

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

СЛОБОДАН Р. ГЊАТО

**УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ ПРОМЈЕНА НА
ПРОТИЦАЈ РИЈЕКА У БОСНИ И
ХЕРЦЕГОВИНИ**

Докторска дисертација

Београд, 2022.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

СЛОБОДАН Р. ГЊАТО

**УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА НА
ПРОТИЦАЈ РЕКА У БОСНИ И
ХЕРЦЕГОВИНИ**

Докторска дисертација

Београд, 2022.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF GEOGRAPHY

SLOBODAN R. GNJATO

**CLIMATE CHANGE IMPACT ON RIVER
DISCHARGE IN BOSNIA AND HERZEGOVINA**

Doctoral dissertation

Belgrade, 2022

Подаци о ментору и члановима комисије

Ментор:

проф. др Ненад Живковић, редовни професор,
Географски факултет, Универзитет у Београду

Чланови комисије:

1. проф. др Владан Дуцић, редовни професор,
Географски факултет, Универзитет у Београду,
2. проф. др Јелена Луковић, ванредни професор,
Географски факултет, Универзитет у Београду,
3. проф. др Горан Трбић, редовни професор,
Природно-математички факултет, Универзитет у Бањој Луци

Датум одбране докторске дисертације:

_____ Београд

Изјава захвалности

Користим се овом приликом како бих истакнуо да највећу захвалност за израду ове дисертације дугујем свом уваженом ментору, као и свим члановима комисије. Стручна помоћ, многобројни савети и сугестије које сам током докторских академских студија, а касније и приликом израде докторске дисертације добијао од ментора, били су од непроцењиве вредности за моје научно напредовање, као и за коначну форму саме дисертације.

Желим да захвалим проф. др Горану Трбићу и доц. др Татјани Попов на вишегодишњој професионалној сарадњи и огромној подршци коју од њих добијам од почетка академске каријере. Њима такође захваљујем за све драгоцене савете и смернице које су пружили приликом израде докторске дисертације.

Изнимну захвалност дугујем родитељима, породици и својој Наташи за љубав, помоћ, подршку и разумевање, које су ми увек пружали, што је увелико олакшало процес израде дисертације.

На крају захваљујем пријатељима и колегама од којих сам све време имао моралну подршку.

Слободан Гњато,

Београд, јул 2022. године

УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА НА ПРОТИЦАЈ РЕКА У БОСНИ И ХЕРЦЕГОВИНИ

Апстракт

Циљ ове докторске дисертације је утврђивање утицаја климатских промена на протицај река у Босни и Херцеговини. Анализа трендова примарних елемената климе (температура ваздуха и падавине) који утичу на протицај река извршена је на основу података са петнаест метеоролошких станица уз употребу непараметријског Ман-Кендал тренд теста и непараметријског Сеновог метода, којим је одређена магнитуда тренда. У периоду 1961–2016. године осмотрени су растући трендови просечне температуре ваздуха на годишњем и сезонском нивоу. Супротно од температуре ваздуха, утврђени су инсигнификантни трендови (позитивни и негативни) просечне годишње и сезонске количине падавина. Промене водности река утврђене су компаративном анализом просечених годишњих и сезонских протицаја на тринаест хидролошких профила између периода 1961–1990. и 2001–2016. године. Смањење просечних годишњих протицаја осмотрено је у већем делу Босне и Херцеговине. На нивоу сезоне, доминантно повећање протицаја утврђено је у сезони јесен, а смањење у сезони лето. Веза између климатских елемената и протицаја детерминисана је корелационом анализом, која је показала да протицаји река испољавају негативну везу са температурама током целе године, док је веза са падавинама била позитивна. Установљено је да су осмотрене рецентне климатске промене утицале на незнатне промене водности река. Протицаји су доминантно били условљени променама у падавинама, али и израженим порастом температуре ваздуха. Утицај израженог загревања ваздуха највише се испољио у смањењу протицаја у сезони лето, али и у виду раније појаве већих вредности протицаја у току сезоне зима, што указује да утицај раста температуре ваздуха утиче на све раније топљење снега. Анализа покретних дневних средњих вредности протицаја упућује на „шифт” највећих вредности према фебруару.

Кључне речи: климатске промене, температура ваздуха, падавине, речни протицај, тренд, корелација, покрете средње вредности, Босна и Херцеговина.

Научна област: Географија.

Ужа научна област: Физичка географија.

CLIMATE CHANGE IMPACT ON RIVER DISCHARGES IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Abstract

The aim of the doctoral dissertation is to determine the impact of climate change on river discharges in Bosnia and Herzegovina. The trend analysis in primary climate elements (air temperature and precipitation) that affect river discharges, was performed based on data from fifteen meteorological stations using non-parametric Mann-Kendall trend test and non-parametric Sen method which was used to determine trend magnitude. In the period 1961–2016, the upward trends in mean annual and seasonal air temperature were observed. In contrary to air temperature, insignificant trends (positive and negative) in mean annual and seasonal precipitation were determined. Changes in river discharges were determined by comparative analysis of mean annual and seasonal discharges on thirteen hydrological profiles between the period 1961–1990, and 2001–2016. A decrease in mean annual discharges was observed in most of Bosnia and Herzegovina. At the seasonal level, the dominant increase in discharges was determined in the autumn and the decrease in the summer season. The relationship between climatic elements and discharges was determined by correlation analysis, which showed that river discharges displayed a negative relationship with temperatures throughout the year, while the relationship with precipitation was positive. It was found that the observed recent climate change caused minor changes in river wateriness. The discharges were predominantly conditioned by changes in precipitation, but also by a prominent increase in air temperature. The impact of pronounced rise in air temperature was mostly manifested in the decrease of discharges in the summer season, but also in the form of earlier occurrence of higher values of discharges during the winter season, which indicates that the increase in air temperature is causing earlier snow melt. The analysis of daily moving averages in discharges signify a shift of the highest values towards February.

Key words: climate change, air temperature, precipitation, river discharge, trend, correlation, moving averages, Bosnia and Herzegovina.

Scientific field: Geography.

Scientific subfield: Physical Geography.

САДРЖАЈ

УВОД	20
1. ТЕОРИЈСКО-МЕТОДОЛОШКИ ОКВИР ИСТРАЖИВАЊА	24
1.1. КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ И ВАРИЈАБИЛНОСТ КЛИМЕ	24
1.2. ПРОМЕНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА	25
1.3. ПРОМЕНЕ КОЛИЧИНЕ ПАДАВИНА	29
1.4. ПРОМЕНЕ ПРОТИЦАЈА РЕКА	33
2. ФИЗИЧКО-ГЕОГРАФСКЕ ОДЛИКЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ	38
2.1. ГЕОЛОШКА ГРАЂА	38
2.2. ГЕОЛОШКИ КОМПЛЕКСИ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ	38
2.2.1. КАРБОНАТНА ПЛАТФОРМА	38
2.2.2. ПАЛЕЗОЈСКИ И ТРИЈАСКИ АЛОХТОНИ КОМПЛЕКСИ	38
2.2.3. ФОРМАЦИЈЕ ПАСИВНОГ КОНТИНЕНТАЛНОГ РУБА	39
2.2.4. ОФИОЛИТСКЕ ФОРМАЦИЈЕ	39
2.2.5. ФОРМАЦИЈЕ АКТИВНОГ КОНТИНЕНТАЛНОГ РУБА	40
2.2.6. ПОСТОРОГЕНИ ОЛИГОЦЕНИ, НЕОГЕНИ И КВАРТАРНИ СЕДИМЕНТИ	40
2.3. ГЕОМОРФОЛОШКЕ ОДЛИКЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ	41
2.4. КЛИМАТСКЕ ОДЛИКЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ	43
2.4.1. КЛИМАТСКИ ФАКТОРИ	43
2.5. ХИДРОГРАФСКЕ ОДЛИКЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ	46
2.6. ГЕОГРАФСКЕ ОДЛИКЕ АНАЛИЗИРАНИХ СЛИВОВА	48
2.6.1. СЛИВ РЕКЕ УНЕ	48
2.6.2. СЛИВ РЕКЕ ВРБАС	51
2.6.3. СЛИВ РЕКЕ БОСНЕ	53
2.6.4. СЛИВ РЕКЕ НЕРЕТВЕ	55
2.7. ВЕГЕТАЦИЈСКЕ ОДЛИКЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ	57
3. АНАЛИЗА РЕЦЕНТНИХ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА	59
3.1. ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА	61
3.1.2. ПРОСЕЧНЕ МЕСЕЧНЕ И ГОДИШЊЕ ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА	61
3.1.3. ПРОСЕЧНЕ СЕЗОНСКЕ ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА	75
3.1.4. АПСОЛУТНО МАКСИМАЛНЕ И МИНИМАЛНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА	88
3.2. УЧЕСТАЛОСТ ДАНА СА КАРАКТЕРИСТИЧНИМ ТЕМПЕРАТУРАМА	98
3.2.1. ПРОСЕЧАН БРОЈ ЛЕДЕНИХ ДАНА ($T_{\text{MAX}} < 0^{\circ}\text{C}$)	98
3.2.2. ПРОСЕЧАН БРОЈ МРАЗНИХ ДАНА ($T_{\text{MIN}} < 0^{\circ}\text{C}$)	102
3.2.3. ПРОСЕЧАН БРОЈ ЛЕТЊИХ ДАНА ($T_{\text{MAX}} \geq 25^{\circ}\text{C}$)	106
3.2.4. ПРОСЕЧАН БРОЈ ТРОПСКИХ ДАНА ($T_{\text{MAX}} \geq 30^{\circ}\text{C}$)	110
3.2.5. ПРОСЕЧАН БРОЈ ТРОПСКИХ НОЋИ ($T_{\text{MIN}} \geq 20^{\circ}\text{C}$)	114
3.3. АНАЛИЗА ПАДАВИНА	118
3.3.1. ПРОСЕЧНЕ МЕСЕЧНЕ И ГОДИШЊЕ КОЛИЧИНЕ ПАДАВИНА	118
3.3.2. ПРОСЕЧНЕ СЕЗОНСКЕ КОЛИЧИНЕ ПАДАВИНА	127
3.3.3. МАКСИМАЛНЕ ДНЕВНЕ КОЛИЧИНЕ ПАДАВИНА	139
3.3.4. ВАРИЈАБИЛНОСТ ПАДАВИНА	144
3.3.5. КИШНИ ФАКТОР	150
3.3.6. ИНДЕКС СУШЕ	153

3.3.7. БРОЈ ДАНА СА СНЕЖНИМ ПОКРИВАЧЕМ	156
4. АНАЛИЗА ПРОТИЦАЈА РЕКА У БОСНИ И ХЕРЦЕГОВИНИ	159
4.1. ПРОСЕЧНИ МЕСЕЧНИ И ГОДИШЊИ ПРОТИЦАЈИ	160
4.2. ПРОСЕЧНИ СЕЗОНСКИ ПРОТИЦАЈИ	166
4.3. МАКСИМАЛНИ И МИНИМАЛНИ ПРОТИЦАЈИ	175
4.4. ВАРИЈАБИЛНОСТ ПРОТИЦАЈА	181
4.4.1. КОЕФИЦИЈЕНТ КОЛЕБАЊА (ВАРИЈАЦИЈЕ) ПРОТИЦАЈА	181
4.4.2. СТАНДАРДНА ДЕВИЈАЦИЈА	184
4.4.3. АНАЛИЗА ПЕРЦЕНТИЛА	184
5. УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА НА РЕЧНЕ ПРОТИЦАЈЕ	186
5.1. ПРОМЕНЕ ГОДИШЊЕ TEMПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА, ПАДАВИНА И ПРОТИЦАЈА	191
5.1.1. TEMПЕРАТУРА ВАЗДУХА	191
5.1.2. ПАДАВИНЕ	192
5.1.3. АНАЛИЗА УТИЦАЈА ПРОМЕНЕ КЛИМАТСКИХ ЕЛЕМЕНАТА НА ПРОТИЦАЈЕ НА ГОДИШЊЕМ НИВОУ	194
5.2. ПРОМЕНЕ TEMПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА И ПАДАВИНА И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ПРОМЕНЕ ПРОТИЦАЈА У СЕЗОНИ ЗИМА	197
5.2.1. TEMПЕРАТУРА ВАЗДУХА	197
5.2.2. ПАДАВИНЕ	198
5.2.3. АНАЛИЗА УТИЦАЈА ПРОМЕНЕ КЛИМАТСКИХ ЕЛЕМЕНАТА НА ПРОТИЦАЈЕ У СЕЗОНИ ЗИМА	201
5.3. ПРОМЕНЕ TEMПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА, ПАДАВИНА И ПРОТИЦАЈА У СЕЗОНИ ПРОЛЕЋЕ	202
5.3.1. TEMПЕРАТУРА ВАЗДУХА	202
5.3.2. ПАДАВИНЕ	204
5.3.3. АНАЛИЗА УТИЦАЈА ПРОМЕНЕ КЛИМАТСКИХ ЕЛЕМЕНАТА НА ПРОТИЦАЈЕ У СЕЗОНИ ПРОЛЕЋЕ	206
5.4. ПРОМЕНЕ TEMПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА, ПАДАВИНА И ПРОТИЦАЈА У СЕЗОНИ ЛЕТО	208
5.4.1. TEMПЕРАТУРА ВАЗДУХА	208
5.4.2. ПАДАВИНЕ	210
5.4.3. АНАЛИЗА УТИЦАЈА ПРОМЕНЕ КЛИМАТСКИХ ЕЛЕМЕНАТА НА ПРОТИЦАЈЕ У СЕЗОНИ ЛЕТО	212
5.5. ПРОМЕНЕ TEMПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА, ПАДАВИНА И ПРОТИЦАЈА У СЕЗОНИ ЈЕСЕН	214
5.5.1. TEMПЕРАТУРА ВАЗДУХА	214
5.5.2. ПАДАВИНЕ	216
5.5.3. АНАЛИЗА УТИЦАЈА ПРОМЕНЕ КЛИМАТСКИХ ЕЛЕМЕНАТА НА ПРОТИЦАЈЕ У СЕЗОНИ ЈЕСЕН	218
6. ВЕЗА ИЗМЕЂУ ПРОТИЦАЈА И КЛИМАТСКИХ ЕЛЕМЕНАТА	220
6.1. КОРЕЛАЦИОНА АНАЛИЗА	220
6.2. АНАЛИЗА СРЕДЊИХ ПОКРЕТНИХ ДНЕВНИХ TEMПЕРАТУРА ВАЗДУХА, ПАДАВИНА И ПРОТИЦАЈА	223
6.2.1. ПРОФИЛ САНСКИ МОСТ	225
6.2.2. ПРОФИЛ ПРИЈЕДОР	226
6.2.3. ПРОФИЛ РЕЉЕВО	227
6.2.4. ПРОФИЛ МАГЛАЈ	227
6.2.5. ПРОФИЛ ОЛОВО	228
6.2.6. ПРОФИЛ ЗАВИДОВИЋИ (КРИВАЈА)	229
6.2.7. ПРОФИЛ МЕРДАНИ	230

СПИСАК ТАБЕЛА

- Табела 1. Површине главних речних сливова и дужине водотока > 10 km
- Табела 2. Координате анализираних метеоролошких станица
- Табела 3. Просечне месечне и годишње температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)
- Табела 4. Просечне годишње температурне амплитуде у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)
- Табела 5. Најтоплије године у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 6. Најхладније године у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 7. Најтоплији и најхладнији петогодишњи периоди у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)
- Табела 8. Декадни тренд просечних месечних и годишњих температура ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)
- Табела 9. Просечне годишње температурне амплитуде ваздуха у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године (у °C)
- Табела 10. Просечне месечне и годишње температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године (°C)
- Табела 11. Промена дистрибуција просечних годишњих температура ваздуха између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 12. Просечне сезонске температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)
- Табела 13. Петогодишње просечне сезонске температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)
- Табела 14. Декадни тренд просечних сезонских температура ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)
- Табела 15. Просечне сезонске температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године (°C)
- Табела 16. Промена дистрибуција (D) просечних сезонских температура ваздуха између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 17. Апсолутно максималне месечне и годишње температуре ваздуха у Босни и у периоду 1961–2016. године (°C)
- Табела 18. Апсолутно минималне месечне и годишње температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)
- Табела 19. Декадни тренд апсолутно максималних и апсолутно минималних месечних и годишњих температура ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)
- Табела 20. Апсолутно максималне месечне и годишње температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године (°C)
- Табела 21. Апсолутно минималне месечне и годишње температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године (°C)
- Табела 22. Промена дистрибуција (D) годишњих апсолутно максималних температура ваздуха између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

- Табела 23. Промена дистрибуција (D) годишњих апсолутно минималних температура ваздуха између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 24. Просечни месечни и годишњи број ледених дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 25. Просечна месечна и годишња учесталост (%) ледених дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 26. Декадни тренд просечног годишњег броја ледених дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 27. Просечни месечни и годишњи број ледених дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године
- Табела 28. Промена дистрибуција (D) просечног годишњег броја ледених дана између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 29. Просечни месечни и годишњи број мразних дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 30. Просечна месечна и годишња учесталост (%) мразних дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 31. Декадни тренд просечног годишњег броја мразних дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 32. Просечни месечни и годишњи број мразних дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године
- Табела 33. Промена дистрибуција (D) просечног годишњег броја мразних дана између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 34. Просечни месечни и годишњи број летњих дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 35. Просечна месечна и годишња учесталост (%) летњих дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 36. Декадни тренд просечног годишњег броја летњих дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 37. Просечни месечни и годишњи број летњих дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године
- Табела 38. Промена дистрибуција (D) просечног годишњег броја летњих дана између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 39. Просечни месечни и годишњи број тропских дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 40. Просечна месечна и годишња учесталост (%) тропских дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 41. Декадни тренд просечног годишњег броја тропских дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 42. Просечни месечни и годишњи број тропских дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године
- Табела 43. Промена дистрибуција (D) просечног годишњег броја тропских дана између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 44. Просечни месечни и годишњи број тропских ноћи у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 45. Просечна месечна и годишња учесталост (%) тропских ноћи у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 46. Декадни тренд просечног годишњег броја тропских ноћи у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 47. Просечни месечни и годишњи број тропских ноћи у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

- Табела 48. Промена дистрибуција (D) просечног годишњег броја тропских ноћи између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 49. Просечне месечне и годишње количине падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 50. Године са највећом количином падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 51. Године са најмањом количином падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 52. Просечне месечне и годишње количине падавине (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године
- Табела 53. Промена дистрибуција просечних годишњих количина падавина између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 54. Декадни тренд просечних месечних и годишњих количина падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 55. Просечне сезонске количине падавина (mm и %) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 56. Декадни тренд просечних сезонских количина падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 57. Просечне месечне и годишње количине падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године
- Табела 58. Промена дистрибуција (D) просечних сезонских количина падавина између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 59. Максимална дневна количина падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 60. Декадни тренд максималне дневне количине падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 61. Максимална дневна количина падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године
- Табела 62. Промена дистрибуција максималне дневне количине падавина између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 63. Амплитуда просечних месечних и годишњих падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 64. Просечни месечни и годишњи коефицијенти колебања (%) падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 65. Просечни месечни и годишњи коефицијенти колебања падавина (%) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године
- Табела 66. Просечни сезонски коефицијенти колебања (%) падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 67. Просечни сезонски коефицијенти колебања (%) падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 68. Рангирање годишњих и сезонских падавина у Босни и Херцеговини на основу стандардизованих аномалија у периоду 1961–2016. године
- Табела 69. Просечне годишње вредности кишног фактора (према Лангу) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 70. Просечне годишње вредности кишног фактора (према Лангу) у Босни и Херцеговини у периоду у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године
- Табела 71. Просечне месечне вредности кишног фактора (према Грачанину) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 72. Просечне месечне вредности кишног фактора (према Грачанину) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године
- Табела 73. Просечне месечне и годишње вредности индекса суше у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

- Табела 74. Просечне месечне и годишње вредности индекса суше у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године
- Табела 75. Просечни месечни и годишњи број дана са снежним покривачем у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 76. Просечна месечна и годишња учесталост (%) дана са снежним покривачем у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 77. Декадни тренд просечног годишњег броја дана са снежним покривачем у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 78. Просечни месечни и годишњи број дана са снежним покривачем у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године
- Табела 79. Промена дистрибуција (D) просечног годишњег броја дана са снежним покривачем између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 80. Географски положај анализираних хидролошких станица у Босни и Херцеговини
- Табела 81. Просечни месечни и годишњи протицаји (m^3/s) на Сани и Врбањи у периоду 1961–2016. године
- Табела 82. Године са највећим (а) и најнижим (б) протицајима Сане и Врбање у периоду 1961–2016. године
- Табела 83. Петогодишњи највећи и најмањи протицаји на Сани и Врбањи у периоду 1961–2016. године
- Табела 84. Декадни тренд просечних месечних и годишњих протицаја (m^3/s) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 85. Просечни месечни и годишњи протицаји (m^3/s) река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 2001–2016 (б) године
- Табела 86. Промена дистрибуција просечних годишњих протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 87. Просечни сезонски протицаји (m^3/s) река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 88. Петогодишњи просечни сезонски протицаји река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 89. Декадни тренд просечних протицаја (m^3/s) река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 90. Просечни сезонски протицаји (m^3/s) река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 2001–2016 (б) године
- Табела 91. Промена дистрибуција (D) просечних сезонских протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 92. Апсолутно максимални месечни и годишњи протицаји (m^3/s) река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 2001–2016 (б) године
- Табела 93. Апсолутно минимални месечни и годишњи протицаји (m^3/s) река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 2001–2016 (б) године
- Табела 94. Промена дистрибуција максималних годишњих протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 95. Промена дистрибуција минималних годишњих протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)
- Табела 96. Просечни месечни и годишњи коефицијенти колебања протицаја Сане и Врбање у периоду 1961–2016. године
- Табела 97. Просечни месечни и годишњи коефицијенти колебања протицаја река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990. (а) и 1991–2016. (б) године
- Табела 98. Просечни сезонски коефицијенти колебања протицаја река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

- Табела 99. Просечни сезонски коефицијенти колебања протицаја река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела 100. Рангирање година и сезона по водности у Босни и Херцеговини на основу стандардизованих аномалија у периоду 1961–2016. године
- Табела 101. Број средњоводних, многоводних и маловодних година по пентадама на профилима Приједор и Врбања у периоду 1961–2016. године
- Табела 102. Просечне годишње и сезонске вредности температуре ваздуха (°C) и падавина (mm) на анализираним метеоролошким станицама у периоду 1961–1990. године
- Табела 103. Просечне годишње и сезонске вредности температуре ваздуха (°C) и падавина (mm) на анализираним метеоролошким станицама у периоду 2001–2016. године
- Табела 104. Просечне годишње и сезонске вредности протицаја (m^3/s) река у периоду 1961–1990 (а) и у периоду 2001–2016 (б) године у Босни и Херцеговини
- Табела 105. Регресиони модели за израчунавање просечне годишње температуре ваздуха у периоду 1961–1990. године
- Табела 106. Регресиони модели за израчунавање просечне годишње температуре ваздуха у периоду 2001–2016. године
- Табела 107. Регресиони модели за израчунавање просечне годишње количине падавина у периоду 1961–1990. године
- Табела 108. Регресиони модели за израчунавање просечне годишње количине падавина у периоду 2001–2016. године
- Табела 109. Промене просечне годишње температуре ваздуха и падавина до анализираних хидролошких профила у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Табела 110. Промене просечних годишњих протицаја на анализираним хидролошким профилима у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Табела 111. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони зима у периоду 1961–1990. године
- Табела 112. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони зима у периоду 2001–2016. године
- Табела 113. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони зима у периоду 1961–1990. године
- Табела 114. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони зима у периоду 2001–2016. године
- Табела 115. Промене просечне зимске температуре ваздуха и падавина до анализираних хидролошких профила у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Табела 116. Промене просечних зимских протицаја на анализираним хидролошким профилима у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Табела 117. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони пролеће у периоду 1961–1990. године
- Табела 118. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони пролеће у периоду 2001–2016. године
- Табела 119. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони пролеће у периоду 1961–1990. године
- Табела 120. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони пролеће у периоду 2001–2016. године
- Табела 121. Промене просечне пролећне температуре ваздуха и падавина до анализираних хидролошких профила у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

- Табела 122. Промене просечних пролећних протицаја на анализираним хидролошким профилима у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Табела 123. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони лето у периоду 1961–1990. године
- Табела 124. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони лето у периоду 2001–2016. године
- Табела 125. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони лето у периоду 1961–1990. године
- Табела 126. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони лето у периоду 2001–2016. године
- Табела 127. Промене просечне летње температуре ваздуха и падавина до анализираних хидролошких профила у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Табела 128. Промене просечних летњих протицаја на анализираним хидролошким профилима у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Табела 129. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони јесен у периоду 1961–1990. године
- Табела 130. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони јесен у периоду 2001–2016. године
- Табела 131. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони јесен у периоду 1961–1990. године
- Табела 132. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони јесен у периоду 2001–2016. године
- Табела 133. Промене просечне јесење температуре ваздуха и падавина до анализираних хидролошких профила у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Табела 134. Промене просечних јесењих протицаја на анализираним хидролошким профилима у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Табела 135. Парови хидролошких и метеоролошких станица коришћених у корелационој анализи између протицаја река и климатских елемената
- Табела 136. Пирсонов коефицијент корелације између просечних годишњих и сезонских протицаја река и климатских елемената у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Табела. 137. Парови хидролошких и метеоролошких станица коришћених у корелационој анализи између 21-дневних средњих покретних протицаја река и климатских елемената
- Табела 138. Пирсонов коефицијент корелације између 21-дневних средњих покретних протицаја река и климатских елемената у Босни и Херцеговини у периодима 1961–1990. и 2001–2016. године
- Табела 139. Пирсонов коефицијент корелације између 21-дневних средњих покретних протицаја река и падавина у сезони лето у периодима 1961–1990. и 2001–2016. године

СПИСАК СЛИКА

Слика 1. Промена температуре ваздуха у периоду 1901–2012. године

Слика 2. Декадни трендови просечне годишње температуре ваздуха у Европи у периоду 1960–2017. године

Слика 3. Промене годишње количине падавина у свету у периоду 1951–2010. године

- Слика 4. Декадни трендови просечних годишњих (лево) и летњих (десно) падавина у Европи у периоду 1960–2015. године
- Слика 5. Трендови просечних годишњих протицаја у свету у периоду 1948–2004. године
- Слика 6. Естимоване вредности промена годишњих вредности протицаја река (%) у периоду 1958–2000. године
- Слика 7. Годишњи тренд аномалија речних протицаја у Европи у периоду 1950–2015. године
- Слика 8. Геолошки комплекси и главне тектонске структуре Босне и Херцеговине
- Слика 9. Хипсометријска карта Босне и Херцеговине
- Слика 10. Географски положај главних речних сливова у Босни и Херцеговини
- Слика 11. Хидрографска мрежа Босне и Херцеговине
- Слика 12. Хидрографија и хидрогеологија слива реке Уне
- Слика 13. Хидрографија слива реке Врбас
- Слика 14. Хидрографија слива реке Босне
- Слика 15. Хидрографија слива реке Неретве
- Слика 16. Потенцијална вегетација Босне и Херцеговине
- Слика 17. Географски положај анализираних метеоролошких станица у Босни и Херцеговини
- Слика 18. Поступак одређивања просечне количине падавина на примеру реке Биштице уврштавањем регресионе једначине модела у опцију „растер калкулатор” (QGIS)
- Слика 19. Географски положај метеоролошких станица у периоду 1961–1990. године
- Слика 20. Географски положај метеоролошких станица у периоду 2001–2016. године
- Слика 21. Географски положај анализираних хидролошких станица у Босни и Херцеговини
- Слика 22. Промене просечних годишњих протицаја, падавина и температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Слика 23. Промене просечних зимских протицаја, падавина и температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Слика 24. Промене просечних пролећних протицаја, падавина и температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Слика 25. Промене просечних летњих протицаја, падавина и температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- Слика 26. Промене просечних јесењих протицаја, падавина и температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

СПИСАК ГРАФИКОНА

- Графикон 1. Најтоплије и најхладније године у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Графикон 2. Најтоплије и најхладније године у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Графикон 3. Најтоплије и најхладније године у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године
- Графикон 4. Промене просечне годишње температуре ваздуха – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 5. Функције густине вероватноће просечних годишњих температура ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)

- Графикон 6. Промене просечне температуре ваздуха у сезони зима – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 7. Промене просечне температуре ваздуха у сезони пролеће – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 8. Промене просечне температуре ваздуха у сезони лето – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 9. Промене просечне температуре ваздуха у сезони јесен – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 10. Функције густине вероватноће просечних температура ваздуха у сезони зима у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)
- Графикон 11. Функције густине вероватноће просечних температура ваздуха у сезони пролеће у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)
- Графикон 12. Функције густине вероватноће просечних температура ваздуха у сезони лето у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)
- Графикон 13. Функције густине вероватноће просечних температура ваздуха у сезони јесен у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)
- Графикон 14. Године са највишим апсолутно максималним годишњим температурама (црвено) и године са најнижим апсолутно минималним годишњим температурама (плаво) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990. године
- Графикон 15. Године са највишим апсолутно максималним годишњим температурама (црвено) и године са најнижим апсолутно минималним годишњим температурама (плаво) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990. године
- Графикон 16. Функције густине вероватноће годишњих апсолутно максималних температура ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 године (пуна линија)
- Графикон 17. Функције густине вероватноће годишњих апсолутно минималних температура ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 године (пуна линија)
- Графикон 18. Промене годишњег броја ледених дана – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 19. Промене годишњег броја мразних дана – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 20. Промене годишњег броја летњих дана – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 21. Промене годишњег броја тропских дана – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 22. Промене годишњег броја тропских ноћи – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 23. Промене просечне годишње количине – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 24. Функције густине вероватноће просечних годишњих количина падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)
- Графикон 25. Промене просечне количине падавина у сезони зима – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 26. Промене просечне количине падавина у сезони пролеће – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

- Графикон 27. Промене просечне количине падавина у сезони лето – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 28. Промене просечне количине падавина у сезони јесен – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 29. Функције густине вероватноће просечне количине падавина у сезони зима у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)
- Графикон 30. Функције густине вероватноће просечне количине падавина у сезони пролеће у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990. (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)
- Графикон 31. Функције густине вероватноће просечне количине падавина у сезони лето у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)
- Графикон 32. Функције густине вероватноће просечне количине падавина у сезони јесен у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)
- Графикон 33. Функције густине вероватноће максималних дневних количина падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)
- Графикон 34. Промене годишњег просечног броја дана са снежним покривачем – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 35. Хидрограми просечних месечних протицаја (m^3/s) на Сани и Врбањи у периоду 1961–2016. године
- Графикон 36. Промене просечних годишњих протицаја – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 37. Функције густине вероватноће просечних годишњих протицаја у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 2001–2016 (пуна линија)
- Графикон 38. Промене просечних сезонских протицаја – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)
- Графикон 39. Функције густине вероватноће просечних протицаја река у сезони зима у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 2001–2016 (пуна линија)
- Графикон 40. Функције густине вероватноће просечних протицаја река у сезони пролеће у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 2001–2016 (пуна линија)
- Графикон 41. Функције густине вероватноће просечних протицаја река у сезони лето у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 2001–2016 (пуна линија)
- Графикон 42. Функције густине вероватноће просечних протицаја река у сезони јесен у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 2001–2016 (пуна линија)
- Графикон 43. Функције густине вероватноће максималних протицаја у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)
- Графикон 44. Функције густине вероватноће минималних протицаја у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)
- Графикон 45. Просечни годишњи протицаји на профилу Приједор (Сана) у периоду 1961–2016. године – перцентили
- Графикон 46. Просечни годишњи протицаји на профилу Врбања (Врбања) у периоду 1961–2016. године – перцентили
- Графикон 47. Регресиони модел просечне годишње температуре ваздуха у рејону Босне у периоду 1961–1990. године

- Графикон 48. Регресиони модел просечне годишње температуре ваздуха у рејону Уне у периоду 1961–1990. године
- Графикон 49. Регресиони модел просечне годишње температуре ваздуха у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године
- Графикон 50. Регресиони модел просечне годишње количине падавина у рејону Врбаса у периоду 1961–1990. године
- Графикон 51. Регресиони модел просечне годишње количине падавина у рејону Уне и Врбаса у периоду 2001–2016. године
- Графикон 52. Регресиони модел просечне зимске температуре ваздуха у рејону Неретве у периоду 1961–1990. године
- Графикон 53. Регресиони модел просечне зимске температуре ваздуха у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године
- Графикон 54. Регресиони модел просечне зимске количине падавина у рејону Уне у периоду 1961–1990. године
- Графикон 55. Регресиони модел просечне зимске количине падавина у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године
- Графикон 56. Регресиони модел просечне пролећне температуре ваздуха у рејону Врбаса у периоду 1961–1990. године
- Графикон 57. Регресиони модел просечне пролећне температуре ваздуха у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године
- Графикон 58. Регресиони модел просечне пролећне количине падавина у рејону Неретве у периоду 1961–1990. године
- Графикон 59. Регресиони модел просечне пролећне количине падавина у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године
- Графикон 60. Регресиони модел просечне летње температуре ваздуха у рејону Врбаса у периоду 1961–1990. године
- Графикон 61. Регресиони модел просечне летње температуре ваздуха у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године
- Графикон 62. Регресиони модел просечне летње количине падавина у рејону Неретве у периоду 1961–1990. године
- Графикон 63. Регресиони модел просечне летње количине падавина у рејону Босне у периоду 2001–2016. године
- Графикон 64. Регресиони модел просечне јесење температуре ваздуха у рејону Уне у периоду 1961–1990. године
- Графикон 65. Регресиони модел просечне јесење температуре ваздуха у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године
- Графикон 66. Регресиони модел просечне јесење количине падавина у рејону Босне у периоду 1961–1990. године
- Графикон 67. Регресиони модел просечне јесење количине падавина у рејону Босне у периоду 2001–2016. године
- Графикон 68. Вредности средњих дневних температура ваздуха и протицаја у Босни и Херцеговини за 21-дневне периоде с кораком од једног дана у периодима 1961–1990. (плава линија/температуре – сива линија/протицаји) и 2001–2016. године (црвена линија/температуре – жута линија/протицаји)
- Графикон 69. Вредности средњих дневних падавина и протицаја у Босни и Херцеговини за 21-дневне периоде с кораком од једног дана у периодима 1961–1990 (плава линија/ падавине – сива линија/ протицаји) и 2001–2016. године (црвена линија/падавине – жута линија/ протицаји)

УВОД

Изучавање протицаја река у контексту савремених климатских промена представља веома популарну научну проблематику, која последњих неколико деценија привлачи пажњу великог броја научника широм света. Истраживањем везе између речних протицаја и климатских промена бави се хидроклиматологија, чији основни циљ представља разумевање и дефинисање степена условљености процеса унутар хидролошког циклуса у односу на климу (McGregor, 2017). Хидроклиматологија такође покрива широк спектар истраживања која су у вези са климом и водама, обухватајући различите просторно-временске нивое (од локалних до глобалних размера, као временске распоне на нивоу миленијума до дневних флукуација). Такође, хидроклиматологија се може дефинисати као наука која се бави изучавањем просечних вредности, варијабилности, трендова и хидролошких екстрема у контексту климе (Curtis, 2010; Hirschboeck 2009; Shelton, 2009). Значај изучавања ове интеракције постаје већи ако узмемо у обзир да реке представљају фундаментални ресурс који обезбеђује храну, енергију, станиште као и низ значајних биолошких, хемијских, физичких и социо-економских функција у животној средини. Негативни ефекат који глобално загревање може имати на водне ресурсе изазива озбиљну забринутост у погледу доступности воде у будућности, посебно ако се узме у обзир притисак глобалног раста популације и последично повећање потребе за производњом хране. Просечна глобална температура порасла је за 0,9 °C у односу на преиндустријски период, а просечно повећање екстремних дневних падавина износи 18%, што је последица утицаја антропогенних активности (Fischer & Knutti, 2015). Предвиђа се да ће се услед климатских промена број људи са смањеном доступношћу воде глобално повећати за 15%, док се знатно повећање предвиђа за део светске популације која живи у условима апсолутне оскудице воде (Schewe et al., 2014). Стога, разумевање динамике образаца протицаја река, у домену рецентних климатских промена, представља есенцијални корак за адекватно управљање водама, поготово ако се узме у обзир да водни ресурси у многим регионима показују озбиљне проблеме у погледу доступности и квалитета воде (Biao, 2017; Döll et al., 2014; Jiménez Cisneros et al., 2014). Климатске карактеристике одређеног подручја детерминишу физичке и еколошке процесе у рекама. С обзиром на то да су режими протицаја у директној вези са климатским елементима, може се констатовати да осматрене дугорочне промене климе морају, у одређеној мери, бити рефлектоване кроз протицаје на нивоу одређеног сливног подручја. Клима се непрестано мења и свака промена има директну рефлексију на флувијалне и еколошке процесе у рекама. Речни протицај, са својим просечним и екстремним вредностима и варијабилношћу, представља важну компоненту копнене гране хидролошког циклуса, која је са климом интегрисана преко читавог низа процеса који повезују физичко стање и динамику океана и атмосфере са површином земље (Bhagwat & Maity, 2014; Hannah et al., 2014; Kingston et al., 2006; Vihma et al., 2016). Такође, протицаји су у директној вези са климатским елементима, односно са просторно-временском дистрибуцијом падавина, температуре ваздуха и евапорације. Протицаји зависе и од осталих, неклиматских фактора попут геолошке основе, морфологије рељефа, вегетацијског покривача и антропогеног фактора, који модификују утицај климатских елемената. Климатске промене и антропогене активности представљају главне покретаче који утичу на промене режима протицаја река, па се тако с правом поставља питање да ли су промене протицаја производ искључиво климе или антропогени фактори имају подједнако битан утицај. Директан антропогени утицај на протицаје огледа се преко регулације водотока (броне, вештачке акумулације) и употребе иригационих система који се снабдевају водом из река, језера, акумулација и подземних вода. С друге стране, индиректан утицај на протицаје првенствено се манифестује преко начина употребе земљишта. У покушају да се што прецизније установи веза између климатских промена и протицаја река, као и да се што више покуша елиминисати антропогени утицај, у овом истраживању фокус је стављен на анализу

нерегулисаних, природних речних токова у Босни и Херцеговини за које постоје дугогодишња мерења протицаја.

Географски простор Босне и Херцеговине био је предмет проучавања многих хидролошких студија које су се углавном бавиле класичним хидролошким анализама, затим анализама биланса вода појединих сливова као и хидрогеолошким проучавањима за инжењерске потребе. Ниједна студија спроведена на простору Босне и Херцеговине није имала у фокусу истраживања међузависност климатских елемената и протицаја река, док су студије у којима се третирао овај проблем биле ретке, а сама анализа недовољно опсежна и комплексна. Ова чињеница указивала је на неопходност студије која би на свеобухватан начин покушала да утврди утицај рецентних климатских промена на протицај река у Босни и Херцеговини. Предмет проучавања јасно проистиче из наслова докторске дисертације, а односи се на анализу утицаја климатских промена на протицај река у Босни и Херцеговини. Ова докторска дисертација на основу свеобухватне и комплексне анализе треба да утврди и образложи климатске промене, као и њихов утицај на протицаје река. Научна студија такође треба да укаже на савремене процесе, који се пре свега односе на климатске промене и промене режима протицаја река.

Циљ научне студије је да на бази анализе климатских параметара утврди везу са протицајима река у Босни и Херцеговини. У раду се утврђују варијабилност протицаја и њени узроци. Такође, циљ је утврдити трендове најзначајнијих климатских елемената који утичу на протицаје, пре свега температуре ваздуха и падавина, и утврдити њихов утицај на промене протицаја река у Босни и Херцеговини. На основу утврђених резултата о променама протицаја река студија треба да понуди научну основу за будуће дефинисање мера адаптације на последице изазване климатским променама у секторима попут енергетике, пољопривреде, водопривреде и туризма. На крају, циљ је понудити научну основу за даља истраживања у оквиру ове савремене проблематике.

Задачи истраживања произилазе из дефинисаног предмета и утврђених циљева дисертације. Они су вези са проблематиком утврђивања климатских промена и њиховог утицаја на протицаје река, с једне, те осталих фактора режима протицаја, с друге стране, што претпоставља одговарајући теоријско-методолошки оквир. Задачи истраживања дефинисани су на следећи начин:

- приказати теоријско-методолошки оквир истраживања;
- дати преглед осматраних климатских промена у свету (приказати промене температуре ваздуха, падавина);
- дати преглед осматраних утицаја климатских промена на протицаје река у окружењу;
- приказати најзначајније факторе који утичу на режиме протицаја река;
- утврдити рецентне климатске промене у Босни и Херцеговини детерминисањем трендова најважнијих климатских елемената (температуре ваздуха и падавина) у периоду 1961–2016. године;
- утврдити промене водности река у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године
- утврдити утицај климатских промена на протицаје река у Босни и Херцеговини – установити узрок варијабилности протицаја и утврдити степен повезаности протицаја река са најважнијим климатским елементима).

Радне хипотезе истраживања одређене су на основу анализе одговарајућих научних чланака, претежно међународних аутора али и домаћих који су се бавили претходно споменутом научном проблематиком. Примарне хипотезе које су представљале почетни фундамент приликом израде научне студије прецизиране су следећим приступом.

- Реке су производ климата, односно директна последица односа падавина и температуре ваздуха на одређеном сливном подручју. Падавине су директно пропорционалне протицају. С друге стране, температура ваздуха, као други најважнији климатски елемент, обрнуто је пропорционална протицају река.
 - С обзиром на то да су протицаји река у директној зависности од климатских услова (првенствено падавина и температура), климатске промене директно ће утицати на измену режима протицаја река у Босни и Херцеговини. Поред измене режима протицаја, утицај 3 промена огледа се у смањеној водности река као и у све учесталијој појави сушних и водних периода.
 - Тренд загревања, које се превасходно огледа у порасту температуре ваздуха, присутан је на подручју Босне и Херцеговине од друге половине 20. века, док тренд постаје израженији крајем 20. и почетком 21. века.
 - Рецентне климатске промене већ су се показале фактором измене режима протицаја река у региону јужне Европе. Реке Босне и Херцеговине такође показују промене водности изазване променама појединих климатских елемената.
- Веома мали број истраживања у Босни и Херцеговини на тему утицаја климатских промена на водне ресурсе указује на потребу комплексног студијског истраживања утицаја промене климе на протицаје река. Установљене последице климатских промена на протицај река треба да послуже као основа за даљи развој и апликацију модела климатских адаптација на осматрене и пројектоване промене речних протицаја, како би се на што ефикаснији начин дефинисао план управљања и заштите најважнијег природног ресурса као и самог еко-система река (Cherkauer et al., 2021; Economic Commission for Europe Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes, 2009; Khatri & Strong, 2020; Srivastava et al., 2022).

У изради ове докторске дисертације примењене су различите научно-истраживачке методе и поступци, а истраживање предмета научне студије базирано је на основним и примењеним истраживањима. Избор научних метода у сагласности је са претходно утврђеним предметом, циљевима и задацима истраживања, а у циљу адекватног одговора на постављене задатке коришћена је савремена домаћа и страна научна литература. Укупан методолошки поступак, као и постављени задаци истраживања, подразумевају обиман кабинетски рад и примену савремене рачунарске технике (статистички софтвери; RStudio – version 1.1.383; XLSTAT–version 2014.5.03. и ГИС; QGIS–version 3.8 Zanzibar). У докторској дисертацији примењени су методи дескриптивне статистике (амплитуда, аритметичка средина, стандардна девијација, перцентили), Mann-Kendall тренд тест, непараметријски Колмогоров-Смирнов тест, који се искористио за утврђивање разлике расподеле два узорка, Пирсонов (Pearson) коефицијент просте линеарне корелације и метод покретних средњих вредности.

Студија полази од основне претпоставке да клима, као извор топлоте и воде, делује као главни фактор који контролише хидролошке процесе. Складно томе, да би се одредио утицај климатских промена на протицаје река, било је неопходно прво извршити анализу трендова температуре ваздуха и падавина у Босни и Херцеговини. Трендови климатских елемената и протицаја анализирани су за период 1961–2016. године на основу података са метеоролошких станица у Босни и Херцеговини за које постоје дугогодишња континуирана мерења. С обзиром на то да на већини метеоролошких станица у Босни и Херцеговини постоје прекиди у мерењима у декади 1991–2000, извршена је интерполација недостајућих података према подацима са метеоролошких станица Бањалука, Сарајево и Мостар (једине три станице у БиХ без прекида у мерењима). Анализа основних климатских елемената и речних протицаја извршена је на основу података са 15 метеоролошких (Бањалука, Билећа, Бијељина, Бјелашница, Бугојно, Добој, Иван седло, Ливно, Мостар, Приједор, Сански Мост, Сарајево, Соколац, Тузла и Зеница) и 13 хидролошких станица у Босни и Херцеговини (слив

реке Босне – Биоштица, Маглај, Рељево, Завидовићи_{БОСНА}, Олово, Завидовићи_{КРИВАЈА}, Мердани, Оловске Луке; слив реке Врбање – Врбања; слив реке Уне – Краље; слив реке Сане – Приједор, Сански Мост; слив реке Требижат – Хумац). Треба напоменути да је из хидролошке анализе искључена једна од малобројних станица са дугогодишњим континуираним мерењима, а реч је о хидролошком профилу Добој (Босна). Разлог за то потенцијално треба тражити у акумулацији (Модрац) на реци Спречи, која се код Добоја улива у реку Босну. Наиме, на овом профилу установљена су велика одступања протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године. Како валидно и рационално објашњење за ово одступање није пронађено, прави узрок вероватно се крије у валидности података или у потенцијалним проблемима саме акумулације. Међутим, како на реци Спречи не постоје дуготрајна и континуална мерења, а анализом разних студија није откривено постојање конкретног водопривредног проблема у сливу који би могао да изазове велике губитке воде, одлучено је да профил Добој буде искључен из ове анализе. У студији су коришћени климатолошки и хидролошки подаци Савезног хидрометеоролошког завода (Београд), Републичког хидрометеоролошког завода Републике Српске и Федералног хидрометеоролошког завода. За карактеризацију климатских услова и утврђивање савремених климатских промена на истраживаном простору обрађени су следећи климатски и хидролошки параметри:

- Температура ваздуха (просечне месечне, сезонске и годишње температуре ваздуха, максималне и минималне месечне, сезонске и годишње температуре ваздуха, температурне амплитуде, број дана са карактеристичним температурама – ледени дани, мразни дани, летњи дани, тропски дани и тропске ноћи, покретне 21-дневне средње вредности);
- Падавине (просечне месечне, сезонске и годишње количине падавина, максималне месечне, сезонске и годишње количине падавина, коефицијент колебања падавина, број кишних дана, број снежних дана, број дана са снежним покривачем, интензитети падавина, варијабилност падавина, покретне 21-дневне средње вредности);
- Климатски индекси (кишни фактор према Лангу и Грачанину, индекс суше према Де Мартону);
- Речни протицаји (просечни месечни, сезонски и годишњи протицаји, максимални и минимални месечни, сезонски и годишњи протицаји, колебање протицаја, стандардна девијација, перцентили, покретне 21-дневне средње вредности).

Након анализе средњих и екстремних вредности, утврђени су трендови месечних, сезонских и годишњих вредности наведених климатских елемената и протицаја. Савремени трендови просечних годишњих и сезонских температура ваздуха, падавина и протицаја утврђени су непараметарским Ман-Кендаловим тестом, који се користи за утврђивање постојања тренда у временским серијама и њиховог статистичког значаја, и непараметарским Сеновим методом, којим је одређена магнитуда тренда. Треба нагласити да се Ман-Кендал тест најчешће користи за утврђивање трендова у хидроклиматским временским секвенцама (Wang et al., 2015). Такође, веома је погодан за идентификацију трендова речних протицаја, с обзиром на то да подаци хидролошких временских серија нису подложни утицају дистрибуције самих података, као ни недостајућим вредностима у хидролошким мерењима (Gebremicael et al., 2017). Речни протицаји и елементи климе анализирани су за референтни климатолошки период 1961–1990. године и за период 1991–2016. године, како би се извршила компаративна анализа и утврдиле савремене промене анализираних параметара. Компаративна анализа између два претходно назначена периода анализирана је за свега два хидролошка профила (Сана – Приједор и Врбања – Врбања) јер на свим осталим профилима постоје прекиди у мерењу протицаја у периоду 1991–2000. године (ратни и послератни период). На свим осталим хидролошким профилима компаративна анализа просечних

годишњих и сезонских протицаја извршена је између периода 1961–1990. и 2001–2016. године. Анализиране су и промене дистрибуција средњих годишњих и сезонских температура ваздуха, падавина и протицаја између два претходно наведена вишегодишња периода. Тестирање значајности разлика у дистрибуцијама између два периода извршена је уз употребу двосмерног непараметарског Колмогоров-Смирнов теста. У покушају да се установи утицај промене климатских елемената, између периода 1961–1990. године и 2001–2016. године, на протицај река Босне и Херцеговине извршено је формирање хидролошких рејона за оба истраживана периода. Регресиони модели за одређивање просечне количине падавина и просечне температуре ваздуха формиран су разврставањем метеоролошких станица према географском положају, односно модели су доминантно формиран коришћењем станица које се налазе у истом сливном подручју. Коришћењем ГИС (QGIS) технике (опција „raster calculator“) дигитални модел терена (DEM), до одређеног хидролошког профила, уврштен је у једначину регресионог модела, на основу чега је за свако јединично поље добијена просечна температура ваздуха и просечна количина падавина на нивоу године и сезоне. Приликом израде модела за период 1961–1990. године коришћени су подаци са 43 метеоролошке станице широм Босне и Херцеговине. Модел за израчунавање просечне температуре ваздуха и просечне количине падавина у периоду 2001–2016. године добијен је на основу података са 18 метеоролошких станица. Како би се додатно потврдио утицај климатских промена на протицаје река, употребљен је метод покретних 21-дневних средњих, клизних, вредности температура ваздуха, падавина и протицаја за периоде 1961–1990. и 2001–2016. године. „Разбијајући“ годину на покретне дневне средње вредности смањују се међудневне разлике, а такође се омогућава адекватно одређивање када (датумски) долази до промена у елементима климе и протицаја између истраживаних периода. Корелациона анализа повезаности климатских елемената и протицаја извршена је уз употребу Пирсоновог коефицијента корелације. Комплексна анализа елемената климе и протицаја обезбедиће основу за анализу утицаја рецентних климатских промена на протицаје река Босне и Херцеговине. У процесу истраживања примењена је савремена методологија која представља наставак претходних хидролошких студија утицаја климатских промена на протицаје река на истраживаном подручју.

1. ТЕОРИЈСКО-МЕТОДОЛОШКИ ОКВИР ИСТРАЖИВАЊА

1.1. КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ И ВАРИЈАБИЛНОСТ КЛИМЕ

Климатске промене јављају се као последица сложених односа унутар климатског система, као и због утицаја спољашњих фактора. Промене климе проузроковане интеракцијама унутар климатског система односе се на измењене односе његових саставних компоненти (атмосфере, хидросфере, криосфере, педосфере и биосфере), док промене изазване спољашњим факторима подразумевају утицај вулканских ерупција, соларне варијабилности (циклус Сунчевих пега) и антропогени утицај (промене састава атмосфере и промене начина коришћења земљишта) (IPCC, 2013; WMO, 2016b). Оквирна конвенција Уједињених нација о климатским променама (UNFCCC), с друге стране, климатске промене дефинише као: „промене које су у вези са директним или индиректним антропогеним активностима које утичу на промену састава глобалне атмосфере, те које се одвијају поред природне променљивости климе осмотрене кроз упоредиве периоде“ (WMO, 2016b). У конвенцији је на овај начин направљена дистинкција између климатских промена, које се приписују човековим активностима, и варијабилности климе, која се јавља као резултат природних процеса. Климатске промене односе се на статистички значајне промене просечних вредности или на промене варијабилности климатских елемената, а трају неколико деценија или дуже (IPCC, 2012; WMO, 2016b). Варијабилност климе дефинише се

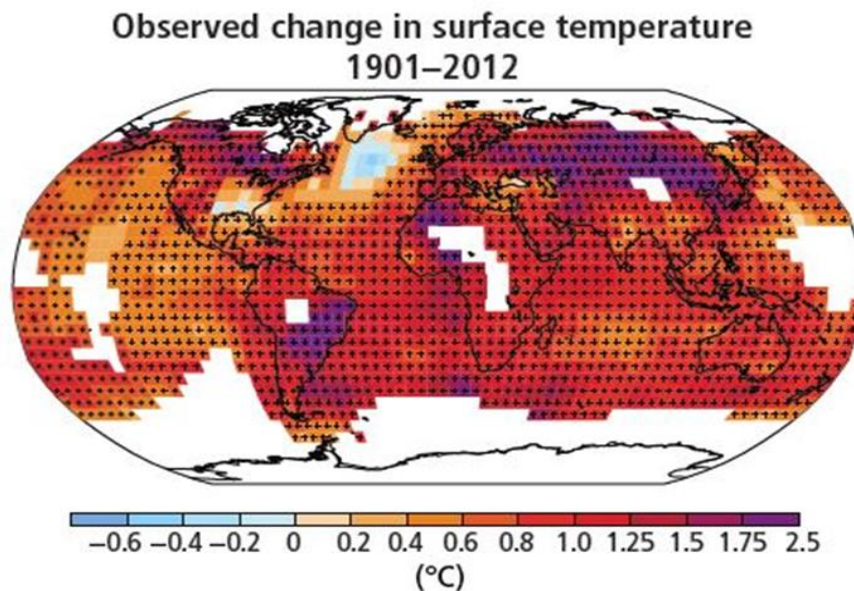
као колебање статистичких параметара климе (средњих вредности, екстремних вредности, стандардне девијације итд.) на свим временским и просторним скалама (WMO, 2016a). Термин *варијабилност климе* односи се на колебање климатских параметара које се дешава у краћим периодима (месец, сезона или година), док се само колебање, одступање, дефинише као аномалија. Варијабилност може бити последица природних унутрашњих процеса у оквиру климатског система или варијација природних или антропогених спољашњих фактора. Колебање климе може бити насумично, периодично, постепено и нагло (Rohli & Vega, 2012). Насумична варијабилност може се манифестовати као флукуација одређеног параметра која нема устаљен образац понављања, те се сматра неважном. Периодична варијабилност дефинише се као аномалија која има релативно правилан образац понављања. Постепена промена варијабилности може, а не мора, подразумевати измену средњих параметара климе, али укључује већа или мања одступања од средњих вредности, док нагле промене варијабилности подразумевају изненадне промене просечних вредности без претходно постепених померања ка њима (Rohli & Vega, 2012).

1.2. ПРОМЕНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА

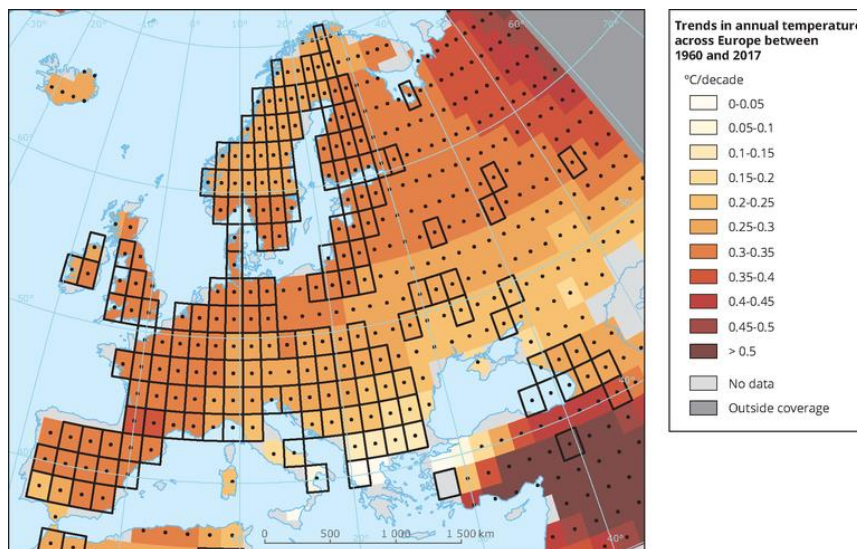
Глобално загревање је неупитно, а многе од осматрених промена у другој половини XX века нису забележене последњих деценија и векова (IPCC, 2014). Утврђено загревање климатског система утемељено је на основу директног мерења елемената климе, сателитских осматрања и палеоклиматских реконструкција. Директан мониторинг климатских варијабли врши се од средине 19. века, док употреба сателитских осматрања представља релативно новију технологију која је неопходна за праћење климатских варијабли на удаљеним, ненасељеним, подручјима и на вишим деловима атмосфере. С друге стране, реконструкцијом палеоклимата дат је увид у климатске промене које су се догодиле у распону од пре неколико хиљада до неколико милиона година. Информације о променама климе у прошлости представљају основу за будуће климатске промене као и за разумевање природног механизма варијабилности климе (Briner et al., 2006). Комбинованом употребом резултата претходно споменутих осматрања дат је опширан увид у дугорочне промене унутар климатског система (IPCC, 2013). Атмосфера и океани су се загрејали, количине снега и леда су смањене, а ниво светског мора је порастао (IPCC, 2013, Stocker, et al., 2014). Примаран индикатор промене климе представља глобално загревање, односно раст просечне глобалне температуре ваздуха (Foster & Rahmstorf, 2011). Просечна површинска температура океана и копна у периоду 1880–2012 године, порасла је за 0,85 °C (осмотрено повећање кретало се у интервалу 0,65–1,06 °C) (IPCC, 2013). С друге стране, глобална температура ваздуха повећала се од 1880. године до краја 20. века за 0,7 °C (Hansen et al., 2006). Током последњих 100 година, кад загревање климатског система постаје све израженије, забележена су два главна периода загревања: између 1910. и 1945. године и од 1976. године до данас, уз напомену да је стопа загревања у другом периоду била двоструко већа (IPCC, 2013). Рапидан пораст просечне температуре ваздуха од 1976. године износио је 0,2 °C/деценија (Hansen et al., 2006), а занимљив податак представља чињеница да је стопа загревања у последњих 50 година готово двоструко већа од оне у последњих 100 година ($0,13 \pm 0,03$ °C/деценија напрема $0,07 \pm 0,02$ °C/деценија) (Trenberth et al., 2007). Протекле три деценије биле су најтоплије током инструменталног периода, а свака деценија била је сукцесивно топлија од претходне. Према Luterbacher et al. (2004), последње три деценије (1974–2003) биле су најтоплији тридесетогодишњи период у последњих 500 година, док према извештају IPCC (2014), период 1983–2012. године представља најтоплији тридесетогодишњи период на северној хемисфери у последњих 800 година. Тренд глобалног загревања у последњих тридесет година износио је 0,6 °C/деценија, док је вредност тренда у 20. веку износила 0,8 °C по деценији (Hansen et al., 2006). Прва деценија 21. века била је најтоплија у односу на било коју претходну од 1850. године (Hartmann et al., 2013; IPCC, 2013). Просечна глобална температура у периоду 2006–2015. године, у просеку је била топлија за 0,83–0,89 °C у односу

на преиндустријски просек (Hansen et al., 2010; Karl et al., 2015; Morice et al., 2012). У периоду 2009–2018. године просечна глобална температура била је виша за 0,93 °C у односу на преиндустријски просек, што ову декаду чини најтоплијом у инструменталном периоду (WMO, 2018a). У прилог овој тврдњи иде и чињеница да је 18 од 19 најтоплијих година забележено након 2000. године. Најтоплија година у инструменталном периоду (1880–2017) била је 2016, која је за 1,2 °C била топлија од преиндустријског просека, док је друга најтоплија година била 2019, која је у односу на период 1850–1900 (преиндустријски период) била топлија за 1,1 °C (WMO, 2018b; WMO, 2020). Најтоплија година у 20. веку забележена је 1998. године, када је одступање од преиндустријског просека износило 0,63 °C. Током 20. века температура ваздуха се повећала и у већини делова Европе, али је стопа загревања била највиша у последњој четвртини века (Kovats et al., 2014). Просечна температура у Европи у периоду 2008–2017. године, у просеку је била виша за 1,61–1,71 °C у односу на преиндустријски просек. Ова деценија била је најтоплија у инструменталном периоду, а раст просечне температуре ваздуха био је изражен у односу на глобални просек и очекиване климатске пројекције (EEA, 2018a; van der Schrier et al., 2013). Декадни трендови просечних годишњих температура ваздуха у периоду 1960–2015. године бележе значајне позитивне вредности широм европског континента, а највеће вредности декадних трендова забележене су на простору југозападне, западне, централне и североисточне Европе. Током последњих 50 година у Европи је највеће загревање осматрано на подручју Пиринејског полуострва, планинских делова централне Европе и на простору североисточне Европе. Анализа тренда просечних годишњих температура ваздуха у Шпанији у периоду 1981–2010. године показала је пораст који је износио између 0,2 °C и 0,3 °C/деценија, док је најинтензивније загревање забележено у сезонама пролеће и лето (0,5 °C/деценија) (Moratíel et al., 2016). Од краја 19. века до краја 20. века, температуре у Алпима порасле су брзином која је готово двоструко већа од севернохемисферног просека, што износи укупни годишњи пораст температуре од око 2 °C. Осматрано загревање било је релативно хомогено у алпском региону и нарочито је било изражено од 1980. године, са средњим годишњим стопама загревања од око 0,5 °C/деценија (Gobiet et al., 2014). Најинтензивније загревање у претходних 30 година забележено је изнад Скандинавије, посебно у сезони зима, док је највеће загревање у сезони лето осматрано изнад Пиринејског полуострва (Haylock et al., 2008). Током протеклих неколико година, бројне студије анализирале су температурне варијације у контексту очекиваног утицаја климатских промена на природне и антропогене системе. Истраживања су показала да је загревање климатског система присутно на подручју јужне Европе. Годишње и сезонске анализе температуре ваздуха у Босни и Херцеговини, Србији, Хрватској, Словенији, Црној Гори и Грчкој показале су изражене и углавном значајне позитивне трендове у великој већини области у другој половини 20. и почетком 21. века (Ducić et al., 2009; Ducić et al., 2008; Bajat et al., 2015; Branković et al., 2013; Milošević et al., 2013; Burić et al., 2014; Mamara et al., 2016, Trbić et al., 2017). Укупни позитивни трендови годишњих температура ваздуха углавном су узроковани високим и статистички значајним позитивним трендовима у сезони лето. Највише вредности тренда забележене су у сезони лето, а затим у сезонама зима и пролеће. Незнатан раст јесењих температура ваздуха јавља се као последица углавном позитивних трендова који нису статистички значајни. Анализа тренда просечне годишње температуре ваздуха у Словенији у периоду 1961–2011. године показала је значајан раст, који износи око 0,36 °C по деценији. Најзапаженије загревање примећено је у сезонама пролеће и лето, што у већем делу Словеније износи око 0,4 °C или 0,5 °C/деценија, док промене у сезони јесен нису биле статистички значајне (Slovenian Environment Agency, 2018). Истраживање тренда температуре ваздуха у Србији, спроведено на бази података са 64 метеоролошке станице у периоду 1961–2010. године, показало је да је на већини станица (35) 1989. година била година у којој је дошло до промене температуре ваздуха, док су промене на осталим станицама забележене између 1985. и 1995. године. Естимоване вредности тренда просечне годишње температуре ваздуха до преломне 1989. године указују на негативне трендове, који су износили од -0,01 °C до -0,87 °C/деценија.

Вредности тренда у периоду након исте године показују повећање од 0.18 до 3.62 °C/деценија, а на сезонском нивоу најистакнутији раст температура након 1989. године забележен је у сезони лето, где је на 22 станице забележен значајан позитиван тренд (Вајат et al., 2015). Анализа температуре ваздуха на подручју Босне и Херцеговине показала је да укупан простор одликује статистички значајно ($p < 0,01$) годишње загревање. Уочен раст трендова средњих годишњих температура ваздуха кретао се у интервалу 0,2–0,5 °C на декадном нивоу. Највећи и најзначајнији раст тренда на већини станица забележен је у сезони лето (0,30 °C – 0,61 °C/деценија), док су за сезону јесен утврђени позитивни трендови који углавном нису статистички значајни (Trbić et al., 2017).



Слика 1. Промена температуре ваздуха у периоду 1901–2012. године (Извор: ИРСС, 2014)



Слика 2. Декадни трендови просечне годишње температуре ваздуха у Европи у периоду 1960–2017. године (Извор: ЕЕА, 2018a)

Као последица загревања, осим позитивних трендова просечних температура ваздуха, утврђен је и пораст екстремне температуре ваздуха (Alexander et al., 2006). Резултати анализе глобалних трендова екстремних температура у периоду 1901–2018. године, показују да готово све температурне индексе (засноване на перцентилима) одликују значајне промене у другој половини 20. века (Dunn et al., 2020). Забележене промене у складу су са глобалним

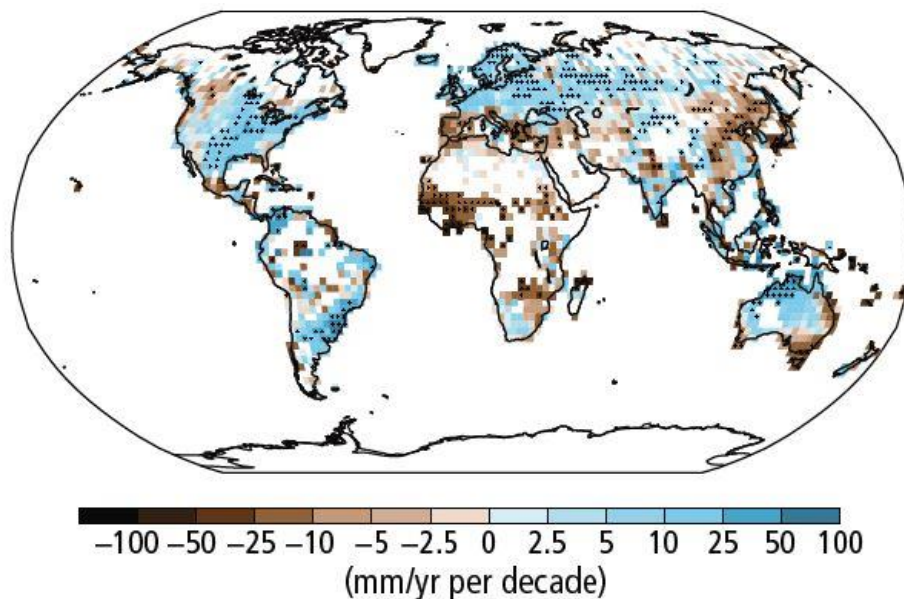
загревањем, док само неколико регија у свету бележи благо захлађење. Такође, у другој половини 20. века забележено је повећање највише минималне температуре, најниже максималне температуре и највише максималне температуре, али је разлика између периода 1951–1980. и 1981–2010. године мање изражена. У тропским регионима Јужне Америке, северне Африке и Азије број топлих ноћи повећан је за више од 8 дана по деценији, што је довело до удвостручења од касних 1970-их (просечна годишња учесталост током периода 1961–1990. износи 36,5 дана) до између 70 и 80 дана годишње током последње деценије (Dunn et al., 2020). Такође, дошло је до снажног смањења броја хладних ноћи у истом периоду, на само око 15 дана у току године. За индексе засноване на дневној максималној температури, повећање броја топлих дана (TX90p, око 30 дана од касних 1970-их и око 40 дана од 1901. године) веће је од смањења броја хладних дана (TX10p, око 15 дана од касних 1970-их и такође око 40 дана од 1901. године). Подручје у којем није дошло до загревања осматрено је у јужном и централном делу САД, а приметно је у оба индекса, али и више у TX10p. Ово подручје смањеног загревања, или чак хлађења, може бити резултат унутрашње варијабилности (Meehl et al., 2012), ефекат промене намене земљишта на овом подручју (Portmann et al., 2009), или промене локалног хидролошког циклуса (Pan et al., 2004). Регион са сличним понашањем у TX90p види се у јужним деловима Јужне Америке. Оба ова индекса су просторно хетерогенија од оних заснованих на минималној температури, али области које показују најјаче трендове поново су Амазон и велики делови Африке, заједно са југоисточном Азијом. За TX90p, најзначајније промене су осматрене у тропима Јужне Америке током сезоне лето (Cohn et al., 2019). Највећи пораст у северној Азији осматрен је у сезони пролеће, при чему је највеће загревање у јужној и југоисточној Азији присутно током остала три годишња доба. У Европи, у сезонама пролеће и лето забележено је највеће загревање, са фокусом на најизраженије у сезони лето на подручју Средоземног и Црног мора. Насупрот томе, TN10p показују много мање варијације у регионима света (Dunn et al., 2020). Индекси засновани на апсолутно топлим и хладним температурама (TXX, TNx, TXn и TNn) просторно су хетерогенији од индекса заснованим на перцентилима који су претходно наведени. У периоду 1901–2018. године на 60% анализираних станица у свету забележен је значајан пораст најниже дневне минималне температуре, а на преко 50% станица значајан пораст највише дневне минималне температуре (Dunn et al., 2020). Екстремне минималне температуре бележиле су раст по већим стопама у односу на екстремне максималне температуре (Dunn, et al., 2020). Најнижа дневна минимална температура порасла је у последњих 50 година за готово 4 °C, што представља највећу промену апсолутних температура. Највећи пораст апсолутних минимума осматрен је у вишим географским ширинама са променама од 1 °C по деценији. Пораст минималне температуре присутан је у свим сезонама, иако су промене у сезонама зима и пролеће генерално израженије, док су најмање промене осматрене у сезони јесен. Сличан образац промена показују максималне температуре, иако је повећање у свим сезонама много мање. Промене у најтоплијим данима (TXx) и ноћима (TNx) су мање, на глобалном нивоу за око 1 °C веће у односу на период од 1960-их до 1970-их година прошлог века. Анализа по сезонама показује да су скоро све промене екстремних вредности температура у периоду 1951–2003. године биле значајне, осим промене највише дневне максималне температуре у сезонама зима и лето (Alexander et al., 2006). Глобално истраживање вероватноће појаве дневних максималних и минималних температура ваздуха за два тридесетогодишња периода (1951–1980 и 1981–2010) показује значајна померања ка вишим вредностима максималних и минималних температура. Осматрено померање било је значајно и веће у периоду 1981–2010. године, кад су глобалне дневне максималне температуре порасле за 0,6 °C, а минималне за 0,8 °C у односу на период 1951–1980. године (Donat & Alexander, 2013). Анализа трендова екстремних температура у Европи у другој половини 20. века (1946–1999) показала је изражен тренд загревања (0,11 °C/деценија). С друге стране, у периоду 1976–1999. године забележено је још интензивније загревање (0,43 °C/деценија), чиме је потврђен амплификован тренд раста екстремних температура у последњој четвртини 20. века.

1.3. ПРОМЕНЕ КОЛИЧИНЕ ПАДАВИНА

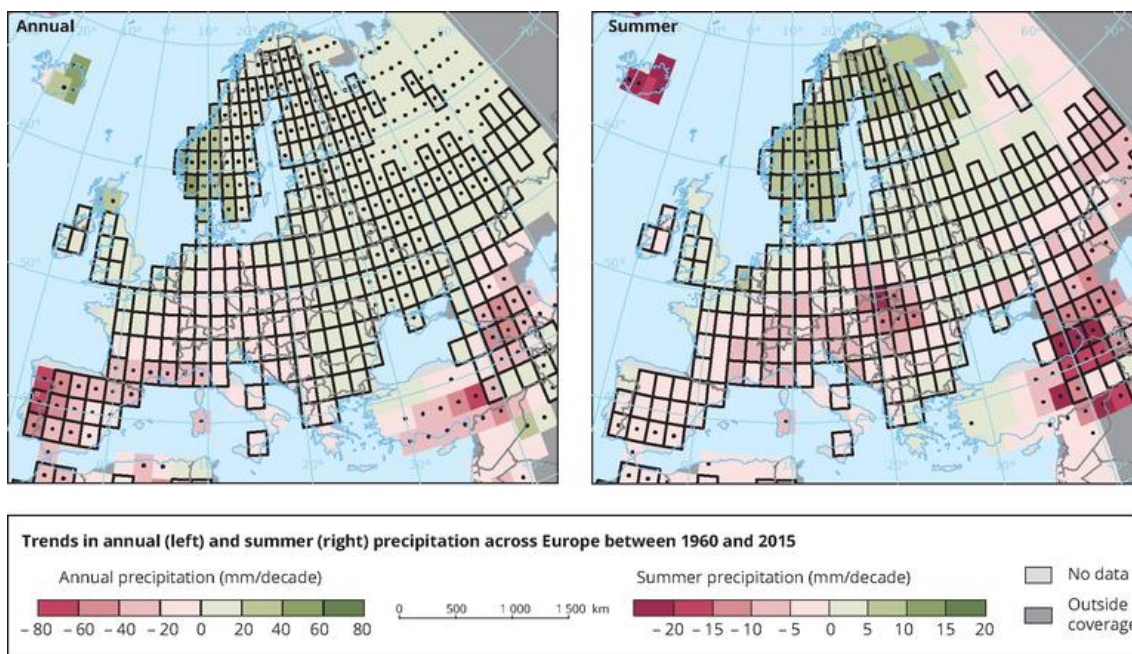
За разлику од температуре ваздуха, за коју су утврђени значајни позитивни и кохерентни трендови на глобалном нивоу, промене количине падавина немају униформисан образац (Gu & Adler, 2015). Међутим, иако трендови глобалне количине падавина не показују значајне промене, утврђени трендови показују веома карактеристичан образац позитивних/негативних промена падавина које су у уској вези са трендовима температуре падавина и концентрацијом водене паре (Adler et al., 2017). С обзиром на интензивно загревање ваздуха узроковано антропогеним емисијама гасова са ефектом стаклене баште, процењује се да би раст глобалне количине падавина износио око 2% при повећању глобалне температуре ваздуха за 1 °C, док би се при истом загревању ваздуха водена пара у тропосфери повећавала много бржим темпом (за око 6,5–7,0% по 1 °C) (Gu & Adler, 2015). *Allan et al. (2013)* у свом истраживању наводе да интензивна емисија гасова са ефектом стаклене баште може бити узрок незнатних промена падавина на глобалном нивоу. Услед брзог, директног, тропосферског (термодинамичког) прилагођавања, гасови са ефектом стаклене баште заправо потискују површинске падавине пре појаве значајног повећања површинске температуре ваздуха (Andrews & Forster, 2010; Andrews et al., 2010). *Lu et al. (2014)* наводе да незнатне промене просечне глобалне количине падавина су највероватније продукт комбинованог дејства глобалног загревања, антропогене емисије гасова са ефектом стаклене баште и декадне/интердекадне варијације (нарочито пацифичке декадне варијације). Ипак, треба нагласити да су адекватни докази о антропогеном утицају на количину и распоред глобалних падавина лимитирани недостатком континуираних дугорочних података и неједнаком просторном дистрибуцијом метеоролошких станица у различитим деловима света (Balan Sarojini et al., 2012; Hegerl et al., 2015). Међутим, и поред тога, постоји све већи доказ о антропогеним утицајима на промене падавина на глобалном нивоу (Marvel & Bonfils, 2013), док на регионалном нивоу такво повећање или смањење падавина резултира значајним променама у доступности воде (Greve et al., 2014; Padrón et al., 2020). Промене падавина на глобалном нивоу ограничене су енергетским буџетом, како испаравањем, тако и способношћу атмосфере да емитује латентну топлоту ослобођену приликом стварања падавина (O’Gorman et al. 2012; Trenberth, 2011). Ово увелико објашњава зашто се глобалне средње количине падавина повећавају за само око 2% према климатским моделима (Hegerl et al., 2015). Уопштено говорећи, радијациони ефекат стварања гасова са ефектом стаклене баште смањује глобално повећање падавина (Bonu et al., 2013), док директан радијациони ефекат аеросола који расипају уместо да апсорбују сунчеву светлост, не утиче на стопу повећања падавина изазвану загревањем. Са јачом емисијом гасова са ефектом стаклене баште, просечна глобална температура и падавине се повећавају, али хидролошка осетљивост постаје већа (Wu et al., 2010; Johns et al., 2011). Очекује се да ће промене просечних глобалних падавина бити релативно мале, па ће их стога бити тешко разликовати од природних варијабилности (Hegerl et al., 2015). Дугорочне анализе трендова просечних падавина утврдиле су, углавном, инсигнификантне позитивне и негативне трендове широм света (Hartmann et al., 2013). Промене у обрасцима падавина су у великој мери повезане са променљивошћу атмосферских циркулација, на које може утицати загревање климе, што доводи до раста тренда глобалних падавина (Ren et al., 2013). Највећи пораст просечне количине падавина осматран је у областима северно од 30° с. г. ш., на простору Северне Америке, Евроазије као и на подручју Аргентине (Trenberth, 2011; Trenberth et al., 2007). Просечна количина падавина повећала се у средњим географским ширинама северне хемисфере, а тренд повећања уочен је почетком 20. века. Анализа просечних годишњих падавина на метеоролошким станицама широм света, у периоду 1900–2005. године, показала је позитивне трендове у Јужној и Северној Америци, северној Европи, Азији и Аустралији, док су негативни трендови годишњих падавина уочени у западним и источним деловима Африке, Сахела, у северним деловима Индије, на Тибету, у јужној Азији и у региону Медитерана (Gu & Adler, 2015; Trenberth, 2011; Zhang & Zhou, 2011). Израженије

повећање падавина карактеристично је за западни Тихи и Индијски океан, као и за ужи део екваторијалног појаса (интертропска конвергентна зона), док је најзначајније смањење падавина осмотрено с обе стране интертропске конвергентне зоне и у источном Пацифику (Adler et al., 2017). Најзначајније повећање просечних годишњих падавина утврђено је за нешто више од 20% станица у свету током 20. века, а тек након 1951. године тренд повећања просечне количине падавина постаје израженији (IPCC, 2014; Trenberth et al. 2007). Након 1960. године, трендови падавина у Европи показују изражен регионални и сезонски варијабилитет. У областима североисточне и северозападне Европе дошло је до повећања тренда годишњих количина падавина (до 70 mm/деценија), док је у јужним деловима континента осмотрено смањење (до 90 mm/деценија) (ЕЕА, 2017). Посматрано на регионалном нивоу, промене у количини падавина биле су веома изражене. На пример, у већем делу Скандинавије и балтичких земаља утврђен је тренд раста просечних годишњих падавина већи од 17 mm/деценија, док је та вредност у источним деловима Норвешке износила 70 mm/деценија. На смањење просечних годишњих падавина указује и истраживање које су спровели *Caloiero et al. (2018)*, где се наводи да је најзапаженије смањење забележено у јужним деловима Европе, односно у региону медитеранског басена. Истраживање је спроведено на бази глобалне грид мреже падавина, високе резолуције ($0.5^\circ \times 0.5^\circ$) и дугорочним метеоролошким осматрањима (1901–2009). Највеће смањење просечних годишњих падавина (до 20 mm/деценија) забележено је у Португалу, Шпанији, Италији, Црној Гори, Босни и Херцеговини и Грчкој. У региону Медитерана утврђени су и позитивни трендови падавина (> 20 mm/деценија) и то у Тунису, јужним деловима Сицилије и у атлантском, северном, делу Шпаније. Негативни трендови годишњих падавина забележени су још и у Северној Ирској (до 20 mm/деценија) и северним деловима Норвешке (до 16 mm/деценија). Нешто мање смањење (до 16 mm/деценија) забележено је у Хрватској, Мађарској, Турској, Мароку, Алжиру и Либији. С друге стране, позитивни трендови просечних годишњих падавина утврђени су у централним и северним деловима Европе. Повећање просечних годишњих падавина (> 20 mm/деценија) осмотрено је у Норвешкој, Шведској, Русији, Француској, Уједињеном Краљевству и Естонији, док је нешто нижи пораст падавина (до 20 mm/деценија) забележен у Данској, Немачкој, Финској, земљама Бенелукса и у Ирској (Caloiero et al., 2018). Сезонске падавине показују најизраженију просторну инкохерентност. Просечне зимске падавине имају тенденцију смањења у појединим областима јужне Европе, док је на северу континента осмотрено њихово значајно повећање и до 70 mm/деценија (Magaun, 2013). Најизраженији негативни трендови падавина (до 8 mm/деценија) у периоду 1901–2009. године у сезони зима осмотрени су у медитеранском басену, односно у јужним деловима Италије, у Црној Гори, Грчкој, Турској и Либији, док је најзначајнији раст падавина (> 10 mm/деценија) у овој сезони забележен у Норвешкој, Француској, Естонији и у Уједињеном Краљевству (Caloiero et al., 2018). Нешто слабији позитивни трендови (до 8 mm/деценија) у истом периоду у сезони зима утврђени су у скандинавским земљама, Русији и у централној Европи. Као и у претходном случају, значајни негативни трендови падавина у сезони пролеће осмотрени су у басену Медитерана, односно у северним деловима Португала (до 8 mm/деценија), јужним деловима Шпаније (до 4 mm/деценија), Мароку (до 6 mm/деценија), неким деловима Хрватске (до 4 mm/деценија) и у Црној Гори (до 8 mm/деценија). Значајни позитивни трендови падавина (до 8 mm/деценија) у овој сезони били су карактеристични за западни део Француске, јужни део Немачке и северне делове Скандинавије. У већини делова јужне Европе осмотрено је значајно смањење летњих падавина до 20 mm/декади, док је у неким областима на северу континента утврђено значајно повећање до 18 mm/декади (ЕЕА, 2017). У периоду 1901–2009. године изражени негативни трендови падавина (до 4 mm/декади) у сезони лето забележени су у мањим деловима Италије, Пољске, Белорусије и Шкотске, док су најзначајнији позитивни трендови падавина (до 6 mm/деценија) у овој сезони забележени у северним деловима Скандинавије и у појединим областима у Русији (Caloiero et al., 2018). Најистакнутији негативни трендови падавина у сезони јесен карактеристични су за север Африке, југ Шпаније, Бугарску и регион

Јадрана (до 10 mm/деценија), а најзначајнији пораст (> 10 mm/деценија) јесењих падавина осматрен је у Норвешкој, Уједињеном Краљевству и крајњем северозападу Шпаније (Caloiero et al., 2018).



Слика 3. Промене годишње количине падавина у свету у периоду 1951–2010. године (IPCC, 2014)



Слика 4. Декадни трендови просечних годишњих (лево) и летњих (десно) падавина у Европи у периоду 1960–2015. године (ЕЕА, 2017)

Студије које су анализирале промене количине падавина у региону јужне Европе такође су утврдиле инsigнификантне позитивне/негативне трендове падавина. Трендови просечних годишњих падавина у Хрватској (1950–2010) упућују на стагнацију и незнатан пораст падавина у источном делу Хрватске, док је у осталим деловима такође забележена стагнација

или незнатно смањење, које на већини станици износи до 20 mm/деценија (Filipčić et al., 2013). Резултати анализе трендова падавина у Словенији (1963–2012) показали су негативне сезонске (изузев сезоне јесен) и негативне годишње вредности трендова широм земље. Статистички значајно смањење падавина забележено је у југозападним и западним деловима Словеније у сезонама пролеће (од -6% до -10% /деценија), лето (од -4% до -10%/деценија) као и на годишњем нивоу (од -3% до -6%/деценија). С друге стране, статистички инsigнификантан раст и пад забележени су у сезонама јесен (до 4% /деценија) и зима (до 7%/деценија), респективно (Milošević et al., 2016). Слични резултати утврђени су за простор Србије, где су утврђени инsigнификантни, углавном позитивни, трендови годишњих падавина у периоду 1961–2009. године. Негативни трендови зимских падавина утврђени су на већини станица, док су значајни негативни трендови утврђени за неколико станица у Војводини. Негативни пролећни трендови падавина осматрени у централним и источним деловима Србије, док су значајни негативни трендови пронађени у долини Мораве. Инsigнификантан пораст пролећних падавина био је карактеристичан за западни део Србије. Лето карактеришу позитивни и инsigнификантни трендови, а сезону јесен такође позитивни трендови изнад већег дела земље, док су значајни позитивни трендови падавина у овој сезони осматрени у басену реке Мораве и на Пештерској висоравни (Luković et al., 2013). Анализа тренда просечних годишњих падавина у Румунији, на бази података са 150 метеоролошких станица, у периоду 1961–2013. године, показала је углавном инsigнификантне трендове оба знака (Marin et al., 2014). На сезонском нивоу, превладавајући негативни тренд падавина забележен је у свим сезонама (изузев сезоне јесен), међутим на свега 10% анализираних станица забележени су значајни трендови. Значајни позитивни трендови осматрени су на 14% анализираних станица, највише у региону Карпата (Dumitrescu et al., 2014). Доминантна појава негативних инsigнификантних трендова (од -0,08% до -4,71% /деценија) просечне годишње количине падавина утврђена је и у Црној Гори у периоду 1961–2015. године. Анализа сезонских падавина показује доминантно присуство инsigнификантних трендова оба знака у свим годишњим сезонама. Негативни трендови на свим анализираним станицама забележени су у сезони лето (од -1,15% до -8,59%/деценија), док сезону јесен одликује пораст падавина широм Црне Горе (од 0,13% до 4,80%/деценија) (Čulafić et al., 2020). Резултати анализе годишњих падавина у региону источне Херцеговине (БиХ) показују да је негативан тренд присутан на укупном изучаваном простору у периоду 1961–2016. године. Анализа трендова сезонских падавина показала је да су негативни трендови превладавали током целе године, осим у сезони јесен. У целом региону, најзначајнији негативни трендови забележени су у сезони лето (од -5,9 mm до -15,5 mm/деценија). У сезонама зима и пролеће, падавине су показивале инsigнификантне трендове оба знака (иако је превладавао опадајући тренд). У сезони јесен, падавине су повећане готово у целом региону источне Херцеговине (од 0,5 mm до 16,2 mm/деценија) (Poroč et al., 2019). Ипак, осматрени трендови годишњих и сезонских падавина већином су били слаби и инsigнификантни. С друге стране, утврђена све већа вероватноћа појаве интензивних падавинских догађаја (> 90. и > 99. перцентила) у готово половини света, указује да су промене екстремних падавина веће од промена просечних количина падавина у многим областима (Trenberth, et al., 2007). У периоду 1961–1990. године повећан је удео > 95. перцентила у укупној годишњој количини падавина, а број дана са интензивним падавинама $\geq 10,0$ mm показује кохерентне обрасце позитивне промене у појединим деловима Европе, Русије, САД, јужне Африке и у већем делу Аустралије (Frich et al., 2002). Дани са интензивним падавинама (R10 mm) показују веома мале промене на глобалном нивоу, док у последњим деценијама постоје назнаке благог повећања. На регионалном нивоу приметне су области позитивних и негативних промена. Најизраженије промене осматрене су у Јужној Америци, где је смањење интензивних падавина забележено на подручју Анда и у источном Амазону, док је пораст карактеристичан за географски потез од севера Аргентине према обали Кариба (Dunn et al., 2020). Уочено је уједначено и умерено повећање броја дана са интензивним падавинама изнад Северне Америке, Европе и Азије у вишим географским

ширинама. Веће повећање оваквих дана приметно је у југоисточној Азији и у централној Аустралији (Dunn et al., 2020). С друге стране, смањење је карактеристично за регион Медитерана и Блиског истока. Учесталост влажних дана ($> 95.$ перцентил дневних падавина – R95pTOT) глобално се повећава, па сада додатних 1–2% падавина пада током оваквих дана. Глобалне временске серије влажних дана показују очигледан пораст од 1970-их година, што је потврђено претходним истраживањима (Allen & Ingram, 2002; Donat et al., 2013; Groisman et al., 2005). Највећа једнодневна количина падавина (RX1day) показује снажно повећање од око 2 mm по деценији у источној делу Северне Америке, те у југоисточним деловима Јужне Америке, као и у деловима Индије и Кине. Мања повећања присутна су широм Европе. Ово је рефлектовано у повећању RX1day за 2–3 mm више у односу на период 1961–1990, што је потврђено истраживањем *Westra et al. (2013)*, који су утврдили значајан пораст на глобалном нивоу, док су *Min et al. (2011)* установили да је то резултат изазван антропогеним утицајем.

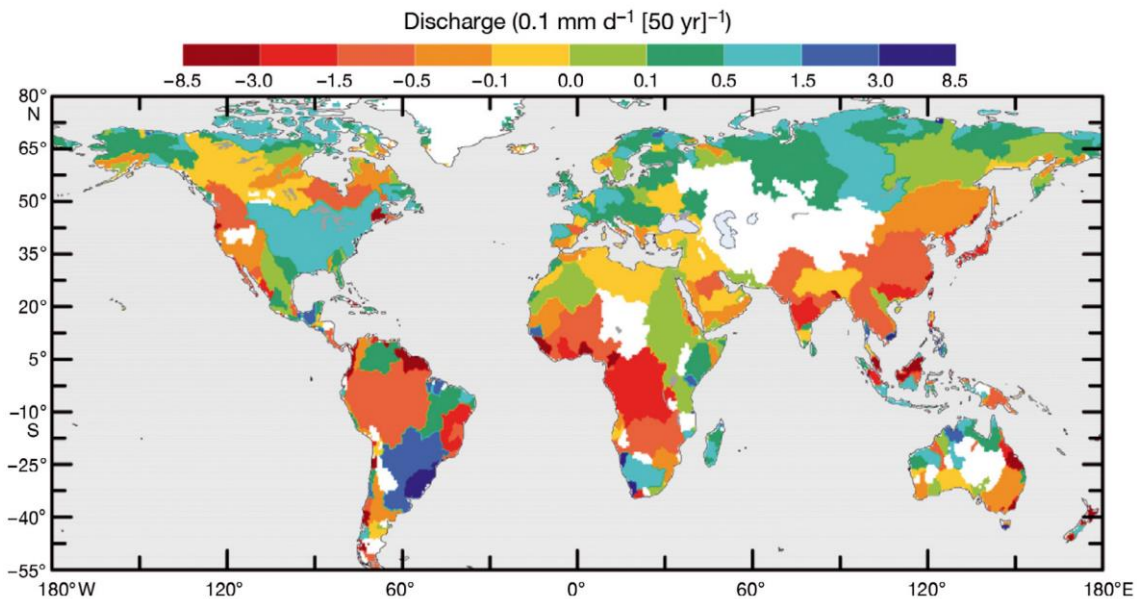
Генерално, знатно повећање екстремних падавина осмотрено је у средњим географским ширинама северне хемисфере (Hartmann et al., 2013). Индекси екстремних падавина у Европи у другој половини 20. века показују позитивне трендове, иако је просторна кохерентност трендова изразито мала (Klein Tank & Können, 2003). У идентичном периоду, сматра се да је број екстремних падавинских догађаја порастао у многим областима, па и у регионима где је дошло до укупног смањења падавина, што је у складу са глобалним трендом загревања и осмотреним значајнијим повећањем количине водене паре у атмосфери (Trenberth et al., 2007; Seneviratne et al., 2012). Међутим, упркос општем порасту, осмотрене трендове екстремних падавина одликује низак ниво статистичке значајности као и знатно мања просторна кохерентност (Alexander et al., 2006; Kiktev et al., 2003). Сезонска анализа екстремних падавина показала је да је значајан раст у сезони зима, који је најевидентнији био у средњој и западној Европи и у европском делу Русије, док је тренд екстремних падавина у сезони лето слаб и просторно некохерентан (Seneviratne et al., 2012). Важно је споменути да су промене екстремних падавина изразито мање кохерентне него што је то случај са променама температуре (Alexander et al., 2006; Dunn et al., 2020).

1.4. ПРОМЕНЕ ПРОТИЦАЈА РЕКА

Проучавање климатских промена све чешће се спроводи кроз истраживање режима протицаја река, јер глобално загревање има потенцијал да измени просторне и временске обрасце хидролошки осетљивих климатских елемената као што су падавине, температура и евапотранспирација (McGregor, 2019). Док једни за изучавање трендова протицаја користе емпиријске податке (Akter, et al., 2019; Arrieta-Castro et al., 2020; Assefa & Moges, 2018; Déry et al., 2016; Kale & Sönmez, 2018; Masseroni et al., 2020), током последњих неколико деценија остали научници примењују нумеричке климатске и хидролошке моделе како би утврдили промене режима протицаја (Arnell & Gosling 2013; Best et al., 2011; Papadimitriou et al., 2016; Döll & Schmied, 2012; Shi et al., 2019 Srinivas et al., 2020). Осмотрени трендови протицаја река у већини случајева су у сагласности са утврђеним глобалним и регионалним променама падавина и температура од средине прошлог века. Генерално, све већи број студија о утицајима климатских промена на протицаје река користи хидролошке симулације на бази релевантних варијабли из климатских модела, који се користе за предикцију будућих сценарија емисије гасова са ефектом стаклене баште (RCP) (Cui et al., 2018; Schneider et al., 2013; Soncini et al., 2015; Zhou et al., 2018). На планетарном нивоу, режими протицаја река константно бивају модификовани рецентним глобалним загревањем и бројним антропогеним активностима (Schneider et al., 2013). Клима је један од кључних регулатора процеса у слатководним еко-системима, јер су протицаји река и топлотни режими у блиској вези са климатским варијацијама. Промене главних климатских елемената, као што су повећана температура и модификовани обрасци падавина, имају значајан утицај на режиме протицаја река, и предвиђа се да ће имати негативан утицај на хидролошки циклус (Kong & Pang, 2013). Климатске промене изазване антропогеним активностима утичу на интензивирање

хидролошког циклуса (van Vliet et al., 2013), а тиме на доступност и квалитет водних ресурса. Хидроклиматско интензивирање у контексту рецентног глобалног загревања може довести до промене у дистрибуцији и интензитету влажних/сушних периода (Madakumbura et al., 2019), а очекује се да ће глобални пораст температуре ваздуха повећати удео падавина у количини падавина заједно са екстремним падавинама (Lehmann et al., 2015; Coumou & Rahmstorf, 2012; Mueller & Pfister, 2011), смањити снежне падавине и узроковати раније пролећно отапање снежног покривача (Barnet et al., 2005; Gnјato et al., 2021; Simpkins, 2018). Поред промена у снежном покривачу и падавинама, антропогене модификације у начину коришћења земљишта, својства подземних вода и речних мрежа највише утичу на промене режима протицаја река, а треба нагласити да је током 20. века, на глобалном нивоу, изграђено више од 45 000 великих брана (World Commision on Dams, 2000). Глобалне студије о протицајима река утврдиле су значајне позитивне трендове протицаја (заједно са повећањем падавина) у многим деловима САД, југоисточне Јужне Америке, источне Русије, Канаде и северне Европе (Dai et al. 2009; Stahl et al., 2010). Негативни трендови протицаја утврђени су у јужној и источној Европи, јужној и источној Азији, источној Аустралији, западној Африци, северној Јужној Америци и западној Канади и САД (Jiménez Cisneros et al., 2014). *Padrón et al. (2020)* наводе доказе да, на регионалном нивоу, претежно сушне сезоне постају још сушније, што је најочљивије на југу Европу, западу Северне Америке, северу Азије, југу Јужне Америке и Аустралије и на истоку Африке. Ово истраживање је такође показало да је интензивирање сушне сезоне генерално последица повећане евапотранспирације, а не смањења падавина. У глобалној анализи речних протицаја (1948–2004), отприлике једна трећина највећих 200 река на свету (укључујући Конго, Мисисипи, Јенисеј, Парану, Ганг, Колумбију, Уругвај и Нигер) имала је статистички значајне трендове протицаја; 45 негативних и 19 позитивних трендова (Dai et al., 2009). Овакви резултати добијени су на основу анализе података о протицајима прикупљених са 925 хидролошких станица које су, већим делом, смештене у доњим токовима највећих река широм света. Слично истраживање глобалних просечних протицаја за 916 река широм света спровели су *Su et al. (2018)*. У овој студији утврђено је да број река са негативним трендом протицаја (503 или 54.9%) надмашује број река са позитивним трендовима (408 или 44.5%), а значајан универзални тренд није детектован. Значајни негативни трендови протицаја утврђени су за 120 (13,1%) река, док су позитивни трендови утврђени за свега 51 реку (5,6%). Просторна дистрибуција просечних годишњих протицаја, као и у претходно наведеним студијама, указује на повећање водности у вишим географским ширинама Северне Америке, Европе и Азије. Позитивни трендови осматрени су такође и у јужним деловима Северне Америке, јужној Америци, Мадагаскару и северној Океанији, од којих се већина налази 20°–40° северно или 20°–40° јужно од Екватора. Смањење протицаја осматрено је у сливовима ниских и средњих ширина, укључујући централне делове Северне Америке, северна подручја Јужне Америке, Африку, јужну Азију и западну Океанију (Su et al., 2018). Обимна студија анализе тренда протицаја на основу података са 600 хидролошких станица спроведена је у Сједињеним Америчким Државама за период 1903–2012. године (Tamaddun et al., 2016). Резултати ове анализе упућују на повећање водности река у источном, североисточном и северном централном региону, док су негативни трендови протицаја осматрени у југоисточном, средишњем западном и северозападном делу САД. Већина позитивних трендова забележена је у периоду 1910–2012. године, негативни трендови протицаја били су карактеристични за период 1950–2012. године, док је већина „change point” година, када осматрени трендови постају интензивнији, забележена у периоду 1961–2000. године. Посматрано на нивоу већих речних басена, значајни позитивни трендови осматрени су у горњим деловима басена Мисисипија, Мисурија и у североисточном региону (Нова Енглеска), док су значајни негативни трендови протицаја утврђени у јужноатлантском региону (Мексички залив), у горњим и доњим деловима басена реке Колорадо и у северозападном подручју Пацифика (Tamaddun et al., 2016). У студији протицаја река у северозападном делу САД у периоду 1948–2008. године, *Fritze et al. (2011)* утврдили су

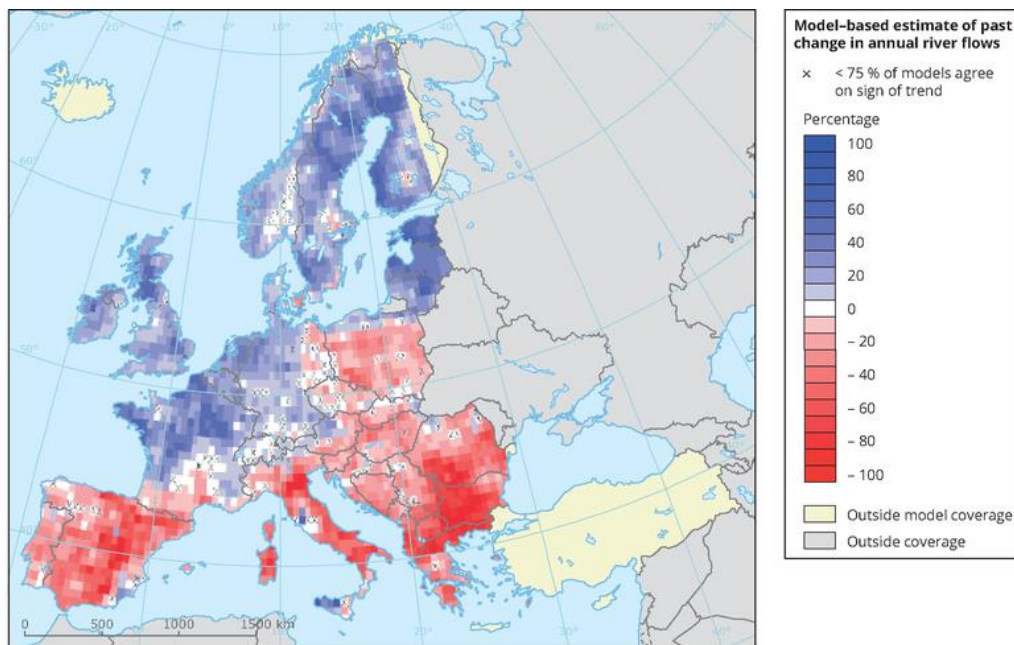
ранију појаву максималних протицаја у сливовима у којима су протицаји доминантно регулисани снежним покривачем, што указује на неоспоран утицај загревања. Студија анализе протицаја у Аустралији на бази података са 222 хидролошке станице показала је да је већина позитивних трендова просечних годишњих протицаја осматрана у западном, северном и североисточном делу континента (Zhang et al., 2016).



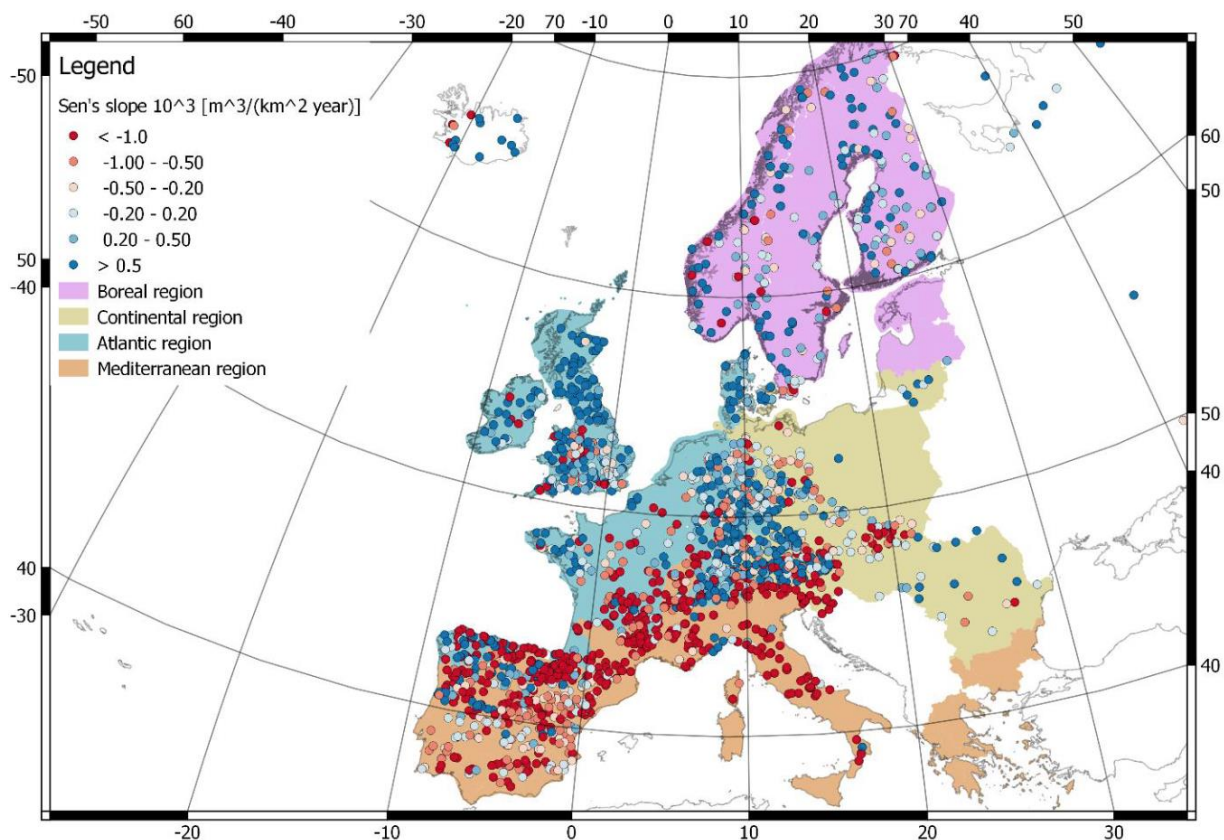
Слика 5. Трендови просечних годишњих протицаја у свету у периоду 1948–2004. године (Извор: Dai et al., 2009)

У Европи су речни протицаји смањени у јужним и источним деловима континента, док су позитивни трендови утврђени за поједине реке које се уливају Северно море и источни део Атланског океана (Stahl et al., 2010). *Schneider et al. (2013)* наводе да се у Бореалном и Медитеранском региону очекују највећи утицаји климатских промена на протицаје. Простор Медитерана очекује додатно смањење падавина током године, што ће утицати на смањење протицаја, док се у Бореалном региону очекује повећање протицаја услед све ранијег топљења снега и повећања температуре ваздуха, што ће додатно утицати на појаву поплава и промену режима протицаја (Lobanova et al., 2018; Wanders et al., 2015). С обзиром на то да је јужна Европа идентификована као жариште на којем ће доћи до знатног повећања суше (Prudhomme et al., 2014), очекивани пораст глобалне температуре преко +2 °C доноси велику неизвесност у погледу доступности воде у овом делу Европе (Paradimitriou et al., 2016). Продужени периоди дефицита воде током дуготрајних суша премашују отпорност хидролошких система и представљају знатну претњу безбедности водених ресурса у Европи (Parry et al., 2012). Осим региона јужне Европе, *Bonaccorso et al. (2013)* наводе да су северозападни и централно-источни делови Европе изложени учесталијој појави суша у односу на остатак континента, док је за централне и северне делове утврђено супротно (Forzieri et al., 2014). Када је реч о поплавама, *Blöschl et al. (2019)* наводе да је повећање јесењих и зимских падавина имало за резултат појаву све већих поплава у северозападној Европи. Исти аутори наводе да су смањење падавина и све веће испаравање довели до смањења поплава у средњим и великим басенима јужне Европе, док је редуковање снежног покривача услед загревања, довело до смањења поплава у источној Европи. Анализом сезонских протицаја у Скандинавији утврђено је значајно повећање протицаја у сезонама зима и пролеће у периоду 1941–2005. године. У истом периоду дошло је до смањења протицаја у сезони лето, док су у централним, северним и северозападним деловима Норвешке и Шведске забележени позитивни летњи трендови протицаја (Wilson et al., 2010). Студија о протицајима у Естонији, Литванији и Летонији за периоде 1923–2003, 1941–2003,

1961–2003. показала је значајне позитивне годишње и зимске трендове протицаја, док код пролећних, летњих и јесењих протицаја није утврђено постојање тренда (Reihan et al., 2007). Истраживање протицаја река на Иберијском полуострву у периоду 1945–2005. године показало је конзистентне негативне годишње трендове протицаја широм полуострва. Најзначајнији конзистентни негативни трендови утврђени су у сезонама зима и пролеће. Утврђени негативни трендови били су карактеристични како за природне тако и за регулисане токове (Lorenzo-Lacruz et al., 2012). Занимљива анализа трендова протицаја на приближно природним токовима спроведена је у 15 земаља Европе (1962–2004), а простор истраживања обухватио је 441 слив мање површине. За отприлике 1/3 осматраних сливова није утврђено постојање годишњег тренда протицаја или су трендови били недовољно изражени (Stahl et al., 2010). Региони у којима су утврђени најзначајнији негативни трендови годишњих протицаја јесу простори јужне Француске, Шпаније, Словачке, Чешке, источни делови Аустрије и Немачке и незнатни делови Норвешке и Финске. С друге стране, најзначајнији позитивни трендови забележени су на простору Данске, Велике Британије, Скандинавије и у јужним деловима Немачке. Непостојање тренда или веома слаби трендови били су карактеристични за Француску, Аустрију и Швајцарску (Stahl et al., 2010). У истом истраживању дошло се до уопштеног закључка да су позитивни трендови протицаја били карактеристични за сезону зима (октобар–март), док су негативни трендови осматрени у топлијем делу годину (април–септембар). Генерално, протицаји река у Европи повећали су се у сезони зима, од шездесетих година прошлог века, док је тенденција смањења протицаја забележена у сезони лето (ЕЕА, 2017). Климатске промене ће утицати на даље промене хидролошких режимо река у Европи, што ће створити додатне потешкоће за одрживо коришћење и заштиту водних ресурса и генерално водних еко-система, који су већ угрожени антропогеним активностима. Због тога се утицаји пројектованих климатских промена морају разумети и укључити у регионалне стратегије управљања водама како би се осигурао одржив приступ у управљању водним системима (Lobanova et al., 2017).



Слика 6. Естимоване вредности промена годишњих вредности протицаја река (%) у периоду 1958–2000. године (ЕЕА, 2017)



Слика 7. Годишњи тренд аномалија речних протицаја у Европи у периоду 1950–2015. године (Masseroni et al., 2020)

Претходне студије које су спроведене у региону јужне Европе утврдиле су да су се у неким подручјима догодиле значајне промене речних протицаја. Анализа просечних годишњих протицаја у Румунији, спроведена у 44 нерегулисана речена басена, показала је да је на 16% анализираних станица забележено повећање, док је на око 20% укупних станица дошло до смањења протицаја (Birsan et al., 2014). Значајан негативан тренд годишњих и сезонских протицаја забележен је на укупном простору Србије (у свим годишњим добима, осим у сезони јесен) (Kovačević-Majkić & Urošev, 2014). Значајни годишњи трендови протицаја утврђени су за 27% анализираних станица. Значајни негативни трендови годишњих протицаја утврђени су на 24 станице, док је само на једној станици у сливу Топлице забележен позитиван годишњи тренд протицаја. Статистички најзначајније смањење протицаја утврђено је на регулисаним водотоцима у сливовима Јужне Мораве, Белог Дрима и Дрине (Kovačević-Majkić & Urošev, 2014). Негативни трендови средњих годишњих протицаја утврђени су на свим анализираним рекама у Словенији (Ulaga et al., 2008). Анализа је обухватила 19 река у Словенији (22 хидролошка профила) за период који је у просеку износио 62 године. У Хрватској је тенденција повећања протицаја присутна у сезони пролеће, док је опадајући тренд био најизраженији у сезони јесен (Šanjevac & Orešić, 2015). Највеће регионалне разлике у протицајима присутне су у сезони лето, кад је у источним и западним деловима Хрватске забележено смањење, а у северним и јужним деловима повећање протицаја. Регионалне разлике биле су изражене и код зимских протицаја, када су западни и јужни дијелови имали повећање, док је у северном и источном делу дошло до смањења протицаја. Годишње смањење протицаја у периоду 1990–2009. год. утврђено је на 31 хидролошком профилу, а само на четири станице смањење протицаја било је статистички значајно. Резултати истраживања трендова протицаја у Северној Македонији показали су значајне негативне сезонске трендове широм земље. Значајно смањење просечних протицаја утврђено је на 31% анализираних станица, док је најизраженије

смањење забележено у сезони лето (на 39% станица) (Radevski et al., 2018). Најзначајније смањење максималних и минималних протицаја такође је осмотрено у топлијем делу године.

2. ФИЗИЧКО-ГЕОГРАФСКЕ ОДЛИКЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ

2.1. ГЕОЛОШКА ГРАЂА

Простор Босне и Херцеговине припада динарском планинском систему, који је смештен између Панонског басена на северу и Јадранског мора на југу. Постанак Динарида везан је за океански простор зван Тетис, између Лауразије на северу и Гондване на југу, и они представљају типично орогено подручје. Најважнија обележја Динаридима дају литофацијални комплекси настали у алпској орогенези, док су остали комплекси мање заступљени. Остали геолошки комплекси који нису генетски везани за еволуцију Тетиса су и: санско-унски палеозоик, средњобосанско шкриљаво горје, палеозоик југоисточне Босне источнобосански палеозоик. Значајну улогу такође имају и олигомиоценско-неогени маринско-слатководни седименти јужних дијелова Панонског басена, те неогени слатководни басени настали након консолидације Динарида. То су сарајевско-зенички, тузлански, угљевички, каменградски, бугојански, ливањски, дувањски, гатачки, бихаћко-цазински, дрварски, љешњански, бањалучки и други басени (Милошевић, 2015).

2.2. ГЕОЛОШКИ КОМПЛЕКСИ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ

Упркос томе што Динариди имају јасно изражену навлачну грађу, ипак, идући профилем од југозапада ка североистоку уочава се јасна зоналност са следећим геолошким комплексима, у смислу „тектонике плоча”: Карбонатна платформа, алохтони тријаски и палеозојски комплекси, кластични и карбонатни седименти пасивног континенталног руба, офиолити са околним стенама, формације активног континенталног руба, посторогени олигоценски, неогени и кватарни седименти (сл. 8).

2.2.1. Карбонатна платформа

Карбонатна платформа, по општеприхваћеној подели Динарида у Босни и Херцеговини, највећим делом представља спољашње Динариде. Југозападну границу платформе чини јадранска микроплоча, североисточну границу представљају алохтони палеозојски и тријаски комплекси (сл. 8). Карбонатну платформу карактерише континуирана седиментација, углавном кречњака и доломита, која се одвијала у временском распону од преко 150 милиона година од горњег тријаса до средњег еоцена. Ови убрани мезозојско-палеогени карбонатни комплекси спољашњих Динарида гравитирају у смеру јадранске микроплоче, која се под њих подвлачи и као таква има већу густину (Милошевић, 2015).

2.2.2. Палеозојски и тријаски алохтони комплекси

У геолошкој грађи Динарида Босне и Херцеговине учествују палеозојски геолошки комплекси који генетски нису повезани са мезозојско-палеогеном еволуцијом Тетиса. Палеозојски и тријаски геолошки комплекси имају алохтон положај, а чине га санско-унско подручје, средњобосанско шкриљаво горје, југоисточно и источнобосанске алохтоне масе (сл. 8).

Санско-унско подручје обухвата подручје од Новог Града преко Приједора до Санског Моста и Будимлић Јапре, Кључа и Мркоњић Града. Палеозоик је навучен преко различитих чланова тријаса, а навлака се пружа од Петрове горе у Банији до Бронзаног Мајдана. Најстарије геолошке наслаге су девонске старости и представљене су смеђим

лапоровитим кречњацима. Геолошки период Карбон представљен је кластитима, шкриљцима и анкеритичним кречњацима, у којима су интерстратификоване магматске стијене риолити, дијабази и спилити. Тријас је представљен формацијама пешчара, рожнаца, доломита, туфова и црних кречњака, док је Јуру граде услојени доломитични кречњаци, а креду флишне наслаге. У Санско-унском подручју развијене су и неогене наслаге језерског типа, представљене терестрично-лимничком угљоносном серијом басенског развоја (Милошевић, 2015).

Средњобосанско шкриљава горје, у ширем контексту, чине планине углавном изграђене од кристалстих шкриљаца који се пружају од Тарчина на југоистоку до Јајца на северозападу дужином 80 km и ширином 30–40 km од Бусоваче до Горњег Вакуфа. Најстарији комплекси представљени су метаморфитима, који су настали углавном од седиментних творевина преддевонске старости. Реч је о веома моћном комплексу шкриљаца који углавном припадају фазији зелених шкриљаца ниског степена метаморфизма. Од магматских стена најраспрострањенији су метариолити, док су у истој зони заступљене такође пермске и тријаске творевине, међу којима је најзначајнији јабланички габро (Милошевић, 2015).

Подручје Југоисточне Босне обухвата простор Фоче, Горажда и Праче, а крајња западна граница налази се на југоисточним падинама Јахорине. Најстарије наслаге палеозојске старости утврђене су на подручју између Фоче и Горажда, где је очуван херциски правац пружања слојева. Осим силурских и девонских творевина заступљене су пермотријаске формације са гипсом, тријаски седименти са магматима и јурски лапоровити кречњаци, док Миоцен чине седрасти кречњаци са умецима кластита и прослојцима угља, бречасте конгломерати, пешчари, глине и прослојци лигнита (Милошевић, 2015).

Источној Босни припадају рудама богата подручја Сребренице и Власенице, тзв. Дринска зона, која је изграђена од палеозојских и мезозојских формација. Старије формације формиране познатије су као дрински палеозоик, који се на југоистоку надовезује на антиклинориј Ивањице. Западно он се губи испод масива Коњуха (Офиолитске зоне). Центри вулканске активности Сребреничког подручја јасно су изражени на сателитским сканограмима као прстенасте морфоструктуре. Студије еруптивних стена Сребренице указују на постојање плутона у дубљим деловима рудног подручја. Ове стене припадају терцијарним андезитним магматским формацијама (Милошевић, 2015).

2.2.3. Формације пасивног континенталног руба

Геолошке творевине пасивног континенталног руба (сл. 8) формиране су на континенталној падини карбонатне платформе и у њеном подножју. Ове наслаге распрострањене су између Офиолитске зоне на североистоку и Средњобосанског шкриљавог горја на југу. Састав геолошких формација пасивног континенталног обода чине мезозојске (јурско-кредне и горњокредне) кластично-карбонатне (најчешће флишних особина) творевине. Јурско-кредне “песковито-глиновите” творевине познатије су као Врандушка субгрупа, а “карбонатни флиш” горње креде назван је Угарска субгрупа (по реци Угар). Формације пасивног континенталног руба имају континуирано распрострањење од Бањалуке до Сарајева, док се на подручју Игмана и Бјелашнице јављају у виду мањих ерозивних остатака, испод тријаских формација и поново од Бјелашнице до Гацка у виду зоне која има јасан континуитет (Милошевић, 2015).

2.2.4. Офиолитске формације

Офиолитски геолошки комплекси Динарида у Босни и Херцеговини (сл. 8) спадају у дијабаз-ројначке формације, односно део су офиолитског меланжа који се састоји од седиментног матрикса (глинци, пешчари и др.) и олистолитских блокова који су најчешће офиолити у које спадају тектонитни перидотити, кумулатни габри и перидотити, дијабази и

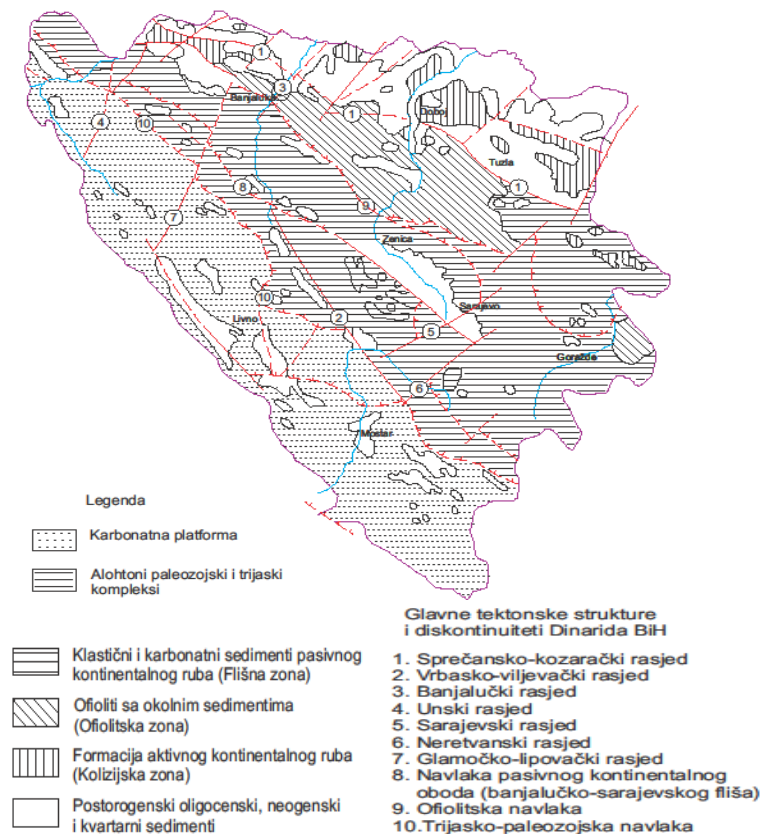
базалти. Офиолитске формације динаридског дела Тетиса настајале су у периоду од доње јуре до горње креде. Тектонитни перидотити најраспрострањеније су офиолитске стене Динарида. Јављају се у виду масива, од којих је највећи Кривајско-коњушки те нешто мање површине Озренски и Борјанскив (Милошевић, 2015).

2.2.5. Формације активног континенталног руба

Комплекси активног континенталног обода (сл. 8) представљени су горњокредно-палеогеним формацијама претежно флишног карактера (Мајевица, Требовац, Вучјак), те магматским и метаморфним формацијама субдукцијско-колизијске зоне (Просара, Мотајица). Ови флишни седименти налазе се у оквиру зоне Просара–Мотајица–Цер, где су регионално метаморфисани и пробијени терцијарним гранитним плутонима. Регионално метаморфисани горњокредно-палеогени седименти и околне вулканске стене андезитне формације указују на реликте древног магматског лука (Мославина – Псуњ – Пожешка Гора) (Милошевић, 2015).

2.2.6. Посторогени олигоцени, неогени и квартарни седименти

У геолошкој грађи Динарида учествују и веома значајну улогу имају олигоценско-неогене маринско-слатководне творевине јужних делова Панонског басена и неогени седименти који су формирани након консолидације Динарида (сл. 8). Појас неогених наслага карактеристичан је за јужне ободне посавских басена те око острвских планина (Просара, Мотајица), бившег полуострва (Вучјак), као и у прњаворском и дубичком басену. Утврђени су велики седиментациони циклуси, који су почињали са трансгресијом, а завршавали се регресијом Панонског мора и извесним орогенетским покретима (регистраване орогенетске фазе су старија и млађа штајерска, молдавска, атичка, славонска, влашка и источнокавска) (Милошевић, 2015).



Слика 8. Геолошки комплекси и главне тектонске структуре Босне и Херцеговине (Милошевић, 2015)

2.3. ГЕОМОРФОЛОШКЕ ОДЛИКЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ

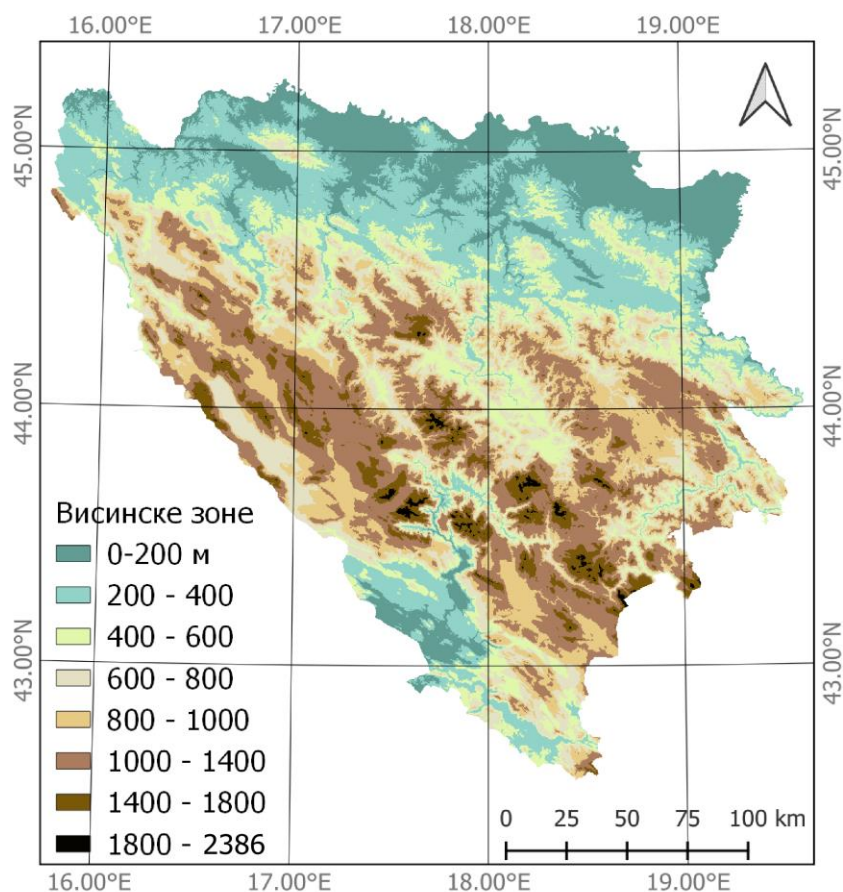
Простор Босне и Херцеговине, у тектонском и морфолошком смислу, припада планинском систему који је настао током Алпске орогенезе и саставни део је Алпско-хималајског геоморфолошког појаса (Lepićica, 2009). Сложене морфолошке карактеристике Босне и Херцеговине условљене су геолошком еволуцијом кроз коју је овај простор прошао у мезозоику и кенозоику, као и неотектонским покретима у неогену и палеогену (Ћић, 2020). Оваква комплексна геолошка и тектонска грађа условила је поделу рељефа на три главне макроморфолошке регије: панонска регија (низије, ниске планине и котлине северне Босне и Херцеговине), планинско-котлинска регија (динарски планински систем) и јадранска регија (ниска Херцеговина).

Панонска макроморфолошка регија захвата јужни део Панонске низије и обухвата низијски и перипанонски део територије. Низијски део представљен је алувијалним равнима и речним терасама (90–160 m) на крајњем северу, уз реку Саву (од Поуња и Лијевча поља до Семберије). Ови елементи рељефа изграђени су од квартарних речних наноса, који представљају најмлађе и најниже облике рељефа. Ова морфолошка регија дисецирана је бројним притокама реке Саве, од којих су највеће Уна, Врбас, Босна, Усора, Лукавац, Тиња и Дрина. У овом делу територије присутни су мали нагиби терена, док акумулативни процеси имају превађајући карактер у односу на ерозивне процесе. Перипанонски обод чине хорст планине (Козара, Просара, Мотајица, Вучјак, Требовац и Мајевица). Постепено уздизање терена према југу изражено је ниским хорст, флишним и рудним планинама, које нарушавају низијску хомогеност, а најзначајније су Козара (978 m), Просара (363 m), Љубић (594 m), Мотајица (652 m), Требовац (692 m) и Мајевица (915 m). Перипанонски, крајњи јужни обод Панонске низије, представљен рудним и флишним планинама средње висине (до 1.000 m) и чини прелазну зону ка планинско-котлинској макроморфолошкој целини, а припада зони унутрашњих Динарида.

Планинско-котлинска морфолошка регија обухвата највећи део (централни) Босне и Херцеговине. Ова природна целина заузима простор између Панонске и Јадранске морфолошке јединице, односно између Перипанонског обода и појаса Лебршник–Борач–Вучево. Ова макроморфолошка регија захвата највећи део земље (28.940 km² или 56,6% укупне површине), а простире се правцем северозапад–југоисток. Припада динарском систему веначних планина и који формирају грану јужног стабла алпског орогена. Рељеф регије доминантно чине планински венци, дубоке речне долине и велика крашка поља. Динарски, високопланински, појас настао је тектонским подизањем спољашњих и унутрашњих Динарида, а пружа се од Гатачког поља, Маглића и Љубишње на југоистоку до унске геофрактуре на северозападу (Lepićica, 2012). Овај простор одликују највише надморске висине (до 2.368 m – највиши врх Босне и Херцеговине, Маглић), највећи падови терена и највећа рашчлањеност рељефа (Lepićica, 2012). Планинско-котлинска регија може се поделити на зоне унутрашњих и спољашњих Динарида. У области унутрашњих Динарида издвајају се две зоне планина – зона средње високих планина и централна офиолитска зона. Најзначајније планине у зони унутрашњих Динарида које се наслањају на појас Перипанонског обода су Узломац (1.018 m), Борја (1.078 m), Озрен (918 m), Коњух (1.327 m), Јаворник (1.021 m), Деветак (1.424 m) и Ковач (1.453 m). Ове планине формиране су углавном на водонепропустљивим палеозојским формацијама. Јужније од ових планина издвајају се средње високе планине карактеристичне по претежно карбонатној грађи. Зону ових планина чине Мањача (1.236 m), Чемерница (1.339 m), Ранча (1.478 m), Влашић (1.993 m), Битовња (1.742 m), Романија (1.652 m), Требевић (1.629 m), Јавор (1.537 m), Бокшаница (1.275 m), Сушица (1.238 m) и Звијезда (1.675 m). Ове планине представљају неотектонски издигнуте масиве, који су дисецирани густом површинском речном мрежом сливова Криваје,

Рзава, Босне, Врбање, Укрине и Усоре (Lepića, 2009). На зону средње високих планина наслања се високопланински појас централне офиолитске зоне Динарида, који чине следеће планине: Бјелашница (2.067 m), Јахорина (1.910 m), Височица (1.967 m), Трескавица (2.088 m), Лелија (2.032 m), Зеленгора (2.014 m) и Маглић (2.386 m). На највишим деловима појединих планина (> 1.700 m) присутни су трагови плеистоцене глацијације, који се огледају у постојању различитих форми глацијалног рељефа (морене, глацијална језера, циркови). Између претходно наведених планина налази се неколико палеодепресија, формираних од палеогених и неогених језерских седимената, од којих су најизраженије бугојанска, бањалучка, јајачка, теслићка и сарајевско-зеничка (надморске висине до 900 m) (Ћијић, 2002). Овакве депресије настале су раседањем планинских ланаца. Рељеф централног офиолитског појаса дисециран је многобројним дубоким кањонима река, од којих се издвајају кањони Жељезнице, Бистрице, Ракитнице, Хрчавке, Сутјеске, Волујчице, Таре, Тихотине и Дрине, Неретве и др. Високопланински појас централне офиолитске зоне, идући према југу, смењује планински појас спољашњих Динарида, који захвата зону високог крша. Ову зону, поред бројних планина, чини и знатан број крашких поља (Босанскопетровачко, Гламочко, Ливањско, Дувањско, Купрешко, Бијело) и дубоких кањона (Уна, Сана, Врбас, Плива, Нертева). Најзначајније планине овог појаса су Пљешевица (1.649 m), Динара (1.913 m), Шатор (1.875 m), Словињ (1.743 m), Голија (1.890 m), Клековача (1.961 m), Виторог (1.966 m), Плазеница (1.765 m), Камешница (1.856 m), Вран (2.074 m), Прењ (2.103 m), Вележ (1.968 m), Баба (1.735 m), Гатачка Бјелашница (1.867 m).

Јадранска макроморфолошка регија заузима простор медитеранске Херцеговине, односно простор у залеђу до планинског појаса Лебршник–Борач–Вучево (Ћијић, 2002). Регија се налази на југу Босне и Херцеговине и смештена је у појасу спољашњих Динарида. Простор одликују типичне крашке хидролошке појаве и облици рељефа. Најзначајније рељефне формације у овој области представљене су планинама које су доминантно изграђене од кречњака и доломита: Црвањ (1.921 m), Вучево (1.602 m), Живањ (1.696 m), Лебршник (1.985 m), Бјеласица (1.396 m), Ситница (1.410 m), док се на крајњем југоистоку, у граничном делу са Црном Гором, истичу северозападне падине Орјена (1.893 m) и Бијеле горе (1.865 m). Поред ових планина, истичу се ниске и средње високе планине западне Херцеговине: Клобук (478 m), Велики Кипер (734 m), Кожјак (546 m), Малич (622 m), Љубеч (831 m), Тртла (690 m), Озрен (593 m), Куковац (518 m), Градина (519 m); и источне Херцеговине: Главица (907), Властица (909 m) и Жабе (954 m), које одликују дубоко усечене увале и вртаче (Lepića, 2009). У рељефу јадранске макроморфолошке регије такође се издвајају и бројна крашка поља: Мостарско, Имотско, Гатачко, Невесињско, Кључко, Слато, Посушко, Љубушко, Фатничко, Дабарско, Билећко, Планско, Попово, Требињско, Љубинско и др. Полиморфне долине највећих река (Неретва, Брегава, Требижат и Требишњица) одликују се сменом клисурастих сужења и долинских проширења са плавленим речним терасама.



Слика 9. Хипсометријска карта Босне и Херцеговине

2.4. КЛИМАТСКЕ ОДЛИКЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ

2.4.1. КЛИМАТСКИ ФАКТОРИ

Клима Босне и Херцеговине детерминисана је бројним климатским факторима и многобројним повратним спрегама које постоје између њих. *Дуцић и Анђелковић (2004)* све климатске факторе сврставају у 3 главне групе: Астрономски (удаљеност Сунца од Земље, нагиб Земљине осе према равни еклиптике, Земљина ротација и револуција и интензитет Сунчевог зрачења), Географски (географска ширина и дужина, надморска висина, распоред копна и мора, рељеф, особине тла, вегетација и човек) и Метеоролошки (физичко-хемијски састав атмосфере, циркулација атмосфере и поља метеоролошких елемената. У наставку поглавља биће приказани елементарни географски и метеоролошки фактори који утичу на климу Босне и Херцеговине.

2.4.1.1. Географска ширина

Географска ширина представља један од најзначајнијих климатских фактора јер различите ширине примају различиту количину Сунчевог зрачења, односно она детерминише годишњу расподелу Сунчеве енергије. Смена годишњих доба, дужина трајања дана и ноћи, варирају у зависности од географске ширине, док сезонске промене постају све израженије удаљавајући се од Екватора према поларним регионима. Највеће сезонске промене карактеристичне су за поларне регионе, јер ту долази до највећих промена у количини сунчевог зрачења током године. Босна и Херцеговина налази се између 45°16' и 42°33' северне географске ширине, у северном умереном топлотном појасу, који одликују

изражена постојаност четири годишња доба, правилна смена дана и ноћи, умерена количина топлоте, појава најхладнијег и најтоплијег месеца након зимске и летње дугодневнице (Попов, 2017).

2.4.1.2. Географска дужина

Значај географске дужине огледа се у погледу распореда копна и мора, односно дистанце између мора и одређеног подручја које се налази на копну. Овај утицај огледа се пре свега у неједнаком загревању морских и копнених површина, што утиче на годишњи ход температуре ваздуха, као и у дистрибуцији климатских екстрема, који су већи у континенталним крајевима. Одређивање границе доминантног утицаја маритимне и континенталне климе на неком подручју може се установити помоћу два најважнија критеријума: а) према режиму падавина (у континенталним подручјима највише падавина излучи се у летњој половини године) и б) према режиму температуре (у маритимним подручјима јесен је топлија од пролећа, док је у континенталним подручјима пролеће топлије од јесени) (Дуцић & Анђелковић, 2004). Босна и Херцеговина налази се између 15°43' и 19°37' источне географске дужине и одликује је континентални карактер климе. Континенталност на простору Босне и Херцеговине смањује се од истока према западу и од севера према југу, док је укупан простор изложен утицајима влажних ваздушних маса са Атлантика и континенталним масама из подручја Сибира.

2.4.1.3. Рељеф

Рељеф представља веома важан фактор климе, с обзиром на то да промене надморске висине, облика и експозиције рељефа доводе до промена свих климатских елемената (Дуцић & Анђелковић, 2004). Примаран утицај рељефа огледа се преко надморске висине, односно преко појаве вертикалних градијената за климатске елементе, који се правилно мењају са порастом висине. Планине представљају најважније форме рељефа које преко надморске висине, правца пружања, експозиције и рашчлањености модификују климу. Утицај планинских ланаца на модификовање климе испољава се на следеће начине: штите одређена подручја од ветрова, односно представљају препреку за размену топлих и хладних ваздушних маса; служе као места стварања ваздушних струјања – појава локалних ветрова услед неједнаког загревања долина и падина (Миливојевић, 1985); пораст надморске висине условљава промену климатских елемената, што узрокује настанак специфичног типа климе – планинске климе (Дуцић & Анђелковић, 2004). Битна карактеристика утицаја надморске висине на климу неке области огледа се у чињеници да се промене са порастом надморске висине догађају знатно брже у односу на промене у хоризонталном правцу (оно што се догоди приликом промене висине за неколико километара, догоди се у хоризонталном правцу за више хиљада километара) (Дукић, 1967). Поред планинских ланаца, битан утицај на климу одређеног простора имају затворене и отворене депресије, сужења у речним долинама, која представљају препреку спуштању ваздушних маса (Дуцић & Анђелковић, 2004). Посматрано на континенталном нивоу, велики планински системи попут Алпа, Карпата, Високих Татра, Динарида утичу на модификацију климе Босне и Херцеговине. Утицај топлих и влажних ваздушних маса са Атлантика знатно редукује западни део Алпског масива, утицај хладних сибирских ваздушних маса са истока и севера ослабљен је позицијом Карпата и Високих Татри, док динарски систем планина знатно онемогућава продирање топлот ваздуха са подручја Јадрана и Медитерана (Трбић, 2010).

2.4.1.4. Водене површине

Степен утицаја водене површине на климатске карактеристике неког места највише зависи од њене величине и количине акумулиране воде. У погледу димензија, најизраженије дејство имају велике попут океана и мора. С друге стране, треба споменути и утицај већих река и језера, који је приметан једино у њиховим литоралним појасевима. Најважнији утицај водених површина већих размера огледа се у смањењу дневног и годишњег колебања температуре ваздуха, повећању релативне влажности ваздуха, брзине локалних ветрова и занемарљивом повећању падавина. На климу Босне и Херцеговине велики значај има Атлантски океан, јер представља примаран извор падавина, али и Медитеранско море, које на јужне делове Босне и Херцеговине има утицај преко Ђеновске депресије (Трбић, 2010). Јадранско море представља највећу и најближу акваторију која знатно утиче на климу, и то нарочито у хладнијем делу године, када се врши трансфер велике количине топлотне енергије, што знатно ублажава зимске екстремне температуре. Долине највећих река (Сава, Уна, Врбас, Босна, Дрина, Неретва и др.) имају утицај на локални карактер климе повећавајући релативну влажност ваздуха и број дана са маглом, док се занемарљив утицај огледа кроз смањено колебање температуре ваздуха.

2.4.1.5. Антропогени фактор

Технолошки развој условио је појаву антропогеног фактора као све важнијег модификатора климе. Антропогени утицај огледа се пре свега у загађењу атмосфере које се одвија емисијом аеросола, радиоактивних честица и штетних гасова. У примарне загађиваче атмосфере сврставају се индустријска и енергетска постројења, саобраћај, велике градске агломерације („урбана острва топлоте“), топлане, употреба пестицида и минералних ђубрива у пољопривреди.

2.4.1.6. Општа и регионална циркулација атмосфере

Велики утицај на климу Босне и Херцеговине имају општа и регионална циркулација атмосфере и кретање ваздушних маса, које се преко овог подручја, као и у његовом окружењу, врши током целе године или у појединим сезонама (Попов, 2017). Ваздушне масе имају различит утицај на временска стања и климу, а за наш простор најважније су оне које се формирају изнад Атлантског океана, Сибира, Арктика, Медитерана и пустиње Сахара (Трбић, 2010). Босна и Херцеговина заузима положај између Азорског антициклона (суптропске ширине) и Исландског циклона (субполарне ширине). Ова два система високог и ниског ваздушног притиска условљавају образовање Северноатлантске осцилације (NAO), која има изузетно велики утицај на временске прилике како у Европи тако и на нашем подручју (Li & Wang, 2003). Настанак азорског антициклона (атмосферски центар великих размера, који одликује сталан висок ваздушни притисак) везује се за суптропске подручје источног Атлантика (северна хемисфера), између 25° с. г. ш. и 35° с. г. ш., у сезонама зима и пролеће (Hordon, & Binkley, 2005). Азорски антициклон има најизраженије дејство у топлијем делу године (лето), у условима кад између океана и копна постоје велике разлике у загрејаности, и доноси топло, стабилно време без падавина. С друге стране, центар исландског циклона налази се у северном Атлантику, односно између Исланда и јужног дела Гренланда на 60–65° с. г. ш. (Ahrens, 2003). Исландска депресија настаје зими на северној хемисфери, у условима када је Атлантски океан топлији од европског копна, док је лети супротно (копно постаје топло, а океан хладнији). Овај циклон захвата наше крајеве и тада доноси дуготрајне падавине (Попов, 2017). Појачана активност исландског циклона подразумева вишу вредност NAO индекса, а она доноси наглашен утицај хладних ваздушних маса на североистоку С. Америке и интензивира струјање западних ветрова, који на запад Европе доносе влажне и топле масе ваздуха (Hurrell et al., 2003). Северноатлантска (NAO) осцилација

представља периодичну флукуацију расподеле ваздушног притиска и главни је извор варијабилности у циркулацији атмосфере на подручју северног Атлантика и Европи (Попов, 2017). Сибирски антициклон представља подручје високог ваздушног притиска које се формира у зони изнад 45° с. г. ш. на подручју североисточног Сибира (Tubi & Dayan, 2012). Јавља се у зимском периоду у условима дуготрајније стабилности атмосфере и изузетно хладног времена, које је праћено веома ниским температурама ваздуха. Сибирски антициклон спада у категорију термичких антициклона, јер се образује приликом јаког хлађења ваздуха изнад Азије у сезони зима, па је стога његова активност најизраженија зими. На лето, у условима знатног загревања азијског континента, долази до његовог нестајања (Hordon, 2005). На подручју Босне и Херцеговине сибирски антициклон доноси хладно, суво и стабилно време, праћено хладним северним ветром, са појавом хладних таласа који се јављају и по неколико пута у зимском периоду (просечно 4–5) (Šegota, 1976; Попов, 2017). У сезонама пролеће и јесен, простор Босне и Херцеговине изложен је великом утицају медитеранских циклона (Трбић, 2010). Ђеновски залив (северозападни Медитеран) је простор учесталог настанка депресија, поготово у хладнијим сезонама. Ђеновски циклон је систем ниског атмосферског притиска који настаје на простору Ђеновског залива, Лигурског мора, долине реке По и северног Јадранског мора (Faccini et al., 2015). На наше просторе Ђеновски циклон продире долином Саве (Vc) и доноси максималне падавине крајем пролећа и почетком лета. Сезону лето карактерише продор топлих маса ваздуха из Сахаре и са Медитерана, који доноси топло и суво време (Попов, 2017).

2.5. ХИДРОГРАФСКЕ ОДЛИКЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ

У хидрографском погледу простор Босне и Херцеговине припада највећим делом сливу Саве, односно Црноморском сливу ($38\,719\text{ km}^2$ или 75,73%). Са мањег дела територије вода отиче ка Јадранском сливу ($12\,410\text{ km}^2$ или 24,27%).

Највеће реке Босне и Херцеговине уливају се у Саву, хидрографска мрежа овог слива је релативно добро развијена. Знатна количина падавина и непропусна подлога у већем делу црноморског слива главни су разлози формирања већег броја водотока. Густина речне мреже је неједнака, али знатно већа у поређењу са Јадранским сливом. Главне реке слива Саве у Босни и Херцеговини су Уна са Саном, Врбас, Укрина, Босна и Дрина. Поменуте притоке Саве одликују карстификована подручја карактеристична за јужне делове споменутих сливова. За разлику од јужних делова, северни делови, односно подручја доњих токова наведених река, чине алувијалне равни десне обале Саве од ушћа Уне до ушћа Дрине. Реке, језера, баре и мочваре на овом подручју, у већој или мањој мери, регулишу режим аквифера, који су карактеристични за Панонски регион. Поред споменутих главних река, у Саву се улива и низ мањих водотока, од којих су највећи Врбашка, Брка, Тиња, Луковац и Дашњица.

Мањи део Босне и Херцеговине, као што је наведено на почетку, припада Јадранском сливу. Путем река Неретве и Требишњице, са типичног крашког подручја врши се дренажа ка Јадранском мору. Јадрански слив углавном је формиран од водонепропусних стена (карстификованих кречњака мезозојске и кенозојске старости), док се водонепропусне стене појављују местимично. У овим, доминантно, крашким сливовима површинска мрежа водотока изузетно је слабо развијена. Геолошка грађа терена представља разлог понирања мањих водотока, а овим теренима вода се подземним путем са виших хоризоната прелива на ниже. У крашким теренима јавља се низ појава, од којих су свакако најзначајнија крашка поља (периодично или дуготрајно плављена). Оно што такође одликује Јадрански слив у Босни и Херцеговини јесте чињеница да поред највеће количине падавина ово подручје карактерише доминантна безводност. Најзначајније реке овог подручја су Пива, Тара, Неретва, Требижат, Брегава, док се од понорница издвајају Требишњица, Заломка и Мушница.

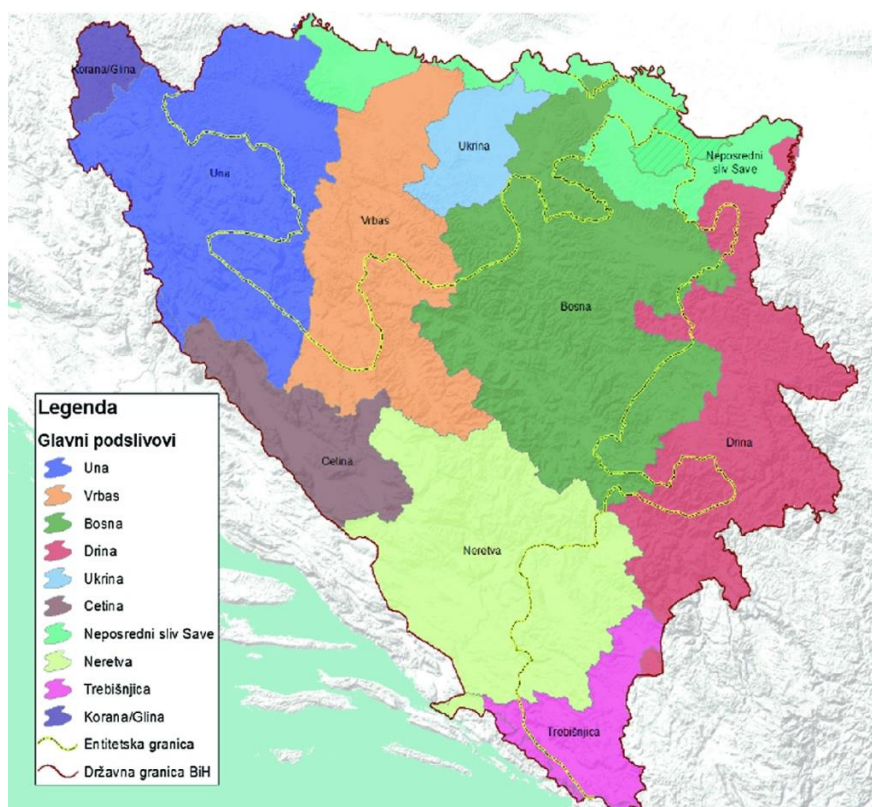
Територија Босне и Херцеговине подељена је на два обласна речна слива:

1. Обласни речни слив Саве, који чине следећи речни сливови:
 - 1.1. Слив реке Уне,
 - 1.2. Слив реке Врбаса,
 - 1.3. Слив реке Укрине,
 - 1.4. Слив реке Босне,
 - 1.5. Слив реке Дрине,
 - 1.6. Непосредни слив реке Саве.

2. Обласни речни слив Јадранског мора, који чине следећи речни сливови:
 - 2.1. Слив реке Неретве,
 - 2.2. Слив реке Требишњице,
 - 2.3. Слив реке Цетине.

Табела 1. Површине главних речних сливова и дужине водотока > 10 km

Слив	Површина слива (km ²)	Дужина водотока дужих од 10 km
Уна (у БиХ)	9130	1480,7
Врбас	6386	1096,3
Босна	10457	2321,9
Дрина (у БиХ)	7240	1355,6
Непосредни слив Саве	50506	1693,2
Слив Саве	38719	7947,7
Неретва и Требишњица	10110	886,8
Цетина (у БиХ)	2300	177,0
Слив Јадранског мора	12410	1063,8
Укупно БиХ	51129	9011,5



Слика 10. Географски положај главних речних сливова у Босни и Херцеговини



Слика 11. Хидрографска мрежа Босне и Херцеговине

2.6. ГЕОГРАФСКЕ ОДЛИКЕ АНАЛИЗИРАНИХ СЛИВОВА

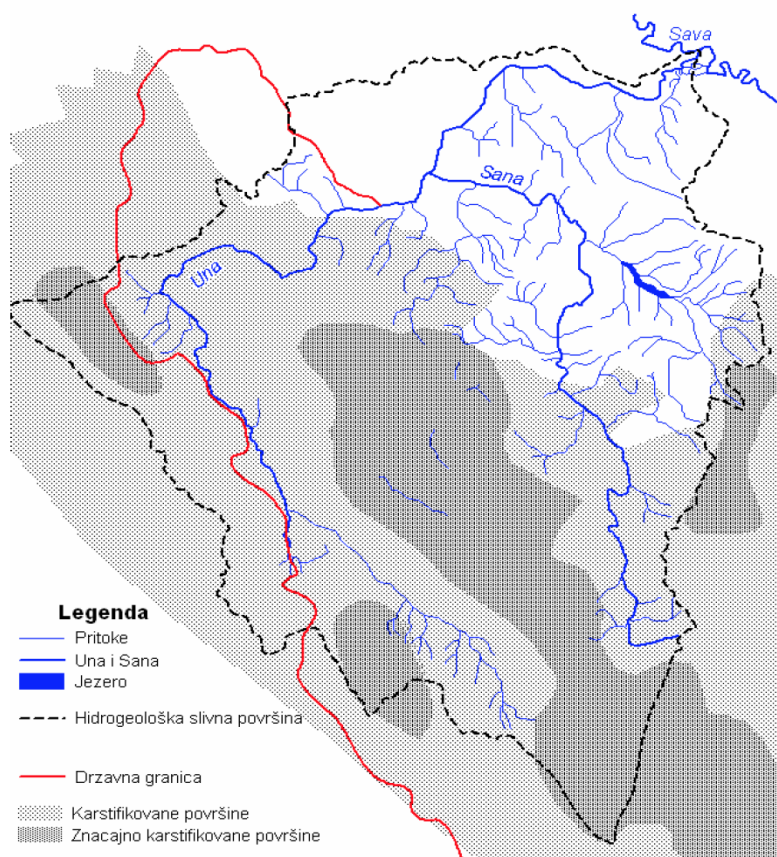
2.6.1. Слив реке Уне

Река Уна дренира (површински и подземно) северну страну динарског карста (горњи и средњи делови слива), а у доњем делу најпре зону мезозојских кречњака и доломита, затим централну палеозојску и офиолитску зону, а при ушћу слив заузима подручје унутрашње зоне флиша (Kotjenić, 2019). Површина слива Уне износи 9.130 km^2 , а укупна дужина тока око 210 km. Извор Уне чини већи број значајних карстних врела, од којих се главно врело налази у републици Хрватској, док се река после неколико километара тока појављује у Босни и Херцеговини у близини насеља Мартин Брод. Горњи и средњи део слива Уне је доминантно под утицајем карста, па и већи део вода река Уна добија из извора у крашким формацијама. За разлику од горњег и средњег дела, доњи део слива чини долина која је изграђена од алувијалног наноса. Отприлике $2/3$ слива Уне чине крашки терени (карстификоване и знатно карстификоване површине), одакле се и највећим делом генеришу протоке Уне (Urbanistički Zavod BiH, 2012). Главно извориште Уне налази се јужно од насеља Суваје (падине планина Личка Пљешевица и Стражбеница), а постоје још и два извора (Велика и Мала Нетка). Ова три врела формирају реку Уну, која непосредно низводно прима воде Сребренице. Као што је претходно споменуто, горњи и средњи део слива реке Уне карактеришу типична крашка обележја, па и већи део вода Уна добија из крашких извора. Највећи водоток и хидрографска окосница целог подручја је река Уна. Уна је

хидрографски врло ослабљеног тока, што је условљено геолошком грађом слива. Распрострањеност крашких карбонатних формација знатно је утицала на саму морфологију речне долине Уне, па тако и на изузетно оскудну површинску мрежу водотока. Управо због тога се на разматраном подручју у Уну од њеног извора до Бихаћа улива веома мали број притока, од којих су значајне само десне притке, и то у њеном горњем току између изворишта и насеља Мартин Брод (Сребреница и Унац). Унац као највећа притока у горњем току Уне хидрографски је такође слабо развијен (површински притоци постоје само на њеном изворишном делу и на левој страни до Дрвара, док се даље низводно сукцесивно у њеном кориту смеђују врела и понори, све до највећег, Црног врела). Може се истаћи да се у зонама где доминирају формације кречњака и доломита образовала зона хидролошких колектора, што је резултовало превођењем падавина, системом пукотина и канала у крашко подземље и одсуством површинске речне мреже. Низводно од Мартин Брода главна одлика хидрографије је сиромаштво притока, али на том потезу, између ушћа Унца и Бихаћа на левој обали реке, постоји подземни дотицај из аквифера пукотинско-карстне порозности, који се манифестује као низ извора у крашким формацијама – прихрањивање се врши водом са крашких поља у залеђу слива у Хрватској. Прихрањивање Уне одвија се и директно из крашких врела, најиздашнијих око Кулен Вакуфа. Јављају се само мање, десне, притоке као што су Орашац, Рачић, Склоп и Дољанка. На посматраном потезу, од Мартин Брода до Бихаћа, постоји низ водопада, од којих је највећи Штрбачки бук. Што се тиче падова, за део Уне од извора до Бихаћа (горњи део слива) карактеристични су врло велики падови на малим удаљеностима. Укупни пад од извора до Бихаћа износи отприлике 150 m, а дужина овог потеза износи отприлике око 67 km. У Бихаћу се налази друга значајна притока Уне, а то је река Клокот. Ова притока је кратког тока а настаје од типичног, снажног крашког врела, велике хидрогеолошке сливне површине. Воде на врелу се генеришу из аквифера пукотинскокарстне порозности и делом интергрануларне порозности. На средњем делу тока Уне, од Бихаћа до Новог Града, нема значајних притока. На овом делу тока постоје знатни падови али са малом концентрацијом, осим код слапова. Тако, укупни пад од Бихаћа до Новог Града износи око 104 m, на дужини од 71 km. У Новом Граду ријека Уна прима своју најзначајнију, десну притоку, реку Сану, која знатно обогаћује воду реке Уне. У доњем току, од Новог Града до ушћа у Саву, Уна је равничарска река, која тече кроз аквифер интергрануларне порозности, без значајних притока. Падови на овом делу тока су врло мали, па тако укупни пад од Новог Града до ушћа у Саву износи око 30 m, на дужини од 72 km. Најважније десне притоке Уне су Унац, Крушница, Сана, Мљечаница и Моштаница, а леве Клокот и Жировац. У насељу Уштица (Босна и Херцеговина), Уна се улива у Саву. Река Уна има карактеристична нивално-плувијални режим, који одликују ниски летњи, као и високи пролећни и јесењи протицаји. Такође, изузетно велики зимски протицаји карактеристични су за ову реку. Према класификацији *С. Илешича (1948)* реку Уну, као и већину великих притоке Саве у Босни и Херцеговини, карактерише посавска варијанта плувио-нивалног водног режима, који одликују највиши водостаји у априлу и марту, а најнижи у августу и септембру.

Као и главни водоток у сливу (река Уна), и подслив Сане је под значајним утицајем карста, поготово у горњем делу слива, од извора до Санског Моста. На овом потезу, Сана се обогаћује из аквифера пукотинско-карстне порозности (вода из крашких поља која се појављује на снажним крашким врелима). Слив Сане доминантно припада зони унутрашњих Динарида, коју изграђују палеозојски кластити мезозојски карбонати, јурско-кредини флишеви неогене масе (Темимовић, 2014). Долина Сане је композитна, сачињена од клисура, кањона и долињских проширења. Сана настаје од три врела у подножју планине Црна гора (1.651 м. н. в.), а врелска зона налази се на око 440 м. н. в. и формирана је разломљеној зони крединих кречњака (Темимовић, 2009). Поред велике хидрогеолошке сливне површине, доказано је да ка врелу Сане гравитирају и воде из горњег дела Гламочног поља (отицање из поља кроз поноре, подземни ток, и у коначници појављивање на површини у виду крашког врела). Површина слива (орографска вододелница) реке Сане износи 3.782 km², а дужина

тока 146 km. Средња надморска висина слива износи 505 m, а просечни падови терена у сливу износе 10.9° (Gnjato, 2018). Истраживано подручје одликује литолошка хетерогеност (учестала смена водонепропусних и водопрпусних стенских формација), изразита раседна разломљеност терена уз појаве карбонатних слојева, што је проузроковало неподударање хидролошке и површинске вододелнице (Temimović, 2007). У јужним и југозападним деловима слива долази до неподударања површинске и подземне вододелнице, и то су терени на којима су хидролошким истраживањима доказани подземни правци отицања (Канаџ, 1959). У овом је простору издвојено заједничко подземно сливно подручје Сане, коју чини зона северозападног дела Гламочког поља (подземно дренарање према врелима Сане и Рибника), те зоне Бравског поља и југоисточног дела Петровачког поља, које се доказаним подземним везама (Канаџ, 1959) одводњавају према врелима Санице, Корчанице, Дабра и неким мањим врелима југозападног дела слива (Temimović, 2007). Стога, укупна површина слива Сане износи 4.517 km². Највећи део воде река Сана прима у горњем делу слива (од врела до Санског Моста), на подручју где је утицај карста и најзначајнији. Као и код реке Уне, највише воде Сана прима преко својих левих притока. Вода из залеђа, крашких поља, након подземног отицаја кроз поноре појављује се на снажним крашким врелима Санице, Корчанице, Дабра и Здене. Прецизније, вода из крашких поља код Босанског Петровца појављује се на крашком врелу реке Санице, а воде из крашке депресије Лушци Паланка појављују се на врелима Дабар и Здена. Након Санског Моста, у средњем делу слива до Приједора, једина значајна лева притока је река Блиха. У Приједору Сана прима прву значајну десну притоку – Гомјеницу. У доњем делу слива, од Приједора до Новог Града и ушћа у Уну, нема значајних притока, осим водотока Јапра. Дакле, као и река Уна, и Сана прима највише воде у свом горњем делу слива, где је изражен утицај карста. Према класификацији С. Илешича (1948), реку Сану карактерише посавска варијанта плувио-нивалног водног режима, који одликују највиши водостаји у априлу, а најнижи у августу.



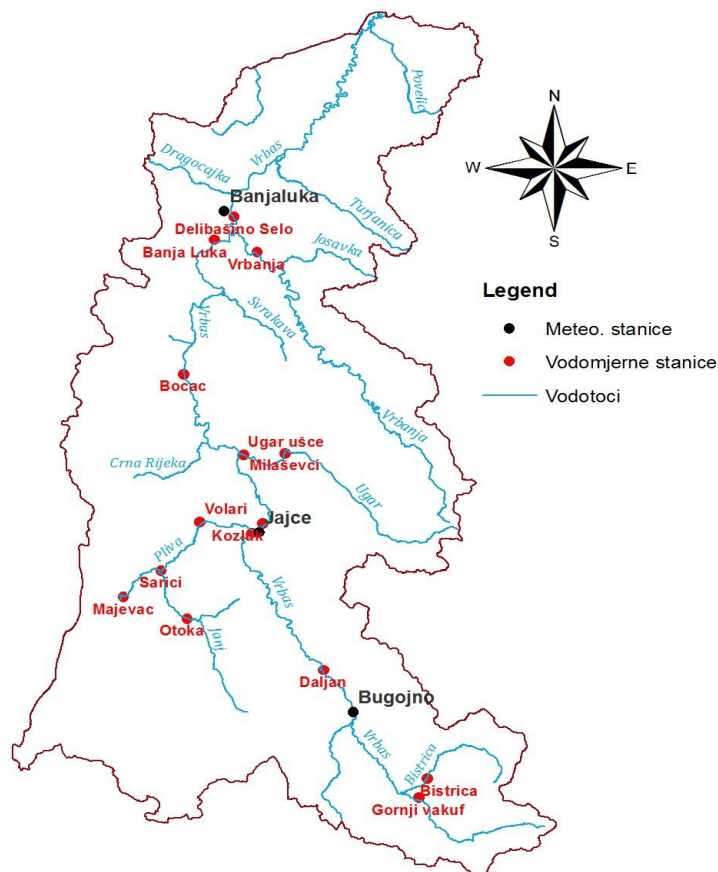
Слика 12. Хидрографија и хидрогеологија слива реке Уне (Извор: Завод за водопривреду д. д. Сарајево, 2009)

2.6.2. Слив реке Врбас

Слив Врбаса смештен је у западном и северозападном делу Босне и Херцеговине, односно у централном делу динарског масива. Укупна површина слива износи 6.386 km^2 , дужина тока 235 km , а просечан нагиб тока 6 m/km . Извориште реке Врбас чине два врела лоцирана у подножју планине Вранице на 1.530 m. н. в. , док се ушће у реку Саву налази код Српца на 90 m. н. в. Просечна надморска висина слива износи 690 m . Врбас од извора до Тушчице тече кањоном, а даље до Горњег Вакуфа уском долином ширине $100\text{--}500$ метара. Од Горњег до Доњег Вакуфа река протиче широком долином, да би се од Доњег Вакуфа до ушћа Швракаве ток опет одвијао у кањону. Даље до ушћа притоке Сутурлије ток Врбаса наставља се у уској долини. Након изласка из долине код Бањалуке, Врбас тече широком низијом, а од ушћа Турјанице Врбас постаје типична равничарска река са меандрима (Агенција за водно подручје ријеке Save, 2016). Геологија слива реке Врбас доминантно је сачињена од седиментних стена палаеозојске, мезозојске и кенозојске старости. Превасходно доминирају карбонатне стене мезозоика, затим кластични седименти мезозоика, палаеозоика и терцијара, док су магматске стене и палеозојски карбонати мање заступљени. Имајући у виду да је већи део слива Врбаса изграђен од карбонатних стена, хидрогеолошка вододелница се не поклапа са морфолошком вододелницом, што је посебно изражено у подручју високог карста (подручје Хрбина, Виторога и Мањаче) (COWI, 2012). Крашки облици изоловани су у две зоне одвојене кластично-карбонатним појасом тријаских седимената и палеозоика. Једна зона крашких терена налази се у југозападном делу сливног подручја Врбаса, ограничена са севера Јањом и Пливом и са југа и запада Купрешким и Гламочким пољем (COWI, 2012). Ово је подручје дубоког карста, где је карстификација јако изражена и разграната дубоко у подземље, тако да у том делу скоро да нема површинских токова. Друга зона крашких терена пресеца средишњи део слива Врбаса и ограничена је са североистока кластитима горњокредног флиша, а са југа кластично-карбонатним седиментима тријаса и палеозоика. У горњем току, од извора до Јајца, Врбас има развијену мрежу површинских токова, односно знатан број притока, од којих су најзначајније у овом делу слива Десна, Козичка, Бистрица, Весечица, Прусачка, Трновачка и Плива (Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva 2010). У граду Јајцу Врбас прима своју највећу притоку Пливу, водоток чије се воде формирају са крашког подручја. Река Плива са својом притоком Јањ дренира подручје висококарстног појаса површине око 900 km^2 , обухватајући велике масиве Виторога и Хрбине, све до Гламочног и Купрешког поља. Ово подручје чине малмски и доњокредни кречњаци (COWI, 2012). Средишњи део слива Врбаса, потез између Јајца и Бањалуке, доминантно има крашке одлике. До града Јајца Врбас има природан, стохастички режим течења, а низводно од Јајца јављају се снажни детерминистички утицаји узроковани радом хидроелектрана Јајце и Бочац. Најзначајније леве притоке Врбаса у овом делу сливног подручја су Црна ријека и Сутурлија, а десне Угар, Швракава и највећа притока у овом делу слива, река Врбања. Доњи део сливног подручја Врбаса (Лијевче поље) представља географски потез од Лакташа до ушћа у Саву (Србац). Ово подручје одликује доминантно присуство кварталних наслага. У овом делу слива Врбас прима најмањи број притока, од којих су најважнији Драгочајка, Турјаница и Повелич. Врбас има изражен плувијално-нивални режим са високим пролећним и јесењим, а ниским зимским и летњим протицајима. Прецизније, реку Врбас одликује посавска варијанта плувио-нивалног водног режима, који одликују највиши водостаји у априлу и марту, а најнижи у августу и септембру (Илешич, 1948).

Река Врбања је десна притока Врбаса, у који се улива код Бањалуке. Извор Врбање налази се на северозападној страни планине Влашић код села Врбања, а чини га неколико врела, која се састају на висини од 1.447 m , док укупна дужина тока износи 95 km . Слив Врбање позициониран је у средишњем делу Босне и Херцеговине и дренира централни део северних падина Динарида. Укупна висинска разлика у сливу износи око 1.300 m , од које на горњи ток, дужине 41 km , отпада 1.230 m , а на преосталих 55 km , средњег и доњег тока, само

170 m (WWF, 2009). Слив је издуженог облика и пружа се у правцу југоисток–северозапад. Површина слива износи 791 km², средња надморска висина 608 m, а просечан пад 17° (Ловрић, 2012). Морфолошки посматрано, већи део слива припада јужном делу обода Панонског басена, на контакту планинске и панонске макрорегије. Смештен у зони унутрашњих Динарида, слив је претежно изграђен од карбонатних формација, затим од кристаластих шкриљаца, флишних и млађих седимената. Простор слива реке Врбање у хидрогеолошком смислу углавном изграђују водонепропусне мезозојске и миоценске стене. Највеће распрострањење имају флишне наслаге јурскокредне и горњокредне старости (WWF, 2009). Слив Врбање одликује веома развијена хидрографска мрежа. Укупан број водотока у сливу износи 2.406 (396 стална и 2.010 повремена), што значи да ће се у сливу на сваки квадратни километар просечно наћи три (повремена или стална) водотока (Ловрић, 2012). Највећа густина речне мреже карактеристична је за северни део слива, где доминирају чврсте стене, те у неогеном басену реке Крушевице, који се налази на источним делу слива. Најмања густина речне мреже заступљена је у источном делу слива, где је доминантно простирање кречњачких формација. У горњем току (од извора до насеља Доњи Ободник) Врбања протиче кроз јасно изражен кањон. Највеће притоке Врбање у овом делу слива су Трновац, Црквеница, Ћорковац и Демићка река. Након Доњег Ободника па све до ушћа (изузев краћег дела код насеља Челинац) Врбања тече кроз поља. Врбању такође одликује и велико меандрирање, низводно од насеља Грабовица па све до ушћа. Дужина водотока је за 35% већа од дужине слива, што указује на изражену кривудаваост водотока, која је присутна на читавој дужини тока (WWF, 2009). Средњи део тока представља географски потез од Доњег Ободника до Челинца, а најважније притоке у овом делу слива су Цврцка, Јакотна, Крушевица и Јошавка. У доњем току, од Челинца до ушћа у Врбас, Врбања прима мањи број кратких притока. Према класификацији *С. Илешича (1948)*, реку Врбању карактерише посавска варијанта плувио-нивалног водног режима, који одликују највиши водостаји у априлу и марту, а најнижи у августу и септембру.

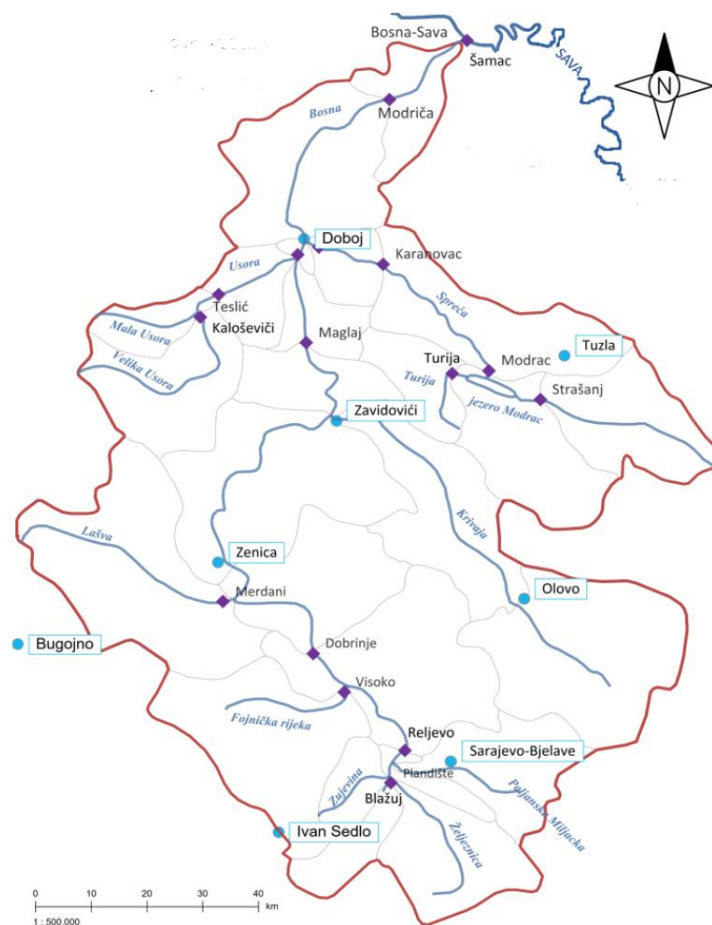


Слика 13. Хидрографија слива реке Врбас (Извор: Topalović et al., 2018)

2.6.3. Слив реке Босне

Слив реке Босне заузима централни положај у Босни и Херцеговини. Површина слива износи 10.457 km^2 , дужина тока износи 275 km , а средња надморска висина слива 640 m . Река настаје у подножју планине Игман на 500 m надморске висине, где са на површини појављује у виду јаког крашког врела, на додиру кречњачког одсека и алувијалне равни (Милојевић, 1951). Након врела река Босна тече кроз Сарајевско поље, где све до Рељева прихвата неколико важних притока (река), што слив Босне на овом подручју чини хидролошки сложеним. Водно богатство Сарајевског поља чини густа мрежа површинских водотока Босне, Жељезнице, Зујевине, Миљацке и Добриње, док се подземне воде формирају у аквиферу интергрануларне порозности у комбинацији са аквифером пукотинскокарстне порозности. Горњи слив реке Босне одликује изразито развијена хидрографска мрежа, са неколико већих и великим бројем мањих притока. Утицај карста у сливу Босне, за разлику од већине сливних подручја у Босни и Херцеговини, није изражен. Посматрајући слив реке Босне на подручју од Сарајева до Зенице (горњи ток реке Босне), издваја се један спецификум. За десну обалу реке Босне карактеристично је постојање бројних притока, на подједнаким растојањима једне од друге, сличне дужине, облика и површине слива. Ти водотоци су Вогошћа, Љубина, Мисоча, Ставња, Горуша, Трстионица, Згошћа, Рибница и Бабина река (Zavod za vodoprivredu d. d. Sarajevo, 2009). Као што је већ споменуто, површинска мрежа водотока изузетно је развијена, а чине је мањи бујични водотоци, који при јаким падавинама знатно порасту и изазивају поплаве. С друге стране, посматрајући леву обалу реке Босне на овом подручју, хидрографија слива такође је развијена, али концентрисана на два главна водотока (Фојница и Лашва). Река Фојница, са ушћем у реку Босну у граду Високо, има две значајне притоке (Жељезница и Лепеница). Река Лашва, друга главна лева притока Босне, са ушћем у Мерданима, има две значајне притоке (Била и Плава вода). Дужина реке Лашве износи око 50 km , а површина слива 964 km^2 . Сарајевско-зеничка котлина (горњи ток Босне) доминантно је изграђена је од шкриљаца, пешчара, кречњака, доломита и језерских седимената. Средишњи део тока реке Босне чини географски потез од Зенице до Маглаја. Главна карактеристике овог дела слива је недовољно развијена хидрографска мрежа лево од главног тока Босне. Са десне стране Босна прима две велике притоке: реку Гостовић и највећу притоку – Кривају у Завидовићима. Река Криваја настаје у граду Олово од два снажна водотока – Биоштице и Ступчанице. Површина слива Криваје износи 1.320 km^2 , а дужина тока, од састава Биоштице и Ступчанице, износи 101 km . Сливно подручје реке Криваје је у геолошком смислу хетерогено. У горњим деловима слива, нарочито у сливу реке Биоштице, значајан утицај фактора карста веома је изражен. Велико сливно подручје Криваје чини да је ова река највећа притока у средњем делу слива Босне. Река Ступчаница дотиче из правца истока, има развијену хидрографију са најзначајнијим притокама: Пиставица, Бријесница, Варошница, Јабланица, Грабовица и Близанци. У геолошком смислу, највећи део слива Ступчанице, лева страна (јужно) у потпуности, и део десне стране водотока, чине кречњаци, лапоровити кречњаци и лапорци, што је условило слабо развијену хидрографску мрежу. Десну страну водотока (север), где је развијенија хидрографска мрежа, чине глинци, глинени шкриљци, рожнаци, пешчари и туфови. У мањем проценту такође су присутни кречњаци, дијабази, малафири и серпентинити; вулканско-седиментни комплекс мезозоика (изразито литолошки хетероген, анизотропан и тектонски оштећен), водонепропустан, веома подложен ерозији. Дужина Ступчанице износи 29 km , а површина слива 288 km^2 . Друга река која формира Кривају је Биоштица. Река Биоштица тече из правца југозапад (планина Романија) и југоисток и има различито развијену хидрографску мрежу, са најзначајнијим притокама Каљина, Блатница и Добрачица. У геолошком погледу, највеће сливно подручје Биоштице (југозапад – Романија), у потпуности, и део десне стране водотока, чине кречњаци и доломити. Ово имплицира да у том делу слива постоји знатан утицај карста, који је условио слабо развијену хидрографску мрежу. Десну страну водотока (север) чине глинци, глинени шкриљци, рожнаци, пешчари и туфови, док су мање присутни

кречњаци, дијабази, малафири и серпентинити. Дужина Биоштице износи 30 km, а површина слива 349 km². У коначници, како је претходно наведено, у граду Олово Ступчаница и Биоштица се састају и настаје Криваја. Низводно до ушћа у Босну, слив реке Криваје има веома издужен облик. Поред многобројних притока Криваје, треба нагласити да она нема великих притока. Геолошки, слив Криваје између Олова и Завидовића (горњи и средњи ток Криваје) готово у потпуности граде серпентинити и серпентинисани перидотити. У доњем делу овог слива (непосредни део слива око ушћа у Босну) превладавају глинци, глинене шкриљци, рожнаци, пешчари и туфови. Од града Маглаја до Добоја река Босна нема значајних притока осим десне притоке Јабланице. На подручју града Добој постоје две значајније притоке, а то су Усора (лева притока) и Спреча (десна притока). Река Усора настаје од две реке: Велике Усоре и Мале Усоре, које се спајају недалеко низводно од града Теслића. И Велика и Мала Усора извиру на планини Борје. У горњим деловима слива ове две реке имају бујичан карактер, док у средњем и доњем току имају карактер равничарских река са великим инундационим подручјима. Река Спреча је по јачини друга највећа притока Босне (после Криваје), иако има већу сливну површину и дужину од Криваје. Улива се у реку Босну код Добоја. За разлику од свих осталих притока, а посматрајући цео слив Босне, на Спречи постоји значајан фактор који утиче на режим течења, а то је вештачка акумулација Модрац. То је акумулација воде за потребе снабдевања становништва и индустрије, завршена и пуштена у погон током 1964 године. Површина акумулације износи 17 km², а запремина 98 × 106 m³. Доњи, равничарски, део слива Босне представља потез од Добоја до ушћа Босне у Саву. У овом делу нема значајних притока. Геологија овог подручја представљена је од алувиона и стена као што су пешчари, шкриљци, лапори и сарматски кречњаци (Милојевић, 1951). Према класификацији С. Илешича (1948), реку Босну и њене проучаване притоке (Лашва, Криваја, Биоштица и Ступчаница) одликује посавска варијанта плувио-нивалног водног режима, који одликују највиши водостаји у априлу и марту, а најнижи у августу и септембру.

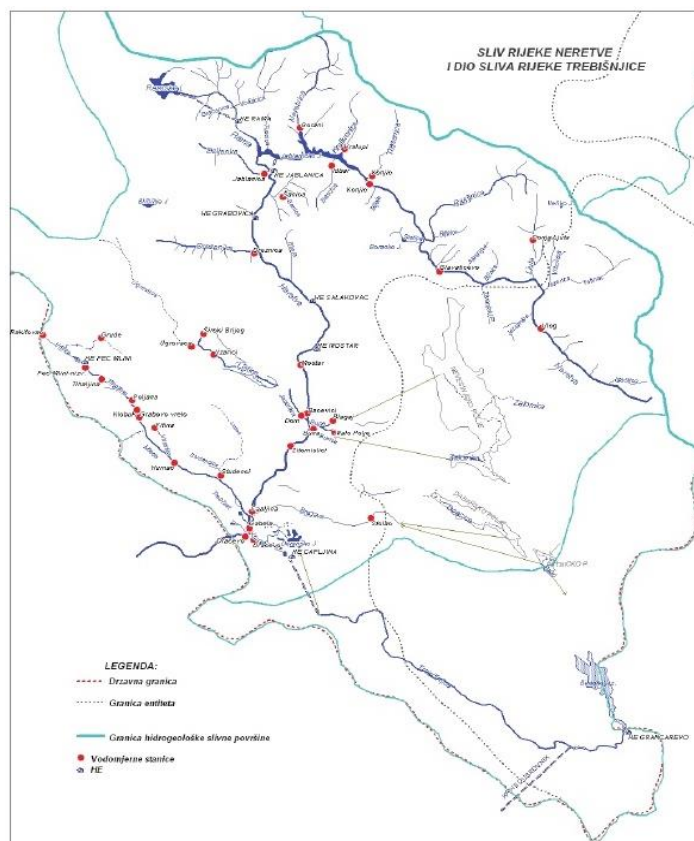


Слика 14. Хидрографија слива реке Босне (Извор: Vidmar et al., 2016)

2.6.4. Слив реке Неретве

Слив реке Неретве заузима највећи део водног подручја Јадранског мора, а са укупном дужином од 225 km чини највећу реку крашког подручја не само у Босни и Херцеговини већ и на целом подручју Динарида. Површина слива износи 10.110 km², заједно са подсливом реке Требишњице. Главне карактеристике ове реке су велика сливна површина, изразито хетероген слив, велики број притока, снажан утицај карста у целом сливу (са свим спецификумима крашких подручја), што узрокује значајну разлику орографске и хидрогеолошке сливне површине, те изражене антропогене утицаје на течење узроковане постојањем бројних хидроелектрана. Неретва извире у подножју планине Зеленгора на надморској висини од 846 m, а долина реке састављена је од кањона, клисура и котлина. Горњи ток реке представља географско подручје од извора до Коњица, средњи део од Коњица до насеља Почитељ, а доњи део тока од Почитеља до ушћа у Јадранско море у дужини од 36 km. До Почитеља река пролази кроз планински ланац, усецајући корито у кањонима и котлинама, а наставља као равничарска река која на ушћу формира делту са више рукаваца и меандрирајућом матицом (Dragičević, 2003). У горњем току Неретва има динарски правац пружања, тече кањоном и прима десне притоке: Јасеницу, Ракитницу, Трешаницу, Краљушницу, Неретвицу и Раму, док су леве притоке Шиштица и Биштица (Operta & Ramuk, 2015). Неретва се формира од неколико снажних врела испод планине Зеленгора. На овом потезу, на дужини око 95 km, Неретва протиче кроз вододрживе (претежно тријаске формације) стене и прима чак 71 притоку, док низводно према ушћу, на дужини од 125 km, где протиче кроз кречњачке терене, Неретва прима само 19 притока (Rodić, 1987). У свом горњем току, све до Коњица, ток Неретве је у потпуности стохастички процес са изузетно развијеном мрежом површинских водотока, што се драстично мења од града Коњица. За разлику од горњег тока Неретве, средњи и доњи ток углавном одликују формације кречњака велике водопропусности, где је отицање претежно подземно према реци Неретви и према Јадранском мору. У средњем току, низводно од града Јабланице, прима десне притоке Дољанку и Дрежанку и леву притоку – Прењску реку. У овом делу слива значајне притоке су Краљушница, Баштица, Неретвица, Рама, Дољанка и Бијела. На овом потезу ток Неретве је стохастички процес који је узрокован постојањем већим бројем хидроелектрана (хидроелектране Јабланица, Рама, Грабовица, Салаковац и Мостар). У доњем току, низводно од Мостара, Неретва формира широку долину и прима десне притоке: Радобољу, Лиштицу и Угровачу, које долазе преко Мостарског Блата и Јасенице, а низводно од Чапљине реку Требижат. Леве притоке на овом делу су Буна, Брегава и Крупа. Већина притока реке Неретве у овом делу слива дотичу из крашких поља на североисточном делу слива; Јасеница (воде реке Лиштице и воде мањих водотока који завршавају у Мостарском блату), Буна (воде из Невесињског поља), Брегава (воде из Дабарског и делом Фатничког поља), Требижат (настаје у Имотском пољу) и Крупа (дотиче из Деранског језера – Хутово блато, а прихвата и воде са ХЕ Чапљина) (Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, 2010). Треба напоменути да су антропогени утицаји у сливу Неретве веома изражени. Требишњица каналом кроз Попово поље дотиче до горњег компензационог базена хидроелектрана Чапљина. Део вода Требишњице понире и снабдева водом Деранско језеро, а један део вода користи хидроелектрана Чапљина. Иако је цели слив Неретве под утицајем карста, доњи ток Неретве (од насеља Почитељ до ушћа у Јадранском море), под израженим је утицајем карста. Одлике овог дела слива су знатан број крашких врела (на притокама и у самом кориту Неретве), додатни детерминистички утицаји од хидроелектрана Чапљина (Требишњица) и Пећ Млини (Требижат), те бројни канали за наводњавање. Југозападни део слива Неретве одликује присуство понора, уз појаву еставела у самом пољу (Vranješ et al., 2013). Према класификацији С. Илешича (1948), реку Неретву одликује медитеранска варијанта плувио-нивалног водног режима, који одликују највиши водостаји у новембру и априлу, а најнижи у августу и септембру.

Слив реке Требижат налази се на подручју западне Херцеговине (Имотско поље – Република Хрватска), а одликују га формације високо развијеног карста, са специфичном хидродинамиком природних водотока. Слив је доминантно изграђен од карбонатних седимената (кречњаци и доломити) креде и палеогена и кластичних наслага флиша, док су у пољима и долинама река заступљене квартарне насlage (Milašinović & Raič, 2016). Кроз карст централног дела истраживаног слива, према Неретви се пробија сложени водоток Тихаљина–Младе–Требижат, један од ретких површинских водотока у овом делу Босне и Херцеговине (WWF, 2009). Река Требижат спада у типичне крашке водотоке у чијем сливу је врло слабо развијена површинска хидрографска мрежа и у коме доминира подземно отицање. Највећи отворени понори познати су код села Витуше и Отока, у подручју Нуге и најугозападном рубу Бекијског поља (Milašinović & Raič, 2016). Могу се издвојити три скупине понора или три подручја. Прво подручје је терен од Руновића до Пећ Млина, друго је подручје Нуга и Лисковице и треће представља југозападни руб Бекијског поља. Требижат је десна притока реке Неретве, чија дужина износи око 70 km од свог извора (Пећ Млини – Груде) до ушћа у Неретву (Струге–Чапљина), а површина око 1.200 km². Денивелација од извора у Пећ Млинима (127–130 м. н. в.) до ушћа у Неретву (8 м. н. в.) износи око 120 m, а просечни пад за целу дужину тока око 2%. Треба истаћи да, као део врло специфичног и сложеног система дренарања карста западне Херцеговине, иста вода на разним деоницама тече под различитим именима. Део од извора до ушћа врела Клокун познат је као река Тихаљина, од ушћа Клокунa до ушћа Вриоштице водоток мења назив у Младе, и на крају, од Хумца до ушћа у Неретву, река мења име у Требижат (WWF, 2009). Притоке Требижата су углавном крашка врела која избијају у непосредном заобаљу (Клокун, Грабово врело, Модро око и низ мањих врела) или на блиској удаљености од корита реке које се након краћег тока у њу уливају (Студена, Јакешница, Нездравица и најдужа притока Мељава). Поред споменутих притока, у влажном периоду са стрмих падина слива у горњем току јављају се бујични токови, чије трајање је кратко и постојано искључиво у веома влажном периоду. Требижат, као и његове притоке, припадају региону кречњачког платоа са пећинама, понорима и подземним каналима. Између брда налазе се нижи делови (крашка поља), покривени алувијалним тлом погодним за пољопривреду. У ширем подручју се налази и неколико специфичних обрадивих карстних поља: Љубушко поље, Вељачко поље, Витинско поље, Расток и Бериш, која се наводњавају из система Тихаљина–Младе–Требижат. Током вегетационог периода количина падавина није довољна јер мање од 10% од укупних падавина излучи се током врућег и сушног лета (Milašinović & Raič, 2016). Река Требижат представља једини стални извор воде унутар целог сливног подручја. Крашка поља имају динарски правац пружања, северозапад–југоисток, а по ободу поља формиране су вртаче, врела, еставеле и понори. Сливно подручје Требижата налази у зони измењене континенталне климе (на контакту континенталне и медитеранске климе), са обилним падавинама у зимском делу године и изузетно врућим летима. Сушна сезона траје од јуна до септембра, док је остатак године кишан, са највећим падавинама од октобра до јануара (WWF, 2009). Према класификацији С. Илешича (1948), реку Требижат карактерише медитеранска варијанта плувијалног водног режима, који одликују највиши водостаји у децембру и јануару, а најнижи у августу.



Слика 15. Хидрографија слива реке Неретве (Извор: Завод за водопривреду д. д. Сарајево, 2009)

2.7. ВЕГЕТАЦИЈСКЕ ОДЛИКЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ

Основне одлике вегетације Босне и Херцеговине представљене су рејонизацијом вегетационог покривача коју су спровели *Stefanović et al. (1983)*. Ова рејонизација извршена је узимајући у обзир фитогеографске, климатске, орографске, педолошке и вегетационе одлике простора, док су на бази ове регионализације, на подручју Босне и Херцеговине, дефинисане четири еколошко-вегетацијске области.

- Припанонска област,
- Прелазно илирско-мезијска област,
- Област унутрашњих Динарида,
- Медитеранско-динарска област.

Припанонска област

Припанонска област заузима северни, равничарско-брежуљкасти, део Босне и Херцеговине, од река Уне и Саве на северу до обода Динарида на југу. Ова област такође се простире у унутрашњост земље долинама река Сане, Врбање, Босне и Спрече. Земљишта ове области углавном су хидроморфна, тежег механичког састава, дубока и изложена утицају површинских и подземних вода. У овом подручју доминирају шуме китњака и обичног граба, са којима се смењују шуме букве на повољним положајима, док на орографски изложенијим положајима доминирају шуме храста (китњак и цер) (Попов, 2020). Равничарске делове и алувијално-делувијалне терасе карактеришу шуме храста лужњака и граба, док су за највлажнија станишта присутне шуме црне јохе и шуме пољских јасена. Шуме врба и топола присутне су на рецентним флувисолима. Посебно фитогеографско

обележје ове области чине шуме букве и јеле на острвским планинама Козара и Мајевица (Stefanović et al., 1983).

Прелазно илирско-мезијска област

Прелазно илирско-мезијски рејон обухвата североисточни, источни и југоисточни део Босне и Херцеговине. Ова област се на североистоку граничи са Припанонском области, док се на истоку и југозападу граничи са области унутрашњих Динарида (Stefanović et al., 1983). У морфолошком смислу, реч је о веома диверзификованом терену који захвата делове слива Дрине, а који одликују падине планина и делови алувијалних тераса. Земљишта прелазне илирско-мезијске области спадају у категорију средње дубоких камбичних земљишта, често скелетних и подложних ерозији. Дистрибуција шумских заједница доминантно зависи од рељефних, едафских и антропогених услова, што утиче на њихово мозаично распрострањење. Присуство храстове фитоценозе карактеристично је у нижим деловима, односно на овим подручјима доминирају шуме лужњака, граба, сладуна и цера. Са порастом надморске висине претходно наведене шумске заједнице смењују шуме китњака и цера на топлијим подручјима, док су на хладнијим стаништима присутне шуме букве. У највишим пределима ове области заступљене су фитоценозе букве, шуме букве и јеле са смрчом, шуме јеле и смрче, као и шуме субалпинске смрче и клековине бора (Попов, 2020).

Област унутрашњих Динарида

Област унутрашњих Динарида обухвата унутрашњу област динарских планина, од Пљешевице на северозападу до Маглића и Волујка на југоистоку. Југозападна граница ове области представљена је високопланинским гребенима и висоравнима, који уједно чине и границу утицаја медитеранске климе. На североистоку, ова област се спушта према Припанонској и Прелазној илирско-мезијској области, завршавајући се на обронцима виших масива Динарида (Stefanović et al., 1983). Област унутрашњих Динарида одликује веома хетероген геоморфолошки састав, док област чине масиви планина, који су доминантно изграђени од кречњака и доломита, две бреговите целине (офиолитска зона и Цазинска Крајина), средњобосанско шкриљогорје и сарајевско-зеничка котлина (Stefanović et al., 1983). Поред климатоналних фитоценоза китњака и граба, у овој области је приметно висинско зонирање шума од шума букве, букве и јеле са смрчом, субалпинске букве до клековине бора (Попов, 2020). Посебно вегетацијско обележје овој области дају интразоналне фитоценозе смрче у планинским депресијама условљене инверзијама температуре ваздуха, или у субалпинском појасу на осојним падинама.

Медитеранско-динарска област

Медитеранско-динарска област захвата делове Динарида (спољашњи Динариди) који су изложени утицају медитеранске климе, док у територијалном погледу област првенствено обухвата регион Херцеговине. Према северозападу Медитеранско-динарска област се протеже до Грмеча, где се у долинама река Крке, Зрмање и Уне осећају продори медитеранске климе, док се према североистоку ова област граничи са планинским масивима и гребенима. Како се ова област готово у целини налази у зони спољашњих Динарида, реч је о јако карстификованом терену, где су заступљени сви феномени карстне ерозије. Оно што у педолошком погледу одликује ову област, нарочито планинске делове, јесте врло висок степен површинске стеновитости (Stefanović et al., 1983). На уски појас зимзелене вегетације у медитеранском делу области (црника, макија, гарига, итд.) наставља се заједница медуна и белог граба, док су у унутрашњости ове области заступљене шуме сладуна и цера, а у вишим деловима фитоценозе цера (Попов, 2020). Термофилне шуме букве распрострањене

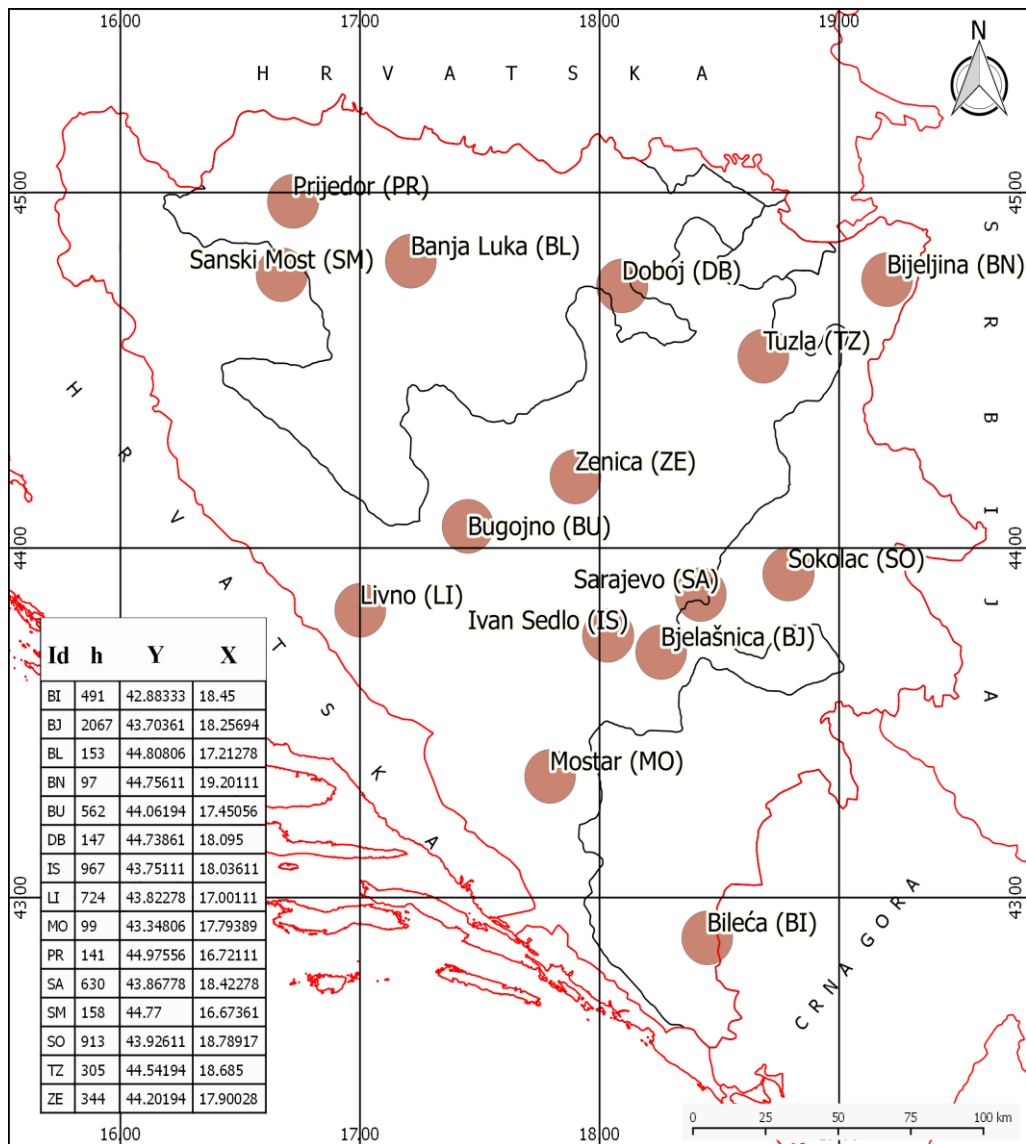
су у вишим деловима области и најчешће су острвског положаја, док су у планинском појасу заступљене фитоценозе букве и јеле, без смрче (Stefanović et al., 1983).



Слика 16. Потенцијална вегетација Босне и Херцеговине (Извор: Stefanović et al., 1983)

3. АНАЛИЗА РЕЦЕНТНИХ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА

Рецентне климатске промене у Босни и Херцеговини установљене су сложенем анализом елементарних климатских елемената – температуре ваздуха и падавина. Анализа елемента климе спроведена је за период 1961–2016. на основу података са метеоролошких станица за које постоје континуална, дугогодишња осматрања (Слика 17; Табела 2). Анализом су одређени трендови температуре ваздуха и количине падавина на нивоу месеца, сезоне и године, а како би се додатно утврдиле и доказале промене климе, спроведена је и компаративна анализа елемената климе за два дугогодишња периода (1961–1990. и 1991–2016).



Слика 17. Географски положај анализираних метеоролошких станица у Босни и Херцеговини

Табела 2. Координате анализираних метеоролошких станица

М. с.	h (m)	Y	X
Сански Мост (СМ)	158	44.77	16.67361
Приједор (ПР)	141	44.97556	16.72111
Бањалука (БЛ)	153	44.80806	17.21278
Добој (ДБ)	147	44.73861	18.095
Бијељина (БЈ)	97	42.88333	18.45
Тузла (ТЗ)	305	44.54194	18.685
Зеница (ЗЕ)	344	44.20194	17.90028
Бугојно (БУ)	562	44.06194	17.45056
Соколац (СО)	913	43.92611	18.78917
Сарајево (СА)	630	43.86778	18.42278
Бјелашница (БЈ)	2067	43.70361	18.25694
Иван седло (ИС)	967	43.75111	18.03611
Ливно (ЛИ)	724	43.82278	17.00111
Мостар (МО)	99	43,34806	17,79389
Билећа (БИ)	443	42.86778	18.42472

3.1. ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА

Температура ваздуха уз падавине представља најзначајнији климатски елемент који преко испаравања има утицај на протицај река али и на температуру саме воде у рекама. Двојак утицај температуре ваздуха огледа се на доступност и квалитативна (физичко-хемијска) својства воде. Међутим, утицај све виших температура ваздуха у контексту рецентног климатског загревања огледа се и у заступљености врсте падавина, које се све више излучују у виду кише. Као последица, снег и снежни покривач све више се редукују, што доводи до смањења капацитета природних резервоара и смањења водности река током најсушнијих летњих месеци. Температуре ваздуха и воде у директној су вези, што значи да су дневне, сезонске, годишње и вишегодишње промене оба параметра условљене, пре свега, климатским факторима али и топлотним карактеристикама притока, приливом отпадних вода, термичким загађивачима и хидроморфолошким променама унутар самог речног корита (Graf, 2019).

3.1.2. Просечне месечне и годишње температуре ваздуха

Према постојећим метеоролошким станицама просечна годишња температура ваздуха у северном делу Босне и Херцеговине креће се од 10,6 °C у Санском Мосту до 11,5 °C у Бијељини. Средње вредности годишњих температура ваздуха у Приједору, Бањалуци и Добоју износе 11 °C, 11,2 °C и 11,1 °C, респективно. Идући према средишњем, планинско-котлинском, делу земље просечна годишња температура опада, а најнижа просечна температура ваздуха осматрана је на Бјелашници и износи 1,5 °C. Највише просечне температуре ваздуха одликују јужни део Босне и Херцеговине, где просечне годишње вредности у Мостару и Билећи износе 12,3 °C и 15 °C, респективно. На целом истраживаном простору најхладнији месец је јануар, са просечним температурама од -3,7 °C на Сокоцу до 5,3 °C у Мостару. Изузетак је Бјелашница, где је најнижа просечна температура од -6,6 °C забележена у фебруару. Најтоплији месец је јул, са највишом средњом температуром ваздуха у јужном (Мостар 25,4 °C и Билећа 22,1 °C) и северном делу Босне и Херцеговине (Бијељина 21,9 °C и Бањалука 21,4 °C). Као и у претходном случају, изузетак је Бјелашница, са највишом просечном температуром ваздуха у августу 10,3 °C.

Табела 3. Просечне месечне и годишње температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)

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

Просечне годишње температурне амплитуде крећу се у од 16,9 °С (Бјелашница) до 21,7 °С (Бијељина). Највише амплитуде карактеристичне су за североисточни, најконтиненталнији део Босне и Херцеговине, а поред Бијељине највишу просечну годишњу амплитуду имају Приједор (21,6 °С) и Бањалука (21,1 °С). Најнижа просечна годишња амплитуда утврђена је на највишој станици, Бјелашници, док су следеће најниже вредности просечне годишње температурне амплитуде од 18,8 °С осмотрене на Иван седлу и у Билећи.

Табела 4. Просечне годишње температурне амплитуде у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°С)

СМ	ПР	БЛ	ДБ	БН	ТЗ	ЗЕ	БУ	СО	СА	БЈ	ИС	ЛИ	БИ	МО
20,5	21,6	21,1	20,9	21,7	20,2	20,8	19,9	20,5	19,9	16,9	18,8	19,4	18,8	19,8

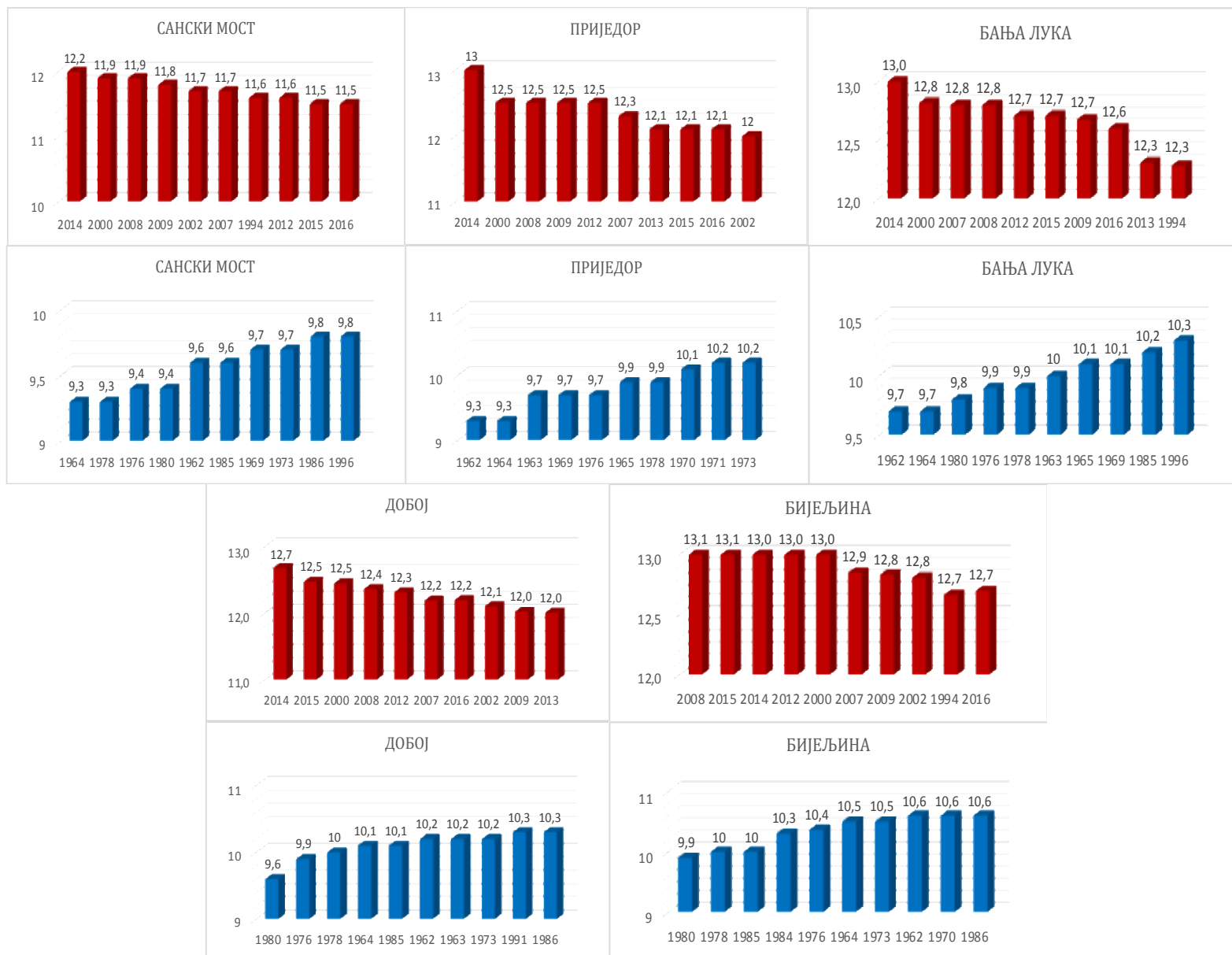
На већини станица у Босни и Херцеговини девет од десет најтоплијих година у посматраном периоду 1961–2016. године забележено је у 21. веку. Међу десет најтоплијих година на десет метеоролошких станица наша се једино 1994. година, која је уједно и најтоплија година у Билећи. Чињеница да су све најтоплије године, у истраживаном периоду 1961–2016. године, на већини метеоролошких станица забележене након 1990. године, указује на недвосмислено постојање климатских промена, које је првенствено манифестовано порастом просечне температуре ваздуха изнад укупног простора Босне и Херцеговине. Као најтоплија година истиче се 2014, када су највише просечне температуре измерене у већем делу Босне и Херцеговине (10 станица). Осим 2014. године, међу најтоплијим нашле су се 2008 (Бијељина) и 2015. година (Бјелашница и Мостар). Занимљиву чињеницу представља податак да су најмање разлике у просечној годишњој температури десет најтоплијих година утврђене у Бијељини и Мостару (амплитуда између најтоплије и најхладније године међу десет најтоплијих износи 0,4 °С). Међу најхладнијим годинама у Босни и Херцеговини налазе се углавном године из периода пре 1990. године, када тренд загревања постаје израженији. Две најхладније године на истраживаном подручју биле су 1976 (централни и јужни део БиХ) и 1980. година (углавном североисточни део БиХ). Међу најхладнијим годинама у анализираном периоду биле су 1962 (северозападни део БиХ – Бањалука, Приједор и Сански Мост) и 1985. година (Иван седло). Из периода након 1990. године међу најхладнијим годинама нашле су се 1991 (осам станица), 1995 (Билећа) и 1996. година (Сански Мост, Бањалука и Тузла). Једина година из 21. века која се јавља међу десет најхладнијих година у истраживаном периоду била је 2005 (Тузла, Сарајево, Бјелашница, Иван седло и Билећа).

Табела 5. Најтоплије године у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

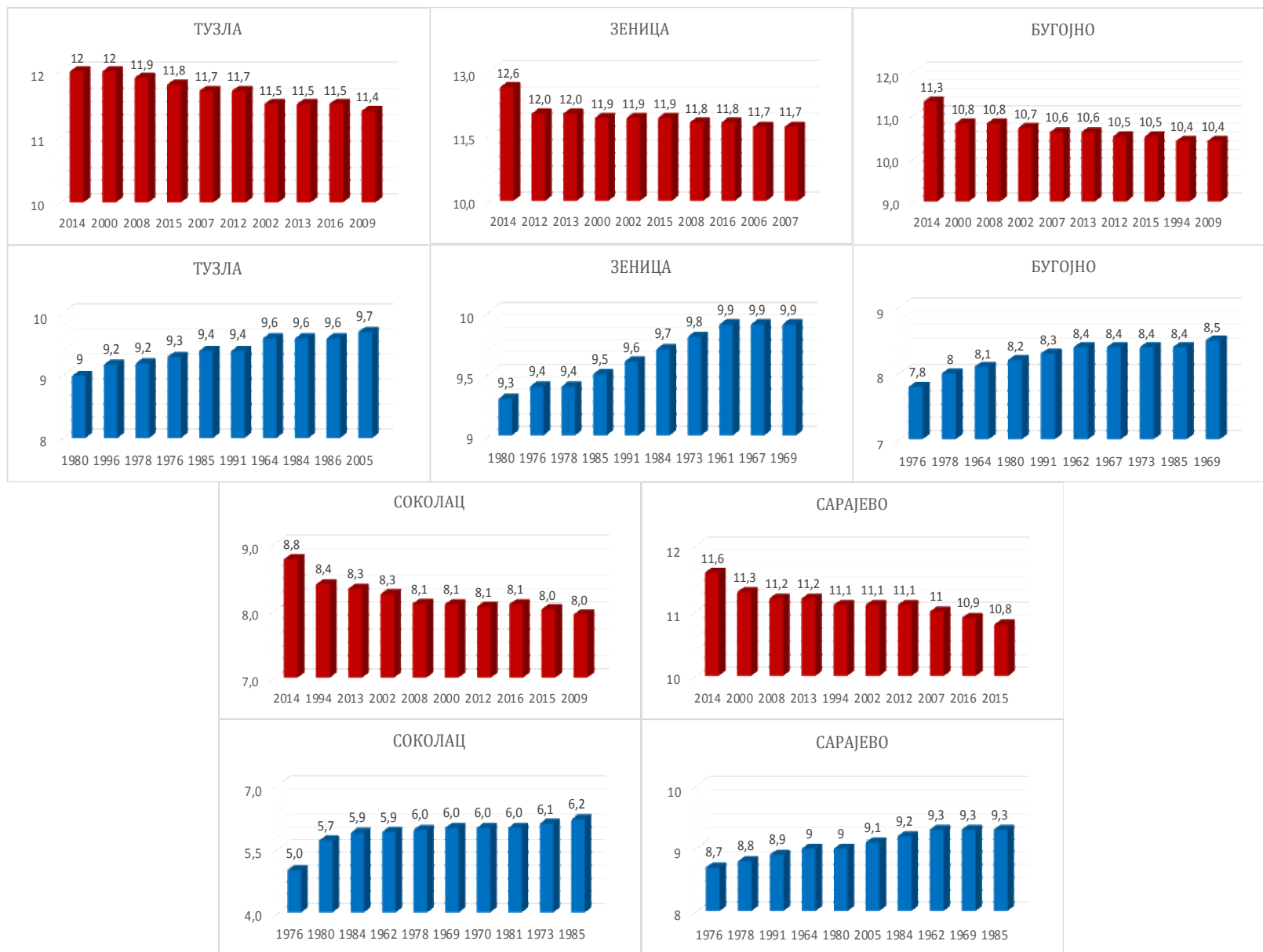
М. с.	СМ		ПР		БЛ		ДБ		БН	
	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)
1.	2014	12,2	2014	13,0	2014	13,0	2014	12,7	2008	13,1
2.	2000	11,9	2000	12,5	2000	12,8	2015	12,5	2015	13,1
3.	2008	11,9	2008	12,5	2007	12,8	2000	12,5	2014	13,0
4.	2009	11,8	2009	12,5	2008	12,8	2008	12,4	2012	13,0
5.	2002	11,7	2012	12,5	2012	12,7	2012	12,3	2000	13,0
6.	2007	11,7	2007	12,3	2015	12,7	2007	12,2	2007	12,9
7.	1994	11,6	2013	12,1	2009	12,7	2016	12,2	2009	12,8
8.	2012	11,6	2015	12,1	2016	12,6	2002	12,1	2002	12,8
9.	2015	11,5	2016	12,1	2013	12,3	2009	12,0	1994	12,7
10.	2016	11,5	2002	12,0	1994	12,3	2013	12,0	2016	12,7
М. с.	ТЗ		ЗЕ		БУ		СО		СА	
	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)
1.	2014	12,0	2014	12,6	2014	11,3	2014	8,8	2014	11,6
2.	2000	12,0	2012	12,0	2000	10,8	1994	8,4	2000	11,3
3.	2008	11,9	2013	12,0	2008	10,8	2013	8,3	2008	11,2
4.	2015	11,8	2000	11,9	2002	10,7	2002	8,3	2013	11,2
5.	2007	11,7	2002	11,9	2007	10,6	2008	8,1	1994	11,1
6.	2012	11,7	2015	11,9	2013	10,6	2000	8,1	2002	11,1
7.	2002	11,5	2008	11,8	2012	10,5	2012	8,1	2012	11,1
8.	2013	11,5	2016	11,8	2015	10,5	2016	8,1	2007	11,0
9.	2016	11,5	2006	11,7	1994	10,4	2015	8,0	2016	10,9
10.	2009	11,4	2007	11,7	2009	10,4	2009	8,0	2015	10,8
М. с.	БЈ		ИС		ЛИ		БИ		МО	
	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)
1.	2015	2,7	2014	9,0	2014	10,9	1994	13,5	2015	16,2
2.	1994	2,6	2000	8,9	2015	10,6	2003	13,1	2011	16,2
3.	2014	2,5	2013	8,8	2012	10,6	2000	13,1	1994	16,2
4.	2012	2,3	1994	8,6	2008	10,6	2007	13,1	2003	16,1
5.	2000	2,3	2008	8,6	2016	10,5	2008	13,1	2007	16,1
6.	2016	2,2	2015	8,6	2013	10,5	2002	13,0	2008	16,1
7.	2007	2,2	2002	8,5	2002	10,5	2012	12,9	2012	16,1
8.	2002	2,2	2007	8,4	2000	10,5	2013	12,9	2000	16,0
9.	2010	2,1	1990	8,3	2011	10,4	2015	12,9	2013	15,9
10.	2013	2,1	2016	8,3	2007	10,4	2014	12,8	2016	15,8

Табела 6. Најхладније године у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

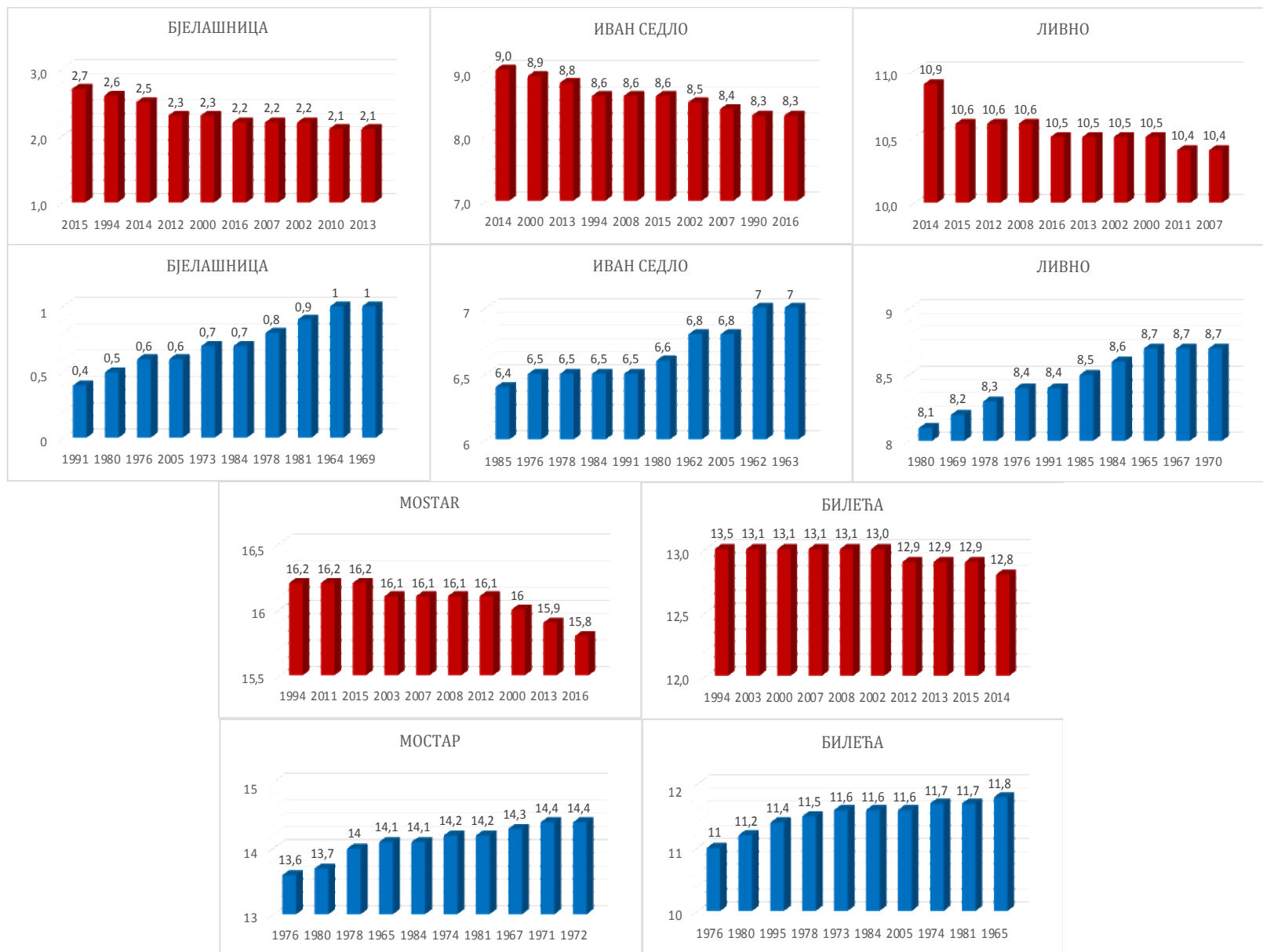
М. с.	СМ		ПР		БЛ		ДБ		БН	
	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)
1.	1964	9,3	1962	9,3	1962	9,7	1980	9,6	1980	9,9
2.	1978	9,3	1964	9,3	1964	9,7	1976	9,9	1978	10,0
3.	1976	9,4	1963	9,7	1980	9,8	1978	10,0	1985	10,0
4.	1980	9,4	1969	9,7	1976	9,9	1964	10,1	1984	10,3
5.	1962	9,6	1976	9,7	1978	9,9	1985	10,1	1976	10,4
6.	1985	9,6	1965	9,9	1963	10,0	1962	10,2	1964	10,5
7.	1969	9,7	1978	9,9	1965	10,1	1963	10,2	1973	10,5
8.	1973	9,7	1970	10,1	1969	10,1	1973	10,2	1962	10,6
9.	1986	9,8	1971	10,2	1985	10,2	1991	10,3	1970	10,6
10.	1996	9,8	1973	10,2	1996	10,3	1986	10,3	1986	10,6
М. с.	ТЗ		ЗЕ		БУ		СО		СА	
	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)
1.	1980	9,0	1980	9,3	1976	7,8	1976	5,0	1976	8,7
2.	1996	9,2	1976	9,4	1978	8,0	1980	5,7	1978	8,8
3.	1978	9,2	1978	9,4	1964	8,1	1984	5,9	1991	8,9
4.	1976	9,3	1985	9,5	1980	8,2	1962	5,9	1964	9,0
5.	1985	9,4	1991	9,6	1991	8,3	1978	6,0	1980	9,0
6.	1991	9,4	1984	9,7	1962	8,4	1969	6,0	2005	9,1
7.	1964	9,6	1973	9,8	1967	8,4	1970	6,0	1984	9,2
8.	1984	9,6	1961	9,9	1973	8,4	1981	6,0	1962	9,3
9.	1986	9,6	1967	9,9	1985	8,4	1973	6,1	1969	9,3
10.	2005	9,7	1969	9,9	1969	8,5	1985	6,2	1985	9,3
М. с.	БЈ		ИС		ЛИ		БИ		МО	
	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)	г.	t (°C)
1.	1991	0,4	1985	6,4	1980	8,1	1976	11	1976	13,6
2.	1980	0,5	1976	6,5	1969	8,2	1980	11,2	1980	13,7
3.	1976	0,6	1978	6,5	1978	8,3	1995	11,4	1978	14,0
4.	2005	0,6	1984	6,5	1976	8,4	1978	11,5	1965	14,1
5.	1973	0,7	1991	6,5	1991	8,4	1973	11,6	1984	14,1
6.	1984	0,7	1980	6,6	1985	8,5	1984	11,6	1974	14,2
7.	1978	0,8	1962	6,8	1984	8,6	2005	11,6	1981	14,2
8.	1981	0,9	2005	6,8	1965	8,7	1974	11,7	1967	14,3
9.	1964	1,0	1962	7,0	1967	8,7	1981	11,7	1971	14,4
10.	1969	1,0	1963	7,0	1970	8,7	1965	11,8	1972	14,4



Графикон 1. Најтоплије и најхладније године у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године



Графикон 2. Најтоплије и најхладније године у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године



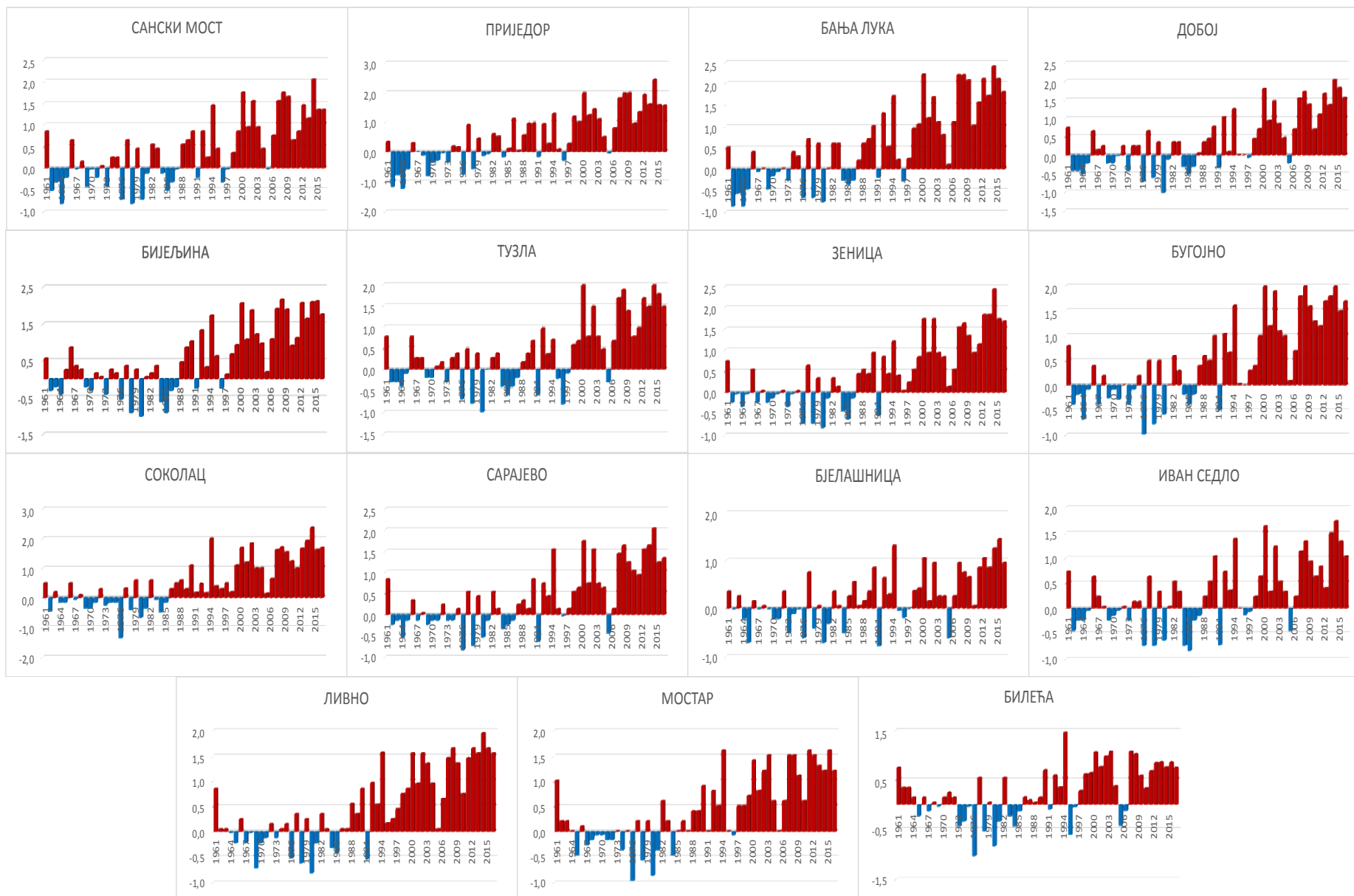
Графикон 3. Најтоплије и најхладније године у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

Анализа просечних годишњих температура ваздуха по пентадама такође потврђује тренд загревања, који је присутан изнад целог подручја Босне и Херцеговине. Пет најтоплијих пентада на већини анализираних станица регистровано је након 1990. године, а изузетак су Приједор и Бјелашница, који међу пет најтоплијих имају пентаду 1986–1990. Пентада 2011–2015. била је најтоплија на готово свим метеоролошким станицама, док је само у Сарајеву регистрована као друга најтоплија у анализираном периоду 1961–2016. године. Последњих пет пентада у инструменталном периоду су у већини случаја (10 метеоролошких станица) биле сукцесивно топлије једна од друге, што је још један неоспоран показатељ израженог загревања. Најхладнија пентада у Босни и Херцеговини била је 1976–1980, изузев у Приједору, Бањалуци и Ливно, где су најхладније пентаде биле 1961–1965 (Бањалука и Приједор) и 1981–1985 (Ливно). Као друга најхладнија пентада на већини станица издваја се 1961–1965, док се она у централним (Зеница и Соколац) и јужним (Ливно, Билећа и Мостар) деловима истраживаног простора јавља као седма најхладнија пентада.

На непобитно загревање указује и анализа одступања средње годишње температуре ваздуха у периоду 1991–2016. године у односу на период 1961–1990. године. Највећи број година у којима је просечна температура ваздуха била нижа од просека у референтном климатолошком (1961–1990) периоду забележен је до 1990. године. Тај број се кретао у интервалу од 11 (Билећа и Бјелашница) до 17 (Сарајево и Соколац) година, док је средњи број година на нивоу Босне и Херцеговине износио 14. У периоду 1991–2016. године број година са просецима већим у односу на просеке из периода 1961–1990. био је далеко већи. Број година након 1990. у којима нису надмашени просеци из референтног периода 1961–1990. био је готово занемарљив. Такве године јављале су најмање једном (Бугојно, Ливно и Мостар), а највише 5 пута (Билећа и Бјелашница). Посебан случај је Соколац, где су све године након 1990. имале веће вредности просечних годишњих температура ваздуха у односу на референтни период.

Табела 7. Најтоплији и најхладнији петогодишњи периоди у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

пентада	СМ		ПР		БЛ		ДБ		БН	
	t (°C)	ранг	t (°C)	ранг	t (°C)	ранг	t (°C)	ранг	t (°C)	ранг
61–65	9,9	10.	9,8	11.	10,1	11.	10,5	10.	10,9	10.
66–70	10,2	7.	10,3	10.	10,5	9.	10,8	7.	11,1	8.
71–75	10,1	9.	10,4	9.	10,7	8.	10,7	8.	11,0	9.
76–80	9,9	11.	10,5	8.	10,4	10.	10,4	11.	10,6	11.
81–85	10,2	8.	10,7	7.	10,7	7.	10,6	9.	10,7	6.
86–90	10,5	6.	11,3	5.	11,0	6.	10,9	6.	11,3	7.
91–95	10,7	4.	11,0	6.	11,3	5.	11,0	5.	11,7	4.
96–00	10,7	5.	11,4	4.	11,4	4.	11,2	4.	11,6	5.
01–05	10,9	3.	11,4	3.	11,6	3.	11,3	3.	12,0	3.
06–10	11,4	2.	12,0	2.	12,3	2.	11,9	2.	12,5	2.
11–15	11,5	1.	12,3	1.	12,6	1.	12,2	1.	12,7	1.
пентада	ТЗ		ЗЕ		БУ		СО		СА	
	t (°C)	ранг	t (°C)	ранг	t (°C)	ранг	t (°C)	ранг	t (°C)	ранг
61–65	9,9	10.	10,2	7.	8,7	10.	6,4	7.	9,5	10.
66–70	10,2	6.	10,1	9.	8,8	8.	6,3	10.	9,5	9.
71–75	10,1	8.	10,1	8.	8,7	9.	6,3	9.	9,5	8.
76–80	9,7	11.	9,9	11.	8,5	11.	6,1	11.	9,3	11.
81–85	9,9	9.	10,0	10.	8,9	7.	6,3	8.	9,5	7.
86–90	10,1	7.	10,6	6.	9,3	6.	7,0	6.	9,8	6.
91–95	10,3	5.	10,6	5.	9,4	5.	7,0	5.	10,0	5.
96–00	10,5	4.	10,8	4.	9,5	4.	7,2	4.	10,2	4.
01–05	10,7	3.	11,1	3.	9,9	3.	7,4	3.	10,2	3.
06–10	11,3	2.	11,4	2.	10,3	2.	7,8	2.	10,7	1.
11–15	11,6	1.	12,0	1.	10,5	1.	8,1	1.	11,0	2.
пентада	БЈ		ИС		ЛИ		БИ		МО	
	t (°C)	ранг	t (°C)	ранг	t (°C)	ранг	t (°C)	ранг	t (°C)	ранг
61–65	1,2	8.	7,2	9.	9,1	7.	12,3	7.	14,8	7.
66–70	1,2	9.	7,4	7.	8,7	10.	12,1	8.	14,5	9.
71–75	1,1	10.	7,3	8.	9,0	8.	12,0	9.	14,4	10.
76–80	1,0	11.	7,0	11.	8,7	9.	11,7	11.	14,2	11.
81–85	1,2	7.	7,1	10.	8,8	11.	11,9	10.	14,6	8.
86–90	1,6	4.	7,5	6.	9,3	6.	12,3	6.	15,0	6.
91–95	1,5	5.	7,6	5.	9,5	5.	12,4	5.	15,2	5.
96–00	1,6	3.	7,7	4.	9,7	4.	12,6	4.	15,2	4.
01–05	1,4	6.	7,7	3.	9,9	3.	12,6	3.	15,4	3.
06–10	1,8	2.	8,1	2.	10,1	2.	12,6	2.	15,7	2.
11–15	2,3	1.	8,4	1.	10,6	1.	12,9	1.	16,0	1.



Графикон 4. Промене просечне годишње температуре ваздуха – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

На крају 20. века и на почетку 21. века, у свим деловима Босне и Херцеговине присутан је тренд загревања. У анализираном периоду 1961–2016. године, просечне годишње температуре ваздуха забележиле су значајан ($p < 0,01$) раст од 0,2 °C/деценија у Билећи до 0,5 °C/деценија у Бањалуци и Приједору. Највећи раст температуре забележен је у северном делу Босне и Херцеговине, у регионима Посавина (Бањалука и Приједор) и Семберија (Бијељина), док је најмањи раст карактеристичан за планинске пределе (Бјелашница и Иван седло) и југоисточну Херцеговину (Билећа). Најзначајнији раст просечних месечних температура забележен је на свим анализираним станицама током два најтоплија месеца, у јулу и августу (0,3–0,7 °C/деценија). Такође, утврђен је значајан раст просечних јануарских температура на свим станицама (0,3–0,8 °C/деценија), изузев на Бјелашници и у Билећи, где је температура расла за 0,2 °C/деценија. Позитивни трендови осматрени су у готово свим месецима, док су негативни трендови забележени у вишим подручјима у септембру (Бјелашница и Иван седло). Инсигнификантни негативни трендови утврђени су само још у Билећи у новембру и децембру.

Табела 8. Декадни тренд просечних месечних и годишњих температура ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3
ПР	0,6	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,7	0,6	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5
БЛ	0,7	0,2	0,4	0,4	0,3	0,5	0,7	0,7	0,1	0,2	0,2	0,4	0,5
ДБ	0,7	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,5	0,5	0,1	0,2	0,2	0,4	0,3
БН	0,7	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,7	0,1	0,2	0,2	0,4	0,4
ТУ	0,5	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,5	0,5	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3
ЗЕ	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6	0,6	0,2	0,2	0,3	0,5	0,4
БУ	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,6	0,6	0,2	0,3	0,1	0,4	0,4
СО	0,8	0,4	0,3	0,3	0,2	0,4	0,6	0,6	0,1	0,3	0,2	0,4	0,4
СА	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,5	0,6	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3
БЈ	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	-0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
ИС	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	-0,1	0,1	0,1	0,3	0,2
ЛИ	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3	0,5	0,6	0,5	0,1	0,3	0,2	0,3	0,4
МО	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
БИ	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,0	0,0	-0,0	-0,0	0,2

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

Вредности просечних годишњих температурних амплитуда ваздуха у периоду 1991–2016. године веће су у поређењу са вредностима у референтном периоду на две трећине анализираних станица. То се може објаснити чињеницом да су температуре најтоплијег месеца забележиле благо повећање у односу на температуре најхладнијег месеца. Незнатна смањења годишње амплитуде температуре ваздуха забележена су на северу и северозападу Босне и Херцеговине, као и на Иван седлу и Сокоцу, где су утврђена највећа смањења. Разлог овог смањења је пораст температура најхладнијег месеца, који је на претходно наведеним станицама износио преко 1,5 °C, док је највећи пораст забележен на Сокоцу и износи чак 2,2 °C. Највећи раст просечне амплитуде температуре ваздуха утврђен је на Бјелашници, што је директан показатељ загревања, ако се узме у обзир положај станице на 2.000 м. н. в као и лимитирано директно антропогено дејство.

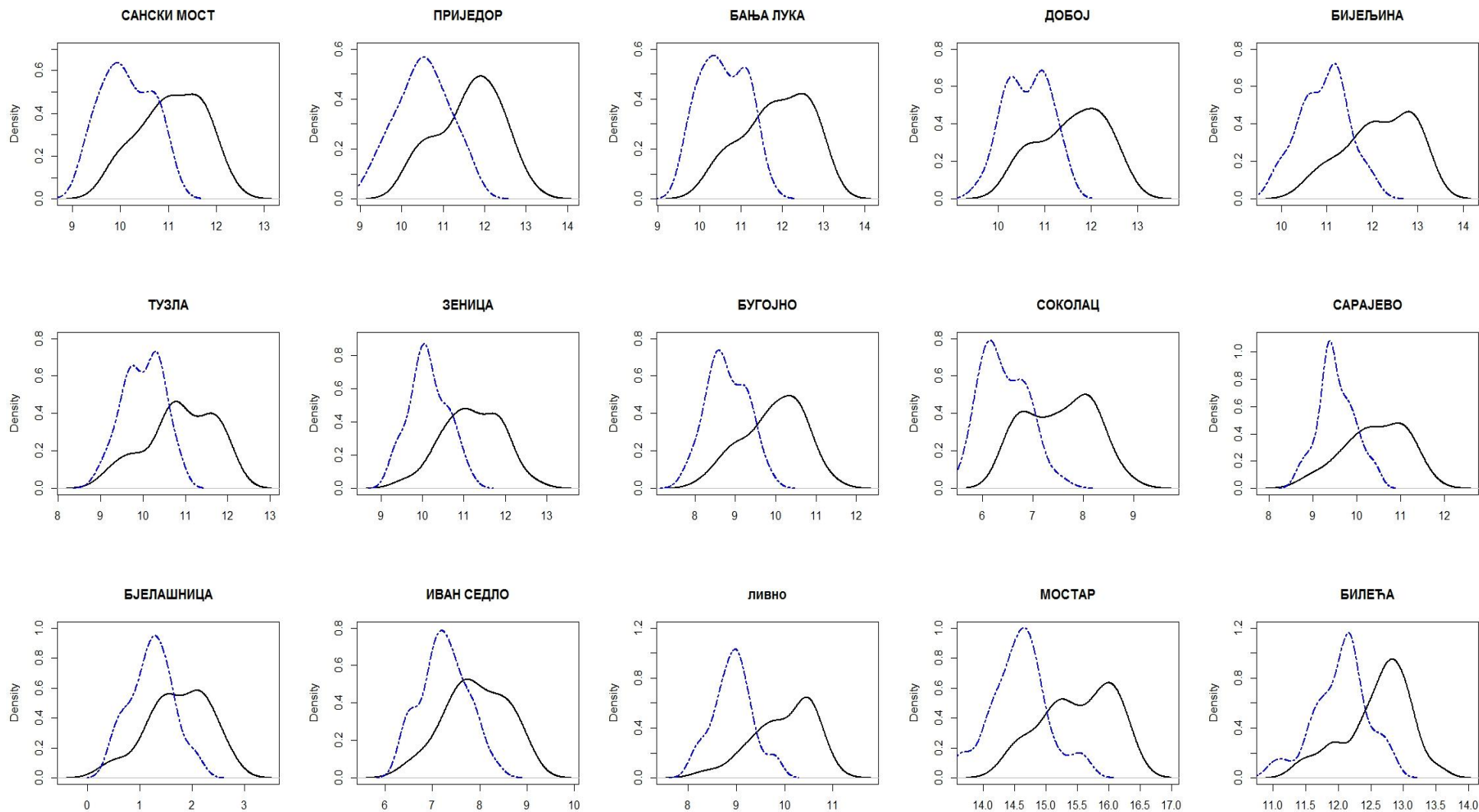
Табела 9. Просечне годишње температурне амплитуде ваздуха у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године (°C)

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	БН	ТЗ	ЗЕ	БУ	СО	СА	БЈ	ИС	ЛИ	БИ	МО
а	20,5	21,6	21,2	21,0	21,6	20,1	20,6	19,9	20,8	19,8	16,1	19,1	19,2	18,7	19,8
б	20,4	21,5	21,1	20,9	21,8	20,3	21,0	20,0	20,1	19,9	17,8	18,5	19,7	18,9	20,2
-	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	-0,7	0,1	1,7	-0,6	0,6	0,2	0,5

Компаративна анализа средње годишње температуре ваздуха у периоду 1961–1990. године и у периоду 1991–2016. године такође потврђује загревање након 1990. године. Просечна годишња температура ваздуха порасла је на свим анализираним станицама, а највећи пораст забележен је у Бањалуци (1,3 °C), Бијељини (1,2 °C) и Сарајеву (1,2 °C). Повећање температуре најизраженије је на северу Босне и Херцеговине и у највећим градским насељима, која као ”острва топлоте” додатно амплификују процес загревања. Између два наведена периода просечна годишња температура ваздуха најмање је порасла на Бјелашници (0,5 °C), у Билећи (0,6 °C) и на Иван седлу (0,7 °C). Просечна температура ваздуха два најтоплија месеца (јул и август) порасла је више од 1 °C на свим анализираним станицама осим на Иван седлу (0,9 °C). Највећи раст просечне температуре ваздуха у јулу утврђен је Бијељини (2,2 °C) и Бањалуци (1,9 °C), а на истим метеоролошким станицама утврђено је и највеће повећање просечне температуре ваздуха у августу (Бањалука 2,2 °C и Бијељина 2,1 °C). Изражено повећање просечне месечне температуре ваздуха било је карактеристично за месец јануар, кад су се вредности кретале од 0,4 °C на Бјелашници до чак 2,3 °C на Сокоцу. Проминентан раст температуре ваздуха у овом месецу поново је био карактеристичан у Бањалуци (2,1 °C) и Бијељини (2,0 °C), али и у Санском Мосту, Добоју и Бугојну, где је повећање износило 1,7 °C у односу на референтни период.

Табела 10. Просечне месечне и годишње температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године (°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	0,9	2,1	6,6	11,2	15,7	19,5	21,2	20,6	15,7	11,1	6,5	1,5	11,1
	-	1,7	0,4	0,8	0,8	0,9	1,5	1,5	1,7	0,3	0,5	0,8	0,5	0,9
ПР	а	-1,1	1,9	6	10,9	15,5	18,9	20,5	20,0	16,3	11,1	5,4	0,6	10,5
	б	0,8	2,4	7,2	11,9	16,6	20,5	22,3	21,7	16,5	11,5	6,6	1,7	11,6
	-	1,9	0,5	1,2	1,0	1,1	1,6	1,7	1,7	0,1	0,4	1,2	1,1	1,1
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	1,4	2,8	7,3	11,8	16,7	20,6	22,5	21,9	16,8	11,7	7,0	2,0	11,9
	-	2,1	0,8	1,2	0,8	1,0	1,7	1,9	2,2	0,8	0,9	1,1	0,8	1,3
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	1,0	2,7	7,0	11,7	16,4	20,2	21,9	21,4	16,5	11,6	6,7	1,7	11,6
	-	1,7	0,7	0,8	0,6	0,8	1,4	1,6	1,7	0,3	0,5	0,8	0,5	0,9
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	1,2	2,7	7,3	12,3	17,5	21,3	23,1	22,5	17,3	12,1	6,8	1,8	12,1
	-	2,0	0,5	1,0	1,1	1,2	2,1	2,2	2,1	0,5	0,7	0,8	0,5	1,2
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	0,7	2,1	6,4	11,1	15,4	19,0	20,9	20,7	15,6	11,1	6,4	1,3	10,9
	-	1,4	0,4	0,8	0,7	0,6	1,2	1,6	1,8	0,3	0,5	0,8	0,4	0,9
ЗЕ	а	-0,9	2,0	5,9	10,5	15,0	17,9	19,7	19,2	15,7	10,8	5,3	0,5	10,1
	б	0,5	2,3	6,8	11,4	15,9	19,7	21,5	21,1	16,2	11,5	6,3	1,1	11,2
	-	1,4	0,4	0,8	0,8	0,9	1,8	1,8	1,9	0,5	0,8	0,9	0,6	1,1
БУ	а	-1,7	0,7	4,5	8,9	13,4	16,2	18,1	17,6	14,2	9,5	4,5	-0,4	8,8
	б	-0,1	1,3	5,4	9,8	14,4	18,1	19,9	19,5	14,7	10,4	5,4	0,4	9,9
	-	1,7	0,5	0,9	0,9	1,0	1,9	1,8	1,9	0,5	0,9	0,9	0,8	1,1
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	-2,5	-1,4	2,3	7,2	12,0	15,8	17,6	17,2	12,5	8,1	3,2	-1,8	7,5
	-	2,3	0,8	0,7	0,8	0,7	1,6	1,6	1,7	0,5	0,9	1,1	0,9	1,1
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	0,5	1,7	5,7	10,1	14,8	18,5	20,4	20,3	15,4	11,0	6,1	0,9	10,4
	-	1,4	0,2	0,6	0,7	0,7	1,5	1,5	1,7	0,3	0,6	0,9	0,6	0,9
БЈ	а	-6,4	-6,5	-4,4	-1,1	3,8	7,2	9,5	9,6	6,8	2,8	-1,6	-4,9	1,2
	б	-6,0	-6,7	-4,4	-0,7	4,5	8,7	10,8	11,1	6,4	3,2	-1,0	-5,0	1,7
	-	0,4	-0,2	0,0	0,4	0,7	1,5	1,3	1,5	-0,4	0,4	0,6	-0,1	0,5
ИС	а	-2,7	-0,9	2,4	6,6	11,4	14,3	16,4	16,0	12,9	8,4	3,3	-1,2	7,3
	б	-1,3	-0,7	2,9	7,3	11,9	15,4	17,2	17,2	12,7	8,8	4,1	-0,7	7,9
	-	1,4	0,2	0,5	0,7	0,5	1,0	0,9	1,2	-0,2	0,4	0,8	0,6	0,7
ЛИ	а	-0,6	0,9	4,1	8,3	13,0	16,1	18,6	17,9	14,2	9,5	4,6	0,6	8,9
	б	0,6	1,1	4,9	9,2	14,1	18,0	20,3	19,8	14,7	10,3	5,7	1,3	10,0
	-	1,2	0,2	0,8	0,9	1,1	1,9	1,7	1,9	0,5	0,7	1,1	0,7	1,1
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	5,9	7,0	10,4	14,2	19,2	23,5	26,3	26,1	20,6	15,7	10,7	6,6	15,5
	-	1,0	0,3	0,8	0,8	1,2	1,9	1,6	1,9	0,2	0,4	0,6	0,4	0,9
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	3,7	4,2	7,4	11,2	16,1	20,2	22,7	22,7	17,4	13,0	8,4	4,4	12,6
	-	0,9	0,0	0,4	0,5	0,7	1,4	1,1	1,5	-0,1	0,2	0,2	0,0	0,6



Графикон 5. Функције густине вероватноће просечних годишњих температура ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)

Напомена: на апсиси је представљен опсег појаве просечних вредности, док је на ординати приказан параметар учесталости појаве

Графикони функција густине вероватноће и резултати Колгоморов-Смирнов теста показују да су дистрибуције средње годишње температуре ваздуха забележиле значајна померања према вишим вредностима, односно топлијим условима у периоду 1991–2016. године у односу на референтни период (1961–1990).

Табела 11. Промена дистрибуција просечних годишњих температура ваздуха између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	БН
D	0,587	0,597	0,727	0,626	0,636	0,708
М. с.	ЗЕ	БУ	СО	СА	БЈ	ИС
D	0,659	0,703	0,659	0,626	0,477	0,474
М. с.	ЛИ	МО	БИ			
D	0,746	0,746	0,608			

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

3.1.3. Просечне сезонске температуре ваздуха

На простору Босне и Херцеговине најтоплија сезона је лето, а просечна температура креће се од 9,4 °C на Бјелашници до 24,3 °C у Мостару. Најтоплија лета су карактеристична за регион Херцеговине (Мостар и Билећа) и за северни део истраживаног простора. На свим анализираним станицама сезона јесен била је топлија од сезоне пролеће, док је само у Приједору, Бањалуци и Бијељини пролеће било незнатно топлије од јесени (0,1 °C). Зима је најхладнија сезона на целом подручју, са просечном температуром -5,9–0,9 °C у централном делу земље, 1–1,4 °C на северу и 4–6,2 °C на југу. Најтоплија зима као и најтоплије лето регистровани су у Мостару, док су најхладније зиме, очекивано, карактеристичне за највише метеоролошке станице: Бјелашницу, Иван седло и Соколац.

Табела 12. Просечне сезонске температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)

М. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН	М. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН
СМ	1,0	10,7	19,6	10,8	СО	-2,6	6,8	16,0	7,5
ПР	1,0	11,3	20,6	11,2	СА	0,6	9,8	18,9	10,5
БЛ	1,4	11,4	20,6	11,3	БЈ	-5,9	-0,4	9,4	2,8
ДБ	1,3	11,3	20,3	11,3	ИС	-1,3	7,1	16,1	8,4
БН	1,4	11,8	21,1	11,7	ЛИ	0,6	8,9	18,4	9,8
ТЗ	1,0	10,6	19,4	10,7	МО	6,2	14,1	24,3	15,5
ЗЕ	0,9	10,9	19,8	10,9	БИ	4,0	11,3	21,1	12,8
БУ	0,0	9,4	18,2	9,8					

Табела 13. Петогодишње просечне сезонске температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)

Сезона		ЗИМА													
Пентада	СМ	ПР	БЛ	ДБ	БН	ТЗ	ЗЕ	БУ	СО	СА	БЈ	ИС	ЛИ	БИ	МО
61–65	-1,1	-1,5	-1	-0,7	-0,3	-0,8	-0,6	-1,7	-4,5	-0,7	-6,8	-2,7	-0,3	3,4	5,2
66–70	0,2	-0,2	0,2	0,3	0,4	0,1	-0,2	-1,3	-4,2	-0,4	-6,4	-2,3	-0,4	3,4	5,3
71–75	1,6	1,5	1,9	1,7	1,8	1,5	1,2	0,2	-2,9	0,8	-5,2	-0,7	1,0	4,3	6,4
76–80	0,8	0,5	1,1	1,3	1,2	1,2	1,1	0,1	-2,6	0,8	-6,0	-1,3	0,7	3,9	6,0
81–85	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,2	0,3	-0,6	-3,2	0,2	-6,3	-1,8	-0,1	3,3	5,5
86–90	1,7	1,6	1,8	1,7	1,8	1,1	1,0	0,2	-2,2	0,8	-5,2	-1,1	0,9	4,3	6,6
91–95	1,2	1,1	1,5	1,6	1,5	0,7	0,9	0,1	-2,3	0,6	-5,8	-1,2	0,8	4,1	6,3
96–00	1,6	2,0	2,1	1,9	2,1	1,4	1,2	0,5	-2,0	1,2	-5,7	-0,7	1,2	4,8	6,6
01–05	0,2	0,3	0,8	0,5	0,8	0,1	0,4	-0,4	-3,0	-0,1	-7,1	-2,2	0,0	3,4	5,8
06–10	2,4	2,6	3,0	2,6	2,6	2,3	2,1	1,5	-1,1	1,8	-5,7	-0,3	1,5	4,4	6,9
11–15	2,1	2,3	2,8	2,6	2,7	2,2	2,4	1,5	-1,3	1,7	-5,1	0,2	1,9	4,0	6,8
Сезона		ПРОЛЕЋЕ													
Пентада	СМ	ПР	БЛ	ДБ	БН	ТЗ	ЗЕ	БУ	СО	СА	БЈ	ИС	ЛИ	БИ	МО
61–65	10,2	10,0	10,5	10,9	11,1	10,2	10,5	8,7	6,2	9,3	-0,9	6,6	8,4	11,0	13,6
66–70	10,5	10,7	11,0	11,2	11,5	10,6	10,6	9,1	6,7	9,7	-0,5	7,1	8,6	11,4	13,9
71–75	10,4	11,0	11,1	11,2	11,5	10,6	10,6	8,9	6,5	9,8	-0,4	7,1	8,6	11,0	13,6
76–80	9,7	10,6	10,3	10,4	10,8	9,6	9,9	8,3	5,8	9,0	-0,9	6,4	7,9	10,5	13,1
81–85	10,6	11,0	11,3	11,1	11,3	10,6	10,7	9,3	6,7	9,9	-0,2	7,0	8,6	11,3	13,8
86–90	10,6	11,5	11,2	11,1	11,5	10,3	10,8	9,2	6,8	9,7	-0,5	6,9	8,8	11,0	13,9
91–95	10,7	11,1	11,1	11,1	11,8	10,2	10,6	9,2	6,6	9,7	-0,6	6,9	8,8	11,2	14,0
96–00	10,7	11,6	11,5	11,2	11,8	10,5	11,0	9,4	6,5	9,7	-0,6	6,9	9,0	11,2	14,2
01–05	11,1	11,8	11,8	11,8	12,5	11,1	11,4	10,0	7,6	10,3	0,1	7,5	9,5	11,9	14,8
06–10	11,8	12,5	12,7	12,3	12,9	11,6	11,8	10,4	7,8	10,6	0,2	7,8	9,8	11,8	15,0
11–15	11,4	12,5	12,4	12,0	11,3	12,7	11,7	10,2	7,4	10,4	-0,2	7,6	9,7	11,7	14,9
Сезона		ЛЕТО													
Пентада	СМ	ПР	БЛ	ДБ	БН	ТЗ	ЗЕ	БУ	СО	СА	БЈ	ИС	ЛИ	БИ	МО
61–65	19,1	19,3	19,5	19,8	20,5	19,1	19,2	17,5	15,5	18,5	9,2	15,9	17,9	21,1	24,1
66–70	18,7	19,3	19,3	19,6	20,1	18,6	18,7	17,0	14,9	17,8	8,6	15,5	17,7	20,3	23,1
71–75	18,8	19,5	19,7	19,8	20,2	18,8	19,0	17,3	15,5	18,2	8,6	15,6	17,7	20,6	23,4
76–80	18,5	19,9	19,3	19,0	19,5	17,9	18,3	16,7	14,5	17,5	8,1	15,0	16,8	19,6	22,7
81–85	19,1	20,2	20,0	19,5	19,9	18,6	18,8	17,4	15,1	18,1	8,8	15,3	17,5	20,5	23,6
86–90	19,3	20,6	20,3	19,9	20,7	18,9	19,7	18,0	15,9	18,6	9,3	16,1	17,9	20,8	24,0
91–95	20,0	20,7	21,1	20,7	21,8	19,6	20,0	18,3	16,1	19,0	9,6	16,2	18,5	21,4	24,8
96–00	20,1	21,1	21,1	20,6	21,8	19,9	20,6	18,9	16,8	19,6	10,1	16,7	19,1	21,7	25,1
01–05	20,6	21,4	21,4	20,0	22,1	19,9	20,7	19,3	16,8	19,4	10,0	16,4	19,5	21,8	25,3
06–10	20,6	21,7	21,9	21,3	22,5	20,4	20,7	19,3	16,9	19,8	10,4	16,8	19,6	21,9	25,4
11–15	21,0	22,4	22,7	22,2	23,1	21,0	21,8	20,1	17,7	20,6	10,8	16,9	20,1	22,4	25,8
Сезона		ЈЕСЕН													
Пентада	СМ	ПР	БЛ	ДБ	БН	ТЗ	ЗЕ	БУ	СО	СА	БЈ	ИС	ЛИ	БИ	МО
61–65	11,4	11,4	11,4	11,8	12,3	11,5	11,5	10,2	8,2	11,1	3,2	9,0	10,4	13,6	16,0
66–70	11,4	11,4	11,5	11,9	12,4	11,4	11,3	10,1	7,8	11,0	3,3	9,1	8,5	13,3	15,8
71–75	9,4	9,7	9,8	9,9	10,3	9,5	9,4	9,5	5,8	9,1	1,4	7,0	8,5	11,8	14,1
76–80	10,1	10,5	10,4	10,4	10,6	9,8	10,0	8,8	6,5	9,7	2,5	7,7	9,1	12,4	14,7
81–85	10,8	11,4	11,2	11,2	11,2	10,5	10,4	9,5	6,9	10,2	3,0	8,2	9,4	12,7	15,4
86–90	10,5	11,3	10,9	11,0	11,4	10,3	10,9	9,5	7,4	10,2	2,7	8,2	9,6	12,9	15,6
91–95	10,9	11,1	11,4	11,2	11,7	10,3	11,1	10,0	7,8	10,7	3,0	8,6	10,0	12,9	15,6
96–00	11,0	11,3	11,6	11,4	11,6	10,8	11,0	9,8	7,7	10,5	2,6	8,2	9,9	12,8	15,3
01–05	11,1	11,4	11,7	11,5	12,0	10,9	11,3	10,2	7,9	10,6	2,4	8,4	10,3	12,8	15,5
06–10	10,9	11,5	11,8	11,4	12,1	11,1	10,9	9,9	7,6	10,5	2,4	8,3	9,9	12,6	15,4
11–15	11,6	12,2	12,6	12,4	12,7	12,0	12,3	11,0	8,9	11,8	4,1	9,4	11,1	13,5	16,7

Тренд загревања од краја 20. и на почетку 21. века потврђује и анализа петогодишњих просечних сезонских температура ваздуха, која показује да су три последње пентаде у

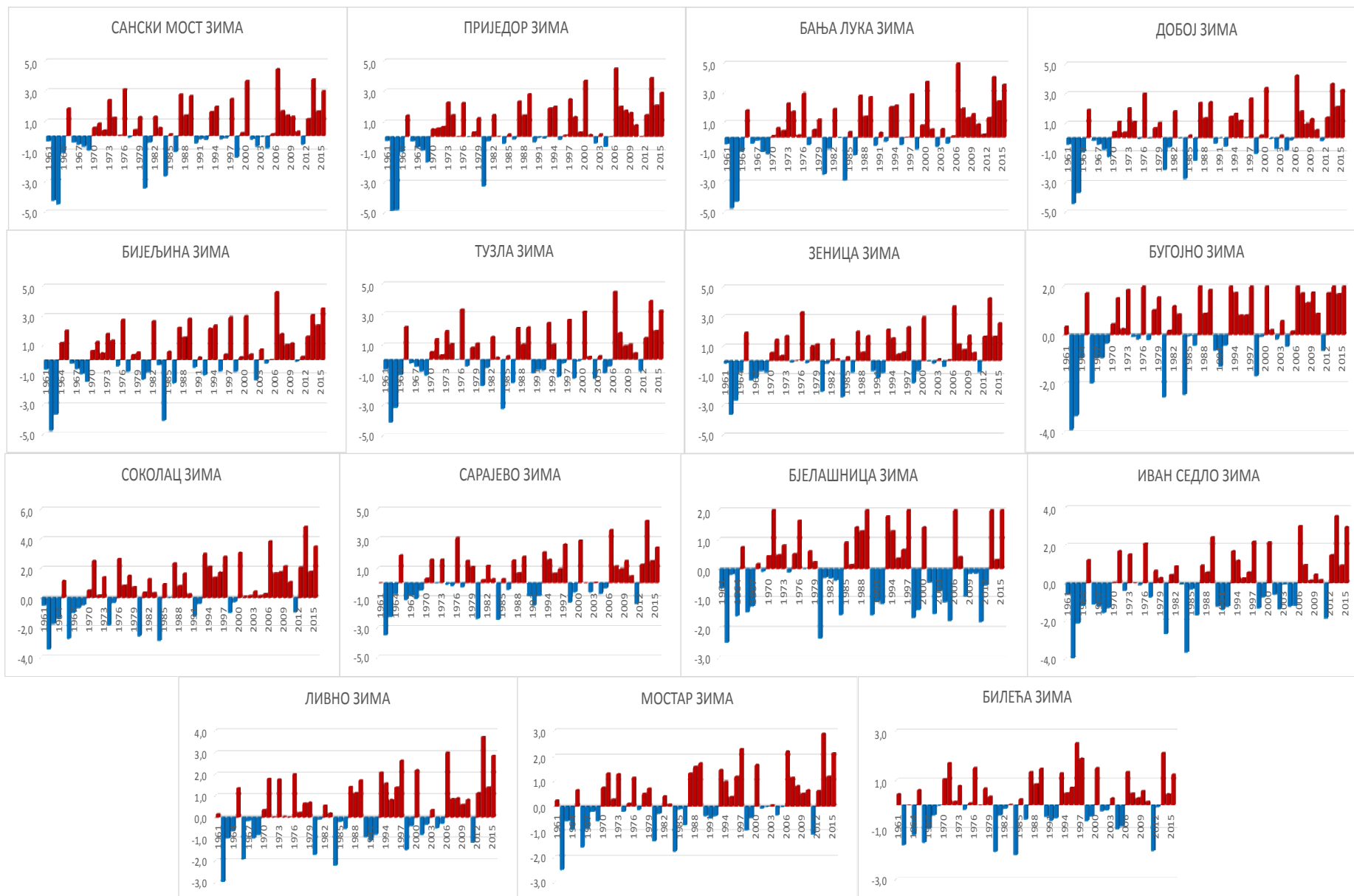
анализираном периоду биле најтоплије у свим сезонама, изузев сезоне зима, кад су последње две пентаде регистроване као најтоплије. Најтоплија пентада, 2011–2015, на свим анализираним станицама забележена је у сезонама лето и јесен, док се као друга најтоплија јавља у сезонама зима и пролеће (изузев неколико станица). Пентада 2006–2010. била је најтоплија у сезонама зима и пролеће на скоро целом истраживаном подручју. Најхладнија пентада у сезони зима забележена је на свим анализираним станицама (изузев Ливна) у периоду 1961–1965. године, а након ње најхладније биле су пентаде 1966–1970, 1981–1985. и 2001–2005, једина пентада која се из 21. века нашла међу најхладнијим. Пентада 1976–1980. била је најхладнија у сезонама пролеће и лето, док су остале најхладније пентаде у овим сезонама из периода пре 1990. године, након које тренд загревања постаје изражен, нарочито у сезони лето. Најхладнија пентада у сезони јесен, на свим анализираним станицама (осим у Бугојну) била је 1971–1975, док се као друга најхладнија јавља 1976–1980. У периоду 1961–2016. године позитиван тренд температуре ваздуха утврђен је у свим сезонама на готово свим анализираним станицама. Најзначајнији тренд пораста температуре ваздуха утврђен је у сезони лето, затим у сезонама зима и пролеће, док су у сезони јесен забележени незнатни, углавном позитивни, трендови температуре ваздуха. На целом истраживаном подручју присутан је статистички значајан ($p < 0,01$) позитиван тренд температуре ваздуха у сезони лето, а вредности тренда крећу се од $0,3^\circ\text{C}/\text{деценија}$ на Иван седлу до $0,6^\circ\text{C}/\text{деценија}$ у Приједору, Бањалуци, Бијељини и Зеници (на осталим станицама $0,4\text{--}0,5^\circ\text{C}/\text{деценија}$). Статистички значајан позитиван тренд температуре ваздуха у сезони пролеће утврђен је на целом истраживаном подручју ($0,2\text{--}0,4^\circ\text{C}/\text{деценија}$). У сезони зима, температура је такође значајно порасла од $0,3^\circ\text{C}/\text{деценија}$ у Ливну и Мостару до $0,6^\circ\text{C}/\text{деценија}$ на Сокоцу, док је само на подручју Бјелашнице и Билеће утврђен инсигнификантан позитиван тренд. Температура ваздуха у сезони јесен значајно је порасла само на подручју Приједора, Бањалуке и Ливна, док је једини негативни тренд температуре ваздуха на укупном истраживаном подручју утврђен само у Билећи.

Табела 14. Декадни тренд просечних сезонских температура ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године ($^\circ\text{C}$)

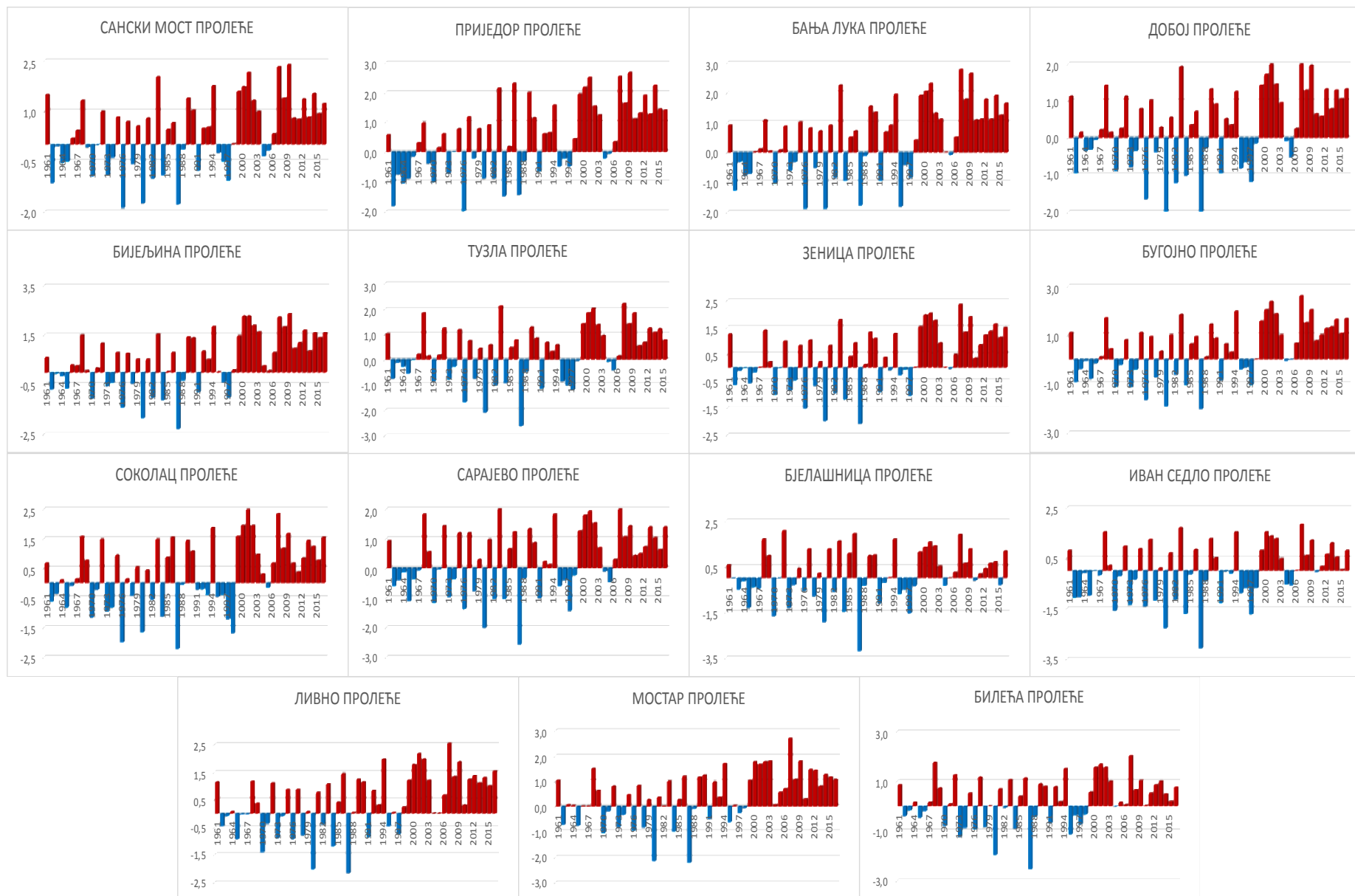
М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	БН	ТЗ	ЗЕ	БУ	СО	СА	БЈ	ИС	ЛИ	МО	БИ
ЗИМА	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	<i>0,4</i>	0,6	0,5	0,6	<i>0,4</i>	0,0	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>	0,3	0,1
ПРОЛЕЋЕ	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	<i>0,2</i>	0,3	0,3	0,3	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>	0,3	<i>0,2</i>	0,3
ЛЕТО	0,4	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4
ЈЕСЕН	0,1	<i>0,2</i>	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	<i>0,2</i>	0,1	-0,0

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

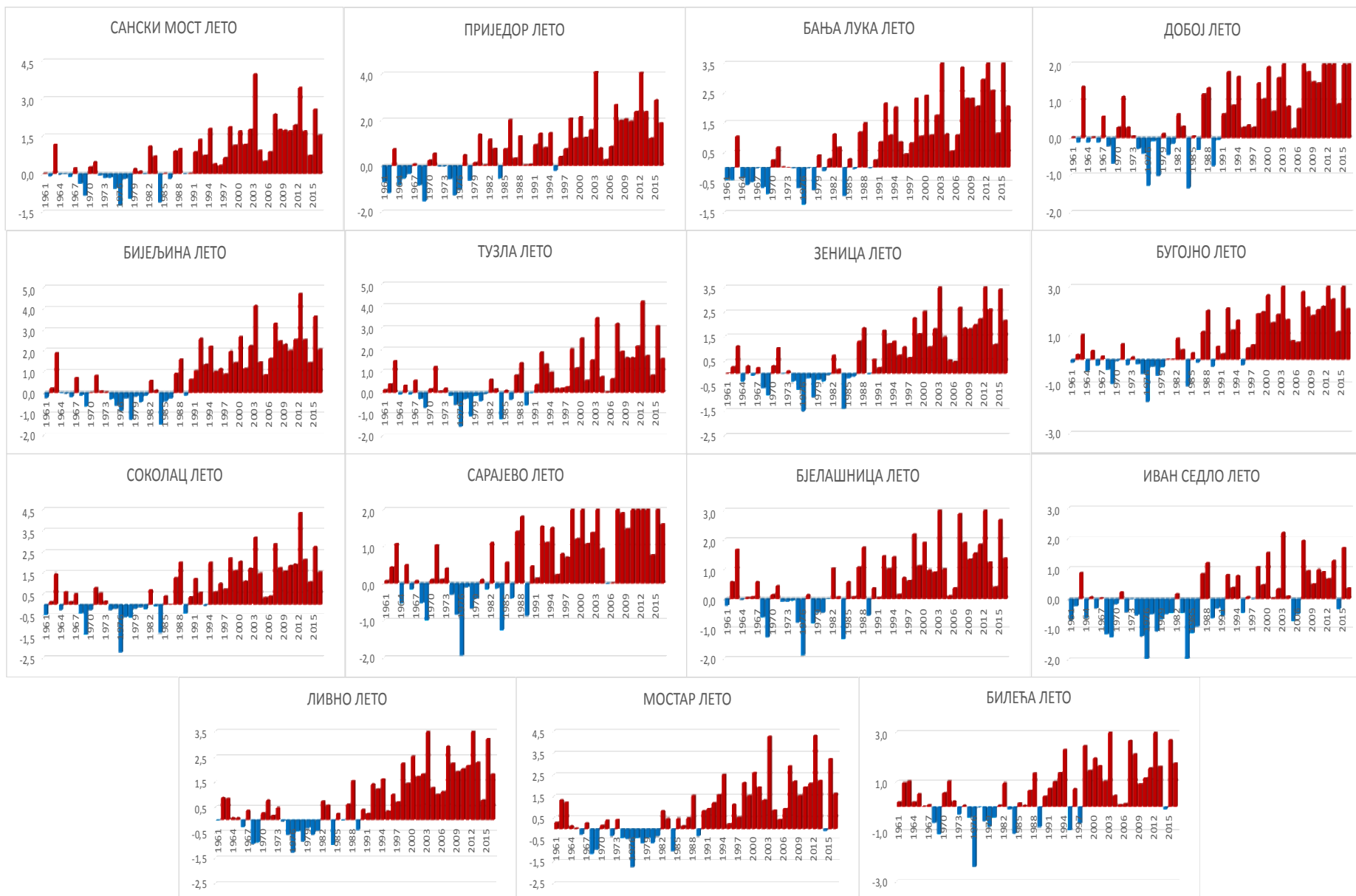
Анализа промене просечних сезонских температура ваздуха, у виду одступања од просека стандардног климатолошког периода, такође потврђује да тренд загревања на простору БиХ постаје израженији од 1990. године. Уочене промене су најизраженије у сезонама лето и пролеће, када је забележен убедљиво највећи број година у којима је надмашен просек из референтног периода (1961–1990). У сезони лето на чак 9 метеоролошких станица (Сански Мост, Бањалука, Добој, Бијељина, Тузла, Зеница, Бјелашница и Ливно) није забележена нити једна година са просечним летњим температурама мањим у односу на просек из периода 1961–1990, док је у сезони пролеће најмањи број година са просечним пролећним температурама мањим у односу на просек из периода 1961–1990. године забележен у Бијељини (3), Ливну (3), Бањалуци (4) и Мостару (4). Највећи број година (5) у сезони зима у којима нису надмашени просеци из периода 1961–1990. године осматрен је у Приједору, Бањалуци и на Сокоцу. Тренд загревања присутан је у сезони јесен, у којој је у периоду 1991–2016. године утврђен знатан број година са надмашеним температурним просецима из референтног периода. Највећи број оваквих година у периоду 1991–2016. године забележен је на Сокоцу (21), у Бањалуци (22), Бугојну (23) и Ливну (23).



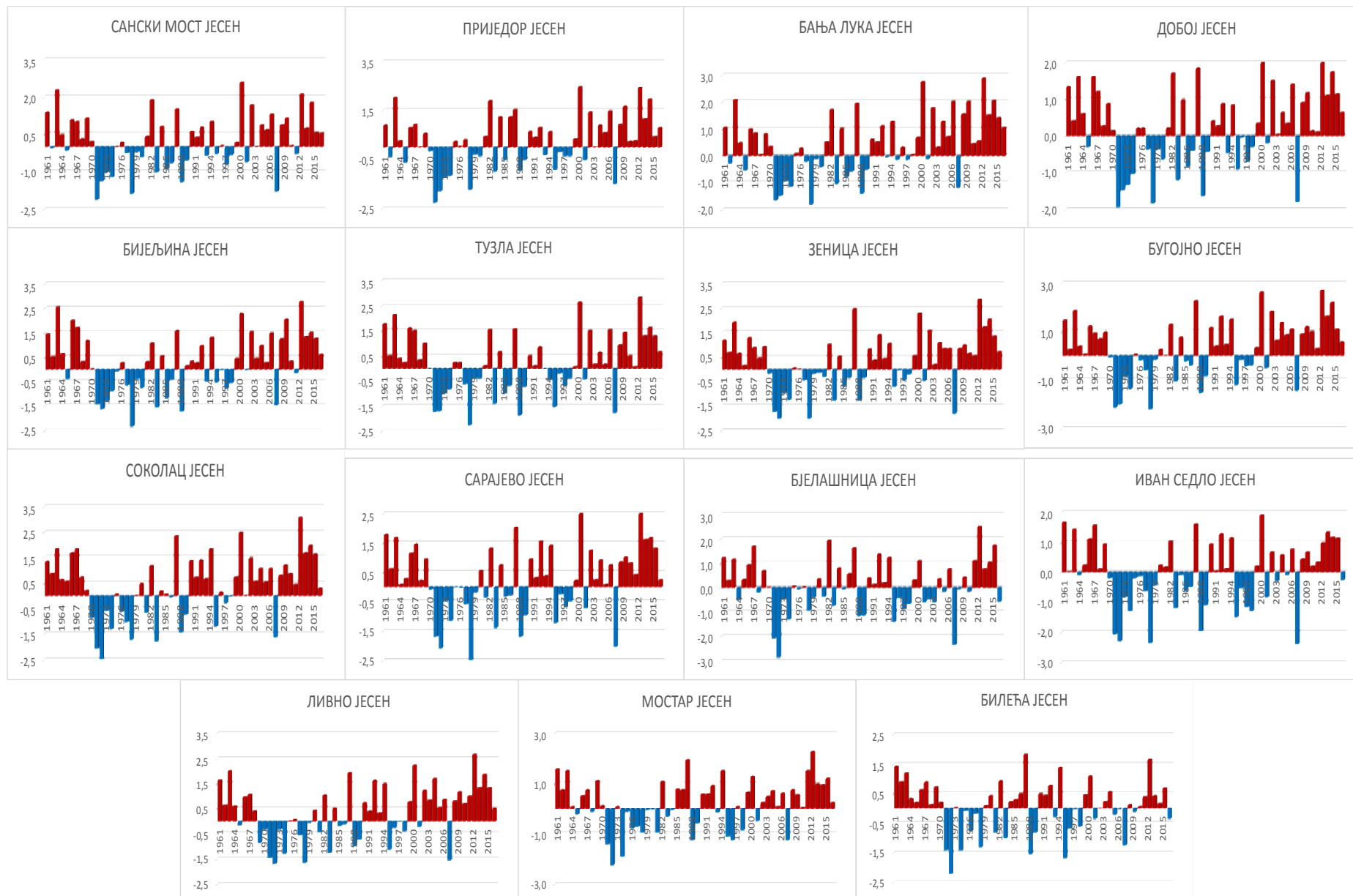
Графикон 6. Промене просечне температуре ваздуха у сезони зима: одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)



Графикон 7. Промене просечне температуре ваздуха у сезони пролеће – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)



Графикон 8. Промене просечне температуре ваздуха у сезони лето – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)



Графикон 9. Промене просечне температуре ваздуха у сезони јесен – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

Компаративна анализа просечних сезонских температура показује да је у периоду 1991–2016. године у односу на стандардни климатолошки период 1961–1990. године у свим деловима Босне и Херцеговине забележено повећање температуре ваздуха у свим годишњим добима. Највећи пораст температуре забележен је у сезони лето, потом у сезонама зима и пролеће, а најмање промене температуре утврђене су за сезону јесен. У сезони лето температуре ваздуха порасле су на већини станица за 1,6–1,8 °С, а у Бањалуци и Бијељини за чак 2–2,1 °С. Најмањи пораст температуре ваздуха у сезони лето забележен је на Иван седлу и Бјелашници за 1 °С и 1,4 °С, респективно. Температура ваздуха у сезони зима порасла је од 0,1 °С на Бјелашници до 1,4 °С на Сокоцу. Најизраженије повећање температуре у овој сезони, поред Сокоца, утврђено је у Приједору и Бањалуци за 1,3 °С. Температура пролећа порасла је између два периода за 0,4–1,1 °С. Највећи пораст забележен је у Приједору и Бијељини, а најмањи, као код летњих температура, на Бјелашници и Иван седлу. Незнатне промене температуре ваздуха у сезони јесен забележене су у Билећи (0,1 °С) и на две највише станице – Бјелашници (0,2 °С) и Иван седлу (0,3 °С). С друге стране, највећи пораст температуре ваздуха у истој сезони утврђен је у Бањалуци (°С) и Ливну (0,8 °С).

На промене температуре између два наведена периода указују и графикони функција густине вероватноће, који показују да су дистрибуције средње сезонске температуре ваздуха забележиле померања према вишим вредностима у периоду 1991–2016. године у односу на референтни период (1961–1990). Резултати Колгоморов-Смирнов теста показују да су дистрибуције просечне сезонске температуре ваздуха забележиле статистички значајно ($p > 0,01$) померање према вишим вредностима у сезони лето на свим анализираним станицама. Статистички значајна ($p < 0,05$ и $p < 0,01$) разлика између два анализирана периода у сезони зима утврђена је у Зеници, Тузли и на Сокоцу, у сезони пролеће у Приједору, Бањалуци, Бијељини, Зеници, Ливну и Мостару, док је у сезони јесен значајан пораст вредности температуре ваздуха забележен у Бањалуци, Зеници, Бугојну и на Сокоцу.

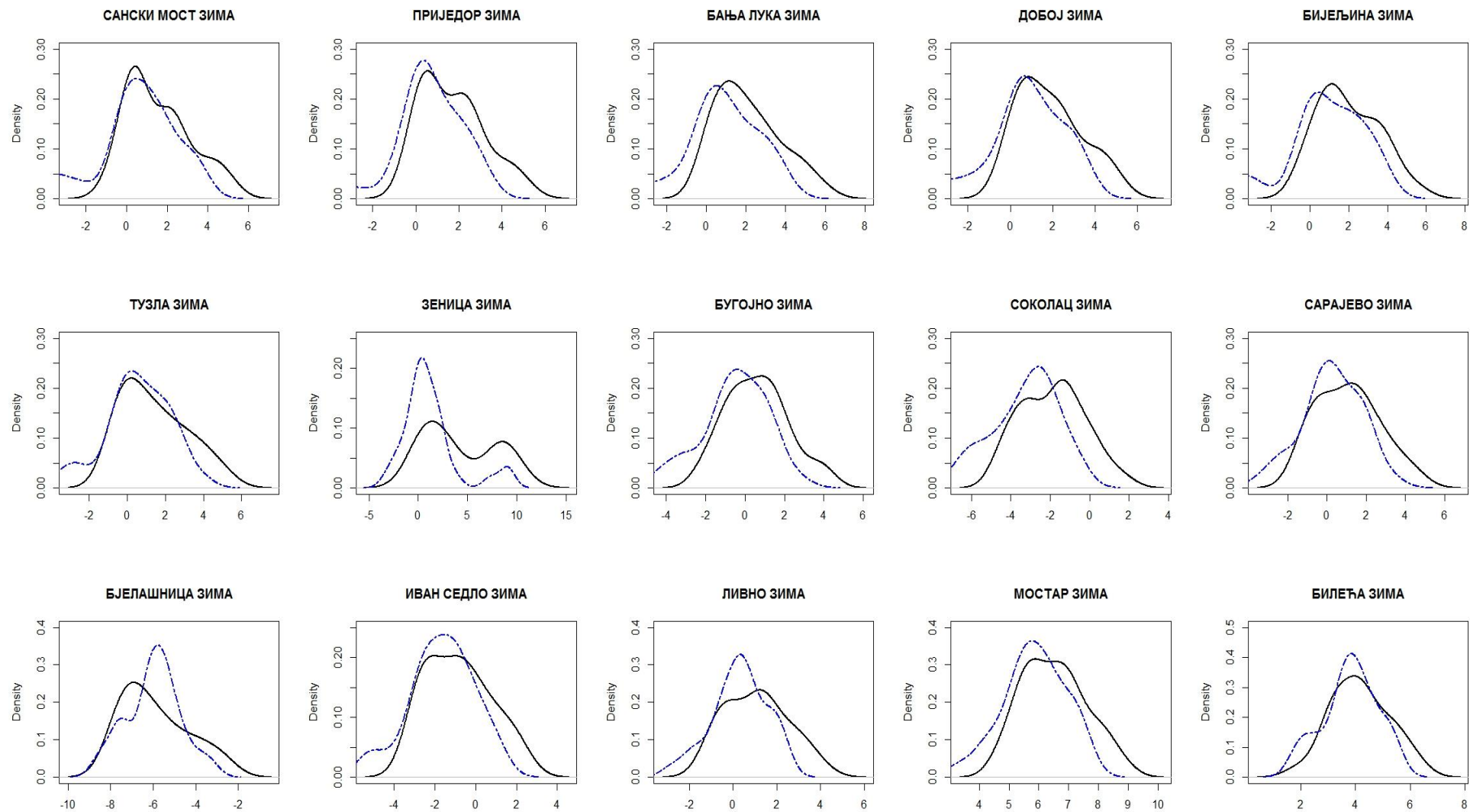
Табела 15. Просечне сезонске температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године (°C)

М. с.		ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН	М. с.		ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН
СМ	а	0,6	10,3	18,9	10,6	СО	а	-3,2	6,4	15,2	7,1
	б	1,6	11,2	20,5	11,1		б	-1,9	7,2	16,9	8,0
	-	1,0	0,9	1,6	0,5		-	1,4	0,7	1,6	0,8
ПР	а	0,4	10,8	19,8	10,9	СА	а	0,3	9,6	18,1	10,2
	б	1,7	11,9	21,5	11,5		б	1,1	10,2	19,7	10,8
	-	1,3	1,1	1,7	0,6		-	0,8	0,6	1,6	0,6
БЛ	а	0,8	10,9	19,7	10,9	БЈ	а	-6,0	-0,6	8,8	2,7
	б	2,1	11,9	21,7	11,8		б	-5,9	-0,2	10,2	2,9
	-	1,3	1,0	2,0	0,9		-	0,1	0,4	1,4	0,2
ДБ	а	0,8	11,0	19,6	11,0	ИС	а	-1,7	6,8	15,6	8,2
	б	1,9	11,7	21,2	11,6		б	-0,8	7,4	16,6	8,6
	-	1,1	0,7	1,6	0,6		-	0,8	0,5	1,0	0,3
БН	а	0,9	11,3	20,2	11,4	ЛИ	а	0,3	8,4	17,5	9,4
	б	2,0	12,4	22,3	12,0		б	1,1	9,4	19,4	10,2
	-	1,1	1,1	2,1	0,6		-	0,8	0,9	1,8	0,8
ТЗ	а	0,6	10,3	18,6	10,5	МО	а	5,9	13,6	23,5	15,3
	б	1,4	11,0	20,2	11,0		б	6,5	14,6	25,3	15,7
	-	0,8	0,7	1,6	0,5		-	0,7	0,9	1,8	0,4
ЗЕ	а	0,5	10,5	18,9	10,6	БИ	а	3,8	11,1	20,5	12,8
	б	1,4	11,3	20,8	11,3		б	4,2	11,6	21,9	12,9
	-	0,9	0,8	1,9	0,7		-	0,4	0,5	1,4	0,1
БУ	а	-0,5	8,9	17,3	9,4						
	б	0,6	9,9	19,2	10,2						
	-	1,1	1,0	1,8	0,8						

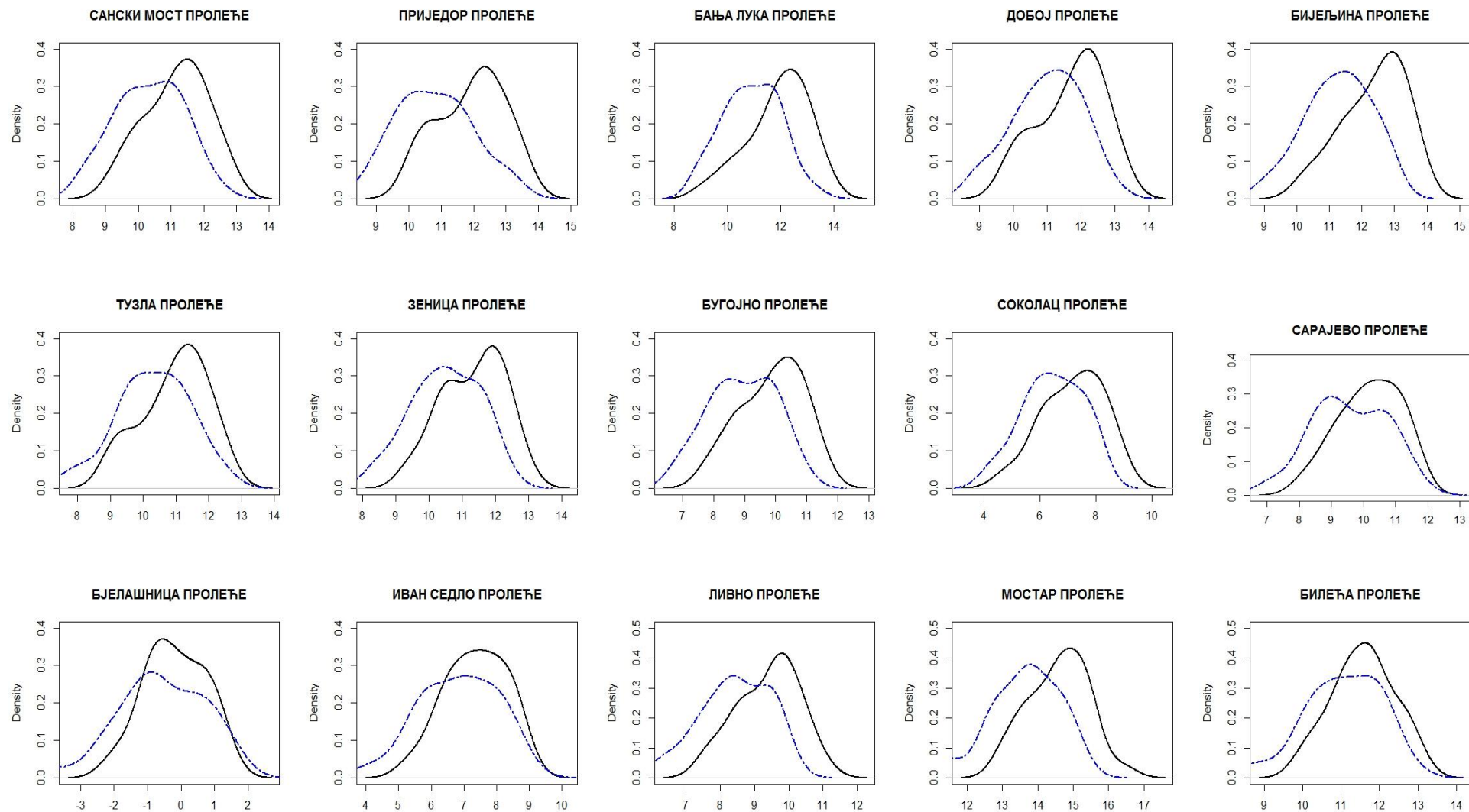
Табела 16. Промена дистрибуција (D) просечних сезонских температура ваздуха између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М.с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН	М.с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН
СМ	0,273	0,349	0,800	0,251	СО	<i>0,420</i>	0,292	0,685	<i>0,369</i>
ПР	0,320	0,477	0,713	0,251	СА	0,267	0,297	0,679	0,303
БЛ	0,307	0,482	0,800	0,428	БЈ	0,213	0,246	0,674	0,123
ДБ	0,253	0,326	0,700	0,279	ИС	0,233	0,290	0,574	0,254
БН	0,307	0,487	0,900	0,282	ЛИ	0,327	0,433	0,813	<i>0,382</i>
ТЗ	0,207	0,321	0,662	0,251	МО	0,260	<i>0,403</i>	0,746	0,303
ЗЕ	<i>0,407</i>	<i>0,367</i>	0,762	0,485	БИ	0,193	0,274	0,603	0,223
БУ	0,273	<i>0,377</i>	0,723	<i>0,403</i>					

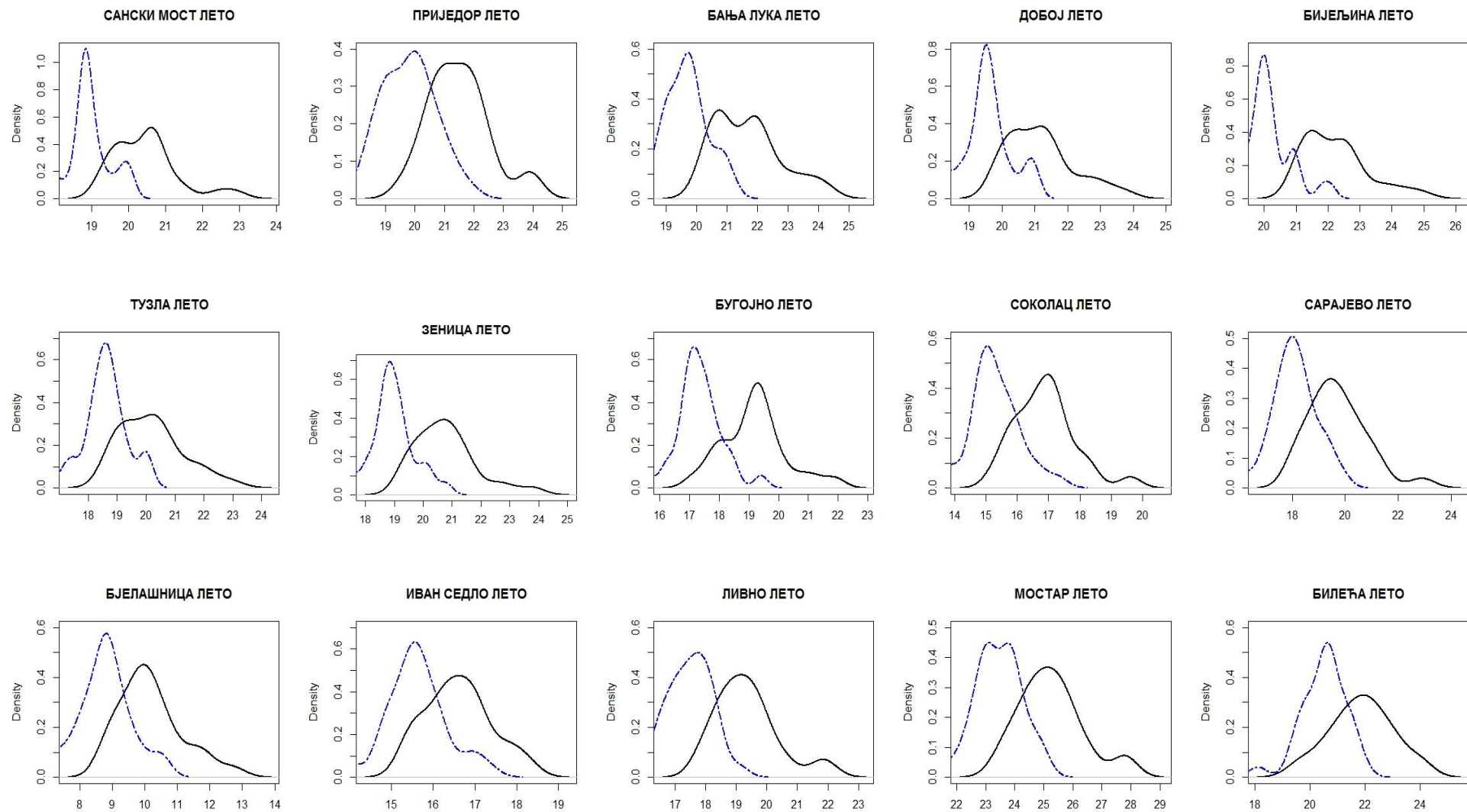
Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)



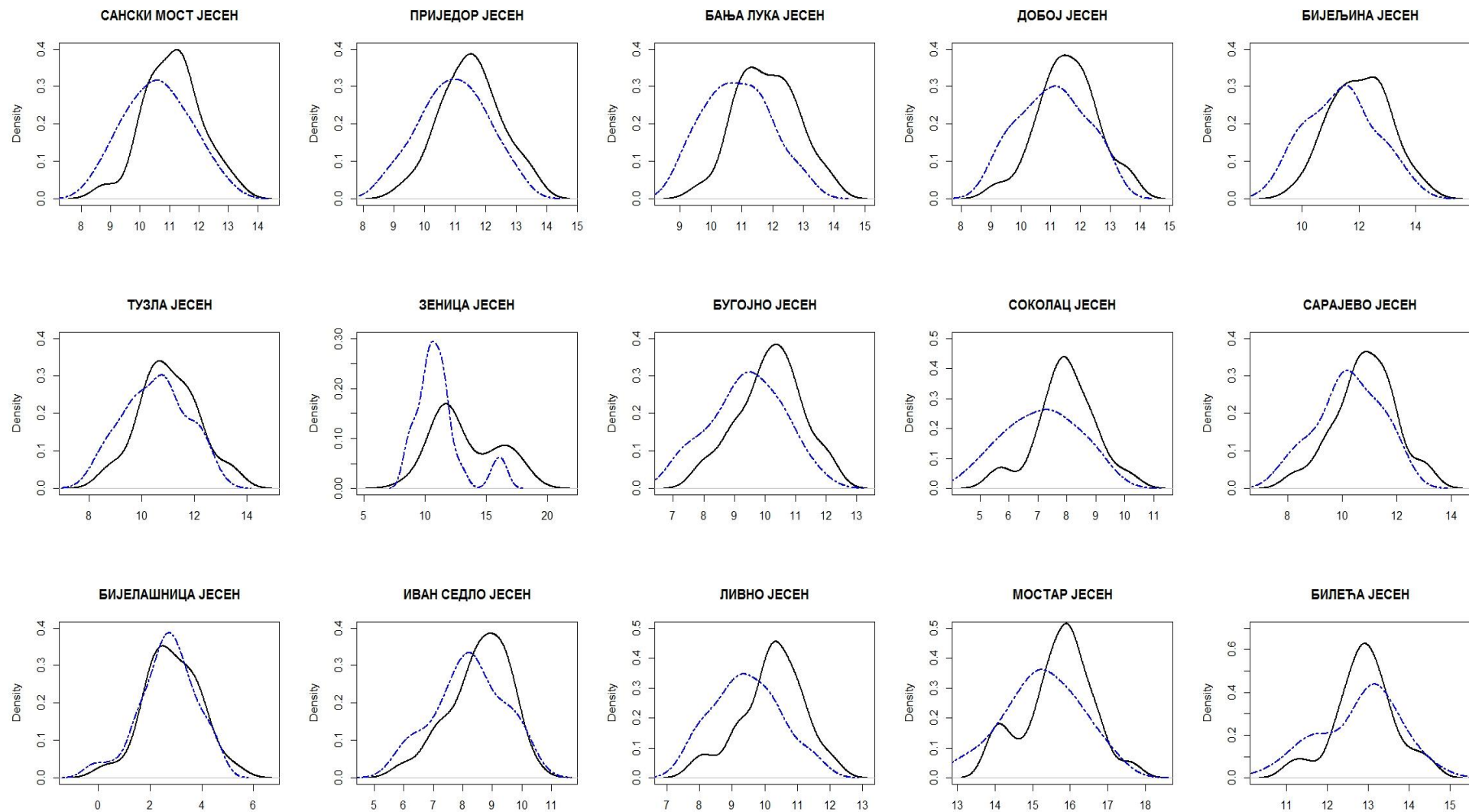
Графикон 10. Функције густине вероватноће просечних температура ваздуха у сезони зима у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)



Графикон 11. Функције густине вероватноће просечних температура ваздуха у сезони пролеће у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)



Графикон 12. Функције густине вероватноће просечних температура ваздуха у сезони лето у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)



Графикон 13. Функције густине вероватноће просечних температура ваздуха у сезони јесен у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990. (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)

3.1.4. Апсолутно максималне и минималне температуре ваздуха

Највише температуре ваздуха на анализираним станицама Босне и Херцеговине у периоду 1961–2016. године измерене су за време дуготрајног топлотног таласа који је у лето 2007. године захватио јужну Европе и регион Балкана. Исте године апсолутно максимална температура ваздуха измерена је 24. августа у Мостару и износила је 43,1 °С. Поред Мостара, 2007. године највише вредности температуре ваздуха забележене су на половини анализираних станица. Апсолутно максималне вредности температуре ваздуха у северном делу Босне и Херцеговине забележене су 2013. године у Приједору (41,8 °С), Бањалуци (41,6 °С) и Добоју (41,4 °С). Апсолутно минимална температура у истраживаном периоду измерена је на Сокоцу 13. јануара 1985. године, а износила је -34,6 °С. Нешто ниже вредности апсолутно минималних температура измерене су у северном делу Босне и Херцеговине (Добој -32,2 °С и Приједор -30 °С), док су највиши апсолутни минимуми очекивано измерени у Херцеговини (Мостар -10,9 °С и Билећа -15,4 °С).

Табела 17. Апсолутно максималне месечне и годишње температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°С)

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

Табела 18. Апсолутно минималне месечне и годишње температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)

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

Значајан позитиван тренд годишњих апсолутно максималних температура ваздуха утврђен је на готово целом простору Босне и Херцеговине. Повећање вредности годишњих температурних екстрема износило је 0,5–0,8 °C по линији тренда на декадном нивоу. Само на простору Билеће забележен је слабији тренд који није статистички значајан (0,3 °C по деценији). Највећи раст апсолутно максималних температура од 0,8 °C по деценији утврђен је у Бањалуци, Зеници, Сарајеву и Ливну, што указује на повећање у највећим урбаним и индустријским центрима, који услед највеће густине насељености и развијених привредних делатности имају изражено дејство урбаних острва топлоте. Међу годинама са највишим температурним максимумима налазе се доминантно године након 1990. године, нарочито оне са почетка 21. века (2000, 2003, 2007, 2012, 2013, 2015), док су 2013. године на шест анализираних станица измерене највише вредности апсолутно максималних температура ваздуха. Најзначајнији раст највиших месечних температура ваздуха на свим анализираним станицама утврђен је за јун (од 0,5 °C по деценији у Санском Мосту и Билећи до 0,9 °C по деценији у Зеници) и јул (од 0,4 °C по деценији у Билећи до 1 °C по деценији у Ливну). Значајни позитивни трендови апсолутно максималних температура ваздуха утврђени су у јануару (изузев Санског Моста и Мостара) и мају (изузев Билеће). Позитивни трендови забележени су у готово свим месецима, док су негативни инsigнификантни трендови забележени само у септембру (Сански Мост и Приједор) и децембру (Мостар).

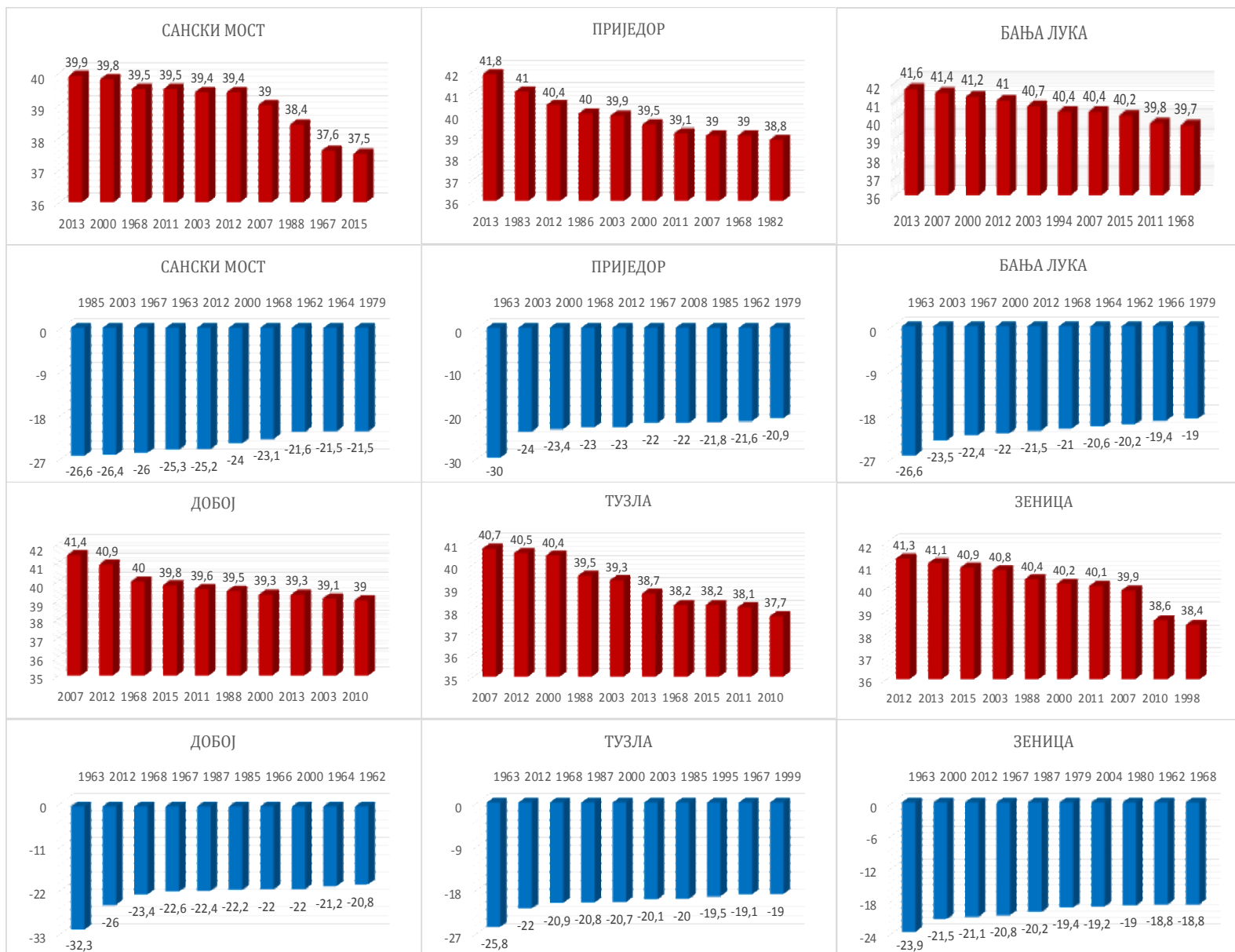
Позитиван тренд годишњих апсолутно минималних температура ваздуха утврђен је на свим анализираним станицама, осим у Ливну, где је утврђено инsigнификантно повећање. У анализираним периоду 1961–2016. године најниже годишње вредности температуре ваздуха забележиле су значајан ($p < 0,05$) раст од 0,4 °C по деценији у Мостару до 0,7 °C по деценији у Бугојну, што је у складу са осмотреним трендом загревања. Највећи инsigнификантни раст од 0,8 °C по деценији забележен је у Бањалуци и на Сокоцу. Најзначајнији ($p < 0,01$) раст месечне екстремно минималне температуре ваздуха забележен

је у јулу од 0,4 °C по деценији у Санском Мосту и Билећи до 0,7 °C по деценији у Бањалуци и Бугојну, док су остали најзначајнији трендови углавном били карактеристични за август (0,3–0,6 °C по деценији). Позитивни инсигнификантни трендови апсолутно минималних температура ваздуха утврђени су у готово свим месецима, док су негативни инсигнификантни трендови најчешће били карактеристични за месец октобар (Добој, Тузла, Ливно, Мостар и Билећа). Међу годинама са најнижим минимумима температуре налазе се углавном године из периода 1961–1990. године. Као година са најнижим температурним минимумима издваја се 1963, када је на шест анализираних станица измерен апсолутни температурни минимум. У периоду након 2000. године свега неколико година нашло се међу десет година са најнижим вредностима апсолутно минималних температура, најчешће 2000, 2003. или 2012. година.

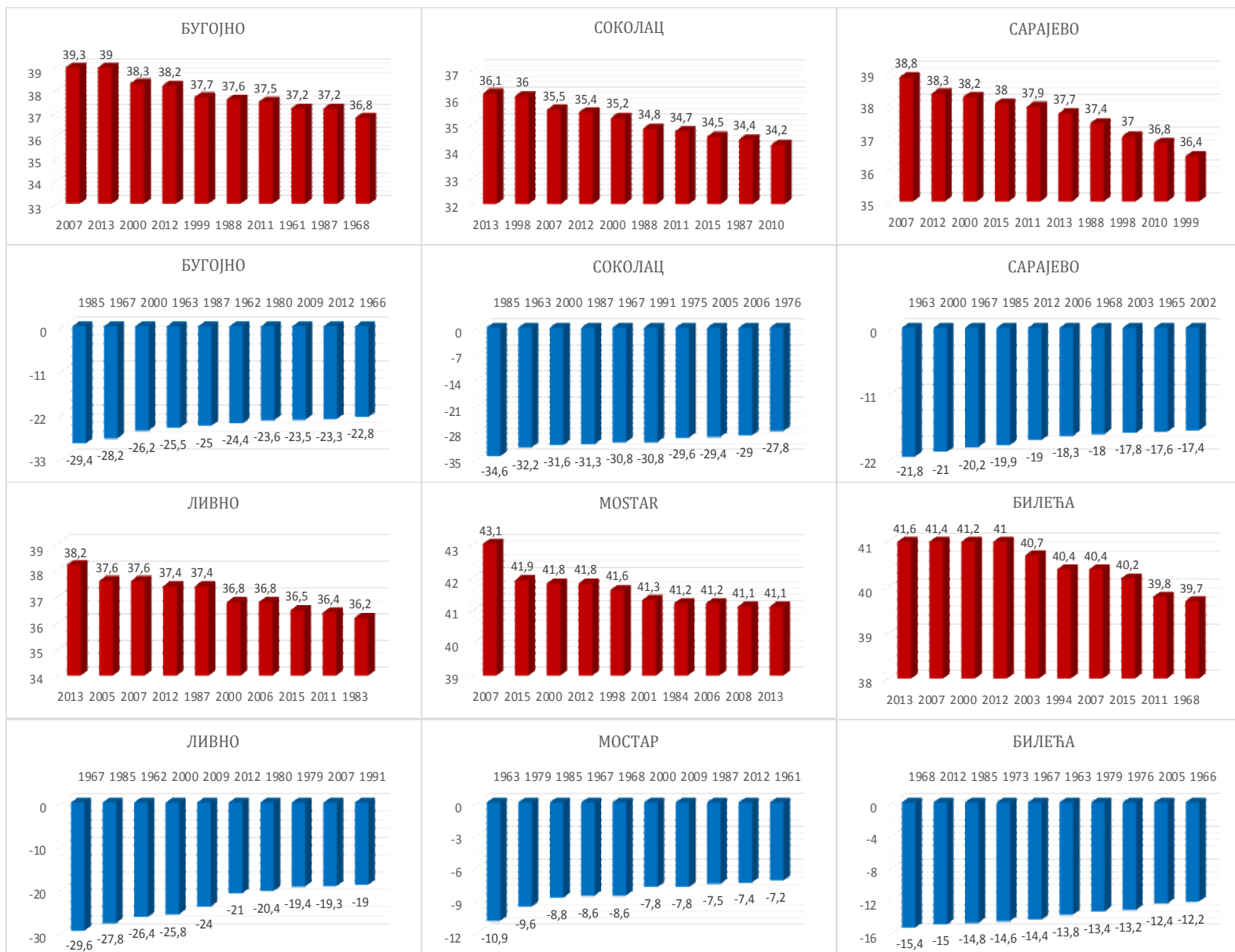
Табела 19. Декадни тренд апсолутно максималних и апсолутно минималних месечних и годишњих температура ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године (°C)

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	max	0,4	0,4	0,6	0,4	0,7	0,5	0,5	0,5	-0,1	0,1	0,4	0,3	0,5
	min	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1	0,4	0,4	0,3	0,3	0,0	0,4	0,7	0,5
ПР	max	0,8	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,6	0,6	-0,0	0,1	0,3	0,4	0,5
	min	0,7	-0,0	0,4	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0	0,5	0,6
БЛ	max	0,8	0,8	0,7	0,4	0,8	0,7	0,8	0,8	0,1	0,4	0,6	0,6	0,8
	min	0,6	0,5	0,5	0,3	0,2	0,4	0,7	0,5	0,4	0,2	0,3	0,7	0,7
ДБ	max	0,7	0,6	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	0,6	0,1	0,1	0,4	0,4	0,6
	min	0,3	0,2	0,3	0,0	0,2	0,3	0,5	0,3	0,2	-0,1	0,3	0,9	0,5
ТЗ	max	0,7	0,5	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,7	0,2	0,4	0,3	0,4	0,7
	min	0,4	0,2	0,4	0,0	0,0	0,2	0,5	0,3	0,2	-0,1	0,4	0,4	0,4
ЗЕ	max	1,0	0,5	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,8	0,5	0,5	0,6	0,4	0,8
	min	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	0,4	0,6	0,5	0,3	0,0	0,7	0,6	0,7
БУ	max	0,7	0,5	0,7	0,4	0,8	0,8	0,7	0,6	0,2	0,4	0,3	0,3	0,6
	min	0,5	0,8	0,5	0,2	0,3	0,5	0,7	0,6	0,4	0,3	0,8	0,8	0,7
СО	max	1,0	1,0	0,7	0,4	0,8	0,7	0,7	0,6	0,2	0,4	0,6	0,5	0,6
	min	0,5	0,4	0,5	0,0	0,0	0,2	0,5	0,4	0,2	0,0	0,7	1,2	0,8
СА	max	0,5	0,3	0,6	0,4	0,8	0,7	0,9	0,8	0,1	0,2	0,2	0,2	0,8
	min	0,4	0,3	0,6	0,2	0,0	0,2	0,6	0,5	0,2	0,1	0,5	0,5	0,5
ЛИ	max	0,7	0,7	0,6	0,4	0,8	0,8	1,0	0,7	0,4	0,0	0,5	0,4	0,8
	min	0,0	-0,0	0,4	0,0	0,2	0,3	0,5	0,4	0,0	-0,1	0,2	-0,0	-0,2
МО	max	0,2	0,4	0,4	0,2	0,5	0,8	0,7	0,5	0,2	0,0	0,1	-0,1	0,6
	min	0,3	0,1	0,3	0,3	0,4	0,2	0,6	0,5	0,2	-0,1	0,4	0,1	0,4
БИ	max	0,3	0,2	0,3	0,1	0,4	0,5	0,4	0,4	0,0	-0,2	0,1	0,0	0,3
	min	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,4	0,5	0,0	-0,2	0,2	0,0	0,5

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)



Графикон 14. Године са највишим апсолутно максималним годишњим температурама (црвено) и године са најнижим апсолутно минималним годишњим температурама (плаво) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990. године



Графикон 15. Године са највишим апсолутно максималним годишњим температурама (црвено) и године са најнижим апсолутно минималним годишњим температурама (плаво) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990. године

Компаративна анализа апсолутно максималних температура ваздуха у периоду 1961–1990. године и у периоду 1991–2016. године показује да су у другом периоду на свим анализираним станицама надмашени апсолутни максимуми из стандардног климатолошког периода. Годишњи апсолутни температурни максимуми у периоду 1991–2016. године били су 0,4–1,9 °C виши него апсолутно максималне температуре у референтном периоду, а највеће повећање утврђено је у Бањалуци и Мостару. Месечне апсолутно максималне температуре у периоду 1991–2016. године углавном су порасле у односу на период 1961–1990. Само у Зеници забележено је повећање у свим месецима, док су у Билећи само два месеца (јун и август) имала повећање апсолутних максимума у односу на референтни период. Функције густине вероватноће годишњих апсолутно максималних температура ваздуха показују померање дистрибуција према вишим вредностима у периоду 1991–2016. године, док резултати Колмогоров-Смирнов теста доказују да су забележене статистички значајне промене годишњих апсолутно максималних температура ваздуха између претходно два наведена периода на већини станица (осим у Приједору и Билећи).

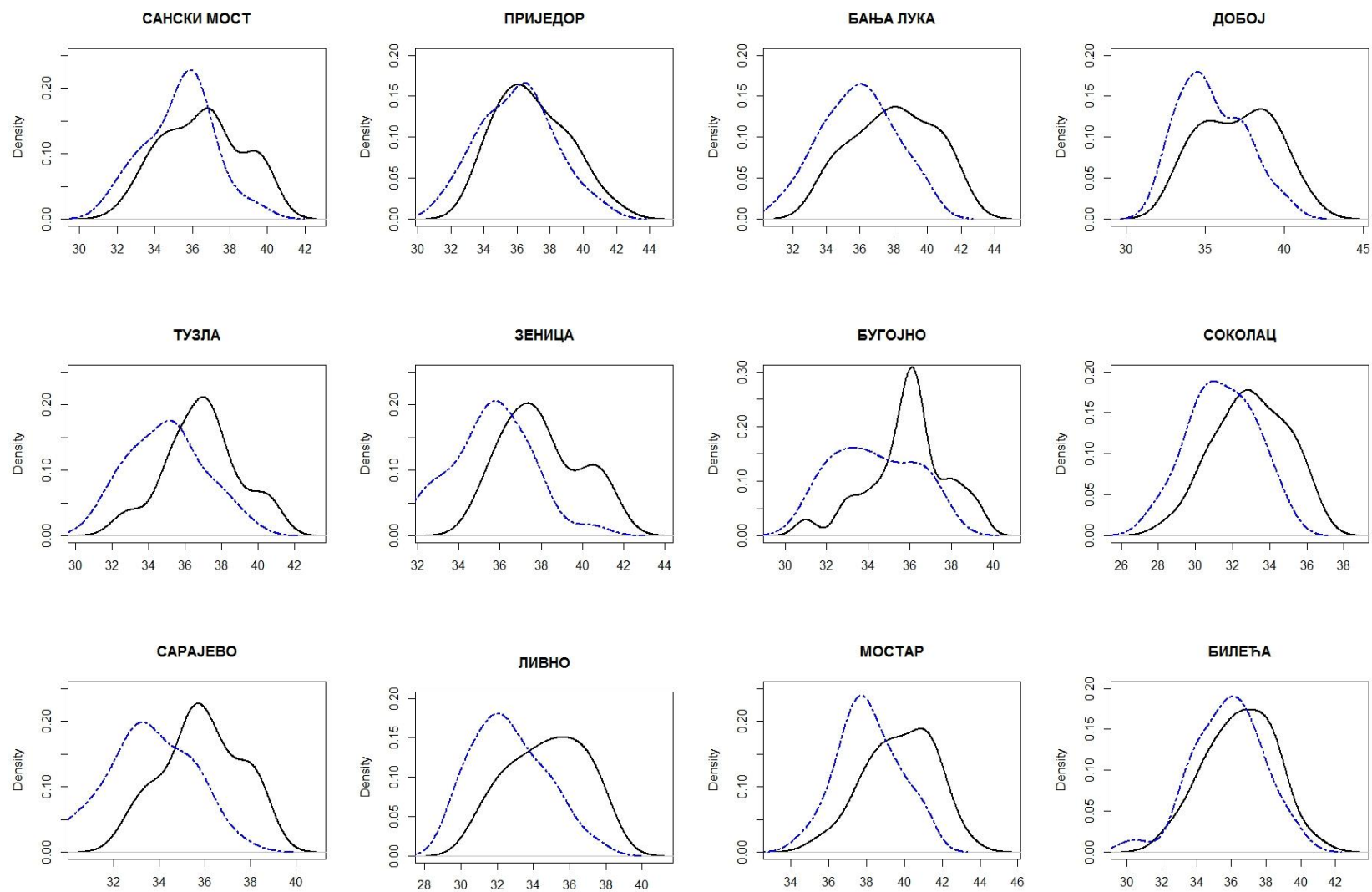
Компаративна анализа апсолутно минималних температура у периоду 1961–1990. године и у периоду 1991–2016. године показује да су у другом периоду, у складу са трендом загревања, на свим станицама повећане вредности апсолутних минимума из референтног периода (од 0,2 °C у Санском Мосту до 6,2 °C у Добоју). Месечне апсолутно минималне температуре у периоду 1991–2016. године већином су забележиле пораст у односу на референтни период, док је на свим анализираним станицама забележено повећање апсолутних минимума у јануару и новембру. Функције густине вероватноће апсолутно минималних температура ваздуха у Босни и Херцеговини не показују тако изражено померање дистрибуција према вишим вредностима у периоду 1991–2016. године у односу на температурне максимуме. Резултати Колмогоров-Смирнов теста показују да забележене промене дистрибуција годишњих апсолутно минималних температура ваздуха нису статистички значајне.

Табела 20. Апсолутно максималне месечне и годишње температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године (°C)

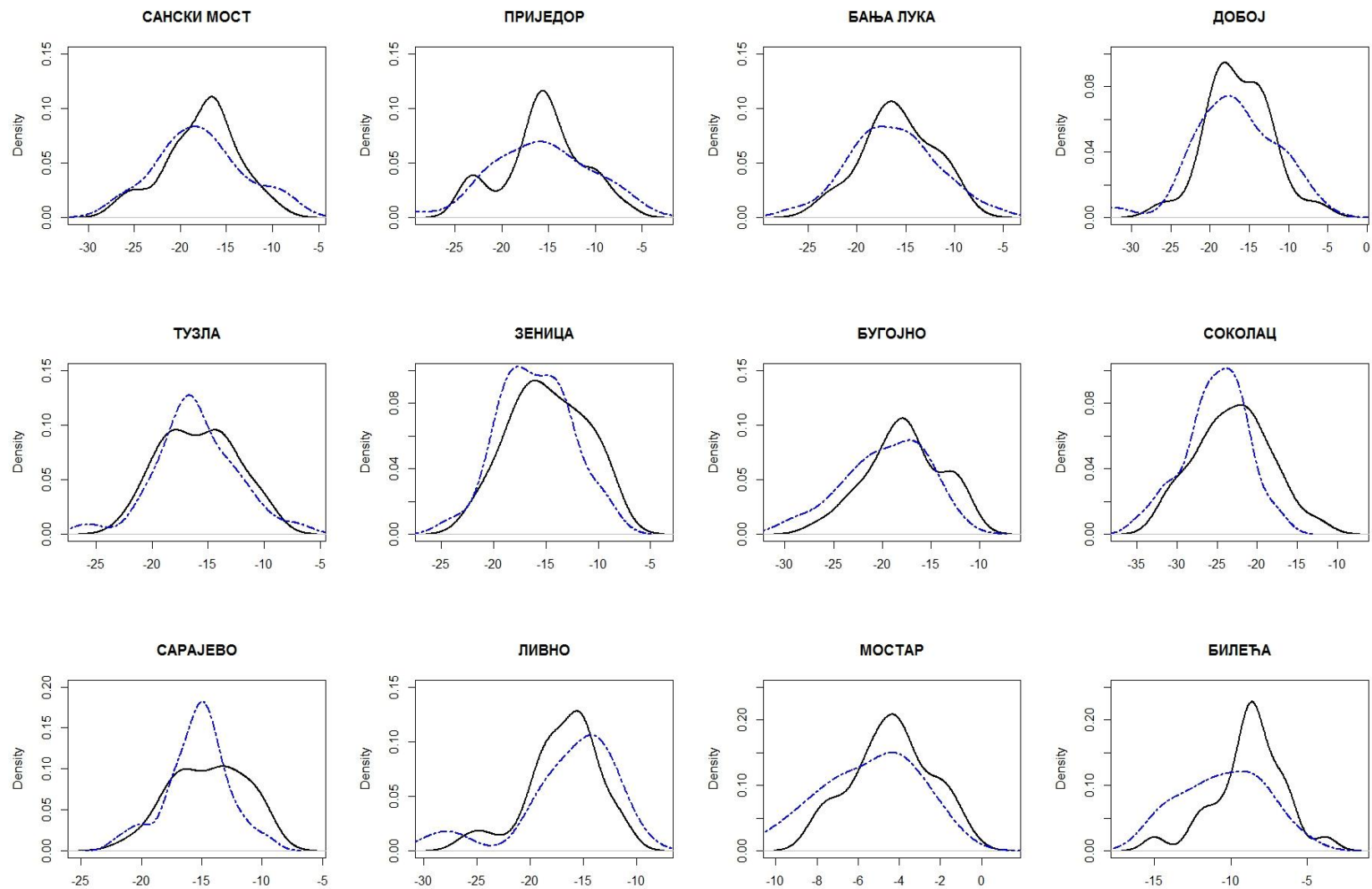
М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	20,8	23,8	28,2	30,6	36,0	35,7	39,5	38,3	35,8	30,4	25,4	23,0	39,5
	б	20,2	24,7	29,2	30,9	34,5	36,6	39,7	39,9	37,5	30,2	26,4	22,7	39,9
	-	-0,6	0,9	1,0	0,3	-1,5	0,9	0,2	1,6	1,7	-0,2	1,0	-0,3	0,4
ПР	а	18,6	22,7	28,1	31,0	37,0	38,8	41,0	40,0	37,0	30,8	25,4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

Табела 21. Апсолутно минималне месечне и годишње температуре ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године (°C)

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	-21,6	-26,6
	б	-26,4	-25,2	-20,4	-6,3	-1,1	0,5	4,5	4,0	0,8	-6,8	-10,4	-21,4	-26,4
	-	0,2	-2,2	-3,6	-1,5	1,2	-0,5	-1,1	3,4	2,5	0,5	7,4	0,2	0,2
ПР	а	-30,0	-22,5	-14,0	-4,5	0,1	1,5	5,9	5,0	0,1	-6,5	-14,5	-20,4	-30,0
	б	-24,0	-23,0	-18,6	-5,0	-0,3	2,7	7,0	5,2	2,1	-6,2	-10,0	-22	-24,0
	-	6,0	-0,5	-4,6	-0,5	-0,4	1,2	1,1	0,2	2,0	0,3	4,5	-1,6	6,0
БЛ	а	-26,4	-20,8	-16,6	-3,4	-1,4	0,9	5,3	5	-1,4	-5,8	-14,3	-20,4	-26,4
	б	-23,5	-21,5	-18,2	-5,9	-0,4	3,0	6,2	5,6	1,0	-6,0	-8,8	-18,8	-23,5
	-	2,9	-0,7	-1,6	-2,5	1,0	2,1	0,9	0,6	2,4	-0,2	5,5	1,6	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	-20,8	-32,2
	б	-22,0	-26,0	-19,7	-4,7	-0,2	4,2	6,9	6,6	1,2	-5,6	-10,7	-18,6	-26,0
	-	10,2	-6,4	-1,5	-1,9	0,1	2,6	0,2	1,3	1,4	2,8	4,7	2,2	6,2
ТЗ	а	-25,8	-20,0	-15,8	-4,0	-0,9	1,4	5,7	4,0	-1,4	-5,2	-16,0	-17,6	-25,8
	б	-20,7	-22,0	-17,9	-6,6	-1,1	3,4	6,0	5,3	0,7	-8,0	-11,6	-19,0	-22,0
	-	5,1	-2,0	-2,1	-2,6	-0,2	2,0	0,3	1,3	2,1	-2,8	4,4	-1,4	3,8
ЗЕ	а	-23,9	-17,6	-16,2	-4,0	-1,7	2,9	4,7	5,1	-1,5	-5,9	-16,0	-18,8	-23,9
	б	-21,5	-21,1	-16,8	-6,2	-0,2	0,6	6,0	5,0	2,5	-6,6	-10,6	-18,7	-21,5
	-	2,4	-3,5	-0,6	-2,2	1,5	-2,3	1,3	-0,1	4,0	-0,7	5,4	0,1	2,4
БУ	а	-29,4	-22,4	-22,6	-7,8	-2,4	-1,4	2,7	1,0	-5,7	-7,8	-20,0	-24,4	-29,4
	б	-26,4	-23,3	-20,4	-7,5	-1,4	-1,0	2,7	3,5	-0,4	-15,4	-13,1	-23,5	-26,4
	-	3,0	-0,9	2,2	0,3	1,0	0,4	0,0	2,5	5,3	-7,6	6,9	0,9	3,0
СО	а	-34,6	-31,8	-24,2	-12	-4,2	-2,2	0,1	-3,0	-7,6	-10,2	-29,6	-27,5	-34,6
	б	-31,6	-30,8	-26,0	-12,3	-4,3	-2,9	0,7	0,6	-3,6	-30,9	-21,0	-25,6	-31,6
	-	3,0	1,0	-1,8	-0,3	-0,1	-0,7	0,6	3,6	4,0	-20,7	8,6	1,9	3,0
СА	а	-21,8	-18,4	-15,1	-5,0	-0,9	2,6	4,8	1,2	-1,7	-6,1	-14,6	-16,5	-21,8
	б	-21,0	-19,0	-16,8	-6,2	0,3	0,8	5,4	4,8	1,8	-7,4	-10,8	-16,4	-21,0
	-	0,8	-0,6	-1,7	-1,2	1,2	-1,8	0,6	3,6	3,5	-1,3	3,8	0,1	0,8
ЛИ	а	-29,6	-18,5	-18,9	-6,9	-2,2	-2,4	-7,1	-4,1	-4,3	-9,4	-15,5	-26,4	-29,6
	б	-25,8	-21,0	-18,4	-9,0	-1,1	-2,4	2,4	2,7	-1,0	-17,8	-13,9	-24,0	-25,8
	-	3,8	-2,5	0,5	-2,1	1,1	0,0	9,5	6,8	3,3	-8,4	1,6	2,4	3,8
МО	а	-10,9	-8,6	-6,5	0,4	4,0	8,2	8,4	10,2	6,4	-0,1	-4,8	-7,2	-10,9
	б	-7,8	-7,4	-5,7	-1,2	4,7	8,0	11,1	10,7	7,4	2,4	-2,6	-7,8	-7,8
	-	3,1	1,2	0,8	-1,6	0,7	-0,2	2,7	0,5	1,0	2,5	2,2	-0,6	3,1
БИ	а	-15,4	-12,0	-11,3	-5,0	-0,6	4,6	7,6	5,4	1,6	-3,6	-12,8	-14,6	-15,4
	б	-11,8	-14,6	-9,0	-2,4	1,6	4,2	7,5	8,0	2,4	-2,4	-8,8	-15,0	-15,0
	-	3,6	-2,6	2,3	2,6	2,2	-0,4	-0,1	2,6	0,8	1,2	4,0	-0,4	0,4



Графикон 16. Функције густине вероватноће годишњих апсолутно максималних температура ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016. године (пуна линија)



Графикон 17. Функције густине вероватноће годишњих апсолутно минималних температура ваздуха у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016. године (пуна линија)

Табела 22. Промена дистрибуција (D) годишњих апсолутно максималних температура ваздуха између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	ЗЕ
D	0,367	0,218	0,392	0,364	0,431	0,513
М. с.	БУ	СО	СА	ЛИ	МО	БИ
D	0,403	0,359	0,469	0,421	0,436	0,218

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

Табела 23. Промена дистрибуција (D) годишњих апсолутно минималних температура ваздуха између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	ЗЕ
D	0,177	0,146	0,185	0,156	0,167	0,213
М. с.	БУ	СО	СА	ЛИ	МО	БИ
D	0,208	0,290	0,267	0,274	0,246	0,336

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

3.2. Учесталост дана са карактеристичним температурама

3.2.1. Просечан број ледених дана ($t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$)

Просечан годишњи број ледених дана прилично је уједначен у већем делу Босне и Херцеговине, а креће се од 16 ледених дана у Зеници до 23,1 ледених дана у Сарајеву. С друге стране, на простору Херцеговине појава ледених дана је веома ретка, а најнижи просечан број ледених (1,1) забележен је у Мостару. Ледени дани заступљени су у периоду од новембра до марта, док се највећи број јавља у јануару (0,6–8,7) и децембру (0,2–8,1). Просечна учесталост појаве ледених дана износи 2,1–28% у јануару и 0,5–26% у децембру. Појава ледених дана такође је забележена у априлу (Бугојно) и октобру (Приједор), али треба напоменути да се ради о изузетно реткој појави. Највећи годишњи број ледених дана на свим анализираним станицама забележен је 1963. године, док је апсолутни годишњи максимум, исте године, осматран у Санском Мосту (52 ледених дана). Апсолутни месечни максимум (28 ледених дана) забележен је у јануару 1964. године у Бугојну.

Табела 24. Просечни месечни и годишњи број ледених дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	7,2	2,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	5,2	16,1
ПР	7,7	2,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,2	6,6	18,8
БЛ	7,7	3,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	5,0	17,1
ДБ	7,3	2,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	4,9	16,1
ТЗ	7,8	3,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	5,8	18,9
ЗЕ	6,5	2,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	5,9	16,0
БУ	8,1	4,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	7,4	21,7
СА	8,7	4,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	8,1	23,1
ЛИ	3,7	2,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,8	10,9
МО	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,1

Табела 25. Просечна месечна и годишња учесталост (%) ледених дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	23,2	9,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	16,7	4,4
ПР	24,9	9,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,0	21,1	5,1
БЛ	24,9	11,5	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	16,2	4,7
ДБ	23,5	10,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	16,0	4,4
ТЗ	25,0	12,7	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	18,8	5,2
ЗЕ	21,1	9,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	19,1	4,4
БУ	26,0	14,5	3,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	23,8	5,9
СА	28,0	15,1	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	26,0	6,3
ЛИ	12,0	10,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	9,1	3,0
МО	2,1	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3

Значајан негативан тренд просечног броја ледених дана у Босни и Херцеговини утврђен је на свим анализираним станицама, осим у Мостару, где је установљено непостојање тренда. Број ледених дана редукован је за -1,8 дана по деценији у Санском Мосту и Добоју до -3 дана по деценији у Зеници, Бугојну и Сарајеву. Негативне вредности тренда указују на тренд загревања, који је утврђен у претходним анализама температуре ваздуха.

Табела 26. Декадни тренд просечног годишњег броја ледених дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

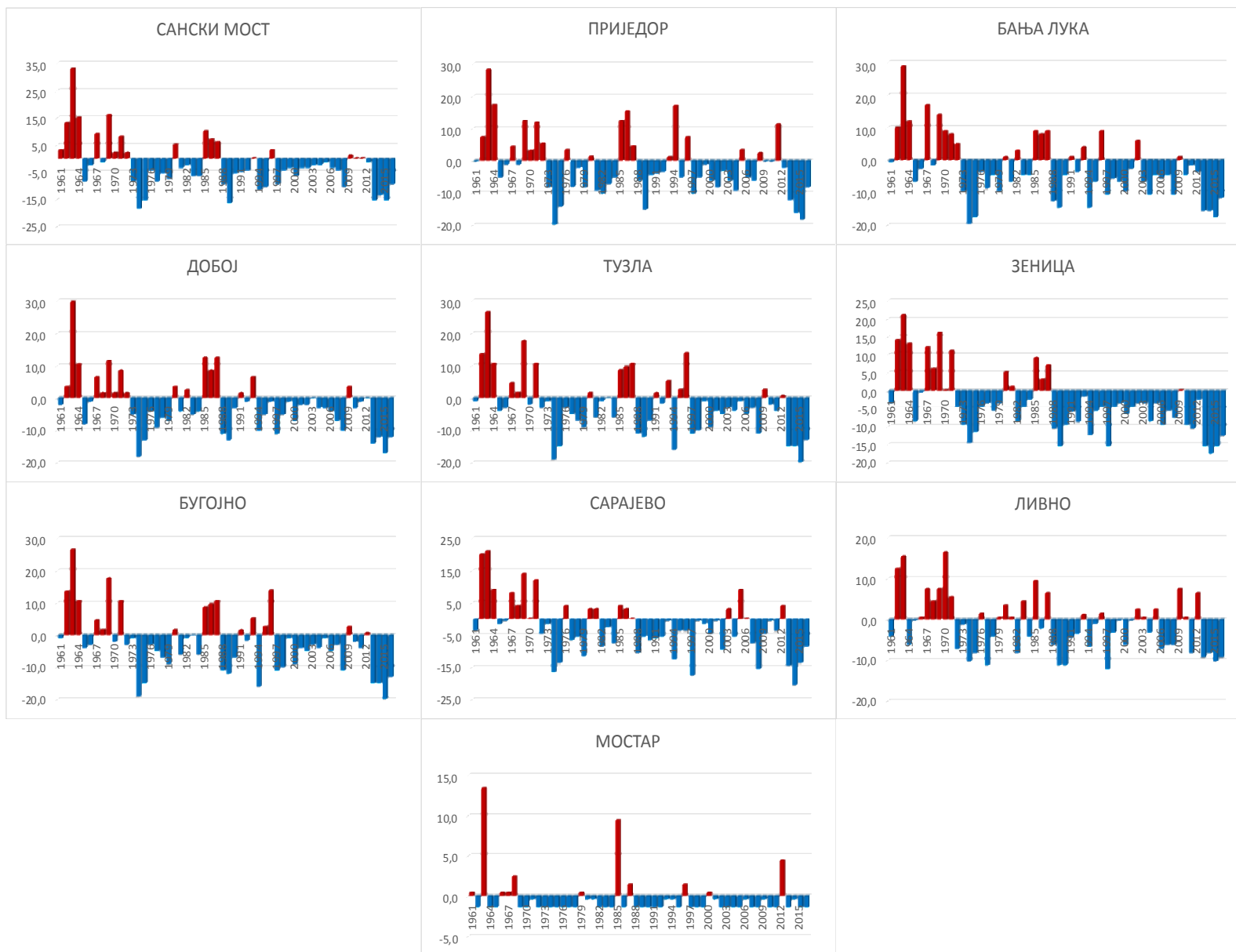
М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	ЗЕ	БУ	СА	ЛИ	МО
Ледени дани	-1,8	-2,0	-2,4	-1,8	-2,2	-3,0	-3,0	-3,0	-2,0	0,0

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

Компаративна анализа просечног броја ледених дана у периоду 1961–1990. године и у периоду 1991–2016. године показује да је у другом периоду на свим анализираним станицама смањен годишњи број ледених дана, од -0,4 дана у Мостару до -7,6 у Зеници, док је на месечном нивоу смањење на свим станицама забележено у јануару. Анализа одступања годишњег броја ледених дана од просека референтног периода показује да су готово све године након 1990. имале испотпросечан број оваквих дана. Резултати Колмогоров-Смирнов теста показују да су промене дистрибуције значајне у Санском Мосту, Добоју, Зеници и Бугојну.

Табела 27. Просечни месечни и годишњи број ледених дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (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	5,5	2,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,5	13,3
	-	-3,1	-0,6	-0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	-1,2	-5,4
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	6,1	2,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,7	6,3	16,9
	-	-3,0	-1,0	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	-0,5	-3,5
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	5,8	2,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	4,3	13,8
	-	-3,6	-0,7	-0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	-1,3	-6,0
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	5,5	2,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	4,5	13,5
	-	-3,3	-0,3	-0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	-0,8	-4,8
ТЗ	а	9,1	3,9	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	6,3	21,2
	б	6,2	3,1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	5,3	16,2
	-	-2,9	-0,8	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	-0,9	-5,0
ЗЕ	а	8,1	3,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	7,2	19,6
	б	4,7	1,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,4	12,0
	-	-3,4	-1,2	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	-2,8	-7,6
БУ	а	9,6	4,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	8,4	24,8
	б	6,3	3,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	6,3	18,1
	-	-3,4	-0,6	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,3	-2,1	-6,7
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	7,4	4,1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	6,8	20,1
	-	-2,4	-0,2	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-2,4	-5,6
ЛИ	а	4,3	3,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,1	12,4
	б	3,1	2,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,5	9,1
	-	-1,2	-0,6	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	-0,6	-3,3
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	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7
	-	-0,5	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,4



Графикон 18. Промене годишњег броја ледених дана – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

Табела 28. Промена дистрибуција (D) просечног годишњег броја ледених дана између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ
D	0,395	0,246	0,295	0,351	0,228
М. с.	ЗЕ	БУ	СА	ЛИ	МО
D	0,428	0,362	0,313	0,290	0,151

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

3.2.2. Просечан број мразних дана ($t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)

Просечан годишњи број мразних дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године креће се у интервалу 19,9–109,7, док просечна годишња учесталост појаве износи 5,4–30,1%. Као и код ледених дана, појава мразних дана је уједначена на већем делу истраживаног простора, док је најмањи број мразних дана очекивано забележен у Мостару. На свим анализираним станицама (осим Мостара) појава мразних дана забележена је у периоду од октобра до априла, док се највећи број оваквих дана јавља у јануару (7,6–24,7) и децембру (4,6–22,8). Просечна учесталост појаве мразних дана износи 24,7–79,7% у јануару и 14,8–73,7% у децембру. Минорна појава мразних дана забележена је на већини станица у септембру (0,1–0,4) и мају (0,1–0,5), док је у Бугојну и Ливну њихова појава осматрана чак и у јуну (0,1). Годишњи максимум броја мразних дана забележен је 1973. године у Бугојну и износи 141.

Табела 29. Просечни месечни и годишњи број мразних дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	24,1	19,2	13,3	3,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	2,9	9,7	21,0	93,6
ПР	23,5	18,8	11,2	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	8,0	19,7	84,5
БЛ	22,6	18,4	11,4	2,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	8,7	19,2	84,8
ДБ	22,8	17,5	10,5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	8,1	19,2	82,5
ТЗ	24,0	18,3	12,4	2,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	2,6	9,6	21,0	90,4
ЗЕ	23,4	18,6	12,1	2,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	2,1	9,0	20,2	88,0
БУ	24,7	20,2	16,6	5,6	0,5	0,1	0,0	0,0	0,4	4,8	13,3	22,8	108,9
СА	23,2	18,0	12,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,9	10,1	21,7	89,3
ЛИ	23,9	20,3	16,7	5,5	0,5	0,1	0,0	0,0	0,4	5,6	14,1	22,5	109,7
МО	7,6	4,9	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	4,6	19,9

Табела 30. Просечна месечна и годишња учесталост (%) мразних дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	77,7	68,5	42,9	10,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,2	9,2	32,4	67,7	25,6
ПР	75,7	67,1	36,1	4,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	26,8	63,6	23,1
БЛ	72,9	65,6	36,9	6,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	7,9	29,0	62,0	23,2
ДБ	73,7	62,3	33,9	5,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	5,0	27,0	61,8	22,6
ТЗ	77,6	65,5	39,9	6,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	8,4	31,9	67,6	24,8
ЗЕ	75,5	66,3	38,9	8,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	6,8	30,0	65,3	24,1
БУ	79,7	72,2	53,5	18,8	1,6	0,2	0,0	0,0	1,2	15,4	44,2	73,7	29,8
СА	74,9	64,2	38,8	7,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	6,1	33,7	69,9	24,5
ЛИ	77,2	72,7	53,8	18,3	1,6	0,4	0,0	0,0	1,4	18,2	47,0	72,6	30,1
МО	24,7	17,4	5,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,1	14,8	5,4

Анализа тренда просечног броја мразних дана у Босни и Херцеговини показала је да су статистички значајни негативни декадни трендови утврђени на свим анализираним станицама. Број мразних дана смањен је за -2,2 дана/деценија у Мостару до -5,1 дана/деценија у Бугојну, док утврђене негативне вредности тренда представљају додатан непобитан показатељ тренд загревања ваздуха, који постаје изражен од 1990. године.

Табела 31. Декадни тренд просечног годишњег броја мразних дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	ЗЕ	БУ	СА	ЛИ	МО
Мразни дани	-3,3	-3,3	-6,3	-2,4	-3	-4,4	-5,1	-3,0	-3,0	-2,2

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

Компаративна анализа просечног броја мразних дана у периоду 1991–2016. у односу на референтни период (1961–1990) показује да је на свим анализираним станицама смањен просечни годишњи број мразних дана од -3 дана у Добоју до чак -21,1 дан у Бањалуци. На месечном нивоу тај број смањен је на свим анализираним станицама у јануару и децембру у односу на референтни просек. Анализа одступања годишњег броја мразних дана од просека референтног периода показује да је већина година након 1990. имала мањи број мразних дана у односу на анализирани просек, што је још један показатељ тренда загревања. Резултати Колмогоров-Смирнов теста показују да су промене дистрибуције просечног годишњег броја мразних дана статистички значајне ($p < 0,1$) у Бањалуци, Зеници и Бугојну.

Табела 32. Просечни месечни и годишњи број мразних дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (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	22,7	19,3	13,1	2,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	8,9	20,1	89,2
	-	-2,5	0,2	-0,4	-1,2	-0,2	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,9	-1,5	-1,7	-8,2
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	23,1	19,2	10,6	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	8,2	18,1	82,3
	-	-0,7	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	19,0	17,3	10,3	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,8	16,4	73,5
	-	-6,7	-1,9	-2,1	-0,6	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,9	-3,6	-5,2	-21,1
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	21,5	17,0	11,1	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	7,1	18,6	80,8
	-	-2,5	-0,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-1,9	-1,0	-3,0
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	23,0	17,7	11,8	2,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	8,9	20,4	86,8
	-	-1,9	-1,2	-1,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,4	-1,2	-1,0	-6,7
ЗЕ	а	25,1	19,1	12,9	2,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	2,4	10,4	21,8	94,5
	б	21,4	17,8	11,2	2,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	8,0	18,8	81,4
	-	-3,7	-1,3	-1,6	-0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,6	-2,4	-3,0	-13,1
БУ	а	25,5	20,9	17,7	6,6	0,8	0,1	0,0	0,0	0,6	5,7	14,9	23,9	116,6
	б	23,7	19,4	15,3	4,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	3,7	11,4	21,6	100,1
	-	-1,8	-1,5	-2,4	-2	-0,6	0,0	0,0	0,0	-0,5	-2,1	-3,4	-2,3	-16,5
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	21,8	17,7	11,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	8,8	21,1	85,1
	-	-2,6	-0,5	-0,6	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,5	-2,4	-1,1	-7,8
ЛИ	а	24,6	20,4	17,4	6,2	0,7	0,2	0,0	0,0	0,6	6,3	14,9	23,0	114,3
	б	23,2	20,3	15,9	4,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	4,9	13,1	21,9	104,5
	-	-1,4	-0,2	-1,5	-1,5	-0,4	-0,1	0,0	0,0	-0,3	-1,4	-1,8	-1,2	-9,8
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	6,3	5,0	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	4,1	17,5
	-	-2,5	0,3	-1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,9	-4,4

Табела 33. Промена дистрибуција (D) просечног годишњег броја мразних дана између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ
D	0,321	0,182	0,631	0,264	0,338
М. с.	ЗЕ	БУ	СА	ЛИ	МО
D	0,426	0,487	0,285	0,344	0,308

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)



Графикон 19. Промене годишњег броја мразних дана – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

3.2.3. Просечан број летњих дана ($t_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)

Просечан годишњи број летњих дана у Босни и Херцеговини у истраживаном периоду креће се од 65,8 у Ливну до 128,8 у Мостару, док просечна учесталост износи 18–35,3%. Појава летњих дана прилично је уједначена у већем делу Босне и Херцеговине, док су највеће разлике приметне у региону Херцеговине. Летњи дани најчешће се јављају у периоду од марта до новембра, док је највећи број карактеристичан за јули (20,5–29,6) и август (20,5–29,1). Просечна учесталост појаве летњих дана износи 66,1–95,4% у јулу и 66,1–94% у августу. Иако ретка, појава летњих дана забележена је у фебруару у Добоју, Тузли, Зеници и Мостару, а важно је споменути да је њихова појава на наведеним станицама била присутна у годинама након 1990. Годишњи максимум броја летњих дана забележен је 2000. године у Мостару и износи 151.

Табела 34. Просечни месечни и годишњи број летњих дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	0,0	0,0	0,4	2,7	10,5	17,4	23,8	22,4	11,7	3,0	0,1	0,0	92,0
ПР	0,0	0,0	0,3	2,9	10,7	17,7	23,8	22,6	11,6	3,1	0,1	0,0	92,7
БЛ	0,0	0,0	0,5	3,1	10,8	18,1	24,1	23,1	12,1	3,4	0,2	0,0	95,5
ДБ	0,0	0,0	0,4	3,0	10,7	17,7	23,4	23,0	12,2	3,6	0,2	0,0	94,2
ТЗ	0,0	0,0	0,3	2,4	9,7	16,3	22,4	21,8	11,4	3,6	0,2	0,0	88,1
ЗЕ	0,0	0,2	0,6	3,4	11,4	18,5	24,2	23,4	13,1	3,7	0,1	0,0	98,2
БУ	0,0	0,0	0,0	1,0	7,0	14,1	21,1	20,5	9,4	1,7	0,0	0,0	74,8
СА	0,0	0,0	0,1	1,2	7,2	14,0	20,5	20,6	9,6	1,6	0,0	0,0	74,7
ЛИ	0,0	0,0	0,0	0,3	3,2	11,5	20,6	20,7	8,5	1,1	0,0	0,0	65,8
МО	0,0	0,0	0,5	3,7	15,4	23,9	29,6	29,1	20,4	6,2	0,1	0,0	128,8

Табела 35. Просечна месечна и годишња учесталост (%) летњих дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	0,0	0,0	1,3	8,9	33,9	58,0	76,8	72,3	38,9	9,7	0,3	0,0	25,2
ПР	0,0	0,0	1,0	9,6	34,7	59,0	76,6	73,1	38,5	9,9	0,2	0,0	25,4
БЛ	0,0	0,0	1,6	10,4	34,7	60,5	77,8	74,5	40,4	11,1	0,6	0,0	26,2
ДБ	0,0	0,1	1,4	10,1	34,4	58,9	75,5	74,2	40,8	11,6	0,6	0,0	25,8
ТЗ	0,0	0,1	1,0	8,0	31,2	54,3	72,3	70,2	38,2	11,6	0,5	0,0	24,1
ЗЕ	0,0	0,7	1,8	11,4	36,9	61,6	78,2	75,4	43,6	11,8	0,4	0,0	26,9
БУ	0,0	0,0	0,1	3,3	22,5	47,0	68,0	66,1	31,4	5,6	0,0	0,0	20,5
СА	0,0	0,0	0,2	3,9	23,1	46,6	66,1	66,6	32,1	5,1	0,0	0,0	20,5
ЛИ	0,0	0,0	0,0	0,9	10,3	38,2	66,4	66,7	28,2	3,5	0,1	0,0	18,0
МО	0,0	0,1	1,6	12,4	49,5	79,8	95,4	94,0	67,9	20,0	0,2	0,0	35,3

Анализа тренда просечног броја летњих дана у Босни и Херцеговини показала је да су статистички значајни ($p < 0,01$) позитивни декадни трендови утврђени на свим анализираним станицама (осим Мостара), што представља још један еклатантан доказ тренда загревања присутног с краја 20. и почетка 21. века. Просечан број летњих дана повећан је за 3 дана/деценија у Мостару до чак 8,2 дана/деценија у Зеници.

Табела 36. Декадни тренд просечног годишњег броја летњих дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	ЗЕ	БУ	СА	ЛИ	МО
Летњи дани	5,3	4,5	7,4	4,2	5,6	8,2	6,1	6,0	7,2	<i>3,0</i>

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (бoлд), $p < 0,05$ (италик)

Компаративна анализа просечног броја летњих дана у периоду 1961–1990. и у периоду 1991–2016. године показује да је у другом периоду на целом подручју Босне и Херцеговине повећан просечан годишњи број летњих дана, од 8,4 дана у Добоју до 24,9 дана у Зеници. На месечном нивоу тај број је углавном повећан на свим анализираним станицама у односу на референтни просек, док је највећи пораст месечних вредности био осмoтрен у сезони лето, нарочито у августу (од 1,2 у Мостару до 6,1 у Ливну) и јуну (од 1,8 у Добоју до 6,8 у Ливну). Највеће смањење броја летњих дана у односу на референтни период утврђено је у Приједору за месец септембар (-1,2), а незнатна смањења утврђена су за месец март у Бугојну, Сарајеву и Мостару. Анализа одступања годишњег броја летњих дана од просека стандардног климатолошког периода показује да је већина година након 1990. имала већи број летњих у односу на просек референтног периода. У Зеници није утврђена ниједна година након 1990. са просеком мањим у односу на референтни период, док је највећи број година са испотпросечним вредностима броја летњих дана утврђен у Приједору (6). Резултати Колмогоров-Смирнов теста потврђују да су промене дистрибуције просечног годишњег броја летњих дана статистички значајне на свим анализираним станицама у Босни и Херцеговини.

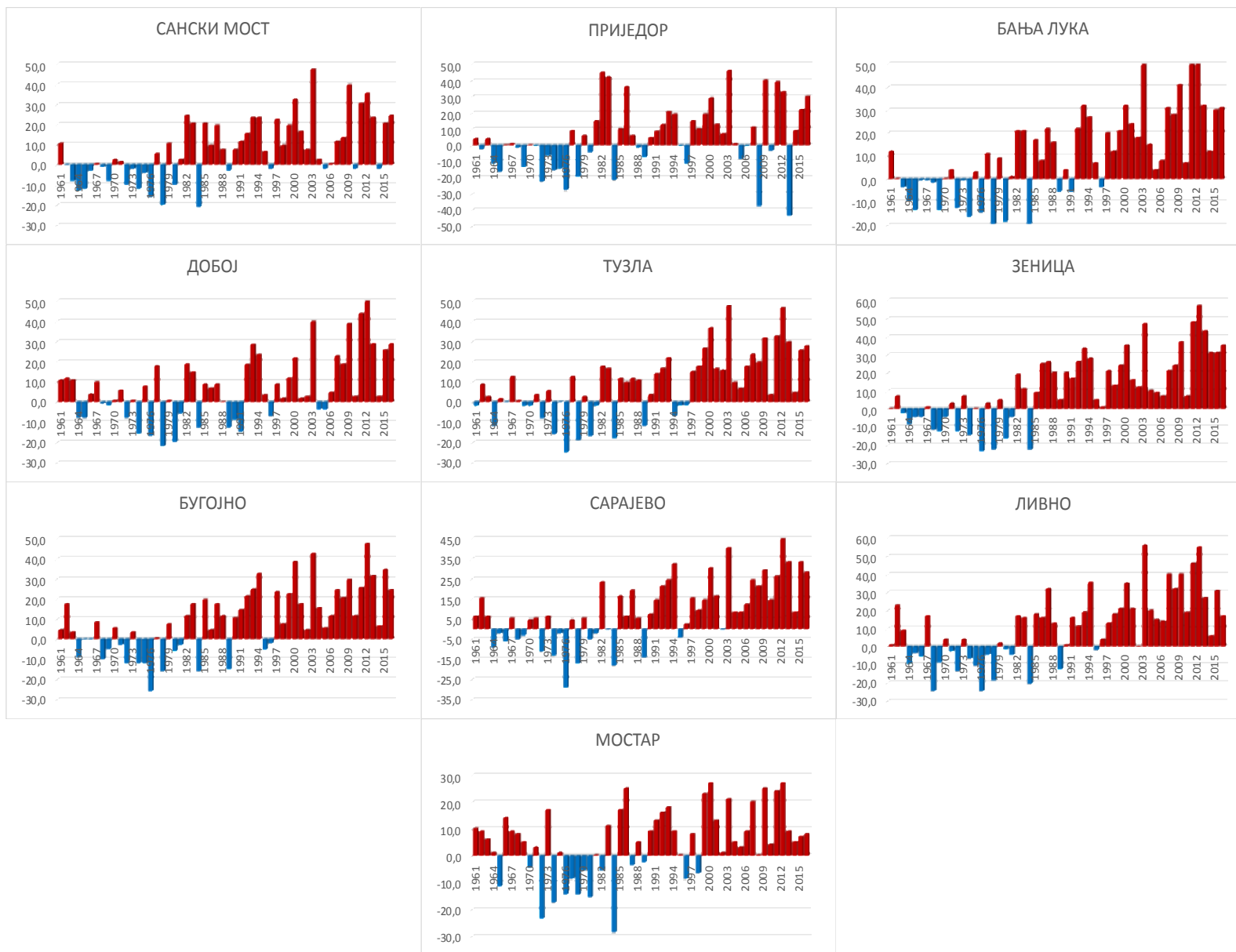
Табела 37. Просечни месечни и годишњи број летњих дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	0,0	0,0	0,4	2,3	8,7	15,8	22,5	20,3	11,5	2,6	0,1	0,0	84,2
	б	0,0	0,0	0,4	3,2	12,5	19,2	25,3	24,8	11,8	3,5	0,1	0,0	101,0
	-	0,0	0,0	0,0	0,9	3,8	3,4	2,8	4,5	0,3	1,0	0,0	0,0	16,7
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	0,3	3,3	12,1	19,3	24,9	24,8	10,9	2,9	0,0	0,0	98,6
	-	0,0	0,0	0,0	0,8	2,5	3,0	2,1	4,0	-1,2	-0,3	-0,1	0,0	11,0
БЛ	а	0,0	0,0	0,3	2,5	8,9	15,9	22,2	20,8	11,5	2,6	0,1	0,0	84,7
	б	0,0	0,0	0,7	3,8	12,9	20,7	26,3	25,7	12,8	4,4	0,3	0,0	107,8
	-	0,0	0,0	0,5	1,3	4,1	4,8	4,1	4,9	1,3	1,8	0,2	0,0	23,1
ДБ	а	0,0	0,0	0,3	2,8	9,4	16,1	22,0	21,2	12,0	3,1	0,0	0,0	87,0
	б	0,0	0,0	0,6	3,3	12,1	19,5	25,1	25,1	12,5	4,1	0,3	0,0	102,6
	-	0,0	0,0	0,1	0,2	1,4	1,8	1,7	2,1	0,2	0,6	0,2	0,0	8,4
ТЗ	а	0,0	0,0	0,3	2,0	7,9	14,7	20,1	20,0	11,2	2,8	0,1	0,0	79,1
	б	0,0	0,0	0,3	2,9	11,7	18,1	25,1	23,8	11,7	4,6	0,2	0,0	98,4
	-	0,0	0,0	0,0	0,9	3,7	3,4	5,0	3,9	0,5	1,8	0,1	0,0	19,3
ЗЕ	а	0,0	0,0	0,5	2,4	9,3	16,2	22,1	20,8	12,6	2,8	0,0	0,0	86,6
	б	0,0	0,4	0,6	4,6	13,9	21,1	26,7	26,3	13,7	4,7	0,2	0,0	111,5
	-	0,0	0,4	0,1	2,2	4,6	5,0	4,7	5,5	1,1	2,0	0,2	0,0	24,9
БУ	а	0,0	0,0	0,1	0,6	4,9	11,9	19,1	18,2	9,3	1,2	0,0	0,0	65,2
	б	0,0	0,0	0,0	1,4	9,3	16,6	23,4	23,2	9,6	2,3	0,0	0,0	85,9
	-	0,0	0,0	-0,1	0,8	4,4	4,7	4,3	5,0	0,3	1,1	0,0	0,0	20,7
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	0,0	1,6	8,9	16,8	22,9	23,6	9,7	2,1	0,0	0,0	85,5
	-	0,0	0,0	-0,1	0,8	3,2	5,2	4,5	5,5	0,1	1,0	0,0	0,0	20,1
ЛИ	а	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	8,3	18,0	17,8	7,9	1,0	0,0	0,0	54,8
	б	0,0	0,0	0,0	0,6	4,9	15,1	23,5	23,9	9,1	1,2	0,1	0,0	78,5
	-	0,0	0,0	0,0	0,5	3,2	6,8	5,5	6,1	1,2	0,2	0,1	0,0	23,7
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	0,0	0,4	4,8	17,7	25,2	30,0	29,8	20,4	6,4	0,1	0,0	134,7
	-	0,0	0,0	-0,2	2,1	4,4	2,3	0,8	1,2	0,0	0,3	0,1	0,0	11,1

Табела 38. Промена дистрибуција (D) просечног годишњег броја летњих дана између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ
D	0,521	0,492	0,585	0,467	0,664
М. с.	ЗЕ	БУ	СА	ЛИ	МО
D	0,623	0,577	0,751	0,585	<i>0.356</i>

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (бoлд), $p < 0,05$ (италик)



Графикон 20. Промене годишњег броја летњих дана – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

3.2.4. Просечан број тропских дана ($t_{\max} \geq 30 \text{ }^\circ\text{C}$)

Просечан годишњи број тропских дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године креће се у интервалу 18–67,6, док просечна годишња учесталост појаве износи 6–18,5%. Појава тропских дана прилично је уједначена у већем делу Босне и Херцеговине, а њихов број креће се од 22 у Сарајеву до 37,2 у Зеници. Изузетак је регион Херцеговине, где су утврђени најмањи (Ливно) и највећи (Мостар) број тропских дана. На свим анализираним станицама појава тропских дана забележена је у периоду од маја до септембра, док се највећи број оваквих дана јавља у јулу (6,1–22,1) и августу (8,7–21,9). Просечна учесталост појаве тропских дана износи 19,7–71,3% у јулу и 28–70,6% у августу. Незнатна појава тропских дана забележена је на већини станица у априлу (0,1–0,3) и октобру (0,1–0,9). Годишњи максимум броја тропских дана забележен је 2012. године, очекивано, у Мостару и износи 109.

Табела 39. Просечни месечни и годишњи број тропских дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	0,0	0,0	0,0	0,1	1,5	5,7	10,3	10,1	2,4	0,1	0,0	0,0	30,2
ПР	0,0	0,0	0,0	0,3	2,1	6,6	11,0	10,7	2,8	0,0	0,0	0,0	33,5
БЛ	0,0	0,0	0,0	0,1	1,9	6,5	11,3	11,2	3,1	0,2	0,0	0,0	34,2
ДБ	0,0	0,0	0,0	0,1	1,4	5,3	10,0	10,3	2,9	0,1	0,0	0,0	30,5
ТЗ	0,0	0,0	0,0	0,2	1,3	4,8	8,9	9,4	2,3	0,0	0,0	0,0	26,9
ЗЕ	0,0	0,0	0,0	0,3	2,5	6,9	11,5	12,3	3,6	0,1	0,0	0,0	37,2
БУ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	3,8	7,8	9,1	1,5	0,0	0,0	0,0	22,8
СА	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	3,4	7,4	9,1	1,5	0,0	0,0	0,0	22,0
ЛИ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,1	6,1	8,7	1,0	0,0	0,0	0,0	18,0
МО	0,0	0,0	0,0	0,2	3,3	12,2	22,1	21,9	7,6	0,3	0,0	0,0	67,6

Табела 40. Просечна месечна и годишња учесталост (%) тропских дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	0,0	0,0	0,0	0,3	4,8	19,0	33,2	32,7	8,1	0,2	0,0	0,0	8,3
ПР	0,0	0,0	0,0	0,8	6,8	22,1	35,6	34,5	9,3	0,1	0,0	0,0	9,2
БЛ	0,0	0,0	0,0	0,4	6,0	21,7	36,5	36,1	10,4	0,5	0,0	0,0	9,4
ДБ	0,0	0,0	0,0	0,5	4,6	17,8	32,1	33,1	9,8	0,2	0,0	0,0	8,4
ТЗ	0,0	0,0	0,0	0,5	4,1	16,1	28,7	30,4	7,6	0,1	0,0	0,0	7,4
ЗЕ	0,0	0,0	0,0	1,0	8,1	22,9	37,3	39,8	11,9	0,4	0,0	0,0	10,2
БУ	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	12,7	25,2	29,2	4,8	0,0	0,0	0,0	6,2
СА	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	11,3	23,9	29,5	5,0	0,1	0,0	0,0	6,0
ЛИ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	6,9	19,7	28,0	3,3	0,0	0,0	0,0	4,9
МО	0,0	0,0	0,0	0,6	10,5	40,8	71,3	70,6	25,4	0,9	0,0	0,0	18,5

Анализа тренда просечног броја тропских дана у Босни и Херцеговини показала је да су статистички значајни ($p < 0,01$) позитивни декадни трендови утврђени на свим анализираним станицама, што је такође додатан непобитан доказ тренда загревања ваздуха после 1990. године. Просечан број тропских дана повећан је за 4,2 дана/деценија у Добоју до 8,1 дана/деценија у Зеници.

Табела 41. Декадни тренд просечног годишњег броја тропских дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	ЗЕ	БУ	СА	ЛИ	МО
Тропски дани	4,3	4,6	6,2	4,2	4,8	8,1	5,2	5,9	6,2	4,4

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (бод), $p < 0,05$ (италик)

Компаративна анализа просечног броја тропских дана у периоду 1991–2016. у односу на референтни климатолошки период (1961–1990) показује да је на укупном простору Босне и Херцеговине повећан просечан годишњи број тропских дана, од 11,6 дана у Приједору до 25,1 дан у Зеници. На месечном нивоу број тропских дана повећао се на свим анализираним станицама у односу на период 1961–1990. године, док су незнатна смањења осматрана у септембру у Санском Мосту, Приједору, Добоју и Мостару. Највећи месечни пораст у односу на референтни период осматрен је у августу (од 4,2 у Приједору до 7,5 у Ливну), док су знатна повећања осматрана још и у јуну и јулу. Анализа одступања годишњег броја тропских дана од просека стандардног климатолошког периода показује да су скоро све године након 1990. имале већи број тропских дана у односу на просек референтног периода. Број година са просецима мањим од просека референтног периода кретао се од 1 године у Зеници до 5 година у Приједору. Резултати Колмогоров-Смирнов теста доказују да су промене дистрибуције просечног годишњег броја тропских дана статистички значајне ($p < 0,01$) на свим анализираним станицама у Босни и Херцеговини.

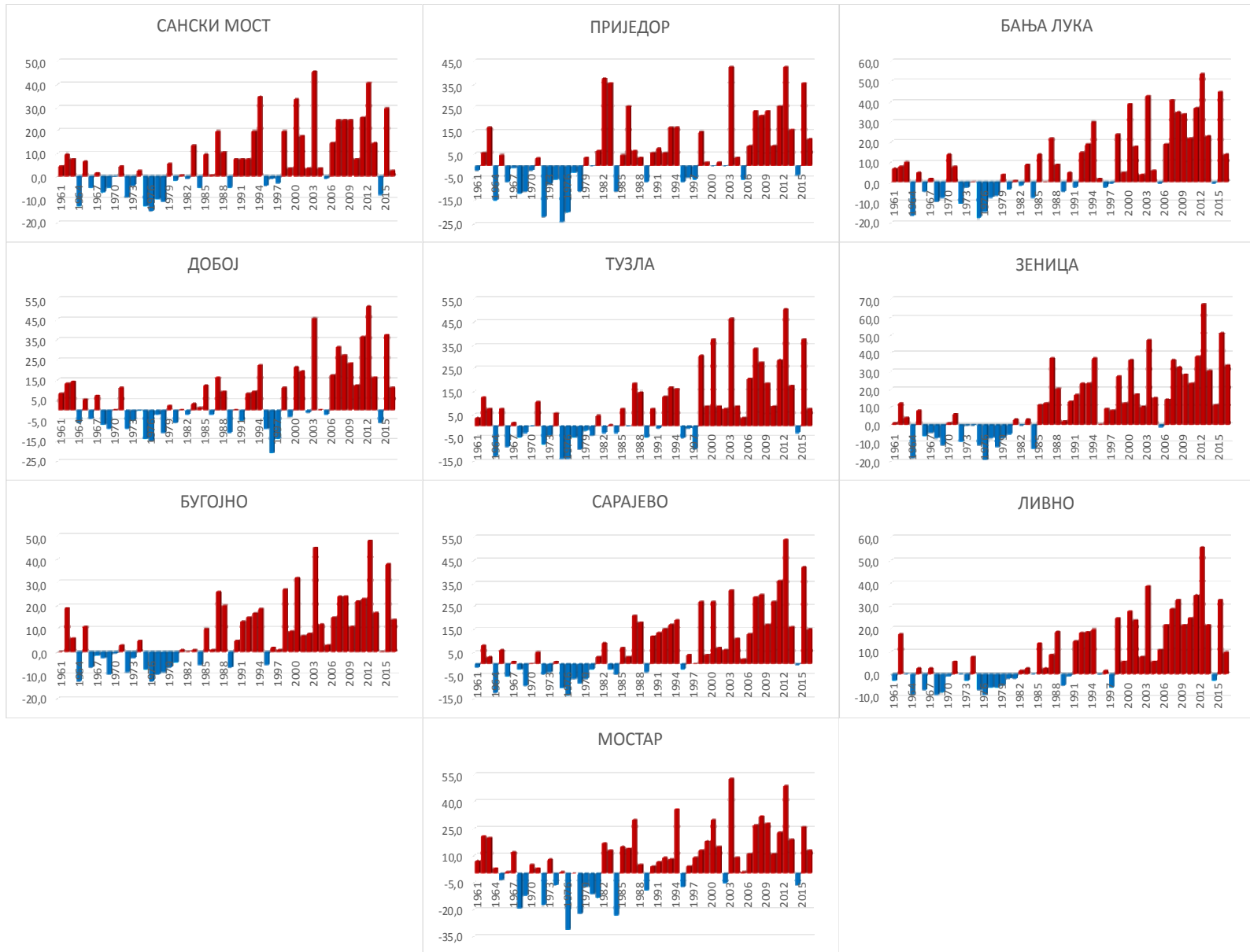
Табела 42. Просечни месечни и годишњи број тропских дана у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

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	0,2	2,3	8,1	12,2	13,0	2,4	0,1	0,0	0,0	38,3
	-	0,0	0,0	0,0	0,1	1,6	4,5	3,5	5,3	-0,1	0,1	0,0	0,0	15,1
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	0,3	2,6	8,7	12,7	13,0	2,5	0,0	0,0	0,0	39,8
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	3,9	3,1	4,2	-0,4	0,0	0,0	0,0	11,6
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	0,2	3,0	9,5	14,4	14,2	3,5	0,2	0,0	0,0	45,0
	-	0,0	0,0	0,0	0,2	2,0	5,7	5,8	5,6	0,7	0,1	0,0	0,0	20,1
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	0,3	1,9	7,1	11,9	12,6	2,8	0,0	0,0	0,0	37,6
	-	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9	3,2	3,6	4,3	-0,2	0,0	0,0	0,0	13,1
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	0,2	2,0	7,3	11,4	12,0	2,8	0,1	0,0	0,0	35,8
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	4,5	4,8	4,8	1,0	0,1	0,0	0,0	16,6
ЗЕ	а	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	3,7	8,4	9,1	2,9	0	0,0	0,0	25,6
	б	0,0	0,0	0,0	0,6	3,9	10,5	15,1	16,0	4,3	0,2	0,0	0,0	50,7
	-	0,0	0,0	0,0	0,6	2,5	6,8	6,7	6,9	1,4	0,2	0,0	0,0	25,1
БУ	а	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,4	5,3	6,5	1,3	0,0	0,0	0,0	14,8
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	6,5	10,6	12,0	1,7	0,0	0,0	0,0	31,9
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	5,1	5,3	5,5	0,4	0,0	0,0	0,0	17,1
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	0,9	5,8	10,6	12,5	1,9	0,0	0,0	0,0	31,7
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,6	5,9	6,3	0,7	0,0	0,0	0,0	18,0
ЛИ	а	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,1	5,2	0,5	0,0	0,0	0,0	9,2
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,0	9,6	12,7	1,5	0,0	0,0	0,0	28,2
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,7	6,6	7,5	1,0	0,0	0,0	0,0	19,0
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	0,3	4,6	15,6	24,0	24,4	7,4	0,1	0,0	0,0	76,5
	-	0,0	0,0	0,0	0,2	2,5	6,3	3,5	4,8	-0,4	-0,3	0,0	0,0	16,7

Табела 43. Промена дистрибуција (D) просечног годишњег броја тропских дана између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ
D	0,505	0,444	0,582	0,482	0,559
М. с.	ЗЕ	БУ	СА	ЛИ	МО
D	0,690	0,641	0,592	0,646	0,474

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)



Графикон 21. Промене годишњег броја тропских дана – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

3.2.5. Просечан број тропских ноћи ($t_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$)

Просечан годишњи број тропских ноћи у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године креће се у интервалу 0,1–20,3, а просечна годишња учесталост појаве износи 0,1–8,3%. Као и у претходним случајевима, појава тропских ноћи је, иако веома ретка, уједначена на већем делу истраживаног простора, док је највећи број тропских ноћи забележен у Мостару. На већини анализираних станица појава тропских ноћи забележена је у сезони лето, док се највећи број оваквих дана очекивано јавља у августу (0,1–12,2) и јулу (0,1–12,3). Просечна учесталост појаве тропских ноћи износи 0,1–39,3% у августу и 0,1–39,5% у јулу. Незнатна појава тропских ноћи забележена је на неколико станица у априлу, септембру, октобру и новембру. Годишњи максимум броја тропских ноћи забележен је 2012. године у Мостару и износи 69.

Табела 44. Просечни месечни и годишњи број тропских ноћи у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. 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	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
ПР	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4
БЛ	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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
ТЗ	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
ЗЕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
БУ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
СА	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
ЛИ	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
МО	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,8	12,3	12,2	1,8	0,0	0,0	0,0	30,3

Табела 45. Просечна месечна и годишња учесталост (%) тропских ноћи у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. 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	0,2	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
ПР	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,6	3,5	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
БЛ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,4	2,0	1,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4
ДБ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,7	1,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3
ТЗ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
ЗЕ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
БУ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
СА	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	0,8	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2
ЛИ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
МО	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	12,8	39,5	39,3	6,0	0,1	0,0	0,0	8,3

Анализа тренда просечног броја тропских ноћи у Босни и Херцеговини показала је да су статистички значајни ($p < 0,01$) позитивни декадни трендови утврђени у Бањалуци, Добоју и Мостару. Просечан број тропских ноћи повећан је за 0,3 дана/деценија у Добоју до 6,3 дана/деценија у Мостару, док на већини станица није установљено постојање тренда услед веома ретке појаве оваквих дана.

Табела 46. Декадни тренд просечног годишњег броја тропских ноћи у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	ЗЕ	БУ	СА	ЛИ	МО
Тропске ноћи	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

Компаративна анализа просечног броја тропских ноћи у периоду 1991–2016. у односу на референтни период (1961–1990) показује да је на свим анализираним станицама повећан просечни годишњи број тропских ноћи од незнатних 0,1 дан у Ливну до 19,1 дан у Мостару (осим у Приједору). На месечном нивоу, иако незнатан, тај број такође је повећан на укупном простору Босне и Херцеговине (осим у Приједору) у јулу и августу у односу на референтни просек. Анализа одступања годишњег броја тропских ноћи од просека референтног периода показује да је већина година након 1990. имала број тропских ноћи већи у односу на анализирани просек. Најизраженије повећање броја тропских ноћи у поређењу са периодом 1961–1990. године осмотрено је у Мостару и Бањалуци, а занимљивост представља податак да је у Бугојну након 1990. године први пут забележена њихова појава. Најзначајније ($p < 0,01$) промене дистрибуције просечног годишњег броја дана тропских ноћи забележене су у Бањалуци, Добоју, Зеници и Мостару, што је потврђено резултатима Колмогоров-Смирнов теста.

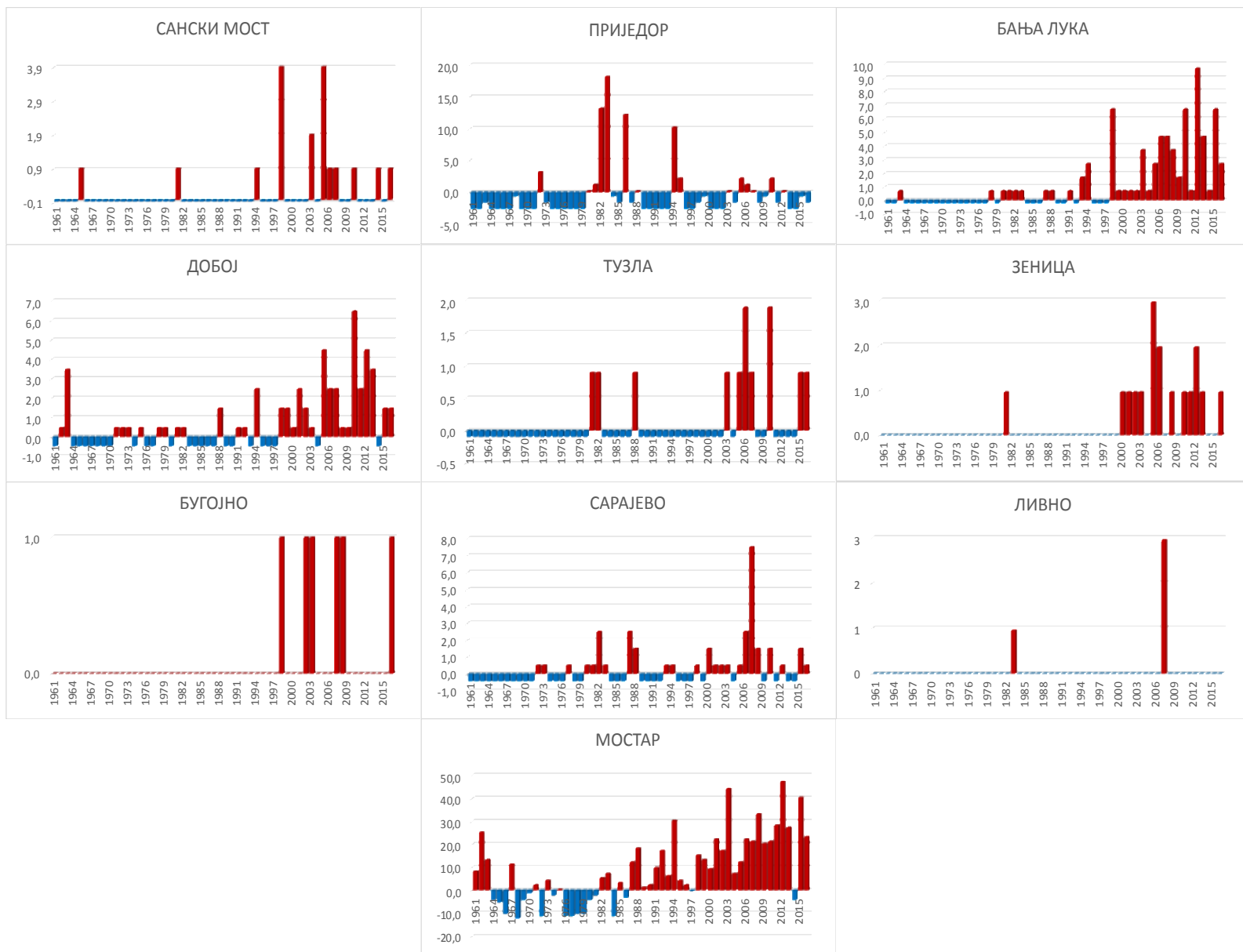
Табела 47. Просечни месечни и годишњи број тропских ноћи у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

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	0,0	0,1	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,6
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5
ПР	а	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,3	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	-0,3	-0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,7
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	0,1	0,9	1,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	1,1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6
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	0,5	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
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	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
ЗЕ	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	0,0
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
БУ	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	0,0
	б	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	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	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
ЛИ	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	0,0
	б	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
	-	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
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	0,4	6,0	15,8	16,1	2,3	0,0	0,0	0,0	40,6
	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,0	6,5	7,3	0,9	0,0	0,0	0,0	19,1

Табела 48. Промена дистрибуција (D) просечног годишњег броја тропских ноћи између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ
D	0,279	0,151	0,579	0,472	0,169
М. с.	ЗЕ	БУ	СА	ЛИ	МО
D	0,538	0,231	0,277	0,048	0,613

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)



Графикон 22. Промене годишњег броја тропских ноћи – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

3.3. АНАЛИЗА ПАДАВИНА

Падавине представљају суштинску компоненту кружења воде у природи, које снабдевају површинске и подземне воде и имају различите карактеристике у различитим климатским условима. Падавине су најважнији климатски елемент који утиче на формирање водотока, па следи да анализа режима падавина представља полазну основу за проучавање речних режима. Проучавање падавина такође представља полазну основу за ефикасно управљање водним ресурсима, с обзиром на чињеницу да се промене падавина директно рефлектују на водне ресурсе (самим тим и на протицаје). Изучавање падавина у контексту климатских промена постаје све значајније, ако се узме обзир њихов утицај на промене у протицајима, које имају читав низ негативних социоекономских и еколошких импликација у животној средини. На режим падавина Босне и Херцеговине пресудан утицај имају влажне ваздушне масе са Атлантског океана, док рељеф као модификатор има важну улогу при расподели падавина, нарочито у топлијем делу године (Трбић, 2010).

3.3.1. Просечне месечне и годишње количине падавина

Просечна годишња количина падавина у северном делу Босне и Херцеговине смањује се од запада према истоку, односно са порастом континенталности. У овом делу истраживаног подручја просечна годишња количина падавина креће се од 1.042 mm у Санском Мосту до 743 mm у Бијељини. У централном, планинско-котлинском, делу просечна годишња количина падавина креће се од 805 mm у Зеници до 1.201 mm на Бјелашници. Највећу количину падавина прими јужни део Босне и Херцеговине (регион Херцеговине), где се излучи од 1.145 mm у Ливну до 1.608 mm у Билећи. Треба истаћи да је оваква просорна дистрибуција падавина заснована на подацима са метеоролошких станица, док је расподела падавина у односу на хипсометрију другачија.

Табела 49. Просечне месечне и годишње количине падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	70	66	77	91	96	103	88	81	97	89	95	88	1042
ПР	63	57	65	80	86	88	80	77	92	82	88	74	934
БЛ	72	65	79	89	98	109	91	85	95	78	92	88	1040
ДБ	62	59	65	73	93	107	90	77	78	69	80	74	929
БН	52	46	55	62	74	91	70	60	56	54	64	59	743
ТЗ	60	53	61	73	94	112	94	78	72	67	72	69	906
ЗЕ	53	50	54	66	77	84	70	64	74	70	75	66	805
БУ	55	54	63	71	74	78	65	62	80	76	92	75	846
СО	56	52	58	69	82	88	76	69	76	78	84	71	859
СА	71	67	69	76	83	89	78	67	82	85	92	85	943
БЈ	85	93	90	89	90	112	88	97	109	133	123	92	1201
ИС	114	120	124	132	102	107	83	81	132	145	167	149	1458
ЛИ	97	88	90	97	78	86	51	67	131	113	153	127	1145
БИ	162	149	137	133	94	85	55	68	127	180	220	201	1608
МО	158	141	134	128	96	75	48	68	117	156	193	179	1494

Континентални режим падавина карактеристичан је за северни део Босне и Херцеговине (Сански Мост, Приједор, Бањалука, Добој и Бијељина). Максимуми падавина у овом делу јављају се у мају (74–98 mm) и јуну (91–109 mm), док су секундарни максимуми падавина најчешћи у сезони јесен (септембар и новембар). Најмања количина падавина у северном делу истраживаног подручја излучи се у јануару (52–72 mm) и фебруару (45–66 mm). У централном делу Босне и Херцеговине максимуми падавина догађају се у касно пролеће и рано лето (Тузла, Зеница и Соколац) и у сезони јесен (Бугојно, Сарајево и Бјелашница). Максимуми падавина у региону Херцеговине (Ливно, Иван седло, Мостар и Билећа) јављају се у новембру (153–220 mm) и децембру (127–201 mm), а најмања количина падавина излучи у јулу (48–83 mm) и августу (67–81 mm). Подручје Херцеговине одликује маритимни режим падавина.

Највећа количина падавина у периоду 1961–2016. године у северном делу Босне и Херцеговине осматрана је 2014. године, док је 2010. година била најкишовитија у централним и јужним деловима истраживаног подручја. Међу годинама са највећом количином падавина из 21. века углавном се јављају 2013, 2005, и 2001. година. Иако је максимум падавина на свим анализираним станицама забележен након 2000. године (осим у Сарајеву), најбројније међу годинама са највећом количином падавина биле су године из 20. века. Година 2014. била је екстремно кишна (одступање веће од 3 σ) у Санском Мосту, Приједору и Бањалуци, док је у Добоју, Бијељини, Тузли, Зеници, на Сокоцу и Бјелашници иста година забележена као врло кишна (одступање 2–3 σ). Екстремно кишне године биле су такође 2010 (Билећа, Ливно, Иван седло) и 2013 (Бугојно).

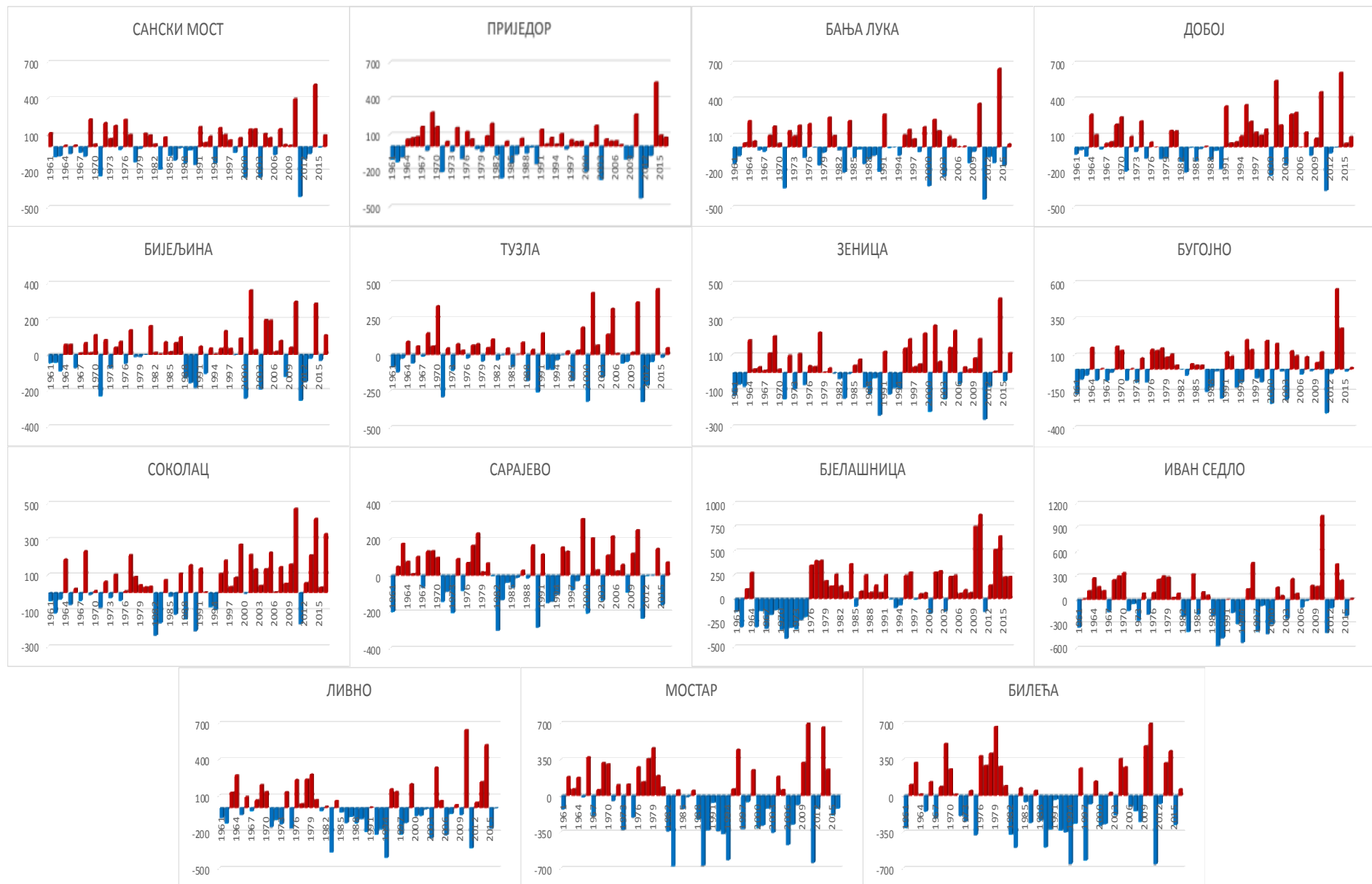
На укупном анализираном простору Босне и Херцеговине ниједна година се није нашла у категорији екстремно сушних (одступање падавина већим од -3 σ). Најмања количина падавина на већини анализираних (северни и централни део Босне и Херцеговине) станица забележена је 2011, која спада у категорију врло сушних година (одступање -3–2 σ). Само је на подручју Бијељине и Тузле врло сушна била и 2000. година. Међу годинама са најмањом количином падавина најчешће биле су 1971, 1994, 2000. и 2003. година. На подручју Сарајева и Сокоца 1982. била је година са најмањом количином падавина, у категорији врло сушних година (одступање -3–2 σ), док је на подручју Херцеговине у истој категорији била само 1994. година у Ливну.

Табела 50. Године са највећом количином падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	СМ		ПР		БЛ		ДБ		БН	
	г.	mm	г.	mm	г.	mm	г.	mm	г.	mm
1.	2014	1543	2014	1463	2014	1686	2014	1495	2001	1090
2.	2010	1424	1969	1213	2010	1396	2001	1427	2010	1027
3.	1969	1258	2010	1197	1991	1307	2010	1333	2014	1017
4.	1976	1254	1981	1119	1980	1281	1995	1226	2004	924
5.	1972	1226	2002	1102	2001	1263	1991	1216	2005	921
6.	1974	1203	1970	1093	1964	1252	2005	1163	1981	892
7.	1991	1193	1967	1093	1984	1252	2004	1148	1977	868
8.	1995	1186	1974	1084	1976	1227	1964	1147	1996	863
9.	2007	1177	1991	1070	1974	1214	1970	1124	1970	840
10.	2002	1176	1976	1052	1969	1207	1974	1091	2016	840
М. с.	ТЗ		ЗЕ		БУ		СО		СА	
	г.	mm	г.	mm	г.	mm	г.	mm	г.	mm
1.	2014	1353	2014	1201	2013	1384	2010	1276	1999	1249
2.	2001	1325	2001	1051	2014	1114	2014	1220	2010	1187
3.	2010	1261	2005	1022	1995	1035	2016	1135	1978	1169
4.	1970	1234	1978	1011	1999	1029	1999	1077	2005	1153
5.	2005	1215	1999	1006	2001	1008	1968	1039	2001	1142
6.	1999	1087	1969	990	1969	990	2005	1031	1963	1112
7.	1968	1048	2010	975	1965	982	2001	1020	1989	1104
8.	1991	1047	1996	974	1978	977	1977	1018	1977	1101
9.	2004	1039	1964	969	1976	968	2013	1016	1995	1091
10.	1981	1006	2004	926	1996	966	1964	993	2014	1083
М. с.	БЈ		ИС		ЛИ		БИ		МО	
	г.	mm	г.	mm	г.	mm	г.	mm	г.	mm
1.	2010	1996	2010	2510	2010	1796	2010	2698	2010	2491
2.	2009	1871	1996	1927	2014	1672	1979	2302	2013	2188
3.	2014	1773	2013	1909	2004	1484	1969	2138	1979	1987
4.	2013	1629	1970	1801	1979	1427	2009	2115	1996	1973
5.	1978	1517	1984	1782	1964	1422	2014	2067	1966	1901
6.	1977	1515	1978	1759	1978	1387	1978	2044	1978	1881
7.	1984	1483	1969	1758	1976	1383	1976	2020	2009	1849
8.	1976	1468	1979	1744	2013	1365	2004	1991	1969	1847
9.	2002	1410	1964	1738	1999	1348	1963	1956	1970	1833
10.	2001	1396	2004	1725	1969	1341	2013	1952	1976	1805

Табела 51. Године са најмањом количином падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	СМ		ПР		БЛ		ДБ		БН	
	г.	mm	г.	mm	г.	mm	г.	mm	г.	mm
1.	2011	606	2011	491	2011	588	2011	504	2011	467
2.	2003	764	2003	645	1971	683	2000	627	2000	481
3.	2000	765	1983	657	2000	702	1983	657	1971	492
4.	1971	776	1971	709	2003	777	1971	664	2003	531
5.	1983	832	2000	713	1983	815	1990	686	1990	541
6.	1990	870	2012	740	1990	820	2003	716	1989	566
7.	1988	880	1990	777	2015	868	1982	745	2012	573
8.	1994	880	1985	781	1978	875	1985	749	1988	593
9.	1978	892	1962	791	1961	886	1988	761	2008	601
10.	1986	907	1961	814	1987	886	1978	769	1992	618
М. с.	ТЗ		ЗЕ		БУ		СО		СА	
	г.	mm	г.	mm	г.	mm	г.	mm	г.	mm
1.	2011	566	2011	519	2011	522	1982	562	1982	626
2.	2000	569	1990	542	2000	587	1990	587	1990	643
3.	1971	600	2000	562	2003	614	2011	627	2011	692
4.	1990	632	2003	632	1990	624	1983	631	2000	721
5.	2012	680	1971	632	1961	651	1988	652	1973	723
6.	1988	711	1983	636	1987	669	1986	679	1961	729
7.	1997	713	1961	652	1993	700	1962	685	2015	766
8.	2003	734	1992	659	1988	702	1994	705	1992	779
9.	1962	771	1988	661	1973	733	1971	718	1971	784
10.	1973	782	1973	688	1994	733	1993	722	1993	787
М. с.	БЈ		ИС		ЛИ		БИ		МО	
	г.	mm	г.	mm	г.	mm	г.	mm	г.	mm
1.	1971	692	1989	881	1994	730	1994	965	1983	840
2.	1970	784	1994	921	1983	774	2011	967	1989	846
3.	1973	788	1990	976	2011	808	1997	1001	2011	873
4.	1967	796	1999	1029	2003	891	1983	1126	1994	897
5.	1972	804	2011	1041	2006	916	1989	1129	2006	1044
6.	1965	811	1983	1053	1992	919	1975	1247	1993	1150
7.	1962	812	1997	1057	1997	920	1982	1249	2003	1162
8.	1974	887	1961	1109	1990	943	1993	1266	1982	1175
9.	1975	918	2000	1149	1993	967	1992	1283	1992	1178
10.	1968	939	1993	1153	2015	972	1990	1303	1990	1184



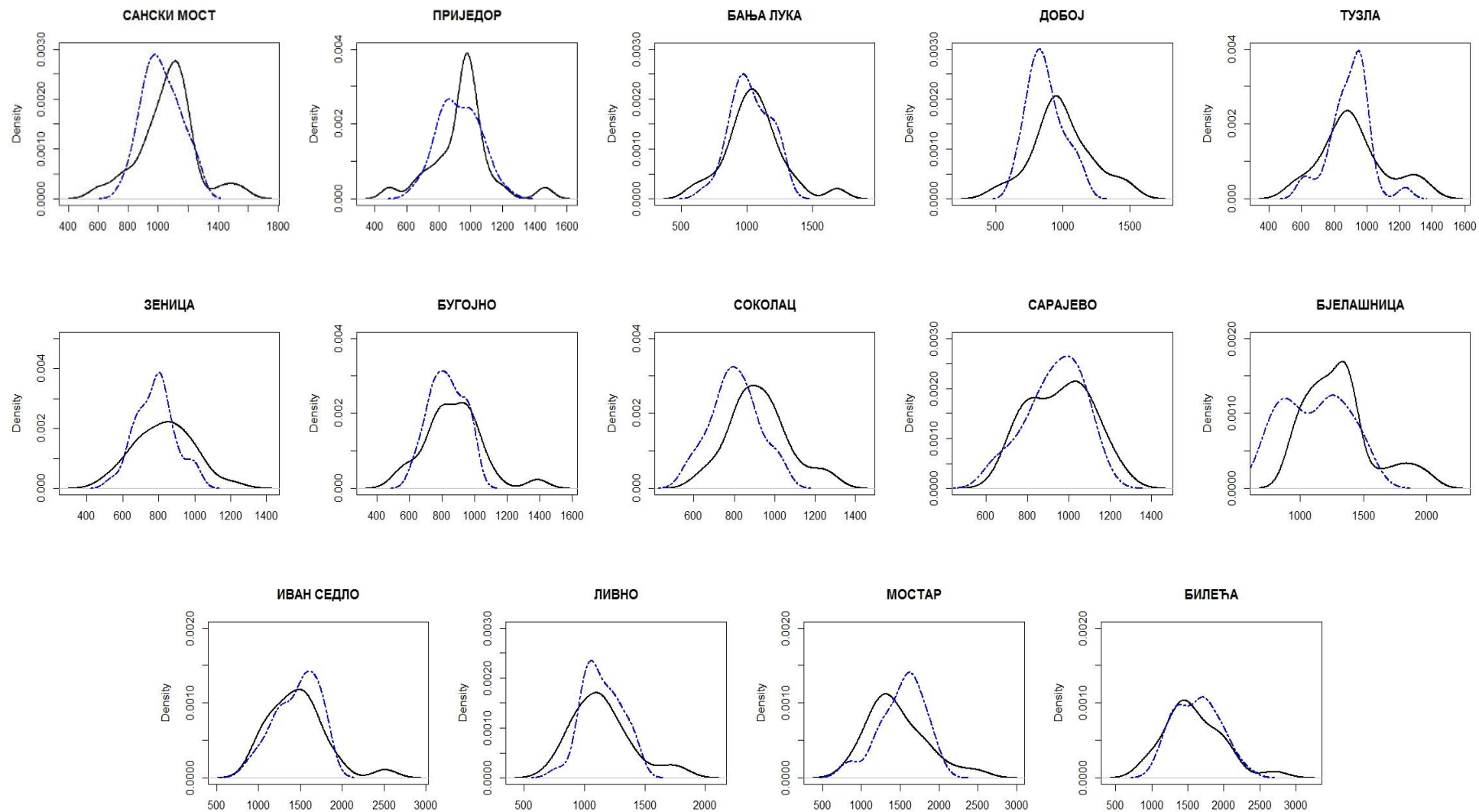
Графикон 23. Промене просечне годишње количине – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

Све чешћа смена веома влажних година, праћених појавама интензивних поплава, са веома сушним годинама (као и смена веома сушних са веома влажним годинама) индикатор је повећане учесталости година са екстремним падавинама као и повећане међугодишње варијабилности падавина. Овако интензивна дистрибуција веома влажних и сушних периода такође је још један од индикатора тренда загревања израженог након 1990. године. Као пример за то може се навести смена веома сушне 1990. године са веома влажном 1991, затим смена сушне 2000. веома влажном 2001. годином, док је након веома влажне 2010. уследила екстремно сушна 2011. година, која је на северу Босне и Херцеговине била најсушнија у анализираном периоду, а у Херцеговини једна од сушнијих година (Попов, 2017). Највећа учесталост година са екстремним обележјима јавља се након 2009. године кад су 2009, 2010. и 2014. године забележене велике поплаве, а 2011, 2012, 2013. и 2015. интензивни топли таласи и суше (Трбић *et al.*, 2014). Повећање броја станица на којима су забележене екстремно влажне и екстремно сушне године потврђује и истраживање *Дуцић *et al.* (2014)*, где се наводи да је на простору Босне и Херцеговине у декади 1981–1990. забележен највећи број сушних година, док је у декади 2001–2010. забележен највећи број влажних година.

Компаративна анализа просечне годишње количине падавина у периоду 1961–1990. године и у периоду 1991–2016. године показује да су у другом периоду на већини анализираних станица надмашени просеци из стандардног климатолошког периода. Просечна годишња количина падавина порасла је у северном (од 16 mm у Приједору до 116 mm у Добоју) и централном (од 24 mm у Сарајеву до 194 mm на Бјелашници) делу Босне и Херцеговине, док је на подручју Херцеговине просечна годишња количина падавина смањена на свим анализираним станицама (од -1 mm на Иван седлу до -62 mm у Мостару). На месечном нивоу просечна количина падавина порасла је у септембру на свим анализираним станицама у односу на референтни просек (од 9 mm у Бијељини до 46 mm на Иван седлу), док је у августу забележено смањење (од -3 mm на Сокоцу до -25 у Санском Мосту) на готово целом анализираном подручју у односу на референтни просек.

Табела 52. Просечне месечне и годишње количине падавине (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	68	62	79	88	96	104	96	93	80	80	94	84	1023
	б	72	71	75	94	97	102	79	68	117	100	96	92	1063
	-	4	9	-4	6	1	-2	-17	-25	37	20	2	8	40
ПР	а	63	57	68	80	86	89	88	84	77	74	88	73	927
	б	63	57	62	80	86	88	71	69	110	91	88	76	943
	-	0	0	-6	0	0	-1	-17	-15	34	18	0	3	16
БЛ	а	70	63	79	87	98	111	95	93	82	72	91	87	1029
	б	74	66	79	91	99	107	86	75	110	86	93	88	1054
	-	4	3	0	4	1	-4	-9	-19	28	14	2	1	26
ДБ	а	57	56	64	71	86	102	85	76	67	57	76	74	870
	б	66	63	65	75	100	112	96	76	90	83	83	76	986
	-	9	7	1	4	14	10	12	0	23	26	8	2	116
БН	а	48	46	55	62	66	95	71	62	52	46	63	60	727
	б	56	45	55	62	82	86	69	57	61	64	65	58	761
	-	8	-1	0	0	16	-9	-2	-5	9	18	2	-2	34
ТЗ	а	59	55	61	76	92	111	94	84	64	56	71	71	894
	б	62	51	60	70	97	114	94	70	80	80	74	66	919
	-	3	-4	-1	-5	6	3	0	-14	16	24	3	-6	25
ЗЕ	а	51	48	54	63	76	84	64	69	65	67	74	68	783
	б	54	52	55	69	79	84	78	58	85	74	75	65	830
	-	3	4	1	7	3	0	14	-11	20	7	1	-3	47
БУ	а	53	58	60	64	72	77	63	64	71	74	93	79	827
	б	59	49	67	79	76	80	68	60	91	78	90	70	867
	-	6	-9	7	15	4	3	5	-4	20	4	-3	-9	40
СО	а	53	48	56	62	73	84	73	70	64	67	84	70	803
	б	58	57	60	77	93	92	80	67	91	90	86	72	924
	-	5	9	4	15	20	8	7	-3	27	23	2	2	121
СА	а	71	67	70	74	82	91	80	71	70	77	94	85	932
	б	70	67	67	78	85	87	75	62	95	95	89	86	956
	-	-1	0	-3	4	3	-4	-5	-9	25	19	-5	1	24
БЈ	а	78	84	85	80	88	110	84	99	92	119	110	83	1111
	б	92	103	96	99	92	115	93	95	129	150	137	103	1305
	-	14	19	11	19	4	5	9	-4	37	31	27	20	194
ИС	а	115	134	136	133	103	105	82	90	111	132	168	148	1459
	б	113	104	111	131	101	109	85	71	157	160	166	149	1458
	-	-2	-30	-25	-2	-2	4	3	-19	46	28	-2	1	-1
ЛИ	а	95	93	97	95	73	92	51	75	85	116	149	125	1146
	б	99	82	83	99	83	79	51	57	114	110	158	129	1144
	-	4	-11	-14	4	10	-13	0	-18	29	-6	9	4	-2
МО	а	165	153	150	127	102	78	45	74	97	153	200	179	1523
	б	151	127	117	128	89	72	52	61	141	160	185	179	1461
	-	-14	-26	-33	1	-13	-6	7	-13	45	6	-15	0	-62
БИ	а	169	149	149	138	93	90	58	76	121	166	216	206	1631
	б	155	150	124	128	96	78	53	58	133	196	226	194	1583
	-	-14	1	-25	-10	3	-12	-5	-18	12	30	10	-12	-48



Графикон 24. Функције густине вероватноће просечних годишњих количина падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)

Графикони функција густине вероватноће показују да су дистрибуције средњих годишњих количина падавина на већини станица забележиле померање према вишим вредностима падавина у периоду 1991–2016. године у односу на период 1961–1990. Резултати Колмогоров–Смирнов теста показују да утврђена померања дистрибуција према вишим и нижим вредностима нису значајна. Једино статистички значајно ($p < 0,05$) померање дистрибуције средњих годишњих количина падавина утврђено је у Добоју и на Сокоцу.

Табела 53. Промена дистрибуција просечних годишњих количина падавина између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	ТЗ	БН
D	0,244	0,226	0,149	0,397	0,203	0,215
М. с.	ЗЕ	БУ	СО	СА	БЈ	ИС
D	0,285	0,228	0,385	0,185	0,333	0,154
М. с.	ЛИ	МО	БИ			
D	0,241	0,321	0,182			

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

У периоду 1961–2016. године годишњи и месечни трендови просечне количине падавина показују просторну и временску хетерогеност (појава тренда оба знака). У северном делу Босне и Херцеговине забележени су инсигнификантни позитивни и негативни годишњи трендови просечне количине падавина. Највећи пораст тренда утврђен је у Добоју (19,8 mm/деценија), а највеће смањење у Бањалуци (-7,8 mm/деценија). Позитивни трендови просечне количине падавина утврђени су на свим анализираним станицама у централном делу Босне и Херцеговине, а значајни трендови ($p < 0,01$) утврђени су на Бјелашници (84,3 mm по деценија) и Сокоцу (38 mm/деценија). С друге стране, цели регион Херцеговине одликују негативни инсигнификантни годишњи трендови просечних количина падавина. Највеће смањење забележено је у Мостару (-40,3 mm/деценија) и Билећи (-15,4 mm/деценија). Појава тренда оба знака забележена је у свим месецима, осим у октобру кад су на укупном простору Босне и Херцеговине забележени већином инсигнификантни позитивни трендови (од 2,5 mm/деценија у Бугојну до 11,3 mm/деценија на Бјелашници). Позитивни трендови месечних падавина забележени су готово свим станицама у мају и септембру, док су готово сви негативни трендови забележени у августу, новембру и децембру.

Табела 54. Декадни тренд просечних месечних и годишњих количина падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М.с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	-0,4	6,3	-0,5	1,1	2,3	-2,6	-4,5	-5,8	7,3	7,2	-3,8	-0,6	4,4
ПР	-0,0	2,6	-0,8	-0,5	1,3	-1,6	-7,6	-3,7	5,4	6,0	-3,3	-2,8	-2,0
БЛ	2,1	2,5	1,5	-2,3	1,8	-2,4	-4,2	-8	4,7	5,4	-3,4	-2,1	-7,8
ДБ	2,7	3,0	2,3	-0,6	7,1	-4,1	0,0	-3,3	2,8	7,0	-2,0	-3,4	19,8
БН	2,8	1,6	3,7	2,0	5,3	-2,9	-0,7	0,0	-0,4	6,8	-2,2	-4,3	9,9
ТЗ	0,8	-0,3	3,2	-4,2	4,2	-0,4	-3,2	-2,6	1,2	6,1	-2,4	-5,6	-0,6
ЗЕ	1,9	0,7	0,8	-0,7	2,0	0,9	2,2	-2,9	2,8	2,8	-2,6	-4,0	8,4
БУ	2,1	0,1	1,0	3,1	1,8	2,1	1,4	-1,1	6,3	2,5	-4,4	-5,9	7,4
СО	3,4	2,3	2,2	3,3	5,6	4,6	0,1	0,8	6,5	5,7	-1,3	-1,3	38,1
СА	1,4	-0,2	2,1	-0,1	2,1	1,0	-3,2	-1,7	4,1	5,4	-2,9	-4,8	1,7
БЈ	<i>11,2</i>	12,5	9,7	10,1	3,5	2,5	1,4	-3,5	7,9	11,3	8,0	6,7	84,3
ИС	1,8	-2,4	-3,0	0,0	1,5	-0,2	-3,1	-3,6	10	10,2	-8,2	-8,4	-13,3
ЛИ	4,3	4,1	-0,0	-0,7	5,9	-2,5	-0,6	-6,0	4,6	1,3	-6,0	-3,1	-11,3
МО	-1,0	-3,8	-2,8	-2,0	-0,6	-3,6	0,1	-6,3	10,3	6,8	-10,5	-10,9	-40,3
БИ	1,9	5,9	-2,0	-3,7	2,7	-3,2	-3,4	-6,4	3,6	10,7	-1,2	-4,6	-15,4

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

3.3.2. Просечне сезонске количине падавина

Највећа просечна количина падавина на простору Босне и Херцеговине излучи се у сезони јесен (219–523 mm). Јесен је највлажнија годишња сезона у северозападном делу Босне и Херцеговине (Сански Мост и Приједор), где се просечно излучи 263–281 mm или 27–28,1% годишњих падавина. Ова сезона такође је највлажнија у централном делу истраживаног подручја (Зеница, Бугојно, Сарајево, Соколац и Бјелашница), где се излучи 219–366 mm или 27,2–30,4% годишњих падавина, као и на готово читавом простору Херцеговине (Иван седло, Ливно и Билећа), са просечно 397–523 mm или 30,5–34,7% годишње количине падавина. У Бањалуци, Добоју, Бијељини и Тузли највећа количина падавина излучи се у сезони лето (221–284 mm или 27,3–31,3% годишње количине падавина), док је само у Мостару највлажнија била сезона зима, где се просечно излучи 483 mm или 32,3% годишње количине падавина. Најмања просечна количина падавина на подручју Херцеговине излучи се у сезони лето (191–271 mm или 12,8–18,6% годишње количине падавина). Подручје Херцеговине такође одликује најнеравномернија сезонска расподела падавина са великим разликама између хладног и топлог дела године. Ова диспропорција је најизраженија у Мостару и Билећи, где се у сезонама јесен и зима излучи више од 60% годишње количине падавина, док у сезони лето тај проценат износи свега ~13% годишње количине падавина. Најсушнија сезона у осталом делу Босне и Херцеговине (изузев Бјелашнице) јесте зима, у којој просечна количина падавина износи 159–273 mm или 21–21,8%.

Табела 55. Просечне сезонске количине падавина (mm и %) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	ЗИМА		ПРОЛЕЋЕ		ЛЕТО		ЈЕСЕН	
	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
СМ	226	21,7	264	25,3	272	26,2	281	27,0
ПР	197	21,0	231	24,8	246	26,3	263	28,1
БЛ	227	21,8	266	25,6	284	27,3	266	25,6
ДБ	198	21,3	232	24,9	274	29,5	228	24,5
БН	159	21,4	191	25,7	221	29,7	175	23,5
ТЗ	184	20,3	228	25,2	284	31,3	212	23,4
ЗЕ	171	21,2	197	24,5	219	27,2	219	27,2
БУ	186	22,0	208	24,6	206	24,3	248	29,4
СО	181	21,0	209	24,3	233	27,1	239	27,8
СА	226	23,9	228	24,1	234	24,8	259	27,4
БЈ	273	22,7	269	22,4	297	24,8	366	30,4
ИС	387	26,6	359	24,6	271	18,6	445	30,5
ЛИ	316	27,6	265	23,2	203	17,7	397	34,7
МО	483	32,3	358	24,0	191	12,8	467	31,2
БИ	519	32,2	365	22,7	208	12,9	523	32,5

Анализа сезонских трендова просечних количина падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године показује изразиту просторну променљивост. Сезону зима одликују позитивни и негативни трендови падавина, који показују променљивост и на регионалном нивоу и на унутаррегионалном нивоу. Нпр., укупан северни део истраживаног подручја углавном одликују позитивни трендови зимских падавина, док се у централном делу јављају трендови оба знака на релативно мањем подручју (нпр. Сарајево и Соколац). Статистички значајан ($p < 0,05$) позитиван тренд зимских падавина утврђен једино је утврђен

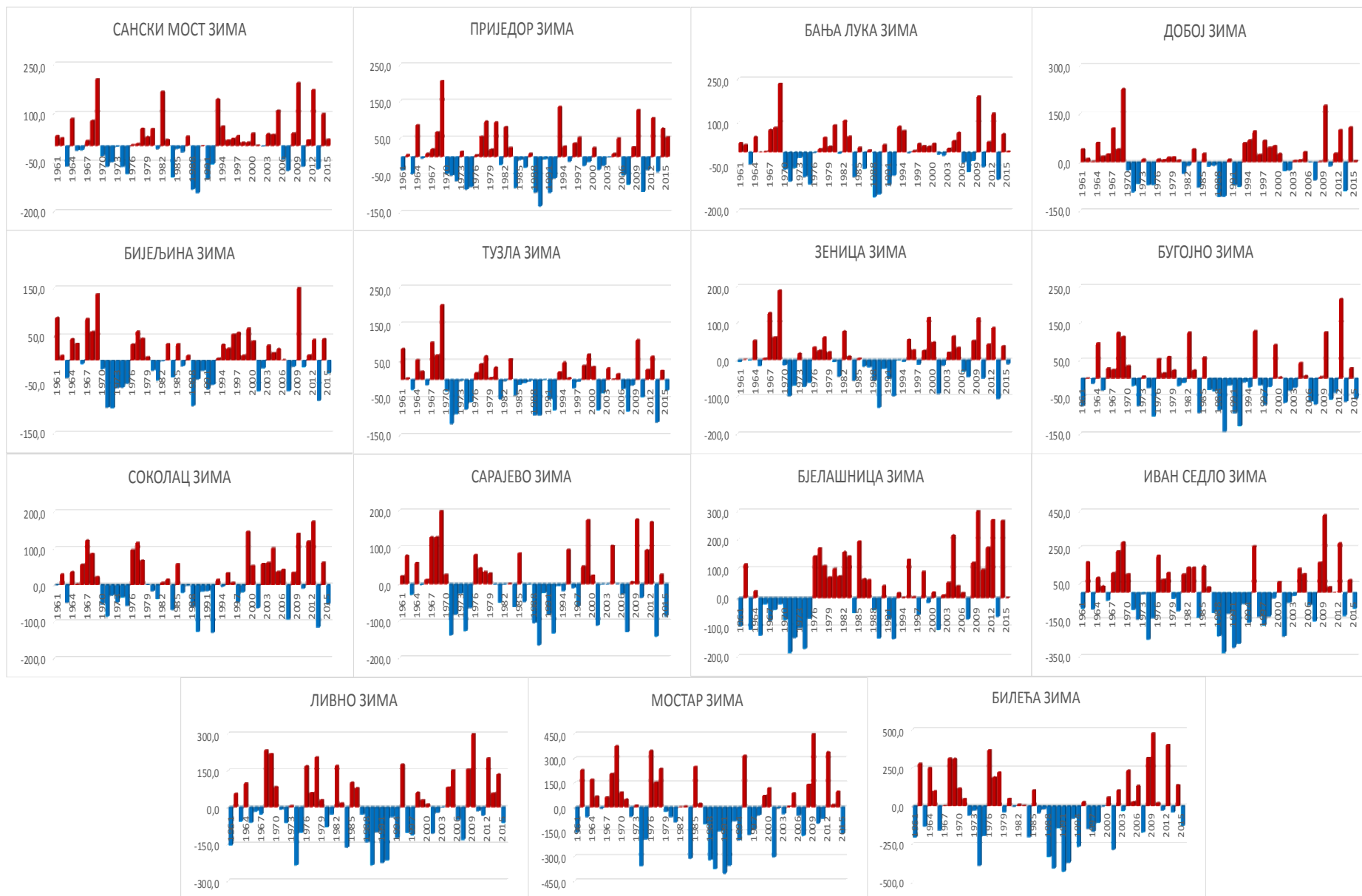
на подручју Бјелашнице (28,1 mm по деценији), док је најизраженији негативни тренд зимских падавина утврђен у Мостару (-15,6 mm/деценија). У већем делу Босне и Херцеговине утврђени су позитивни трендови падавина у сезони пролеће, осим на подручју Херцеговине, где је утврђено смањење падавина (изузев у Ливну). Статистички значајни ($p < 0,01$) позитивни трендови у овој сезони утврђени су на Сокоцу (11,4 mm/деценија) и Бјелашници (24,2 mm/деценија). Сезону јесен одликују инсигнификантни позитивни трендови просечних количина падавина на укупном простору Босне и Херцеговине (0,2–27,2 mm/деценија). Само је на Бјелашници забележено статистички значајно ($p < 0,05$) повећање падавина (27,2 mm/деценија).

Табела 56. Декадни тренд просечних сезонских количина падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН
СМ	4,9	2,1	-14,0	11,1
ПР	0,7	0,7	-12,1	11,3
БЛ	1,4	0,5	-14,0	7,0
ДБ	0,4	8,4	-3,7	8,5
БН	-1,1	9,4	-4,3	5,3
ТЗ	-4,6	2,1	-3,4	9,3
ЗЕ	1,2	2,3	6,6	5,0
БУ	-6,7	5,8	3,8	5,4
СО	6,2	11,4	6,7	12,0
СА	-5,8	4,2	-2,9	4,2
БЈ	28,1	24,2	2,5	27,2
ИС	-7,5	-1,7	-7,6	8,3
ЛИ	3,6	2,7	-7,4	2,4
МО	-15,6	-8,6	-7,3	0,2
БИ	-3,2	-3,4	-14,7	12,4

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

На незнатне промене просечних сезонских количина падавина након 1990. године показује и анализа одступања од просека стандардног климатолошког периода. У периоду након 1990. године, већина зимских и јесењих падавина биле су по количини изнад просека референтног периода (1961–1990), док је највећи број оваквих година забележен у Добоју, те на Сокоцу и Бјелашници. Падавине у сезонама лето и пролеће углавном су биле испод просека. Највећи број година са падавинама испод просека референтног периода у сезони лето забележен је у Ливну, Санском Мосту и Приједору, док је најмањи број оваквих година у сезони пролеће забележен на Бјелашници и Сокоцу.



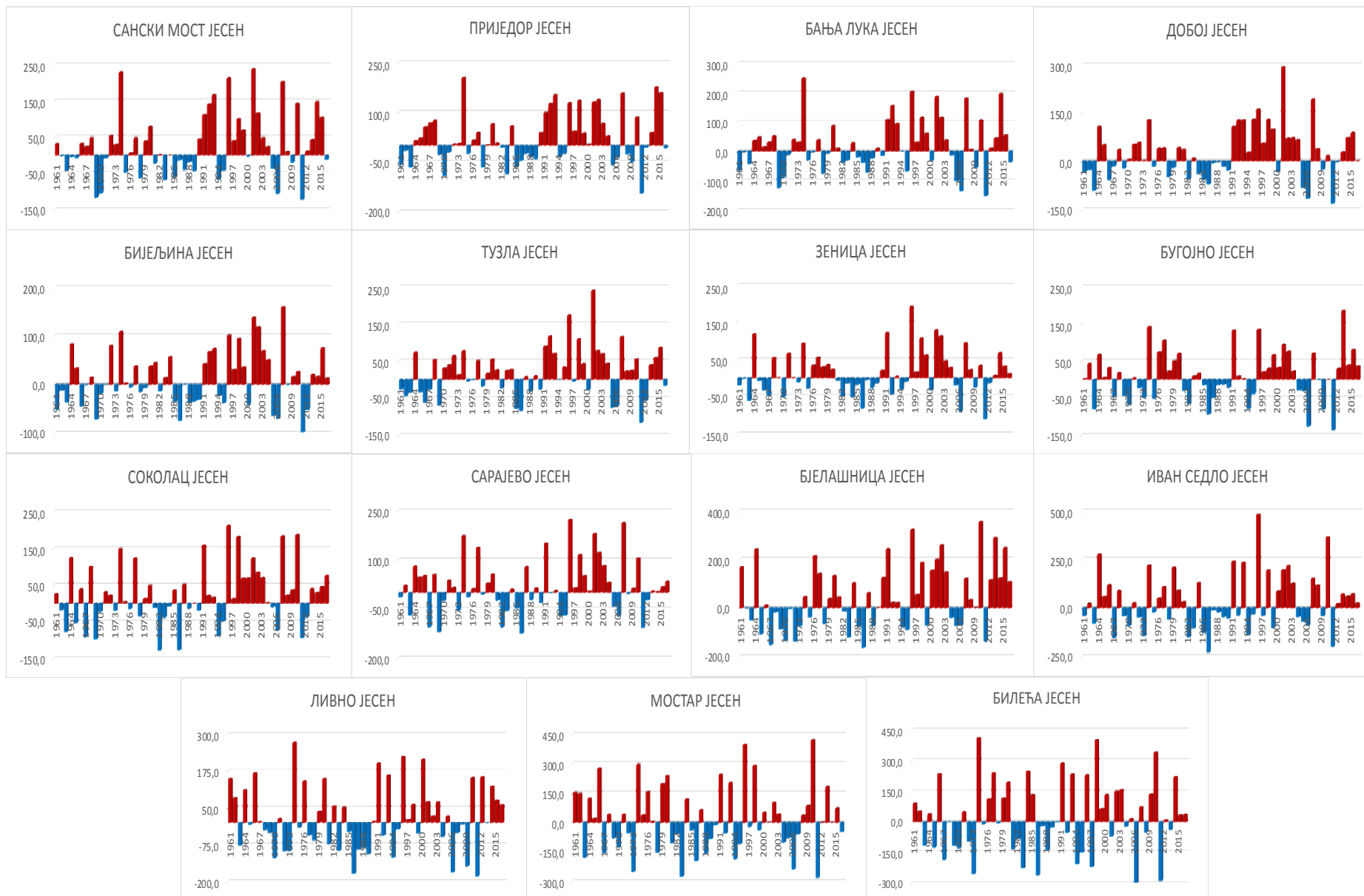
Графикон 25. Промене просечне количине падавина у сезони зима – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)



Графикон 26. Промене просечне количине падавина у сезони пролеће – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)



Графикон 27. Промене просечне количине падавина у сезони лето – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)



Графикон 28. Промене просечне количине падавина у сезони јесен – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

Компаративна анализа просечне сезонске количине падавина показује да је у периоду 1991–2016. године у односу на стандардни климатолошки период 1961–1990. године у свим деловима Босне и Херцеговине забележено повећање падавина у сезони јесен. Повећање просечне количине падавина у односу на референтни просек, у овој сезони се кретало у интервалу од 22 mm у Бугојну до 95 mm на Бјелашници. У сезони зима просечне количине падавина порасле су на већини станица за 3–55 mm (у Сарајеву и на Бјелашници), док је најизраженије смањење падавина забележено у региону Херцеговине, у Мостару (-27 mm) и на Иван седлу (-21 mm). Просечна количина падавина у сезони пролеће порасла је, у односу на референтни просек, од 4 mm у Санском Мосту и Сарајеву до 41 mm на Сокоцу. Најизраженије повећање падавина у овој сезони, поред Сокоца, утврђено је на Бјелашници (34 mm) и у Бугојну (26 mm), док је највеће смањење забележено на подручју Мостара (-45 mm) и Билеће (-32 mm). Просечне падавине у сезони лето порасле су између два периода у централном делу Босне и Херцеговине, од 4 mm у Зеници и Бугојну до 12 mm на Сокоцу. С друге стране, смањење летњих падавина забележено је у северним и јужним деловима истраживаног подручја. Најизраженије смањење падавина у овој сезони забележено је у Санском Мосту (-44 mm) и Билећи (-35 mm).

Промене падавина између два наведена периода представљене су графиконима функција густине вероватноће, који показују да су дистрибуције просечне сезонске количине падавина забележиле углавном незнатна померања према вишим и нижим вредностима у периоду 1991–2016. године у односу на референтни период (1961–1990). Резултати Колгоморов-Смирнов теста показују да су дистрибуције просечне сезонске количине падавина забележиле статистички значајно ($p > 0,01$) померање према вишим вредностима у сезони јесен само на подручју Добоја. Статистички значајна ($p < 0,05$) разлика између два анализирана периода у сезони јесен утврђена је у Санском Мосту, Приједору, Бањалуци, Бијељини и Тузли (северни део Босне и Херцеговине), док је у сезони пролеће значајан ($p < 0,05$) пораст вредности количине падавина забележен само у Бугојну и на Сокоцу.

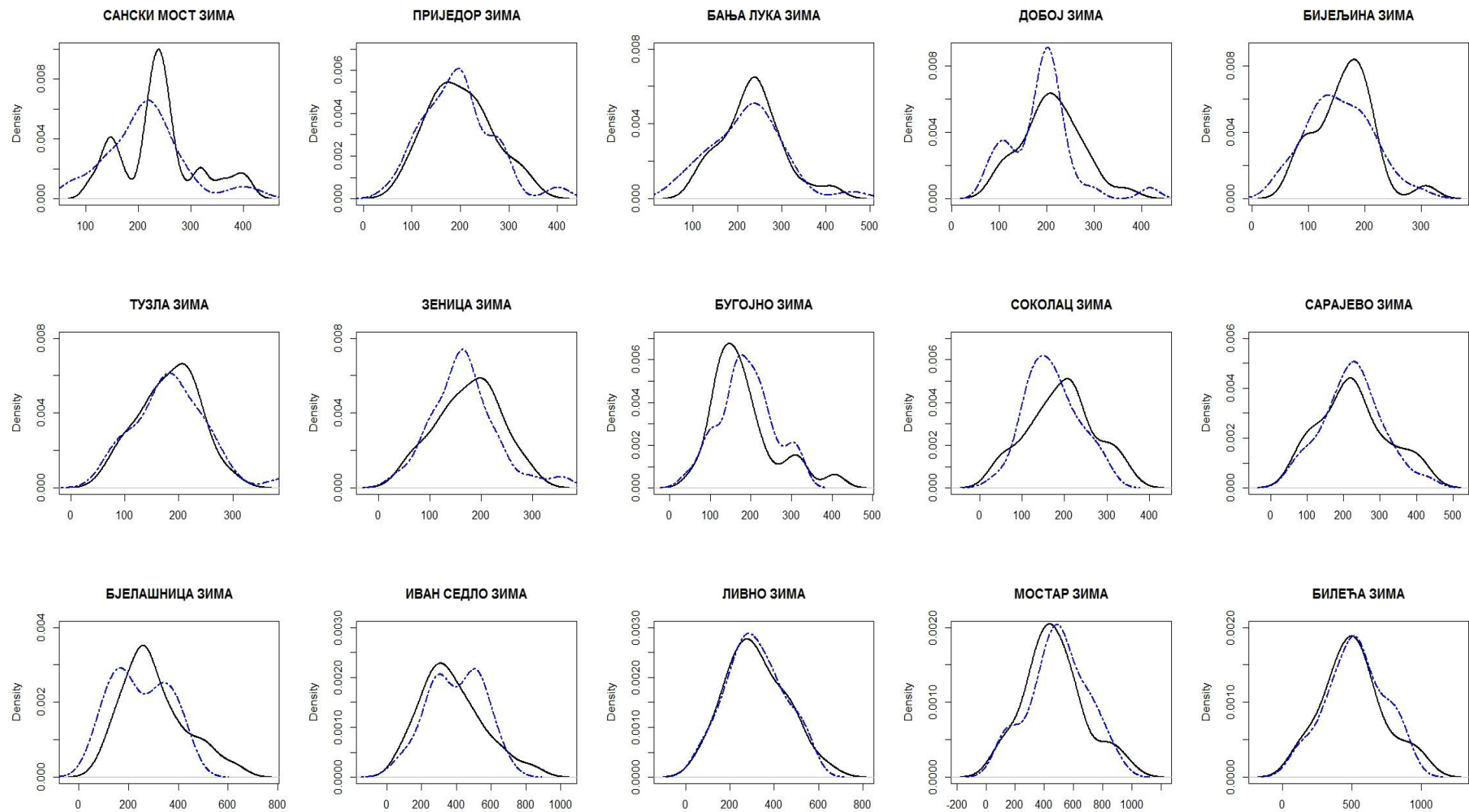
Табела 57. Просечне месечне и годишње количине падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

М. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН	М. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН		
СМ	а	214	262	293	254	СО	а	171	190	227	215
	б	240	266	249	313		б	192	231	239	266
	-	26	4	-44	59		-	21	41	12	51
ПР	а	194	234	261	239	СА	а	224	226	242	241
	б	200	228	229	290		б	227	230	224	279
	-	6	-6	-32	51		-	3	4	-18	38
БЛ	а	220	264	299	246	БЈ	а	248	253	293	321
	б	234	269	267	289		б	303	287	303	416
	-	14	5	-32	43		-	55	34	10	95
ДБ	а	188	221	263	200	ИС	а	397	372	277	411
	б	210	245	287	259		б	376	343	264	484
	-	22	24	24	59		-	-21	-29	-13	73
БН	а	155	183	228	161	ЛИ	а	314	265	217	350
	б	164	200	212	191		б	318	265	187	382
	-	9	17	-16	30		-	4	0	-30	32
ТЗ	а	186	229	289	192	МО	а	495	379	196	450
	б	181	228	278	235		б	468	334	184	486
	-	-5	-1	-11	43		-	-27	-45	-12	36
ЗЕ	а	167	193	217	206	БИ	а	524	380	224	503
	б	175	203	221	234		б	512	348	189	547
	-	8	10	4	28		-	-12	-32	-35	44
БУ	а	189	196	204	238						
	б	181	222	208	260						
	-	-8	26	4	22						

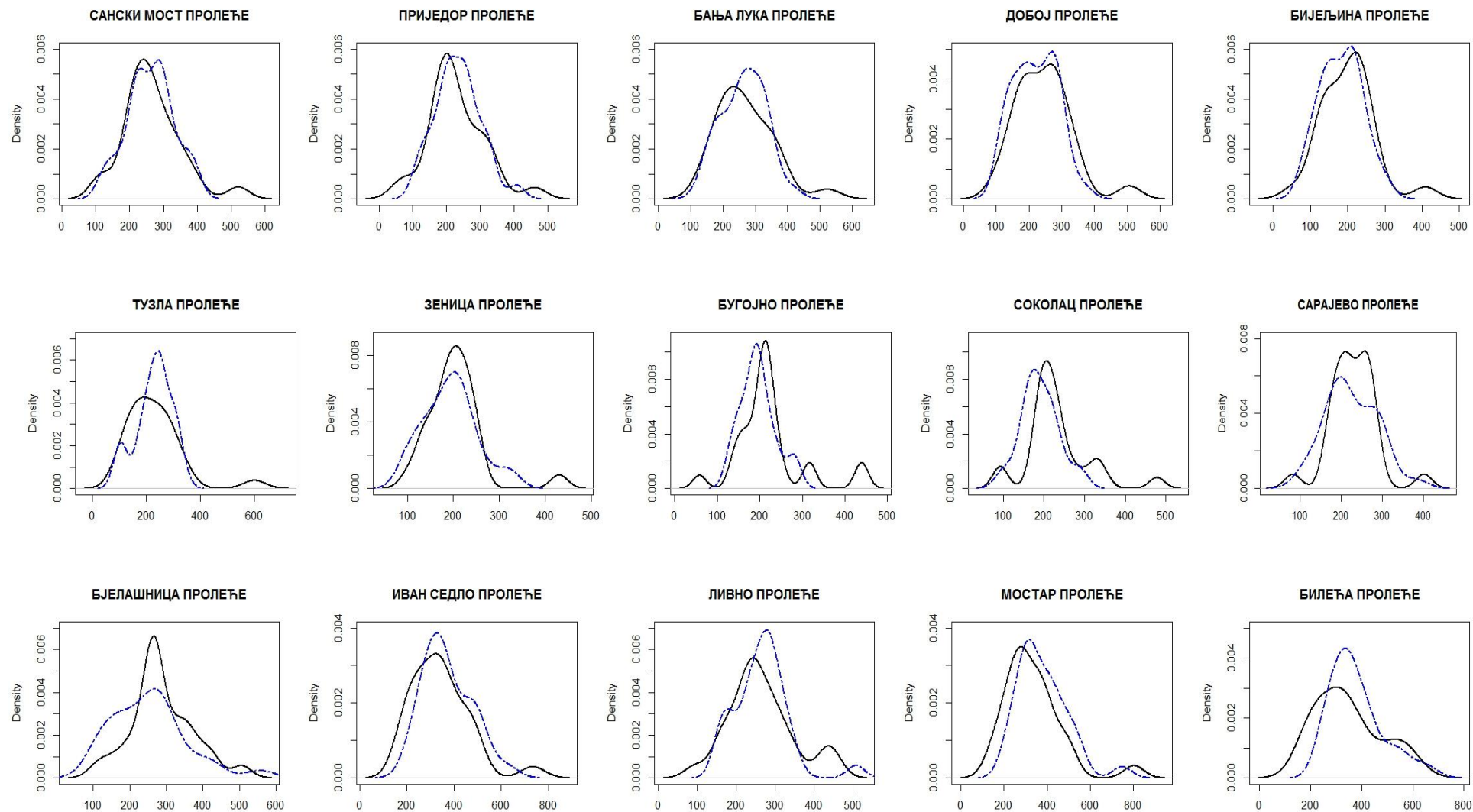
Табела 58. Промена дистрибуција (D) просечних сезонских количина падавина између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН	М.с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН
СМ	0,280	0,154	0,249	<i>0,395</i>	СО	0,253	<i>0,385</i>	0,272	0,336
ПР	0,173	0,187	0,210	<i>0,390</i>	СА	0,140	0,203	0,177	0,269
БЛ	0,140	0,156	0,241	<i>0,395</i>	БЈ	0,293	0,274	0,097	0,338
ДБ	0,260	0,159	0,185	0,477	ИС	0,193	0,241	0,185	0,272
БН	0,193	0,174	0,141	<i>0,387</i>	ЛИ	0,113	0,172	0,231	0,228
ТЗ	0,113	0,233	0,172	<i>0,382</i>	МО	0,160	<i>0,338</i>	0,238	0,174
ЗЕ	0,220	0,136	0,233	0,321	БИ	0,100	0,308	0,279	0,218
БУ	0,227	<i>0,354</i>	0,131	0,277					

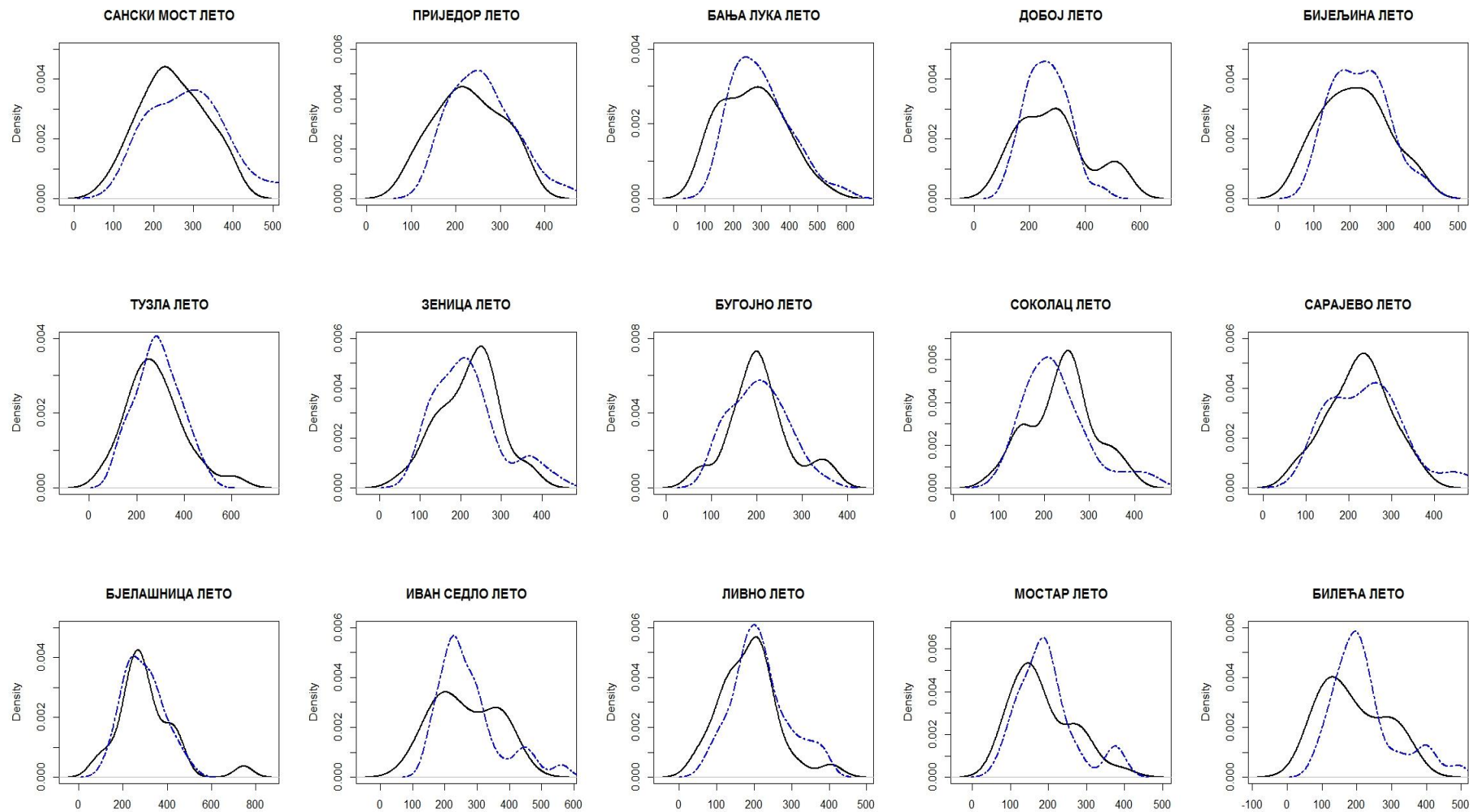
Статистичка значајност: **p < 0,01 (болд)**, *p < 0,05 (италик)*



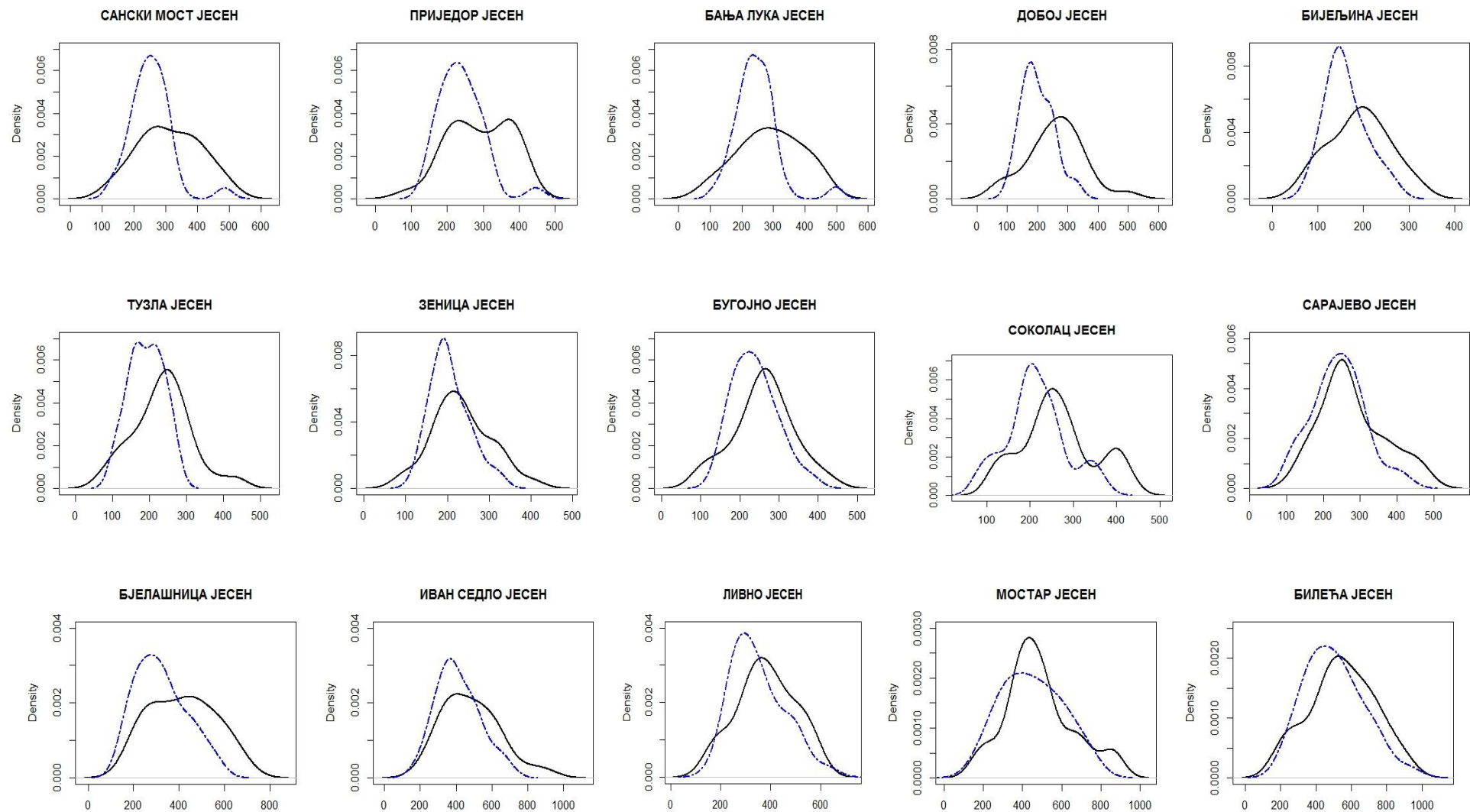
Графикон 29. Функције густине вероватноће просечне количине падавина у сезони зима у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)



Графикон 30. Функције густине вероватноће просечне количине падавина у сезони пролеће у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)



Графикон 31. Функције густине вероватноће просечне количине падавина у сезони лето у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)



Графикон 32. Функције густине вероватноће просечне количине падавина у сезони јесен у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)

3.3.3. Максималне дневне количине падавина

Максимална дневна количина падавина на анализираним станицама измерена је у Билећи 25. 09. 1984. године, а износила је 212 mm. На већини станица максималне вредности дневних количина падавина забележене су у периоду 1961–1990. године. Апсолутни максимуми у северном делу Босне и Херцеговине забележени су углавном пре 1990. године, док је само у Добоју максимум падавина забележен у 21. веку. Максимуми падавина у Санском Мосту (157,8 mm) и Бањалуци (156,5 mm) забележени су 24 .07. 1976. За разлику од северног дела, максимуми падавина у централном делу Босне и Херцеговине углавном су забележени након 1990. године. Апсолутни максимум у овом делу истраживаног подручја измерен је у Сарајеву 23. 10. 2003., а износио је 118,5 mm. Максималне дневне количине падавина у Ливну (158,6 mm) и Мостару (127 mm) измерене су 15. 11. 1985. и 26. 09. 2010, респективно.

Табела 59. Максимална дневна количина падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	45,2	59,7	54,3	42,1	55,0	79,6	157,8	72,5	75,0	63,2	62,5	49,5	157,8
БЛ	45,8	64,2	63,5	45,8	54,8	86,8	156,5	108,8	74,1	78,3	52,4	50,3	156,5
ДБ	52,8	45,2	55,4	44,6	65,4	70,8	89,7	62,5	106,0	71,8	51,7	41,2	106,0
ТЗ	43,4	42,1	38,8	48,4	94,6	71,1	76,2	82,8	67,1	72,3	56,1	52,6	94,6
ЗЕ	36,8	43,5	49,0	45,0	51,8	57,7	60,8	76,2	53,2	66,1	47,9	58,0	76,2
БУ	63,1	44,3	57,3	51,4	48,4	61,4	46,8	55,0	105,4	78,0	62,8	78,1	105,4
СО	50,4	55,6	64,9	39,3	65,0	59,4	83,8	50,2	80,3	114,2	59,0	85,1	114,2
СА	66,4	73,0	54,6	45,6	73,3	58,7	57,9	93,2	61,3	118,5	51,2	79,2	118,5
ЛИ	74,8	64,3	83,6	85,5	125,1	74,3	68,2	79,4	132,8	86,5	158,6	94,7	158,6
МО	94,6	124,2	90,3	85,7	72,3	67,3	64,5	88,9	127,0	120,5	125,0	92,9	127,0
БИ	112,7	97,3	98,2	120,4	88,6	101,3	66,2	93,7	212,0	150,8	194,4	182,2	212,0

Инсигнификантан позитиван тренд годишње апсолутно максималне количине падавина утврђен је на готово целом простору Босне и Херцеговине. Повећање вредности годишњих падавинских екстрема износило је 0,1–3,5 mm по линији тренда на декадном нивоу. Само на северозападном подручју (Сански Мост и Бањалука) Босне и Херцеговине забележени су инсигнификантни негативни трендови годишњих максимума падавина, који су износили 0,4–5,5 mm по деценији. Највећи раст годишњих максималних количина падавина од 3,5 mm по деценији утврђен је у Билећи, а затим у Ливну и Мостару, где је повећање максимума износило 1,2 mm по деценији. Најзначајнији ($p < 0,01$) раст апсолутних месечних падавина забележен је у мају у Ливну (2,4 mm по деценији). Значајни ($p < 0,05$) позитивни трендови (2,5 mm/деценија) максималних дневних количина падавина утврђени су у Бугојну, Сарајеву и Сокоцу у септембру, док су значајни негативни трендови утврђени у августу у Ливну (-2,9 mm/деценија) и у децембру у Мостару (-4 mm/деценија). Позитивни месечни трендови забележени су у мају (0,7–2,4 mm по деценији) и септембру (0,1–2,7 mm/деценија) на свим анализираним станицама, док су негативни инсигнификантни трендови забележени у априлу (-1,9–0,2 mm/деценија) готово на свим анализираним станицама.

Табела 60. Декадни тренд максималне дневне количине падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	0,4	0,4	0,4	-1,0	1,5	-1,0	-0,9	-1,6	1,9	1,2	-0,3	0,5	-0,5
БЛ	0,6	-0,1	0,9	-1,0	0,8	-0,0	-0,8	-1,4	1,0	0,3	-0,2	0,4	-0,4
ДБ	0,6	1,0	0,8	-0,9	1,3	-0,9	-0,8	-0,4	0,2	1,2	-0,1	-0,3	1,7
ТЗ	0,0	-0,4	1,2	-1,1	0,7	-0,5	-0,1	0,7	0,1	1,3	0,3	-0,7	0,4
ЗЕ	0,7	-0,2	0,4	-0,7	0,0	0,3	0,9	-0,6	1,3	0,4	0,8	-0,6	1,0
БУ	1,1	-1,1	0,1	-0,2	0,7	0,5	0,6	-0,2	2,5	0,1	-1,5	-1,6	0,1
СО	0,5	0,0	0,7	-0,5	0,9	1,0	0,5	-0,4	2,5	1,2	0,9	-0,4	0,8
СА	0,7	-0,5	-0,2	-0,9	0,9	1,0	-0,6	0,3	2,5	0,2	0,8	-0,5	0,5
ЛИ	0,0	0,1	-0,4	-1,9	2,4	-0,1	0,1	-2,9	2,7	-0,9	-0,9	-0,8	1,2
МО	-0,2	-2,0	-0,3	0,4	1,0	-0,2	1,3	-2,4	2,5	1,6	-1,8	-4,0	1,2
БИ	2,0	2,4	1,9	-0,3	1,8	-0,6	-0,8	-2,6	1,2	1,3	2,6	-1,2	3,5

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

Компаративна анализа максималних дневних количина падавина у периоду 1991–2016. године у односу на период 1991–2016. године, указује да је у Босни и Херцеговини забележено просторно неравномерно повећање (од 12,8 mm у Мостару до 25,3 mm у Сарајеву) и смањење (-15,4 mm у Зеници до 78,2 mm у Санском Мосту) максималних падавина, које је изражено како на регионалном, тако и на унутаррегионалном нивоу. Инкохерентност максималних дневних падавина такође је изражена на месечном нивоу. Графикони функција густине вероватноће показују да су дистрибуције максималних дневних количина падавина забележиле померања према вишим/нижим вредностима падавина у периоду 1991–2016. године у односу на референтни период. Резултати Колмогоров-Смирнов теста показују да су утврђена померања дистрибуција била статистички значајна ($p < 0,05$) само на подручју Добоја и Зенице.

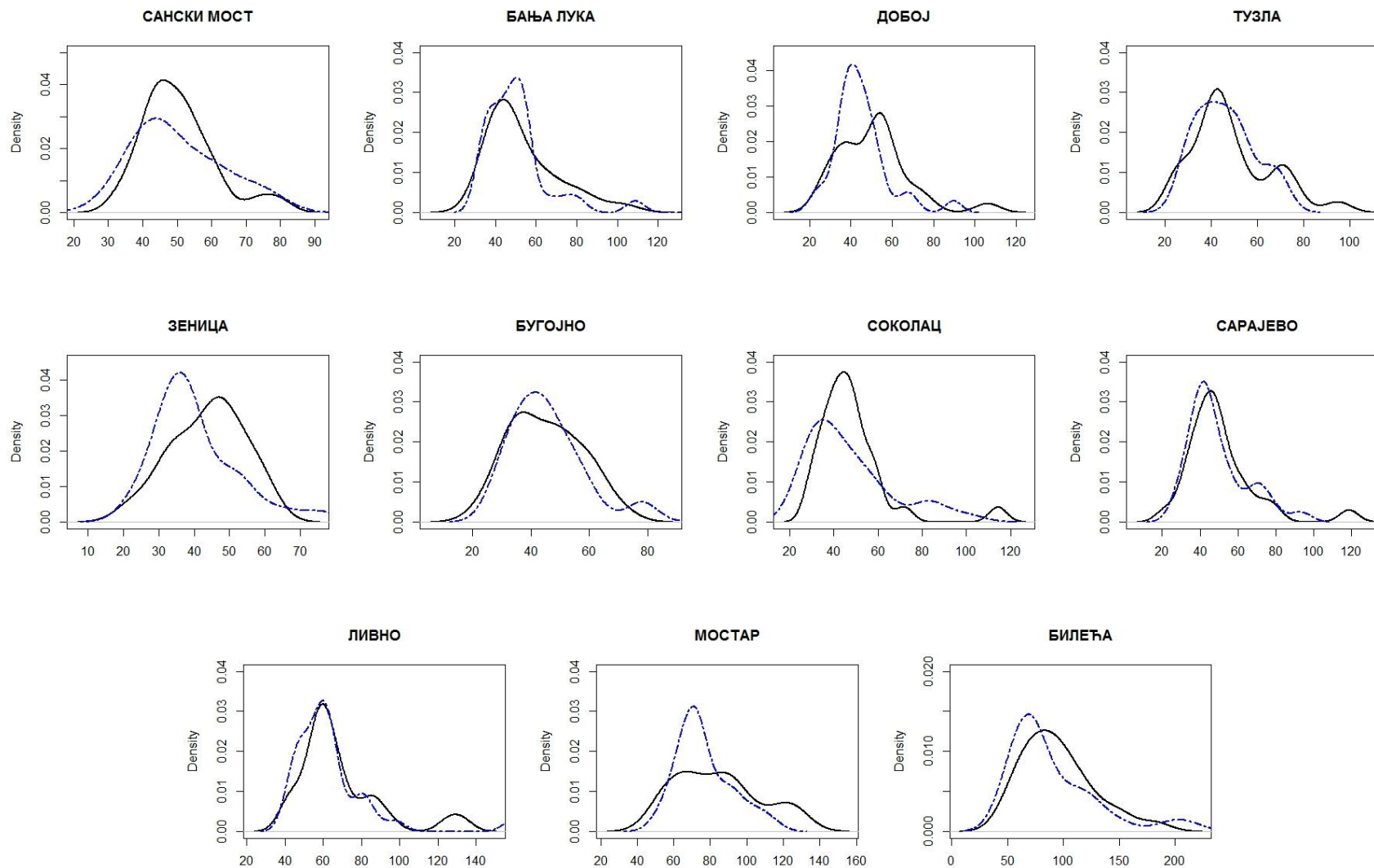
Табела 61. Максимална дневна количина падавина (mm) у Босни и Херцеговини
у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	41,5	40,0	44,0	40,3	55,0	60,5	157,8	72,5	75,0	61,5	62,5	49,5	157,8
	б	45,2	59,7	54,3	42,1	51,4	79,6	48,1	46,0	59,6	63,2	48,1	46,1	79,6
	-	3,7	19,7	10,3	1,8	-3,6	19,1	-109,7	-26,5	-15,4	1,7	-14,4	-3,4	-78,2
БЛ	а	45,8	33,6	46,2	42,6	49,0	81,0	156,5	108,8	74,1	56,2	50,8	50,3	156,5
	б	41,6	64,2	63,5	45,8	54,8	86,8	72,5	102,8	62,2	78,3	52,4	50,3	102,8
	-	-4,2	30,6	17,3	3,2	5,8	5,8	-84,0	-6,0	-11,9	22,1	1,6	0,0	-53,7
ДБ	а	38,2	45,2	48,0	44,6	65,4	48,1	89,7	51,4	55,8	38,1	40,2	40,2	89,7
	б	52,8	39,4	55,4	43,8	57,1	70,8	76,6	62,5	106,0	71,8	51,7	41,2	106,0
	-	14,6	-5,8	7,4	-0,8	-8,3	22,7	-13,1	11,1	50,2	33,7	11,5	1,0	16,3
ТЗ	а	43,4	42,1	38,8	40,6	55,8	68,9	69,9	52,7	60,4	49,9	48,6	52,6	69,9
	б	34,8	29,6	34,2	48,4	94,6	71,1	76,2	82,8	67,1	72,3	56,1	44,5	94,6
	-	-8,6	-12,5	-4,6	7,8	38,8	2,2	6,3	30,1	6,7	22,4	7,5	-8,1	24,7
ЗЕ	а	34,9	38,6	49,0	30,6	47,2	38,8	52,0	76,2	53,2	66,1	41,9	46,9	76,2
	б	36,8	43,5	45,1	45,0	51,8	57,7	60,8	49,6	46,5	58,4	47,9	58,0	60,8
	-	1,9	4,9	-3,9	14,4	4,6	18,9	8,8	-26,6	-6,7	-7,7	6,0	11,1	-15,4
БУ	а	40,3	44,3	39,3	31,9	38,5	46,4	46,8	55,0	105,4	78,0	62,8	78,1	105,4
	б	63,1	39,7	57,3	51,4	48,4	61,4	41,8	43,4	60,5	48,1	60,0	71,0	71,0
	-	22,8	-4,6	18,0	19,5	9,9	15,0	-5,0	-11,6	-44,9	-29,9	-2,8	-7,1	-34,4
СО	а	29,6	36,2	59,3	34,5	65,0	32,6	83,8	50,2	80,3	100,2	59,0	85,1	100,2
	б	50,4	55,6	64,9	39,3	49,7	59,4	49,2	40,9	71,7	114,2	58,0	48,6	114,2
	-	20,8	19,4	5,6	4,8	-15,3	26,8	-34,6	-9,3	-8,6	14,0	-1,0	-36,5	14,0
СА	а	66,4	73,0	54,6	44,3	49,7	47,1	57,9	93,2	47,8	71,6	46,6	78,8	93,2
	б	45,0	65,7	40,0	45,6	73,3	58,7	45,0	45,4	61,3	118,5	51,2	79,2	118,5
	-	-21,4	-7,3	-14,6	1,3	23,6	11,6	-12,9	-47,8	13,5	46,9	4,6	0,4	25,3
ЛИ	а	74,8	62,7	73,4	48,5	59,2	68,3	68,2	79,4	56,6	80,0	158,6	85,4	158,6
	б	57,4	64,3	83,6	85,5	125,1	74,3	43,3	49,1	132,8	86,5	102,2	94,7	132,8
	-	-17,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-24,9	-30,3	0,0	0,0	-56,4	0,0	-25,8
МО	а	73,0	92,5	72,8	74,2	71,2	67,3	64,5	70,1	72,5	114,2	104,0	80,7	114,2
	б	94,6	124,2	90,3	85,7	72,3	47,3	57,3	88,9	127,0	120,5	125,0	92,9	127
	-	21,6	31,7	17,5	11,5	1,1	-20,0	-7,2	18,8	54,5	6,3	21,0	12,2	12,8
БИ	а	112,7	65,8	74,6	120,4	59,8	101,3	50,2	93,7	212	150,8	194,4	94,7	212
	б	91,8	97,3	98,2	92,4	88,6	98,8	66,2	77,5	126,0	127,8	150,7	182,2	182,2
	-	-20,9	31,5	23,6	-28,0	28,8	-2,5	16,0	-16,2	-86,0	-23,0	-43,7	87,5	-29,8

Табела 62. Промена дистрибуција максималне дневне количине падавина између периода 1961–1990.
и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М. с.	СМ	БЛ	ДБ	ТЗ	ЗЕ	БУ
D	0,218	0,162	0,377	0,164	0,354	0,128
М. С.	СО	СА	ЛИ	МО	БИ	
D	0,313	0,149	0,179	0,272	0,254	

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)



Графикон 33. Функције густине вероватноће максималних дневних количина падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)

3.3.4. Варијабилност падавина

3.3.4.1. Амплитуда падавина

Највећа годишња количина падавина у северном делу Босне и Херцеговине забележена је 2014. године (изузев у Бијељини), а кретала се у интервалу од 1.353 mm у Тузли до 1.686 mm у Бањалуци, где је забележена највећа амплитуда падавина у овом делу истраживаног подручја. Најмања годишња количина падавина на свим станицама у северном делу Босне и Херцеговине забележена је 2011. године (од 467 mm у Бијељини до 606 mm у Санском Мосту). Највећа годишња количина падавина на Бјелашници (1.996 mm) и Сокоцу (1.276 mm), као и на подручју Херцеговине (од 1.796 mm у Ливну до 2.698 у Билећи) забележена је 2010. године, док су највеће количине падавина у Бугојну (1.384 mm), Зеници (1.201 mm) и Сарајеву (1.249 mm) забележене 2013, 2014. и 1999. године, респективно. Најмање количине падавина у Сарајеву (626 mm) и на Сокоцу (562 mm) забележене су 1982. године, док је најмања количина падавина у централном делу БиХ забележена 2011. године у Зеници (519 mm). Најмање количине падавина у Херцеговини забележене су 1994. године у Ливну (730 mm) и Мостару (840 mm). Највеће амплитуде просечних годишњих количина падавина забележене су на подручју Херцеговине (од 1.066 mm у Ливну до 1.731 mm у Билећи), затим у Бањалуци (1.098 mm) и на Бјелашници (1.304 mm), а најмање амплитуде просечних годишњих количина падавина забележене су на подручју Бијељине (623 mm), Сарајева (623 mm) и Зенице (682 mm).

Табела 63. Амплитуда просечних месечних и годишњих падавина (mm) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	max	141	190	171	226	212	232	256	291	286	293	179	219	1543
	min	2	12	11	17	16	27	15	1	14	0	4	3	606
	A	139	178	160	209	196	205	241	290	272	293	175	216	937
ПР	max	130	156	164	164	219	179	183	176	237	266	189	165	1463
	min	2	9	13	11	11	19	18	1	12	0	3	2	491
	A	128	147	151	153	208	160	165	175	225	266	186	163	972
БЛ	max	148	195	158	214	218	277	273	304	284	276	196	207	1686
	min	9	8	5	5	14	36	21	2	19	0	5	0	588
	A	139	187	153	209	204	241	252	302	265	276	191	207	1098
ДБ	max	140	129	181	190	270	372	288	288	326	187	151	165	1495
	min	8	10	9	16	19	44	3	0	12	0	15	2	504
	A	132	119	172	174	251	328	285	288	314	187	136	163	991
БН	max	106	103	142	108	253	233	196	174	213	151	115	152	1090
	min	2	6	5	3	16	22	11	0	0	0	10	3	467
	A	104	97	137	105	237	211	185	174	213	151	105	149	623
ТЗ	max	139	120	141	187	339	338	290	213	304	178	143	184	1353
	min	10	10	8	18	16	44	8	0	6	0	13	2	566
	A	129	110	133	169	323	294	282	213	298	178	130	182	787
ЗЕ	max	136	112	141	205	185	171	168	241	202	191	150	196	1201
	min	5	6	6	3	18	9	4	1	12	0	12	3	519
	A	131	106	135	202	167	162	164	240	190	191	138	193	682
БУ	max	159	174	301	164	156	182	178	183	202	243	239	222	1384
	min	2	1	9	11	26	12	16	9	8	0	14	0	522
	A	157	173	292	153	130	170	162	174	194	243	225	222	862
СО	max	126	155	186	154	261	204	249	160	233	229	202	223	1276
	min	5	7	6	5	22	12	2	1	5	0	16	1	562
	A	121	148	180	149	239	192	247	159	2238	229	186	222	714

СА	max	161	183	174	149	203	182	190	183	258	259	206	294	1249
	min	4	13	2	8	29	12	8	5	6	1	24	3	626
	A	157	170	172	141	174	170	182	178	252	258	182	291	623
БЈ	max	183	252	214	211	210	336	222	238	349	315	310	285	1996
	min	10	17	7	17	12	19	7	4	8	0	19	2	692
	A	173	235	207	194	198	317	215	234	341	315	291	283	1304
ИС	max	367	310	359	278	264	248	311	286	436	384	415	346	2510
	min	4	1	0	19	14	25	8	2	16	2	38	2	881
	A	363	309	359	259	250	223	303	284	420	382	377	344	1629
ЛИ	max	274	250	208	179	241	206	166	186	289	413	353	315	1796
	min	2	1	1	7	10	16	4	0	2	0	39	0	730
	A	272	249	207	172	231	190	162	186	287	413	314	315	1066
МО	max	395	373	387	276	280	190	246	224	336	463	434	468	2491
	min	0	1	0	16	11	10	0	0	3	0	46	0	840
	A	395	372	387	260	269	180	246	224	333	463	388	468	1651
БИ	max	388	426	338	347	253	251	170	205	384	512	537	500	2698
	min	5	1	0	22	10	11	1	2	6	0	56	0	967
	A	383	425	338	325	243	240	169	203	378	512	481	500	1731

3.3.4.2. Коэффициент колебања падавина

Просечни годишњи коефицијент колебања у периоду 1961–2016. године у северном делу БиХ креће се у интервалу од 15% у Санском Мосту до 21% у Добоју. У централном делу истраживаног простора, коефицијент колебања износи од 15% у Сарајеву до 23% на Бјелашници, где су падавине током целе године најнеравномерније распоређене у целој БиХ. Највише вредности годишњих коефицијента колебања забележене су на подручју Херцеговине (од 18% у Ливну до 22% у Мостару и Билећи). Највећи просечни месечни коефицијенти колебања на северу Босне и Херцеговине забележени су у августу (62–75%) и септембру (62–69%), док су најнижи коефицијенти утврђени у јуну (40–51%) и априлу (39–48%). Највеће колебање падавина на Бјелашници и Сокоцу забележено је у септембру и октобру, а на подручју Зенице и Сарајева у августу и септембру. Само је на подручју Бугојна највеће колебање забележено у марту и децембру. Најниже вредности коефицијента колебања у овом делу Босне и Херцеговине забележене су у новембру (Зеница), мају (Бугојно), априлу (Сарајево и Соколац) и јуну (Бјелашница). Убедљиво највеће колебање падавина забележено је у топлијем делу године у Мостару у јулу (95%) и у Билећи у августу (80%). Најмање колебање у Херцеговини утврђено је у априлу (40–51%).

Табела 64. Просечни месечни и годишњи коефицијенти колебања (%) падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М.с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	47	57	45	45	51	40	58	68	62	60	49	58	15
ПР	51	60	51	47	56	43	51	62	63	62	46	54	17
БЛ	51	54	47	44	50	48	54	73	63	64	47	59	18
ДБ	54	48	54	48	53	56	57	72	67	61	46	53	21
БН	51	56	60	39	63	51	61	75	64	71	43	55	17
ТЗ	51	49	57	45	61	50	60	64	69	59	45	54	18
ЗЕ	55	57	53	47	49	46	57	69	63	56	44	58	17
БУ	59	64	70	43	39	46	50	57	58	63	50	68	17
СО	58	57	49	46	52	46	50	56	60	64	50	59	17
СА	56	62	53	39	46	43	51	62	63	61	48	60	15
БЈ	55	61	57	51	50	49	52	58	61	61	54	60	23
ИС	67	61	59	40	50	48	62	70	64	61	45	61	20
ЛИ	65	62	55	43	54	48	66	75	63	71	49	66	18

МО	65	65	62	46	58	49	95	79	65	66	50	62	22
БИ	63	64	55	51	57	63	72	80	70	61	49	58	22

Табела 65. Просечни месечни и годишњи коефицијенти колебања падавина (%) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	45	61	43	38	51	31	61	61	51	68	49	64	12
	б	51	55	49	52	52	50	54	74	63	51	48	51	18
	-	14	-9	12	37	2	60	-11	21	24	-26	-3	-19	50
ПР	а	52	63	50	44	55	40	49	58	58	67	48	53	14
	б	50	58	52	50	58	46	53	67	60	56	45	55	19
	-	-5	-8	5	15	6	16	8	16	4	-17	-5	4	38
БЛ	а	54	60	47	34	50	44	50	60	58	70	45	61	14
	б	48	49	47	53	51	54	60	89	63	59	50	57	21
	-	-12	-19	-1	56	0	24	21	48	8	-15	11	-5	45
ДБ	а	60	52	61	37	55	31	48	61	52	62	42	51	15
	б	48	44	46	58	51	72	64	84	72	54	50	56	23
	-	-20	-16	-24	56	-7	129	34	39	38	-13	20	9	51
БН	а	58	65	63	30	66	44	67	77	56	74	37	49	13
	б	42	45	56	47	59	60	55	73	69	65	49	62	21
	-	-27	-31	-11	60	-10	37	-19	-6	24	-12	31	28	56
ТЗ	а	52	59	62	35	53	35	61	65	42	43	39	55	14
	б	48	42	53	57	66	63	60	76	78	53	49	59	22
	-	-8	-28	-14	65	23	79	-3	18	85	23	26	8	66
ЗЕ	а	58	61	46	33	55	44	63	63	60	61	46	53	14
	б	52	53	60	58	44	48	50	77	63	52	42	64	19
	-	-10	-13	29	75	-20	8	-21	23	4	-15	-10	21	38
БУ	а	53	63	43	35	38	42	53	49	63	69	49	66	13
	б	64	65	87	47	40	51	48	67	51	57	53	71	21
	-	21	4	102	34	5	20	-9	37	-19	-16	8	8	63
СО	а	57	51	38	39	50	40	61	53	60	71	52	57	15
	б	60	61	58	48	51	52	36	61	55	55	49	61	16
	-	5	18	53	24	1	31	-40	17	-8	-22	-7	6	9
СА	а	60	65	53	34	51	42	54	59	58	67	48	53	15
	б	52	60	53	45	40	45	48	66	63	54	48	67	16
	-	-14	-7	0	31	-22	8	-12	12	8	-19	-2	27	7
БЈ	а	65	68	58	47	50	35	54	45	53	71	53	53	23
	б	45	54	55	52	50	60	51	72	61	51	54	63	21
	-	-30	-21	-6	12	0	73	-6	58	16	-28	2	18	-9
ИС	а	62	59	46	33	56	47	64	66	56	71	41	60	18
	б	73	62	76	48	43	51	61	73	63	50	50	64	24
	-	17	5	65	45	-23	9	-6	10	13	-29	21	7	33
ЛИ	а	65	61	46	39	59	48	66	61	51	79	51	65	14
	б	66	63	67	47	49	47	68	93	66	60	49	67	22
	-	1	3	45	21	-17	-2	3	52	31	-25	-4	2	57
МО	а	63	61	54	46	64	44	110	75	57	73	52	58	19
	б	68	71	74	46	49	56	79	85	64	60	49	68	26
	-	8	17	37	1	-23	29	-28	14	11	-18	-6	18	39
БИ	а	59	64	44	53	59	61	71	69	78	70	52	57	19
	б	69	65	69	48	56	66	73	95	63	52	46	59	25
	-	16	0	55	-9	-5	8	3	37	-19	-25	-11	5	32

Компарација просечних годишњих коефицијената колебања у периоду 1991–2016. године у односу на период 1961–1990. године указује на пораст варијабилности падавина на готово целом простору Босне и Херцеговине, који се јавља као последица учесталих смена веома влажних са веома сушним годинама (и обратно). Повећање просечног годишњег коефицијента колебања падавина креће се у интервалу од 7% у Сарајеву до 66% у Тузли, док је једино смањење у односу на референтни период забележено на Бјелашници (-9%). На месечном нивоу, у већем делу Босне и Херцеговине забележено је смањење варијабилности падавина у октобру и фебруару. На подручју Херцеговине смањење је забележено у мају, октобру и новембру. С друге стране, повећање колебања падавина на целом подручју Босне и Херцеговине углавном је карактеристично за топлији део године.

Највеће колебање падавина забележено је у сезонама лето и зима, док је највећа вредност коефицијената колебања у овим сезонама осматрана на подручју Херцеговине. Просечни коефицијенти колебања падавина у сезони лето, у северном делу Босне и Херцеговине крећу се у интервалу од 30% у Приједору до 35% у Добоју, у централном делу од 31% у Бугојну и на Сокоцу до 37% на Бјелашници, а на подручју Херцеговине од 36 на Иван седлу до 46% у Билећи. Коефицијенти колебања у сезони зима на свим анализираним станицама у северном делу истраживаног подручја имају једнаке вредности (34%), као и најмање унутаррегионалне варијације. У централном делу Босне и Херцеговине колебање зимских падавина креће се у интервалу од 37% у Зеници до 45% на Бјелашници, а на подручју Херцеговине од 41% у Билећи до 43% на Иван седлу. Коефицијенти колебања у сезони пролеће показују најмање варијације, а крећу се у интервалу од 26 % у Сарајеву до 37% у Тузли. Вредности коефицијената колебања у сезони јесен крећу се у интервалу од 28% у Зеници до 37% на Бјелашници.

Табела 66. Просечни сезонски коефицијенти колебања (%) падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН
СМ	34	29	35	31
ПР	35	32	30	30
БЛ	34	29	37	33
ДБ	34	33	37	35
БН	34	33	37	33
ТЗ	34	37	38	32
ЗЕ	37	30	35	28
БУ	39	31	31	27
СО	39	31	31	34
СА	39	26	34	32
БЈ	45	36	37	37
ИС	43	31	36	32
ЛИ	41	29	38	30
МО	42	35	41	35
БИ	41	32	46	34

Табела 67. Просечни сезонски коефицијенти колебања (%) падавина у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.		ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН	М. с.		ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН
СМ	а	36	26	35	26	СО	а	36	24	33	32
	б	31	32	33	31		б	42	34	30	33
	-	-12	22	-6	23		-	17	39	-7	0
ПР	а	36	30	32	21	СА	а	37	28	36	30
	б	32	37	33	30		б	42	25	32	32
	-	-10	23	3	40		-	12	-11	-10	7
БЛ	а	38	25	34	28	БЈ	а	46	41	30	35
	б	30	32	41	35		б	42	30	44	34
	-	-20	27	22	28		-	-8	-26	44	-1
ДБ	а	36	30	28	26	ИС	а	39	28	35	29
	б	30	35	45	37		б	46	37	38	33
	-	-16	18	58	39		-	19	33	8	13
БН	а	37	30	34	28	ЛИ	а	41	27	35	30
	б	32	35	42	35		б	42	33	41	30
	-	-15	14	27	24		-	3	22	17	1
ТЗ	а	37	29	34	24	МО	а	40	31	39	35
	б	31	45	43	34		б	44	41	43	36
	-	-18	54	25	40		-	10	32	10	4
ЗЕ	а	39	30	38	23	БИ	а	40	28	43	33
	б	35	30	33	30		б	44	37	49	34
	-	-10	1	-13	32		-	11	34	15	5
БУ	а	36	21	30	24						
	б	44	37	34	30						
	-	22	76	13	24						

Компаративна анализа просечних сезонских коефицијената колебања падавина у периоду 1991–2016. године у односу на период 1961–1990. године показује да су коефицијенти колебања у сезони зима смањени у северном делу, док је повећање забележено у централним (изузев Бјелашнице) и јужним деловима Босне и Херцеговине. Највеће смањење у овој сезони забележено је у Бањалуци (-20%), а највећи раст у Бугојну (22%). У сезонама пролеће и јесен варијабилност је повећана на свим станицама, изузев на Бјелашници, где је у обе годишње сезоне забележено смањење у односу на референтни период. У сезони пролеће варијабилност падавина порасла је од 1% у Зеници до 76% у Бугојну. Повећање варијабилности забележено је и на већини анализираних станица у сезони лето (од 3% у Приједору до 58% у Добоју), док је смањење у овој сезони забележено у Санском Мосту, Зеници и на Сокоцу. Коефицијент колебања падавина у сезони јесен повећан је на готово целом подручју Босне и Херцеговине (од 1% у Ливну до 40% у Приједору и Тузли), а незнатно смањење од 1% утврђено је само на Бјелашници.

3.3.4.3. Стандардна девијација

Стандардизоване вредности аномалија сезонских количина падавина у Босни и Херцеговини показују да су екстремно кишне зиме забележене 1969. године у Бањалуци, Добоју и Тузли, 2012. године у Бугојну и 2009. године на Иван седлу. Екстремно сушне зиме

нису забележене, а врло сушне зиме биле су 1988. године у Бањалуци и 1989. године у Санском Мосту, Приједору и Зеници. Екстремно кишно пролеће забележено је 2014. године на већини анализираних станица (Сански Мост, Приједор, Бањалука, Добој, Бијељина, Тузла, Зеница и Соколац), кад су екстремне поплаве погодиле доње делове сливова реке Саве у Босни и Херцеговини. Катастрофалне мајске поплаве изазвале су бројна клизишта, бујице, подизање нивоа подземних вода, плавлеење ораница као и низ негативних социоекономских импликација којима је > 50% територије Босне и Херцеговине било погођено (Vidmar et al., 2016). Пролећа у овој категорији забележена су 2013. године у Бугојну, на Иван седлу и у Мостару и 1978. године у Ливну и Мостару. Врло сушна сезона пролеће забележена је 2003. године у Приједору, Бијељини, Бугојну, Сарајеву и Ливну. Екстремно кишна лета забележена су 1972. године у Санском Мосту и 2009. године на Бјелашници. Ниједна година није се нашла у категорији екстремно сушних лета, а врло сушна лета забележена су 2012. године у Тузли и Зеници и 2000. године у Бугојну, на Бјелашници и у Ливну. Сезона јесен са екстремним падавинама забележена је 2001. године у Добоју и Тузли и 1996. године на Иван Седлу. Врло сушне јесени забележене су 2011. године у Приједору, Тузли, Зеници и Бугојну. Једино на подручју Сарајева и Билеће ниједна годишња сезона у периоду 1961–2016. године није се нашла у категорији екстремно сушно/кишно.

Табела 68. Рангирање годишњих и сезонских падавина у Босни и Херцеговини на основу стандардизованих аномалија у периоду 1961–2016. године

Ранг	САНСКИ МОСТ					ПРИЈЕДОР				
	г	з	п	л	ј	г	з	п	л	ј
Екстремно сушно (< -3σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Врло сушно ((-3) – (-2) σ)	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1
Сушно ((-2) – (-1) σ)	7	9	7	8	8	6	9	6	10	7
Нормално (±1 σ)	42	38	41	39	39	42	37	40	35	38
Кишно (1–2 σ)	4	3	7	7	5	6	8	7	10	9
Врло кишно (2–3 σ)	1	4	0	1	4	0	1	1	1	1
Екстремно кишно (> 3 σ)	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Ранг	БАЊА ЛУКА					ДОБОЈ				
	г	з	п	л	ј	г	з	п	л	ј
Екстремно сушно (< -3σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Врло сушно ((-3) – (-2) σ)	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Сушно ((-2) – (-1) σ)	5	8	10	8	8	5	11	10	8	8
Нормално (±1 σ)	42	39	39	40	38	41	38	41	42	38
Кишно (1–2 σ)	7	5	6	6	7	6	4	4	2	8
Врло кишно (2–3 σ)	0	1	0	2	3	3	1	0	4	1
Екстремно кишно (> 3 σ)	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1
Ранг	БИЈЕЉИНА					ТУЗЛА				
	г	з	п	л	ј	г	з	п	л	ј
Екстремно сушно (< -3σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Врло сушно ((-3) – (-2) σ)	2	0	1	0	0	2	0	0	1	1
Сушно ((-2) – (-1) σ)	7	10	7	9	8	6	9	8	8	7
Нормално (±1 σ)	41	38	42	39	38	42	38	43	42	41
Кишно (1–2 σ)	3	5	5	7	8	3	7	4	1	5
Врло кишно (2–3 σ)	3	2	0	1	2	3	0	0	4	1
Екстремно кишно (> 3 σ)	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1
Ранг	ЗЕНИЦА					БУГОЈНО				
	г	з	п	л	ј	г	з	п	л	ј
Екстремно сушно (< -3σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Врло сушно ((-3) – (-2) σ)	1	1	0	1	1	1	0	1	1	2
Сушно ((-2) – (-1) σ)	8	7	10	10	7	6	6	4	9	6
Нормално (±1 σ)	38	41	40	39	40	43	41	44	38	40

Кишно (1–2 σ)	8	5	3	5	7	5	7	5	5	7
Врло кишно (2–3 σ)	1	1	2	1	1	0	0	0	3	1
Екстремно кишно (> 3 σ)	0	0	1	0	0	1	1	2	0	0
Ранг	СОКОЛАЦ					САРАЈЕВО				
	г	з	п	л	ј	г	з	п	л	ј
Екстремно сушно (< -3 σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Врло сушно ((-3) – (-2) σ)	1	0	0	0	0	2	0	2	0	0
Сушно ((-2) – (-1) σ)	7	8	6	10	8	10	9	3	12	9
Нормално ($\pm 1 \sigma$)	39	38	43	39	39	35	37	42	37	38
Кишно (1–2 σ)	7	8	5	4	7	8	7	7	5	7
Врло кишно (2–3 σ)	2	1	1	3	2	1	2	2	2	2
Екстремно кишно (> 3 σ)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ранг	БЈЕЛАШНИЦА					ИВАН СЕДЛО				
	г	з	п	л	ј	г	з	п	л	ј
Екстремно сушно (< -3 σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Врло сушно ((-3) – (-2) σ)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Сушно ((-2) – (-1) σ)	9	10	9	5	8	10	7	8	8	7
Нормално ($\pm 1 \sigma$)	40	37	38	41	38	39	40	37	37	39
Кишно (1–2 σ)	4	7	7	8	8	6	7	9	9	8
Врло кишно (2–3 σ)	3	1	2	0	2	0	1	1	2	1
Екстремно кишно (> 3 σ)	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
Ранг	ЛИВНО					МОСТАР				
	г	з	п	л	ј	г	з	п	л	ј
Екстремно сушно (< -3 σ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Врло сушно ((-3) – (-2) σ)	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Сушно ((-2) – (-1) σ)	6	8	9	7	10	6	7	7	9	10
Нормално ($\pm 1 \sigma$)	41	36	40	40	35	41	39	42	38	36
Кишно (1–2 σ)	6	10	3	5	10	7	8	5	5	8
Врло кишно (2–3 σ)	1	1	2	3	1	2	1	0	4	2
Екстремно кишно (> 3 σ)	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0
Ранг	БИЛЕЋА									
	г	з	п	л	ј					
Екстремно сушно (< -3 σ)	0	0	0	0	0					
Врло сушно ((-3) – (-2) σ)	0	0	0	0	0					
Сушно ((-2) – (-1) σ)	7	7	10	8	8					
Нормално ($\pm 1 \sigma$)	41	38	36	38	37					
Кишно (1–2 σ)	7	9	7	7	9					
Врло кишно (2–3 σ)	0	1	3	3	2					
Екстремно кишно (> 3 σ)	1	0	0	0	0					

3.3.5. Кишни фактор

Вредност кишног фактора према Лангу (*Lang, 1920*) представља однос просечне годишње количине падавина и просечне годишње температуре ваздуха. Просечне годишње вредности кишног фактора у северном делу Босне и Херцеговине крећу се у интервалу од 98,6 у Санском Мосту до 64,6 у Бијељини. Према Ланговој класификацији овај део Босне и Херцеговине одликује семихумидна клима. У централном делу Босне и Херцеговине, према Лангу, заступљена су три типа климе. У планинским деловима клима је хумидна (Соколац – 124,2) и перхумидна (Бјелашница – 817,3), док је у осталим деловима (Зеница, Бугојно и Сарајево) присутан семихумидни тип климе. Перхумидни тип климе на подручју Херцеговине заступљен је на Иван седлу (192,8), хумидни у Ливну (121,5) и Билећи (130,7), док је семихумидни тип климе у Мостару (99,5) на прагу преласка у хумидни тип климе.

Табела 69. Просечне годишње вредности кишног фактора (према Лангу) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	БН
КФ	98,6	84,7	93,1	84,0	64,6
М. с.	ТЗ	ЗЕ	БУ	СО	СА
КФ	87,0	75,7	90,7	124,2	94,8
М. с.	БЈ	ИС	ЛИ	БИ	МО
КФ	817,3	192,8	121,5	130,7	99,5
Легенда: Тип климе		а – аридна (<40)		sa – семиаридна (40–60)	
sh – семихумидна (60–100)		h – хумидна (100–160)		ph – перхумидна (>160)	

Анализом просечне годишње вредности кишног фактора у периоду 1991–2016. године у односу на период 1961–1990. године утврђена је промена типа климе у Санском Мосту и Мостару. Тип климе на обе станице је из хумидне промењен у семихумидну, што је првенствено последица раста температуре ваздуха али и смањене годишње количине падавина, која је карактеристична за Мостар.

Табела 70. Просечне годишње вредности кишног фактора (према Лангу) у Босни и Херцеговини у периоду у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

М. с.	СМ	ПР	БЛ	ДБ	БН
а	101,5	88,2	97,2	81,9	66,5
б	95,2	81,0	88,0	85,2	62,7
М. с.	ТЗ	ЗЕ	БУ	СО	СА
а	89,4	77,2	94,1	125,8	97,7
б	84,4	74,1	87,2	122,7	91,7
М. с.	БЈ	ИС	ЛИ	БИ	МО
а	903,6	201,2	128,4	135,4	104,5
б	747,3	184,0	114,5	125,5	94,2
Легенда: Тип климе		а – аридна (<40)		sa – семиаридна (40–60)	
sh – семихумидна (60–100)		h – хумидна (100–160)		ph – перхумидна (>160)	

Месечни кишни фактор према Грачанину (*Gračanin, 1950*) представља однос просечне месечне количине падавина и просечне месечне температуре ваздуха. Анализом месечног кишног фактора утврђено је да северозападне (Сански Мост, Приједор и Бањалука) и средишње делове (Тузла, Бугојно и Сарајево) Босне и Херцеговине одликује перхумидна и хумидна клима од октобра до априла, семихумидна у мају, јуну (изузев у Приједору, где је утврђен семиаридни тип) и септембру, а семиаридна у јулу и августу. Перхумидни и хумидни тип климе заступљен је у периоду од новембра до марта на подручју Добоја, Бијељине и Зенице. Семиаридни тип климе заступљен је у нешто дужем периоду на подручју Бијељине, док је аридни тип климе заступљен само у Бијељини (јул и август) и Зеници (август). Највлажнија клима у Босни и Херцеговини заступљена је на највишим станицама, где перхумидни и хумидни тип климе доминира готово у свим месецима. На Бјелашници ова два типа климе доминирају током целе године, на Иван седлу у периоду од септембра до јуна, на Сокоцу од октобра до маја и у Ливну од октобра до априла. Семиаридни тип климе забележен је у јулу и августу на Иван седлу и Сокоцу, док је аридни тип климе забележен у Ливну у јулу. У најжужнијим деловима (Мостар и Билећа) перхумидни и хумидни тип климе заступљени су од септембра (октобра) до априла. Овај простор одликују

изузетно сува лета где, семиаридни тип климе доминира у јуну, а најсувљи, аридни, тип климе присутан је током јула и августа.

Табела 71. Просечне месечне вредности кишног фактора (према Грачанину) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
СМ	1564,6	34,1	12,5	8,4	6,3	5,5	4,3	4,1	6,2	8,2	15,6	72,7
ПР	-268,0	26,8	10,0	7,0	5,3	4,5	3,7	3,7	5,6	7,2	14,9	64,5
БЛ	256,7	27,8	11,8	7,8	6,1	5,5	4,2	4,1	5,8	7,0	14,5	56,6
ДБ	507,0	25,0	9,9	6,4	5,8	5,5	4,3	3,8	4,8	6,1	12,7	52,1
БН	303,9	18,5	8,2	5,3	4,4	4,5	3,2	2,8	3,3	4,7	10,1	37,7
ТЗ	-495,2	27,6	10,1	6,8	6,2	6,1	4,7	3,9	4,6	6,2	12,2	65,1
ЗЕ	-210,5	23,4	8,6	6,0	5,0	4,5	3,4	3,2	4,7	6,3	13,0	83,5
БУ	-57,3	54,4	12,9	7,6	5,4	4,6	3,4	3,4	5,6	7,7	18,7	-7463,8
СО	-14,9	-28,0	29,7	10,2	7,0	5,9	4,6	4,2	6,2	10,2	32,2	-30,7
СА	-246,0	42,5	12,8	7,8	5,8	5,0	4,0	3,5	5,4	8,0	16,2	149,2
БЈ	-13,5	-14,0	-20,5	-96,1	21,6	14,2	8,7	9,4	16,5	45,0	-95,2	-18,6
ИС	-55,6	-145,8	47,6	19,1	8,7	7,2	4,9	4,9	10,3	16,9	45,1	-153,8
ЛИ	-1736	85,4	20,3	11,2	5,8	5,0	2,6	3,6	6,8	11,5	29,8	133,1
МО	29,7	20,8	13,4	9,3	5,2	3,3	1,9	2,7	5,7	10,1	18,6	27,9
БИ	49,8	35,6	19,1	12,1	6,0	4,4	2,5	3,1	7,3	13,9	26,8	45,3

Легенда: Тип климе	a – 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 вредности месечног кишног фактора у периоду 1991–2016. године у односу на референтни период (1961–1990) показује повећање аридности у сезонама пролеће и лето на већини анализираних станица. Између два наведена периода тип климе у Санском Мосту промењен је у августу из семихумидне у семиаридну, у Приједору тип климе промењен је у јулу и августу из семиаридне у аридну, док је у Бијељини семихумидни тип замењен семиаридним у јуну, а семиаридни замењен је аридним у јулу. На подручју Зенице забележено је једино повећање влажности у односу на референтни период у јулу, где је аридни тип климе замењен семиаридним. У средишњим деловима Босне и Херцеговине (Зеница, Бугојно и Сарајево) између два наведена периода тип климе промењен је у августу из семиаридне у аридну, док на подручју Сокоца и Бјелашнице није забележена ниједна промена у правцу смањења влажности током целе године. На подручју Херцеговине изражено је повећање аридности током сезоне лето. Семихумидни тип климе је у јуну у Ливну, као и у јулу и августу на Иван седлу, замењен семиаридним, док је аридни тип климе заменио семиаридни у августу у Ливну и Билећи и у јуну у Мостару. Повећање влажности карактеристично је за месец септембар, што је у сагласности са углавном позитивним трендовима падавина у сезони јесен. На подручју Санског Моста, Бањалуке, Сокоца и Ливна семихумидни тип климе замењен је хумидним типом, док је највеће повећање влажности у овом месецу забележено у Приједору и Мостару, где је семиаридни тип климе замењен хумидним типом климе. На подручју Добоја, Тузле, Зенице и Сарајева семиаридни тип климе у септембру замењен је нешто важнијим семихумидним типом, док је у Бијељини аридни тип климе у овом месецу замењен семиаридним. Повећање влажности забележено је и у октобру, те је у Бијељини семиаридни тип замењен семихумидним, у Добоју и Тузли семихумидни тип климе замењен је хумидним, а у Билећи је хумидни тип климе прешао у перхумидни.

Табела 72. Просечне месечне вредности кишног фактора (према Грачанину) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
СМ	а	-84,5	35,3	13,6	8,5	6,5	5,8	4,9	5,0	5,2	7,5	16,1	85,1
	б	80,6	31,5	11,1	8,5	6,1	5,2	3,6	3,2	7,4	9,0	15,3	65,3
ПР	а	-57,1	29,7	11,4	7,3	5,5	4,7	4,3	4,2	4,7	6,6	16,4	114,8
	б	82,6	24,1	8,7	6,7	5,2	4,3	3,2	3,2	6,7	7,9	13,4	43,3
БЛ	а	-104,0	32,6	13,0	8,0	6,2	5,9	4,6	4,7	5,2	6,7	15,6	74,8
	б	53,7	24,0	10,8	7,7	5,9	5,2	3,8	3,4	6,6	7,3	13,4	44,4
ДБ	а	-85,9	27,1	10,3	6,4	5,5	5,4	4,2	3,9	4,2	5,2	12,9	62,2
	б	64,0	23,1	9,3	6,4	6,1	5,6	4,4	3,6	5,5	7,1	12,4	44,6
БН	а	-64,2	20,6	8,8	5,5	4,1	5,0	3,4	3,0	3,1	4,0	10,6	44,8
	б	45,6	16,6	7,6	5,0	4,7	4,0	3,0	2,5	3,5	5,3	9,6	31,6
ТЗ	а	-74,1	31,7	10,8	7,3	6,2	6,2	4,8	4,5	4,2	5,3	12,7	82,2
	б	95,1	23,8	9,4	6,4	6,3	6,0	4,5	3,4	5,1	7,2	11,7	51,7
ЗЕ	а	-55,9	24,2	9,1	5,9	5,1	4,7	3,2	3,6	4,1	6,2	14,0	131,0
	б	104,5	22,6	8,1	6,1	5,0	4,3	3,6	2,8	5,2	6,4	12,1	58,1
БУ	а	-30,1	78,1	13,4	7,2	5,4	4,8	3,5	3,7	5,0	7,8	20,7	-218,5
	б	-920,0	38,6	12,5	8,0	5,3	4,4	3,4	3,1	6,2	7,5	16,7	171,6
СО	а	-11,1	-21,2	34,2	9,8	6,4	5,9	4,6	4,5	5,3	9,4	39,7	-25,6
	б	-23,3	-40,6	26,1	10,7	7,8	5,8	4,5	3,9	7,2	11,0	26,5	-39,5
СА	а	23,8	44,6	13,8	7,8	5,8	5,4	4,2	3,8	4,7	7,4	17,9	291,8
	б	155,4	40,3	11,9	7,7	5,7	4,7	3,7	3,1	6,2	8,7	14,5	96,0
БЈ	а	-12,1	-12,9	-19,3	-72,1	23,1	15,3	8,8	10,3	13,6	42,4	-71,3	-16,8
	б	-15,2	-15,3	-21,9	-139,3	20,2	13,3	8,6	8,6	20,0	47,6	-138,3	-20,7
ИС	а	-42,4	-147	57,0	20,1	9,0	7,4	5,0	5,6	8,6	15,8	50,5	-120,2
	б	-87,7	-143	38,7	18,0	8,4	7,1	4,9	4,1	12,4	18,2	40,1	-225,9
ЛИ	а	-161,6	100,0	23,7	11,5	5,6	5,7	2,7	4,2	6,0	12,2	32,2	193,9
	б	176,6	71,6	17,0	10,8	5,9	4,4	2,5	2,9	7,8	10,7	27,6	98,5
МО	а	34,0	23,1	15,5	9,5	5,7	3,6	1,8	3,0	4,7	10,0	19,8	28,8
	б	25,6	18,3	11,2	9,1	4,6	3,1	2,0	2,3	6,9	10,2	17,2	27,0
БИ	а	59,6	35,5	21,3	12,8	6,0	4,8	2,7	3,6	6,9	13,0	26,5	46,4
	б	41,3	35,8	16,7	11,4	6,0	3,9	2,3	2,5	7,6	15,1	27,0	44,0

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)

3.3.6. Индекс суше

Годишње вредности индекса суше према Де Мартоњу (*De Martonne, 1926*) израчунате су према следећој формули:

$$I_{DM} = P/(T+10),$$

где су: I_{DM} годишњи индекс суше, P просечна годишња количина падавина, T просечна годишња температура ваздуха. Просечне годишње вредности индекса суше у Босни и Херцеговини крећу се у интервалу од 35 у Бијељини до 105 на Бјелашници, а према Де Мартоновој класификацији на целој истраживаној територији присутан је перхумидан тип

климе. На готово читавом простору Босне и Херцеговине у периоду 1961–1990. године и у периоду 1991–2016. године годишње вредности индекса суше имају перхумидан карактер, док је једина промена забележена на подручју Бијељине, где је перхумидни тип климе замењен хумидним типом климе.

Месечне вредности индекса суше према Де Мартону (*De Martonne, 1926*) израчунате су према следећој формули:

$$I_{mDM} = 12 * P_m / (T_m + 10),$$

Табела 73. Просечне месечне и годишње вредности индекса суше у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	83	67	57	52	46	43	35	33	46	51	71	94	51
ПР	78	56	47	45	39	36	31	30	42	46	66	80	44
БЛ	83	63	57	50	45	44	35	33	43	44	68	91	49
ДБ	74	57	47	41	43	44	35	30	36	39	59	78	44
БН	61	44	40	34	33	36	26	23	25	30	47	61	35
ТЗ	73	53	45	42	45	48	37	31	34	39	55	75	44
ЗЕ	65	49	40	38	36	35	28	26	34	40	57	74	39
БУ	74	59	51	44	37	35	27	26	39	46	74	90	44
СО	106	77	58	49	46	42	34	31	41	53	80	110	51
СА	87	69	54	46	41	39	32	27	39	50	70	97	47
БЈ	271	330	194	117	76	75	53	57	79	123	169	218	105
ИС	173	157	118	94	56	52	37	37	70	94	146	198	83
ЛИ	117	96	75	62	40	38	21	28	49	68	121	139	59
МО	124	101	81	65	40	28	16	23	46	74	114	131	60
БИ	147	126	96	76	44	34	21	25	55	94	145	167	72

Легенда: Тип климе

a – аридна (< 10)	sa – семиаридна (10–20)	m – медитеранска (20–24)
sh – семихумидна (24–28)	h – хумидна (28–35)	ph – перхумидна (>35)

где су: I_{mDM} месечни индекс суше, P_m просечна месечна количина падавина, T_m просечна месечна температура ваздуха. Просечне месечне вредности индекса суше показују да је клима у северном делу Босне и Херцеговина перхумидна и хумидна током целе године, осим у Бијељини, где је семихумидни тип климе забележен у јулу и септембру, а медитерански тип у августу. У средишњем делу Босне и Херцеговине клима је током дужег дела године перхумидна и хумидна, а семихумидни тип углавном је заступљен у јуну и јулу. У планинским пределима (Соколац, Бјелашница и Иван седло) клима је перхумидна и хумидна током целе године. На подручју Херцеговине перхумидна и хумидна клима заступљена је током већег дела година, осим у сезони лето, у којој преовладава веома сува и топла клима. Најсувљи, семиаридни, тип климе заступљен је у Мостару у јулу, док је исти месец у Ливну и Билећи имао медитерански тип климе, а заступљен је још и у Мостару у августу.

Компаративна анализа годишњег индекса суше у периоду 1991–2016. године у односу на референтни период (1961–1990) показује да је само на подручју Бијељине дошло до промене климатског типа (смањења влажности) где је перхумидни тип климе замењен хумидним типом климе, док је на осталим анализираним станицама перхумидна клима остала непромењена. Компаративна анализа месечних вредности индекса суше у претходно споменути периодима показује да је до промене климатских типова (у правцу повећања аридности) углавном дошло у летњим месецима. У јулу је клима постала семиаридна у

Билећи, а семихумидни тип заменио је перхумидну и хумидну климу у Санском Мосту, Приједору, Бањалуци и Бијељини. С друге стране, у овом месецу забележена је промена климе из хумидне у перхумидну у Добоју и на Сокоцу, док је у Зеници семихумидни тип замењен хумидним. Ипак, најизраженије промене климатских типова забележене су у августу, када је перхумидна клима замењена семихумидном у Санском Мосту, Приједору и Тузли, док су хумидна и семихумидна замењене медитеранском у Бијељини, Зеници, Ливну, Мостару и Билећи. Промена климе у правцу повећања влажности углавном је карактеристична за септембар и октобар, када је хумидна клима замењена перхумидном (Добој, Тузла, Зеница и Сарајево), док је на подручју Бијељине повећање влажности праћено променом типа климе из медитеранског у семихумидни и семихумидног (септембар) у перхумидни (октобар).

Табела 74. Просечне месечне и годишње вредности индекса суше у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	91	64	60	52	47	45	39	40	38	46	70	91	51
	б	76	67	53	53	45	41	29	26	54	57	72	101	50
ПР	а	85	57	51	46	40	37	34	34	35	42	69	82	45
	б	71	55	44	44	39	35	26	26	50	51	64	77	44
БЛ	а	90	64	59	50	46	46	37	38	38	42	69	94	50
	б	78	62	55	50	45	42	32	28	49	47	66	88	48
ДБ	а	74	55	47	40	40	43	33	31	31	32	57	79	42
	б	72	59	46	42	45	45	36	29	41	46	60	78	46
БН	а	63	45	41	35	30	39	28	24	23	26	48	64	35
	б	60	43	38	33	36	33	25	21	27	35	46	59	34
ТЗ	а	76	56	47	45	44	48	38	35	30	33	55	79	45
	б	70	50	44	40	46	47	36	27	38	46	54	70	44
ЗЕ	а	68	48	41	37	36	36	26	28	30	39	58	77	39
	б	62	51	39	39	36	34	30	23	39	41	56	70	39
БУ	а	76	64	50	41	37	35	27	28	35	46	77	98	44
	б	71	53	53	48	37	34	27	24	44	46	70	81	43
СО	а	122	74	57	45	41	42	34	33	35	47	83	115	49
	б	93	80	59	54	51	43	35	30	48	59	78	106	53
СА	а	66	70	56	45	41	41	33	30	34	45	74	99	48
	б	80	69	51	47	41	37	30	25	45	55	66	95	47
БЈ	а	263	290	182	108	76	77	52	60	66	111	157	194	99
	б	280	379	207	128	76	74	54	54	94	137	183	246	111
ИС	а	190	177	132	96	58	52	37	41	58	86	151	203	85
	б	156	135	103	91	55	51	37	31	83	102	141	192	81
ЛИ	а	122	102	82	63	38	42	21	32	42	71	122	141	61
	б	112	88	67	62	41	34	20	23	56	65	120	137	57
МО	а	133	111	92	65	44	30	15	26	38	73	119	132	62
	б	114	90	69	64	37	26	17	20	55	74	107	129	57
БИ	а	158	126	105	80	44	38	22	29	53	87	143	171	74
	б	135	127	85	72	44	31	19	21	58	102	148	162	70

Легенда: Тип климе

а – аридна (< 10)	sa – семиаридна (10–20)	m – медитеранска (20–24)
sh – семихумидна (24–28)	h – хумидна (28–35)	ph – перхумидна (>35)

3.3.7. Број дана са снежним покривачем

Процес формирања снежног покривача у умереним географским ширинама одвија се зими при температури ваздуха испод 0 °C. Снежни покривач представља изузетно важан елемент глобалног климатског система који модификује процес кружења енергије и влаге између атмосфере и Земљине површине, док у хидролошком погледу има улогу резервоара воде (Brown & Robinson, 2005). Снежни покривач такође представља веома битан ресурс који обезбеђује залихе воде за пиће, иригационе системе, хидроенергетска постројења као и за одржавање еко-система у природним речним токовима (Jones et al., 2001). Отопљена вода снежних покривача представља доминантан извор годишњих залиха како за подземне воде тако и за воду у речним токовима. Очекује се да ће глобални пораст температуре ваздуха повећати удео падавина које се излучују у виду кише, редуковати снежне падавине, запремину и постојаност снежног покривача, што ће узроковати његово све раније отапање (Kormann et al., 2015; Simpkins, 2018). Брзина топљења снега утиче на режиме протицаја река, са акцентом на отицаје воде и ризике од поплава, што представљају кључна питања када је реч о управљању водним ресурсима (Barnhart et al., 2016). Као директна последица претходно наведеног, до краја 21. века очекује се ранија појава (30–40 дана) максималних протицаја река у Европи и Северној Америци (Musselman et al., 2017).

Број дана са снежним покривачем у Босни и Херцеговини креће се од 5,6 дана у Мостару до 87,4 дана на Сокоцу. У северном делу истраживаног подручја број дана са снежним покривачем креће се од 38,6 у Бијељини, преко 49,8 у Бањалуци, до 51,3 у Санском Мосту и најчешће се јављају од новембра до марта. Појава броја дана са снежним покривачем од 58,2 и 64,2 дана јавља се у Бугојну и Сарајеву, док просечан број оваквих дана у Ливну износи 38,9. Недостатак анализе броја дана представља непостојање континуираних дуготрајних мерења на станицама у вишим планинским пределима, која би пружила свеобухватнију слику уоченог тренда загревања на дужину трајања снежног покривача.

Табела 75. Просечни месечни и годишњи број дана са снежним покривачем у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	16,3	12,8	5,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,7	12,2	51,3
БЛ	16,3	12,4	4,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,3	12,3	49,8
БН	14,2	9,9	3,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	9,0	38,6
БУ	17,6	13,6	6,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,7	14,5	58,2
СО	24,9	20,4	13,6	2,9	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,9	6,6	18,0	87,4
СА	19,9	14,6	6,7	1,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	5,2	15,2	64,2
ЛИ	10,6	10,0	5,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,1	9,1	38,9
МО	2,2	1,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,1	5,6

Табела 76. Просечна месечна и годишња учесталост (%) дана са снежним покривачем у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	52,7	45,5	16,5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	12,2	39,2	14,0
БЛ	52,4	44,2	15,5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	11,0	39,5	13,6
БН	45,7	35,4	10,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	29,2	10,6
БУ	56,6	48,6	21,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	15,6	46,9	15,9
СО	80,2	72,8	43,7	9,8	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	2,8	22,1	57,9	23,9
СА	64,3	52,2	21,6	5,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	17,3	49,2	17,6
ЛИ	34,3	35,7	16,2	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	10,3	29,3	10,7
МО	7,2	6,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	3,5	1,5

У периоду 1961–2016. године најзначајнији негативни трендови броја дана са снежним покривачем утврђени су на Сокоцу ($p < 0,01$), у Бијељини ($p < 0,01$) и у Санском Мосту ($p < 0,05$), где је тај број смањен по линији тренда за 4,8 дана по деценији, 4,6 дана по деценији и 3,4 дана по деценији, респективно. Инсигнификантни негативни трендови броја дана са снежним покривачем забележени су још у Бањалуци, Бугојну и Сарајеву, док је једини позитивни инсигнификантни тренд броја оваквих дана забележен у Ливну. На подручју Мостара није утврђено постојање тренда у временској серији.

Табела 77. Декадни тренд просечног годишњег броја дана са снежним покривачем у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

М. с.	СМ	БЛ	БН	БУ	СО	СА	ЛИ	МО
Број дана	-3,4	-3,3	-4,6	-0,9	-4,8	-0,5	0,3	0,0

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

Компаративна анализа просечног годишњег броја дана са снежним покривачем у периоду 1991–2016. у односу на референтни климатолошки период (1961–1990) показује да је у већем делу Босне и Херцеговине смањен просечан годишњи број дана са снежним покривачем, од 2 до 3 дана у Санском Мосту, Бањалуци и Мостару, док је највеће смањење од 8,9 и 12 дана забележено на подручју Бијељине и Сокоца. Повећање броја дана са снежним покривачем (0,2–4,3 дана) забележено је у Бугојну, Сарајеву и Ливну. Анализа одступања годишњег броја тропских дана од просека стандардног климатолошког периода показује да је на подручју Санског Моста, Бијељине, Сокоца и Мостара већина година након 1990. имала мањи број дана са снежним покривачем у односу на просек референтног периода.

Табела 78. Просечни месечни и годишњи број дана са снежним покривачем у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

М. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
СМ	а	16,6	12,9	5,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,9	12,8	52,4
	б	16,0	12,5	4,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,4	11,3	50,0
	-	-0,6	-0,4	-1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	-0,5	-1,4	-2,4
БЛ	а	16,4	12,1	5,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	12,7	50,5
	б	16,0	12,7	4,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,1	11,7	48,9
	-	-0,4	0,5	-0,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	-0,3	-1,0	-1,6
БН	а	16,5	10,6	3,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	9,8	42,8
	б	11,4	9,1	2,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	8,2	33,9
	-	-5,1	-1,5	-1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	-1,7	-8,9
БУ	а	17,3	13,4	6,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	15,6	58,1
	б	17,9	13,9	7,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,6	13,1	58,3
	-	0,6	0,5	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	-0,2	-2,5	0,2
СО	а	26,6	21,2	13,8	2,9	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,7	7,3	20,2	93,0
	б	22,8	19,5	13,3	3,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	5,9	15,4	81,0
	-	-3,8	-1,7	-0,5	0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	-1,3	-4,8	-12,0
СА	а	20,8	14,0	5,8	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	4,9	16,0	63,4
	б	18,9	15,3	7,8	1,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	5,6	14,4	65,1
	-	-1,9	1,2	2,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,7	-1,6	1,7
ЛИ	а	10,5	8,5	4,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	9,8	36,9
	б	10,8	12,0	6,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,1	8,0	41,2
	-	0,4	3,5	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	-1,8	4,3

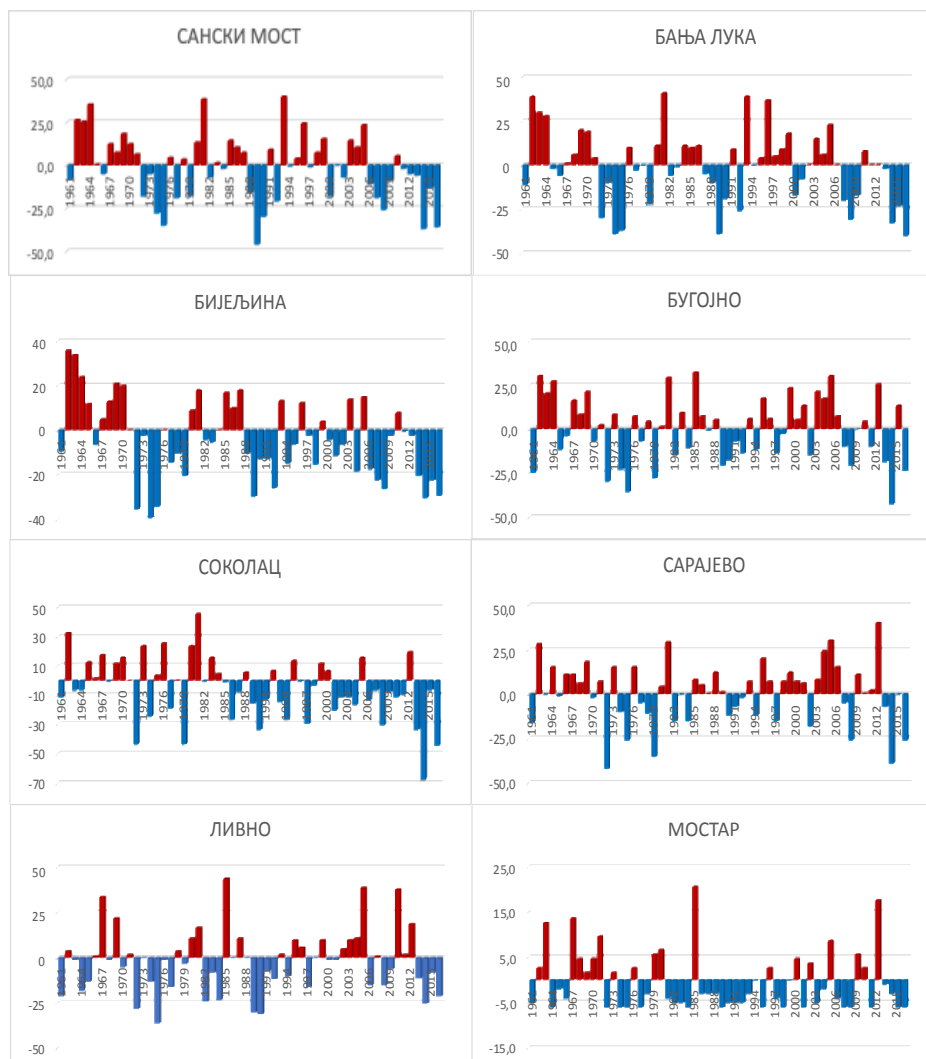
МО	а	2,9	1,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,2	6,2
	б	1,5	2,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	4,8
	-	-1,3	0,7	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-1,5

Табела 79. Промена дистрибуција (D) просечног годишњег броја дана са снежним покривачем између периода 1961–1990. и 1991–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

М. с.	СМ	БЛ	БН	БУ
D	0,182	0,174	0,303	0,095
М. с.	СО	СА	ЛИ	МО
D	0,364	0,100	0,190	0,131

Статистичка значајност: **p < 0,01 (болд)**, *p < 0,05 (италик)*

У већем делу Босне и Херцеговине између два наведена периода (1961–1990. и 1991–2016. године) дистрибуција годишњег броја дана са снежним покривачем није статистички значајно промењена. Резултати Колмогоров-Смирнов теста показују да су промене дистрибуције просечног годишњег броја дана са снежним покривачем статистички значајне ($p < 0,05$) само на подручју Сокоца.



Графикон 34. Промене годишњег просечног броја дана са снежним покривачем – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

4. АНАЛИЗА ПРОТИЦАЈА РЕКА У БОСНИ И ХЕРЦЕГОВИНИ

Савремене промене водности река у Босни и Херцеговини одређене су анализом протицаја која је извршена за период 1961–2016. године, на основу података са хидролошких станица за које постоје дугогодишња осматрања: Приједор (Сана) и Врбања (Врбања). С обзиром на то да на већини хидролошких станица постоје дугогодишњи прекиди у раду, у ратном и постратном периоду, компаративна анализа између периода 1961–1990. године и 2001–2016. године извршена је за све хидролошке станице приказане у Табели 80.

Табела 80. Географски положај анализираних хидролошких станица у Босни и Херцеговини

Река	Х. с.	Кота “0” (m)	Одстојање од ушћа (km)	Површина слива (km ²)
Уна	Краље (КР)	208,8	136,0	3639,0
Сана	Сански Мост (СМ)	156,0	65,0	2008,0
	Приједор (ПР)	129,7	31,2	3191,0
Врбања	Врбања (ВР)	166,2	8,5	778,0
	Рељево (РЕ)	478,5	262,0	1093,0
Босна	Завидовићи (ЗА _Б)	200,7	125,0	4939,0
	Маглај (МА)	164,8	97,0	6540,0
Криваја	Олово (ОВ)	527,3	64,0	737,0
	Завидовићи (ЗА _К)	204,3	2,0	1387,0
Лашва	Мердани (МЕ)	357,5	2,2	950,0
Биоштица	Биоштица (БШ)	536,0	1,5	411,0
Ступчаница	Оловске Луке	543,5	1,5	285,0
	(ОЛ)			
Требижат	Хумац (ХУ)	64,8	24,0	907,0

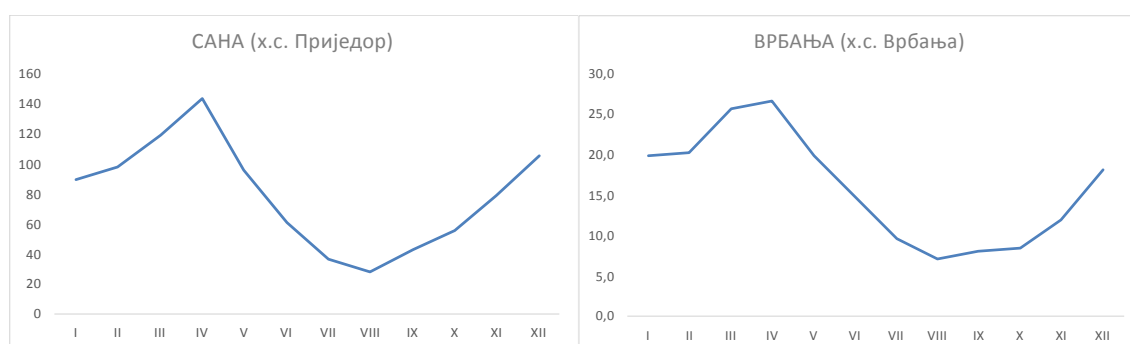
Протицаји река детерминисани су климатским условима одређеног простора, док се на глобалном плану њихова модификација врши утицајем климатских промена као и разним антропогеним активностима (Schneider et al., 2013; Su et al., 2018). Ако узмемо у обзир да је речни протицај примаран елемент водног режима, онда следи да је анализа протицаја на нивоу речних басена неопходна за ефикасно планирање и управљање водним ресурсима и представља најважнији предуслов за успешан водни менаџмент (Croitoru & Minea, 2014). Такође, дугорочним изучавањем и праћењем речног протицаја омогућава се и проучавање варијабилности климе (превасходно падавина) на регионалном нивоу. У том погледу, протицаји имају предност у односу на изоловано осматрање падавина на метеоролошким и падавинским станицама, јер протицај река представља рефлексију не само падавина већ и комбинованог дејства евапотранспирације, литолошке подлоге, морфологије терена и вегетационог покривача (Pasquini & Depetris, 2007). Истраживање речних режима има дугу историју у науци, а примењује се за опис сезонске расподеле протицаја унутар хидролошке године у природним речним системима (Harris et al., 2000). Режији протицаја уско су повезани с климом и одражавају утицај временске и просторне дистрибуције падавина, температуре и евапотранспирације на ток реке, иако карактеристике слива, попут морфологије, геологије и вегетације, модификују овај однос (Beckinsale, 1969). Режији протицаја су есенцијални регулатори геоморфолошких процеса у речном кориту и у плавним површинама. Такође, Режији протицаја имају изузетно битан утицај на топлотне режиме у рекама, затим на екохидролошка својства и биодиверзитет у речним еко-системима (Garner et al., 2014; Hannah et al., 2004).

4.1. Просечни месечни и годишњи протицаји

Просечни месечни и годишњи протицаји река у Босни и Херцеговини анализирани су на реци Сани (х. с. Приједор) и Врбањи (х. с. Врбања). Анализирани хидролошки профили смештени су у северном делу Босне и Херцеговине (доњи делови тока наведених река) и припадају сливу реке Саве. Просечни протицај Сане (профил Приједор) у периоду 1961–2016. године износи $79,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Највећи просечни месечни протицаји јављају се у априлу ($143,8 \text{ m}^3/\text{s}$) и марту ($119,2 \text{ m}^3/\text{s}$), док се секундарни пик просечних месечних протицаја јавља у децембру ($105,2 \text{ m}^3/\text{s}$). Највеће вредности протицаја током пролећног дела године јављају се као последица топлења снега и повећања просечне количине падавина. Секундарни максимум протицаја јавља се као последица секундарног максимума падавина који је карактеристичан за новембар. С друге стране, најмањи протицаји забележени су у августу ($28,2 \text{ m}^3/\text{s}$) и јулу ($36,9 \text{ m}^3/\text{s}$). Иако током летњег периода не долази до дефицита падавина, најмањи протицаји јављају се услед највише температуре ваздуха. Реку Сану одликују највећи протицаји у априлу и марту, а најнижи у августу и септембру, што је према Илешичевој класификацији речних режима сврстава у реке плувио-нивалног режима, посавске варијанте (Дукић & Гавриловић, 2008). Просечни протицај Врбање (профил Врбања) у периоду 1961–2016. година износи $15,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Идентично као код Сане, највећи протицаји карактеристични су за април ($26,5 \text{ m}^3/\text{s}$) и март ($25,6 \text{ m}^3/\text{s}$), а њихова појава у вези је са повећаном количином падавина и пролећним отапањем снега у вишим деловима слива. Најмањи протицаји условљени су највишим вредностима температуре ваздуха и негативним трендом падавина, а јављају се у августу ($7,0 \text{ m}^3/\text{s}$) и септембру ($8,0 \text{ m}^3/\text{s}$). Са највишим протицајима у априлу и марту и најнижим у августу и септембру Врбања спада у реке плувио-нивалног режима, умерено-континенталне варијанте (Дукић & Гавриловић, 2008).

Табела 81. Просечни месечни и годишњи протицаји (m^3/s) на Сани и Врбањи у периоду 1961–2016. године

Х. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
ПР	89,5	97,9	119,2	143,8	96,2	61,0	36,9	28,2	43,2	55,3	79,1	105,2	79,6
ВР	19,8	20,2	25,6	26,5	19,7	14,9	9,6	7,0	8,0	8,3	11,9	18,1	15,8



Графикон 35. Хидрограми просечних месечних протицаја (m^3/s) на Сани и Врбањи у периоду 1961–2016. године

Највећи просечни годишњи протицаји у периоду 1961–2016. године осмотрени су 2014. године на Сани (Приједор) и Врбањи (Врбања). Највећи протицаји на профилима Приједор и Врбања јављају се у години са највећом количином падавина које су измерене на најближим/суседним метеоролошким станицама (Приједор и Бањалука). Међу осталим

годинама са највећим протицајима у 21. веку углавном се јављају 2001, 2005. и 2010. година. Иако су највећи протицаји забележени након 2000. године, најбројније међу годинама са највећим протицајима биле су године из 20. века. Најмањи протицаји на свим анализираним хидролошким профилима забележени су 2011. године. Исте године забележене су и најмање количине падавина на подручју Приједора и Бањалуке, односно на метеоролошким станицама које се налазе непосредно код хидролошких профила на Сани и Врбањи. Међу годинама са најмањим протицајима најчешће су биле 1990, 2007. и 2012. година. Појава најмањих протицаја доминантно је карактеристична за период након 1990. године, када тренд загревања постаје израженији.

Табела 82. Године са највећим (а) и најнижим (б) протицајима Сане и Врбање у периоду 1961–2016. године

Х. с.		ПП		ВР	
а	г.	m ³ /s	г.	m ³ /s	
1.	2014	116,5	2014	28,1	
2.	1980	112,7	1999	24,6	
3.	2010	108,6	1970	23,7	
4.	1991	107,1	2005	22,8	
5.	1970	106,6	1980	22,3	
6.	1974	102,5	1981	21,9	
7.	1995	99,3	2001	21,8	
8.	1976	98,6	1964	21,7	
9.	1964	96,1	1991	21,3	
10.	1981	95,8	1976	20,2	
Х. с.		ПП		ВР	
б	г.	m ³ /s	г.	m ³ /s	
1.	2011	36,1	2011	2,7	
2.	1990	45,5	2003	6,1	
3.	1994	46,1	1990	6,6	
4.	2003	50,0	2013	6,8	
5.	2000	53,4	2000	7,7	
6.	2007	57,6	2012	8,2	
7.	2012	58,8	2007	9,7	
8.	1971	61,4	1994	11,6	
9.	1961	62,8	1988	11,7	
10.	1998	63,7	1979	12,6	

Анализа просечних годишњих протицаја по пентадама показује да се међу три најводније пентаде налазе оне из периода пре 1990. године. Пентада 1976–1980. била је најводнија на оба анализирана хидролошка профила, док се као друга и трећа најводнија пентада на профилима Приједор и Врбања издвајају пентаде 1966–1970. и 1961–1965, респективно. Најсушнија пентада на профилима Приједор и Врбања била је 1986–1990, док се као друга пентада са најмањим протицајима издваја 2011–2015. Треба истаћи да су се међу пентадама са најмањим протицајима на Сани и Врбањи, из периода након 1990. године, (осим 2011–2015) нашле и 1991–1995. и 1996–2000. Иако је пентада са најмањим протицајима (2011–2015) била уједно и најтоплија, може се извести закључак да је поред израженог тренда загревања након 1990. године, присутан релативно мали број пентада са најмањим протицајима од 1991. године.

Табела 83. Петогодишњи највећи и најмањи протицаји на Сани и Врбањи у периоду 1961–2016. године

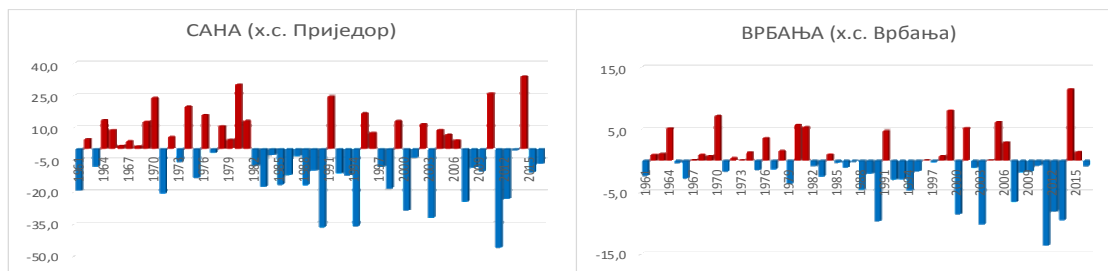
пентада	ПР		ВР	
	q (m ³ /s)	ранг	q (m ³ /s)	ранг
61–65	82,3	3.	82,3	3.
66–70	91,3	2.	91,3	2.
71–75	79,4	6.	79,4	6.
76–80	94,4	1.	94,4	1.
81–85	75,9	8.	75,9	8.
86–90	66,3	11.	66,3	11.
91–95	78,6	7.	78,6	7.
96–00	75,4	9.	75,4	9.
01–05	80,6	4.	80,6	4.
06–10	79,6	5.	79,6	5.
11–15	72,8	10.	72,8	10.

Анализа промене просечних годишњих протицаја река, у виду одступања од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990), указује на смањење протицаја река у односу на просек из референтног периода. На оба анализирана хидролошка профила забележено је 16 година са исподпросечним вредностима протицаја у односу на стандардни климатолошки период, што представља јасан индикатор смањења протицаја река. Њихова континуална појава постаје израженија од 2006. године, што је у складу са значајним трендом загревања ваздуха, који је претходно утврђен за ово подручје. У периоду 1961–2016. године годишњи и месечни трендови просечних протицаја показују изразиту хетерогеност. На профилима Приједор и Врбања забележени су инsigнификантни негативни трендови просечних годишњих протицаја. Највеће смањење утврђено је на профили Приједор (-2,6 m³/s по деценији), па затим на профили Врбања (-0,6 m³/s по деценији). Инsigнификантни негативни трендови протицаја утврђени су у скоро свим месецима на свим анализираним хидролошким станицама. Статистички значајни негативни трендови утврђени су на профили Приједор у јуну (-4,4 m³/s по деценији) и августу (-1,9 m³/s по деценији) и на Врбањи у фебруару (-2,4 m³/s по деценији), августу (-0,7 m³/s по деценији) и децембру (-2,1 m³/s по деценији). С друге стране, незнатни позитивни трендови утврђени су само у марту (х. с. Приједор) и октобру (х. с. Приједор). Утврђени негативни трендови протицаја присутни су током целе године, што је у кореспонденцији са инsigнификантним негативним/позитивним трендовима падавина и сигнификантним трендовима температуре ваздуха. Инsigнификантни негативни трендови годишњих падавина утврђени су на метеоролошким станицама Приједор и Бања Лука, што је рефлектовано кроз негативне годишње трендове протицаја на Сани и Врбањи.

Табела 84. Декадни тренд просечних месечних и годишњих протицаја (m³/s) у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

Х. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
ПР	-1,6	-1,0	1,9	-1,6	-2,9	-4,9	-4,4	-1,9	-1,0	0,6	-2,8	-5,8	-2,6
ВР	-1,4	-2,4	1,5	-0,1	-0,8	-1,4	-1,1	-0,7	-0,6	-0,3	-0,9	-2,1	-0,6

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

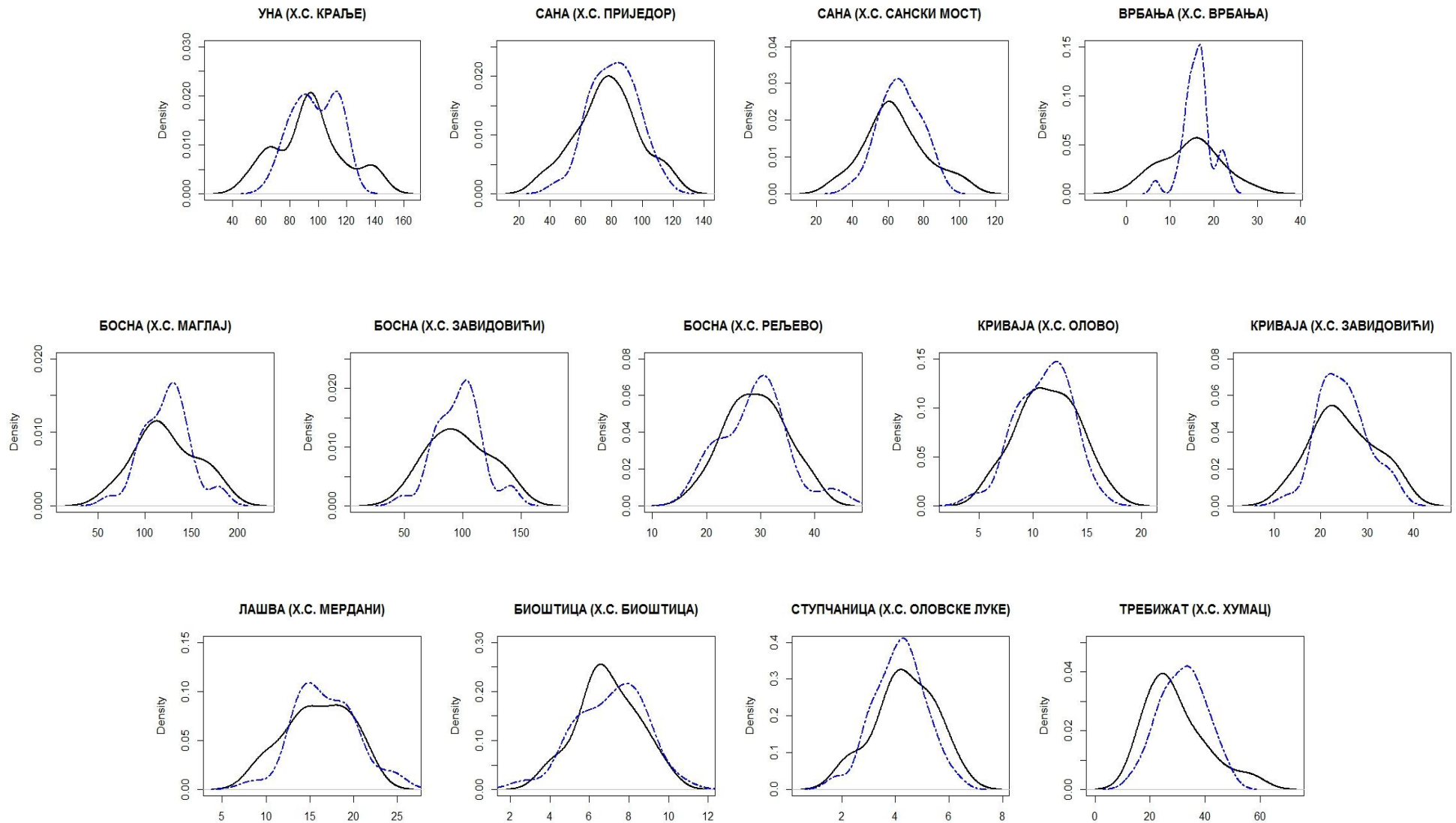


Графикон 36. Промене просечних годишњих протицаја – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

Компаративна анализа просечних годишњих протицаја река у периоду 1961–1990. године и у периоду 2001–2016. године показује да у другом периоду у сливовима Уне, Сане и Врбање просеци из референтног периода нису надмашени (1961–1990). Просечни годишњи протицаји смањени су на профилима Краље ($-3,5 \text{ m}^3/\text{s}$), Сански Мост ($-2,7 \text{ m}^3/\text{s}$), Приједор ($-4,1 \text{ m}^3/\text{s}$) и Врбања ($-1,7 \text{ m}^3/\text{s}$). Готово неприметне промене протицаја на реци Босни у односу на период 1961–1990. године утврђене су на профилима Рељево ($0,1 \text{ m}^3/\text{s}$) и Маглај ($-0,7 \text{ m}^3/\text{s}$). Незнатне годишње промене протицаја забележене су и на Криваји (х. с. Олово $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$) Лашви (х. с. Мердани $-0,9 \text{ m}^3/\text{s}$) и Ступчаници (х. с. Оловске Луке $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$), док је профилима Биоштица утврђено благо смањење водности ($-0,2 \text{ m}^3/\text{s}$). До промене водности између два истраживана периода није дошло на профилима Завидовићи (Босна) и Завидовићи (Криваја). Претежно смањење годишњих протицаја у вези је са претходно утврђеним инкохерентним позитивним-негативним трендовима падавина, с обзиром на то да поред значајног тренда загревања није дошло до повећаног смањења водности анализираних река. На свим анализираним хидролошким станицама просечни месечни протицаји повећани су, у периоду 2001–2016. године, у марту и септембру, док је у јулу и децембру забележено смањење на свим профилима у односу на референтни просек. Оваква месечна дистрибуција протицаја такође је у складу са позитивним/негативним трендовима падавина, што додатно потврђује да су протицаји снажно условљени дистрибуцијом падавина.

Табела 85. Просечни месечни и годишњи протицаји (m³/s) река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 2001–2016 (б) године

Х. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
КР	а	112,4	119,7	134,0	156,4	118,6	81,3	50,9	39,8	48,3	71,7	105,7	134,3	97,8
	б	119,2	124,0	142,2	146,5	99,9	68,4	40,6	36,4	58,4	62,7	104,4	128,8	94,3
	-	6,8	4,3	8,2	-10,0	-18,7	-12,9	-10,3	-3,4	10,1	-9,0	-1,2	-5,5	-3,5
ПР	а	88,6	101,2	118,1	144,6	104,8	67,7	44,4	31,0	38,8	56,2	77,6	106,2	81,6
	б	92,1	101,5	138,8	142,5	87,8	55,9	24,5	24,9	47,9	52,3	69,9	92,3	77,5
	-	3,4	0,3	20,8	-2,1	-17,0	-11,8	-19,9	-6,1	9,2	-3,9	-7,7	-14,0	-4,1
СМ	а	68,3	77,3	94,9	121,2	90,3	56,7	38,0	26,2	33,0	46,4	63,9	85,6	66,8
	б	74,6	76,6	103,4	117,6	78,5	51,2	25,0	22,6	42,7	42,0	57,5	78,1	64,2
	-	6,3	-0,8	8,5	-3,6	-11,8	-5,5	-13,1	-3,6	9,7	-4,4	-6,4	-7,5	-2,6
БР	а	21,5	22,8	26,1	26,2	20,3	15,3	10,7	7,3	7,8	9,1	11,4	19,0	16,4
	б	15,7	15,1	27,4	26,2	20,8	16,0	8,0	7,2	9,2	7,4	10,1	13,6	14,8
	-	-5,8	-7,7	1,3	0,0	0,4	0,6	-2,8	-0,1	1,5	-1,7	-1,2	-5,4	-1,6
МА	а	131,5	162,2	188,4	209,8	170,8	108,9	73,5	51,6	55,7	77,9	104,5	144,7	123,3
	б	144,9	137,0	222,7	211,7	161,0	109,0	66,0	49,5	63,8	75,6	99,8	129,8	122,6
	-	13,4	-25,2	34,3	2,0	-9,7	0,1	-7,5	-2,1	8,1	-2,3	-4,8	-14,9	-0,7
ЗА _Б	а	104,4	125,6	146,0	169,3	135,2	84,8	55,6	39,9	42,9	60,5	83,1	115,1	96,9
	б	116,0	106,9	173,9	173,4	126,1	83,5	49,0	38,0	50,7	60,0	78,3	106,6	96,9
	-	11,6	-18,7	27,9	4,0	-9,1	-1,2	-6,6	-1,9	7,8	-0,5	-4,9	-8,5	0,0
РЕ	а	29,2	33,4	40,3	51,5	43,4	24,2	15,8	11,7	13,9	20,5	28,8	34,8	29,0
	б	33,3	29,2	48,5	52,2	39,7	23,0	13,1	10,5	15,2	21,2	29,3	34,2	29,1
	-	4,0	-4,2	8,1	0,7	-3,8	-1,2	-2,7	-1,2	1,3	0,7	0,4	-0,7	0,1
ОВ	а	9,3	13,5	19,5	19,2	15,0	10,1	7,7	4,9	5,0	6,6	8,8	12,3	11,0
	б	12,3	11,8	21,6	19,4	15,1	11,0	6,1	4,7	6,3	7,5	9,2	10,9	11,3
	-	3,1	-1,7	2,1	0,3	0,1	0,9	-1,6	-0,2	1,3	0,9	0,4	-1,4	0,3
ЗА _К	а	24,3	32,4	43,1	41,1	33,1	22,2	16,2	10,2	10,9	14,0	19,7	30,2	24,8
	б	29,2	27,7	47,8	39,6	30,2	23,7	14,4	11,4	14,8	15,8	19,5	24,2	24,8
	-	4,9	-4,7	4,8	-1,5	-2,9	1,5	-1,8	1,2	3,9	1,8	-0,2	-6,0	0,0
МЕ	а	17,0	20,6	24,3	29,2	24,4	17,0	11,1	8,3	8,4	9,9	13,4	18,2	16,8
	б	17,1	17,2	26,0	29,2	21,8	15,7	10,1	7,8	9,5	9,7	11,2	15,9	15,9
	-	0,1	-3,4	1,7	0,0	-2,6	-1,3	-0,9	-0,5	1,1	-0,2	-2,2	-2,3	-0,9
БШ	а	6,4	8,8	12,2	11,7	9,4	6,3	4,7	3,3	3,4	4,5	6,0	8,1	7,1
	б	8,0	7,2	12,7	11,2	9,2	6,7	3,8	3,1	3,9	4,5	5,8	7,1	6,9
	-	1,6	-1,6	0,5	-0,5	-0,3	0,4	-0,8	-0,2	0,5	0,0	-0,2	-1,0	-0,2
ОЛ	а	3,4	5,0	7,6	7,8	5,7	3,9	2,9	1,5	1,6	2,5	3,2	4,7	4,1
	б	4,0	4,0	8,5	8,1	6,6	4,6	2,2	1,7	2,6	2,9	3,2	4,0	4,4
	-	0,6	-1,0	0,9	0,3	0,9	0,7	-0,7	0,2	1,0	0,4	0,0	-0,7	0,3
ХУ	а	56,3	56,0	52,1	41,8	29,0	16,4	8,0	5,5	8,1	17,7	39,5	53,3	32,2
	б	57,8	58,0	54,7	41,4	21,7	12,4	5,5	3,2	7,7	13,5	32,5	49,4	29,5
	-	1,5	2,0	2,6	-0,4	-7,3	-4,0	-2,5	-2,3	-0,4	-4,2	-7,0	-3,9	-2,7



Графикон 37. Функције густине вероватноће просечних годишњих протицаја у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 2001–2016 (пуна линија)

Графикони функција густине вероватноће показују да су дистрибуције просечних годишњих протицаја на свим анализираним хидролошким станицама забележиле незнатна померања према вишим/нижим вредностима у периоду 1991–2016. године у односу на референтни период (1961–1990). Резултати Колмогоров–Смирнов теста показују да утврђена померања дистрибуција према вишим и нижим вредностима нису статистички значајна.

Табела 86. Промена дистрибуција просечних годишњих протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године (резултати Колмогоров–Смирнов теста)

Х. с.	КР	ПР	СМ	ВР	
D	0,217	0,217	0,258	0,279	
Х. с.	МА	ЗА _Б	РЕ	ОВ	
D	0,183	0,183	0,142	0,183	
Х. с.	ЗА _К	МЕ	БШ	ОЛ	ХУ
D	0,142	0,175	0,163	0,213	0,321

Статистичка значајност: **p < 0,01 (болд)**, *p < 0,05 (италик)*

4.2. Просечни сезонски протицаји

На анализираним хидролошким станицама у Босни и Херцеговини најводнија сезона је пролеће, а просечни протицаји река износе 119,7 m³/s (х. с. Приједор) и 23,9 m³/s (х. с. Врбања). Највише вредности протицаја у овој сезони последица су највећих протицаја, који се по правилу јављају у марту и априлу. Друга најводнија сезона на анализираним рекама је зима. Иако се најмање падавина излучи током зиме, више вредности протицаја у овој сезони резултат су ранијег топљења снега у вишим деловима слива. Најмањи протицаји на Сани карактеристични су за сезону лето (42,0 m³/s), док се најмањи протицаји на Врбањи (9,4 m³/s) јављају у сезони јесен.

Табела 87. Просечни сезонски протицаји (m³/s) река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

Х. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН
ПР	98,2	119,7	42,0	59,2
ВР	19,5	23,9	10,5	9,4

Анализа петогодишњих просечних сезонских протицаја показује да су пентаде са највећим протицајама, готово у свим сезонама, забележене у периоду пре 1990. године. Пентада са највећим протицајима у сезони зима била је 1976–1980. на профилу Приједор, док ја профилу Врбања иста пентада била друга најводнија. Најмањи протицаји на анализираним профилима у овој сезони забележени су у пентади 1986–1990, док је друга пентада са најмањим протицајима на профилу Врбања била из 21. века (2011–2015). Пентаде са највећим протицајима у сезони пролеће биле су такође из периода 1961–1990. године. Пентада 1981–1985. била је најводнија на профилима Приједор и Врбања. Две пентаде (1976–1980 и 1966–1970) са највећим протицајима у периоду пре 1990. године, забележене су у сезони лето на профилу Приједор, док су две пентаде са најмањим протицајима (1996–2000 и 2011–2015) забележене након 1990. године, што је у кореспонденцији са израженим трендом загревања присутним у овој сезони. Идентично као на профилу Приједор, пентаде са најмањим протицајима на профилу Врбања осмотрене су у периоду 1996–2000. и 2011–2015. године. С друге стране, највеће вредности протицаја на овом профилу забележене су након

1990. године. Највећи јесећи протицаји на профилима Приједор и Врбања осмотрени су у пентади 1971–1975. На анализираним профилима Приједор и Врбања најмањи протицаји забележени су у периоду пре 1990. године. Најсушнија пентада на профилу Приједор била је 1981–1985, а на профилу Врбања 1986–1990. На основу претходно анализираних петогодишњих сезонских просека, може се закључити да периоди са најмањим протицајима немају правилну временску дистрибуцију, јер је њихова појава регистрована пре и после 1990. године, која се условно третира као преломна тачка када је у питању израженији тренд загревања ваздуха. Исто важи и за сезону лето, али треба истаћи да је у овој сезони утврђена најправилнија дистрибуција пентада (две пентаде) са најмањим протицајима, чија појава је карактеристична за крај 20. и почетак 21. века.

Табела 88. Петогодишњи просечни сезонски протицаји река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

Сезона	ЗИМА				ПРОЛЕЋЕ			
	Пентада	ПР	ранг	ВР	ранг	ПР	ранг	ВР
61–65	105,7	4.	25,4	3.	131,1	2.	27,4	2.
66–70	126,4	2.	27,5	1.	130,6	3.	22,9	6.
71–75	77,3	10.	16,3	8.	96,0	11.	21,2	10.
76–80	126,7	1.	25,6	2.	127,6	4.	22,8	8.
81–85	92,8	8.	19,4	5.	135,2	1.	28,0	1.
86–90	60,5	11.	11,7	11.	114,3	8.	22,7	9.
91–95	89,0	9.	19,3	6.	110,0	9.	20,5	11.
96–00	110,6	3.	24,2	4.	102,4	10.	23,3	5.
01–05	93,9	7.	16,5	7.	127,1	5.	25,4	3.
06–10	101,9	5.	15,6	9.	117,3	7.	22,9	7.
11–15	95,6	6.	12,9	10.	125,0	6.	25,4	4.
Сезона	ЛЕТО				ЈЕСЕН			
Пентада	ПР	ранг	ВР	ранг	ПР	ранг	ВР	ранг
61–65	39,4	7.	8,4	9.	55,4	6.	8,7	7.
66–70	57,9	2.	13,1	3.	50,8	8.	7,7	9.
71–75	53,0	3.	12,2	4.	84,8	1.	13,5	1.
76–80	59,6	1.	13,2	2.	66,1	4.	10,8	3.
81–85	34,4	9.	10,4	6.	43,0	11.	9,0	6.
86–90	42,0	5.	9,4	8.	45,1	10.	6,8	11.
91–95	50,3	4.	11,7	5.	70,3	2.	11,1	2.
96–00	21,8	11.	6,0	11.	65,9	5.	9,6	5.
01–05	35,3	8.	14,8	1.	68,0	3.	10,4	4.
06–10	41,9	6.	10,2	7.	49,8	9.	7,5	10.
11–15	28,1	10.	6,4	10.	52,9	7.	8,5	8.

Декадни линеарни трендови просечних сезонских протицаја река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године показују статистички инsigнификантну тенденцију опадања на анализираним хидролошким станицама. Такође, уочени су негативни трендови током целе године на свим станицама. Статистички значајан ($p < 0,01$) пад протицаја утврђен је у сезони лето на станицама Приједор и Врбања ($-3,9 \text{ m}^3/\text{s}/\text{деценија}$ и $-2,2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{деценија}$, респективно), док је једини статистички значајан ($p < 0,05$) негативни тренд у сезони зима забележен на профилу Врбања ($-2,2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{деценија}$). Уочени негативни трендови протицаја одражавају тенденцију загревања, која је присутна изнад укупног простора Босне и Херцеговине, нарочито лети, заједно са инsigнификантним углавном негативним

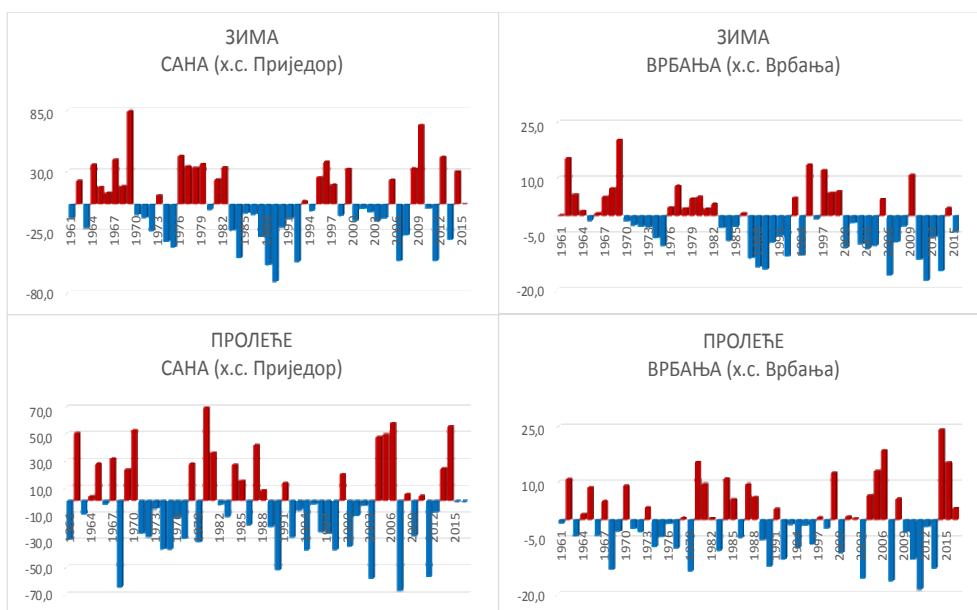
трендовима падавина. Међутим, упркос израженом тренду загревања и slabим трендовима падавина, статистички инsigнификантни трендови протицаја указују да падавине имају највећи утицај на протицај река. Најслабија тенденција смањења протицаја присутна је у сезонама пролеће и јесен, што је у кореспонденцији са најслабијом тенденцијом загревања ваздуха у овим сезонама, али и са позитивним инsigнификантим трендовима падавина, који имају примаран утицај на сезонску дистрибуцију протицаја.

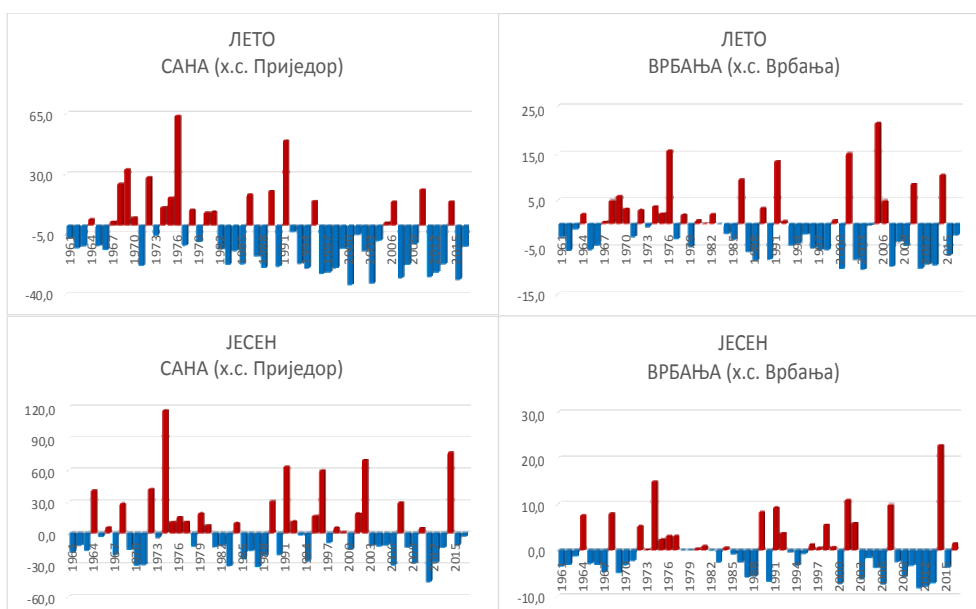
Табела 89. Декадни тренд просечних протицаја (m^3/s) река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

Х. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН
ПР	-2,1	-0,5	-3,9	-0,6
ВР	-2,2	-0,2	-1,2	-0,5

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

Анализа промене просечних сезонских протицаја, у виду одступања од просека референтног периода (1961–1990), потврђује да је негативна тенденција протицаја присутна у свим годишњим сезонама, али и да она постаје израженија од 1990. године. Уочене промене су најизраженије у сезони лето, када је забележен највећи број година са исподпросечним вредностима у односу на референтни период. Најмањи број година са изнадпросечним вредностима у односу на просек из референтног периода (1961–1990) у сезони лето забележен је на профилу Приједор (6), док је тај број година на профилу Врбања износио 8 година. На профилу Приједор у истој сезони се издваја највећи број сукцесивних година са исподпросечним вредностима у односу на просек из периода 1961–1990. године, а тај број износи 9 година (1996–2004). С друге стране, највећи број сукцесивних година са просецима мањим у односу на референтни период забележен је у сезони зима на хидролошком профилу Врбања у периоду 2000–2004. године. На истој станици забележен је и највећи број сукцесивних година са просецима у односу на референтни период у сезони јесен (2008–2013), док је највећи сукцесивни број оваквих година на профилу Приједор износио 4 (2003–2006). Доминантан број година са изнадпросечним вредностима у свим сезонама, индикатор је смањења водности река, што је у сагласности са претходно утврђеним израженим трендом загревања и незнатним трендовима падавина, који су присутни у целој Босни и Херцеговини.





Графикон 38. Промене просечних сезонских протицаја – одступање од просека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

Компаративна анализа просечних сезонских протицаја река у Босни и Херцеговини показује да је у периоду 2001–2016. године у односу на стандардни климатолошки период (1961–1990), на свим хидролошким станицама забележено смањење протицаја у сезони лето. Смањење просечних протицаја у односу на референтни просек, у овој сезони се кретало у интервалу од 25,6% на профилу Приједор до 0,6% на профилу Завидовићи_{КРИВАЈА}. Изражено смањење протицаја у сезони зима забележено је на свим анализираним станицама у сливу реке Босне (од 5,6% на профилу Маглај до 0,8% на профилу Олово) и на профилу Врбања (29,2%), док је незнатно повећање забележено на профилима Краље (3,3%), Сански Мост (0,4%) и Хумац (1%). Незнатне промене водности забележене су у сезони пролеће на свим анализираним хидролошким профилима. Смањење протицаја у овој сезони забележено је у сливовима Уне (Краље – 5%), Сане (Приједор – 4,8% и Сански Мост – 2,3%) и Требижата (Хумац – 3%), док је у сливу Врбање и Босне углавном забележено повећање протицаја. Највеће повећање протицаја у сезони пролеће забележено је на хидролошком профилу Маглај (4,7%). Повећање просечних протицаја у сезони јесен забележено је на највећем броју профила. Највеће повећање протицаја у овој сезони утврђено је на профилу Приједор (6,3%), а највеће смањење на профилу Хумац (17%). Незнатна повећања протицаја у овој сезони забележена су на профилима Сански Мост, Врбања, Маглај, Биоштица и Краље (до 2,2%) у односу на просеке из периода 1961–1990. године.

Промене протицаја између два наведена периода представљене су графиконима функција густине вероватноће. Приказани графикони показују да су дистрибуције просечних сезонских протицаја забележиле незнатна померања према вишим и нижим вредностима на готово свим анализираним станицама у периоду 2001–2016. године у односу на период 1961–1990. Резултати Колгоморов-Смирнов теста показују да су дистрибуције просечних сезонских протицаја забележиле статистички значајно ($p > 0,05$) померање према нижим вредностима у сезони зима на профилу Врбања (Врбања) и у сезони лето на профилу Хумац (Требижат).

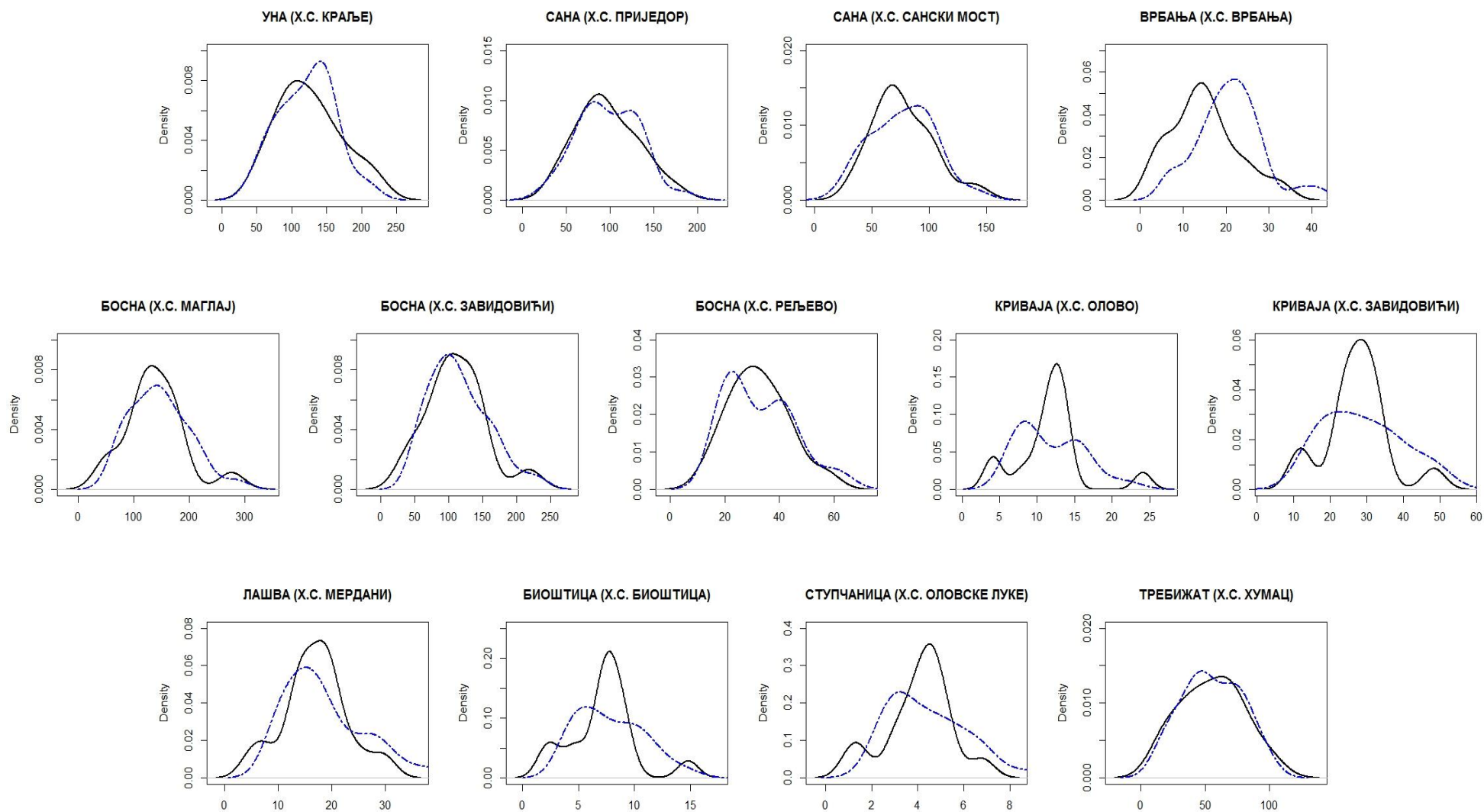
Табела 90. Просечни сезонски протицаји (m³/s) река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 2001–2016 (б) године

Х. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН	Х. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН		
КР	а	122,1	136,3	57,3	74,9	ОВ	а	11,8	17,9	7,6	6,8
	б	126,1	129,5	48,4	75,2		б	11,7	18,7	7,3	7,7
	-	4,0	-6,8	-8,9	0,3		-	-0,1	0,8	-0,3	0,9
ПР	а	98,2	122,5	47,7	57,5	ЗА _к	а	28,9	39,1	16,2	14,8
	б	97,1	116,6	35,5	61,1		б	27,2	39,2	16,1	16,7
	-	-1,1	-5,9	-12,2	3,6		-	-1,7	0,1	-0,1	1,9
СМ	а	77,3	102,1	40,3	47,4	МЕ	а	18,7	25,6	12,1	10,6
	б	77,6	99,8	32,9	47,6		б	17,0	25,7	11,2	10,1
	-	0,3	-2,3	-7,4	0,3		-	-1,7	0,1	-0,9	-0,4
ВР	а	21,2	24,2	11,1	8,8	БШ	а	7,9	11,0	4,7	4,6
	б	15,0	24,8	10,4	9,0		б	7,5	11,1	4,5	4,7
	-	-6,3	0,6	-0,7	0,2		-	-0,4	0,1	-0,2	0,1
МА	а	147,0	189,6	78,0	79,4	ОЛ	а	4,4	7,0	2,8	2,4
	б	138,7	198,5	74,8	79,7		б	4,0	7,7	2,6	2,9
	-	-8,3	8,9	-3,2	0,3		-	-0,4	0,7	-0,2	0,5
ЗА _б	а	113,2	150	60,1	62,2	ХУ	а	54,6	40,9	10,1	21,8
	б	110,8	158	56,8	63,0		б	54,9	39,7	7,1	17,9
	-	-2,4	8,3	-3,3	0,8		-	0,3	-1,2	-3,1	-3,9
РЕ	а	32,8	45,1	17,3	21,1						
	б	32,4	46,8	15,5	21,9						
	-	-0,4	1,7	-1,8	0,8						

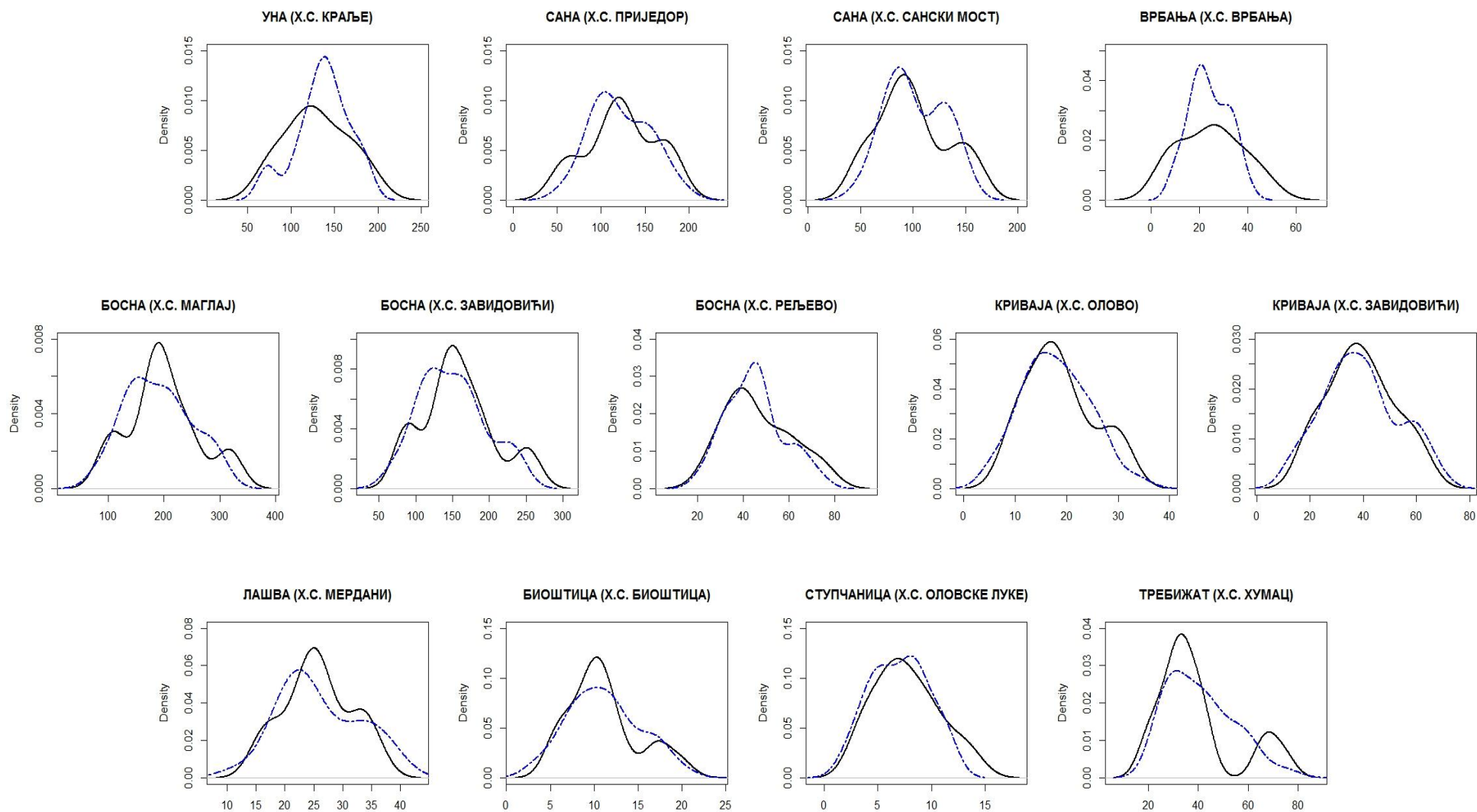
Табела 91. Промена дистрибуција (D) просечних сезонских протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

Х. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН	Х. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН
КР	0,198	0,263	0,338	0,154	ОВ	0,347	0,154	0,138	0,233
ПР	0,149	0,183	0,313	0,150	ЗА _к	0,313	0,104	0,213	0,229
СМ	0,154	0,167	0,217	0,117	МЕ	0,175	0,183	0,275	0,188
ВР	<i>0,460</i>	0,217	0,371	0,363	БШ	0,280	0,188	0,208	0,233
МА	0,175	0,213	0,271	0,146	ОЛ	0,211	0,146	0,150	0,283
ЗА _б	0,175	0,213	0,333	0,179	ХУ	0,110	0,233	<i>0,458</i>	0,267
РЕ	0,149	0,192	0,188	0,175					

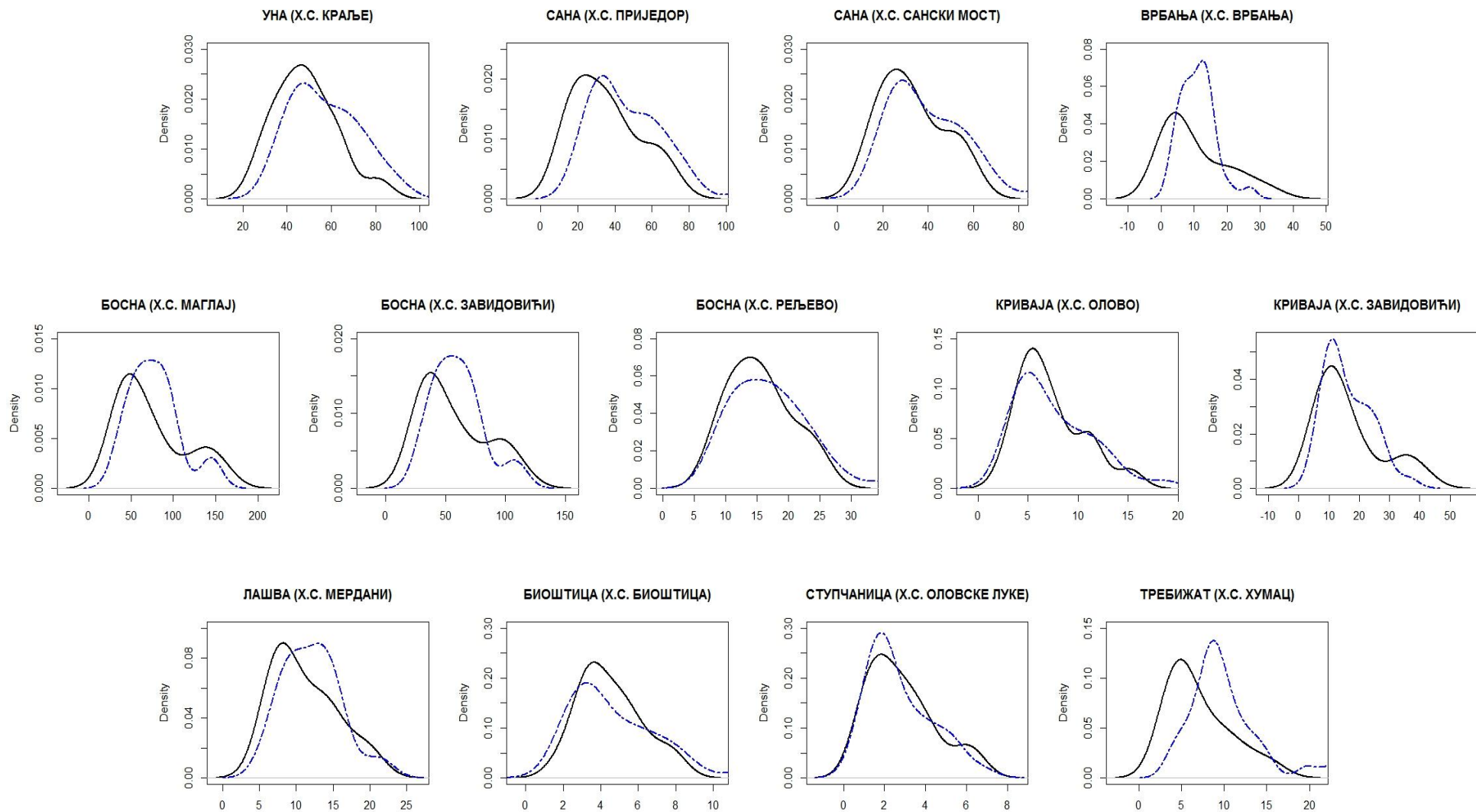
Статистичка значајност: **p < 0,01 (болд)**, *p < 0,05 (италик)*



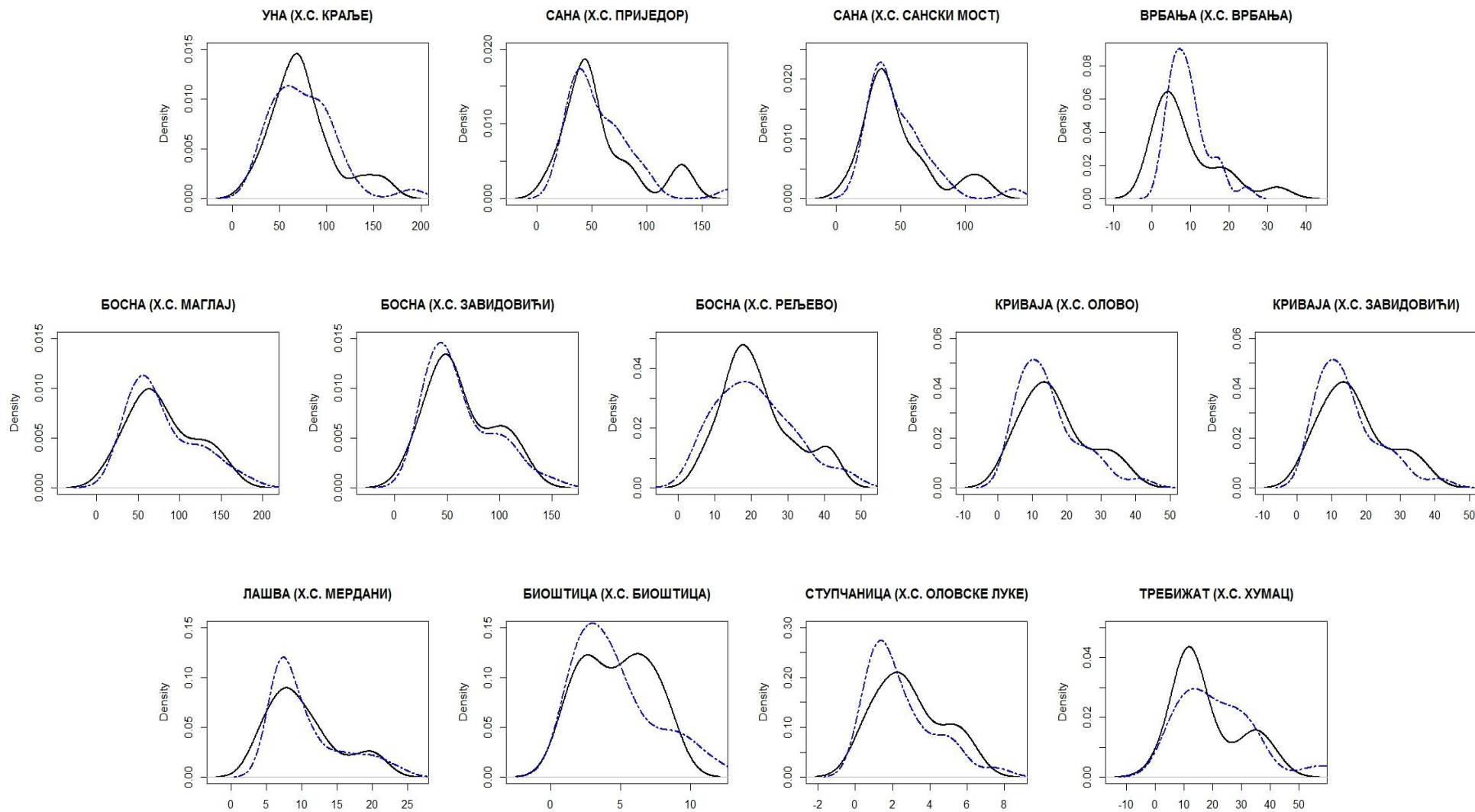
Графикон 39. Функције густине вероватноће просечних протицаја река у сезони зима у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 2001–2016 (пуна линија)



Графикон 40. Функције густине вероватноће просечних протицаја река у сезони пролеће у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 2001–2016 (пуна линија)



Графикон 41. Функције густине вероватноће просечних протицаја река у сезони лето у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 2001–2016 (пуна линија)



Графикон 42. Функције густине вероватноће просечних протицаја река у сезони јесен у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 2001–2016 (пуна линија)

4.3. Максимални и минимални протицаји

Компаративна анализа максималних протицаја река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990. године и у периоду 2001–2016. године показује да су у другом периоду на готово половичном броју анализираних хидролошких станица надмашени максимуми из стандардног климатолошког периода. Годишњи максимуми протицаја у периоду 1991–2016. године били су виши у односу на период 1961–1990. на профилима Сански Мост, Маглај, Олово и Оловске Луке, а највеће повећање осмотрено је на профилу Завидовићи_{БОСНА} (62,5%). Смањење апсолутно максималних протицаја осмотрено је на профилима Приједор, Рељево, Завидовићи_{КРИВАЈА}, Мердани и Биштица, док је највеће смањење осмотрено на профилу Краље (17%), Месечни максимуми протицаја у периоду 1991–2016. године порасли су у односу на период 1961–1990. на свим анализираним профилима у септембру (од 1% на профилу Сански Мост до 59,2% на профилу Завидовићи_{БОСНА}), док је на готово свим станицама у октобру, новембру и децембру дошло до смањења максималних протицаја.

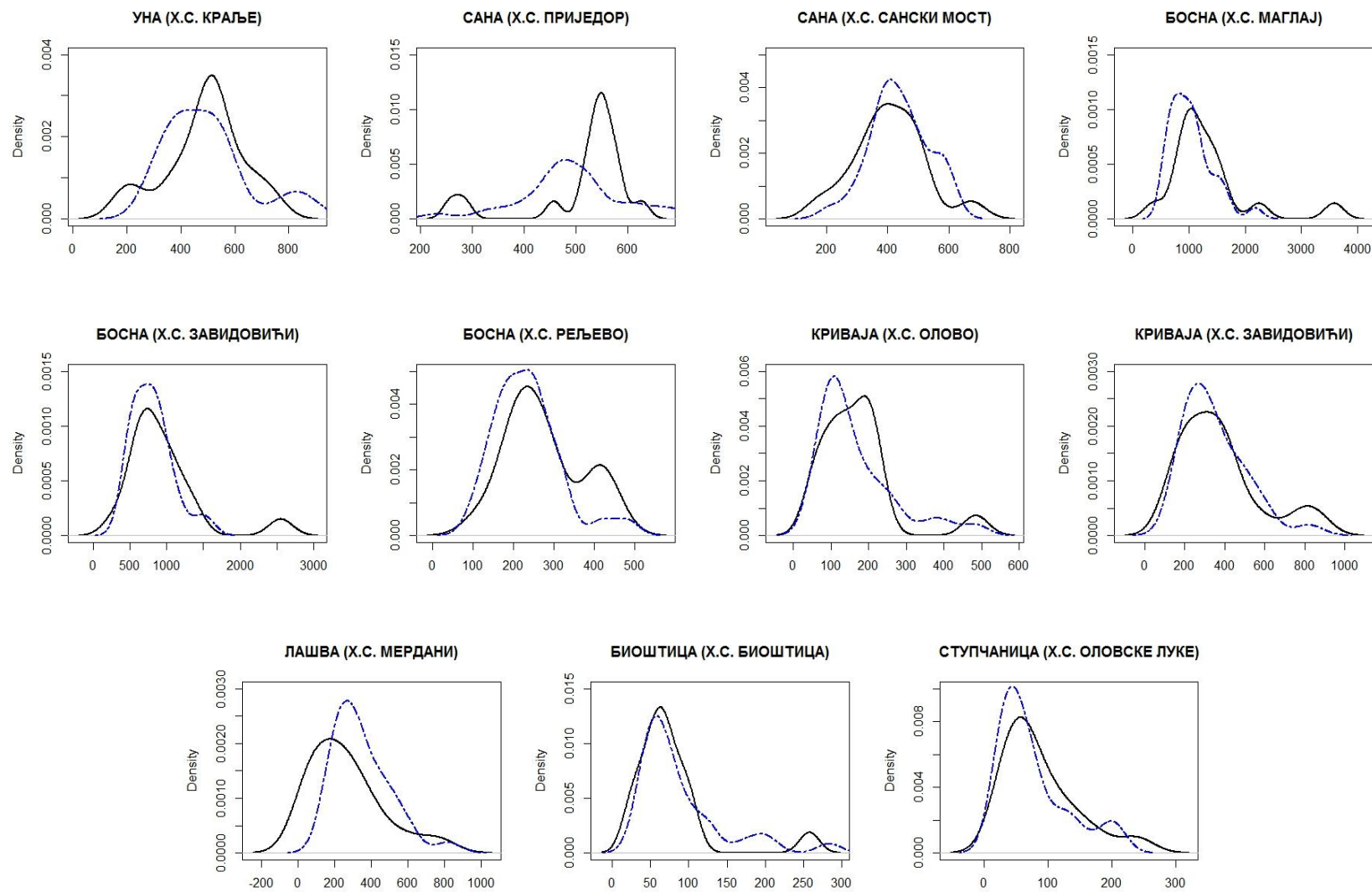
Компаративна анализа апсолутно минималних протицаја у периоду 1961–1990. године и у периоду 1991–2016. године показује да је у другом периоду у сливовима Уне и Сане дошло до смањења вредности минималних протицаја у односу на референтни период (Краље 19%, Приједор 18,1% и Сански Мост до 28,1%). С друге стране, повећање минималних протицаја забележено је у сливу Босне (од 11,3% до 176,2%), док на чак три (Рељево, Биштица и Оловске Луке) станице није дошло до промене минималних протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године. Месечни минимални протицаји у периоду 1991–2016. године већином су забележили пораст у односу на референтни период у мају и јуну, док је на свим анализираним станицама забележено повећање апсолутних минимума у септембру. Смањење минималних вредности протицаја у односу на период 1961–1990. године забележено је у свим сезонама (изузев у септембру), док је највећем броју станица најизраженије смањење осмотрено у децембру и јануару (по осам хидролошких станица). Занимљивост представља и податак да је на профилима Биштица и Оловске Луке промена минималних протицаја готово неприметна (разлике у свим месецима $< 1 \text{ m}^3/\text{s}$, а на профилу Оловске Луке чак шест месеци имају идентичне протицаје у оба анализирани периода).

Табела 92. Апсолутно максимални месечни и годишњи протицаји (m³/s) река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 2001–2016 (б) године

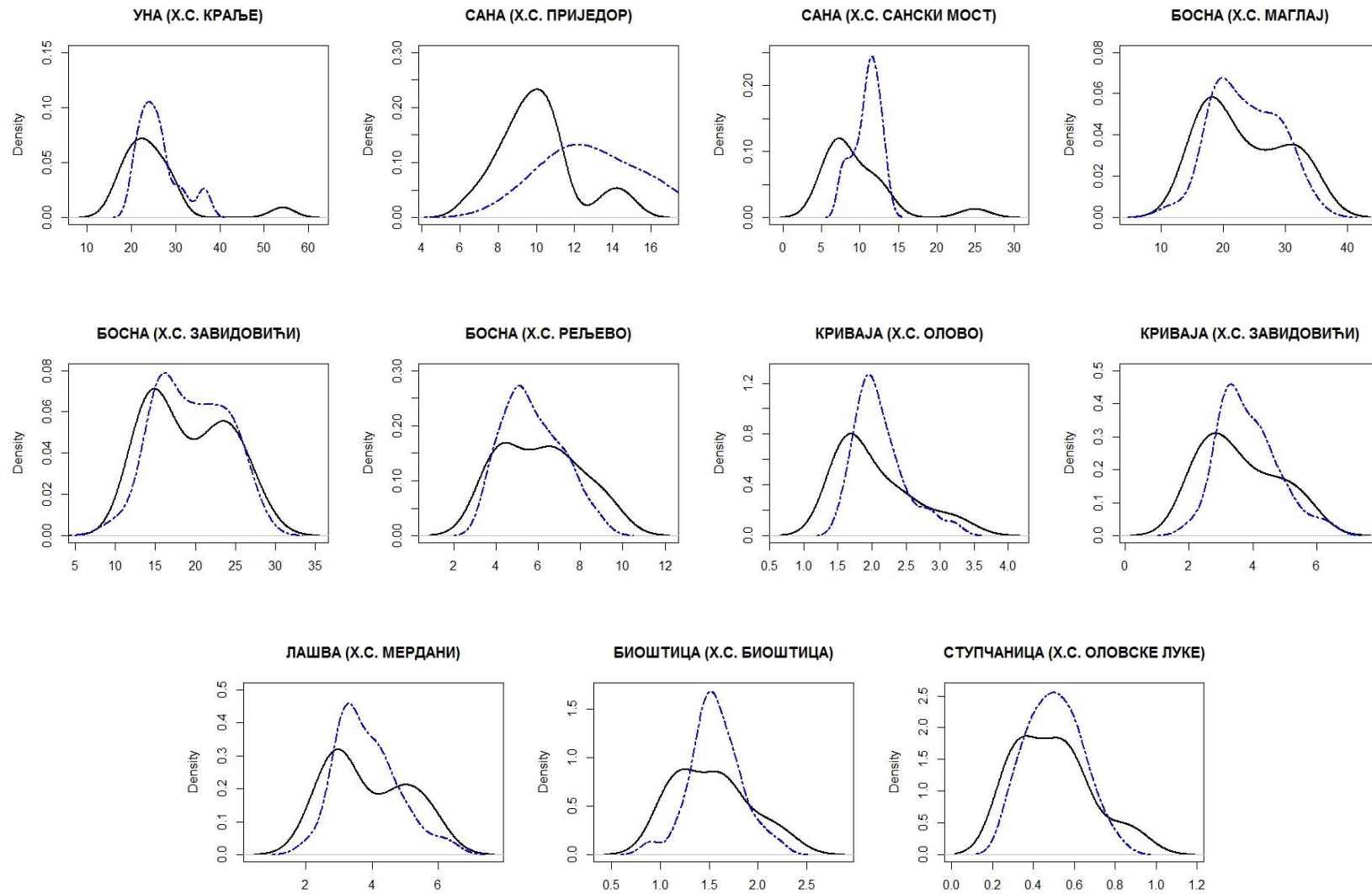
Х. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
КР	а	818,1	565,3	452,9	441,8	356,2	265,1	282,9	253,2	364,7	567,3	835,4	894,9	894,9
	б	743,0	634,6	471,9	557,9	484,0	265,0	205,0	175,0	513,0	428,6	480,4	724,0	743,0
	-	-75,1	69,3	19,0	116,1	127,8	-0,1	-77,9	-78,2	148,3	-138,7	-355,0	-170,9	-151,9
ПР	а	616,1	677,8	520,8	511,2	596,9	528,7	588,6	717,7	533,6	654,6	461,4	603,8	717,7
	б	573,0	626,0	537,0	551,0	551,0	548,0	263,0	395,0	551,0	545,0	579,0	564,0	626,0
	-	-43,1	-51,8	16,2	39,8	-45,9	19,3	-325,6	-322,7	17,4	-109,6	117,6	-39,8	-91,7
СМ	а	576,8	493,7	521,4	469,1	586,5	420,5	517,9	581,2	498,9	600,4	409,4	577,7	600,4
	б	494,0	464,0	490,7	516,7	672,0	489,0	220,3	276,0	504,0	360,5	337,8	466,5	672,0
	-	-82,8	-29,7	-30,7	47,6	85,5	68,5	-297,5	-305,2	5,1	-240,0	-71,6	-111,2	71,6
МА	а	1180,8	1164,2	1172,9	1117,6	2177,0	837,7	765,7	745,8	570,1	1578,0	1232,5	1680,5	2177,0
	б	1600,0	1307,0	1382,8	1360,2	3579,0	1557,9	2243,3	1042,0	729,0	1044,1	1176,9	1068,0	3579,0
	-	419,2	142,8	209,9	242,6	1402,0	720,1	1477,5	296,2	158,9	-533,9	-55,6	-612,5	1402,0
ЗАБ	а	1023,6	923,0	930,0	987,3	1570,9	677,0	586,6	658,8	393,3	1175,9	1127,2	1429,7	1570,9
	б	1276,0	1102,0	866,8	1052,9	2552,0	1008,9	1382,2	731,0	626,0	778,1	877,0	906,0	2552,0
	-	252,4	179,0	-63,3	65,6	981,1	331,9	795,6	72,2	232,7	-397,8	-250,2	-523,7	981,1
РЕ	а	252,2	252,0	289,0	253,3	239,9	301,5	142,5	194,3	103,4	417,6	350,1	480,9	480,9
	б	232,0	291,0	232,9	247,6	445,0	301,5	147,0	194,3	201,5	417,6	324,4	285,5	445,0
	-	-20,2	39,0	-56,1	-5,7	205,1	0,0	4,5	0,0	98,0	0,0	-25,7	-195,4	-35,9
ОВ	а	101,5	204,3	144,2	260,9	484,0	139,1	404,5	147,9	85,2	282,0	359,4	241,1	484,0
	б	136,0	216,0	170,5	161,0	485,0	197,7	59,2	187,1	110,0	219,5	191,2	162,0	485,0
	-	34,5	11,7	26,3	-99,9	1,0	58,6	-345,3	39,2	24,8	-62,5	-168,3	-79,1	1,0
ЗАК	а	360,2	272,8	320,9	372,5	821,3	394,1	548,6	324,2	162,0	474,9	589,0	488,4	821,3
	б	296,0	332,0	358,2	347,1	863,0	574,7	765,9	347,1	247,5	435,0	305,8	229,4	765,9
	-	-64,2	59,2	37,4	-25,4	41,7	180,5	217,3	22,8	85,5	-39,9	-283,2	-259,0	-55,5
МЕ	а	360,2	272,8	320,9	372,5	821,3	394,1	548,6	324,2	162,0	474,9	589,0	488,4	821,3
	б	242,0	134,1	358,2	347,1	258,9	574,7	765,9	347,1	247,5	435,0	305,8	229,4	765,9
	-	-118,2	-138,7	37,4	-25,4	-562,5	180,5	217,3	22,8	85,5	-39,9	-283,2	-259,0	-55,5
БШ	а	68,3	74,7	99,0	122,5	284,0	77,1	192,9	87,3	34,6	170,0	206,3	95,3	284,0
	б	77,9	60,4	67,9	86,2	258,0	79,6	23,9	96,2	60,3	66,8	59,3	95,3	258,0
	-	9,6	-14,3	-31,1	-36,3	-26,0	2,5	-169,0	8,9	25,7	-103,2	-147,0	0,0	-26,0
ОЛ	а	61,1	126,6	97,2	191,4	205,0	89,2	154,8	36,6	44,4	133,5	205,0	123,7	205,0
	б	42,1	47,7	74,5	92,4	239,0	176,1	39,7	119,9	69,5	143,9	59,1	77,3	239,0
	-	-18,9	-78,9	-22,7	-99,1	34,0	86,8	-115,2	83,3	25,1	10,4	-145,9	-46,4	34,0

Табела 93. Апсолутно минимални месечни и годишњи протицаји (m³/s) река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 2001–2016 (б) године

Х. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
КР	а	25,8	22,6	31,0	43,6	38,9	28,3	24,7	20,1	20,1	20,5	21,5	26,1	20,1
	б	34,0	25,0	40,2	43,3	34,0	28,8	22,8	20,0	19,0	16,3	16,3	16,3	16,3
	-	8,2	2,4	9,2	-0,3	-5,0	0,5	-1,9	0,0	-1,1	-4,2	-5,2	-9,8	-3,8
ПР	а	15,3	12,1	20,8	30,8	22,6	18,1	12,1	9,3	8,4	8,1	10,7	15,8	8,1
	б	11,2	9,4	17,7	14,3	12,3	10,8	7,4	7,2	6,6	8,0	9,0	8,4	6,6
	-	-4,1	-2,7	-3,1	-16,5	-10,3	-7,3	-4,7	-2,1	-1,8	-0,1	-1,7	-7,4	-1,5
СМ	а	12,4	11,1	17,3	28,2	19,2	13,1	9,5	8,1	7,7	7,4	8,1	13,2	7,4
	б	6,1	12,8	20,3	22,7	18,4	13,3	8,0	5,3	5,3	6,1	7,3	8,4	5,3
	-	-6,3	1,7	3,0	-5,5	-0,8	0,1	-1,4	-2,8	-2,4	-1,3	-0,7	-4,8	-2,1
МА	а	27,5	19,4	38,2	45,8	39,3	27,6	16,0	11,8	11,8	12,2	19,0	29,7	11,8
	б	27,2	22,5	50,8	49,0	44,6	31,2	19,7	16,2	15,2	16,8	18,7	18,7	15,2
	-	-0,3	3,1	12,6	3,2	5,3	3,6	3,7	4,4	3,4	4,6	-0,3	-11,0	3,4
ЗАБ	а	22,2	16,1	32,2	39,4	34,1	24,5	13,5	10,3	10,3	10,1	15,6	22,4	10,1
	б	23	23	45	43	38	27	16	13	13	15	17	18	13
	-	1,2	6,4	12,8	3,8	3,9	2,1	2,7	2,9	2,8	4,6	1,2	-4,8	3,0
РЕ	а	5,8	5,1	7,1	11,3	10,8	6,3	5,6	4,8	3,7	3,8	4,0	5,6	3,7
	б	3,8	5,1	11,7	14,3	10,8	7,9	4,8	4,0	3,7	3,8	4,0	5,8	3,7
	-	-2,0	0,0	4,6	3,0	0,0	1,6	-0,8	-0,8	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
ОВ	а	1,7	1,7	2,2	2,1	2,9	2,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	2,0	1,6
	б	1,6	2,5	1,9	3,2	2,6	2,5	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,6	1,5
	-	-0,1	0,8	-0,3	1,1	-0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,4	-0,1
ЗАК	а	4,9	4,3	4,6	4,2	5,4	4,1	2,5	2,1	2,1	2,1	2,7	3,3	2,1
	б	21,4	28,5	31,3	30,7	21,6	16,3	9,4	7,7	5,8	14,0	22,1	17,3	5,8
	-	16,5	24,2	26,7	26,5	16,2	12,2	7,0	5,6	3,7	12,0	19,4	14,0	3,7
МЕ	а	4,9	4,3	4,6	4,2	5,4	4,1	2,5	2,1	2,1	2,1	2,7	3,3	2,1
	б	3,9	3,8	8,1	5,1	3,8	4,1	2,3	2,3	2,4	2,7	2,9	2,6	2,3
	-	-1,0	-0,5	3,5	0,9	-1,6	0,0	-0,2	0,2	0,3	0,6	0,2	-0,7	0,2
БИ	а	1,5	1,4	1,7	1,6	2,0	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9	0,9	1,4	0,9
	б	1,1	1,4	2,2	2,4	1,4	1,6	1,4	1,1	1,1	1,2	1,0	1,0	1,0
	-	-0,4	-0,1	0,5	0,8	-0,6	-0,1	0,0	-0,1	0,1	0,2	0,0	-0,5	0,0
ОЛ	а	0,6	0,3	0,5	0,5	0,7	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
	б	0,3	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
	-	-0,3	0,4	0,3	0,3	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



Графикон 43. Функције густине вероватноће максималних протицаја у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)



Графикон 44. Функције густине вероватноће минималних протицаја у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (испрекидана линија) и 1991–2016 (пуна линија)

Функције густине вероватноће годишњих максималних протицаја показују да померања дистрибуција према вишим/нижим вредностима у периоду 1991–2016. године нису била изражена, док резултати Колмогоров-Смирнов теста показују да забележене промене годишњих максималних протицаја река у Босни и Херцеговини између претходно два наведена периода на свим анализираним хидролошким станицама нису статистички значајне. Изузетак је профил Приједор, где је забележено једино статистички значајно ($p < 0,05$) смањење максималних протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године.

Табела 94. Промена дистрибуција максималних годишњих протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

Х. с. D	КР 0,196	ПР <i>0,454</i>	СМ 0,267	
Х. с. D	МА 0,283	ЗА _Б 0,208	РЕ 0,267	ОВ 0,221
Х. с. D	ЗА _К 0,129	МЕ 0,363	БШ 0,192	ОЛ 0,229

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

Функције густине вероватноће минималних протицаја река у Босни и Херцеговини показују израженије померање дистрибуција према вишим/нижим вредностима у периоду 1991–2016. године у односу на максимуме протицаја из периода 1961–1990. године. Резултати Колмогоров-Смирнов теста показују да забележене промене дистрибуција годишњих минималних протицаја, углавном нису биле статистички значајне, док су једина значајна померања према нижим вредностима утврђена на профилима Приједор ($p < 0,01$) и Сански Мост ($p < 0,05$).

Табела 95. Промена дистрибуција минималних годишњих протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године (резултати Колмогоров-Смирнов теста)

Х. с. D	КР 0,313	ПР 0,708	СМ 0,496	
Х. с. D	МА 0,308	ЗА _Б 0,246	РЕ 0,233	ОВ 0,400
Х. с. D	ЗА _К 0,342	МЕ 0,267	БШ 0,338	ОЛ 0,208

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

4.4. Варијабилност протицаја

4.4.1. Коэффициент колебања (варијације) протицаја

Коэффициент колебања протицаја представља однос између стандардне девијације и просечног протицаја. Веће вредности коефицијента колебања указују на веће расипање података око њихове просечне вредности, односно мању репрезентативност просечне вредности, док мање указују супротно. Просечни годишњи коефицијенти колебања у периоду 1961–2016. године у северном делу Босне и Херцеговине износе 0,22 на профилу Приједор и 0,30 на профилу Врбања. На основу вредности коефицијената колебања, а према класификацији *Црногорац & Тошић (2005)*, река Врбања припада групи река са умереним колебањем, а Сана групи река са малим колебањем протицаја. На месечном нивоу, убедљиво највише вредности коефицијента колебања на сва три анализирана профила забележене су у периоду од маја до децембра, кад се сваки месец налази у категорији протицаја са великим колебањима. На профилу Врбања сваки месец (изузев априла, који је био у категорији река са већим колебањем) нашао се у категорији протицај са великим колебањем, док је најмањи број оваквих месеци забележен на профилу Приједор. Најмање просечно месечно колебање протицаја забележено је у априлу на оба профила. Умерено колебање протицаја у овом месецу забележено је на профилу Приједор (0,35), док су се протицаји на профилу Врбања нашли у категорији „веће колебање”. Највећи коефицијенти колебања протицаја на профилу Приједор забележени су у септембру (0,94) и октобру (0,91), а на профилу Врбања у августу (1,10) и септембру (1,25).

Табела 96. Просечни месечни и годишњи коефицијенти колебања протицаја Сана и Врбање у периоду 1961–2016. године

Х. с.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
ПР	0,50	0,44	0,40	0,35	0,54	0,58	0,66	0,89	0,94	0,91	0,56	0,52	0,22
ВР	0,57	0,54	0,57	0,47	0,76	0,83	0,81	1,10	1,25	0,94	0,69	0,61	0,30

Легенда: Тип колебања

мало колебање (< 0,26)	умерено колебање (0,26–0,35)
веће колебање (0,36–0,50)	велико колебање (> 0,51)

Табела 97. Просечни месечни и годишњи коефицијенти колебања протицаја река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–1990 (а) и 1991–2016 (б) године

Х. с.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
КР	а	0,47	0,42	0,32	0,27	0,34	0,34	0,28	0,38	0,47	0,84	0,54	0,44	0,16
	б	0,50	0,47	0,30	0,38	0,41	0,35	0,34	0,50	0,90	0,56	0,45	0,56	0,26
ПР	а	0,55	0,46	0,40	0,33	0,53	0,52	0,54	0,88	0,70	1,07	0,55	0,45	0,19
	б	0,48	0,41	0,36	0,46	0,59	0,68	0,51	0,93	1,20	0,81	0,56	0,61	0,27
СМ	а	0,58	0,47	0,40	0,33	0,51	0,51	0,55	0,81	0,70	1,03	0,52	0,47	0,17
	б	0,45	0,40	0,35	0,44	0,60	0,48	0,47	0,87	1,16	0,70	0,50	0,58	0,28
ВР	а	0,55	0,49	0,58	0,40	0,64	0,52	0,57	0,66	0,78	0,99	0,52	0,45	0,21
	б	0,58	0,51	0,60	0,68	0,99	1,25	1,27	1,74	1,81	1,04	1,03	0,86	0,46
МА	а	0,58	0,43	0,41	0,37	0,48	0,43	0,54	0,61	0,64	0,81	0,57	0,46	0,21
	б	0,52	0,41	0,38	0,37	0,70	0,66	0,68	0,76	1,03	0,68	0,59	0,66	0,27
ЗА _б	а	0,60	0,42	0,39	0,36	0,44	0,42	0,49	0,56	0,59	0,80	0,57	0,50	0,20
	б	0,51	0,41	0,36	0,38	0,65	0,58	0,59	0,71	1,00	0,68	0,56	0,68	0,27
РЕ	а	0,63	0,48	0,38	0,31	0,39	0,47	0,49	0,57	0,63	0,91	0,58	0,46	0,21

ОВ	б	0,41	0,35	0,35	0,38	0,52	0,37	0,36	0,48	0,76	0,63	0,65	0,63	0,19
	а	0,51	0,49	0,48	0,49	0,73	0,52	0,71	0,80	0,73	0,92	0,76	0,51	0,22
ЗА _к	а	0,59	0,47	0,50	0,50	0,70	0,53	0,60	0,84	0,75	0,88	0,72	0,55	0,21
	б	0,41	0,38	0,41	0,48	0,69	0,82	0,86	0,96	1,27	0,68	0,67	0,62	0,27
МЕ	а	0,58	0,45	0,31	0,32	0,41	0,38	0,46	0,42	0,44	0,61	0,59	0,48	0,21
	б	0,47	0,37	0,27	0,30	0,45	0,41	0,44	0,53	0,87	0,55	0,45	0,61	0,23
БШ	а	0,54	0,49	0,48	0,45	0,69	0,50	0,67	0,82	0,72	0,89	0,73	0,51	0,24
	б	0,54	0,43	0,40	0,43	0,81	0,43	0,43	0,51	0,80	0,62	0,66	0,69	0,22
ОЛ	а	0,59	0,52	0,52	0,56	0,72	0,66	0,76	0,94	0,81	1,11	0,85	0,54	0,23
	б	0,46	0,47	0,43	0,47	0,93	0,82	0,61	0,86	1,21	0,71	0,74	0,78	0,26
ХУ	а	0,51	0,51	0,43	0,36	0,50	0,46	0,52	0,49	0,62	0,92	0,69	0,52	0,26
	б	0,46	0,54	0,41	0,51	0,52	0,61	0,56	0,60	0,99	0,87	0,73	0,69	0,37

Легенда: Тип колебања

мало колебање (< 0,26)	умерено колебање (0,26–0,35)
веће колебање (0,36–0,50)	велико колебање (> 0,51)

Компарација просечних годишњих коефицијената колебања у периоду 2001–2016. године у односу на период 1961–1990. године указује на пораст варијабилности падавина на већини анализираних хидролошких профила у Босни и Херцеговини. Пораст варијабилности протицаја јавља се у сагласности са учесталим сменама влажних и сушних падавинских периода. Промене годишњег коефицијента колебања показују да је мало колебање протицаја замењено умереним колебањем на профилима Краље, Приједор, Сански Мост, Маглај Завидовићи_{БОСНА}, Олово, Завидовићи_{КРИВАЈА} и Оловске Луке. Највеће повећање колебања протицаја у односу на период 1961–1990. године забележено је на хидролошким профилима Врбања и Хумац, где је мало колебање замењено већим колебањем. На профилима Рељево, Мердани и Биоштица просечно годишњи тип колебања (мало колебање) остао је непромењен. На месечном нивоу, на већини река у Босни и Херцеговини забележено је повећање варијабилности протицаја у децембру, док је смањење варијабилности најизраженије у јануару. Најизраженије промене забележене су на профилима Врбања, где су у периоду 2001–2016. године сви месеци били у категорији река са великим колебањем. С друге стране, на профилима Оловске Луке забележено је највеће смањење варијабилности протицаја, где су четири месеца из категорије река са великим колебањима прешла у категорији река већих колебања. Незнатне месечне промене варијабилности протицаја утврђене су за профиле Завидовићи_{КРИВАЈА} и Биоштица, где је до промене колебања дошло у само једном месецу. Једини профил на коме није дошло до промене месечних колебања протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године је Олово.

Највеће колебање протицаја на сва три анализирана профила забележено је у сезонама лето и јесен, док је највећа вредност коефицијената колебања у овим сезонама осматрана на профилима Врбања (0,66 у обе сезоне). Најмањи просечни коефицијенти колебања протицаја забележени су у сезони пролеће, које је на профилима Приједор (0,28) и Врбања (0,40) било у категорији река са умереним колебањем и са већим колебањем, респективно. Коефицијенти колебања у сезони зима у северном делу истраживаног подручја имају једнаке вредности (34%), као и најмање унутаррегионалне варијације. Коефицијенти колебања у сезони зима крећу се у интервалу од 0,34 на профилима Приједор до 0,43 на профилима Врбања.

Табела 98. Просечни сезонски коефицијенти колебања протицаја река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

Х. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН
ПР	0,34	0,28	0,51	0,54
ВР	0,43	0,40	0,66	0,66

Легенда: Тип колебања

мало колебање (< 0,26)	умерено колебање (0,26–0,35)
веће колебање (0,36–0,50)	велико колебање (> 0,51)

Табела 99. Просечни сезонски коефицијенти колебања протицаја река у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

Х. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН	Х. с.	ЗИМА	ПРОЛЕЋЕ	ЛЕТО	ЈЕСЕН		
КР	а	0,34	0,22	0,27	0,45	ОВ	а	0,39	0,37	0,51	0,64
	б	0,42	0,28	0,29	0,46		б	0,40	0,36	0,46	0,56
ПР	а	0,36	0,28	0,44	0,54	ЗА _к	а	0,38	0,37	0,47	0,61
	б	0,36	0,33	0,51	0,61		б	0,33	0,32	0,67	0,59
СМ	а	0,37	0,27	0,43	0,51	МЕ	а	0,42	0,27	0,32	0,47
	б	0,40	0,34	0,43	0,59		б	0,36	0,23	0,39	0,50
ВР	а	0,37	0,33	0,47	0,53	БШ	а	0,38	0,37	0,49	0,62
	б	0,53	0,54	0,96	0,99		б	0,40	0,37	0,37	0,51
МА	а	0,36	0,31	0,39	0,51	ОЛ	а	0,39	0,38	0,57	0,73
	б	0,39	0,32	0,56	0,50		б	0,47	0,39	0,59	0,62
ЗА _б	а	0,40	0,30	0,36	0,51	ХУ	а	0,42	0,32	0,42	0,63
	б	0,40	0,32	0,50	0,49		б	0,45	0,42	0,52	0,64
РЕ	а	0,40	0,28	0,37	0,50						
	б	0,35	0,31	0,33	0,45						

Легенда: Тип колебања

мало колебање (< 0,26)	умерено колебање (0,26–0,35)
веће колебање (0,36–0,50)	велико колебање (> 0,51)

Компаративна анализа просечних сезонских коефицијената колебања протицаја у периоду 2001–2016. године у односу на период 1961–1990. године показује да је до промене коефицијента колебања најчешће долазило у сезони лето. У овој сезони тип већег колебања замењен је великим колебањем на профилима Приједор, Врбања, Маглај, Завидовићи_{КРИВАЈА}, Хумац, док је тип умереног колебања замењен типом већег колебања на профилима Мердани. У сезони пролеће, коефицијент колебања протицаја остао је непромењен на готово свим анализираним профилима, док је смањење колебања протицаја у односу на период 1961–1990. године забележено у сезони јесен на профилима Маглај, Завидовићи_{БОСНА} и Олово (тип великог колебања замењен типом већег колебања). На хидролошким профилима Врбања, Биштица и Оловске Луке између два периода није дошло до промене колебања сезонских протицаја. Највеће колебање сезонских протицаја карактеристично је за сезону јесен, кад се 9 профила нашло у категорији река са великим колебањем. До смањења варијабилности у овој сезони дошло је само на профилима Маглај и Завидовићи_{БОСНА}, где је велико колебање замењено већим колебањем протицаја.

4.4.2. Стандардна девијација

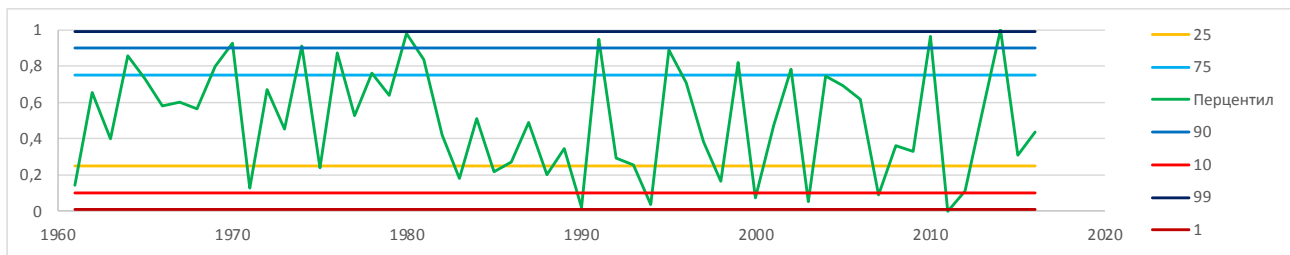
Стандардизоване вредности аномалија сезонских протицаја показују да су катастрофално водна лета забележена 1976. године на профилу Приједор и 2005. године на профилу Врбања, док су катастрофално водне јесени на истим профилима забележене 1974. и 2014. године, респективно. Катастрофално водне зиме и пролећа нису забележени, а ниједна сезона није се нашла у категорији катастрофално сушно. У категорији веома сушо нашла се зима 1989. године на профилу Приједор, док је врло сушна година на профилу Приједор забележена 2011. године. Претходна анализа стандардизованих вредности аномалија годишњих падавина показала је да се 2011. година нашла у категорији врло сушно на метеоролошкој станици Приједор. Међу две веома водне зиме на анализираним профилима нашла се 1969. година. У сезони пролеће, 2014. била је веома водна на профилу Врбања, када је широм земље дошло до интензивних поплава, док се у истој категорији на профилу Приједор нашла 1980. година. Веома водна лета забележена су три пута на профилу Врбања (1976. 1991. и 2001) и једном на профилу Приједор (1991), док су веома водне јесени на профилу Приједор биле 2002. и 2014. и на профилу Врбања 1974. године.

Табела 100. Рангирање година и сезона по водности у Босни и Херцеговини на основу стандардизованих аномалија у периоду 1961–2016. године

Ранг	ПРИЈЕДОР					ВРБАЊА				
	г	з	п	л	ј	г	з	п	л	ј
Катастрофално сушно ($< -3\sigma$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Веома сушно ($(-3) - (-2) \sigma$)	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0
Сушно ($(-2) - (-1) \sigma$)	7	7	8	8	6	5	9	9	9	7
Средње водно ($\pm 1 \sigma$)	40	37	38	39	43	40	39	36	40	41
Водно ($1-2 \sigma$)	7	8	9	7	4	8	5	9	3	6
Веома водно ($2-3 \sigma$)	1	2	1	1	2	1	2	2	3	1
Катастрофално водно ($> 3 \sigma$)	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1

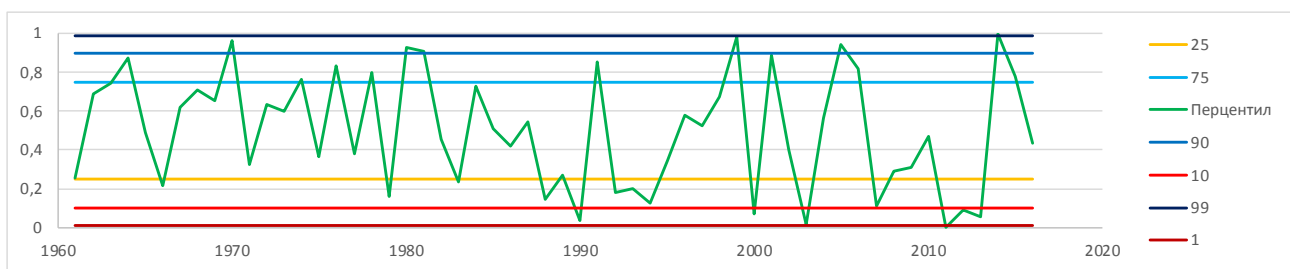
4.4.3. Анализа перцентила

Предност перцентила приликом анализе аномалија у поређењу са другим методама (коэффициент колебања, стандардна девијација, итд.) јесте у томе што су интервали класа мањи, што омогућује прецизнију идентификацију екстремних догађаја (Dragičević et al., 2015). Коришћењем метода перцентила добијени су различити резултати у односу на класификацију помоћу стандардне девијације. Према вредностима перцентила, у истраживаном периоду (55 година) просечни годишњи протицај на профилу Приједор (Сана) био је у опсегу нормале (између 25. и 75. перцентила) 28 пута. Категорији сушно (између 10. и 25. перцентила) припада 8 година (маловодне године), а категорији врло сушно (између 1. и 10. перцентила) 5 година (врло маловодне: 1990, 1994, 2000, 2003. и 2007). У категорији екстремно сушних година (< 1 перцентила) нашла се једино 2011. година, која је уједно била најсувља у погледу падавина у северном делу Босне и Херцеговине. У категорији водно (између 75. и 90. перцентила) нашло се 8 година, док су врло водне (између 90. и 99. перцентила) биле 1970, 1974, 1980, 1991. и 2010 (5 година). Једина екстремно водна (> 99 . перцентила) била је 2014 (најкишовитија година у већем делу Босне и Херцеговине).



Графикон 45. Просечни годишњи протицаји на профилу Приједор (Сана) у периоду 1961–2016. године – перцентили

Анализом перцентила у истраживаном периоду 1961–2016. године, утврђено је да су се просечни годишњи протицаји на профилу Врбања (Врбања) нашли у класи нормално (између 25. и 75. перцентила) 27 пута. Категорији сушно (између 10. и 25. перцентила) припада 8 година (маловодне године), а категорији врло сушно (између 1. и 10. перцентила) 5 године (врло маловодне, 1990., 2000., 2003., 2012. и 2013.). Треба истаћи да је појава врло маловодних година на профилу Врбања приметна од 1990. године, односно од последње декаде 20. века када тренд загревања постаје израженији. У категорији екстремно сушних година (<1 перцентила) нашла се очекивано 2011. година. У категорији водно (између 75. и 90. перцентила) нашло се 8 година, док су врло водне (између 90. и 99. перцентила) биле 1970., 1980., 1981., 1999. и 2005. (5 година). Екстремно водна (>99. перцентила) била је 2014. година, идентично као и на претходно анализираном профилу.



Графикон 46. Просечни годишњи протицаји на профилу Врбања (Врбања) у периоду 1961–2016. године – перцентили

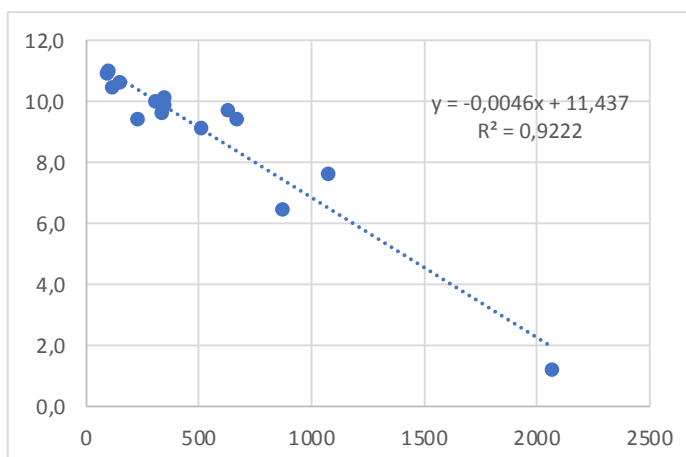
Табела 101. Број средњеводних, многоводних и маловодних година по пентадама на профилима Приједор и Врбања у периоду 1961–2016. године

пентада	Средњеводне	Многоводне	Маловодне
	године (25 – 75 перцентила)	године (> 75 перцентила)	године (< 25 перцентила)
	Приједор/Врбања	Приједор/Врбања	Приједор/Врбања
1961–1965	3/4	1/1	1/0
1966–1970	3/3	2/1	0/1
1971–1975	2/4	1/1	2/0
1976–1980	2/1	3/3	0/1
1981–1985	2/3	1/1	2/1
1986–1990	3/3	0/0	2/2
1991–1995	2/1	2/1	1/3
1996–2000	2/3	1/1	2/1
2001–2005	3/2	1/2	1/1
2006–2010	3/3	1/1	1/1
2011–2015	2/0	1/2	2/3
Укупно	28/27	14/14	15/14

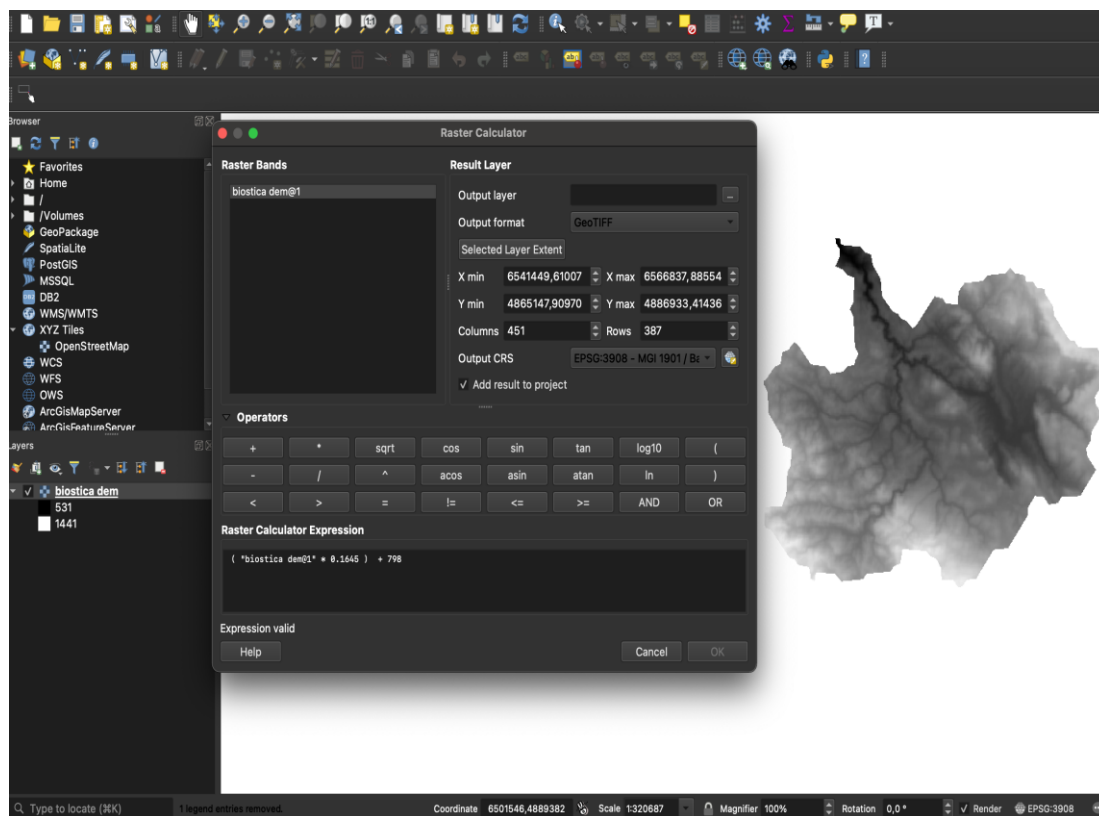
5. УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА НА РЕЧНЕ ПРОТИЦАЈЕ

Како би се утврдио утицај климатских промена на протицај река на осмотреним хидролошким профилима, неопходно је било израчунати просечну температуру ваздуха и просечну количину падавина за делове речних сливова до анализираних хидролошких профила. Просечне годишње и сезонске вредности температуре ваздуха и количине падавина израчунате су за периоде 1961–1990. и 2001–2016. године, односно за периоде за које постоје хидролошка мерења протицаја на осмотреним профилима.

Груписањем метеоролошких станица према положају у оквиру појединих хидролошких рејона направљени су регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина и просечне температуре ваздуха, где су зависне варијабле биле падавине и температура ваздуха, док је независна варијабла била надморска висина метеоролошких станица. На основу добијених линеарних модела одређена је регионална зависност између температуре ваздуха/падавина и надморске висине, што је приказано на примеру графикана 47 на којем је представљен линеарни модел за одређивање просечне температуре ваздуха у рејону Босне у периоду 1961–1990. године. Утврђивање регионалне зависности подразумевало је дефинисање линеарне везе између климатских елемената и надморске висине, где је минималан коефицијент детерминације (R) износио 0,70. Приликом груписања станица у одређене рејоне пажња је посвећена на одабир метео станица у оквиру истих сливних подручја, док је одређен број станица придружен на основу географске близине у односу на посматране сливове. На примеру слива реке Биштице објашњено је како је извршено израчунавање просечне годишње количине падавина у периоду 1961–1990. године коришћењем QGIS-а и одређеног регресионог модела за рејон Босне. Употребом QGIS софтвера дигитални модел терена (надморска висина) реке Биштице (USGS DEM), до истоименог хидролошког профила, уврштен је у регресиону једначину модела за одређивање просечне количине падавина у рејону Босне у периоду 1961–1990. године (Табела 107). Покретањем алатне опције „растер калкулатор” унесена је следећа формула: $0,1645*(DEM) + 798$, на основу које је одређена просечна количина падавина за сваки „пиксел” величине 30 x 30 метара (900 m^2) (Сл.18).



Графикон 47. Регресиони модел просечне годишње температуре ваздуха у рејону Босне у периоду 1961–1990. године

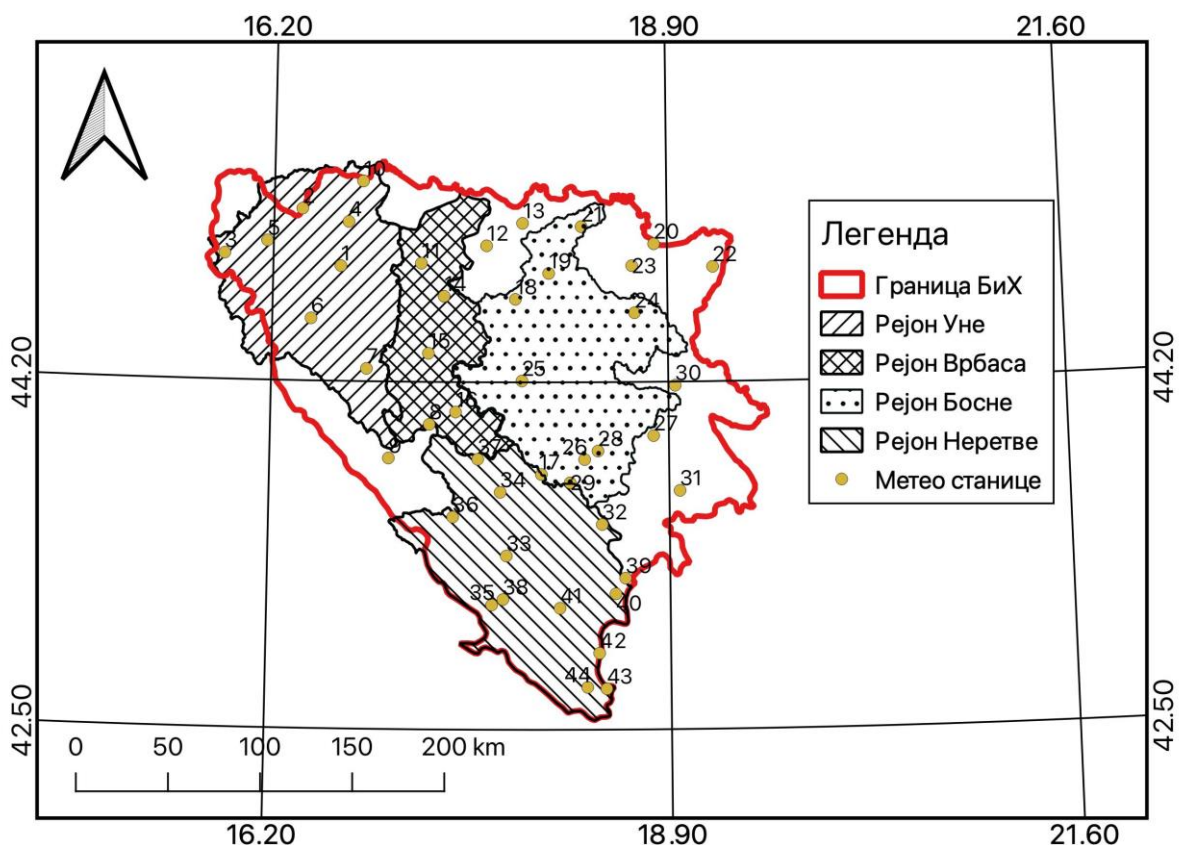


Слика 18. Поступак одређивања просечне количине падавина на примеру реке Биоштице уврштавањем регресионе једначине модела у опцију „растер калкулатор” (QGIS)

Табела 102. Просечне годишње и сезонске вредности температуре ваздуха (°C) и падавина (mm) на анализираним метеоролошким станицама у периоду 1961–1990. године

М. с.	h (m)	Година °C/mm	Зима °C/mm	Пролеће °C/mm	Лето °C/mm	Јесен °C/mm
1. Сански Мост	158	10,1 / 1024	0,6 / 214	10,3 / 262	18,9 / 293	10,6 / 254
2. Нови Град	119	10,1 / 918	0,9 / 195	10,4 / 228	18,8 / 262	10,8 / 234
3. Бихаћ	246	10,6 / 1309	1,4 / 290	10,6 / 331	19,2 / 324	11,2 / 364
4. Приједор	135	10,6 / 947	0,6 / 203	11,0 / 237	19,8 / 261	11,0 / 246
5. Крупа	176	10,3 / 1127	2,6 / 256	10,3 / 321	19,1 / 326	11,0 / 325
6. Дринић	730	7,8 / 1314	-0,9 / 321	7,2 / 347	16,2 / 293	8,8 / 354
7. Млиниште	1130	6,5 / 1468	-1,8 / 356	5,4 / 407	14,8 / 309	7,4 / 397
8. Купрес	1190	5,7 / 1213	-2,9 / 308	5,0 / 288	14,2 / 282	6,9 / 335
9. Ливно	724	9,0 / 1147	0,3 / 314	8,5 / 265	17,5 / 217	9,5 / 350
10. Козарска Дубица	98	10,3 / -	0,4 / -	10,8 / -	19,5 / -	10,5 / -
11. Бањалука	153	10,6 / 1027	0,8 / 222	10,9 / 262	19,7 / 298	10,9 / 246
12. Прњавор	150	10,5 / 891	1,6 / 181	10,2 / 222	19,2 / 273	11,2 / 216
13. Дервента	105	10,5 / 891	0,3 / 190	10,9 / 223	19,9 / 268	10,7 / 210
14. Котор Варош	266	10,3 / 1109	1,3 / 231	10,0 / 297	18,9 / 313	10,9 / 268
15. Јајце	430	10,1 / 916	0,4 / 202	9,7 / 223	18,6 / 256	10,6 / 235
16. Бугојно	562	8,8 / 827	-0,5 / 186	8,9 / 197	17,3 / 204	9,4 / 240
17. Иван Седло	967	7,2 / 1469	-1,7 / 399	6,8 / 371	15,6 / 288	8,2 / 412
18. Теслић	225	9,4 / 1037	0,3 / 210	9,9 / 264	18,4 / 326	10,2 / 238
19. Добој	146	10,6 / 871	0,9 / 188	11,0 / 221	19,6 / 262	11,0 / 200
20. Брчко	96	11,0 / 775	0,9 / 169	11,4 / 197	20,5 / 242	11,4 / 168

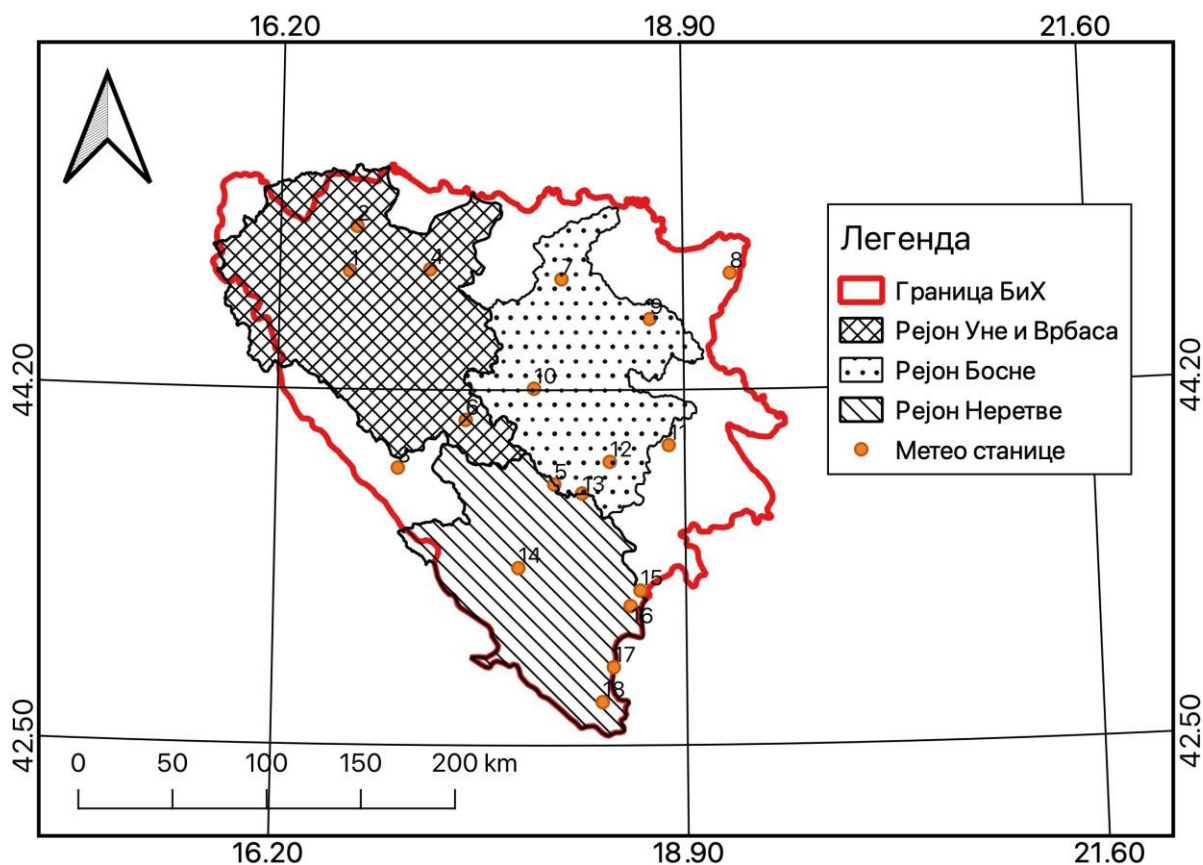
21. Модрича	115	10,5 / 838	0,9 / 186	10,9 / 209	19,5 / 249	10,8 / 195
22. Бијељина	90	10,9 / 738	0,9 / 154	11,3 / 184	20,1 / 236	11,4 / 164
23. Маоча	335	9,6 / 1091	0,4 / 234	9,6 / 286	18,2 / 318	10,3 / 253
24. Тузла	305	10,0 / 894	0,6 / 186	10,3 / 229	18,6 / 287	10,5 / 192
25. Зеница	344	10,1 / 783	0,5 / 166	10,5 / 193	18,9 / 217	10,6 / 206
26. Бутмир	510	9,1 / 943	-0,6 / 237	9,5 / 226	18,0 / 233	9,7 / 251
27. Соколац	872	6,5 / 802	-3,1 / 169	6,5 / 190	15,3 / 227	7,2 / 215
28. Сарајево	630	9,7 / 932	0,4 / 223	9,7 / 226	18,3 / 242	10,4 / 241
29. Бјелашница	2067	1,2 / 1120	-5,9 / 248	-0,6 / 253	8,8 / 293	2,7 / 331
30. Власеница	670	9,4 / 1117	0,3 / 238	9,3 / 280	17,8 / 331	10,1 / 268
31. Горажде	345	9,9 / 794	1,0 / 180	9,4 / 188	18,6 / 210	10,5 / 218
32. Калиновик	1073	7,6 / 1629	-0,2 / 501	7,1 / 370	15,3 / 233	8,5 / 525
33. Мостар	99	14,6 / 1522	5,9 / 497	13,6 / 379	23,5 / 196	15,3 / 450
34. Јабланица	192	11,6 / 1787	2,7 / 555	11,7 / 434	20,2 / 233	11,9 / 565
35. Чапљина	5	14,1 / 1115	6 / 349	13,5 / 225	22,7 / 173	14,4 / 368
36. Ракитно	915	9,2 / 1757	1,1 / 570	8,1 / 431	17,5 / 231	10,0 / 526
37. Прозор	800	8,5 / 904	-0,3 / 210	8,2 / 243	16,9 / 191	9,0 / 260
38. Домановићи	146	13,8 / 1135	5,5 / 332	13,0 / 261	22,3 / 173	14,3 / 370
39. Чемерно	1305	5,9 / 1826	-2,5 / 544	4,8 / 457	14,1 / 267	7,2 / 559
40. Гацко	960	8,1 / 1695	-0,5 / 516	7,4 / 385	16,7 / 241	9,0 / 554
41. Берковићи	537	11,7 / 1628	3,3 / 494	10,8 / 389	20,0 / 220	12,7 / 525
42. Билећа	491	12,0 / 1634	3,8 / 528	11,1 / 380	20,5 / 224	12,8 / 502
43. Ластва	310	12,3 / 1817	4,0 / 626	11,5 / 381	20,9 / 216	12,9 / 594
44. Требиње	276	14,2 / 1745	6,5 / 560	12,7 / 395	22,4 / 229	15,0 / 560



Слика 19. Географски положај метеоролошких станица у периоду 1961–1990. године

Табела 103. Просечне годишње и сезонске вредности температуре ваздуха (°C) и падавина (mm) на анализираним метеоролошким станицама у периоду 2001–2016. године

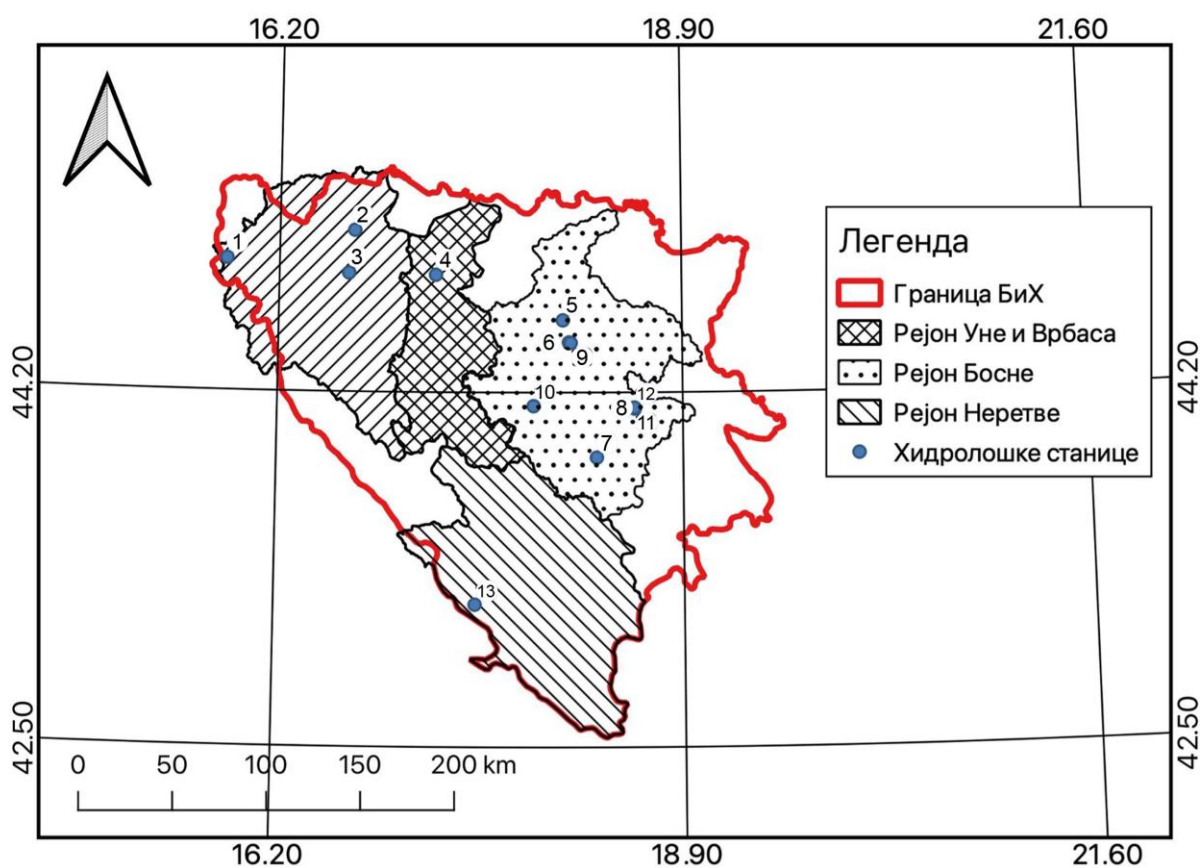
М. с.	h (m)	Година °C/mm	Зима °C/mm	Пролеће °C/mm	Лето °C/mm	Јесен °C/mm
1. Сански Мост	158	11,3 / 1072	1,6 / 246	11,5 / 281	20,7 / 247	11,2 / 304
2. Приједор	135	11,9 / 936	1,8 / 200	12,3 / 239	21,8 / 222	11,7 / 280
3. Ливно	724	10,2 / 1188	1,0 / 358	9,7 / 286	19,7 / 196	10,4 / 361
4. Бањалука	153	12,2 / 1050	2,3 / 238	12,3 / 277	22,0 / 254	12,0 / 274
5. Иван Седло	967	8,1 / 1559	-0,9 / 427	7,6 / 385	16,7 / 283	8,7 / 474
6. Бугојно	562	10,2 / 883	0,8 / 186	10,2 / 228	19,5 / 217	10,4 / 253
7. Добој	146	11,8 / 1000	2,0 / 205	12,0 / 271	21,5 / 289	11,8 / 238
8. Бијелина	90	12,4 / 779	2,0 / 174	12,7 / 217	22,6 / 218	12,3 / 188
9. Тузла	305	11,2 / 956	1,6 / 175	11,3 / 267	20,5 / 292	11,3 / 223
10. Зеница	344	11,5 / 844	1,5 / 174	11,7 / 215	21,1 / 228	11,5 / 227
11. Соколац	872	7,8 / 958	-1,8 / 204	7,6 / 251	17,1 / 248	8,1 / 259
12. Сарајево	630	10,7 / 972	1,1 / 227	10,5 / 241	20,0 / 230	11,0 / 276
13. Бјелашница	2067	1,9 / 1391	-6,2 / 204	0,1 / 309	10,4 / 324	2,9 / 427
14. Мостар	99	15,7 / 1506	6,5 / 510	14,9 / 362	25,5 / 187	15,8 / 460
15. Чемерно	1305	6,9 / 1738	-1,7 / 663	5,8 / 421	15,6 / 235	7,7 / 544
16. Гацко	960	8,8 / 1787	-0,3 / 630	8,0 / 395	18,1 / 194	9,1 / 591
17. Билећа	491	12,7 / 1695	3,9 / 603	11,8 / 384	22,1 / 194	12,9 / 529
18. Требиње	276	15,0 / 1732	6,5 / 632	13,8 / 378	24,3 / 182	15,4 / 550



Слика 20. Географски положај метеоролошких станица у периоду 2001–2016. године

Табела 104. Просечне годишње и сезонске вредности протицаја (m^3/s) река у периоду 1961–1990 (а) и у периоду 2001–2016 (б) године у Босни и Херцеговини

Х. с.	Река	Година а/б	Зима а/б	Пролеће а/б	Лето а/б	Јесен а/б
1. Краље	Уна	97,8/94,3	122,1/126,1	136,3/129,5	57,3/48,4	74,9/75,2
2. Приједор	Сана	81,6/77,5	98,2/97,1	122,5/116,6	47,7/35,5	57,5/61,1
3. Сански Мост	Сана	66,8/64,2	77,3/77,6	102,1/99,8	40,3/32,9	47,8/47,4
4. Врбања	Врбања	16,4/14,7	21,2/15,0	24,2/24,8	11,1/10,4	8,8/9,0
5. Маглај	Босна	123,3/122,6	147,0/138,7	189,6/198,5	78,0/74,8	79,4/79,7
6. Завидовићи	Босна	96,8/96,9	113,2/110,8	150,0/158,0	60,1/56,8	62,2/63,0
7. Рељево	Босна	29,0/29,1	32,8/32,4	45,1/46,8	17,3/15,5	21,1/21,9
8. Олово	Криваја	11,0/11,3	11,8/11,7	17,9/18,7	7,6/7,3	6,8/7,7
9. Завидовићи	Криваја	24,8/24,9	28,9/27,2	39,1/39,2	16,2/16,1	14,8/16,7
10. Мердани	Лашва	16,8/15,9	18,7/17,0	26,0/25,7	12,1/11,2	10,6/10,1
11. Биштица	Биштица	7,1/6,9	7,9/7,5	11,0/11,1	4,7/4,5	4,6/4,7
12. Оловске Луке	Ступчаница	4,1/4,4	4,4/4,0	7,0/7,7	2,8/2,6	2,4/2,9
13. Хумац	Требижат	32,2/29,5	54,6/54,9	40,8/39,4	10,1/7,0	22,0/18,0



Слика 21. Географски положај анализираних хидролошких станица у Босни и Херцеговини

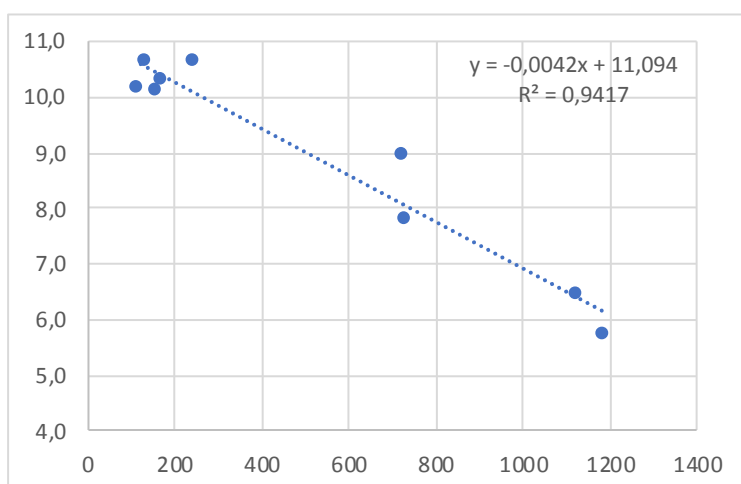
5.1. Промене годишње температуре ваздуха, падавина и протицаја

5.1.1. Температура ваздуха

Анализом података просечне годишње температуре ваздуха у периоду 1961–1990. и надморске висине издвојена су 4 рејона (рејони Уне, Врбаса, Босне и Неретве). Формуле за израчунавање температуре ваздуха у издвојеним рејонима дате су у Табели 105. Регресиона формула за рејон Уне послужила нам је да израчунамо вредности температуре ваздуха у сливовима Уне и Сане. Формуле за рејоне Врбаса и Неретве искоришћене су за израчунавање температуре у сливовима Врбање и Требижата, респективно. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за одређивање температуре у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје.

Табела 105. Регресиони модели за израчунавање просечне годишње температуре ваздуха у периоду 1961–1990. године

Рејон	Уна	Врбас	Босна	Неретва
Број станица	9	8	15	12
Формула: $y = \dots$	$-0,0044x + 11,14$	$-0,0038x + 11,07$	$-0,0046x + 11,43$	$-0,0066x + 14,64$
R^2	0,94	0,93	0,92	0,91

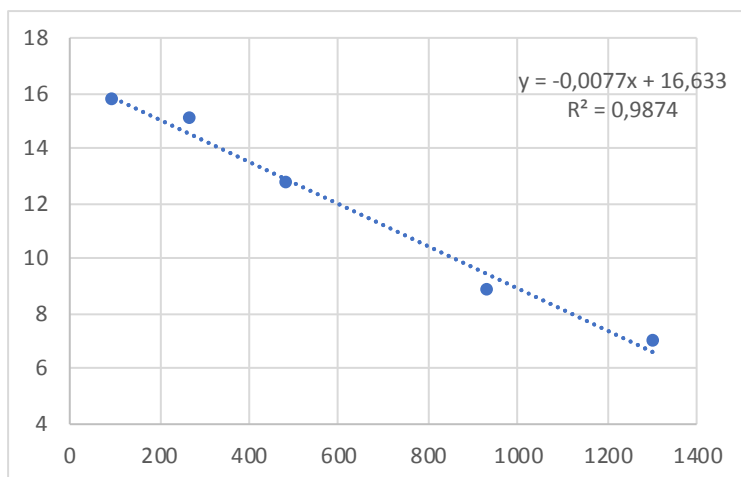


Графикон 48. Регресиони модел просечне годишње температуре ваздуха у рејону Уне у периоду 1961–1990. године

Анализом података просечне годишње температуре ваздуха у периоду 2001–2016. и надморске висине издвојена су 3 рејона (рејони Уне и Врбаса, Босне и Неретве). Формуле за израчунавање температуре ваздуха у издвојеним рејонима приказане су у Табели 106. Регресиона формула за рејон Уне и Врбаса искоришћена је да израчунамо температуру ваздуха у сливовима Уне, Сане и Врбање. Формула за рејон Босне искоришћена је за израчунавање температуре у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје, док је регресиона формула за рејон Неретве употребљена за одређивање температуре у сливу Требижата.

Табела 106. Регресиони модели за израчунавање просечне годишње температуре ваздуха у периоду 2001–2016. године

Рејон	Уна и Врбас	Босна	Неретва
Број станица	7	8	5
Формула: $y = \dots$	$-0,0041x + 12,55$	$-0,0054x + 13,16$	$-0,0077x + 16,63$
R^2	0,91	0,97	0,99



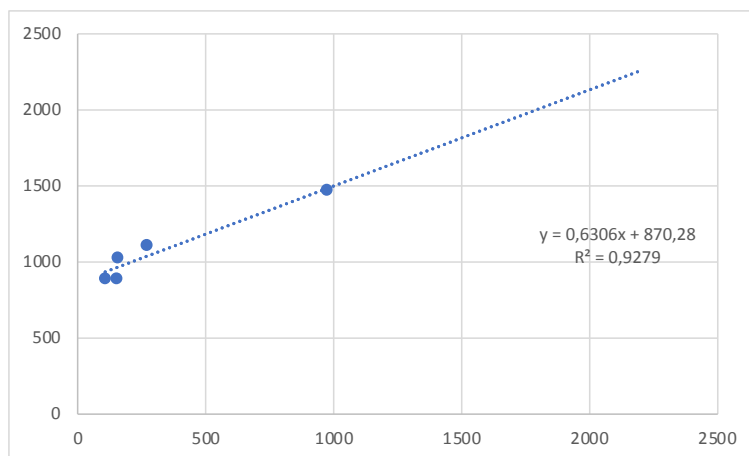
Графикон 49. Регресиони модел просечне годишње температуре ваздуха у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године

5.1.2. Падавине

Анализом података просечне годишње количине падавина у периоду 1961–1990. и надморске висине издвојена су 4 рејона (рејони Уне, Врбаса, Босне и Неретве). Формуле за одређивање падавина дате су у Табели 107. Регресиона формула за рејон Уне послужила нам је да израчунамо количину падавина у сливовима Уне и Сане. Једначине за рејоне Врбаса и Неретве искоришћене су за одређивање падавина у сливовима Врбање и Требижата, респективно. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за одређивање падавина у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје.

Табела 107. Регресиони модели за израчунавање просечне годишње количине падавина у периоду 1961–1990. године

Рејон	Уна	Врбас	Босна	Неретва
Број станица	9	5	1	7
Формула: $y = \dots$	$0,3754x + 992$	$0,6306x + 870$	$0,1645x + 798$	$0,4928x + 1250$
R^2	0,76	0,93	0,79	0,74

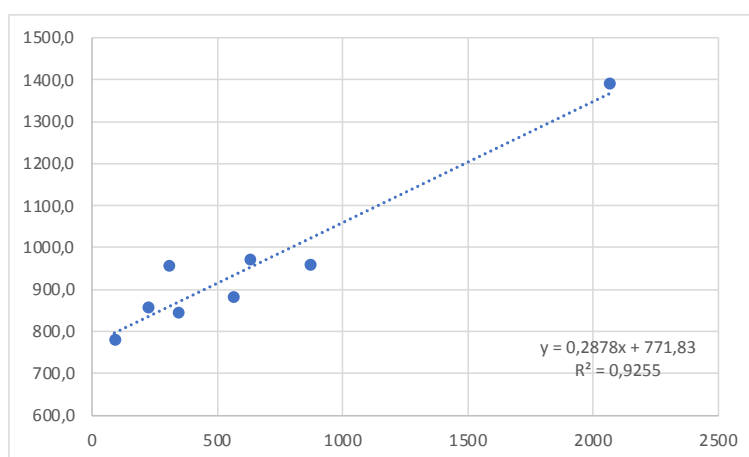


Графикон 50. Регресиони модел просечне годишње количине падавина у рејону Врбаса у периоду 1961–1990. године

Анализом података просечне годишње количине падавина у периоду 2001–2016. и надморске висине издвојена су 3 рејона (рејони Уне и Врбаса, Босне и Неретве). Формуле за израчунавање падавина у издвојеним рејонима приказане су у Табели 108. На основу регресионе формуле за рејон Уне и Врбаса израчунате су падавине у сливовима Уне, Сане и Врбање. Формула за рејон Босне употребљена је за израчунавање падавина у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје, док је регресиона формула за рејон Неретве употребљена за одређивање падавина у сливу Требижата.

Табела 108. Регресиони модели за израчунавање просечне годишње количине падавина у периоду 2001–2016. године

Рејон	Уна и Врбас	Босна	Неретва
Број станица	5	9	4
Формула: $y = \dots$	$0,5593x + 922$	$0,2878x + 772$	$0,1956x + 1543$
R^2	0,84	0,93	0,70



Графикон 51. Регресиони модел просечне годишње количине падавина у рејону Уне и Врбаса у периоду 2001–2016. године

Табела 109. Промене просечне годишње температуре ваздуха и падавина до анализираних хидролошких профила у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

Х. с.	Температура 1961–1990 °C	Температура 2001–2016 °C	Разлика °C	Падавине 1961–1990 mm	Падавине 2001–2016 mm	Разлика mm – %
1. Краље	7,0	8,7	1,7	1347	1450	103 – 7,7
2. Приједор	8,9	10,5	1,6	1183	1207	25 – 2,0
3. Сански Мост	8,2	9,8	1,6	1243	1296	53 – 4,3
4. Врбања	8,6	9,9	1,3	1278	1284	6 – 0,5
5. Маглај	7,5	8,6	1,1	937	1016	79 – 8,4
6. Завидовићи _Б	7,4	8,5	1,1	940	1022	82 – 8,6
7. Рељево	6,7	7,6	0,9	966	1066	100 – 10,4
8. Олово	6,9	7,9	1,0	958	1053	9 – 10,0
9. Завидовићи _К	7,5	8,6	1,1	938	1017	79 – 8,5
10. Мердани	7,3	8,3	1,0	946	1032	86 – 9,0
11. Биоштица	7,0	8,0	1,0	954	1046	92 – 9,6
12. Оловске Луке	6,8	7,8	1,0	962	1060	98 – 10,1
13. Хумац	11,3	12,8	1,5	1498	1586	88 – 5,9

Табела 110. Промене просечних годишњих протицаја на анализираним хидролошким профилима у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

Х. с.	Протицај 1961–1990 m ³ /s	Протицај 2001–2016 m ³ /s	Разлика m ³ /s – %
1. Краље	97,8	94,3	-3,5 – 3,6
2. Приједор	81,6	77,5	-4,1 – 5,0
3. Сански Мост	66,8	64,2	-2,6 – 3,9
4. Врбања	16,4	14,8	-1,6 – 9,4
5. Маглај	123,3	122,6	-0,7 – 0,6
6. Завидовићи _{БОСНА}	96,8	96,9	0,0 – 0,0
7. Рељево	29,0	29,1	0,1 – 0,3
8. Олово	11,0	11,3	0,3 – 2,7
9. Завидовићи _{КРИВАЈА}	24,8	24,8	0,0 – 0,0
10. Мердани	16,8	15,9	-0,9 – 5,4
11. Биоштица	7,1	6,9	-0,2 – 2,8
12. Оловске Луке	4,1	4,4	0,3 – 7,3
13. Хумац	32,2	29,5	-2,7 – 8,0

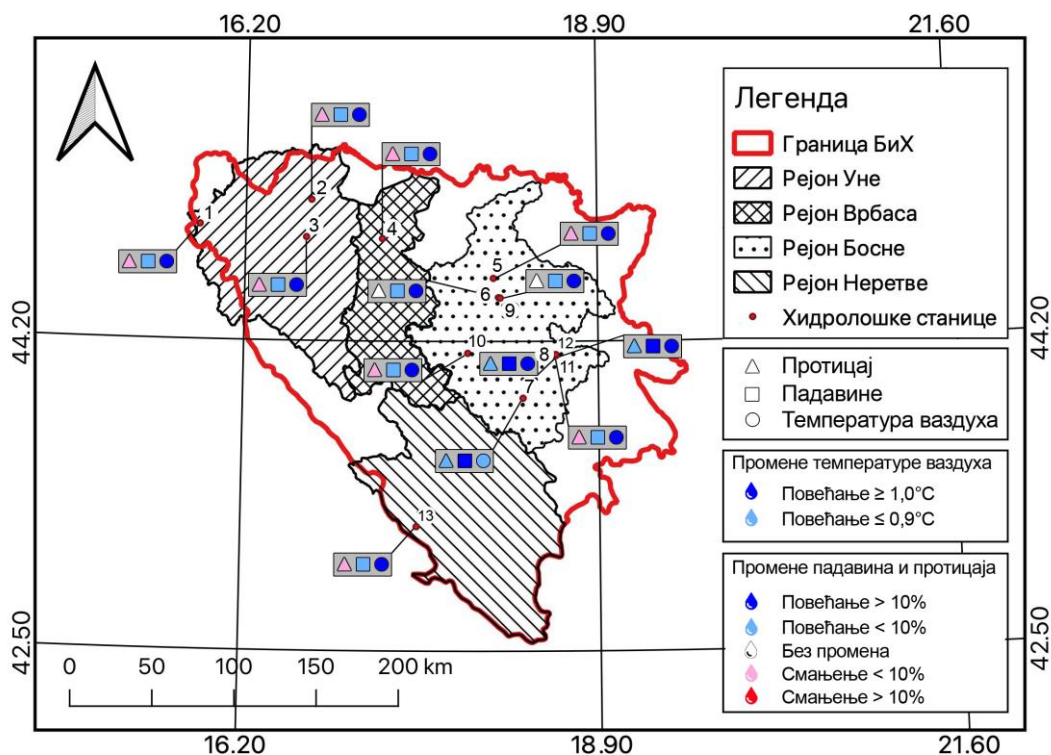
5.1.3. Анализа утицаја промене климатских елемената на протицаје на годишњем нивоу

Анализа просечних годишњих протицаја у Босни и Херцеговина показала је да је у периоду 2001–2016. године на 8 анализираних профила дошло до смањења протицаја у односу на период 1961–1990. године, на три профила забележено је незнатно повећање водности, док на два профила (Завидовићи_{БОСНА} и Завидовићи_{КРИВАЈА}) није дошло до промене

водности (Табела 110). Раст температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990, до свих анализираних хидролошких профила био је већи од 1 °C (изузев до профила Рељево – 0,9 °C), док је анализа тренда просечне годишње температуре ваздуха претходно показала да је на готово свим профилима утврђено значајно ($p < 0,01$) загревање у периоду 1961–2016. године. Из овог следи да је на простору Босне и Херцеговине присутна веома изражена тенденција загревања ваздуха. Анализа просечних годишњих падавина између два периода такође је показала раст у периоду 2001–2016. до свих анализираних профила. Повећање падавина углавном је износило $< 10\%$, а анализа тренда просечних годишњих падавина показала је да су на територији Босне и Херцеговине углавном забележени негативни/позитивни инsigнификантни трендови. На основу анализе промене климатских елемената и протицаја, очекивано се дошло до закључка да падавине доминантно одређују протицаје, док се изражено загревање ваздуха показало као веома битан фактор смањења водности на целој територији Босне и Херцеговине. Као доказ ове тврдње може се навести чињеница да је незнатно повећање просечних годишњих протицаја забележено искључиво у случајевима кад је повећање падавина у периоду 2001–2016. у односу на референтни период износило више од 10% (профили Оловске Луке, Олово и Рељево). У случајевима када је повећање падавина било мање од 10%, протицаји су углавном смањени (осмотрена смањења била су мања од 10%), а на два профила (Завидовићи_{БОСНА} и Завидовићи_{КРИВАЈА}) није забележена промена водности. Процентуално највеће смањење протицаја забележено је на најсевернијим профилима (Приједор – 5,0% и Врбања – 10,4%) и најјужнијем профилу Хумац (8,0%). Треба истаћи да су до претходно споменутих профила забележена и најмања повећања падавина. Раст падавина до профила Приједор износио је 2,0%, до профила Врбања 0,5% и до профила Хумац 5,9%. Ако узмемо у обзир значајно загревање ваздуха до ових профила (Приједор – 1,6 °C, Врбања – 1,3 °C и Хумац – 1,5 °C), изражене водопривредне активности у појединим сливовима (нпр. слив Требижата) као и да се поједини сливови доминантно налазе у крашким теренима (нпр. сливови Уне и Требижата), онда можемо закључити да благо повећање падавина није могло допринети повећању водности река. Кад је у питању профил Хумац, треба нагласити да се слив реке Требижат у потпуности налази у крашком терену, као и податак да се на реци од 2003. године налази хидроелектрана, за чије потребе је створена акумулација запремине 850.000 m³ (Milašinović & Raič, 2016). Хидроелектрана се налази непосредно у близини врела реке Тихаљине (један од назива за реку Требижат). Изузетно важан фактор који утиче на смањење протицаја Требижата јесте постојање већег броја понора у акумулацији и у речном кориту, чији мониторинг је неопходно успоставити, као и губљење вода на ободу Имотског поља кроз поникве, где се део воде губи у правцу мора (Milašinović & Raič, 2016). Трећи битан фактор представља вештачко превођење реке Младе (слив Требижата) у Расток поље (јадрански слив) за потребе пољопривреде. Посматрано по сливовима, смањење просечних годишњих протицаја забележено је у сливовима Уне, Врбање, Требижата и на 1/3 профила у сливу реке Босне. Највеће смањење просечних годишњих протицаја на нивоу подсливова реке Босне забележено је у сливу Лашве (Мердани – 0,9 m³/s). Иако у сливу Лашве постоји одређена индустријска активност, додатна истраживања су неопходна како би се антропогени фактор могао потврдити/оповргнути. Главна индустријска постројења лоцирана су у долини реке Лашве, углавном у насељу Витез, око 10 km узводно од профила Мердани. Главна индустријска постројења у овом насељу су „FIS” (дрвна индустрија) и „Jurčević” (месна индустрија), а свакако треба навести и месну индустрију „Вајга“ у насељу Травник. Све наведене индустрије основане су након 1990. године, што би уз загревање ваздуха могао бити додатан фактор смањења протицаја на профилу Мердани. С друге стране, изузетно благо повећање водности било је карактеристично само за сливова Ступчанице и Криваје ($\leq 0,3$ m³/s), док је на најузводнијем профилу (Рељево) на реци Босни забележено једино повећање протицаја (0,1 m³/s). У прилог овом благом повећању водности иде и чињеница да је до наведених профила повећање просечне годишње температуре ваздуха било најмање, а износило је 0,9 °C (Рељево) и 1 °C (Олово и Оловске Луке).

Анализа промене просечних годишњих протицаја у Босни и Херцеговини показала је да је на већини анализираних хидролошких профила дошло до смањења протицаја између два претходно наведена периода. Негативна тенденција годишњих протицаја такође је утврђена у суседним земљама у региону јужне Европе. Негативни просечни годишњи протицаји утврђени су на свим анализираним хидролошким профилима у Словенији, док се као разлози смањења водности наводе смањење падавина и значајан раст температуре ваздуха (Ulaga et al., 2008). Анализирани период износио је у просеку 62 године, а најзначајнији негативни трендови утврђени су широм земље. Инсигнификантна негативна тенденција утврђена је на следећим рекама; Мура, Дравиња, Сора, Соча и Випава. Иако периоди осматрања протицаја река у Босни и Херцеговини и Словенији нису идентични, можемо да претпоставимо сличне обрасце промена водности река у обе државе. С друге стране, много бољи пример за компарацију протицаја налазимо на територији Хрватске, где је анализа просечних годишњих протицаја извршена за период 1990–2009. године. Разлог за то је могућност да упоредимо протицаје са краја 20. и почетка 21. века у Босни и Херцеговини и Хрватској. У анализираним двадесетогодишњем периоду утврђена је, углавном, позитивна тенденција просечних годишњих протицаја (Čanjevac & Orešić, 2015). Инсигнификантни позитивни трендови протицаја утврђени су на 22 хидролошка профила, док је на преосталих 9 осмотрено смањење водности. Значајно смањење протицаја осмотрено је у северном, панонском, делу на три мања водотока (Орљава, Чесма и Глибоки). Посматрано на нивоу речних басена, најзапаженије смањење водности забележено је у сливу Драве на мањим водотокима, где је и забележено највеће смањење протицаја од 2,3% на реци Глибоки. Инсигнификантне промене водности забележене су на реци Сави, док је на нивоу басена утврђено значајно повећање протицаја у источним (река Горња Добра) и значајно смањење у западним (Орљава и Чесма) деловима слива. Изражена негативна тенденција осмотрена је на Истри (река Мирна), док у региону Далмације није дошло до значајних промена годишњих протицаја. За разлику од просечних годишњих протицаја у Хрватској, на већини хидролошких профила у Босни и Херцеговини утврђено је смањење, међутим, треба истаћи да је у обе државе, углавном, дошло до незнатних/инсигнификантних промена водности. Подударност у обрасцима промене водности види се и по томе што је највеће смањење протицаја забележено у источним деловима слива Саве, односно на најисточнијем хидролошком профилу (Добој), док је у Хрватској то такође био случај са рекама Глибоки, Орљава и Чесма. Слично као и у Хрватској, просечни годишњи протицаји на Морачи (Црна Гора) показали су тенденцију раста у периоду 1991–2010. године (Burić et al., 2016). Међутим, посматрајући (1951–2010) дужи низ на истој реци, протицаји показују негативну тенденцију. Аутори наводе да је разлог овакве расподеле протицаја повећање падавина у сливу Мораче с краја 20. и почетка 21. века. Анализа тренда просечних годишњих протицаја у периоду 1961–2010. на територији Србије (94 профила) показала је да је на већини река забележено смањење водности (на 68% профила) (Kovačević-Majkić & Urošev, 2014). Инсигнификантан пораст протицаја забележен је на 29 профила, док су инсигнификантни негативни протицаји осмотрени на 40 профила. Сличност између годишњих протицаја у Србији и Босни и Херцеговини огледа се у чињеници да су на већини профила у Србији утврђени инсигнификантни негативни трендови, док је у Босни и Херцеговини незнатна промена (смањење) водности забележена у периоду 2001–2016, у односу на период 1961–1990. Протицаји у Северној Македонији били су у сагласности са протицајима у Словенији, Хрватској, Србији, Босни и Херцеговини и Црној Гори. Анализа тренда просечних годишњих протицаја на 13 станица у периоду 1971–2010. показала је смањење водности на свим анализираним профилима (Radevski et al., 2018). Значајни негативни протицаји утврђени су на четири профила, а инсигнификантни негативни на преосталих 7. Како би се боље проникло у саму природу промена протицаја река у Босни и Херцеговини, у наставку рада пажња ће бити посвећена анализи промене сезонских протицаја, као и анализи промена сезонских климатских параметара. С обзиром на то да од унутаргодишње расподеле

протицаја зависи годишња расподела, анализа сезонских параметара намеће се као следећи логичан корак у раду.



Слика 22. Промене просечних годишњих протицаја, падавина и температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

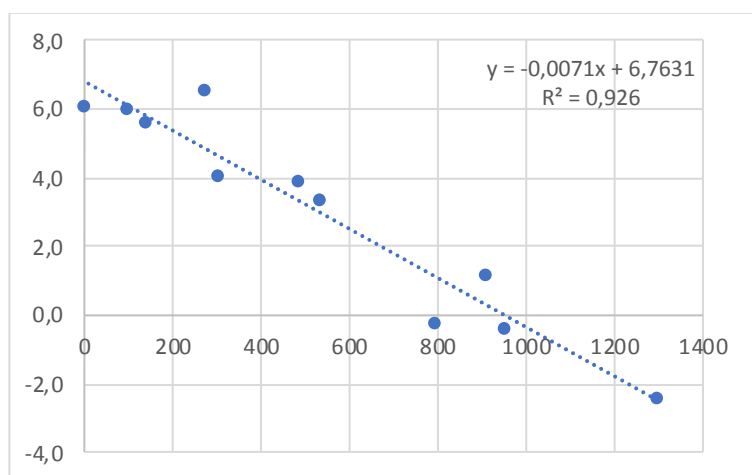
5.2. Промене температуре ваздуха и падавина и њихов утицај на промене протицаја у сезони зима

5.2.1. Температура ваздуха

Анализом података просечне зимске температуре ваздуха у периоду 1961–1990. и надморске висине издвојена су 4 рејона (рејони Уне, Врбаса, Босне и Неретве). Формуле за израчунавање температуре ваздуха у овој сезони приказане су у Табели 111. Регресиона формула за рејон Уне послужила нам је да израчунамо температуру ваздуха у сливовима Уне и Сане. Формуле за рејоне Врбаса и Неретве искоришћене су за израчунавање температуре у сливовима Врбање и Требижата, респективно. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за одређивање температуре у целом сливу реке Босне.

Табела 111. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони зима у периоду 1961–1990. године

Рејон	Уна	Врбас	Босна	Неретва
Број станица	8	7	13	11
Формула: $y = \dots$	$-0,0032x + 1,50$	$-0,0028x + 1,17$	$-0,0036x + 1,48$	$-0,0071x + 6,77$
R^2	0,84	0,77	0,91	0,93

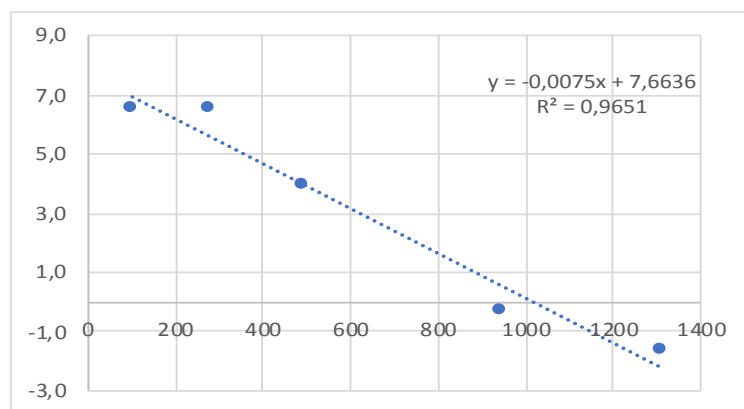


Графикон 52. Регресиони модел просечне зимске температуре ваздуха у рејону Неретве у периоду 1961–1990. године

Анализом података просечне зимске температуре ваздуха у периоду 2001–2016. и надморске висине издвојена су 3 рејона (рејони Уне и Врбаса, Босне и Неретве). Регресиона једначина за рејон Уне и Врбаса послужила нам је да израчунамо вредности температуре ваздуха у сливовима Уне, Сане и Врбање. Формула за рејон Неретве употребљена је за одређивање температуре у сливу Требижата. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за одређивање температуре у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје.

Табела 112. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони зима у периоду 2001–2016. године

Рејон	Уна и Врбас	Босна	Неретва
Број станица	7	8	5
Формула: $y = \dots$	$-0,0029x + 2,40$	$-0,0045x + 3,0$	$-0,0075x + 7,66$
R^2	0,84	0,96	0,97



Графикон 53. Регресиони модел просечне зимске температуре ваздуха у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године

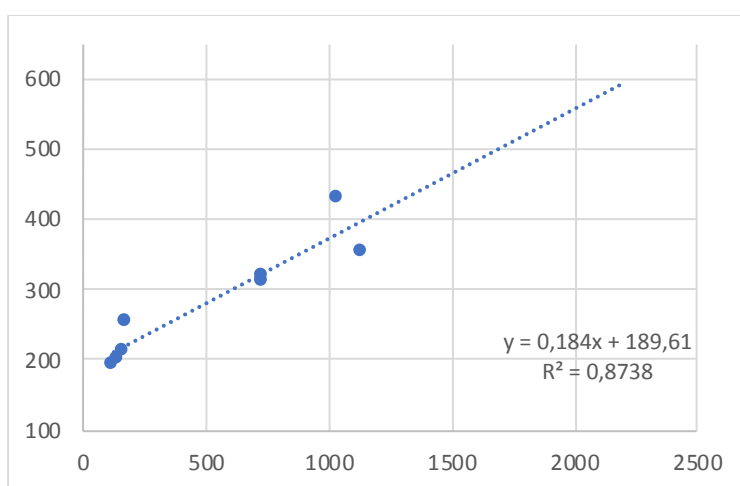
5.2.2. Падавине

Анализом података просечне количине падавина у сезони зима у периоду 1961–1990. и надморске висине издвојена су 4 рејона (рејони Уне, Врбаса, Босне и Неретве). Регресионе

формуле за одређивање падавина у издвојеним рејонима приказане су у Табели 113. Формула за рејон Уне послужила је за израчунавање падавина у сливовима Уне и Сане. Једначина за рејон Неретве искоришћена је за израчунавање падавина у сливу реке Требижат. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за одређивање падавина у сливу Босне, као и у подсливовима Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје. На основу исте формуле одређена је просечна зимска количина падавина у сливу реке Врбање. Како слив Врбање граничи на истоку са сливом Босне, а у циљу што рационалнијег објашњења повезаности протицаја и падавина, слив Врбање је за ову сезонску анализу припојен рејону Босне.

Табела 113. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони зима у периоду 1961–1990. године

Рејон	Уна	Врбас	Босна	Неретва
Број станица	8	6	8	6
Формула: $y = \dots$	$0,184x + 190$	$0,2304x + 158$	$0,0398x + 171$	$0,1764x + 361$
R^2	0,87	0,86	0,73	0,74

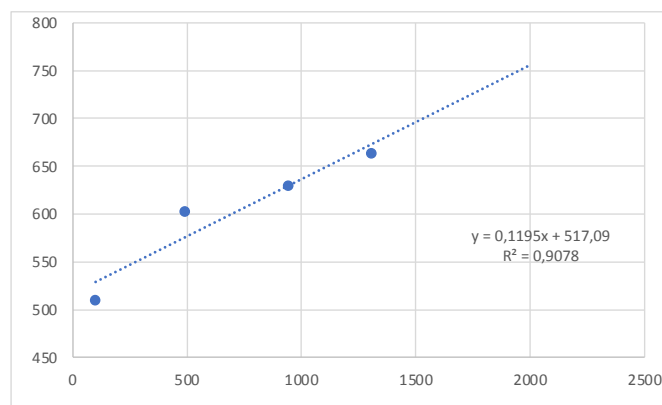


Графикон 54. Регресиони модел просечне зимске количине падавина у рејону Уне у периоду 1961–1990. године

Анализом података просечне зимске количине падавина у периоду 2001–2016. и надморске висине издвојена су 3 рејона (рејони Уне и Врбаса, Босне и Неретве). Регресиона формула за рејон Уне и Врбаса послужила нам је да израчунамо вредности падавина у сливовима Уне и Сане. Регресиона једначина за рејон Босне употребљена је за одређивање падавина у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице, Криваје и Врбање. Формула за рејон Неретве искоришћена је за израчунавање падавина у сливу реке Требижат.

Табела 114. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони зима у периоду 2001–2016. године

Рејон	Уна и Врбас	Босна	Неретва
Број станица	6	6	4
Формула: $y = \dots$	$0,2324x + 165$	$0,022x + 166$	$0,1195x + 517$
R^2	0,70	0,71	0,91



Графикон 55. Регресиони модел просечне зимске количине падавина у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године

Табела 115. Промене просечне зимске температуре ваздуха и падавина до анализираних хидролошких профила у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

Х. с.	Температура 1961–1990 °C	Температура 2001–2016 °C	Разлика °C	Падавине 1961–1990 mm	Падавине 2001–2016 mm	Разлика mm – %
1. Краље	-1,5	-0,3	1,2	363	385	22 – 6,1
2. Приједор	-0,1	0,9	1,0	284	283	-1 – 0,4
3. Сански Мост	-0,6	0,5	1,1	313	321	8 – 2,6
4. Врбања	-0,6	0,5	1,1	182	197	-15 – 8,2
5. Маглај	-1,6	-0,8	0,8	204	186	-18 – 9,0
6. Завидовићи _Б	-1,6	-0,9	0,7	205	186	-19 – 9,2
7. Рељево	-2,2	-1,6	0,6	211	190	-22 – 10,2
8. Олово	-2,0	-1,4	0,6	210	189	-21 – 9,9
9. Завидовићи _К	-1,6	-0,9	0,7	205	186	-19 – 9,1
10. Мердани	-1,8	-1,1	0,7	207	187	-20 – 9,4
11. Биштица	-2,0	-1,3	0,7	209	188	-21 – 9,8
12. Оловске Луке	-2,1	-1,5	0,6	211	189	-22 – 10,1
13. Хумац	3,2	3,9	0,7	450	577	127 – 28,4

Табела 116. Промене просечних зимских протицаја на анализираним хидролошким профилима у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

Х. с.	Протицај 1961–1990 m ³ /s	Протицај 2001–2016 m ³ /s	Разлика m ³ /s – %
1. Краље	122,1	126,1	4,0 – 3,3
2. Приједор	98,2	97,1	-1,1 – 1,1
3. Сански Мост	77,3	77,6	0,3 – 0,4
4. Врбања	21,2	15,0	-6,2 – 29,2
5. Маглај	147,0	138,7	-8,3 – 5,6
6. Завидовићи _{БОСНА}	113,2	110,8	-2,4 – 2,1
7. Рељево	32,8	32,4	-0,4 – 1,2
8. Олово	11,8	11,7	-0,1 – 0,8
9. Завидовићи _{КРИВАЈА}	28,9	27,2	-1,7 – 5,9
10. Мердани	18,7	17,0	-1,7 – 9,1
11. Биштица	7,9	7,5	-0,4 – 5,1

12. Оловске Луке	4,4	4,0	-0,4 – 9,1
13. Хумац	54,6	54,9	0,3 – 1,0

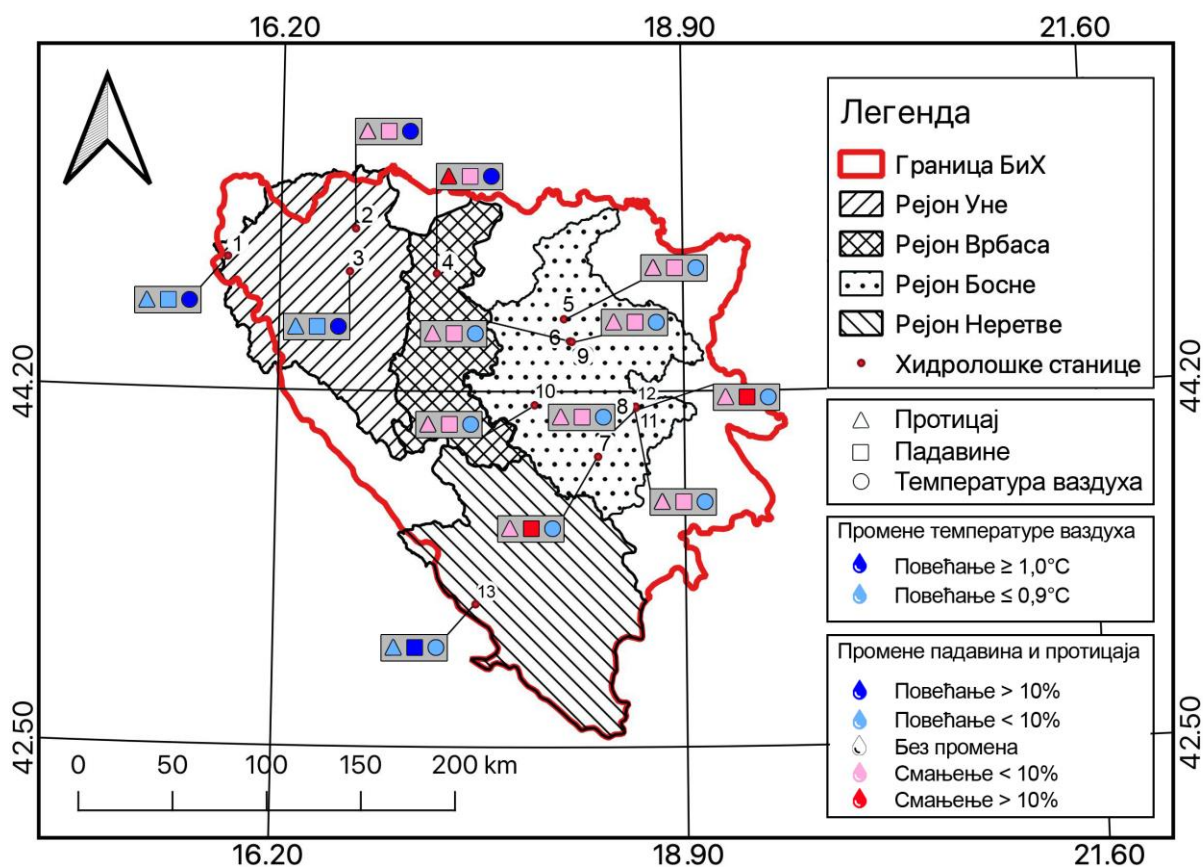
5.2.3. Анализа утицаја промене климатских елемената на протицаје у сезони зима

Анализом просечних зимских протицаја утврђено је да је у периоду 2001–2016. године на готово свим хидролошким профилима дошло до смањења протицаја у односу на период 1961–1990. године. Пораст водности у овој сезони утврђен је у рејону Уне, на профилима Краље (Уна) и Сански Мост (Сана), и у рејону Неретве на профилима Хумац (Требижат) (Табела 116). Изражен пораст температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. до готово свих анализираних хидролошких профила био је $\geq 0,7$ °С, док је анализа тренда просечне зимске температуре ваздуха показала да је на свим анализираним станицама утврђено значајно ($p < 0,01$) загревање у периоду 1961–2016. године. Анализа просечне зимске количине падавина између два периода такође је показала смањење падавина у периоду 2001–2016. до већине анализираних хидролошких профила. Смањење падавина углавном је износило $< 10\%$, док је анализа тренда просечних зимских падавина показала да су на територији Босне и Херцеговине углавном забележени негативни/позитивни инсигнификантни трендови.

На бази анализе промене климатских елемената и протицаја дошло се до закључка да смањење падавина представља примарни фактор редуковања водности река у Босни и Херцеговини у сезони зима. Иако је и у овој сезони забележена проминентна тенденција загревања ваздуха, заправо је изузетно тешко установити колики је стваран утицај температуре ваздуха на протицаје у хладнијем делу године. Доминантан утицај температуре ваздуха огледа се, пре свега, преко испаравања, које је у овој сезони сведено на минимум, услед ниских температура ваздуха. Како би се поткрепила констатација да падавине представљају примарни регулатор протицаја у овој сезони, као и да је утицај температуре ваздуха занемарљив, може се навести чињеница да је благо повећање просечних зимских протицаја било могуће и када је раст падавина у периоду 2001–2016. износио мање од 10% (профили Краље, Сански Мост и Хумац). Ово потврђује општу теорију да с повећањем падавина долази и до повећања протицаја. Неоспорну чињеницу да падавине представљају главни фактор који детерминише протицаје, такође показује и чињеница да је на свим профилима где је забележено смањење протицаја дошло до редуковања падавина. Процентуално највеће смањење протицаја забележено на профилима (Врбања – 29,2%, Мердани и Оловске Луке – 9,1%) у сагласности је са смањењем падавина које је утврђено до ова три профила (8,2%, 9,4% и 10,1%, респективно). Благо смањење протицаја, које је забележено на свим осталим профилима у сливу Босне, у сагласности је са смањењем падавина, које се кретало у интервалу од 9,1 mm до 10,2 mm. Најмање смањење протицаја у целом сливу Босне забележено је на профилима Олово (-0,1 m³/s), док су генерално блага смањења водности била карактеристична за горњи део слива реке Босне. Смањење просечних зимских протицаја забележено је још у сливовима Врбање и Сане. С друге стране, благо повећање протицаја било је карактеристично за рејоне Уне (Краље – 4,0 m³/s и Сански Мост – 0,3 m³/s) и Неретве (Хумац – 0,3 m³/s).

Анализа промене просечних зимских протицаја у Босни и Херцеговини показала је да је на већини хидролошких профила дошло до смањења протицаја између два претходно наведена периода, док је до незнатног повећања дошло у сливовима Уне, Сане и Требижата. Негативна тенденција годишњих протицаја такође је утврђена у суседним земљама у региону. Трендови просечних зимских протицаја у периоду 1990–2009. у Хрватској имали су изражен регионални карактер. Повећање водности забележено је на рекама Далмације и Истре, док је смањење водности било карактеристично за реке на северу и истоку Хрватске, односно за реке у сливу Саве (Ћанјевас & Orešić, 2015). Осмотрени трендови протицаја углавном су били инсигнификантни, док су вредности промене протицаја углавном биле

мање/веће од 1%. Благо смањење зимских протицаја у Босни и Херцеговини (готово на свим профилима) у периоду 2001–2016. године у сагласности је са инsigнификантним негативним променама водности река у сливу Саве у Хрватској. Значајна негативна тенденција протицаја у сезони зима забележена је на два мања водотока (Глибоки и Трнава), док је једино значајно повећање протицаја забележено на реци Горња Добра. Инsigнификантне промене протицаја забележене су и на већини река у Србији. Повећање и смањење протицаја у овој сезони за период 1961–2010. осмотрено је на приближно истом броју хидролошких профила, а већина трендова била је инsigнификантна (Ковачевић-Мајкић & Угошев, 2014). Значајни позитивни трендови протицаја забележени су сливовима Ибра, Пека, Млаве и Топлице, док су значајни негативни трендови били карактеристични за сливове Јужне Мораве и Белог Дрима. С друге стране инsigнификантно смањење водности било је карактеристично за реке у сливовима Западне Мораве, Колубаре и у егејском сливу. Инsigнификантне промене водности забележене су и у Северној Македонији на већини река у западном делу територије (Radevski et al., 2018). Значајни негативни трендови били су карактеристични само на четири профила у источном делу Северне Македоније. За разлику од Хрватске, Босне и Херцеговине, Србије и Северне Македоније, за већину река (52%) у Румунији, у периоду 1961–2009. године, утврђени су позитивни трендови протицаја, који се јављају услед превременог топљења снега, односно повећане температуре ваздуха у сезони зима (Birsan et al., 2014).



Слика 23. Промене просечних зимских протицаја, падавина и температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

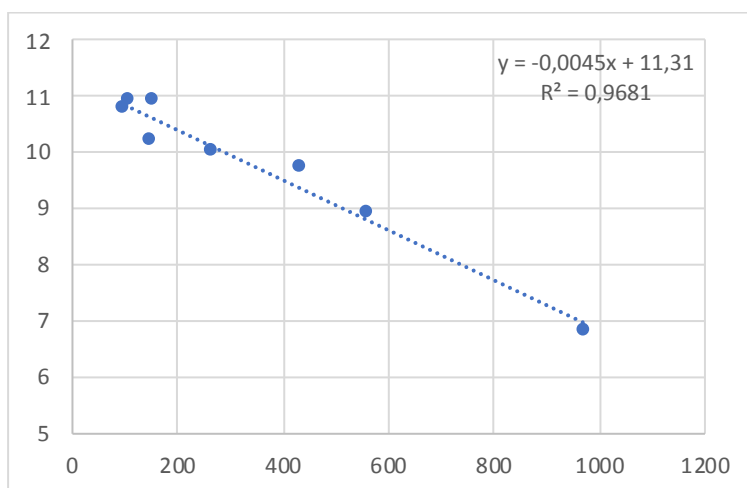
5.3. Промене температуре ваздуха, падавина и протицаја у сезони пролеће

5.3.1. Температура ваздуха

Анализом података просечне пролећне температуре ваздуха у периоду 1961–1990. и надморске висине издвојена су 4 рејона (рејони Уне, Врбаса, Босне и Неретве). Регресиона једначина за рејон Уне употребљена је за одређивање просечне температуре ваздуха у сезони пролеће у сливовима Уне и Сане. Једначине за рејоне Врбаса и Неретве употребљене су за израчунавање температуре у сливовима Врбање и Требижата, респективно. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за одређивање температуре у целом сливу Босне.

Табела 117. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони пролеће у периоду 1961–1990. године

Рејон	Уна	Врбас	Босна	Неретва
Број станица	9	8	15	12
Формула: $y = \dots$	$-0,0055x + 11,47$	$-0,0046x + 11,31$	$-0,0056x + 11,99$	$-0,0068x + 13,93$
R^2	0,96	0,97	0,94	0,97

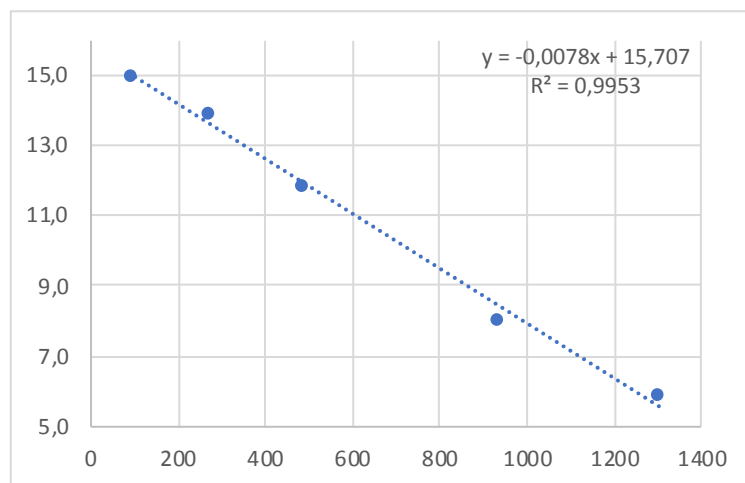


Графикон 56. Регресиони модел просечне пролећне температуре ваздуха у рејону Врбаса у периоду 1961–1990. године

Анализом података просечне пролећне температуре ваздуха у периоду 2001–2016. и надморске висине издвојена су 3 рејона (рејони Уне и Врбаса, Босне и Неретве). Једначине за израчунавање температуре ваздуха у издвојеним рејонима дате су у Табели 118. Регресиона формула за рејон Уне и Врбаса послужила је за израчунавање пролећне температуре ваздуха у сливовима Уне, Сане и Врбање. Формула за рејон Неретве искоришћена је за израчунавање температуре у сливу Требижата. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за одређивање температуре у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје.

Табела 118. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони пролеће у периоду 2001–2016. године

Рејон	Уна и Врбас	Босна	Неретва
Број станица	6	8	5
Формула: $y = \dots$	$-0,005x + 12,86$	$-0,0065x + 13,63$	$-0,0078x + 15,74$
R^2	0,95	0,98	0,99



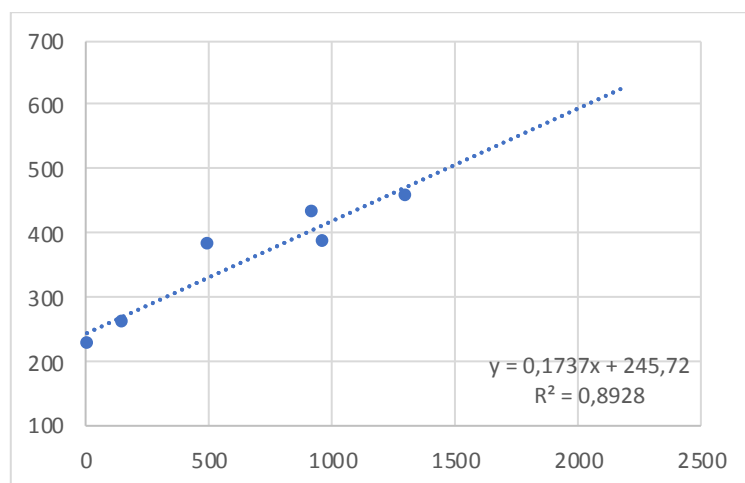
Графикон 57. Регресиони модел просечне пролећне температуре ваздуха у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године

5.3.2. Падавине

Анализом података просечне пролећне количине падавина у периоду 1961–1990. и надморске висине издвојена су 4 рејона (рејони Уне, Врбаса, Босне и Неретве). Регресиона формула за рејон Уне послужила нам је да израчунамо падавине у сливовима Уне и Сане. Формуле за рејоне Врбаса и Неретве искоришћене су за израчунавање падавина у сливовима Врбање и Требижата, респективно. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за одређивање падавина у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје.

Табела 119. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони пролеће у периоду 1961–1990. године

Рејон	Уна	Врбас	Босна	Неретва
Број станица	6	5	7	6
Формула: $y = \dots$	$0,1499x + 239$	$0,1555x + 204$	$0,0296x + 196$	$0,1737x + 246$
R^2	0,82	0,76	0,75	0,89

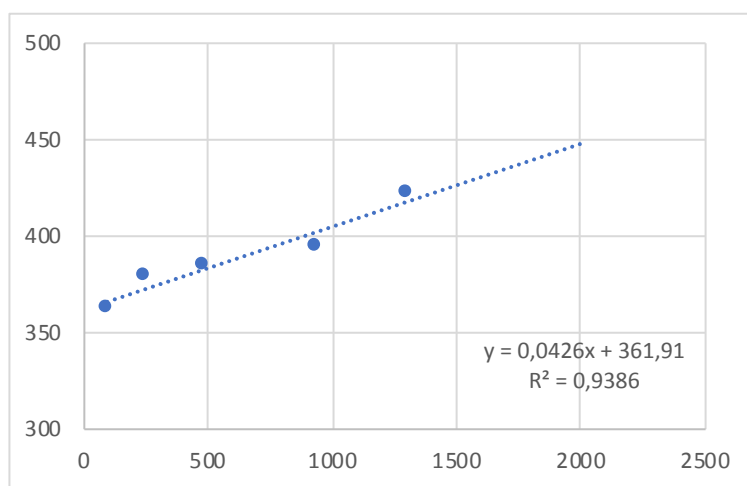


Графикон 58. Регресиони модел просечне пролећне количине падавина у рејону Неретве у периоду 1961–1990. године

Анализом података просечне пролећне количине падавина у периоду 2001–2016. и надморске висине издвојена су 3 рејона (рејони Уне и Врбаса, Босне и Неретве). Регресиона формула за рејон Уне и Врбаса употребљена је за одређивање просечних вредности падавина у сезони пролеће у сливовима Уне, Сане, Врбање и Требижата. С обзиром на то да рејон Неретве на северозападу и северу граничи са рејоном Уне у Врбаса, слив Требижата придружен је овом рејону у циљу детерминисања што логичније хидроклиматске слике у сезони пролеће. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за одређивање температуре у сливу Босне, као и у њеним подсливовима (Лашва, Биштица, Ступчаница и Криваја).

Табела 120. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони пролеће у периоду 2001–2016. године

Рејон	Уна и Врбас	Босна	Неретва
Број станица	5	8	5
Формула: $y = \dots$	$0,1163x + 244$	$0,0415x + 219$	$0,0426x + 362$
R^2	0,70	0,72	0,94



Графикон 59. Регресиони модел просечне пролећне количине падавина у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године

Табела 121. Промене просечне пролећне температуре ваздуха и падавина до анализираних хидролошких профила у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

Х. с.	Температура 1961–1990 °C	Температура 2001–2016 °C	Разлика °C	Падавине 1961–1990 mm	Падавине 2001–2016 mm	Разлика mm – %
1. Краље	6,3	8,1	1,8	381	353	-28 – 7,3
2. Приједор	8,7	10,3	1,6	315	303	-12 – 3,8
3. Сански Мост	7,8	9,5	1,7	339	322	-17 – 5,0
4. Врбања	8,4	9,6	1,2	304	339	34 – 11,3
5. Маглај	7,2	8,1	0,9	221	254	33 – 14,8
6. Завидовићи _Б	7,1	8,0	0,9	222	255	33 – 14,9
7. Рељево	6,3	7,0	0,7	226	261	35 – 15,4
8. Олово	6,5	7,3	0,8	225	259	34 – 15,2
9. Завидовићи _К	7,2	8,1	0,9	221	254	33 – 14,8
10. Мердани	6,9	7,8	0,9	223	256	33 – 15,0
11. Биоштица	6,7	7,4	0,7	224	259	35 – 15,3
12. Оловске Луке	6,4	7,1	0,7	226	260	34 – 15,3
13. Хумац	10,5	11,8	1,3	333	302	-30 – 9,0

Табела 122. Промене просечних пролећних протицаја на анализираним хидролошким профилима у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

Х. с.	Протицај 1961–1990 m ³ /s	Протицај 2001–2016 m ³ /s	Разлика m ³ /s-%
1. Краље	136,3	129,5	-6,8 – 5,0
2. Приједор	122,5	116,6	-5,9 – 4,8
3. Сански Мост	102,1	99,8	-2,3 – 2,3
4. Врбања	24,2	24,8	0,6 – 2,5
5. Маглај	189,6	198,5	8,9 – 4,7
6. Завидовићи _{БОСНА}	150,0	158,0	8,0 – 5,3
7. Рељево	45,1	46,8	1,7 – 3,8
8. Олово	17,9	18,7	0,8 – 4,5
9. Завидовићи _{КРИВАЈА}	39,1	39,2	0,1 – 0,3
10. Мердани	25,6	25,7	0,1 – 0,4
11. Биоштица	11,0	11,1	0,1 – 0,9
12. Оловске Луке	7,0	7,7	0,7 – 10,0
13. Хумац	40,8	39,4	-1,4 – 3,0

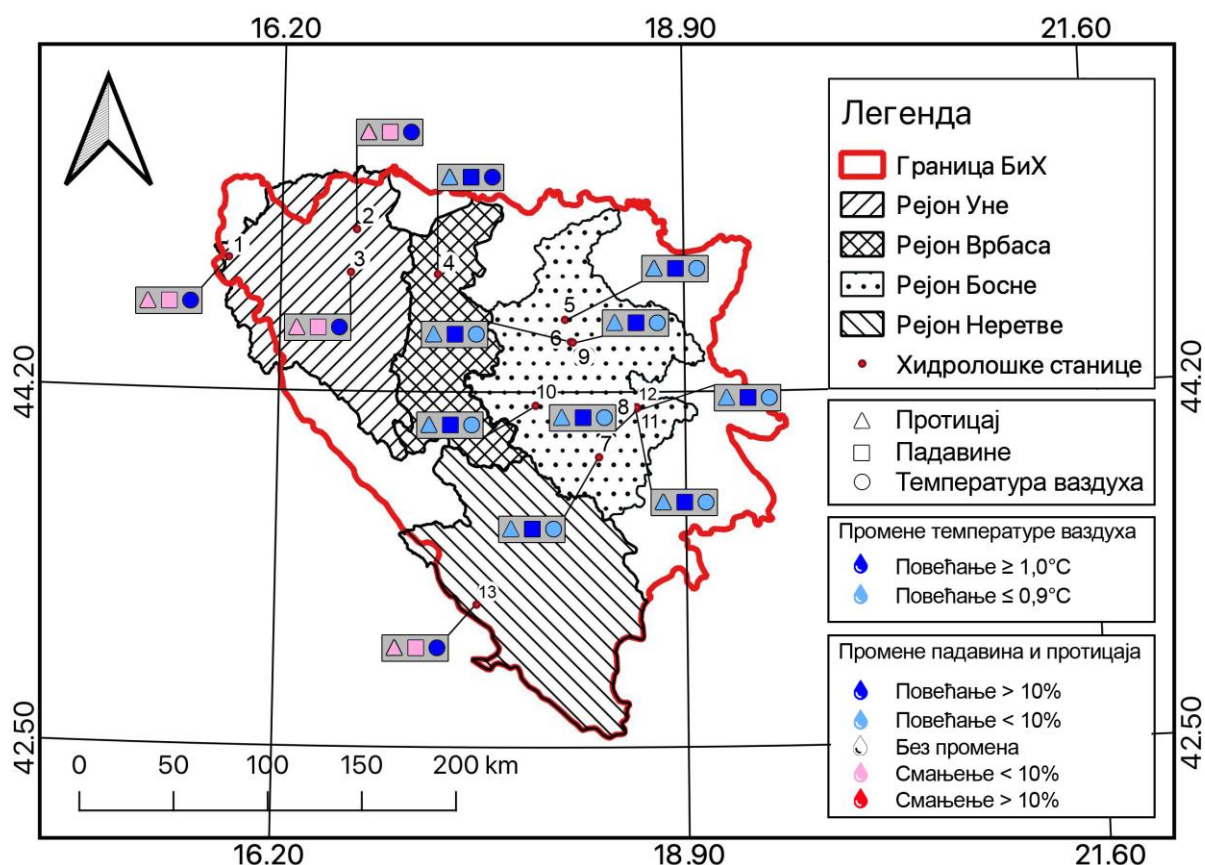
5.3.3. Анализа утицаја промене климатских елемената на протицаје у сезони пролеће

Анализа промене просечних пролећних протицаја у Босни и Херцеговина између периода 1961–1990. и 2001–2016. године показала је да је у другом периоду на већем броју хидролошких профила дошло до раста водности. Повећање протицаја доминантно је

забележено у рејону Босне, док је благо повећање протицаја забележено у сливу Врбање. Смањење водности било је карактеристично за рејоне Уне и Неретве. Треба истаћи да је значајан пораст температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у овој сезони поново био карактеристичан за све осмотрене профиле, као и да је он до свих профила износи $\geq 0,9$ °C. Такође, изражена тенденција загревања ваздуха претходно је потврђена анализом тренда, која је показала да је на великом броју станица загревање било статистички значајно ($p < 0,01$). Анализа просечних пролећних падавина између два периода такође је показала раст у периоду 2001–2016. до свих анализираних профила. Повећање падавина у рејонима Босне и Врбаса износило је више од 10%, док је смањење било карактеристично за рејоне Уне и Неретве (Табела 121). Инсигнификантан позитиван тренд просечних пролећних падавина био је карактеристичан за готово цео простор Босне и Херцеговине, што је у сагласности са претходно констатованим порастом падавина у периоду 2001–2016.

На бази анализе промене климатских елемената и протицаја, лако се долази до закључка да су промене протицаја у сезони пролеће доминантно зависиле од падавина. Треба нагласити како је повећање падавина, које је износило $> 10\%$, утицало на повећање водности река, док је смањење падавина утицало на редуковање протицаја. Ово представља очигледан пример улоге падавина у регулацији протицаја река. Процентуално највеће смањење протицаја забележено је на профилима Краље (5,0%), а такође до истог профила утврђено је и готово највеће смањење падавина (7,3%) у сезони пролеће. Смањење протицаја у овој сезони такође је забележено и на профилима Сански Мост (2,3%) и Приједор (4,8%). Као што је већ наведено, смањење протицаја у сливу Уне у сагласности је са смањењем падавина (2,3–5,0%), али и са највећим растом температуре ваздуха, које је до профила Краље, Сански Мост и Приједор износило 1,8 °C, 1,7 °C и 1,6 °C, респективно. Смањење протицаја било је карактеристично и за слив реке Требижат, где су редуковање падавина за 9% и раст температуре ваздуха за 1,3 °C условили смањења протицаја за 3,0%. Супротно остатку Босне и Херцеговине, повећање водности у целом рејону Босне и у сливу Врбање узроковано је знатним повећањем падавина, које је до свих анализираних профила, и уз значајан раст температуре ваздуха, било веће од 10%. Највеће процентуално повећање протицаја у сливу Босне забележено је на профилима Оловске Луке (10,0%) и Завидовићи_{БОСНА} (5,3%).

Анализа промене просечних пролећних протицаја у Босни и Херцеговини показала је да је на истом броју (7) хидролошких профила дошло до смањења и повећања протицаја у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. Смањење водности констатовано је у сливовима Уне, Требижата и на профилима Биштице и Лашве (слив Босне). С друге стране, пораст водности био је карактеристичан за готово цео слив Босне и за слив Врбање. Инсигнификантно повећање просечних пролећних протицаја забележено је у већем делу Хрватске (Ћанјевас & Orešić, 2015). Најизраженији ($> 2\%$) позитивни трендови пролећних протицаја у периоду 1990–2009. осмотрени су у сливу Купе, док је најмање повећање протицаја осмотрено у сливу Драве. Смањење протицаја у овој сезони забележено је на 10 профила. Реч је о мањим рекама на северу и североистоку – Корани и Цетини. На територији Србије забележен је само један значајан тренд раста пролећних протицаја (Ковачевић-Мајкић & Угошев, 2014). Инсигнификантне промене пролећних протицаја забележене су на већини река. Повећање водности у периоду 1961–2010. било је карактеристично за слив Топлице, док је значајно смањење осмотрено у сливу Јужне Мораве (реке Темска и Височица) и у сливу Белог Дрима. Инсигнификантна смањења водности забележена су у сливовима Колубаре и Западне Мораве. Незнатно смањење протицаја забележено је у готово целој Северној Македонији (Radevski et al., 2018). Значајан негативан тренд у периоду 1971–2010. забележен је само на једном профилима. Негативна тенденција пролећних протицаја забележена је и на већини река у Румунији у периоду 1975–2009. године (Birsan et al., 2014).



Слика 24. Промене просечних пролећних протицаја, падавина и температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

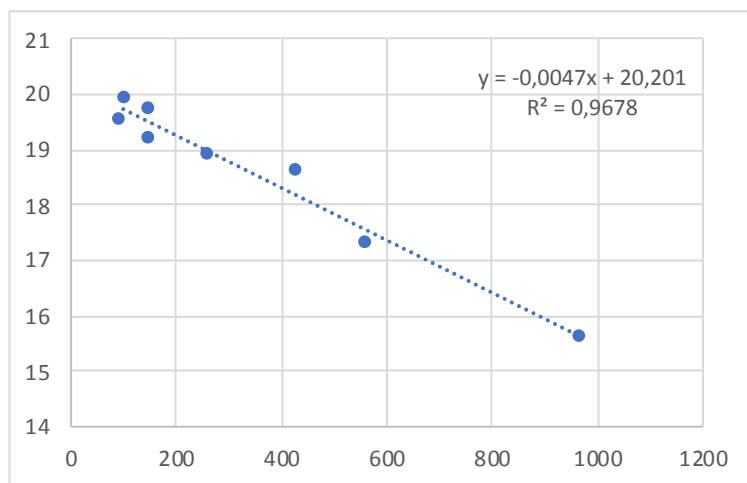
5.4. Промене температуре ваздуха, падавина и протицаја у сезони лето

5.4.1. Температура ваздуха

Анализом података просечне летње температуре ваздуха у периоду 1961–1990. и надморске висине издвојена су 4 рејона (рејони Уне, Врбаса, Босне и Неретве). Формуле за израчунавање температуре ваздуха у издвојеним рејонима дате су у Табели 123. Регресиона формула за рејон Уне послужила је за израчунавање вредности температуре ваздуха у сливовима Уне и Сане. Формуле за рејоне Врбаса и Неретве употребљене су за одређивање температуре у сливовима Врбање и Требижата, респективно. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за одређивање просечне летње температуре у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје.

Табела 123. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони лето у периоду 1961–1990. године

Рејон	Уна	Врбас	Босна	Неретва
Број станица	9	8	15	12
Формула: $y = \dots$	$-0,0048x + 19,99$	$-0,0048x + 20,20$	$-0,0054x + 20,55$	$-0,0069x + 23,26$
R^2	0,92	0,97	0,96	0,93

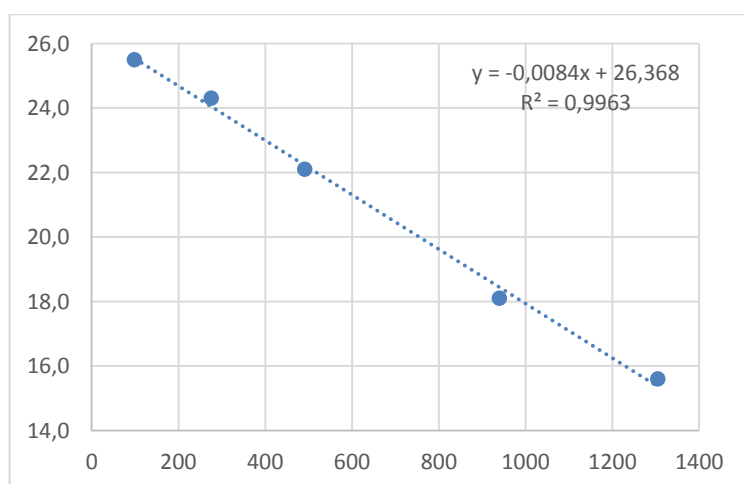


Графикон 60. Регресиони модел просечне летње температуре ваздуха у рејону Врбаса у периоду 1961–1990. године

Анализом података просечне летње температуре ваздуха у периоду 2001–2016. и надморске висине издвојена су 3 рејона (рејони Уне и Врбаса, Босне и Неретве). Регресиона формула за рејон Уне и Врбаса послужила нам је да израчунамо летњу температуру ваздуха у сливовима Уне, Сане и Врбање. Једначина за рејон Неретве искоришћена је за одређивање летње температуре у сливу Требижата. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за одређивање просечне летње температуре у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје.

Табела 124. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони лето у периоду 2001–2016. године

Рејон	Уна и Врбас	Босна	Неретва
Број станица	6	8	5
Формула: $y = \dots$	$-0,0051x + 22,37$	$-0,0061x + 22,95$	$-0,0084x + 26,37$
R^2	0,87	0,98	0,99



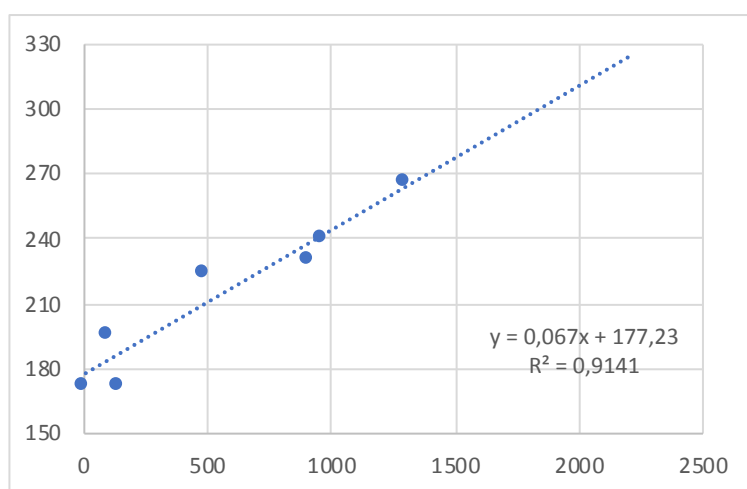
Графикон 61. Регресиони модел просечне летње температуре ваздуха у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године

5.4.2. Падавине

Анализом података просечне летње количине падавина у периоду 1961–1990. и надморске висине издвојена су 3 рејона (рејони Уне и Врбаса, Босне и Неретве). Регресиона једначина за рејон Уне и Врбаса употребљена је да одређивање летње количине падавина у сливовима Уне, Сане и Врбање. Формула за рејон Неретве искоришћена је за израчунавање падавина у сливу реке Требижат. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за израчунавање летњих падавина у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје.

Табела 125. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони лето у периоду 1961–1990. године

Рејон	Уна и Врбас	Босна	Неретва
Број станица	9	7	7
Формула: $y = \dots$	$0,0385x + 258$	$0,028x + 229$	$0,067x + 177$
R^2	0,75	0,70	0,91

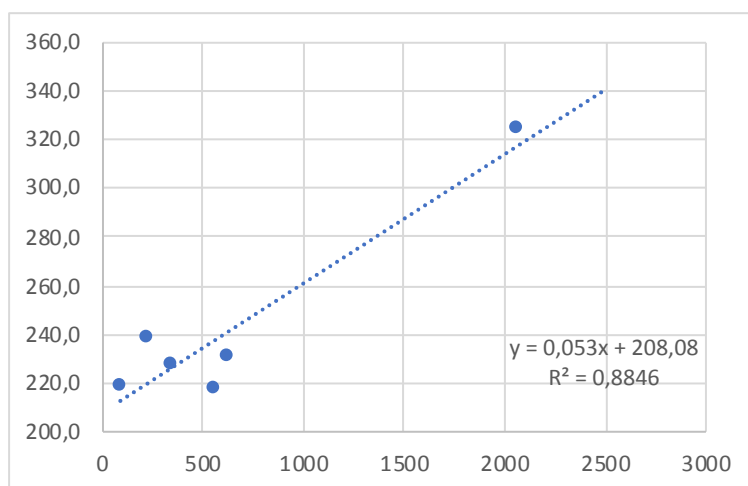


Графикон 62. Регресиони модел просечне летње количине падавина у рејону Неретве у периоду 1961–1990. године

Анализом просечне летње количине падавина у периоду 2001–2016. и надморске висине издвојена су 3 рејона (рејони Уне и Врбаса, Босне и Неретве). Регресиона формула за рејон Уне и Врбаса послужила нам је да израчунамо падавине у сливовима Уне, Сане и Врбање, док је формула за рејон Неретве употребљена за израчунавање падавина у сливу Требижата. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за одређивање падавина у целом сливу реке Босне.

Табела 126. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони лето у периоду 2001–2016. године

Рејон	Уна и Врбас	Босна	Неретва
Број станица	4	7	5
Формула: $y = \dots$	$0,0522x + 234$	$0,053x + 208$	$0,0358x + 176$
R^2	0,72	0,88	0,74



Графикон 63. Регресиони модел просечне летње количине падавина у рејону Босне у периоду 2001–2016. године

Табела 127. Промене просечне летње температуре ваздуха и падавина до анализираних хидролошких профила у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

Х. с.	Температура 1961–1990 °C	Температура 2001–2016 °C	Разлика °C	Падавине 1961–1990 mm	Падавине 2001–2016 mm	Разлика mm – %
1. Краље	15,5	17,6	2,1	294	282	-12 – 4,1
2. Приједор	17,5	19,8	2,3	278	256	-4 – 1,7
3. Сански Мост	16,8	19,0	2,2	284	265	-22 – 8,0
4. Врбања	17,1	19,1	2,0	283	267	-16 – 5,7
5. Маглај	16,0	17,8	1,8	253	251	-2 – 0,7
6. Завидовићи _Б	15,9	17,7	1,8	253	254	-1 – 0,5
7. Рељево	15,0	16,7	1,7	258	260	2,4 – 0,9
8. Олово	15,3	17,0	1,7	257	258	1 – 0,4
9. Завидовићи _К	15,9	17,8	1,9	253	252	-1 – 0,3
10. Мердани	15,7	17,4	1,7	255	254	-1 – 0,4
11. Биоштица	15,4	17,1	1,7	256	257	1 – 0,5
12. Оловске Луке	15,1	16,8	1,7	257	260	3 – 1,1
13. Хумац	19,8	22,1	2,3	211	194	-17 – 7,8

Табела 128. Промене просечних летњих протицаја на анализираним хидролошким профилима у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

Х. с.	Протицај 1961–1990 m ³ /s	Протицај 2001–2016 m ³ /s	Разлика m ³ /s – %
1. Краље	57,3	48,4	-8,9 – 15,5
2. Приједор	47,7	35,5	-12,2 – 25,6
3. Сански Мост	40,3	32,9	-7,4 – 18,4
4. Врбања	11,1	10,4	-0,7 – 6,3
5. Маглај	78,0	74,8	-3,2 – 4,1
6. Завидовићи _{БОСНА}	60,1	56,8	-3,3 – 5,5
7. Рељево	17,3	15,5	-1,8 – 10,4
8. Олово	7,6	7,3	-0,3 – 3,9
9. Завидовићи _{КРИВАЈА}	16,2	16,1	-0,1 – 0,6
10. Мердани	12,1	11,2	-0,9 – 7,4
11. Биштица	4,7	4,5	-0,2 – 4,3
12. Оловске Луке	2,8	2,6	-0,2 – 7,1
13. Хумац	10,1	7,0	-3,1 – 31,0

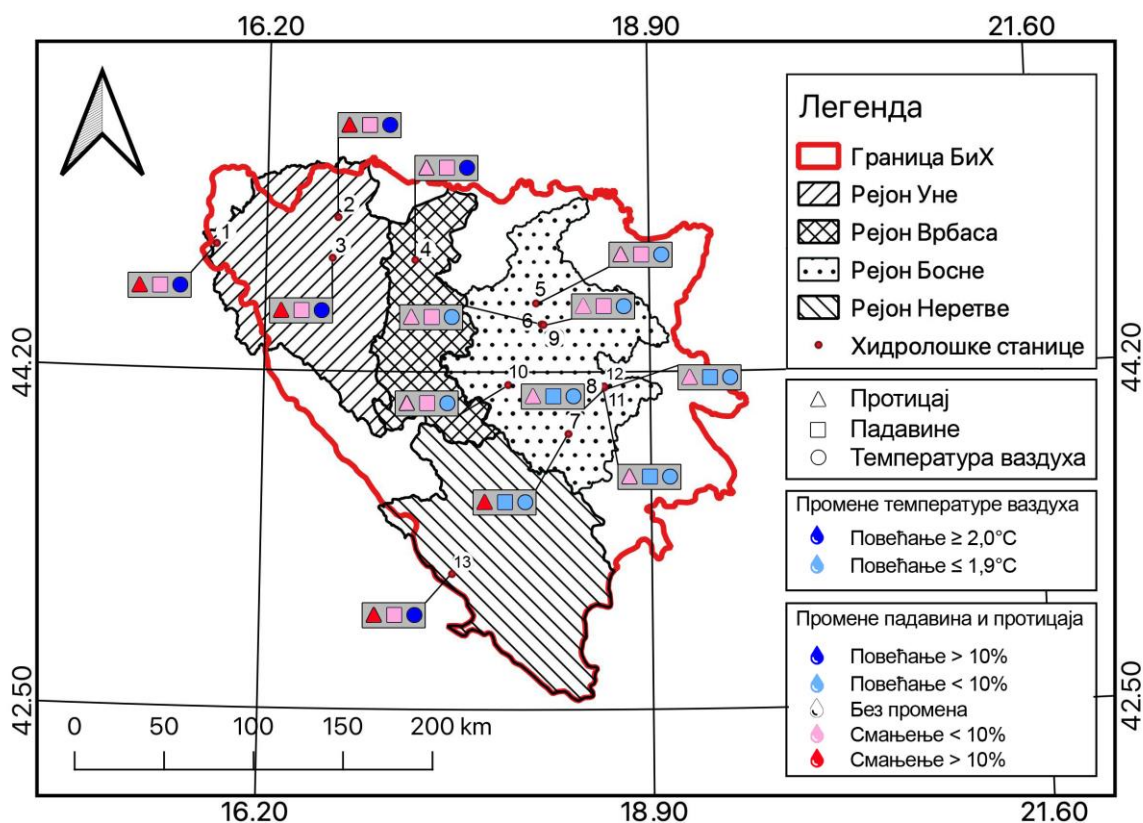
5.4.3. Анализа утицаја промене климатских елемената на протицаје у сезони лето

Анализа промене просечних летњих протицаја у Босни и Херцеговина између периода 1961–1990. и 2001–2016. године показала је да је у другом периоду на свим хидролошким профилима дошло до смањења протицаја. Поново треба нагласити да је значајан пораст температуре ваздуха у периоду 2001–2016., у овој сезони, био карактеристичан за све осмотрене профиле, као и да је оно до свих профила било $\geq 1,7$ °C. Проминентно загревање ваздуха у овој сезони претходно је потврђено и анализом тренда. Анализом је установљено да је на целом простору Босне и Херцеговине у периоду 1961–2016. присутан статистички значајан ($p < 0,01$) позитиван тренд летњих температура. Анализа просечних летњих падавина између два периода, показала је углавном смањење падавина и незнатан раст на четири метеоролошке станице (до 1,1%) у периоду 2001–2016. Инсигнификантан негативан тренд просечних летњих падавина био је карактеристичан за готово цео простор Босне и Херцеговине, што је такође кореспондентно са претходно констатованим смањењем падавина у периоду 2001–2016, у односу на референтни период (1961–1990).

Анализирајући промене климатских елемената и протицаја, поново се потврђује констатација да је раст протицаја најчешће могућ само у случају када повећање падавина износи више од 10%. Недовољно повећање падавина на свега пар станица ($< 1,2\%$), доминантно смањење падавина изнад већег дела Босне и Херцеговине и знатно повећање температуре ваздуха, које је до свих хидролошких профила износило $\geq 1,7$ °C, условили су смањење протицаја река на целој територији Босне и Херцеговине. Процентуално највеће смањење протицаја осмотрено је на профилима Хумац (28,0%) и Приједор (25,6%), што је у сагласности са смањењем падавина које је утврђено до ова два профила (7,8% и 1,7% респективно). Такође, до ова два хидролошка профила забележен је и највећи пораст летње температуре ваздуха (2,2°C на оба профила), што је кореспондентно највећем смањењу протицаја. Очекивано, потврђује се чињеница да температура ваздуха представља јако важан фактор смањења водности у сезони лето, а да благи раст падавина није довољан да се позитивно рефлектује на протицаје река. Ово не изненађује ако се узму у обзир негативни трендови падавина у оба рејона, као и чињеница да се ови рејони доминантно налазе у крашким подручјима, што би требало додатно да утиче на редуковање водности и подезмни

отицај падавина. Анализа промене протицаја такође је показала да све хидролошке профиле у рејону Босне одликује смањење водности река, које се кретало у интервалу од $-0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (профил Завидовићи_{КРИВАЈА}) до $-3,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (профил Завидовићи_{БОСНА}). Процентуално највеће смањење протицаја у рејону Босне утврђено је на најузводнијем профили на реци Босни (Рељево – 10,4%). Треба напоменути да је једино у рејону Босне, до хидролошких профила Рељево, Биштица, Ступчаница и Олово, забележено незнатно повећање падавина које се није позитивно рефлектовало на протицаје. Као што је претходно наглашено, разлог томе је знатан пораст температуре ваздуха, који је до свих набројаних профила износио $1,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Смањење протицаја било је карактеристично и за слив Врбање, што одговара негативним и позитивним променама падавина и температуре ваздуха, респективно (Табела 127).

Промене просечних летњих протицаја река у Босни и Херцеговини подударају се са осматреним негативним трендовима у региону Балкана, као и са трендовима који су забележени у целој јужној Европи (ЕЕА, 2017). Иако је на већем броју профила утврђена негативна тенденција, просечни летњи протицаји у Хрватској, у периоду 1990–2009, имали су изражен регионални карактер. Инсигнификантно повећање протицаја било је карактеристично у северним (сливови Драве и Саве) и јужним деловима Хрватске (сливови Крке, Цетине и Врљике), док је смањење протицаја забележено на истоку и западу земље (Џанјевас & Orešić, 2015). Значајни негативни трендови протицаја забележени су на мањим крашким рекама (сливови Купе и Лике), на Истри (слив Мирне) и у панонском делу земље. Најизраженија негативна тенденција летњих протицаја забележена је на рекама Глибоки и Корана ($> 2,5\%$ по годишњој стопи). Резултати анализе тренда протицаја река у Србији у сезони лето такође су конзистентни са смањењем водности које је утврђено у Босни и Херцеговини. Негативни трендови протицаја у сезони лето утврђени су за већи број река у Србији (Ковачевић-Мајкић & Urošev, 2014). Анализа тренда спроведена на 94 профила показала је да су летњи протицаји највише редуковани у басенима Дрине, Јужне Мораве, Саве, Дунава, Велике Мораве, Тимока и Белог Дрима. Као и у претходним сезонама, инсигнификантне промене летњих протицаја осматрене су у басенима Западне Мораве, Колубаре и у Егејском басену. Трендови летњих протицаја у периоду 1971–2010, у Северној Македонији такође су били негативни и углавном инсигнификантни (Radevski et al., 2018). Значајно смањење водности утврђено је на 5 профила у источном делу територије. Као и у већем делу Балканског полуострва, изражени негативни трендови протицаја у сезони лето забележени су и у Румунији (Birsan et al., 2014). Као главни разлог смањења водности река наводи се значајан пораст температуре ваздуха у летњој сезони широм Румуније, док се благо смањена количина падавина у овој сезони наводи као секундарни фактор.



Слика 25. Промене просечних летњих протицаја, падавина и температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

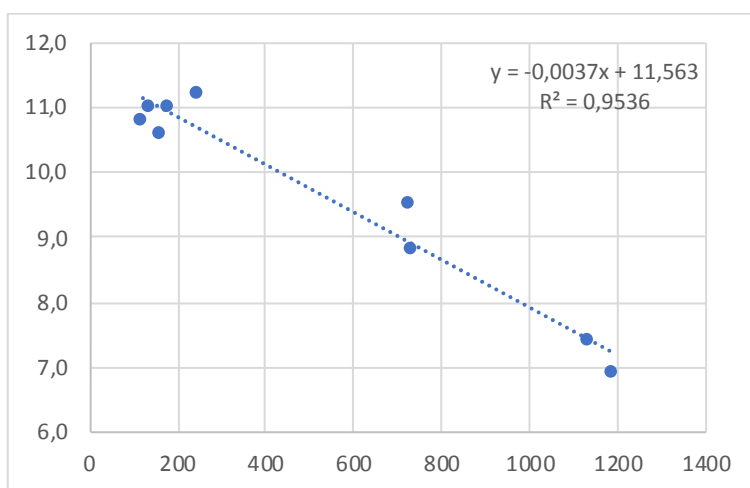
5.5. Промене температуре ваздуха, падавина и протицаја у сезони јесен

5.5.1. Температура ваздуха

Анализом података просечне јесење температуре ваздуха у периоду 1961–1990. и надморске висине издвојена су 4 рејона (рејони Уне, Врбаса, Босне и Неретве). Регресиона једначина за рејон Уне искоришћена је за израчунавање просечне јесење температуре ваздуха у сливовима Уне и Сане. Једначине за рејоне Врбаса и Неретве употребљене су за одређивање температуре у сливовима Врбање и Требижата, респективно. Регресиона једначина за рејон Босне употребљена је за одређивање температуре у сливовима Босне, Лашве, Биштице, Ступчанице и Криваје.

Табела 129. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони јесен у периоду 1961–1990. године

Рејон	Уна	Врбас	Босна	Неретва
Број станица	9	7	15	11
Формула: $y = \dots$	$-0,0039x + 11,60$	$-0,0033x + 11,52$	$-0,0041x + 11,81$	$-0,0065x + 15,48$
R^2	0,95	0,90	0,96	0,92

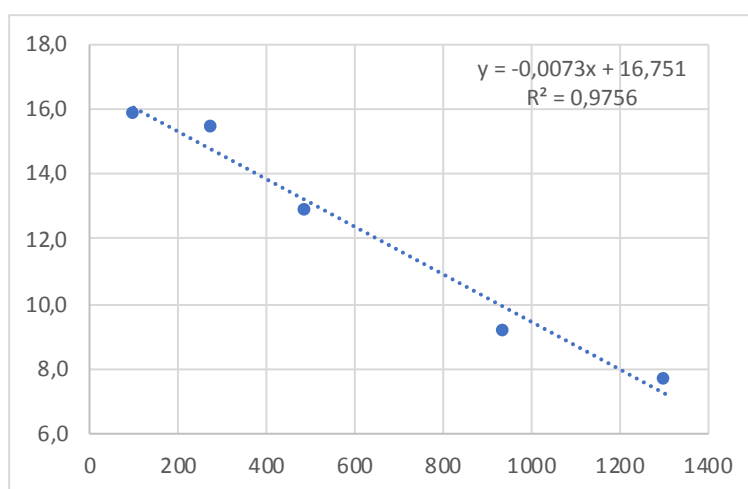


Графикон 64. Регресиони модел просечне јесење температуре ваздуха у рејону Уне у периоду 1961–1990. године

Анализа просечне јесење температуре ваздуха у периоду 2001–2016. и надморске висине послужила је за издвајање 3 рејона (рејони Уне и Врбаса, Босне и Неретве). Регресиона формула за рејон Уне и Врбаса послужила је за одређивање вредности јесење температуре ваздуха у сливовима Уне, Сане и Врбање, док је једначина за рејон Неретве искоришћена за израчунавање јесење температуре у сливу реке Требижат. Регресиона формула за рејон Босне послужила је за одређивање температуре у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје.

Табела 130. Регресиони модели за израчунавање просечне температуре ваздуха у сезони јесен у периоду 2001–2016. године

Рејон	Уна и Врбас	Босна	Неретва
Број станица	6	8	5
Формула: $y = \dots$	$-0,0032x + 12,16$	$-0,0049x + 13,09$	$-0,0073x + 16,75$
R^2	0,89	0,96	0,98



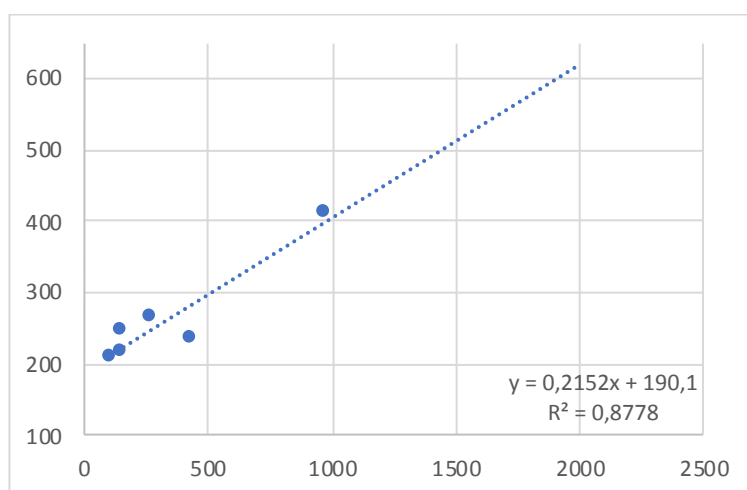
Графикон 65. Регресиони модел просечне јесење температуре ваздуха у рејону Неретве у периоду 2001–2016. године

5.5.2. Падавине

Анализом података просечне јесење количине падавина у периоду 1961–1990. и надморске висине издвојена су 4 рејона (рејони Уне, Врбаса, Босне и Неретве). Регресиона формула за рејон Уне послужила нам је да израчунамо падавине у сезони јесен у сливовима Уне и Сане, док су једначине за рејоне Врбаса и Неретве искоришћене за одређивање температуре у сливовима Врбање и Требижата, респективно. Регресиона формула за рејон Босне употребљена је за израчунавање температуре у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје.

Табела 131. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони јесен у периоду 1961–1990. године

Рејон	Уна	Врбас	Босна	Неретва
Број станица	7	6	10	7
Формула: $y = \dots$	$0,1423x + 244$	$0,2152x + 190$	$0,0746x + 178$	$0,1461x + 394$
R^2	0,82	0,88	0,85	0,83

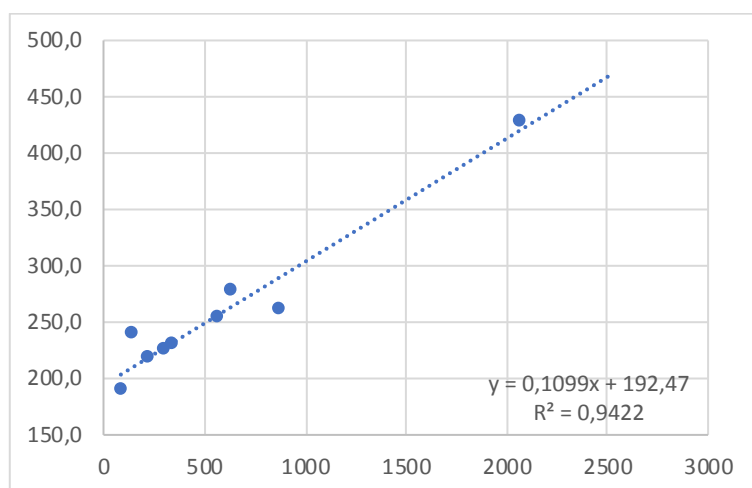


Графикон 66. Регресиони модел просечне јесење количине падавина у рејону Босне у периоду 1961–1990. године

Анализом просечне јесење количине падавина у периоду 2001–2016. и надморске висине издвојена су 3 рејона (рејони Уне и Врбаса, Босне и Неретве). Регресиона формула за рејон Уне и Врбаса послужила нам је да израчунамо јесењу количину падавина у сливовима Уне, Сане и Врбање, а формула за рејон Неретве за израчунавање падавина у сливу реке Требижат. Регресиона једначина за рејон Босне искоришћена је за израчунавање падавина у сезони јесен у сливовима Босне, Лашве, Биоштице, Ступчанице и Криваје.

Табела 132. Регресиони модели за израчунавање просечне количине падавина у сезони јесен у периоду 2001–2016. године

Рејон	Уна и Врбас	Босна	Неретва
Број станица	5	9	4
Формула: $y = \dots$	$0,2017x + 252$	$0,1099x + 193$	$0,1242x + 477$
R^2	0,91	0,94	0,70



Графикон 67. Регресиони модел просечне јесење количине падавина у рејону Босне у периоду 2001–2016. године

Табела 133. Промене просечне јесење температуре ваздуха и падавина до анализираних хидролошких профила у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

Х. с.	Температура 1961–1990 °C	Температура 2001–2016 °C	Разлика °C	Падавине 1961–1990 mm	Падавине 2001–2016 mm	Разлика mm – %
1. Краље	7,9	9,1	1,2	379	443	64 – 17,0
2. Приједор	9,6	10,5	0,9	317	355	38 – 12,1
3. Сански Мост	9,0	10,0	1,0	339	387	48 – 14,1
4. Врбања	9,4	10,1	0,7	329	263	54 – 16,2
5. Маглај	8,3	8,9	0,6	240	286	46 – 18,9
6. Завидовићи _Б	8,3	8,8	0,5	242	288	46 – 19,1
7. Рељево	7,6	8,1	0,5	253	305	52 – 20,3
8. Олово	7,8	8,3	0,5	250	300	50 – 20,0
9. Завидовићи _К	8,3	8,9	0,6	241	286	45 – 18,9
10. Мердани	8,1	8,7	0,6	244	292	47 – 19,4
11. Биоштица	7,9	8,4	0,5	248	297	49 – 19,8
12. Оловске Луке	7,7	8,2	0,5	252	303	51 – 20,2
13. Хумац	12,2	13,1	0,9	467	539	73 – 15,5

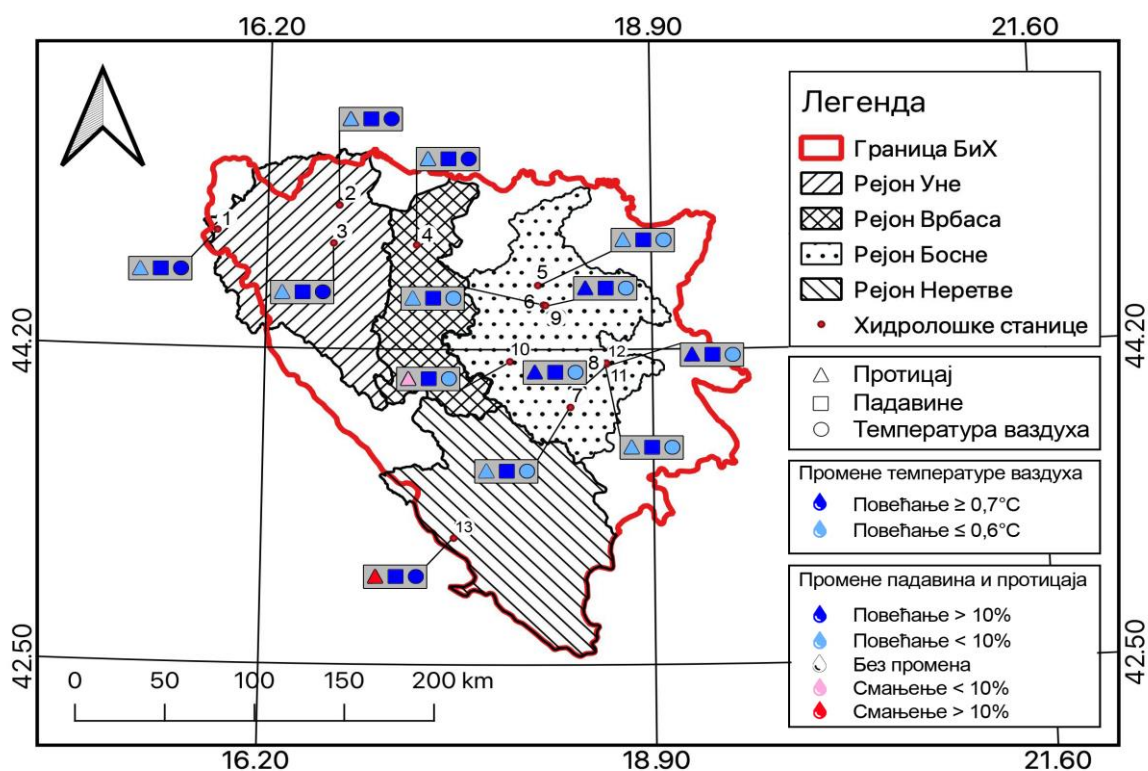
Табела 134. Промене просечних јесењих протицаја на анализираним хидролошким профилима у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

Х. с.	Протицај 1961–1990 m ³ /s	Протицај 2001–2016 m ³ /s	Разлика m ³ /s – %
1. Краље	74,9	75,2	0,3 – 0,4
2. Приједор	57,5	61,1	3,6 – 6,3
3. Сански Мост	47,4	47,6	0,2 – 0,4
4. Врбања	8,8	9,0	0,2 – 2,3
5. Маглај	79,4	79,7	0,3 – 0,4
6. Завидовићи _{БОСНА}	62,2	63,0	0,8 – 1,3
7. Рељево	21,1	21,9	0,8 – 3,8
8. Олово	6,8	7,7	0,9 – 13,2
9. Завидовићи _{КРИВАЈА}	14,8	16,7	1,8 – 12,1
10. Мердани	10,6	10,1	-0,5 – 4,7
11. Биштица	4,6	4,7	0,1 – 2,2
12. Оловске Луке	2,4	2,9	0,5 – 20,8
13. Хумац	21,8	18,0	-3,8 – 17,0

5.5.3. Анализа утицаја промене климатских елемената на протицаје у сезони јесен

Компаративна анализа просечних јесењих протицаја показала је да је у периоду 2001–2016. године на готово свим хидролошким профилима у Босни и Херцеговини дошло до повећања протицаја у односу на период 1961–1990. године. Смањење протицаја утврђено је само на два хидролошка профила (профили Мердани и Хумац). За разлику од претходних годишњих сезона, најслабија тенденција загревања ваздуха управо је утврђена у сезони јесен. Слаб степен загревања ваздуха потврђен је компаративном анализом, која је показала да су температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990, до готово свих анализираних хидролошких профила (изузев профила Краље и Сански Мост), порасла за мање од 1 °С. Благо загревање претходно је потврђено и анализом тренда просечне јесење температуре ваздуха у периоду 1961–2016. године, када је на скоро свим анализираним станицама утврђен инсигнификантан позитиван тренд температуре у овој сезони. Анализа просечне јесење количине падавина између два анализираних периода показала је знатан пораст падавина у периоду 2001–2016. до свих анализираних хидролошких профила. Повећање падавина углавном је износило више од 15% (изузев на станицама Приједор и Сански Мост), док је анализа тренда просечних јесењих падавина показала да је на свим метеоролошким станицама забележен позитиван и доминантно инсигнификантан тренд у периоду 1961–2016. године. Анализирајући промене температуре, падавина и протицаја у сезони јесен, потврђена је општа хипотеза која падавине дефинише као примарни фактор протицаја река. Да падавине заиста у највећој мери утичу на протицаје, потврђено је на примеру јесењих протицаја, где је изражено повећање падавина, до свих профила, условило пораст водности на готово свим анализираним профилима. Поново треба нагласити да је пораст протицаја био условљен повећањем падавина, које је износило > 10% до свих профила. Посматрано по рејонима, повећање водности било је карактеристично за рејон Уне (од 0,4% на профилима Краље и Сански Мост до 6,3% на профили Приједор), док је у истом рејону забележено највеће повећање температуре ваздуха у овој сезони (Табела 133). У рејону Босне повећање протицаја утврђено је на готово свим профилима (од 0,4% на профили Маглај до 20,8% на профили Оловске Луке), а поред израженог раста падавина, једино смањење протицаја у рејону Босне забележено је на профили Мердани (4,7%). Потенцијални разлог за ово одступање на профили Мердани је тешко дати, поготово ако се узме у обзир да

је у рејону Босне забележено најмање повећање температуре ваздуха (0,5–0,6°C). Као што је већ споменуто, разлог за ово смањење највероватније је антропогеног порекла, односно у вези је са индустријским активностима у долини реке Лашве. Смањење протицаја било је карактеристично и за слив реке Требижат. Редуковање протицаја за 5,3% у периоду 2001–2016. утврђено је на профилу Хумац, где је забележено процентуално највеће смањење водности (18,0%). Као што је претходно споменуто, разлози за смањење протицаја на овом профилу првенствено су условљени антропогеним активностима, где се као примарни фактор смањења протицаја сматра постојање вештачке акумулације на самом изворишту Требижата и интензивно наводњавање у вегетационом периоду. Овом треба придодати и постојање знатног броја понора у акумулацији и у речном кориту и губљење сливне воде на ободу Имотског поља, где се део воде губи у правцу Јадранског мора. За разлику од Босне и Херцеговине, трендови просечних јесењих протицаја у периоду 1990–2009. у Хрватској билу су доминантно негативни (Џанјевас & Орешић, 2015). Смањење водности утврђено је на готово свим профилима (51), осим на рекама Слуња и Корана, где је утврђено једино повећање водности. Негативни трендови били су углавном инсигнификантни, док су значајни негативни трендови забележени на рекама Мирна (Истра), Чесма, Сутла, Новчица (Лика) и Биђ (Славонија). С друге стране, слично као у Босни и Херцеговини, највеће повећање водности река у Србији забележено је у сезони јесен (Ковачевић-Мајкић & Урошев, 2014). На 20 од 94 профила забележени су значајни негативни трендови, док су на 76–86% профила забележени инсигнификантни трендови оба знака. Значајни позитивни трендови протицаја у периоду 1961–2010. били су углавном карактеристични за сливове Јужне Мораве, Западне Мораве и Колубаре. Трендови јесењих протицаја у Северној Македонији слични су трендовима у Хрватској. Протицаја у овој сезони били су углавном негативни, а ниједан значајан позитиван тренд није забележен (Radevski et al., 2018). Значајни негативни трендови у периоду 1971–2010. осматрени су на два профила (Скочивир и Зилдово). Трендови протицаја у сезони јесен у Румунији у периоду 1961–2009. били су позитивни на 1/3 анализираних станица, а као примарни фактор повећања водности у овој сезони аутори наводе раст падавина (Birsan et al., 2014).



Слика 26. Промене просечних јесењих протицаја, падавина и температуре ваздуха у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године

6. ВЕЗА ИЗМЕЂУ ПРОТИЦАЈА И КЛИМАТСКИХ ЕЛЕМЕНАТА

6.1. КОРЕЛАЦИОНА АНАЛИЗА

Корелација између протицаја река и климатских елемената (падавина и температуре ваздуха) може нам помоћи да откријемо како клима утиче на протицаје, као и на степен повезаности између њих. На пример, позитивна корелација између падавина и протицаја река указује да се промене у протицајима јављају у складу са променама падавина. Такође, позитивна корелација између протицаја и температуре ваздуха може указати на превладавајући утицај отопљене снежнице у одређеном сливном подручју у односу на евапотранспирацију, док негативна корелација указује на супротан процес, у којем температура утиче на смањење водности одређеног водотока (Cuo et al., 2014). Позитивна корелација између протицаја и падавина/температуре указује да је протицај доминантно условљен падавинама и отопљеном водом, што се најчешће дешава у планинским басенима, где се падавине углавном излучују зими у виду снега. Пирсонова корелациона анализа извршена је за парове најближих хидролошких и метеоролошких станица (Табела 135), док су за анализу коришћене просечне годишње и сезонске вредности протицаја, падавина и температуре ваздуха.

Табела 135. Парови хидролошких и метеоролошких станица коришћених у корелационој анализи између протицаја река и климатских елемената

Х. с.	М. с.	Растојање (km)
Краље	Сански Мост	65,2
Приједор	Приједор	-
Сански Мост	Сански Мост	-
Врбања	Бањалука	4,8
Маглај	Добој	20,9
Завидовићи _{БОСНА}	Зеница	32,6
Рељево	Сарајево	8,1
Олово	Соколац	27,5
Завидовићи _{КРИВАЈА}	Зеница	33,2
Мердани	Зеница	8,4
Биоштица	Соколац	27,2
Оловске Луке	Соколац	27,5
Хумац	Мостар	28,4

Резултати корелационе анализе указују на снажну везу између протицаја река и климатских елемената, на основу чега се може закључити да је клима примарни фактор који детерминише протицаје река у Босни и Херцеговини. Најснажнија и најзначајнија корелација утврђена је између падавина и протицаја река. Очекивано, позитивна и значајна ($p < 0,01$) корелација између протицаја и падавина утврђена је на годишњем и сезонском нивоу између свих анализираних парова хидролошких и метеоролошких станица у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године. Годишњи коефицијенти корелације крећу се од 0,612 на профилу Биоштица до 0,837 на профилу Хумац. Значајна корелација између ова два елемента указује на чињеницу да падавине представљају доминантан фактор који детерминише режиме протицаја река у Босни и Херцеговини, као и да су промене падавина рефлектоване променама у протицајима. Статистички значајна ($p < 0,01$) корелација између падавина и протицаја такође је утврђена у свим годишњим сезонама, што потврђује констатацију о доминантној повезаности између падавина и протицаја. С друге стране, негативна и углавном статистички инсигнификантна корелација између протицаја и температуре ваздуха утврђена је за све парове хидролошких и метеоролошких станица у Босни и Херцеговини. Ово указује да температура ваздуха има секундарни утицај на протицаје река, што је и

очекивано с обзиром на то да укупна расподела падавина далеко надмашује евапотранспирацију. Ипак, значајна позитивна корелација, на појединим профилима би могла представљати јасан индикатор утицаја осмотреног тренда загревања ваздуха на смањење водности река у Босни и Херцеговини. Негативна и статистички значајна корелација ($p < 0,01$) између протицаја и температуре ваздуха на годишњем нивоу утврђена је за профиле Приједор, Маглај, Мердани и Хумац. Снажна веза између ова два елемента утврђена је углавном између парова најниводнијих хидролошких и метеоролошких станица. Значајна корелација између просечних годишњих протицаја и температуре ваздуха у северном и јужном делу Босне и Херцеговине у складу је са претходно утврђеним значајним трендовима температуре ваздуха на метеоролошким станицама Приједор и Мостар. Иако је значајан тренд загревања ваздуха присутан изнад целе Босне и Херцеговине, негативна и већином инсигнификантна повезаност протицаја и температуре ваздуха указује да осмотрени позитивни/негативни (инсигнификантни) трендови падавина ипак имају превађајући утицај на водност река.

Инсигнификантна и углавном позитивна корелација утврђена је за већину парова хидролошких и метеоролошких станица у сезони зима. Позитивна корелација између протицаја и температуре ваздуха упућује на то да је протицај у сезони зима, уз доминантан утицај падавина, такође условљен отопљеном снежницом. Оваква појава може се објаснити претходно утврђеним значајним трендом загревања, који је присутан на целој територији Босне и Херцеговине. Значајан тренд загревања у сезони зима вероватно утиче на све раније топљење снега у овој сезони. Даље следи да се овакве околности највише одражавају у вишим деловима сливова, као и у планинским сливовима који су доминантно детерминисани снежним акумулацијама, што се показало на примеру станица у сливу река Босне и Уне. Позитивна инсигнификантна корелација утврђена је у средишњим (х. с. Завидовићи_{БОСНА}, Завидовићи_{КРИВАЈА}) и горњим (х.с. Рељево, Олово, Мердани, Биоштица и Оловске Луке) деловима слива Босне, као и у средишњим деловима сливова Уне (х. с. Краље). Супротно, негативна инсигнификантна корелација пронађена је за парове метеоролошких и хидролошких станица позиционираних у доњим деловима анализираних сливова (изузетак представљају х. с. Сански Мост и Маглај, које су смештене у средишњим деловима сливова Сане и Босне) као и на подручју Херцеговине (профил Хумац). Значајна позитивна корелација ($p < 0,01$) у сезони зима утврђена је једино на профилу Врбања.

Статистички значајна негативна корелација између протицаја и температуре ваздуха утврђена је за све парове хидролошких и метеоролошких станица у сезонама пролеће и лето, док су већи коефицијенти корелације на већини станица забележени у летњем периоду. Овако снажна корелација резултат је претходно утврђеног тренда загревања у ове две сезоне, а рефлектована је у смањеној водности река (негативни трендови протицаја присутни су у обе сезоне), која је нарочито изражена у сезони лето. Ово показује да, иако падавине примарно утичу на водност река, пораст температуре ваздуха у топлијем делу године, уз присуство инсигнификантних негативних трендова у сезони лето и позитивних инсигнификантних трендова падавина у сезони пролеће, у одређеној мери утиче на смањење протицаја на анализираним хидролошким профилима.

Негативна корелација између температуре ваздуха и протицаја утврђена је на свим анализираним профилима у сезони јесен (изузев на профилу Краље). Негативна значајна ($p < 0,01$) корелација у овој сезони углавном је утврђена на хидролошким профилима у сливу реке Босне (х. с. Завидовићи_{БОСНА}, Олово, Завидовићи_{КРИВАЈА}, Мердани и Биоштица). Утврђена негативна корелација представља и индикатор утицаја температуре ваздуха на смањене водности река, што је потврђено осмотреним инсигнификантним трендовима протицаја на анализираним хидролошким профилима. Међутим, јака веза између температуре и протицаја на претходно наведеним профилима углавном је карактеристична за мање субсливове у оквиру слива реке Босне, па треба узети у обзир да површински мањи сливови имају смањену способност да неутралишу негативан ефекат климатског загревања.

Једина позитивна, инсигнификантна, корелација између температуре ваздуха и протицаја у сезони јесен, осматрана је на профилу Краље.

Осматрене сезонске корелације између температуре ваздуха и протицаја, нарочито у сезонама пролеће и лето, представљају важан показатељ повезаности ова два елемента, као и индикатор све значајнијег утицаја који температура ваздуха у условима климатског загревања има на водност река у Босни и Херцеговини.

Табела 136. Пирсонов коефицијент корелације између просечних годишњих и сезонских протицаја река и климатских елемената у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године

Х. с.	СЕЗОНА				
Краље	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,677	0,665	0,353	0,572	0,651
Температура	-0,189	0,096	-0,488	-0,592	0,081
Приједор	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,768	0,763	0,624	0,716	0,680
Температура	-0,391	-0,158	-0,418	-0,511	-0,174
Сански Мост	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,690	0,771	0,535	0,696	0,642
Температура	-0,259	-0,010	-0,507	-0,563	-0,072
Врбања	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,725	0,566	0,642	0,704	0,691
Температура	-0,393	-0,426	<i>-0,323</i>	-0,439	-0,245
Маглај	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,713	0,759	0,638	0,757	0,576
Температура	-0,320	-0,086	-0,408	-0,470	-0,199
Завидовићи _{БОСНА}	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,751	0,712	0,673	0,671	0,720
Температура	-0,204	0,001	-0,346	-0,416	-0,268
Рељево	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,785	0,727	0,627	0,633	0,751
Температура	-0,244	0,100	-0,367	-0,499	-0,244
Олово	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,656	0,400	0,532	0,595	0,712
Температура	-0,134	0,058	-0,362	-0,327	-0,290
Завидовићи _{КРИВАЈА}	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,725	0,708	0,635	0,720	0,719
Температура	-0,231	0,056	-0,423	-0,370	-0,328
Мердани	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,741	0,671	0,660	0,673	0,717
Температура	-0,316	0,010	-0,402	-0,470	-0,277
Биоштица	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,612	0,590	0,514	0,616	0,684
Температура	-0,226	0,127	-0,380	-0,322	-0,292
Оловске Луке	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,655	0,473	0,568	0,609	0,657
Температура	-0,106	0,161	-0,340	-0,300	-0,258
Хумац	Година	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
Падавине	0,837	0,832	0,755	0,322	0,655
Температура	-0,341	-0,061	<i>-0,375</i>	-0,452	-0,252

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

6.2. АНАЛИЗА СРЕДЊИХ ПОКРЕТНИХ ДНЕВНИХ ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА, ПАДАВИНА И ПРОТИЦАЈА

У циљу идентификовања утицаја климатских промена на протицаје река у Босни и Херцеговини, примењен је метод уравнивања средњих дневних температура ваздуха, падавина и протицаја за периоде 1961–1990. и 2001–2016. године. Коришћење овог метода омогућава елиминисање краткорочних флукуација, као и могућност да се истакну дугорочни трендови или циклуси у временским серијама (Kenney, 1962; Portela et al., 2020). Израчунате су температуре и падавине на метеоролошким станицама Сански Мост, Приједор, Добој, Зеница и Сарајево и протицаји на профилима Сански Мост, Приједор, Рељево, Маглај, Мердани, Олово и Завидовићи_{КРИВАЈА} за 21-дневне периоде с помаком од једног дана – корак +1. Рашчлањујући годишњи период (365 дана) на покретне дневне средње вредности, постиже се ублажавање међудневних разлика у климатским елементима и протицајима, док је на овај начин могуће прецизније утврдити, посматрајући период од 365 дана, када долази повећања/смањења температуре ваздуха, падавина или протицаја између периода 1961–1990. и 2001–2016. године. Треба напоменути да је анализа покретних средњих вредности првобитно извршена за 3-дневне, 7-дневне и 14-дневне покретне средње дневне вредности температуре ваздуха, падавина и протицаја. Ипак, за анализу су одабрани 21-дневни покретни средњаци како би се што више ублажили пикови осмотрених елемената. Коришћење овог метода има за циљ превасходно установити промене у сезони зима. Уочавање промена у овој сезони нарочито је занимљиво зато што промене температуре ваздуха у сезони зима имају знатан утицај на режим топљења снега, односно на његово све раније отапање. С обзиром на то да је у овој сезони утврђен позитиван тренд температуре ваздуха у целој Босни и Херцеговини, ове промене су рефлектоване на промене у протицајима река у виду раније појаве већих вредности протицаја у току календарске године. Прецизније, ове промене упућују на „шифт” покретних дневних средњака протицаја ка фебруару. Одређивање датума када у току календарске године долази до промена у осмотреним елементима извршено је на следећи начин. На графикону се одреди „тачка” кад између два посматрана периода (1961–1990 и 2001–2016) долази до промене. Број „тачке” означава дан у календарској години – нпр. „тачка 33” представља 2. фебруар. Ипак, како је реч о покретним 21-дневним средњацима, тачка 33 не представља 2. фебруар, већ период од 2. до 22. фебруара („тачка 32” – 2. фебруар + 21 дан). Како није могуће прецизно одредити тачан дан када долази до промене, за интерпретацију је употребљена средина утврђеног периода – за тачку 33 или период 2–22. фебруара, узета је средина, односно 12. фебруар, те је тако приближно утврђен датум промене посматраног елемента. У наставку овог поглавља интерпретација је извршена по принципу навођења приближног датума (нпр. ~12. фебруар) за одређену „тачку” на графиконима 67 и 68.

Како би се утврдио степен повезаности између осмотрених елемената, извршена је корелациона анализа између парова протицаја и температуре ваздуха и парова протицаја и падавина за оба истраживана периода (1961–1990 и 2001–2016).

Табела 137. Парови хидролошких и метеоролошких станица коришћених у корелационој анализи између 21-дневних средњих покретних протицаја река и климатских елемената

Х. с.	М. с.	Растојање (km)
Приједор	Приједор	-
Сански Мост	Сански Мост	-
Маглај	Добој	20,9
Рељево	Сарајево	8,1
Олово	Сарајево	35,2
Завидовићи _{КРИВАЈА}	Зеница	33,2
Мердани	Зеница	8,4

Табела 138. Пирсонов коефицијент корелације између 21-дневних средњих покретних протицаја река и климатских елемената у Босни и Херцеговини у периодима 1961–1990. и 2001–2016. године

1961–1990	Коефицијент корелације	2001–2016	Коефицијент корелације
Х. с. Сански Мост		Х. с. Сански Мост	
Падавине	-0,020	Падавине	0,111
Температура	-0,478	Температура	-0,573
Х. с. Приједор		Х. с. Приједор	
Падавине	-0,178	Падавине	-0,185
Температура	-0,526	Температура	-0,630
Х. с. Рељево		Х. с. Рељево	
Падавине	0,140	Падавине	-0,058
Температура	-0,475	Температура	-0,546
Х. с. Маглај		Х. с. Маглај	
Падавине	-0,062	Падавине	-0,035
Температура	-0,478	Температура	-0,463
Х. с. Олово		Х. с. Олово	
Падавине	0,027	Падавине	-0,068
Температура	-0,390	Температура	-0,432
Х. с. Завидовићи_{КРИВАЈА}		Х. с. Завидовићи_{КРИВАЈА}	
Падавине	-0,245	Падавине	-0,207
Температура	-0,455	Температура	-0,467
Х. с. Мердани		Х. с. Мердани	
Падавине	-0,141	Падавине	-0,121
Температура	-0,353	Температура	-0,338

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

Табела 139. Пирсонов коефицијент корелације између 21-дневних средњих покретних протицаја река и падавина у сезони лето у периодима 1961–1990. и 2001–2016. године

1961–1990	Коефицијент корелације	2001–2016	Коефицијент корелације
Х. с. Сански Мост		Х. с. Сански Мост	
Падавине	0,604	Падавине	0,776
Х. с. Приједор		Х. с. Приједор	
Падавине	0,947	Падавине	0,821
Х. с. Рељево		Х. с. Рељево	
Падавине	0,875	Падавине	0,506
Х. с. Маглај		Х. с. Маглај	
Падавине	0,835	Падавине	0,733
Х. с. Олово		Х. с. Олово	
Падавине	0,946	Падавине	0,552
Х. с. Завидовићи_{КРИВАЈА}		Х. с. Завидовићи_{КРИВАЈА}	
Падавине	0,979	Падавине	0,798
Х. с. Мердани		Х. с. Мердани	
Падавине	0,947	Падавине	0,716

Статистичка значајност: $p < 0,01$ (болд), $p < 0,05$ (италик)

Резултати корелационе анализе 21-дневних покретних средњих вредности протицаја и климатских елемената (Табела 138) указују на снажну везу између протицаја и температуре

ваздуха. Значајна ($p < 0,01$) негативна веза између протицаја и температуре ваздуха утврђена је за све парове метеоролошких и хидролошких станица за оба истраживана периода (1961–1990 и 2001–2016). С тим у вези потврђено је да температура ваздуха представља важан фактор који утиче на протицаје, што се, како ћемо видети, у наставку овог поглавља, истакло у сезони зима. С друге стране, иако је претходно потврђено да падавине представљају кључни фактор који детерминише протицаје, корелациона анализа 21-дневних покретних средњих вредности протицаја и падавина показала је инсигнификантне и негативне везе између ова два елемента. Ово никако не значи да је веза непостојећа или чак обрнуто пропорционална као код корелација са температуром ваздуха. Напротив, овакви резултати анализе су производ представљања падавина преко покретних средњака. С обзиром на то да се на овај начин смањују међудневне варијације, постиже се „поравнавање” серија падавина, које иначе имају доста неправилнију појаву у односу на температуру ваздуха, што је утицало на крајњи резултат корелационе анализе. Како би се доказало да веза између 21-дневних покретних средњих вредности протицаја и падавина постоји, извршена је корелациона анализа између ова два елемента за сезону лето (Табела 139). Сезона лето избрана је с обзиром на то да су у њој утврђени највећи коефицијенти корелације за оба истраживана периода. Корелациона анализа показала је значајну ($p < 0,01$) и позитивну везу за све парове метеоролошких и хидролошких станица са веома високим коефицијентима корелација. Објашњење за овако снажну повезаност ова два елемента у сезони лето, може се видети на примеру Графикана 68, где падавине и протицаји на свим профилима бележе смањење вредности.

6.2.1. Профил Сански Мост

Посматрајући 21-дневне покретне средње вредности температуре ваздуха (Графикон 67) између периода 1961–1990. и 2001–2016. године на профилу Сански Мост, може се уочити да је пораст температуре ваздуха у периоду 2001–2016. доминантан и готово (уз мање прекиде) константан током целе године. Анализирајући температуре и протицаје на Графикону 67, већ на почетку године, евидентно је да оба елемента имају веће вредности у новијем периоду у односу на стари. Температура у периоду 2001–2016. од почетка године опада све до ~4. фебруара, што је праћено и протицајима, који такође опадају до ~8. фебруара. Раст температуре ваздуха у периоду 2001–2016 почиње од ~5. фебруара, док се раст протицаја у овом периоду наставља од ~9. фебруара. Ово упућује на то да је утицај температуре ваздуха на протицај у овом делу године веома изражен, с обзиром на то да протицај са малим кашњењем прати промене температуре ваздуха (~4 дана). На бази ове анализе може се извести закључак да је пораст температуре у новом периоду почетком године утицао на локално топлење снега, што потврђују и већи протицаји на почетку године у односу на референтни период (1961–1990). Даљи раст температуре ваздуха у новијем периоду у односу на стари евидентан је готово током целе године, док од ~10. фебруара температуре из новог периода надмашују оне из старог периода. Пораст протицаја у новом периоду, у односу на стари, почиње од ~13. фебруара и траје до ~26. марта, што је у складу са порастом температуре ваздуха у новијем периоду и њеним утицајем на топлење снега у зимском делу године. Даљи раст протицаја у новијем периоду, иако мањи у односу на стари, присутан је до ~22. априла, након чега следи приметно смањење протока, који, уз мање интервале повећања, опада до ~20. августа, када је забележена најнижа вредност покретних средњих дневних протицаја. Хидрограм протицаја након сезоне зима постаје доминантно условљен падавинама што се најбоље види у сезонама лето и јесен (Графикон 68). Најизраженије смањење падавина у периоду 2001–2016. креће од ~27. маја и, уз повремене серије раста падавина, траје до ~20. августа. Треба нагласити да су у већем делу овог периода падавине из старијег периода биле веће у односу на нови, као и то да је овакав резултат утицао на смањење протицаја у новом периоду. Као што је већ наведено, смањење протока у новом периоду било је најизраженије до ~20. августа, након чега следи прво повећање, које

траје до ~23. септембра. Важно је нагласити да раст падавина у новом периоду креће од ~19. августа и траје до ~21. септембра, чиме се потврђује доминантна повезаност протицаја у односу на падавине у овом делу године. Након овога, следи краћи период кад падавине и протицаји у новом периоду опадају до ~9. и 11. октобра, респективно. До краја године, протицаји у великој мери прате промене у падавинама у оба периода, чиме се потврђује снажна условљеност протицаја у односу на падавине.

6.2.2. Профил Приједор

Као и код профила Сански Мост, графикон 21-дневних покретних средњака температуре ваздуха за периоде 1961–1990. и 2001–2016. године (Графикон 67) на профилу Приједор јасно показује да је повећање у новом периоду присутно током целе године. Ова разлика је најочљивија током летње сезоне, док су минималне разлике између два периода присутне у сезони јесен. На почетку године температуре и протицаји имају веће вредности у новијем периоду у односу на стари. Температура ваздуха у периоду 2001–2016, од почетка године, опада све до ~3. фебруара, што је у сагласности са протицајима, који до истог датума бележе пад вредности. Од ~4. фебруара температура ваздуха у периоду 2001–2016 показује константно повећање у односу на период 1961–1990. године. Протицаји у новом периоду прате раст температуре ваздуха, те од ~4. фебруара бележе раст, који траје до ~27. марта. У односу на период 1961–1990, протицаји у новом периоду показују веће вредности од ~17. фебруара, што је за ~4 дана касније у односу на претходно анализирани узводни профил Сански Мост. Након овог датума следи блажи пад протицаја, у новом периоду, који траје до ~6. априла. Ово се поклапа са периодом када долази до мањих разлика температуре ваздуха између периода 1961–1990. и 2001–2016, који траје од ~29. марта до ~3. априла, након чега се поново на графикону јасније види разлика између ова два периода. Осетнији раст температуре у новом периоду од ~4. априла прати ново повећање протицаја, које почиње ~7. априла и траје до ~22. априла, кад долази до пика протицаја. На основу претходног може се потврдити да је утицај температуре на протицаје у овом делу године присутан, као и то да се он манифестује у ранијем топљењу снега, на шта указује и чињеница да протицај у овом периоду године, са малим закашњењем, прати промене температуре ваздуха. Идентично као и код профила Сански Мост, након ~22. априла протицај на профилу знатно опада све до ~20. августа, кад је утврђена најнижа вредности протицаја. Након зимског периода, водност река је првенствено условљена падавинама, што је израженије у топлијем делу године (Графикон 68). Највеће смањење падавина у периоду 2001–2016. дешава се у периоду од ~26. маја до ~19. августа. На основу Графикона 68 може се лако закључити да је тај временски интервал био сушнији у односу на исти интервал из периода 1961–1990. Овакве промене у падавинама, очекивано, рефлектоване су и на протицаје, па тако смањење протицаја у новом периоду, као што је претходно наведено, траје до ~20. августа. Осетнији раст падавина и протицаја у новом периоду почиње од ~20. и 21. августа, респективно. Овај раст падавина присутан је до ~16. септембра, док повећање протицаја траје до ~22. септембра. Након периода повећања водности наступа поново краћи период, кад падавине и протицаји у новом периоду опадају до ~10. и 12. октобра, респективно, чиме је потврђено слагање са променама на профилу Сански Мост у готово истом временском интервалу (-1 дан за оба елемента). До краја године, промене у протицајима доминантно зависе од промена падавина, у оба периода, што се може објаснити и чињеницом да је у хладнијем делу године редукован утицај вегетације на отицај падавина, што се манифестује у бржем површинском и подземном отицању падавина.

6.2.3. Профил Рељево

Анализа 21-дневних покретних средњих вредности дневне температуре ваздуха и протицаја (Графикон 67) између периода 1961–1990. и 2001–2016. године на профилу Рељево показује да почетком године оба елемента имају веће вредности у новом периоду. Температура у новом периоду благо опада до ~4. фебруара, након чега следи доминантан период раста у односу на референтни период (1961–1990). Треба споменути да је овакав образац промене температуре идентичан обрасцима промена у сливу Сане (профили Сански Мост и Приједор). С друге стране, протицаји у новом периоду имају тенденцију раста до ~25. јануара, после чега следи пад водности до ~12. фебруара. Чињеница да температура и протицаји бележе раст од ~5. и 13. фебруара, респективно, као и да време кашњења протицаја за температуром износи ~8 дана, указује на то да температура ваздуха вероватно представља кључни регулатор протицаја у овом делу сезоне. Раст температуре у новом периоду, од ~5. фебруара, у односу на стари период евидентан је током већег дела године, док једино у сезони јесен долази до изједначавања вредности између два периода, које траје од ~17. септембра до ~10. октобра. Од ~13. фебруара протицаји у новом периоду знатно расту до ~29. марта, а од ~29. фебруара протицаји у новом периоду надмашују протицаје из старог. У интервалу од ~29. фебруара до ~29. марта протицаји у новом периоду бележе видно веће вредности у односу на оне из старог, што може бити доказ утицаја ранијег топлења снега на повећање водности у зимском периоду године. Од ~30. марта протицаји у новом периоду бележе константан пад до ~19. августа. Анализирајући графикон 68 може се приметити да је изражено смањење падавина у периоду 2001–2016, које креће од ~25. маја и, уз повремене серије раста падавина, траје до ~19. августа, што се датумски подударе са профилима Сански Мост и Приједор. У већем делу овог интервала падавине из старијег периода биле су веће у односу на нови, што је утицало на то да протицаји у новом периоду буду мањи у односу на стари период. Међутим, у овом периоду се истиче један краћи временски интервал кад долази до раста падавина, а траје од ~13. јула до ~2. августа. Падавине у новом периоду од ~19. јула до ~9. августа имају веће вредности у односу на стари период, али то се није одразило и на повећање водности на профилу Рељево, што се вероватно може објаснити значајним растом температуре ваздуха у овој сезони. Приметан раст падавина и протицаја у новом периоду креће од ~20. августа, што је поново кореспондентно са истим периодима повећања ова два елемента на претходно анализирана два профила у сливу Сане. Раст падавина, уз повремене серије смањења, присутан је до ~16. октобра, док готово константно повећање протицаја траје до ~9. децембра. На овом примеру показало се да протицаји нису директно пратили промене у падавинама. Ово се вероватно може објаснити чињеницом да су падавине у новом периоду, од ~6. септембра до ~6. новембра, биле знатно веће у односу на стари период, што се није одразило на већу промену хидрограма (Графикон 68) протицаја између два посматрана периода. Од краја новембра протицаји у великој мери прате промене у падавинама у оба периода, што може бити последица одсуства вегетационог покривача која се одражава у смањеној улози интерцепције.

6.2.4. Профил Маглај

На бази анализе 21-дневних покретних средњих вредности дневне температуре ваздуха и протицаја (Графикон 67) између периода 1961–1990. и 2001–2016. године на профилу Маглај установљено је да већ почетком године оба елемента имају веће вредности у новом периоду. Идентичан „ход” температуре и протицаја утврђен је на претходно анализираним профилима. Температура ваздуха у периоду 2001–2016. благо опада до ~3. фебруара, након чега следи приметан интервал раста у односу на референтни период (1961–1990), док протицаји у новом периоду имају тенденцију смањења до ~10. фебруара. Дакле, повећање оба елемента у новом периоду креће од ~4. фебруара (температура) и ~11. фебруара

(протицај), што вероватно упућује на снажан утицај топлјења снега почетком године, с обзиром на то да период кашњења протицаја, у односу на температуру, износи ~7 дана. Повећање температуре у новом периоду, од ~4. фебруара, у односу на стари период присутно је током готово целе године. У сезони јесен долази до смањене разлике између два периода и траје од ~14. септембра до ~13. октобра. Доминантан пораст протицаја, као што је претходно наведено, почиње од ~11. фебруара и траје до ~31. марта. На основу графикана може се закључити да протицаји у новом периоду од ~26. фебруара до ~5. марта имају веће вредности у односу на стари период, чиме се потврђује хипотеза да би значајан раст температуре ваздуха у сезони зима морао имати утицај на раније топлјење снега у току године. Од ~31. марта до ~20. августа протицаји у новом периоду опадају, што се подудара са периодом смањења протицаја на профилима на Сани (Сански Мост и Приједор ~20. август), док разлика у односу на профил Рељево износи само један дан (~19. август). Анализа падавина показала је да су у већем делу године падавине у новом периоду биле знатно веће у односу на стари период. Овакав резултат је потврђен компаративном анализом (Табела 57), која је показала повећање падавина у свим сезонама у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990. године. Међутим, као и код претходних профила, синхронизован ход падавина и протицаја приметан је од сезоне јесен, што се вероватно може објаснити утицајем нижих температура ваздуха и смањеног утицаја вегетационог покривача на површинско отицање падавина. Приметан раст протицаја у новом периоду карактеристичан је за другу половину године, прецизније он креће од ~21. августа и, уз мање прекиде смањења, траје до ~4. децембра. Треба нагласити да је почетак раста падавина у складу са растом протицаја у новом периоду, а почиње само дан раније у односу на протицаје (~19. август). Важно је напоменути да до краја године падавине и протицаји у новом периоду углавном имају веће вредности у односу на вредности ових елемената из старог периода (Графикон 68), што додатно указује на истакнуту зависност протицаја у односу на падавине у овом делу године.

6.2.5. Профил Олово

Анализом 21-дневних покретних средњих вредности температуре ваздуха за периоде 1961–1990. и 2001–2016. године (Графикон 67) на профилу Олово утврђено је повећање у новом периоду које је карактеристично за готово целу годину. Температура у новом периоду благо опада до ~4. фебруара, након чега следи изражен период раста у односу на референтни период (1961–1990). Протицаји у новом периоду на почетку године имају веће вредности у односу на стари период, што је у сагласности са вишим температурама у новом периоду. Раст протицаја у периоду 2001–2016. године присутан је до ~16. јануара, после чега следи пад вредности протицаја до ~9. фебруара. Температура ваздуха и протицаји у новом периоду бележе повећање вредности од ~5. и 10. фебруара, респективно, док време кашњења протицаја за температуром износи ~5 дана. Ово упућује на то да температура ваздуха вероватно представља главни фактор повећања водности у овом делу године. Повећање температуре у новом периоду, од ~5. фебруара, у односу на стари, изражено је током већег дела године. Само у сезони јесен приметно је изједначавање вредности температура између два периода, а траје од ~17. септембра до ~10. октобра. Од ~11. фебруара протицаји у новом периоду расту до ~29. марта, а од ~25. фебруара протицаји у новом периоду надмашују протицаје из старог. У интервалу од ~25. фебруара до ~29. марта протицаји у новом периоду бележе видно веће вредности у односу на оне из старог, што може бити доказ утицаја ранијег топлјења снега на повећање водности у зимском периоду године. У интервалу од ~25. фебруара до ~2. априла протицаји у новом периоду имају веће вредности у односу на оне из старог. Пад протицаја у новом периоду на профилу Олово јавља се од ~30. марта и траје до ~19. августа, што је идентично резултатима анализе на профилу Рељево. Као и код анализа на претходним профилима, може се закључити да хидрограм протицаја почетком године, углавном, зависи од температуре. С друге стране, на основу анализе Графикана 68, приметно је да је изражено повећање падавина у новом периоду у интервалу од ~4. априла до ~24. маја,

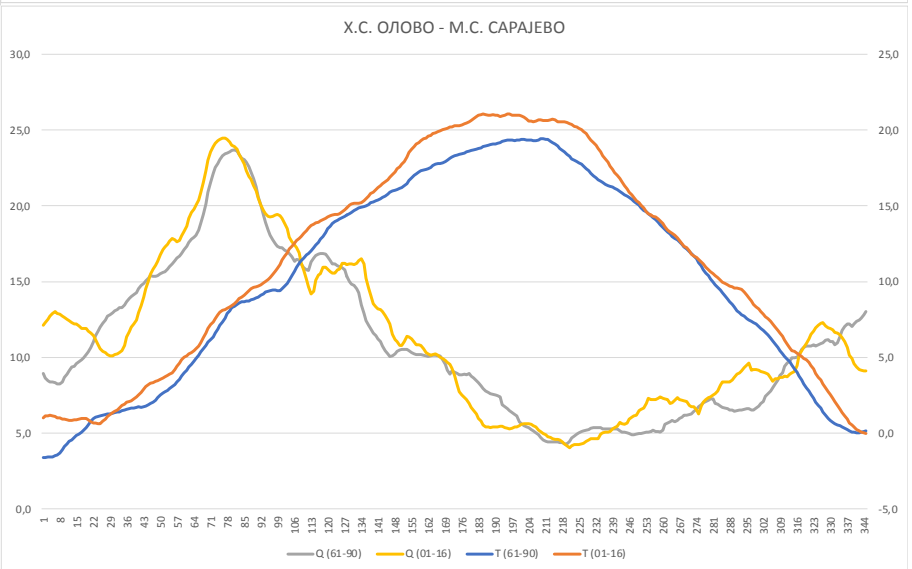
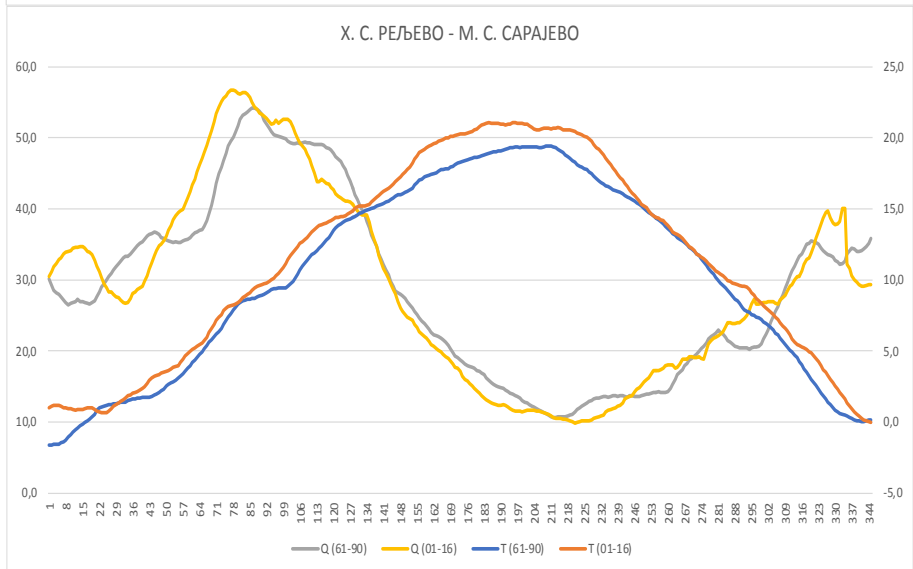
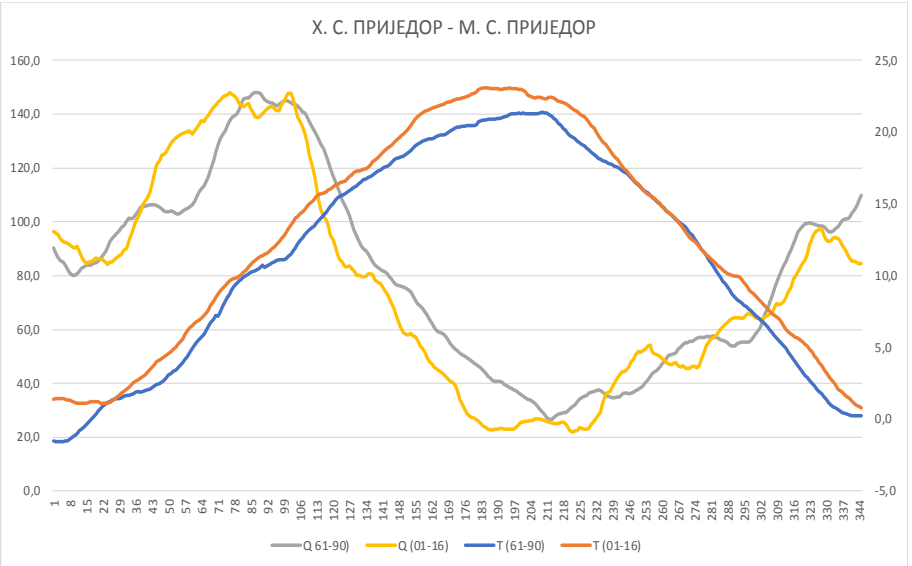
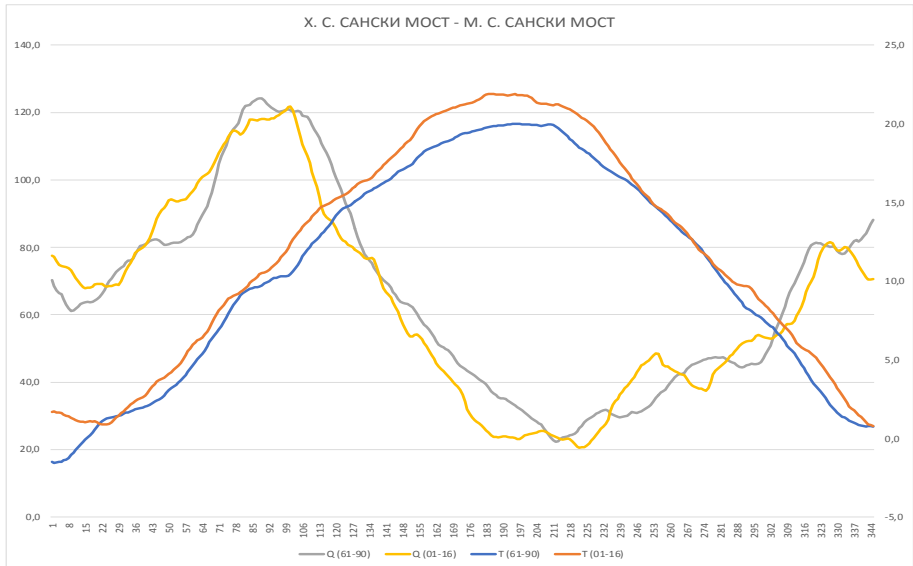
након чега следи период смањења, који траје до ~19. августа (исти датум до кад протицаји у новом периоду доминантно опадају). Изражено повећање падавина од ~4. априла до ~24. маја утицало је и на то да протицаји у новом периоду, од ~4. маја до ~22. јуна, имају веће вредности у односу на стари, што на претходним профилима није био случај (у претходним анализама протицаји у новом периоду имали су углавном ниже вредности у односу стари у овом делу године). Приметан раст падавина и протицаја у новом периоду карактеристичан је за крај лета, односно за период од ~20. августа. Прва серија повећања падавина у новом периоду траје до ~20. септембра, а прати је раст протицаја, који траје до ~21. септембра. Након овога, следи краћи период где падавина и протицаји у новом периоду опадају до ~12. октобра, после чега протицаји у великој мери прате промене у падавинама у оба периода, чиме се може потврдити констатација да падавине у овом делу године примарно утичу на промене водности.

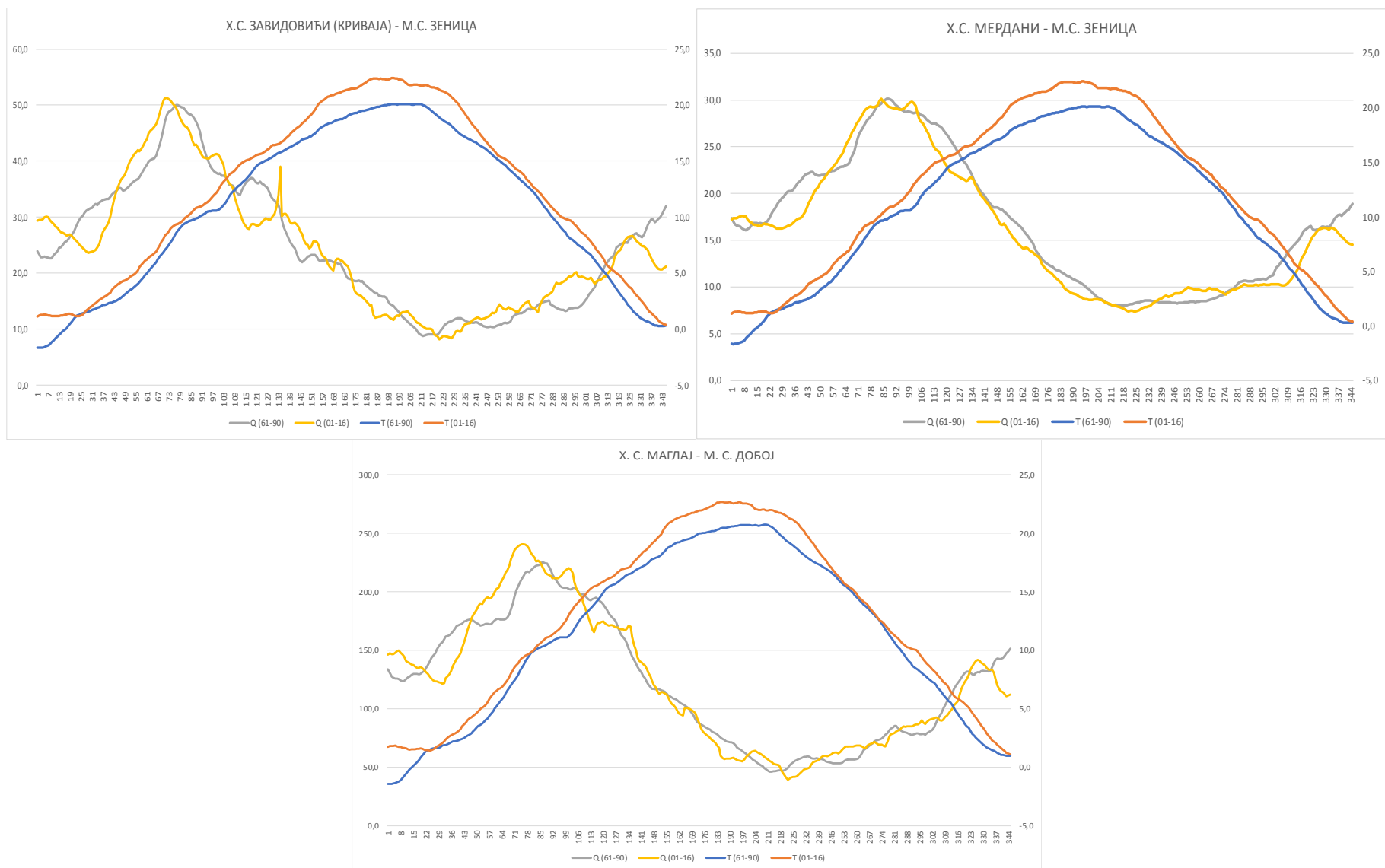
6.2.6. Профил Завидовићи (Криваја)

Посматрајући 21-дневне покретне средње вредности дневне температуре ваздуха и протицаја (Графикон 67) између периода 1961–1990. и 2001–2016. године на профилу Завидовићи (Криваја), може се уочити да оба елемента почетком године имају веће вредности у новом периоду. Температура у периоду 2001–2016. од почетка године има уравнотежен „ход” све до ~4. фебруара, а до ~1. фебруара бележи више вредности у односу на период 1961–1990. Кореспондентно, протицаји у новом периоду опадају до ~9. фебруара, а до ~4. фебруара имају веће вредности у односу на стари период. Повећање температуре ваздуха у новом периоду почиње од ~5. фебруара, док се раст протицаја у овом периоду се наставља од ~10. фебруара. С тим у вези, може се закључити да је утицај температуре ваздуха на протицај почетком године посебно наглашен, с обзиром на то да протицај са малим кашњењем (~5 дана) прати промене температуре ваздуха. Такође, треба истаћи да се повећање протицаја у новом периоду почетком године вероватно јавља услед топљења снега, које је условљено повећаном температуром ваздуха. Даљи раст температуре ваздуха у новом периоду у односу на стари присутан је током целе године, док овај раст постаје уочљив од ~7. фебруара. Повећање протицаја у новом периоду, иако креће од ~10. фебруара, тек од ~25. фебруара постаје веће у односу на стари период и траје до ~23. марта. Након овога, протицаји у новом периоду углавном опадају све до ~19. августа. Као и код претходних анализа, са завршетком зиме протицаји у великој мери постају условљени падавинама што се може закључити на бази анализе Графикона 68. Највећа вредност падавина у новом периоду јавља се ~25. маја, што се рефлектовало на хидрограм протицаја у виду појаве веома израженог пика. Након ово датума, следи неколико серија повећања и смањења падавина и протицаја, што указује на изразиту повезаност ова два елемента на профилу Завидовићи (Криваја). Од ~25. маја до ~20. јуна падавине показују смањење у новом периоду, док протицаји опадају до ~22. јуна. Након овога следи краћа серија раста оба елемента до ~28. јуна, после чега падавине и протицаји опадају до ~15. јула. Синхронизовани „ход” падавина и протицаја наставља се порастом од ~16. јула до ~31. јула, а потом и смањењем оба елемента до ~19. августа. Даље синхронизовано повећање падавина и протицаја у новом периоду дешава се од ~20. августа, што се подудара са свим претходно анализираним профилима у Босни и Херцеговини. Након овог датума оба елемента бележе пораст вредности до ~17. септембра, па смањење до ~27. септембра, чиме се потврђује доминантан утицај падавина на промену водности у овој сезони. До краја године протицаји у великој мери рефлектују промене у падавинама у оба периода, што се може и потврдити последњим израженим повећањем падавина у новом периоду, које траје од ~5. до ~25. новембра, а које прати повећање протицаја од ~13. новембра до ~3. децембра (кашњење протицаја за падавинама у овом периоду износи ~8 дана).

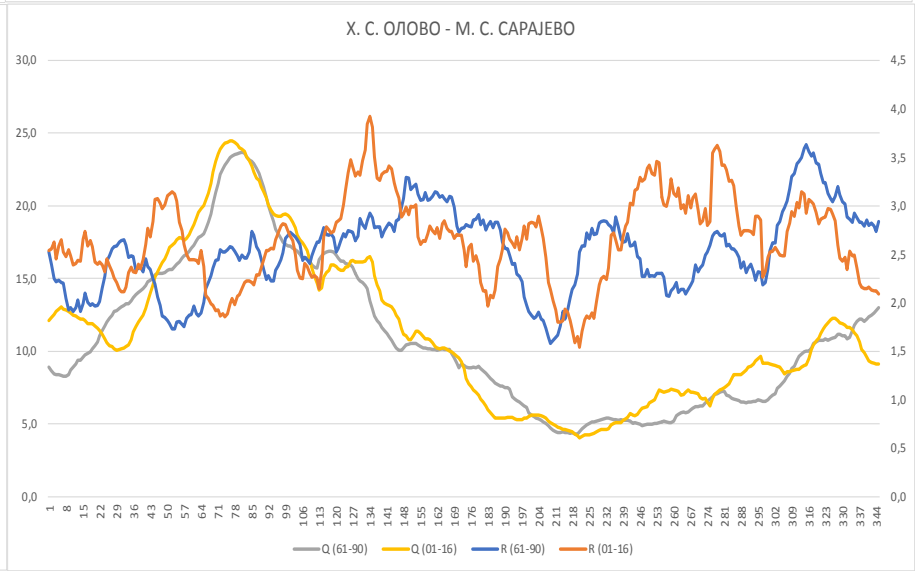
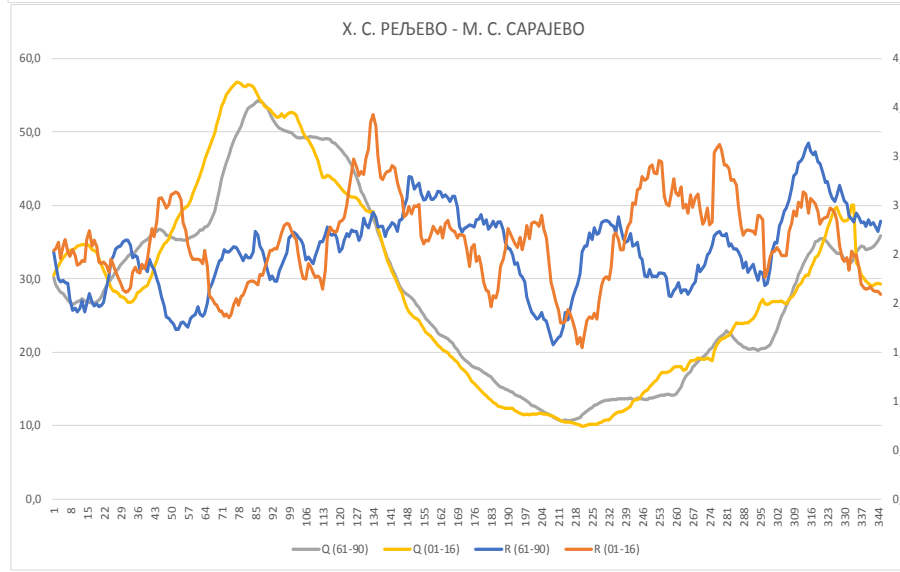
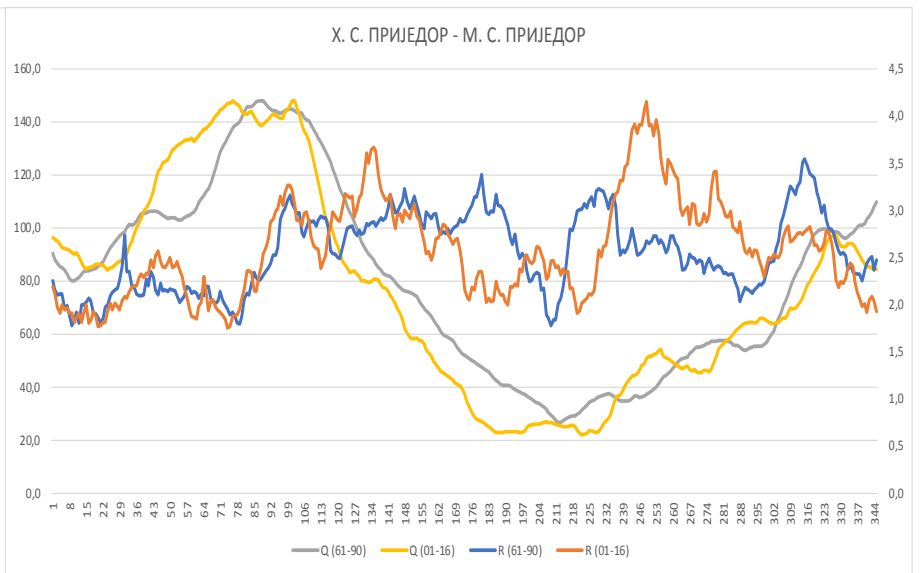
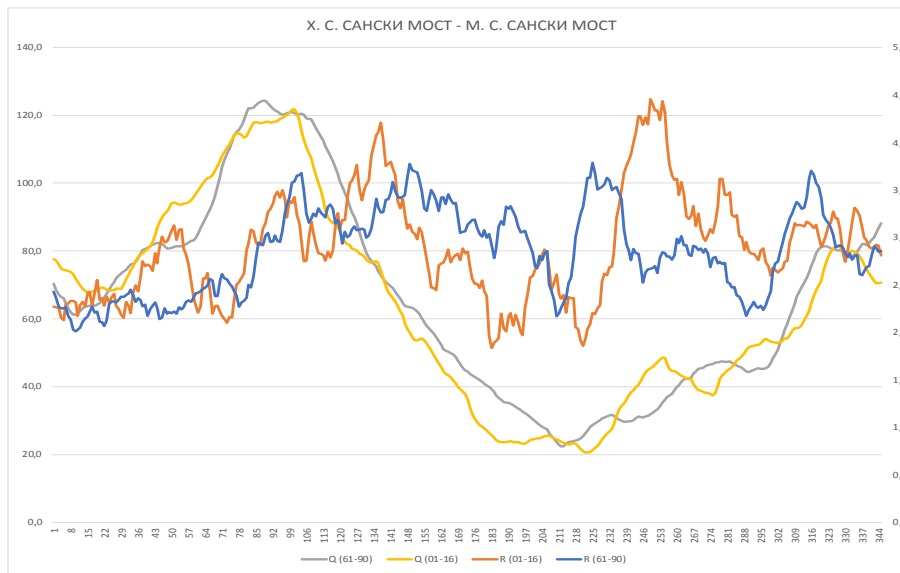
6.2.7. Профил Мердани

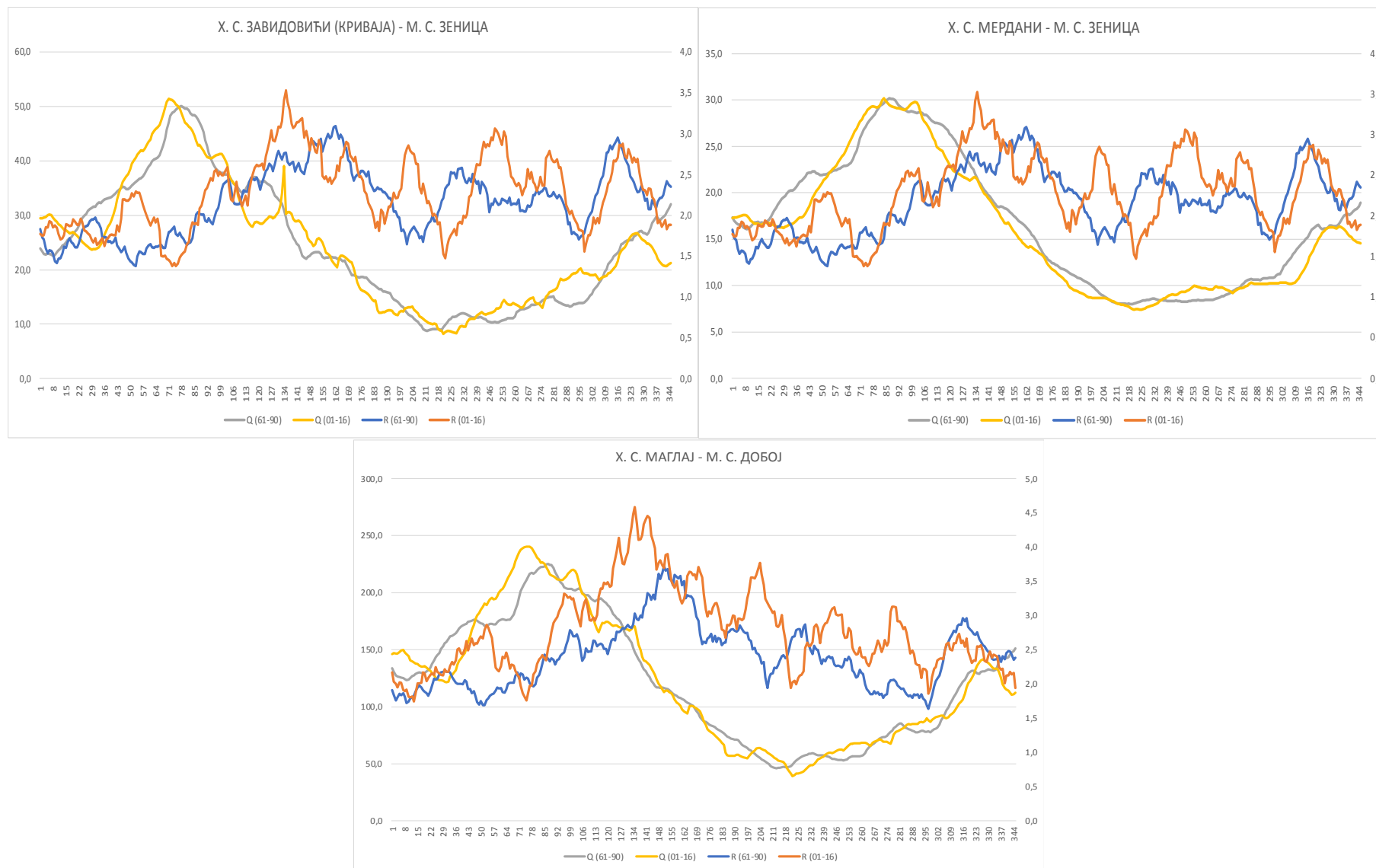
Као и код свих претходно анализираних профила, на основу анализе 21-дневних покретних средњака температуре ваздуха за периоде 1961–1990. и 2001–2016. године (Графикон 67) на профилу Мердани утврђено је повећање у новом периоду, које је присутно током целе године. Разлика између два периода најизраженија је током сезоне лето, док су најмање разлике карактеристичне за сезону јесен. На почетку године температуре и протицаји имају веће вредности у новијем периоду у односу на стари. Температура ваздуха у периоду 2001–2016. од почетка године има уравнотежено кретање све до ~4. фебруара, док протицаји до ~8. фебруара бележе смањење. Од ~5. фебруара температура ваздуха у периоду 2001–2016. бележи константно повећање у односу на период 1961–1990. године. Протицаји у новом периоду прате раст температуре ваздуха, те од ~9. фебруара бележе повећање, које траје до ~31. марта. Поново је евидентно да у овом делу године протицаји прате промене у температури ваздуха, што потврђује и чињеница да протицај, са малим закашњењем, има тенденцију раста као и температуре ваздуха (време кашњења износи протицаја у односу температуру износи ~4 дана). У односу на референтни период (1961–1990) протицаји у новом периоду имају веће вредности од ~6. марта, а највеће смањење протицаја у новом периоду одвија се од ~22. априла и траје до ~19. августа. Треба нагласити још једном да ~19. август представља датум најнижих вредности протицаја у целом сливу Босне, а у сливу Сане то је ~20. август. На основу претходног може се извести закључак да је повећање температуре ваздуха у новом периоду условило ранију појаву већих протицаја, које се вероватно јавља услед топлења снега. Након сезоне зима, протицај постаје доминантно условљен падавинама, што је најевидентније у топлијем делу године (Графикон 68). Највећа вредност падавина у новом периоду јавља се ~25. маја, што се рефлектовало на протицај у виду појаве слабо израженог раста ~28. маја. Након ~25. маја јавља се неколико серија повећања и смањења падавина и протицаја, које потврђују изражену условљеност протицаја у односу на падавине. Од ~25. маја до ~19. јуна имају тенденцију смањења у новом периоду, док протицаји прате падавине и такође опадају до ~22. јуна. Синхронизовано повећање падавина и протицаја у новом периоду дешава се од ~20. августа, што се подудара са свим претходно анализираним профилима у Босни и Херцеговини. Након овог датума оба елемента бележе пораст вредности до ~16. септембра (падавине) и до ~21. септембра (протицаји). После ове серија раста у новом периоду, долази до серије смањења, у којој падавине опадају до ~9. октобара, а протицаји до ~12. октобра. Последња изражена кореспондентна серија промена ова два елемента дешава се крајем године, када се запажа знатан раст падавина у новом периоду од ~5. до ~28. новембра. Овај пораст прате протицаји који бележе повећање вредности од ~13. новембра до ~4. до децембра. На овом примеру се показало да пораст протицаја за порастом падавина касни за ~8 дана. С друге стране, протицаји настављају расти за ~6 дана касније од момента кад престане раст падавина. Поново се показало да промене у протицајима доминантно зависе од промена падавина у оба периода, што се може објаснити и чињеницом да се у делу године кад се редукује присуство вегетације јавља брже површинско и подземно отицање падавина, што се одражава на синхронизован одговор у промени протицаја.





Графикон 68. Вредности средњих дневних температура ваздуха и протицаја у Босни и Херцеговини за 21-дневне периоде с кораком од једног дана у периодима 1961–1990 (плава линија / температуре – сива линија / протицаји) и 2001–2016. године (црвена линија / температуре – жута линија / протицаји)





Графикон 69. Вредности средњих дневних падавина и протицаја у Босни и Херцеговини за 21-дневне периоде с кораком од једног дана у периодима 1961–1990. (плава линија / падавине – сива линија / протицаји) и 2001–2016. године (црвена линија / падавине – жута линија / протицаји)

7. ЗАКЉУЧАК

Протицај река представља продукт сложеног утицаја климе (фактори и елементи) одређеног подручја. Ово значи да промене климатских елемената, пре свега падавина и температуре ваздуха, имају пресудан утицај на физичке и хемијске карактеристике река и генерално на све водне ресурсе. Утицај климатских промена на реке изузетно је важан, поготово ако се узме у обзир чињеница да се преко река доминантно испољава утицај ових промена на енергетику, пољопривреду, транспортни сектор, туризам и остале друштвене делатности. Климатске промене постају нарочито изражене од последње декаде 20. века, а манифестују се у растућем тренду температуре ваздуха (средње и екстремне вредности), регионално инкохерентним трендовима падавина и све учесталијој и интензивнијој појави временских екстрема (топлотни таласи, суше, олујни ветрови и падавинске серије већих интензитета). Утицај климатских промена на водност река последњих неколико година постаје предмет истраживања све већег броја научника, док ова проблематика такође привлачи све већу пажњу и шире јавности, нарочито у семиаридним регионима, који већ имају знатне проблеме у вези са доступношћу и квалитетом воде. С обзиром на веома велику условљеност протицаја у односу на климатске елементе, важно је истаћи да климатске промене могу довести до знатних промена водности река на различитим просторно-временским скалама. Осмотрени утицаји климатских промена на протицај река огледају се у домену смањења или повећања водности река, у промени режима протицаја, промени термичког режима воде, измени физичко-хемијских параметара воде, утицаја на биљни и животињски свет река и генерално на функционисање ових еко-система у целини. С друге стране, важно је нагласити да варијабилност климатских елемената не утиче само на реке већ и на све остале слатководне ресурсе као што су језера, мочваре и подземне воде. На бази темељне анализе одговарајућих светских истраживања о проблему утицаја климатских промена на протицај река, установљени су задаци и циљеви и одређене су радне хипотезе у изради ове докторске дисертације. Полазне хипотезе дисертације потврђене су добијеним резултатима:

- Најважнији елемент климе који има највећи утицај на протицаје су падавине. Водност река у директној је вези са овим климатским елементом, док температура ваздуха представља други најважнији елемент чији се утицај огледа преко процеса испаравања.
- Протицаји река су у директној зависности од климатских елемената, што значи да се промене у падавинама и температури ваздуха рефлектују на промене водности река.
- Изражен тренд загревања ваздуха, који представља једну од главних последица рецентних климатских промена, карактеристичан је за укупан простор Босне и Херцеговине, што је посебно изражено од последње декаде 20. века.
- Реке Босне и Херцеговине показују промене водности које су проузроковане рецентним климатским променама.

Рецентно климатско загревање присутно је од средине 20. века, док је изражен тренд загревања ваздуха у Босни и Херцеговини потврђен крајем 20. и почетком 21. века. Осмотрено загревање потврђују растући трендови просечне, максималне и минималне температуре ваздуха на укупној територији Босне и Херцеговине у периоду 1961–2016. године. Просечна годишња температура ваздуха расла је од 0,2 °C/деценија у Билећи, на Иван седлу и Бјелашници, до 0,5 °C/деценија у Приједору и Бањалуци, док је за све трендове утврђена статистичка значајност ($p < 0,01$). Треба истаћи да су у поређењу са годишњим трендовима вредности трендова температуре ваздуха најхладнијег (јануар) и најтоплијег месеца (јул) биле веће. Просечна јануарска температура расла је у интервалу од 0,2

°C/декади (Билећа, Иван Седло и Бјелашница) до 0,8 °C/декади (Соколац), док је просечна јулска температура порасла од 0,4 °C/деценија (Билећа и Иван седло) до 0,7 °C/деценија (Приједор, Бањалука и Бијељина). Позитивни трендови просечне температуре ваздуха утврђени су у свим годишњим сезонама. Највећи раст просечне температуре ваздуха карактеристичан је за сезону лето (0,4–0,6 °C/деценија), а потом у сезонама зима (0,1–0,6 °C/деценија) и пролеће (0,2–0,4 °C/деценија). Важно је споменути да су утврђени трендови у овим сезонама били статистички значајни. Једини инsigнификантни тренд забележен у сезони зима у Билећи (0,1 °C/деценија), док је у истој сезони на Бјелашници утврђено непостојање тренда. Најблажи пораст температуре ваздуха забележен је у сезони јесен (0,1–0,3 °C/деценија), где су доминантно утврђени позитивни инsigнификантни трендови. Непостојање тренда у овој сезони утврђено је на Бјелашници и Иван седлу, док је једини негативни тренд утврђен у Мостару. Потврда израженог тренда загревања ваздуха манифестује се и кроз појаву сигнификантних трендова максималне температуре ваздуха у целој Босни и Херцеговини, док је нешто нижа стопа загревања карактеристична за регион Херцеговине. Вредност утврђених трендова максималне температуре ваздуха кретала се од 0,3 °C/деценија у Билећи до 0,8 °C/деценија у Бањалуци, Зеници, Сарајеву и Ливну. Интензивни тренд загревања ваздуха огледа се и кроз чињеницу да су апсолутно минималне температуре ваздуха знатно порасле у периоду 1991–2016. године у односу на период 1961–1990. За разлику од значајних трендова максималне температуре, позитивни и доминантно инsigнификантни трендови минималне температуре ваздуха кретали су се у интервалу од 0,4 °C/деценија у Тузли и Мостару до 0,8 °C/деценија на Сокоцу, док је у Ливну утврђен једини негативан тренд (-0,2 °C/деценија). Изражено загревање ваздуха с краја 20. века потврђују и значајни негативни трендови броја ледених (1,8–3,0 дан/деценија) и мразних дана (2,2–6,3 дан/деценија), али и значајни позитивни трендови броја летњих (3,0–8,2 дан/деценија) и тропских дана (4,2–8,1 дан/деценија).

Супротно температури ваздуха, трендови просечне годишње количине падавина у периоду 1961–2016. године углавном су били инsigнификантни и просторно променљиви, док су једини значајни позитивни трендови утврђени на подручју Бјелашнице (84,3 mm/деценија) и Сокоца (38,1 mm/деценија). Најизраженији негативни трендови просечне годишње количине падавина утврђени су на подручју Херцеговине (11,3–40,3 mm/деценија). Трендови просечне сезонске количине падавина такође су претежно инsigнификантни и просторно променљиви. Најизраженији позитивни трендови забележени су у сезони јесен (0,2–27,2 mm/деценија), и то на подручју Бјелашнице (27,2 mm/деценија), Сокоца (12 mm/деценија) и Билеће (12,4 mm/деценија). С друге стране, негативни трендови доминантно су карактеристични за сезону лето (2,9–14,7 mm/деценија). Најизраженије смањење падавина у овој сезони забележено је у североисточном (12,1–14,0 mm/деценија) и јужном делу Босне и Херцеговине (7,3–14,7 mm/деценија). У прилог овој чињеници иде и компаративна анализа индекса суше и кишног фактора у периоду 1991–2016. године у односу на период 1961–1990, која је показала повећање аридности у сезони лето (доминантно у јулу и августу) на подручју Херцеговине и у северним деловима истраживаног простора. Зимски период одликују инsigнификантни и просторно променљиви трендови падавина. Поред овог, треба нагласити да је на готово целом истраживаном подручју (изузев Ливна) дошло до смањења броја дана са снежим покривачем (0,5–4,8 дан/деценија). Сезону пролеће одликују углавном инsigнификантни позитивни трендови, док су значајни трендови осматрени на подручју Сокоца (11,4 mm/деценија) и Бјелашнице (24,2 mm/деценија). Негативни трендови у овој сезони углавном су били карактеристични за регион Херцеговине (изузев у Ливну). Упркос инsigнификантним трендовима просечне количине падавина, дошло је до учестале смене влажних и сушних година у 21. веку, што је директан је показатељ повећање међугодишње варијабилности падавина. Веома кишне године широм Босне и Херцеговине забележене су 2001, 2005, 2009, 2010. и 2014, док су веома сушне биле 2000, 2003, 2011, 2012. и 2015.

Утицај рецентних климатских промена, односно утицај промене температуре ваздуха и падавина, доведен је у везу са променама водности река у Босни и Херцеговини, што је

извршено формирањем хидролошких рејона и регресионих модела за израчунавање климатских елемената за периоде 1961–1990. и 2001–2016. године. На овај начин одређене су промене температуре ваздуха и падавина до осматраних хидролошких профила, чиме је омогућена адекватна анализа утицаја промене климатских елемената на протицаје река. Утврђено је да је повећање просечне годишње температуре ваздуха у периоду 2001–2016 до готово свих хидролошких профила (изузев профила Рељево – 0,9 °C) износило ≥ 1 °C, што је у сагласности са утврђеним значајним трендом загревања. С друге стране, у истом периоду утврђен је и пораст просечне количине падавина, такође до свих хидролошких профила, који је у већини случајева износио $< 10\%$. Утицај израженог загревања ваздуха на промену водности река у Босни и Херцеговини у периоду 2001–2016 у односу на период 1961–1990 огледа се чињеници да су протицаји незнатно повећани само у случајевима када су падавине порасле за $> 10\%$ – профили Оловске Луке, Олово и Рељево (рејон Босне). Анализирајући промене водности у сезони зима утврђено је да протицаји у овој сезони доминантно зависе од падавина. Просечни зимски протицаји у периоду 2001–2016. године показују смањење у односу на референтни период (1961–1990) на готово свим хидролошким профилима, док је пораст утврђен само на профилима до којих је утврђено повећање падавина – профили Краље, Сански Мост и Хумац (рејони Уне и Неретве). Поред тога што је у овој сезони забележен раст температуре ваздуха (до већине профила $\geq 0,7$ °C), утицај температуре ваздуха на протицаје у хладнијем делу године знатно је умањен, с обзиром на то да је испаравање сведено на минимум. Анализа промене климатских елемената и протицаја између два периода показала је да су промене водности у сезони пролеће доминантно биле условљене падавинама, иако је и у овој сезони забележено изражено повећање температуре ваздуха. Пораст падавина у периоду 2001–2016 ($> 10\%$) утицао је на повећање ($< 10\%$) протицаја на свим профилима у рејонима Босне и Врбаса, док се смањење падавина ($< 10\%$) рефлектовало на смањење водности ($< 10\%$) у рејонима Уне и Неретве. Смањење протицаја на свим хидролошким профилима забележено је у сезони лето. Највећи раст температуре ваздуха (до свих профила $\geq 1,7$ °C) и веома благо повећање падавина (до 1,1%) до свега четири хидролошка профила у рејону Босне утицали су на изражено смањење водности река у овој сезони на укупном простору Босне и Херцеговине. Најизраженије смањење водности ($> 10\%$) забележено је на профилима до којих је, уз смањење падавина, температура ваздуха у новом периоду повећана $\geq 2,0$ °C – профили Краље, Приједор, Сански Мост (рејон Уне) и Хумац (рејон Неретве). Најизраженије повећање протицаја у периоду 2001–2016 осматрено је у сезони јесен. Најмањи раст температуре ваздуха (< 1 °C), уз знатан пораст ($> 10\%$) падавина до свих профила, утицао је и на повећање водности на готово свим хидролошким профилима у овој сезони, чиме је потврђена доминантна условљеност протицаја у односу на падавине.

Анализа степена повезаности климатских елемената и протицаја река потврдила је снажну и значајну ($p < 0,01$) везу између падавина и протицаја на нивоу сезона и године. Значајна веза између ова два елемента указује на то да падавине представљају примаран фактор који регулише протицаје река у Босни и Херцеговини, као и да се промене падавина у великој мери одражавају на промене у протицајима. Негативна и углавном инсигнификантна веза између температуре ваздуха и протицаја на нивоу године, с друге стране, показује да температура има секундарни утицај на протицаје река. Инсигнификантна и углавном позитивна корелација између температуре ваздуха и протицаја утврђена је у сезони зима, а оваква корелација указује на то да су протицаји у хладнијем делу године условљени и отопљеном снежницом, што је у сагласности са значајним трендом загревања ваздуха, који је присутан на целој територији Босне и Херцеговине у овој сезони. С друге стране, негативна и инсигнификантна веза између ова два елемента у већини случаја била је карактеристична за сезону јесен. Значајна негативна корелација између протицаја и температуре ваздуха утврђена је сезонама пролеће и лето. Снажна веза у овим сезонама јавља се као резултат израженог тренда загревања, а одражава се у смањеној водности река, која је посебно изражена у сезони лето. Осим што представља битан показатељ повезаности између ова два

елемента, значајна веза у овим сезонама је веома важан индикатор све израженијег утицаја климатског загревања на протицаје река у Босни и Херцеговини.

Анализа 21-дневних покретних средњих вредности температуре ваздуха, падавина и протицаја у периодима 1961–1990. и 2001–2016. додатно је показала изражен утицај климатских елемената на протицаје река у Босни и Херцеговини. Очекивано, доминантан утицај температуре ваздуха на протицаје карактеристичан је за сезону зима, кад су се промене температуре рефлектовале на промене у протицајима у временском интервалу до 10 дана. Праћење промена између два наведена елемента у овој сезони било је посебно важно јер промене температуре ваздуха имају примаран утицај на режим топљења снега као и на његово све раније отапање. Помоћу ове анализе потврђен је утицај загревања ваздуха у сезони зима у периоду 2001–2016. у односу на период 1961–1990, што се манифестовало у ранијем повећању водности река у овој сезони, које је померено ка првој трећини фебруара на свим хидролошким профилима (изражено повећање водности у новом периоду на свим профилима присутно је између ~9–11. фебруара). Пораст температуре ваздуха у овој сезони условио је појаву ранијег топљења снега, што се одразило и на појаву већих вредности протицаја у периоду 2001–2016. у односу на референтни период (1961–1990). С друге стране, најкореспондентнији однос између 21-дневних покретних средњих вредности падавина и протицаја карактеристичан је за сезону јесен на свим хидролошким профилима, када је знатно умањен утицај температуре ваздуха. Поред тога, треба нагласити да се у сезони јесен смањује присуство вегетације, услед чега се јавља брже површинско и подземно отицање падавина, што се одразило на синхронизован ход падавина и протицаја.

Сугестије за будућа истраживања проистичу из чињенице да утицај климатских промена на водне ресурсе представља веома актуелну и популарну проблематику научне, али и шире друштвене јавности. Такође, сугестије за даља истраживања овог проблема у Босни и Херцеговини произилазе из ограничења саме дисертације, а односе се на лимитирану употребу научних метода услед непостојања дугорочних и континуалних хидролошких мерења, док на неопходност будућих истраживања указује и непостојање већег броја студија утицаја климатских промена на водне ресурсе. С обзиром на то да су истраживања генерално лимитирана изузетно малим бројем хидролошких станица, намеће се потреба за успостављање оптималне мреже станица, која би додатно допринела побољшању истраживања утицаја климатских промена на протицаје река. Будућа истраживања посебну пажњу треба да усмере на израду модела симулације утицаја климатских промена до краја 21. века на промене водности река у Босни и Херцеговини, али и на потенцијални утицај пројектованих промена водности у областима енергетике, шумарства и пољопривреде.

8. ЛИТЕРАТУРА

1. Adler, R. F., Gu, G. Sapiano, M. Wang, J-J. & Huffman, G. J. (2017). Global Precipitation: Means, Variations and Trends During the Satellite Era (1979–2014). *Surveys in Geophysics*, 38, 4, 679–699.
2. Agencija za vodno područje rijeke Save (2016). Plan upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u Federaciji Bosne i Hercegovine (2016–2021). Prateći dokument br. 7, Hidrološke analize. Sarajevo.
3. Ahrens, C.D. (2003). *Meteorology Today: An introduction to Weather, Climate, and the Environment*, 7th ed. Brooks/Cole (Thomson Learning).
4. Akter, S., Howladar, M. F., Ahmed, Z. & Chowdhury, T. R. (2019). The rainfall and discharge trends of Surma River area in North-eastern part of Bangladesh: an approach for understanding the impacts of climatic change. *Environmental Systems Research*, 8, 28.
5. 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.
6. Allan, R. P., Liu, C., Zahn, M., Lavers, D. A., Koukouvagias, E. & Bodas-Salcedo, A. (2013). Physically Consistent Responses of the Global Atmospheric Hydrological Cycle in Models and Observations. *Surveys in Geophysics*, 35, 3, 533–552.
7. Allen, M. R., & Ingram, W. J. (2002). Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. *Nature*, 419, 6903, 228.
8. Andrews, T. & Forster, P. M. (2010). The transient response of global-mean precipitation to increasing carbon dioxide levels. *Environmental Research Letters*, 5, 025212.
9. Andrews, T., Forster, P. M., Boucher, O., Bellouin, N. Jones, A. (2010). Precipitation, radiative forcing and global temperature change. *Geophysical Research Letters*, 37, L14701.
10. Arrieta-Castro, M., Donado-Rodríguez, A., Acuña, G. J., Canales, F. A., Teegavarapu, R. S. V. & Kaźmierczak, B. (2020). Analysis of Streamflow Variability and Trends in the Meta River, Colombia. *Water*, 12, 5, 1451.
11. Arnell, N. W. & Gosling, S. N. (2013). The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale. *Journal of Hydrology*, 486, 351–364.
12. Assefa, K. & Moges, M. A. (2018). Low Flow Trends and Frequency Analysis in the Blue Nile Basin, Ethiopia. *Journal of Water Resource and Protection*, 10, 2, 182–203.
13. Bajat, B., Blagojević, D., Kilibarda, M., Luković, J. & Tošić, I. (2015). Spatial Analysis of the Temperature Trends in Serbia during the Period 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology* 121, 1, 289–301.
14. Balan Sarojini, B., Stott, P. A., Black, E. & Polson, D. (2012). Fingerprints of changes in annual and seasonal precipitation from CMIP5 models over land and ocean. *Geophysical Research Letters*, 39, 21, L21706.
15. Barnett, T. P., Adam, J. C. & Lettenmaier, D. P. (2005). Potential Impacts of a Warming Climate on Water Availability in Snow-Dominated Regions. *Nature*, 438, 303–309,
16. Barnhart, T. B., Molotch, N. P., Livneh, B., Harpold, A. A., Knowles, J. F. & Dominik, S. (2016). Snowmelt Rate Dictates Streamflow. *Geophysical Research Letters*, 43, 8006–8016.
17. Beckinsaie, R. P. (1969). River regimes. In R. J. Chorley (Ed.), *Water, Earth and Man* (pp. 176–192). London, UK: Melhuen.

18. Best, M. J., Pryor, M., Clark, D. B., Rooney, G. G., Essery, R. L. H., Menard, C. B., Edwards, J. M., Hendry, M. A., Porson, A., Gedney, N., Mercado, L. M., Sitch, S., Blyth, E., Boucher, O., Cox, P. M., Grimmond, C. S. B. & Harding, R. J. (2011). The joint UK land environment simulator (JULES), model description – part 1: energy and water fluxes. *Geoscientific Model Development Discussion*, 4, 3, 641–688,
19. Bhagwat, P. P. & Maity, R. (2014). Development of hydro-climatic conceptual streamflow (HCSS) model for tropical river basin. *Journal of Water and Climate Change*, 5, 36–60.
20. Biao, E. I. (2017). Assessing the impacts of climate change on river discharge dynamics in Oueme River Basin (Benin, West Africa). *Hydrology*, 4, 47.
21. Birsan, M-V., Zaharia, L., Chendes, V. & Branescu, E. (2014). Seasonal trends in Romanian streamflow. *Hydrological Processes*, 28, 4496–4505.
22. Bonaccorso, B., Peres, D. J., Cancelliere, A. & Rossi, G. (2013). Large Scale Probabilistic Drought Characterization Over Europe. *Water Resources Management*, 27, 1675–1692.
23. Blöschl, G., Hall, J., Viglione, A., Perdigão, R. A. P., Parajka, J., Merz, B., Lun, D., Arheimer, B., Aronica, G. T., Bilibashi, A., Boháč, M., Bonacci, O., Borga, M., Čanjevac, I., Castellarin, A., Chirico, G. B., Claps, P., Frolova, N., Ganora, D., Gorbachova, L., Gül, A., Hannaford, J., Harrigan, S., Kireeva, M., Kiss, A., Kjeldsen, T. R., Kohnová, S., Koskela, J. J., Ledvinka, O., Macdonald, N., Mavrova-Guirguinova, M., Mediero, L., Merz, R., Molnar, P., Montanari, A., Murphy, C., Osuch, M., Ovcharuk, V., Radevski, I., Salinas, J. L., Sauquet, E., Šraj, M., Szolgay, J., Volpi, E., Wilson, D., Zaimi, K. & Živković, N. (2019). Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature*, 573, 108–111.
24. Bony, B., Bellon, G., Klocke, D., Sherwood, S., Fermepin, S. & Denvil, S. (2013). Robust direct effect of carbon dioxide on tropical circulation and regional precipitation. *Nature Geoscience*, 6, 447–451,
25. Branković, Č., Cindrić, K., Gajić-Čapka, M., Güttler, I., Pandžić, K., Patarčić, M., Srnc, 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. Meteorological and hydrological service of Croatia, Zagreb, pp.131.
26. Briner J. P., Michelutti, N., Francis. D. R., Miller, G. H., Axford, Y., Wooller, M. J. & Wolfe, A. P. (2006). A multi-proxy lacustrine record of Holocene climate change on northeastern
27. Baffin Island, Arctic Canada. *Quaternary Research*, 65, 431–442.
28. Brown, R. D., & Robinson, D. A. (2005). Snow and Snow Cover. In J. E. Oliver (ed.), *Encyclopedia of World Climatology* (pp. 658–663). Dordrecht, the Netherlands: Springer.
29. Burić, D., Ducić, V., Mihajlović, J., Luković, J. & Dragojlović, J. (2014). Recent Extremes Air Temperature Changes in Montenegro. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, XCIV, 3, 1–14.
30. Burić, D., Ducić, V. & Doderović, M. (2016). Poplave u Crnoj Gori krajem 2010. godine sa osvrtom na kolebanje proticaja Morače. *Glasnik Odjeljenja prirodnih nauka, CANU*, 21, 47–64.
31. Caloiero, T., Caloiero, P. & Frustaci, F. (2018). Long-term precipitation trend analysis in Europe and in the Mediterranean basin. *Water and Environment Journal*, 32, 3, 433–445.
32. Cherkauer, K. A., Bowling, L.C., Byun, K, Chaubey, I., Chin, N., Ficklin, D. L., Hamlet, A. F., Kines, S. J., Lee, C. I., Neupane, R., Pignotti, G. W., Rahman, S., Singh, S., Femeena, P. V. & Williamson, T. N. (2021). Climate change impacts and strategies for adaptation for water resource management in Indiana. *Climatic Change*, 165, 21.
33. Cohn, A. S., Bhattarai, N., Campolo, J., Crompton, O., Dralle, D., Duncan, J., & Thompson, S. (2019). Forest loss in Brazil increases maximum temperatures within 50 km. *Environmental Research Letters*, 14, 8, 84047.

34. Coumou, D. & Rahmstorf, S. (2012). A decade of weather extremes. *Nature Climate Change*, 2, 491–496.
35. COWI (2012). Update of the water resources management basis for the Vrbas River Basin, project report for the World Bank. Norway: COWI.
36. Croitoru, A. E. & Minea, I. (2014). The Impact of Climate Changes on Rivers Discharge in Eastern Romania. *Theoretical and Applied Climatology*, 120, 3–4, 563–573.
37. Cui, T., Yang, T., Xu, C.-Y., Shao, Q., Wang, X. Y., & Li, Z. Y. (2018). Assessment of the impact of climate change on flow regime at multiple temporal scales and potential ecological implications in an alpine river. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 32, 1849–1866.
38. Cuo, L., Zhang, Y, Zhu, F. & Liang, L. (2014). Characteristics and changes of streamflow on the Tibetan Plateau: A review. *Journal of Hydrology*, 2, 49–68.
39. Curtis, S. (2010). Editorial: Hydroclimatology. *International Journal of Climatology*, 30, 2129.
40. Ćulafić, G., Popov, T., Gnjato, S., Bajić, D., Trbić, G. & Mitrović, L. (2020). Spatial and temporal patterns of precipitation in Montenegro. *IDŐJÁRÁS*, 124, 4, 499–519.
41. Dai, A., Qian, T. & Trenberth, K.E. (2009). Changes in Continental Freshwater Discharge From 1948 to 2004. *Journal of Climatology*, 22, 10, 2773–2792.
42. De Martonne, E. (1926). Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. *La Meteorologie*, 2, 449–458.
43. Déry, S. J., Stadnyk, T. A., MacDonald, M. K. & Gaudi-Sharma, B. (2016). *Hydrology and Earth System Sciences*, 20, 4801–4818.
44. Döll, P., Jiménez-Cisneros, B., Oki, T., Arnell, N. W., Benito, G., Cogley, J. G., Jiang, T., Kundzewicz, Z. W., Mwakalila, S. & Nishijima, A. (2014). Integrating risks of climate change into water management. *Hydrological Sciences Journal*, 60, 1, 4–13.
45. Döll, P. & Schmied, H. M. (2012). How is the impact of climate change on river flow regimes related to the impact on mean annual runoff? A global-scale analysis. *Environmental Research Letters* 7, 1, 014037.
46. Donat, M. G., Alexander, L. V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R. J. H., et al. (2013). Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, 2098–2118.
47. Dragičević, J. S. (2003). Kakvoća vode i uređenje delte i sliva rijeke Neretve. *Građevinar*, 55, 759–765.
48. Dragičević, S., Živković, N., Roksandić, M., Luković, J. & Kostadinov, S. (2015). Recentno stanje, intenzitet i posledice degradacije obala Kolubare na teritoriji opštine Obrenovac. Beograd: Geografski fakultet.
49. Ducić, V., Luković, J. & Milovanović, B. (2009). Changes in Temperature and Precipitation in Serbia in the Second Half of the 20th Century Within the Global Climate Change. *Zaštita prirode LX*, 1-2, 641–652. (In Serbian)
50. Ducić, V., Burić, D., Trbić, G. & Cupać, R. (2014). Analysis of precipitation and draughts on BiH territory based upon standardized precipitation index (SPI). *Herald*, 18, 53–70.
51. Dumitrescu, A., Bojariu, R., Birsan, M. V., Marin, L. & Manea, A. (2014). Recent climatic changes in Romania from observational data (1961–2013). *Theoretical and Applied Climatology*, 122, 1-2, 111–199.
52. Dunn, R. H. J., Alexander, L. V., Donat, M. G., Zhang, X., Bador, M., Herold, N., Lippmann, T., Allan, R., Aguilar, E., Barry, A. A., Brunet, M., Caesar, J., Chagnuad, G., Cheng, V., Cinco, T., Durre, I., de Guzman, R., Htay, T. M., Ibadullah, W. M. W., Ibrahim, M. K. I. B., Khoshkam, M., Kruger, A., Kubota, H., Leng, T. W., Lim, G., Li-Sha, L., Marengo, J., Mbatha, S., McGree, S., Menne, M., Skansi, M. M., Ngwenya, S., Nkrumah, F., Oonariya, C., Pabon-Caicedo, J. D., Panthou, G., Pham, C., Rahimzadeh, F., Ramos, A., Salgado, E., Salinger, J., Sané, Y., Sopaheluwakan, A., Srivastava, A., Sun, Y., Timbal, B.,

- Trachow, N., Trewin, B., van der Schrier, G., Vazquez-Aguirre, J., Vasquez, R., Villarroel, C., Vincent, L., Vischel, T., Vose, R., & Yussouf, M. N. A. B. H. (2020). Development of an Updated Global Land In Situ-Based Data Set of Temperature and Precipitation Extremes: HadEX3. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125, e2019JD032263.
53. Economic Commission for Europe Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes (2009). *Guidance on Water and Adaptation to Climate Change*. United Nations.
 54. EEA (2017). *Climate Change Impacts and Vulnerability in Europe 2016: An Indicator-Based Report*. Copenhagen: European Environment Agency.
 55. Faccini, F., Luino, F., Sacchini, A., Turconi, L. & De Graff, J.V. (2015). Geohydrological hazards and urban development in the Mediterranean area: an example from Genoa (Liguria, Italy). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15, 12, 2631–2652.
 56. Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva (2010). *Strategija upravljanja vodama Federacije Bosne i Hercegovine 2010.–2022. (Prijedlog)*. Sarajevo.
 57. Filipčić, A., Orešić, D. & Maradin, M. (2013). Changes in Precipitation Levels in Croatia from the mid 20th Century to the Present. *Geoadria*, 18, 1, 29–39.
 58. Fischer, E. M. & Knutti, R. (2015). Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes. *Nature Climate Change*, 5, 560–564.
 59. Foster, G. & Rahmstorf, S. (2011). Global Temperature Evolution 1979–2010. *Environmental Research Letters*, 6, 044022.
 60. 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.
 61. Fritze, H., Stewart, I. T., & Pebesma, E. (2011). Shifts in Western North American snowmelt runoff regimes for the recent warm decades. *Journal of Hydrometeorology*, 12, 989–1006.
 62. Forzieri, G., Feyen, L., Rojas, R., Flörke, M., Wimmer, F. & Bianchi, A. (2014). Ensemble projections of future streamflow droughts in Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 1, 85–108.
 63. Gebremicael, T. G., Mohamed, Y. A., Zaag, P. v. and Hagos, E. Y., 2017: Temporal and spatial changes of rainfall and streamflow in the Upper Tekeze–Atbara River basin, Ethiopia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21,4, 2127–2142.
 64. Gnjato, S. (2018). Analysis of the Water Discharge at the Sava River. *Herald*, 22, 103–116.
 65. Gnjato, S., Popov, T., Adžić, D., Ivanišević, M., Trbić, G. & Bajić, D. (2021). Influence of Climate Change on River Discharges Over the Sava River Watershed in Bosnia and Herzegovina. *IDŐJÁRÁS – Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 125, 3, 449–462.
 66. Gobiet, A., Kotlarski, S., Beniston, M., Heinrich, G., Rajczak, J. & Stoffel, M. (2014). 21st century climate change in the European Alps—A review. *Science of The Total Environment*, 493, 1138–1151.
 67. Gračanin, M. (1950). Mjesečni kišni faktori i njihovo značenje u pedološkim istraživanjima. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 12, 51–67.
 68. Graf, R. (2019). A Multifaceted Analysis of the Relationship Between Daily Temperature of River Water and Air. *Acta Geophysica*, 67, 905–920.
 69. Greve, P., Orłowsky, B., Mueller, B., Sheffield, J., Reichstein, M. & Seneviratne, S. I. (2014). Global assessment of trends in wetting and drying over land. *Nature Geoscience*, 7, 10, 716–721.
 70. Groisman, P. Y., Knight, R. W., Easterling, D. R., Karl, T. R., Hegerl, G. C., & Razuvaev, V. N. (2005). Trends in intense precipitation in the climate record. *Journal of Climate*, 18, 9, 1326–1350.
 71. Gu, G. & Adler, R. F. (2015). Spatial Patterns of Global Precipitation Change and Variability during 1901–2010. *Journal of Climate*, 28, 4431–4453.

72. Hannah, D. M., Fleig, A. K., Kingston, D. G., Stagge, J. H. & Wilson, D. (2014). Connecting streamflow and atmospheric conditions in Europe: state-of-the-art review and future directions. *International Association of Hydrological Sciences*, 363, 401–406.
73. Hannah, D. M., Wood, P. J., & Sadler, J. P. (2004). Ecohydrology and hydroecology: A new paradigm? *Hydrological Processes*, 18, 3439–3445.
74. Hansen, J., Ruedy, R. & Sato, M. (2010). Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*, 48, 1–29.
75. Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D. W. & Medina-Elizade, M. (2006). Global Temperature Change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103, 39, 14288–14293.
76. Harris, N. M., Gurnell, A. M., Hannah, D. M., & Petts, G. E. (2000). Classification of river regimes: A context for hydroecology. *Hydrological Processes*, 14, 2831–2848.
77. 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: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [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.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 159–254.
78. Haylock, M. R., Hofstra, N., Klein Tank, A. M. G., Klok, E. J., Jones, P. D. & New, M. (2008). A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *Journal of Geophysical Research*, 113, D20119.
79. Hegerl, G. C., Black, E., Allan, R. P., Ingram, W. J., Polson, D., Trenberth, K. E., Chadwick, R. S., Arkin, P. A., Balan Sarojini, B., Becker, A., Dai, A., Durack, P. J., Easterling, D., Fowler, H. J., Kendon, E. J., Huffman, G. J., Liu, C., Marsh, R., New, M., Osborn, T. J., Skliris, N., Stott, P. A., Vidale, P-L., Wijffels, S. E., Wilcox, L. J., Willett, L. M. & Zhang, X. (2015). Challenges in Quantifying Changes in the Global Water Cycle. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96, 7, 1097–1115.
80. Hirschboeck, K. K. (2009). Future Hydroclimatology and the research challenges of a post-stationary world. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 142, 4–9.
81. Hordon, R.M. & Binkley, M. (2005). Azores (Bermuda) High. In: Oliver J.E. (eds) *Encyclopedia of World Climatology. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Springer, Dordrecht.
82. Hordon, R.M. (2005). Siberian (Asiatic) High. In: Oliver J.E. (eds) *Encyclopedia of World Climatology. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Springer, Dordrecht.
83. Ilešič, S. (1948). Rečni režimi v Jugosaviji. *Geografski Vestnik*, 19, 71–110.
84. 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.
85. 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.
86. Jiménez Cisneros, B. E., Oki, T., Arnell, N. W., Benito, G., Cogley, J. G., Döll, P., Jiang, T. & Mwakalila, S. S. (2014). Freshwater resources. In: *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* [Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M.D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y.O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A.

- N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 229-269.
87. Johns, T. C., Royer, J-F., Höschel, I., Huebener, H., Roeckner, E., Manzini, E., May, W., Dufresne, J-L., Otterå, O. H., van Vuuren, D. P., Salas y Melia, D., Giorgetta, M. A., Denvil, S., Yang, S., Fogli, P. G., Körper, J., Tjiputra, J. F., Stehfest, E. & Hewitt, C. D. (2011). Climate change under aggressive mitigation: the ENSEMBLES multi-model experiment. *Climate Dynamics*, 37, 1975–2003.
 88. Jones, H. J., Pomeroy, J., Walker, D. A., and Hoham, R. (2001). *Snow Ecology – an interdisciplinary examination of snow-covered ecosystems*. Cambridge: Cambridge University Press.
 89. Kale, S. & Sönmez, A. Y. (2018). Trend analysis of mean monthly, seasonally and annual streamflow of Daday Stream in Kastamonu, Turkey. *Marine Science and Technology Bulletin*, 7, 2, 60–67.
 90. Kanaet, T. (1959). O nekim problemima hidrografije u slivu rijeke Plive. *Geografski pregled*, 3, 37–62.
 91. Karl, T. R., Arguez, A., Huang, B., Lawrimore, J. H., McMahon, J. R., Menne, M. J., Peterson, T. C., Vose, R. S. & Zhang, H.-M. (2015). Possible artifacts of data biases in the recent global surface warming hiatus. *Science*, 348, 6242, 1469–1472.
 92. Kenney, J. (1962). Moving averages. *Mathematics of Statistics*, 1, 221–223.
 93. Khatri, K. B. & Strong, C. (2020). *Climate Change, Water Resources, and Potential Adaptation Strategies in Utah*. Salt Lake City: Utah Department of Natural Resources,
 94. Kiktev, D., Sexton, D. M. H., Alexander, L. & Folland, C. K. (2003). Comparison of modeled and observed trends in indices of daily climate extremes. *Journal of Climate*. 16, 3560–3571.
 95. Kingston, D. G., Lawler, D. M. & McGregor, G. R. (2006). Linkages between atmospheric circulation, climate and streamflow in the northern North Atlantic: research prospects. *Progress in Physical Geography*, 30, 2, 143–174.
 96. 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.
 97. Kong, Y. & Pang, Z. (2013). Statistical analysis of stream discharge in response to climate change for Urumqi River catchment, Tianshan Mountains, central Asia. *Quaternary International*, 336, 26, 44–51.
 98. Korjenić, A. (2014). Izohijetni i evapotranspiracijski elementi u režimu Une. *Acta geographica Bosniae et Herzegovinae*, 1, 1, 113–123.
 99. Kormann, C., Francke, T., Renner, M. & Bronstert, A. (2015). Attribution of High-Resolution Streamflow Trends in Western Austria—An Approach Based on Climate and Discharge Station Data. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 1225–1245.
 100. Kovačević-Majkić, J. & Urošev, M. (2014). Trends of Mean Annual and Seasonal Discharges of Rivers in Serbia. *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA*, 64, 2, 143–160.
 101. 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.
 102. Lang, R. (1920). *Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde*. Stuttgart, Germany: E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung.
 103. Lehmann, J., Coumou, D. & Frieler, K. (2015). Increased record-breaking precipitation events under global warming. *Climatic Change*, 132, 501–515.

104. Li, J. & Wang, J.X.L (2003). A New North Atlantic Oscillation Index and Its Variability. *Advances in Atmospheric Sciences*, 20, 5, 661–676.
105. Lobanova, A., Lierch, S., Nunes, J. P., Didovets, L., Stagl, J., Huang, S., Koch, H., López, M. R. R., Maule, C. F., Huttermann, F. & Krysanova, V. (2018). Hydrological impacts of moderate and high-end climate change across European river basins. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 18, 15–30.
106. Lorenzo-Lacruz, J., Vicente-Serrano, S. M., Lopez-Móreno, J. I., Moran-Tejeda, E. & Zabalza, J. (2012). Recent Trends in Iberian Streamflows. *Journal of Hydrology*, 414–415, 463–475.
107. Lu, J., Hu, A. & Zeng, Z. (2014). On the possible interaction between internal climate variability and forced climate change. *Geophysical Research Letters*, 41, 8, 2962–2970.
108. Luković, J., Bajat, B., Blagojević, D. & Kilibarda, M. (2013). Spatial Pattern of Recent Rainfall in Serbia (1961–2009). *Regional Environmental Change*, 14, 5, 1789–1799.
109. Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M. & Wanner, H. (2004). European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends, and Extremes since 1500. *Science*, 303, 1499–1503.
110. Mamara, A., Argiriou, A.A. & Anadranistakis, M. (2016). Recent Trend Analysis of Mean Air Temperature in Greece Based on Homogenized Data. *Theoretical and Applied Climatology*, 126, 3, 543–573.
111. Maraun, D. (2013). When Will Trends in European Mean and Heavy Daily Precipitation Emerge? *Environmental Research Letters*, 8, 014004.
112. Marin, L., Birsan, M. V., Bojariu, R., Dumitrescu, A., Micu, D. & Manea, A. (2014). An overview of annual climatic changes in Romania: Trends in air temperature, precipitation, sunshine hours, cloud cover, relative humidity and wind speed during the 1961-2013 period. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 9, 4, 253–258.
113. Masseroni, D., Camici, S., Cislighi, A., Vacchiano, G., Massari, C. & Brocca, L. (2020). 65-year changes of annual streamflow volumes across Europe with a focus on the Mediterranean basin. *Hydrology and Earth System Sciences Discussion*, [preprint].
114. McGregor, G. R. (2017). Hydroclimatology, modes of climatic variability and stream flow, lake and groundwater level variability: A progress report. *Progress in Physical Geography*, 41, 4, 496–512.
115. McGregor, G. R. (2019). Climate and rivers. *River Research and Applications*, 35, 8, 1119–1140.
116. Meehl, G. A., Arblaster, J. M., & Branstator, G. (2012). Mechanisms contributing to the warming hole and the consequent us east-west differential of heat extremes. *Journal of Climate*, 25, 18, 6394–6408.
117. Milašinović, Z. & Raič, M. (2016). Analysis of available data for a part of the Trebizat River Basin. *e-ZBORNIK*, 11, 16–27.
118. Milošević, D., Savić, S. & Žiberna, I. (2013). Analysis of the Climate Change in Slovenia: Fluctuations of Meteorological Parameters for the Period 1961–2011 (Part I). *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 93, 1, 1–14.
119. Milošević, D. D., Savić, M.S., Pantelić, M., Stankov, U., Žiberna, I., Dolinaj, D. & Leščešen, I. (2016). Variability of Seasonal and Annual Precipitation in Slovenia and Its Correlation with Large-Scale Atmospheric Circulation. *Open Geosciences*, 8, 1, 593–605.
120. Min, S.-K., Zhang, X., Zwiers, F. W., & Hegerl, G. C. (2011). Human contribution to more-intense precipitation extremes. *Nature*, 470, 7334, 378.
121. Moratiel, R., Soriano, B., Centeno, A., Spano, D. & Snyder, R.L. (2016). Wet-bulb, dew point, and air temperature trends in Spain. *Theoretical and Applied Climatology*, 130, 419–434.
122. Morice, C. P., Kennedy, J. J., Rayner, N. A. & Jones, P. D. (2012). Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: The HadCRUT4 data set. *Journal of Geophysical Research*, 117, D8, D08101.

123. Mueller, E. N. & Pfister, A. (2011). Increasing occurrence of high-intensity rainstorm events relevant for the generation of soil erosion in a temperate lowland region in Central Europe *Journal of Hydrology*, 411, 266–278.
124. O’Gorman, P. A., Allan, R. P., Byrne, M. P. & Previdi, M. (2012). Energetic constraints on precipitation under climate change. *Surveys in Geophysics*, 33, 585–608,
125. Operta, M. & Pamuk, S. (2015). Geološke karakteristike i tektonska građa slivnog područja Gornje Neretve. *Acta geographica Bosniae et Herzegovinae*, 4, 2, 69–81.
126. Musselman, K.N., Clark, M. P., Liu, C., Ikeda, K. & Rasmussen, R. (2017). Slower Snowmelt in a Warmer World. *Nature Climate Change*, 7, 3, 214–219.
127. Padrón, R. S., Gudmundsson, L., Ducharne, A., Lawrence, D. M., Mao, J., Peano, D., Decharme, B., Krinner, G., Kim, H. & Seneviratne, S. I. (2020). Observed changes in dry-season water availability attributed to human-induced climate change. *Nature Geoscience*, 13, 7, 477–481.
128. Pan, Z., Arritt, R. W., Takle, E. S., Gutowski Jr, W. J., Anderson, C. J., & Segal, M. (2004). Altered hydrologic feedback in a warming climate introduces a "warming hole". *Geophysical Research Letters*, 31, L17109.
129. Papadimitriou, L. V., Koutroulis, A. G., Grillakis, M. G. & Tsanis, I. K. (2016). High-end climate change impact on European runoff and low flows – exploring the effects of forcing biases. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20, 5, 1785–1808.
130. Parry, S., Hannaford, J., Lloyd-Hughes, B. & Prudhomme, C. (2012). Multi-year droughts in Europe: analysis of development and causes. *Hydrology Research*, 43, 5, 689–706.
131. Pasquini, A. I. & Depetris, P. J. (2007). Discharge Trends and Flow Dynamics of South American Rivers Draining the Southern Atlantic Seaboard: An Overview *Journal of Hydrology*, 333, 2-4, 385–399.
132. Popov, T., Gnjato, S. & Trbić, G. (2019). Changes in Precipitation over East Herzegovina Region. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 99, 1, 29–44.
133. Portmann, R. W., Solomon, S., & Hegerl, G. C. (2009). Spatial and seasonal patterns in climate change, temperatures, and precipitation across the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 18, 7324–7329.
134. Portela, M. M., Espinosa, L. A. & Zelenakova, M. (2020). Long-Term Rainfall Trends and Their Variability in Mainland Portugal in the Last 106 Years. *Climate*, 8, 146.
135. Prudhomme, C., Giuntoli, I., Robinson, E. L., Clark, D. B., Arnell, N. W., Dankers, R., Fekete, B. M., Franssen, W., Gerten, D., Gosling, S. N., Hagemann, S., Hannah, D. M., Kim, H., Masaki, Y., Satoh, Y., Stacke, T., Wada, Y. & Wisser, D. (2014). Hydrological droughts in the 21st century, hotspots and uncertainties from a global multimodel ensemble experiment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111, 9, 3262–3267,
136. Radevski, I., Gorin, S., Taleska, M. & Dimitrovska, O. (2018). Natural Regime of Streamflow Trends in Macedonia. *Geografie*, 123, 1, 1–20.
137. Redžić, S., Barudanović, S. & Radević, M. (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.
138. Reihan, A., Koltsova, T., Kriauciuniene, J., Lizuma, L. & Meilutyte-Barauskiene, D. (2007). Changes in Water Discharges of the Baltic States Rivers in the 20th Century and Its Relation to Climate Change. *Nordic Hydrology*, 38, 4-5, 401–412.
139. Ren, L., Arkin, P., Smith, T. M. & Shen, S. S. (2013). Global precipitation trends in 1900–2005 from a reconstruction and coupled model simulations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, 4, 1679–1689.
140. Rodić, D. P. (1987). *Geografija Jugoslavije*. Beograd: Naučna knjiga.
141. Rohli, R.V. & Vega, A.J. (2012). *Climatology*. Sudbury: Jones & Bartlett Learning.
142. Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N. W., Clark, D. B., Dankers, R., Eisner, S., Fekete, B. M., ColónGonzález, F. J., Gosling, S. N., Kim, H., Liu, X., Masaki,

- Y., Portmann, F. T., Satoh, Y., Stacke, T., Tang, Q., Wada, Y., Wisser, D., Albrecht, T., Frieler, K., Piontek, F., Warszawski, L. & Kabat, P. (2014). Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 9, 3245–3250.
143. Schneider, C., Laize, C. L. R., Acreman, M. C., & Floerke, M. (2013). How will climate change modify river flow regimes in Europe? *Hydrology and Earth System Sciences*, 17, 325–339.
144. Shi, X., Qin, T., Nie, H., Weng, B., & He, S. (2019). Changes in Major Global River Discharges Directed into the Ocean. *International Journal of Environmental Research Public Health*, 16, 8, 1469.
145. Soncini, A., Bocchiola, D., Confortola, G., Bianchi, A., Rosso, R., Mayer, C., Lambrecht, A., Palazzi, E., Smiraglia, C. & Diolaiuti, G. (2015). Future hydrological regimes in the upper Indus Basin: A case study from a high-altitude glacierized catchment. *Journal of Hydrometeorology*, 16, 306–326.
146. Srinivas, R., Singh, A. P., Dhadse, K. & Magner, J. (2020). Hydroclimatic river discharge and seasonal trends assessment model using an advanced spatio-temporal model. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* volume 34, pages381–396
147. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., et al. (2014). *Climate change 2013: The physical science basis: Working group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: Cambridge University Press.
148. Šegota, T. (1976). *Klimatologija za geografe*. Zagreb: Školska knjiga.
149. 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.
150. Shelton, M. I. (2009). *Hydroclimatology, Perspectives and Applications*. New York: Cambridge University Press.
151. Simpkins, G. (2018). Snow-related Water Woes. *Nature Climate Change*, 8, 945.
152. Srivastava, S., Mehta, L. & Naess, L. O. (2022). Increased attention to water is key to adaptation. *Nature Climate Change*, 12, 113–114.
153. Stahl, K., Hisdal, H., Hannaford, J., Tallaksen, L., Van Lanen, H., Sauquet, E., Demuth, S., Fendekova, M. & Jordar, J. (2010). Streamflow Trends in Europe: Evidence From a Dataset of Near-Natural Catchments. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14, 12, 2367–2382.
154. Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H. & Vukorep, I. (1983). *Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine*. Sarajevo: Šumarski fakultet.
155. Su, L., Miao, C., Kong, D., Duan, Q., Lei, X., Hou, Q., & Li, H. (2018). Long-term trends in global river flow and the causal relationships between river flow and ocean signals. *Journal of Hydrology*, 563, 818–833.
156. Tamaddun, K., Kalra, A. & Ahmad, S. (2016). Identification of Streamflow Changes across the Continental United States Using Variable Record Lengths. *Hydrology*, 3, 24.
- Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate research*, 47, 123–138.
157. Temimović, E. (2007). Sana river drainage area – population, use and water protection. *Geoadria*, 12, 1, 23–45.
158. Temimović, E. (2009). *Rijeka Sana – potamološka studije*. Ključ: Goldprint.

159. Temimović, E. (2014). Osnovne reljefne structure u slivu Sane. *Acta geographica Bosniae et Herzegovinae*, 1, 1, 83–94.
160. Topalović, Ž., Blagojević, V. & Sudar, N. (2018). Određivanje hidrograma velikih voda za potrebe izrade mapa opasnosti i rizika od poplava na primjeru sliva rijeke Vrbas, BiH. *Vodoprivreda*, 50, 69–85.
161. Trbić, G., Popov, T. & Gnjato, S. (2017). Analysis of Air Temperature Trends in Bosnia and Herzegovina. *Geographica Pannonica*, 21, 2, 68–84.
162. 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.
163. Trenberth, K. E., Fasullo, J. & Mackaro, J. (2011). Atmospheric moisture transports from ocean to land and global energy flows in reanalyses. *Journal of Climate*, 24, 4907–4924.
164. Tubi, A. & Dayan, U. (2012). The Siberian High: teleconnections, extremes and association with the Icelandic Low. *International Journal of Climatology*, 33, 6, 1357–1366.
165. Ulaga, F., Kobold, M. & Frantar, P. (2008). Trends of River Discharges in Slovenia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 4, 1, 012030.
166. van der Schrier, G., van den Besselaar, E. J. M., Klein Tank, A. M. G. & Verver, G. (2013). Monitoring European average temperature based on the E-OBS gridded data set. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, 5120–5135.
167. van Vliet, M. T. H., Franssen, W. H. P., Yearsley, J. R., Ludwig, F., Haddeland, I., Lettenmaier, D. P. & Kabat, P. (2013). Global river discharge and water temperature under climate change. *Global Environmental Change*, 23, 450–464.
168. Vidmar, A., Globevnik, L., Koprivšek, M., Sečnik, M., Zabret, K., Đurović, B., Anzeljc, D., Kastelic, J., Kobold, M., Sušnik, M., Borojević, D., Kupusović, T., Kupusović, E., Vihar, A. & Brilly, M. (2016). The Bosna River floods in May 2014. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16, 2235–2246.
169. Vihma, T., Screen, J., Tjernstorm, M., Newton, B., Zhang, X., Popova, V., Deser, C., Holland, M. & Prowse, T. (2016). The atmospheric role in the Arctic water cycle: A review on processes, past and future changes, and their impacts. *Journal of Geophysical Research–Biogeosciences*, 121, 3, 586–620.
170. Wanders, N., Wada, Y. & Van Lanen, H. A. J. (2015). Global hydrological droughts in the 21st century under a changing hydrological regime. *Earth System Dynamics Discussions*, 6, 1–15.
171. Wang, W., Wei, J., Shao, Q., Xing, W., Yong, B., Yu, Z. and Jiao, X., 2015: Spatial and temporal variations in hydro-climatic variables and runoff in response to climate change in the Luanhe River basin, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 29, 1117–1133.
172. Westra, S., Alexander, L. V., & Zwiers, F. W. (2013). Global increasing trends in annual maximum daily precipitation. *Journal of Climate*, 26, 11, 3904–3918.
173. Wilson, D., Hisdal, H. & Lawrence, D. (2010). Has streamflow changed in the Nordic countries? – Recent trends and comparisons to hydrological projections. *Journal of Hydrology*, 394, 334–346.
174. World Commission on Dams (2000). *Dams and Development: A New Framework for Decision-Making: The Report of the World Commission on Dams*. London: Earthscan.
175. Wu, P., Christidis, N. & Stott, P. (2013). Anthropogenic impact on Earth's hydrological cycle. *Nature Climate Change*, 3, 807–810.
176. WWF (2009). *Živjeti Neretvu, k EU standardima u slivu Neretve, Bosna i Hercegovina. Faza III – Radna grupa za ekološki prihvatljivi protok.*

177. Zhang, X. S., Amirthanathan, G. E., Bari, M. A., Laugesen, R. M., Shin, D., Kent, D. M., MacDonald, A. M., Turner, M. E. & Tuteja, N. K. (2016). How streamflow has changed across Australia since the 1950s: evidence from the network of hydrologic reference stations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20, 9, 3947–3965.
178. Zhang, L. & Zhou, T. (2011). An assessment of monsoon precipitation changes during 1901–2001. *Climate Dynamics*, 37, 279–296.
179. Zhou, T., Voisin, N., Leng, G., Huang, M., & Kraucunas, I. (2018). Sensitivity of regulated flow regimes to climate change in the Western United States. *Journal of Hydrometeorology*, 19, 499–515.
180. Дукић, Д. (1967). Климатологија са основима метеорологије. II прерађено издање, Београд: Научна књига.
181. Дукић, Д. & Гавриловић, Љ. (2006). Хидрологија. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.
182. Дуцић, В. & Анђелковић, Г. (2004). Климатологија – практикум за географе. Београд: Географски факултет Универзитета у Београду.
183. Ловрић, Н. (2012). Плављена подручја слива ријеке Врбање. Београд: Географски факултет, семинарски рад.
184. Миливојевић, М. (1985). Климатологија. VIII издање, Београд: Научна књига.
185. Милојевић, Б. Ж. (1951). Главе долине у Југославији – Географска проучавања и проматрања. Београд: Српска академија наука.
186. Милошевић, А. (2015). Општа и примијењена геологија–материјали за припремање испита. Бања Лука: Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет.
187. Попов, Т. (2017). Утицај савремених климатских колебања и потенцијалних промјена климе на фитогеографска обиљежја Републике Српске. Београд: Географски факултет, докторска дисертација.
188. Попов, Т. (2020). Утицај савремених климатских промјена на фитогеографска обиљежја Републике Српске. Бања Лука: Географско друштво Републике Српске.
189. Трбић, Г. (2010). Екоклиматска рејонизација Перипанонског обода Републике Српске, Бањалука: Географско друштво Републике Српске.
190. 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).

Интернет извори

191. ЕЕА (2018a). European Environment Agency: Indicators: Global and European temperature.
192. WMO (2018a). WMO climate statement: past 4 years warmest on record. Press Release Number: 29112018, World Meteorological Organization.
193. WMO (2018b). WMO confirms 2017 among the three warmest years on record. Press Release No 1, World Meteorological Organization
194. WMO (2020). WMO confirms 2019 as second hottest year on record. Press Release Number: 01/15/2020, World Meteorological Organization.

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Слободан Гњато рођен је 11. 05. 1991. године у Сарајеву. Након завршене Гимназије у Бањој Луци 2010. године уписао се на Студијски програм географије на Природно-математичком факултету Универзитета у Бањој Луци, на којем је дипломирао 2014. године, стекавши звање професора географије. На првом циклусу студија остварио је просек 9.95, а на основу постигнутог успеха на студијама додељена му је Златна плакета, признање које Универзитет у Бањој Луци уручује најбољим студентима. Након завршених основних студија, 2014. године на Географском факултету у Београду уписао се на мастер академске студије из географије, које је 2016. године завршио са укупним оствареним просеком 10. Од 2016. године запослен је на Природно-математичком факултету у Бањој Луци у звању вишег асистента. Ангажован је као сарадник на студијским програмима Географија, Просторно планирање, Екологија и заштита животне средине, на предметима: Климатологија са метеорологијом и Примијењена климатологија. Исте, 2016. године уписује докторске студије на Географском факултету Универзитета у Београду. Испите предвиђене наставним планом и програмом успешно је положио са просечном оценом 9,83, те стекао услов за пријаву докторске дисертације. Период од новембра 2019. до априла 2020. године провео је као стажиста на Универзитету Лавал, Канада (Université Laval, Canada), на одсеку Географија (Département de géographie), као члан тима Лабораторије за водну палеоекологију (Laboratoire de Paléoécologie Aquatique). Члан је Центра за студије севера (Centre d'études nordiques), Географског друштва Републике Српске, Центра за климатска истраживања Бања Лука и Центра за заштиту животне средине Бања Лука. У досадашњем научном раду објавио је знатан број научних радова у рецензираним регионалним и међународним научним часописима.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора СЛОБОДАН ГЊАТО

Број индекса 1/2016

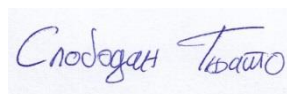
Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА НА ПРОТИЦАЈ РЕКА У БОСНИ И ХЕРЦЕГОВИНИ

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима 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 истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора СЛОБОДАН ГЊАТО
Број индекса 1/2016
Студијски програм ГЕОГРАФИЈА
Наслов рада УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА НА
ПРОТИЦАЈ РЕКА У БОСНИ И ХЕРЦЕГОВИНИ
Ментор проф. др НЕНАД ЖИВКОВИЋ

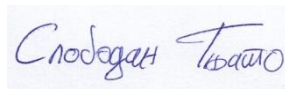
Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место 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:

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

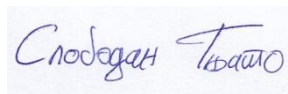
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, _____



Spodžan Tšalo

1. **Ауторство.** Дозвољаваће 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.** Дозвољаваће 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.** Дозвољаваће 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.** Дозвољаваће 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.** Дозвољаваће 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.** Дозвољаваће 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.