

ТИПОВИ И ПРОМЈЕНЕ ПОВРШИНСКЕ ВЛАЖНОСТИ У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ ПРЕМА WATER AND WETNESS БАЗИ ПОДАТАКА

Бранислав Драшковић^{1*}

¹Универзитет у Источном Сарајеву, Пољопривредни факултет, Источно Сарајево, Република Српска

Сажетак: У раду су приказане промјене у влажности тла у Републици Српској (РС), које су се догодиле у периоду 2015–2018. Такође, дат је распоред влажних подручја по природним цјелинама и висинским зонама. Кориште-на је Copernicus Water and Wetness (WaW) база података, базирана на фотоинтерпретацији сателитских снимака Sentinel-1 и Sentinel-2, резолуције 10 m и 20 m. Влажна подручја су подијељена у четири категорије, на основу регистрованог процентуалног присуства воде и влаге у току године и годишњих доба: стална вода, повремена вода, стално влажно подручје и привремено влажно подручје. Резултати истраживања показују да привремене и сталне воде заузимају 0.48 % територије РС, стално влажна подручја 0.03 %, док највећу територију обухватају привремено влажна подручја која заузимају 1.81 % (влажност од 25 % до 75 %). Два највећа подручја на којима се влажност појављује, а која се разликују и по географском положају и по поријеклу влажности, су: Посавина и Семберија на сјеверу и средње висока и висока крашка поља на југу, у регији Херцеговина. Промјене у влажности тла које су регистроване у периоду 2015–2018. превасходно су антропогеног поријекла и односе се на исушивање мочварних подручја и рибњака. Најпознатији случај је резерват Бардача гдје је већина од некадашњих 11 рибњака претворена током последње деценије у пољопривредно земљиште. До сада није било дужих осматрања влажност-и земљишта унутар територије РС, па се главни допринос рада овдје може тражити.

Кључне ријечи: типови, промјене, влажност, тло, Република Српска, Copernicus, Water and Wetness.

Original scientific paper

TYPES AND CHANGES OF SURFACE WETNESS IN THE REPUBLIC OF SRPSKA ACCORDING TO COPERNICUS WATER AND WETNESS DATABASE

Branislav Drašković^{1*}

¹University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, East Sarajevo, Republic of Srpska

Abstract: The paper presents the changes in soil moisture in the Republic of Srpska (RS), which occurred in the period 2015–2018. Also, the distribution of wetlands by natural units and altitude zones is given. The Copernicus Water and Wetness (WaW) database has been used, based on the photointerpretation of satellite images Sentinel-1 and Sentinel-2, in resolutions 10 m and 20 m. Wetlands are divided into four categories, based on the registered percentage of water and moisture during the year and seasons: permanent water, intermittent water, permanent wetland and temporary wetland. The results of the research show that temporary and permanent waters occupy 0.48 % of the territory of the RS, permanently wet areas 0.03 %, while the largest territory includes temporarily wet areas which occupy 1.81 % (areas with wetness from 25 % to 75 %). The two largest areas where humidity occurs, and which differ in geographical position and origin of humidity, are: Posavina and Semberija in the north and medium and high karst fields in the south, in the region of Herzegovina. Changes in soil moisture registered in the period 2015–2018 are primarily of anthropogenic origin and relate to the drainage of wetlands and ponds. The most famous case is the Bardača reserve, where most of the former 11 fishponds have been turned into agricultural land over the last decade. There has not been any long-term monitoring of soil moisture at the entire territory of the RS, so the main contribution of this paper can be seen in that aspect.

Key words: types, changes, wetness, surface, the Republic of Srpska, Copernicus, Water and Wetness.

* Аутор за кореспонденцију: Бранислав Драшковић, Универзитет у Источном Сарајеву, Пољопривредни факултет, Вука Караџића 30, 71123 Источно Сарајево, Република Српска, Босна и Херцеговина, Е-mail: branislav.draskovic@pof.ues.rs.ba

* Corresponding author: Branislav Drašković, University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, Vuka Karadžića 30, 71123 Istočno Sarajevo, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: branislav.draskovic@pof.ues.rs.ba

УВОД

Влажност земљишта игра кључну улогу у динамици вегетације, с обзиром на то да је доступност воде у земљишту ограничавајући фактор за фотосинтезу биљака (Proietti et al., 2019). С тим у вези, карте влажности земљишта пружају непроцјењив ресурс за квантификацију ефеката недостатка падавина на земљиште покривено вегетацијом (Cammalleri et al., 2015). Интеракција влажности земљишта и атмосфере су кључни елементи регионалног климатског система (Leutwyler et al., 2021). Влажна подручја и мочваре су посебно корисне у условима екстремних суша због њихове способности да задрже воду, смање отицање, филтрирају седименте и обезбједе прочишћавање вода. Највећи утицај на мочваре имају промјене хидролошких режима. Отицање је идентификовано као кључни хидролошки параметар који утиче на функцију мочвара (Hartig et al., 1997). Просјечан коефицијент отицања у Босни и Херцеговини (БиХ) износи 0.57 (Avdić et al., 2013).

Према WaW 2018 бази података, подручја унутар категорије стална и повремена вода, обухватају 33257 ha (0.64 %) и 1464 ha (0.03 %), што је укупно 0.67 % територије БиХ (подудар се са CORINE Land Cover 2018 подацима).

Привремено влажне зоне покривају 128680 ha (1286.8 km²) или 2.5 %, а стално влажне покривају 5222 ha (52.22 km²) или 0.1 % територије државе. CORINE Land Cover (CLC) база података показује да унутрашње мочваре покривају 5242 ha, а тресетишта 697 ha, па према томе, влажна подручја у БиХ покривају укупно 5939 ha (59.39 km²) (Drašković et al., 2021).

Највеће зоне влажних површина у БиХ налазе се у крашким пољима западне Босне и на југу у региону Херцеговине. Два су разлога за то: висока количина падавина (више од 1500 mm годишње) и геолошки слојеви код којих доминирају кречњачке стијене, који не могу примити сву воду у подземне пукотине током кишног периода. Од осталих регија са већим привремено влажним зонама истиче се сјеверни дио, регије Посавина и Семберија. У овом случају основни разлог појаве влажности везан је

INTRODUCTION

Soil moisture plays a pivotal role in vegetation dynamics, considering that soil water availability is a crucial limiting factor for plant photosynthesis (Proietti et al., 2019). Consequently, soil moisture maps provide an invaluable resource to quantify the effects of rainfall deficits on vegetated lands (Cammalleri et al., 2015). Soil moisture-atmosphere interactions are key elements of the regional climate system (Leutwyler et al., 2021). Wetlands are especially beneficial under extreme drought or flood conditions for their ability to retain water, reduce runoff, filter sediments, and provide water purification. The greatest impact to wetlands are from changes to hydrologic regimes. Runoff is identified as a key hydrological parameter affecting wetland function (Hartig et al., 1997). The average runoff coefficient in Bosnia and Herzegovina (B&H) is 0.57 (Avdić et al., 2013).

According to the WaW 2018 database, the areas under the category of permanent and temporary water occupy 33257 ha (0.64 %) and 1464 ha (0.03 %), which is a total of 0.67 % of the territory of B&H (matches the CORINE Land Cover 2018 data).

The temporary wet areas cover 128680 ha (1286.8 km²) or 2.5 % and permanent wet cover 5222 ha (52.22 km²) or 0.1 % of the country's territory. The CORINE Land Cover (CLC) database shows that inland marshes cover 5242 ha and peatbogs 697 ha. On the basis of that, it can be said that the area of wetland in B&H covers 5939 ha (59.39 km²) (Drašković et al., 2021).

The largest temporary wet zones within B&H are karst fields on the west Bosnia, and on the south in the region of Herzegovina. There are two main reasons: a large amount of precipitation (more than 1500 mm annually) and geological layers in which limestone rocks predominate that cannot accept all the water during rainy period. Of the other regions with larger temporarily wet zones, the northern part stands out, the regions of Posavina and Semberija. In this case, the main reason for the appearance of humidity is related to the relatively frequent

за релативно честа изливања великих ријека и њихових притока из корита у алувијалне равни (Dražković & Gutalj, 2021).

Промјене у влажности земљишта у односу на вишегодишње просјекe могу бити узроковане антропогеним активностима (исушивање мочвара, изградња вјештачких акумулација, итд.) или природним процесима као што су климатске промјене. Поред ових значајнијих, сталне промјене влажности тла које се дешавају око ријечних токова су уобичајене и не спадају у крупне промјене које битно нарушавају екосистем. С друге стране, варијације у количини падавина, односно плувиометријском режиму и температурама ваздуха, могу битно утицати на типове и промјене влажности земљишта.

За степен влажности тла веома је важан однос падавине/испаривање. Према подацима Републичког хидрометеоролошког завода у периоду 2000–2018. неколико година је забиљежен дефицит влаге у љетњем периоду (2000, 2003, 2012, 2013, 2015. и 2017.). На примјер, током љета 2003. године забиљежена је највећа разлика: 525 mm испаравање, 135 mm падавине.

Разумијевање интеракције између влажности земљишта и падавина лимитирано је мањком директних осматрања у размјерама на којима се јављају повратне информације (Taylor & Ellis, 2006). Иако су суше у основи узроковане недовољним количинама падавина, еволуција дефицита воде од падавина до влаге у земљишту и водотоцима није тренутна и одвија се у сложеним физичким механизмима (Maity et al., 2013). У југоисточној Европи водни ресурси су у директној зависности од климатског режима (Nistor, 2019). Према резултатима пројекта CC-WARE очекује се да ће до 2050. године температура ваздуха у региону порасти, а што ће према Cheval et al. (2017) утицати на аридност територије.

У периоду 2003–2013. забиљежено је пет година када је дошло до појаве јаким или екстремних суша (2003, 2007, 2008, 2011. и 2012.) (Trbić et al., 2014). Највећа повећања температура ваздуха забиљежена су у сјеверозападном и сјевероисточном дијелу РС, гдје су вриједности веће и до 2 °C на годишњем нивоу. На подручју

overflows of large rivers and their tributaries from their beds into the alluvial plains (Dražković & Gutalj, 2021).

The changes in soil moisture, if compared to multi-year averages, can be caused by anthropogenic activities (wetland drainage, construction of artificial reservoirs, etc.) or by natural processes such as climate change. In addition to these significant ones, the constant changes in soil moisture that occur around rivers are common and do not disrupt the ecosystem significantly. On the other hand, the variations in the amount of precipitation or pluviometric regime and air temperatures can significantly affect the types and changes of surface wetness.

The precipitation/evaporation ratio is very important for the degree of soil moisture. According to the Republic Hydrometeorological Institute data in the period 2000–2018, the moisture deficit in the summer period was being recorded for several years (2000, 2003, 2012, 2013, 2015 and 2017). For example, during the summer of 2003, the largest difference was recorded: 525 mm of evaporation, 135 mm of precipitation.

Understanding of interactions between soil moisture and precipitation is limited by a lack of direct observations at spatial scales on which feedbacks occur (Taylor & Ellis, 2006). Though droughts are fundamentally triggered by insufficient precipitation, the evolution of water deficits from precipitation to soil moisture and to streamflows is not instantaneous and is controlled by complex physical mechanisms (Maity et al., 2013). In the South East Europe, the water resources are directly depending to climate regime (Nistor, 2019). According to the results of the CC-WARE project, it is expected that by 2050 the air temperature in the region will rise, which according to Cheval et al. (2017) affect the aridity of the territory.

Over the period 2003–2013, there were five years characterized with extreme droughts (2003, 2007, 2008, 2011 and 2012) (Trbić et al., 2014). The greatest increase in temperature was measured in the northwest and northeast part of RS, where values were up to 2 °C higher per year. In the area of lowland Herzegovina there was a

ниске Херцеговине присутно је благо повећање температура до 1 °C на годишњем нивоу (Bajić & Trbić, 2011). У Семберији температура ваздуха има тенденцију раста током цијеле године, док су трендови падавина сезонски промјенљиви (најизраженији су негативан тренд у сезони лјето и позитиван у јесен). Негативни трендови хидротермичког коефицијента и индекса суше у сезони лјето указују на повећање аридности климе (Popov & Delić, 2019). Повећање учесталости појаве екстремно топлих мјесеци и смањење учесталости појаве екстремно хладних мјесеци указују на тенденцију загријавања на територији источне Херцеговине. На свим станицама у периоду 1991–2016. године смањен је број екстремно влажних мјесеци, а на половини станица повећан број екстремно сушних мјесеци (Popov et al., 2019).

Такође, веома су честе године са великим до катастрофалним поплавама (2001, 2002, 2009, 2010, 2014.). У априлу и мају 2014. забиљежене су рекордне кишне серије (преко 420 mm) у сјеверном дијелу земље, које су условиле катастрофалне поплаве у сливном подручју Врбаса и Босне, те на подручју Семберије (Опрашић et al., 2016). Изражена промјена годишњег распореда падавина уз повећање температуре један је од кључних фактора за појаву суша и поплава на територији БиХ (Avdić et al., 2013).

Током периода 1961–2015. читаву територију БиХ карактерише изражено и значајно ($p < 0.01$) годишње загријавање. Годишњи пораст температуре био је у распону од 0.2–0.5 °C по деценији (Trbić et al., 2017). Дошло је до повећања сушних и влажних година, односно повећања екстремности. У периоду 1961–2010. јасно се издвајају декаде 1981–1990. са највећим бројем сушних и 2001–2010. са највећим бројем влажних година (Ducić et al., 2014).

Најугроженије подручје је долина ријеке Босне са средње високим укупним водним ризиком (укупни водни ризик мјери све ризике везане за воду, скупљањем свих одабраних индикатора из категорија: физичка количина, квалитет, регулаторни и репутациони ризик) (Hofste et al., 2019).

С обзиром на недостатак претходних истраживања у овој области, рад може имати

slight increase in temperature up to 1 °C per year (Bajić & Trbić, 2011). Semberija region recorded increasing temperature tendency throughout the year, whereas the precipitation trends were seasonally variable (the most prominent were a negative trend in summer season and a positive trend in autumn). Negative trends in the hydrothermal coefficient and drought index in the summer season indicate an increase in climate aridity (Popov & Delić, 2019). Increase in the annual occurrence of extremely warm months and decrease in frequency of extremely cold ones indicate that a warming tendency is present over the east Herzegovina region. In the period 1991–2016 at all stations number of extremely wet months was reduced and at half of the stations number of extremely dry months increased (Popov et al., 2019).

In addition, years with large to disastrous floods are very common (2001, 2002, 2009, 2010, 2014). April and May 2014 saw the record of rain series (over 420 mm) in the northern part of the country, which caused disastrous flooding in the catchment area of the Vrbas and Bosna rivers, as well as in the area of Semberija (Oprašić et al., 2016). Pronounced variability in the annual rainfall regime and temperature increases are key factor in the occurrence of more frequent and intense drought in B&H (Avdić et al., 2013).

During the observed 1961–2015 periods, the entire territory of B&H is characterized by prominent and significant ($p < 0.01$) annual warming. The annual temperature increase was in the range of 0.2–0.5 °C per decade (Trbić et al., 2017). There was an increase in dry and wet years, i.e. an increase in extremes. During the period 1961–2010 the 1981–1990 decade had most dry and 2001–2010 decade had most humid years (Ducić et al., 2014).

The most endangered area is the valley of the river Bosna with a medium-high overall water risk (overall water risk measures all water-related risks, by aggregating all selected indicators from the Physical Quantity, Quality and Regulatory & Reputational Risk categories) (Hofste et al., 2019).

Given the lack of previous research in this area, the paper may have a significant role in

значајну улогу у инвентаризацији, мониторингу и управљању влажних подручја РС. То се посебно односи на изазове који су пред нама у погледу мјера заштите од климатских промјена које се према бројним сценаријима најављују.

Циљ истраживања је прецизно утврђивање површине које заузимају различити типови влажности на територији РС, као и дефинисање зона или регија у којима је влажност земљишта најприсутнија. Такође, анализом локалитета највећих промјена влажности по принципу студије случаја биће утврђени могући разлози због којих је дошло до промјена.

Подручје истраживања

Република Српска је државни ентитет унутар Босне и Херцеговине, који према подацима Републичког завода за статистику РС из 2012. године, има површину од 24641 km² и популацију од око 1.14 милиона становника. Налази се на контакту три велике природне регије: Панонске низије на сјеверу, Динарских планина у централном дијелу и Јадранског мора на југу. С тим у вези се и клима може подијелити на три типа: умјерено-континенталну на сјеверу, планинско-котлинску у централном дијелу и измјењену медитеранску на југу. Најмања количина падавина излучи се на крајњем сјевероистоку БиХ (око 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 (Бajić & Trbić, 2016). Рељеф је углавном брдовит и планински. Надморске висине између 500–1500 m заузимају 51.9 % територије.

Генерално, влажност земљишта у РС зависи од типа климе, прије свега од падавина и температура ваздуха, али и од вјетра, влажности ваздуха, типа земљишта, геолошке подлоге итд. Климатски појасеви се отприлике подударају са геоморфолошким појасевима: сјеверним (Посавина), централним (планинско-котлинским) и јужним (зона високог карста). Такође, хетерогеност вегетацијских појасева последица је управо комплекса утицаја наведених абиотичких фактора.

the inventory, monitoring and management of wetlands in the RS. This is especially true of the challenges we face in terms of climate change protection measures that are being announced under a number of scenarios.

The aim of the research is to precisely determine the areas occupied by different types of humidity in the territory of the RS, as well as to define the zones or regions where soil moisture is most present. Also, the analysis of the location of the largest changes in humidity using the case studies will determine the reasons for the changes.

Study area

The Republic of Srpska is a state entity within Bosnia and Herzegovina, which, according to the data of the Republic Institute for Statistics of the RS from 2012, has an area of 24641 km² and a population of about 1.14 million inhabitants. It is in contact with three major natural regions: the Pannonian Plain in the north, the Dinaric Mountains in the central part and the Adriatic Sea in the south. Regarding relation to this, the climate can be divided into three types: temperate-continental in the north, mountain-valley in the central part and altered Mediterranean in the south. The lowest amount of precipitation occurs in the extreme northeast of B&H (about 750 mm), while the area of eastern Herzegovina receives the most precipitation during the year (up to 2000 mm). Above the rest of the country, precipitation ranges from 850 to 1500 mm (Bajić & Trbić, 2016). The relief is mostly hilly and mountainous. Altitudes between 500–1500 m occupy 51.9 % of the territory.

In general, soil humidity in the RS changes depending on the type of climate, primarily on precipitation and air temperature, but also on wind, air humidity, soil type, geological base, etc. The climatic zones roughly coincide with the geomorphological zones: northern (Posavina), central (mountain-valley) and southern (zone of high karst terrain). Also, the heterogeneity of vegetation is a consequence of the complex influence of the mentioned abiotic factors.

Три биогеографска региона у РС, према актуелном просторном плану РС, су: 1. континентални биогеографски регион – простире се у сјеверном дијелу, са низијама и брежуљцима и са високим утицајем Панонске низије; 2. алпски биогеографски регион – покрива централни дио БиХ и РС са високим планинама Динарског подручја; 3. медитерански биогеографски регион – простире се у јужном дијелу, гдје се осјећа значајан утицај медитеранске климе. Континентални биогеографски регион обухвата површину од 11211.3 km² територије РС (45.5 %), алпски (планински) 10100.2 km² (40.1 %), а медитерански 3329.8 km² (13.5 %). Ова подјела ће бити корисна за анализу влажности тла по појединим регионима, с циљем утврђивања утицаја појединих фактора на појаву влаге на површини.

Према CLC 2018 бази података водна тијела у РС покривају 167.10 km², а влажна подручја 16.67 km². У периоду 2000–2018. ове класе су повећале просторни обухват за 26.04 %, односно 5.57 % (Drašković et al., 2020).

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

Методе мјерења влажности земљишта могу се подијелити у двије групе: директне и индиректне. Директном методом се непосредно мјери количина воде у земљишту, а индиректне методе одређују влажност земљишта на основу промјене одређених физичких особина земљишта које зависе од његове влажности (Otošević, 1991).

Директне методе влажности земљишта у РС до сада су углавном биле базиране на *in situ* истраживањима педолога, агронома, хидролога, хидрогеолога и сл. Таква истраживања односила су се на појединачне локалитете и на ограничене временске периоде, прије свега због захтјевности ресурса који су потребни. Истовремено, индиректна истраживања влажности тла на територији РС методом даљинске детекције су до сада била ријетка. Међутим, са појавом некомерцијалних сателита различити подаци су постали доступни без ограничења. Тако је Европска свемирска агенција (European

The three biogeographical regions in RS, according to the current spatial plan of RS, are: 1. continental biogeographical region – it covers the northern part, with lowlands and hills and with a high influence of the Pannonian lowlands; 2. Alpine biogeographical region – covers the central part of B&H and the RS with the high mountains of the Dinaric area; 3. Mediterranean biogeographical region – covers the southern part, with the significant influence of the Mediterranean climate. The continental biogeographical region covers the area of 11211.3 km² of the territory of the RS (45.5 %), alpine (mountainous) 10100.2 km² (40.1 %), and Mediterranean 3329.8 km² (13.5 %). This division will be useful for the analysis of soil moisture by individual regions, in order to determine the influence of individual factors on the occurrence of moisture on the surface.

According to CLC 2018, water bodies cover 167.10 km² and wetlands 16.67 km² in the RS. In the period 2000–2018 these classes increased their areas with 26.04 % and 5.57 % respectively (Drašković et al., 2020).

MATERIALS AND METHODS

Soil moisture measurement methods can be divided into two groups: direct and indirect. The direct method measures the amount of water directly in the soil and indirect methods determine the soil moisture on the basis of changes in certain physical properties of the soil that depend on its humidity (Otošević, 1991).

So far, direct soil moisture methods in the RS have been mainly based on *in situ* research by pedologists, agronomists, hydrologists, hydrogeologists, etc. Such research was related to individual sites and limited time periods, primarily due to the complexity of the required resources. At the same time, indirect studies of soil moisture in the territory of RS by remote sensing have been rare by now. However, due to the launching of non-commercial satellites, various data have become available without restriction. Thus, the European Space Agency (ESA) launched

Space Agency – ESA) лансирала Sentinel-1 и Sentinel-2 сателите, који омогућавају снимке високе резолуције, путем којих се могу пратити бројни геофизички параметри. Европски програм Copernicus Land Monitoring System (CLMS) омогућава информације из домена праћења стања и промјена у животној средини и њеним компонентама.

На основу сателитских снимака високе резолуције (High Resolution – HR) до веома високе резолуције (Very High Resolution – VHR), укључујући ESA сателите, урађено је ажурирање и картирање промјена на високорезолуцијским слојевима (High Resolution Layers – HRL) “Imperviousness” и “Forest”, као и картирање слојева, “Grassland and Grassland Changes” и “Water and Wetness” за 39 држава чланица Европске агенције за животну средину (European Environment Agency, EEA–39) (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

HRL WaW са референтном годином 2018. је потпуно произведен у пројекцијама ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) и LAEA (Lambert Azimuthal Equal Area) од стране конзорцијума етаблираних европских провајдера услуга. Састоји се од производа WaW 2018 у пуној просторној резолуцији од 10 m x 10 m (умјесто оригиналне резолуције 20 m x 20 m продукције WaW 2015). Главни производ је класификовани слој, који садржи дефинисане класе сталних вода, привремених вода, стално влажних, привремено влажних и сувих површина, добијених према појави присутности воде и влажности у периоду 2012–2018. Допуњен је индексом вјероватноће воде и влажности, производом који је углавном намијењен експертима (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

Индекс вјероватноће воде и влажности (Water and Wetness Probability Index – WWPI) слој је додатни производ за експерте и указује на појаву воде и/или влажних површина (са засићеним садржајем влаге у земљишту) у већем дијелу године, током низа година. Индекс је изведен из слојева подршке добијених из сезонских композита у којима је сваки пиксел у датом слоју класификован као „суво“, „влажно“ или „(отворена) вода“. На основу истих сезон-

Sentinel-1 and Sentinel-2 satellites, which enable high-resolution images, through which various geophysical parameters can be monitored. The European program Copernicus Land Monitoring System (CLMS) provides information in the field of monitoring the state and changes in the environment and its components.

Based on High-Resolution (HR) to Very High Resolution (VHR) satellite imagery, including ESA’s satellites an update and change mapping of the High Resolution Layers (HRL) “Imperviousness” and “Forest”, as well as a mapping of “Grassland and Grassland Change”, and “Water and Wetness” for the EEA–39 countries has been done (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

The HRL WaW with reference year 2018 has been fully produced in the ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) and in LAEA (Lambert Azimuthal Equal Area) projection by a consortium of well-established European service providers. It comprises the WAW product for 2018 in full spatial resolution of 10 m x 10 m (instead of the original 20 m x 20 m resolution of the WAW 2015 production). The main product is a classified layer, which contains defined classes of permanent water, temporary water, permanent wet, temporary wet, and dry areas, derived from water and wetness occurrences in the period 2012–2018. It is complemented by the Water and Wetness Probability Index (WWPI), a product mainly dedicated to expert users (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

The Water and Wetness Probability Index (WWPI) layer is an additional product for expert users and indicates the occurrence of water and/or wet areas (with saturated soil moisture content) during a prolonged part of the year over a number of years. The index is derived from support layers calculated from seasonal composites in which each pixel in a given layer is classified as “dry”, “wet” or “(open) water”. Based on the same seasonal composites as applied for the classification of water and wetness, the WWPI is derived

ских композита који се примјењују за класификацију воде и влажности, WWPI је изведен за сваку „колону“ пиксела у низу. WWPI се израчунава према броју ВОДА и ВЛАЖНОСТ појава, посљедњи са тежинским фактором од 0.75 (ова вриједност је потврђена након анализе резултата рационализације), подијељен са укупним бројем валидних запажања (збир ВОДА, ВЛАЖНО и СУВО појаве). Добијени производ спаја појаву воде и влажности као индекс на скали између 0 (само суво) до 100 (само вода) (Langanke, 2016). На тај начин могуће је добити преглед и динамику варијабилности појаве вода и влажних површина унутар једне године или годишњих доба. Композитни снимци годишњих доба су изведени из снимака које покривају временски период од три мјесеца, док су годишњи композитни снимци изведени из снимака за свако годишње доба унутар одређене године.

Према Упутству за коришћење WaW базе података (Copernicus Land Monitoring Service, 2020) дефиниције појединих класа влажности су:

- Сува површина (увијек суво или углавном суво са малим садржајем влажности или воде, нпр. < 25 % влаге): пијесак, бетон и асфалт, стијене, итд.;
 - Стална вода (највећи однос вода/укупни садржај > 85 % воде, класификовано као стална водна површина): природна језера, вјештачке акумулације (рибњаци, резервоари), природне акумулације (сталне водне површине унутрашњих или приобалних влажних земљишта), ријеке, канали, итд.;
 - Привремена вода (однос између 25–85 % воде, са варирајућим степеном влажности): подручја са привременом водом која су у вези са сталним водним тијелима, привремена природна и вјештачка језера, периодичне ријеке, плавна подручја, итд.;
 - Стално влажна површина (> 75% влаге): трстици, тресетишта, унутрашње мочваре, итд.;
 - Привремено влажна површина (25–75 % влаге): земљишта која мијењају влажност, повремене мочваре, итд.
- for each “column” of pixels in the stack. The WWPI is calculated according to the number of WATER and WET occurrences, the latter with a weighting factor of 0.75 (this value was confirmed after the analysis of the streamlining results), divided by the total number of valid observations (sum of WATER, WET and DRY occurrences). The resulting product assembles the water and wet occurrence as an index on a scale between 0 (only dry observations) to 100 (only water observations) (Langanke, 2016). In this way, it is possible to get an overview and dynamics or variability of the occurrence of water and wetlands within one year or seasons. Composite images of the seasons are derived from images that cover a period of three months, while annual composite images are derived from images for each season within a given year.

According to WaW User Manual (Copernicus Land Monitoring Service, 2020) definition of water and wetness classes are:

- Dry (always dry or mostly dry with minor instances of wet or water, i.e. < 25 %): sand, bedrock, sealed surfaces, etc.;
- Always water (the highest ratio of the water/total instance, > 85 %, are classified as permanent water surfaces): permanent inland lakes (natural), artificial ponds (permanent fishponds, reservoir), natural ponds (permanent open water surfaces of inland or coastal wetlands), rivers, channels, etc.;
- Temporary water surfaces (ratio between 25 % to 85 %, water/total instances, with varying degrees of wetness): temporary water surfaces associated to permanent water bodies, temporary natural lakes and temporary artificial lakes, intermittent rivers, flood areas, etc.;
- Always wet surfaces (areas with > 75 % wet/total instances): reeds, peat land, inland wetlands, etc.;
- Temporary wet surfaces (areas with 25 % to 75 % wet/total instances and minor instances of water): including areas of changing soil moisture, Intermittent wetlands, etc.

Пан-европски слојеви високе резолуције омогућавају информације о специфичним карактеристикама типова површинске покривности и комплементарни су са картирањем покривности и намјеном површина као што је CLC база података (D'amico & Corsini, 2019). Оптичка класификација је примијењена на композите за сваки EEA дио коришћењем динамичког прагу заснованог класификатора. Стога је неколико спектралних индекса израчунато и убачено за сваки композит. За детекцију воде коришћени су спектрални индекси као што су NDWI (Normalized Difference Water Index) и његова модификована верзија mNDWI (Modified Normalized Difference Water Index), као и NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). За издвајање појаве влажности изабрани су динамички појединачни индекси и прагови из класификатора за сваку локацију. Сви тематски слојеви за 2018. добијени су из мултитемпоралних података Sentinel-2 сателитских снимака од ESA и пружају намјенске информације о актуелним условима животне средине и трендовима промјена, у просторној резолуцији од 10 m, 20 m и 100 m (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

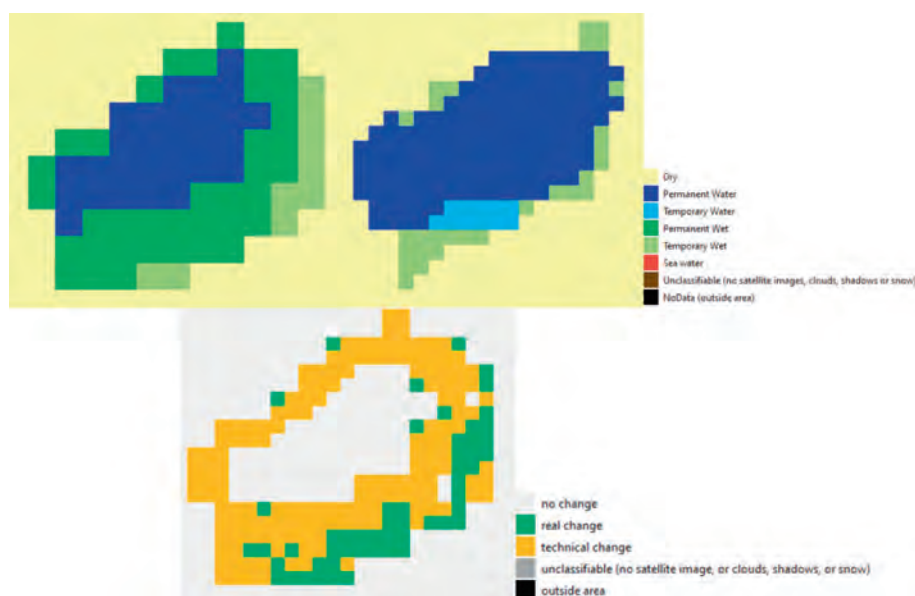
WAWCSL (WaW Consistency Support Layer) је растерски слој подршке конзистентности који приказује вриједности разлике између референтних слојева из 2015. и 2018. године у просторној резолуцији од 10 m (Сл. 1). Овај слој омогућили су провајдери услуга као додатни слој подршке за информисање корисника о разликама између два статусна слоја из 2015. и 2018. године под утицајем повећаног квалитета и резолуције улазних података. Стога је развијена намјенска процедура која раздваја „техничке разлике“ (због промјене просторне резолуције са 20 m на 10 m) између примарних HRL производа Water and Wetness 2015. и 2018. и стварних промјена у класама вода и влажност. Слој подршке конзистентности је заснован на пуној Sentinel-2 временској серији. Стога је извршена линеарна регресија на композитима 2018. и 2015. mNDWI индекса који на нивоу пиксела показују да ли су фенолошке криве на одређеној локацији стабилне или имплицирају било какав тренд, дајући на тај начин индикацију (праг) је ли уочена разлика

Pan-European high-resolution layers provide information on specific land cover characteristics and are complementary to land cover/land use mapping such as in the CLC datasets (D'amico & Corsini, 2019). The optical classification was applied on the composites for each EEA tile using a dynamical threshold-based classifier. Therefore, several spectral indices were computed and stacked for each composite. For water detection, spectral indices such as the Normalised Difference Water Index (NDWI) and its modified version Modified Normalized Difference Water Index (mNDWI), as well as the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) were used. For wetness extraction, individual indices and thresholds were chosen dynamically from the classifier for each site. All thematic layers for 2018 are derived from multi-temporal Sentinel-2 satellite data from the ESA and provide dedicated information on current environmental conditions and change trends in 10 m, 20 m and 100 m spatial resolution (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

The WAWCSL (WaW Consistency Support Layer) is a raster displaying a measure of difference between the 2015 and 2018 reference layers in 10 m spatial resolution (Fig. 1). This layer was provided by the Service Providers as an additional support layer to inform users where the differences between the two status layers of 2015 and 2018 are influenced by the increased quality and resolution of input data. Thus, a dedicated workflow has been developed that separates “technical differences” (due to the shift in spatial resolution from 20 m to 10 m) between the primary HRL Water and Wetness products 2015 and 2018 and actual changes in class of water and wetness. The Consistency Support Layer is based on the full Sentinel-2 time series. Therefore, a linear regression was performed on the mNDWI composites 2018 and 2015, which indicate on pixel-level whether the phenology curves at a particular location are stable or imply any trend, thereby providing an indication (threshold) if an observed difference is like-

стварна или је настала због промјене резолуције (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).

ly to be real or due to the resolution change (Copernicus Land Monitoring Service, 2020).



Сл. 1. Горе лијево – WaW 2015, горе десно – WaW 2018, доле – слој подршке конзистентности (Copernicus Land Monitoring Service, 2020)

Fig. 1. Upper left – WaW 2015, upper right – WaW 2018, down – consistency support layer (Copernicus Land Monitoring Service, 2020)

Да би се анализирао утицај надморске висине на распоред влажних подручја кориштен је европски дигитални модел висина (EU DEM v1.1.) резолуције 25 m. Модел је преузет са званичне странице Copernicus Land Monitoring Service (доступно на <https://land.copernicus.eu/>). Територија РС је подијељена на 4 висинске зоне: 0–500 m, 500–1000 m, 1000–1500 m и изнад 1500 m, затим су израчунате влажне површине унутар сваке од њих.

Поред тога, обрађени су подаци из CLC базе података, која има нешто слабију резолуцију (25 ha) и не пружа тако прецизне информације, али има дужи низ осматрања. CLC дефинише копнене мочваре (шифра 4.1) (European Environment Agency, 2019) као подручја поплављена или подложна поплавама током већег дијела године слатком, бочатом или стајаћом водом са специфичном вегетацијом која се састоји од ниских жбунова, полудрвенстих или зељастих врста. Укључује ободну вегетацију језера, ријека, еутрофних мочвара, вегетацију транзиционих каљуга и тресећих блатишта и

Digital elevation model (EU-DEM v1.1.) with a spatial resolution of 25 m has been used for distribution of wetness areas by altitude zones. The model was downloaded from the official Copernicus Land Monitoring Service web site (available at <https://land.copernicus.eu/>). The territory of the RS is divided into four altitude zones: 0–500 m, 500–1000 m, 1000–1500 m and over 1500 m, and then the wet areas inside each of them were calculated.

In addition, a CLC database will be processed, which has a slightly lower resolution (25 ha) and does not provide such accurate information, but has a longer time series of observations. CLC defines inland wetlands (code 4.1) (European Environment Agency, 2019) as areas flooded or liable to flooding during the great part of the year by fresh, brackish or standing water with specific vegetation coverage made of low shrub, semi-ligneous or herbaceous species. Includes water-fringe vegetation of lakes, rivers, and brooks and of fens and eutrophic marshes, vegetation of

извора, високо олиготрофне и јако киселе заједнице које се углавном састоје од сфагнума који расте на тресету и добија влагу из травнатих или покривених блатишта.

Главни фактори који утичу на класификације земљишног покривача на нивоу пиксела су прецизност и калибрација сензора, тачност геолокације, атмосферски поремећаји, слични спектрални прикази различитих објеката, квалитет референтних података и перформансе алгоритма уопште. Сваки производ земљишног покривача подразумева последицу ових непрецизности и начина на који се оне шире дуж ланца обраде, што коначно утиче на поузданост резултирајуће класификације. Неизвјесности које произилазе из улазних података и како ове непрецизности утичу на резултат класификације обично је тешко и скупо процијенити, пошто би то захтјевало праћење грешке детектора кроз све процедуре које се примјењују на податке. Стога се занемарују у даљој процјени неизвјесности. Слој повјерења који се испоручује са производом комбинује више параметара квалитета и обраде и садржи информације које показују индекс повјерења по пикселу при резолуцији од 10 m. За прорачун, слој повјерења користи вјероватноћу воде (1) и влажности (минимално 3) од децембра 2015. до децембра 2018. године (Copernicus Land Monitoring System, 2020).

РЕЗУЛТАТИ

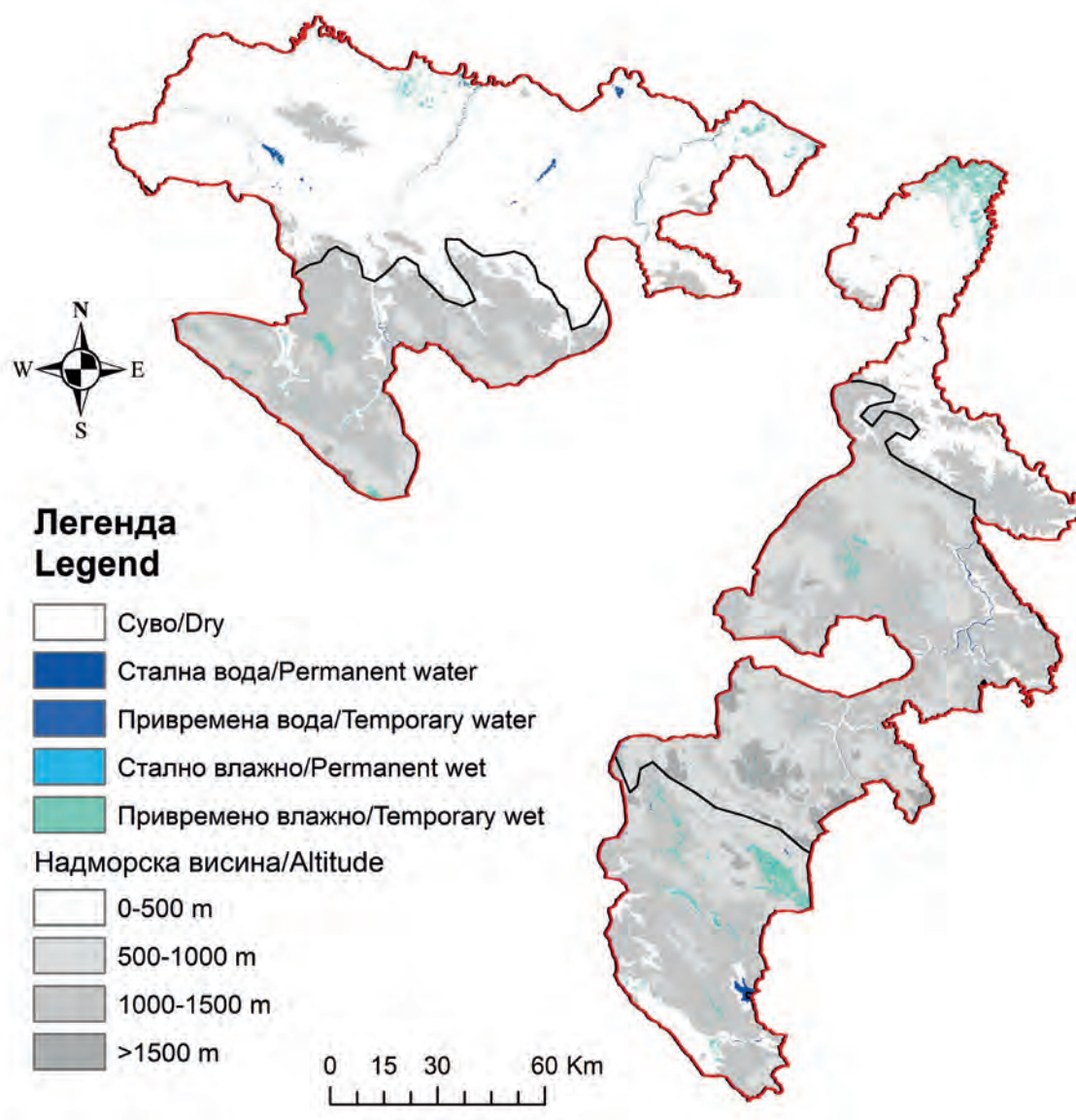
Према WaW 2018 бази података зоне које припадају категорији стална и повремена вода обухватају 11295 ha (0.46 %) и 534 ha (0.02 %), што је укупно 0.48 % територије РС. Привремено влажна подручја заузимају 44546 ha (445.46 km²) или 1.81 % док стално влажна подручја обухватају 768 ha (7.68 km²) или 0.03 % територије РС (Таб. 1, Сл. 2).

transition mires and quaking bogs and springs, highly oligotrophic and strongly acidic communities composed mainly of sphagnum growing on peat and deriving moistures of raised bogs and blanket bogs.

The main influencing factors to impact land cover classifications on a pixel level are the sensor precision and calibration, geolocation accuracy, atmospheric disturbances, similar spectral signatures of different objects, quality of the reference data and the algorithm performance in general. Any land cover product is a function of these imprecisions and how they are propagated along the processing chain finally impacting the reliability of the resulting classification. The uncertainties arising from the input data and how these imprecisions affect the classification result is usually difficult and costly to assess, since this would require tracing the detector error through all procedures applied to the data. We therefore neglect these from the further estimation of uncertainties. The confidence layer provided with the product combines multiple quality and processing-based parameters and contain information showing the per-pixel confidence index at 10 m pixel resolution. For the calculation, the confidence layer uses the water (1) and wetness (minimum of 3) probabilities from December 2015 to December 2018. (Copernicus Land Monitoring System, 2020).

RESULTS

According to the Water and Wetness 2018 (WaW 2018) database, the zones of permanent and temporary water cover 11295 ha (0.46 %) and 534 ha (0.02 %), which is a total of 0.48 % of the RS territory. Temporary wetlands cover 44546 ha (445.46 km²) or 1.81 %, while permanent wetlands cover 768 ha (7.68 km²) or 0.03% of the RS territory (Tab. 1, Fig. 2).



Сл. 2. Просторна дистрибуција влажних подручја у РС
Fig. 2. Spatial distribution of wetlands in the RS

Мало мање прецизна база података WaW 2015 приказује да привремено влажна подручја заузимају 3.32 %, а стално влажна 0.02 % територије РС. Сталне и повремене воде обухватају 0.42 % и 0.13 % или укупно 0.55 % територије РС (Таб. 1). Ради повећања просторне резолуције са 20 m на 10 m и смањења минималне картографске јединице са 1 ha у 2015. на 0.03 ha у 2018. ове двије базе података нису потпуно упоредиве и подаци могу значајно да се разликују.

A little bit less accurate WaW 2015 database shows that temporarily wet areas occupy 3.32 % and permanent wet 0.02 % of the RS territory. Permanent and temporarily water cover 0.42 % and 0.13 % or a total of 0.55 % of the RS territory (Tab. 1). In order to increase the spatial resolution from 20 m to 10 m and reduce the minimum cartographic unit from 1 ha in 2015 to 0.03 ha in 2018 these two databases are not completely comparable, and the data may differ significantly.

Таб. 1. Типови WaW класа у РС за 2015. и 2018. годину
 Tab. 1. Types of WaW classes in the RS for 2015 and 2018

		Суво / Dry	Стална вода / Permanent water	Привремена вода / Temporary water	Стално влажно / Permanent wet	Привремено влажно / Temporary wet
2018	P (km ²)	24042.63	123.81	5.57	8.31	451.66
	P (%)	97.61	0.50	0.02	0.03	1.83
2015	P (km ²)	23689.81	103.18	31.68	5.27	818.41
	P (%)	96.11	0.42	0.13	0.02	3.32

Разлике у резолуцији између WaW 2015 и WaW 2018 доводе до двије врсте регистрованих промјена: техничких и реалних. Техничке се односе на промјене због преласка са резолуције од 20 m на резолуцију од 10 m, док су реалне промјене оне које су се стварно догодиле, односно које нису настале као резултат техничке обраде података.

Реалне промјене влажности на територији РС износе 37.9 km², а техничке 745.3 km². На територији цијеле БиХ реалне промјене износе 58.9 km², а техничке 1087.9 km². Промјене које су се догодиле на конкретним локацијама забиљежене су углавном у Посавини: мочвара Бардача, подручја рибњака Саничани, Сијековац, рибњак код Прњавора, пољопривредне површине јужно од Градишке и ниски терени око ријечних токова. Од влажних зона у Херцеговини, промјена скоро да није било. Врло мале промјене су забиљежене на територији Гатачког поља или око водних акумулација, што се може сматрати нормалном флукуацијом влажности земљишта у зависности од варијација плувиометријског режима. Такође, малих промјена у влажности било је на Гвозном пољу код Калиновика, Гласиначком крашком пољу код Сокоца као и дуж и око тока ријеке Дрине. Око 71 % свих реалних промјена догодиле су се у сјеверном биогеографском региону.

Према WWPI бази података око 67 % појављивања влажности припада мањој вјероватноћи од 11–30 %, што значи да ће се у 10 година бар 1–3 године појавити вода или влажна површина (Таб. 2). То су зоне крашких поља источне Херцеговине, Семберија, Посавина око Бардаче и ушћа Босне до границе са Брчко

Differences in resolution between WaW 2015 and WaW 2018 lead to two types of registered changes: technical and real. Technical changes refer to changes registered due to the transition from there solution of 20 m to the resolution of 10 m, while real changes are those that actually occurred, i.e. which did not occur as a result of technical data processing.

Real changes in surface wetness on the territory of the RS are 37.9 km², and technical ones are 745.3 km². On the territory of the entire B&H, real changes amount to 58.9 km², and technical changes to 1087.9 km². Changes that have occurred at specific locations have been recorded mainly in the region of Posavina: the Bardača swamp, the areas of the Saničani pond, Sijekovac, the pond near Prnjavor, agricultural areas south of Gradiška and low lands around the river courses. Among the wetlands in Herzegovina, there has been almost no change. Very small changes have been recorded at the territory of Gatačko field or around water accumulations, which can be considered a normal fluctuation of soil moisture depending on variations in the pluviometric regime. Also, there have been minor changes in humidity on Gvozno field near Kalinovik, Glasinac karst field near Sokolac, as well as along and around the Drina River. Around 71 % of all real changes have occurred in the northern biogeographical region.

According to the WWPI database, about 67 % of the occurrence of wetness belongs to a lower probability of 11–30 % which means that in 10 years at least 1–3 years, water or a wet surface will appear (Tab. 2). These are the zones of the karst fields of Eastern Herzegovina, Semberija, Posavina around Bardača and the mouth of Bosnia to the border with the Brčko District, Podraško

Дистриктом, Подрашко поље код Мркоњић Града, дио Купрешког поља (општина Рибник), Гласиначко поље, итд.

polje near the municipality of Mrkonjić Grad, part of Kupreško field (municipality of Ribnik), Glasinačko field, etc.

Таб. 2. Вјероватноћа појаве влажности у РС
Tab. 2. Wetness probability in the RS

WWPI %	1–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100	Укупно / Total
P (km ²)	0.87	217.67	177.35	42.65	12.74	9.99	10.71	12.08	14.7	90.31	589.07
P (%)	0.15	36.95	30.11	7.24	2.16	1.7	1.82	2.05	2.49	15.33	100.00

Када је ријеч о вертикалној зоналности, WaW 2018 показује да се привремено влажна подручја највише појављују унутар зоне 0–500 m (61.6 %) којој припадају алувијалне равни Саве и Дрине, затим унутар зоне 500–1000 m (33.8 %), док се од 1000–1500 m појављују мало (3.8 %), а изнад 1500 m скоро никако (0.8 %). С друге стране, стално влажна подручја се највише појављују у зони 500–1000 m, прије свега захваљујући средње високим и високим крашким пољима: Гатачко, Невесињско и др. (Таб. 3).

When it comes to vertical zoning, WaW 2018 shows that temporarily wetlands occur mostly within the zone 0–500 m (61.6 %) along to alluvial plains of the Sava and Drina, then within the zone 500–1000 m (33.8 %), while from 1000–1500 m appear little (3.8 %) and above 1500 m almost none (0.8 %). On the other hand, permanent wet areas mostly appear in the zone of 500–1000 m, primarily due to medium-high and high karst fields: Gatačko, Nevesinjsko and others (Tab. 3).

Таб. 3. Вертикална зоналност влажних подручја у РС
Tab. 3. Vertical zonation of wet classes in the RS

Влажна подручја / Wet areas	0–500 m		500–1000 m		1000–1500 m		> 1500 m	
	P (km ²)	P (%)	P (km ²)	P (%)	P (km ²)	P (%)	P (km ²)	P (%)
Привремено влажна / Temporary wet	274.8	61.6	150.5	33.8	17.1	3.8	3.7	0.8
Стално влажна / Permanent wet	3.6	46.8	3.7	48.6	0.3	4.4	0.0	0.0

Анализа влажности по биогеографским регионима (Таб. 4) показује да најмање влажних подручја има централни алпски регион гдје привремена влажна подручја заузимају 0.7 %, слиједи сјеверни континентални који заузима 2.09 % територије, док највише влажности има јужни медитерански регион гдје привремено влажна подручја заузимају 4.2 % територије. Томе највише доприносе крашка поља која у кишном периоду године не могу примити сву воду у подземне канале па долази до изливања воде на површини. Сјеверни континентални регион има нешто већу влажност око алувијалних равни ријека, посебно у Посавини и Семберији.

Analysis of wetness by biogeographical regions (Tab. 4) shows that there is the least amount of wetlands in the central alpine region, where temporarily wet areas occupy 0.7 % of the territory, followed by the northern continental with 2.09 %, while the southern Mediterranean region is the most humid one, with 4.2 %. The karst fields contribute the most to this, as they cannot receive all the water in the underground channels during the rainy period of the year, so water spills on the surface. The northern continental region has slightly higher humidity around the alluvial plains of rivers, especially in Posavina and Semberija. In the central alpine

У централном алпском региону, који је и „најзеленији“ и који има највеће нагибе терена, влага се врло мало појављује на површини. Значајан проценат влаге се утроши на транспирацију. Према Оторепес (1991), у шуми се око једна четвртина воде (падавина) задржи у круни и на гранама док три четвртине доспијевају у земљиште. У зависности од врсте шуме задржавање (интерцепција) падавина износи: јелове шуме 32 %, мијешане 27 %, широколисне 20 %, борове шуме 15 %.

region, which is also the “greenest” and has the highest slopes, very little moisture appears and retains on the surface. Significant percentage of the moisture is used for transpiration. According to Otoresep (1991), about one quarter of the water (precipitation) in a forest is retained in the crown and on the branches while three quarters reach the soil. Depending on the type of forest, the interception of precipitation is: fir forest 32 %, mixed forest 27 %, deciduous forest 20 %, pine forest 15 %.

Таб. 4. WaW класе према биогеографским регионима РС
Tab. 4. WaW classes by biogeographical regions in the RS

Региони / Regions	Сјеверни Континентални / Continental		Централни Алпски / Alpine		Јужни Медитерански / Mediterranean	
	P (km ²)	P (%)	P (km ²)	P (%)	P (km ²)	P (%)
Суво / Dry	10793.09	97.38	9885.26	99.07	3124.87	95.12
Стална вода / Permanent water	52.97	0.48	20.41	0.20	19.11	0.58
Привремена вода / Temporary water	4.03	0.04	0.25	0.00	0.68	0.02
Стално влажно / Permanent wet	2.41	0.02	2.52	0.03	2.68	0.08
Привремено влажно / Temporary wet	231.15	2.09	69.44	0.70	137.96	4.20

Према CLC бази података о промјенама, у периоду од 2000. до 2018. године, влажна подручја (4.1) су смањила површину за 395 ha (3.95 km²). Међу њима, унутрашње/копнене мочваре (4.1.1) биле су најугроженије од других типова земљишног покривача, прије свега од водних тијела (5.1.2) са 208 ha, ненаводњаваних ораница (2.1.1) са 156 ha и транзицијске шуме/шикаре (3.2.4) са 17 ha. На подручјима са већом количином падавина воде су се изливале преко мочварних предјела, док је дио мочвара претворен у пољопривредно земљиште.

Интерпретацијом ових промјена, које су картографски потврђене путем WaW базе података и других сателитских снимака и спектралних индекса, може се закључити да је дио мочвара претворен у рибњаке, а дио у обрадиво земљиште. Разлози за пренамјену простора леже у тежњи за већом продуктивношћу и економским профитом.

According to the CLC Change database, in the period from 2000 to 2018 the area of wetlands (4.1) was reduced for 395 ha (3.95 km²). Among them, inland marshes (4.1.1) were most endangered by other land cover types, primarily with water bodies (5.1.2) with 208 ha, non-irrigated arable land (2.1.1) with 156 ha and transitional woodland/shrub (3.2.4) with 17 ha. In areas with higher rainfall, water spilled over wetlands, while part of the wetland was converted to agricultural land.

By interpreting these conversions, which are cartographically confirmed through the WaW database and other satellite images and spectral indices, it can be concluded that a part of the wetland has been turned into fishponds and another part into arable land. The reasons for the new purpose of this areas lie in the pursuit of higher productivity and economic profit.

Примјер промјена влажности:
Студије случаја Бардача
и Саничани

Example of wetness changes:
Case Studies Bardača
and Saničani

Као подручје гдје су забиљежене највеће промјене односно губици влажних површина у РС, узет је примјер заштићеног подручја Бардача. „То је специфичан аквални комплекс који карактерише плитка издан, која је у директној зависности од количине падавина и водостаја Саве, Врбаса и њихових притока, те мијења аквалне карактеристике и утиче на укупну просторно-функционалну организацију“ (Mandić, 2011, стр. 73).

Мочварни комплекс Бардача је 2007. године проглашен Рамсарским подручјем број 1658. Састоји се од 11 језера смјештених између ријека Саве и Врбас, сјевероисточно од Бањалуке у близини мјеста Србац. Бардача представља јединствено природно богатство за РС. Укупна површина резервата Бардача је 670 ха и значајна је првенствено као станиште за преко 170 различитих врста птица, од којих су неке ендемски примјерци (Јавна установа Воде Српске, 2017). Према актуелном просторном плану РС подручје Бардаче обухвата 3500 ха.

CLC база података о промјенама показује да су губици посебно забиљежени током периода 2006–2012. године када је око резервата Бардача извршена конверзија дијела водних подручја у ненаводњавану обрадиву површину (2.1.1) у износу од 418 ха.

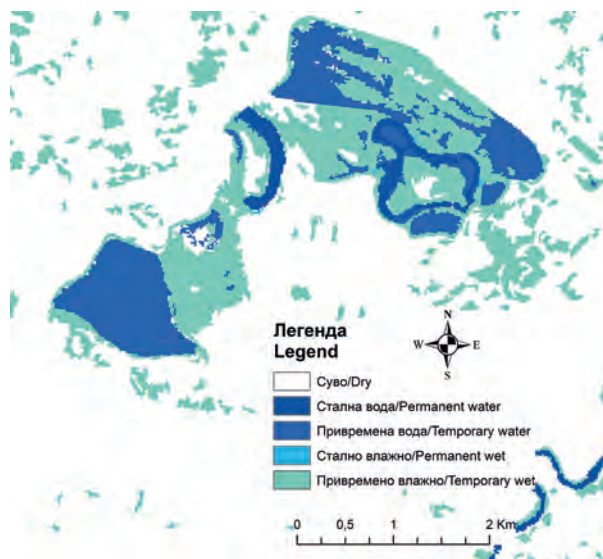
На територији резервата Бардача база података о промјенама (WAWCSL) регистровала је у периоду 2015–2018. године реалне промјене у износу од 321 ха и техничке 237 ха (Сл. 3 и Сл. 4). Промјене су у вези са смањењем влажних подручја конверзијом у пољопривредно земљиште. У истом периоду на широј територији око рибњака Саничани забиљежено је 494 ха реалних промјена и 230 ха техничких промјена.

The example of the Bardača protected area was taken as the area where the greatest changes or losses of wetlands were recorded in the RS. “It is a specific water complex characterized by a shallow outlet, which is directly dependent on the amount of precipitation and the water level of the Sava, Vrbas and their tributaries, and it changes the characteristics of the water and affects the overall spatial-functional organization” (Mandić, 2011, pp. 73).

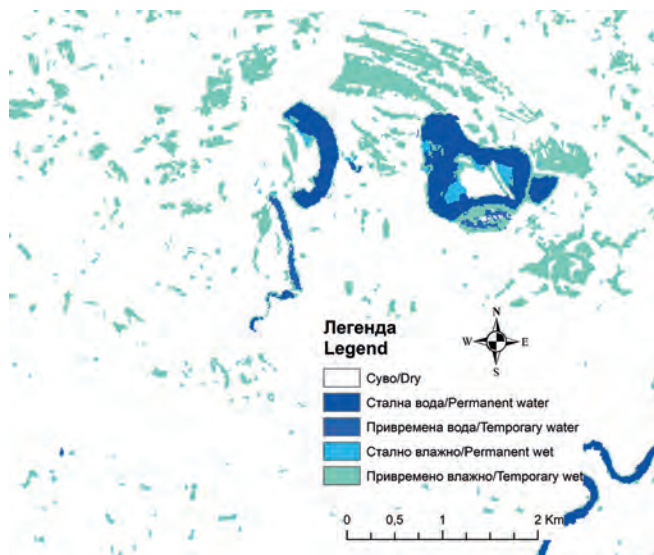
The Bardača wetland complex was declared Ramsar site number 1658 in 2007. It consists of 11 lakes located between the Sava and Vrbas rivers, northeast of Banja Luka near Srbac. Bardača is a unique natural resource for RS. The total area of the Bardača reserve is 670 ha and is important primarily as a habitat for over 170 different bird species, some of which are endemic (Јавна Установа Воде Српске, 2017). According to the current spatial plan of the the RS the Bardača area covers 3500 ha.

The CLC Change database shows that losses were particularly recorded during the period 2006–2012. when a part of water areas around the Bardača reserve was converted into non-irrigated arable land (2.1.1) in the amount of 418 ha.

At the territory of the Bardača protected area, the database on changes (WAWCSL) registered real changes in the period of 2015–2018 in the amount of 321 ha and technical changes in the amount of 237 ha (Fig. 3 and Fig. 4). The changes are related to the reduction of wetlands that have been converted into agricultural land. In the same period, 494 ha of real changes and 230 ha of technical changes were recorded in the wider area around the Saničani fishpond.



Сл. 3. Зона око Бардаче према WaW 2015.
Fig. 3. Bardača area according to WaW 2015.



Сл. 4. Зона око Бардаче према WaW 2018.
Fig. 4. Bardača area according to WaW 2018.

„Обзиром да је деградација овог простора бржа од реализације планираних активности заштите и развоја, неопходно је сагледавање потенцијала, ограничења, актера и могућих корака у циљу постизања развојне равнотеже уз активно укључивање локалне заједнице“ (Mandić, 2011, стр. 89).

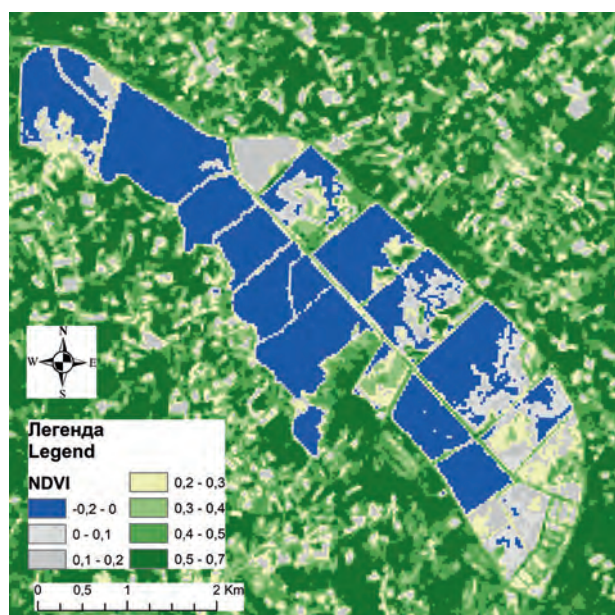
Око 60 km југозападно од Бардаче налази се рибњак Саничани, са 35 језера и површином од 1300 ha један је од највећих и најстаријих рибњака у РС са преко 100 година постојања.

„Considering that the degradation of the area is faster than the implementation of planned activities of protection and development, it is necessary to view the potentials, constraints, active participants and possible steps in order to achieve the development balance along with the active involvement of local communities“ (Mandić, 2011, pp. 89).

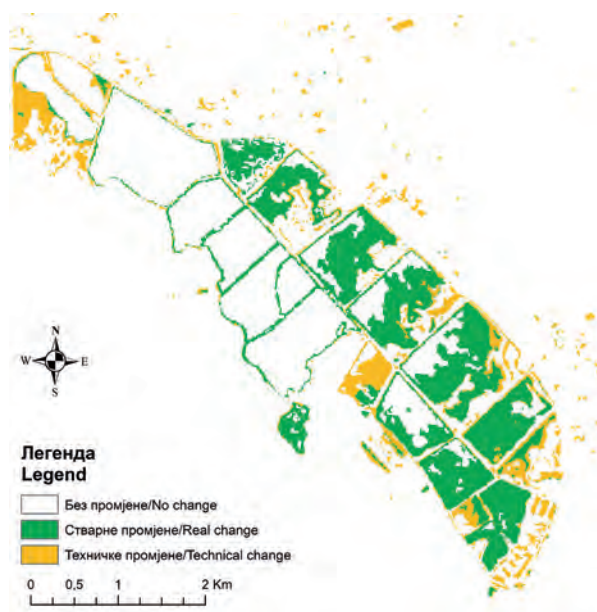
About 60 km southwest of Bardača, there is a fishpond Saničani. With its 35 lakes, it covers about 1300 hectares and is one of the largest fishponds in RS, and also one of the oldest, because it is

За разлику од Бардаче, овдје се промјене односе на прелазак из једног типа влажности у стално водно тијело.

over 100 years old. Unlike Bardača, these are the changes from one type of humidity to a permanent water surface.



Сл. 5. Рибњак Саничани према NDVI промјенама
Fig. 5. Fishpond Saničani by NDVI changes



Сл. 6. Рибњак Саничани према WaWCSL промјенама
Fig. 6. Fishpond Saničani by WaWCSL changes

На Сл. 5 приказан је NDVI спектрални индекс добијен са сателитског снимка из маја 2016. године (доступно на <https://earthexplorer.usgs.gov/>), док су на Сл. 6 приказане техничке и стварне промјене на рибњаку Саничани за

Fig. 5 shows the NDVI spectral index obtained from the satellite image from May 2016 (available at <https://earthexplorer.usgs.gov/>), while Fig. 6 shows the technical and real changes at fishpond Saničani for the peri-

период 2015–2018. године. Из слика се види да су промјене настале као резултат проширења капацитета рибњака.

ДИСКУСИЈА

Као што резултати истраживања показују, привремено влажна подручја заузимају знатно већу територију у односу на стално влажна. Око 4 % територије у медитеранском биогеографском региону заузимају влажна подручја, у континенталном око 2 %, а у алпском региону 0.7 %. Имајући у виду узроке појавности влажности, може се закључити да се у источној Херцеговини влажно тло, поред високе количине падавина, углавном појављује захваљујући геолошкој подлози и рељефу крашких поља која представљају депресије без могућности већег површинског отицања. На равничарском сјеверу најзначајнији фактори појаве влажности су близина великих ријека и низак ниво издани. Централни планинско-котлински регион има мање влажних подручја због рељефа, високог коефицијента отицања и бујне вегетације.

Промјене у влажности износе 8.4 % у односу на влажна подручја РС. Међутим, интересантно је анализирати географски положај промјена и с тим у вези начине коришћења простора као узрочнике промјена. Дакле, највеће промјене догодиле су се на сјеверу, у региону Посавине (71 %), гдје су узроци промјена влажности тла биле антропогене активности као што су исушивање мочвара ради стварања обрадивог земљишта, формирање рибњака и промјене тока равничарских ријека. С друге стране, врло мало промјена влажности било је унутар крашких поља источне Херцеговине. То наводи на закључак да за промјене које су настале као последица климатских промјена не постоје јасни докази. Иако је подручје Херцеговине у цијелој БиХ највише изложено климатским промјенама (повећање температура до 20 % и смањење падавина до 20 %) (Опрашић et al., 2016) то се није одразило на евентуално смањење влажних подручја.

Иако је пренамјеном употребе мочварних подручја повећана привредна активност, на

od 2015–2018. It can be seen from the figures that the changes are the result of expanding the capacity of the pond.

DISCUSSION

As it is shown by the results of the research, temporarily wet areas occupy a much larger territory compared to permanently wet ones. About 4 % of the territory in the Mediterranean biogeographic region is occupied by wetlands, in the continental region about 2 %, and in the Alpine region 0.7 %. Having in mind the causes of surface wetness, it can be concluded that, in eastern Herzegovina, moist soil, in addition to high rainfall, occurs mostly due to the geological layers and relief of karst fields that are depressions without the possibility of high runoff value. In the flat northern region, the most significant factors in the occurrence of humidity are the proximity of large rivers and the low level of groundwater. The central mountain-valley region has less humid areas due to the relief and high coefficient of runoff and lush vegetation.

The changes in humidity is 8.4 % of the total wet areas of RS. However, it is interesting to analyse the geographical location of change and related land use as a cause of change. Thus, the largest changes occurred in the north, in the Posavina region (71 %), where these moisture changes were caused by anthropogenic activities such as draining wetlands to create arable land, forming ponds and changing the course of lowland rivers. On the other hand, very few changes in humidity occurred within the karst fields of eastern Herzegovina. This leads to the conclusion that there is no clear evidence that this kind of changes is the result of climate change. Although the area of Herzegovina is the region of B&H which is most exposed to climate change (increasing temperatures by up to 20 % and reducing precipitation by up to 20 %) (Oprašić et al., 2016), this did not affect the possible reduction of wet areas.

Although the conversion of wetlands has increased economic activity, thus endangering the biodiversity of wetlands and pond vegetation (reeds, rushes, water nuts, water lilies) is endan-

тај начин је угрожен биодиверзитет мочварне и барске вегетације (трска, рогоз, водени орашак, лопоч, локвањ). Такође, угрожавају се орнитолошка станишта за бројне врсте птица. Водни екосистеми постају рањиви и осјетљиви на различите типове загађења, јер су изгубили вегетацијски биофилтер. Вода постаје непогодна за пиће, повећава се процес еутрофизације и појава „цвјетања воде” због присуства алги. Ти процеси неминовно доприносе смањењу еколошког капацитета влажних подручја. С тим у вези угрожава се концепт одрживог развоја јер се по цијену деградације заштићене природне средине покушава остварити додатни профит.

ЗАКЉУЧАК

Према WaW бази података за 2018. годину, унутар РС забиљежено је 0.46 % територије категоризоване као стална вода и 0.02 % као привремена вода. Привремено влажна подручја обухватају 1.81 % територије РС, а стално влажна 0.03 %. У односу на 2015. годину осим сталних вода, све остале категорије забиљежиле су смањење, посебно привремено влажна подручја која обухватају скоро двоструко мању територију (са 3.32 % на 1.83 % РС). Ове промјене могу бити техничке, због промјене резолуције двије базе података (прелазак са 20 m на 10 m) и реалне промјене које су углавном антропогеног поријекла. Да се ради о промјенама које су узроковане људским активностима говоре и њихови локалитети и намјена: резерват Бардача код Српца, рибњаци Саничани, Сијековац, рибњак код Приједора и др. Остале промјене односе се на мања подручја око доњих токова Саве, Дрине, Врбаса, Босне и других ријека због повременог изливања и мијењања правца тока.

Када је ријеч о биоеографским регионима односно доминантним природним и регионалним цјелинама, највише влажних подручја забиљежено је у регији Херцеговина, посебно на подручју средње високих и високих крашких поља. У кишном периоду геолошки слојеви не могу примити сву воду па се она појављује на површини. Други регион богат влажним под-

gered. Ornithological habitats for many bird species are endangered as well. In this way, aquatic ecosystems become vulnerable and sensitive to different types of pollution, because they have lost their vegetation biofilter. Water becomes unfit for drinking, the process of eutrophication increases and the appearance of “water blooms” due to the presence of algae. These processes inevitably contribute to the reduction of the ecological capacity of wet areas. In this regard, the concept of sustainable development is being jeopardized because at the cost of degrading the protected natural environment, attempts are being made to make additional profits.

CONCLUSION

According to the WaW for 2018, within the RS, 0.46 % of the territory categorized as permanent water and 0.02 % as temporary water was recorded. Temporarily wet areas cover 1.81 % of the RS territory, and permanent wet ones 0.03 %. Compared to 2015, except for permanent water, a decrease was recorded in all other categories, especially the temporarily wet areas that cover almost twice the size of the territory (from 3.32 % to 1.83 % RS). These changes can be technical, due to changes in the resolution of two databases (transition from 20 m to 10 m) and real ones that are mostly of anthropogenic origin. The fact that these changes were caused by human activities is also indicated by their localities and purpose: the Bardača reserve near Srbac, the Saničani fishponds, Sijekovac, the fishpond near Prijedor and others. Other changes are related to smaller areas around the lower reaches of the Sava, Drina, Vrbas, Bosna and other rivers due to occasional overflows and changes in flow direction.

When it comes to biogeographical regions or dominant natural and regional units, the most wetlands were recorded in the region of Herzegovina, especially in the area of medium-high and high karst fields. During the rainy season, the geological layers cannot receive all the water, so it appears on the sur-

ручјима је сјеверни, и односи се на Посавину и Семберију. У овом случају ради се о алувијалним равнима ријека и ниској издани, па се влажна подручја појављују на равничарском терену на више мјеста. Најмање влажних подручја има централни планинско-котлински односно алпски биogeографски регион, превасходно због стрмих нагиба терена, високог коефицијента отицања и бујне вегетације. Влажна подручја се појављују само спорадично, на равном терену, унутар котлина и депресија мањих крашких поља.

face. Another region rich in wetlands is the north, and refers to the regions of Posavina and Semberija. In this case, it is the alluvial plains of rivers and low level of groundwater, so wetlands appear on the plains in several places. The central mountain-valley region i.e. Alpine biogeographical region has the least wetlands, primarily due to the steep slopes of the terrain, high coefficient of runoff and lush vegetation. Wetlands appear only sporadically, on flat terrain, within valleys and depressions of small karst fields.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Avdić, S., Cupać, R., Tais, M., Drešković, N., Trbić, G., Jakšić, B., Muharemović, A., Husika, A., Rajčević, B., Stojanović, B., Crnogorac, Č., Bajić, D., Stefanović, Đ., Vojinović, Đ., Stojisavljević, D., Arnautović Aksić, D., Hadžić E., Kupusović, E., Popović, G., ... Jagodić, Z. (2013). *Second National Communication of Bosnia and Herzegovina under UNFCCC*. UNDP. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ba/BiH_SNCBiH_EN.pdf
- Bajić, D., & Trbić, G. (2011). Application of GIS And Regression Models in Modeling Temperature Changes on the Example of Republika Srpska. *Гласник/Herald*, 14, 91–99. <https://doi.org/10.7251/HER1014091B>
- Bajić, D., & Trbić, G. (2016). *Climate Atlas of Bosnia and Herzegovina*. Faculty of Natural Sciences and Mathematics of the University of Banja Luka. http://www.unfccc.ba/klimatski_atlas/klimatski_atlas.pdf
- Cammalleri, C., Micale, F., & Vogt, J. (2015). On the value of combining different modelled soil moisture products for European drought monitoring. *Journal of Hydrology*, 525, 547–558. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.04.021>
- Cheval, S., Dumitrescu, A., & Birsan, M-V. (2017). Variability of the aridity in the South-Eastern Europe over 1961–2050, *Catena*, 151, 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.11.029>
- Copernicus Land Monitoring Service. (2020). *Water and Wetness 2018*. User Manual. <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/water-wetness-2018-user-manual.pdf>
- Drašković, B., Ponosov, A., Zhernakova, N., Gutalj, M., & Miletić, B. (2020). Land cover types and changes in land use in Republic of Srpska (Bosnia and Herzegovina) over the period 2000–2018. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, 70(1), 81–88. <https://doi.org/10.2298/IJGI2001081D>
- Drašković, B., & Gutalj, M. (2021). Inland water in Bosnia and Herzegovina. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 834, 012058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/834/1/012058>
- Drašković, B., Ponosov, A. I., & Zhernakova, N. (2021). Temporary and permanent wet zones in Bosnia and Herzegovina. In D. Kovacevic (Ed.), *Proceedings of the XII International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2021"* (pp. 797–801). University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture.
- Ducić, V., Burić, D., Trbić, G., & Cupać, R. (2014). Analysis of Precipitation and Draughts on BiH Territory Based Upon Standardized Precipitation Index (SPI). *Гласник/Herald*, 18, 53–70. <https://doi.org/10.7251/HER1814053D>
- D'amico, Q., & Corsini, N. (2019). *HRL Water and Wetness 2015*. Final Validation report. <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/hrl-water-and-wetness-2015-validation-report/view>
- European Environment Agency. (2019). *CORINE Land Cover Nomenclature Guidelines*. <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/water-wetness-2018-user-manual.pdf>

- land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/corine-land-cover-nomenclature-guidelines/html
- Hartig, E. K., Grozev, O., & Rosenzweig, C. (1997). Climate change, agriculture and wetlands in Eastern Europe: Vulnerability, adaptation and policy. *Climatic Change*, 46, 101–121. <https://doi.org/10.1023/A:1005304816660>
- Hofste, R., Kuzma, S., Walker, S., Sutanudjaja, E. H., Bierkens, M. F. P., Kuijper, M. J. M., Sanchez, M. F., Beek, R. V., Wada, Y., Rodríguez, S. G., & Reig, P. (2019). *Aqueduct 3.0: Updated Decision-Relevant Global Water Risk Indicators*. Technical Note. <https://www.wri.org/research/aqueduct-30-updated-decision-relevant-global-water-risk-indicators>
- Јавна установа Воде Српске. (2017). План управљања обласним ријечним сливом (дистриктом) ријеке Саве Републике Српске (2017–2021). <http://www.voders.org/upravljanje-vodama/planski-dokumenti/>
- Langanke, T. (2016). *Copernicus Land Monitoring Service–High Resolution Layer Water and Wetness*. Product specifications document. <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/hrl-water-wetness-technical-document-prod-2015>
- Leutwyler, D., Imamovic, A., & Schär, C. (2021). The Continental-Scale Moisture–Precipitation Feedback in Europe with Parameterized and Explicit Convection. *Journal of Climate*, 34(13), 5303–5320. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0415.1>
- Maity, R., Ramadas, M., & Govindaraju, R. S. (2013). Identification of hydrologic drought triggers from hydroclimatic predictor variables. *Water Resource Research*, 47(7), 4476–4492. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20346>
- Mandić, M. (2011). Settlement Network in the Terms of Sustainable Development of Bardasca. *Гласник/Herald*, 14, 71–89. <https://doi.org/10.7251/HER1014071M>
- Nistor, M. M. (2019). Climate change effect on groundwater resources in South East Europe during 21st century, *Quaternary International*, 504, 171–180. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.019>
- Oprašić, S., Avdić, S., Selmanagić Bajrović, A., Muharemović, A., Prašović, S., Trbić, G., Husika, A., Krajinović, B., Stojanović, B., Zorić, B., Bajić, D., Vojinović, Đ., Arnautović Aksić, D., Zahirović, E., Krečinić, E., Omerčić, E., Kupusović, E., Tica, G., Čustović, H., ... Federal Hydrometeorological Service. (2016). *Third National Communication Bosnia and Herzegovina under UNFCCC*. UNDP. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ba/TNC-Report-ENG.pdf>
- Otorepec, S. (1991). *Agrometeorologija*. Naučna knjiga.
- Popov, T., & Delić, D. (2019). Recent Climate Change in the Semberija Region – Impact on Agricultural Production. *Гласник/Herald*, 23, 35–58. <https://doi.org/10.7251/HER1923035P>
- Popov, T., Gnjato, S., & Trbić, G. (2019). Extreme Temperature and Precipitation Months in the East Herzegovina Region. *Гласник/Herald*, 23, 73–94. <https://doi.org/10.7251/HER1923073P>
- Proietti, C., Anav, A., Vitale, M., Fares, S., Fornasier, M. F., Screpanti, A., Salvati, L., Paoletti, E., Sicard, P., & De Marco, A. (2019). A New Wetness Index to Evaluate the Soil Water Availability Influence on Gross Primary Production of European Forests. *Climate*, 7(3), 42. <https://doi.org/10.3390/cli7030042>
- Taylor, C. M., & Ellis, R. J. (2006). Satellite detection of soil moisture impacts on convection at the mesoscale, *Geophysical Research Letters*, 33(3), L03404. <https://doi.org/10.1029/2005GL025252>
- Trbić, G., Bajić, D., Popov, T., & Oprašić, S. (2014). Drought Issues in Bosnia and Herzegovina. *Гласник/Herald*, 17, 103–120. <https://doi.org/10.7251/HER1714103T>
- Trbić, G., Popov, T., & Gnjato, S. (2017). Analysis of air temperature trends in Bosnia and Herzegovina. *Geographica Panonica*, 21(2), 68–84. <https://doi.org/10.5937/GeoPan1702068T>