

Прилог анализи климатских промена у Републици Србији

П1.1. Извор података и методологија

Подаци за анализу осматрених климатских услова и осматрених климатских промена су преузети из E-OBS базе података за период 1961–2020, која обухвата интерполисане дневне податке за температуре и падавине на резолуцији од 0.11°. У изрази E-OBS базе коришћени су подаци расположиви у међународној размени података на територији Европе, што укључује око податке од око 28 станица са територије Републике Србије. Верификација квалитета ове базе података, коришћењем других расположивих осматрања на територији Републике Србије, потврђује квалитет ових података за потребе коришћења у анализи промена климатских услова (Djordjevic и Krzic, 2013).

Подаци климатских пројекција коришћени су из EURO-CORDEX базе података, дневне податке за температуре и падавине до 2100. године добијене по сценаријима емисија гасова са ефектом стаклене баште RCP4.5 и RCP8.5. Из ове базе података изабрани су резултати модела који формирају ансамбле вредности који најбоље могуће продуктују главне карактеристике климатских промена на територији Републике Србије. Овај мулти-моделски ансамбал чини 8 изабраних модела:

- gcm-ICHEC-EC-EARTH-rcm-CLMcom-CCLM4-8-17,
- gcm-ICHEC-EC-EARTH-rcm-DMI-HIRHAM5,
- gcm-ICHEC-EC-EARTH-rcm-KNMI-RACMO22E,
- gcm-MOHC-HadGEM2-ES-rcm-CLMcom-CCLM4-8-17,
- gcm-MOHC-HadGEM2-ES-rcm-KNMI-RACMO22E,
- gcm-MPI-M-MPI-ESM-LR-rcm-CLMcom-CCLM4-8-17,
- gcm-MPI-M-MPI-ESM-LR-rcm-MPI-CSC-REMO20091,
- gcm-MPI-M-MPI-ESM-LR-rcm-MPI-CSC-REMO20092.

Ови подаци из којих је урађена анализа осматрених и будућих климатских промена расположиви су кроз веб-портал Дигитални атлас климе Србије. Осим дневних података на располагању су и резултати добијени из ових података, односно вредности различитих климатских индекса за различите периоде по оба сценарија, на националном, регионалном, општинском нивоу као и за одређену локацију.

Подаци из наведених база података (осматрених и климатских пројекција) коришћени су у различитим студијама везаних за процене климатских промена у региону и Србији као и за процене утицаја (Vuković и др., 2018; Ђурђевић и др., 2018; Vuković и Vujadinović, 2018; Stojanović и др., 2021; Vuković Vimić и др., 2022; Životić Vuković Vimić, 2022, итд.) и припреми Треће националне комуникације, као и за процене утицаја на секторе израђене за овај програм.

Анализа промена климатских услова на територији Републике Србије урађена је поређењем климатских услова који су владали у 20. веку, тачније током изабраног референтног периода 1961–1990, са условима у скорој прошлости и будућим климатским периодима. Осматрене климатске промене анализиране су за период *блиске прошлости* 2001–2020, а посебно и за другу деценију овог климатског периода 2011–2020 када су осматрени већи утицаји климатских промена. Промене климатских услова у будућности урађене су за климатске периоде: *период блиске будућности* 2021–2040, *период средине века* 2041–2060 и *период краја века* 2081–2100. Анализа је урађена по сценаријима емисија гасова са ефектом стаклене баште RCP4.5 и RCP8.5.

Резултати ансамбла вредности будућих климатских пројекције за период 2021–2040 по сценаријима RCP4.5 и RCP8.5 имају преклапање великим делом у вредностима опсега највероватнијих вредности, што показује да се не очекују значајне разлике у климатским карактеристикама овог периода по ова два сценарија, што је и очекивано узимајући у обзир предвиђања пораста емисија по овим сценаријима. Приказана анализа за овај период подразумева највероватније климатске исходе у случају оба сценарија. У периоду средине века 2041–2060, очекиване промене су значајно веће у односу на разлике резултата пројекција по два сценарија, односно неодређеност резултата по једном сценарију је већи него разлика највероватнијих вредности добијених по ова два сценарија, што значи да се и за овај период може сматрати да разлика у пројектованим променама у два сценарија није значајна колико је значајна промена климатских услова у односу на референтни период. Из овог разлога, ради поједностављеног приказивања резултата, и за овај период ће се разматрати највероватнији исходи климатских услова узимајући у обзир оба сценарија заједно, а у складу са осматреним трендовима промена. Где је уочено да може бити приметна разлика у случају остваривања блажег сценарија, то је посебно наглашено.

У другој половини века очекивано је да почне да се уочава значајна разлика у климатским условима у случају сценарија RCP4.5 и RCP8.5, тј. да утицај спровођења мера митигације климатских промена утиче на стабилизацију климатских услова у односу на даље убрзавање климатских промена изазваних порастом емисија без спровођења ових мера. Из тог разлога резултати добијени за климатски период краја века 2081–2100 по ова два сценарија се разматрају посебно и чине опсег могућих климатских исхода које свеобухватно треба узети у обзир при планирању и спровођењу мера за повећање капацитета републике Србије да се адаптира на будуће услове.

НАПОМЕНА: Како је у анализи представљеној у овом програму утврђено да се повећава учесталост и интензитет климатских опасности са великом просторном варијабилношћу (екстремне падавине, поплаве, итд.), за потребе праћења климатских промена потребно је унапредити осматрачки систем РХМЗ и оспособити да адекватно извршава мониторинг растућих климатских и временских екстрема на територији Републике Србије. Унапређен осматрачки систем неопходан је и за обезбеђивање неопходних података за идентификовање и праћење штета и губитака насталих услед утицаја климатских промена. Програм и густина државних мрежа метеоролошких станица утврђен је Уредбом о утврђивању државних мрежа метеоролошких станица, програма рада и начина извештавања државних мрежа метеоролошких станица („Службени гласник РС”, број 123/12) и Уредбом о утврђивању локација метеоролошких и хидролошких станица државне мреже, као и заштитних зона у околини станица у којима се уводе ограничења („Службени гласник РС”, број 34/13). Наведеним прописима поред мреже синоптичких станица, утврђена је и државна мрежа од 82 обичне климатолошке станице и 576 падавинских станица, на којима осматрања врше хонорарно ангажовани осматрачи. У току последњих 10 година број обичних климатолошких и падавинских станица у државној мрежи метеоролошких станица је смањен за чак 50%, као и капацитети за одржавање функционалности система и обезбеђивање квалитета података. Додатно, процењује се да је потребно надоградити и висинска мерења ради побољшања праћења атмосферских услова и идентификовања промена у условима стабилности и циклонских активности. Унапређење осматрачког система доприноси и даљем проширивању знања о климатским променама и њиховом утицају у Републици Србији.

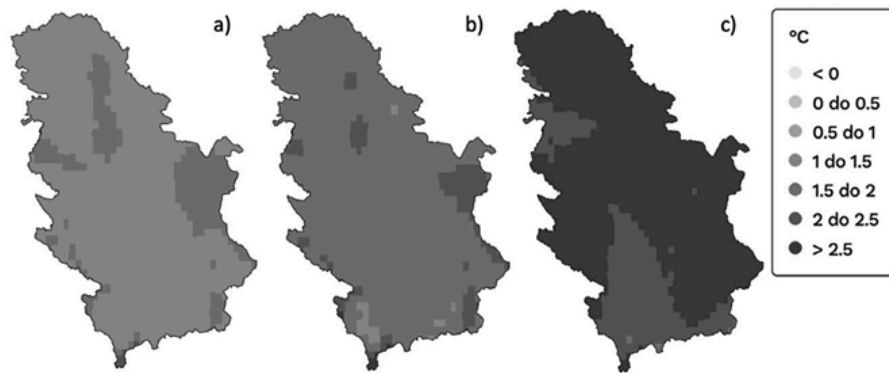
П1.2. Анализа климатских чинилаца – утицаја који доприносе групи климатске опасности од вишка топлоте

П1.2.1. Промена у средњим вредностима температура

Средња вредност приземне температуре ваздуха просечно за Србију за климатски период 2001–2020 је виша за 1,4 °C од средње вредности за референтни период 1961–1990, док је средња вредност за каснију деценију 2011–2020 виша за 1,8 °C. Средња максимална температура за 2001–2020 је виша за 1,6 °C а минимална за 1,3 °C, са такође већим повећањем у каснијој деценији (2,0 °C за максималну и 1,6 °C за минималну). Највеће повећање осматрено је у току ЈЈА сезоне. Средња максимална температура за деценију 2011–2020 је чак за 2,6 °C виша у односу на вредност 1961–1990. Остале промене (аномалије) средњих температура за ова два периода приказане су у Табели П1.1. Мапе промена (аномалија) средњих температура за периоде 2001–2020 и 2011–2020 као и промене средње максималне температуре за ЈЈА за 2011–2020 приказане су на Слици П1.1.

Табела П1.1. Аномалије средњих вредности приземних температура ваздуха, осредњених за територију Републике Србије, у односу на вредности референтног периода 1961–1990: средње температуре (T_s), средње максималне дневне температуре (T_x) и средње минималне дневне температуре (T_n). Приказане су аномалије средњих годишњих вредности, и средњих сезонских вредности: ДЈФ (децембар–јануар–фебруар), МАМ (март–април–мај), ЈЈА (јун–јул–август) и СОН (септембар–октобар–новембар).

Параметар	Период	ГОД	ДЈФ	МАМ	ЈЈА	СОН
T_s	2001–2020	1.4	1.3	1.2	2.0	1.1
	2011–2020	1.8	1.7	1.4	2.4	1.8
T_x	2001–2020	1.6	1.5	1.5	2.2	1.1
	2011–2020	2.0	2.0	1.7	2.6	1.7
T_n	2001–2020	1.3	1.3	1.0	1.8	1.2
	2011–2020	1.6	1.7	1.1	2.1	1.7



Слика П1.1. Аномалије средњих температура за периоде 2001–2020 (лево) и 2011–2020 (средње) и аномалије средње максималне температуре за ЈЈА за 2011–2020 (десно) у односу на вредности референтног периода 1961–1990.

Очекивана промена средње приземне температуре ваздуха за период 2021–2040 у односу на 1961–1990 биће око 2,2 °C, средње максималне око 2,5 °C и средње минималне око 2,1 °C. Пораст средње максималне температуре за ЈЈА у овом периоду ће достићи пораст од око 2,8 °C у односу на 1961–1990.

Очекивана промена средње температуре за период 2041–2060 у односу на 1961–1990 биће већа од 2,5 °C, а највероватније око 3,1 °C, а средње максималне већа од 2,7 °C а највероватније око 3,4 °C, а минималне већа од 2,4 °C а вероватније око 2,9 °C. Пораст средње максималне температуре у овом периоду за ЈЈА ће бити у опсегу 3,6 °C и 4,2 °C у односу на вредност у периоду 1961–1990.

Пораст средње приземне температуре ваздуха у периоду 2081–2100 очекује се да буде највероватније око 3,1 °C по RCP4.5 и чак 5,8 °C по RCP8.5 сценарију, у односу на вредност за референтни период 1961–1990. Загревање других сезона сустиже загревање сезоне ЈЈА, а убрзани загревање током ДЈФ претпоставља се да ће бити због значајног губитка снежног покривача а тиме и смањивања албеда површине у планинским областима, што узрокује веће загревање. У овом периоду пораст средње максималне температуре у ЈЈА сезони очекује се да превазиђе 6,0 °C у односу на вредност 1961–1991 по RCP8.5 сценарију.

П1.2.2. Промена у топлотним таласима

Топлотни талас је период од најмање 6 узастопних дана са максималним дневним температурама вишим од вредности 90-ог перцентила максималних температура осматраних у том периоду године у току референтног периода, у овом случају 1961–1990.

Загревање, односно повећање температуре, довело је до повећања броја топлих дана који могу нанети топлотни стрес због вишка топлоте. Просечан број појављивања топлотних таласа по години се у периоду 2001–2020 повећао за 2,4, а у периоду 2011–2020 за 3 у односу на број појављивања по години током 1961–1990, када се овакви догађаји просечно на територији Србије нису јављали сваке године. Важан податак је и да у току деценије 2011–2020 у чак 6 година је просек броја топлотних таласа био већи од 4, односно да су године са релативно великим бројем појављивања изузетно топлих периода постале знатно учесталије. Ако се узме у обзир просечан број дана по години који су у топлотном таласу, у блиској прошлости на територији Србије је просечно по години било укупно око месец дана у топлотном таласу, а у три године у периоду 2011–2020 више од 40 дана просечно су трајали топлотни таласи (2012. године чак 50 дана).

У периоду 2021–2040 биће око 3,5 топлотних таласа по години више него током 1961–1990, што значи да се очекује учесталије појављивање година се већим бројем топлотних таласа него што је осматрено у периоду 2011–2020, а могуће је појављивање година са рекордном појавом топлотних таласа.

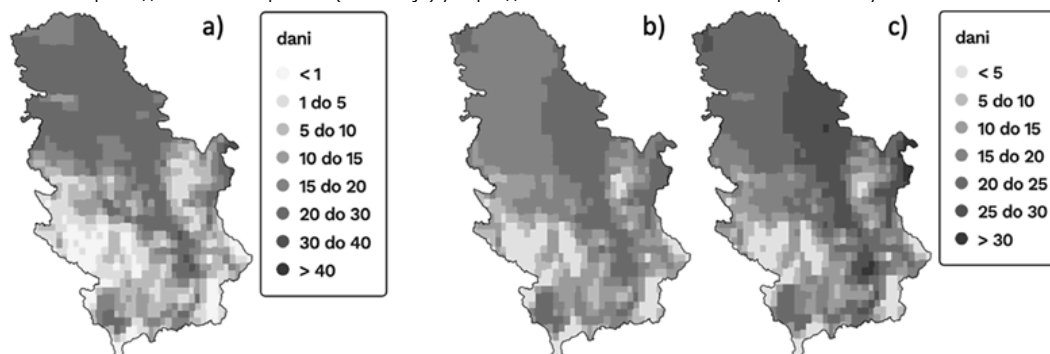
Просечан број појављивања топлотних таласа по години на територији Србије у периоду 2021–2040 очекује се да буде за око 4–5 топлотних таласа више него током референтног периода 1961–1990, са већим порастом у јужним југозападним и југоисточним деловима Србије.

У периоду 2081–2100 по RCP8.5 сценарију просечан број топлотних таласа по години очекује се да ће бити 8–10, што значи да је могуће да на територији Републике Србије у току године буде укупно трајање екстремно топлог времена чак око два месеца. Због повећања варијабилности временских услова, дешаваће се поједине године са још већим бројем топлотних таласа. По блажем, RCP4.5 сценарију, по коме се очекује стабилизација климатских услова, очекује се да ће просечан број топлотних таласа по години бити око 5.

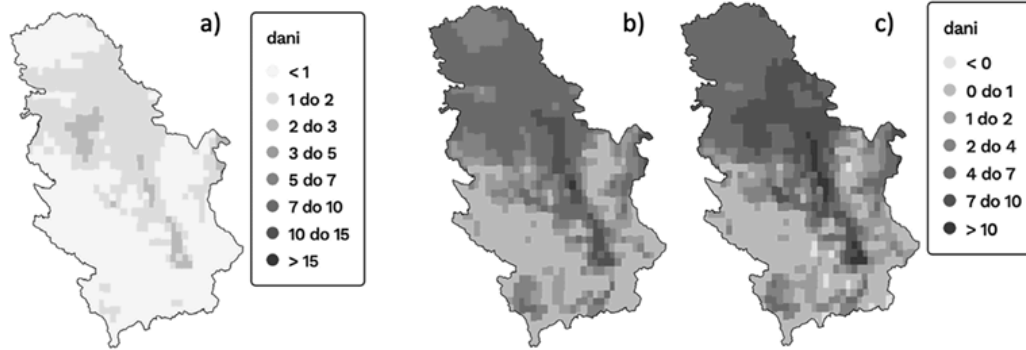
П1.2.3. Промена у броју дана са високим температурама

Топлотни таласи немају подједнако критичне утицаје на територији Србије, јер се топлотни талас на некој локацији одређује у односу на климу те локације, што значи да топлотни таласи у топлијим климатским условима представљају појаву периода са значајно вишим температурама него топлотни таласи у хладнијим климатским условима. Такође, одређивање топлотних таласа у климатски променљивим условима је осетљиво на избор референтног периода, тј. ако се узимају каснији (топлији) периоди као референтни повећавају се критеријуми за температуре који служе за дефинисање топлотног таласа. Да би се додатно разумела критичност појаве топлотних таласа или уопште топлијих периода, потребно је узети у обзир и друге климатске индексе који служе за одређивање појаве дана са критично високим температурама, као што су број тропских дана (просечан број дана по години са максималном дневном температуром преко 30 °C, TRD), број врелих дана (просечан број дана по години са максималном дневном температуром преко 35 °C, TVD) и број тропских ноћи (просечан број дана по години са минималном дневном температуром преко 20 °C, TRN).

Током референтног периода, дани који испуњавају ове критеријуме јављали су се само у областима нижих надморских висина (као на пример у Војводини, долини Саве и Дунава, источној Србији, у долинама река Велика Морава, Западна Морава и Јужна Морава, као и другим областима нижих надморских висина у јужној и југоисточној Србији). У овим областима било је око 20–30 TRD, 2–3 (и локално до 5) TVD и мање од 1 (изузев области Београда) TRN. У периоду 2001–2020 у овим областима Србије TRD се повећао за око 20 дана по години, а у 2011–2020 у неким областима и за 30 дана по години. TVD у 2001–2020 се повећао за 4–7 дана, а у 2011–2020 повећање је веће за још неколико дана (локално у области ниских надморских висина централне, јужне и југоисточне Србије у овој деценији повећање је и преко 10 дана). TRN се повећао највише у Војводини и у области Београда и у области ниских надморских висина централне и источне Србије, за око 5–10 дана и чак преко 10 дана у области Београда у периоду 2001–2020, а повећање је нешто веће у другој деценији овог периода. Просторна расподела вредности TRD и TVD за референтни период 1961–1990 и расподела њихове промене (аномалија) у периодима 2001–2020 и 2011–2020 приказане су на Сликама П1.2 и П1.3.



Слика П1.2. Средњи број тропских дана по години (TRD) за референтни период 1961–1990 (лево), и промене TRD за периоде 2001–2020 (средње) и 2011–2020 (десно) у односу на вредности 1961–1990.



Слика П1.3. Средњи број врелих дана по години (*TVD*) за референтни период 1961–1990 (лево), и промене *TVD* за периоде 2001–2020 (средње) и 2011–2020 (десно) у односу на вредности 1961–1990.

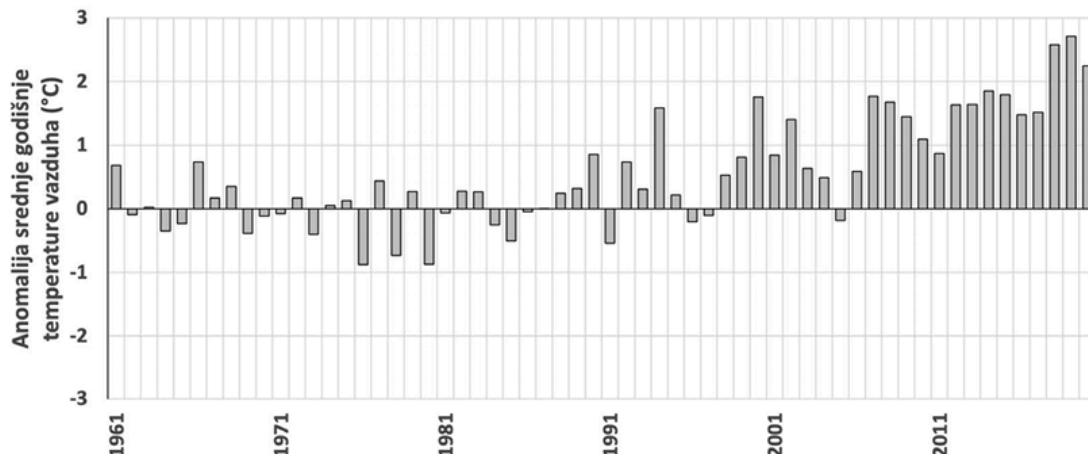
У периоду 2021–2040 број тропских дана (*TRD*), врелих дана (*TVD*) и дана са тропским ноћима (*TRN*) ће наставити да расте у односу на вредности осматрене за 2011–2020. Очекује се да ће повећање *TRD* превазићи пораст од 35 дана по години у односу на 1961–1990 у низијским областима, што значи да се очекује да ће оваквих дана у низијским областима бити просечно око 55–60 у периоду 2021–2040. Повећање *TVD* у низијским областима очекује се да ће бити око 12 дана у односу на 1961–1990, односно таквих дана ће бити просечно 13–15 по години. Повећање *TRN* се очекује да буде у опсегу 3–8 дана по години више него 1961–1990 у низијским областима. Као и у осматреном периоду блиске прошлости, дани са овако високим температурама се постају све учесталији на све вишим надморским висинама.

У периоду 2041–2060 очекује се да ће повећање *TRD* бити око 45 дана по години у односу на 1961–1990 у низијским областима, што значи да се очекује да ће оваквих дана у низијским областима бити просечно око 65. Повећање *TVD* у низијским областима очекује се да ће бити око 20 дана у односу на 1961–1990, односно таквих дана ће бити преко 20 дана просечно по години. Повећање *TRN* се очекује да буде у опсегу 8–16 дана по години више него 1961–1990 у низијским областима. Највећа погођеност високим температурама јесте у низијским областима, али у клими овог периода ризици се појављују и на већим надморским висинама, односно осматрене вредности се премештају неколико стотина метара ка вишим теренима, што додатно указује на значај климатске анализе ризика и на локалном нивоу ради процене рањивости и ризика за различите секторе.

У периоду 2081–2100 очекује се да ће повећање *TRD* по RCP8.5 бити око 65–75 дана по години више у односу на 1961–1990 у низијским областима, што значи да се очекује да ће оваквих дана у низијским областима бити просечно око 85–95. По RCP4.5 за *TRD* се очекује се да ће порастити још за неколико дана у другој половини 21. века и да ће их бити око 70 просечно по години у низијским областима. По RCP8.5 очекује се да ће *TVD* бити у низијским областима око 35–45 дана просечно по години у периоду 2081–2100, док се по RCP4.5 очекује да ће их бити око 25. *TRN* по RCP8.5 ће бити око 40–50 дана просечно по години, а по RCP4.5 око 20. У очекиваним климатским условима овог периода ризици од високих температура такође захватају још веће надморске висине.

П1.2.4. Промена у климатској варијабилности у топлотним условима

Промена у климатској варијабилности у топлотним условима подразумева повећани опсег могућих средњих годишњих топлотних услова у климатском периоду или топлотних услова током неког периода године. У просеку температура расте, па средњи годишњи топлотни услови имају позитивна одступања у односу на средњу вредност референтног периода (Слика П1.4), међутим њихова вредност има већи опсег него у току референтног периода, што указује на повећану варијабилност у средњим годишњим топлотним условима.



Слика П1.4. Одступања (аномалије) средњих годишњих температура ваздуха, осредњених за територију Републике Србије, за период 1961–2020 у односу на средњу вредност референтног периода 1961–1990.

Повећаној климатској варијабилности доприноси нагли пораст броја топлотних таласа, већи пораст у максималним температурама и неједнако загревање сезона, односно највеће загревање сезоне ЈЈА. Другим речима, топли период се брже загрева и екстремни догађаји са високим температурама се више појачавају него што се загревају хладни периоди и него што се смањују догађаји са ниским температурама. Услед тога повећана је вероватноћа да се деси смена веома различитих топлотних услова, па и учесталији периоди када је интензивнија смена топлотних услова (из хладнијег у топлије и обрнуто), како на просечном годишњем тако и на сезонском нивоу или неком краћем интервалу времена током године.

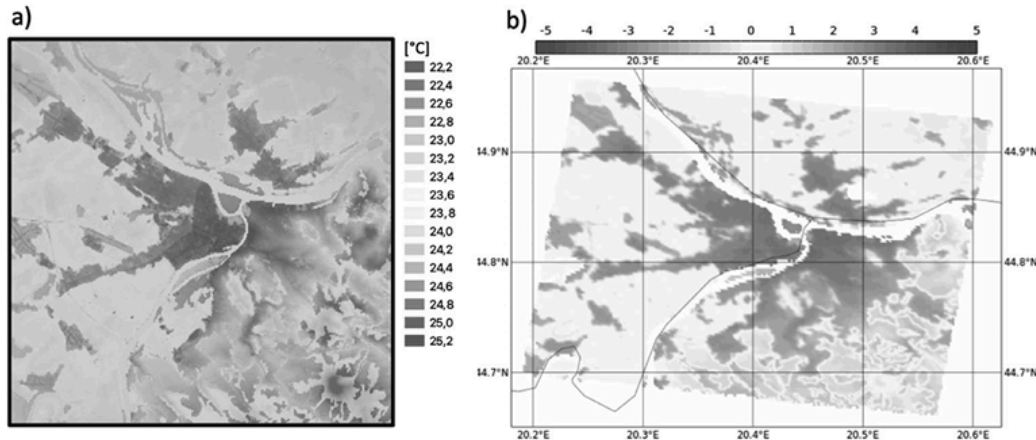
П1.2.5. Додатни коментари за анализу чинилаца-утицаја везаних за вишак топлоте

Повећање температуре у хладнијем делу године такође може изазвати стрес на живе организме од вишка топлоте у периоду када они захтевају ниске температуре. У том смислу, додатни климатски индекси који показују могући ризик од пораста температуре (вишка топлоте) су просечан број мразних дана и ледених дана, односно њихово смањивање током 21. века. Просечан број појављивања мразних дана (дана са минималним температурама испод 0 °C) по години током референтног периода 1961–1990 на територији Србије је око 106 дана по години, у низијским пределима испод 100, а у планинским пределима преко 130 и највишим планинским областима преко 150. У периоду 2001–2020 просечно се број ових дана на територији Србије смањило за око 15, а у периоду 2011–2020 за око 20. У периоду средине века 2021–2040 очекује се да ће бити чак за око 30 дана мање мразних дана просечно на територији Србије него 1961–1990, а по RCP8.5 у клими крајем века 2081–2100 биће их мање за 60–70. Просечан број појављивања ледених дана (дана са максималним температурама испод 0 °C) по години током референтног периода 1961–1990 на територији Србије је око 28 дана по години, у низијским пределима 10–20, а у планинским пределима преко 30 и највишим планинским областима и преко 45. У периоду 2001–2020 просечно се број ових дана на територији Србије смањило за око 8, а у периоду 2011–2020 за око 12 (са највећим смањењем, преко 15 дана, у планинским областима). У периоду средине века 2041–2060 очекује се да ће у низијским пределима бити учестале године без ледених дана, а у планинским областима њихов број ће се преполовити. У периоду 2081–2100 по RCP8.5 сценарију у низијама готово неће бити ледених дана, док ће њихово појављивање у планинским областима бити смањено толико да постоји велика вероватноћа да ће их просечно бити око 10 дана по години. Могуће је да ће се у овом периоду појављивати године без ледених дана на целој територији Србије.

Повећана климатска варијабилност (Vuković и др., 2018) је последица неједнаког загревања сезона и већег пораста максималних дневних температура, повећане учесталости топлотних таласа, и појаве температурних екстрема у различитим годинама и различитим сезонама, као што је објашњено у претходном поглављу (Д1.2.4.). Другим речима, опсег заступљених температура у блиској прошлости и у будућој клими умерен је ка вишим вредностима, али је и тај опсег проширен, што указује на повећану климатску варијабилност топлотних услова. Ово значи да ће се и поред загревања дешавати хладни периоди са снегом, какви су били учесталији и дужи у клими референтног периода 1961–1990, због чега не треба занемарити припремљеност и на овакве догађаје. Оно што није видљиво из анализа средњих вредности јесте да је учесталост година са екстремно високим температурама знатно повећана. На пример, ЈЈА сезона 2012. и 2017. године је била екстремно топла и нанела видљиве штете нарочито у производњи хране (Drought Initiative – Republic of Serbia (draft), Djurdjević, 2020). Вредности *TRD*, *TBD*, и *TRN* осматрене током ових година поредиле су са средњим вредностима ових индекса за период средине века 2041–2060, али узимајући у обзир повећану климатску варијабилност, у будућем периоду могу се очекивати године са далеко већим температурним екстремима.

Посебно велика опасност од високих температура је у урбаним срединама због топлотних карактеристика ових области, односно њихову способност да се више загревају и задржавају топлоту. Области у урбаним срединама у којима је температура виша него у околини су урбана острва топлоте, чија температура зависи од

архитектуре урбане средине, односно његове форме (распореда изграђених и зелених површина, материјала, проветрености, близине водених површина, итд.). Без обзира на величину града, у случају неповољне урбане форме постоји изражено урбано острво топлоте. Ове области нису „видљиве“ у климатским моделима јер су мањих просторних размера од резолуција модела. Стандардна метеоролошка мерења која се врше у градовима постављена су на локацијама где је травната површина, због чега не мере вредности које реално представљају услове где је најизраженији утицај урбаног острва топлоте. Другим речима, не постоји успостављен мониторинг ефекта урбаног топлотног острва. Да би се пружила оквирна процена колико је виша температура у овим областима, коришћени су подаци C3S (Copernicus Climate Change Service) базе података. У овој бази података на располагању су подаци за Београд и Нови Сад, за период 2008–2017. Подаци су на резолуцији од 100m и резултат су симулација урбаним моделом. На Слици П1.5 приказан је пример за Београд, средња температура за период 2008–2017 и пример за средњу минималну температуру за ЈЈА 2012. године (просторна расподела одступања температуре у односу на средњу вредност за целу област). По овим резултатима средња температура у изграђеној средини је око 2 °C виша у односу на периферне области или области под вегетацијом. Још израженији ефекат урбаног острва топлоте је видљив у примеру за средњу минималну (ноћну) температуру екстремно топлог лета 2012. године, када је температура унутар града била просечно преко 3 °C виша у односу на периферију. У Новом Саду (није приказано овде) одступања у области урбаног острва топлоте у односу на периферију током лета је чак око 4 °C. Из ових резултата може се закључити да су температуре у деловима урбаних области где је изражен ефекат урбаних острва топлоте заправо приближне онима које су процењене за климу средине века на територији Србије, и топлотни стрес изразито висок. Даље у будућности загревање ових области ће се наставити са и даље израженим одступањима у односу на околне температуре, због чега се доводи у питање колико ће у будућој клими бити ове области бити одговарајуће за живот и нормално одвијање дневних активности.

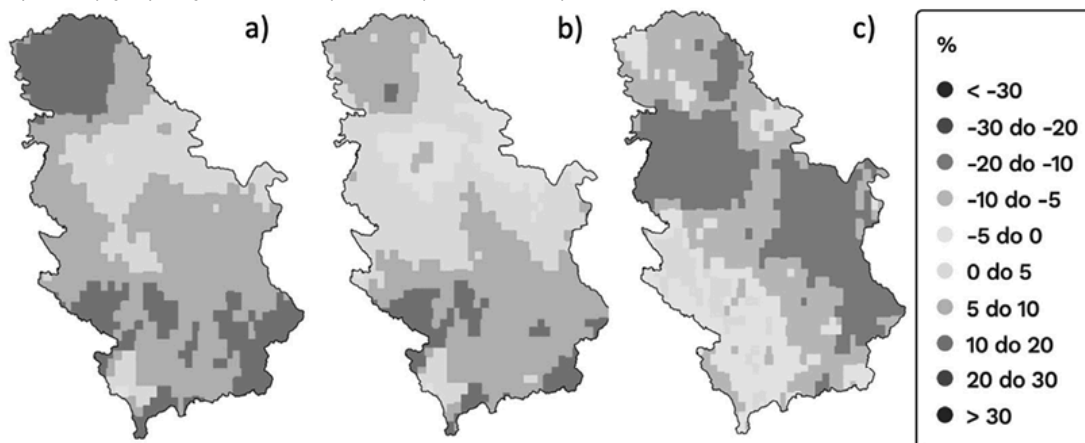


Слика П1.5. Средња приземна температура ваздуха за област Београда за период 2008–2017 (лево) и аномалија средње ноћне (минималне) температуре ваздуха у односу на средњу вредност целе области за ЈЈА за 2012. годину за област Београда (десно); извор података је Copernicus Climate Change Service (C3S).

П1.3. Анализа климатских чинилаца-утицаја који доприносе групи климатске опасности од вишка/недостатка воде/влаге
Климатске опасности везане за вишак/недостатак воде проузроковане су променом годишње расподеле падавина и променом расподеле падавина по интензитету, а такође и повећаном варијабилношћу акумулираних падавина у току године или у неком делу године, што значи повећање екстрема и у догађајима са великом количином воде и са недовољно воде (Vukovic et al., 2018; Djurdjevic et al. 2018, Zivotic and Vukovic Vimić, 2022). Поред промене у падавинама, повећању опасности од недостатка воде доприноси и повећање температуре, због повећања евапотренспирације, односно испаравања услед топлијих услова и капацитета ваздуха да садржи већу количину водене паре.

П1.3.1. Промена у средњим сумама падавина

Осмотрене промене годишњих сума падавина нису значајне, а њихов знак промене зависи од избора климатског периода. Количина годишњих падавина акумулирана на територији Републике Србије је нешто била мања у клими краја 20. века у односу на 1961–1990, затим се повећала и у периоду 2001–2020 је 8% а у периоду 2011–2020 била је већа за 5% у односу на просечну годишњу суму у периоду 1961–1990 (Životic and Vuković Vimić, 2022). У свим сезонама је осматрено повећање у падавинама осим за ЈЈА сезону, када је у периоду 2001–2020 осматрено смањење мање од 1%, а у периоду 2011–2020 за 8% мање него у периоду 1961–1990. Важно је нагласити да је ЈЈА сезона просечно за Србију сезона у којој се акумулира највише падавина, односно у месецу јуну. Повећање падавина је у периоду 2001–2020 било највеће у сезони SON, док је у периоду 2011–2020 највеће у периоду МAM, чак 20% чему је највише допринела 2014. година због екстремно великих падавина у мају. Међутим просторна расподела одступања падавина од вредности за период 1961–1990, приказана на Слици П1.6 показује колико су се заиста падавине просторно промениле. Количине падавина које се годишње излуче на територији Србије просторно варирају, од испод 600 mm у области Војводине, до преко 800 mm на вишим надморским висинама, и преко 1000 mm у планинским областима. Смањење падавина у току ЈЈА у периоду 2011–2020 је у великом делу Србије између 10% и 20%. Смањење у ЈЈА сезони у комбинацији са највећим порастом температуре у овој сезони проузроковало је и да ова сезона буде и најкритичнији период у току кога су и уочени бројни утицаји климатских промена на различите секторе.



Слика П1.6. Промена годишњих сума падавина за 2001–2020 (лево) и 2011–2020 (средње) у односу на 1961–1990, и сума падавина за ЈЈА сезону за 2011–2020 (десно) у односу на 1961–1990.

Климатске промене на територији Републике Србије имају, дакле, за последицу промену годишње расподеле падавина, односно померање максимума акумулираних падавина из касног пролећа и раног лета (просечно јун) ка ранијим периодима пролећа (просечно мај). Између осталог, оваква промена је неповољна због повећане опасности да су период топлења снега акумулираног на планинама и период у току кога се излучује велика количина падавина све ближе, односно да велике падавине дочека већ влажно земљиште (близу сатурације), повећани протоци у рекама, итд., због чега су повољнији услови за повећање површинске отицаје и поплаве.

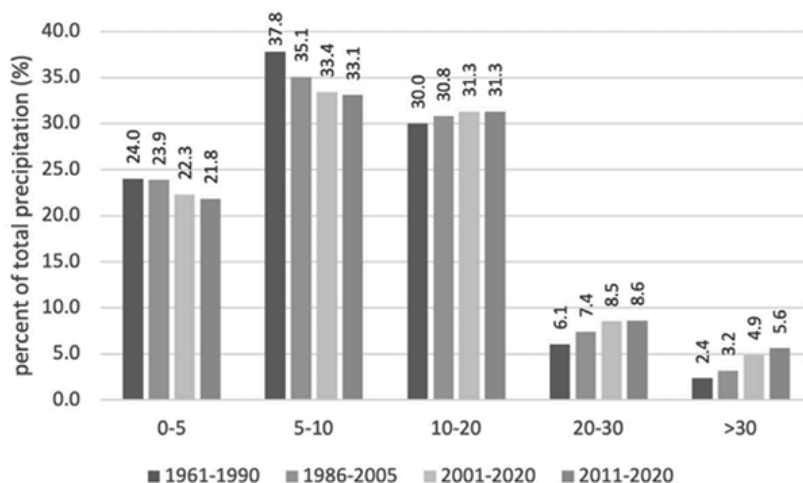
Будуће промене годишњих сума падавина показују да највероватније неће бити значајних промена до средине века али са тенденцијом благог смањења, док се у другој половини века по RCP8.5 сценарију очекује да ће се десити смањење просечне количине падавина акумулиране на територији Србије око 8% до 14% у односу на вредност 1961–1990. Очекује се даље смањење сума падавина за ЈЈА сезону, до средине века преко 20%, а до краја века од 25% и до преко 40% у случају RCP8.5. До краја века по RCP8.5 сценарију, смањење количине падавина се једино не очекује за сезону DJF, док је за МAM и SON већа неодређеност резултата у променама, односно у процени да ли ће вредности остати сличне онима у референтном периоду или ће доћи до смањења.

П1.3.2. Промена у веома јаким и екстремним падавинама

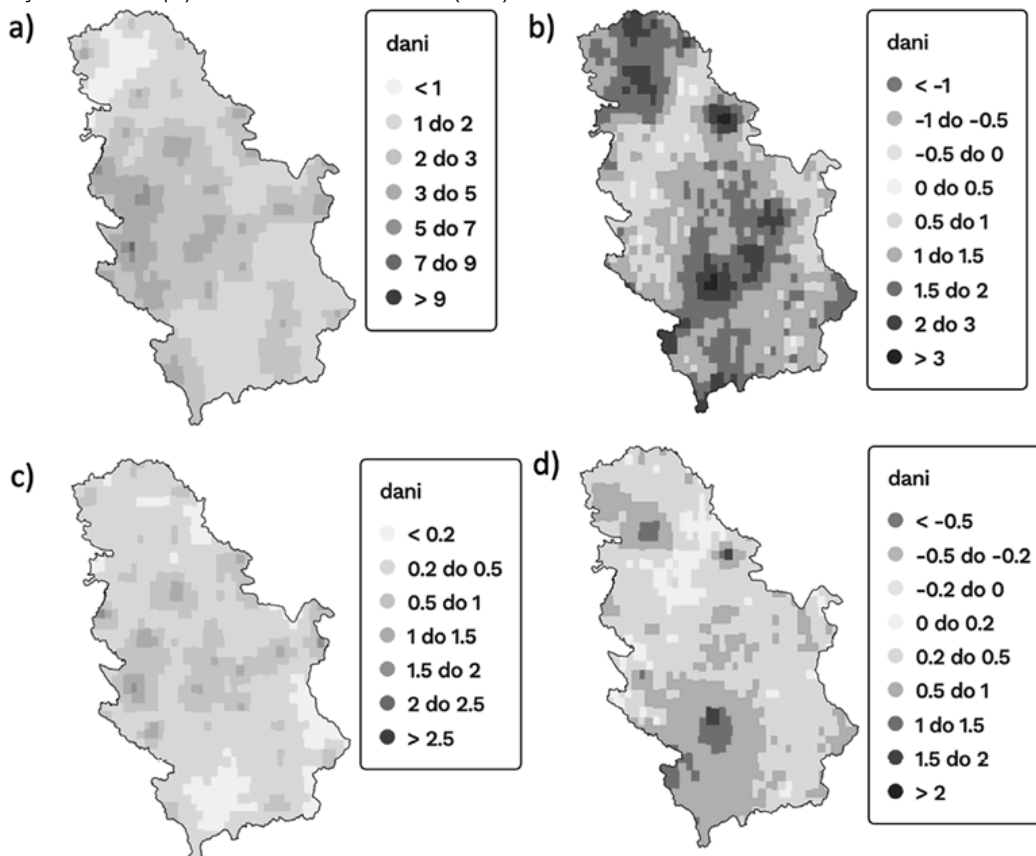
Услед климатских промена осматрена је и промена расподеле падавина по интензитету, са смањивањем догађаја (дана) са малим и умереним падавинама и повећањем догађаја са већим падавинама, па тиме и смањење количине падавина које се излучује у облику малих и умерених падавина а повећање количине која се излучује у облику јачих падавина (Životic and Vuković Vimić, 2022), као што је приказано на Слици П1.7. За разлику од промене средњих годишњих акумулираних падавина, које имају променљив знак тренда, промена расподеле падавина по интензитету има јасан тренд промене ка јачим падавинама током целог осматраног периода. На пример, удео количине падавина на целој територији Србије, која се излучује у данима са веома јаким падавинама (дневна количина падавина у опсегу 20–30 mm), се повећала за око 40% (са уделом од 6,1% у периоду 1961–1990 на 8,5% у периоду блиске прошлости 2001–2020, у односу на укупне акумулиране падавине), а удео

количине падавина која се излучи у данима са екстремним падавинама (дневна количина падавина преко 30 mm) се повећала за преко 100% у периоду блиске прошлости, са још израженим повећањем у другој деценији овог периода 2011–2020. Удео количине падавина која падне у току дана са екстремним падавинама 1961–1990 у односу на укупне падавине које падну на територији Републике Србије био је 2,4%, 2001–2020 4,9%, а 2011–2020 чак 5,6%.

Просторна расподела промене броја дана са веома јаким и екстремним падавинама (дани са падавинама преко 20 mm) и дана са екстремним падавинама (преко 30 mm) за период 2001–2020 у односу на вредности за 1961–1990, приказане су на Слици П1.8, заједно са њиховим вредностима за референтни период 1961–1990. Просечан број дана укупно са веома јаким и екстремним падавинама је преко 2 дана по години у 1961–1990 у највећем делу територије Републике Србије, а у појединим областима, највише у централној и западној Србији и преко пет дана по години. Промена броја ових дана за 2001–2020 показује да се они повећавају на целој територији Србије, а највише у Војводини, централним и југозападним деловима Србије, где је њихово повећање веће од 1, а у појединим областима и веће од два дана по години. Дани са екстремним падавинама су били релативно ретка појава на територији Републике Србије, односно њихово просечно појављивање на територији Републике Србије било је мање од 1 по години у периоду 1961–1990, тј. нису се јављали сваке године. Просторна расподела њихове промене за 2001–2020 у односу 1961–1990 показује да постоји повећање на целој територији Републике Србије, а највише у области Војводине, централне и југозападне Србије, где је повећање веће од 0,5 дана по години, а локално веће од 1, што значи да је у овим деловима повећање је довело до тога да су дани са екстремним падавинама појава која је очекивана да се деси сваке године.



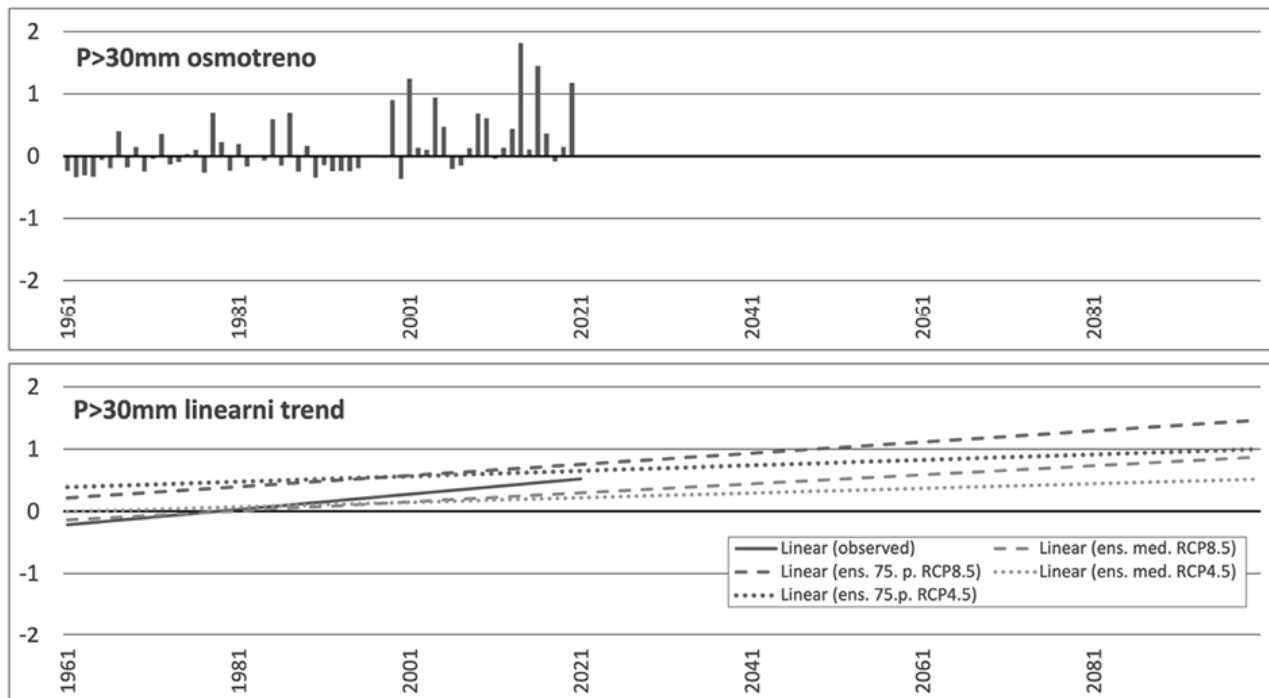
Слика П1.7. Количина падавина која је акумулирана у данима са падавинама у одређеном опсегу (< 5 mm дани са малим падавинама, 5–10 mm дани са умереним падавинама, 10–20 mm дани са јаким падавинама, 20–30 mm дани са веома јаким падавинама, и преко 30 mm дани са екстремним падавинама) изражена као проценат од укупних акумулираних падавина на територији Србије, за периоде: референтни период 1961–1990, период краја 20. века 1986–2005, период блиске прошлости 2001–2020 и период деценије 2011–2020. Преузето из Životic i Vuković Vimić (2022).



Слика П1.8. Средњи број дана по години са веома јаким и екстремно јаким падавинама – дани са падавинама преко 20 mm за 1961–1990 (горе лево) и промена броја ових дана за 2001–2020 у односу на 1961–1990 (горе десно), и средњи број дана са екстремно јаким падавинама – дани са падавинама преко 30 mm за 1961–1990 (доле лево) и промена броја ових дана за 2001–2020 у односу на 1961–1990 (доле десно).

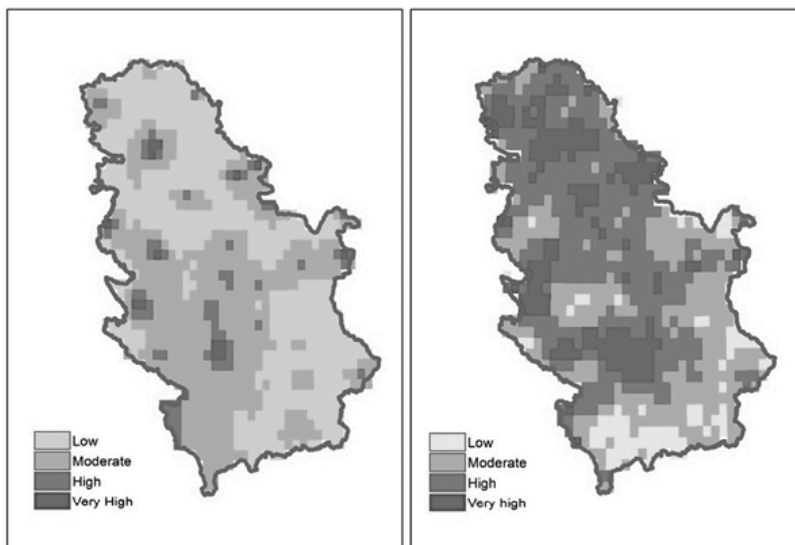
Пројекције будућих промена догађаја са екстремним падавинама зависе од способности модела да репродукују овакве догађаје, који су последица интензивних временских система већих размера али и локалних развоја интензивних конвективних облака који могу да продукују екстремне падавине. Веће системе модели могу добро да репродукују али за локалне догађаје имају релативно грубу резолуцију. Из тог разлога, ради анализе будућих промена екстремних падавинских догађаја изабрано је да се утврде тенденције њихових промена (аномалија) у будућности, а не саме вредности будућих појављивања догађаја са екстремним падавинама, као што је то било урађено за топлотне индексе. На Слици П1.9 приказан је линеарни тренд промене средњег броја дана са екстремним падавинама у периоду 1961–2100 у односу на вредности 1961–1990, по сценаријима RCP4.5 и RCP8.5 (вредности медијане и 75. перцентила ансамбла модела) и осматрени тренд промене. По оба сценарија постоји тренд повећања просечног броја дана са падавинама на територији Републике Србије. Осматрени тренд показује тенденцију пораста интензивнију него пројектовани трендови, и приближно се очекује да средње просечно повећање на територији Републике Србије ових догађаја пређе 1 у периоду средине века, односно у климатском периоду 2041–2060. Како је повећана варијабилност ових догађаја по години, односно учесталија је појава година са већим бројем ових падавина (такође приказано на Слици П1.9), очекује се да ће се јављати све чешће године са знатно већим бројем дана са екстремним падавинама од просека, чак и у ближој будућности. Највероватнији опсег будућих вредности је, узимајући у обзир осматрене трендове, у опсегу вредности ансамбла између 50. и 75. перцентила. По RCP4.5

сценарију очекује се до краја века стабилизација пораста дана са екстремним падавинама на вредностима до око 1 (просечно на територији Републике Србије, појављивање по години, бар једном), док се по RCP8.5 сценарију очекује даљи пораст, вероватније по 75. перцентилу ансамбла, односно до око 1.5. Треба имати у виду да промене оваквих догађаја не морају да прате линеарне трендове, већ може доћи до већег пораста у другој половини века по RCP8.5 сценарију услед убрзавања климатских промена, што треба имати у виду у случају специјалних анализа за потребе утицаја на различите секторе.



Слика П1.9. Одступање средњег броја дана по години са екстремним падавинама – дани са падавинама преко 30 mm, у периоду 1961–2020 у односу на просечну вредност за 1961–1990 (горе) и линеарни тренд промене ових одступања добијен из осматрања за период 1961–2020 и из климатских пројекција ансамблом модела за период 1961–2100 по RCP4.5 и RCP8.5 сценаријима (доле).

Просторна расподела ризика од високих падавина, развијена у оквиру студије Životić и Vuković Vimić (2022), показује повећање територије захваћене ризиком од екстремних падавина у периоду средине века 2041–2060. На Слици П1.10 приказана је просторна расподела различитих нивоа ризика од ових догађаја за период 2001–2020 и за период 2041–2060 (по RCP8.5). По овој процени ризика у периоду 2001–2020 око 48% територије Републике Србије је просечно под ниским ризиком од екстремних падавина, 45% под умереним ризиком, а 7% под високим и веома високим ризиком. У периоду средине века, око 10% територије је под ниским ризиком, 34% под умереним, а чак 56% под високим и веома високим ризиком од екстремних падавина. Дакле, осим што се ризици повећавају, они захватају и већу територију. У овом периоду очекује се да је разлика у резултатима по RCP4.5 и RCP8.5 сценаријима знатно мања у односу на очекиване промене, а до краја 21. века да ће се успорити и стабилизирати тренд промене ризика по RCP4.5, а повећати по RCP8.5.



Слика П1.10. Просторна расподела опасности (ризика) од екстремних падавина процењена за период 2001–2020 (лево) и за период 2041–2060 (десно). Преузето из студије Životić и Vuković Vimić (2022).

П1.3.3. Промена у сушама и аридности климе

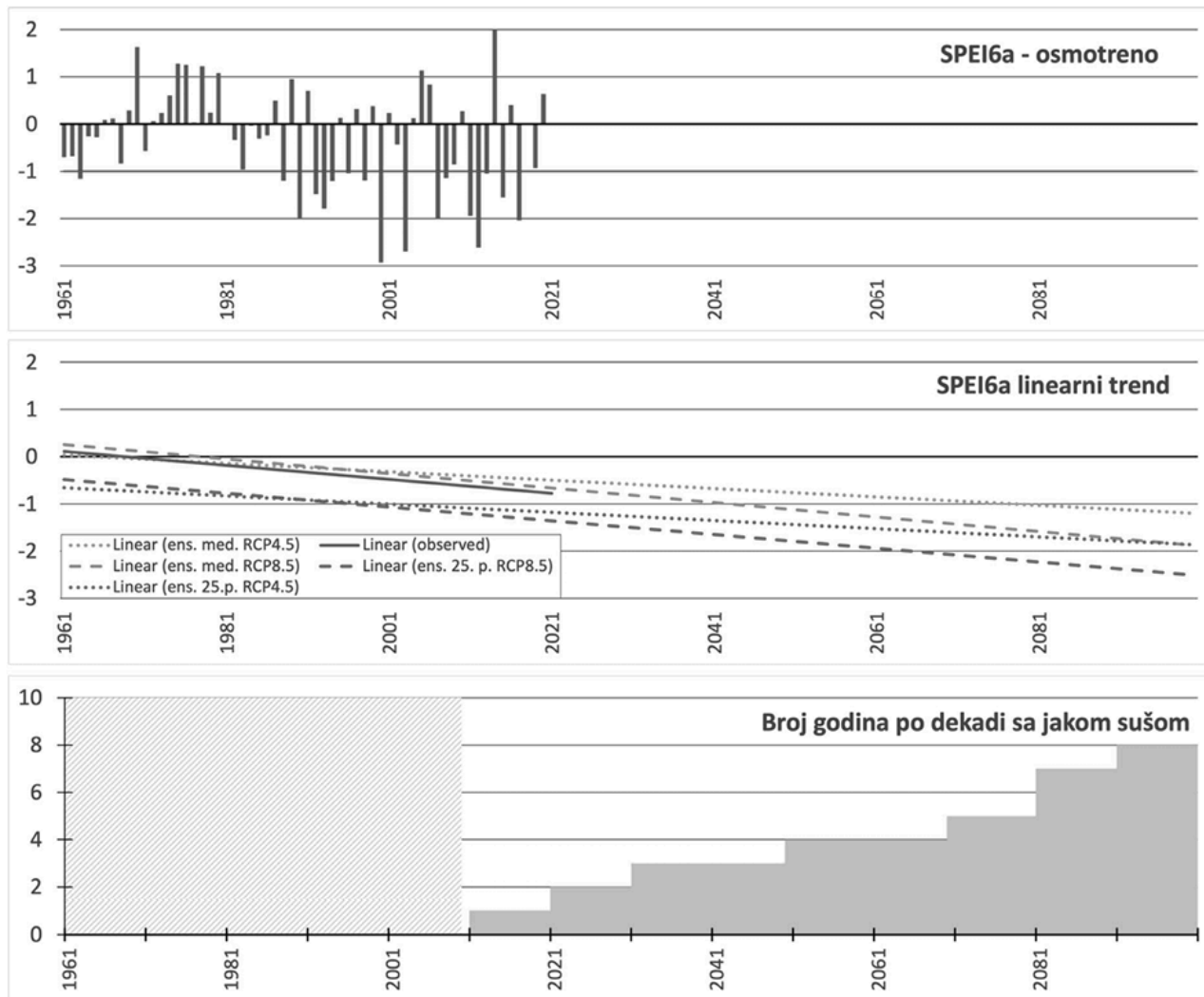
Суша је временски догађај у коме постоји недостатак падавина и/или недовољно воде/влаге на располагању, који има различите последице (недовољно влаге у земљишту, недовољно влаге за развој биљака, недовољно воде за пиће, низак ниво подземних вода, ниски протоци у рекама, итд.). На недостатак воде/влаге утиче мањак падавина у неком периоду, расподела падавина у неком периоду и пораст температура које утичу на повећање испаравања и транспирације. Препознавање и дефинисање суше зависи од система на који делује недостатак воде/влаге, односно његових захтева за водом/влажом и брзине реаговања на овај недостатак (IPCC, 2021). Велики број постојећих индекса за праћење суше и различитост у приступима праћења приказани су у WMO и GWP (2016). Услед различитости у карактеристикама региона па и захтевима за водом/влажом, праћење суше захтева повезивање осматрања који указују на недостатак воде/влаге и на утицаје ових недостатака. За потребе анализа промена у сушама услед климатских промена, овде је коришћен SPEI индекс, како је објашњено у даљем тексту. Интегрални приступ (са индикаторима узрока и утицаја) у праћењу суше у Републици Србији не постоји, нити прописани сет индикатора који указују на различите врсте суша, у зависности од система на који делују, као то предлаже WMO и GWP (2016), у оквиру Integrated Drought Management Programme (IDMP).

На територији Републике Србије осматрено је повећање учесталости година са сушама (Djurđević и др., 2018, Vuković Vimić и др., 2022). У периоду 2001–2020 учесталост година са сушама на територији Републике Србије била је 40%, а у периоду 2011–2020 50% у односу на укупан број година у периоду, док је учесталост оваквих година у периоду 1961–1990 била 10%. За ове процене, као индикатор (индекс) суше, узет је SPEI6a (Standard Precipitation–Evapotranspiration Index, Vegueria и др. 2013, за период од 6 месеци који се завршава са августом, за чије израчунавање су узете вредности референтног периода 1961–1990). Варијација овог индекса је повезана са променом приноса у пољопривреди (Djurđević, 2020) и другим утицајима (изнетих у току анализа урађених за Трећу националну комуникацију) и, у недостатку дефинисане методологије за праћење и проглашење суше, за ову анализу изабран је као репрезентативан да укаже на „године са сушом“ на територији Републике Србије. Осим недостатка падавина у овом периоду, повећано учесталости суша допринело је и повећање температуре (Vuković Vimić и др., 2022), чији утицај

на сушније услове у 21. веку је знатно израженији због убрзаног загревања, док је крајем 20. века генерално нешто мања количина падавина више допринела повећању сушних година.

На Слици П1.11 приказана је средња вредност SPEI6a индекса по годинама за осматрени период 1961–2020. Године са сушом на територији Републике Србије се сматрају оне које имају средњу вредност индекса испод -1 . На истој слици приказан је и линеарни тренд за SPEI6a за осматрени период и за период 1961–2100 по сценаријима RCP4.5 и RCP8.5. Из ових резултата се види да постоји тренд смањења вредности SPEI6a, односно повећање година са сушама на територији Републике Србије. У случају да се осматрени тренд настави, очекује се да ће се просечне вредности SPEI6a на територији Републике Србије прећи вредност -1 , односно да ће просечно свака година бити година са сушом на територији Републике Србије у периоду 2041–2060. До краја века по RCP4.5 сценарију повећање ове опасности се стабилизује, а по RCP8.5 сценарију расте до нивоа да средње вредности SPEI6a у периоду краја века 2081–2100 могу достићи вредности близу -2 , односно да се скоро сваке године могу очекивати знатно јаче суше.

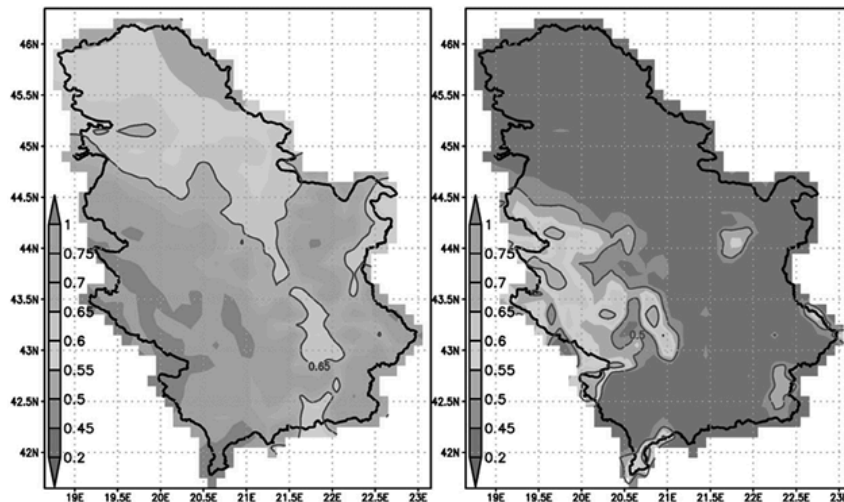
Треба имати у виду да промене у појављивању година са сушом не прате линеарне трендове промена у будућности, јер се по RCP4.5 нешто успорава њихова промена због стабилизације климатских промена, а по RCP8.5 се повећава. У овом случају, ако се за јаку сушу дефинише она која је осматрена 2012. године, са највећим осматреним штетама у ближој прошлости (производња хране, пожари, смањење протока, итд.), и услови који су тада владали поставе као критеријум за „јаку сушу“, добија се да ће број година са најмање толико јаким сушама расти у будућности. Број појављивања јаких суша по деценији до краја 21. века приказан је на Слици П1.11 – доњи панел. У периоду 2041–2060 биће их 3 до 4 по декади (у периоду од 10 година), а у периоду 2081–2100 по RCP8.5 сценарију биће их 7 до 8 по декади.



Слика П1.11. Вредност SPEI6a за сваку годину у периоду 1961–2020 (горњи панел), линеарни тренд SPEI6a за период 1961–2011 из осматрених вредности, и пројектоване вредности ансамблом модела (средњи панел) по RCP4.5 и RCP8.5 сценаријима (међијане и вредности 25. перцентила ансамбла модела), и учесталост година са јаким сушама по декади у периоду 2011–2100 добијених из пројекција ансамбла модела по RCP8.5 сценарију (доњи панел).

Аридност је стална карактеристика климатских услова неког подручја. Степен аридности (сушности) или хумидности (влажности) климе се одређује климатским индексима који су углавном дефинисани (параметризовани) преко односа средњих климатских топлотних (температурних) и падавинских услова за неки период у току године или за годину дана.

Промена у режиму падавина, пораст температуре и последица повећана учесталост и интензитет година са сушама на територији Републике Србије доводе до промене у општим карактеристикама климатских услова које се мере по степену хумидности односно аридности (сушности) климе. Оваква класификација општих климатских услова приказана је у Životić и Vuković Vimić (2022), где је коришћена и као индикатор утицаја на деградацију земљишта. По средњој вредности Aridity Index-а (AI) Република Србија има просечно хумидну климу, са тенденцијом малог смањења индекса у осматреном периоду. Међутим, због неједнаке расподела падавина по сезонама, сезона ЈЈА је по овом индексу полу-суша (Životić и Vuković Vimić, 2022). На Слици П1.12 приказана је просторна расподела просечне вредности AI индекса за период 2001–2020 и његове просечне вредности за ЈЈА сезону у овом периоду. Вредности 0,5 до 0,65 указују на суву суб-хумидну климу, чија заступљеност у овом периоду је у низијским пределима, у Војводини и делом у централној Србији. У току ЈЈА сезоне већина територије Србије, осим планинских области у западним деловима има просечну вредност испод 0,5, што указује да је ова сезона полу-суша, по класификацији овим индексом. У будућности долази до даљег смањивања просечне вредности AI за територију Републике Србије и у периоду 2041–2060 очекује се да ће просечно клима бити у категорији суве суб-хумидне, а до краја века по RCP8.5 сценарију чак и семи-аридна. Планинске области ће и даље имати више падавина, док ће низијске нарочито бити погођене повећаном аридности климе, док ће у ЈЈА сезоне у највећем делу области, владати сушни услови.

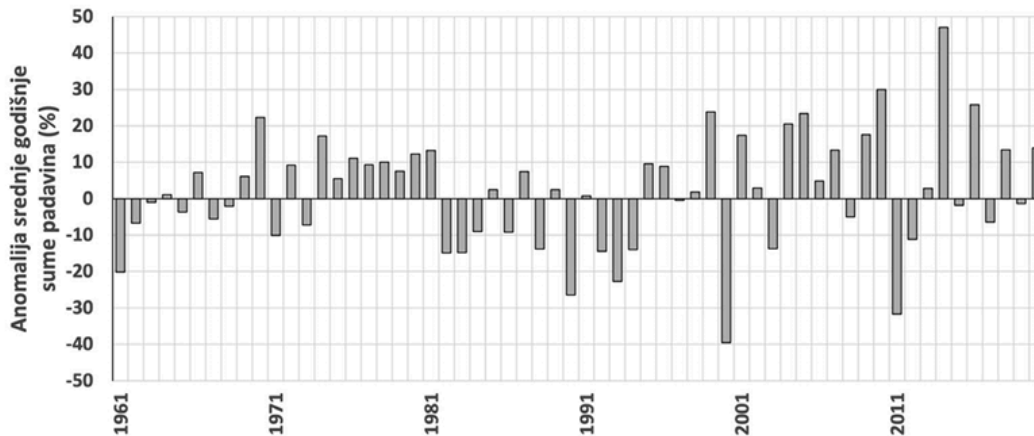


Слика П1.12. Средња годишња вредност AI (лево) и средња вредност AI за ЈЈА сезону, за период 2001–2020 по класификацији према AI вредности 0.5–0.65 указују на „суву субхумидну“ климу, а сезонске вредности 0.2–0.5 на „полу-сушне“ услове током сезоне. Преузето из Životić и Vuković Vimić (2022).

Опште карактеристике климатских услова, као што је ова представљена преко AI , представљају сталне карактеристике неке области и нису осетљиве на повремену појаву екстремних временских догађаја. Другим речима, промена ових карактеристика је инертна у односу на промене других анализираних климатских индекса. Међутим, промене климатских класа просечно за Републику Србију по овом индексу које се очекују до средине века (из хумидне у суву суб-хумидну) и на даље по RCP8.5 сценарију (до краја века у семи-аридну), указују на значајне и брзе промене такозваних „споро-мењајућих“ климатских услова. Њихове промене се у дугој историји климе Земље мере вековима или хиљадама година, а не деценијама као што је сада случај услед брзих климатских промена. Овим условима су прилагођени природни системи, привреда и људске активности сваког региона. Проблем брзих промена општих климатских карактеристика је што захтевају брже прилагођавање система и људи, далеко изван њиховог природног капацитета за прилагођавање. Брзина климатских промена на глобалном нивоу процењена је да је бржа најмање 10 пута (у зависности од региона) него икада пре што је забележено у прошлости Земље (Diffenbaugh и Field, 2013).

П1.3.4 Промена у климатској варијабилности у падавинским условима

Промена у климатској варијабилности у падавинским условима подразумева повећани опсег могућих годишњих сума падавина у климатском периоду или сума падавина током неког периода године. Нема значајне промене у средњој вредности годишњих сума падавина у климатским периодима током прошлости, као ни у будућности до средина 21. века. Међутим, годишње суме падавина имају већи опсег вредности у скоријој прошлости него током 1961–1990, што указује на повећану климатску варијабилност на годишњем нивоу (Слика П1.13).

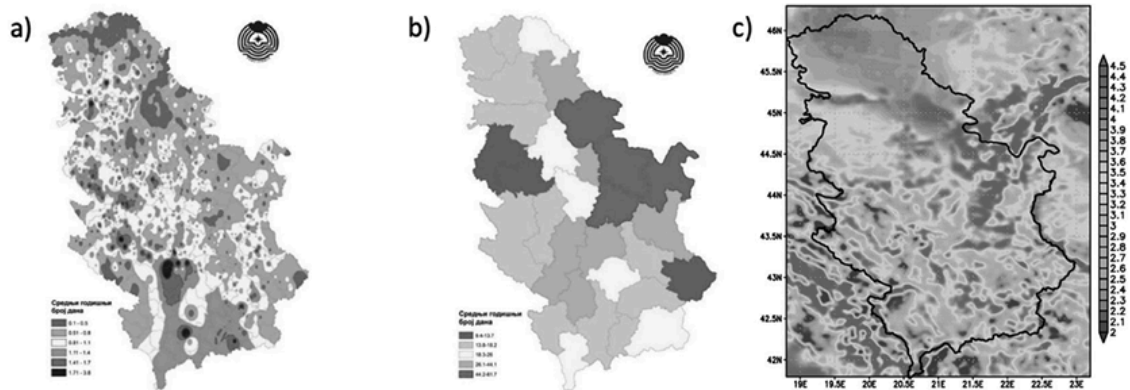


Слика П1.13. Одступања (аномалије) средњих годишњих сума падавина, које се излуче на територији Републике Србије, за период 1961–2020, у односу на средњу вредност референтног периода 1961–1990.

Повећаној климатској варијабилности доприноси и промена у годишњој расподели падавина и промени расподели падавина по интензитету и повећање учесталости и интензитета суша. Могућа је и повећана учесталост смене периода са великим количинама падавина и са већим недостатком падавина. Обзиром да су ове промене очекиване и током хладнијег дела године, могућа је и појава догађаја са већом количином снежних падавина, али свакако са просечно краћим задржавањем снежног покривача због пораста температуре и смањивања броја дана када је могуће задржавање снежног покривача. Услед појаве догађаја са јачим падавинама у току пролећа, лета и ране јесени, вероватно је појачавање и догађаја са градом, што је детаљније изнето у наредном поглављу. Насупрот појачавања интензивних догађаја који дефинишу горњу границу очекиваног опсега могућих падавинских услова, повећање у сушама указује на померање доње границе очекиваних падавинских услова, што заједно продукује повећан опсег очекиваних (могућих) падавинских услова, односно повећану климатску варијабилност.

П1.4 Анализа климатских чинилаца-утицаја везаних за олује и пратеће екстремне временске догађаје

Олује су временске опасности које могу да продукују велике количине падавина у кратком периоду, јаке ударе ветра и град у зависности од типа олује и периода године у којој је јављају. Области које су под утицајем јачих ветрова су највише у источнијим областима централне Србије и северног дела земље (Војводина), односно областима који су под утицајем ветра Кошава (Слика П1.14). За сада не постоји доказ да ће доћи до промене у средњим вредностима ветра и промене и просторној расподели интензитета ветра (Podrascanin и Djurdjevic, 2020). Међутим, повећање интензивних падавина које су углавном последица олуја са јаким ударима ветра, могу указати на повећану учесталост краткотрајних јачих удара ветра. Олује које продукују интензивне падавине, такође стварају хладне изливе из облака који при удару о земљу стварају јаке олујне фронтове, због чега се може претпоставити да промена у екстремним падавинама може послужити и као индикатор за учесталије а вероватно и јаче ударе ветра. У случају да се овакве олује дешавају у топлијем делу године, нарочито у МAM и ЈЈА сезони, вероватно је да ће продуковати град, па се може претпоставити да ће се област чешће захваћена градом проширити, као и да ће појаве града бити учесталије и интензивније. Повећање интензивних падавина у току хладног дела године може проузроковати веће снежне падавине, али се због повећања температуре број дана са могућим задржавањем снега (мразни и ледени дани) знатно смањује.



Слика П1.14. Средњи број дана по години са градом и суградицом за период 1981–2015 (панел лево, извор: РХМЗ), средњи број дана по години са јаким ветровима у периоду 1981–2015 (средњи панел, извор: РХМЗ) и средња вредност брзине ветра на висини од 10m за период 1981–2010 (десни панел). Презетето из Zivotic и Vuković Vimić (2022).

У студији израђеној за област Европе (Radler и др., 2019) израчуната је средња годишња честина појаве града пречника већег од 2 cm и већег од 5 cm за референтни период 1971–2000 и крај 21. века (2071–2100), по сценаријима RCP4.5 и RCP8.5. Резултати изведени из моделских пројекција показују да се средња годишња вероватноћа појаве града пречника већег од 2 cm у највећем делу Србије кретала од 0,4 до 0,8 дана, а до 1,2 дана у планинским областима на западу, југозападу и истоку земље. Средња честина појаве града пречника већег од 5 cm је износила између 0,07 и 0,14 дана годишње током референтног периода. До краја 21. века, према сценарију RCP8.5. предвиђају пораст фреквенције појаве града, и то од 40 до 80% у Војводини и од 20 до 40% у осталом делу Србије за град већи од 2 cm у пречнику, и од 40 до 80% на целој територији за град већи од 5 cm у пречнику. Ова студија такође показује да постоји тенденција повећања броја дана са ударима ветра јачим од 25m/s. До краја 21. века, према сценарију RCP8.5. изабрани климатски модели предвиђају повећање учесталости ових догађаја од 20 до 40% на целој територији Србије. Наведени резултати додатно потврђују да је очекивано повећање учесталости олуја праћених ударима ветра и градом, и њихове распрострањености на територији Републике Србије.

П1.5 Повезаност климатских промена, водних ресурса и земљишта

П1.5.1 Климатске промене и воде

Кратка анализа повезаности климатских промена и водних ресурса, поплава и квалитета вода изведена је из извештаја припремљеног у оквиру анализе за израду Треће националне комуникације.

Транзитне воде чине 92%, а домицилне 8% од укупних површинских вода на територији Републике Србије (Markovski и др., 2017; Eurostat Water Statistics). Ово значи да велика већина површинских вода зависи од карактеристика ширег региона, односно региона где се формирају и протичу, док мањи део зависи од карактеристика климатских промена на територији Републике Србије. Осим комплексног утицаја на површинске воде које имају промене у падавинама услед климатских промена, значајан утицај има и пораст температуре, који је одговоран за осматрано повећање средње годишње потенцијалне евалотранспирације у скорој прошлости на територији Републике Србије око 10% у односу на просек у периоду 1961–1990 (добитоно из података Е-ОBS). Осетљивост на овакве последице климатских промена расте од северних ка јужним пределима Србије, јер су јужнији предели више зависни од домицилних вода (Исаиловић и др., 2007). Такође, уочен је и негативни тренд у влажности земљишта у највећем делу територије Републике Србије, који је и додатни индикатор за промену степена аридности (Поглавље П1.3.3). Најкритичнији је негативан тренд промене влажности земљишта током ЈЈА сезоне, која је и најсувља сезона. Протицаји у рекама, чији сливови припадају централној и јужној Србији, имају углавном негативне трендове промене. Од анализираних података на 24 хидролошке станице, на 21 станици постоји негативан тренд, а на већини станица тренд смањења протока је око 2–3% по декади (Dimkić, 2017). Утицај од потрошње воде и од климатских промена не може се јасно раздвојити у овим резултатима, али резултати симулација повезаних климатских и хидролошких модела, показују недвосмислено значај утицаја климатских промена (извор: European Environment Agency, Indicator assessment – River flow).

Климатске промене утичу на пораст температуре воде, који може имати негативне последице у више сектора, нпр. у производњи енергије, кроз коришћење вода из река за хлађење енергетских постројења (Bisselink и др., 2018), или на њен квалитет, живи свет, итд. У случају Дунава позитиван тренд температуре воде нађен је у случају три станице у Србији (Basarić и др., 2016).

Након 2014. године, када су се десиле поплаве у Републици Србији са највећом забележеном материјалном штетом, десиле су се поплаве које су довеле до проглашења ванредне ситуације, евакуација становништва и/или наношења штете 2016., 2017., 2019., 2020., 2021. године (извор: портал за праћење поплава на глобалном нивоу – FloodList, European Centre for Medium-Range Weather Forecast). Забележене последице поплава, већином изазване бујицама услед екстремних падавинских догађаја, су појаве клизишта, пуцање брана, уништавање кућа, итд. У документу Процена ризика од катастрофа у Републици Србији изнети подаци о поплавама показују њихову повећану учесталост у 21. веку. Стратегија о управљању водама („Службени гласник РС”, број 3/17) процењује да, иако су спроведене активности у одбрани од поплава, стање заштите није задовољавајуће. Процена промене расподеле падавина по интензитету указује на важност укључивања информација о будућим климатским променама у процену ризика, због повећале учесталости временских догађаја који изазивају поплаве.

Због чињенице да Република Србија располаже са 8% димицилних вода од укупних вода, значи да располаже са око 1500 m³ по становнику, што је испод Европског просека. Ова чињеница указује на потенцијалну угроженост у централној и јужној Србији где су домицилне воде доминантне као расположив ресурс. Додатни фактор који неповољно утиче на расположивост ове је дуго трајање малих вода, јер у том периоду водотокови имају најмању способност самопречишћавања (Вељковић и др., 2012).

Смањење квалитета вода и недовољног капацитета за пречишћавање вода (знатно мање од европског просека, извор: Eurostat – Statistics Explained) повећава опасност од негативних утицаја климатских промена на доступност воде, услед екстремних појава као што су суше, велике количине падавине и појава поплава, као и повећаног тренда сушности летње сезоне.

Анализе утицаја будућих климатских промена на водне ресурсе, односно протицаја у рекама и промену брзине обнављања подземних вода, урађена је коришћењем података из пројекта Copernicus програма Европске уније: SWICCA (Service for Weather Indicators in Climate Change Adaptation) и EDgE (End-to-End Demonstrator for improved decision-making in the weather sector in Europe).

Из анализа резултата повезаним климатским и хидролошким моделима добијено је да: просечна промена средњег на рекама у Србији у току климатског периода блиске будућности ће бити позитивна а средином века и у другој половини 21. века да ће почети да се смањује, по RCP4.5 ове промене су блаже док по RCP8.5 сценарију просечно смањење може бити и преко 10%; значајне промене су у протицајима на рекама централне и јужне Србије, који зависе од климатских промена на територији Републике Србије.

Током сезоне ДЈФ очекује се повећање протицаја током будућних периода по оба сценарија, што је повезано са повећањем падавина у овој сезони, изостанка или смањења задржавања снежног покривача услед пораста температура. Смањење протицаја се очекује у периоду од априла до октобра (до новембра по RCP8.5). Највеће просечно смањење протицаја, по оба сценарија, очекује се у априлу, до краја века за 16% по RCP4.5 сценарију и за 26% по RCP8.5 сценарију. Промене добијене по RCP8.5 сценарију за крај века се драстично повећавају током сезоне мањих протицаја, док промене по RCP4.5 сценарију у другој половини века показују стабилизацију протицаја. Највеће процентуално смањење протицаја се очекује на мањим токовима у јужним деловима Србије.

Будуће промене средњих месечних протицаја на речним водотоцима на територији Србије показују померање максимума годишњег режима протицаја из априла ка зимском периоду и продужавање периода малих средњих месечних протицаја.

Средња промена расподеле дневних протицаја по интензитету, показује по RCP4.5 сценарију у периоду блиске будућности највећу позитивну промену за максималне дневне протицаје. Даље у будућности (средином 21. века) знатно повећава пад дневних протицаја мањих од 50-ог перцентиала, а највише за најмање протицаје. До краја века RCP4.5 оваква промена расподеле по интензитету протицаја се задржава због стабилизације климатских услова. По RCP8.5 сценарију очекује се пораст максималних дневних протицаја за око 15% и пад најмањих протицаја за око 25%. У климатским условима крајем века, очекује се да се максимални дневни протицаји врате на вредности садашњег периода, али вредности осталих нижих протицаја знатно опадају. Очекивани пад за минималне протицаје је чак 40%. При овој анализи треба имати у виду да, у апсолутним вредностима протицаја, велико смањење мањих дневних протицаја представља мању промену у количини протицаја од истих процентуалних смањења већих протицаја, али може значајно појаву периода када се реке са средњим и малим минималним дневним протоцима потпуно исушују. Ово представља последицу пораста температура, испаравања и смањења падавина највише током летње сезоне, тј. последицу повећане опасности од суша. Добијени резултати показују да ће будућа промена средње расподеле протицаја по перцентилима на територији Србије имати већи нагиб него током референтног периода, односно да ће бити већа разлика између максималних и минималних дневних протицаја на рекама. За неке водотокове је велика варијација у резултатима модела за будуће промене великих дневних протицаја, што значи да могу бити и знатно драстичније промене ка већим или мањим вредностима даље у будућности. За мање дневне протицаје модели показују добро слагање.

Анализе промене брзине обнављања подземних вода показују тренд смањења на целој територији Србије, до половине века очекивано просечно смањење је 10–20% у највећем делу Србије, а у источним и југоисточним областима чак до 35%. Тренд смањења у другој половини 21. века очекује се да се наставља по RCP8.5 сценарију, а до краја века смањење брзине обнављања подземних вода биће у опсегу 40–50% у највећем делу земље (30–40% на западу и југозападу и 50–70% на истоку и југоистоку). Промена брзине обнављања подземних вода није уједначена по сезонама. Очекивана су смањења у свим сезонама у највећем делу земље. Највеће очекивано смањење пројектовано је за сезону СОН, а затим и током ЈЈА, што је заправо последица смањења падавина у ЈЈА сезони као и продужавање сувље сезоне.

П1.5.2 Климатске промене и земљиште

Преглед и анализа утицаја климатских промена на деградацију земљишта у Републици Србији изражена је у оквиру студије „Soil Degradation and Climate Change in Serbia“ (Životić и Vuković Vimić, 2022), одакле су издвојене информације које указују на значајност опасности од климатских промена на смањење квалитета земљишта, повећање ерозије и потребу за бољим планирањем пракси које у себи укључују концепт „land degradation neutrality“ (LDN), што је усвојено кроз Конвенцију Уједињених нација о борби против дезертификације.

Узимајући у обзир климатске факторе и факторе везане за вегетацију, земљиште и облик терена, у периоду блиске прошлости 2001–2021 процењено је да је 29% територије Републике Србије под умереним ризиком од деградације и 28% под високим ризицима, од којих 14% је под веома високим и екстремно високим ризиком од деградације. У периоду средине века 2041–2060 52% територије ће бити под умереним ризиком и чак 42% под високим ризицима, од којих 25% под веома високим и екстремно високим ризиком. У просеку, до половине 21. века, територија Републике Србије се може сматрати за област под високим ризиком од деградације земљишта. У овим проценама узете су у обзир ризици од дезертификације услед повећања степена аридности што доводи до спорих али теже повратних процеса деградације и ризици од екстремних падавина које изазивају ерозију земљишта. Важно је истаћи да се пољопривредна земљишта нису сматрала осетљивим у овој студији јер је њихово стање у контроли људских активности, односно будућих пољопривредних пракси. У овим областима постоји пораст ризика од климатских промена, али у случају примене пољопривредних пракси које су у складу са LDN концептом, не морају бити рањива на климатске промене. Како недрживо управљање земљиштем утиче на смањење органске материје, повећава се и ризик од ерозије ветром, нарочито у области Војводине и другим областима Србије релативно равнијег терена, са јачим ветровима. Остваривање очекиваних ризика захтевало би велике капацитете, материјалне и људске, као и време, да се процес деградације заустави и преобрати, због чега је добра адаптација у овом смислу она која спроводи мере које смањују будуће високе ризике од деградације, тако што смањују рањивост, односно осетљивост земљишта на деградацију.

П1.5.3 Нексус клима–воде–земљиште–сектори и Решења заснована на природи

Климатски услови, вода и земљиште су компоненте природног система које омогућавају развој и опстанак екосистема, људи и привреде. Утицај убрзаних климатских промена на воде и земљиште је утврђен као значајан, иако се изуму утицаји људских активности, а брзина промена је далеко већа од способности прилагођавања. Дакле, због климатских промена угрожене су воде и земљиште на територији Републике Србије. Ово директно или индиректно утиче на здравље људи и услове живота, производњу хране, очување природних система који пружају услуге у очувању животне средине, функционисање инфраструктуре, итд. Сектори погођени климатским променама у Републици Србији, за које су процењени ризици у оквиру овог програма и одређене мере прилагођавања на измењене климатске услове или мере које омогућавају планирање и спровођење мера прилагођавања, имају додатне утицаје од угрожености вода и земљишта климатским променама. Мере прилагођавања у секторима, из овог разлога, узимају у обзир и значај одрживог управљања земљиштем и водама у измењеним климатским условима.

Да би се обезбедила добра интеракција секторских активности, природне средине и здравља у спровођењу мера адаптације на климатске услове, добар начин је усвајање концепта „Решења заснована на природи“ (енг. *Nature-based Solutions – NbS*; Cohen-Shacham и др. 2016). Из овог разлога Република Србија је израдила студију „Решења заснована на природи за климатске промене и потенцијал за њихову имплементацију у Србији“ (Vuković и др. 2021), у којој оправдава значај усвајања овог концепта при планирању и спровођењу мера адаптације не климатске промене и усвајање пратећег IUCN Оквирног стандарда (IUCN, 2020) који обезбеђује испуњење потенцијала *NbS*. Примена овог концепта у адаптацији обезбеђује спровођење мера адаптације које не могу нанети штету другим секторима, животnoj средини и здрављу људи, мера које су одрживе и исплативе у дугорочном периоду и које могу имати допринос у митигацији климатских промена. У студији је изнета ревизија постојећих мера из националних докумената (стратегии, планова, итд.) у којима постоји потенцијал да буду спроведене као *NbS* или као комбиноване зелено-сиве мере, за секторе шумарства, пољопривреде, управљања водама, просторно и урбано планирање и енергетика. Додатне користи мера у другим секторима су такође препознате. Такође, студија износи методологију за планирање и спровођење мера по концепту *NbS* и додатне потребне активности у Републици Србији да би се овај концепт усвојио и користио.

Како концепт *NbS* није препознат у постојећим стратешким документима Републике Србије, студија предлаже усвајање овог концепта у процесу планирања мера, односно израду опције планирања мере у оквиру концепта *NbS* или комбинованог зелено-сивог решења, по IUCN Оквирном стандарду, како би се обезбедила дугорочност мере, остварио њен пун потенцијал у пружању користи већем броју сектора и потенцијал да допринесе митигацији климатских промена.

Спровођење мера адаптације у складу са *NbS* концептом доприноси испуњавању циљева три Конвенције Уједињених нација (Оквирна конвенција Уједињених нација о промени климе, Конвенција Уједињених нација за борбу против дезертификације и Конвенција Уједињених нација за очување биодиверзитета) и Циљева одрживог развоја до 2030., на чије испуњење се обавезала Република Србија.

П1.6 Друге климатске опасности изазване неповољним временским и климатским условима услед утицаја климатских промена

Поред тога што климатске опасности представљају неповољне климатске и временске услове, у овом случају разматране као последице климатских промена по идентификованим климатским чињеницама–утицаја, постоје и климатске опасности које су изазване временским и климатским условима а последица су утицаја тих услова на одређеним локацијама чије специфичности доприносе њиховој појави. У њих спадају појаве као што су поплаве, клизишта и одрони и други облици ерозије, пожари, итд. Такође, у зависности од идентификованог деловања временских и климатских услова, у овом случају изазваних климатским променама, под климатским опасностима могу се сматрати и погоршање загађења воде, земљишта и ваздуха, у случају да постоје извори загађења, односно да је загађење заступљено. Другим речима, у наставку су разматране опасности које су присутне, али су или могу бити појачане променама климе и дате су препоруке на којим нивоима је потребно вршити анализе ризика.

Поплаве, клизишта, одрони и уопште ерозија земљишта услед екстремних падавина су последица промене расподеле падавина по интензитету у Републици Србији и карактеристика терена где делују овакви екстремни падавински услови (Прилог П1.5.). Због специфичности локалитета који утичу на остваривање ових климатских опасности као и спроведених мера за одбрану, процену рањивости и ризика је препоручљиво свести ниво локалних самоуправа.

Ерозија земљишта ветром услед сувљих и топлих временских услова а и повећање аридности климе од половине 21. века у Републици Србији, може бити појачана у случају да земљиште остане изложено ерозији (без вегетационог покривача) а са смањеним садржајем органске материје услед неадекватних пољопривредних пракси (Прилог П1.3.3. и П1.5.2.). Такође, због зависности ове опасности од локалних карактеристика, потребно је утврдити постојање ове опасности на нивоу локалних самоуправа и проценити рањивости и ризике ако за тиме постоји потреба.

Опасност од пожара се повећава услед повећања учесталости топлијег и сушнијег времена (Прилог П1.3.3.), односно учесталости погодних услова за појаву пожара, као и ширење и/или дужије трајање, на локацијама које имају погодне карактеристике за њихову појаву, као што су шуме, депоније и сметлишта, итд. Значајно је имати у виду да се ове анализирани појава пожара не односи искључиво на појаву шумских пожара, већ временске услове који могу утицати на процесе у различитим срединама које могу довести до самозапаљивања или лакшег паљења изазваног људском активносту. На основу процена коришћењем *Fire Weather Index* из базе Copernicus Climate Change Service (C3S, Giannakopoulos и др., 2022), Република Србија спада просечно у област под умереним ризиком од пожара по климатским условима краја 20. века (1981–2005), који се утврђују на основу просечних услова одређених овим индексом у такзваној сезони пожара (јун–септембар). У овај ниво ризика спадају и делови Медитеранске области у којима је утврђена промена ка сушнијим климатским условима, као што су део Шпаније, Италије, југ Француске. Нешто угрожене области су јужна Италија и јужна Шпанија, Грчка, итд. Просечан број дана под високим ризиком од пожара у Републици Србији по години у клими краја 20. века је био опсегу 30–40 дана у највећем делу територије, а под веома високим ризиком 10–15 дана. Очекује се повећање броја дана у којима је умерен ризик, а нарочито у броју дана са високим ризиком од пожара. У климатским условима средине 21. века (2041–2060) просечно повећање у односу на климу краја 20. века, у броју дана са високим ризиком ће бити за 10–15 дана просечно по години, односно у опсегу 30–50%, а у броју дана под веома високим ризиком за око 50%, у зависности од региона. Очекивано повећање до краја 21. века по RCP8.5 је преко 20 и 25 дана по години у броју дана са високим ризиком, а за 15–20 дана у броју дана под веома високим ризиком, у зависности од региона. Како се ове процене односе на временске услове погодне за пожаре, они указују на повећану опасност од настајања али и од ширења, интензивирања и продуженог трајања изазваних пожара и уопште догађаја у којима постоји горење запалљивих материјала на отвореном простору. Подаци су дати по окрузима у Републици Србији и могу се користити за потребе анализе ризика од пожара на нивоу локалних самоуправа.

Утицај климатских промена на квалитет/загађење и доступност воде је повезан са екстремним догађајима (Прилог П1.5.1.). У случају да постоји извор загађења и/или загађујуће материје, утицаји климатских промена кроз повећање климатских опасности (суше, поплаве, итд.) повећавају ризик од загађења вода. Како степен ризика зависи од загађења у области деловања климатских опасности али и уопште од доступности воде, потребно је проценити ове ризике на нивоу локалних самоуправа и развити мере које ублажавају ове последице.

Утицај климатских промена повећава ризик од загађења земљишта. Поред утицаја на деградацију земљишта (Прилог П1.5.2.), ако постоји извор потенцијалног загађења земљишта (на пример нерационално ђубрење) климатске промене могу погоршати ове негативне утицаје. Такође, загађење земљишта је уско повезано и са загађењем вода и обрнуто, услед догађаја који изазивају транспорт материје између ове две компоненте климатског система (поплаве, површински и подземни отицаји, издицања подземних вода, итд.). Због повећања опасности од загађења и уопште од деградације земљишта услед утицаја климатских промена, а велике зависности овог утицаја од локалних карактеристика терена, стања вода и земљишта, као и извора загађења, потребно је узети у обзир утицаје ове климатских опасности у проценама на нивоу локалних самоуправа и планирању мера које укључују спречавање и/или ублажавање повећаних ризика од загађења и смањивања квалитета земљишта.

Климатске промене доводе до повећања ризика од загађења ваздуха, у случају да постоје активни извори загађења који смањују квалитет ваздуха. У случају да постоје извори загађења ваздуха, односно да постоје загађујуће материје у нижим слојевима атмосфере, временски услови који погодују њиховом дужијем задржавању у штетном деловању на здравље и животну средину се повећавају по учесталости и трајању. Временски системи који проузрокују такво дејство су такзвани „blocking“ системи (Nabizada и др., 2019), који подразумевају системе високог притиска великих размера, постојани по својој природи. Индикатори ових временских система су већ разматрани кроз промене у броју потпуних таласа и промене у сушама (Прилог П1.2.2 и П1.3.3.) као климатске опасности од највећег значаја. Они указују на повећање заступљености ових система у области Републике Србије, али постоје и друге климатске опасности изазване овим системима. Они проузрокују временске услове без ветра или малом брзином површинског ветра и онемогућавају вертикално мешање у атмосфери, односно одношење штетних материја (ситних честица и гасова) у више слојеве атмосфере, где улазе у циркулације великих размера и бивају одношени на веће удаљености од извора загађења. Такође, у овим временским системима влада и сувље време, односно време без или са умањеним падавинама које имају улогу испирања штетних материја из ваздуха. Из овог разлога, утицаји климатских промена се могу сматрати за појачиваче ризика од смањеног квалитета ваздуха. На погоршање квалитета ваздуха у крајем периоду услед утицаја климатских промена могу утицати пожари и паљење различитих материјала на отвореном, како је објашњено у претходном одељку. Светска метеоролошка организација (енг. *World Meteorological Organization – WMO*) препознаје везу између квалитета ваздуха и климатских промена, о чему извештава на глобалном нивоу (*WMO Air Quality and Climate Bulletin*). Проблем загађења ваздуха и климатских промена као јединствен проблем, у смислу двосмерног ефекта појачавања, наглашава IPCC кроз своје извештаје Радне групе II, у својим претходним али и како у последњем (IPCC, 2022) извештају.

Идентификовање других климатских опасности је специфично за сваки сектор, чија анализа и веза за одређеном групом климатских опасности су приказани у делу овог програма који приказује утицаје климатских промена на секторе са сврхом одређивања мера адаптације.

П1.7 Преглед климатских чињалаца–утицаја и повезивање њихових доприноса идентификованим групама климатских опасности

Климатски чиниоци-утицаја који се издвајају из претходне анализе су приказани у Табели П2. За наведене климатске чиниоце-утицаја утврђена је значајна промена у осмотреним и/или будућим климатским условима, као и њихов утицај на секторе у претходним студијама, као и у оквиру анализа израђених за овај програм. У табели је дат преглед врста климатских опасности са којима су повезани наведени климатски чиниоци-утицаја, затим на основу којих климатских индекса се могу проценити и којој групи климатских опасности доприноси њихова промена. Узимајући у обзир утицаје које ови климатски чиниоци-утицаја имају на различите секторе, како је наведено у овом програму, њихова промена услед климатских промена већ је достигла ниво да је потребно планирати и спровести мере адаптације, како би сектори постали отпорнији на њихове будуће промене. Њихове будуће промене, у различитој мери и зависно од региона и сектора погођености, достижу вредности које су половином века критичне за нормално функционисање сектора, за здравље људи, опстанак животне средине и природних ресурса у случају да се не повећа отпорност на климатске промене до тог периода. У другој половини века, постоји велика вероватноћа да ће се промене наставити, успореном стопом по RCP4.5 сценарију а убрзати по RCP8.5, као што је наведено у претходној анализи.

Табела П2. Климатски чиниоци-утицаја, које климатске и временске опасности они изазивају и друге опасности које могу изазвати, климатски параметри (индекси) који могу указати на значајност промене климатских чинилаца-утицаја и категорија климатске коју припадају.

Климатски чиниоци-утицаја	Види се кроз- и/или је праћена са-	Климатски индекси*	Значење	Категорија климатских опасности
Повећана климатска варијабилност (Прилог П1.2.4. и П1.3.4.)	Већа учесталост временских промена: из нормалних (хладнијих) топлотних услова (температура) у топло или веома топло време, на годишњем, сезонском и месечном нивоу; већа учесталост промена од сувог (или сувљег од нормалног) у влажне (или влажније од нормале) услове, на сезонском и годишњем нивоу.	Променљивост климатских вредности температурних и падавинских индекса и индекса екстремних временских догађаја током климатског периода. Може се уочити и из других климатских опасности, као што је повећање сушних периода и јаких и екстремних падавина, повећање броја топлотних таласа, итд.	Ова промена захтева припремљеност на екстремне падавинске услове у обе крајности (вишак и недостатак падавина) и на повећање врућих али и задржавање нормалних топлотних услова (поред пораста температуре ризик од опасности услед снежних падавина и даље је могућ). Ово је последица повећања сувљих временских услова и повећања екстремних временских догађаја и бржег пораста максималних температура од минималних и сезонски неуједначеног загревања. Ова промена захтева припремљеност на екстремно топло али и на нормално хладне временске услове.	– вишак топлоте – вишак воде/влаге – недостатак воде/влаге
Повећање температуре и топлотних таласа (Прилог П1.2.1., П1.2.2. П1.2.3. и П1.2.5.)	Стално топлије средње сезонске и годишње температуре и привремено много топлији услови од нормале у појединим периодима у току године.	Број топлотних таласа (hwfi), трајање топлотних таласа (hwfid), број врелих периода (hwdi) и трајање (hwdid), број дана са $T_x > 30$ (тропских дана, TRD), $T_x > 35$ (врелих дана, THD), $T_n > 20$ (тропских ноћи, TRN), повећање средње вредности T_x и T_n (сезонске аномалије). Други изведени/комбиновани индекси за анализе утицаја: средње појављивање по години критичних догађаја окарактерисаним вредностима температура изнад/испод одређене границе, њихова учесталост (број година у климатском периоду са критичним догађајима), промена датума појављивања, итд.	Ова промена захтева генералну припремљеност на топлије климатске услове, а нарочито на стрес изазван екстремно топлим условима и другим повезаним опасностима. Неке од других повезаних опасности су поремећаји у производњи хране, повољни услови за векторе и векторски преносиве болести, повољнији услови за појаву пожара, итд.	– вишак топлоте
Промена годишње расподеле падавина (Прилог П1.3.1., П1.3.3. и П1.5.1.)	Промена у средњим сумама падавина, сезонским/месечним, климатско померање периода са већим и мањим акумулацијама падавина. Вишак или мањак воде током месеци/сезона. Могућ допринос повећању поплава и суша.	Аномалије средњих сума падавина током месеца/сезоне, у односу на нормалу (вредности за референтни климатски период).	Ова промена захтева припремљеност на промену доступности воде, на пример: продужени летњи дефицит, док је у пролеће могућ вишак, са тенденцијом померања ка ранијем периоду и преклапања са сезоном топљења снега, што може изазвати поплаве и клизишта. Летњи дефицит може изазвати повећани ризик од суша. Утиче на продужено трајање периода са ниским протицајима у рекама.	– вишак воде/влаге – недостатак воде/влаге
Промена расподеле падавина по интензитету (Прилог П1.3.2., П1.4., П1.5.1. и П1.5.2.)	Привремени вишак воде изазван догађајима кратког трајања. Смањење догађаја са малим и умереним падавинама и повећање броја догађаја и акумулација падавина у догађајима са јаким и екстремним падавинама. Могућ допринос стварању поплава, велике количине снега, натапање земљишта (изнад капацитета инфилтрације). Могућ град и друге последице олуја (јаки удари ветра).	Број дана са падавинама преко 20 mm (rr20), преко 30 mm (rr30), максималне једнодневне (rx1d), максималне петодневне акумулације падавина (rx5d). Средње вредности по години и број година у климатском периоду када се дефинисани критични падавински догађаји појављују, итд.	Ова промена захтева повећање отпорности на краткотрајни вишак површинске воде/влаге, односно велике површинске отицаје, повећање максималних протицаја у рекама, поплаве. Може утицати на смањење квалитета воде за пиће, може проузроковати клизишта. Препознато је као фактор ризика за деградацију земљишта. Пошто су овакви догађаји проузроковани интензивним временским догађајима, који често стварају јаке ударе ветра и град (у зависности у ком делу године се јављају и у ком региону), ова климатска опасност може служити и као индикатор за повећање олуја са јаким ветром и градом.	– вишак воде/влаге – олује (удари ветра, град)
Промена у сушама (Прилог П1.3.3.)	Привремени недостатак воде/влаге, укључујући количине воде у речним токовима, подземним водама, акумулацијама, у земљишту, итд.	Аномалије сезонских акумулираних падавина, SPEI (speiba), forest aridity index (fai), hydro-thermal coefficient (HTC). Учесталост дефинисаних критичних догађаја (број година у климатском периоду са њиховим појављивањем), одређених граничних вредностима индекса који указују на недостатак воде/влаге.	Повећање ове климатске опасности захтева повећање отпорности на привремени недостатак воде/влаге, који утиче на живи свет и у комбинацији са високим температурама ствара повољне услове за појаву пожара. Може привремено утицати на смањење квалитета и расположивости воде. Не постоји јединствена дефиниција суше, и њена манифестација је различита у различитим срединама и секторима, па се и критеријуми за њено дефинисање могу разликовати.	– недостатак воде/влаге
Промена у аридности/сушности (Прилог П1.3.3. и П1.5.2.)	Стални недостатак воде/влаге на годишњем или сезонском нивоу. Ниво аридности се односи на климатску карактеристику региона на годишњем нивоу, док се ниво сушности односи на климатску карактеристику неке сезоне.	Промена средње (климатске) вредности индекса изван одређене границе: aridity index, hydro-thermal coefficient (HTC), SPEI.	Повећање ове климатске опасности захтева повећање отпорности на стални недостатак воде, у просеку на годишњем нивоу или током одређеног периода године (у сезони). Утиче на квалитет и расположивост воде. Може узроковати пропадање/изумирање живог света. Препознато је као фактор ризика за деградацију земљишта.	– недостатак воде/влаге

* Набројани климатски индекси су коришћени у анализи климатских промена за Републику Србију и њених утицаја и подаци за већину индекса је на расположива у оквиру веб-портала „Климатски атлас Србије“. Избор индекса за анализу климатских промена и зависи од сврхе употребе, односно за које анализе утицаја се користе (зависе од сектора за који се ради анализа и региона у коме се ради анализа).

Литература

- Basarin, B., Lukić, T., Pavić, D., Wilby, R. L., 2016: Trends and multi-annual variability of water temperatures in the river Danube, Serbia. Hydrological Processes, 30(18), 3315–3329. <https://doi.org/10.1002/hyp.10863>.
- Begueter, S.; Vicente-Serrano, S.M.; Reig, F.; Latorre, B. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: Parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. Int. J. Climatol. 2013, 34, 3001–3023.
- Bisselink, B., Bernhard, J., Gelati, E., Adamovic, M., Jacobs, C., Mentaschi, L., Lavallo, C. and De Roo, A., 2018: Impact of a changing climate, land use, and water usage on water resources in the Danube river basin, EUR 29228 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-85889-5, doi:10.2760/89828, JRC111817.
- Вельковић Н, Поповић Т, Јовичић М, Допуња-Глишић Т, 2012, Утицај климатских фактора на квалитет водотокова поморавља: анализа методом SWQI, Вода и санитарна техника.
- Vukovic, A., Vujadinovic, M., Rendulic, S., Djurdjevic, V., Ruml, M., Babic, V., Popovic, D., 2018: Global warming impact on climate change in Serbia for the period 1961–2100, Thermal Science, <https://doi.org/10.2298/TSCI180411168V>.
- Vukovic, A., Vujadinovic, M., 2018: Study on Climate Change in the Western Balkans Region, Regional Cooperation Council, ISBN: 978-9926-402-09-9.
- Vuković Vimić, A., Petrović, N., Weinreich, A., Pistorius, T., 2021: Rešenja zasnovana na prirodi za klimatske promene i potencijal za njihovu primenu u Srbiji, UNDP, Beograd, Srbija, ISBN: 978-86-7728-304-9. (доступно и на енгл.)
- Vuković Vimić, A., Djurdjević V., Ranković-Vasić, Z., Nikolić, D., Ćosić, M., Lipovac, A., Cvetković, B., Sotonica, D., Vojvodić, D., Vujadinović Mandić, M., 2022: Enhancing Capacity for Short-Term Climate Change Adaptations in Agriculture in Serbia: Development of Integrated Agrometeorological Prediction System, Atmosphere 2022, 13, 1337. <https://doi.org/10.3390/atmos13081337>.

- Giannakopoulos, C., Karali, A., Cauchy, A. (2022): Fire danger indicators for Europe from 1970 to 2098 derived from climate projections, version 2.0, (for [extracted period], [extracted domain], [model], [experiment], [ensemble member], etc). Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), DOI: 10.24381/cds.ca755de7.
- Diffenbaugh SN, Field CB 2013. Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions. *Science*, 341:6145, pp. 486-492, DOI: 10.1126/science.1237123.
- Dimkić D, 2018: Observed Climate and Hydrologic Changes in Serbia—What Has Changed in the Last Ten Years, *Proceedings*, 2(11), 616. <https://doi.org/10.3390/proceedings2110616>.
- Djurđević, V., Krzic A., Analysis of the downscaled ERA40 reanalysis performed with the N MMB model, Project: A structured network for integration of climate knowledge into policy and territorial planning – ORIENTGATE, WP3 Mapping and Harmonising Data & Downscaling, 2013, www.seevccc.rs/ORIENTGATE/Dwnsc-ERA40-N MMB.pdf
- Đurđević, V. Drought Initiative—Republic of Serbia, UNCCD. Available online: https://www.unccd.int/sites/default/files/country_profile_documents/NDP_SERBIA_2020.pdf
- Ђурђевић, В., Вуковић, А. и М. Вујадиновић Мандић, 2018: Осмотрене промене климе у Србији и пројекције будуће климе на основу различитих будућих емисија, UNDP, ISBN-978-86-7728-301-8.
- Životić, Lj., Vuković Vimić, A., 2022: Soil degradation and climate change in Serbia, UNDP, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-7728-356-8.
- IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2013: Summary for Policymakers. 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., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5 °C*. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-24. <https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>.
- IPCC, 2019a: Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)].
- IPCC, 2019b: Summary for Policymakers. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–35. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.001>.
- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.
- IPCC, 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.
- Исаиловић, Д., Прохаска, С., Мајкић, Б., 2007: Зависност основних компоненти хидролошког биланса Србије, Водoprивреда, 39.
- IUCN, 2020: *Global Standard for Nature-based Solutions*. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS. First edition., IUCN, Gland, Switzerland.
- Markovski, J., Hristovski, K. D., Olson, L. W., 2017: Comparative Analysis of Existing Water Resources Data in the Western Balkan States of Bosnia and Herzegovina, Macedonia, Montenegro, and Serbia, ISBN: 978-0-12-809330-6.
- МЗЖС, 2010: Први извештај Републике Србије према Оквирној конвенцији Уједињених нација о промени климе, Министарство заштите животне средине и просторног планирања.
- МЗЖС, 2017: Други извештај Републике Србије према Оквирној конвенцији Уједињених нација о промени климе, Министарство заштите животне средине и просторног планирања.
- Nabizadeh, E., Hassanzadeh, P., Yang, D., Barnes, E. A., 2019: Size of the atmospheric blocking events: Scaling law and response to climate change, *Geophysical Research Letters*, 46, 13,488–13,499, <https://doi.org/10.1029/2019GL084863>
- Podrascanin, Z., Djurdjevic, V., 2020: The influence of future climate change on wind energy potential in the Republic of Serbia, *Theoretical and Applied Climatology*, 140, 209–218, DOI: 10.1007/s00704-019-03086-2.
- Rädler, A.T., Groenemeijer, P.H., Faust, E., Sausen, R., Pucik, T., 2019: Frequency of severe thunderstorms across Europe expected to increase in the 21st century due to rising instability. *npj Clim Atmos Sci* 2, 30, <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0083-7>
- Stojanović, D., Orlović, S., Zlatković, M., Kostić, S., Vasić, V., Miletić, B., Kesić, L., Matović, B., Božanić, D., Pavlović, L., Milović, M., Pekeć, S., Đurđević, V., 2021: Climate change within Serbian forests: Current state and future perspectives, *topola*, 208, 39-56, doi: 10.5937/topola2108039S.
- Стричевић, Р., Продановић С., Ђуровић Н., Петровић Обрадовић О. и Д. Ђуровић, 2019: Утицаји промене климе на српску пољопривреду, UNDP, ISBN: 978-86-7728-262-2.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds.), 2016: *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97pp.
- WMO, GWP, 2016: *Handbook of Drought Indicators and Indices*, World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), (M. Svoboda and B.A. Fuchs), Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2, Geneva, ISBN 978-91-87823-24-4.