

## ALTITUDINAL ZONATION OF RUNOFF IN THE RASINA RIVER BASIN

PREDRAG MANOJLOVIĆ<sup>1\*</sup>, MILAN SREJIĆ<sup>1</sup>, IVAN DJOKIĆ<sup>1</sup>,  
SANJA MUSTAFIĆ<sup>1</sup>, TANJA DOBROSAVLJEVIĆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *University of Belgrade-Faculty of Geography, Studentski trg 3/3, Belgrade, Serbia*

**Abstract:** The Rasina River Basin is located on the territory of Central Serbia. The aim of this paper is to determine the amount and spatial distribution of water resources, that is, to establish the participation of altitudinal zones in the formation of the total runoff in the Rasina River Basin area upstream from the "Čelije" reservoir. In terms of methodology, determination of water volume is based on four separated petrological-hydrological complexes. Average weighted specific runoff in a given territory is 9 l/s/km<sup>2</sup>. Metamorphites and magmatites are in the first place per participation in the total water runoff of 42.8 %. The second place belongs to sedimentary rocks that make 39.6 % of the total runoff. Unbound sediments participate in the total runoff value with 10.5 % and limestone with 7.1 %.

**Key words:** specific runoffs, lithological-hydrological complexes, Rasina, Serbia.

### Introduction

Studies of altitudinal water regionalization in Serbia have started to perform almost at the same time when the needs for altitudinal exploitation of waters in hilly-mountainous areas have ensued. Hydrological studies of this type are the result of the growing needs of hydropower exploitation of mountain streams (Ocokoljić M., 1987). Taking into account that even at the beginning of the XXI century we live in a period of worsened energy situation, the effort is to use every natural resource, including also the smallest watercourses. Precisely these watercourses today represent rich sources of the first quality healthy drinking water, so that the spring zones of the surface courses and their importance for water supply of the population are treated as part of the general national problem (Milinčić M., 2009). One of main issues is that they are not universally hidrologically studied in all parts of Serbia.

On the Rasina River, in 1979, a water reservoir "Čelije" was built, which volume amounts to 60 million cubic meters, and the water is used to irrigate around 200,000 acres of land and water supply (Gavrilović Lj., Dukić D., 2002). Čelije Lake is one of the reservoirs which economic exploitation is strongly intensified, and the problems with the lack of water in the summer period are the most visible. On the other hand, the process of water runoff is undoubtedly one of the starting factors in intensifying the erosion processes, so it also appears the problem of reservoir filling with the silt deposit. The aim of this paper is that on

---

\* E-mail: peca@gef.bg.ac.rs

This paper is part of the project "The Research on Climate Change Influences on Environment: Influence Monitoring, Adaptation and Mitigation" (43007), subproject No. 9: "Torrential Floods Frequency, Soil and Water Degradation as the Consequence of Global Changes", financed by Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia

the Rasina River Basin area, upstream of the "Ćelije" reservoir, the amount and spatial distribution of water resources are determined, i.e., to establish the participation of altitudinal zones in the formation of the total runoff. Considering the fact that in the Water Resources Master Plan, which was adopted in 2002, the issue of national water management strategy is clearly defined, the importance of such research can undoubtedly contribute to the valorization of the domicile water resources.

### **Geographical location and basic physical-geographical characteristics of the basin**

The Rasina River Basin is entirely located in Central Serbia. It covers an area of around 1,054 km<sup>2</sup> and is part of a much larger basin of the Zapadna Morava (West Morava) (14,568 km<sup>2</sup>). The northernmost point of the basin is presented by the confluence of the Rasina River and the Zapadna Morava (West Morava), at the altitude of 134 m, (43° 37' 15" N and 21° 22' 11" E). The southernmost point of the basin is a top Djurina lipa on the southwestern slopes of Jastrebac, at the altitude of 1,011 m (43° 15' 14" N and 21° 05' 49" E). The westernmost point of the basin is presented by Crni vrh at the altitude of 1,542 m (43° 31' 20" N and 20° 47' 04" E). The easternmost point of the basin is located beside the village of Crkvine, at the altitude of 260 m (43° 32' 18" N and 21° 28' 59" E). Upstream of the "Ćelije" reservoir, the Rasina River Basin covers an area of 611.3 km<sup>2</sup>. In this sector the highest altitude is 1,877 m and the minimum height of only 272 m, so that the height difference between the highest and lowest point is of 1,605 m. The average altitude of the basin is 726 m. The largest catchment area (75 % of the total area), is located in the altitudinal zone of 400-1,000 m. At approximately the same area dominate the slopes of 20-45°.

The analysis of geological maps (BGM 1:100,000) found that the Rasina River Basin is represented by 15 rock types: sand, Neogene sediment, flysch, limestone, quartz sandstone, green schist, micashist, amphibolite, gneiss, serpentinite, andesite, granite, granodiorite, diabase, basalt, and peridotite. Among the most common are flysch rocks, which occupy 40.7 % of the total catchment area, and they are the most distributed in the altitudinal belt from 300 m to 900 m. In the group of igneous rocks, the largest extend have peridotites, with 13.3 % of the total catchment area and are associated mainly with the upstream, upper parts of the basin at the altitude from 700 m to 1,400 m. Of metamorphic rocks, the largest extend have green shales at 12.4 %, which are mainly present in the central part of the basin at the altitude from 500 m to 1,100 m. Unbound sediments by the distribution are in the third place with 16.5 % of the total catchment area, and presented by sands and alluvial sediments in the middle and lower part of the river course and also sediments around the lake itself. Limestones occupy by far the smallest area, only 3.5 % of the total area.

The average annual weighted amount of precipitation in the Rasina River Basin for the period 1961-2010 is 744 mm, which is slightly larger than the average value for Serbia amounting to 739 mm (Bajat et al. 2012). The lowest parts of the basin receive an average of 641 mm of precipitation per year, while in parts of the basin at the altitude of more than 1,800 m, 1,005 mm excrete on the average. The largest amount of precipitation excretes in late spring and early summer. The rainiest month is May, and then June with the average precipitation of 74.3 mm and 67.4 mm in the lower areas, and 121 mm and 112 mm in the highest. May, June and July participate with 33.4 % in the annual amount of precipitation. The minimum precipitation is associated with the winter months of February and January. The average perennial amount of precipitation during these months is 35 mm and 41 mm in the lower parts of the basin, and 57.4 mm and 62.8 mm in its highest part. According to years of research (Živković N., Anđjelković G., 2004), the altitudinal gradient of precipitation amount to 77 mm/100 m of the altitude.

The river network density in the basin is 1.383 km/km<sup>2</sup> on the average. There is a great difference between the left side of the valley where it is 0.949 km/km<sup>2</sup> and the right where it is 1.488 km/km<sup>2</sup> (Dimitrijević Lj., 2010). Upstream from the reservoir, the discharge at the Rasina is measured at two hydrological profiles in Brus and near the village of Ravni. The amplitudes of the average annual maximum and minimum discharge are high. High ratio between the maximum and minimum discharge of 1:29.1 at Brus, or 1: 19.6 at Ravni (Dimitrijević Lj, Radivojević A., Filipović I., 2010) indicates the torrential character of the river course.

### Research methodology

In the world, a large number of studies are devoted to the development of different models for assessment of runoff. Dawson and Wilby distinguish three groups of methods for modeling the precipitation-runoff relationship: deterministic (physical), conceptual and parametric (empirical) models. In this, the greatest application in the modeling of hydrological processes of runoff have the mathematical methods from the third group, because they are very practical, simple and demand less data than other methods (Dawson C.W., Wilby R.L., 2001). Latest studies defining the precipitation-runoff relationship include application of the artificial intelligent techniques which have great advantages over the conventional modeling techniques such as ANN, neurofuzzy models, hybrid intelligent model (Han et al. 2007, Nayak et al., 2005, 2007, Asadi S. et al., 2013) or through non-linear models such as GARCH (Modarres R., and Ouardaa T.B.M.J., 2013).

Factors that appear in the models for assessment of runoff are different. In addition to precipitation as the main factor that determines the runoff volume, recent studies engage the anthropogenic influence on the runoff, primarily viewed through changes in land use (Wooldridge S., et al. 2001, Schreider et al., 2002, Hundedcha Y., Bardossy A., 2004) or include the percentage of urban areas in the regression model (Stuckey M.H., 2006). The most commonly implemented physical-geographical factors in the modeling are: slope of the basin, average altitude of the basin, river network density, forestation, geological structure of the terrain and air temperature.

In Serbia, various studies have also been carried out in order to determine the impact of different factors on the runoff assessment, especially in the basins where there are no direct measurements. Studies in the area of Eastern Serbia (Živković N., 1992) were based on the use of regression models in which 6 independent factors figure: average annual precipitation, average altitude of the basin, river network density, forestation, catchment area and geological structure of the terrain. On 75 smallest basins in Serbia, the regression models are complemented by the introduction of new factors: average slope of the river basin and river network density (Živković N., 1995). Later studies (Živković N., 2009) in formation of the model for the runoff assessment attach the following: air temperature, soil types, impact of the wet air fronts and exposition.

The great importance for the surface water runoff has the lithological composition of the rocks. The significance of the impact of the relationship precipitation-geological structure of the terrain, as the dominant factors affecting the water runoff, is shown by the results (Mazvimavi D., 2003). Assessment of the mid-annual runoff through geological structure of the terrain, including also the slope of the basin in the models, is very satisfactory, considering the high correlation degree of 0.78 to 0.89. In this paper, the methodology to determine the runoff is applied through two key factors: *amount of precipitation and 4 separated lithological complexes*, but taking into account that *the impact of the relevant factors is viewed on the level of the unit field* (Manojlović P., Živković N., 1997).

Studies and data processing on the territory of Serbia were carried out most commonly on the level of 1 km<sup>2</sup> for the larger regional units (Manojlović P., 1992, Manojlović P., Gavrilović Lj., Živković N., 1994, Manojlović P., Živković N., 1997). However, in order to increase the accuracy of the relevant parameters and further quantification of the processes, the studies on certain basins have shown that the most optimal solution for the elemental territorial unit is *to adopt the unit field of the area of 0.5 × 0.5 km, that is 0.25 km<sup>2</sup>* (Mustafić S., 2006, 2012), which was also applied in this paper. For each unit field the minimum and maximum altitude was determined, the distance between them and the average altitude of the given field. The basis consisted of the BTM maps 1:25,000.

To determine the value of the specific runoff on the level of the unit field, the multifactorial model with the destination determinants was applied (Mustafić S., 2006):

*precipitation (X<sub>0</sub>) → altitude (H<sub>av</sub>) → runoff coefficient (C) determined through 4 lithological complexes → runoff height (Y) → specific runoff (q)*

To determine the amount of precipitation, the model which proved to be the most acceptable was applied (Živković N., Andjelković G., 2004, Živković N., 2009), which was the determination of the amount of precipitation through the altitude X<sub>0</sub>=f(H). The selected model for the Rasina catchment area in the analytical form is as follows:

$$X_0 = 0,234 \times H + 574,5 ; R^2 = 0,98$$

The model was based on the data from three precipitation measurement stations (Kruševac, Brus and Kopaonik) for the period 1961-2010.

In the next step, the digitization of the geological maps at the BGM scale 1:100,000 was done, pages Vrnjci, Kruševac, Novi Pazar and Kuršumljija. The above mentioned 15 types of rocks, in order to determine the specific runoff through the prevailing lithological composition, are classified into 4 hydrological-lithological complexes: 1. sediments; 2. sedimentary rocks; 3. carbonate rocks; 4. metamorphites and magmatites. Processing of all relevant parameters was performed in the software package Geomedia Intergraf 5.2.

### Research results

From the territory of the Rasina River Basin to the "Čelije" reservoir, the average annual runoff is of 5,483 l/s. This means that the average weighted value of the specific runoff is 9 l/s/km<sup>2</sup>, which is above mid average value for Serbia -7.06 l/s/km<sup>2</sup> (Manojlović P., Živković N., 1997). The specific runoff values are in the range of 3 l/s/km<sup>2</sup> in the most downstream sector near the dam, to 27.9 l/s/km<sup>2</sup> which is the value in the highest mountainous part of the basin.

If we look at the spatial distribution of runoff formation in classes of up to 10 l/s/km<sup>2</sup>, then 10-20 l/s/km<sup>2</sup> and over 20 l/s/km<sup>2</sup>, the situation in the basin is the following. Spatially, the runoff with the average annual value distributed in the classes of up to 10 l/s/km<sup>2</sup> is the dominant one. This specific runoff is formed within the zone that covers even 65.9 % of the total catchment area, where it formed 49.4 % of the total runoff. The second zone covers almost 1/3 of the catchment area (31.7 %) in which the runoff is distributed in the class of 10-20 l/s/km<sup>2</sup>. Participation of this territory in the water volumes is slightly less than in the previous case - 45.9 %. The third section covers only 1.5 % of the catchment area. This is the area where the runoff is formed of more than 20 l/s/km<sup>2</sup>, which in the total annual runoff accounts for only 5.5 %.

However, if we are to comprehend which area is the richest in water, or participate most in creation of runoff, the analysis in Table 1 shows the following. The largest area of 155.2 km<sup>2</sup> covers the territory where the average annual specific runoff is 6-8 l/s/km<sup>2</sup>. Viewed through percentages, this area covers 25.4 % of the total catchment area, where it forms the 1/5 of the total runoff. Large distribution occupies the runoff of the average annual value of 4-6 l/s/km<sup>2</sup>, covering 20.9 % of the catchment area. Thus, the runoff with the value up to 8 l/s/km<sup>2</sup> occupies a total of 48.7 % of the catchment area, and in this region 32.3 % of the water in the basin is formed. Thus, this value of the runoff occupies about half of the basin, and here is formed about a third of the total water of the Rasina. However, *the territory in which the runoff of the classes 8-18 l/s/km<sup>2</sup> is formed, covers 48.3 % of the total territory. On that area, 61.2 % of the total annual runoff is formed.*

**Table 1 Frequency distribution of the average annual specific runoff per separated classes**

frequency q	F (km <sup>2</sup> )	% F	cum % F	q	cum q	% q	cum % q
<4	14,8	2,4	2,4	3,6	53,5	1,0	1,0
4-6	127,8	20,9	23,3	5,1	647,8	11,8	12,8
6-8	155,2	25,4	48,7	6,9	1070,7	19,5	32,3
8-10	105,1	17,2	65,9	8,9	933,8	17,0	49,4
10-12	81,3	13,3	79,2	10,9	886,0	16,2	65,5
12-14	57,5	9,4	88,6	12,9	743,6	13,6	79,1
14-16	35,8	5,9	94,5	14,8	530,8	9,7	88,8
16-18	15,3	2,5	97,0	16,8	256,7	4,7	93,5
18-20	5,2	0,8	97,8	18,8	97,7	1,8	95,2
20-22	4,2	0,7	98,5	20,9	88,3	1,6	96,8
22-24	5,6	0,9	99,4	22,9	128,9	2,4	99,2
24-26	3,1	0,5	99,9	24,7	75,8	1,4	100,0
>26	0,4	0,1	100,0	26,9	11,2	0,2	100,0
Σ	611,3	100		9,0	5483,0	100,0	

**Legend:** F – area in km<sup>2</sup>; % F – percentage of the territory; cum % F – cumulative percentage of the territory; q – average annual specific runoff in l/s/km<sup>2</sup>; cum q – cumulative runoff; %q – percentage of the runoff; cum % q – cumulative percentage of the runoff.

**Table 2 Frequency distribution of the average annual specific runoff per altitudinal zones**

altitudinal zone (m)	F (km <sup>2</sup> )	% F	cum % F	q	cum q	% q	cum % q
200-300	4,1	0,7	0,7	3,6	14,5	0,3	0,3
300-400	44,6	7,3	8,0	4,5	200,7	3,7	4,0
400-500	94,2	15,4	23,4	5,4	503,9	9,2	13,2
500-600	82,7	13,5	36,9	6,6	542,6	9,9	23,0
600-700	84,7	13,9	50,8	7,6	640,9	11,7	34,7
700-800	75,3	12,3	63,1	8,8	660,0	12,0	46,8
800-900	70,6	11,5	74,6	10,4	734,3	13,4	60,2
900-1000	51,4	8,4	83,0	11,9	609,9	11,1	71,3
1000-1100	39,8	6,5	89,5	13,3	530,1	9,7	81,0
1100-1200	27,8	4,6	94,1	14,7	407,7	7,4	88,4
1200-1300	14,1	2,3	96,4	16,2	228,0	4,2	92,6
1300-1400	8,6	1,4	97,8	18,0	155,5	2,8	95,4
1400-1500	5,3	0,9	98,7	20,5	109,3	2,0	97,4
1500-1600	3,3	0,5	99,2	21,6	71,4	1,3	98,7
1600-1700	2,1	0,4	99,6	22,8	49,1	0,9	99,6
1700-1800	1,9	0,3	99,9	24,2	45,0	0,8	100,0
>1800	0,9	0,2	100,0	24,7	22,9	0,4	100,0
Σ	611,3	100,0		9,0	5483,0	100,0	

**Legend:** F – altitudinal zone area in km<sup>2</sup>; % F – percentage of the altitudinal zone area;  
**cum % F** – cumulative percentage of the altitudinal zone area; **q** - average annual specific runoff in l/s/km<sup>2</sup>,  
**cum q** – total amount of water from the altitudinal zone in l/s, **%q** – percentage of the runoff from the altitudinal zone, **cum %q** – cumulative percentage of the runoff from the altitudinal zone.

If the Rasina River Basin, in hypsometric terms, regards as hilly area up to the altitude of 500 m, low mountainous of 500-1,000 m and medium high mountainous area over 1,000 m, the distribution of runoff has the following characteristics (Table 2). At the altitudinal zone up to 500 m, which covers 23.4 % of the catchment area, only 13.2 % of the total runoff is formed. On the other hand, the low mountainous area covers 59% of the catchment area and 58 % of the water is formed on it. Since the Rasina River Basin in its upper course is of very mountainous character, so the altitudes of more than 1,000 m occupy a relatively large share. The altitudes over 1,000 m form 17 % of the catchment area, and from these areas runoffs 29.5 % of water. This is logical, given that by the increase in altitude increases the amount of precipitation (average amount of precipitation above 1,000 m is 900 mm), and the angles of the slope have high values (average slope is 36 °), which are prerequisites for faster runoff.

What is the characteristic of the Rasina River Basin in the altitudinal zonation of water, is the fact that the cumulatively 50 % of the catchment area is located at the altitudes up to 700 m, but in that area only 34.7% of the total runoff is formed. Thus, *the greatest wealth of water in the basin, accounting for 65.3 % of the total runoff formation is above the altitude of 700 meters.*

First lithological-hydrological complex, which was presented by unbound sediments, precisely the Neogene sediments, sands and alluvium has the extend of 16.5 % of the total catchment area. These rocks are present in the middle and lower course of the Rasina, with the largest extend at the altitudes from 400 m to 900 m, although to a lesser extent, occur up to the altitude of 1,400 m. It is at this highest level also occur the maximum values of the weighted specific runoff, which are about 11 l/s/km<sup>2</sup>. The minimum values of the runoff in the most downstream area are of 3.1 l/s/km<sup>2</sup>. In general, this lithological-hydrological complex, participates in the total amount of runoff with 10.5 %, while the weighted average value of the specific runoff on this rocky complex is 5.6 l/s/km<sup>2</sup>.

**Table 3 Distribution of the average annual specific runoff per altitudinal zones and lithological-hydrological complexes**

Altitudinal zone (m)	sediments			sedimentary rocks			limestones			metamorphites		
	F	q	% q	F	q	% q	F	q	% q	F	q	% q
200-300	1,8	3,1	1,0	0,3	4,3	0,1	-	-	-	2,0	3,7	0,3
300-400	10,6	3,7	6,7	22,6	5,1	5,3	-	-	-	11,4	4,3	2,1
400-500	18,3	4,3	13,5	50,7	5,9	13,7	0,1	7,6	0,2	25,0	5,4	5,7
500-600	14,7	5,2	13,1	41,7	7,1	13,5	0,3	9,3	0,7	25,9	6,6	7,2
600-700	17,2	5,9	17,4	38,1	8,3	14,4	0,5	10,7	1,4	28,9	7,8	9,5
700-800	17,6	6,7	20,3	31,9	9,5	13,8	1,1	12,3	3,5	24,7	9,1	9,5
800-900	11,3	7,5	14,6	24,3	10,8	12,0	3,1	13,8	11,0	31,9	10,4	14,0
900-1000	4,9	8,2	6,9	11,0	12,1	6,1	3,1	15,4	12,2	32,3	11,8	16,1
1000-1100	2,0	9,0	3,1	12,2	13,5	7,5	1,9	16,7	8,1	23,6	13,2	13,2
1100-1200	1,3	9,7	2,2	11,9	14,7	8,0	1,4	18,2	6,5	13,2	14,6	8,1
1200-1300	0,7	10,3	1,2	3,5	16,1	2,6	1,1	20	5,6	8,8	16	6,0
1300-1400	-	-	-	1,6	17,5	1,3	1,8	21,2	9,8	5,2	17,4	3,8
1400-1500	-	-	-	-	-	-	3,2	22,6	18,6	2,1	18,9	1,7
1500-1600	-	-	-	-	-	-	1,6	24	9,9	1,7	20,4	1,5
1600-1700	-	-	-	0,4	21,5	0,4	1,2	25	7,7	0,5	21,7	0,5
1700-1800	-	-	-	0,8	22,8	0,8	0,7	26,3	4,7	0,4	23,2	0,4
> 1800	-	-	-	0,5	23,9	0,5	0,0	27,7	0,1	0,4	24,3	0,4
Σ	100,6	582,2	100	251,5	2189,5	100	21,2	389,8	100	238,0	2365,2	100
%	16,5	10,5		41,1	39,6		3,5	7,1		38,9	42,8	

**Legend:** F- altitudinal zone area in km<sup>2</sup>, q – average specific runoff in l/s/km<sup>2</sup>, %q – water runoff percentage from the altitudinal zone of the given rocky complex

The second lithological-hydrological complex presented by bound sedimentary rocks occupies the largest extend in the basin. Of all these sedimentary rocks, the largest extend have the flysch rocks. The bound sediments constitute 41.1 % of the total catchment area, and they are present in almost all altitudinal zones. The largest area of these rocks is at the altitude of 300-900 m. Given that these rocks occupy the large extend, consequently, their participation in the total water runoff is huge. This complex accounts for 39.6 % of the total water runoff in the basin. The average weighted specific runoff is 8.8 l/s/km<sup>2</sup>, and is in the range from 4.3 l/s/km<sup>2</sup> in the lowest altitudinal zones to 23.9 l/s/km<sup>2</sup> in the highest part of the basin.

Limestones, as the third lithological-hydrological complex, occupy the least extend, with only 3.5 % of the total area of the territory. Although it occupies a very small area, this complex plays an important role in the water runoff from these areas. Some more significant extend limestones occupy in the zone of 800-1000 m and in the zone of 1,400-1,500 m. The average weighted value of the runoff is high, amounting to 16.9 l/s/km<sup>2</sup>, and ranging from 6.6 to 27.7 l/s/km<sup>2</sup>.

The last, fourth lithological-hydrological complex consists of magmatites and metamorphites, which together with sedimentary rocks occupy the largest extend in the Rasina River Basin. The area covered by these rocks occupies 238 km<sup>2</sup>, or 38.9 % of the total basin area. They are present in almost all altitudinal zones, although the largest extend is at 400-1,200 m. The surface runoff is large and this complex is at the first place by participation in the total runoff from this area. This participation is 42.8 %. The average weighted values of the specific runoff range from 3.1 l/s/km<sup>2</sup> in the most downstream part of the basin, to 24.3 l/s/km<sup>2</sup>, at the altitudes of over 1,800 m. The average weighted specific runoff of this rocky complex is 9.7 l/s/km<sup>2</sup>.

## Conclusion

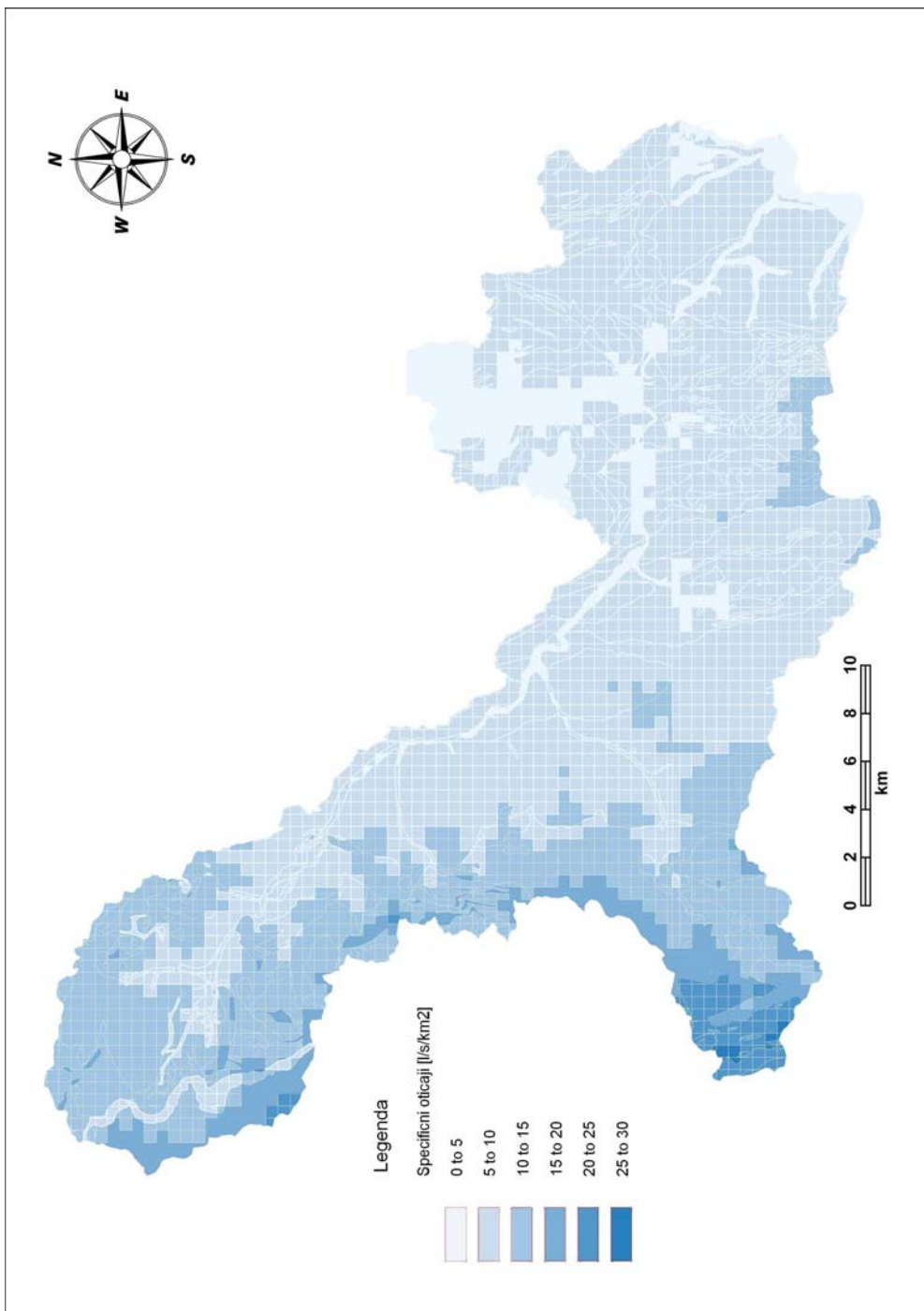
The average weighted specific runoff in the Rasina River Basin to the the "Ćelije" reservoir amounts 9 l/s/km<sup>2</sup>, which is the value that is higher than the average for Serbia. Taking into account that this part of the basin is located at higher altitudes, where the higher slopes are and where a relatively large amount of precipitation is excreted, it is clear that the runoff values are higher than the average.

1. The area where the runoff is formed in distributed classes from 8-18 l/s/km<sup>2</sup> covers 48.3 % of the total catchment area. On that area, 61.2 % of the total annual runoff is formed.
2. The greatest wealth of water in the basin, accounting for 65.3 % of the total runoff formation is at the altitude of above 700 m.
3. Distribution of the specific runoff by four separated lithological-hydrological complexes has the following schedule. In general, the unbound sediments participate in the total runoff amount with 10.5 %, while the average weighted value of the specific runoff on this rocky complex is 5.6 l/s/km<sup>2</sup>. The second complex presented by the sedimentary rocks participates with 39.6 % of the total water runoff in the basin; the average weighted specific runoff in it is of 8.8 l/s/km<sup>2</sup>. The limestones, as the third lithological-hydrological complex, although they have a minimal extend, play a significant role in the water runoff from these areas. With the participation of 7.1 % of the total runoff, the weighted runoff values are relatively high 16.9 l/s/km<sup>2</sup> on them. The fourth separated lithological-hydrological complex consists of magmatites and metamorphites, which, together with the sedimentary rocks, occupy the largest extend in the Rasina River Basin. The surface runoff is large and this complex is in the first place by participation in the total water runoff from this area. That participation is of 42.8 %. The average weighted specific runoff of this rocky complex is 9.7 l/s/km<sup>2</sup>.

## Reference

- Asadi S. Shahrabi J., Abbaszadeh P., Tabanmehr S. (2013): A new hybrid artificial neural networks for rainfall-runoff process modeling. *Neurocomputing*, (Available online 29 June 2013) <http://dx.doi.org.proxy.kobson.nb.rs:2048/10.1016/j.neucom.2013.05.023>
- Bajat B., Pejović M., Luković J., Manojlović P., Ducić V., Mustafić S. (2012). Mapping average annual precipitation in Serbia (1961–1990) by regression kriging. *Theoretical and Applied Climatology*, 112, 1-13
- Dawson, C.W., Wilby, R.L. (2001). Hydrological modeling using artificial neural networks. *Prog. Phys. Geogr.* 25, 80–108.
- Dimitrijević Lj., (2010). *Hidrografska studija reke Rasine*. Beograd: Geografski fakultet. Magistarski rad.
- Dimitrijević Lj., Radivojević A., Filipović I. (2010). Hydrological rognosis for high and low waters of the river of Rasina. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 90 (2), 29-46
- Gavrilović Lj., Dukić D. (2002). *Reke Srbije*. Beograd: Zavod za udžbenike i nasavna sredstva, 1-218
- Han, D., Kwong, T., Li, S., 2007b. Uncertainties in real-time flood forecasting with neural networks. *Hydrological Processes*, 21 (2), 223–228
- Hundecha Y. and Bardossy, A. (2004). Modeling of the effect of land use changes on the runoff generation of a river basin through parameter regionalization of a watershed model. *Journal of Hydrology* 292, 281–295
- Manojlović P. (1992): Methodology of elaboration of the map of the intensity of chemical erosion in Serbia. Collection of the Papers Faculty of Geography, 39, 29-39
- Manojlović P., Gavrilović Lj., Živković N. (1994). The methodology foundation of researching of the chemical erosion. *Collection of the Papers Faculty of Geography of University of Belgrade*, 9-14
- Manojlović P., Živković N. (1997). The Map of Runoff in Serbia. *Collection of the papers Faculty of Geography University of Belgrade*, 48, 15-25
- Mazvimavi D. (2003). *Estimation of flow characteristics of ungauged catachments*. Wageningen University, Ph.D Thesis
- Milinčić M. (2009): *Spring zones surface water in Serbia - ecological limites and revitalization of sattlements*. University of Belgrade - Faculty of Geography, 281 p (in Serbian)
- Modares, R., Ouarda T.B.M.J. (2013). Modeling rainfall-runoff relationship using multivariate GARCH model. *Journal of Hydrology* 499, 1–18
- Mustafić S (2006): Spatial Distribution of Runoff in Temstica River Basin. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 86(2), 45–52
- Mustafić S. (2012): *Geographical factors as erosion intensity determinants on the example of the Nišava river basin*. University of Belgrade: Faculty of Geography, Manuscript PhD Thesis, 1-427
- Nayak, P.C., Sudheer, K.P., Jain, S.K., (2007). Rainfall-runoff modeling through hybrid intelligent system. *Water Res. Res.* 43, 1–17
- Nayak, P.C., Sudheer, K.P., Rangan, D.M., Ramasastri, K.S., (2005). Short-term flood forecasting with a neurofuzzy model. *Water Res. Res.* 41, 1–16.
- Ocokoljić M., (1987). *Visinsko zoniranje voda u slivu Velike Morave i neki aspekti njihove zaštite*. Posebna izdanja, knj.64, Beograd: Srpsko geografsko društvo
- Schreider, S.Yu., Jakeman, A.J., Letcher, R.A., Nathan, R.J., Neal, B.P., Beavis, S.G. (2002). Detecting changes in streamflow response to changes in non-climatic catchment conditions: farm dam development in the Murray-Darling basin. *Aust. J. Hydrol.* 262, 84–98
- Stuckey M. H.(2006). Low-Flow, Base-Flow and Mean Flow Regression Equations for Pennsylvania streams. USGS, Scientific Investigations Report 2006-5130, Reston, Virginia, USA
- Wooldrige, S., Kalma, J., Kuczera, G. (2001). Parameterisation of a simple semi-distributed model for assessing the impact of landuse on hydrologic response. *J. Hydrol.* 254, 16–32.
- Živković N, Andjelković G. (2004). Altitude precipitation gradient in Serbia. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 84(2), 31–36
- Živković N., (1992). Runoff in Carpatho-Balkan Mountains of Serbia. In: Gavrilović D. (ed), *Physico-geographical problems of Carpatho-Balkan Mountains in Serbia*. University of Belgrade - Faculty of Geography, 1, 29-40
- Živković N. (1995). *The impact of physico-geographical factors on runoff in Serbia*. Faculty of Geography, University of Belgrade, 113 p (in Serbian)
- Živković N (2009). *Average Annual and Seasonal River Discharge in Serbia*. Belgrade: Faculty of Geography, 174 p. (in Serbian)





## ВИСИНСКО ЗОНИРАЊЕ ВОДА У СЛИВУ РАСИНЕ

ПРЕДРАГ МАНОЈЛОВИЋ<sup>1</sup>, МИЛАН СРЕЉИЋ<sup>1</sup>, ИВАН ЂОКИЋ<sup>1</sup>,  
САЊА МУСТАФИЋ<sup>1</sup>, ТАЊА ДОБРОСАВЉЕВИЋ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Универзитет у Београду-Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд, Србија*

**Сажетак:** Слив реке Расине налази на територији централне Србије. Циљ овог рада је да се на простору слива Расине узводно од акумулације "Ђелије" утврди количина и просторна дистрибуција водних капацитета, односно да се установи учешће висинских зона у формирању укупног отицаја. У методолошком смислу утврђивање водности базирано је преко четири издвојена петролошко-хидролошка комплекса. Просечни пондерисани специфични отицај на датој територији износи 9 l/s/km<sup>2</sup>. На првом месту по учешћу у укупном отицању вода 42,8 %, имају метаморфити и магматити. Друго место припада седиментним стенама које са 39,6 % чине део укупног отицаја. Невезани седименти учествују у укупној вредности отицаја са 10,5 %, а кречњаци са 7,1 %.

**Кључне речи:** специфични отицаји, литолошко-хидролошки комплекси, Расина, Србија.

### Увод

Проучавања висинске регионализације вода у Србији почела су се вршити готово истовремено када су настале потребе за висинским искоришћавањем вода у брдско-планинским крајевима. Хидролошка истраживања ове врсте резултат су све већих потреба хидроенергетског искоришћавања планинских водотока (Оцокољић М., 1987). С обзиром да и на почетку XXI века живимо у периоду погоршане енергетске ситуације, настојања су да се сваки природни ресурс искористи укључујући и најмање водотокове. Управо ти водотоци данас представљају богата изворишта првог реда здраве пијаће воде, тако да зоне се изворишта површинских токова и њихоов значај за потребе водоснабдевања становништва третирају као део општег националног проблема (Милинчић М., 2009). Један од главних проблема је што оне нису свеобухватно хидролошки проучене у свим деловима Србије.

На реци Расини 1979. године изграђена је водна акумулација "Ђелије", чија запремина износи 60 милина кубних метара, а вода се користи за наводњавање око 200.000 хектара земљишта и водоснабдевање (Гавриловић Љ., Дукић Д., 2002). Ђелијско језеро је једана од акумулација чија је економска експлоатација јако интензивирана, а проблеми са недостатком воде у летњем периоду највидљивији. С друге стране, процес отицања вода несумњиво је један од одредишних фактора интензивирања ерозивних процеса, тако да се јавља и проблем засипања акумулације суспендованим наносом. Циљ овог рада је да се на простору слива Расине узводно од акумулације "Ђелије" утврди количина и просторна дистрибуција водних капацитета, тј. да се установи учешће висинских зона у формирању укупног отицаја. С обзиром на чињеницу да је у Водопривредној основи, која је усвојена 2002. године, питање националне стратегије газдовања водама јасно дефинисано, значај оваквих истраживања несумњиво може допринети валоризацији домицилних водних ресурса.

### Географски положај и основне физичко-географске карактеристике слива

Слив реке Расине се у целини налази на територији Централне Србије. Захвата површину од око 1054 km<sup>2</sup> и представља део знатно већег слива Западне Мораве (14.568 km<sup>2</sup>). Најсевернија тачка у сливу представљена је ушћем реке Расине у Западну Мораву, на 134 m н.в. (43° 37' 15" N и 21° 22' 11" E). Најјужнију тачку слива представља врх Ђурина липа на југозападним огранцима Јастрепца, надморске висине 1011 m (43° 15' 14" N и 21° 05' 49" E). Најзападнија тачка слива представљена је Црним врхом на 1542 m н.в. (43° 31' 20" N и 20° 47' 04" E). Најисточнија тачка слива налази се код села Црквине, на надморској висини од 260 m (43° 32' 18" N и 21° 28' 59" E). Узводно од акумулације "Ђелије" слив Расине захвата површину од 611,3 km<sup>2</sup>. На овом сектору највећа надморска висина износи 1877 m, док је најмања висина свега 272 m, тако да је висинска разлика између највише и најниже тачке 1605 m. Средња надморска висина слива износи 726 m. Највећа површина слива (75% укупне

површине), налази се у висинској зони од 400-1000 m н.в. На приближно истој површини доминирају нагиби од 20-45°.

Анализом геолошких карата (ОКГ 1:100.000) утврђено је да је у сливу Расине заступљено 15 типова стена: пескови, неогени седименти, флиш, кречњаци, кварцни пешчари, зелени шкриљци, микашисти, амфиболити, гнајсви, серпентинити, андезити, гранити, гранодиорити, дијабази и базалти и перидотити. Међу седиментима најзаступљеније су флишне стене које заузимају 40,7 % укупне површине слива, а највеће распрострањење имају у висинском појасу од 300 m до 900 m. У групи магматских стена, највеће распрострањење имају перидотити, са 13,3 % од укупне површине слива и везују се углавном за узводније, горње делове слива између 700 m и 1400 m надморске висине. Од метаморфних стена, највеће распрострањење имају зелени шкриљци са 12,4 %, који су махом заступљени у средњем делу слива на висинама од 500 m до 1100 m. Невезани седименти се по распрострањењу налазе на трећем месту са 16,5 % од укупне површине слива, и представљени су песковима и алувијалним седиментима у средњем и доњем делу тока, као и седиментима око самог језера. Кречњаци заузимају убедљиво најмање простора, свега 3,5 % укупне површине

Средња годишња пондерисана количина падавина у сливу Расине за период 1961-2010. износи 744 mm, што је нешто већа вредност од просека за Србију који износи 739 mm (Вајат et al. 2012). Најнижи делови слива примају просечно годишње 641 mm падавина, док се у деловима слива преко 1800 m надморске висине просечно излучи 1005 mm. Највећа количина падавина излучи се крајем пролећа и почетком лета. Најкишовитији месец је мај, а потом јун са просечном количином падавина од 74,3 mm и 67,4 mm у нижим теренима, односно 121 mm и 112 mm у највишим. Мај, јун и јул учествују са 33,4 % у годишњој суми падавина. Минимум падавина везан је за зимске месеце фебруар и јануар. Просечна вишегодишња количина падавина у овим месецима износи 35 mm и 41 mm у нижим деловима слива, односно 57,4 mm и 62,8 mm у највишем његовиом делу. Према вишегодишњим истраживањима (Živković N., Andjelković G., 2004) висински градијент падавина износи 77 mm/100 m надморске висине.

Густина речне мреже у сливу просечно износи 1,383 km/km<sup>2</sup>. Велика је разлика између леве долинске стране где је она 0,949 km/km<sup>2</sup> и десне где она износи 1,488 km/km<sup>2</sup> (Димитријевић Љ., 2010). Узводно од акумулације протицај на Расини се мери на два хидролошка профила у Брусу и код насеља Равни. Амплитуде средњих годишњих максималних и минималних протицаја су велике. Висок однос између максималних и минималних протицаја од 1:29,1 код Бруса, односно 1: 19,6 у Равнима (Dimitrijević Lj, Radivojević A., Filipović I., 2010) указује на бујичарски карактер тока.

### Методологија истраживања

У светским размерама велики број истраживања посвећен је развоју различитих модела за процену отицања. Dawson и Wilby издвајају три групе метода за моделовање односа падавине-отицаја: детерминистичке (физичке), концептуалне и параметарске (емпиријске) моделе. При томе, највећу примену при моделовању хидролошких процеса отицања имају математичке методе из треће групе, јер су веома практичне, једноставне и захтевају мање података од других метода (Dawson, C.W., Wilby, R.L., 2001). Најновија истраживања која дефинишу релацију падавине-отицање укључују примену вештачки интелигентних техника које имају велике предности у односу на конвенционалне технике моделовања, као што су ANN, neurofuzzy model, hybrid intelligent model (Han et al. 2007, Nayak et al., 2005, 2007, Asadi S. et al., 2013 ) или кроз нелинеарне моделе као што је GARCH (Modarres, R. and Ouarda T.V.M.J., 2013).

Фактори који фигурирају у моделима за процену отицаја су различити. Поред падавина као основног фактора који детерминише величину отицања, новије студије укључују антропогени утицај на отицање, у првом реду сагледан кроз промене намене коришћења земљишта (Wooldridge, S. et al. 2001, Schreider et al. 2002, Hundedcha Y. and Bardossy, A. 2004) или у регресиони модел укључују проценат урбаних површина (Stuckey M. H., 2006). Најчешће имплементирани физичко-географски фактори у моделовању су: пад слива, средња надморска висина слива, густина речне мреже, пошумљеност, геолошки састав терена, температура ваздуха.

На простору Србије, такође, су вршена различита истраживања са циљем утврђивања утицаја различитих фактора на процену отицаја, пре свега у сливовима на којима нема

непосредних мерења. Истраживања на простору Источне Србије (Živković N., 1992) заснивала су се на примени регресионих модела у којима фигурира 6 независних фактора: средње годишње падавине, средња надморска висина слива, густина речне мреже, пошумљеност, површина слива и геолошки састав терена. На 75 најмањих сливова у Србији регресиони модели допуњени су увођењем нових фактора: просечан пад речног слива, густина речне мреже (Živković N., 1995). Каснијим истраживањима (Živković N., 2009) у образовање модела за процену отицаја прикључени су температура ваздуха, типови земљишта, утицај влажних ваздушних фронтова и експозиција.

Велики значај за површинско отицање вода има литолошки састав стена. О значају утицаја везе падавине - геолошки састав терена, као доминантних фактора на отицање вода, показују резултати Mazvimavi, D. (2003). Процена средњегодишњег отицаја преко геолошког састава терена, укључујући у меделе и пад слива, врло је задовољавајућа, с обзиром на висок степен корелације од 0,78-0,89. У овом раду примењена је методологија која детерминише отицаје преко два кључна фактора: *количине падавина и 4 издвојена литолошка комплекса*, с тим да је *утицај релевантних фактора сагледаван на нивоу јединичног поља* (Manojlović P., Živković N., 1997).

Истраживања и обрада података на простору Србије вршена је најчешће на нивоу од 1 km<sup>2</sup> за веће предеоце целине (Manojlović P., 1992; Manojlović P., Gavrilović Lj., Živković N., 1994; Manojlović P., Živković N., 1997). Међутим, у циљу повећања тачности релевантних параметара и детаљније квантификације процеса, истраживања на појединим сливовима показала су да је најоптималније решење да се за елементарну територијалну јединицу *усвоји јединично поље површине 0,5□0,5 km<sup>2</sup>, односно 0,25 km<sup>2</sup>* (Mustafić S., 2006, 2012), што је примењено и у овом раду. За свако јединично поље одређена је минимална и максимална надморска висина, растојање између њих и средња надморска висина датог поља. Подлогу су чиниле карте ОТК 1: 25.000.

За одређивање вредности специфичних отицаја на нивоу јединичних поља примењен је вишефакторски модел са одређеним детерминантама (Mustafić S., 2006):

*падавине (X<sub>0</sub>) → надморска висина (H<sub>sp</sub>) → коефицијент отицаја (C) детерминисан преко 4 литолошка комплекса → висина отицаја (Y) → специфични отицај (q)*

За одређивање количине падавина примењен је модел који се показао као најприхватљивији (Živković N, Andjelković G., 2004; Живковић Н., 2009), а то је детерминисање количине падавина преко надморске висине X<sub>0</sub>= f(H). Изабрани модел за простор слива Расине у аналитичком облику гласи:

$$X_0 = 0,234 * H + 574,5 ; R^2 = 0,98$$

Модел је базиран на подацима са три падавинске Станице (Крушевац, Брус и Копаоник) за период 1961-2010. година

У следећем кораку извршена је дигитализација геолошких карата у размери ОГК 1:100.000, листови Врњци, Крушевац, Нови Пазар и Куршумлија. Наведених 15 типова стена у циљу детерминисања специфичних отицаја преко преовлађујућег литолошког састава сврстани су у 4 хидролошко-литолошка комплекса: 1. седименти; 2. седиментне стене; 3. карбонатне стене; 4. метаморфити и магматити.

Обрада свих релевантних параметара рађена је у програмском пакету Geomedia Intergraf 5.2.

### Резултати истраживања

Са територије слива Расине до акумулације "Ђелије" просечно годишње отекне 5483 l/s. То значи да је средња пондерисана вредност специфичног отицаја 9 l/s/km<sup>2</sup>, што је изнад средње просечне вредности за Србију -7 l/s/km<sup>2</sup> (Manojlović P., Živković N., 1997). Вредности специфичних отицаја крећу се у распону од 3 l/s/km<sup>2</sup> у најнизводнијем секторку код бране, до 27,9 l/s/km<sup>2</sup> колико износи у највишем планинском делу слива.

Ако се посматра просторна дистрибуција формирања отицаја у класама до 10 l/s/km<sup>2</sup>, затим од 10-20 l/s/km<sup>2</sup> и преко 20 l/s/km<sup>2</sup>, стање у сливу је следеће: просторно, доминирају

отицаји чија средња годишња вредност дистрибуирана у класама до  $10 \text{ l/s/km}^2$ . Ови специфични отицаји образују се у оквиру појаса који захвата чак 65,9 % укупне површине слива, при чему се у њему формира 49,4 % укупног отицаја. Други појас захвата скоро 1/3 површине слива (31,7 %) на коме су отицаји дистрибуирани у класи од  $10\text{-}20 \text{ l/s/km}^2$ . Учешће ове територије у водности износи нешто мање него у предходном случају - 45,9 %. Трећи појас захвата свега 1,5 % површине слива. То је простор на коме се образују отицаји већи од  $20 \text{ l/s/km}^2$ , који у укупном годишњем отицају учествују са свега 5,5 %.

Међутим, уколико желимо да сагледамо који је то простор најбогатији водом, односно највише учествује у стварању отицаја, анализа из табеле 1 показује следеће: највећу површину од  $155,2 \text{ km}^2$  захвата територија на којој је средње годишњи специфични отицај  $6\text{-}8 \text{ l/s/km}^2$ . Процентуално гледано ова површина чини 25,4 % од укупне површине слива, при чему се на њој формира 1/5 укупног отицаја. Велико распрострањење заузимају и отицаји са средњом годишњом вредношћу  $4\text{-}6 \text{ l/s/km}^2$ , који обухватају 20,9 % површине слива. Дакле, отицаји са вредношћу до  $8 \text{ l/s/km}^2$  заузимају укупно 48,7% површине слива, а на овом простору формира се 32,3% вода у сливу. Дакле, ова вредност отицаја обухвата готово половину слива, и овде се формира око трећина од укупне воде Расине. Међутим, *територија на којој се формирају отицаји у класама од  $8\text{-}18 \text{ l/s/km}^2$  обухвата 48,3 % укупне територије. На тој површини настаје 61,2 % укупног годишњег отицаја.*

**Табела 1. Дистрибуција фреквенци средње годишњих специфичних отицаја по издвојеним класама**  
 Легенда: F - површина у  $\text{km}^2$ ; % F – проценат територије;  $\text{kum} \% F$  – кумулативни проценат територије; q - средњи годишњи специфични отицај у  $\text{l/s/km}^2$ ;  $\text{kum} q$  – кумулативни отицај; %q – проценат отицаја;  $\text{kum} \%q$  – кумулативни проценат отицаја.

**Табела 2. Дистрибуција фреквенци средње годишњих специфичних отицаја по висинским зонама.**  
 Легенда: F – површина висинске зоне у  $\text{km}^2$ ; % F – проценат површине висинске зоне;  $\text{kum} \% F$  – кумулативни проценат површине висинске зоне; q - средњи специфични отицај у  $\text{l/s/km}^2$ ,  $\text{kum} q$  – сума воде са висинске зоне у  $\text{l/s}$ , %q – проценат отицаја са висинске зоне,  $\text{kum} \%q$  – кумулативни проценат отицаја са висинске зоне.

Ако се слив Расине у хипсометријском погледу посматра као брдски простор до 500 m надморске висине, ниски планински од 500-1000 m и средње високи планински преко 1000 m, дистрибуција отицаја има следеће одлике (табела 2): На висинској зони до 500 m, која захвата 23,4 % површине слива, формира се свега 13,2 % укупног отицаја. С друге стране, ниски планински простор захвата 59 % површине слива и на њему се образује 58 % вода. С обзиром да слив Расине у свом горњем току има изразито планински карактер, то висине више од 1000 m надморске висине заузимају релативно велики удео. Висине преко 1000 m чине 17 % површине слива, а са ових простора отиче 29,5 % вода. То је и логично, с обзиром да је са порастом надморске висине повећава количина падавина (просечна количина падавина изнад 1000 m износи 900 mm), а углови нагиба имају високе вредности (средња вредност нагиба износи  $36^\circ$ ), што су предуслови за брже отицање.

Оно што карактерише слив Расине у висинском зонорању вода, јесте чињеница да се кумулативно 50 % површине слива налази на висинама до 700 m надморске висине, али се на том простору образује само 34,7 % укупног отицаја. Према томе, *највеће богатство вода у сливу, са учешћем од 65,3 % у укупном формирању отицаја, налази се изнад 700 m надморске висине.*

Први литолошко-хидролошки комплекс, који је представљен невезаним седиментима, тачније неогеним седиментима, песковима и алувијумом има распрострањење на 16,5% од укупне површине слива. Ове стене заступљене су у средњем и доњем току Расине, са највећим распрострањењем од 400 m до 900 m надморске висине, мада се у мањој мери јављају и до висине од 1400 m. Управо на тој највећој висини се јављају и највеће вредности пондерисаног специфичног отицаја које се крећу око  $11 \text{ l/s/km}^2$ . Најмање вредности отицаја су у најнизводнијем делу и износе  $3,1 \text{ l/s/km}^2$ . У целини гледано, овај литолошко-хидролошки комплекс, учествује у укупној вредности отицаја са 10,5%, при чему средња пондерисана вредност специфичног отицаја на овом стенском комплексу износи  $5,6 \text{ l/s/km}^2$ .

Други литолошко-хидролошки комплекс представљен везаним седиментима, везаним стенама заузима највеће распрострањење у сливу. Од свих ових седиментних стена највеће распрострањење имају флишне стене. Везани седименти чине 41,1% од укупне површине

слива, и они су заступљени готово у свим висинским зонама. Највећа површина ових стена је на висини од 300-900 m. С обзиром да ове стене заузимају велико распрострањење, самим тим је и њихово учешће у укупном отицању воде велико. Овај комплекс учествује са 39,6 % у укупном отицању воде у сливу. Средњи пондерисани специфични отицај износи  $8,8 \text{ l/s/km}^2$ , а креће се у распону од  $4,3 \text{ l/s/km}^2$  у најнижим висинским зонама до  $23,9 \text{ l/s/km}^2$  у највишем делу слива.

Кречњаци као трећи литолошко-хидролошки комплекс заузимају најмање распрострањење, са свега 3,5 % од укупне површине територије. Иако заузима јако мало пространство, овај комплекс доста значајно учествује у отицању воде са ових простора. Нешто значајније распрострањење кречњаци заузимају у зони од 800 до 1000 m и у зони од 1400-1500 m. Средња пондерисана вредност отицаја је висока  $16,9 \text{ l/s/km}^2$ , а крећу се од  $6,6-27,7 \text{ l/s/km}^2$ .

Последњи, четврти литолошко-хидролошки комплекс чине магматити и метаморфити који уз седиментне стене заузимају највеће распрострањење у сливу Расине. Површина која је обухваћена овим стенама заузима  $238 \text{ km}^2$ , односно 38,9 % од укупне површине слива. Заступљене су у готово свим висинским зонама, мада им је највеће распрострањење од 400-1200 m. Површинско отицање је велико и овај комплекс је на првом месту по учешћу у укупном отицању вода са ове територије. Тај удео износи 42,8 %. Средње вредности пондерисаног специфичног отицаја крећу се од  $3,1 \text{ l/s/km}^2$  у најнижњем делу слива, па до  $24,3 \text{ l/s/km}^2$ , на висинама преко 1800 метара. Средњи пондерисани специфични отицај овог стенског комплекса износи  $9,7 \text{ l/s/km}^2$ .

**Табела 3. Дистрибуција средњих годишњих специфичних отицаја по висинским зонама и литолошко-хидролошким комплексима.**

Легенда: F- површина висинске зоне у  $\text{km}^2$ , q – средњи специфични отицај у  $\text{l/s/km}^2$ , %q – проценат отицаја воде са висинске зоне датог стенског комплекса.

### Закључак

Просечни пондерисани специфични отицај у сливу Расине до акумулације "Ђелије" износи  $9 \text{ l/s/km}^2$ , што је вредност која је виша од просека са Србију. С обзиром да се овај део слива налази на већим надморским висинама, где су већи нагиби терена и где се излучи релативно већа количина падавина, јасно је што су вредности отицаја веће од просека.

1. Територија на којој се формирају отицаји дистрибуирани у класама од  $8-18 \text{ l/s/km}^2$  обухвата 48,3 % укупне површине слива. На тој површини формира се 61,2 % укупног годишњег отицаја.

2. Највеће богатство вода у сливу, са учешћем од 65,3 % у укупном формирању отицаја, налази се изнад 700 m надморске висине.

3. Дистрибуција специфичних отицаја према издвојена четири литолошко-хидролошка комплекса има следећи распоред. У целини гледано, невезани седименти учествују у укупној вредности отицаја са 10,5 %, при чему средња пондерисана вредност специфичног отицаја на овом стенском комплексу износи  $5,6 \text{ l/s/km}^2$ . Други комплекс представљен седиментним стенама учествује са 39,6 % у укупном отицању воде у сливу; средњи пондерисани специфични отицај на њему износи  $8,8 \text{ l/s/km}^2$ . Кречњаци као трећи литолошко-хидролошки комплекс, иако заузимају најмање распрострањење, значајно учествују у отицању вода са ових простора. Са учешћем од 7,1 % укупног отицаја, на њима је пондерисана вредност отицаја релативно висока  $16,9 \text{ l/s/km}^2$ . Четврти издвојени литолошко-хидролошки комплекс чине магматити и метаморфити који, уз седиментне стене, заузимају највеће распрострањење у сливу Расине. Површинско отицање је велико и овај комплекс је на првом месту по учешћу у укупном отицању вода са ове територије. Тај удео износи 42,8%. Средњи пондерисани специфични отицај овог стенског комплекса износи  $9,7 \text{ l/s/km}^2$ .

### Литература

Литературу видети на 48 страни.