

# The River Network of Montenegro in the GIS Database

Goran BAROVIĆ, Duško VUJAČIĆ and Velibor SPALEVIĆ

Study Program Geography, Faculty of Philosophy Nikšić, University of Monte Negro  
Danila Bojovića bb, 81400 Nikšić, Monte Negro  
barovicg@ac.me

**Abstract.** The subject of this paper is the systematization and precise identification of the structure of river networks in Montenegro in both planimetric and hypsometric dimensions, using cartometry. This includes the precise determination of the morphometric parameters of river flows, their numerical display, graphical display, and documentation. This allows for a number of analyses, for example, of individual catchments, the mutual relations of individual watercourses within a higher order catchment, and the classification of flows according to river and sea basins and their relationship to the environment. In addition, there is the potential for expanding the database further, with a view to continuous, systematic, scientific and practical follow-up in all or part of the geographic space. The cartometric analysis of the river network in Montenegro has a special scientific, and also a social value. In the geographical structure of all countries, including Montenegro, rivers occupy a central place as individual elements and integral parts of the whole. There is almost no human activity which is not related to river flows, or related phenomena and processes. The river network as part of a geographic space continues to gain in importance, and therefore studying it must connect with the other structural elements within which it functions. These are the basic relief characteristics, climate, and certain hydrographic characteristics. A complete theoretical and methodological approach to this problem forms the basis for a scientific understanding of the significance of the river network of Montenegro.

**Keywords:** river network, river basin, cartometry, geospace, database, GIS

## 1 Introduction

A large number of local and foreign researchers have shown interest in Montenegro's geospace. Much has been written about its physical geographical characteristics, but to date, the issue dealt with in this paper has not been precisely interpreted by science. In the methodological process of constructing the database, the entire territory was considered, preparatory work was carried out, work methods were established, important parameters were measured, and on the basis of the results, a database was created in MapInfo Professional GIS software.

The basic aim of the paper is to make a contribution to the precise identification, complex interpretation and explanation of the very important, but unresearched content of the geospace of Montenegro.

The theoretical-methodological and empirical directions of this paper are aligned with social interests and the need to apply scientific findings. The results of this research may serve as an undisputed basis for the valorisation of this geospace in the process of spatial planning, protecting and adequately managing Montenegro's natural resources.

The scientific research required a range of preparatory work, which later guaranteed valid, continuous work. Firstly, the problem of choosing the scale of the map on which the watercourses would be plotted was addressed. By looking at the state and choice of maps available, a map scale of 1:25 000 was chosen as the most precise, accessible cartographical model for the entire Montenegrin geospace. Next, the process of choosing an applicable method of research and presentation was carried out according to the particular phases of the

# Baza podataka riječne mreže Crne Gore

Goran BAROVIĆ, Duško VUJAČIĆ i Velibor SPALEVIĆ

Studijski program Geografija, Filozofski fakultet Nikšić, Univerzitet Crne Gore  
Ul. Danila Bojovića bb, 81400 Nikšić, Crna Gora  
barovicg@ac.me

**Sažetak.** Predmet istraživanja ovog rada je sistematizacija i precizna identifikacija strukture riječne mreže Crne Gore u planimetrijskoj i hipsometrijskoj dimenziji s pomoću kartometrije. To podrazumijeva točno utvrđivanje morfometrijskih parametara riječnih tokova, njihov numerički prikaz, grafički prikaz i dokumentiranje. Time se omogućuju brojne analize, npr. analiza pojedinačnih slivnih cjelina, analiza međusobnih odnosa pojedinih tokova u okviru slivnih cjelina višeg reda, klasifikacija tokova po riječnim i morskim slivovima i njihov odnos s prirodnim okruženjem, itd. Pored toga, otvara se mogućnost daljnjeg proširivanja baze podataka s ciljem kontinuiranog i sistematskog, znanstvenog i praktičnog praćenja odnosa u cjelokupnom geoprostoru ili njegovom dijelu. Kartometrijska analiza riječne mreže Crne Gore ima posebnu znanstvenu, ali i društvenu vrijednost. U geografskoj strukturi svake zemlje, pa i Crne Gore, riječni tokovi zauzimaju jedno od središnjih mjesta kao pojedinačni elementi, ali i kao nerazdvojni dijelovi cjeline. Gotovo da nema ljudske djelatnosti koja nekom svojom aktivnošću nije vezana za riječne tokove, pojave ili za njih vezane procese. Riječna mreža kao dio geoprostora svakog dana sve više dobiva na značaju, pa se samim tim i njezino proučavanje mora povezati s ostalim strukturnim elementima u okviru kojih funkcionira. To su: osnovne reljefne karakteristike, klimatske karakteristike i određene hidrografske karakteristike. Cjelovit teorijsko-metodološki pristup ovom problemu predstavlja osnovu za znanstveno razumijevanje značaja riječne mreže Crne Gore.

**Ključne riječi:** riječna mreža, riječni sliv, kartometrija, geoprostor, Crna Gora, baza podataka, GIS

## 1. Uvod

Za geoprostor Crne Gore interesirao se veliki broj domaćih i stranih istraživača. O njezinim fizičko-geografskim karakteristikama napisano je dosta, ali do danas problem obrađen u ovom radu nije egzaktno i znanstveno protumačen. U metodološkom postupku formiranja baze podataka riječne mreže Crne Gore sagledan je cjelokupan prostor, obavljeni pripremni radovi, utvrđene metode rada, izvršena mjerenja bitnih parametara i, na osnovi rezultata istraživanja, formirana baza podataka u GIS softveru MapInfo Professional.

Osnovni cilj rada je dati znanstveni doprinos egzaktnoj identifikaciji, kompleksnom tumačenju i objašnjava vanju vrlo bitnog, a do sada nedovoljno istraženog, sadržaja geoprostora Crne Gore.

Teorijsko-metodološka i empirijska usmjerenost ovog rada u skladu je i s društvenim interesom i potrebom za primjenom znanstvenih saznanja. Rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti kao nesporna osnova valorizacije geoprostora u procesu prostornog planiranja, zaštite i adekvatnog upravljanja prirodnim resursima Crne Gore.

Predmet znanstvenog istraživanja ovoga rada zahtijevao je niz pripremnih radnji koje su kasnije osigurale ispravan i kontinuiran rad. U prvom redu riješen je problem izbora mjerila karte na kojoj će se vodotoci mjeriti. Uvidom u stanje i izbor raspoloživih karata, izabrana je karta mjerila 1:25 000 kao najprecizniji i dostupan kartografski model cjeline geoprostora Crne Gore. Izabrane su metode istraživanja i oblici prezentacije koji će biti primjenjivani u određenim fazama rada: slike, grafikoni, apsolutni i relativni numerički pokazatelji i odgovarajući

work: figures, graphics, absolute and relative numerical indicators, and appropriate GIS software packages. The methods applied in this paper can be found within a range from general scientific to specialised thematic cartography methods. A crucial decision taken right at the beginning addressed the fact that the entire research process needed to be carried out using modern computer software packages.

Cartometry is a branch of cartography in which map findings can be extended. In this case, the metric values – the lengths of river courses in the territory of Montenegro – were determined. The cartometric analysis of Montenegro's river network has a particular scientific and also a social value. In the geographical structure of all countries, including Montenegro, river courses have a central place as individual elements, but also as integral parts of the whole. There is hardly any human enterprise which is not connected in some way with river courses, or the features and processes linked to them. These issues continue to gain in significance and, as a consequence, research must be linked to the other structural elements within which they function.

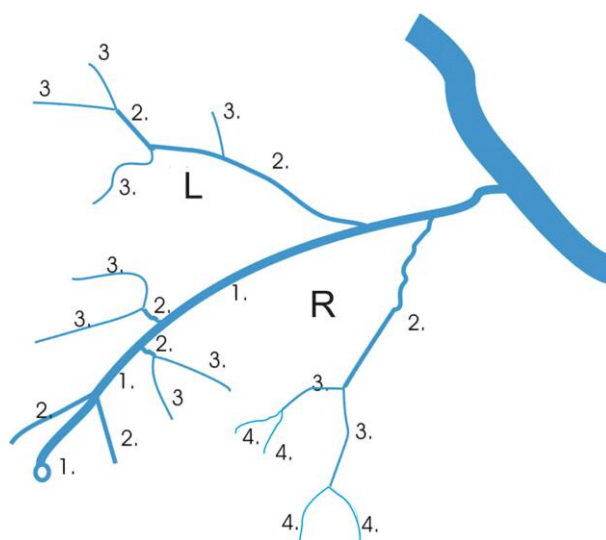
The significance of the scientific study of river networks is broad. All economic and non-economic constructions depend in many ways on findings regarding river courses. At the same time, the negative consequences of a lack of knowledge of the essential characteristics of river courses in Montenegro are evident and diverse.

## 2 Cartographic Method

For this approach, it was necessary to use several scientific research methods. The cartographic method was used as the basic method. The justification for using the cartographic method in the scientific analysis of Montenegro's river network is evident in its gnoseological application to two categories which are very important to this subject – the spatial localisation and relative localisation of river courses.

Spatial localisation is defining the location of objects and features in relation to the accepted spatial system. (Lješević, Živković 2001) In this sense, every river course was spatially defined in this paper by determining its coordinates (x and y). The determination of positions was particularly important because of the existence of a large number of flows drawn in 1:25 000 (TK 25) whose names were not recorded. A similar problem arose with a certain number of flows, even within a single river basin, that had the same name (Bistrica, Suvodo, etc.).

Relative localisation of objects, or flows, is defining their place in relation to other courses within a single



**Fig. 1** Ranking the river network (Barović 2009)  
**Slika 1.** Način rangiranja riječne mreže (Barović 2009)

river system. This aspect of the cartographic method is very important in determining the hierarchy within a river basin, i.e. rank and order. Ranking according to order is achieved in the following way. Zero-order flows are the basic watercourses in a river system. Only first-order flows flow into a basic flow. Second-order flows are those from which a first-order flow arises, and they flow directly into a first-order flow. Third-order flows are those which join to form a second-order flow, and those which flow directly into a second-order flow, etc. (Figure 1).

## 3 Research Carried Out So Far

Montenegro's river network has been the subject of research in a large number of scientific and expert studies. The following have made a particular contribution: the Montenegrin Institute of Geological Research, the Montenegrin Institute of Hydrometeorology and Seismology, the Institute of Statistics, the former Republic Institute for Environmental Protection, and the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management. These institutions deal with the problem of researching, protecting and using river courses as a basic activity. They were the initiators or owners of major projects which, in most cases, studied individual river-basin units in a multidisciplinary manner. The Institute for Hydrometeorology and Seismology is an institution which, among other things, continuously monitors the state of the river network, and publishes its findings in monthly and yearly publications. It carries out monitoring of these elements only for a certain number of 'larger' flows, without a detailed analysis of the whole

Table 1 Length of river courses (in km) in studies by D. Dukić, M. Burić, B. Radojičić and M. Radulović  
 Tablica 1. Duljine riječnih tokova (u km) u radovima D. Dukića, M. Burića, B. Radojičića i M. Radulovića

	Naziv toka / River	Dukić (1959)	Burić (1991)	Radojičić (1996)	Radulović (2000)
1.	Tara	141	140	143	147
2.	Piva	78		34	94
3.	Ćehotina	125		108	77
4.	Lim	86	87	87	123
5.	Ibar	30	32	35	32
6.	Morača	97,1		98	102
7.	Zeta	65,1	71	82	85
8.	Bojana	34	42	44	

GIS programski paket. Metode primijenjene u ovom radu u skladu su s općeznanstvenim i specijalističkim metodama tematske kartografije. Na početku rješavanja postavljenih problema donesena je odluka da se cjelokupan istraživački proces mora izvesti upotrebom suvremenih računalnih programskih paketa.

Kartometrija je grana kartografije uz čiju se pomoć mogu proširiti saznanja koja sadrži karta. S pomoću kartometrije se, u ovom slučaju, utvrđuju metričke vrijednosti, duljine riječnih tokova na teritoriju Crne Gore. Kartometrijska analiza riječne mreže Crne Gore ima posebnu znanstvenu, ali i društvenu vrijednost. U geografskoj strukturi svake zemlje, pa i Crne Gore, riječni tokovi zauzimaju jedno od središnjih mjesta kao pojedinačni elementi, ali i kao nerazdvojni dijelovi cjeline. Gotovo da nema ljudske djelatnosti koja nekom svojom aktivnošću nije vezana za riječne tokove, pojave ili za njih vezane procese. Ti problemi svakoga dana sve više dobivaju na važnosti, pa se samim time i njihovo proučavanje mora povezati s ostalim strukturnim elementima u okviru kojih funkcionira.

Značaj znanstvene obrade riječne mreže je višestruk. Svi gospodarski i negospodarski objekti mogu višestruko ovisiti o saznanjima o riječnim tokovima. Istovremeno, zbog nepoznavanja bitnih karakteristika riječnih tokova u Crnoj Gori, negativne su posljedice evidentne i višestruke.

## 2. Kartografska metoda

Za izabrani pristup neophodno je bilo upotrijebiti više metoda znanstveno-istraživačkog rada. Kao osnovna, upotrijebljena je kartografska metoda. Opravdanost upotrebe kartografske metode u znanstvenoj analizi riječne mreže Crne Gore evidentna je u njegovoj

gnoseološkoj primjeni na dvije, za tretiranu tematiku, vrlo važne kategorije – prostorni smještaj i uzajamne prostorne odnose riječnih tokova.

Prostorni smještaj je definiranje položaja objekata i pojava u odnosu na prihvaćeni prostorni sustav (Lješević i Živković 2001). U tom smislu je u ovom radu prostorno definiran svaki riječni tok određivanjem njegovih koordinata u ravnini (x,y). Posebna važnost takvog određivanja položaja dolazi do izražaja zbog postojanja velikog broja tokova koji su ucrtani na topografskoj karti u mjerilu 1:25 000 (TK 25), ali bez upisanog naziva. Sličan se problem javlja kod određenog broja tokova s istim nazivom (npr. Bistrica, Suvodo), čak i u okviru jednog riječnog sliva.

Uzajamni prostorni odnosi objekata, tj. tokova, određuju se definiranjem njihovog položaja u odnosu na druge tokove unutar jednog riječnog sustava. Taj segment kartografske metode vrlo je važan u uspostavi hijerarhije tokova u jednom riječnom slivu, tj. njihovom rangiranju u redove. Rangiranje po redovima uspostavljeno je na sljedeći način. Tokovi nultog reda su glavni tokovi u riječnom sustavu. U glavni se tok ulijevaju samo tokovi prvog reda. Tokovi drugog reda su oni od kojih nastaje tok prvog reda i oni tokovi koji se u njega izravno ulijevaju. Tokovi trećeg reda su oni čijim spajanjem nastaju tokovi drugog reda i oni tokovi koji se izravno ulijevaju u tok drugog reda, itd. (slika 1).

## 3. Dosadašnja istraživanja

Riječna mreža Crne Gore bila je predmet proučavanja velikog broja znanstvenih i stručnih radova. Poseban doprinos rasvjetljavanju ove tematike na geoprostoru Crne Gore dale su institucije: Zavod za geološka istraživanja Crne Gore, Zavod za hidrometeorologiju i

river network. The Institute for Geological Research has carried out a series of individual studies entitled Hydrogeological Characteristics (of the Lim, Ibar, Piva, Tara, Southern Adriatic, etc.). In these projects, a number of flows and their lengths were studied, but the main emphasis was placed on the geological and geomorphological characteristics of the geospace. In its publications, the Institute for Statistics only lists explicitly the numerical indicators relating to individual flows. These data are not used in this paper. The Republic Institute for Environmental Protection has also studied individual river-basin units and their parts from its own standpoint. With these institutions, emphasis is placed on narrow, specialist problems of individual flows, while morphometric indicators are only mentioned in passing. The Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management, The Water Management Basis of Montenegro made a contribution to the hydrographical study of Montenegro's geospace, but even here, a more detailed morphometric analysis was omitted. The situation is similar with The Foundations of the Spatial Plan of Montenegro, or the parts in which the hydrotechnical infrastructure has been developed.

As a consequence of many years' work on these problems, a series of projects has arisen which has thrown light on this subject from several aspects. However, the issue which is the subject of this paper has not formed the main topic in any of these projects, but is only mentioned as a secondary element, and has not been studied in sufficient detail.

Many individuals have dealt with scientific explanations of Montenegro's hydrographical phenomena. Their significant work has to a large extent thrown light on a large number of hydrographical phenomena that occur in the territory of Montenegro. We will mention some of the most important researchers who have dealt with the whole territory of Montenegro, and who stand out from the rest because of their results in studying topics which correspond to the subject of this paper: D. Dukić, Z. Bešić, R. Mihailović, B. Radojičić, M. Burić and M. Radulović.

One of the first papers on Montenegro's river network was published by D. Dukić at the Fifth Congress of Geographers of the Federal People's Republic of Yugoslavia, entitled Waters in the People's Republic of Montenegro – A Hydrographic Overview in which he concentrated on the river network, underground waters, sources and springs, river courses and lakes. He provided a great deal of information, mostly general, about the rivers of Montenegro, without going into detail. In Table 1, the morphometric indicators of the lengths of the river courses which D. Dukić (1959) mentioned in his paper are

given. The aim of the paper was to give a general picture of the hydrographical potential of Montenegro that had been achieved.

Geography of Montenegro – Factors of Population Relocation, published in 1991, was the result of work on an eponymous project in which M. Burić studied hydrological conditions in Montenegro and their effect on population relocation and settlements (Bakić et al., 1991). It focused on the volume of water and level of usage. Morphometric indicators were mentioned only for some larger river courses (Table 1), and only the largest tributaries were listed. A series of other pertinent numerical indicators were given, but since they are not relevant to this research, there is no need to quote them here.

In The Geography of Montenegro B. Radojičić carried out a very complex study of the waters of Montenegro, including morphometric indicators for larger river flows and some significant tributaries, which had not been done in the previously mentioned papers. The lengths of watercourses in the immediate catchment basin of the Montenegrin coastline are given. The paper is a general physical geographical study, which was probably why it did not go into a more detailed analysis of the lengths of the flows. The morphological indicators which Radojičić gave are shown in Table 1 (Radojičić, 1996).

In Hydrogeology of the Karst of Montenegro (Radulović, 2000), the issue with which we are concerned is only mentioned in the parts which were necessary for the author to explain the general state of hydrographical objects in Montenegro. The lengths of the main watercourses are given, which in most cases differ significantly from the lengths given by previous authors (Table 1).

So far, the most comprehensive work dealing with the waters of Montenegro is B. Radojičić's book Waters of Montenegro. In this very serious study, an interpretation is given of the waters in Montenegrin geospace from all aspects; the effect of the geospace on the waters and of the waters on the geospace. However, the morphological indicators were taken from previous studies and mentioned only for the purposes of explanation.

#### 4 Constructing the Database

Until the introduction of computers in the process of cartographic presentation, printed paper maps were the only available databases. However, they were increasingly a hindrance to the optimal use of information, due to the growing need for large amounts of data. The data needed to be reduced to a particular volume, but also classified in order to be understandable. As a

seizmologiju, Zavod za statistiku, nekadašnji Republički zavod za zaštitu prirode i Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede. To su institucije čija je osnovna (ili jedna od osnovnih djelatnosti) upravo problem istraživanja, zaštite i iskorištavanja riječnih tokova. Te su institucije bile pokretači ili jedni od nositelja velikih projekata koji su, u većini slučajeva, multidisciplinarno obrađivali pojedine slivne cjeline. Zavod za hidro-meteorologiju i seizmologiju je institucija koja, između ostalog, kontinuirano prati stanje riječne mreže i podatke objavljuje u svojim mjesečnim i godišnjim publikacijama. Praćenje stanja obavlja se samo za određeni broj "većih" tokova, bez detaljne analize cjelokupne riječne mreže. Zavod za geološka istraživanja izradio je niz pojedinačnih studija pod nazivom "Hidro-geološke odlike (Lima, Ibra, Pive, Tare, Južnog Jadrana,...)". U tim projektima obrađivan je broj tokova i njihova duljina, ali je ipak glavni naglasak stavljen na geološko-geomorfološka svojstva tretiranog geoprostora. U svojim publikacijama Zavod za statistiku samo taksativno nabroja brojčane pokazatelje koji se odnose na pojedine tokove. Ti podatci u ovom radu nisu upotrijebljeni. Republički zavod za zaštitu prirode je, također sa svog aspekta, obrađivao pojedine slivne cjeline ili njezine pojedine dijelove. I kod njih je težište stavljeno na usko stručne probleme pojedinih vodotoka dok se morfometrijski pokazatelji usputno navode. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede izradom studije "Vodoprivredna osnova Crne Gore" dalo je doprinos hidrografskim proučavanjima geoprostora Crne Gore, ali je i ovdje izostala njihova detaljnija morfometrijska analiza. Ista situacija je i s "Osnovama prostornog plana Crne Gore", tj. njegovim dijelom u kojem je obrađivana hidrotehnička infrastruktura.

Kao posljedica dugogodišnjeg rada na ovim problemima nastao je niz drugih projekata koji su s različitih aspekata osvjetljavali ovu tematiku. Međutim, problem koji je predmet ovog rada niti u jednom od tih projekata nije bio glavna tema, već je samo spominjan kao prateći element i u tim slučajevima nije dovoljno detaljno obrađen.

Više je pojedinaca koji su se bavili znanstvenim istraživanjem hidrografskih fenomena Crne Gore. Oni su ostavili značajna djela koja su u velikoj mjeri rasvijetlila veliki broj hidrografskih fenomena na crnogorskom teritoriju. Potrebno je spomenuti nekoliko najvažnijih, tj. onih istraživača koji su tretirali cijeli teritorij Crne Gore, i koji su dali istaknute znanstvene rezultate u obradi tema povezanih s temom ovog rada. To su D. Dukić, Z. Bešić i R. Mihailović, B. Radojičić, M. Burić i M. Radulović.

Jedan od prvih radova koji je tretirao tematiku riječne mreže u Crnoj Gori objavio je D. Dukić na V. kongresu geografa FNRJ pod nazivom "Vode u NR Crnoj Gori – hidrografski pregled". Rad je posebno obradio riječnu

mrežu, podzemne vode, izvore i vrela, riječne tokove i jezera. O rijekama Crne Gore dao je veliki broj uglavnom općih podataka, ne ulazeći u detalje. U tablici 1. dani su morfometrijski pokazatelji duljina riječnih tokova koje D. Dukić (1959) navodi u svom radu. Cilj rada bio je davanje opće slike hidrografskih prilika u Crnoj Gori, što je tim radom i ostvareno.

Geografija Crne Gore – faktori prerazmjestaja stanovništva, izdana 1991. godine, rezultat je rada na istomenom projektu u kojem je M. Burić obradio hidrološke uvjete u Crnoj Gori i njihov utjecaj na razmještaj stanovništva (Bakić i dr. 1991). Taj rad je, kao što se i iz naslova vidi, svoj naglasak stavio na utjecaj hidroloških uvjeta na razmještaj stanovništva i naselja u Crnoj Gori, s podacima o količini vode i njezinom iskorištavanju. I u tom su radu morfometrijski pokazatelji navedeni samo za neke veće riječne tokove (tablica 1), a od njihovih pritoka nabrojene su samo najveće. U radu je niz drugih brojčanih pokazatelja koji su važni za osnovnu temu tog rada, ali kako nemaju veze s ovim istraživanjem, nije ih potrebno navoditi.

B. Radojičić je u Geografiji Crne Gore vrlo kompleksno obradio vode u Crnoj Gori. U tom se radu, kao i u prethodnima, nalaze morfometrijski pokazatelji za veće riječne tokove, ali i za neke njihove značajnije pritoke, što nije bio slučaj kod prethodno spomenutih radova. U radu su dane i duljine tokova neposrednog sliva Crnogorskog primorja. Rad ima karakter opće fizičko-geografske studije, što je vjerojatno i razlog zbog kojeg se u detaljniju analizu duljina tokova nije ulazilo. U tablici 1. dani su morfometrijski pokazatelji koje je za najveće riječne tokove u spomenutom radu dao B. Radojičić (1996).

U studiji M. Radulovića Hidrogeologija karsta Crne Gore problematika ovog rada samo je spomenuta u segmentima koji su bili potrebni autoru da obrazloži opće stanje hidrografskih objekata u Crnoj Gori. U spomenutom radu (Radulović, 2000) dane su duljine glavnih vodotoka koje se u većini slučajeva značajno razlikuju u odnosu na duljine koje su dali prethodno navedeni autori (tablica 1).

Rad koji je dosad najsveobuhvatnije tretirao problem voda u Crnoj Gori je knjiga B. Radojičića Vode Crne Gore iz 2005. U toj vrlo ozbiljnoj studiji izvršena je interpretacija voda na geoprostoru Crne Gore sa svih aspekata, tj. utjecaja geoprostora na vode i voda na geoprostor. Međutim, i u tom su radu morfometrijski pokazatelji preuzeti iz ranijih studija i spomenuti u mjeri koja zadovoljava njihovo razjašnjavanje.

#### 4. Postupak izrade baze podataka

Sve do uvođenja računala u proces kartografskog prikaza, karta otisnuta na papiru predstavljala je bazu

result, some data which was for any reason judged unimportant and excluded from the map content was often lost. A problem was also presented by the requirement for extremely complicated topics to be clearly and precisely shown. The size of the territory displayed often required printing on many sheets, which was often clumsy, especially when parts of the map on the joins between sheets needed to be analysed. These problems, which were affected by paper quality, age, storage methods and also the publication period, i.e. the lack of opportunity to make amendments and additions to the content, increased the need to find an adequate solution to avoid these problems, or at least reduce them to a level where they would not affect map quality.

In order to resolve these inadequacies, a modern way of performing the task was needed, in order to improve the quality of the information gleaned from the map, increase the speed and level of data processing, improve the level of information on the map, and reduce the level of error in the various phases of research, including during data processing.

To create a database on Montenegro's river network, several activities needed to be undertaken:

- Examining the geospace of Montenegro and performing classification by sea basins, river basins, etc.
- Choosing a methodology and way of obtaining data
- Performing cartometric mapping of Montenegro's watercourses
- Performing systematisation and presenting them in GIS
- Implementing the conclusions

The systematisation of the lengths of river courses was carried out according to the basin units formed by tracing the bodies of surface water on the relief of Montenegro, as follows:

- Sea basins (Black Sea basin and Adriatic Sea basin)
- River basins (of the Ibar, Lim, Ćehotina, Tara, Piva, Zeta, Morača and Bojana)
- The immediate catchment basins of Lake Skadar and the Adriatic Sea

The cartometric mapping of Montenegro's river network had to be performed on a precise topographical basis meeting the following conditions:

The map scale, which had to be appropriate because of the large amount of data to be read from it. At the same time, measurements on the map at the largest possible scale had to be enabled, because this type of map possesses greater precision, as well as a greater quantity of information.

The publication year of the map is a very important element which must be considered. The paper on which

maps published more recently are printed is of better quality. This reduces the potential deformation due to paper quality. The age of the map may be an important factor in potential damage or deformation as a result of inappropriate storage. The age of the map in terms of the datedness of the information on it is also an important factor. Maps printed more recently have benefitted from modern technology. Modern-day mapping of geospace is carried out with the help of the most up-to-date digital resources arising from extremely advanced information systems. These methods are far more advanced than the old techniques of land survey, so the information shown is higher in quality and more up to date.

The map publisher is the third very important factor. Recently, there has been a definite increase in printing various thematic maps of this region. In most cases, printing is for strictly commercial reasons, without taking into account the qualitative characteristics of the printed work.

According to the current information available, the map which most accurately displays the entire geospace of Montenegro at an appropriate scale, with an appropriate year of publication, by an appropriate publisher, is the 1:25 000 scale map, published in 1980 by the Institute of Military Geography in Belgrade. With the selection of this map, one of the conditions for valid cartometric mapping was met.

To create the database, the cartometric content, i.e. the measured and ascertained values on the map, must be entered in a table consisting of 11 columns, as follows:

1. Ordinal number
2. Name of flow
3. Catchment basin (name of the flow into which the mapped watercourse flows)
4. Rectangular coordinates of source of flow
5. Tributary, left or right (in relation to the watercourse into which it flows) and order (in relation to the main flow of the river basin)
6. Height above sea level of source
7. Height above sea level of mouth
8. Difference in altitude between source and mouth (to determine the overall elevation loss of flow)
9. Length of flow (expressed in metres)
10. Overall length of flow in km (the principle for obtaining the overall length of the flow is explained in the section on accuracy of measurements)
11. Remarks

The basic part of this paper focuses on the cartometric mapping of lengths of surface flows, using the appropriate scientific method, shown on the map with

podataka koja je svakim danom, zbog rastućih potreba za obiljem različitih informacija, postajala kočnica optimalne upotrebe tih informacija. Podatci su se morali reducirati u određenom obimu, ali i klasificirati kako bi se učinili razumljivijim. Pritom se često gubilo dosta podataka koji su se iz nekog razloga činili nevažnima i nisu uvršteni u sadržaj karte. Poteškoću je predstavljala i obveza da ponekad izuzetno složene teme moraju biti jasno i precizno prikazane. Veličina teritorija koji se prikazuje često je iziskivala tisak na više listova, što opet može biti smetnja, posebno kad treba analizirati dio područja koji se nalazi na spojevima listova. Već navedeni problemi (koji mogu nastupiti uslijed kvalitete papira, starosti, načina čuvanja, ali i vremena izdavanja karte, tj. nepostojanje mogućnosti unošenja izmjena i dopuna u sadržaju) išli su na ruku povećanoj potrebi za pronalazanjem adekvatnog rješenja s pomoću kojeg će se ovi problemi izbjeći ili će ih se dovesti na razinu koja neće ovisiti o kvaliteti karte.

Kako bi se riješili navedeni nedostaci, bilo je potrebno provesti suvremen način izvedbe zadatka. Time bi se podigla razina kvalitete informacija koje se s karte preuzimaju, povećala brzina i stupanj obrade podataka, kao i razina informacija koje se mogu dobiti s karte, smanjila razina pogrešaka mogućih u raznim fazama istraživanja, a samim tim i tijekom obrade podataka.

Za izradu baze podataka riječne mreže Crne Gore bilo je potrebno:

- sagledati geoprostor Crne Gore i izvršiti njegovu klasifikaciju po morskim i riječnim slivovima
- izabrati metodologiju i način dobivanja podataka
- obaviti kartometriju riječnih tokova Crne Gore
- izvršiti sistematizaciju i prezentaciju riječnih tokova u GIS-u
- izvesti zaključke.

Duljine riječnih tokova sistematizirane su prema slivnim cjelinama koje su formirane povlačenjem površinskih vododijelnica na reljefu Crne Gore i to za:

- morske slivove (sliv Crnog mora i sliv Jadranskog mora)
- riječne slivove Ibra, Lima, Čehotine, Tare, Pive, Zete, Morače i Bojane
- neposredne slivove Skadarskog jezera i Jadranskog mora.

Mjerenja riječne mreže Crne Gore s karata potrebno je obaviti na preciznoj topografskoj osnovi koja ispunjava određene uvjete. Mjerilo karte mora biti odgovarajuće zbog broja podataka koji se s nje mogu očitati. Istodobno, potrebno je mjerenja obaviti na karti što krupnijeg mjerila jer takve karte imaju veću preciznost, kao i veću količinu informacija.

Godina izdanja karte vrlo je važan element. Karte koje su tiskane u novije doba imaju bolju kvalitetu papira. Taj uvjet smanjuje mogućnost nastanka deformacija na karti. Sama starost karte može biti važan čimbenik mogućih oštećenja i deformacija koje nastaju uslijed neodgovarajućih uvjeta čuvanja. Važan čimbenik je i starost karte u smislu ažurnosti podataka koji se na njoj nalaze. Karte tiskane u novije vrijeme plod su rada suvremene tehnologije. Današnje kartiranje geoprostora izvodi se s pomoću najsuvremenijih digitalnih sredstava, nastalih kao rezultat vrlo naprednih informacijskih sustava. Te su metode daleko naprednije od starih tehnika snimanja zemljišta, a samim tim su ažurnost i kvaliteta prikazanih informacija na višoj razini. Izdavač karte predstavlja treći vrlo bitan čimbenik. U novije doba došlo je do prave ekspanzije u tiskanju karata različite tematike. U većini slučajeva tisak se obavlja ponajprije iz komercijalnih razloga i ne vodi se računa o kvalitativnim karakteristikama tiskanoga djela.

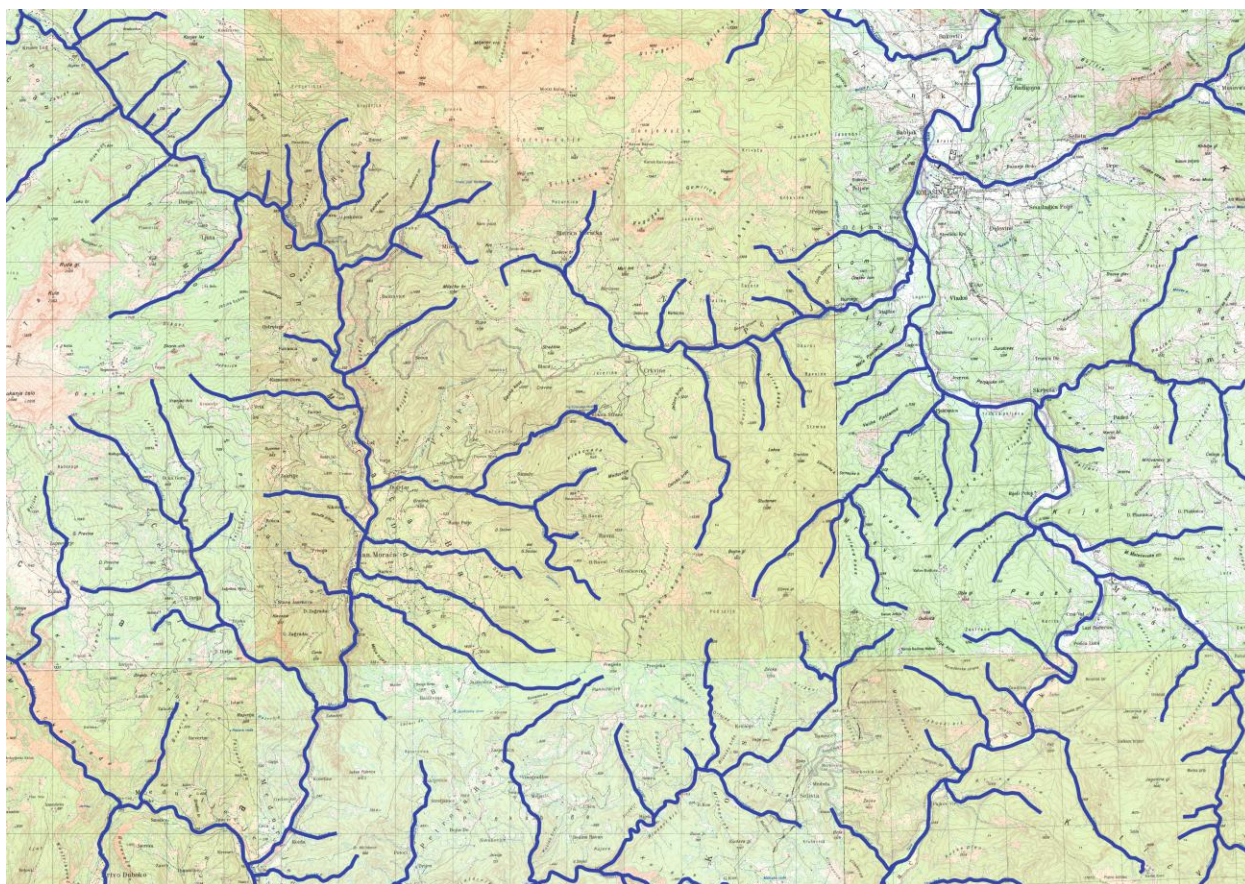
Prema do sada raspoloživim podatcima karta koja u odgovarajućem mjerilu, vremenu izdanja i odgovarajućem izdavaču najpreciznije prikazuje cjelinu geoprostora Crne Gore je karta u mjerilu 1:25 000, što ju je izdao 1980. godine Vojnogeografski institut iz Beograda. Tim izborom karte ispunjen je jedan od uvjeta za dobivanje kvalitetnih podataka mjerenjem s karte.

Za formiranje baze podataka izmjereni sadržaj, odnosno na karti utvrđene vrijednosti, potrebno je unijeti u tablicu koja se sastojala od 11 stupaca. To su:

- 1 – Redni broj
- 2 – Ime toka
- 3 – Sliv (bilježi se ime toka u koji se ulijeva mjereni tok)
- 4 – Pravokutne koordinate izvora
- 5 – Pritok, lijevi ili desni (u odnosu na tok u koji se ulijeva) i red (u odnosu na glavni tok riječnog sliva)
- 6 – Nadmorska visina izvora
- 7 – Nadmorska visina ušća
- 8 – Razlika između nadmorskih visina izvora i ušća (radi određivanja ukupnog pada toka)
- 9 – Duljina toka izražena u metrima
- 10 – Ukupna duljina toka (princip dobivanja ukupne duljine toka detaljno je objašnjen u poglavlju o točnosti mjerenja) izražena u km
- 11 – Napomena.

Osnovni dio ovoga rada odnosi se na mjerenje duljina riječnih tokova koje mora biti izvršeno odgovarajućom znanstvenom metodom. U okviru rada bilo je potrebno na karti izmjeriti sve površinske tokove prikazane punom linijom. Također, trebalo je izmjeriti i vodotoke koji su na karti prikazani isprekidanim linijama (što predstavlja povremeni tok) ako im je upisan naziv.





**Fig. 2** Vector layer of flows in Montenegro

**Slika 2.** Vektorski sloj vodotoka na prostoru Crne Gore

solid lines. It was also necessary to map the watercourses shown on the map with dotted lines (indicating seasonal flow), if the name was written in the direction of the flow.

## 5 Selecting a Modern Way of Measuring the Map Content

In order to take measurements, 127 sheets of 1:25 000 scale maps showing the territory of Montenegro were obtained from the Directorate for Real Estate. The maps were published and printed by the Institute of Military Geography in Belgrade for the Republic Geodetic Authority. The maps were scanned on an A0-format scanner and digitalised. The next step was to eliminate deformations which had arisen during scanning, using Autodesk® CAD Overlay® 2000 software. Next, geo-referencing of the maps was completed in AutoCAD Map 2000i in a latitudinal-longitudinal coordinates system, and translated into a rectangular coordinates system (x and y coordinates), the Gauss-Krüger projection. The map was now ready for further analysis. Selecting the proper software command, we could measure the lengths.

With the help of the software package, the complete river network in the territory of Montenegro was digitalised from the maps mentioned earlier and a corresponding database created which could be additionally processed later.

During each measurement, the properties of each watercourse which met the conditions defined in the preparatory works were determined, i.e. the classification and categorisation carried out on each, and the content was entered in the earlier defined table. The process of measurement, i.e. digitalising the watercourses, was carried out by moving the cursor along the line of the watercourse, and its length was later read off the screen. We were able to complete digitalisation in two ways: manually and automatically. Each has advantages and disadvantages. With manual digitalisation, depending on the volume of the work, it is necessary invest huge efforts and employ a large number of trained individuals. One advantage is that the appropriate attributes can be immediately attached to the objects during digitalisation. With automatic digitalisation, the hardware and software are very expensive, which may be a disadvantage in the work process, and the data obtained require a great deal of additional

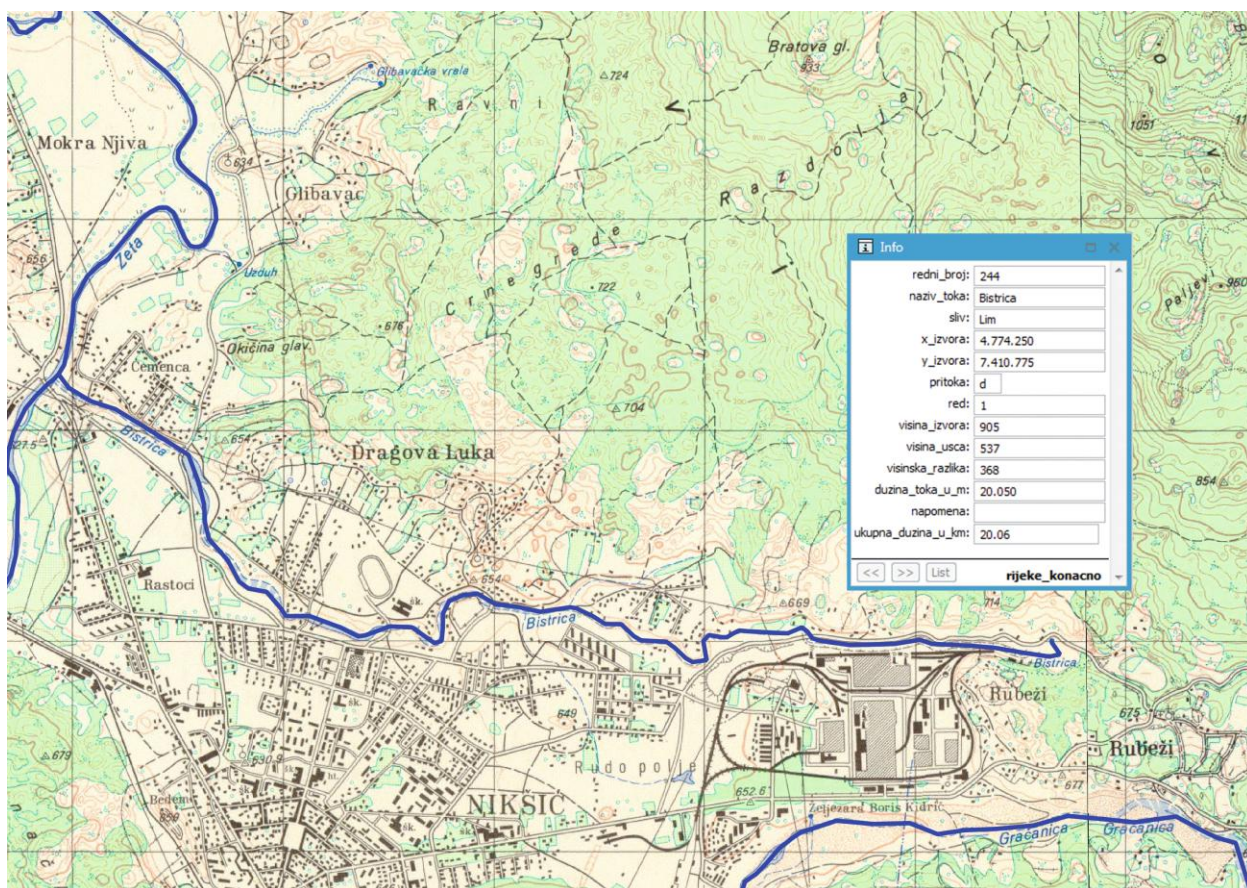


Fig. 3 View of the screen when an individual watercourse is clicked on

Slika 3. Prikaz podataka klikom na pojedinačni vodotok

## 5. Izbor suvremenoga načina mjerenja sadržaja karte

Kako bi se provela mjerenja, od Direkcije za nekretnine preuzeto je 127 listova karte u mjerilu 1:25 000 na kojima je prikazan teritorij Crne Gore. Karte je izdao i tiskao Vojnogeografski institut u Beogradu za potrebe Republičke geodetske uprave. Karte su skenirane na odgovarajućem skeneru formata A0. Sljedeći korak bio je uklanjanje deformacija nastalih tijekom skeniranja karte, što je provedeno s pomoću softvera Autodesk® CAD Overlay® 2000. Nakon toga listovi su georeferencirani s pomoću softvera AutoCADMap 2000i u geografski koordinatni sustav, a zatim su karte transformirane u ravninski koordinatni sustav Gauss-Krügerove projekcije. Tako, u digitalni oblik pretvorena karta, spremna je za daljnju analizu. Odgovarajućim naredbama, ugrađenima u softver, mogu se mjeriti duljine.

U sljedećem koraku, s pomoću navedenih softverskih paketa vektorizirana je cijela riječna mreža na teritoriju Crne Gore i formirana odgovarajuća baza podataka koja je kasnije dodatno obrađivana.

Prilikom svakog mjerenja definirana su svojstva svakog vodotoka koji je ispunjavao uvjete definirane

pripremnim radovima, tj. izvršena je klasifikacija i kategorizacija objekta, a podatci uneseni u ranije definiranu tablicu. Postupak mjerenja, tj. vektorizacija vodotoka, provedena je ručnim vođenjem pokazivača po liniji vodotoka čija je duljina potom očitana na ekranu. Vektorizacija se mogla izvesti dvama načinima - ručno i automatski. Oba načina imaju svoje prednosti i nedostatke. Prilikom ručne digitalizacije potrebno je, ovisno o opsegu posla, uložiti veliki rad, angažirati veliki broj za taj posao obrazovanih ljudi. Prednost je što se odmah, tijekom vektorizacije, objektima mogu dodjeljivati odgovarajući atributi. Prilikom automatske vektorizacije potreban je skup hardver i softver, što se može uzeti kao nedostatak, a potrebna je i veća naknadna dorada dobivenih podataka. Prednost automatske vektorizacije je visoka geometrijska točnost dobivenih podataka i potreban manji broj ljudi na rješavanju postavljenih zadataka.

Prilikom modeliranja riječne mreže na teritoriju Crne Gore, softver AutoCAD Map pokazao se vrlo dobrim izborom jer je u potpunosti udovoljio postavljenim zahtjevima. Mogućnost odvajanja posebnih slojeva vrlo je značajna zbog odvajanja pritoka koji su podijeljeni na redove u okviru jednog slivnog područja. Svaki je sloj moguće posebno obrađivati i izdvojeno promatrati, a radi lakšeg praćenja, moguće

Table 2 Data for 20 waterflows, after data acquisition and insertion

No.	Name	Basin	y	x	Tributaries	Order	Source	Confluence	Altitude difference	Length
1	Ačića Stream	River Bjelojevička	4754650	7387350	l	2	1160	955	205	650
2	Aćimov Stream	Ibar	4751000	7434600	l	1	1380	865	515	4625
3	Adem-begov Stream	River Jasenička	4711325	7411375	l	3	1610	1043	567	2400
4	River Agovska	River Vrbička	4746650	7419700	l	3	1094	812	282	2850
5	Alilove Valleys	River Mandovačka	4793275	6607075	l	3	970	842	128	1500
6	Alimangov Stream	Pčinja	4741850	6621875	l	2	1060	959	101	950
7	Aluski Stream	Tara	4779900	6601150	l	1	1198	595	603	2575
8	Badin Stream	River Meteška	4722875	7419725	d	3	1605	1224	381	1275
9	River Babinopoljska	River Temnjačka	4715350	7424075	d	3	1693	1290	403	7200
10	River Babinopoljska	Vežišnica	4799250	6605475	l	2	1110	549	561	3225
11	Bačanski Stream	River Paučinska	4754700	7428200	d	3	1530	1140	390	2700
12	River Backa	Gradišnica	4739350	7392400	l	3	1508	1352	156	3450
13	Balijski Stream	Lim	4759325	7399525	l	1	749	588	161	775
14	River Balotska	Ibar	4739750	7437350	d	1	1586	953	633	5775
15	River Banjska	River Crnačka	4764975	7407025	d	2	790	644	146	2450
16	Barički Stream	Bijela	4751950	6592700	l	4	1048	988	60	550
17	Barski Stream	Ibar	4747400	7441000	d	1	1068	857	211	2150
18	Baščevski Stream	River Grahovska	4751050	7430700	d	2	1136	1099	37	1925
19	River Bečicka	Adriatic	4682872	6673425	-	1	75	0	75	1125
20	Begova Water	River Treskavička	4712625	7420375	l	3	1819	1634	185	725

processing. The advantage of automatic digitalisation is the high geometric precision of the data obtained and the fact that fewer people are needed to complete the tasks set.

For modelling the cartographic network in the territory of Montenegro, AutoCAD is a very good software package, because it completely fulfils all requirements. The option of isolating particular layers is very significant, because tributaries within a basin area can be separated out and divided into orders. Each layer can be processed separately and

examined in isolation, and for ease of reference, they can be assigned different colours or line types. In any river system, there may be up to six orders of tributaries, whose categorisation and cartographical mapping is greatly facilitated by the potential this software package offers.

Checking measurements in AutoCAD was carried out in two ways. The first used a mechanical opisometer, and the other, callipers. In both checking methods, measuring was repeated three times, and the value obtained in AutoCAD was confirmed.

Tablica 2. Podatci za 20 tokova nastalih poslije mjerenja i unošenja podataka

Br	Naziv toka	Sliv	y	x	Pritoka	Red	Izvor	Ušće	Razlika	Duljina
1	Ačića potok	Bjelojevička rijeka	4754650	7387350	l	2	1160	955	205	650
2	Aćimov potok	Ibar	4751000	7434600	l	1	1380	865	515	4625
3	Adem-begov potok	Jasenička rijeka	4711325	7411375	l	3	1610	1043	567	2400
4	Agovska rijeka	Vrbička rijeka	4746650	7419700	l	3	1094	812	282	2850
5	Alilove doline	Mandovačka rijeka	4793275	6607075	l	3	970	842	128	1500
6	Alimangov potok	Pčinja	4741850	6621875	l	2	1060	959	101	950
7	Aluški potok	Tara	4779900	6601150	l	1	1198	595	603	2575
8	Badin potok	Meteška rijeka	4722875	7419725	d	3	1605	1224	381	1275
9	Babinopoljska rijeka	Temnjačka rijeka	4715350	7424075	d	3	1693	1290	403	7200
10	Babinopoljska rijeka	Vezišnica	4799250	6605475	l	2	1110	549	561	3225
11	Bačanski potok	Paučinska rijeka	4754700	7428200	d	3	1530	1140	390	2700
12	Backa rijeka	Gradišnica	4739350	7392400	l	3	1508	1352	156	3450
13	Balijski potok	Lim	4759325	7399525	l	1	749	588	161	775
14	Balotska rijeka	Ibar	4739750	7437350	d	1	1586	953	633	5775
15	Banjska rijeka	Crnačka rijeka	4764975	7407025	d	2	790	644	146	2450
16	Barički potok	Bijela	4751950	6592700	l	4	1048	988	60	550
17	Barski potok	Ibar	4747400	7441000	d	1	1068	857	211	2150
18	Baščevski potok	Grahovska rijeka	4751050	7430700	d	2	1136	1099	37	1925
19	Bečicka rijeka	Jadranski	4682872	6673425	-	1	75	0	75	1125
20	Begova voda	Treskavička rijeka	4712625	7420375	l	3	1819	1634	185	725

im je dodati i određenu boju ili tip linije. U jednom riječnom sustavu pojavljuje se i do šest redova pritoka čija su kategorizacija i kartiranje umnogome olakšani mogućnostima ovog softverskog paketa.

Provjera mjerenja koja su provedena s pomoću AutoCAD-a obavljena je na dva načina. Jedan način provjere proveden je mehaničkim kurvimetrom, a drugi s

pomoću šestara. U obje provjere mjerenja su ponavljana tri puta i u svakom je slučaju potvrđena vrijednost izmjerena u AutoCAD-u.

Prilikom određivanja duljina vodotoka u ovome radu uzeto je u obzir da je na karti prikazan tlocrt vodenih tokova. Kako bismo dobili bolju procjenu stvarne duljine, tijekom mjerenja su za svaki pojedinačni tok

Table 3 Lengths of the largest watercourses in the territory of Montenegro

Tablica 3. Duljine najvećih vodotoka na prostoru Crne Gore

	Naziv toka Name of flow	Duljina u km Length in km
1	Bojana	39,6
2	Ćehotina	94,1
3	Ibar	31,7
4	Lim	88,2
5	Morača	94,2
6	Piva	32,3
7	Tara	134,9
8	Zeta	72,4

While determining the lengths of the watercourses in this paper, it was taken into account that an orthographic projection of the water flows would be shown on the map. In order to obtain the actual length of the measured flows, data were taken for each individual flow relating to the height above sea level of the source (or where the flow started, if it was due to two smaller flows joining) and the height above sea level of the river mouth (or the Montenegrin border crossing, or the place where it joined with another flow to form a larger flow). The overall fall, i.e. the difference in height above

sea level between the source and mouth, was calculated as follows:

where:

$H_r$  – relative height,  $H_i$  – height above sea level of the

source,  $H_u$  – height above sea level of the mouth

$H_r = H_i - H_u$

The length of the flows was determined by calculating the cartometrised length over the overall drop in elevation:

$d_r = \sec \beta d$

$d_k$  – cartometrised length

$d_{imm}$  – length calculated in the scale of the map with the actual fall

Checking was carried out by applying Pythagoras' theorem:  $d_r = \sqrt{d^2 + H_r^2}$ .

## 6 A Cartographic Presentation of the River Network in GIS

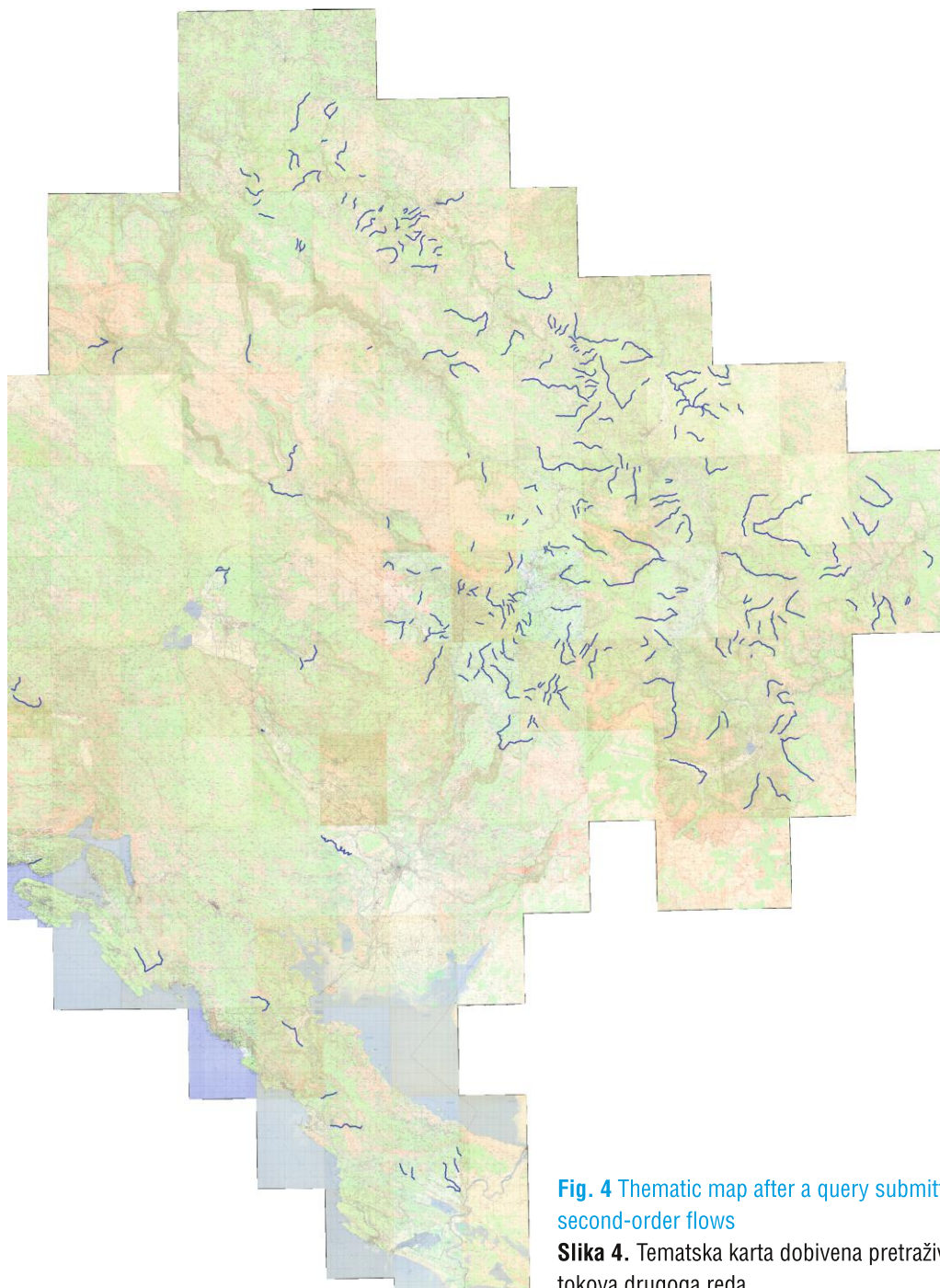
Several standard activities were necessary to display the obtained data through GIS, as follows:

- Data entry (carried out by digitalisation)
- Processing (it was necessary to adapt the data to the appropriate system for easier use later)
- Data obtained through measurements made in AutoCAD were used to create an Excel sheet, which was later linked with the appropriate flows. Only the flows whose existence was confirmed in the area, i.e. flows labelled on the map, were used to create the appropriate river network model

Table 4 Table obtained after submitting a query for a flow named Bistrica

Tablica 4. Tablica dobivena postavljanjem upita za tok imena Bistrica

Br No.	Naziv toka Name	Sliv Basin	y	x	Pritoka Tributaries	Red Order	Izvor Source	Ušće Confluence	Razlika Altitude difference	Duljina u km Length in km
1	Bistrica	Ljuboviđa	4755450	7395925	d	2	980	595	385	5.59
2	Bistrica	Lim	4774250	7410775	d	1	905	537	368	20.06
3	Bistrica	Pčinja	4743250	6618475	l	2	1240	993	247	4.71
4	Bistrica	Plašnica	4748625	6621400	l	2	1100	940	160	2.01
5	Bistrica	Tara	4758925	7380750	l	1	823	777	46	1.55
6	Bistrica	Tara	4761375	6615150	l	1	836	735	101	3.65
7	Bistrica	Zeta	4738000	6581650	l	1	659	617	42	5.68
8	Bistrica	Crmnica	4676750	6586675	l	2	78	11	67	2.28
9	Bistrica	Lim	4746625	7400225	l	1	975	675	300	9.73



**Fig. 4** Thematic map after a query submitted regarding second-order flows

**Slika 4.** Tematska karta dobivena pretraživanjem riječnih tokova drugoga reda

uzimani podatci o nadmorskoj visini izvora (ili nastanka toka, u slučajevima kada tokovi nastaju spajanjem dvaju manjih tokova) i nadmorskoj visini ušća (ili prelaska granice Crne Gore ili sastajanja s drugim tokom koje formira veći tok). Ukupan pad, tj. razlika između nadmorske visine izvora i nadmorske visine ušća, izračunat je na sljedeći način:

$H_r$  predstavlja visinsku razliku,  $H_i$  nadmorsku visinu izvora,  $H_u$  nadmorsku visinu ušća, pri čemu je  $H_r = H_i - H_u$ . Duljina toka određena je tako što je duljina vektoriziranog toka preračunata prema ukupnom padu:

$$d_r = \sec\beta d$$

$d$  – duljina vektoriziranog toka

$d_r$  – duljina izračunata u mjerilu karte s ostvarenim padom.

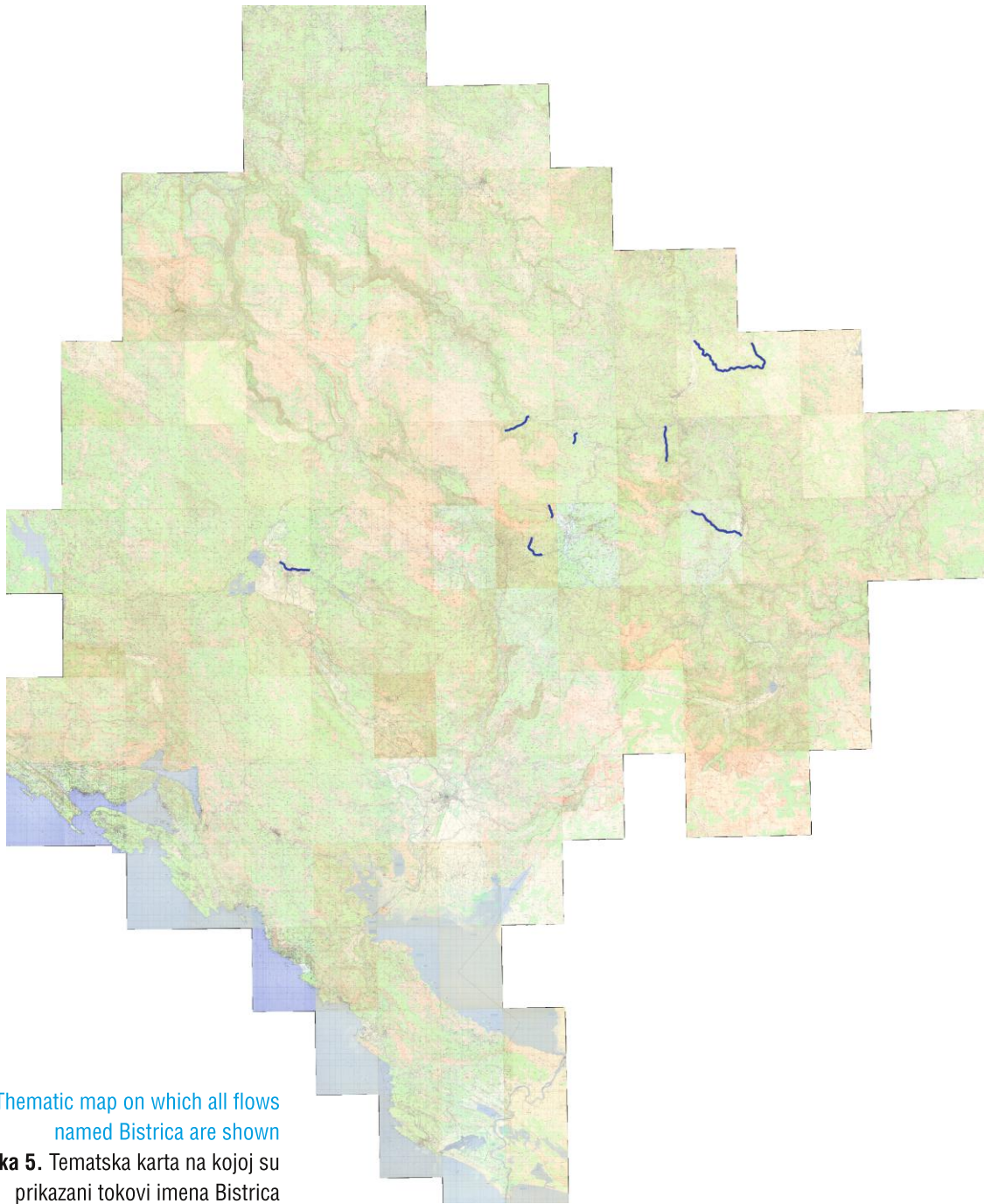
Provjera je provedena primjenom Pitagorinog poučka

$$d_r = \sqrt{d^2 + H_r^2}.$$

## 6. Kartografski prikaz riječne mreže u GIS-u

Za prikaz dobivenih podataka u GIS-u bilo je potrebno provesti nekoliko standardnih aktivnosti:

- unos podataka (provodi se digitalizacijom)
- obradu (podatke je potrebno prilagoditi odgovarajućem



**Fig. 5** Thematic map on which all flows named Bistrice are shown  
**Slika 5.** Tematska karta na kojoj su prikazani tokovi imena Bistrice

- Management (involving data manipulation – organising, editing and maintaining the database)
- Queries and analysis (every GIS, based on its database, provides answers to simple and complex questions) also allow a broad range of analyses according to the user’s requirements, for example:
  - Highlighting of flows by order
  - Searching for flows by the relevant name
  - Highlighting of flows according to hypso-metric layer, etc.
- Visualisation and reporting (as a response to the majority of queries, the result obtained is in the form of a thematic map, with the additional possibility of viewing 3D models, multimedia presentations or classic tabular reports)
- Every query submitted provides the opportunity to choose a new dataset with a given theme from the main database, and to create a new, smaller database from which a new thematic map can be obtained. The database created has, in all, 889 flows which have a defined number (eleven) of predetermined attributes. In Figure 2, a digital vector GIS is shown, which was created as a product of the digitalisation of the watercourses in the territory of Montenegro, in raster GIS composed of topographic maps at the scale of 1:25 000. Table 2 shows the Excel table created after measurement and data entry.

koordinatnom sustavu radi njihove kasnije lakše upotrebe)

- podatci dobiveni mjerenjima u AutoCAD Map-u iskorišteni su za kreiranje Excel datoteke koja je kasnije povezana s odgovarajućim tokovima (povezivanje je učinjeno samo za one tokove čije je postojanje utvrđeno u prostoru, tj. za tokove koji su zabilježeni na karti koja je u čitavom postupku i poslužila za formiranje odgovarajućeg modela riječne mreže)
- upravljanje (podrazumijeva rad s podacima – organizaciju, uređivanje i održavanje baze podataka)
- upite i analize (svaki GIS na osnovi svoje baze podataka daje odgovore na jednostavna ili složena pitanja te također dozvoljava široku lepezu analiza prema zahtjevima korisnika, npr.
  - izdvajanje tokova po redovima,
  - traženje toka s odgovarajućim imenom,
  - izdvajanje tokova prema hipsometrijskim pojasevima, itd.)
- vizualizaciju i izvještavanje (odgovor na većinu pitanja dobiva se u obliku tematske karte, uz dodatne mogućnosti prikaza 3D-modela, multimedijских prikaza ili klasičnih tabličnih izvještaja)
- svako postavljeno pitanje daje mogućnost izdvajanja nove baze podataka iz osnovne baze podataka sa zadanom temom te formiranje nove manje baze iz koje kasnije dobivamo novu tematsku kartu.

Formirana baza podataka ima ukupno 889 tokova koji imaju prethodno definiran broj atributa, njih 11. Na slici 2 prikazan je vektorski GIS, nastao kao proizvod vektorizacije vodotoka na prostoru Crne Gore, na rasterskom GIS-u, mreži karata 1:25 000. U tablici 2 prikazana je struktura tablice u Excelu koja je nastala nakon mjerenja i unošenja podataka.

Poslije izvršenih mjerenja, a zbog uspoređivanja duljina tokova koje su dane u poglavlju o dosadašnjim istraživanjima, u tablici 3. dani su podatci o duljinama glavnih vodotoka koji se nalaze na prostoru Crne Gore. Podatci koji su navedeni u toj tablici mjereni su suvremenim digitalnim metodama, provjerene su duljine mjerenih tokova dvama načinima - kurvimetrom i s pomoću šestara. Posebna vrijednost prezentiranih duljina je u tome što su po prvi put u duljine koje su prikazane na karti uračunane i relativne visine između izvora i ušća. Takav način mjerenja vodotoka na prostoru Crne Gore do sada nije primjenjiva, što ovom radu daje posebnu vrijednost.

Formiranjem GIS-a uspostavljena je baza podataka koja je, osim poboljšane točnosti, omogućila značajno ubrzanje dobivanja informacija za vodotoke na teritoriju Crne Gore,

bez obzira radi li se o njihovom pojedinačnom pregledu ili prema postavljenom upitu istražujemo i njihove grupne karakteristike.

Slijede primjeri primjene GIS-a:

Primjer 1. Na slici 3 dan je prikaz ekrana na kojem je odgovor GIS-a kada se kursorom klikne na pojedinačni vodotok. Za svaki takav klik na pojedinačni vodotok otvara se tablica s odgovarajućim podacima (neproslojnim atributima) o vodotoku.

Primjer 2. Uspostavljena baza podataka omogućava u GIS-u izdvajanje vodotoka po redovima kojem pripadaju u svom sustavu. Postavljanjem upita dobiva se posebna tablica, ali i tematska karta s izdvojenim vodotocima iz upita (slika 4).

Primjer 3. Ime toka koji se čak devet puta ponavlja na teritoriju Crne Gore je Bistrica. Do tablice i tematske karte na kojoj će biti prikazane sve Bistrice dolazi se postavljanjem upita kojim softver pronalazi i obilježava sve tokove naziva Bistrica (tablica 4 i slika 5).

Ti primjeri samo su neki od mnogih upita koje možemo postaviti u GIS-u i za svaki od njih pojedinačno dobiti posebnu tablicu i tematsku kartu. Svaka takva tablica i tematska karta u narednim koracima može biti predmet novog istraživanja.

## 7. Zaključak

Nakon provedenog postupka mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- Metodologija dobivanja podataka o duljinama riječnih tokova provedena je primjenom suvremenih računalnih programa koji su osigurali veliku točnost.
- Određene su duljine tokova u koje je uračunata i vrijednost razlike u nadmorskoj visini između izvora i ušća.
- Formirana je baza podataka u suvremenom GIS softveru te je time prvi put na takav način prikazan hidrografski segment geoprostora Crne Gore.
- Baza podataka omogućava analitičko-sintetičku i komparativnu analizu riječne mreže u okviru pojedinačnih slivnih cjelina, u okviru morskih slivova i na teritoriju Crne Gore.
- Baza podataka otvara mogućnost daljnje dogradnje sustava, tj. njezino proširenje na druge geoznanosti, posebno one koje su vezane za hidrografske teme.
- Provedeni način istraživanja i prezentacije podataka do kojih se došlo, je suvremen, nov, precizan i neusporedivo bolji način određivanja vrijednosti elementa geoprostora u odnosu na dosadašnje načine primijenjene u Crnoj Gori.



Following measurements, and in order to compare the lengths of flows given in the section on research so far, data are given in Table 3 regarding the lengths of the main watercourses in the territory of Montenegro. An important factor is that the data quoted in this table were measured using modern digital methods, and the lengths of the flows were checked in two ways, using an opisometer and callipers. This is the first time the relative height between the source and mouth has been accounted for in the lengths shown on the map. This approach to measuring watercourses in the territory of Montenegro has not been used before, and adds a certain value to this paper.

With the creation of a GIS, a database was established which, apart from its accuracy, enabled information on the watercourses in the territory of Montenegro to be obtained significantly faster, whether they were viewed individually, or researched according to a set query into their group characteristics.

We will give several examples of using GIS:

Example 1: In Figure 4, a screenshot shows the response of the GIS when an individual watercourse is clicked on. Each time, a table opens up with appropriate data (non-spatial attributes) on the watercourse.

Example 2: Creating a GIS database enables watercourses to be separated out according to their order in their system. By submitting a query, a particular table can be accessed, along with a thematic map with the watercourses specified in the query highlighted (Figure 4).

Example 3: Bistrica is a flow name repeated as many as nine times in the territory of Montenegro. A table and thematic map on which all the Bistricas are shown is obtained by submitting a query so that the software will find and highlight all the flows named Bistrica (Table 4 and Figure 5).

These are just some of the many queries that can be submitted via GIS, and for each a particular table and thematic map can be obtained. In the next stages, all such tables and thematic maps may form the subject of new research.

## 7. Conclusions

After undertaking the process, we can draw the following conclusions:

- The methodology of obtaining data on the length of river flows was carried out using modern computer programmes, which provided a high level of accuracy
- The lengths of flows determined took into account the value of the difference in height above sea level between the source and the mouth
- A database was created in modern GIS software, which is the first time that the hydrographical segment of the Montenegrin geospace has been presented in this way
- The database enables analytical-synthetic and comparative analyses of the river network within individual catchment basin units and sea basins, and in the territory of Montenegro
- The database opens up potential for updating the system further, i.e. extending it into other areas of geoscience, especially those connected with hydrographical topics
- The way of researching and reporting data developed so far is a modern, new, precise and incomparably better way of determining the values of the elements of geospace, compared with earlier methods used in Montenegro.

## References / Literatura

- Bakić R., Popović S., Radojičić B., Kasalica S., Ivanović C., Vukotić M. (1991) Geografija Crne Gore – faktori prerasmještaja stanovništva (Geography of Montenegro – Factors of Population Relocation), Univerzitetska riječ, Nikšić
- Barović G. (2009) Kartometrijska analiza rječne mreže Crne Gore i njena primjena u GIS-u, doktorska disertacija (Cartometric Analysis of Montenegro's River Network and its Application in GIS – Doctoral Thesis), PMF, Departman za geografiju, Univerzitet u Novom Sadu
- Dukić D. (1959) Vode u NR Crnoj Gori (Waters in the People's Republic of Montenegro), Cetinje, Zbornik radova 5. kongresa geografa Jugoslavije, 109–124
- Lješević M., Živković D. (2001) Kartografija (Cartography), Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd
- Radojičić B. (1996) Geografija Crne Gore (The Geography of Montenegro), Unireks, Nikšić
- Radojičić B. (2005) Vode Crne Gore (Waters of Montenegro), Institut za geografiju, Nikšić
- Radulović M. (2000) Hidrogeologija karsta Crne Gore (Hydrogeology of the Karst of Montenegro), Republički zavod za geološka istraživanja, Podgorica