

ГОРАН ТРБИЋ,
ДАВОРИН БАЛИЋ

UDC: 551.583(497.6 RS)

СПЕЦИФИЧНОСТИ ПРОМЈЕНЕ КЛИМЕ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ И МОГУЋНОСТИ АДАПТАЦИЈЕ

Природно-математички факултет, Универзитет у Бањој Луци, 78000 Бања Лука, Република Српска

Извод: У раду су приказане промјене температуре ваздуха и количине и режима падавина у Републици Српској. Оцјена варијабилности и промјене климата дата ја на бази анализе климатских података са 22 метеоролошке станице за период 1961 - 2010. године. Резултати истраживања приказани су графички и на тематским картама урађеним у ГИС технички. Добијени резултати указују на евидентне промјене климата на простору Републике Српске, али и на чињеницу да наведене промјене имају изражен регионални карактер. Промјене температуре и плувиометријских режима условљавају повећање интензитета и фреквенције периода са сушом и поплавама што су и главне премисе на којима требају да се темеље планови и стратегије адаптације на климатске промјене у Републици Српској.

Кључне ријечи: Климатске промјене, Република Српска, адаптација, ГИС.

Abstract: The paper presents the changes in air temperature and precipitation regimes and the amount of the Republika Srpska. Rating variability and climate change I made on the basis of analysis of climate data from 22 meteorological stations for the period 1961 - 2010. years. The research results are presented in graphical and thematic maps made in GIS technology. The results point to climate change are evident in the Republika Srpska, but also the fact that these changes have a pronounced regional character. Changes in temperature and precipitation regime demand for increase in the intensity and frequency with periods of drought and floods which are the main premise on which to base plans and strategies for adaptation to climate change in the Republika Srpska.

Key words: Climate change, Republika Srpska, adaptation, GIS.

УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Глобалне климатске промјене један су од најактуелних научних, еколошких, економских и политичких проблема у данашње вријеме. Најзначајнији елементи али и посљедице климатских промјена су: повећање температуре, колебање плувиометријског режима, смањење падавина у вегетационом периоду, повећање интензитета и фреквенција периода суше, поплава и појава већег броја дана са тропским температурима (преко 30°C). Према четвртом синтезном извјештају IPCC (Међувладин панел за климатске промјене), закључено је да ће се већина главних утицаја климатских промјена на екосистеме и људе манифестовати путем промјена у водном циклусу Земље (IPCC, AR4, 2007). Климатске промјене врше и огроман притисак на животну средину Републике Српске, где посебно наглашавамо велики утицај на водне ресурсе, пољопривреду, шумарство, еколошке системе и људско здравље. Овим премисама дефинисана је полазна основа и кључни проблеми истраживања.

Према IPCC и њиховим климатским моделима (нпр. SRES) до краја 2100. године глобална температура приземног слоја атмосфере могла би да порасте од 1,4 до 5,8 °C, што ће условити бројне промјене у животној средини, њеним екосистемима и могућностима одрживог развоја. Промјене температурних режима, утицај екстремних вриједности и сл., кључни су фактори укупног приземног стања атмосфере. У извјештајима IPCC апострофира се међузависност адаптивних могућности и развојних процеса, првенствено економских али и осталих, те потреба фундаменталних истраживања која дефинишу те међузависности.

Земље у развоју, у које се убраја и Република Српска, припадају кругу осјетљивих на нежељен утицај глобалних климатских промјена, што су потврдила и досадашња истраживања. Процјене указују да ће подручје Републике Српске бити изложен утицајима који могу имати посљедице по читаво друштво. Могућности заштите од тих утицаја, на локалном нивоу јако су мале, међутим, бројне су могућности у смислу адаптације на климатске промјене. Кључни проблем у вези са назначеном проблематиком глобалних климатских промјена и њиховим утицајима, претпоставља дефиницију нових модела животне средине, дефиницију стратегија развоја, и компонентног и укупног, на свим нивоима: локалном, регионалном и ентитетском, који ће имати обиљежје одрживог развоја (*Трбић, 2010*).

Међународним уговорима о климатским промјенама успостављени су принципи, институционални механизми и правила за рјешавање узрока и посљедица климатских промјена. Оквирна конвенција УН о промјени климе и Кјото протокол, између осталог, обавезују све земље потписнице, међу којима је и БиХ а тиме и Република Српска, да развијају стратегије за ублажавање климатских промјена и стратегије адаптације на измијењене климатске услове, да сарађују у климатским осматрањима, истраживањима и трансферу технологија, те да унапређују програме образовања и јачања свијести јавности. У вези са овим, све европске земље у транзицији које су имале статус кандидата за укључивање у чланство Европске уније, или још увијек чекају на тај пријем, преузеле су обавезе по Оквирној конвенцији о климатским промјенама (UNFCCC) и Кјото протоколу.

Имајући у виду стварне и могуће посљедице климатских промјена на дугорочне развојне циљеве, и претходно споменуте ратификоване споразуме који обавезују, намеће се потреба израде развојних стратегија са елементима акционих планова.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Оцјена климатске варијабилности дата је на бази анализе историјских метеоролошких података Хидрометеоролошког завода Републике Српске и података Хидрометеоролошког завода Федерације БиХ. У сврху оцјене тренда осмотрених климатских промјена и детерминације регионалног климатског модела биће коришћен садашњи нормални период Светске метеоролошке организације (1961–1990) те посљедњи тридесетогодишњи период, 1981 - 2010. На бази метеоролошких података са станица у Бањој Луци, Новом Граду, Пријedorу, Добоју, Бијељини, Сокоцу, Чемерну, Гацку и Билећи (Република Српска), те податка са станица у: Сарајеву, Мостару, Тузли, Зеници, Јајцу, Бугојну, Ливну, Бихаћу, Санском Мосту и Иван Седлу (Федерација БиХ) израђене су тематске климатске карте у ГИС техници за два периода: 1961 - 1990. и 1981 - 2010.

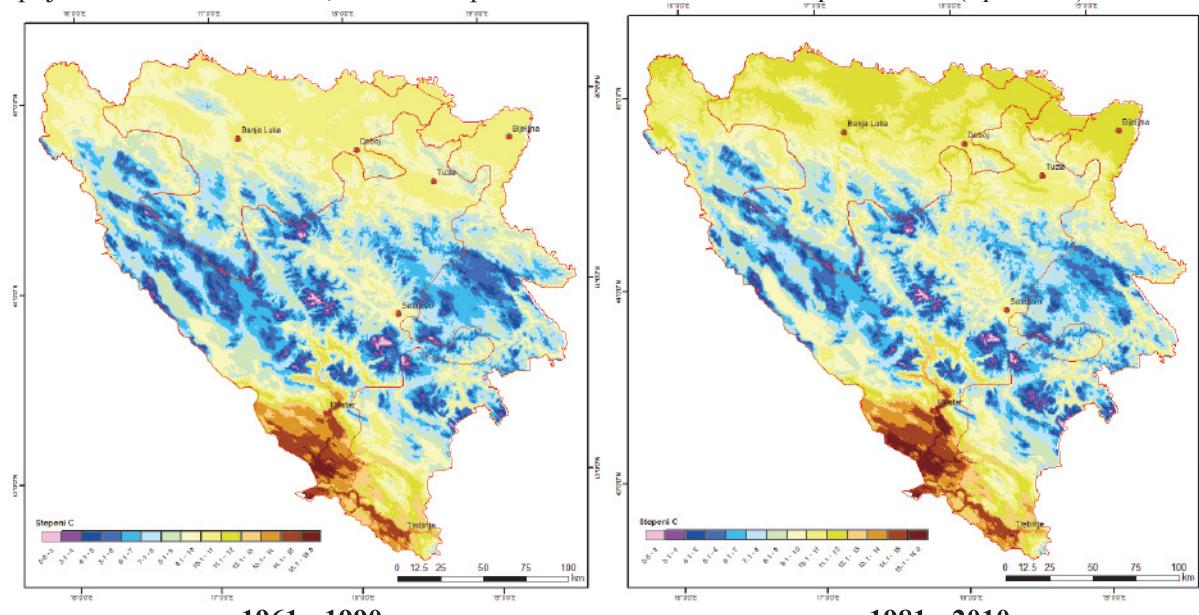
Од најзначајнијих метода које су коришћене у раду издавамо: интерполацију, редукцију, апроксимацију и регресиону анализу. Употребом висинског модела терена (DEM), те конструисане регресионе једначине и Kriging модела просторне интерполације у ГИС софтверској апликацији MapInfo израчунате су вриједности средњих температуре ваздуха и средњих количина падавина за комплетну површину посматраног простора (*Бајић, Трбић, 2010*).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Темепратура ваздуха

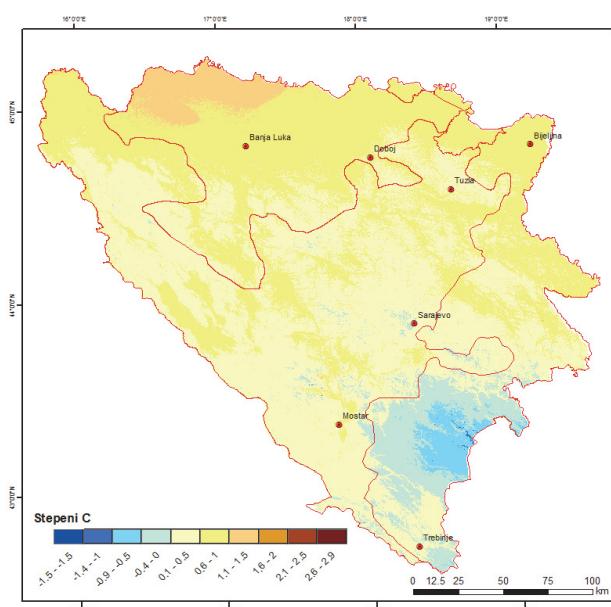
Промјене температуре ваздуха у Републици Српској примарно су условљене географском ширином, атмосферском циркулацијом и орографијом терена. На термички режим, али и климу уопште, утичу два акциона центра атмосфере: азорски антициклон, који условљава стабилно, а љети и топло вријеме, и исландски циклон, који доноси падавине. Зими се повремено региструје и утицај сибирског антициклиона, који је праћен хладним и углавном сувим временом, док је љети присутан и утицај антициклиона сахарског, односно медитерантског поријекла, који условљава изузетно топло и суво вријеме (*Дуцић, 2008*).

У сјеверном и западном дијелу Републике Српске на подручјима до 500m н. в. средње годишње температуре ваздуха имале су вриједност од 10 до 11 °C (период 1961 - 1990). Централни планински дио, односно подручја преко 500m н. в., карактеришу средње годишње температуре у интервалу од 4 °C до 10 °C, изузев највиших планинских врхова, на којима је температура испод 4 °C. Најтоплији дио Републике Српске је подручје ниске Херцеговине и јужног дијела херцеговачких Рудина, где средње годишње температуре имају просјечну вриједност од 11 до 14 °C, а област Требиња и Поповог поља и преко 14 °C (прилог 1).



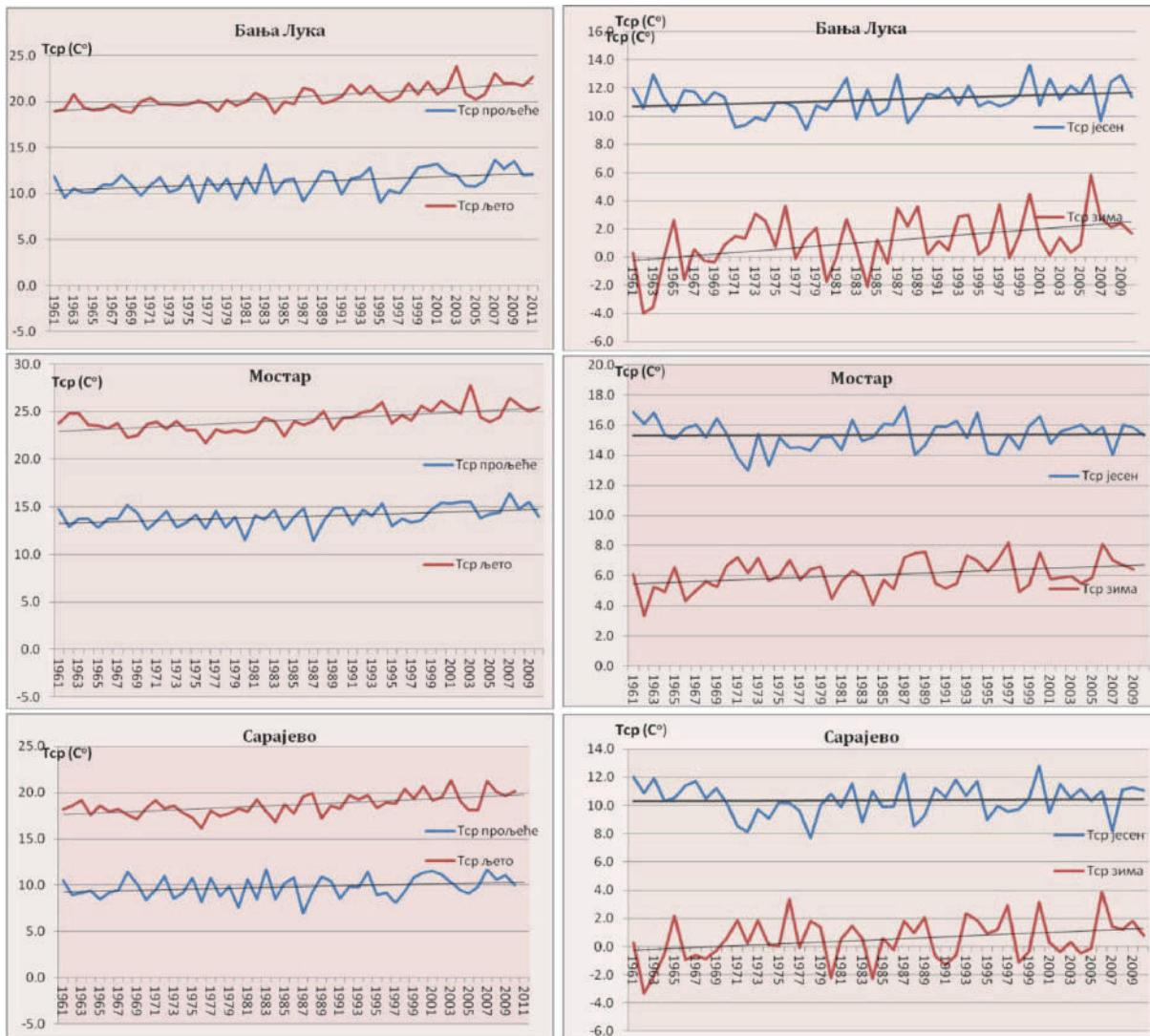
Прилог 1: Регионални распоред температуре ваздуха

Истраживања температуре ваздуха за период 1981 - 2010. године показују да је евидентно повећање на готово читавом подручју Републике Српске. Највеће повећање температура је у сјеверном дијелу РС, тачније на подручју Посавине и Семберије, и јужном дијелу Источне Херцеговине. У централном брдско-планинском простору пораст температуре је несигнификантан, док је у високопланинском простору Високе Херцеговине присутан тренд благог опадања температуре (прилог 2).



*Прилог 2: Разлике у промјени температуре ваздуха
за период 1981 - 2010. у односу на 1961 - 1990.*

На синтезном прилогу бр. 2 представили смо промјене средњих годишњих температура на основу компарације два посматрана периода: 1981 - 2010. и 1961 - 1990. Највећа повећања температуре су у сјеверозападном и сјевероисточном дијелу, где су вриједности веће и до 2 °C на годишњем нивоу, док је на подручју ниске Херцеговина присутно благо повећање температуре до 1 °C на годишњем нивоу. Међутим, најинтересантније је подручје високе Херцеговине, где је присутно благо опадање температуре. Овакво регионално колебање температуре указује на комплексност детерминисања узрока, које на бази досадашњих истраживања треба тражити у варијацијама атмосферске цирулације изнад простора Републике Српске (Дуцић, 2008; Трбић, 2010).

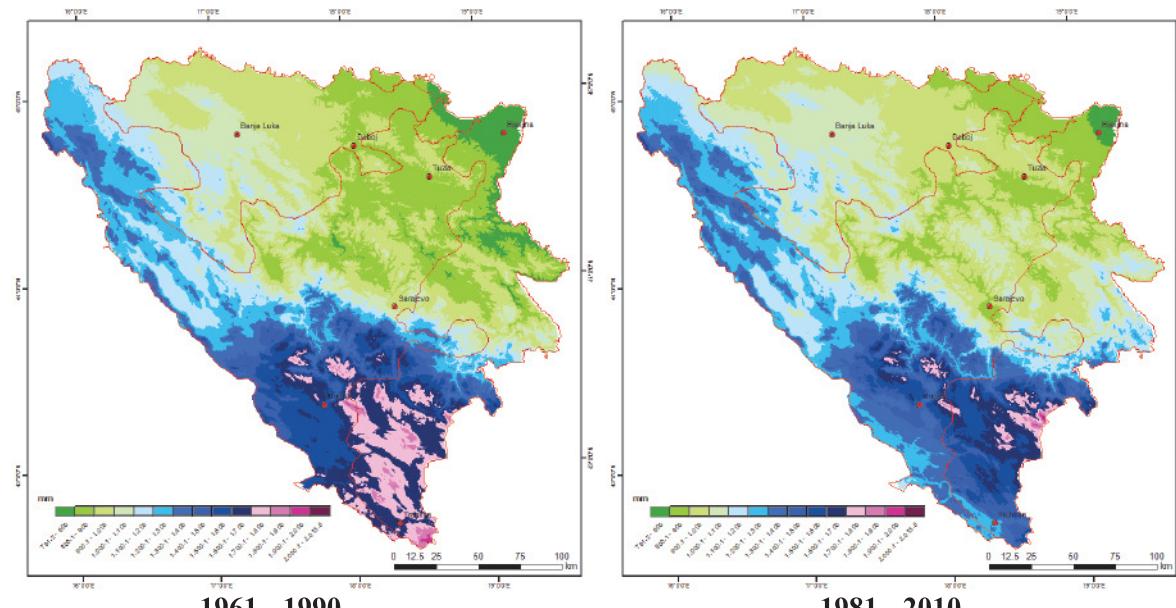


Прилог 3: Промјене температуре ваздуха по годишњим добима у Бањију Луци, Мостару и Сарајеву 1961 - 2010.

Анализу промјена температуре ваздуха и њених трендова урадили смо по годишњим добима за Бању Луку, Сарајево и Мостар за период 1961 - 2010 (прилог 3). Добијени резултати указују да су највећа повећања температуре у зимском и љетном периоду. Повећања током пролећа и јесени веома су мала и готово несигнификатна, што додатно указује на сложеност проблема приликом дефинисања узрока који су довели до промјена. Извјесно је да се узроци не могу довести искључиво у везу са антропогеним загађењем атмосфере гасовима који условљавају појачавање ефекта стаклене баште, односно додатно загријавање. Свакако да би унапређење метеоролошког мониторинга у смислу повећања броја станица у ванградским и нарочито планинским подручјима дало реалнију слику о регионалном распореду и колебању температуре на простору Републике Српске (Бајић, Трбић, 2010).

Количина падавина

Најмања количина падавина излучи се на крајњем сјевероистоку Републике Српске (испод 750 mm), док подручје Источне Херцеговине прима највише падавина током године (до 2000 mm). Над осталим, већим дијелом земље, излучи се 850 до 1500 mm. У Перипанонском ободу падавине релативно правилно опадају од запада ка истоку, док је у ниској Херцеговини ситуација сложенија (прилог 4).



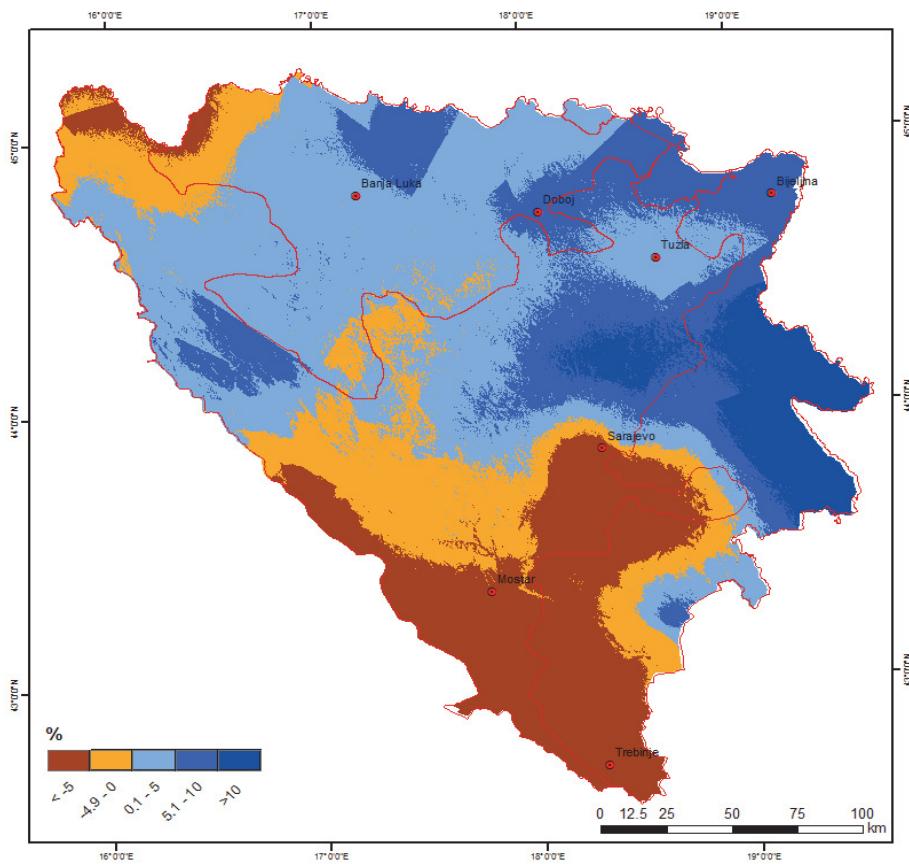
Прилог 4: Регионални распоред количине падавина за периоде 1961 - 1990. и 1981 - 2010.

Највећи дио сјеверне Републике Српске има континентални режим падавина са максимумом у лjetњим и минимумом у зимским мјесецима. У ниској Херцеговини влада типични маритимно медитерански режим са максимумом у зимским и минимумом у лjetњим месецима. У централним дијеловима доминира јесењи максимум, док минимум није изразито просторно диференциран (Дуцић, 2009).

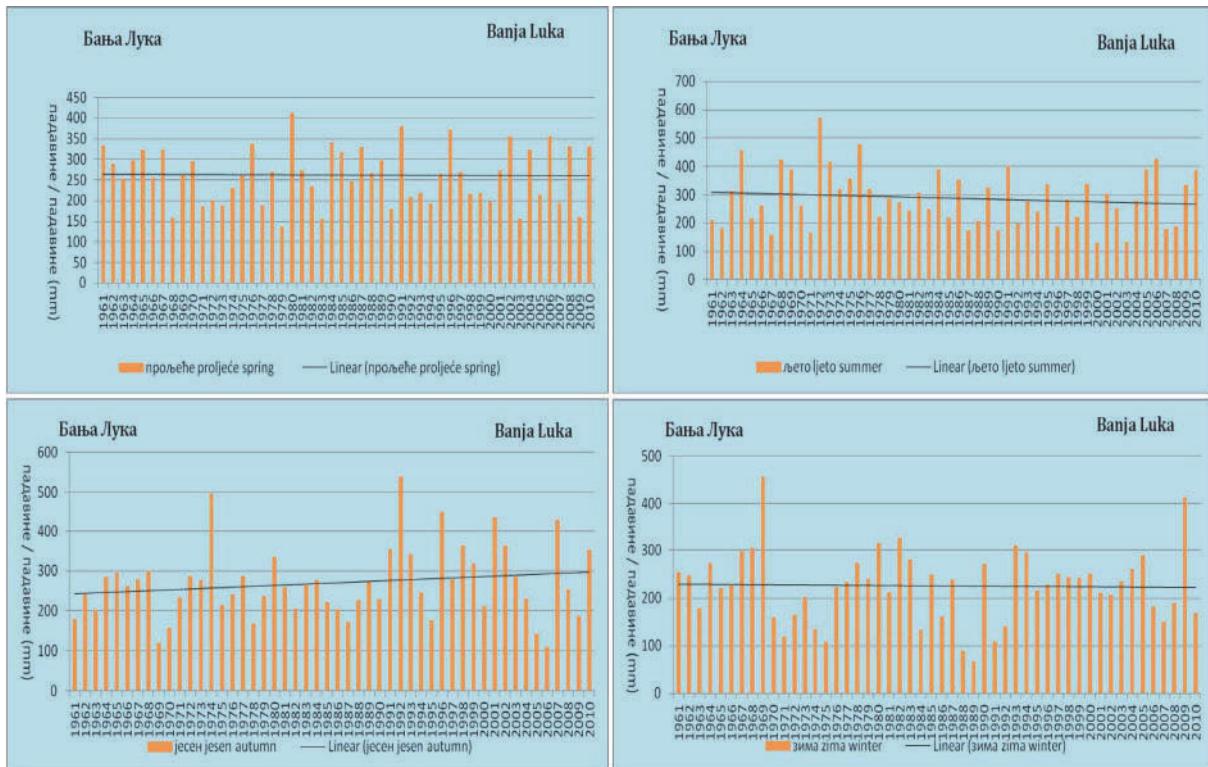
Количина падавина у Републици Српској у протеклих 50 година, на годишњем нивоу указује на веома мале варијације (+/- 5 %). У централном планинском појасу присутан је тренд повећања, док је у југозападном и сјевероисточном дијелу забиљежено смањење суме падавина на годишњем нивоу. Међутим, плувиметријски режим по сезонама је доста промијењен. Овде посебно наглашавамо на опадање количина падавина у лjetном периоду, које у појединим подручјима иде и до 20% (Мостар и Билећа). Посебан проблем у складу са овом констатацијом представља тренд опадања сњежног покривача у зимском периоду, чemu доприноси и раније наведене повећање температура. Смањење сњежног покривача додатно условљава недостатак воде у пролетној и лjetnoј сезони, што је већ сада често.

На синтезној карти колебања падавина (прилог 5) приказани су резултати који показују да је у централном планинском и централном сјеверном дијелу Републике Српске присутно повећање падавина на годишњем и сезонском нивоу. Највећи суфицит падавина забиљежен је у Сокоцу, (15,1% на годишњем нивоу) и Добоју (12,2% на годишњем нивоу). Сем тога, на годишњем нивоу присутан је и благи тренд повећања падавина у Бијељини и Бањој Луци. Упоредна анализа показује да је највећи дефицит падавина на годишњем нивоу забиљежен на подручју Источне Херцеговине (Билећа, Требиње и Гацко). Међутим, мора се имати у виду да на овом подручју годишња suma падавина прелази 1 500 mm и да дефицит не нарушава годишњи водни биланс.

Ако се посматрају промјене плувиметријског режима у Бањој Луци по сезонама, може се уочити да су највеће промјене током јесени, кад је присутно повећање (прилог 6).



Прилог 5: Разлике у промјени количина падавина за период 1981 - 2010. у односу на 1961 - 1990.



Прилог 6: Промјене количина падавина и тренда по годишњим добима у Бањој Луци 1961 -2010.

Досадашња истраживања указују да се промјене јесењих падавина могу довести у везу са промјеном сјеверноатлантске цирулације ваздуха (NAO) (Дуцић, Трбић, 2008). Свакако да ће унапређење мониторинга дати јаснију слику о колебању и количини падавина и с тим у вези варијацијом климе на простору Републике Српске.

Могућност адаптације

Према Међувладином панелу за климатске промјене (IPCC, 2001), адаптације представљају мјере прилагођавања или интервенције које се примјењују у циљу спречавања или смањивања гubitaka или чак претварања климатских промјена у предност. Адаптација је процес оспособљавања друштва да се носи са климатским промјенама како краткорочно тако и дугорочно. IPCC дефинише адаптивне мјере као способност система да се прилагоди климатским промјенама (укључујући климатске варијабилности и екстреме), као и потенцијалним штетама како би се искористиле могућности новонасталих услова или како би се боље носило са посљедицама. Циљ мјера адаптације треба да буде повећање капацитета система да преживи екстремне појаве и промјене. У таб. 1 приказане су осјетљивости одређених сектора који су најугроженији од климатских промјена те мјере примарне и секундарне адаптације. Свакако, предложене мјере могу да послуже као оквир за стратегију адаптације на климатске промјене, у којој ће бити неопходно дефинисати јасан акциони план са конкретним активностима.

Табела 1. Утицај климатских промјена на поједине секторе и могућности адаптације

Кључни сектор	Рањивост	Примарне мјере адаптације	Секундарне мјере адаптације
Аграр	- Промјена плувиометријског режима;	- Израда стратегије адаптације аграра на климатске промјене;	- Унапређење метеоролошког мониторинга и ране најаве временских непогода;
Водни ресурси	- Повећање температуре;	- Изградња акумулација и канала за потребе наводњавања и одводњавања;	- Обука и стручно оспособљавање доносилаца одлука и фармера о новим технологијама коришћења земљишта;
Биодиверзитет	- Смањење сњежног покривача;	- Изградња и употреба система наводњавања на принципу "кап по кап";	- Подстицај фармерима да покрију трошкове полиса осигурања условљене временским непогодама;
Енергија	- Повећање интензитета и фреквенције екстремних појава (суши, поплава, града, олујних вјетрова...);	- Модификација ротације усјева;	- Развој система хидролошких информација;
Људско здравље	- Изражене промјене у сезонским токовима ријека;	- Регулација ријечних корита и изградња акумулација;	- Перманентна обука о енергетској ефикасности.
Шумарство	- Губитак биодиверзитета условљен климатским промјенама;	- Јачање система мониторинга и раног предвиђања поплавних таласа.	
Туризам	- Промјене у сезонској потражњи ел. енергије;		
	- Честе и нагле промјене временских стања		
	- Смањење потенцијала за зимски туризам.		

ЗАКЉУЧАК

Претходне анализе упућују на потребу израде и реализације стратегије адаптације на климатске промјене у Републици Српској. У досадашњој пракси проблем климатских промјена није третиран на интегралан начин, где посебно наглашавамо могућности адаптације. Такође, смањење ризика од суше и поплава нису третирани као интегрални дио управљања водним

ресурсима, у којима се занемарују и социјални и економски фактори. Неодговарајућа политика као и институционални капацитети и ресурси главна су ограничења са којима се суочавамо приликом планирања мјера адаптације на климатске промјене.

Иако у Републици Српској нису обављена посебна истраживања о утицају климатских промјена на хидрологију, водне ресурсе и системе управљања водама, досадашње анализе показују да се плувиметријски режим мијења у смислу повећања интензитета кишних падавина и продужења сушних периода. Повећана варијабилност количине падавина генерално доводи до повећане потражње за водом кроз наводњавање, чак и ако би укупна количина падавина током вегетационог периода остала иста.

С обзиром на то да је на простору Републике Српске, анализирањем вишегодишњих падавина и просјечних температура, установљен дефицит који се јавља у критичном периоду са аспекта потреба биљака за водом, неопходно је примјенити систем наводњавања који је једна од основних мјера заштите од суше. У Републици Српској наводњава се само око 0,5% плодне или 0,8% обрадиве земље и процјене стварних потреба за наводњавањем указују да то није довољно када се узму у обзир просторне и временске варијације у падавинама.

Пошто да се у будућности предвиђа повећање екстремних падавина, као и продужење сушних периода, неопходне су регулације ријечних токова и стварање вјештачких акумулација. Акумулације су један од најбољих механизама за рјешавање проблема управљања водама у сваком сливу. Оне представљају начин да се постигне оптимална употреба водних ресурса (контрола поплава, стварање резервоара воде за сушне периоде, снабдијевање водом, наводњавање, рибарство, рекреација, производња електричне енергије...) у датим условима.

ЛИТЕРАТУРА И ИЗВОРИ:

1. Bajić D, Trbić G. (2011): **Primjena GIS-a i regresionih modela u modelovanju promjena temperaturu vazduha na primjeru Republike Srpske**, Herald br. 14, Geografsko društvo RS, Banja Luka.
2. Група аутора, под редакцијом Борисенкова Е. П. (1988): **Колебания климата за последнее тысячелетие**. Гидрометеоиздат, Ленинград.
3. D. L. Liu, J. Mo, H. Fairweather, and B Timbal (2009): **A GIS tool to evaluate climate change impact:functionality and case study**, 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cains, Australia 13-17 July 2009. <http://mssanz.org.au/modsim09>.
4. Ducic V. et al (2006): **Connection between ENSO Index, NAO Index and decadal-scale variability of precipitation in Serbia**, Global changes and regional challenges - International Scientific Conference dedicated to the International day and day of Faculty of Geology and Geography, 28 - 29.04. 2006, St Kliment Ohridski, University of Sophia, Bulgaria.
5. Ducić V., Trbić G., Milovanović B. (2010): **Promjene dekadne temperature vazduha u Republici Srpskoj i parametri Zemljine rotacije**, Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, Zbornik radova sa Međunarodnog naučnog skupa "Milutin Milanković u svom i našem vremenu", Banja Luka, 111 - 128.
6. Liu, J.; (2009): **A GIS-based tool for modelling large-scale crop-water relations**, *Environmental Modelling & Software*, 24, 411 - 422.
7. Pohlmann, H., Latif, M. (2005): **Atlantic versus Indo-Pacific influence on Atlantic-European climate**. *Geophysical Research Letters*, vol. 32.
8. Републички хидрометеоролшки завод Републике Српске, Документација и материјал, 1985 - 2010.
9. Савезни хидрометеоролшки завод СФРЈ, Метеоролошки годишњаци I, 1961 - 1985.
10. Trbić G, Ducić V, Luković J. (2008): **Kolebanja klime Republike Srpske u sklopu globalnih promjena**, Zbornik radova sa naučne konferencije "Resursi Republike Srpske", Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, Banja Luka, 223 - 245.
11. Trbic G. (2008): **Direct impact of climate change on biodiversity and ecosystem service in Bosnia and Herzegovina**, European Centre for Nature Conservation, Tilburg, Netheralnds, 31-35.

13. Trbić G, Ducić V, Rudan N. (2009): **Regionalne promjene količina padavina u Republici Srpskoj**, Herald br. 13, Geografsko društvo RS, Banja Luka, 71 - 78.
14. Trbic G et all. (2010): **Regional changes of precipitation amount in Bosnia and Herzegovina**, 6th International Scientific Conference Dedicated to the International Earth Day, April 2010, Sofia, Bulgaria.
15. Hartwig Dobesch, Pierre Dumolard, Izabela Dyras; (2007); **Spatial Interpolation for Climate Data** : The use of GIS in climatology and meterology, ISTE Ltd, 6 Fitzroy Square, London. www.iste.co.uk
16. Hurrell J. W. (1995): **Decadal trends in the North Atlantic oscillation: Regional temperatures and precipitation**. Science 269

SPECIFICS OF CLIMATE CHANGE IN THE REPUBLIC OF SRPSKA AND THE POSSIBILITY OF ADAPTATION

GORAN TRBIĆ, DAVORIN BAJIĆ

Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska

Previous analysis indicate a need to develop and implement different strategies of adaptation to climate change in Republic of Srpska. In the up to date practice, the problems faced with climate change have not been treated integrally. Also, a threat from drought and floods have not been treated as an integral part of water resource management in which social and economic factors are neglected. Inadequate politics as well as lack of institutional capacity and resources prove to be the main limitations when it comes to planning measures in adaptation to climate change.

In Republic of Srpska, even though a specific research of the impact a climate change has on hydrology, water resources and managing systems has not been published, up to date analissys indicate that pluviometric regime is changing in the sense of increased intensity of rainfall and extended drought periods. An increase in variability of rainfall generally leads to an increase of water demand through irrigation, even if the total rainfall during vegetating period remains the same.

Considering that on the territory of Republic of Srpska, after multiannual analysis of rainfall and average temperatures, a deficit has been established in critical period of the plants demand for water, it is necessary to implement an irrigation system which is one of the main measures in protection from drought. In RS, only 0,5% of fertile or 0,8% of cultivated land is irrigated and, estimates suggest that that is not enough when considering arial and timing variations of rainfall.

Future predictions suggest an increase of extreme rainfall as well as extention of drought periods, it si necessary to better manage river systems and create artificial water catchments. Water catchments have shown to be one of the best solutions in water management problem solving in every stream. They represent a way to achieve an optimal usage of water resources (flood control, development of water reservoirs for drought periods, water supply, irrigation, fishing, recreation, electricity production) in given circumstances.