање средњег годишњег коефицијента колебања кретало се од 7 % у Бањалуци до 28 % у Бијељини и Добоју. На већини станица колебање падавина смањено је у фебруару и марту, те у октобру (у Херцеговини у априлу и октобру), док је у осталим мјесецима варијабилност падавина углавном повећана.

Посматрано по годишњим сезонама, колебање падавина највеће је у сезонама љето и зима. У овим сезонама варијабилност падавина убједљиво је највећа у Херцеговини. Коефицијент колебања у сезони љето креће се у интервалу од 30,5–37,9 % на сјеверу до 41,3–52,5 % на југу у Херцеговини, а у сезони зима од 31,1–34,6 % у сјеверном дијелу, преко 39 % у региону Сарајева и Сокоца, до 40,4–41,8 % у Херцеговини. Коефицијент колебања у сезонама прољеће и јесен показује знатно мање регионалне варијације него у сезонама љето и зима. У сезони прољеће варијабилност падавина креће се у интервалу од 26,6 % у Сарајеву до 37,2 % у Тузли, а у сезони јесен од 29,9 % у Приједору до 35,7 % у Добоју и Мостару.

Табела IV – 48: Средњи сезонски коефицијент колебања падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)

М. с.	ЗИМА	ПРОЉЕЋЕ	ЉЕТО	ЈЕСЕН	ВЕГЕТАЦИОНИ ПЕРИОД
СМ	31,1	29,2	35,0	31,0	25,5
ПР	35,1	32,7	30,5	29,9	25,8
БЛ	34,3	29,0	37,6	32,9	29,0
ДБ	33,8	32,9	37,9	35,6	30,2
ТЗ	34,3	37,2	37,6	31,7	29,7
БН	34,6	32,7	37,8	33,4	27,9
СА	38,7	26,6	34,7	32,0	23,4
СО	39,1	31,0	30,6	34,4	24,2
БИ	41,2	31,9	46,5	33,8	29,5
МО	41,8	35,7	41,3	35,7	29,2
ТР	40,4	32,1	52,5	33,8	33,0

Табела IV – 49: Средњи сезонски коефицијент колебања падавина у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у %)

М. с.		ЗИМА	ПРОЉЕЋЕ	ЉЕТО	ЈЕСЕН	ВЕГЕТАЦИОНИ ПЕРИОД
СМ	а	35,6	26,3	34,7	25,6	21,9
	б	36,2	26,4	26,9	32,1	21,4
	-	1,6	0,4	-29,3	20,2	-2,6
ПР	а	37,3	29,0	27,5	25,9	20,6
	б	35,0	31,9	30,1	28,6	24,3
	-	-6,6	9,2	8,7	9,3	15,5
БЛ	а	37,6	25,5	33,9	27,6	22,6
	б	34,3	26,5	30,0	32,7	23,6
	-	-9,7	4,0	-12,9	15,6	4,1
ДБ	а	36,1	29,6	28,3	26,3	19,3
	б	32,5	30,4	37,1	38,5	28,7
	-	-10,8	2,6	23,7	31,6	32,6
ТЗ	а	37,2	29,1	32,0	24,2	21,3
	б	29,7	32,1	36,1	33,5	30,5
	-	-25,3	9,6	11,5	27,8	30,2
БН	а	37,2	30,5	33,5	28,2	21,5
	б	31,7	27,6	35,4	34,6	28,6
	-	-17,6	-10,3	5,5	18,3	24,7
СА	а	37,2	28,1	36,1	29,9	23,4
	б	39,2	23,4	32,7	34,6	23,0
	-	5,2	-20,2	-10,4	13,8	-1,7
СО	а	35,9	24,4	32,6	32,4	22,3
	б	39,0	26,3	27,5	36,5	22,1
	-	7,9	7,5	-18,4	11,4	-1,1
БИ	а	39,5	27,5	42,9	32,8	27,4
	б	44,9	30,6	40,4	35,8	29,7
	-	11,9	10,0	-6,2	8,2	7,7
МО	а	40,4	30,8	39,4	34,9	27,5
	б	47,8	32,0	39,2	37,8	28,9
	-	15,5	3,7	-0,7	7,7	4,9
ТР	а	40,0	29,2	49,5	34,0	32,9
	б	46,5	30,9	51,4	34,4	33,7
	-	14,1	5,3	3,6	1,2	2,3

Коефицијент колебања у вегетационом периоду највећи је на подручју Требиња (33,0 %), а најмањи на подручју Сарајева (23,4 %).

Компаративна анализа резултата показује да је у периоду 1981–2010. године коефицијент колебања у сезони зима у сјеверном дијелу Републике Српске смањен у односу на референтни период, док је у осталим подручјима повећан (нарочито у Херцеговини). У овом дијелу године колебање је највише смањено у Бијељини (17,6 %), а повећано у Мостару (15,5 %). На појединим станицама колебање је смањено и у сезони љето (осим у Приједору, Добоју, Тузли и Требињу), док је у сезонама прољеће и јесен варијабилност повећана на свим станицама. У сезони љето варијабилност падавина највише је смањена у Санском Мосту (29,3 %), а порасла је у Добоју (23,7 %). Повећање коефицијента колебања у сезони прољеће у већини подручја износило је свега неколико процената (до максималано 9,6 % у Тузли), док је у Бијељини и Сарајеву колебање смањено (10,3 % и 20,2 %). У сезони јесен варијабилност падавина повећана је на цијелој територији – од незнатних 1,2 % у Мостару до 27,8 % у Тузли.

2.4. Максималне дневне количине падавина

Максимална дневна количина падавина забиљежена на истраживаним станицама износила је 212 mm, а измјерена је у Билећи 25. септембра 1984. године. Максималне дневне падавине на сјеверу измјерене су у Бањалуци 24. јула 1976. године (156,5 mm) и Бијељини 23. јула 1977. године (101,2 mm). Сви наведени максимуми забиљежени су у стандардном климатолошком периоду и још нису надмашени. У Добоју је максимална дневна количина падавина из стандардног периода (89,7 mm измјерена 24. јула 1976. године) надмашена у периоду 1981–2010. године. У септембру 2001. године за 24 h измјерено је 106,0 mm падавина. Максимална дневна висина падавина из стандардног периода надмашена је у том периоду и у Сарајеву, Сокоцу, Тузли и Мостару. У Сокоцу је максимум с почетка стандардног периода, из октобра 1961. године (100,2 mm), надмашен у октобру 2003. године (114,2 mm). У Тузли је и нови максимум из периода 1981–2010.

године, измјерен у јулу 2005. године (76,2 mm), поново надмашен у посљедњих пет година, за вријеме катастрофалних поплава у мају 2014. године (94,6 mm).

Табела IV – 50: Максимална дневна количина падавина у Републици Српској у периоду 1961–2015. (а), 1961–1990. (б) и 1981–2010. (в) године (у mm)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	45,2	59,7	54,3	42,1	55,0	79,6	157,8	72,5	75,0	63,2	62,5	157,8
	б	41,5	40,0	44,0	40,3	55,0	60,5	157,8	72,5	75,0	61,5	62,5	157,8
	в	45,2	59,7	54,3	42,1	55,0	79,6	48,1	60,2	59,6	60,3	46,6	79,6
БЛ	а	45,8	64,2	63,5	45,8	54,8	86,8	156,5	108,8	74,1	78,3	52,4	156,5
	б	45,8	33,6	46,2	42,6	49,0	81,0	156,5	108,8	74,1	56,2	50,8	156,5
	в	41,6	64,2	63,5	45,8	54,8	86,8	55,5	102,8	62,2	78,3	49,9	102,8
ДБ	а	52,8	45,2	48,0	44,6	65,4	70,8	89,7	62,5	106,0	53,9	51,7	106,0
	б	38,2	45,2	48,0	44,6	65,4	48,1	89,7	51,4	55,8	38,1	40,2	89,7
	в	52,8	45,2	48,0	43,8	65,4	70,8	76,6	62,5	106,0	53,9	51,7	106,0
ТЗ	а	43,4	42,1	38,8	48,4	94,6	71,1	76,2	82,8	67,1	72,3	56,1	94,6
	б	43,4	42,1	38,8	40,6	55,8	68,9	69,9	52,7	60,4	49,9	48,6	69,9
	в	43,4	42,1	38,8	36,7	52,6	71,1	76,2	46,8	67,1	72,3	48,3	76,2
СА	а	66,4	73,0	54,6	45,6	73,3	58,7	57,9	93,2	61,3	118,5	51,2	118,5
	б	66,4	73,0	54,6	44,3	49,7	47,1	57,9	93,2	47,8	71,6	46,6	93,2
	в	45,0	56,1	54,6	45,6	49,7	58,7	41,1	93,2	61,3	118,5	51,2	118,5
СО	а	50,4	55,6	59,3	39,3	65,0	59,4	83,8	50,2	80,3	114,2	59,0	114,2
	б	29,6	36,2	59,3	34,5	65,0	32,6	83,8	50,2	80,3	100,2	59,0	100,2
	в	50,4	55,6	59,3	39,3	65,0	59,4	42,1	48,0	71,7	114,2	59,0	114,2
БИ	а	112,7	97,3	98,2	120,4	88,6	101,3	66,2	93,7	212,0	150,8	194,4	212,0
	б	112,7	65,8	74,6	120,4	59,8	101,3	50,2	93,7	212,0	150,8	194,4	212,0
	в	76,4	97,3	98,2	88,3	88,6	59,0	66,2	84,5	212,0	127,8	194,4	212,0
МО	а	94,6	124,2	90,3	85,7	71,2	67,3	64,5	88,9	127,0	120,5	125,0	127,0
	б	73,0	92,5	72,8	74,2	71,2	67,3	64,5	70,1	72,5	114,2	104,0	114,2
	в	94,6	67,6	90,3	85,7	68,5	52,7	64,5	88,9	127,0	106,2	125,0	127,0

2.5. Кумулативне висине падавина

Кумулативне висине падавина, које се добијају сабирањем мјесечних количина падавина претходних мјесеци и суме датог мјесеца, показују да се у свим дијеловима Републике Српске, осим у Херцеговини, просјечно $\frac{1}{4}$ годишње количине падавина излучи до средине априла, када почиње вегетациони период. Просјечно половина укупне годишње суме излучи се до краја јуна или почетком јула, а $\frac{3}{4}$ годишње суме до краја септембра или чешће почетком октобра, тј. до завршетка вегетационог периода. Овакав распоред падавина, у којем се половина годишње количине падавина излучи током вегетационог периода, изузетно је повољан за развој биљака.

У Херцеговини се $\frac{1}{4}$ годишње суме падавина излучи раније него у осталим дијеловима Републике Српске – већ до средине марта (због обилних падавина у сезони зима), али се половина укупне годишње количине падавина излучи нешто касније – до краја јула (у Требињу почетком августа), као последица смањене количине падавина у сезони љето. Касније него у другим дијеловима Републике Српске излучи се и $\frac{3}{4}$ годишње суме падавина – тек почетком новембра.

Компаративна анализа показује да нема знатније разлике у кумулативној висини падавина у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период 1961–1990. Једина разлика забиљежена је у Херцеговини, гдје се сада половина годишње суме падавина у наведеном периоду просјечно излучи касније него у периоду 1961–1990. године. У Мостару се половина годишње количине падавина више не излучи крајем јуна већ крајем јула, у Требињу не почетком већ крајем августа, а у Билећи не у јулу него у августу, што је, такође, још један показатељ повећане варијабилности падавина и негативног тренда падавина у сезони љето.

Табела IV – 51: Кумулативне висине падавина у Републици Српској
у периоду 1961–2015. године (у мм и ‰)

mm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
CM	69,5	134,4	210,8	301,7	397,9	501,0	587,8	668,9	766,2	855,5	951,1	1040,3
ПР	62,5	118,0	182,7	263,2	348,4	437,2	516,6	594,2	687,3	769,4	857,4	932,9
БЛ	70,8	134,9	213,2	302,4	400,7	509,5	599,5	684,0	779,9	858,4	951,1	1040,2
ДБ	62,0	120,4	184,7	257,9	351,4	459,4	548,4	625,3	703,8	773,5	853,3	928,8
ТЗ	59,8	112,5	172,1	245,2	339,7	452,6	545,6	622,5	695,0	762,7	834,9	904,8
БН	51,8	97,3	151,4	213,3	286,9	377,3	447,3	506,7	562,9	617,3	681,5	741,8
СА	71,2	137,9	205,5	281,4	364,6	453,6	530,8	596,9	678,7	763,5	855,4	941,9
СО	55,5	107,7	163,3	232,0	314,4	400,9	476,1	544,2	620,9	697,8	781,9	853,8
БИ	161,9	310,1	446,1	579,8	672,6	755,2	810,5	879,3	1006,1	1181,3	1402,1	1606,4
МО	158,6	298,7	432,6	560,5	654,8	729,0	776,9	845,7	963,3	1119,6	1313,6	1495,6
ТР	175,2	328,5	469,0	606,7	695,7	775,2	824,1	899,2	1035,0	1224,9	1460,0	1679,4
‰	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
CM	66,8	129,2	202,6	290,0	382,5	481,6	565,1	643,0	736,6	822,4	914,3	1000,0
ПР	67,0	126,5	195,8	282,2	373,4	468,6	553,7	636,9	736,7	824,7	919,0	1000,0
БЛ	68,1	129,7	205,0	290,7	385,2	489,8	576,4	657,6	749,8	825,3	914,3	1000,0
ДБ	66,7	129,7	198,9	277,7	378,3	494,6	590,5	673,2	757,8	832,8	918,7	1000,0
ТЗ	66,1	124,4	190,2	271,0	375,4	500,2	603,0	688,0	768,2	842,9	922,8	1000,0
БН	69,8	131,1	204,0	287,5	386,7	508,6	603,0	683,1	758,8	832,2	918,7	1000,0
СА	75,6	146,4	218,2	298,7	387,1	481,6	563,6	633,7	720,6	810,6	908,1	1000,0
СО	65,0	126,2	191,3	271,8	368,3	469,6	557,7	637,4	727,2	817,4	915,8	1000,0
БИ	100,8	193,1	277,7	360,9	418,7	470,1	504,6	547,4	626,3	735,4	872,9	1000,0
МО	106,1	199,7	289,3	374,8	437,8	487,5	519,4	565,5	644,1	748,6	878,3	1000,0
ТР	104,3	195,6	279,3	361,3	414,2	461,6	490,7	535,4	616,3	729,4	869,4	1000,0

Табела IV – 52: Кумулативне висине падавина у Републици Српској у периоду
1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у ‰)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
СМ	а	126,8	203,7	289,8	383,4	485,1	578,9	669,7	748,2	826,4	918,0	1000,0
	б	64,2	125,9	204,7	292,1	486,7	559,1	629,6	731,3	819,1	910,4	1000,0
ПР	а	68,2	129,4	202,8	289,3	477,5	572,1	663,2	746,2	825,9	921,1	1000,0
	б	65,9	122,0	195,7	279,4	471,8	543,7	625,9	732,5	823,3	916,9	1000,0
БЛ	а	67,5	129,2	206,1	290,7	493,6	585,8	676,6	756,5	826,5	915,4	1000,0
	б	67,6	125,2	209,9	294,4	491,5	572,6	647,2	743,9	821,3	910,7	1000,0
ДБ	а	65,8	129,9	203,6	285,1	500,8	597,9	685,4	762,8	828,3	915,2	1000,0
	б	66,5	123,3	196,0	271,8	494,7	590,0	665,9	755,0	835,2	920,7	1000,0
ТЗ	а	65,5	127,0	195,4	280,2	506,7	611,5	705,5	777,5	840,6	920,0	1000,0
	б	65,4	118,7	190,6	266,4	493,4	594,2	679,5	761,4	844,3	925,8	1000,0
БН	а	66,5	129,5	205,4	290,3	512,7	610,5	695,4	766,6	829,7	917,0	1000,0
	б	71,1	126,3	204,1	291,0	509,1	600,4	677,9	751,5	832,4	919,6	1000,0
СА	а	76,7	148,6	224,0	303,0	488,4	574,4	650,3	725,7	808,0	909,1	1000,0
	б	71,0	138,0	212,2	295,3	473,2	552,2	626,2	717,4	811,3	910,2	1000,0
СО	а	66,3	126,0	195,3	272,5	467,5	558,4	645,4	725,3	809,3	913,4	1000,0
	б	61,3	122,0	188,7	266,8	460,1	546,3	630,4	723,3	816,1	919,0	1000,0
БИ	а	103,7	194,9	286,4	370,9	483,2	518,5	565,3	639,7	741,4	873,7	1000,0
	б	90,2	179,1	262,4	341,6	452,8	486,6	526,7	607,1	724,8	870,1	1000,0
МО	а	108,2	208,8	307,3	390,9	509,1	538,5	586,9	650,4	751,2	882,5	1000,0
	б	99,2	185,0	275,8	359,8	473,7	504,5	547,2	634,0	742,3	874,2	1000,0
ТР	а	102,0	188,9	279,5	367,3	469,0	498,0	548,8	620,4	733,5	871,6	1000,0
	б	97,2	183,8	266,3	336,9	439,4	465,5	505,8	593,6	706,9	859,4	1000,0

2.6. Кишни фактор

Годишње вриједности кишног фактора¹⁰, који представља однос средње годишње количине падавина и средње годишње температуре ваздуха, од 64,6 на истоку у Бијељини до 93,3–98,6 на западу, говоре да сјеверни дио Републике Српске одликује семихумидни тип климе. Према Лангу, такве климатске услове карактерише развој слабих шума. У планинским подручјима клима је хумидна (на примјер, Соколац 123,9), као и у неким подручјима Херцеговине (Билећа 130,6 и Требиње 116,4), а у Мостару семихумидна (готово на прагу хумидне – 99,8). Анализа средње годишње вриједности кишног фактора у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период показује промјену климатског типа само у Мостару из хумидне у семихумидну климу, што је првенствено последица пораста температуре ваздуха и смањене доступности влаге, нарочито у сезони љето. Иста промјена климатског типа уочена је и у Санском Мосту.

Анализа мјесечног кишног фактора, као односа средње мјесечне количине падавина и средње мјесечне температуре ваздуха, показује да сјеверозападно подручје, као и подручје Сарајева, одликује веома влажна (перхумидна) и влажна (хумидна) клима од октобра до априла, полувлажна у мају, јуну и септембру, те семиаридна у јулу и августу. На подручју Добоја веома влажна и влажна клима заступљена је од октобра до марта, полувлажна у периоду април–јуни, као и у октобру, док је семиаридна заступљена у нешто дужем периоду него у претходним областима – од јула до септембра. На вишим надморским висинама веома влажна и влажна клима доминира током већег дијела године. У Сокоцу је заступљена током осам мјесеци, у периоду октобар–мај. Семихумидни су мјесеци јуни и септембар, а семиаридни најтоплији мјесеци јули и август. У Херцеговини веома влажна и влажна клима доминира од септембра (октобра) до априла. Ово подручје карактерише изузетно сува клима током сезоне љето – семиаридна у јуну, те аридна у јулу и августу.

¹⁰ Видјети више у: Lang, R. (1920). *Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde*. Stuttgart: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung и Gračanin, M. (1950). Мјесечни кишни фактори и њихово значење у педолошким истраживањима. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 12, 51–67.

Табела IV – 53: Средњи мјесечни и годишњи кишни фактор у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	КФ	-910,4	35,0	12,4	8,5	6,3	5,5	4,3	4,1	6,3	8,2	15,8	72,1	98,6
	тип	ph	ph	h	h	sh	sh	sa	sa	sh	h	ph	ph	sh
ПР	КФ	-237,0	27,2	10,0	7,1	5,3	4,5	3,7	3,7	5,7	7,2	14,9	64,2	84,7
	тип	ph	ph	h	h	sh	sa	sa	sa	sh	h	ph	ph	sh
БЛ	КФ	292,9	28,7	11,8	7,9	6,1	5,5	4,2	4,1	5,9	7,0	14,6	56,9	93,3
	тип	ph	ph	h	h	sh	sh	sa	sa	sh	h	ph	ph	sh
ДБ	КФ	668,4	25,8	9,8	6,5	5,8	5,6	4,2	3,7	4,8	6,2	12,8	52,3	84,1
	тип	ph	ph	h	sh	sh	sh	sa	sa	sa	sh	h	ph	sh
ТЗ	КФ	-387,3	28,9	10,0	6,8	6,3	6,2	4,6	3,9	4,7	6,2	12,2	65,2	87,1
	тип	ph	ph	h	h	sh	sh	sa	sa	sa	sh	h	ph	sh
БН	КФ	374,7	19,3	8,1	5,3	4,4	4,5	3,2	2,8	3,3	4,6	10,1	38,0	64,6
	тип	ph	ph	h	sh	sa	sa	a	a	sa	sa	h	ph	sh
СА	КФ	-226,3	45,3	12,7	7,8	5,8	5,0	4,0	3,4	5,4	8,0	16,2	144,6	94,8
	тип	ph	ph	h	h	sh	sh	sa	sa	sh	h	ph	ph	sh
СО	КФ	-14,8	-26,4	28,8	10,3	7,1	5,8	4,5	4,2	6,2	10,1	32,1	-31,3	123,9
	тип	ph	ph	ph	h	h	sh	sa	sa	sh	h	ph	ph	h
БИ	КФ	49,8	36,0	19,0	12,2	5,9	4,3	2,5	3,2	7,3	13,6	26,8	45,7	130,6
	тип	ph	ph	ph	h	sh	sa	a	a	h	ph	ph	ph	h
МО	КФ	29,9	20,8	13,4	9,3	5,1	3,3	1,9	2,7	5,7	10,1	18,7	28,5	99,8
	тип	ph	ph	ph	h	sh	sa	a	a	sh	h	ph	ph	sh
ТР	КФ	31,0	23,9	15,2	10,9	5,1	3,7	2,0	3,1	6,9	12,5	22,0	31,4	116,4
	тип	ph	ph	ph	h	sh	sa	a	a	h	h	ph	ph	h

Легенда: Тип климе – а – аридна (< 3,3), sa – семиаридна (3,3–5,0), sh – семихумидна (5,0–6,6), h – хумидна (6,6–13,3), ph – перхумидна (> 13,3).

Табела IV – 54: Средњи мјесечни и годишњи кишни фактор у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	КФ -81,8	35,1	13,6	8,5	6,5	5,8	4,9	4,9	5,2	7,5	16,4	86,2	101,0
	тип	ph	ph	ph	h	sh	sh	sa	sa	sh	h	ph	ph	h
б	КФ	909,6	36,5	13,2	8,4	5,9	5,8	3,6	3,7	6,8	8,2	16,1	57,5	96,9
	тип	ph	ph	h	h	sh	sh	sa	sa	h	h	ph	ph	sh
ПР	а	КФ -57,1	29,7	11,4	7,3	5,5	4,7	4,3	4,2	4,7	6,6	16,4	114,8	88,2
	тип	ph	ph	h	h	sh	sa	sa	sa	sa	h	ph	ph	sh
б	КФ	-2985,2	24,5	10,2	6,7	5,1	4,7	3,0	3,6	5,9	7,2	15,0	44,0	81,8
	тип	ph	ph	h	h	sh	sa	sa	sa	sh	h	ph	ph	sh
БЛ	а	КФ -103,2	32,6	13,0	8,0	6,2	5,9	4,6	4,7	5,2	6,7	15,6	74,8	97,2
	тип	ph	ph	h	h	sh	sh	sa	sa	sh	h	ph	ph	sh
б	КФ	144,9	26,8	12,9	7,7	5,4	5,8	3,8	3,6	6,1	6,9	14,9	47,7	91,0
	тип	ph	ph	h	h	sh	sh	sa	sa	sh	h	ph	ph	sh
ДБ	а	КФ -85,9	27,1	10,3	6,4	5,5	5,4	4,2	3,9	4,2	5,2	12,9	62,2	81,9
	тип	ph	ph	h	sh	sh	sh	sa	sa	sa	sh	h	ph	sh
б	КФ	242,4	24,4	10,4	6,3	5,5	6,3	4,2	3,5	5,2	6,6	13,4	43,7	84,9
	тип	ph	ph	h	sh	sh	sh	sa	sa	sh	h	ph	ph	sh
ТЗ	а	КФ -74,1	31,7	10,8	7,3	6,2	6,2	4,8	4,5	4,2	5,3	12,7	82,2	89,4
	тип	ph	ph	h	h	sh	sh	sa	sa	sa	sh	h	ph	sh
б	КФ	-576,6	29,6	10,9	6,4	5,3	6,8	4,5	3,9	4,8	6,9	13,3	52,1	86,9
	тип	ph	ph	h	shh	sh	h	sa	sa	sa	h	h	ph	sh
БН	а	КФ -64,1	20,6	8,8	5,5	4,1	5,0	3,4	3,0	3,1	4,0	10,6	44,8	66,5
	тип	ph	ph	h	sh	sa	sa	sa	a	a	sa	h	ph	sh
б	КФ	114,4	18,4	8,7	5,6	3,9	4,8	3,1	2,7	3,3	5,1	10,9	33,2	65,0
	тип	ph	ph	h	sh	sa	sa	a	a	a	sh	h	ph	sh
СА	а	КФ -77,1	44,6	13,8	7,8	5,8	5,4	4,2	3,8	4,7	7,4	17,9	291,8	97,7
	тип	ph	ph	ph	h	sh	sh	sa	sa	sa	h	ph	ph	sh
б	КФ	-415,6	48,5	12,9	8,0	5,0	5,2	3,7	3,5	5,6	8,1	17,4	88,8	93,0
	тип	ph	ph	h	h	sh	sh	sa	sa	sh	h	ph	ph	sh
СО	а	КФ -11,1	-21,2	34,2	9,8	6,4	5,9	4,6	4,5	5,3	9,4	39,7	-25,6	125,8
	тип	h	ph	ph	h	sh	sh	sa	sa	sh	h	ph	ph	h
б	КФ	-16,3	-26,2	27,9	9,8	6,2	6,0	4,3	4,4	6,5	10,0	37,8	-36,5	121,0
	тип	ph	ph	ph	h	sh	sh	sa	sa	sh	h	ph	ph	h
БИ	а	КФ 59,6	35,5	21,3	12,8	6,0	4,8	2,7	3,6	6,9	13,0	26,5	46,4	135,4
	тип	ph	ph	ph	h	sh	sa	a	sa	h	h	ph	ph	h
б	КФ	38,8	34,6	17,6	11,0	6,0	3,8	2,3	2,8	7,1	13,8	28,0	43,7	123,2
	тип	ph	ph	ph	h	sh	sa	a	a	h	ph	ph	ph	h
МО	а	КФ 34,0	23,1	15,5	9,5	5,7	3,6	1,8	3,0	4,7	10,0	19,8	28,8	104,5
	тип	ph	ph	ph	h	sh	sa	a	a	sa	h	ph	ph	h
б	КФ	25,1	18,1	12,6	8,5	4,7	3,1	1,7	2,3	5,9	9,7	18,2	27,1	92,3
	тип	ph	ph	h	h	sa	a	a	a	sh	h	ph	ph	sh
ТР	а	КФ 32,2	22,8	17,1	12,0	5,2	4,1	2,1	3,7	6,2	12,7	22,4	31,1	120,2
	тип	ph	ph	ph	h	sh	sa	a	sa	sh	h	ph	ph	h
б	КФ	26,8	22,4	14,3	8,9	5,1	3,5	1,7	2,6	7,2	11,8	23,4	32,2	110,3
	тип	ph	ph	ph	h	sh	sa	a	a	h	h	ph	ph	h

Легенда: Тип климе – а – аридна (< 3,3), sa – семиаридна (3,3–5,0), sh – семихумидна (5,0–6,6), h – хумидна (6,6–13,3), ph – перхумидна (> 13,3).

Компаративна анализа мјесечног кишног фактора у периоду 1981–2010. године показује смањење влажности у прољећним и љетним мјесецима у односу на референтни период на појединим станицама, а повећање у сезони јесен. У посматраном периоду тип климе у Тузли промијењен је у априлу из хумидне у семихумидну, а у Мостару у мају из семихумидне у семиаридну. У Тузли је у јуну семихумидни тип смијенио влажнији хумидни тип климе. У сезони љето повећање аридности најизраженије је у Херцеговини, као и на сјевероистоку, гдје је клима континенталнија. Семиаридни тип климе у јуну у Мостару, као и у августу у Билећи и Требињу замијенио је аридни тип. На крајњем сјевероистоку територије семиаридни јули постао је аридан у периоду 1981–2010. године.

На подручју Приједора, Добоја, Сарајева и Мостара семиаридан тип климе у септембру замијенио је нешто влажнији семихумидни тип (а у Санском Мосту семихумидни тип климе замијенио је хумидни). У октобру је, такође, на појединим станицама на сјеверу клима постала влажнија – у Добоју и Тузли тип климе промијењен је из семихумидног у хумидни, а у Бијељини из семиаридног у семихумидни.

2.7. Индекс суше

Годишњи индекс суше према Де Мартону (*Emmanuel de Martonne*, 1873–1955)¹¹ показује да је на цијелој територији Републике Српске клима хумидна. На цијелој истраживаној територији, и у периоду 1981–2010. године и у референтном периоду 1961–1990. године, годишње вриједности индекса суше биле су у наведеној категорији. Годишња вриједност индекса суше у периоду 1961–2015. године креће се од 34 у Бијељини до 72 у Билећи. То нам говори да на подручју Бијељине доминира егзореизам, са сталним периферним одводњавањем, и да на наведеном подручју, када је ријеч о природној вегетацији, највећи простор заузимају шуме. У осталим подручјима годишње вриједности индекса суше веће

¹¹ Видјети више у: De Martonne, E. (1926). Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. La Meteorologie, 2, 449–458. и De Martonne, E. (1923). Aridité et indices d'aridité. Académie des Sciences, Comptes Rendus, 182, 23, 1935–1938.

су од 40, што такође указује на егзореизам, али са обилним отицањем воде и формирањем изразитог шумског покивача.

Анализа мјесечног индекса суше показује да је клима у сјеверном дијелу Републике Српске хумидна током цијеле године (само на крајњем сјевероистоку, гдје је континенталност најизраженија, клима је семиаридна у периоду јули–септембар). У вишим планинским предјелима клима је, такође, хумидна током цијеле године. У Херцеговини хумидни тип климе преовладава током већег дијела године, осим у сезони љето, које је на овом подручју веома топло и суво. У Мостару је семиаридни и аридни тип климе заступљен у периоду јуни–август, а у Билећи и Требињу у периоду јули–август.

Табела IV – 55: Средњи мјесечни и годишњи индекс суше у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	ИС	84	66	57	53	46	43	34	33	46	51	72	95	51
	тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
ПР	ИС	77	55	47	45	39	36	30	30	42	46	66	81	44
	тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
БЛ	ИС	83	63	56	50	45	44	34	33	44	44	68	92	49
	тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
ДБ	ИС	74	57	47	41	43	44	34	30	36	39	59	79	44
	тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
ТЗ	ИС	73	54	45	42	45	48	37	31	34	39	54	76	44
	тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
БН	ИС	61	44	39	34	33	36	26	23	25	30	47	62	34
	тип	h	h	h	h	h	h	sa	sa	sa	h	h	h	h
СА	ИС	88	70	53	46	41	39	31	27	39	49	70	98	47
	тип	h	h	h	h	h	h	h	sa	h	h	h	h	h
СО	ИС	107	78	56	49	46	42	34	31	41	52	80	112	51
	тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
БИ	ИС	147	126	95	77	43	34	21	26	56	92	145	169	72
	тип	h	h	h	h	h	h	sa	sa	h	h	h	h	h
МО	ИС	124	100	80	65	40	27	16	24	46	73	114	133	60
	тип	h	h	h	h	h	sa	a	sa	h	h	h	h	h
ТР	ИС	134	112	88	73	39	31	17	26	55	90	136	155	69
	тип	h	h	h	h	h	h	a	sa	h	h	h	h	h

Легенда: Тип климе – а – аридна (< 20), sa – семиаридна (20–30), h – хумидна (> 30).

Табела IV–56 : Средњи мјесечни и годишњи индекс суше у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године

М. с.			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	ИС	88	63	60	52	46	45	39	39	38	46	72	92	51
		тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
	б	ИС	79	65	61	52	43	46	29	29	50	52	72	96	50
		тип	h	h	h	h	h	h	sa	sa	h	h	h	h	h
ПР	а	ИС	85	57	51	46	40	37	34	34	35	42	69	82	45
		тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
	б	ИС	73	51	49	43	38	38	25	29	45	46	66	78	43
		тип	h	h	h	h	h	h	sa	sa	h	h	h	h	h
БЛ	а	ИС	89	64	59	50	46	46	37	38	38	42	69	94	50
		тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
	б	ИС	80	59	63	49	41	46	32	30	45	45	69	93	48
		тип	h	h	h	h	h	h	h	sa	h	h	h	h	h
ДБ	а	ИС	74	55	47	40	40	43	33	31	31	32	57	79	42
		тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
	б	ИС	74	53	50	40	41	50	35	28	38	42	61	77	45
		тип	h	h	h	h	h	h	h	sa	h	h	h	h	h
ТЗ	а	ИС	76	56	47	45	44	48	38	35	30	33	55	79	45
		тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
	б	ИС	72	50	49	40	39	53	36	31	35	43	57	72	44
		тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
БН	а	ИС	63	45	41	35	30	39	28	24	23	26	48	64	35
		тип	h	h	h	h	h	h	sa	sa	sa	sa	h	h	h
	б	ИС	59	41	42	36	29	39	26	22	25	34	49	62	35
		тип	h	h	h	h	sa	h	sa	sa	sa	h	h	h	h
СА	а	ИС	94	70	56	45	41	41	33	30	34	45	74	99	48
		тип	h	h	h	h	h	h	h	sa	h	h	h	h	h
	б	ИС	81	67	54	47	36	40	30	28	41	51	72	92	47
		тип	h	h	h	h	h	h	sa	sa	h	h	h	h	h
СО	а	ИС	122	74	57	45	41	42	34	33	35	47	83	115	49
		тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
	б	ИС	93	78	57	48	41	44	33	33	43	53	86	103	50
		тип	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
БИ	а	ИС	158	126	105	80	44	38	22	29	53	87	143	171	74
		тип	h	h	h	h	h	h	sa	sa	h	h	h	h	h
	б	ИС	122	117	89	69	44	30	19	23	54	93	149	164	68
		тип	h	h	h	h	h	h	a	sa	h	h	h	h	h
МО	а	ИС	133	111	92	65	44	30	15	26	38	73	119	132	62
		тип	h	h	h	h	h	sa	a	sa	h	h	h	h	h
	б	ИС	107	87	76	59	37	26	14	20	48	71	110	128	56
		тип	h	h	h	h	h	sa	a	sa	h	h	h	h	h
ТР	а	ИС	135	107	97	80	39	33	18	31	49	92	137	154	70
		тип	h	h	h	h	h	h	a	h	h	h	h	h	h
	б	ИС	118	103	82	60	39	29	15	23	57	86	144	159	65
		тип	h	h	h	h	h	sa	a	sa	h	h	h	h	h

Легенда: Тип климе – а – аридна (< 20), sa – семиаридна (20–30), h – хумидна (> 30).

Компаративна анализа показује да је у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период 1961–1990. године дошло до промјене климатског типа на појединим станицама само током љетних мјесеци – јула и августа. Све промјене десиле су се у правцу повећања аридности. У јулу је клима постала семиаридна у Санском Мосту, Приједору и Сарајеву, а аридна у Билећи. У Санском Мосту и Приједору клима је такође постала семаридна у августу (као и у Бањалуци и Добоју). Чак и на станицама гдје је клима током љетних мјесеци већ била семиаридна или аридна и у периоду 1961–1990. године, мјесечне вриједности индекса суше ниже су у периоду 1981–2010. године, што такође указује на повећање аридности у овом периоду године. Повећање влажности праћено промјеном климатског типа из семиаридног у хумидни забиљежено је једино у Бијељини у мјесецу октобру.

2.8. Хидротермички коефицијент

Хидротермички коефицијент према Георгију Сељанинову (*Георгий Тимофеевич Селянинов*, 1887–1966)¹² веома је често коришћени климатски индекс за процјену аридности неког подручја током топлијег дијела године, тј. током вегетационог периода. Вриједности хидротермичког коефицијента почетком вегетационог периода (у априлу) у Херцеговини и Сокоцу указују на прекомјерно влажне услове средине у том периоду. Влажни или врло влажни услови на подручју Републике Српске владају до јуна. У сјеверном дијелу август је недовољно влажан. Недостатак воде још је израженији на подручју Бијељине, гдје је јули недовољно влажан, а август на граници сушног. Генерално, најниже вриједности хидротермичког коефицијента присутне су у Херцеговини, нарочито у сезони љето – јули је сушан (Билећа и Требиње) до врло сушан (Мостар), а август недовољно влажан (Билећа и Требиње) до сушан (Мостар). У Мостару је и мјесец јуни недовољно влажан. Крајем вегетационог периода, у септембру услови средине поново постају влажни или врло влажни (једино у Бијељини још недовољно влажни).

¹² Видјети више у: Селянинов, Г. Т. (1966). Агроклиматическая карта мира. Ленинград: Гидрометеоздат.

Табела IV – 57: Средњи мјесечни хидротермички коефицијент у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	БН	СА	СО	БИ	МО	ТР
IV	2,8	2,4	2,6	2,2	2,3	1,8	2,6	3,4	4,1	3,1	3,6
V	2,0	1,7	2,0	1,9	2,0	1,4	1,9	2,3	1,9	1,6	1,7
VI	1,8	1,5	1,8	1,9	2,1	1,5	1,7	1,9	1,4	1,1	1,2
VII	1,4	1,2	1,4	1,4	1,5	1,0	1,3	1,5	0,8	0,6	0,7
VIII	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	0,9	1,1	1,3	1,0	0,9	1,0
IX	2,1	1,9	2,0	1,6	1,6	1,1	1,8	2,1	2,4	1,9	2,3

Легенда: Тип климе: < 0,5 – суво, 0,5–0,7 – врло сушно, 0,7–1,0 – сушно, 1,0–1,3 – недовољно влажно, 1,3–1,5 – умјерено влажно, 1,5–2,0 – влажно, 2,0–3,0 – врло влажно, > 3,0 – прекомјерно влажно (Оторепец, С., 1991)

Табела IV – 58: Средњи мјесечни хидротермички коефицијент у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године

М. с.		IV	V	VI	VII	VIII	IX
СМ	а	2,8	2,1	1,9	1,6	1,6	1,7
	б	2,8	1,9	1,9	1,2	1,2	2,3
ПР	а	2,4	1,8	1,6	1,4	1,4	1,6
	б	2,2	1,6	1,6	1,0	1,2	2,0
БЛ	а	2,7	2,0	2,0	1,5	1,5	1,7
	б	2,6	1,7	1,9	1,2	1,2	2,0
ДБ	а	2,1	1,8	1,8	1,3	1,2	1,4
	б	2,1	1,8	2,1	1,4	1,1	1,7
ТЗ	а	2,4	2,0	2,1	1,6	1,4	1,4
	б	2,1	1,7	2,3	1,5	1,2	1,6
БН	а	1,8	1,3	1,7	1,1	1,0	1,0
	б	1,9	1,2	1,6	1,0	0,9	1,1
СА	а	2,6	1,9	1,8	1,4	1,2	1,6
	б	2,7	1,6	1,7	1,2	1,1	1,9
СО	а	3,3	2,1	2,0	1,5	1,5	1,8
	б	3,3	2,0	2,0	1,4	1,4	2,2
БИ	а	4,3	1,9	1,6	0,9	1,2	2,3
	б	3,7	1,9	1,3	0,7	0,9	2,4
МО	а	3,2	1,8	1,2	0,6	1,0	1,6
	б	2,8	1,5	1,0	0,5	0,8	2,0
ТР	а	4,0	1,7	1,4	0,7	1,2	2,1
	б	3,0	1,6	1,2	0,6	0,9	2,4

Легенда: Тип климе: < 0,5 – суво, 0,5–0,7 – врло сушно, 0,7–1,0 – сушно, 1,0–1,3 – недовољно влажно, 1,3–1,5 – умјерено влажно, 1,5–2,0 – влажно, 2,0–3,0 – врло влажно, > 3,0 – прекомјерно влажно (Оторепец, С., 1991)

Анализа промјена хидротермичког коефицијента у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период, генерално показује смањење његове вриједности и повећање аридности у јулу и августу. Повећање влажности присутно је крајем вегетационог периода, у септембру. У осталим мјесецима тренд је регионално различит.

2.9. Учесталост, интензитет и вјероватноћа падавина

Интензитет падавина представља укупну количину падавина у неком одређеном периоду (*Granger, O. E., 2005*). Може се дефинисати и као количина падавина која се јавља у просјечном кишном дану у одређеном периоду (*Granger, O. E., 2005*).

Падавине су главни извор влаге у земљишту, из којег биљке преко коријеновог система црпе воду. За биљни свијет најпогодније су дуготрајне кише умјереног интензитета, прекидане Сунчевим сјајем, које омогућавају довољну влажност земљишта, а с обзиром на то да нису великог интензитета, не оштећују биљке као што то чине пљусковите падавине (*Милосављевић, М., 1976*). Дуготрајне падавине без довољно топлоте штетно утичу на раст и развој биљака, нарочито ако се јаве за вријеме фенофаза као што су цвјетање или образовање плода. Падавине у облику кише имају велики значај за раст и развој како шумских заједница тако и пољопривредних култура. За пољопривредне културе важне су падавине веће од 8 mm за 12 h, док се падавине веће од 30 mm у току 24 h већ сматрају опасним за пољопривредне културе, јер тако интензивне падавине оштећују и ломе дијелове биљака или читаве биљке, те спирају и односе културе и честице обрадивог земљишта на ораницама (*Longvinov, K. T. et al., 1972. према Оторенец, С., 1991*). Недостатак воде у земљишту доводи до смањења његовог водног потенцијала, што може узроковати стресне услове за биљке усљед суше. Насупрот томе, вишак воде у земљишним порима узрокује дефицит кисеоника и ствара средину у земљишту која је неповољна са аспекта доступности хранљивих материја за биљке (а може изазвати одумирање коријена). Оба механизма могу узроковати смањење продуктивности или чак увенуће биљака ако пређу одређене границе. Од интензитета падавина зависи и степен ерозије и степен таложења седимената у

језерима и акумулацијама, јер када интензитет падавина премашује максималну брзину инфилтрације земљишта, долази до знатног површинског отицања воде, које врши снажан ерозивни рад (*Granger, O. E., 2005*).

Због свега наведеног, интензитет падавина веома је важна климатска карактеристика, јер за развој биљног свијета није свеједно на који начин ће се падавине излучити. Њихов успјешан развој не зависи само од укупне количине падавина на одређеном подручју него и њиховог распореда, облика и интензитета којим се излучују.

Поред интензитета, учесталост (фреквенција) различитих количина падавина такође је важна. Честина падавина представља број кишних дана, под којим се подразумева број дана у којима је пало $\geq 0,1$ mm падавина (*Дуцић, В. & Анђелковић, Г., 2004*).

Када је ријеч о учесталости падавина различитих интензитета, најчешће се анализира број дана у којима су регистроване падавине веће од 0,1 mm, 1,0 mm и 10,0 mm.

2.9.1. Средњи број дана са падавинама $\geq 0,1$ mm

Средњи годишњи број дана са падавинама $\geq 0,1$ mm у периоду 1961–2015. године креће се у интервалу од 129 у Мостару до 160 у Сарајеву, што на годишњем нивоу представља частину јављања од 35 % до 44 %. У Бањалуци се годишње просјечно забиљеже 153 таква дана (годишња учесталост јављања 42 %).

Дани са падавинама $\geq 0,1$ mm јављају се током цијеле године са највећим мјесечним честинама јављања у сезонама зима и прољеће – око 40–50 % (у Мостару 35–45 %). Њихова учесталост нешто је мања једино у јулу и августу (31–37 %, у Мостару 22–23 %).

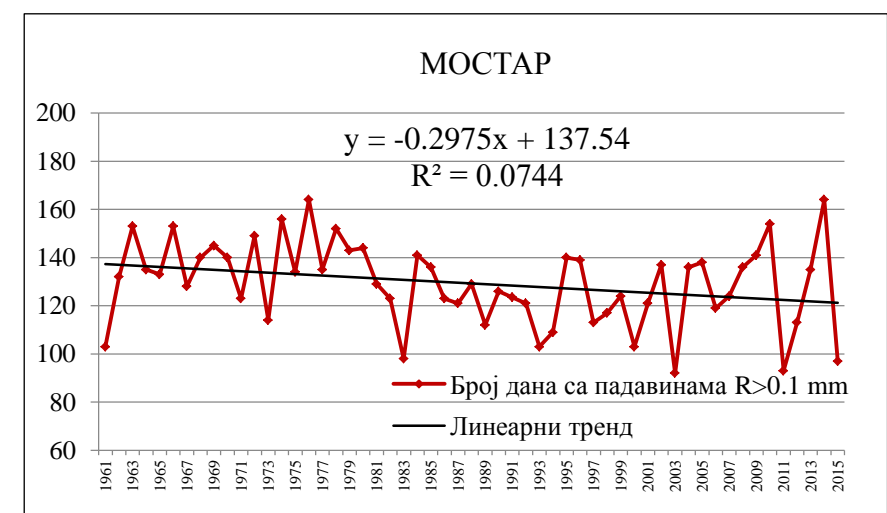
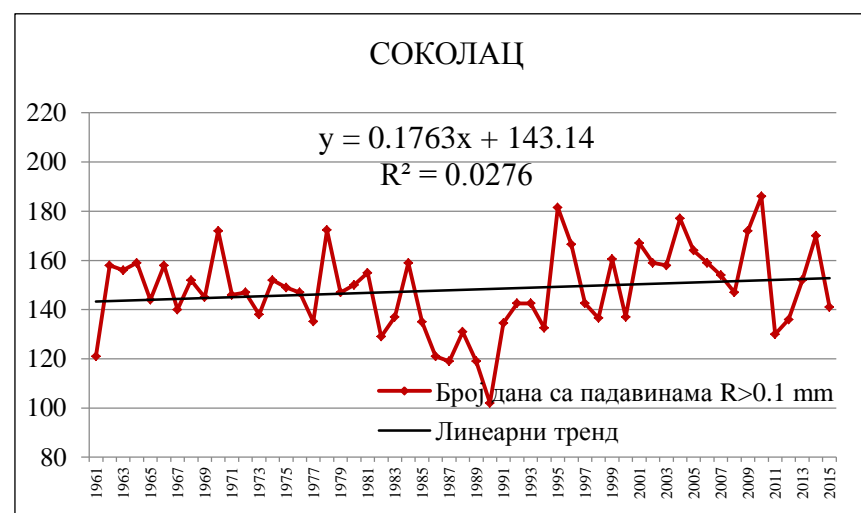
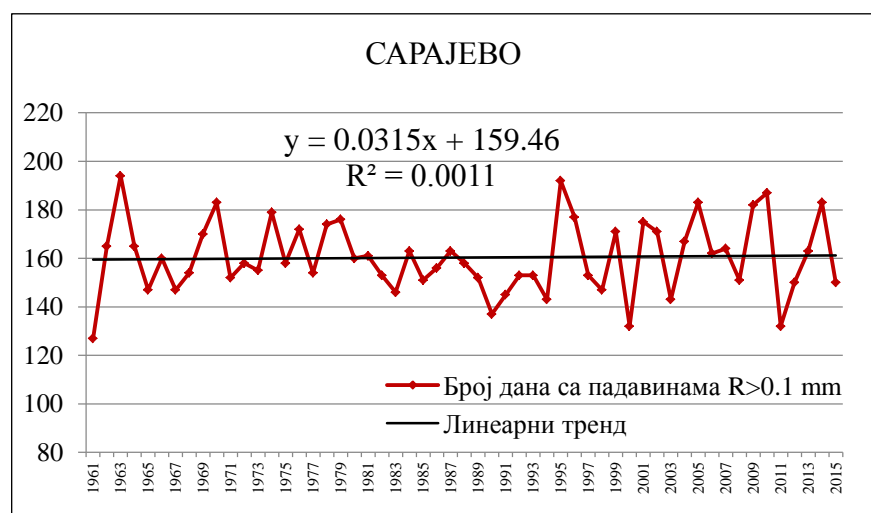
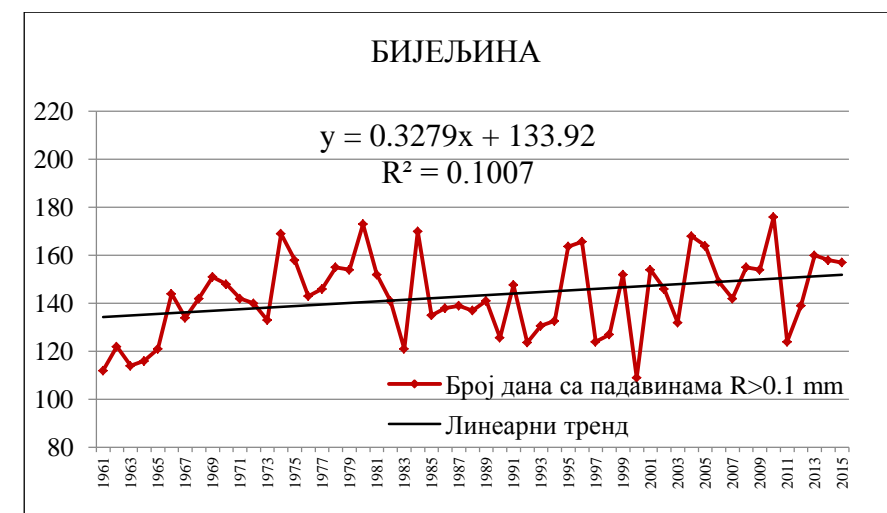
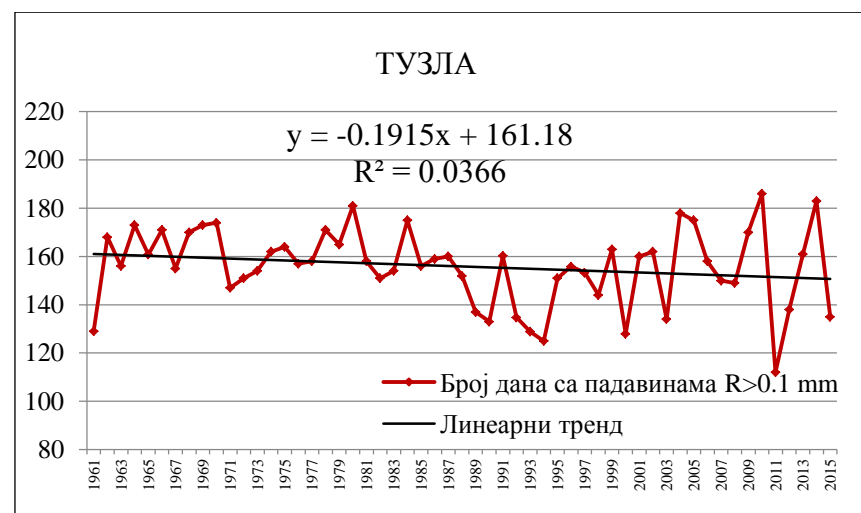
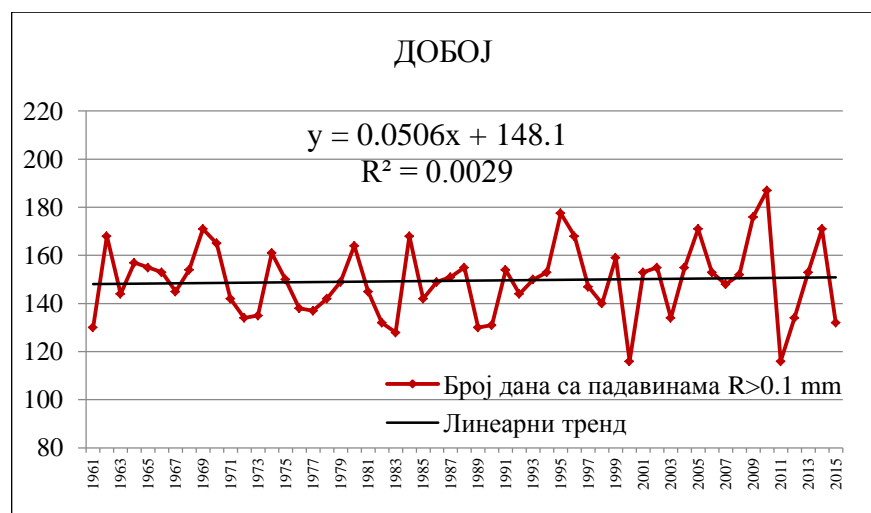
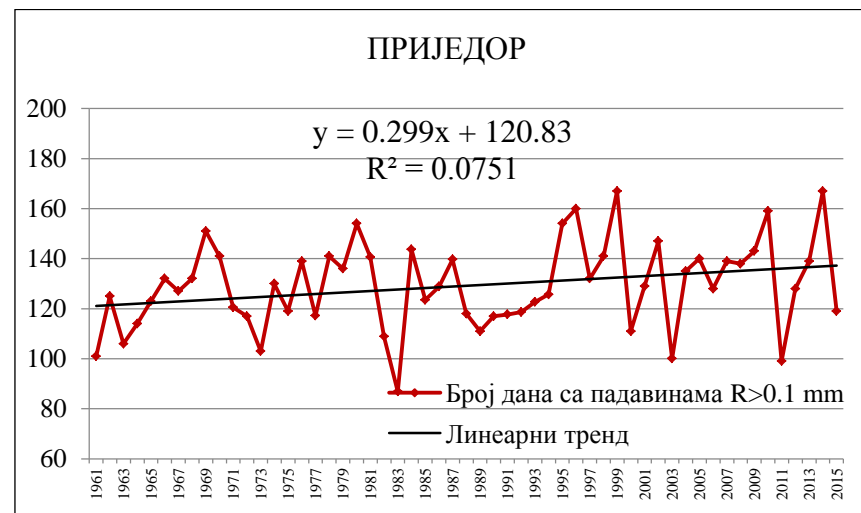
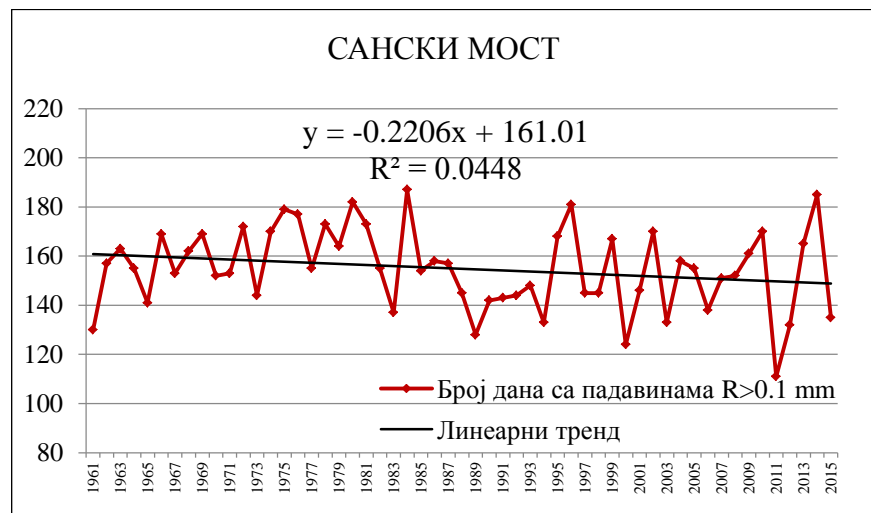
Табела IV – 59: Средњи мјесечни и годишњи број дана са падавинама $\geq 0,1$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	14	13	14	14	14	14	11	10	12	12	13	15	155
БЛ	14	13	13	14	14	13	11	10	11	11	13	15	153
ДБ	13	13	13	14	14	14	11	10	11	11	13	14	150
ТЗ	14	13	13	14	15	14	11	10	11	11	13	15	156
БН	14	12	13	13	13	13	10	9	10	10	13	14	143
СА	14	14	14	15	15	15	11	11	11	11	14	15	160
СО	13	14	13	14	13	14	10	10	10	10	14	14	148
МО	12	11	11	13	12	10	7	7	9	11	13	13	129

Табела IV – 60: Средња мјесечна и годишња учесталост дана са падавинама $\geq 0,1$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	44	47	44	48	45	46	34	31	39	38	45	48	42
БЛ	45	47	43	48	46	44	34	32	36	37	45	48	42
ДБ	42	46	42	47	45	45	35	32	36	35	42	46	41
ТЗ	47	47	42	47	48	48	35	33	37	36	44	49	43
БН	44	43	41	44	41	44	32	28	33	33	43	45	39
СА	46	51	45	51	47	49	37	34	37	37	45	49	44
СО	41	49	43	47	43	47	33	31	34	34	47	45	41
МО	37	40	37	44	38	35	23	22	28	35	44	42	35

У периоду 1961–2015. године број дана са падавинама $\geq 0,1$ mm показује регионално различите трендове, који, међутим, на већини станица нису значајни. Значајан позитиван тренд броја дана са падавинама $\geq 0,1$ mm забиљежен је у Бијељини ($p < 0,02$), а негативан у Мостару ($p < 0,05$). Број дана са падавинама $\geq 0,1$ mm порастао је у Бијељини по линији тренда за 3,3 дана по деценији, док је у Мостару смањен по линији тренда за 3,0 дана по деценији. Несигнификантан пораст присутан је на подручју Сарајева, Сокоца и Добоја, а смањење у Бањалуци и Тузли. Значајна ($p < 0,02$) разлика у просјечном броју дана са падавинама $\geq 0,1$ mm у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период утврђена је једино у Мостару, гдје се у наведеном периоду просјечно јављало 10 дана са падавинама $\geq 0,1$ mm мање него у референтном периоду.



Графикон IV – 45: Тренд средњег годишњег броја дана са падавинама $\geq 0,1$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Табела IV – 61: Средњи мјесечни и годишњи број дана са падавинама $\geq 0,1$ mm у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	14	14	15	14	14	15	11	11	11	12	13	15	159
	б	13	13	13	15	13	14	10	9	12	12	13	15	152
	-	-2	-1	-2	0	-1	-1	-1	-1	1	0	0	1	-6
БЛ	а	14	13	15	14	15	14	11	10	10	11	13	15	155
	б	13	12	13	14	13	13	10	10	11	12	13	15	149
	-	-2	-1	-2	0	-2	-1	-1	-1	2	1	0	0	-6
ДБ	а	13	13	14	14	14	14	10	10	9	10	12	14	148
	б	13	12	13	14	14	14	11	10	11	12	13	15	151
	-	0	-1	-1	1	0	0	0	0	2	2	1	1	3
ТЗ	а	15	13	14	14	15	15	11	11	11	11	13	15	159
	б	14	13	13	14	14	14	11	10	11	11	13	15	153
	-	-1	0	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	1	0	0	-6
БН	а	13	12	13	13	12	14	10	9	9	10	12	14	141
	б	13	12	13	13	12	13	10	9	10	11	13	15	144
	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	3
СА	а	15	14	14	15	15	15	12	11	11	10	13	15	160
	б	13	14	14	16	14	15	11	11	11	12	13	15	160
	-	-1	0	0	1	-1	0	-1	0	1	2	0	0	0
СО	а	12	13	14	13	13	15	10	10	9	9	15	13	143
	б	12	13	13	14	13	14	10	10	10	11	13	14	148
	-	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	-2	1	4
МО	а	13	12	12	13	12	12	7	7	8	10	13	13	134
	б	10	10	11	13	11	10	6	6	9	11	13	13	124
	-	-2	-2	-2	0	-1	-2	-1	-1	0	1	-1	0	-10

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – болд $p < 0,01$, италик $p < 0,05$.

2.9.2. Средњи број дана са падавинама $\geq 1,0$ mm

Средњи годишњи број дана са падавинама $\geq 1,0$ mm креће се од 103 у Мостару до 113–114 у Санском Мосту и Сарајеву (у Бањалуци 107 дана). Просјечна годишња учесталост јављања ових дана износи од 28 % у Мостару до 32 % у Санском Мосту и Сарајеву. Јављају се током цијеле године, са готово равномјерном расподјелом. Просјечна мјесечна учесталост јављања креће су у интервалу од 25

% до 36 %. Нешто мањи број ових дана присутан је у августу (учесталост јављања 22–25 %). Једино је у Мостару њихова учесталост израженије мања током љетних мјесеци јула и августа (дјелимично и септембра) у односу на остале мјесеце. Учесталост појаве у јулу и августу износи свега 16–17 %.

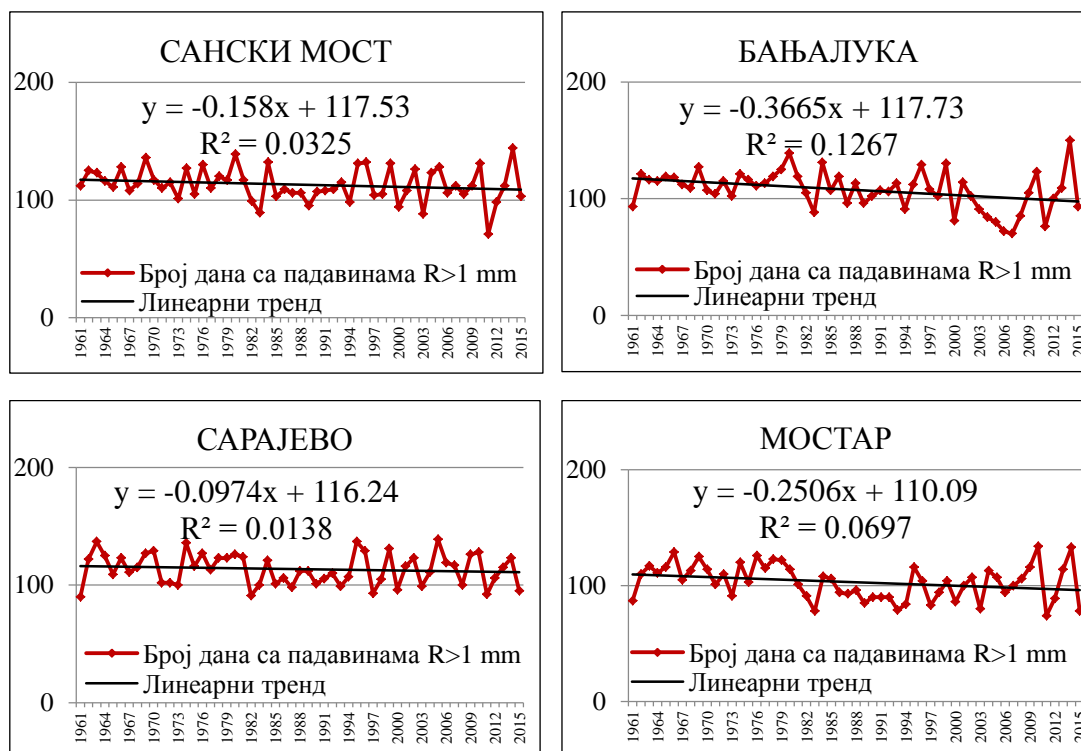
Табела IV – 62: Средњи мјесечни и годишњи број дана са падавинама $\geq 1,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	9	9	10	11	10	10	8	7	9	9	10	11	113
БЛ	9	9	9	10	10	10	8	7	8	8	9	10	107
СА	10	10	9	11	10	11	8	8	8	8	10	11	114
МО	10	9	9	11	8	8	5	5	7	9	11	11	103

Табела IV – 63: Средњи мјесечна и годишња учесталост дана са падавинама $\geq 1,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	29	33	31	36	33	34	25	24	30	28	33	35	31
БЛ	29	32	31	34	33	32	25	22	28	25	31	32	29
СА	31	34	31	36	33	36	27	25	27	27	32	34	31
МО	33	34	30	36	27	25	16	17	22	28	37	36	28

У периоду 1961–2015. године годишњи број дана са падавинама $\geq 1,0$ mm показује тренд смањења који, међутим, на већини станица није статистички значајан. Значајно ($p < 0,01$) смањење по линији тренда присутно је једино у Бањалуци (3,7 дана по деценији) (на подручју Мостара тренд је значајан само на нивоу $p < 0,10$). Компаративна анализа броја дана са падавинама $\geq 1,0$ mm у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период, такође, потврђује значајно ($p < 0,01$) мање јављање таквих дана у Бањалуци (за 10 дана). Статистички значајна ($p < 0,02$) разлика утврђена је и у Мостару, гдје се у периоду 1981–2010. године јављало 9 дана са падавинама $\geq 1,0$ mm мање у односу на референтни период.



Графикон IV – 46: Тренд средњег годишњег броја дана са падавинама $\geq 1,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Табела IV – 64: Средњи мјесечни и годишњи број дана са падавинама $\geq 1,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	9	10	10	11	11	11	8	8	8	8	10	11	114
	б	8	9	9	11	10	11	7	7	9	9	10	11	111
	-	-1	-1	-1	0	-1	0	-1	-1	1	1	0	1	-3
БЛ	а	9	9	10	10	11	11	8	7	8	8	10	11	113
	б	8	9	9	10	9	10	7	6	9	7	9	10	103
	-	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-10
СА	а	10	9	10	11	10	11	9	8	8	8	10	11	114
	б	9	10	9	11	9	11	8	8	8	9	9	10	112
	-	-1	0	-1	1	-1	0	0	-1	1	1	-1	-1	-2
МО	а	11	10	10	11	9	8	5	6	6	8	11	11	106
	б	9	8	9	10	8	7	4	5	7	9	10	11	98
	-	-2	-2	-1	0	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	0	-9

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – болд $p < 0,01$, италик $p < 0,05$.

2.9.3. Средњи број дана са падавинама $\geq 10,0$ mm

Средњи годишњи број дана са падавинама $\geq 10,0$ mm у периоду 1961–2015. године креће се од 31 у Сарајеву, преко 34–35 у сјеверозападном дијелу територије, до 48 у Мостару. Годишња учесталост њиховог јављања износи 8–13 %. На крајњем сјевероистоку у стандардном климатолошком периоду просјечно се јављало 27 дана са падавинама $\geq 10,0$ mm. Дани са падавинама $\geq 10,0$ mm јављају се током цијеле године, са готово равномјерном расподјелом. Просјечна мјесечна учесталост ових дана износи 2–4 дана или 7–12 %. Једино Мостар карактерише неравномјерна расподјела ових дана током године. Њихова учесталост појаве знатно је смањена током сезоне љето (2–3 дана мјесечно или 5–8 %), а највећа учесталост појаве присутна је током сезоне зима (5–6 дана мјесечно или 16–20 %).

Табела IV – 65: Средњи мјесечни и годишњи број дана са падавинама $\geq 10,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

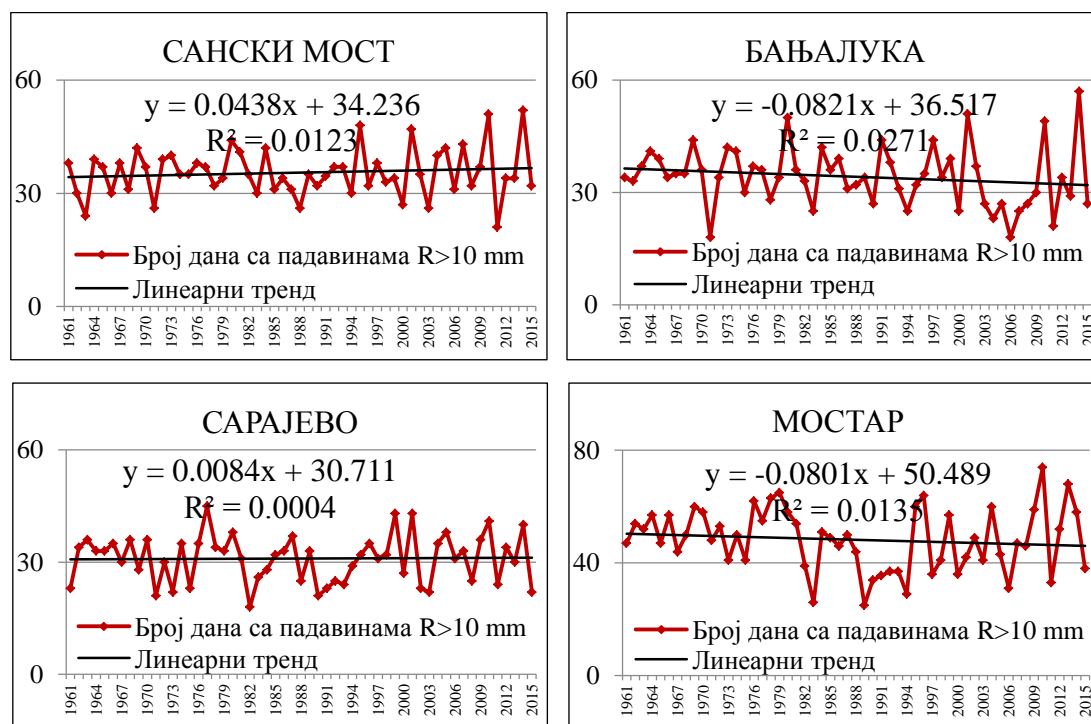
М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	2	2	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	35
БЛ	2	2	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	34
СА	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	31
МО	5	5	5	4	3	3	2	2	3	4	6	6	48

Табела IV – 66: Средња мјесечна и годишња учесталост дана са падавинама $\geq 10,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	8	7	8	11	10	12	9	9	11	10	12	11	10
БЛ	7	6	8	10	10	12	10	8	11	8	11	10	9
СА	7	7	7	8	9	10	9	8	10	9	10	9	8
МО	17	16	15	14	10	8	5	7	12	14	20	20	13

У периоду 1961–2015. године број дана са падавинама $\geq 10,0$ mm показује регионално различите трендове који нису статистички значајни. На примјер, у Бањалуци и Мостару број ових дана у наведеном периоду смањен је по линији тренда за 0,8 дана по деценији, док је у Санском Мосту порастао по линији тренда

за 0,4 дана по деценији. Такође, није утврђена значајна разлика у броју дана са падавинама $\geq 10,0$ mm у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период. Ипак, њихов број највише је смањен у Мостару (за 5 дана).



Графикон IV – 47: Тренд средњег годишњег броја дана са падавинама $\geq 10,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Табела IV – 67: Средњи мјесечни и годишњи број дана са падавинама $\geq 10,0$ mm у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	2	2	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	35
	б	2	2	3	3	3	4	3	3	4	3	4	3	36
	-	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	1	1	0	0	1
БЛ	а	2	2	3	3	3	4	3	3	3	2	3	3	35
	б	2	2	3	3	3	4	3	2	3	3	3	3	33
	-	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	-2
СА	а	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	31
	б	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	30
	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
МО	а	5	5	5	4	3	3	1	2	3	4	6	6	49
	б	5	4	4	3	3	2	1	2	4	4	6	6	45
	-	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-5

2.10. Средњи број дана са сњежним покривачем

У умјереним географским ширинама до формирања сњежног покривача долази зими, обично при температури ваздуха испод 0 °C. Сњежни покривач има велики значај за биљке: 1) мијења радијациони режим Земљине површине, јер се одликује великим албедом, због чега повећава и освијетљеност, 2) због своје мале топлотне проводљивости штити озиме усјева, вишегодишње траве, воћке и винову лозу од смрзавања и 3) важан је резервоар влаге (*Оторенец, С., 1991*). Сњежни покривач је значајна компонента глобалног климатског система због своје улоге у модификацији кружења енергије и влаге између Земљине површине и атмосфере, као и због своје улоге резервоара воде за хидролошке системе (*Brown, R. D. & Robinson, D. A., 2005*). Снеж је веома рефлектујући материјал – алbedo новог свјежег снијега износи 0,8–0,9, што значи да се 80–90 % Сунчеве енергије рефлектује од површине (*Brown, R. D. & Robinson, D. A., 2005*). Ово својство сњежног покривача, у комбинацији са његовим одличним изолационим карактеристикама, знатно смањује размјену енергије између површине и атмосфере (*Brown, R. D. & Robinson, D. A., 2005*). Испод слоја снијега дебљег од 30 cm организми и земљиште добро су заштићени од екстремних дневних температурних промјена које се дешавају на површини снијега, а размјена угљеника, метана и других гасова између површине земљишта и атмосфере може се одвијати и у зимском периоду (*Brown, R. D. & Robinson, D. A., 2005*). Када се влага у земљишту замрзне, хидраулична проводљивост је смањена, што доводи или до већег отицања због смањене инфилтрације или до већег садржаја влаге у земљишту због смањене дренаже. Сазнања о томе важна су у предвиђању површинског отицања и резерви влаге у земљишту у прољеће (*Brown, R. D. & Robinson, D. A., 2005*). При прољетном топљењу снијега повећава се залиха влаге у земљишту, што је посебно битно за развој озимих, а нарочито јарих усјева у прољеће (*Оторенец, С., 1991*). Сњежни покривач је важан резервоар воде и за ријечне еко-системе (*Brown, R. D. & Robinson, D. A., 2005*).

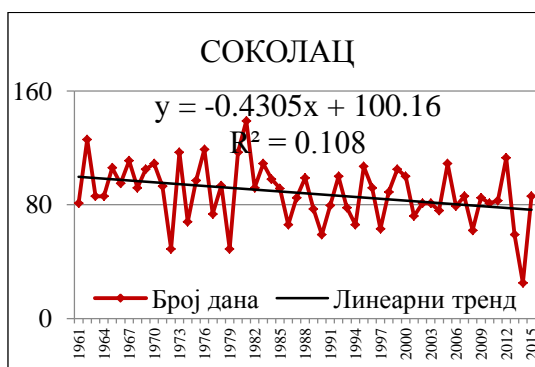
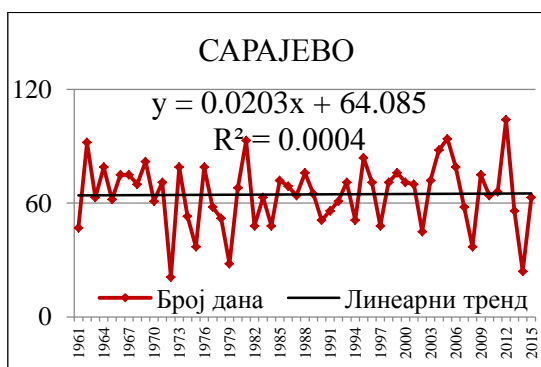
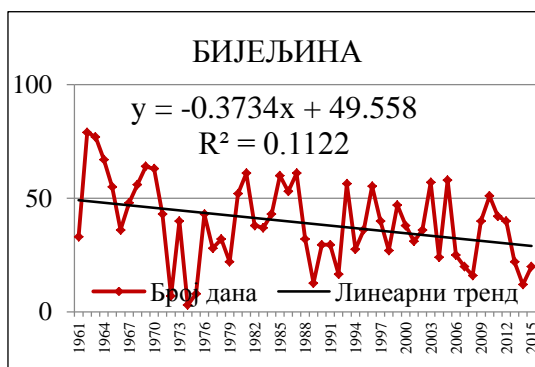
Анализу броја дана са сњежним покривачем у периоду 1961–2015. године било је могуће извршити на основу података са само четири метеоролошке станице. Посебан проблем представља непостојање континуираних осматрања на

станицама у високим планинским подручјима, што би омогућило анализу утицаја уоченог тренда загријавања на појаву и трајање сњежног покривача.

Број дана са сњежним покривачем креће се од свега 6 дана у Мостару (углавном у зимским мјесецима) до 88 дана у Сокоцу, гдје се обично јављају у периоду октобар–април. У сјеверном дијелу Републике Српске просјечан број дана са сњежним покривачем, који се јављају од новембра до марта (априла), креће се од 39 у Бијељини до 50 у Бањалуци.

Табела IV – 68: Средњи мјесечни и годишњи број дана са сњежним покривачем у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
БЛ	16	13	5	1	0	0	0	0	0	0	3	12	50
БН	14	10	3	0	0	0	0	0	0	0	2	9	39
СА	20	15	7	2	0	0	0	0	0	1	5	15	65
СО	25	21	14	3	0	0	0	0	0	1	7	18	88
МО	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6



Графикон IV – 48: Тренд средњег годишњег броја дана са сњежним покривачем у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

У периоду 1961–2015. године утврђен је значајан ($p < 0,02$) негативан тренд броја дана са сњежним покривачем у Сокоцу и Бијељини, гдје је тај број смањен по линији тренда за 4,3 дана по деценији и 3,7 дана по деценији. У истом периоду забиљежен је несигнификантан позитиван тренд броја дана са сњежним покривачем у Сарајеву (0,2 дана по деценији) и несигнификантан негативан тренд броја дана са сњежним покривачем у Бањалуци (2,3 дана по деценији).

Није утврђена значајна разлика у броју дана са сњежним покривачем у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период. У периоду 1981–2010. године у Сокоцу је број дана са сњежним покривачем смањен за 6, а у Бијељини за 4 дана. У наведеном периоду смањен је ионако мали број оваквих дана у Мостару. У Сарајеву су се у наведеном периоду просјечно јављала 3 дана са сњежним покривачем више него у референтном периоду.

Табела IV – 69: Средњи мјесечни и годишњи број дана са сњежним покривачем у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	17	13	6	0	0	0	0	0	0	0	4	13	52
	б	17	12	6	1	0	0	0	0	0	0	4	12	52
	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1
БЛ	а	16	12	5	1	0	0	0	0	0	0	3	13	51
	б	17	13	6	1	0	0	0	0	0	0	3	12	52
	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
БН	а	17	11	4	0	0	0	0	0	0	0	2	10	43
	б	14	10	3	0	0	0	0	0	0	0	3	9	39
	-	-3	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	-4
СА	а	21	14	6	2	0	0	0	0	0	0	5	16	63
	б	20	15	7	2	0	0	0	0	0	1	6	15	66
	-	-1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	-1	3
СО	а	27	21	14	3	0	0	0	0	0	1	7	20	93
	б	24	20	14	3	0	0	0	0	0	1	7	17	87
	-	-2	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	-6
МО	а	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
	б	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
	-	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2

3. ВЛАЖНОСТ ВАЗДУХА

Влажност ваздуха има велики утицај и значај за развој биљног свијета. Што је релативна влажност ваздуха већа, а дефицит засићености мањи под истим другим климатским условима (температура ваздуха, вјетар и др.), то је биљкама потребно мање воде коју црпе из земљишта за развој, јер је у таквим условима смањена транспирација са лишћа биљака (*Милосављевић, М., 1976*).

3.1. Релативна влажност ваздуха

Релативна влажност ваздуха представља степен засићености ваздуха воденом паром, тј. представља однос између количине водене паре у датом тренутку у ваздуху и максималне количине коју би ваздух могао да прими на одређеној температури да би био засићен (*Милосављевић, М., 1976*). Савршено сув ваздух има релативну влажност 0 %, а потпуно засићен ваздух 100 %.

Релативна влажност ваздуха зависи од температуре ваздуха, с којом има обрнут годишњи ток. Релативна влажност, поред температуре ваздуха, одређује потребу биљака за водом, као и испаравање. На нашим подручјима ваздух је зими влажан, а у сезони лјето сув, иако зими у ваздуху има много мање водене паре него лјети. У овим географским ширинама релативна влажност ваздуха 70–75 % већ је знак сувог времена, а влажност ваздуха од 50 % врло сувог времена (*Милосављевић, М., 1976*).

Средња годишња релативна влажност ваздуха у периоду 1961–2015. године износи од 76–79 % на сјеверу територије и у Сокоцу, преко 70 % на подручју Сарајева до 61 % на југу у Мостару. Годишње вриједности релативне влажности ваздуха веће од 75 % на већем дијелу истраживог подручја знак су доминације умјерено влажног ваздуха. Релативна влажност ваздуха најнижа је у нижим подручјима Херцеговине, гдје је ваздух током два најтоплија и најсушнија мјесеца у години генерално сув или врло сув.

Табела IV – 70: Средња мјесечна и годишња релативна влажност ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)

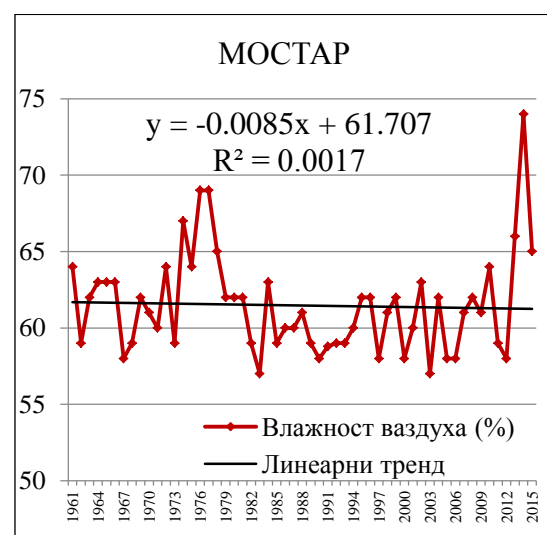
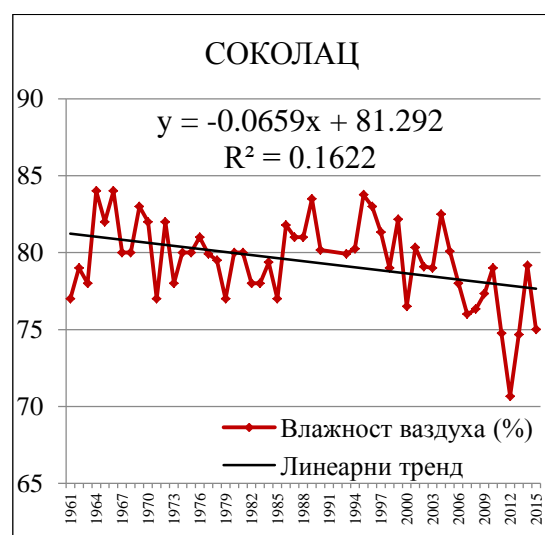
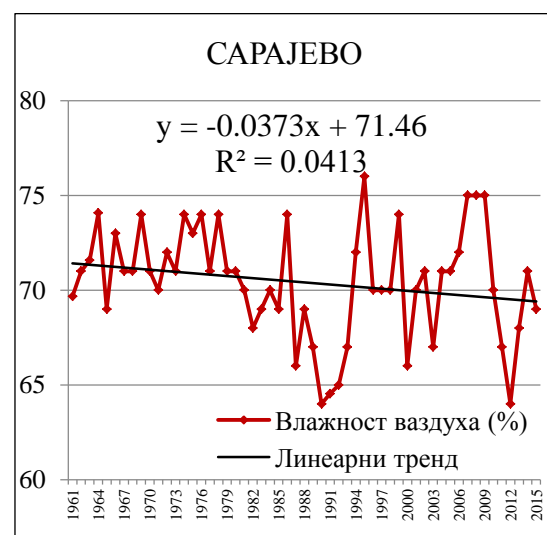
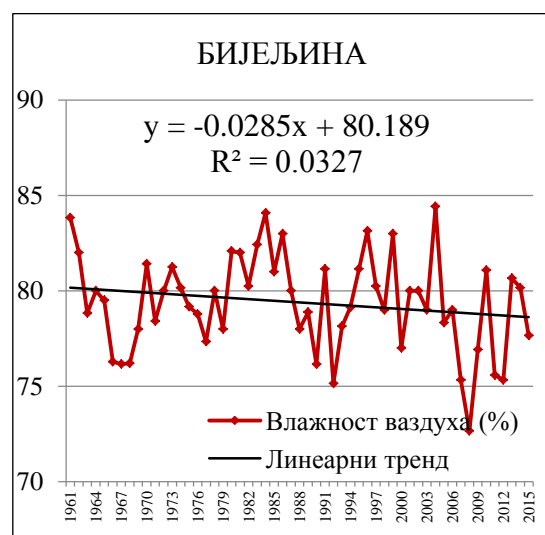
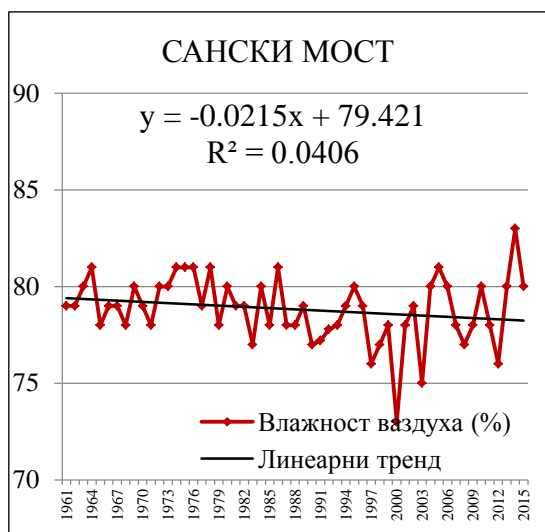
М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	84	80	75	73	75	76	75	77	81	83	83	85	79
БЛ	83	79	72	70	71	71	70	72	78	81	82	85	76
БН	86	84	80	76	75	74	72	73	79	82	86	87	79
СА	78	73	66	64	65	67	74	66	71	74	76	81	70
СО	86	82	78	75	75	76	74	75	79	82	85	88	79
МО	65	61	60	62	61	60	53	54	61	66	69	67	61

Релативна влажност ваздуха је у обрнутом односу са температуром ваздуха и има супротан годишњи ток од ње – највећа је у сезони зима, а најмања у сезони љето. Релативна влажност ваздуха у сезони зима у већини подручја износи 82–86 % (у Сарајеву 77 %, а у Мостару само 64 %), а у сезони љето 69–76 % (у Мостару релативна влажност од 56 % говори о доминантној заступљености сувог ваздуха у Херцеговини у овој сезони). На цијелом истраживаном подручју, релативна влажност ваздуха виша је у сезони јесен (74–82 %, у Мостару 65 %) него у сезони прољеће (71–76 %, у Сарајеву 65 %, а у Мостару 61 %). Релативна влажност ваздуха у вегетационом периоду износи од 72–76 % на сјеверу територије и у Сокоцу, преко 68 % у Сарајеву, до 58 % у Мостару.

Табела IV – 71: Средња сезонска релативна влажност ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у %)

М. с.	ЗИМА	ПРОЉЕЋЕ	ЉЕТО	ЈЕСЕН	ВЕГЕТАЦИОНИ ПЕРИОД
СМ	83	74	76	82	76
ПР	84	73	73	82	74
БЛ	82	71	71	81	72
БН	86	77	73	82	75
СА	77	65	69	74	68
СО	85	76	75	82	76
МО	64	61	56	65	58

У периоду 1961–2015. године на цијелој територији Републике Српске присутан је негативан тренд релативне влажности ваздуха.



Графикон IV – 49: Тренд средње годишње релативне влажности ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Међутим, наведени тренд значајан је једино на подручју Сокоца ($p < 0,01$) и Бањалуке ($p < 0,05$). У Сокоцу је релативна влажност ваздуха смањена по линији тренда за 0,66 % по деценији, а у Бањалуци за 0,63 % по деценији. Негативни тренд најслабијег интензитета забиљежен је у Мостару (због изузетно велике влажности током екстремне 2014. године). У Мостару постоји статистички значајна ($p < 0,02$) разлика између релативне влажности у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период (смањење са 62 % на 60 %). Међутим, изузетно висока влажност у 2014. години од 74 % ублажава уочени тренд смањења. У истом периоду значајна ($p < 0,02$) разлика у релативној влажности утврђена је и у Санском Мосту. На осталим анализираним станицама релативна влажност ваздуха није знатније промијењена у односу на референтни период или је присутно незнатно смањење које није статистички значајно.

Табела IV – 72: Средња мјесечна и годишња релативна влажност ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у %)

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	84	81	76	73	76	77	76	78	81	83	83	85	79
	б	83	78	74	72	75	76	75	77	81	83	83	84	78
	%	-2	-4	-3	-1	-1	-2	-2	-2	-2	0	0	-1	-1
БЛ	а	83	80	74	70	71	72	71	74	79	82	82	84	76
	б	83	78	71	69	70	71	69	71	77	81	82	84	76
	%	0	-2	-4	-1	-2	-2	-2	-4	-2	-1	0	0	-1
БН	а	84	83	79	76	76	77	74	75	79	82	86	87	80
	б	88	85	81	76	74	74	71	71	79	82	87	88	80
	%	4	1	2	1	-2	-4	-5	-5	-1	0	1	2	0
СА	а	79	73	67	63	65	68	66	67	71	74	76	82	71
	б	77	71	66	64	65	67	65	66	71	73	75	79	70
	%	-2	-3	-1	1	-1	-2	-1	-2	-1	-1	-1	-3	-1
СО	а	85	82	79	76	76	78	77	77	80	82	84	86	80
	б	87	82	78	75	74	76	74	75	80	82	86	88	80
	%	2	0	-2	-2	-2	-3	-5	-3	0	0	2	2	0
МО	а	66	63	61	62	63	61	53	54	60	65	69	67	62
	б	63	59	58	61	60	58	51	53	60	66	67	66	60
	%	-5	-8	-5	-2	-4	-5	-3	-2	-1	2	-3	-3	-3

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – **болд** $p < 0,01$, *италик* $p < 0,05$.

Табела IV – 73: Средња сезонска релативна влажност ваздуха у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у %)

М. с.		ЗИМА	ПРОЉЕЋЕ	ЉЕТО	ЈЕСЕН	ВЕГ. ПЕРИОД
СМ	а	83,5	74,9	77,2	82,4	76,9
	б	81,5	73,6	75,8	82,1	75,9
	%	-2,3	-1,7	-1,8	-0,4	-1,2
ПР	а	84,8	74,4	74,5	82,7	75,1
	б	82,0	71,8	72,2	81,1	73,0
	%	-3,2	-3,5	-3,1	-1,9	-2,7
БЛ	а	82,1	71,6	72,4	81,0	72,9
	б	81,6	70,0	70,5	80,2	71,3
	%	-0,6	-2,3	-2,6	-0,9	-2,2
БН	а	84,8	77,0	75,5	82,4	76,2
	б	86,9	77,0	72,0	82,5	74,2
	%	2,5	0,0	-4,6	0,1	-2,7
СА	а	78,0	65,1	67,1	74,0	66,8
	б	75,9	64,9	66,0	73,3	66,3
	%	-2,7	-0,3	-1,6	-0,9	-0,8
СО	а	84,4	77,3	77,6	82,2	77,5
	б	85,6	75,9	74,9	82,7	75,7
	%	1,5	-1,7	-3,4	0,6	-2,3
МО	а	65,5	61,8	55,9	64,8	58,7
	б	62,3	59,8	54,0	64,5	57,1
	%	-4,8	-3,4	-3,3	-0,5	-2,7

Анализа промјена сезонске релативне влажности ваздуха у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период показује да је релативна влажност ваздуха највише смањена у сезони зима (на крајњем сјеверозападу, на подручју Сарајева и на југу у Мостару) или у сезони љето (у Бањалуци, Бијељини и Сокоцу). У Мостару је, осим у сезони зима, знатно смањење забиљежено и у топлој половини године (у сезонама прољеће и љето). Релативна влажност ваздуха у сезони зима повећана је на подручју Бијељине и Сокоца. Иако регионално различитог знака, најмање промјене релативне влажности присутне су у сезони јесен. Релативна влажност ваздуха у вегетационом периоду смањена је цијелој територији за највише 2–3 %.

4. ОБЛАЧНОСТ

Облачност (покривеност неба облацима) веома је важан климатски елемент, првенствено јер утиче на дневну амплитуду температуре ваздуха. Облачност штити Земљу од Сунчевог зрачења, али и од јаког излучивања саме Земљине површине, те на тај начин већа облачност смањује дневно колебање температуре ваздуха (Милосављевић, М., 1976). Облачност током дана спречава дио Сунчевог зрачења да стигне до површине Земље тако што га одбија назад у свемир, па је температура ваздуха нижа током облачних дана (Trapasso, L. M., 2005). Облачност током ноћи условљава да ноћне температуре буду више, јер се облаци понашају као „покривач“ који задржава дуготаласно терестричко зрачење (топлоту) близу површине Земље, која би се иначе изгубила у условима ведрог неба (Trapasso, L. M., 2005).

Годишњи ток облачности у директном је односу са годишњим током релативне влажности ваздуха и у обрнутом односу са годишњим током температуре ваздуха.

4.1. Средња мјесечна и годишња облачност

Анализа тренда средње годишње и мјесечне облачности у периоду 1961–2015. године извршена је на основу података са метеоролошке станице Бањалука, на којој постоје континуирана мјерења овог параметра у наведеном периоду. Средња годишња облачност у Бањалуци износи 5,9 десетина (или 59 %).

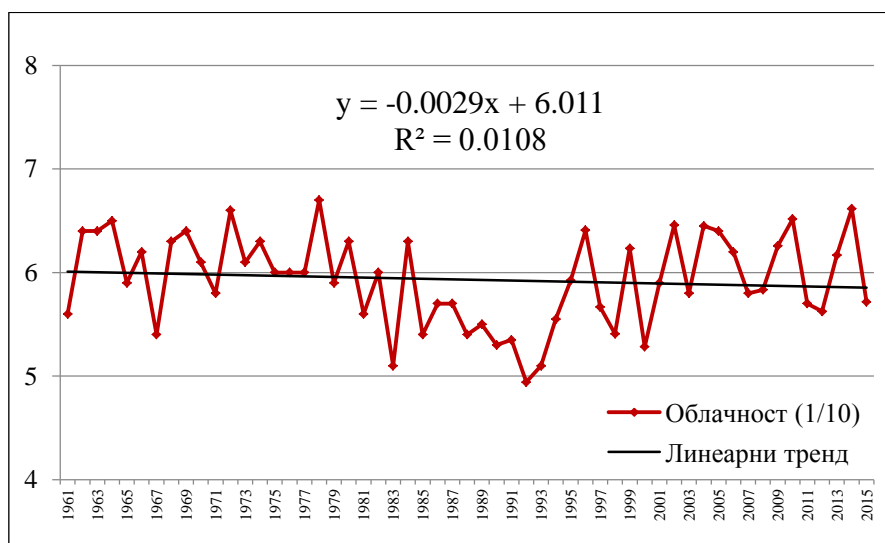
Средња мјесечна облачност опада од зимских мјесеци (7,1) према топлијем дијелу године, до сезоне љето (4,6), а затим поново има силазни ток према сезони зима.

Табела IV – 74: Средња мјесечна и годишња облачност у Бањалуци у периоду 1961–2015, 1961–1990. и 1981–2010. године (у 1/10)

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
1961–2015.	7,2	6,7	6,3	6,2	5,8	5,3	4,2	4,2	5,0	5,8	7,0	7,4	5,9
1961–1990.	7,3	7,0	6,5	6,2	5,8	5,5	4,1	4,2	4,7	5,6	7,1	7,5	6,0
1981–2010.	7,0	6,4	6,1	6,1	5,6	5,2	4,1	4,1	5,0	5,8	6,8	7,3	5,8

Облачност је највећа у зимским мјесецима (максимум у децембру 7,4), а најмања у сезони љето, у периоду јуни–август (минимум у јулу и августу 4,2).

У анализираном периоду 1961–2015. године није присутан значајан тренд средње годишње облачности. Такође, не постоји значајна разлика у средњој годишњој облачности у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период.



Графикон IV – 50: Тренд средње годишње облачности у Бањалуци у периоду 1961–2015. године

5. ИНСОЛАЦИЈА

Инсолација (осунчавање, дужина трајања Сунчевог сјаја) веома је битан климатски елемент за раст и развој биљака, јер од ње зависи и температура ваздуха, а посредно и све остале атмосферске појаве условљене температуром (Милосављевић, М., 1976). Посебан значај има за развој биљног свијета, јер се под утицајем Сунчеве свјетлости одвија асимилација (тј. прерађивање усвојених хранљивих материја у органску материју) и процес фотосинтезе, а важну улогу има и у низу фенофаза у животном циклусу биљака (Милосављевић, М., 1976). Годишњи ток инсолације у директном је односу са годишњим током температуре ваздуха, а у обрнутом односу са годишњим током облачности.

5.1. Средња мјесечна и годишња инсолација

У сјеверном дијелу истраживане територије просјечна инсолација у периоду 1961–2015. године креће се у интервалу од 1.816,4 h у Тузли до 1.852,7 h у Санском Мосту. Просјечна инсолација у Бањалуци у наведеном периоду износи 1.835,1 h.

Табела IV – 75: Средња мјесечна и годишња инсолација у Републици Српској у периоду 1961–2015. године (у h)

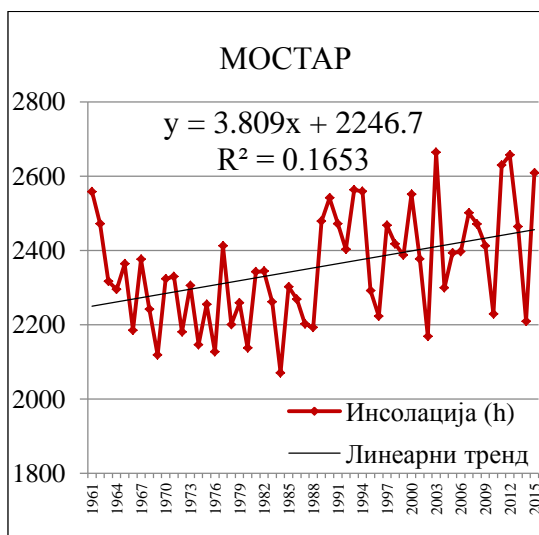
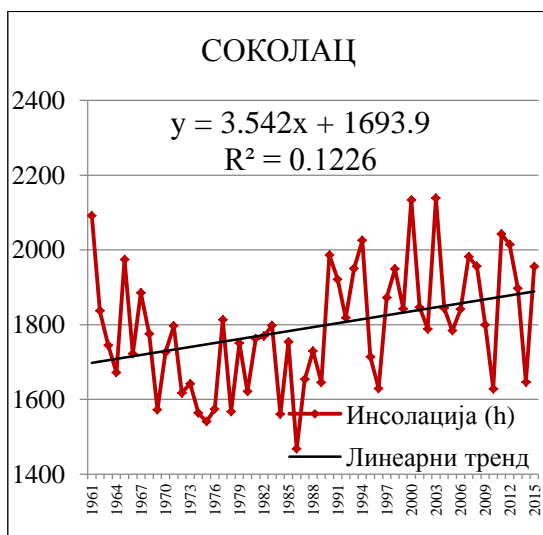
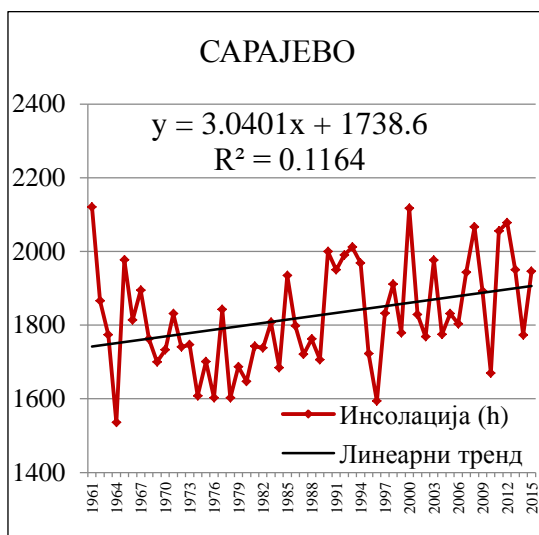
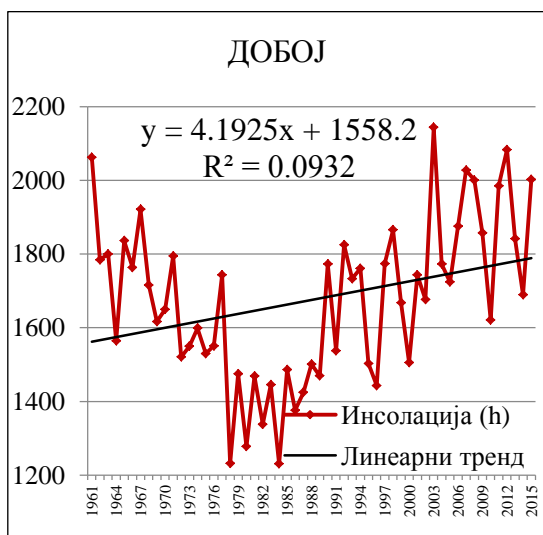
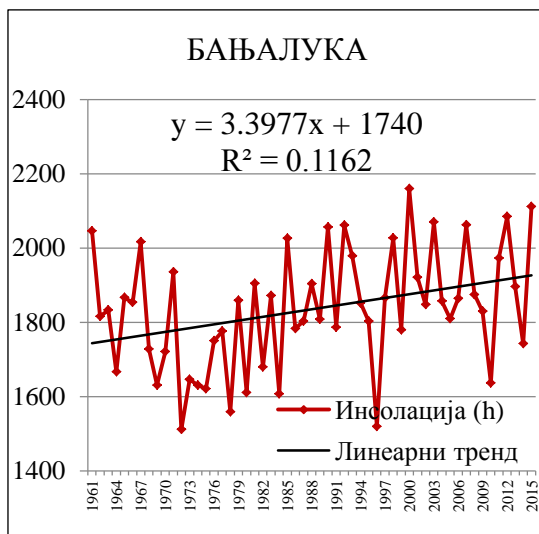
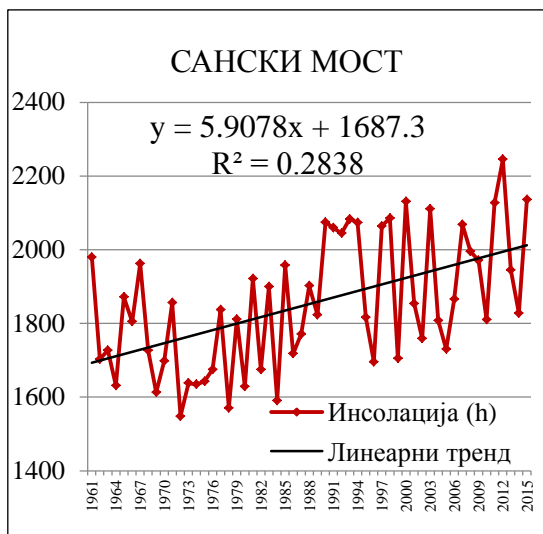
М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	62,9	87,5	137,0	164,0	216,3	233,1	277,0	249,3	172,3	121,8	76,0	55,6	1852,7
БЛ	57,5	79,0	131,0	161,3	213,9	235,4	276,6	248,1	181,9	129,1	72,4	48,9	1835,1
ДБ	56,2	79,7	129,9	152,0	182,2	197,1	238,5	226,9	168,8	123,2	73,6	47,5	1675,6
ТЗ	65,9	86,3	137,7	162,6	200,1	209,3	251,3	245,2	178,4	137,2	84,1	56,6	1816,4
СА	66,4	93,3	135,0	152,7	195,2	217,0	256,9	240,1	180,4	148,5	86,9	49,8	1823,7
СО	63,2	84,4	129,8	155,6	199,5	210,7	257,3	245,3	175,2	138,5	83,6	50,1	1793,1
МО	115,5	125,4	162,9	179,2	237,4	267,0	327,8	305,4	227,9	180,1	116,1	108,6	2353,3

Због специфичног положаја у котлини инсолација у Добоју нижа је него у осталим дијеловима перипанонског подручја (1.675,6 h). Просјечна инсолација у Сокоцу износи 1.793,1 h. Трајање Сунчевог сјаја највише је на југу – на примјер, Мостар 2.353,3 h.

Инсолација је највиша у сезони љето, а нарочито током јула, најтоплијег мјесеца у години (од 238,5 h у Добоју до 327,8 h у Мостару). Трајање Сунчевог сјаја најкраће је у сезони зима, а нарочито у децембру (од 47,5 h у Добоју до 108,6 h у Мостару) и јануару (од 56,2 h у Добоју до 115,5 h у Мостару). Просјечна инсолација у вегетационом периоду, када је биљкама Сунчева свјетлост и топлота и најпотребнија, износи од 1.165,4 h у Добоју до чак 1.544,7 h у Мостару (у Бањалуци 1.317,1 h).

У периоду 1961–2015. године утврђен је значајан позитиван тренд трајања Сунчевог сјаја (Сански Мост $p < 0,01$, Соколац и Мостар $p < 0,02$, Бањалука, Сарајево и Добој $p < 0,05$). Иста статистичка значајност утврђена је за разлику у просјечној инсолацији у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период (осим у Добоју, гдје разлика између два периода није значајна).

Инсолација је у анализираном периоду 1961–2015. године по линији тренда највише порасла у Санском Мосту (59,1 h по деценији), Добоју (41,9 h по деценији) и Мостару (38,1 h по деценији). На осталим станицама тренд пораста је износио од 30,4 h по деценији у Сарајеву, преко 33,9 h по деценији у Бањалуци, до 35,4 h по деценији у Сокоцу. Просјечна инсолација у периоду 1981–2010. године повећана је у односу на референтни период за 139,0 h (7,3 %) у Санском Мосту, 99,2 h (5,5 %) у Сокоцу, у Бањалуци 84,3 h (4,5 %), 74,9 h (4,1 %) у Сарајеву и 69,1 h (4,4 %) у Добоју.



Графикон IV – 51: Тренд средње годишње инсолације у Републици Српској у периоду 1961–2015. године

Табела IV – 76: Средња мјесечна и годишња инсолација у Републици Српској у периоду 1961–1990. (а) и 1981–2010. (б) године (у h)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	57.3	76.1	125.9	156.1	205.1	267.8	231.6	174.9	121.1	72.6	53.1	1763.0
	б	68.2	99.1	142.8	165.3	225.0	281.2	255.3	174.6	122.6	77.6	55.8	1902.0
	-	10.8	23.0	16.9	9.2	19.9	13.5	23.7	-0.3	1.5	5.1	2.8	139.0
БЛ	а	53.9	71.0	125.1	157.7	206.3	272.3	238.5	187.2	132.7	70.4	46.5	1784.0
	б	61.3	88.9	135.0	161.4	221.1	277.9	251.6	184.3	130.2	72.6	47.3	1868.3
	-	7.4	17.9	9.9	3.8	14.8	5.6	13.2	-2.9	-2.5	2.2	0.9	84.3
ДБ	а	50.5	70.4	117.6	146.8	170.1	224.2	210.8	169.4	125.0	69.9	44.7	1583.3
	б	59.6	88.3	133.3	143.0	177.8	224.6	220.0	169.0	124.1	77.1	49.8	1652.4
	-	9.1	17.9	15.7	-3.9	7.6	0.5	9.2	-0.3	-0.9	7.2	5.1	69.1
СА	а	57.1	83.8	125.6	152.3	191.7	256.2	238.2	186.6	148.8	81.0	40.7	1769.2
	б	73.3	102.9	136.1	149.8	198.6	256.8	233.2	177.6	146.8	89.4	56.5	1844.0
	-	16.1	19.1	10.5	-2.5	6.9	0.5	-5.0	-9.1	-2.0	8.5	15.8	74.9
СО	а	57.9	75.1	119.2	149.7	186.2	247.1	237.5	178.4	139.6	82.5	49.4	1720.2
	б	68.2	93.4	130.0	155.1	208.3	260.7	242.6	174.0	136.7	84.4	52.7	1819.4
	-	10.3	18.2	10.8	5.4	22.1	13.6	5.1	-4.4	-2.9	1.9	3.3	99.2
МО	а	109.3	117.7	154.9	173.9	222.6	322.8	296.9	230.5	186.6	116.8	102.8	2287.1
	б	125.0	132.3	164.9	180.2	242.2	328.7	307.0	226.2	171.8	120.1	109.6	2375.2
	-	15.8	14.6	10.0	6.3	19.6	5.9	10.1	-4.3	-14.8	3.3	6.8	88.1

Напомена: Статистички значајна разлика у годишњим вриједностима – **болд** $p < 0,01$, *италик* $p < 0,05$.

V. УТИЦАЈ САВРЕМЕНИХ КЛИМАТСКИХ КОЛЕБАЊА НА БИЉНИ СВИЈЕТ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

1. УТИЦАЈИ НА ПРИРАСТ ДРВЕЋА

Међугодишња колебања климатских услова одражавају се на промјене ширине година дрвећа. На основу дендроклиматолошких анализа дебљинског прираста дрвећа могуће је утврдити њихову међузависност са климатским условима у животној средини (првенствено са температуром ваздуха и падавинама). Стога, у контексту уочених климатских промјена оваква дендроклиматолошка истраживања добијају на значају и постају важан инструмент за њихову анализу у релативно дугом периоду.

У Републици Српској до сада је извршен веома мали број дендроклиматолошких истраживања на основу којих бисмо могли закључивати о утицају савремених климатских колебања на биљне врсте. Ипак, треба истакнути резултате истраживања *Ивановић, Р. (2013)* које је извршено 2011. године на крајњем истоку Републике Српске (на подручју планина Бокшаница, Гнила и Зловрх, те на Боричкој висоравни). Резултати истраживања доказују да прираст година пет од једанаест узетих узорака дрвећа показује значајну корелацију са средњом годишњом температуром ваздуха, један са средњом годишњом количином падавина, три са температуром ваздуха у вегетационом периоду, седам са температуром ваздуха у сезони љето, три са температуром ваздуха у сезони јесен, један са температуром ваздуха у сезони прољеће, док десет узорака показује добру корелацију са појединим мјесечним температурама ваздуха (*Ивановић, Р., 2013*). Дакле, дебљински прираст дрвећа првенствено је условљен температуром ваздуха, јер је код десет од једанаест узорака установљена статистички значајна ($p < 0,01$) негативна корелација – пет узорака показало је добру корелацију са средњом годишњом температуром ваздуха, са температуром ваздуха у вегетационом периоду, са покретним тромјесечним вриједностима температуре

ваздуха, те са температуром ваздуха у појединим мјесецима (мај, јун, јул и август) (Ивановић, Р., 2013). Негативна вриједност коефицијента корелације указује на присутну антифазну синхроност, односно на законитост да се при вишим температурама ваздуха формирају ужи годови дрвећа (Ивановић, Р., 2013).

За разлику од температуре ваздуха, анализирани узорци нису показали значајну корелацију између средње ширине година и годишње количине падавина, количине падавина у вегетационом периоду и покретних тромјесечних количина падавина (Ивановић, Р., 2013). Ипак, повезаност између средње ширине година и количине падавина утврђена је истраживањем Говедар, З. *et al.* (2007) на планини Јахорини. Повећање просјечног годишњег дебљинског прираста стабала смрче на Јахорини утврђено је у периодима израженог повећања количине падавина, на годишњем нивоу и у вегетационом периоду (с тим да је примијећено да при израженом повећању само на нивоу године или само у вегетационом периоду не долази до повећања прираста). Аутори наводе да су до сличних резултата дошли и Бурлица, Ч. *et al.* (1975) истраживањем дебљинског прираста црног и алепског бора на подручју Требиња.

Подаци о једанаест узорака из истраживања Ивановић, Р. (2013) коришћени су за анализу утицаја Нормализованог ефекта гасова стаклене баште (*Normalized Greenhouse Effect – NGE*), Атлантске вишедеценијске осцилације (*Atlantic Multidecadal Oscillation – AMO*) и температуре ваздуха на прираст година дрвећа.

Индекс Атлантске вишедеценијске осцилације у периоду 1951–2010. године анализиран је на основу података преузетих од *National Oceanic and Atmospheric Administration Earth System Research Laboratory (NOAA ESRL PSD, 2016a)*.

Подаци о Нормализованом ефекту гасова стаклене баште преузети су из истраживања Gregory, К. (2011a) и Gregory, К. (2011b). Теорија према којој је глобално загријавање изазвано антропогеним факторима претпоставља да ће емисије гасова стаклене баште изазвати смањење Земљиног дуготаласног излучивања (*Out-going longwave radiation – OLR*) са горње границе атмосфере за одређену просјечну глобалну површинску температуру. Ово смањење Земљиног дуготаласног излучивања могло би изазвати енергетску неравнотежу у Сунчевом зрачењу које долази на Земљу, јер би више енергије долазило у атмосферу него

одлазило из ње, што би изазвало пораст глобалне температуре. Повећање температуре изазвало би повећање одлазећег дуготаласног зрачења док се радијациони биланс поново не успостави. Ефекат стаклене баште има за резултат веће противзрачење атмосфере (*Upward surface radiation* – S_u) од Земљиног дуготаласног израчивања (OLR). Глобална површинска температура директно зависи од Земљине радијације. С обзиром на то да глобално загријавање може бити узроковано и факторима неvezаним за ефекат стаклене баште, *Gregory, K. (2011a)* јачину ефекта стаклене баште окарактерисао је фракционом промјеном радијативног флукса између горње и доње границе атмосфере, израженом нормализованим ефектом гасова стаклене баште:

$$NGE = (S_u - OLR) / S_u$$

Кад не би било гасова стаклене баште, температуре на горњој граници атмосфере биле би једнаке површинској температури, а вриједност NGE била би нула. Повећање ефективне количине гасова стаклене баште повећало би разлику у дуготаласним флуксевима између доње и горње границе атмосфере.

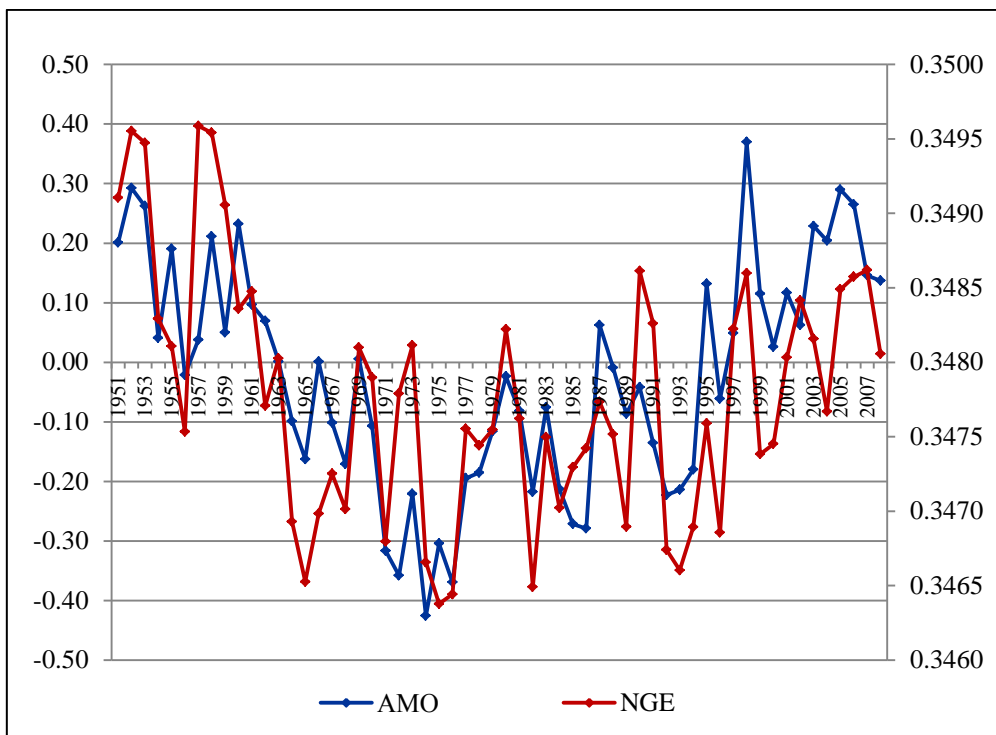
Температура ваздуха анализирана је на основу података са метеоролошке станице Соколац, која је најближа станица подручју на којем су узети узорци дрвећа за коју постоје вишедеценијска континуирана мјерења.

Анализом наведених података утврђена је висока позитивна корелација између АМО и NGE ($r = 0,723$). Позитивна корелација утврђена је и између средње годишње температуре ваздуха и АМО ($r = 0,244$), као и између средње годишње температуре ваздуха и NGE ($r = 0,404$). Одатле сличност и висока корелација између NGE и прираста дрвећа.

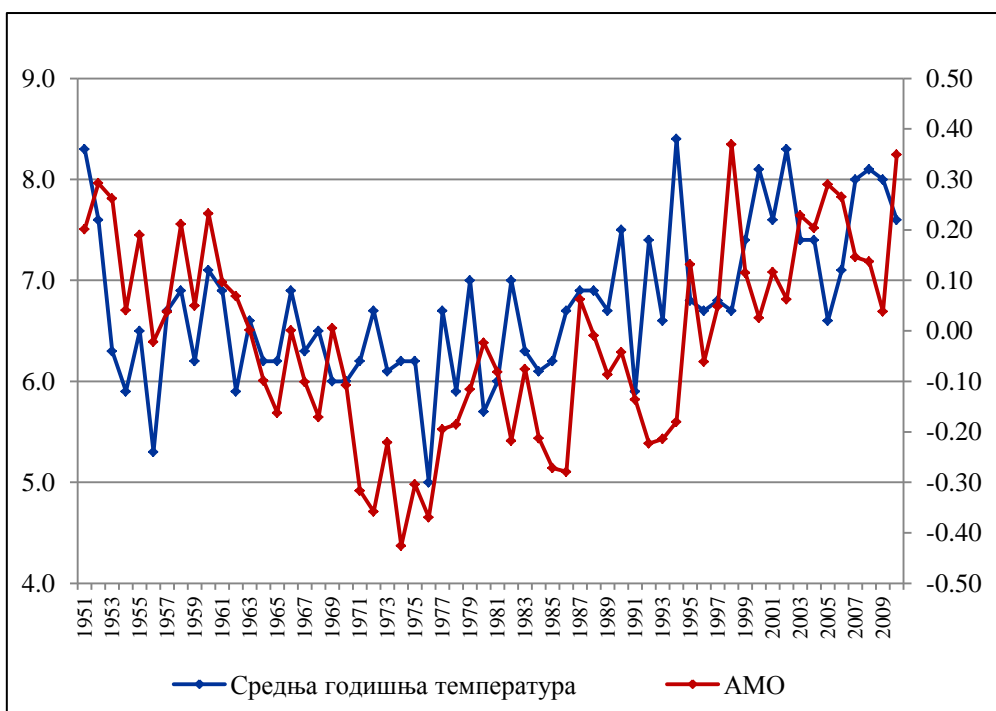
Табела V – 1: Коефицијент корелације између АМО и NGE (r_1), АМО и средње годишње температуре (r_2) и NGE и средње годишње температуре (r_3) у периоду 1951–2008. године

r_1	r_2	r_3
0,723	0,404	0,244

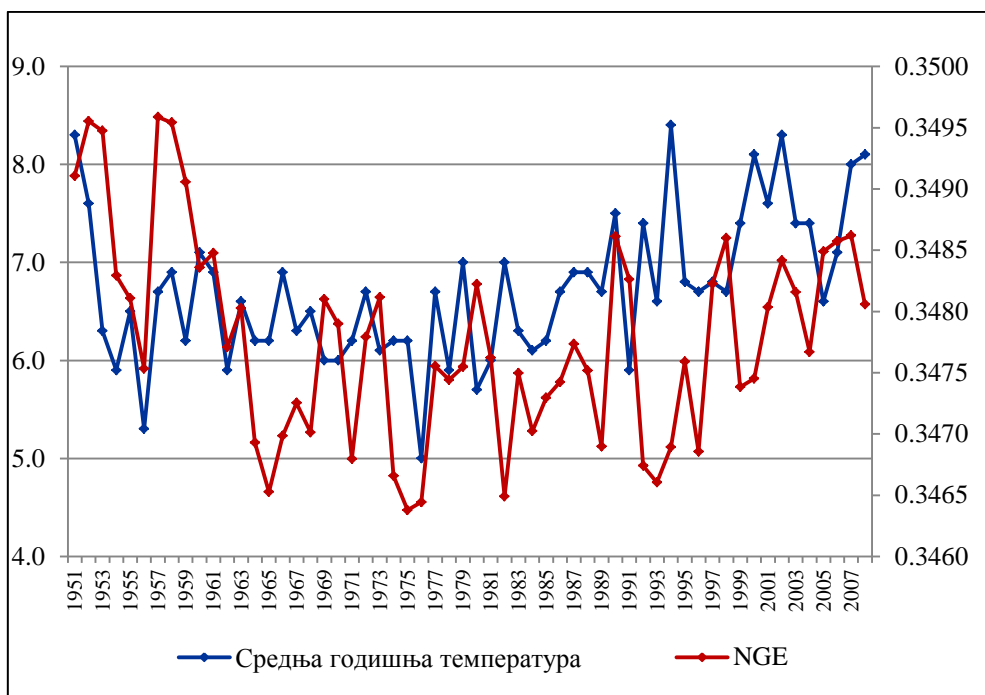
Напомена: Статистички значајна корелација – болд $p < 0,01$, италики $p < 0,05$.



Графикон V – 1: AMO и NGE у периоду 1951–2008. године



Графикон V – 2: Средња годишња температура ваздуха у Сокоцу и AMO у периоду 1951–2010. године



Графикон V – 3: Средња годишња температура ваздуха у Сокоцу и NGE у периоду 1951–2008. године

Muller, R. A. et al. (2013) утврдили су да је корелација између средње глобалне годишње површинске температуре копна и годишње вриједности индекса АМО ($r = 0,65 \pm 0,04$) много јача него њена повезаност са Ел Нињо јужном осцилацијом (*El Niño–Southern Oscillation – ENSO*). Gray, S. T. et al. (2004) на основу реконструкције ширине година дрвећа доказали су да АМО показује јаку, нискофреквентну (60–100 година) варијабилност површинске температуре мора у појасу $0–70^{\circ}$ с. г. ш., која је досљедна у посљедњих пет вијекова. У инструменталном периоду мјерења (од 1856. године) АМО показује два циклуса трајања 65–80 година (са распоном температуре од $0,4^{\circ}\text{C}$), са топлим фазама у периоду 1860–1880. године и 1930–1960. године и хладним фазама у периоду 1905–1925. године и 1970–1990. године (Gray, S. T. et al., 2004). Чини се да је нова топла фаза започела средином 1990-их година. Сматра се да ова вишедеценијска варијабилност у сјеверном Атлантику игра битну улогу у формирању урагана на Атлантику, у учесталости суша у Африци, као и у зимским температурама у Европи (Gray, S. T. et al., 2004).

У циљу утврђивања утицаја NGE и АМО на прираст дрвећа, анализирани су коефицијенти корелације између прираста појединачних узорака (Ивановић, Р., 2013) и NGE и АМО, а затим и коефицијенти корелације између прираста средњег узорка (N_{11}) и NGE и АМО. Утврђена је статистички значајна негативна корелација између прираста средњег узорка (N_{11}) и АМО, као и између прираста средњег узорка (N_{11}) и NGE – коефицијенти корелације износе -0,446 и -0,420.

Већи број узорака показао је статистички значајну негативну корелацију са АМО него са NGE – 5 узорака (Гнила 2, Припечак, Брезова раван, Бокшаница 1 и Бокшаница 2) напрема 4 узорка (Гнила 2, Сурдук 2, Бокшаница 1 и Бокшаница 2).

Табела V – 2: Коефицијент корелације између прираста појединачних узорака и средњег узорка (N_{11}) и АМО (r_1) и NGE (r_2) у периоду 1951–2010. године

Узорак:	r_1	r_2
Гнила 3	-0,216	-0,137
Гнила 2	-0,377	-0,347
Сурдук 1	-0,148	-0,016
Сурдук 3	0,025	-0,050
Припечак	-0,088	-0,401
Сурдук 2	-0,302	-0,073
Борика	-0,125	-0,040
Брезова раван	-0,185	-0,425
Гнила 1	0,186	-0,035
Бокшаница 1	-0,390	-0,404
Бокшаница 2	-0,326	-0,281
Средњи узорак (N_{11})	-0,446	-0,420

Напомена: Статистички значајна корелација – болд $p < 0,01$, италики $p < 0,05$.

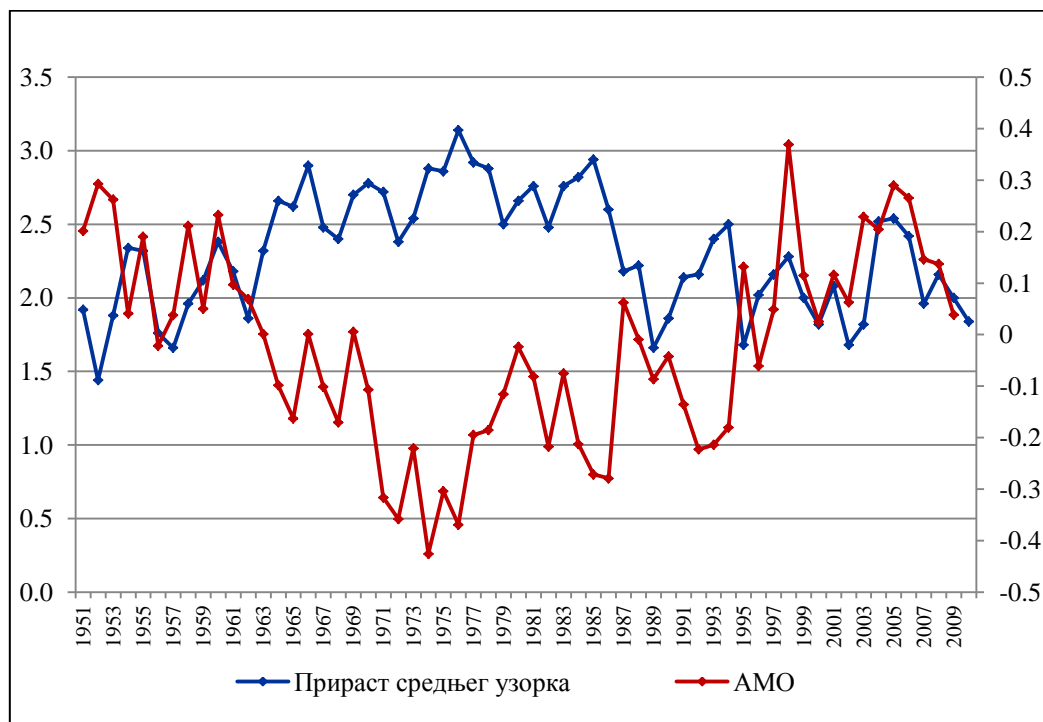
Анализирана је корелација између прираста средњег узорка N_{NGE4} (добијеног као просјечан прираст четири узорка код којих је утврђена статистички значајна корелација са NGE) и прираста средњег узорка N_{AMO5} (добијеног као просјечан прираст пет узорака код којих је утврђена статистички значајна корелација са

АМО) и средње годишње температуре ваздуха на анализираном подручју у периоду 1951–2010. године.

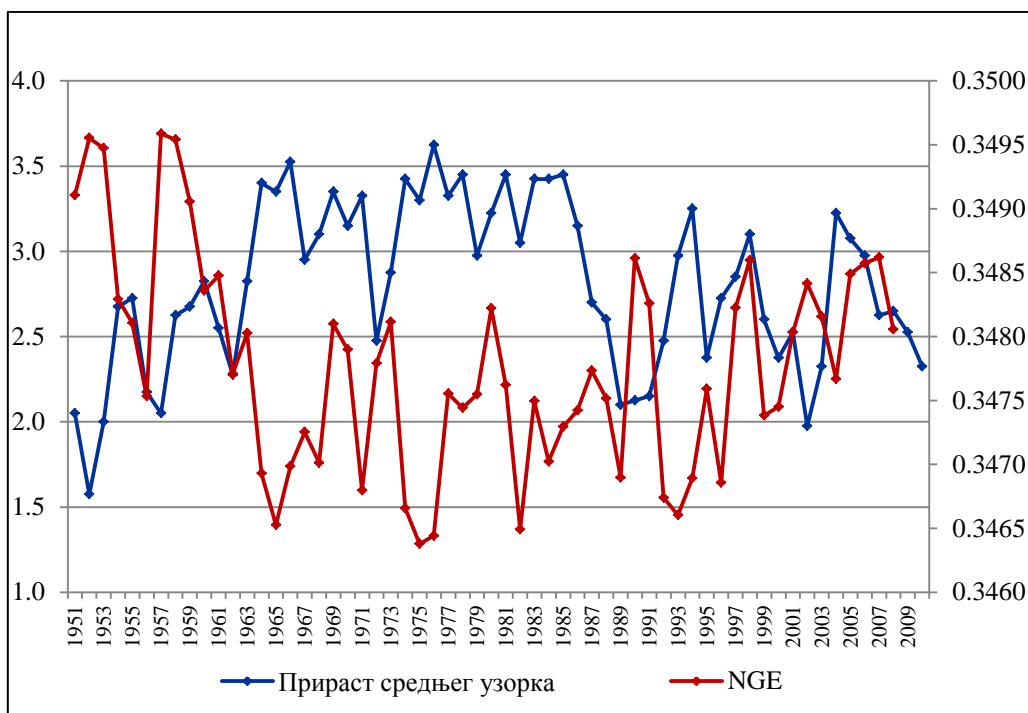
Негативни коефицијент корелације између средње вриједности ширине година 5 узорка и АМО незнатно је већи ($r = -0,591$) од коефицијента корелације између средње вриједности ширине година 4 узорка и NGE ($r = -0,576$).

Табела V – 3: Прираст средњих узорка N_{AMO5} и N_{NGE4} (x) и коефицијент корелације између прираста средњих узорка N_{AMO5} и N_{NGE4} и АМО (r_1) и NGE (r_2) у периоду 1951–2010. године

Узорак:	x	r_1	r_2
Средњи узорак N_{AMO5}	2,3 mm	-0,591	-0,533
Средњи узорак N_{NGE4}	2,8 mm	-0,491	-0,576



Графикон V – 4: Средњи годишњи дебљински прираст средњег узорка N_{AMO5} и АМО у периоду 1951–2010. године



Графикон V – 5: Средњи годишњи дебљински прираст средњег узорка N_{NGE4} и NGE у периоду 1951–2010. године

У посматраном периоду 1961–2010. године анализирана четири узорка показала су добру везу ширине година са средњом годишњом температуром ваздуха, при чему је пораст температуре ваздуха негативно утицао на дебљински прираст дрвећа. Коefицијент корелације годишње вриједности дебљинског прираста средњег узорка N_{NGE4} и средње годишње температуре ваздуха износи $-0,57$ (статистички значајна повезаност на нивоу $p < 0,01$).

Максимални прираст средњег узорка N_{NGE4} (3,63 mm) подудар се са најхладнијом, 1976. годином, док је минимални прираст забиљежен у години секундарног максимума температуре ваздуха (1,98 mm у 2002. години, након 1994. године другој најтоплијој години у посматраном периоду). Када се „пригуше“ међугодишња колебања и посматрају пентадне и декадне вриједности, коefицијент корелације прираста средњег узорка N_{NGE4} и средње годишње температуре ваздуха расте на $-0,85$ и $-0,97$ (статистички значајна корелација на нивоу $p < 0,01$), што потврђује јаку и несумњиву везу између дебљинског прираста дрвећа и температуре ваздуха.

Табела V – 4: Коefицијент корелације годишњих, покретних пентадних и покретних декадних вриједности средње ширине година средњег узорка N_{NGE4} и средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године

Година	Годишње вриједности		Покретне пентадне вриједности		Покретне декадне вриједности	
	средња ширина година	средња годишња температура	средња ширина година	средња годишња температура	средња ширина година	средња годишња температура
1961	2,55	6,90	2,88	6,36	3,05	6,35
1962	2,28	5,90	3,08	6,36	3,13	6,28
1963	2,83	6,60	3,21	6,44	3,15	6,36
1964	3,40	6,20	3,27	6,42	3,15	6,31
1965	3,35	6,20	3,26	6,38	3,15	6,31
1966	3,53	6,90	3,22	6,34	3,15	6,31
1967	2,95	6,30	3,18	6,20	3,16	6,12
1968	3,10	6,50	3,08	6,28	3,20	6,16
1969	3,35	6,00	3,04	6,20	3,23	6,11
1970	3,15	6,00	3,05	6,24	3,19	6,21
1971	3,33	6,20	3,08	6,28	3,20	6,18
1972	2,48	6,70	3,14	6,04	3,21	6,16
1973	2,88	6,10	3,31	6,05	3,27	6,19
1974	3,43	6,20	3,43	6,02	3,33	6,21
1975	3,30	6,20	3,34	6,18	3,33	6,18
1976	3,63	5,00	3,32	6,08	3,34	6,18
1977	3,33	6,73	3,29	6,28	3,29	6,35
1978	3,45	5,95	3,23	6,33	3,23	6,36
1979	2,98	7,00	3,23	6,40	3,15	6,47
1980	3,23	5,70	3,32	6,18	3,06	6,44
1981	3,45	6,00	3,36	6,28	2,95	6,62
1982	3,05	7,00	3,30	6,42	2,82	6,68
1983	3,43	6,30	3,23	6,40	2,76	6,67
1984	3,43	5,88	3,07	6,54	2,72	6,69
1985	3,45	6,20	2,80	6,70	2,70	6,94
1986	3,15	6,70	2,54	6,96	2,59	7,00

1987	2,70	6,90	2,34	6,94	2,55	7,00
1988	2,60	7,00	2,29	6,93	2,56	7,00
1989	2,10	6,70	2,37	6,85	2,61	6,96
1990	2,13	7,50	2,60	7,19	2,66	7,04
1991	2,15	6,59	2,65	7,05	2,69	7,10
1992	2,48	6,88	2,76	7,07	2,73	7,21
1993	2,98	6,58	2,84	7,08	2,68	7,34
1994	3,25	8,40	2,86	7,08	2,61	7,43
1995	2,38	6,80	2,73	6,90	2,61	7,33
1996	2,73	6,70	2,73	7,16	2,68	7,30
1997	2,85	6,90	2,69	7,34	2,70	7,34
1998	3,10	6,60	2,52	7,61	2,68	7,45
1999	2,60	7,50	2,36	7,77	2,64	7,60
2000	2,38	8,10	2,49	7,75	2,63	7,64
2001	2,53	7,60	2,63	7,44	2,62	7,60
2002	1,98	8,25	2,72	7,33		
2003	2,33	7,40	2,85	7,29		
2004	3,23	7,41	2,91	7,43		
2005	3,08	6,55	2,77	7,54		
2006	2,98	7,05	2,62	7,76		
2007	2,63	8,03				
2008	2,65	8,11				
2009	2,53	7,95				
2010	2,33	7,64				
r	-0,57		-0,81		-0,91	

Напомена: 1961. година се код покретних пентадних вриједности односи на период 1961–1965. године, а код покретних декадних вриједности на период 1961–1970. године, 1962. година на период 1962–1966. године код покретних пентадних, а 1962–1971. године код покретних декадних вриједности итд.

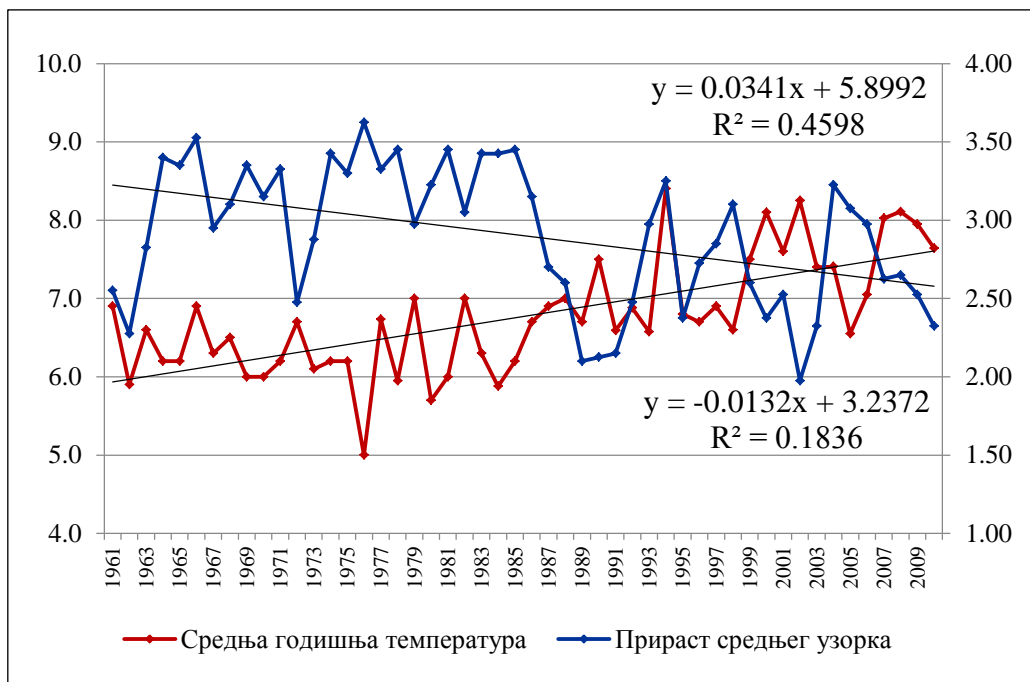
Табела V – 5: Коефицијент корелације пентадних вриједности средње ширине година средњег узорка N_{NGE4} и средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године

Пентада	Средња ширина година (mm)	Средња годишња температура (°C)
1961–1965.	2,88	6,36
1966–1970.	3,22	6,34
1971–1975.	3,00	6,28
1976–1980.	3,32	6,08
1981–1985.	3,36	6,28
1986–1990.	2,54	6,96
1991–1995.	2,60	7,05
1996–2000.	2,73	7,16
2001–2005.	2,63	7,44
2006–2010.	2,62	7,76
r	-0,85	

Табела V – 6: Коефицијент корелације декадних вриједности средње ширине година средњег узорка N_{NGE4} и средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године

Декада	Средња ширина година (mm)	Средња годишња температура (°C)
1961–1970.	3,05	6,35
1971–1980.	3,20	6,18
1981–1990.	2,90	6,62
1991–2000.	2,69	7,10
2001–2010.	2,62	7,60
r	-0,97	

Дакле, ово је јасан сигнал да је пораст температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године негативно утицао на дебљински прираст узоркованог дрвећа. У наведеном периоду средња годишња температура ваздуха расла је по линији тренда за 0,34 °C по деценији, док се прираст средњег узорка N_{NGE4} смањивао за 0,13 mm по деценији.



Графикон V – б: Тренд средње годишње температуре ваздуха и дебљинског прираста средњег узорка N_{NGE4} у периоду 1961–2010. године

Средњи узорак N_{AMO5} показује још бољу повезаност између ширине година и средње годишње температуре ваздуха. Коефицијент корелације годишње вриједности дебљинског прираста средњег узорка N_{AMO5} и средње годишње температуре ваздуха износи $-0,64$ (статистички значајна повезаност на нивоу $p < 0,01$), што такође потврђује негативни утицај пораста температуре ваздуха на прираст. Максимални прираст средњег узорка N_{AMO5} од $3,14$ mm, такође, забиљежен је у најхладнијој, 1976. години. „Пригушивањем“ међугодишњих колебања анализом пентадних и декадних вриједности, негативна корелација између прираста средњег узорка N_{AMO5} и средње годишње температуре ваздуха расте на $-0,88$ и $-0,93$ (статистички значајна корелација на нивоу $p < 0,01$), што додатно потврђује јаку повезаност између дебљинског прираста дрвећа и температуре ваздуха. Као и код средњег узорка N_{NGE4} , пораст температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године негативно је утицао на дебљински прираст, који се смањивао за $0,14$ mm по деценији.

Табела V – 7: Коefицијент корелације годишњих, покретних пентадних и покретних декадних вриједности средње ширине година средњег узорка N_{AM05} и средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године

Година	Годишње вриједности		Покретне пентадне вриједности		Покретне декадне вриједности	
	средња ширина година	средња годишња температура	средња ширина година	средња годишња температура	средња ширина година	средња годишња температура
1961	2,18	6,90	2,33	6,36	2,49	6,35
1962	1,86	5,90	2,47	6,36	2,54	6,28
1963	2,32	6,60	2,60	6,44	2,60	6,36
1964	2,66	6,20	2,61	6,42	2,62	6,31
1965	2,62	6,20	2,62	6,38	2,64	6,31
1966	2,90	6,90	2,65	6,34	2,66	6,31
1967	2,48	6,30	2,62	6,20	2,69	6,12
1968	2,40	6,50	2,60	6,28	2,73	6,16
1969	2,70	6,00	2,62	6,20	2,78	6,11
1970	2,78	6,00	2,66	6,24	2,76	6,21
1971	2,72	6,20	2,68	6,28	2,75	6,18
1972	2,38	6,70	2,76	6,04	2,75	6,16
1973	2,54	6,10	2,87	6,05	2,76	6,19
1974	2,88	6,20	2,94	6,02	2,78	6,21
1975	2,86	6,20	2,86	6,18	2,78	6,18
1976	3,14	5,00	2,82	6,08	2,79	6,18
1977	2,92	6,73	2,74	6,28	2,73	6,35
1978	2,88	5,95	2,66	6,33	2,66	6,36
1979	2,50	7,00	2,63	6,40	2,59	6,47
1980	2,66	5,70	2,70	6,18	2,51	6,44
1981	2,76	6,00	2,75	6,28	2,43	6,62
1982	2,48	7,00	2,72	6,42	2,37	6,68
1983	2,76	6,30	2,66	6,40	2,33	6,67
1984	2,82	5,88	2,55	6,54	2,30	6,69
1985	2,94	6,20	2,32	6,70	2,27	6,94
1986	2,60	6,70	2,10	6,96	2,14	7,00

1987	2,18	6,90	2,01	6,94	2,08	7,00
1988	2,22	7,00	2,01	6,93	2,08	7,00
1989	1,66	6,70	2,04	6,85	2,09	6,96
1990	1,86	7,50	2,21	7,19	2,12	7,04
1991	2,14	6,59	2,18	7,05	2,12	7,10
1992	2,16	6,88	2,15	7,07	2,11	7,21
1993	2,40	6,58	2,15	7,08	2,06	7,34
1994	2,50	8,40	2,13	7,08	2,00	7,43
1995	1,68	6,80	2,03	6,90	2,01	7,33
1996	2,02	6,70	2,06	7,16	2,09	7,30
1997	2,16	6,90	2,07	7,34	2,13	7,34
1998	2,28	6,60	1,97	7,61	2,11	7,45
1999	2,00	7,50	1,88	7,77	2,10	7,60
2000	1,82	8,10	1,98	7,75	2,10	7,64
2001	2,08	7,60	2,13	7,44	2,10	7,60
2002	1,68	8,25	2,20	7,33		
2003	1,82	7,40	2,25	7,29		
2004	2,52	7,41	2,32	7,43		
2005	2,54	6,55	2,22	7,54		
2006	2,42	7,05	2,08	7,76		
2007	1,96	8,03				
2008	2,16	8,11				
2009	2,00	7,95				
2010	1,84	7,64				
r	-0,64		-0,89		-0,94	

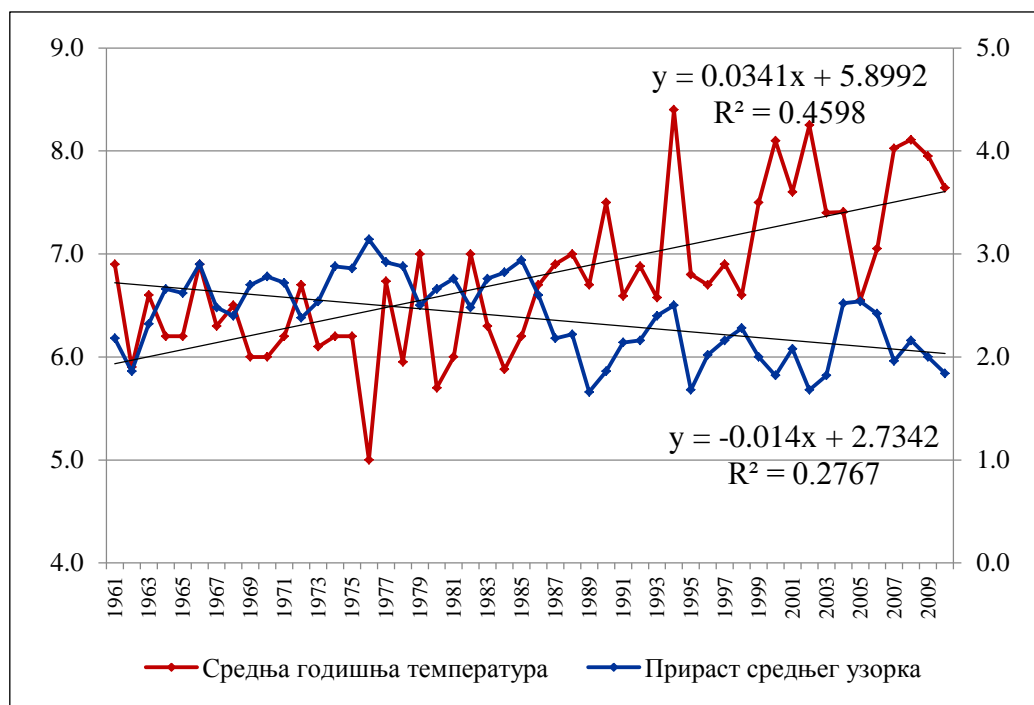
Напомена: 1961. година се код покретних пентадних вриједности односи на период 1961–1965. године, а код покретних декадних вриједности на период 1961–1970. године, 1962. година на период 1962–1966. године код покретних пентадних, а 1962–1971. године код покретних декадних вриједности итд.

Табела V – 8: Коэффициент корелације пентадних вриједности средње ширине година средњег узорка N_{AM05} и средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године

Пентада	ср. ширина година	ср. г. температура
1961–1965.	2,3	6,4
1966–1970.	2,7	6,3
1971–1975.	2,7	6,3
1976–1980.	2,8	6,1
1981–1985.	2,8	6,3
1986–1990.	2,1	7,0
1991–1995.	2,2	7,0
1996–2000.	2,1	7,2
2001–2005.	2,1	7,4
2006–2010.	2,1	7,8
r	-0,88	

Табела V – 9: Коэффициент корелације декадних вриједности средње ширине година средњег узорка N_{AM05} и средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–2010. године

Декада	ср. ширина година	ср. г. температура
1961–1970.	2,5	6,4
1971–1980.	2,7	6,2
1981–1990.	2,4	6,6
1991–2000.	2,1	7,1
2001–2010.	2,1	7,6
r	-0,93	



Графикон V – 7: Тренд средње годишње температуре ваздуха и дебљинског прираста средњег узорка N_{AM05} у периоду 1961–2010. године

С обзиром на то да се утицај АМО (преко температуре ваздуха) изразитије одражава на прираст дрвећа него утицај NGE, можемо закључити да је АМО примарни фактор међугодишњих колебања прираста година дрвећа.

Од 1975. године, АМО показује постепен, али стабилан раст од $-0,35\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (промјена од $0,55\text{ }^{\circ}\text{C}$), док је истовремено просјечна глобална температура копна порасла око $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Muller, R. A. et al., 2013). Наведена промјена може бити независна реакција на сасвим уобичајене покретаче промјена (на примјер, повећање концентрације гасова стаклене баште), међутим, такође је могуће да је загријавање копна дјелимично директна реакција на промјене АМО. Ако су дугорочне промјене АМО узроковане ефектом стаклене баште, онда он може послужити као позитиван повратни утицај који појачава ефекат стаклене баште на копну. С друге стране, неке од дугорочних промјена АМО могу бити узроковане природном варијабилношћу – на примјер, флукуацијама у протоку термохалина. У том случају антропогена компонента глобалног загријавања можда је нешто прецијењена (Muller, R. A. et al., 2013).

Стопа загријавања у периоду 1998–2012. године (који је започео јаким Ел Нињом) од $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-0,05\text{--}0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$) по деценији, мања је од стопе загријавања у периоду 1951–2012. године, која је износила $0,12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0,08\text{--}0,14\text{ }^{\circ}\text{C}$) по деценији (IPCC, 2014), што указује на успоравање раста глобалне температуре ваздуха. Наведени глобални тренд успоравања пораста температуре ваздуха провјерен је и потврђен и на подручју узимања узорка дрвећа (Соколац). Констатовано је да у пет мјесеци (фебруар, март, мај, октобар и децембар) успоравање раста температуре траје 23–28 година (почетна година тренда успоравања креће се у интервалу од 1987. до 1992. године), док је у априлу и јуну 17 и 19 година (тј. од 1998. и 1996. године) присутан негативан тренд, тј. опадање температуре ваздуха. Коефицијент тренда, који показује колико пута је температура расла спорије од године застоја у односу на цијели посматрани низ, износи од 5,4 % у мају до чак 75,5 % у октобру. Треба истакнути да се код средњег узорка N_{NGE4} , који је добро реаговао на NGE, примјећује повећање прираста година дрвећа од 1986. године повезано са наведеним трендом успоравања пораста температуре ваздуха.

2. УТИЦАЈИ НА ПРИНОСЕ КУЛТУРА

Укупна пољопривредна површина у Републици Српској износи 982.000 ha – од тога обрадиве површине заузимају 817.000 ha (83 %), а пашњаци 164.000 ha (17 %) (*РЗС, 2015*). У структури обрадивих површина доминирају оранице и баште, које се простиру на 580.000 ha (71 %), док ливаде заузимају 183.000 ha (22 %), а воћњаци 53.000 ha (6 %) (*РЗС, 2015*).

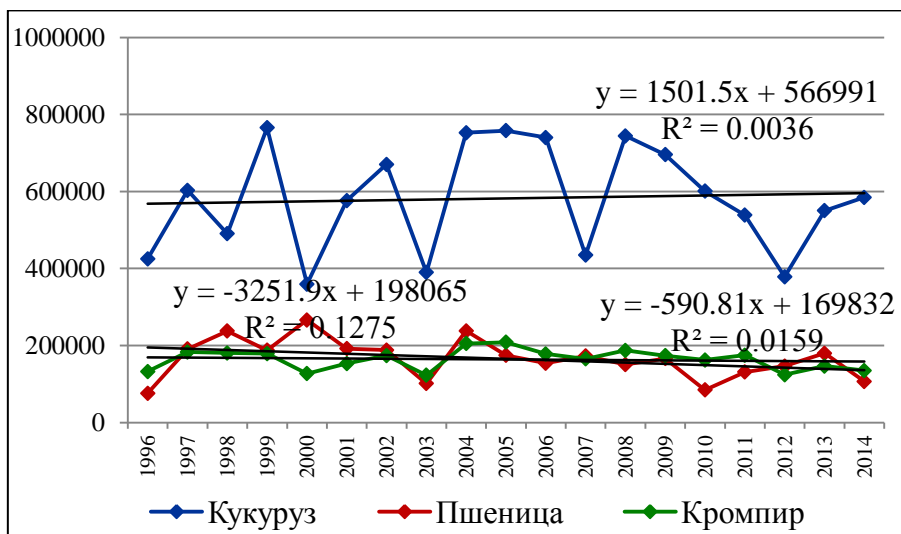
Приноси најважнијих ратарских, повртларских и воћарских култура у Републици Српској у периоду 1996–2014. године анализирани су на основу података о површини и производњи важнијих врста житарица, поврћа и воћа преузетих из *Статистичког годишњака Републике Српске* за 2009, 2014. и 2015. годину (*РЗС, 2009; РЗС, 2014; РЗС, 2015*). Утврђени су трендови производње и приноса у Републици Српској и у општинама и градовима у којима се налазе анализиране метеоролошке станице, како би се анализирао утицај уочених трендова промјена климе на приносе култура.

У Републици Српској најзаступљеније житарице су кукуруз и пшеница. Знатно мање узгајају се јечам, овас, раж и др. Просјечна производња кукуруза у периоду 1996–2014. године износи 582.005 t годишње, а пшенице 165.546 t годишње. Нешто бољи приноси са једног хектара засијане површине остварују се у производњи кукуруза (4,1 t/ha кукуруза напрема 3,2 t/ha пшенице). Од повртларских култура највише се узгаја и производи кромпир – годишње се просјечно произведе 163.924 t, што представља просјечан принос од 9,9 t/ha. Знатно мање површине заузимају паприка, парадајз, краставац, купус и др.

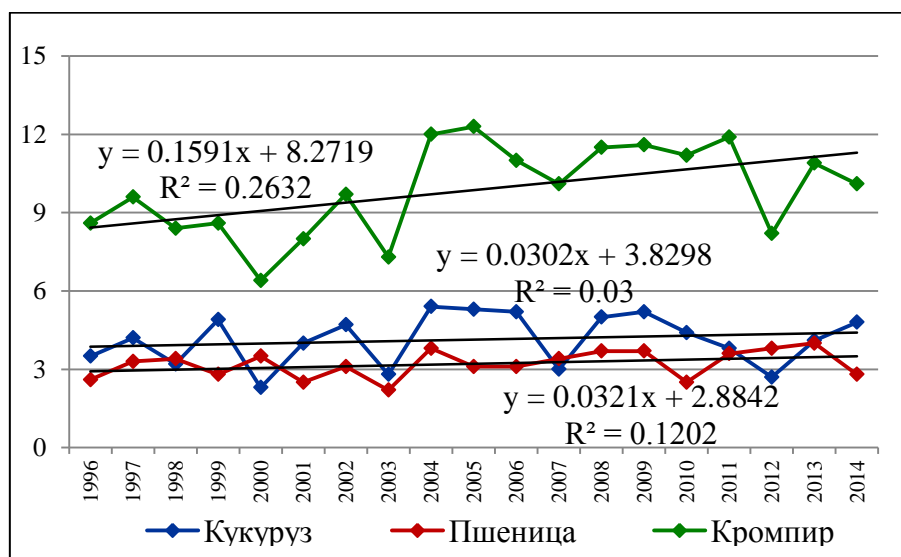
Табела V – 10: Просјечна производња и принос важнијих усјева у Републици Српској у периоду 1996–2014. године

КУКУРУЗ		ПШЕНИЦА		ЈЕЧАМ		КРОМПИР	
принос (t/ha)	производња (t)	принос (t/ha)	производња (t)	принос (t/ha)	производња (t)	принос (t/ha)	производња (t)
4,1	582.005	3,2	165.546	3,0	34.236	9,9	163.924

У анализираном периоду 1996–2014. године у Републици Српској присутан је тренд смањења производње пшенице и кромпира (за 3.251,9 t и 590,8 t годишње), док расте производња кукуруза (за 1.501,5 t годишње). У наведеном периоду присутан је благи несигнификантни тренд повећања приноса кукуруза и пшенице за 30 kg/ha и 32 kg/ha годишње, те знатно израженији, статистички значајан ($p < 0,05$) позитивни тренд приноса кромпира од 159,1 kg/ha годишње.



Графикон V – 8: Тренд просјечне производње важнијих усјева у Републици Српској у периоду 1996–2014. године (t)



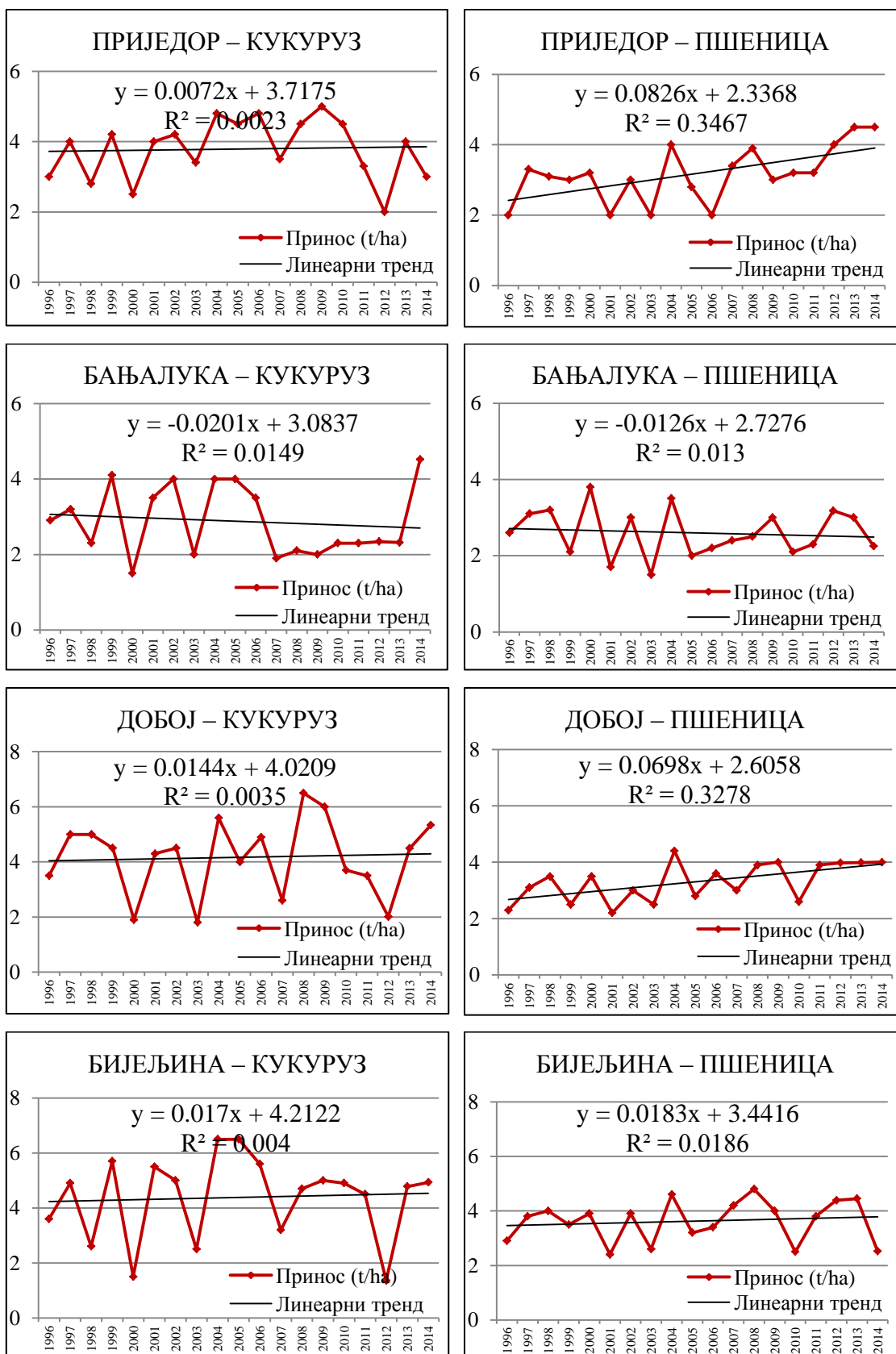
Графикон V – 9: Тренд просјечних приноса важнијих усјева у Републици Српској у периоду 1996–2014. године (t/ha)

Посматрано по анализираним градовима и општинама, најнижи приноси кукуруза и пшенице на сјеверу (гдје се и највише узгајају) забиљежени су у Бањалуци, а највиши на крајњем сјевероистоку, у Семберији (Бијељина). Просјечни годишњи приноси кукуруза у периоду 1996–2014. године износе 2,9–4,4 t/ha, а пшенице 2,6–3,6 t/ha. На сјеверозападу се принос кромпира креће у интервалу од 6,9 t/ha у Бањалуци до 9,9 t/ha у Приједору. Као и у производњи житарица, највиши приноси кромпира (знатно виши него у осталим подручјима) забиљежени су Семберији (21,4 t/ha). Знатно нижи приноси остварују се у Херцеговини, која због свог субмедитеранског поднебља и не представља главно подручје узгоја наведених култура.

Табела V – 11: Просјечни приноси важнијих усјева култура по општинама и градовима у Републици Српској у периоду 1996–2014. године (t/ha)

Врста	ОЛ	ПР	БЛ	ДБ	БН	СО	БИ	ТР
КУКУРУЗ	3,7	3,8	2,9	4,2	4,4	–	2,3	3,6
ПШЕНИЦА	2,7	3,2	2,6	3,3	3,6	2,8	2,3	2,4
ЈЕЧАМ	2,6	2,8	2,3	2,9	3,8	2,6	1,9	2,5
КРОМПИР	2,1	9,9	6,9	7,7	21,4	11,6	3,6	8,1

У периоду 1996–2014. године на подручју Бијељине, Добоја и Приједора утврђени су несигнификантни позитивни трендови просјечних годишњих приноса кукуруза, као и позитивни трендови просјечних годишњих приноса пшенице, који су статистички значајни на подручју Приједора ($p < 0,01$) и Добоја ($p < 0,02$). Приноси кукуруза порасли су по линији тренда од 7,2 kg/ha годишње у Приједору до 14,4 kg/ha и 17,0 kg/ha годишње у Добоју и Бијељини, а пшенице од 18,3 kg/ha годишње у Бијељини до 69,8 kg/ha и 82,6 kg/ha годишње у Добоју и Приједору. Негативни трендови годишњих приноса кукуруза и пшенице забиљежени су у Бањалуци – приноси кукуруза смањени су по линији тренда за 20,1 kg/ha, а пшенице за 12,6 kg/ha годишње.

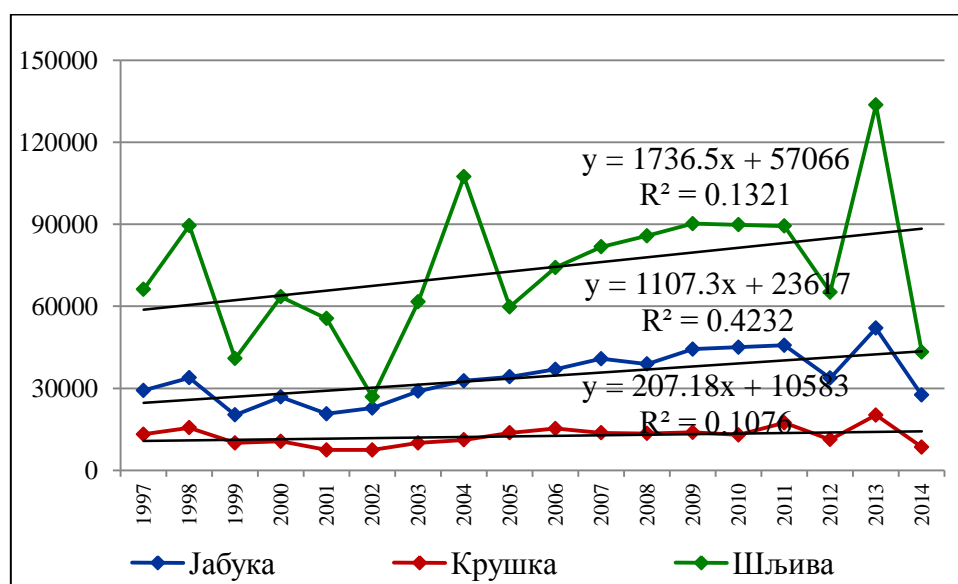


Графикон V – 10: Тренд просјечних годишњих приноса кукуруза и пшенице у Републици Српској у периоду 1996–2014. године (t/ha)

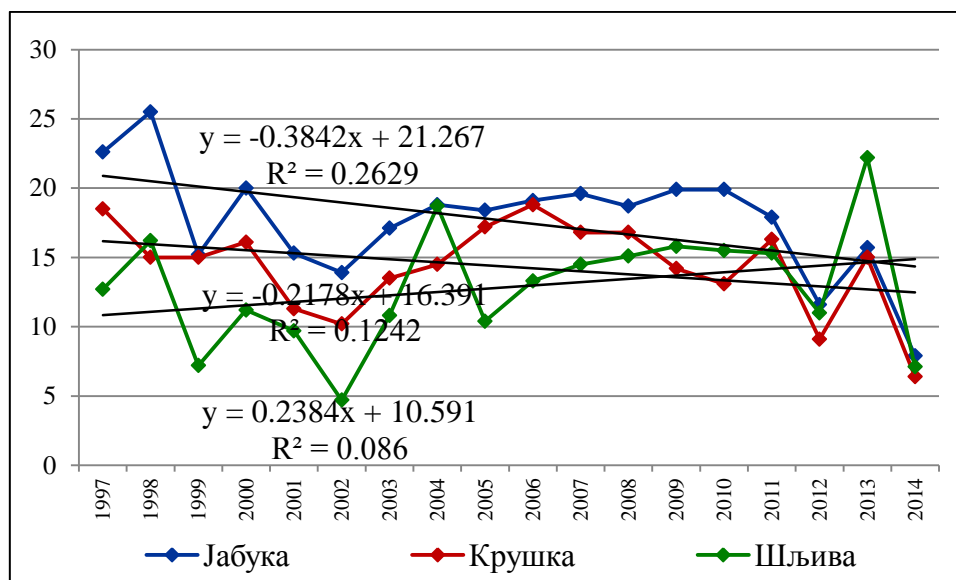
Од воћарских врста у Републици Српској највише се узгајају шљиве, а затим јабуке, крушке, трешње и др. Годишње се просјечно произведе 73.562 t шљива, 34.136 t јабука и 12.551 t крушака. Највећи приноси остваре се у производњи јабука (17,6 kg по стаблу), а нешто мањи у производњи крушака (14,3 kg по стаблу) и шљива (12,9 kg по стаблу). У анализираном периоду 1996–2014. године утврђен је тренд повећања производње наведених врста воћа (али је једино тренд производње јабука статистички значајан, $p < 0,01$). Ипак, у наведеном периоду присутан је статистички значајан ($p < 0,05$) тренд смањења просјечних приноса по стаблу јабуке (38,4 kg по стаблу по деценији) и несигнификантан тренд смањења просјечних приноса по стаблу крушке (21,8 kg по стаблу по деценији). С друге стране, у посматраном периоду повећани су приноси по стаблу шљиве – за 23,8 kg по стаблу по деценији.

Табела V – 12: Просјечна производња воћа и принос по стаблу у Републици Српској у периоду 1997–2014. године

ШЉИВА		ЈАБУКА		КРУШКА	
принос по стаблу (kg)	производња (t)	принос по стаблу (kg)	производња (t)	принос по стаблу (kg)	производња (t)
12,9	73.562	17,6	34.136	14,3	12.551



Графикон V – 11: Тренд просјечне производње важнијих врста воћа у Републици Српској у периоду 1996–2014. године (t)



Графикон V – 12: Тренд просјечних приноса важнијих врста воћа у Републици Српској у периоду 1996–2014. године (kg по стаблу)

У сјеверном дијелу Републике Српске просјечна производња шљива креће се у интервалу од 5,7 kg по стаблу у Добоју до 14,6 kg по стаблу у Оштрој Луци, јабука од 9,9 kg по стаблу у Добоју до 17,0 kg по стаблу у Бањалуци, а крушке од 7,9 kg по стаблу у Добоју до 13,6 kg по стаблу у Оштрој Луци. Много већи приноси јабука и крушка остварују се на подручју Сокоца (24,9 kg по стаблу и 25,3 kg по стаблу). Производња је знатно мања у Херцеговини, која и не представља типично подручје гајења ових континенталних врста воћа.

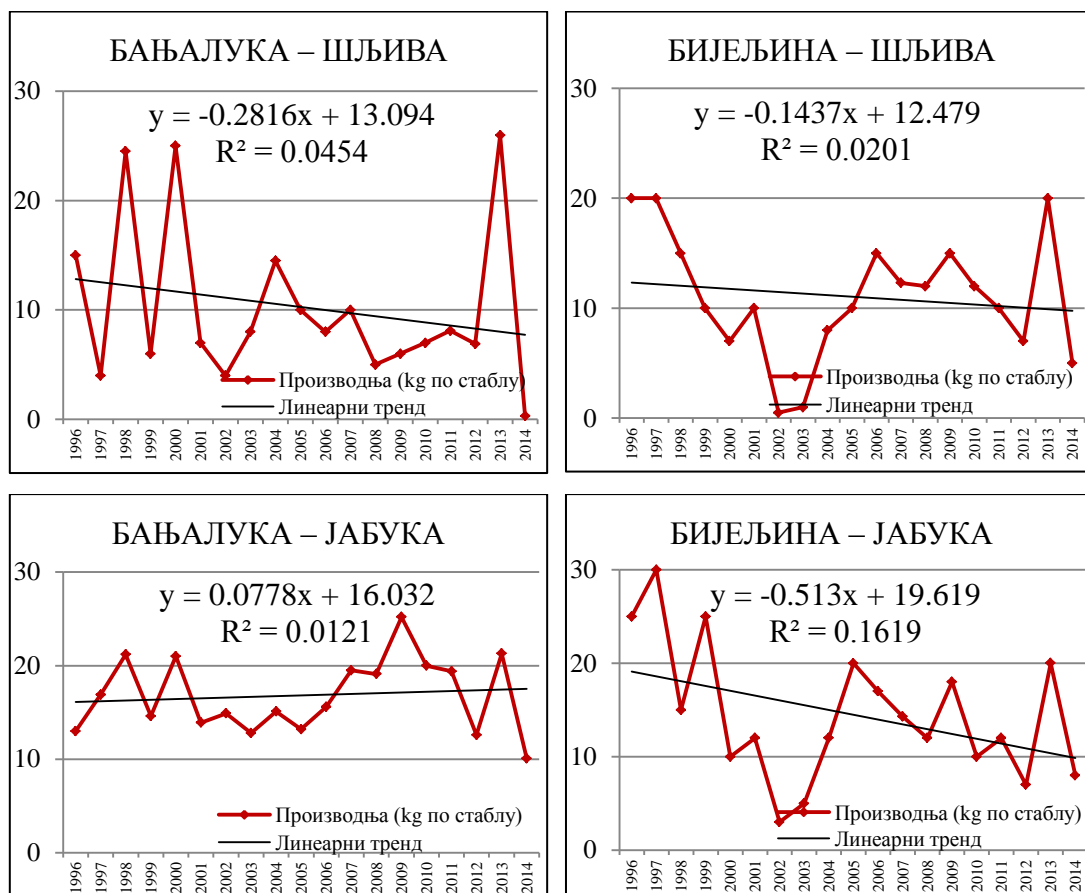
Табела V – 13: Просјечни приноси воћа по општинама и градовима у Републици Српској у периоду 1997–2014. године (kg по стаблу)

	ОЛ	БЛ	ДБ	БН	СО	БИ	ТР
ШЉИВА	14,6	10,0	5,7	10,5	9,2	7,1	6,9
ЈАБУКА	16,1	17,0	9,9	13,9	24,9	6,7	7,9
КРУШКА	13,6	12,3	7,9	12,4	25,3	5,3	5,2

Напомена: Подаци за ОЛ односе се на период 2000–2014. године.

У периоду 1997–2014. године на подручју Бањалуке и Бијелине, на којем се и остварује највећа производња, присутан је тренд смањења просјечних приноса шљиве, који још није статистички значајан. Трендови различитог знака

забиљежени су у производњи јабука – у Бањалуци незнатно позитиван, а у Бијељини негативан.



Графикон V – 13: Тренд производње шљива и јабука у Бањалуци и Бијељини у периоду 1996–2014. године (kg по стаблу)

Приноси житарица, поврћа и воћа показују снажну зависност од температуре ваздуха и доступне количине падавина у критичним фазама њиховог развоја. У циљу утврђивања њихове повезаности, анализирана је зависност приноса кукуруза и пшенице у сјеверном дијелу Републике Српске (у Приједору, Бањалуци, Добоју и Бијељини), који и представља главно подручје њиховог узгоја, од годишње температуре ваздуха, температуре ваздуха у вегетационом периоду и у сезони љето, те од количине падавина у наведеним периодима године, као и од хидротермичког коефицијента и индекса суше у вегетационом периоду и у сезони љето.

Табела V – 14: Коэффициент корелације просјечних приноса кукуруза и пшенице и температуре ваздуха и падавина у периоду 1996–2014. године

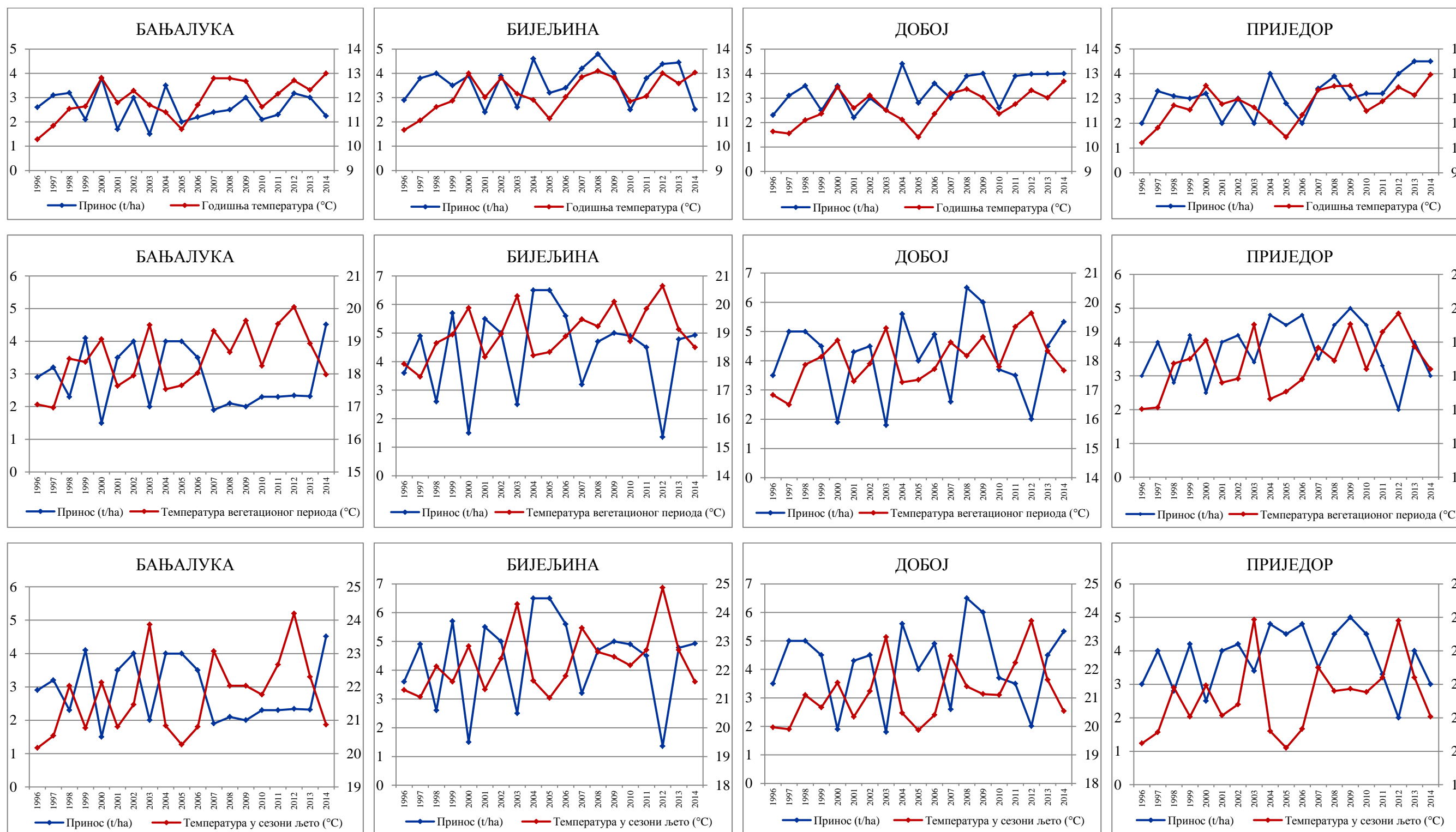
	КУКУРУЗ				ПШЕНИЦА			
	БЛ	БН	ДБ	ПР	БЛ	БН	ДБ	ПР
t_g	-0,333	-0,303	-0,086	-0,267	0,188	0,367	0,452	0,513
t_{vp}	-0,673	-0,583	-0,476	-0,353	0,059	0,277	0,318	0,205
t_{lj}	-0,708	-0,728	-0,596	-0,474	0,066	0,301	0,219	0,170
p_g	0,674	0,609	0,342	0,221	-0,252	-0,497	-0,306	0,218
p_{vp}	0,728	0,603	0,331	0,151	-0,274	-0,538	-0,199	0,068
p_{lj}	0,686	0,724	0,363	0,533	-0,343	-0,539	-0,185	-0,051
HTC _{vp}	0,758	0,570	0,335	0,147	-0,233	-0,515	-0,221	0,022
HTC _{lj}	0,709	0,722	0,365	0,555	-0,356	-0,548	-0,212	-0,091
IS _{vp}	0,746	0,582	0,333	0,145	-0,254	-0,524	-0,207	0,043
IS _{lj}	0,704	0,725	0,367	0,545	-0,349	-0,545	-0,200	-0,077

Напомена: Статистички значајна корелација – болд $p < 0,01$, италики $p < 0,05$.

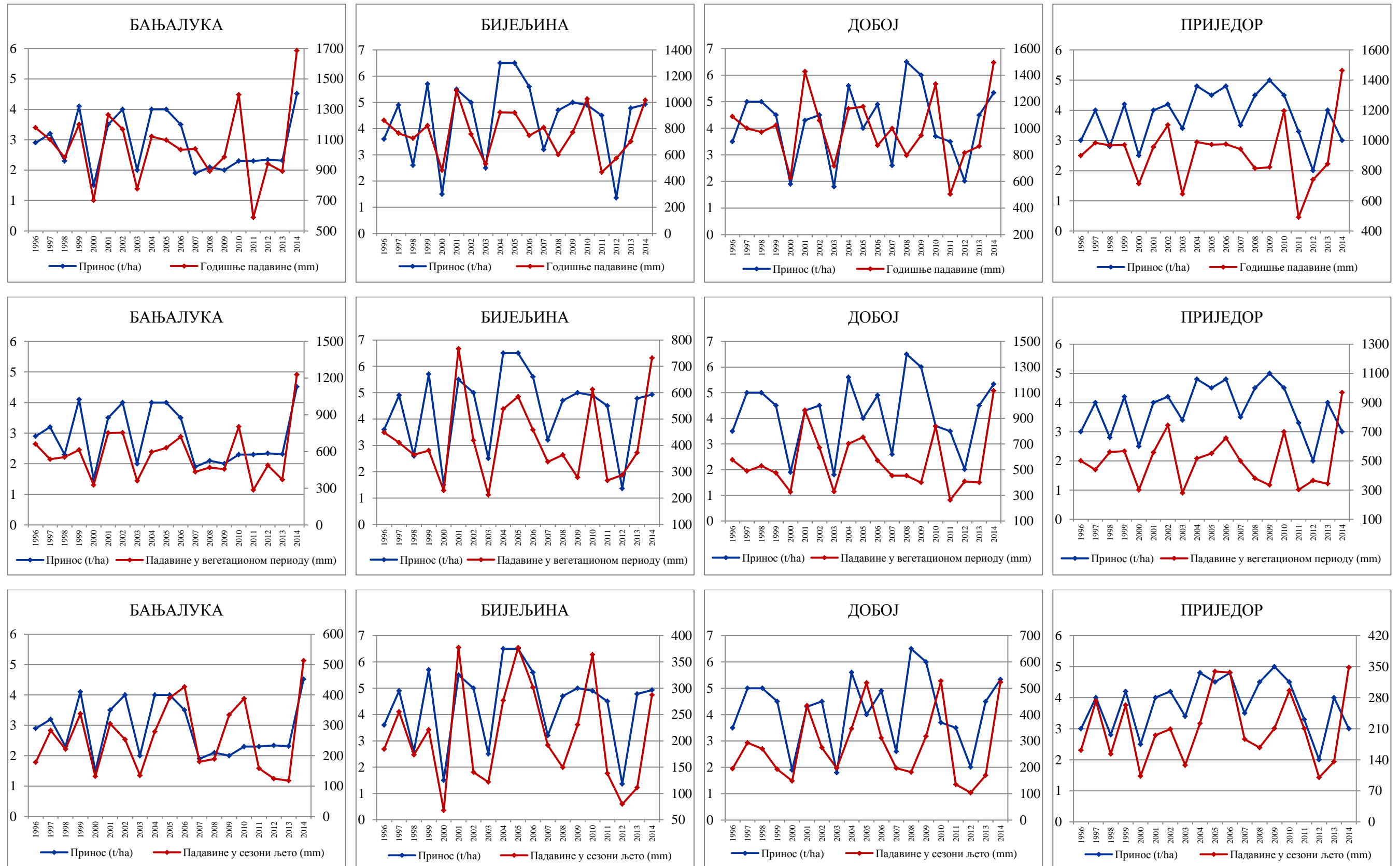
У анализираном периоду 1996–2014. године максимални приноси кукуруза у Бањалуци забиљежени у години секундарног максимума годишње температуре ваздуха (у 2000. години), а у Бијељини у најтоплијој години у посматраном периоду (у 2008. години). У најтоплијој, 2014. години забиљежен је максимум приноса у Приједору и секундарни максимум приноса у Добоју. Имајући у виду утврђени тренд загријавања, забрињавајуће је да су у годинама са екстремним температурама у вегетационом периоду, а нарочито у сезони љето, забиљежени најнижи приноси кукуруза – 2000, 2003, 2007. и 2012. године. Анализама је утврђена статистички значајна ($p < 0,01$) негативна корелација између приноса и температуре ваздуха у вегетационом периоду, као и у сезони љето (у Бањалуци и Бијељини значајна на нивоу $p < 0,01$, у Добоју $p < 0,01$ у сезони љето и $p < 0,05$ у вегетационом периоду, а у Приједору $p < 0,05$ у сезони љето). У наведеним годинама дуготрајни топли таласи са температурама знатно вишим од просјечних и изузетно малим количинама падавина и појавом суше негативно су се одразили на приносе кукуруза у свим анализираним подручјима. Најнижи принос кукуруза у Бањалуци остварен је 2000. године (1,5 t/ha), а у Бијељини и Приједору 2012. године (1,4 t/ha и 2,0 t/ha). Екстремне временске прилике у љето 2003. године условиле су најниже приносе кукуруза у Добоју (1,8 t/ha). У наведеним годинама

минимума приноси су били 47–57 % нижи од просјечних (у Бијељини чак 69 % нижи). Истраживањем је утврђена позитивна корелација са количином падавина на годишњем нивоу, у вегетационом периоду и у сезони љето. На подручју Бањалуке и Бијељине наведена зависност статистички је значајна у свим наведеним периодима године ($p < 0,01$), а у Приједору у сезони љето. Приноси кукуруза показују већу зависност од неопходног минимума падавина у критичним фазама развоја него од максималних падавина. У Бањалуци су минимални приноси забиљежени у години секундарног минимума годишње количине падавина и количине падавина у вегетационом периоду (у 2000. години). У Бијељини су исте године забиљежени секундарни минимум приноса и секундарни минимум падавина (на нивоу године и у вегетационом периоду). Количине падавина знатно испод просјека у вегетационом периоду и у сезони љето 2000, 2003, 2007, 2011, 2012. и 2013. године условиле су и најниже приносе кукуруза у свим анализираним подручјима. У Бијељини је, на примјер, примарни минимум приноса забиљежен у години примарног минимума падавина у сезони љето (у 2000. години), секундарни у години секундарног минимума падавина у наведеној сезони (у 2012. години), а терцијарни у години терцијарног минимума падавина (у 2007. години). Максимални приноси у Бањалуци забиљежени су у 2014. години, години са највећом количином падавина (како на годишњем нивоу, тако и у вегетационом периоду и у сезони љето). У Бијељини су у 2001. и 2005. години у сезони љето забиљежене највеће количине падавина, а у наведеним годинама остварени су и високи приноси кукуруза.

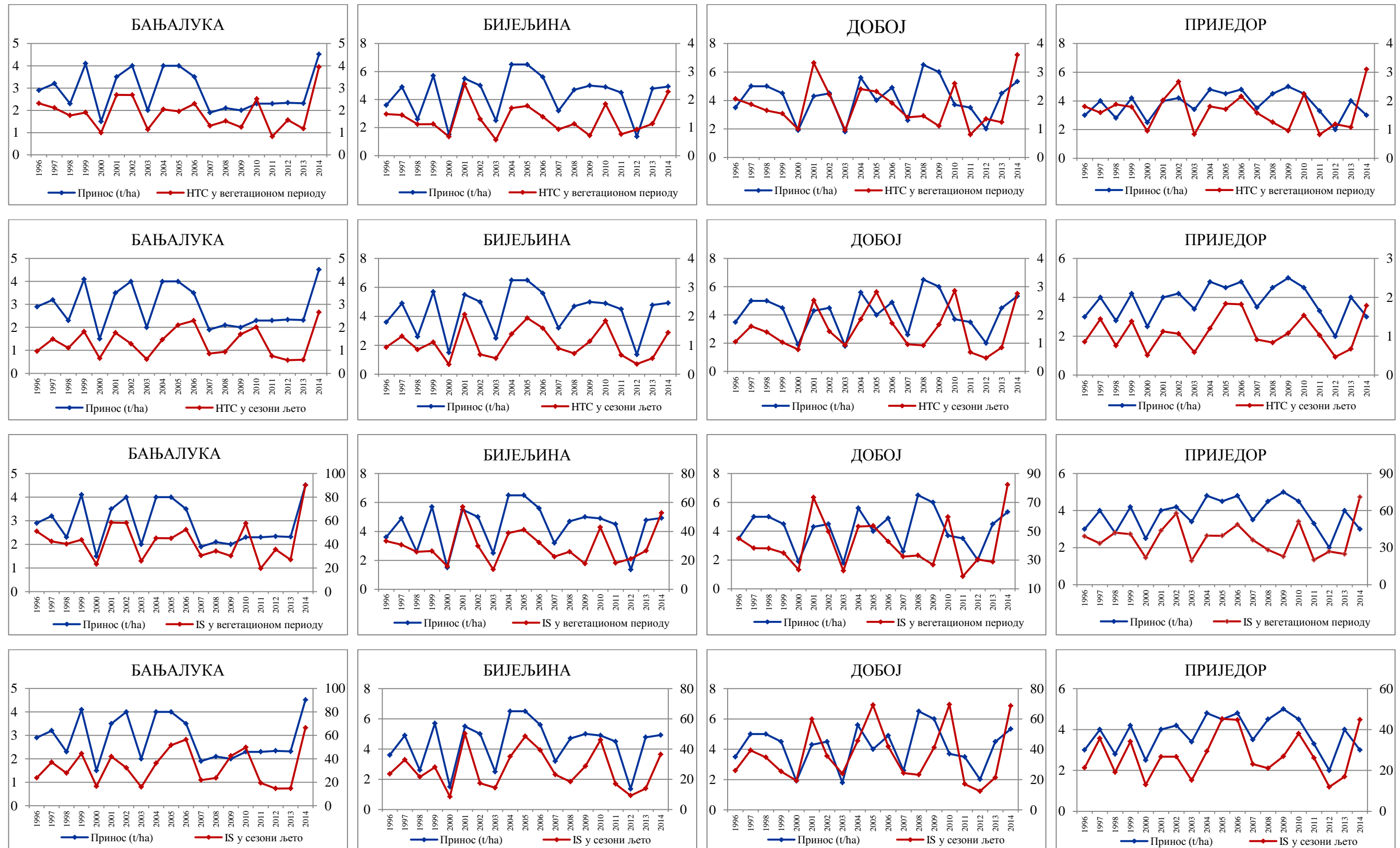
Kovačević, V. et al. (2013) анализом приноса кукуруза у Републици Српској (према подацима за Бањалуку и Бијељину) утврдили су да су приноси кукуруза у климатски неповољној 2012. години били 40 % мањи него у за кукуруз изразито повољној 2010. години, у којој су количина падавина и топлоте биле веома погодне за развој кукуруза. У јулу и августу (када кукуруз има изразито велике потребе за водом) 2012. године временски услови за развој кукуруза били су изузетно неповољни због израженог периода суше и стреса узрокованог високим температурама ваздуха, што се одразило на наведено знатно смањење приноса у тој години.



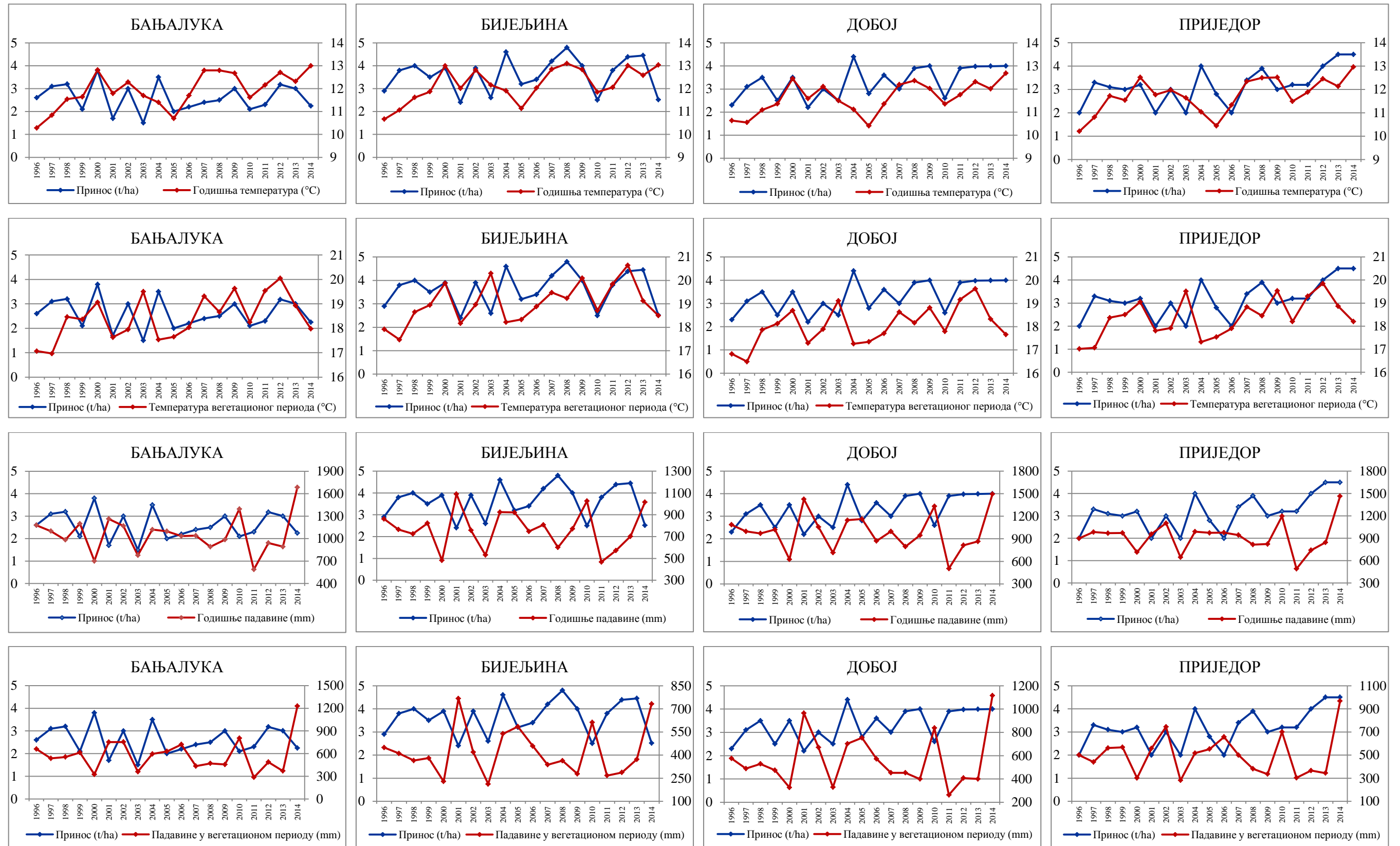
Графикон V – 14: Принос кукуруза и температура ваздуха у Републици Српској у периоду 1996–2014. године



Графикон V – 15: Принос кукуруза и падавине у Републици Српској у периоду 1996–2014. године



Графикон V – 16: Принос кукуруза и хидротермички коефицијент и индекс суше у Републици Српској у периоду 1996–2014. године



Графикон V – 17: Принос пшенице, температура ваздуха и падавине у Републици Српској у периоду 1996–2014. године

Хидротермички коефицијент и индекс суше, с обзиром на то да се израчунавају на основу температуре ваздуха и количине падавина, на добар начин одражавају њихов комбиновани утицај на приносе култура. Позитивна корелација између приноса и хидротермичког коефицијента, као и између приноса и индекса суше у вегетационом периоду и у сезони љето, утврђена је на свим анализираним подручјима. За све наведене параметре корелација је статистички значајна на нивоу $p < 0,01$ у Бањалуци, као и у Бијељини (једино за HTC_{vp} $p < 0,05$). У Приједору је значајна корелација ($p < 0,05$) присутна само у сезони љето. Снажну зависност наведених индекса и приноса култура илуструје чињеница да су у Бањалуци у 2000. години, години секундарног минимума хидротермичког коефицијента и индекса суше у вегетационом периоду, забиљежени и минимални приноси кукуруза. Исте године су у Бијељини, такође, забиљежени секундарни минимум хидротермичког коефицијента и индекса суше у вегетационом периоду и секундарни минимум приноса. У Добоју су најнижи приноси забиљежени у 2003. години, години секундарног минимума хидротермичког коефицијента и индекса суше у вегетационом периоду.

Позитивна корелација између приноса пшенице и средње годишње температуре ваздуха утврђена је на свим станицама, али је зависност статистички значајна једино у Приједору ($p < 0,05$). Максимални приноси пшенице у Бањалуци и Бијељини забиљежени су у годинама секундарног максимума годишње температуре ваздуха – у Бањалуци 2000. године, а у Бијељини 2008. године. У Приједору је максимум приноса забиљежен у 2014. години, најтоплијој години на том подручју. У Добоју је исте године, која је на том подручју такође била најтоплија у анализираном периоду, забиљежен секундарни максимум приноса. Екстремно високе температуре ваздуха и интензивна суша у љето 2003. године условиле су веома ниске приносе пшенице, који су били нижи од просјечних у периоду 1996–2014. године, од 24 % у Добоју до 42 % у Бањалуци. За разлику од кукуруза, приноси пшенице подбацили су и у годинама екстремно великих количина падавина у којима су забиљежене и поплаве – на примјер, у 2001. години приноси пшенице били су 33–37 %, а у 2010. години 19–31 % нижи од просјечних. Негативна корелација између приноса и количине падавина на

годишњем нивоу, у вегетационом периоду, као и у сезони љето, утврђена је у Бањалуци, Добоју и Бијељини (једина статистички значајна, $p < 0,05$).

Иако су од посљедње деценије XX вијека присутни значајни трендови загријавања и пораста инсолације (који још нису превеликог интензитета), који биљкама омогућавају више топлоте и свјетлости, неопходних за њихов успјешан развој, наведени трендови нису се одразили на знатно повећање приноса култура – првенствено због смањивања доступне количине воде у најтоплијем дијелу године и све израженијих и учесталијих екстремних климатских и временских догађаја (суша, поплава, града, топлих таласа итд.).

3. УТИЦАЈИ НА ФЕНОЛОГИЈУ БИЉАКА

На подручју Републике Српске вегетациони период просјечно почиње између 10. и 25. априла, а завршава између 30. октобра и 4. новембра (*Rötzer, T. & Chmielewski, F. M., 2001*). У већини низијских и брдских предјела просјечно трајање вегетационог периода износи између 200 и 220 дана, док је на великим надморским висинама његова просјечна дужина трајања мања од 180 дана (*Rötzer, T. & Chmielewski, F. M., 2001*).

Фенолошке одлике Републике Српске у стандардном климатолошком периоду (1961–1990) анализирани су на основу података из *Фенолошких годишњака* Савезног хидрометеоролошког завода (*CXЗ, 1963–1991*) о времену одвијања појединих фенофаза неколико врста зељастог биља – висибоба (*Galanthus nivalis*) и маслчак (*Taraxacum officinale*), жбуња – јоргован (*Syringa vulgaris*) и црна зова (*Sambucus nigra*) и дрвећа – буква (*Fagus sylvatica*), храст лужњак (*Quercus robur*), велелисна липа (*Tilia grandifolia*), дивљи кестен (*Aesculus hippocastanum*), шљива сорте пожегача (*Prunus domestica*), крушка сорте калуђерка (*Pirus communis*), јабука сорте јонатан (*Pirus malus*) и трешња сорте мајска рана (*Prunus avium*). Анализирани су датуми¹³ просјечног почетка прољећних и љетних фенофаза: појава првих листова, почетак цвјетања и пуно цвјетање, почетак зрења, као и

¹³ Датум почетка одређене фенофазе изражен је редним бројем тог дана у години.

датуми просјечног почетка јесењих фенофаза: опште жућење лишћа и опште опадање лишћа.

Од анализираних врста биљака, у сјеверном дијелу Републике Српске у прољеће се најраније појављују цвјетови висибаве – у просјеку између 11. фебруара у Бањалуци и 24. фебруара у Добоју. У планинским областима јављају се неколико седмица касније (на примјер, у Сокоцу 10. марта), а у нижим предјелима Херцеговине неколико седмица раније (у Мостару већ 22. јануара). На већини станица појава првих цвјетова висибаве највише је каснила 1982. године (у Билећи 1981, у Добоју 1987, у Сокоцу 1962, а у Тузли 1968. године), док су први цвјетови најраније забиљежени углавном 1974. и 1975. године (у Тузли 1988. године). Први цвјетови маслачка на сјеверу се у просјеку јављају између 25. марта у Санском Мосту и 2. априла у Приједору, у Сарајеву око седмицу дана касније (7. априла), а у Мостару седмицу дана раније (18. марта).

Табела V – 15: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве првих цвјетова висибаве и маслачка у Републици Српској у периоду 1961–1990. године

Врста	М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	СА	СО	БИ	МО
ВИСИБАВА	х	46	53	42	55	53	–	69	41	22
	max.	74	84	62	95	82	–	90	64	49
	min.	20	25	8	29	30	–	35	12	1
МАСЛАЧАК	х	84	92	91	90	89	97	–	–	77
	max.	100	110	121	111	102	121	–	–	96
	min.	54	67	67	67	70	50	–	–	59

У сјеверном дијелу Републике Српске јоргован у просјеку почиње да цвјета између 19. априла на крајњем сјевероистоку (Бијељина) и 24. априла на сјеверозападу (Приједор). У планинско-котлинској области почетак цвјетања наступа неколико седмица касније (у Сокоцу 8. маја). Цвјетање најраније започиње у најтоплијем дијелу територије, у нижим подручјима Херцеговине – у Мостару 5. априла (у вишим подручјима Херцеговине готово као на сјеверу – 19. априла). Пуно цвјетање наступа око седмицу дана касније. Цвјетање зове почиње

мјесец дана касније – у просјеку између 14. маја и 19. маја (једино у нижим предјелима Херцеговине готово мјесец дана раније – у Мостару 17. априла).

Табела V – 16: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза јоргована и зове у Републици Српској у периоду 1961–1990. године

Врста	Фенофаза	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	БИ	МО
ЈОРГОВАН	Почетак цвјетања	112	114	110	111	111	109	95
	Опште (пуно) цвјетање	119	121	119	118	119	117	101
ЗОВА	Почетак цвјетања	137	–	134	139	136	135	107
	Опште (пуно) цвјетање	145	–	143	147	145	143	116

Појава првих листова дрвенастих врста у просјеку наступа у другој декади априла, а првих цвјетова крајем априла. У сјеверозападном дијелу територије фенофаза листања храста лужњака просјечно почиње 14. априла, а цвјетање 26–28. априла. На наведеном подручју буква листа између 11. и 16. априла, а цвјета између 27. и 29. априла. На сјеверозападу листање велелисне липе у просјеку започиње 12–19. априла, а на крајњем сјевероистоку 17. априла (нешто касније почиње једино на подручју Добоја – 21. априла). Цвјетање наступа између 12. јуна у Бијељини и Добоју и 14–16. јуна на сјеверозападу. На сјеверозападу листање кестена просјечно почиње између 6. априла у Бањалуци и 13. априла у Приједору, а почетак цвјетања између 25. априла и 28. априла.

Табела V – 17: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза храста лужњака и букве у Републици Српској у периоду 1961–1990. године

Фенофаза		Почетак листања	Почетак цвјетања	Појава првих зрелих плодова	Опште жућење лишћа	Почетак листања	Почетак цвјетања	Појава првих зрелих плодова	Опште жућење лишћа	Опште опаданье лишћа
М. с.	Врста	ХРАСТ ЛУЖЊАК				БУКВА				
СМ	х	104	116	252	296	106	119	253	295	303
	max.	119	131	274	309	119	132	268	310	316
	min.	80	99	243	285	82	104	241	286	292
БЛ	х	104	118	260	297	101	117	266	295	307
	max.	120	136	272	309	119	134	281	309	323
	min.	81	102	252	271	75	85	253	285	290

Напомена: Подаци о фенологији храста лужњака односе се на период 1966–1990. године, а о фенологији букве на период 1969–1990 (Сански Мост) и 1963–1990 године (Бањалука).

Табела V – 18: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза дивље кестена и велелисне липе у Републици Српској у периоду 1961–1990. године

Фенофаза		Почетак листања	Почетак цвјетања	Опште (пуно) цвјетање	Појава првих зрелих плодова	Опште жућење лишћа	Опште опадање лишћа	Почетак листања	Почетак цвјетања	Опште (пуно) цвјетање	Опште жућење лишћа	Опште опадање лишћа	
М. с.	Врста:	ДИВЉИ КЕСТЕН						ВЕЛЕЛИСНА ЛИПА					
СМ	х	99	116	125	257	289	300	103	165	173	293	304	
	max.	112	130	134	266	303	324	115	181	185	310	328	
	min.	79	104	111	244	277	284	87	131	161	280	291	
ПР	х	103	118	125	263	288	301	109	167	174	285	302	
	max.	120	130	137	278	298	323	125	188	192	300	316	
	min.	85	104	110	253	263	268	89	146	160	264	284	
БЛ	х	96	115	124	258	292	307	102	165	172	289	303	
	max.	113	125	140	274	310	326	120	180	190	308	319	
	min.	68	98	111	240	281	296	82	145	155	274	291	
ДБ	х	–	–	–	–	–	–	111	163	170	290	307	
	max.	–	–	–	–	–	–	118	171	179	308	325	
	min.	–	–	–	–	–	–	96	149	160	261	287	
БН	х	–	–	–	–	–	–	107	163	171	296	313	
	max.	–	–	–	–	–	–	123	175	182	331	343	
	min.	–	–	–	–	–	–	87	149	155	246	291	
СА	х	107	121	129	268	290	303	113	164	173	292	307	
	max.	129	137	143	283	303	316	143	183	193	310	336	
	min.	91	97	102	256	275	283	86	145	158	274	281	
БИ	х	99	110	121	268	290	310	107	167	176	297	314	
	max.	115	124	138	287	312	324	119	179	188	320	332	
	min.	74	95	102	249	277	297	84	146	159	283	288	
МО	х	89	104	111	259	294	309	93	142	152	294	308	
	max.	100	123	126	289	316	329	109	160	174	319	323	
	min.	70	81	83	232	271	280	76	105	115	273	287	

Напомена: Подаци о фенологији велелисне липе у Добоју и Бијељини односе се на период 1965–1990. године.

Први листови шљиве просјечно се јављају између 11. априла у Бањалуци и Санском Мосту и 21. априла у Тузли. У нижим подручјима Херцеговине ова фенофаза почиње нешто раније (29. марта). Први листови шљиве најраније су забиљежени 1979. године, а најкасније 1973. и 1963. године. У сјеверном дијелу територије први листови крушке у просјеку се јављају између 10. априла у Бијелини и 19. априла у Тузли, а јабуке у Бањалуци 10. априла. Листање ране сорте трешње просјечно започиње између 9. априла у Санском Мосту и 19. априла у Тузли.

Табела V – 19: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза шљиве сорте пожегача у Републици Српској у периоду 1961–1990. године

Фенофаза		Појава првих листова	Почетак цвјетања	Пуно цвјетање	Завршетак цвјетања	Почетак зрења	Почетак бербе	Опште жућење лишћа	Опште опадање лишћа
СМ	х	101	103	108	113	235	248	289	299
	max.	117	120	125	129	249	269	300	310
	min.	79	81	84	87	222	237	273	280
ПР	х	108	105	110	113	237	252	279	292
	max.	130	130	132	135	254	264	296	309
	min.	85	82	85	19	222	227	254	269
БЛ	х	101	104	110	117	229	246	289	302
	max.	118	121	127	137	243	262	309	325
	min.	75	79	85	96	210	232	270	284
ДБ	х	–	107	112	118	229	247	290	306
	max.	–	121	125	134	243	261	304	330
	min.	–	85	102	95	211	227	268	278
ТЗ	х	111	104	108	116	226	242	283	298
	max.	125	123	125	137	244	268	301	310
	min.	84	79	85	98	210	226	267	272
МО	х	88	82	87	92	209	223	289	305
	max.	100	97	102	106	233	286	323	334
	min.	47	63	70	76	185	191	253	282

Табела V – 20: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза крушке сорте калуђерка у Републици Српској у периоду 1961–1990. године

Фенофаза		Појава првих листова	Почетак цвјетања	Пуно цвјетање	Завршетак цвјетања	Почетак зрења	Почетак бербе	Опште жућење лишћа	Опште опадање лишћа
ПР	х	107	110	114	120	256	271	289	301
	max.	129	133	135	138	272	293	308	328
	min.	80	90	93	106	222	253	268	283
БЛ	х	104	106	113	120	251	273	293	306
	max.	120	124	130	138	275	304	309	326
	min.	81	84	92	100	228	253	272	283
ДБ	х	–	102	107	116	241	260	290	305
	max.	–	121	124	135	274	304	301	325
	min.	–	82	89	100	213	221	270	293
БН	х	100	104	109	114	252	266	292	304
	max.	118	122	127	132	285	293	319	326
	min.	75	83	89	96	224	240	272	283
ТЗ	х	109	104	10	117	–	–	–	–
	max.	126	122	125	137	–	–	–	–
	min.	84	86	85	98	–	–	–	–

Табела V – 21: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза јабуке сорте јонатан у Бањалуци у периоду 1961–1990. године

Фенофаза	Појава првих листова	Почетак цвјетања	Пуно цвјетање	Завршетак цвјетања	Почетак зрења	Почетак бербе	Опште жућење лишћа	Опште опадање лишћа
х	100	106	113	121	240	257	291	305
max.	119	125	131	141	258	270	306	321
min.	77	85	94	103	220	234	275	288

Табела V – 22: Просјечан, најранији и најкаснији датум појаве фенофаза трешње сорте мајска рана у Републици Српској у периоду 1961–1990. године

Фенофаза		Појава првих листова	Почетак цвјетања	Пуно цвјетање	Завршетак цвјетања	Почетак зрења	Почетак бербе	Опште жућење лишћа	Опште опадање лишћа
СМ	х	99	96	102	106	151	158	289	299
	max.	115	110	117	130	162	170	310	317
	min.	75	77	80	84	134	141	266	281
БЛ	х	101	95	102	109	144	152	286	299
	max.	120	112	125	135	164	177	304	318
	min.	75	71	76	91	128	139	272	283
ДБ	х	–	95	101	109	148	158	284	300
	max.	–	106	113	124	166	171	301	325
	min.	–	78	88	96	131	139	249	273
ТЗ	х	109	101	105	114	141	143	280	298
	max.	125	115	122	131	161	168	301	310
	min.	90	84	85	98	128	6	263	282
МО	х	90	81	87	93	125	132	288	304
	max.	100	99	102	109	145	155	310	329
	min.	69	64	71	76	106	118	258	283

Од анализираних врста воћа, цвјетање најраније почиње управо код наведене ране сорте трешње – између 5. априла у Бањалуци и Добоју и 11. априла у Тузли, а пуно цвјетање између 11. априла и 15. априла. Цвјетање трешње најраније је започело 1977. године, а најкасније 1982. и 1962. године (због веома хладне касне зиме и раног прољећа). Први цвјетови шљиве сорте пожегаче просјечно се јављају између 13. априла у Санском Мосту и 17. априла у Добоју, а пуно цвјетање између 18. априла и 22. априла. Почетак цвјетања крушке наступа између 12. априла у Добоју и 20. априла у Приједору, а пуно цвјетање између 17. априла и 24. априла. Први цвјетови јабуке у Бањалуци просјечно се јављају 16. априла, док пуно цвјетање почиње седмицу дана касније. Све наведене фенофазе на југу почињу раније, а у планинским подручјима касније.

Зрели плодови најраније доспијевају код ране сорте трешње – на сјеверу, између 21. маја и 31. маја, а у Мостару већ 5. маја. Почетак фенофаза зрења код осталих анализираних врста дрвећа наступа знатно касније – крајем августа или почетком септембра. Зрење плодова шљиве просјечно започиње између 14. августа у Тузли и 25. августа у Приједору, а крушке између 29. августа у Добоју и 13. септембра у Приједору. Први зрели плодови храста лужњака на сјеверозападу се у просјеку јављају 9–17. септембра, букве 10–23. септембра, а дивљег кестена 14–20. септембра (у Сарајеву и вишим подручјима Херцеговине 25. септембра).

Одвијање јесењих фенофаза започиње општим жућењем лишћа у првој половини октобра – код шљиве између 6. октобра и 17. октобра, трешње између 7. октобра и 16. октобра, а крушке између 16. октобра и 20. октобра. На сјеверозападу се опште жућење лишћа храста лужњака и букве у просјеку јавља 23–24. октобра, а дивљег кестена 15–19. октобра. Опште жућење лишћа велелисне липе наступа 12–20. октобра на сјеверозападу, а неколико дана касније и на сјевероистоку територије. До општег опадања лишћа дрвећа обично долази крајем октобра или почетком новембра – код шљиве између 19. октобра и 2. новембра, крушке између 28. октобра и 2. новембра, а ране сорте трешње између 25. октобра и 31. октобра. Опште опадање лишћа букве просјечно се дешава између 30. октобра и 3. новембра, велелисне липе између 29. и 31. октобра на сјеверозападу и 9. новембра на сјевероистоку, а дивљег кестена између 27. и 28. октобра и 3. новембра. На крајњем југу наведене јесење фенофаза одвијају се неколико дана касније.

Због блиске повезаности времена одвијања фенолошких фаза и сезонског тока температуре ваздуха и количине доступне воде, савремена колебања климе одражавају се и на животни циклус биљака. Фенолошке промјене на подручју Републике Српске, у којој је у другој половини XX, а нарочито на почетку XXI вијека, присутан тренд загријавања, генерално иду у смјеру ранијег јављања фенофаза које се одвијају у прољеће и каснијег појављивања фенофаза у јесен, што за последицу има и продужавање вегетационог периода. Оваква помјерања у фенологији биљака у складу су са осмотреним промјенама и у другим дијеловима Европе. Ипак, комплекснију анализу утицаја загријавања на фенологију биљака у

Републици Српској онемогућава непостојање континуираних фенолошких осматрања ни на једној станици у Републици Српској и Босни и Херцеговини. На свим станицама фенолошка осматрања су обустављена 1990. године. Док су на станицама Федералног хидрометеоролошког завода осматрања у одређеној мјери (али не у пуном капацитету) обновљена, у Републици Српској још нису успостављена адекватна фенолошка осматрања (спорадична осматрања вршена су само током посљедњих неколико година на станицама Бањалука и Бијељина). Због тога је анализу промјена времена почетка и завршетка вегетационог периода у периоду 2000–2015. године у односу на референтни период 1961–1990. године било могуће извршити само за станице у Санском Мосту, Тузли, Сарајеву и Мостару. Утврђивање трендова времена одвијања појединих фенолошких фаза биљака донекле је било могуће само за неколико биљних врста у Тузли (иако и на овој станици постоје прекиди у осматрању, а и све фенолошке фазе нису осматране сваке године). За утврђивање потенцијалних фенолошких промјена у периоду 1961–2015. године коришћени су подаци из *Фенолошког годишњака* Савезног хидрометеоролошког завода за период 1961–1990. године (*СХЗ, 1963–1991*) и из *Фенолошког годишњака* Федералног хидрометеоролошког завода за период 2000–2015. године (*ФХЗ, 2014–2016*).

С обзиром на то да поједине фенофазе у развоју биљака наступају раније у топлијим, а касније у хладнијим годинама, вегетациони период је најраније започео у веома топлој 2014, 2002. и 2001. години. Изузетно рани почетак циклуса вегетације у наведеним годинама омогућиле су температуре ваздуха у првом кварталу године знатно више од просјека у стандардном климатолошком периоду (1961–1990). На анализираним станицама Сански Мост, Тузла и Сарајево вегетациони период углавном почиње у марту, док је у 2001. и 2002. години, због изузетно високих температура ваздуха, знатно виших од уобичајених за овај период године, започео у фебруару, а у 2014. години, најтоплијој години у посматраном периоду, чак у јануару. Вегетациони период уобичајено се завршава у новембру, док је у веома топлој 2000, 2002, 2010, 2012. и 2014. години завршио у децембру. Ранији почетак циклуса вегетације у прољеће и каснији завршетак у јесен, условили су дуже трајање вегетационог периода у наведеним годинама.

Максимална дужина трајања вегетационог периода забиљежена је управо 2014. године, а затим и 2002, 2000, 2010. и 2012. године. У 2014. години, у већини подручја најтоплијој години у анализираном периоду, почетак вегетационог периода услиједио је знатно раније у односу на просјечни датум у стандардном периоду. Ранији почетак циклуса вегетације условиле су прије свега веома високе температуре ваздуха у јануару и фебруару. Јануарске температуре биле су више од просјечних у стандардном периоду, од 5,8 °C у Добоју до 6,3 °C у Бањалуци (у Херцеговини 3,2–3,7 °C). Позитивно одступање температуре ваздуха у фебруару било је само нешто ниже од одступања температуре у јануару и износило је 4,2–5,0 °C. Почетак вегетације услиједио је 55–60 дана раније у односу на вишегодишњи просјек (на југу само неколико дана раније). Појава првих цвјетова висибаве у Тузли забиљежена је већ 5. фебруара, 17 дана раније у односу на просјечни датум појаве у стандардном периоду, а маслачка 16. фебруара, чак 42 дана раније. Први листови шљиве појавили су се 25. марта, а цвјетање је започело 21. марта, што је 27 и 24 дана раније у односу на просјечне датуме почетка у стандардном периоду. Утицај натпросјечно топле зиме на ранији почетак вегетације, дјеломично је поништен врло кишним до екстремно кишним прољећем, када су у већини подручја средином маја забиљежене велике поплаве, које су се негативно одразиле на развој биљака. Екстремно високе температуре ваздуха у сезони јесен, а нарочито у новембру (више од просјека од 2,9 °C у Добоју до 3,6 °C у Сарајеву, у Херцеговини од 1,3 °C у Билећи до 2,7 °C у Мостару), условиле су каснији завршетак вегетационог периода, који је из наведених разлога био дужи од просјека у свим подручјима. У веома топлој 2001. години ранији почетак циклуса вегетације условиле су прије свега екстремно високе температуре ваздуха у јануару и марту (иако су и температуре у фебруару биле 1,2–2,5 °C више него у стандардном периоду). Позитивно одступање температуре јануара кретало се у интервалу од 4,2 °C у Бијељини до 5,7 °C у Санском Мосту (у Херцеговини 2,5–2,6 °C), а температуре марта од 4,7 °C такође у Бијељини, до 5,2 °C у Тузли (у Херцеговини 3,1–3,6 °C). Због изузетно топлог почетка године први цвјетови висибаве у Тузли појавили су се 12 дана раније, а маслачка чак 48 дана раније у односу на просјечан датум њихове појаве у стандардном периоду. Веома топли почетак године условио је и раније одвијање

прољећних фенофаза воћарских култура. Појава првих листова крушке и шљиве забиљежена је 28 и 9 дана раније, а првих цвјетова 21 и 19 дана раније у односу на просјечни датум појаве у стандардном периоду. Иако је 2002. година почела јануарским температурама у оквиру просјека стандардног климатолошког периода или чак нешто нижим, ранији почетак циклуса вегетације омогућиле су високе температуре ваздуха у фебруару (и марту), које су биле знатно изнад просјека. Позитивно одступање температуре износило је од 3,5 °C у Приједору до 4,5 °C у Бањалуци и Бијељини (у Херцеговини 2,7–3,2 °C). Температуре у марту биле су 2,5–3,2 °C више од просјечних. У Тузли је топло вријеме у фебруару и марту условило ранији почетак листања и цвјетања крушке за 20 и 24 дана, шљиве за 6 и 11 дана, а трешње за 7 и 24 дана у односу на просјечне датуме почетка у стандардном периоду. Јесење фенофазе трешње започеле су нешто касније – опште жућење лишћа 3 дана касније, а опште опадање лишћа 10 дана касније у односу на просјечни датум појаве у стандардном периоду. Каснији завршетак вегетационог периода на цијелој територији условиле су високе температуре ваздуха у новембру, које су биле за 3,8–5,4 °C више од просјека стандардног периода (у Херцеговини више за 2,2–2,6 °C). Ранији почетак и каснији завршетак животног циклуса биљака условили су знатно дуже трајање вегетационог периода од уобичајеног. И у 2010. години вегетациони период започео је раније на готово свим станицама, првенствено због изнатпросјечних температура ваздуха у прва три мјесеца – а нарочито у марту и јануару. Крај вегетационог периода у 2010. години услиједио је знатно касније због великог позитивног одступања температуре ваздуха у новембру, које се кретало у интервалу од 2,6 °C у Санском Мосту до 4,2 °C у Сарајеву (у Херцеговини 1,8–2,3 °C). Наведени климатски услови довели су до неколико дана ранијег одвијања прољећних фенофаза кестена у Сарајеву и каснијег одвијања његових фенофаза у јесен (ФХЗ, 2014–2016). Прољећне фенофазе шљиве у Тузли започеле су неколико дана касније у односу на просјечне датуме у стандардном периоду, али су и фенофазе које се одвијају у јесен такође започеле касније – опште жућење лишћа 28, а опште опадање лишћа 8 дана касније, што је за последицу имало ипак нешто дуже трајање вегетационог периода. Знатно више температуре ваздуха од уобичајених у новембру условиле су каснији завршетак вегетационог периода и у 2012. и 2000. години.

Табела V – 23: Средња мјесечна температура ваздуха у Републици Српској у првом и четвртм кварталу године у периоду 2000–2015. године (у °С)

М. с.	СМ			ПР			БЈ			ДБ			ТЗ			БН			СА			МО			БИ		
	И	II	III	И	II	III	И	II	III	И	II	III	И	II	III	И	II	III	И	II	III	И	II	III	И	II	III
1. квартал	-2,6	3,4	6,7	-2,7	3,5	7,1	-1,5	4,5	7,4	-1,7	3,3	6,9	-2,5	2,8	6,1	-1,7	3,9	7,2	-3,7	1,2	5,0	3,0	7,0	9,4	0,9	4,1	6,4
2000	4,9	3,5	10,7	4,5	3,8	10,8	4,9	4,2	11,2	4,2	4,4	11,3	3,8	3,6	10,9	3,4	4,7	11,0	3,6	2,7	9,9	7,4	7,9	12,7	5,3	5,3	10,6
2001	-2,0	5,5	8,3	-2,2	5,4	8,8	-0,4	6,4	8,6	-1,2	5,8	8,9	-0,7	6,1	8,4	-0,1	6,7	9,3	-1,9	5,8	8,3	4,2	9,8	12,7	2,7	6,9	9,7
2002	-0,6	-1,9	5,7	-0,9	-1,2	6,5	-0,3	-1,6	6,2	-0,2	-1,5	6,2	-0,8	-2,6	5,6	-0,6	-2,4	6,7	-0,4	-3,2	4,8	6,3	3,7	10,5	5,1	-0,2	6,6
2003	-1,0	1,8	4,7	-0,9	1,9	5,2	0,1	2,7	6,0	-0,3	2,3	6,1	-1,0	2,6	5,9	-0,2	3,5	6,7	-1,2	1,7	5,3	4,3	6,8	9,9	2,3	4,6	7,4
2004	-0,9	-2,5	3,6	-1,1	-2,1	4,3	0,3	-1,9	4,3	0,1	-2,4	3,8	-0,4	-2,8	3,6	1,2	-2,2	5,1	-0,9	-2,9	2,8	4,3	3,7	9,0	1,8	0,4	5,9
2005	-1,4	2,1	5,1	-1,6	1,6	5,4	-1,7	2,3	5,9	-1,6	1,6	5,8	-1,8	1,0	5,0	-1,4	1,8	6,1	-1,9	0,5	4,2	4,8	6,5	8,7	1,9	2,9	6,1
2006	4,9	6,9	8,6	4,9	6,8	9,0	6,2	7,1	9,2	4,6	6,8	9,0	5,4	6,4	8,7	6,4	6,6	9,2	4,7	5,7	7,3	7,6	9,5	11,5	4,6	6,4	8,8
2007	2,0	4,6	7,0	2,0	4,9	7,5	2,3	5,4	7,9	2,6	4,8	7,5	2,7	4,7	7,0	2,3	5,3	8,2	1,9	3,8	6,0	7,3	8,1	10,2	4,8	5,0	7,6
2008	-0,6	2,4	7,1	-0,7	3,0	7,5	-0,7	2,7	7,6	-1,2	2,6	7,2	-1,3	1,7	6,2	-1,3	2,8	7,4	-0,5	1,0	4,7	6,3	5,9	9,5	4,4	2,7	6,1
2009	0,0	1,7	6,8	0,1	2,1	7,4	0,2	2,4	7,5	0,6	1,9	7,1	-0,3	1,8	6,3	0,1	2,3	7,2	0,4	1,8	5,2	5,4	6,3	9,3	2,9	4,3	6,8
2010	1,0	0,9	6,3	1,2	1,5	6,9	1,9	1,7	7,1	1,2	1,2	6,5	0,9	0,9	6,1	0,7	0,3	7,1	0,2	0,6	5,2	5,8	7,8	10,0	2,9	4,5	7,1
2011	0,9	-4,0	8,3	1,3	-3,1	9,3	2,0	-2,8	9,3	1,6	-3,5	8,6	0,6	-4,2	8,4	2,3	-3,3	9,2	-1,2	-4,7	6,9	4,7	1,7	13,5	1,2	-0,2	9,3
2012	2,6	1,5	5,6	2,4	2,1	6,1	2,8	2,3	6,1	3,0	2,7	6,2	2,7	2,5	5,7	3,0	3,6	6,2	2,0	2,3	5,3	6,3	7,2	9,2	3,9	4,6	7,1
2013	5,2	6,3	8,7	5,1	6,1	9,7	5,6	6,5	9,6	5,1	6,8	8,9	5,3	6,7	8,6	4,5	5,8	9,5	5,0	7,8	8,1	8,5	10,3	12,4	6,0	7,7	8,7
2014	2,3	1,1	6,6	2,4	1,9	7,3	3,4	2,4	7,3	3,0	2,5	7,1	2,3	2,3	6,0	3,3	2,7	7,1	0,9	1,7	5,3	6,0	7,4	10,7	3,4	4,1	7,0
1961–1990.	-0,8	1,8	5,8	-1,1	1,9	6,0	-0,7	1,9	6,1	-0,7	2,1	6,3	-0,8	1,7	5,7	-0,8	2,2	6,3	-0,9	1,5	5,1	4,8	6,6	9,7	2,8	4,2	7,0
4. квартал	X	XI	XII	X	XI	XII	X	XI	XII	X	XI	XII	X	XI	XII	X	XI	XII	X	XI	XII	X	XI	XII	X	XI	XII
2000	13,5	10,4	4,5	13,5	10,3	4,2	13,5	10,9	4,6	13,6	11,0	4,1	13,4	10,4	3,9	13,6	10,1	3,6	12,8	10,3	3,2	16,7	12,5	7,3	14,1	10,7	5,3
2001	13,2	2,5	-2,5	13,9	2,9	-1,4	13,9	3,4	-1,9	14,1	3,6	-2,4	13,3	3,1	-3,0	14,4	4,3	-2,6	12,6	2,9	-3,1	17,4	9,2	3,3	14,6	6,7	1,0
2002	11,4	11,1	2,1	11,4	10,8	2,0	11,8	11,0	2,3	12,0	10,5	1,9	11,5	10,2	1,3	12,7	9,8	1,5	11,3	9,8	2,4	15,0	12,7	7,5	12,5	10,3	5,8
2003	9,5	7,8	0,7	9,7	7,6	0,9	9,9	8,2	1,4	9,8	7,9	1,1	9,1	8,0	0,9	10,5	8,2	1,7	9,5	7,4	0,5	14,2	12,4	6,7	12,0	10,3	5,4
2004	13,6	5,7	2,7	14,1	5,9	2,4	14,2	6,3	2,6	14,0	5,5	2,2	13,7	4,9	2,2	14,4	6,3	2,9	13,9	4,4	2,3	17,3	9,6	8,5	14,8	7,3	6,2
2005	11,3	6,3	1,6	11,4	6,3	1,3	11,4	6,4	2,1	11,4	5,9	1,9	11,1	5,0	1,1	11,9	5,2	2,4	11,0	4,8	1,0	15,4	9,9	6,2	12,6	7,6	4,0
2006	12,5	6,8	3,4	12,9	7,1	3,2	13,3	8,0	4,2	12,9	7,4	3,8	12,6	7,0	3,4	13,2	7,7	3,6	12,2	5,1	1,2	17,3	9,1	7,1	13,9	6,2	4,5
2007	9,1	3,8	0,3	10,0	3,9	0,5	9,9	4,3	0,6	9,9	3,6	0,6	9,5	3,2	-0,3	10,5	4,1	0,5	8,9	2,4	-1,4	15,0	8,1	5,7	12,9	5,9	3,1
2008	12,6	7,3	4,2	12,9	7,4	4,3	13,6	8,0	4,4	12,9	7,6	4,0	12,2	7,7	4,1	13,7	7,9	4,4	11,9	7,3	3,2	16,7	11,5	7,9	13,3	8,5	5,2
2009	10,2	7,8	4,1	11,3	8,0	3,9	11,4	8,7	4,6	11,0	7,9	3,9	10,3	8,2	3,3	12,0	8,7	3,8	9,1	8,1	3,2	14,8	10,4	7,5	11,6	8,0	6,0
2010	9,0	8,3	0,9	9,5	8,6	1,0	9,4	8,9	1,5	9,2	8,8	1,8	8,6	9,6	1,3	9,4	9,6	1,3	8,7	9,5	1,5	13,9	11,9	6,0	11,4	10,4	4,5
2011	9,9	2,8	3,1	10,7	3,3	3,2	11,0	3,1	3,9	10,7	2,8	3,6	9,6	2,8	3,0	10,7	2,3	4,5	9,2	3,7	2,3	15,2	10,3	7,8	11,8	7,1	4,8
2012	11,6	9,3	1,2	12,3	9,4	1,2	12,5	9,9	1,3	12,2	10,1	1,0	12,3	9,5	0,9	13,0	10,0	1,0	12,1	9,2	0,3	16,9	13,2	6,0	14,1	10,4	2,6
2013	12,1	6,7	1,7	13,0	7,0	1,8	13,1	7,4	2,5	13,0	7,6	1,6	12,9	7,6	1,4	13,7	8,1	1,6	12,9	7,3	0,7	16,3	12,1	7,5	13,1	9,7	4,1
2014	12,6	8,9	3,4	13,3	8,9	3,3	13,5	8,9	4,0	13,2	8,8	3,4	12,2	8,7	2,9	13,0	8,7	3,9	12,0	8,9	2,7	16,6	12,8	7,8	13,3	9,4	5,3
2015	11,0	5,8	2,2	11,2	5,8	2,0	11,5	7,1	3,2	12,0	6,4	2,9	11,6	6,6	2,4	11,8	7,5	3,2	11,1	6,0	-0,5	15,9	11,6	7,1	13,1	8,6	3,5
1961–1990.	10,7	5,7	1,0	11,1	5,4	0,6	10,8	5,9	1,2	11,1	5,9	1,2	10,6	5,6	0,9	11,4	6,0	1,3	10,4	5,3	0,3	15,3	10,1	6,2	12,8	8,1	4,4

Позитивно одступање температуре новембра од просјека стандардног периода у 2012. години износило је од 3,6 °C у Санском Мосту до 4,2 °C у Добоју (у Херцеговини 2,3–3,1 °C), а у 2000. години од 4,1 °C у Бијељини до 5,1 °C у Бањалуци и Добоју (у Херцеговини 2,4–2,6 °C). Високе температуре у новембру 2000. године условиле су помјерање јесењих фенофаза, тако да је опште жућење лишћа трешње у Тузли почело 25 дана касније, а опште опадање лишћа 16 дана касније у односу на просјечне датуме почетка наведених фенофаза у стандардном периоду.

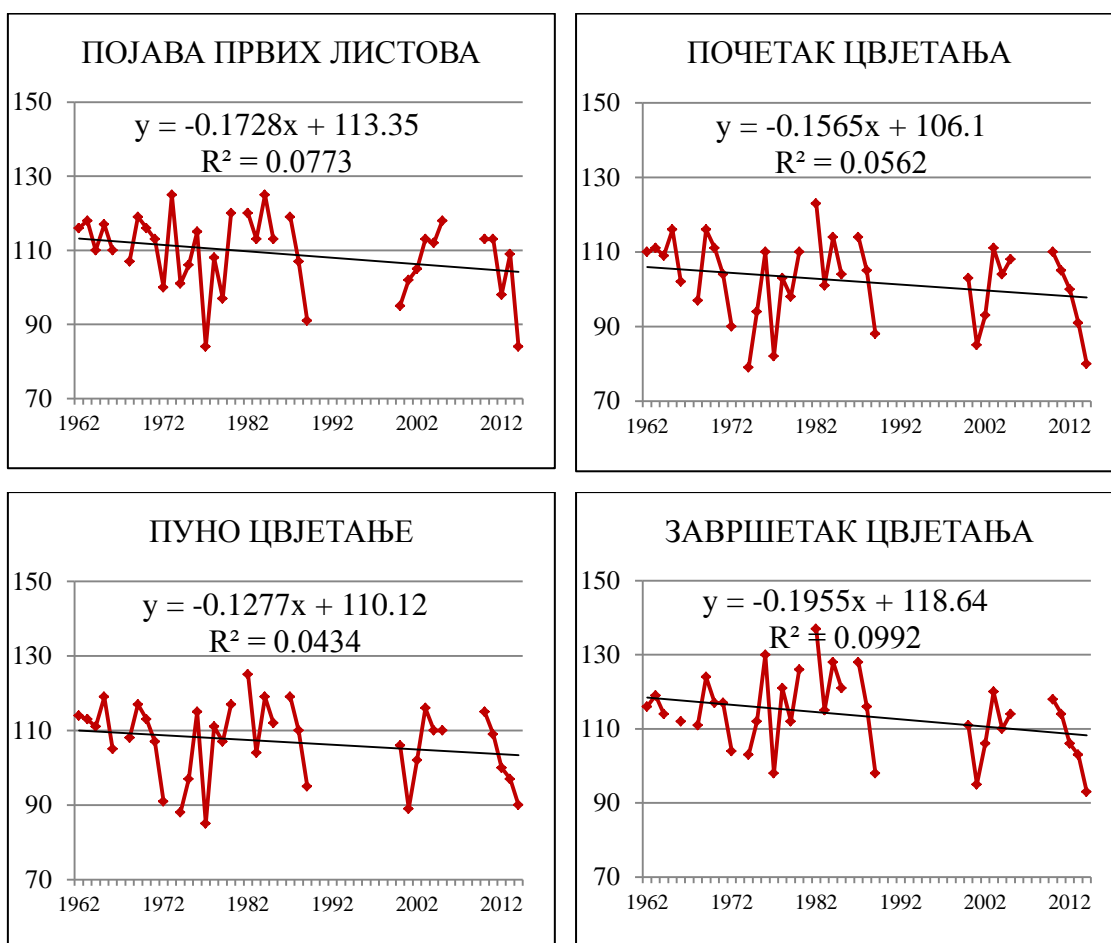
Од 2000. године забиљежено је само неколико година са одступањем од генералних трендова ранијег почетка вегетационог периода у прољеће и каснијег завршетка у јесен. Почетак вегетационог периода у односу на просјечне датуме почетка у стандардном периоду каснио је 2003, 2005. и 2006. године, а раније је завршен 2001, 2005. и 2011. године. Фебруар 2003. године био је изнатпросјечно хладан (негативно одступање температуре ваздуха износило је од 2,9 °C у Мостару до 4,7 °C у Сарајеву), што је за последицу имало касније кретање циклуса биљака. Температура фебруара чак 4,3 °C нижа од просјечне у стандардном периоду условила је кашњење почетка цвјетања јоргована у Тузли за 5 дана, док је листање и цвјетање крушке каснило 5 и 10 дана. С обзиром на то да је крај вегетационог периода услиједио касније у односу на стандардни период (7 дана у Санском Мосту и 9 дана у Сарајеву и Тузли), вегетациони период је и са каснијим почетком циклуса вегетације у прољеће ипак био дужи од просјечног (у Тузли и Санском Мосту за 6 дана, а у Сарајеву 7 дана). На примјер, у Тузли је листање и цвјетање шљиве каснило 2 дана и 7 дана, али су и фенофазе у јесен наступиле касније – опште жућење лишћа 14 дана касније, а опште опадање лишћа 2 дана касније у односу на просјечно вријеме одвијања у стандардном периоду. У 2005. години почетак вегетационог периода каснио је 10–11 дана (у Мостару чак 34 дана, јер негативна одступања температуре ваздуха у зимским мјесецима највећи утицај имају у топлијим подручјима (*ФХЗ, 2014–2016*)). Разлог кашњења почетка циклуса вегетације били су изузетно хладни фебруар и март. Негативно одступање температуре фебруара износило је од 3,8 °C у Бањалуци и Билећи до 4,5 °C у Добоју и Тузли (нешто мање одступање забиљежено је једино

у Мостару – 2,9 °C). Одступање температуре у марту било је нешто мање, али је и наведени мјесец био хладнији од просјека – од 0,7–1,1 °C у Херцеговини до 2,5 °C у Добоју. Изузетно ниске температуре ваздуха у фебруару одразиле су се на знатно каснију појаву првих цвјетова висибаве у Тузли, који се уобичајено јављају крајем фебруара, а који су у овој години забиљежени тек 18. марта, 24 дана касније у односу на просјечан датум појаве у стандардном периоду. Ниске температуре у фебруару нису се одразиле на помјерање датума цвјетања маслачка, код којег се појава првих цвјетова запажа тек крајем марта, али је почетак цвјетања јоргована и зове каснио 10 дана. У Тузли су прољећне фенофазе шљиве, почетак листања и цвјетања, касниле 7 и 4 дана, а јесење фенофазе, опште жућење лишћа и опште опадање лишћа наступиле су раније 5 и 8 дана. Листање и цвјетање трешње каснило је 9 и 4 дана, док је опште жућење лишћа наступило 8 дана касније, а опште опадање лишћа 2 дана раније у односу на просјек стандардног периода. Због каснијег почетка и ранијег завршетка циклуса вегетације, вегетациони период је у 2005. години на свим станицама био краћи од просјечног у периоду 1961–1990. године. Неуобичајени еколошки услови у првим мјесецима 2012. године у Мостару су имали за посљедицу знатно каснији почетак вегетационог периода. Због интензивних сњежних падавина и формирања сњежног покривача висине 85 cm, као и натпросјечно ниских температура ваздуха у фебруару са негативним одступањем средње температуре од чак 4,9 °C, почетак циклуса вегетације каснио је 35 дана у односу на просјечни датум почетка у стандардном периоду (*ФХЗ, 2014–2016*). С обзиром на то да је крај вегетационог периода услиједио у оквиру просјека, вегетациони период био је знатно краћи од уобичајеног (297 дана у односу на просјечно 332 дана) (*ФХЗ, 2014–2016*).

У 2011. години почетак вегетационог периода регистрован је раније, али је и завршетак наступио раније, па је његова дужина на већини станица била краћа у односу на просјек 1961–1990. године. Вегетациони период биљака завршен је раније због нижих температура ваздуха у новембру у свим подручјима осим на крајњем југу. Негативно одступање температуре кретало се у интервалу од 1,6 °C у Сарајеву до 3,7 °C у Бијељини. Из истих разлога вегетациони период раније је завршен и у 2001. години, у којој је негативно одступање температуре у новембру износило од 1,7 °C у Бијељини до 3,2 °C у Санском Мосту (у Херцеговини 0,9–1,4

°C). То је условило ранији завршетак циклуса вегетације за 9–12 дана. На примјер, опште жућење и опште опадање лишћа, у Тузли је наступило 9 и 15 дана раније у односу на просјечни датум јављања у стандардном периоду.

Анализа трендова времена почетка одвијања прољећних фенофаза воћарских врста у Тузли, као што су појава првих листова, почетак цвјетања и пуно цвјетање, показује да је у периоду 1961–2015. године присутан негативан тренд, али који ни за једну фенофазу још није статистички значајан. Датум почетка наведених фенофаза помјерен је по линији тренда за 1–2 дана по деценији у правцу ранијег јављања. Фенофаза зрење плодова у наведеном периоду билијежи незнатан позитиван тренд. Анализу трендова јесењих фенофаза није било могуће извршити због честих прекида у осматрањима.



Графикон V – 18: Тренд времена одвијања фенофаза шљиве сорте пожегача у Тузли у периоду 1961–2015. године

Појава првих листова шљиве у првој пентади XXI вијека просјечно се јављала 1 дан раније, а првих цвјетова 4 дана раније (пуно цвјетање 3 дана раније) у односу на просјечан датум њихове појаве у стандардном периоду. Разлике у односу на стандардни период још су израженије уколико посматрамо посљедњу пентаду (2010–2014), у којој је појава првих листова шљиве просјечно наступила 8 дана раније, а почетак цвјетања 7 дана раније. Завршетак фенофазе цвјетање наступио је 7 (2001–2005) и 9 дана (2010–2014) раније у односу на просјек стандардног периода, што указује на брже одвијање наведене фенофазе у топлијим условима. У првој пентади XXI вијека опште опадање лишћа наступило је 8 дана раније него у стандардном периоду.

Табела V – 24: Средњи датум одвијања фенофаза шљиве сорте пожегача у Тузли у периоду 1961–1990. (а), 2001–2005. (б) и 2010–2014. (в) године

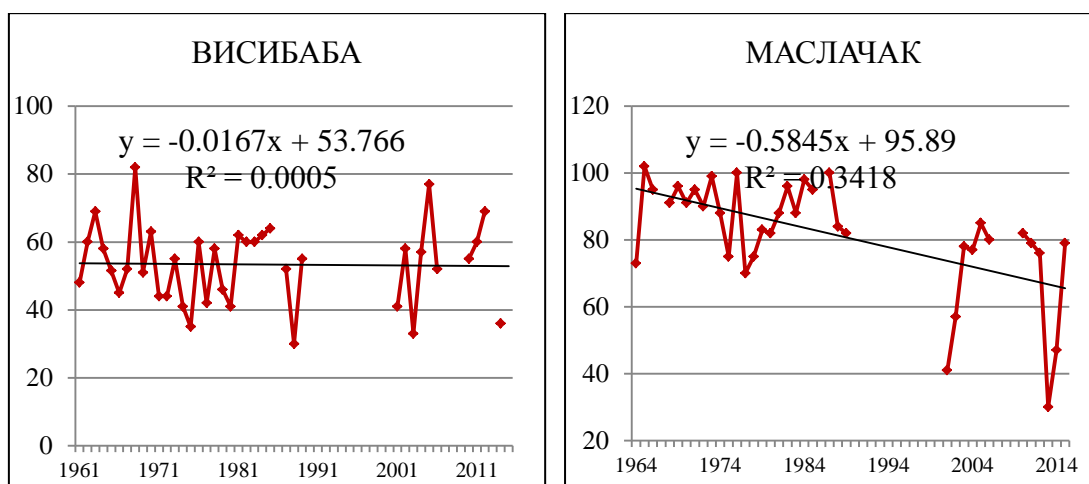
Фенофаза	Појава првих листова	Почетак цвјетања	Пуно цвјетање	Завршетак цвјетања	Почетак зрења	Почетак бербе	Опште жућење лишћа	Опште опадање лишћа
а	111	104	108	116	226	242	283	298
б	110	100	105	109	228	249	282	290
в	103	97	102	107	–	–	–	–

Табела V – 25: Средњи датум одвијања фенофаза трешње сорте мајска рана и крушке сорте калуђерка у Тузли у периоду 1961–1990. (а) и 2001–2005. (б) године

Фенофаза		Појава првих листова	Почетак цвјетања	Пуно цвјетање	Завршетак цвјетања	Почетак зрења	Почетак бербе	Опште жућење лишћа	Опште опадање лишћа
ТРЕШЊА МАЈСКА РАНА	а	109	101	105	114	141	143	280	298
	б	108	94	99	105	144	149	294	299
КРУШКА КАЛУЂЕРКА	а	109	104	108	117	–	–	–	–
	б	98	97	101	110	–	–	–	–

Раније одвијање прољећних фенофаза у првој пентади XXI вијека забиљежено је и код трешње сорте мајска рана и крушке сорте калуђерка. Појава првих листова наступала је 1 и 11 дана раније, почетак цвјетања 7 дана раније код обје врсте, а пуно цвјетање 6 и 7 дана раније. Јесења фенофаза опште жућење лишћа код трешње започињала је знатно касније у односу на просјечни датум појаве у стандардном периоду (14 дана касније), док је опште опадање лишћа било у оквиру просјека.

Од анализираних зељастих врста, једино маслачак показује израженији тренд раније појаве првих цвјетова у прољеће (6 дана по деценији). У XXI вијеку појава првих цвјетова запажа се око три седмице раније у односу на просјечан датум појаве.



Графикон V – 19: Тренд почетка фенофазе појава првих цвјетова висибаве и маслачка у Тузли у периоду 1961–2015. године

Негативни трендови појединих прољећних фенофаза и позитивни трендови јесењих фенофаза забиљежени су код неких биљних врста већ и у стандардном климатолошком периоду 1961–1990. године. Појава првих листова јабуке и трешње у Бањалуци у наведеном периоду показује негативан тренд од 1–2 дана по деценији (обје фенофазе које се односе на цвјетање биљеже позитиван тренд од 1–2,5 дана по деценији), док јесење фенофазе, жућење и опадање лишћа, биљеже израженији позитиван тренд (4–6 дана по деценији). На сјеверозападу уочен је и негативан тренд датума листања дивљег кестена на свим станицама у том

подручју (око 2 дана по деценији), док датум појаве првих цвјетова и почетка општег цвјетања биљежи негативан тренд само у Санском Мосту. На сјеверозападу је негативан тренд забиљежен и код фенофаза листање (у Бањалуци и Санском Мосту), почетак и пуно цвјетање (у Санском Мосту и Приједору) шљиве. У Санском Мосту присутан је позитиван, а у Приједору негативан тренд датума почетка жућења лишћа шљиве, док фенофаза опадање лишћа биљежи негативан тренд на обје станице. Јесење фенофазе шљиве у Бањалуци биљеже позитиван тренд. На крајњем сјевероистоку, у Бијељини, присутан је тренд ранијег одвијања фенофаза листање, почетак цвјетања и опште цвјетање шљиве. У најтоплијем дијелу територије, изражени негативни тренд забиљежен је код прољећне фенофазе листање, док је веома изражен позитиван тренд присутан код јесење фенофазе жућење лишћа.

Праћење наведених трендова након 1990. године онемогућава непостојање фенолошких осматрања. С обзиром на то да тренд загријавања постаје израженији тек од 1990-их година, за очекивање је да ће до знатнијих помјерања у фенологији биљака (у времену почетка, као и у дужини трајања појединих фенофаза) тек доћи у блиској или даљој будућности.

Помјерања у сезонским активностима биљака утврђена су и истраживањима у региону. Анализа фенологије биљака у Републици Словенији показала је да су на свим станицама присутни негативни трендови фенофаза у прољеће, што указује на то да биљке раније започињу развој, и позитивни трендови фенофаза у сезони јесен (*Milošević, D. et al., 2013b*). Услјед ранијег почетка и каснијег завршетка оптималних услова за развој биљака знатно је продужен вегетациони период (*Milošević, D. et al., 2013b*). Анализа три фенолошке фазе букве (појава првих листова, опште жућење лишћа и опште опадање лишћа) у периоду 1961–2010. године на шест фенолошких станица показала је негативан тренд прољећне фенофазе појава првих листова (до 5 дана за 50 година) и позитиван тренд јесењих фенофаза опште жућење и опадање лишћа (до 10 дана за 49 година за

жућење лишћа и до 18 дана за 36 година за опште опадање лишћа) (Milošević, D. et al., 2013b). Истраживање је показало да су трендови ранијег почетка прољећних фаза статистички значајнији од трендова каснијег завршетка јесењих фаза. Milošević, D. et al. (2013b) утврдили су највеће негативне коефицијенте корелације између датума фенофазе појаве првих цвјетова велике бијеле раде и средње максималне температуре ваздуха ($r = -0,66-0,87$), средње температуре ваздуха ($r = -0,63-0,83$) и суме ефективних температура ваздуха са температурним прагом од 5 °C ($r = -0,53-0,83$), као и ниске, позитивне коефицијенте корелације са средњом количином падавина ($r = 0,05-0,38$) и водним билансом ($r = 0,19-0,45$), што указује на то да падавине немају толики значај за почетак наведене фенофазе као што има температура ваздуха. На већини анализираних станица утврђена је и ниска, негативна корелација између датума почетка фенофазе појава првих цвјетова и броја мразних дана ($r = -0,20-0,40$).

Слични резултати добијени су и фенолошким истраживањима у Републици Хрватској. На примјер, симулацијски модел утицаја температуре ваздуха на фенофазе храста медунца (*Quercus pubescens*) на острву Пагу показао је да би пораст температуре ваздуха довео до просјечно ранијег одвијања фенофазе почетак листања прољеће и каснијег појављивања фенофаза потпуно промијењена боја лишћа и мировање (након опадања свих листова) у јесен (Шестан, Љ., 2012). Резултати су такође показали да је наведена прољећна фенофаза осјетљивија на пораст температуре ваздуха од анализираних јесењих фенофаза.

Даља истраживања утицаја савремених климатских колебања на фенологију биљака свакако су неопходна. Да би било могуће вршити мониторинг утицаја промјена климе на фенологију биљних врста, први неопходни корак јесте обнављење фенолошких осматрања и формирање адекватне мреже фенолошких станица у Републици Српској.

VI. ОСВРТ НА ПОТЕНЦИЈАЛНИ УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ ПРОМЈЕНА ПРОЈЕКТОВАНИХ ДО КРАЈА XXI ВИЈЕКА НА БИЉНИ СВИЈЕТ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

1. ПРОЈЕКТОВАНЕ ПРОМЈЕНЕ КЛИМЕ У СВИЈЕТУ И РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

Без додатних напора да се смањи емисија гасова стаклене баште, очекује се да ће њихова емисија и даље расти због раста глобалне популације и економских активности. Према основним сценаријима (сценарији без додатних ограничавања емисија) концентрација од 450 ppm еквивалента CO₂ биће превазиђена до 2030. године, а до 2100. године достићи ће ниво концентрације између 750 ppm еквивалента CO₂ и више од 1.300 ppm еквивалента CO₂ (IPCC, 2014b). Према репрезентативним сценаријима емисије гасова стаклене баште RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 и RCP8.5¹⁴, кумулативне емисије фосилних горива од 2012. до 2100. године износиће: 270 (140–410) Pg C, 780 (595–1.005) Pg C, 1.060 (840–1.250) Pg C и 1.685 (1.415–1.910) Pg C, респективно (Ciais, P. et al., 2013; IPCC, 2013). Достицање концентрације од 450 ppm еквивалента CO₂ у атмосфери тек 2100. године и задржавање пораста температуре испод 2 °C у односу на преиндустријски ниво подразумијевају знатне резове антропогених емисија гасова стаклене баште до средине вијека, тј. велике промјене енергетских система

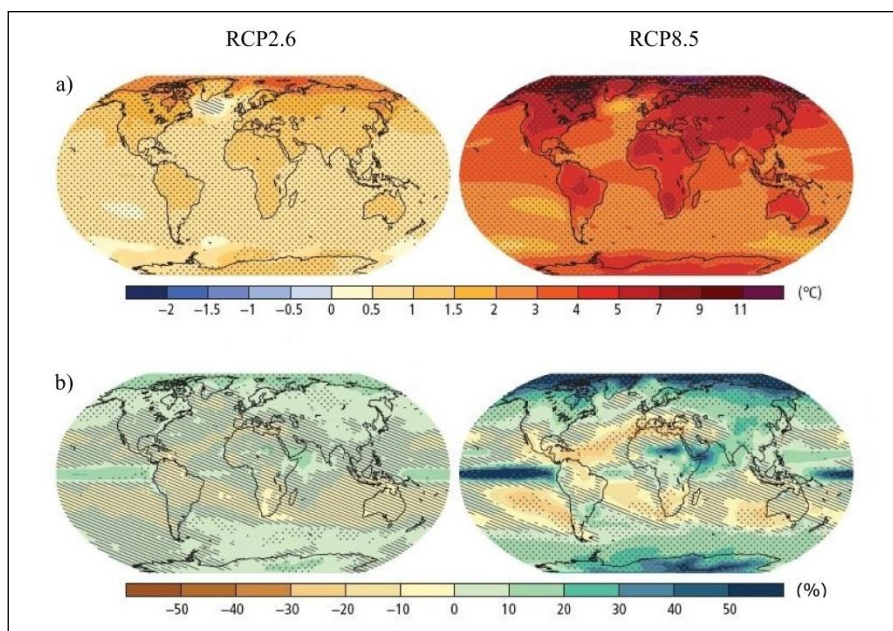
¹⁴ Четири одабрана нова репрезентативна сценарија емисија гасова стаклене баште (*Representative Concentration Pathways* – RCPs) сумирају резултате доступних сценарија климатских промјена у литератури према којима се укупна позитивна промјена енергетског биланса до 2100. године креће у распону од 2,6 W/m² до 8,5 W/m². Одабране репрезентативне сценарије чине: један сценарио ублажавања климатских промјена (митигације) који би довео до веома ниске позитивне промјене енергетског биланса (RCP2.6), два средња сценарија стабилизације (RCP4.5 и RCP6) и један сценарио врло високих емисија (RCP8.5) (о репрезентативним сценаријима емисија гасова стаклене баште видјети више у посебном издању часописа *Climatic Change* из 2011. године (број 109), посвећеног управо њиховој анализи).

и начина коришћења земљишта (*IPCC, 2014b*). Емисија метана из мочварних еко-система вјероватно ће се повећавати услед повећања концентрације CO₂ и топлије климе (*Ciais, P. et al., 2013*). Врло је вјероватно да ће порасти емисија N₂O из земљишног покривача због повећаних потреба за производњом хране и све већег ослањања пољопривредне производње на употребу азотних ђубрива (*Ciais, P. et al., 2013*). Континуирани пораст емисије гасова стаклене баште током XXI вијека узроковаће даље загријавање климатског система и дуготрајне промјене у свим његовим компонентама, укључујући и глобалне, велике и неповратне промјене у еко-системима (*IPCC, 2014*).

Према свим сценаријима емисије гасова стаклене баште, површинска температура ваздуха на Земљи наставиће да расте током XXI вијека (*IPCC, 2014*). Пораст просјечне глобалне температуре ваздуха у периоду 2016–2035. године кретаће се у распону од 0,3 °C до 0,7 °C у односу на период 1986–2005. године (не узимајући у обзир никакве велике вулканске ерупције или промјене у неким природним изворима емисије или неочекиване промјене Сунчевог зрачења) (*IPCC, 2014*). Према пројекцијама пораст глобалне температуре ваздуха крајем XXI вијека (2081–2100) у односу на период 1850–1900. године вјероватно ће премашити 1,5 °C (RCP4.5, RCP6.0 и RCP8.5) или чак 2 °C (RCP6.0 и RCP8.5) (*IPCC, 2014*).

У већини региона свијета учесталост топлих дана и топлих ноћи повећаће се у наредним деценијама, док ће се учесталост хладних дана и хладних ноћи смањити (*Kirtman, B. et al., 2013*). Модели пројектују знатно повећање екстремних температура до краја XXI вијека. Извјесно је да ће на глобалном нивоу доћи до повећања учесталости и магнитуде екстрема максималних дневних температура и смањења екстрема минималних дневних температура (*IPCC, 2012; IPCC, 2014; Collins, M. et al., 2013*). Апсолутно максималне температуре ваздуха које су превазилажене једном у двадесет година до краја XXI вијека вјероватно ће се јављати једном у двије године у већини подручја (у високим географским ширинама сјеверне хемисфере једном у пет година) (према сценаријима емисије А1Б и А2) или једном у пет година (у високим географским ширинама сјеверне хемисфере једном у десет година) (према сценарију Б1) (*IPCC, 2012*). Максимална дневна температура ваздуха, која је у периоду 1981–2000. године просјечно

премашена само једном, вјероватно ће се повећати за 1–3 °C до средине XXI вијека и за 2–5 °C до краја XXI вијека, у зависности од подручја и сценарија емисије (IPCC, 2012). Врло је вјероватно да ће се дужина трајања, учесталост и интензитет топлих периода и топлих таласа повећати у већини региона свијета, као и да ће се они јављати у све више подручја (IPCC, 2012; Kirtman, B. et al., 2013).



Слика VI – 1: Очекиване промјене температуре ваздуха (а) и падавина (б) у свијету у периоду 2081–2100. године у односу на период 1986–2005. године (IPCC, 2014)

Трендови промјене количине падавина у „топлијем свијету“ неће бити јединствени – у високим географским ширинама и у екваторијалној зони Пацифика до краја вијека доћи ће до повећања количине падавина на годишњем нивоу, у многим средњим географским ширинама и у суптропским аридним подручјима просјечне количине падавина вјероватно ће се смањити, док ће се у многим влажним подручјима у средњим географским ширинама просјечна количина падавина вјероватно повећати (IPCC, 2014; Collins, M. et al., 2013). Ипак, очекује се да ће повећање просјечне количине падавина бити мање од повећања екстремних падавина (Bindoff, N. L. et al., 2013). Учесталост обилних падавина, као и њихов удио у укупној количини падавина, повећаће се током XXI

вијека у многим дијеловима свијета (нарочито у високим географским ширинама и тропским подручјима, а у сезони зима и у средњим географским ширинама сјеверне хемисфере) (*IPCC, 2012; Kirtman, B. et al., 2013*). Такође, у појединим областима доћи ће до повећања обилних падавина упркос пројектованом смањењу укупне количине падавина у тим подручјима (*IPCC, 2012*). Максимална дневна количина падавина, која је до сада превазилажена једном у двадесет година, до краја XXI вијека у многим подручјима ће се вјероватно јављати од једном у пет година до једном у петнаест година, а према сценаријима високих емисија повратни период њихове појаве у већини подручја биће још краћи (*IPCC, 2012*). Међутим, ни овај тренд повећања учесталости интензивних падавинских догађаја неће бити изражен у цијелом свијету због природне варијабилности падавина и могућих утицаја антропогених аеросола (*Kirtman, B. et al., 2013*).

Пројекције показују да ће тренд глобалног загријавања вјероватно бити праћен и промјенама екстремних временских и климатских догађаја, који ће постати чешћи, дуготрајнији и интензивнији у многим дијеловима свијета (*IPCC, 2014*).

Суше ће се интензивирати у XXI вијеку у појединим годишњим сезонама и регионима, због смањене количине падавина и/или повећане евапотранспирације – на примјер, у јужној и средњој Европи, централном дијелу Сјеверне Америке, Централној Америци и Мексику, Бразилу, сјевероисточној и јужној Африци итд. (*IPCC, 2012*). Пројекције показују да ће доћи до знатнијих промјена у водном билансу широм европског континента, с повећаном вјероватноћом појаве суше у сезони љето на Медитерану, те у југоисточној и средњој Европи. Повећана вјероватноћа појаве суше биће узрокована првенствено смањењем количине падавина и повећаним испаравањем усљед виших температура ваздуха. Смањење садржаја влаге у земљишту довешће до одговарајућег удвостручења просторне распрострањености и повећања учесталости краткотрајних суша од средине XX вијека до краја XXI вијека, док ће дуготрајне суше постати три пута чешће (*Sheffield, J. & Wood, E. F., 2008*). Неколико студија је коришћењем климатских модела показало да ће унутрашњост континента сјеверне хемисфере постати сувља током сљедећег вијека, а нарочито током сезоне љето (*Sheffield, J. & Wood, E. F., 2008*).

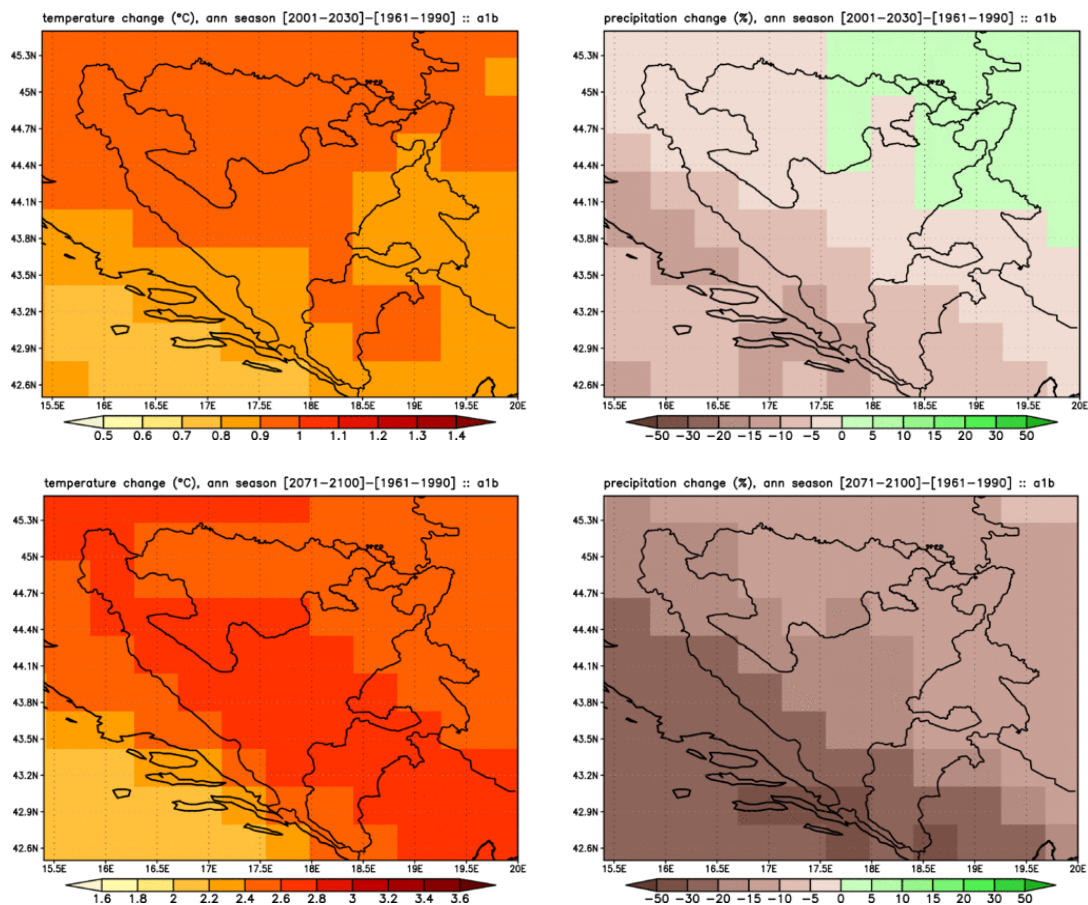
Према пројекцијама климатских модела, стопа загријавања у јужној Европи биће највећа у сезони љето, а у сјеверној Европи у сезони зима (*Kovats, R. S. et al., 2014*). Чак и ако просјечно глобално повећање температуре ваздуха буде ограничено на 2 °C у односу на преиндустријски ниво, симулације модела показују да ће се клима Европе у наредним деценијама знатно разликовати од данашњих климатских услова (*Kovats, R. S. et al., 2014*).

Количина падавина ће се смањити у љетњим мјесецима у подручјима сјеверније од 30° с. г. ш. (*Kovats, R. S. et al., 2014*). Пројектује се знатно повећање учесталости и интензитета екстремних временских и климатских догађаја, посебно топлих дана и топлих ноћи, топлих таласа, суша и обилних падавина (*Kovats, R. S. et al., 2014*). Тренд појаве све интензивнијих и дуготрајнијих суша биће најизраженији на подручју јужне и средње Европе (*Kovats, R. S. et al., 2014*). Чак и у подручјима гдје се очекује да ће се количина падавина у сезони љето повећати, може доћи до израженијег дефицита влажности земљишта и појаве хидролошке суше као последица повећања евапотранспирације (*Kovats, R. S. et al., 2014*).

Пројекције промјене климе до краја XXI вијека у Републици Српској и Босни и Херцеговини дате су у *Другом националном извјештају Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених нација* (*Радусин, С. et al., 2013а*). Симулације регионалног климатског модела EBU-РОМ, добијеног методом динамичког скалирања резултата два глобална климатска модела атмосфере и океана SINTEX-G и ECHAM5 (*Радусин, С. et al., 2013а*), показују да ће према умјереном сценарију повећања концентрације гасова стаклене баште средња годишња температура ваздуха у Републици Српској и Босни и Херцеговини у периоду 2001–2030. године бити за 0,8–1,0 °C виша у односу на температуру у стандардном климатолошком периоду 1961–1990. године. Средња годишња температура ваздуха највише ће порастати у сјеверном и западном дијелу територије, док ће загријавање на југу, у Херцеговини, бити нешто мањег интензитета. У наведеном периоду температура ваздуха највише ће порастати у најтоплијем дијелу године – у сезони љето (од 1,1 °C на југу до 1,4 °C на сјеверу), а затим у сезонама прољеће (0,8–0,9 °C), зима (0,7 °C) и јесен (од 0,6 °C на истоку

до 0,8 °C на западу). Занимљиво је напоменути да ће температура ваздуха у сезони зима највише порасти у централном, планинском подручју Босне и Херцеговине. Тренд загријавања наставиће се током цијелог XXI вијека, с тим да ће се магнитуда промјена повећавати, па ће средња годишња температура ваздуха крајем вијека (2071–2100) према умјереном сценарију промјена бити за 2,4–2,8 °C виша од температуре у референтном периоду, а уколико се остваре високи сценарији емисија, температура ваздуха порашће за 3,4–3,8 °C. И у овом периоду највећи пораст загријавања биће присутан у сезони љето (3,6 °C), а затим у сезонама прољеће (2,4–2,6 °C) и зима (до 2,4 °C), док ће температура најмање порасти у сезони јесен (2,0–2,4 °C). Уколико би се остварили сценарији високог раста концентрација гасова стаклене баште, сезонске температуре ваздуха би до краја вијека порасле и знатно више (на сјеверу у сезони љето за чак 4,8 °C, у сезонама прољеће и зима до 3,6 °C, а у сезони јесен до 2,8–3,0 °C).

У периоду 2001–2030. године средња годишња количина падавина смањиће се за 0–10 % у односу на референтни период 1961–1990. године (осим на сјевероистоку, гдје ће се повећати 5 %). Резултати моделовања показују и позитивне и негативне трендове сезонских падавина у овом периоду. Међутим, до краја вијека количина падавина у свим годишњим сезонама биће мања него у референтном периоду. Према умјереном сценарију промјена смањење у сезонама зима и јесен износиће 15–50 %, у сезони прољеће 10 %, а у сезони љето 0–30 % (с тим да ће дефицит падавина бити већи на југу него на сјеверу територије). Годишња количина падавина биће 10–30 % мања него у референтном периоду. Према високом сценарију промјена, количина падавина ће се до краја XXI вијека смањити у свим годишњим сезонама, осим у сезони зима. У сезони љето доћи ће до њиховог драстичног смањења (до чак 50 %). Смањење у сезонама прољеће и јесен кретаће се у интервалу од 0 % до 30 %, док ће се у истом интервалу кретати пораст количине падавина у сезони зима (осим на југоистоку, гдје ће се количина падавина смањити).



Слика VI – 2: Очекиване промјене средње годишње температуре ваздуха (y °C) и средње годишње количине падавина (y %) у Републици Српској и Босни и Херцеговини у периоду 2001–2030. и 2071–2100. године у односу на референтни период 1961–1990. године према умјереном сценарију промјене концентрације гасова стаклене баиште (А1Б) (Радусин, С. *et al.*, 2013а)

Пројектовано повећање сушности до краја XXI вијека потврђује и анализа резултата моделовања промјена хидротермичког коефицијента у вегетационом периоду и у сезони љето, у периоду 2001–2030. године и 2071–2100. године у односу на референтни период 1961–1990. године, коју су извршили *Trbić, G. et al.* (2016). Резултати показују да у периоду 2001–2030. године неће доћи до знатнијих промјена у средњим вриједностима индекса, тако да ће у већини подручја његова вриједност у обје анализираних сезоне остати у истој категорији као и у референтном периоду. Озбиљније промјене очекују се у периоду 2071–2100. године. Према сценарију А1Б, у вегетационом периоду просјечна вриједност индекса и минимална вриједност дистрибуције помјериће се за једну или двије

категорије према више аридним категоријама, а максимална вриједност дистрибуције за једну категорију. Драстичније промјене биће присутне у сезони љето – средња вриједност индекса биће мања од 1,0 у свим подручјима, што указује на преовладавање веома сувих услова. Уколико се у периоду 2071–2100. године остваре високи сценарији емисија (сценарио А2), помјерање према више аридним категоријама у вегетационом периоду биће још израженије него у случају А1Б сценарија – средња вриједност индекса биће око или испод 1,0, а у сезони љето близу или испод 0,7, што указује на озбиљно смањење доступне влаге (воде) у периоду године када је биљкама најпотребнија за оптималан развој.

2. МОГУЋИ УТИЦАЈИ ПРОЈЕКТОВАНИХ КЛИМАТСКИХ ПРОМЈЕНА НА БИЉНИ СВИЈЕТ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

Климатске промјене у другој половини XXI вијека створиће веома стресне услове за бројне копнене и слатководне еко-системе, нарочито уколико се остваре високи сценарији промјене (*Settele, J. et al., 2014*). Пројекције показују да ће већина еко-система бити осјетљива на промјене климе, чак и ако се оне буду одвијале по ниским или умјереним стопама загријавања. Палеоеколошки записи показују да су глобалне климатске промјене упоредиве величине с онима пројектованим до краја XXI вијека резултирале великом смјеном биома и промјенама у саставу заједница, те да су промјене климе једнаке онима пројектованим у високим сценаријима загријавања условиле изумирање врста у прошлости (*Settele, J. et al., 2014*). Ипак, директна аналогија са палеоеколошким записима није оправдана, јер ће се промјене климе у будућности одвијати у интеракцији са другим глобалним промјенама у животној средини, као што су промјене начина коришћења земљишта, продори инвазивних врста, загађење животне средине, прекомјерна експлоатација природних ресурса и др. (*Settele, J. et al., 2014*). Иако модели указују на повећање ризика од изумирања врста у будућности усљед климатских промјена, постоји мала сагласност стручне јавности о бројности врста које ће се наћи у повећаном ризику, о регионалном и таксономском фокусу изумирања, као и о временском оквиру у коме ће се оно остварити (*Settele, J. et al., 2014*).

Шумски и други еко-системи биће изложени директним утицајима промјена температуре ваздуха, количине, облика и распореда падавина (снијег–киша, суша–поплава и сл.), атмосферске концентрације CO₂, режима пожара, влажности и структуре земљишта, спектра и интензитета појаве штеточина и снажних елементарних непогода (суша, раних мразева, поплава, јаких киша, великих сњежних наноса, олујних вјетрова и сл.) (Радусин, С. et al., 2013a). Наведене промјене створиће за биљни свијет „вишеструко стресне услове“ у животној средини (Радусин, С. et al., 2013a). Озбиљну пријетњу за шумске еко-системе представљаће повећање учесталости шумских пожара услед повећања температуре ваздуха и промјена у обрасцима падавина, а која ће посебно бити изражена на подручју Херцеговине. Све чешће ће се јављати градоносне олује и јаки олујни вјетрови. Продори алохтоних врста ће се такође повећавати, што ће довести до повећане могућности да агресивније врсте потисну аутохтоне врсте из природних станишта. Једна од посљедица промјена климе биће и промјене распрострањања штеточина и болести, јер ће благе зиме позитивно утицати на повећање биолошког потенцијала штетних инсеката, али и на појаву нових врста које у новој средини могу имати изузетно висок биолошки потенцијал. Топлија клима засигурно ће погодовати ширењу инвазивних термофилних коровских врста као што су: багремац (*Amorpha fruticosa*), амброзија (*Ambrosia* sp.), обична боца (*Xanthim strumarium*), чичока (*Helianthus tuberosus*) и др. (Радусин, С. et al., 2013a).

Једна од позитивних посљедица климатских промјена на шумске еко-системе огледаће се у потенцијалном повећању продуктивности дрвећа у условима повећаног загријавања у подручјима са довољном количином воде, што ће резултирати бржим стопама раста (Радусин, С. et al., 2013б). Пораст температуре ваздуха, као и продужавање вегетационог периода, имаће позитиван утицај на раст биљака стимулацијом фотосинтетског усвајања CO₂. Пораст температуре, такође, узрокује раније топљење снијега у прољеће и брзу мобилизацију хранљивих материја у земљишту (ипак, у воденим еко-системима може узроковати тзв. „прољетни киселински шок“) (Вукмир, Г. et al., 2009).

Врсте реагују на климатске промјене кроз генотипске адаптације и фенотипску пластичност, те мигрирањем из области са неповољним климатским условима у подручја са повољним еколошким условима средине, те локалним или глобалним изумирањем, уколико нису у могућности да мигрирају или да се прилагоде новонасталим условима (*Settele, J. et al., 2014*). Многе биљне врсте промијениле су своје области распрострањења, бројност, физиологију и сезонске активности као одговор на климатске промјене током посљедњих деценија.

Генерални одговор биљних врста и популација на континуирано глобално загађивање представљаће помјерање ареала ка половима и већим надморским висинама (*Settele, J. et al., 2014*). Већина пројекција показује да ће доћи до ширења ареала четинарских шума према сјеверу у зону тундре, које ће бити праћено и генералним промјенама у саставу заједница ка функционалним типовима биљака типичним за умјерену зону – на примјер, зимзелене четинарске врсте замјењиваће широколисне листопадне врсте, а у хладнијим подручјима листопадне четинарске врсте замјењиваће зимзелене четинарске врсте (*Settele, J. et al., 2014*). Климатске промјене велике магнитуде смањиће бројност популација, снагу и виталност врста са просторно ограниченим ареалима и на изолованим стаништима, чак и ако имају биолошку способност да се довољно брзо распростиру како би пратиле одговарајуће климатске услове (*Settele, J. et al., 2014*). Стога ће врсте које већ насељавају подручја у близини планинских врхова бити међу најугроженијим, јер не могу мигрирати навише.

Многе врсте са slabим способностима распрострањања неће бити у могућности да мигрирају довољно брзо како би пратиле помјерање одговарајућих климатских услова уколико се остваре средње и високе стопе климатских промјена (*Settele, J. et al., 2014*). „Брзина климе“ премашиће максималну брзину распрострањања и мигрирања бројних организама који неће моћи да држе корак са својим климатским нишама, те ће се наћи у неповољним условима средине. Врсте које заузимају пространа равничарска подручја посебно су угрожене, јер, да би држале корак са промјенама климе, морају да савладају веће удаљености од врста у планинским предјелима. Препреке за несметано распрострањање, као што су

губитак и фрагментација станишта, претходно заузета станишта конкурентским врстама, конкуренција са алохтоним врстама, изложеност новим штеточинама и патогенима, те антропогене препреке (на примјер, бране на ријекама и урбане средине), додатно смањују способност врста да мигрирају у области са погоднијом климом (Settele, J. et al., 2014). С друге стране, намјерно или случајно антропогено потпомогнуто расељавање (миграција) индивидуа или пропагула може убрзати распрострањавање врста (Settele, J. et al., 2014). На примјер, намјерно преношење на велике удаљености бројних економски важних врста дрвећа може бити једна од мјера у оквиру стратегија прилагођавања на климатске промјене (Settele, J. et al., 2014).

Већина модела показује да ће повећање температуре ваздуха, те учесталости суша и пожара, учинити да шуме постану слабији понор или чак нето извор угљеника до краја овог вијека (Settele, J. et al., 2014). Повећање концентрације CO₂ до око 600 ppm наставиће да повећава стопу фотосинтезе и ефикасност коришћења воде код биљака, али по ублаженим стопама, а недовољна количина хранљивих материја, посебно азота, ограничаваће позитивну реакцију многих природних еко-система на повећану концентрацију CO₂ (Settele, J. et al., 2014). Повећање стопе раста дрвећа и укупног складиштења угљеника, као посљедица комбинованог утицаја продужавања вегетационог периода, пораста атмосферске концентрације CO₂, акумулације азота и антропогеног управљања шумама, донедавно је представљало општи тренд у зони листопадних шума умјерене зоне на сјеверној хемисфери. Међутим, недавни показатељи говоре да листопадне шуме умјерене зоне почињу да показују знаке климатског стреса, који се манифестује у успоравању тренда побољшаног раста дрвећа у неким регионима, повећању морталитета дрвећа, те промјенама режима пожара, ширења патогена и др. (Settele, J. et al., 2014). Неколико студија доказало је да су стопе раста дрвећа у листопадним шумама доживјеле врхунац крајем XX вијека и да се њихово опадање може приписати климатским факторима, посебно све чешћим и интензивнијим сушама и топлим таласима (Settele, J. et al., 2014). Посматрано на нивоу врсте, модели предвиђају да ће се потенцијални климатски простор за већину врста дрвећа помјерити према сјеверном полу и већој надморској висини

као реакција на промјене климе (Settele, J. et al., 2014). Највеће климатске ризике за медитеранске еко-системе представљаће: пораст температуре ваздуха, промјена режима и количине падавина (опадање у већини, али не у свим подручјима), пораст учесталости и интензитета суша, као и повећана учесталост пожара (Settele, J. et al., 2014). Наведене промјене повећаће и ризик од ерозије и дезертификације, посебно у веома сувим подручјима (Settele, J. et al., 2014).

Сви сценарији климатских промјена указују на то да ће се у другој половини XXI вијека састав заједница мијењати као резултат смањења бројности неких врста и повећања бројности других, док ће се сезонска активност многих врста промијенити на различите начине, што може довести до прекида животног циклуса или интеракција између врста, а као крајњи резултат може имати и промјене функција еко-система (Settele, J. et al., 2014). Повећање учесталости и/или интензитета поремећаја у еко-системима, као што су суше, олује, пожари и штеточине, пројектовано у многим дијеловима свијета, такође ће утицати на промјене структуре, састава и функција еко-система (Settele, J. et al., 2014).

Симулације модела *Hickler, T. et al. (2012)* показују да ће до 2085. године доћи до знатних промјена вегетационог покривача у већини региона Европе. Њихове пројекције показују да ће до наведене године 31 % (NCAR-PCM) или 42 % (HadCM3) укупне површине Европе бити покривено неким другим типом вегетације. Главна жаришта промјена представљаће арктички и алпски еко-системи, у којима ће дрвенасте врсте смјењивати тундру, те прелазна зона између умјерених широколисних и бореалних четинарских шума. Сјеверне границе листопадних и четинарских шума у јужној Скандинавији и сјевероисточној Европи помјериће се према сјеверу (за око 300–500 km). Промјене вегетационог покривача у средњој Европи биће релативно мале, док ће у јужној Европи смјена шумске вегетације жбунастом бити веома распрострањена, првенствено као резултат учесталијих суша. У умјереној зони, термофилне мјешовите шуме прошириће ареал према сјеверу, док ће се зона букових шума скупљати према центру садашњег ареала.

Пројектоване промјене климе представљаће пријетњу за сва три биогеографска региона у Републици Српској – континентални (перипанонска област), алпски (планинско-котлинска област) и медитерански (подручје Херцеговине) (*Радусин, С. et al., 2013a*). Подручје Динарида, које представља важан центар балканских ендема и рефугијум бројних реликтних врста, посебно је угрожено савременим промјенама климе (*Радусин, С. et al., 2013a*). Сматра се да ће негативним утицајима климатских промјена највише бити погођена управо високопланинска вегетација на надморским висинама око 1.500 m (граница субалпинског појаса) (*Радусин, С. et al., 2013a*). Очекује се да ће у највишим планинским подручјима доћи до смањења броја зељастих врста циркумполарног, субалпинског и алпинског типа распрострањења, које због уске еколошке валенце неће моћи довољно брзо да се прилагоде промијењеним условима средине. Такође, ове врсте имају слабу способност миграције, коју додатно усложњава чињеница да већ настајују подручја у близини планинских врхова па не постоје адекватна станишта на вишим надморским висинама која би могли да колонизују (*Радусин, С. et al., 2013a*). Наведени губитак врста у високопланинским подручјима још је више забрињавајући ако узмемо у обзир да је углавном ријеч о ендемима, те терцијарним и глацијалним реликтима, који имају посебан значај у очувању глобалног биодиверзитета.

Према Хопкинсоновом биоклиматском закону, пораст температуре за 3 °C (који је пројектован до 2071–2100. године уколико се оствари А2 високи сценарио промјена) одговара висинском помјерању вегетације према вишим надморским висинама за 500 m, што би узроковало смјену вегетације у претпланинском подручју Динарида вегетацијом умјереног климазоналног појаса (*Радусин, С. et al., 2013a*). Да би се велике промјене вегетационог покривача у Републици Српској могле десити (уколико би се остварили високи сценарији емисије), говори податак да је пораст просјечних годишњих температура за 3,4–3,8 °C до краја вијека пројектован високим сценаријем промјена веома близу тренутно постојећег распона просјечних годишњих температура ваздуха за екстремно различите шумске заједнице на нашем подручју, који се креће у интервалу од 7,2–7,7 °C за шуме букве с јелом до 12,7–13,5 °C за заједнице медунца с бјелограбом (*Радусин, С. et al., 2013a*). Промјене шумских еко-система биће драстичне већ и

при благим промјенама климе – очекује се да ће већина заједница карактеристичних за планинска подручја Динарида еволуирати у шуме горске букве. Према сценарију А1Б, до краја овог вијека може се очекивати доминација термофилних шума китњака с грабом, те медунца и црнике, док симулације модела А2 показују да би до краја вијека могло доћи до потпуне девастације шумских еко-система и формирања заједница субмедитеранског и медитеранског типа (*Радусин, С. et al., 2013a*). Ипак, повећање просјечне годишње температуре није једини фактор промјене вегетационог покривача.

Од шумских еко-система најугроженији су они у чијем саставу се налазе шуме јеловог дрвећа, које имају веома уску еколошку валенцу на температуру ваздуха и влажност (*Вукмир, Г. et al., 2009*). Стога се очекује да ће шуме букве, које имају широку еколошку валенцу, преовладавати у шумама које се састоје од обје врсте (*Вукмир, Г. et al., 2009*). Анализа утицаја климатских промјена на распрострањеност субасоцијација динарске шуме букве и јеле показује да ће се површина њихових ареала у Босни и Херцеговини знатно смањити (*Радусин, С. et al., 2013a*). Истраживање *Анић, И. et al. (2009)* показало је да би удвостручавање концентрације гасова стаклене баште и повећање просјечне годишње температуре ваздуха за ~ 2,5 °С, уз смањење просјечне годишње количине падавина за ~ 152 mm годишње у периоду 2000–2100. године могло проузроковати смањење еколошке нише обичне јеле у Републици Хрватској за готово 85 % у односу на садашње стање. Симулације повећања просјечне температуре ваздуха за 2 °С пројектују и знатне негативне посљедице на распрострањење тамних четинарских шума, које су на високим температурама нарочито подложне нападима штеточина и пожарима. Стрес за велики број врста дрвећа, а нарочито широколисног дрвећа, представљаће све учесталије и интензивније суше (*Радусин, С. et al., 2013b*). Низинске букове шуме биће изложене посебном ризику у сјевероисточним подручјима с малим количинама падавина (*Радусин, С. et al., 2013b*).

С обзиром на то да у Републици Српској и Босни и Херцеговини још нису направљени прецизни модели симулације утицаја климатских промјена на распрострањење вегетације на нашем подручју, наводимо примјер из региона који потврђује да би пројектоване промјене климе могле условити знатне измјене вегетационог покривача. Симулација модела *Kutnar, L. & Kobler, A. (2011)*

показала је да ће се под утицајем климатских промјена, поред очекиваног помјерања висинских појасева вегетације према вишим надморским висинама, удио појединих типова вегетације на подручју Републике Словеније промијенити. Према овом истраживању врло је вјероватно да ће се до краја XXI вијека битно смањити удио мезофилних шума букве, првенствено на рачун ширења различитих термофилних шума и врста – удио ацидофилних шума букве смањиће се са данашњих 14,2 % на 0 % (песимистични сценарио) до 5 % (оптимистични сценарио), субмонтаних шума букве са 13 % на 0–4 %, уз постепено смањивање и површина (алти-) монтаних шума букве у (пре-)динарском региону (међу којима доминирају динарске шуме букве и јеле). Уз претпоставку да се еколошка ниша динарских шума букве и јеле неће промијенити у блиској будућности, песимистични сценарио предвиђа да би овај тип шума могао у потпуности нестати са овог подручја до краја XXI вијека. С обзиром на то да ове шуме представљају станишта неколико великих звијери од европског значаја (мрког медвједа, риса и вука), те бројних других врста од посебне важности према Директиви Европске уније о стаништима, њихов губитак могао би довести до изумирања ових кључних врста у еко-систему (*Kutnar, L. & Kobler, A., 2011*). Такође, велики дио четинарских шума у којима доминирају смрча и јела, могао би у потпуности бити замијењен листопадним шумама. У наведеном периоду ће се повећати удио термофилних шума и врста које су изразито отпорне на сушу, као што су: црни граб, црни јасен, оскоруша, медунац, цер, црника, бијели и црни бор – са садашњих 14 % на 50 % (оптимистични сценарио) до чак 87 % (песимистични сценарио).

У панонској области промијењени режим поплава може знатно угрожавати биљни свијет. Поплаве имају висок ниво храњивости, што доприноси нитрификацији земљишта и подземних вода, која за резултат има промјене њихових рН вриједности и посљедишно нестанак ацидофилних биљака. Поплаве, које представљају један од доминантнијих начина ширења инвазивних врста, омогућиле су да на подручју панонске и перипанонске области многе врсте корова нађу своје ново станиште (*Вукмир, Г. et al., 2009*).

Еко-системи субмедитеранских шума и шипражја, и крашке пећине и котлине, као резултат глобалних климатских промјена, трпе притисак усљед закисељавања земљишта (Вукмир, Г. *et al.*, 2009).

Пољопривреда је привредна грана која ће, генерално, бити највише изложена утицају климатских промјена. Сценарији климатских промјена предвиђају продужавање вегетационог периода у низијским подручјима, што може имати позитиван утицај на висину приноса, као и на квалитет усјева уопште (Радусин, С. *et al.*, 2013а). Повећање минималних температура, односно броја дана с физиолошки активним температурама, омогућиће гајење касних усјева (као што је озима пшеница) који обезбјеђују више приносе (иако постоји могућност уништења усјева усљед појаве мраза) (Радусин, С. *et al.*, 2013б). Ипак, пројектовани пораст температуре ваздуха у комбинацији са промјенама количине падавина и испаравања, вјероватно ће имати знатан негативан утицај на пољопривредну производњу у Републици Српској, нарочито у медитеранском региону и на сјеверу земље (Радусин, С. *et al.*, 2013б). Негативни утицаји на пољопривредну производњу првенствено ће се огледати у смањењу приноса, као последица смањене количине падавина и повећане стопе испаравања усљед виших температура ваздуха, те повећања појаве штеточина и обољења усјева (Радусин, С. *et al.*, 2013б). Негативан утицај изузетно хладних зима, касних прољећних и раних јесењих мразева, који сада представљају највећи проблем за воћарске засаде на сјеверозападу, могао би у складу с предвиђеним сценаријима промјена климе бити знатно смањен (Радусин, С. *et al.*, 2013а). Наведене промјене позитивно ће утицати на засаде јабучастих врста, док код коштуњавих врста топлије зиме могу смањити приносе због недостатка оптималног зимског хлађења. Очекује се сличан позитиван утицај и на повртларске културе. Ратарским културама продужавање вегетационог периода може омогућити постизање виших приноса код озимих усјева, али одсуство оптималне суме нижих температура (0–10 °C) може негативно утицати на процес јаровизације (Радусин, С. *et al.*, 2013а). Јари усјеви могу бити угрожени вишим температурама ваздуха и недостатком воде током сезоне љето.

VII. ОСНОВНЕ МЈЕРЕ АДАПТАЦИЈЕ БИЉНОГ СВИЈЕТА НА КЛИМАТСКЕ ПРОМЈЕНЕ

Рањивост еко-система на негативне утицаје климатских промјена утврђује се осјетљивошћу процеса у еко-систему на поједине климатске елементе који се мијењају и степеном у којем систем може да одржава своју структуру, састав и функције у присуству таквих промјена, било толерисањем или прилагођавањем на њих (*Settele, J. et al., 2014*).

Два су основна приступа у смањивању негативних утицаја климатских промјена на биљни свијет: први је покушај смањивања и ублажавања климатских промјена – митигација, а други да врсте науче да живе са неизбјежним промјенама климе – адаптација (*Reid, H., 2006*). Способност организма да подноси повећање климатског стреса *in situ* зависи од њених биолошких карактеристика, тј. од способности аклиматизације, адаптације или промјене понашања, док од стопе распрострањања зависи могућност миграција како би заузела биоклиматски одговарајућа станишта (*Klein, R. J. T. et al., 2014*).

Термин адаптација има различита значења у климатским политикама, екологији и еволуционој биологији. У екологији означава могућност прилагођавања еко-система чији се састав или функције могу промијенити као реакција на промјене у животној средини, а у еволуционој биологији значи промјену генетских особина јединки популације као резултат природне селекције (*Settele, J. et al., 2014*). Врсте и еко-системи имају одређену способност за аутономну адаптацију, која се састоји од промјена у физиологији, понашању, фенологији или физичком (морфолошком) облику организама, те од промјена у генетичком саставу популација и промјена у саставу заједнице кроз емиграцију или имиграцију или локално изумирање (*Settele, J. et al., 2014*). Адаптација може да смањи ризик од негативног утицаја климатских промјена, али постоје границе њене ефикасности, нарочито ако промјене буду велике магнитуде или ако се буду дешавале великом брзином (*IPCC, 2014*). Дакле, имплементација мјера адаптације може да смањи, али не и да елиминише ризик од утицаја климатских промјена на еко-системе. С друге стране,

мјере адаптације могу да повећају способност еко-система и њихових врста да се прилагоде на климатске промјене (*Settele, J. et al., 2014*). Иако способност природне адаптације еко-система и организама у њима није мала, за многе еко-системе и врсте неће бити довољна да се без знатног губитка врста изборе са пројектованим стопама климатских промјена у XXI вијеку према средњим и високим сценаријима загријавања (*Settele, J. et al., 2014*). Ипак, она се може повећати смањењем осталих притисака на еко-системе – на примјер, смањењем фрагментације станишта и повећањем њихове повезаности, одржавањем фонда генетске разноврсности и функционалних еволутивних процеса, антропогено потпомогнутом миграцијом споропокретних организама или оних чија је миграција отежана (заједно са врстама од којих оне зависе), управљањем режимима поремећаја (на примјер, пожарима и поплавама) како би се задржали у распону који би омогућио опстанак и постојање врста и одрживо функционисање еко-система и др. (*Settele, J. et al., 2014*). У том смислу потребно је одржавати или побољшавати постојећа станишта и животну средину тако да врсте не морају да мигрирају, одржавати или побољшавати миграционе коридоре (укључујући и активно управљање у циљу побољшања преживљавања дуж пута распрострањања током миграције) и директно премјештати врсте или генетски различите популације у оквиру врсте (*Settele, J. et al., 2014*). Важну мјеру свакако представља и успостављање и стално усавршавање система за рано упозоравање и система за брзе одговоре на промјене (*IPCC, 2014*).

У климатској политици адаптација подразумијева антропогене активности у циљу смањења негативних исхода климатских промјена. „Адаптација је прелаз из фазе подизања свијести и промоције на фазу изградње и спровођења планова, стратегија, закона и пројеката на националном, субнационалном и локалном нивоу“ (*Mimura, N. et al., 2014*). Стратегије адаптације, дефинисане као општи планови акције за рјешавање утицаја климатских промјена (укључујући варијабилност климе и климатске екстреме), обухватају скуп политика и мјера које за главни циљ имају смањење подложности утицајима климатских промјена (*Mimura, N. et al., 2014*). Национални, секторски и локални планови адаптација треба да обухвате низ мјера које се заједнички реализују преко различитих категорија, укључујући структурне и физичке, инжењерске, техничке,

институционалне и друштвене мјере, као и мјере адаптације еко-система и њихових услуга (Noble, I. R. et al., 2014). Један од првих корака који је у том правцу направљен у Републици Српској и Босни и Херцеговини јесте усвајање *Стратегије прилагођавања на климатске промјене и нискоемисионог развоја за Босну и Херцеговину*, чији је основни циљ „смањивање вулнерабилности (осјетљивости) на посљедице климатских промјена тако што ће се минимализовати негативни утицаји, повећати отпорност и искористити могућности које доносе климатске промјене“ (Радусин, С. et al., 2013б).

Основне мјере адаптације шумских еко-система на климатске промјене дефинисане су у *Стратегији* на сљедећи начин:

- истраживање могућности избора нових врста, који мора бити заснован на резултатима моделовања климатских промјена,
- успостављање површина за мониторинг у осјетљивим еко-системима и на екотонима у циљу раног откривања промјена, обољења, морталитета и промјена у наслеђивању биљака,
- успостављање система за праћење (мониторинг) утицаја климатских промјена на биодиверзитет и развијање програма управљања,
- проширивање мреже заштићених подручја, боље уређивање законске регулативе у тој области и унапређивање система управљања заштићеним подручјима,
- обезбјеђивање миграторних коридора (у мјери у којој је то могуће),
- заштита круцијалних станишта за угрожене (вулнерабилне) врсте,
- унапређење степена заштите врста које су потенцијално угрожене промјенама климе, као и другим промјенама у животној средини,
- побољшање и јачање капацитета за природну адаптацију на климатске промјене,
- оснивање банке сјемена за домаће врсте различитог поријекла како би се обухватила генетска осјетљивост и различите популације,
- унапређивање система заштите од шумских пожара,
- истраживање штеточина и болести биљака,
- јачање капацитета интегралног управљања шумама и др. (Радусин, С. et al., 2013б).

Са промјенама падавинског режима, хидрологије, температуре ваздуха, дужине вегетационог периода и учесталости екстремних временских и климатских догађаја, биће неопходни знатни напори да се Република Српска и Босна и Херцеговина, као и друге земље у развоју, припреме за смањивање негативних утицаја климатских промјена на сектор пољопривреде (али и на друге секторе привреде), нарочито ако узмемо у обзир ограничене економске ресурсе и инфраструктуру, низак ниво технолошког развоја, слаб приступ информацијама и знању, неефикасност институција и ограничен приступ ресурсима (FAO, 2007).

Стратегије адаптације сектора пољопривреде на климатске промјене морају обухватити прилагођавање комплетне агротехнике, као и селекцију нових сорти прилагођених новонасталим топлијим и сувљим условима средине, те ефикасније управљање водним ресурсима и системима наводњавања (као и њихово проширивање, с обзиром на то да се данас у Републици Српској наводњава веома мала површина). Дугорочне мјере адаптације у овом сектору подразумијевају велике структурне промјене којима би се превазишле промјене коришћења земљишта и обезбиједили максимални приноси под новонасталим климатским условима, те примјену нових технологија, техника управљања земљиштем и техника ефикасног коришћења воде. С обзиром на наведено, главне мјере адаптације у овом сектору могу се дефинисати на сљедећи начин:

- промјене времена пољопривредних операција – промјене сезонских активности и датума сјетве,
- другачији избор сорти и врста,
- употреба вјештачких система за побољшавање коришћења воде или доступности воде (изградња или проширивање система за наводњавање),
- повећање производње у заштићеним просторима – у стакленицима и пластеницима,
- промјене пољопривредних система и пракси (плодоред, промјене у мјешавини уroda и др.),
- мјере у циљу повећања приноса, као што су примјена ђубрива, другачије методе и нови приступи у обради земљишта, сушење зрна и друге мјере на терену,
- нови модели агроклиматског зонарања,

- управљање шумским пожарима, промоција агрошумарства, прилагодљиво управљање одговарајућим врстама и праксама силвкултуре,
- истраживање нових технологија,
- подизање свијести јавности и доносилаца одлука у процесу креирања развојних политика о утицајима климатских промјена на пољопривреду и производњу хране,
- ефикасна имплементација политика и програма прилагођавања на климатске промјене (*FAO, 2007; Радусин, С. et al., 2013б*).

Генетски разнолике популације и еко-системи у чији састав улази велики број врста имају већи потенцијал прилагођавања на климатске промјене. Потребно је изабрати нове врсте и сорте које су боље прилагођене на новонастале стресне услове абиотичке средине (на примјер, високе температуре, суше, поплаве, висок садржај соли у земљишту, штеточине и отпорност на болести) (*FAO, 2007*). Адаптација пољопривредних система на климатске промјене захтијева њихову већу отпорност на оба екстрема падавина – на вишак воде и поплаве, као и на недостатак воде и продужени период суше. Када је ријеч о управљању земљишним покривачем, кључни одговор на оба проблема јесте повећање садржаја органских материја, које побољшавају и стабилизују структуру земљишта, тако да оно може да апсорбује већу количину воде без изазивања површинског отицања, које би могло довести до ерозије и поплава у подручјима низводно (*FAO, 2007*). Органске материје у земљишту, такође, побољшавају способност земљишта да упија воду за вријеме дуге суше. Складиштење вишка падавина и ефикасно коришћење система наводњавања гаранција су одржавања интензитета пољопривредне производње.

За разлику од пољопривредне производње, одлуке у управљању шумама (на примјер, избор врста дрвећа) остају неповратне деценијама или чак вијековима. С друге стране, избор одговарајућих врста за измијењене климатске услове захтијеваће вријеме (*FAO, 2007*).

ЗАКЉУЧАК

Биљни покривач резултат је комплексног дјеловања климатских фактора и климатских елемената. Стога, варијабилност климе има велики утицај на промјене динамике биљних популација, врста и заједница, као и еко-система у цјелини.

Неоспорне глобалне промјене климатског система од друге половине XX вијека огледају се у позитивним трендовима средњих и екстремних температура ваздуха (глобално загријавање), регионално различитим трендовима падавина, те повећању учесталости, интензитета, просторног распрострањења и трајања временских и климатских екстремних догађаја (као што су топли таласи, суше, град, догађаји интензивних падавина и сл.). Посљедњих деценија расте забринутост због утицаја глобалних климатских промјена на биљне врсте и заједнице. Због тога важно подручје интересовања стручне јавности постаје распрострањење вегетације у измијењеној клими и реакција еко-система на климатске промјене.

Снажна повезаност између климатских услова и распрострањења појединих биљних врста и заједница указује на то да са промјенама климе долази до великих промјена у биљном свијету, како на локалном и регионалном, тако и на глобалном нивоу. Уочени утицаји савремених климатских промјена на биљни свијет могу се сажети у неколико категорија: утицај на физиологију (повећање стопе фотосинтезе, ефикасности коришћења воде у биљци, раста надземне и подземне биомасе, те нето продуктивности еко-система), утицај на фенологију (промјене сезонских активности усљед загријавања у смјеру ранијег јављања прољећних фенофаза и каснијег појављивања фенофаза у јесен), утицај на распрострањење (премјештање и миграција према вишим географским ширинима или вишим надморским висинама), утицај на биљне заједнице (промјене састава заједница и биотичких интеракција међу врстама у оквиру заједнице) и утицај на еко-системе (промјене структуре и динамике еко-система које се одражавају и на промјене у његовом функционисању).

На основу детаљне анализе релевантних научних сазнања у свијету о наведеној проблематици, постављени су циљеви и задаци истраживања и дефинисане основне радне хипотезе у изради дисертације.

Резултати истраживања потврдили су основне полазне хипотезе:

- Велики диверзитет биљних врста, са присуством бројних ендема и реликата, даје флори Републике Српске посебан значај у очувању глобалне биолошке разноликости (управо су ендемичне и реликтне врсте у високопланинском подручју Динарида најугроженије климатским промјенама, због веома малих и ограничених ареала и непостојања одговарајућих станишта на вишим надморским висинама у која би могле мигрирати, а због своје уске еколошке валенце тешко су прилагодљиве на новонастале услове средине).
- Климатски услови као извор енергије, топлоте и воде имају кључну улогу у одвијању основних процеса биљака, те у одређивању њихових граница распрострањења.
- Варијабилност климе има велики утицај на биљне популације, врсте и заједнице, као и еко-системе у цјелини. Климатске промјене утичу на биљни свијет углавном кроз промјене температуре и падавина, што посљедично утиче на ефективну акумулирану топлоту и садржај расположиве влаге у земљишту.
- Тренд загријавања, који се огледа у порасту температуре ваздуха, као и позитиван тренд инсолације присутни су на подручју Републике Српске од друге половине XX вијека.
- Савремена колебања климе доводе до промјена физиологије, сезонских активности и распрострањења биљака.
- На основу утврђених позитивних и негативних посљедица климатских промјена на биљни свијет и пројекција промјена климе до краја XXI вијека, неопходно је пронаћи адекватне моделе адаптације на уочене и очекиване промјене у животној средини, у циљу ефикасног управљања и заштите високовриједне биолошке разноликости и еко-система у цјелини.

Тренд загријавања присутан је на подручју Републике Српске од друге половине XX вијека, а израженији постаје од 1990-их година. Загријавање климатског система доказују позитивни трендови средње, средње максималне и минималне, као и апсолутно максималне и минималне температуре ваздуха, те пораст инсолације. На цијелом подручју Републике Српске присутан је значајан позитиван тренд средње, средње максималне и средње минималне годишње температура ваздуха. Позитиван тренд средње годишње температуре ваздуха кретао се у интервалу од 0,2 °C по деценији у Билећи до 0,5 °C по деценији у Бањалуци. Средње температуре најтоплијег и најхладнијег мјесеца у години расле су по нешто вишим стопама него средња годишња температура. Средња температура јануара порасла је за 0,3–0,8 °C по деценији, а средња температура јула за 0,5–0,7 °C по деценији. Статистички значајан позитиван тренд средње годишње максималне температуре ваздуха кретао се у интервалу од 0,3 °C по деценији у Херцеговини до 0,6 °C по деценији у Бањалуци. Средња годишња минимална температура ваздуха у већини подручја порасла је за 0,3 °C по деценији (једино у Бањалуци за 0,5 °C по деценији и Билећи за 0,1 °C по деценији). Уочени тренд загријавања потврђује и анализа перцентила – од 1990. године само се једна или двије године налазе у категорији < 25. перцентила, док се просјечно свака друга година налази у категорији > 75. перцентила (у већини подручја 12–15 година након 1990. године налази се у категорији > 75. перцентила, док се ниједна година из стандардног климатолошког периода не налази у овој категорији, осим 1961. године на подручју Херцеговине).

Треба истакнути да је анализа трендова температуре ваздуха у приземном слоју атмосфере на 2 m висине и температуре ваздуха у првих 8 km тропосфере показала да је већи пораст температуре присутан у приземном слоју атмосфере (највећа негативна разлика између приземних и сателитских мјерења забиљежена је након великих вулканских ерупција).

У анализираном периоду 1961–2015. године позитиван тренд средње, средње максималне и средње минималне температуре ваздуха забиљежен је у свим годишњим сезонама, као и у вегетационом периоду, на свим истраживаним станицама. Тренд пораста средње, средње максималне и средње минималне температуре ваздуха најизраженији је у сезони љето (средња температура у овој

сезони порасла је за 0,4–0,6 °C по деценији, средња максимална за 0,5–0,8 °C по деценији, а средња минимална за 0,3–0,6 °C по деценији), а затим у сезонама зима и прољеће (позитиван тренд у три наведене сезоне статистички је и значајан, осим тренда средње минималне температуре у сезони зима у Билећи), док је незнатан пораст температуре ваздуха забиљежен у сезони јесен. Средње минималне годишње и сезонске температуре ваздуха расле су по нешто нижим стопама од средњих максималних годишњих и сезонских температура ваздуха.

Од нарочите важности за раст и развој биљака јесте значајан позитиван тренд температуре ваздуха у вегетационом периоду, када је биљкама топлота и најпотребнија за одвијање животних процеса. Средња температура ваздуха у вегетационом периоду порасла је по линији тренда за 0,3–0,5 °C по деценији, средња максимална температура за 0,3–0,6 °C по деценији, а средња минимална температура за 0,2–0,5 °C по деценији. Осим пораста температуре ваздуха у вегетационом периоду, за развој биљака важан је и значајан тренд пораста суме активних температура. С обзиром на то да је свакој биљци потребна одређена сума температура да би се нашла у појединој фази развоја, утврђени значајни позитивни трендови суме активних температура, како на годишњем нивоу тако и у вегетационом периоду, на цијелој територији Републике Српске, могли би позитивно дјеловати на развој биљака, јер им омогућавају више топлоте неопходне за оптимално одвијање низа процеса, све док степен загријавања не пређе критичне границе и постане преинтензиван. Годишња сума активних температура између два посматрана тридесетогодишња периода порасла је од 3–4 % у Херцеговини до 11 % у Сокоцу, а у вегетационом периоду 3–6 %.

Позитиван тренд апсолутно максималних температура ваздуха значајан је у готово свим подручјима Републике Српске (слабије изражен само у вишим подручјима Херцеговине), док позитиван тренд апсолутно минималних температура ваздуха још није статистички значајан у већем дијелу истраживане територије. Највећи пораст апсолутно максималних температура ваздуха забиљежен је у Сарајеву (0,8 °C по деценији) и Бањалуци (0,7 °C по деценији), а најмањи у Билећи (0,3 °C по деценији). Израженији тренд загријавања након завршетка стандардног климатолошког периода потврђује чињеница су након 1990. године на готово свим станицама надмашени апсолутни максимуми из

периода 1961–1990. године. Рекордне температуре ваздуха забиљежене су за вријеме изузетно јаких топлих таласа који су током сезоне љето забиљежени 2000, 2007. и 2013. године. Апсолутно минималне температуре ваздуха измјерене у периоду 1981–2010. године више су него у референтном периоду, што је такође у складу са уоченим трендом загријавања. Ипак, тренд њиховог раста засада је значајан једино на подручју Сокоца (чак 0,8 °C по деценији) и Херцеговине.

У складу с осмотреним трендом загријавања, на свим станицама присутан је статистички значајан негативан тренд броја ледених дана (0,2–2,7 дана по деценији) и броја мразних дана (2,0–6,4 дана по деценији), као и значајан позитиван тренд броја љетних дана (3,0–6,1 дана по деценији) и броја тропских дана (4,7–6,8 дана по деценији). Ипак, иако се смањује број мразних дана, према већини модела климатских промјена за многе врсте ће порастати ризик од негативног дјеловања мраза, јер загријавање климатског система има за резултат „преурањен“ развој биљака у прољеће у вријеме када је појава мраза још могућа. С друге стране, екстремно високе температуре ваздуха за вријеме топлих таласа, које постају све чешће и све више, могу у блиској будућности постати превисоке за поједине биљне врсте.

Сви наведени позитивни трендови температуре ваздуха најизраженији су у сјеверном дијелу Републике Српске, док је пораст загријавања нешто мањи у вишим подручјима Херцеговине. Уочени тренд загријавања најизраженији је на подручју Бањалуке, вјероватно и због утицаја „урбаног острва топлоте“, који појачава ефекат загријавања.

Позитивне трендове температуре ваздуха прате значајни позитивни трендови трајања Сунчевог сјаја (30,4–59,1 h по деценији), што биљкама омогућава више свјетлости и топлоте неопходне за развој. Између два анализирана периода средња годишња инсолација порасла је 4–7 %.

За разлику од температуре ваздуха, трендови средње годишње количине падавина у периоду 1961–2015. године регионално су веома промјенљиви, али већином несигнификантни (једино је на подручју Сокоца регистрован значајан позитиван тренд од 32,6 mm по деценији). Трендови средњих сезонских количина падавина различитог су знака и такође регионално веома промјенљиви, али још не и

статистички значајни. Од свих трендова падавина најизраженији је негативни тренд у сезони љето, који је присутан на готово цијелом подручју Републике Српске (осим у Сокоцу), али је засада значајан једино на сјеверозападу (негативни тренд израженији је и на подручју Херцеговине). Компаративна анализа кишног фактора и хидротермичког коефицијента у периоду 1981–2010. године у односу на референтни период, такође, доказује смањење влажности у љетним мјесецима, које на појединим станицама условљава промјене климатског типа у правцу повећања аридности (повећање влажности присутно је у сезони јесен). У сезони љето повећање аридности најизраженије је у Херцеговини, као и на сјевероистоку, гдје је клима најконтиненталнија. Повећаном дефициту влажности на југу, у Мостару, такође доприноси значајан негативан тренд броја дана са падавинама $\geq 0,1$ mm (3,0 дана по деценији) и негативан тренд броја дана са падавинама $\geq 1,0$ mm (2,5 дана по деценији) и броја дана са падавинама $\geq 10,0$ mm (0,8 дана по деценији). О повећању сушности говори и негативан тренд релативне влажности ваздуха, не само у овој сезони већ и на годишњем нивоу, који је присутан на цијелој територији Републике Српске (значајан једино на подручју Сокоца и Бањалуке). У сезони зима присутни су регионално врло промјенљиви трендови падавина (од смањења за 8,1 mm по деценији у Мостару до повећања од 10,3 mm по деценији Требињу), у сезони прољеће незнатни негативни трендови (значајни једино на подручју Сокоца) осим у Херцеговини, док су у сезони јесен присутни позитивни трендови количине падавина (осим у Требињу). Трендови количине падавина у вегетационом периоду такође су регионално врло промјенљиви, али несигнификантни.

Треба нагласити да, иако трендови средње количине падавина углавном нису значајни, битно је повећана међугодишња варијабилност падавина и удио година са екстремним падавинама. О томе говори све чешћа смјена веома влажних година са великим поплавама веома сувим годинама са појавом суше (или обрнуто). Повећање удјела година са екстремним падавинама потврђује анализа перцентила – учесталост година у категоријама $< 25.$ и $> 75.$ перцентила у порасту је нарочито од почетка XXI вијека. Екстремно велика количина падавина која је изазвала и велике поплаве у појединим дијеловима Републике Српске забиљежена

је 2001, 2005, 2009, 2010. и 2014. године, а екстремно мала количина падавина коју је пратила појава суше: 2000, 2003, 2011, 2012. и 2015. године.

Добијени резултати потврђују резултате ранијих истраживања савремених климатских колебања у Републици Српској (Попов, Т. & Живак, Н., 2016; Попов, Т. & Трбић, Г., 2015; Трбић, Г. et al., 2014; Дуцић, В. et al., 2014; Трбић, Г. et al., 2013; Трбић, Г. et al., 2011; Дуцић, В. et al., 2008. и др.), као и резултате истраживања у региону (Дуцић, В. et al., 2009; Дуцић, В. et al., 2011; Branković, Ђ. et al., 2013; Vučićević, В. et al., 2010; Milošević, D. et al., 2013a; Burić, D. et al., 2015; Ducić, V. et al., 2008; Луковић, Ј., 2008. и др.).

Савремена колебања климатских елемената, прије свега температуре ваздуха и падавина, доведена су у везу са промјенама физиологије (тј. промјенама прираста година дрвећа и приноса култура) и помјерањима у фенологији биљака у Републици Српској. Установљено је да је пораст средње годишње температуре ваздуха негативно утицао на дебљински прираст дрвећа. Утврђена је и статистички значајна негативна корелација између прираста дрвећа и нормализованог ефекта гасова стаклене баште, као и између прираста дрвећа и Атлантске вишедеценијске осцилације (с тим да је већи број узорака показао статистички значајну негативну корелацију са АМО него са NGE). Приноси житарица, поврћа и воћа показали су снажну зависност од температуре ваздуха и доступне количине падавина у критичним фазама њиховог развоја. У периоду 1996–2014. године утврђени су позитивни трендови просјечних годишњих приноса кукуруза и пшенице, док су трендови најважнијих воћарских врста регионално различитог знака. Ипак, трендови пораста загријавања и инсолације, који биљкама омогућавају више топлоте и свјетлости неопходних за њихов успјешан развој, нису се одразили на битно повећање приноса култура, првенствено због смањивања доступне количине воде у најтоплијем дијелу године и све израженијих и учесталијих екстремних климатских и временских догађаја (суша, поплава, града, топлих таласа итд.). Помјерања у сезонским активностима биљака генерално се огледају у негативним трендовима прољећних фенофаза и позитивним трендовима јесењих фенофаза. Раније одвијање прољећних фенофаза посљедица је првенствено пораста температуре ваздуха крајем зиме и почетком

прољећа, а касније одвијање јесењих фенофаза и каснији завршетак вегетационог циклуса биљака пораста температуре ваздуха у овој сезони. У годинама са температурама ваздуха знатно вишим од вишегодишњег просјека, током касне зиме и раног прољећа забиљежени су ранији датуми листања и цвјетања биљака. С друге стране, високе температуре ваздуха крајем јесени (у новембру) омогућавају каснији завршетак вегетационог периода у тим годинама.

Уочене промјене физиологије, фенологије и ареала биљака још су умјерене, али даље промјене климе, које ће према свим пројекцијама бити далеко веће магнитуде, вјероватно ће повећати утицај на фенологију биљака. „Неклиматски“ фактори (губитак и фрагментација станишта, загађење животне средине, прекомјерна експлоатација, неодрживо управљање природним ресурсима и др.), који дјелују у синергији са промјенама климе, додатно стварају стресне услове за развој биљног свијета, а могу и знатно ограничити могућности биљкама да се аклиматизују на нове услове у средини или да мигрирају у области са повољнијим еколошким условима.

На основу утврђених савремених колебања климе и пројекција будућих промјена предложене су основне смјернице за митигацију и адаптацију на промјене климе.

Проблематика утицаја климатских промјена на биљни свијет представља веома актуелно истраживачко поље у склопу проучавања савремених промјена у животној средини. Оваква истраживања обезбјеђују вриједна сазнања за разумијевање и мјерење утицаја климатских промјена на еко-системе, јер се промјене вегетације често сматрају добрим индикатором краткорочне и дугорочне варијабилности климе на одређеном подручју. Из тог разлога, оваква истраживања су све бројнија у свијету и добијају много пажње научне јавности, али, с обзиром на актуелност проблематике климатских промјена, и шире друштвене јавности. Методологија која је у дисертацији коришћена за детерминисање климатских колебања и њиховог утицаја на биљни свијет до сада није примјењивана на подручју Републике Српске, па у будућности може представљати научни оквир за слична истраживања.

Научни допринос истраживања огледа се у проширивању научних сазнања о климатским колебањима на подручју Републике Српске и њиховом утицају на

промјене динамике биљног свијета, с обзиром на то да се до сада релативно мали број студија бавио анализом климатских промјена на овом подручју, а још су рјеђа била истраживања њиховог утицаја на биљни свијет. Допринос овог истраживања огледа се и у генералном проширивању сазнања о климатским и фитогеографским обиљежјима Републике Српске. Веома мали број истраживања у наведеним областима бавио се анализама климатских услова након стандардног климатолошког периода, као и анализама фитогеографских обиљежја истраживаног простора. Стога је велика могућност примјене резултата у фундаменталним истраживањима у области климатологије и биогеографије (фитогеографије). Добијени резултати такође могу имати разноврсну практичну примјену и у истраживањима у области пољопривреде, шумарства и екологије, те у мултидисциплинарним истраживањима у области заштите животне средине, а нарочито конзервације биодиверзитета за правилно планирање политика заштите биолошке разноликости. Студија може бити користан извор података и приликом креирања стратегија и планова митигације и адаптације на климатске промјене (али и на све учесталије и интензивније хазарде који их прате). Резултати истраживања добијају на значају ако узмемо у обзир да се према свим пројекцијама до краја вијека очекују промјене климе знатно веће магнитуде од промјена осматраних од друге половине XX вијека до данас, које ће, уколико се остваре високи сценарији промјена, много више утицати на фитогеографска обиљежја него што је то био случај са савременим промјенама климе.

На основу наведеног, задаци даљих истраживања утицаја промјена климе у Републици Српској на биљни свијет могу се дефинисати на сљедећи начин:

- Допунити анализу савремених колебања климе у Републици Српској подацима са већег броја станица, јер су на појединим станицама за које постоје подаци за стандардни климатолошки период посљедњих година обновљена мјерења. Проблем у утврђивању тренда загријавања и других аспеката промјена климе и даље представља непостојање одговарајуће мреже станица на вишим надморским висинама, на којима би било нарочито важно утврдити промјене климатских услова, с обзиром на то да су истраживања у Европи показала да су високопланинска подручја нарочито подложна негативном утицају савремених климатских промјена.

- Након успостављања оптималне мреже фенолошких станица са одговарајућим режимом осматрања пратити промјене сезонских активности биљака као реакцију на промјене климе (с обзиром на непостојање адекватних фенолошких осматрања, анализу промјена фенологије биљака није било могуће извршити у обиму који би омогућио доношење комплексних закључака о утицају савремених колебања климе на помјерања у сезонским активностима биљака).
- Анализирати утицај климатских промјена на прираст дрвећа и у другим дијеловима Републике Српске, како би се стекла потпунија слика о утицају глобалног загријавања и пораста ефекта стаклене баште (тј. о утицају температуре, АМО и NGE) на раст дрвећа.
- С обзиром на то да су подаци о приносима култура доступни тек од 1996. године, неопходне су даље анализе утицаја промјена, првенствено температуре ваздуха и падавина на приносе култура у дужем периоду. Посебну пажњу треба посветити и истраживању утицаја на приносе култура екстремних климатских и временских догађаја (суша, поплава, града, топлих таласа и др.), који постају све интензивнији и учесталији.
- Анализирати промјене географског распрострањења биљних врста у Републици Српској. Утврђивање промјена ареала отежава непостојање прецизних подака о областима распрострањења појединих биљних врста у прошлости који би представљали референтну основу за праћење помјерања ареала било по географској ширини било по надморској висини, које је код одређених биљних врста и популација уочено истраживањима у свијету и Европи. Због тога је неопходно што прије израдити карте распрострањења које би представљале полазну основу за праћење (мониторинг) утицаја промјена климе у будућности на динамику ареала.
- Израдити моделе симулације утицаја климатских промјена до краја XXI вијека на промјене биљног покривача у Републици Српској.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adams, J. (2010). *Vegetation-Climate Interaction – How Plants Make the Global Environment*. Second Edition, Berlin: Springer. doi: 10.1007/978-3-642-00881-8.
2. Ainsworth, E. A. & Long, S. P. (2005). What Have We Learned from 15 Years of Free-Air CO₂ Enrichment (FACE)? A Meta-Analytic Review of the Responses of Photosynthesis, Canopy Properties and Plant Production to Rising CO₂. *New Phytologist*, 165, 2, 351–372. doi: 10.1111/j.1469-8137.2004.01224.x.
3. Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A. M. G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D. B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M. & Vazquez-Aguirre, J. L. (2006). Global Observed Changes in Daily Climate Extremes of Temperature and Precipitation. *Journal of Geophysical Research*, 111, D05109, doi: 10.1029/2005JD006290.
4. Araújo, M. B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogués-Bravo, D. & Thuiller, W. (2011). Climate Change Threatens European Conservation Areas. *Ecology Letters*, 14, 5, 484–492. doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01610.x.
5. Badeck, F. W., Bondeau, A., Böttcher, K., Doktor, D., Lucht, W., Schaber, J. & Sitch, S. (2004). Responses of Spring Phenology to Climate Change. *New Phytologist*, 162, 2, 295–309. doi: 10.1111/j.1469-8137.2004.01059.x.
6. Ballantyne, A. P., Alden, C. B., Miller, J. B., Tans, P. P. & White, J. W. (2012). Increase in Observed Net Carbon Dioxide Uptake by Land and Oceans during the Past 50 Years. *Nature*, 488, 7409, 70–72. doi: 10.1038/nature11299.
7. Beck, E. H., Heim, R. & Hansen, J. (2004). Plant Resistance to Cold Stress: Mechanisms and Environmental Signals Triggering Frost Hardening and Dehardening. *Journal of Biosciences*, 29, 4, 449–459. doi: 10.1007/BF02712118.
8. Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. & Courchamp, F. (2012). Impacts of Climate Change on the Future of Biodiversity. *Ecology Letters*, 15, 4, 365–377. doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x.
9. Bellassen, V., Viovy, N., Luyssaert, S., Le Marie, G., Schelhaas, M. J. & Ciais, P. (2011). Reconstruction and Attribution of the Carbon Sink of European Forests

- between 1950 and 2000. *Global Change Biology*, 17, 11, 3274–3292. doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02476.x.
10. Bergh, J., Freeman, M., Sigurdsson, B., Kellomaki, S., Laitinen, K., Niinisto, S., Peltola, H. & Linder, S. (2003). Modeling the Short-Term Effects of Climate Change on the Productivity of Selected Tree Species in Nordic Countries. *Forest Ecology and Management*, 183, 1–3, 327–340. doi: 10.1016/S0378-1127(03)00117-8.
 11. Bindoff, N. L., Stott, P. A., AchutaRao, K. M., Allen, M. R., Gillett, N., Gutzler, D., Hansingo, K., Hegerl, G., Hu, Y., Jain, S., Mokhov, I. I., Overland, J., Perlwitz, J., Sebbari, R. & Zhang, X. (2013). Detection and Attribution of Climate Change: From Global to Regional. In: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (eds.) (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (867–952). Cambridge: University Press.
 12. Both, C., Van Asch, M., Bijlsma, R. G., Van Den Burg, A. B. & Visser, M. E. (2009). Climate Change and Unequal Phenological Changes across Four Trophic Levels: Constraints or Adaptations? *Journal of Animal Ecology*, 78, 1, 73–83. doi: 10.1111/j.1365-2656.2008.01458.x.
 13. Boulangeat, I., Georges, D., Dentant, C., Bonet, R., Van Es, J., Abdulhak, S., Zimmermann, N. E. & Thuiller, W. (2014). Anticipating the Spatio-Temporal Response of Plant Diversity and Vegetation Structure to Climate and Land Use Change in a Protected Area. *Ecography*, 37, 12, 1230–1239. doi: 10.1111/ecog.00694.
 14. Box, E. O. (1981). *Macroclimate and Plant Forms: An Introduction to Predictive Modeling in Phytogeography*. The Hague: Dr. W. Junk.
 15. Bradley, N. L., Leopold, A. C., Ross, J. & Huffaker, W. (1999). Phenological Changes Reflect Climate Change in Wisconsin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96, 17, 9701–9704. doi: 10.1073/pnas.96.17.9701.
 16. Branković, Č., Cindrić, K., Gajić-Čapka, M., Güttler, I., Pandžić, K., Patarčić, M., Srnec, L., Tomašević, I., Vučetić, V. & Zaninović, K. (2013). Sixth National

- Communication of the Republic of Croatia under the United Nation Framework Convention on the Climate Change (UNFCCC), Selected sections in chapters: 7. – Climate Change Impacts and Adaptation Measures 8. – Research, Systematic Observation and Monitoring. Zagreb: Državni hidrometeorološki zavod.
17. Breshears, D. D., Huxman, T. E., Adams, H. D., Zou, C. B. & Davison, J. E. (2008). Vegetation Synchronously Leans Upslope as Climate Warms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 33, 11591–11592. doi: 10.1073/pnas.0806579105.
 18. Brovkin, V. (2002). Climate-Vegetation Interaction. *Journal de Physique*, 12, 57–72. doi: 10.1051/jp4:20020452.
 19. Brown, R. D. & Robinson, D. A. (2005). Snow and Snow Cover. In: Oliver, J. E. (ed.) (2005). *Encyclopedia of World Climatology* (658–663). Dordrecht: Springer.
 20. Burić, D., Ducić, V. & Mihajlović, J. (2013). The Climate of Montenegro: Modifiers and Types – Part One. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, XCIII, 4, 83–102. doi: 10.2298/GSGD1304083B.
 21. Burić, D., Ducić, V., Mihajlović, J., Luković, J. & Dragojlović, J. (2014). Recent Extreme Air Temperature Changes in Montenegro. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, XCIV, 3, 1–14. doi: 10.2298/GSGD140626002B.
 22. Cao, M., Prince, S. D., Tao, B., Small, J. & Kerang, L. (2005). Regional Pattern and Interannual Variations in Global Terrestrial Carbon Uptake in Response to Changes in Climate and Atmospheric CO₂. *Tellus B*, 57, 3, 210–217. doi: 10.1111/j.1600-0889.2005.00146.x.
 23. Ceulemans, R., Janssens, I. A. & Jach, M. E. (1999). Effects of CO₂ Enrichment on Trees and Forests: Lessons To Be Learned in View of Future Ecosystem Studies. *Annals of Botany*, 84, 5, 577–590. doi: 10.1006/anbo.1999.0945.
 24. Che, M., Chen, B., Innes, J. L., Wang, G., Dou, X., Zhou, T., Zhang, H., Yana, J., Xu, G. & Zhao, H. (2014). Spatial and Temporal Variations in the End Date of the Vegetation Growing Season throughout the Qinghai–Tibetan Plateau from 1982 to 2011. *Agricultural and Forest Meteorology*, 189–190, 81–90. doi: 10.1016/j.agrformet.2014.01.004.

25. Chen, J. M., Chen, B., Higuchi, K., Liu, J., Chan, D., Worthy, D., Tans, P. & Black, A. (2006). Boreal Ecosystems Sequestered More Carbon in Warmer Years. *Geophysical Research Letters*, 33, 10, L10803, doi: 10.1029/2006GL025919.
26. Chmielewski, F. M. & Rötzer, T. (2002). Annual and Spatial Variability of the Beginning of Growing Season in Europe in Relation to Air Temperature Changes. *Climate Research*, 19, 3, 257–264. doi: 10.3354/cr019257.
27. Chmielewski, F. M., Müller, A. & Bruns, E. (2004). Climate Changes and Trends in Phenology of Fruit Trees and Field Crop in Germany, 1961–2000. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121, 1–2, 69–78. doi: 10.1016/S0168-1923(03)00161-8.
28. Chmielewski, F. M., Müller, A. & Kuchler, W. (2005). Possible Impacts of Climate Change on Natural Vegetation in Saxony (Germany). *International Journal of Biometeorology*, 50, 2, 96–104. doi: 10.1007/s00484-005-0275-1.
29. Chmielewski, F. M. & Rötzer, T. (2001). Response of Tree Phenology to Climate Change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108, 2, 101–112. doi:10.1016/S0168-1923(01)00233-7.
30. Chuine, I. & Beaubien, E. G. (2001). Phenology Is a Major Determinant of Tree Species Range. *Ecology Letters*, 4, 5, 500–510. doi: 10.1046/j.1461-0248.2001.00261.x.
31. Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogée, J., Allard, V., Aubinet, M., Buchmann, N., Bernhofer, C., Carrara, A., Chevallier, F., De Noblet, N., Friend, A. D., Friedlingstein, P., Grünwald, T., Heinesch, B., Keronen, P., Knohl, A., Krinner, G., Loustau, D., Manca, G., Matteucci, G., Miglietta, F., Ourcival, J. M., Papale, D., Pilegaard, K., Rambal, S., Seufert, G., Soussana, J. F., Sanz, M. J., Schulze, E. D., Vesala, T. & Valentini, R. (2005). Europe-Wide Reduction in Primary Productivity Caused by the Heat and Drought in 2003. *Nature*, 437, 7058, 529–533. doi: 10.1038/nature03972.
32. Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., Jones, C., Le Quéré, C., Myneni, R. B., Piao, S. & Thornton, P. (2013). Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (eds.) (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth*

- Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (465–570), Cambridge: Cambridge University Press.
33. Clot, B. (2001). Phytophenological Trends in Switzerland. *International Journal of Biometeorology*, 45, 4, 203–207. doi: 10.1007/s004840100101.
 34. Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J. L., Fichet, T., Friedlingstein, P., Gao, X., Gutowski, W. J., Johns, T., Krinner, G., Shongwe, M., Tebaldi, C., Weaver, A. J. & Wehner, M. (2013). Long-Term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (eds.) (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1029–1136). Cambridge: Cambridge University Press.
 35. Cramer, W., Bondeau, A., Woodward, I., Prentice, I. C., Betts, R. A., Brovkin, V., Cox, P. M., Fisher, V., Foley, J., Friend, A. D., Kucharik, C., Lomas, M. R., Ramankutty, N., Sitch, S., Smith, B., White, A. & Young-Molling, C. (2001). Global Response of Terrestrial Ecosystem Structure and Function to CO₂ and Climate Change: Results from Six Dynamic Global Vegetation Models. *Global Change Biology*, 7, 4, 357–373. doi: 10.1046/j.1365-2486.2001.00383.x.
 36. Damberg, L. & AghaKouchak, A. (2014). Global Trends and Patterns of Drought From Space. *Theoretical and Applied Climatology*, 117, 3, 441–448. doi:10.1007/s00704-013-1019-5.
 37. Dankers, R. & Hiederer, R. (2008). *Extreme Temperatures and Precipitation in Europe: Analysis of a High-Resolution Climate Change Scenario*. Luxembourg: European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability.
 38. Davi, H., Dufrene, E., Francois, C., Le Maire, G., Loustau, D., Bosc, A., Rambal, S., Granier, A. & Moors, E. (2006). Sensitivity of Water and Carbon Fluxes to Climate Changes from 1960–2100 in European Forest Ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 141, 1, 35–56. doi:10.1016/j.agrformet.2006.09.003.
 39. De Jong, R., Verbesselt, J., Schaepman, M. E. & de Bruin, S. (2012). Trend Changes in Global Greening and Browning: Contribution of Short-Term Trends to

- Longer-Term Change. *Global Change Biology*, 18, 2, 642–655. doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02578.x.
40. DeLucia, E. H., Hamilton, J. G., Naidu, S. L., Thomas, R. B., Andrews, J. A., Finzi, A., Lavine, M., Matamala, R., Mohan, J. E., Hendrey, G. R. & Schlesinger, W. H. (1999). Net Primary Production of a Forest Ecosystem with Experimental CO₂ Enrichment. *Science*, 284, 5417, 1177–1179. doi: 10.1126/science.284.5417.1177.
41. Ducić, V., Savić, S. & Luković, J. (2008). Contemporary Temperature Changes at the Ground Surface and in the Troposphere over Vojvodina, Serbia. *Geographica Pannonica*, 12, 2, 56–61.
42. Duquesnay, A., Breda, N., Stievenard, M. & Dupouey, J. L. (1998). Changes of Tree-Ring $\delta^{13}\text{C}$ and Water-Use Efficiency of Beech (*Fagus sylvatica* L.) in North-Eastern France during the Past Century. *Plant, Cell and Environment*, 21, 6, 565–572. doi: 10.1046/j.1365-3040.1998.00304.x.
43. Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R. & Mearns, L. O. (2000). Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts. *Science*, 289, 5487, 2068–2074. doi: 10.1126/science.289.5487.2068.
44. FAO (2007). *Adaptation to Climate Change in Agriculture, Forestry and Fisheries: Perspective, Framework and Priorities*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
45. Faria, T., Wilkins, D., Besford, R. T., Vaz, M., Pereira, J. S., & Chaves, M. M. (1996). Growth at Elevated CO₂ Leads to Down-Regulation of Photosynthesis and Altered Response to High Temperature in *Quercus suber* L. Seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 47, 11, 1755–1761. doi: 10.1093/jxb/47.11.1755.
46. Fitter, A. H. & Fitter, R. S. R. (2002). Rapid Changes in Flowering Time in British Plants. *Science*, 296, 5573, 1689–1691. doi: 10.1126/science.1071617.
47. Fitter, A. H., Fitter, R. S. R., Harris, I. T. B. & Williamson, M. H. (1995). Relationships between First Flowering Date and Temperature in the Flora of a Locality in Central England. *Functional Ecology*, 9, 1, 55–60. doi: 10.2307/2390090.
48. FMOIT (2010). *Bosnia and Herzegovina Fourth Report to the United Nations Convention on Biological Diversity 2010 Biodiversity Targets National Assessments*. Sarajevo: Federal Ministry of Environment and Tourism.

49. FMOIT (2014). Fifth National Report to the United Nations Convention on Biological Diversity of Bosnia And Herzegovina. Sarajevo: Federal Ministry of Environment and Tourism.
50. Frey, W. & Lössch, R. (2010). Geobotanik, Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. Dritte Auflage, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
51. Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A. M. G. & Peterson, T. (2002). Observed Coherent Changes in Climatic Extremes during the Second Half of the Twentieth Century, *Climate Research*, 19, 3, 193–212. doi: 10.3354/cr019193.
52. Füssel, H. & van Minnen, J. G. (2001). Climate Impact Response Functions for Terrestrial Ecosystems. *Integrated Assessment*, 2, 4, 183–197. doi: 10.1023/A:1013327206877.
53. Gilman, S. E., Urban, M. C., Tewksbury, J., Gilchrist, G. W. & Holt, R. D. (2010). A Framework for Community Interactions under Climate Change. *Trends in Ecology and Evolution*, 25, 6, 325–331. doi:10.1016/j.tree.2010.03.002.
54. Goergen, K., Beersma, J., Hoffmann, L. & Junk, J. (2013). ENSEMBLES-Based Assessment of Regional Climate Effects in Luxembourg and Their Impact on Vegetation. *Climatic Change*, 119, 3–4, 761–773. doi: 10.1007/s10584-013-0756-x.
55. Golubyatnikov, L. L. & Denisenko, E. A. (2007). Model Estimates of Climate Change Impact on Habitats of Zonal Vegetation for the Plain Territories of Russia. *Biology Bulletin*, 34, 2, 170–184. doi: 10.1134/S1062359007020100.
56. Granger, O. E. (2005). Precipitation Distribution. In: Oliver, J. E. (ed.) (2005). *Encyclopedia of World Climatology* (576–582). Dordrecht: Springer.
57. Gray, S. T., Graumlich, L. J., Betancourt, J. L. & Pederson, G. T. (2004). A Tree-Ring Based Reconstruction of the Atlantic Multidecadal Oscillation since 1567 A.D. *Geophysical Research Letters*, 31, L12205, doi:10.1029/2004GL019932.
58. Gunderson, C. A., O'Hara, K. H., Champion, C. M., Walker, A. V. & Edwards, N. T. (2010). Thermal Plasticity of Photosynthesis: The Role of Acclimation in Forest Responses to a Warming Climate. *Global Change Biology*, 16, 8, 2272–2286. doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02090.x.

59. Hamada, A. M. (2001). Alteration in Growth and Some Relevant Metabolic Processes of Broad Bean Plants during Extreme Temperatures Exposure. *Acta Physiologiae Plantarum*, 23, 2, 193–200. doi: 10.1007/s11738-001-0008-y.
60. Hamilton, J. G., DeLucia, E. H., George, K., Naidu, S. L., Finzi, A. C. & Schlesinger, W. H. (2002). Forest Carbon Balance under Elevated CO₂. *Oecologia*, 131, 2, 250–260. doi: 10.1007/s00442-002-0884-x.
61. Handmer, J., Honda, Y., Kundzewicz, Z. W., Arnell, N., Benito, G., Hatfield, J., Mohamed, I. F., Peduzzi, P., Wu, S., Sherstyukov, B., Takahashi, K. & Yan, Z. (2012). Changes in Impacts of Climate Extremes: Human Systems and Ecosystems. In: Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., Qin, D., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G. K., Allen, S. K., Tignor, M. & Midgley, P. M. (eds.) (2012). *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 (231–290)*. Cambridge: Cambridge University Press.
62. Hartmann, D. L., Klein Tank, A. M. G., Rusticucci, M., Alexander, L. V., Brönnimann, S., Charabi, Y., Dentener, F. J., Dlugokencky, E. J., Easterling, D. R., Kaplan, A., Soden, B. J., Thorne, P. W., Wild, M. & Zhai, P. M. (2013). Observations: Atmosphere and Surface. In: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (eds.) (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (159–254)*. Cambridge: Cambridge University Press.
63. Herrick, J. D. & Thomas, R. B. (1999). Effects of CO₂ Enrichment on the Photosynthetic Light Response of Sun and Shade Leaves of Canopy Sweetgum Trees (*Liquidambar styraciflua*) in a Forest Ecosystem. *Tree Physiology*, 19, 12, 779–786. doi: 10.1093/treephys/19.12.779.
64. Hickler, T., Vohland, K., Feehan, J., Miller, P. A., Smith, B., Costa, L., Giesecke, T., Fronzek, S., Carter, T. R., Cramer, W., Kühn, I. & Sykes, M. T. (2012). Projecting the Future Distribution of European Potential Natural Vegetation Zones with a Generalized, Tree Species-Based Dynamic Vegetation Model. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 1, 50–63. doi: 10.1111/j.1466-8238.2010.00613.x.

65. Higgins, S. I., Clark, J. S., Nathan, R., Hovestadt, T., Schurr, F., Fragoso, J. M. V., Aguiar, M. R., Ribbens, E. & Lavorel, S. (2003). Forecasting Plant Migration Rates: Managing Uncertainty for Risk Assessment. *Journal of Ecology*, 91, 3, 341–347. doi: 10.1046/j.1365-2745.2003.00781.x.
66. Holdridge, L. R. (1967). *Life Zone Ecology*. San Jose: Tropical Science Center.
67. Hordon, R. M. & Binkley, M. (2005). Azores (Bermuda) High. In: Oliver, J. E. (ed.) (2005). *Encyclopedia of World Climatology* (154–155). Dordrecht: Springer.
68. Hordon, R. M. (2005a). Icelandic Low. In: Oliver, J. E. (ed.) (2005). *Encyclopedia of World Climatology* (428). Dordrecht: Springer.
69. Hordon, R. M. (2005b). Siberian (Asiatic) High. In: Oliver, J. E. (ed.) (2005). *Encyclopedia of World Climatology* (656–657). Dordrecht: Springer.
70. Huang, J. G., Bergeron, Y., Denneler, B., Berninger, F. & Tardif, J. (2007). Response of Forest Trees to Increased Atmospheric CO₂. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 26, 5–6, 265–283. doi: 10.1080/07352680701626978.
71. Huggett, R. J. (2004). *Fundamentals of Biogeography*. Second Edition, New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
72. Hughes, L. (2000). Biological Consequences of Global Warming: Is the Signal already Apparent? *TREE*, 15, 2, 56–61. doi:10.1016/S0169-5347(99)01764-4.
73. Hussain, M., Kubiske, M. E. & Connor, K. F. (2001). Germination of CO₂-Enriched *Pinus taeda* L. Seeds and Subsequent Seedling Growth Responses to CO₂ Enrichment. *Functional Ecology*, 15, 3, 344–350. doi: 10.1046/j.1365-2435.2001.00521.x.
74. Inouye, D. W. (2000). The Ecological and Evolutionary Significance of Frost in the Context of Climate Change. *Ecology Letters*, 3, 5, 457–463. doi: 10.1046/j.1461-0248.2000.00165.x.
75. IPCC (2012). Summary for Policymakers. In: Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., Qin, D., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G. K., Allen, S. K., Tignor, M. & Midgley, P. M. (eds.) (2012). *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* (3–21). Cambridge: Cambridge University Press.

76. IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (eds.) (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge: Cambridge University Press.
77. IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Core Writing Team, Pachauri, R. K. & Meyer, L. A. (eds.)). Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
78. IPCC (2014b). Summary for Policymakers. In: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., von Stechow, C., Zwickel, T. & Minx, J. C. (eds.) (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1–30). Cambridge: Cambridge University Press.
79. Jentsch, A., Kreyling, J., Boettcher-Treschkow, J. & Beierkuhnlein, C. (2009). Beyond Gradual Warming: Extreme Weather Events Alter Flower Phenology of European Grassland and Heath Species. *Global Change Biology*, 15, 4, 837–849. doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01690.x.
80. Johnson, S. E. & Abrams, M. D. (2009). Age Class, Longevity and Growth Rate Relationships: Protracted Growth Increases in Old Trees in the Eastern United States. *Tree Physiology*, 29, 11, 1317–1328. doi: 10.1093/treephys/tpp068.
81. Juknys, R., Sujetovienė, G., Žeimavičius, K. & Šveikauskaitė, I. (2012). Comparison of Climate Warming Induced Changes in Silver Birch (*Betula pendula* Roth) and Lime (*Tilia cordata* Mill.) Phenology. *Baltic Forestry*, 18, 1, 25–32.
82. Julien, Y., Sobrino, J. A. & Verhoef, W. (2006). Changes in Land Surface Temperatures and NDVI Values over Europe between 1982 and 1999. *Remote Sensing of Environment*, 103, 1, 43–55. doi:10.1016/j.rse.2006.03.011.

83. Kappelle, M., Van Vuuren, M. M. I. & Baas, P. (1999). Effects of Climate Change on Biodiversity: A Review and Identification of Key Research Issues. *Biodiversity and Conservation*, 8, 10, 1383–1397. doi: 10.1023/A:1008934324223.
84. Kariyeva, J., van Leeuwen, W. J. D. & Woodhouse, C. A. (2012). Impacts of Climate Gradients on the Vegetation Phenology of Major Land Use Types in Central Asia (1981–2008). *Frontiers of Earth Science*, 6, 2, 206–225. doi: 10.1007/s11707-012-0315-1.
85. Kawaguchi, K., Hoshika, Y., Watanabe, M. & Koike, T. (2012). Ecophysiological Responses of Northern Birch Forests to the Changing Atmospheric CO₂ and O₃ Concentrations. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 6, 3, 192–205. doi: 10.5572/ajae.2012.6.3.192.
86. Kelly, A. E. & Goulden, M. L. (2008). Rapid Shifts in Plant Distribution with Recent Climate Change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 33, 11823–11826. doi: 10.1073/pnas.0802891105.
87. Kirtman, B., Power, S. B., Adedoyin, J. A., Boer, G. J., Bojariu, R., Camilloni, I., Doblas-Reyes, F. J., Fiore, A. M., Kimoto, M., Meehl, G. A., Prather, M., Sarr, A., Schär, C., Sutton, R., van Oldenborgh, G. J., Vecchi, G. & Wang, H. J. (2013). Near-Term Climate Change: Projections and Predictability. In: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (eds.) (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (953–1028)*. Cambridge: Cambridge University Press.
88. Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P. (2003). Trends Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946–99. *Journal of Climate*, 16, 22, 3665–3680. doi: 10.1175/1520-0442(2003)016<3665:TIIODT>2.0.CO;2.
89. Klein, R. J. T., Midgley, G. F., Preston, B. L., Alam, M., Berkhout, F. G. H., Dow, K. & Shaw, M. R. (2014). Adaptation Opportunities, Constraints, and Limits. In: Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R. & White, L. L. (eds.) (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and*

- Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (899–943). Cambridge: Cambridge University Press.
90. Kodera, K., Thiéblemont, R., Yukimoto, S. & Matthes, K. (2016). How Can We Understand the Global Distribution of the Solar Cycle Signal on the Earth's Surface? *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16, 20, 12925–12944. doi:10.5194/acp-16-12925-2016.
91. Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15, 3, 259–263. doi: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
92. Koutavas, A. (2008). Late 20th Century Growth Acceleration in Greek firs (*Aibes cephalonica*) from Cephalonia Island, Greece: A CO₂ Fertilization Effect? *Dendrochronologia*, 26, 1, 13–19. doi: 10.1016/j.dendro.2007.06.001.
93. Kovačević, V., Kovačević, D., Pepo, P. & Marković, M. (2013). Climate Change in Croatia, Serbia, Hungary and Bosnia and Herzegovina: Comparison the 2010 and 2012 Maize Growing Seasons. *Poljoprivreda*, 19, 2, 16–22.
94. Kovats, R. S., Valentini, R., Bouwer, L. M., Georgopoulou, E., Jacob, D., Martin, E., Rounsevell, M. & Soussana, J. F. (2014). Europe. In: Barros, V. R., Field, C. B., Dokken, D. J., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R. & White, L. L. (eds.) (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part B: Regional Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (1267–1326)*. Cambridge: Cambridge University Press.
95. Kreyling, J., Wenigmann, M., Beierkuhnlein, C. & Jentsch, A. (2008). Effects of Extreme Weather Events on Plant Productivity and Tissue Die-Back Are Modified by Community Composition. *Ecosystems*, 11, 5, 752–763. doi: 10.1007/s10021-008-9157-9.
96. Kullman, L. (2010). One Century of Treeline Change and Stability – Experiences from the Swedish Scandes. *Landscape Online*, 17, 1–31. doi: 10.3097/LO.201017.

97. Kutnar, L. & Kobler, A. (2011). Prediction of Forest Vegetation Shift Due to Different Climate-Change Scenarios in Slovenia. *Šumarski list*, 3–4, CXXXV, 113–126.
98. Lavell, A., Oppenheimer, M., Diop, C., Hess, J., Lempert, R., Li, J., Muir-Wood, R. & Myeong, S. (2012). Climate Change: New Dimensions in Disaster Risk, Exposure, Vulnerability, and Resilience. In: Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., Qin, D., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G. K., Allen, S. K., Tignor, M. & Midgley, P. M. (eds.) (2012). *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 (25–64)*. Cambridge: Cambridge University Press.
99. Le Quéré, C., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Sitch, S., Korsbakken, J. I., Peters, G. P., Manning, A. C., Boden, T. A., Tans, P. P., Houghton, R. A., Keeling, R. F., Alin, S., Andrews, O. D., Anthoni, P., Barbero, L., Bopp, L., Chevallier, F., Chini, L. P., Ciais, P., Currie, K., Delire, C., Doney, S. C., Friedlingstein, P., Gkritzalis, T., Harris, I., Hauck, J., Haverd, V., Hoppema, M., Klein Goldewijk, K., Jain, A. K., Kato, E., Körtzinger, A., Landschützer, P., Lefèvre, N., Lenton, A., Lienert, S., Lombardozzi, D., Melton, J. R., Metzl, N., Millero, F., Monteiro, P. M. S., Munro, D. R., Nabel, J. E. M. S., Nakaoka, S., O'Brien, K., Olsen, A., Omar, A. M., Ono, T., Pierrot, D., Poulter, B., Rödenbeck, C., Salisbury, J., Schuster, U., Schwinger, J., Séférian, R., Skjelvan, I., Stocker, B. D., Sutton, A. J., Takahashi, T., Tian, H., Tilbrook, B., van der Laan-Luijkx, I. T., van der Werf, G. R., Viovy, N., Walker, A. P., Wiltshire, A. J. & Zaehle, S. (2016). Global Carbon Budget 2016. *Earth System Science Data*, 8, 605–649. doi: 10.5194/essd-8-605-2016.
100. Li, Z., Yang, P., Tang, H., Wu, W., Yin, H., Liu, Z. & Zhang, L. (2014). Response of Maize Phenology to Climate Warming in Northeast China between 1990 and 2012. *Regional Environmental Change*, 14, 1, 39–48. doi: 10.1007/s10113-013-0503-x.
101. Liang, T. G., Feng, Q. S., Cao, J. J., Xie, H. J., Lin, H. L., Zhao, J. & Ren, J. Z. (2012). Changes in Global Potential Vegetation Distributions from 1911 to 2000 as Simulated by the Comprehensive Sequential Classification System Approach. *Chinese Science Bulletin*, 57, 11, 1298–1310. doi: 10.1007/s11434-011-4870-8.

102. Lin, D., Xia, J. & Wan, S. (2010). Climate Warming and Biomass Accumulation of Terrestrial Plants: A Meta-Analysis. *New Phytologist*, 188, 1, 187–198. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03347.x.
103. Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M. J. & Marchetti, M. (2010). Climate Change Impacts, Adaptive Capacity, and Vulnerability of European Forest Ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259, 4, 698–709. doi: 10.1016/j.foreco.2009.09.023.
104. Lloyd, J. (1999). The CO₂ Dependence of Photosynthesis, Plant Growth Responses to Elevated CO₂ Concentrations and Their Interaction with Soil Nutrient Status, II. Temperate and Boreal Forest Productivity and the Combined Effects of Increasing CO₂ Concentrations and Increased Nitrogen Deposition at a Global Scale. *Functional Ecology*, 13, 4, 439–459. doi: 10.1046/j.1365-2435.1999.00350.x.
105. Lockwood, J. G. (2005). Atmospheric Circulation, Global. In: Oliver, J. E. (ed.) (2005). *Encyclopedia of World Climatology* (126–134). Dordrecht: Springer.
106. Lopatin, E. (2007). Long-Term Trends in Height Growth of *Picea obovata* and *Pinus sylvestris* during the Past 100 Years in Komi Republic (North-Western Russia). *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22, 4, 310–323. doi: 10.1080/02827580701504936.
107. Matthes, K., Funke, B., Anderson, M. E., Barnard, L., Beer, J., Charbonneau, P., Clilverd, M. A., Dudok de Wit, T., Haberreiter, M., Hendry, A., Jackman, C. H., Kretschmar, M., Kruschke, T., Kunze, M., Langematz, U., Marsh, D. R., Maycock, A., Misios, S., Rodger, C. J., Scaife, A. A., Seppälä, A., Shangguan, M., Sinnhuber, M., Tourpali, K., Usoskin, I., van de Kamp, M., Verronen, P. T. & Versick, S. (2016). Solar Forcing for CMIP6 (v3.1), Geoscientific Model Development Discussion, In Review, doi:10.5194/gmd-2016-91.
108. Menzel, A. & Fabian, P. (1999). Growing Season Extended in Europe. *Nature*, 397, 659. doi: 10.1038/17709.
109. Menzel, A., Estrella, N. & Fabian, P. (2001). Spatial and Temporal Variability of the Phenological Seasons in Germany from 1951 to 1996. *Global Change Biology*, 7, 6, 657–666. doi: 10.1111/j.1365-2486.2001.00430.x.

110. Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kübler, K., Bissolli, P., Braslavská, O., Briede, A., Chmielewski, F. M., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, Å., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatczak, K., Måge, F., Mestre, A., Nordli, Ø., Peñuelas, J., Pirinen, P., Remišová, V., Scheifinger, H., Striz, M., Susnik, A., Van Vliet, A. J. H., Wielgolaski, F.E., Zach, S. & Zust, A. (2006). European Phenological Response to Climate Change Matches the Warming Pattern. *Global Change Biology*, 12, 10, 1969–1976. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x.
111. Milošević, D., Žiberna, I. & Savić, S. (2013a). Analysis of the Climate Change in Slovenia: Changes in Plant Development under the Influence of Meteorological Parameters in the Period 1961–2011 (Part II). *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 93, 2, 1–22. doi: 10.2298/GSGD1302001M.
112. Milošević, D., Savić, S. & Žiberna, I. (2013b). Analysis of the Climate Change in Slovenia: Fluctuations of Meteorological Parameters for the Period 1961–2011 (Part I). *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 93, 1, 1–14. doi: 10.2298/GSGD1301001M.
113. Mimura, N., Pulwarty, R. S., Duc, D. M., Elshinnawy, I., Redsteer, M. H., Huang, H. Q., Nkem, J. N. & Sanchez Rodriguez, R. A. (2014). Adaptation Planning and Implementation. In: Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R. & White, L. L. (eds.) (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (869–898). Cambridge: Cambridge University Press.
114. Moulton, B. & Oliver, J. E. (2005). Frost. In: Oliver, J. E. (ed.) (2005). *Encyclopedia of World Climatology* (381–383). Dordrecht: Springer.
115. Muller, R. A., Curry, J., Groom, D., Jacobsen, R., Perlmutter, S., Rohde, R., Rosenfeld, A., Wickham, C. & Wurtele, J. (2013). Decadal Variations in the Global Atmospheric Land Temperatures. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, 11, 5280–5286. doi:10.1002/jgrd.50458.

116. Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F. M., Collins, W., Fuglestedt, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J. F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takemura, T. & Zhang, H. (2013). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (eds.) (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (659–740). Cambridge: Cambridge University Press.
117. Noble, I. R., Huq, S., Anokhin, Y. A., Carmin, J., Goudou, D., Lansigan, F. P., Osman-Elasha, B. & Villamizar, A. (2014). Adaptation Needs and Options. In: Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R. & White, L. L. (eds.) (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (833–868). Cambridge: Cambridge University Press.
118. Norby, R. J., DeLucia, E. H., Gielen, B., Calfapietra, C., Giardina, C. P., King, S. J., Ledford, J., McCarthy, H. R., Moore, D. J. P., Ceulemans, R., De Angelis, P., Finzi, A. C., Karnosky, D. F., Kubiske, M. E., Lukac, M., Pregitzer, K. S., Scarasci-Mugnozza, G. E., Schlesinger, W. H. & Oren, R. (2005). Forest Response to Elevated CO₂ Is Conserved across a Broad Range of Productivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 50, 18052–18056. doi: 10.1073/pnas.0509478102.
119. Norby, R. J., Hanson, P. J., O'Neill, E. G., Tschaplinski, T. J., Weltzin, J. F., Hansen, R. A., Cheng, W., Wullschleger, S. D., Gunderson, C. A., Edwards, N. T. & Johnson, D. W. (2002). Net Primary Productivity of a CO₂-Enriched Deciduous Forest and the Implications for Carbon Storage. *Ecological Applications*, 12, 5, 1261–1266. doi: 10.1890/1051-0761(2002)012[1261:NPPOAC]2.0.CO;2.
120. Olesen, J. E., Carter, T. R., Díaz-Ambrona, C. H., Fronzek, S., Heidmann, T., Hickler, T., Holt, T., Miguez, M. I., Morales, P., Palutikof, J. P., Quemada, M., Ruiz-Ramos, M., Rubæk, G. H., Sau, F., Smith, B. & Sykes, M. T. (2007).

- Uncertainties in Projected Impacts of Climate Change on European Agriculture and Terrestrial Ecosystems Based on Scenarios from Regional Climate Models. *Climatic Change*, 81, Supplement 1, 123–143. doi: 10.1007/s10584-006-9216-1.
121. Oppenheimer, M., Campos, M., Warren, R., Birkmann, J., Luber, G., O'Neill, B. & Takahashi, K. (2014). Emergent Risks and Key Vulnerabilities. In: Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R. & White, L. L. (eds.) (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (1039–1099)*. Cambridge: Cambridge University Press.
122. Palmate, S. S., Pandey, A., Kumar, D., Pandey, R. P. & Mishra, S. K. (2014). Climate Change Impact on Forest Cover and Vegetation in Betwa Basin, India. *Applied Water Science*, doi: 10.1007/s13201-014-0222-6.
123. Parmesan, C. & Yohe, G. (2003). A Globally Coherent Fingerprint of Climate Change Impacts across Natural Systems. *Nature*, 421, 6918, 37–42. doi:10.1038/nature01286.
124. Parmesan, C. (2007). Influences of Species, Latitudes and Methodologies on Estimates of Phenological Response to Global Warming. *Global Change Biology*, 13, 9, 1860–1872. doi: 10.1111/j.1365-2486.2007.01404.x.
125. Pearce, R. S. (2001). Plant Freezing and Damage. *Annals of Botany*, 87, 4, 417–424. doi: 10.1006/anbo.2000.1352.
126. Peng, C., Zhou, X., Zhao, S., Wang, X., Zhu, B., Piao, S. & Fang, J. (2009). Quantifying the Response of Forest Carbon Balance to Future Climate Change in Northeastern China: Model Validation and Prediction. *Global and Planetary Change*, 66, 3–4, 179–194. doi:10.1016/j.gloplacha.2008.12.001.
127. Pielke, R. A., Avissar, R., Raupach, M., Dolman, A. J., Zeng, X. & Denning, A. S. (1998). Interactions between the Atmosphere and Terrestrial Ecosystems: Influence on Weather and Climate. *Global Change Biology*, 4, 5, 461–475. doi: 10.1046/j.1365-2486.1998.t01-1-00176.x.

128. Prior, S. A., Runion, G. B., Marble, S. C., Rogers, H. H., Gilliam, C. H. & Torbert, H. A. (2011). A Review of Elevated Atmospheric CO₂ Effects on Plant Growth and Water Relations: Implications for Horticulture. *HortScience*, 46, 2, 158–162.
129. Pritchard, S. G., Davis, M. A., Mitchell, R. J., Prior, A. S., Boykin, D. L., Rogers, H. H. & Runion, G. B. (2001). Root Dynamics in an Artificially Constructed Regenerating Longleaf Pine Ecosystem Are Affected by Atmospheric CO₂ Enrichment. *Environmental and Experimental Botany*, 46, 1, 35–69. doi:10.1016/S0098-8472(01)00084-3.
130. Quillet, A., Peng, C. & Garneau, M. (2010). Toward Dynamic Global Vegetation Models for Simulating Vegetation–Climate Interactions and Feedbacks: Recent Developments, Limitations, and Future Challenges. *Environmental Reviews*, 18, NA, 333–353. doi: 10.1139/A10-016.
131. Rathgeber, C., Nicault, A., Kaplan, J. O. & Guiot, J. (2003). Using a Biogeochemistry Model in Simulating Forests Productivity Responses to Climatic Change and [CO₂] Increase: Example of *Pinus halepensis* in Provence (South-East France). *Ecological Modelling*, 166, 3, 239–255. doi:10.1016/S0304-3800(03)00161-3.
132. Raven, P. H., Berg, L. R. & Hassenzahl, D. M. (2010). *Environment*. 7th Edition, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
133. Redžić, S., Barudanović, S. & Radević, M. (eds.) (2009). *Bosnia and Herzegovina – Land of Diversity, First National Report of Bosnia and Herzegovina for the Convention on Biological Diversity*. Sarajevo: Federal Ministry of Environment and Tourism.
134. Reid, H. (2006). Climate Change and Biodiversity in Europe. *Conservation and Society*, 4, 1, 84–101.
135. Rogers, H. H., Runion, G. B. & Krupa, S. V. (1994). Plant Responses to Atmospheric CO₂ Enrichment with Emphasis on Roots and the Rhizosphere. *Environmental Pollution*, 83, 1–2, 155–189. doi:10.1016/0269-7491(94)90034-5.
136. Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C. & Pounds, J. A. (2003). Fingerprints of Global Warming on Wild Animals and Plants. *Nature*, 421, 2, 57–60. doi: 10.1038/nature01333.

137. Rosenzweig, C., Casassa, G., Karoly, D. J., Imeson, A., Liu, C., Menzel, A., Rawlins, S., Root, T. L., Seguin, B. & Tryjanowski, P. (2007). Assessment of Observed Changes and Responses in Natural and Managed Systems. In: Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J. & Hanson, C. E. (eds.) (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (79–131). Cambridge: Cambridge University Press.
138. Rötzer, T. & Chmielewski, F. M. (2001). Phenological Maps of Europe. *Climate Research*, 18, 3, 249–257. doi: 10.3354/cr018249.
139. Rubel, F. & Kottek, M. (2010). Observed and Projected Climate Shifts 1901–2100 Depicted by World Maps of the Köppen–Geiger Climate Classification. *Meteorologische Zeitschrift*, 19, 2, 135–141. doi: 10.1127/0941-2948/2010/0430.
140. Sacks, W. J. & Kucharik, C. J. (2011). Crop Management and Phenology Trends in the U.S. Corn Belt: Impacts on Yields, Evapotranspiration and Energy Balance. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, 7, 882–894. doi: 10.1016/j.agrformet.2011.02.010.
141. Sala, O. E., Chapin III, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. M., Mooney, H. A., Oesterheld, M., LeRoy Poff, N., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M. & Wall, D. H. (2000). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287, 5459, 1770–1774. doi: 10.1126/science.287.5459.1770.
142. Saxe, H., Cannell, M. G. R., Johnsen, Ø., Ryan, M. G. & Vourlitis, G. (2001). Tree and Forest Functioning in Response to Global Warming. *New Phytologist*, 149, 3, 369–400. doi: 10.1046/j.1469-8137.2001.00057.x.
143. Saxe, H., Ellsworth, D. S. & Heath, J. (1998). Tree and Forest Functioning in an Enriched CO₂ Atmosphere. *The New Phytologist*, 139, 3, 395–436. doi: 10.1046/j.1469-8137.1998.00221.x.
144. Scheifinger, H., Menzel, A., Koch, E., Peter, C. & Ahas, R. (2002). Atmospheric Mechanisms Governing the Spatial and Temporal Variability of Phenological Phases in Central Europe. *International Journal of Climatology*, 22, 14, 1739–1755. doi: 10.1002/joc.817.

145. Schröder, W., Schmidt, G. & Schönrock, S. (2014). Modelling and Mapping of Plant Phenological Stages as Bio-Meteorological Indicators for Climate Change. *Environmental Sciences Europe*, 26, 5, doi: 10.1186/2190-4715-26-5.
146. Sefcik, L. T., Zak, D. R. & Ellsworth, D. S. (2007). Seedling Survival in a Northern Temperate Forest Understory Is Increased by Elevated Atmospheric Carbon Dioxide and Atmospheric Nitrogen Deposition. *Global Change Biology*, 13, 1, 132–146. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01293.x.
147. Seneviratne, S. I., Nicholls, N., Easterling, D., Goodess, C. M., Kanae, S., Kossin, J., Luo, Y., Marengo, J., McInnes, K., Rahimi, M., Reichstein, M., Sorteberg, A., Vera, C. & Zhang, X. (2012). Changes in Climate Extremes and Their Impacts on the Natural Physical Environment. In: Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., Qin, D., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G. K., Allen, S. K., Tignor, M. & Midgley, P. M. (eds.) (2012). *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* (109–230). Cambridge: Cambridge University Press.
148. Settele, J., Scholes, R., Betts, R., Bunn, S., Leadley, P., Nepstad, D., Overpeck, J. T. & Taboada, M. A. (2014). Terrestrial and Inland Water Systems. In: Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R. & White, L. L. (eds.) (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (271–359). Cambridge: Cambridge University Press.
149. Sheffield, J. & Wood, E. F. (2008). Projected Changes in Drought Occurrence under Future Global Warming from Multi-Model, Multi-Scenario, IPCC AR4 Simulations. *Climate Dynamics*, 31, 1, 79–105. doi: 10.1007/s00382-007-0340-z.
150. Sheffield, J., Wood, E. F. & Roderick, M. L. (2012). Little Change in Global Drought over the Past 60 Years. *Nature*, 491, 435–438. doi:10.1038/nature11575.

151. Siebert, S. & Ewert, F. (2012). Spatio-Temporal Patterns of Phenological Development in Germany in Relation to Temperature and Day Length. *Agricultural and Forest Meteorology*, 152, 1, 44–57. doi: 10.1016/j.agrformet.2011.08.007.
152. Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E. A., Haberl, H., Harper, R., House, J., Jafari, M., Masera, O., Mbow, C., Ravindranath, N. H., Rice, C. W., Robledo Abad, C., Romanovskaya, A., Sperling, F. & Tubiello, F. (2014). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., von Stechow, C., Zwickel, T. & Minx, J. C. (eds.) (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (811–922). Cambridge: Cambridge University Press.
153. Smoyer-Tomic, K., Kuhn, R. & Hudson, A. (2003). Heat Wave Hazards: An Overview of Heat Wave Impacts in Canada. *Natural Hazards*, 28, 2–3, 463–485. doi: 10.1023/A:1022946528157.
154. Song, Y., Linderholm, H. W., Chen, D. & Walther, A. (2010). Trends of the Thermal Growing Season in China, 1951–2007. *International Journal of Climatology*, 30, 1, 33–43. doi: 10.1002/joc.1868.
155. Souther, S. & McGraw, J. B. (2011). Vulnerability of Wild American Ginseng to an Extreme Early Spring Temperature Fluctuation. *Population Ecology*, 53, 1, 119–129. doi: 10.1007/s10144-010-0218-5.
156. Sparks, T. H. & Menzel, A. (2002). Observed Changes in Seasons: An Overview. *International Journal of Climatology*, 22, 14, 1715–1725. doi: 10.1002/joc.821.
157. Sparks, T. H., Jeffree, E. P. & Jeffree, C. E. (2000). An Examination of the Relationship between Flowering Times and Temperature at the National Scale Using Long-Term Phenological Records from the UK. *International Journal of Biometeorology*, 44, 2, 82–87. doi: 10.1007/s004840000049.
158. Stenseth, N. C., Mysterud, A., Ottersen, G., Hurrell, J. W., Chan, K. S. & Lima, M. (2002). Ecological Effects of Climate Fluctuations. *Science*, 297, 5585, 1292–1296. doi: 10.1126/science.1071281.

159. Su, H. X. & Sang, W. G. (2004). Simulations and Analysis of Net Primary Productivity in *Quercus liaotungensis* Forest of Donglingshan Mountain Range in Response to Different Climate Change Scenarios. *Acta Botanica Sinica*, 46, 11, 1281–1291.
160. Su, H. X., Sang, W., Wang, Y. & Ma, K. (2007). Simulating *Picea schrenkiana* Forest Productivity under Climatic Changes and Atmospheric CO₂ Increase in Tianshan Mountains, Xinjiang Autonomous Region, China. *Forest Ecology and Management*, 246, 2–3, 273–284. doi:10.1016/j.foreco.2007.04.010.
161. Sujetovien, G. & Šveikauskait, I. (2014). Effects of Climate Warming on Timing of Native and Non-Native Tree Species Phenology. The 9th International Conference “Environmental Engineering”, 22–23 May 2014, Vilnius, Lithuania, doi: 10.3846/enviro.2014.059.
162. Sykes, M. T. (2009). Climate Change Impacts: Vegetation. In: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd. doi: 10.1002/9780470015902.a0021227.
163. Tamis, W. L. M., Van't Zelfde, M., Van Der Meijden, R. & Udo De Haes, H. A. (2005). Changes in Vascular Plant Biodiversity in the Netherlands in the 20th Century Explained by Their Climatic and Other Environmental Characteristics. *Climatic Change*, 72, 1–2, 37–56. doi: 10.1007/s10584-005-5287-7.
164. Tans, P. (2009). An Accounting of the Observed Increase in Oceanic and Atmospheric CO₂ and an Outlook for the Future. *Oceanography*, 22, 4, 26–35. doi: 10.5670/oceanog.2009.94.
165. Tao, F., Zhang, S., Zhang, Z. & Rötter, R. P. (2014). Maize Growing Duration Was Prolonged across China in the Past Three Decades under the Combined Effects of Temperature, Agronomic Management, and Cultivar Shift. *Global Change Biology*, 20, 12, 3686–3699. doi: 10.1111/gcb.12684.
166. Taub, D. R., Seeman, J. R. & Coleman, J. S. (2000). Growth in Elevated CO₂ Protects Photosynthesis Against High-Temperature Damage. *Plant, Cell and Environment*, 23, 6, 649–656. doi: 10.1046/j.1365-3040.2000.00574.x.
167. Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M. B., Sykes, M. T. & Prentice, I. C. (2005). Climate Change Threats to Plant Diversity in Europe. *Proceedings of the National*

- Academy of Sciences of the United States of America, 102, 23, 8245–8250. doi: 10.1073/pnas.0409902102.
168. Trapasso, L. M. (2005). Temperature Distribution. In: Oliver, J. E. (ed.) (2005). *Encyclopedia of World Climatology* (711–716). Dordrecht: Springer.
169. Trbic, G., Bajic, D., Djurdjevic, V., Crnogorac, C., Popov, T., Dekic, R., Petrusevic, A. & Rajcevic, V. (2016). The Impact of Climate Change on the Modification of Bioclimatic Conditions in Bosnia and Herzegovina. *Environmental Science*, 1, 176–182.
170. Trenberth, K. E., Jones, P. D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein Tank, A., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J. A., Rusticucci, M., Soden, B. & Zhai, P. (2007). Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M. & Miller, H. L. (eds.) (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (235–336). Cambridge: Cambridge University Press.
171. Tryjanowski, P., Panek, M. & Sparks, T. (2006). Phenological Response of Plants to Temperature Varies at the Same Latitude: Case Study of Dog Violet and Horse Chestnut in England and Poland. *Climate Research*, 32, 1, 89–93. doi: 10.3354/cr032089.
172. Vitasse, Y., Porté, A. J., Kremer, A., Michalet, R. & Delzon, S. (2009). Responses of Canopy Duration to Temperature Changes in Four Temperate Tree Species: Relative Contributions of Spring and Autumn Leaf Phenology. *Oecologia*, 161, 1, 187–198. doi: 10.1007/s00442-009-1363-4.
173. Vučićević, B., Šljukić, B., Perković, B., Grubor, B., Repić, B., Turanjanin, V., Jovanović, V. et al. (2010). Initial National Communication of the Republic of Serbia under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Belgrade: The Ministry of Environment and Spatial Planning.
174. Walker, R. F., Johnson, D. W., Geisinger, D. R. & Ball, J. T. (2000). Growth, Nutrition, and Water Relations of Ponderosa Pine in a Field Soil as Influenced by Long-Term Exposure to Elevated Atmospheric CO₂. *Forest Ecology and Management*, 137, 1–3, 1–11. doi:10.1016/S0378-1127(99)00308-4.

175. Walkovszky, A. (1998). Changes in Phenology of the Locust Tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary. *International Journal of Biometeorology*, 41, 4, 155–160. doi: 10.1007/s004840050069.
176. Walther, G. R. (2010). Community and Ecosystem Responses to Recent Climate Change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365, 1549, 2019–2024. doi: 10.1098/rstb.2010.0021.
177. Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J. M., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. (2002). Ecological Responses to Recent Climate Change. *Nature*, 416, 6879, 389–395. doi:10.1038/416389a.
178. Ward, J. K. & Strain, B. R. (1999). Elevated CO₂ Studies: Past, Present and Future. *Tree Physiology*, 19, 4–5, 211–220. doi: 10.1093/treephys/19.4-5.211.
179. White, M. A., Hoffman, F., Hargrove, W. W. & Nemani, R. R. (2005). A Global Framework for Monitoring Phenological Responses to Climate Change. *Geophysical Research Letters*, 32, L04705. doi: 10.1029/2004GL021961.
180. Yang, L. H. & Rudolf, V. H. W. (2010). Phenology, Ontogeny and the Effects of Climate Change on the Timing of Species Interactions. *Ecology Letters*, 13, 1, 1–10. doi: 10.1111/j.1461-0248.2009.01402.x.
181. Yazaki, K., Maruyama, Y., Mori, S., Koike, T. & Funada, R. (2005). Effects of Elevated Carbon Dioxide Concentration on Wood Structure and Formation in Trees. In: Omasa, K., Nouchi, I. & De Kok, L. J. (eds.) (2005). *Plant Responses to Air Pollution and Global Change* (89–97). Tokyo: Springer-Verlag, doi: 10.1007/4-431-31014-2_11.
182. Yu, L., Cao, M. & Li, K. (2006). Climate-Induced Changes in the Vegetation Pattern of China in the 21st Century. *Ecological Research*, 21, 6, 912–919. doi: 10.1007/s11284-006-0042-8.
183. Yurova, A. Y. & Volodin, E. M. (2011). Coupled Simulation of Climate and Vegetation Dynamics. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 47, 5, 531–539. doi: 10.1134/S0001433811050124.
184. Zeng, X. D. (2010). Evaluating the Dependence of Vegetation on Climate in an Improved Dynamic Global Vegetation Model. *Advances in Atmospheric Sciences*, 27, 5, 977–991. doi: 10.1007/s00376-009-9186-0.

185. Zhang, J., Ru, W. & Li, B. (2006). Relationships between Vegetation and Climate on the Loess Plateau in China. *Folia Geobotanica*, 41, 151–163. doi: 10.1007/BF02806476.
186. Zhou, G. & Wang, Y. (2000). Global Change and Climate-Vegetation Classification. *Chinese Science Bulletin*, 45, 7, 577–585. doi: 10.1007/BF02886031.
187. Алехин, В. В. (1944). География растений. Москва: Наука.
188. Анић, И., Вукелић, Ј., Микац, С., Бакшић, Д. & Угарковић, Д. (2009). Утјецај глобалних климатских промјена на еколошку нишу обичне јеле (*Abies alba* Mill.) у Хрватској. Шумарски лист, 3–4, СХХХИИИ, 135–144.
189. Березина, Н. А. & Афанасьева, Н. Б. (2009). Экология растений. Москва: Издательский центр Академия.
190. Вальтер, Г. & Алёхин, В. В. (1936). Основы ботанической географии. Москва-Ленинград: Государственное издательство биологический и медицинской литературы.
191. Вальтер, Г. (1982). Общая геоботаника (Перевод с немецкого и предисловие А. Г. Еленевского). Москва: Мир.
192. Вукмир, Г., Станишљевић, Љ., Церо, М., Цацан, М., Марковић, М., Рудеж, М., Лаганин, О., Костић, Р., Опрашић, С., Ћатовић, С., Лукић, Т. et al. (2009). Први национални извјештај Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених нација о климатским промјенама. Бањалука: Министарство вањске трговине и економских односа БиХ, Министарство за просторно уређење, грађевинарство и екологију Републике Српске, Министарство околиша и туризма Федерације БиХ, UNDP.
193. Говедар, З. (2011). Гајење шума – еколошке основе. Бањалука: Шумарски факултет Универзитета у Бањој Луци.
194. Говедар, З., Голијанин, Ј. & Марковић, С. (2007). Дендрохронолошка истраживања развоја стабла смрче (*Picea abies* L.) на Јахорини. У: Грчић, М., Ѓњато, Р. & Стаменковић, С. (уред.) (2007). Зборник радова са научног скупа Србија и Република Српска у регионалним и глобалним процесима (289–298). Београд: Географски факултет Универзитета у Београду, Бањалука: Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци.

195. Дуцић, В. & Анђелковић, Г. (2004). Климатологија – практикум за географе. Београд: Географски факултет Универзитета у Београду.
196. Дуцић, В. & Радовановић, М. (2005). Клима Србије. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.
197. Дуцић, В., Бурић, Д., Луковић, Ј. & Станојевић, Г. (2011). Промене количине падавина у Подгорици у периоду 1951–2010. Гласник Српског географског друштва, ХСI, 2, 51–70. doi: 10.2298/GSGD1102051D.
198. Дуцић, В., Бурић, Д., Трбић, Г. & Цупаћ, Р. (2014). Анализа падавина и суша на територији БиХ на основу стандардизованог индекса падавина (SPI). Гласник Географског друштва Републике Српске, 18, 53–70. doi: 10.7251/HER1814053D.
199. Дуцић, В., Луковић, Ј. & Миловановић, Б. (2009). Промене температура и падавина у Србији у другој половини XX века у склопу глобалних климатских промена. Заштита природе, LX, 1–2, 641–652.
200. Дуцић, В., Трбић, Г. & Луковић, Ј. (2007). Промјене температуре ваздуха у Републици Српској у периоду сателитских осматрања и могући вулкански утицај. Гласник Географског друштва Републике Српске, 11, 112–123.
201. Дуцић, В., Трбић, Г. & Луковић, Ј. (2008). Промене количине и режима падавина у Бањалуци у другој половини 20. века. Гласник Географског друштва Републике Српске, 12, 121–128.
202. Ивановић, М., Чапеља, В., Радојчић, С., Попов, Р. & Настасић, А. (2008). Кукуруз у 2007. години: поуке сушне године. Зборник радова Института за ратарство и повртарство, 45, 2, 61–65.
203. Ивановић, Р. (2013). Дендроклиматолошка истраживања на подручју општине Рогатица. Београд: Географски факултет, мастер рад.
204. Јанковић, М. М. (1990). Фитоекологија са основама фитоценологије и прегледом типова вегетације на Земљи. Шесто издање, Београд: Научна књига.
205. Крстић, Б., Ољача, Р. & Станковић, Ж. (2008). Екофизиологија биљака – Механизми адаптација биљака на неповољне чиниоце. Бањалука: Пољопривредни факултет Универзитета у Бањој Луци, Нови Сад: Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду.

206. Кузнецов, В. В. & Дмитриева, Г. А. (2006). Физиология растений. Москва: Высшая школа.
207. Курнишкова, Т. В. & Петров, В. В. (1987). География растений с основами ботаники. Москва: Просвещение.
208. Лакушић, Р. (1989). Екологија биљака. Друго издање, Сарајево: Свјетлост, Завод за уџбенике и наставна средства.
209. Лакушић, Р. (1990). Планинске биљке. Сарајево: Свјетлост, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.
210. Лепирица, А. (2012). Релјеф Босне и Херцеговине. Зборник радова Департамента за географију, туризам и хотелијерство, 41, 1–17.
211. Луковић, Ј. (2008). Упоредна анализа промена температуре ваздуха у Србији на основу сателитских и приземних мерења. Гласник Српског географског друштва, LXXXVIII, 1, 79–88.
212. Матвејев, С. (1961). Биогеографија Југославије. Посебна издања, књига 9, Београд: Биолошки институт НР Србије.
213. Милановић, Ђ., Брујић, Ј., Ђуг, С., Муратовић, Е. & Лукић Билела, Ј. (2015). NATURA 2000 Водич кроз врсте станишта БиХ према Директиви о стаништима ЕУ. Брисел: Prospect C&S s. a.
214. Милосављевић, М. (1976). Климатологија. Четврто неизмењено издање, Београд: Научна књига.
215. Николајкин, Н. И., Николајкина, Н. Е. & Мелехова, О. П. (2003). Екологија. Москва: Дрофа.
216. Оторепец, С. (1991). Агрометеорологија. Друго допуњено издање, Београд: Научна књига.
217. Пензар, И. & Пензар, Б. (1989). Агроклиматологија. Друго издање, Загреб: Школска књига.
218. Попов, Т. & Живак, Н. (2016). Потенцијални утицаји савремених климатских промјена на аграрну производњу у Семберији. У: Филиповић, Д., Шећеров, В. & Радосављевић, З. (уред.) (2016). Шести научно-стручни скуп са међународним учешћем Локална самоуправа у планирању и уређењу простора и насеља: У сусрет европским интеграцијама, Зборник радова (381–

- 388). Београд: Асоцијација просторних планера Србије, Географски факултет Универзитета у Београду.
219. Попов, Т. & Трбић, Г. (2015). Анализа температуре ваздуха у континенталном биогеографском региону Републике Српске. У: Станковић, С., Филиповић, Д. & Ђурђић, С. (уред.) (2015). Четврти српски конгрес географа са међународним учешћем Достигнућа, актуелности и изазови географске науке и праксе поводом 150 година рођења Јована Цвијића, Зборник радова, Књига 1 (115–120). Београд: Географски факултет Универзитета у Београду, Српско географско друштво.
220. Радусин, С., Опрашић, С., Церо, М., Абдурахмановић, И., Вукмир, Г., Авдић, С., Цупаћ, Р. et al. (2013а). Други национални извјештај Босне и Херцеговине у складу са оквирном конвенцијом Уједињених нација. Бањалука: Министарство вањске трговине и економских односа БиХ, Министарство за просторно уређење, грађевинарство и екологију Републике Српске, Министарство околиша и туризма Федерације БиХ, UNDP, GEF.
221. Радусин, С., Опрашић, С., Церо, М., Абдурахмановић, И., Вукмир, Г. et al. (2013б). Стратегија прилагођавања на климатске промјене и нискоемисионог развоја за Босну и Херцеговину. Бањалука: Министарство вањске трговине и економских односа БиХ, Министарство околиша и туризма Федерације БиХ, Министарство за просторно уређење, грађевинарство и екологију Републике Српске, UNDP, GEF.
222. Стефановић, В., Беус, В., Бурлица, Ч., Диздаревић, Х. & Вукореп, И. (1983). Еколошко-вегетацијска рејонизација Босне и Херцеговине. Сарајево: Шумарски факултет.
223. Тошић, Р. (2008). Ријечни нанос – ресурс Републике Српске, Гласник Географског друштва Републике Српске, 12, 161–176.
224. Трбић, Г. & Бајић, Д. (2011). Специфичности промјене климе Републике Српске и могућности адаптације. У: Гњато, Р. (уред.) (2011). Зборник радова Трећег конгреса српских географа са међународним учешћем (149–157). Бањалука: Географско друштво Републике Српске, Српско географско друштво, Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци, Географски факултет Универзитета у Београду.

225. Трбић, Г. (2010). Екоклиматска рејонизација Перипанонског обода Републике Српске, Бањалука: Географско друштво Републике Српске.
226. Трбић, Г. (2013). Колебање климе у Републици Српској. У: Гњато, Р. (уред.) (2013). Зборник Обилежавања 20. годишњице Географског друштва Републике Српске 1993–2013 (87–95). Бањалука: Географско друштво Републике Српске.
227. Трбић, Г., Бајић, Д., Попов, Т. & Опрашић, С. (2013). Проблеми суше у Босни и Херцеговини. Гласник Географског друштва Републике Српске, 17, 103–120. doi: 10.7251/HER1714103T.
228. Трбић, Г., Дуцић, В., Рудан, Н., Анђелковић, Г. & Марковић, С. (2011). Екстремне падавине у Републици Српској (анализа 2010. 2011. године). Гласник Географског друштва Републике Српске, 15, 81–94.
229. Трбић, Г., Опрашић, С., Декић, Р. & Попов, Т. (2014). Климатске промјене у Босни и Херцеговини – ризици и могућности прилагођавања. У: Грчић, М., Филиповић, Д. & Драгићевић, С. (2014). Научни скуп са међународним учешћем поводом 120 година Географског факултета Географско образовање, наука и пракса: развој стање и перспективе, Зборник радова (109–115). Београд: Географски факултет Универзитета у Београду.
230. Ћирић, М. (1991). Педологија, Сарајево: Свјетлост, Завод за уџбенике и наставна средства.
231. Шенников, А. П. (1950). Экология растений. Москва: Советская наука.
232. Шенников, А. П. (1964). Введение в геоботанику. Ленинград: Издательство Ленинградского университета.
233. Шестан, Љ. (2012). Симулацијски модел утјецаја температуре зрака на лисне фенофазе храста медунца на отоку Пагу. Шумарски лист, 5–6, СХХХVI, 253–261.

ИЗВОРИ ПОДАТАКА И ДРУГИ ДОКУМЕНТИ:

234. Бурлица, Ч. & Вукореп, И. (1980). Педолошка карта СР Босне и Херцеговине 1:500 000, Сарајево: Шумарски факултет.
235. Гело, Ј., Гризел, М. & Акрап, А. (1995). Становништво Босне и Херцеговине: Народносни састав по насељима. Загреб: Државни завод за статистику.

236. Нови урбанистички завод Републике Српске (2015). Педолошка карта. Измјене и допуне просторног плана Републике Српске до 2025. године (Графички прилози). Бањалука: ЈУ Нови урбанистички завод Републике Српске, Министарство за просторно уређење, грађевинарство и екологију Републике Српске.
237. РЗС (2009). Статистички годишњак Републике Српске 2009. Бањалука: Републички завод за статистику Републике Српске.
238. РЗС (2013). Попис становништва, домаћинства и станова у Босни и Херцеговини 2013, на територији Републике Српске прелиминарни резултати, Бањалука: Републички завод за статистику.
239. РЗС (2014). Статистички годишњак Републике Српске 2014. Бањалука: Републички завод за статистику Републике Српске.
240. РЗС (2015). Статистички годишњак Републике Српске 2015. Бањалука: Републички завод за статистику Републике Српске.
241. РХЗ (1991–2015). Документација 1991–2015, Бањалука: Републички хидрометеоролошки завод.
242. Судић, Д. & Чизмић, И. (2015). Агрометеоролошки услови у производној 2013/2014. години на територији Републике Српске. Бањалука: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, Одјељење за климатологију и агрометеорологију, Одсјек за агрометеорологију.
243. СХЗ (1963–1988). Метеоролошки годишњак I 1961–1985. Београд: Савезни хидрометеоролошки завод.
244. СХЗ (1963–1991). Фенолошки годишњак 1961–1990. Београд: Савезни хидрометеоролошки завод.
245. Урбанистички завод Републике Српске (2008). Еколошко-вегетацијски реони. Просторни план Републике Српске до 2015. године (Графички дио), Бањалука: Урбанистички завод Републике Српске, а.д. Бањалука.
246. ФХЗ (2013–2016). Метеоролошки годишњак 1992–2015. Сарајево: Федерални хидрометеоролошки завод.
247. ФХЗ (2014–2016). Фенолошки годишњак 2000–2015. Сарајево: Федерални хидрометеоролошки завод.

248. Alegro, A. (2000). Vegetacija Hrvatske. Interna skripta, Zagreb: Botanički zavod PMF-a, Preuzeto 30. januara 2016. sa http://www.vusz.hr/Cms_Data/Contents/VSZ/Folders/dokumenti/javanustanovazaupravljanjezasticenimprirodnimvrijednostima/arhiva/~contents/NDW2SALP92LHTQZ7/2011-3-15-5947916-2009-12-7-5331263-vegetacijahrvatske.pdf.
249. Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change (2016a). Temperature Dataset GHCN Surface Temperature. Retrieved on February 28, 2016 from <http://www.co2science.org/data/temperatures/text.php?f=ACrER8GO1454204962867>.
250. Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change (2016b). Temperature Dataset MSU Satellite Temperature. Retrieved on February 28, 2016 from <http://www.co2science.org/data/temperatures/text.php?f=DgHUMexL1454209045457>.
251. European Environment Agency (2012). Biogeographic Regions in Europe. Retrieved on August 7, 2016 from <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/biogeographical-regions-in-europe-1>.
252. European Environment Agency (2002). Europe's Biodiversity – Biogeographical Regions and Seas. Retrieved on August 7, 2016 from http://www.eea.europa.eu/publications/report_2002_0524_154909.
253. FHZ. Meteorološki godišnjak 1986–1991. Preuzeto 21. oktobra 2015. godine sa <http://www.fhmzbih.gov.ba/latinica/P-Mgodisnjak.php>.
254. Gregory, K. (2011a). Out-going Longwave Radiation and the Greenhouse Effect. Retrieved on September 11, 2016 from https://friendsofscience.org/assets/documents/OLR&NGF_June2011.pdf.
255. Gregory, K. (2011b). HARTCODE Output File. Retrieved on September 11, 2016 from http://www.friendsofscience.org/assets/documents/hartcode_61yearNOAA3.xls.
256. Idso, C. D. (2012). The State of Earth's Terrestrial Biosphere: How is it responding to Rising Atmospheric CO₂ and Warmer Temperatures? Retrieved on January 10, 2016 from <http://www.co2science.org/education/reports/greening/TheStateofEarthsTerrestrialBiosphere.pdf>.

257. IPCC (2016a). Organization. Retrieved on January 27, 2016 from <http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml>.
258. IPCC (2016b). Reports. Retrieved on January 27, 2016 from http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml.
259. IPCC (2016c). Working Groups/Task Force. Retrieved on January 27, 2016 from http://www.ipcc.ch/working_groups/working_groups.shtml.
260. Köppen, W. (1900). Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt (Attempted climate classification in relation to plant distributions). *Geographische Zeitschrift*, 6, 593–611, 657–679. Retrieved on January 13, 2016 from http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pics/Koppen_1900_Map1.pdf.
261. NOAA (2016a). Record Annual Increase of Carbon Dioxide Observed at Mauna Loa for 2015. Retrieved on March 18, 2016 from <http://www.noaa.gov/record-annual-increase-carbon-dioxide-observed-mauna-loa-2015>.
262. NOAA (2016b). State of the Climate: Global Analysis for Annual 2015. Retrieved on February 18, 2016 from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201513>.
263. NOAA (2016c). State of the Climate: Global Analysis for July 2016. Retrieved on September 4, 2016 from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201607>.
264. NOAA (2016d). State of the Climate: Global Analysis for August 2016. Retrieved on January 24, 2017 from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201608>.
265. NOAA (2017). State of the Climate: Global Analysis for Annual 2016. Retrieved on January 24, 2017 from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201613>.
266. NOAA ESRL PSD (2016a). Climate Timeseries AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation) Index. Retrieved on September 11, 2016 from <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/amon.us.data>.
267. NOAA ESRL PSD (2016b). MSU (Microwave Sounding Unit) Daily Troposphere Temperatures and Precipitation. Retrieved on September 28, 2016 from <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.msu.html#detail>.
268. NOAA NCEI (2016). GHCN Monthly. Retrieved on May 5, 2015 from <http://www.ncdc.noaa.gov/ghcnm/>.
269. Plavac, I., Posavec Vukelić, V., Rodić Baranović, P., Topić, R., Stojšić, V., Perić, R., Lazarević, P., Kiš, A., Stojanović, V., Redžić, S., Barudanović, S., Trakić, S.,

- Kulijer, D. & Kitnaes, K. S. (2009). Protection of Biodiversity of the Sava River Basin Floodplains – Habitat Interpretation Sheets Natura 2000 habitat types occurring along the Sava River. Retrieved on February 7, 2016 from <http://savariver.com/results%20download/Task%20B%20%20Sava%20habitat%20type%20interpretation%20sheets%20%28B2%29.pdf>.
270. UNFCCC (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. Retrieved on December 11, 2015 from http://unfccc.int/files/essential_background/convention/background/application/pdf/convention_text_with_annexes_english_for_posting.pdf.
271. UNFCCC (2015a). Kyoto Protocol. Retrieved on December 11, 2015 from http://unfccc.int/essential_background/kyoto_protocol/items/6034.php.
272. UNFCCC (2015b). Paris Agreement. Retrieved on September 4, 2016 from https://treaties.un.org/doc/Treaties/2016/02/20160215%2006-03%20PM/Ch_XXVII-7-d.pdf.
273. UNFCCC (2016a). The Convention. Retrieved on January 24, 2016 from http://unfccc.int/essential_background/convention/items/6036.php.
274. UNFCCC (2016b). Paris Agreement – Status of Ratification. Retrieved on October 9, 2016 from http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php.
275. WMO (2016a). 2015 is Hottest Year on Record. Retrieved on January 25, 2016 from <https://www.wmo.int/media/content/2015-hottest-year-record#overlay-context=fr/content/1%E2%80%99omm-confirme-2015-est-lann%C3%A9-la-plus-chaude-jamais-enregistr%C3%A9>.
276. WMO (2016b). Global Climate Breaks New Records January to June 2016. Retrieved on September 1, 2016 from <http://public.wmo.int/en/media/press-release/global-climate-breaks-new-records-january-june-2016>.
277. WMO (2016c). What is Climate? Retrieved on October 9, 2016 from <http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/faqs.php#q3>.

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Татјана Попов рођена је 17. 4. 1984. године у Бањалуци. Гимназију је завршила 2003. године у Бањалуци. Исте године уписала се на студиј географије на Природно-математичком факултету Универзитета у Бањалуци, који је завршила 2007. године са просјечном оцјеном 9,58. Дипломски рад на тему *Географски приказ Зрењанина* одбранила је са оцјеном 10. Добитник је награде Фонда професора Миленка С. Филиповића за постигнути изванредни успјех током студија. Дипломске академске студије мастер, на Географском факултету Универзитета у Београду, на смјеру Геопросторне основе животне средине, завршила је са просјечном оцјеном 9,25, одбраном мастер рада под насловом *Бардача – стање животне средине и мјере унапређења*, чиме је стекла академски назив дипломирани географ – мастер за област животне средине. Школске 2011/2012. године уписала се на прву годину докторских академских студија на Географском факултету Универзитета у Београду. Испите предвиђене наставним планом и програмом успјешно је положила, те стекла услов за пријаву и израду докторске дисертације.

Од октобра 2008. године запослена је на Природно-математичком факултету Универзитета у Бањој Луци на Студијском програму за географују – у периоду 2008–2010. године у звању асистента, а од 2012. године до данас у звању вишег асистента. Ангажована је као сарадник на извођењу вјежби из предмета: Биогеографија са географијом земљишта, Биогеографија са педологијом и Глобалне климатске промјене.

У досадашњем научном раду објавила је већи број научних и стручних радова и један практикум. Била је учесник бројних научних скупова и конференција из области геонаука у земљи и иностранству. Као сарадник, учествовала је у изради неколико научно-истраживачких пројеката који су третирали проблематику климатских промјена и одрживог развоја животне средине у Републици Српској. Члан је Географског друштва Републике Српске и Центра за климатска истраживања.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора ТАТЈАНА ПОПОВ

Број индекса 2/11

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

УТИЦАЈ САВРЕМЕНИХ КЛИМАТСКИХ КОЛЕБАЊА И ПОТЕНЦИЈАЛНИХ
ПРОМЈЕНА КЛИМЕ НА ФИТОГЕОГРАФСКА ОБИЉЕЖЈА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у цјелини ни у дијеловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о истовјетности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора ТАТЈАНА ПОПОВ

Број индекса 2/11

Студијски програм ГЕОГРАФИЈА

Наслов рада УТИЦАЈ САВРЕМЕНИХ КЛИМАТСКИХ КОЛЕБАЊА И
ПОТЕНЦИЈАЛНИХ ПРОМЈЕНА КЛИМЕ НА
ФИТОГЕОГРАФСКА ОБИЉЕЖЈА РЕПУБЛИКЕ
СРПСКЕ

Ментор проф. др ВЛАДАН ДУЦИЋ

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истовјетна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањења у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и мјесто рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

УТИЦАЈ САВРЕМЕНИХ КЛИМАТСКИХ КОЛЕБАЊА И ПОТЕНЦИЈАЛНИХ ПРОМЈЕНА КЛИМЕ НА ФИТОГЕОГРАФСКА ОБИЉЕЖЈА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

која је моје ауторско дјело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
- ③ Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – дијелити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – дијелити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.
Кратак опис лиценци је саставни дио ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, _____

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.