

Nikić Z., Letić Lj., Nikolić V. 2012. *Formation of useful waters on the Stara planina mountain, in the area Visok Kraj*. Bulletin of the Faculty of Forestry 105: 139-156.

Зоран Никић  
Љубомир Летић  
Весна Николић

UDK: 556 (497.11-11) (282.04 Dojkinačka reka)  
Оригинални научни рад  
DOI: 10.2298/GSF110919001N

## ФОРМИРАЊЕ КОРИСНИХ ВОДА НА СТАРОЈ ПЛАНИНИ У ОБЛАСТИ ВИСОК КРАЈ

**Абстракт:** Истраживано је формирање и отицање корисних вода са југозападних падина Старе планине, на простору Високог краја, као типичног брдско-планинског подручја источне Србије. Издвојен је слив Дојкиначке реке, због низа едафских специфичности. У овом сливу доминирају шуме букве (појас *Fagetum moesiacea serbicum* Rud.) углавном развијене на кисело хумусно-силикатном и кисело смеђем земљишту, различите дубине и степена развоја педогенетских процеса. Циљ рада јесте да се усмери више светлости на елементе који имају утицаја на принос корисних и малих вода у сливу Дојкиначке реке. Анализирани су сложени односи геолошке грађе терена, затим, климатске прилике, педолошке карактеристике, хидролошки и хидрогеолошки услови, шумска вегетација и друго. Коришћењем метода водног билансирања, теренског геолошког картирања и трасирања, детектовани су елементи који су значајни за правилно тумачење приноса корисних вода и малих вода у конкретном случају. Истакнуто је да неподударање топографског и хидрогеолошког сливног подручја Дојкиначке реке, представља битан елемент који треба респектовати у циљу реалног одређивања количина корисних, односно малих, вода.

**Кључне речи:** геолошка грађа, сливно подручје (топографско и хидро-геолошко), корисне воде, тип вегетације

### FORMATION OF USEFUL WATERS ON THE STARA PLANINA MOUNTAIN, IN THE AREA VISOK KRAJ

**Abstract:** Formation and discharge of useful waters was studied on southwestern slopes of the Stara Planina Mountain, in the area Visok Kraj that is the typical

др Зоран Никић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд (e-mail: zoran.nikic@sfb.bg.ac.rs)

др Љубомир Летић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

Весна Николић, дипл.инж., Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

hilly-mountainous region in East Serbia. The catchment's area of Dojkinacka River was chosen due to numerous and specific edaphic properties. Pump forests (association: *Fagetum moesiacea serbicum* Rud.) dominate here and were mostly developed on slightly acidic, humus-silicate or on acidic brownish soil. Soils are of a range of depths and development of pedogenetic processes. The aim of this work is to highlight elements that have pronounced influence on supply of useful and small water bodies in the catchment area of Dojkinacka River. Complex relations between geological setting, climate conditions, pedological characteristics, hydrological and hydrogeological conditions, forest vegetation etc. were analyzed. Elements that are significant for proper evaluation of useful water or small domains supply were in this case detected through water balance methods, geological mapping and tracking. It was deduced that the disagreement of topographic and hydrological catchment's area of Dojkinacka River represents the significant element which should be taken into consideration in order to determine the real reserves of useful, i.e. small water domains.

**Key words:** geological background, catchment area (topographic and hydrogeological), useful waters, vegetation

## 1. УВОД

Брдско-планинско подручје Републике Србије обухвата простор са највише шума, највећом количином падавина и најмање становника који су углавном сконцентрисани у нижим пределима у насељима дуж речних токова и саобраћајница. У повољним геолошко-морфолошким условима у зони брдско-планинских подручја, постоје реалне претпоставке да ова подручја могу да обезбеде знатне количине квалитетне воде, која је на прагу овог века постала дефицитаран ресурс у већем делу света, па и код нас. Колико се воде може добити из различитих сливова брдско-планинских подручја наше републике, зависи од бројних фактора. Унутар сваког слива постоје разлике у геолошком, геоморфолошком, хидрогеолошком, педолошком, климатском, вегетацијском, хидролошком и др. погледу. Ако се томе дода још и начин коришћења земљишта као и други социо-економски чиниоци, употпуњује се слика сложености услова, који су заступљени унутар сваког дренажног подручја.

Да би се егзактно дефинисао принос корисних вода из појединих сливова брдско-планинског подручја, неопходно је сагледати основне физичко-географске карактеристике слива, едафски фактор, али и утицај антропогених фактора на услове који владају у сливу. То значи да пре него се приступи изучавању доприноса елемената средине на количину речног отицаја са сливног подручја, неопходно је прво утврдити праву вододелницу слива (Јевђевић, 1956). Циљ предметног рада јесте да се на примеру Дојкиначке реке покаже значај познавања елемената сливног подручја са аспекта правилног закључивања о утицају подлоге на ретенцију и отицање воде из дренажног подручја.

У летњем периоду током године када на одређеној територији наступи дужи временски интервал без атмосферских падавина, у водотоцима долази до

значајног смањивања протицаја. Ови протицаји се могу подвести под термин корисне воде које егзистирају у оквиру малих вода. Мале воде представљају део хидролошког режима речног отицаја који је карактеристичан за ретесиони период године, управо када су воде и најпотребније. Манифестују се ниским водостајем и малим протицајем у рекама, дефицитом влажности у земљишту, спуштањем нивоа подземних вода, смањивањем количине вода у површинским акумулацијама и друго. Познавање вредности маловодног протицаја у водотоку посебно је значајно код наводњавања, одводњавања, очувања животне средине, водоснабдевања, енергетског искоришћавања река, производње рибе, и друго (Štebrenović, 1986). У периоду малих вода, утицаји и последице промена квалитета и/или квантитета воде у реци, на кориснике су различити. Суша (трајање, дефицит и време појављивања) може бити анализирана као гео-физички или економски појам. Са хидролошког становишта појам суше обухвата период када протицаји река или резерве воде у језерима, акумулацијама и хидрогеолошким аквиферима падну испод неког критичног, унапред дефинисаног нивоа (Јевђевић, 1956).

Предмет изучавања у овом раду јесте сливно подручје Дојкиначке реке, десне притоке Височице. Овај слив интересантан је због присуства низа појава, које доминантно утичу на формирање корисних вода, односно режима маловодног протицаја.

## 2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

У циљу добијања поуздане оцене доприноса појединих елемената дренажног подручја на формирање корисних вода, извршена је анализа резултата сопствених теренских истраживања и анализа фондовских података. На основу резултата истраживања, а имајући у виду значај физичко-географских карактеристика дренажног подручја у конвенционалном приступу изучавања корисних вода, односно допринос и неких других фактора, битни елементи су приказани у најкраћем обиму.

Подручје истраживања простире се на делу јужног крила антиклинале Старе планине, на подручју Висок крај (слика 1). Обухвата површину од око 200 km<sup>2</sup>. Западну границу истраживаног подручја представља Топлодолска и Велико Лукањска река, северну и источну границу представља државна граница између Србије и Бугарске која се пружа дуж била Старе планине, а јужну, водоток Височица. Цело подручје је слабо насељено. Мања насеља сеоског типа налазе се у средишњем делу тока Дојкиначке (Дојкинци и Брлог) и Јеловичке реке (Јеловица). Подручје истраживања административно припада општини Пирот и Димитровград.

### 2.1. Геоморфолошке карактеристике

Истраживано подручје оивичено је топографском вододелницом која спаја са северне стране сливног подручја врхове на билу Старе планине Вражја Глава



Слика 1. Подручје истраживања  
Figure 1. Investigated area

реке у Височицу (683 *m* н.м.). Висинска разлика између највише и најниже тачке износи 1280 *m*.

(1.943 *m* н.м.) и Три чуке (1.933 *m* н.м.), а са западне врхове Браткова страна (1.943 *m* н.м.), Мрамор (1.759 *m* н.м.), Врх (1.588 *m* н.м.) и Чуке (1.344 *m* н.м.). Са источне стране, топографска вододелница спаја врхове Копрен (1.963 *m* н.м.), Тупинац (1.673 *m* н.м.), Бегова чука (1.668 *m* н.м.), Црнек (1.592 *m* н.м.), Игин врх (1.276 *m* н.м.) и Росомачки врх (1.236 *m* н.м.). Хипсометријски највишу тачку на истраживаном терену представља врх Копрен (1.963 *m* н.м.), а најнижи делови обухватају јужне делове истраживаног подручја и налазе се у зони ушћа Дојкиначке

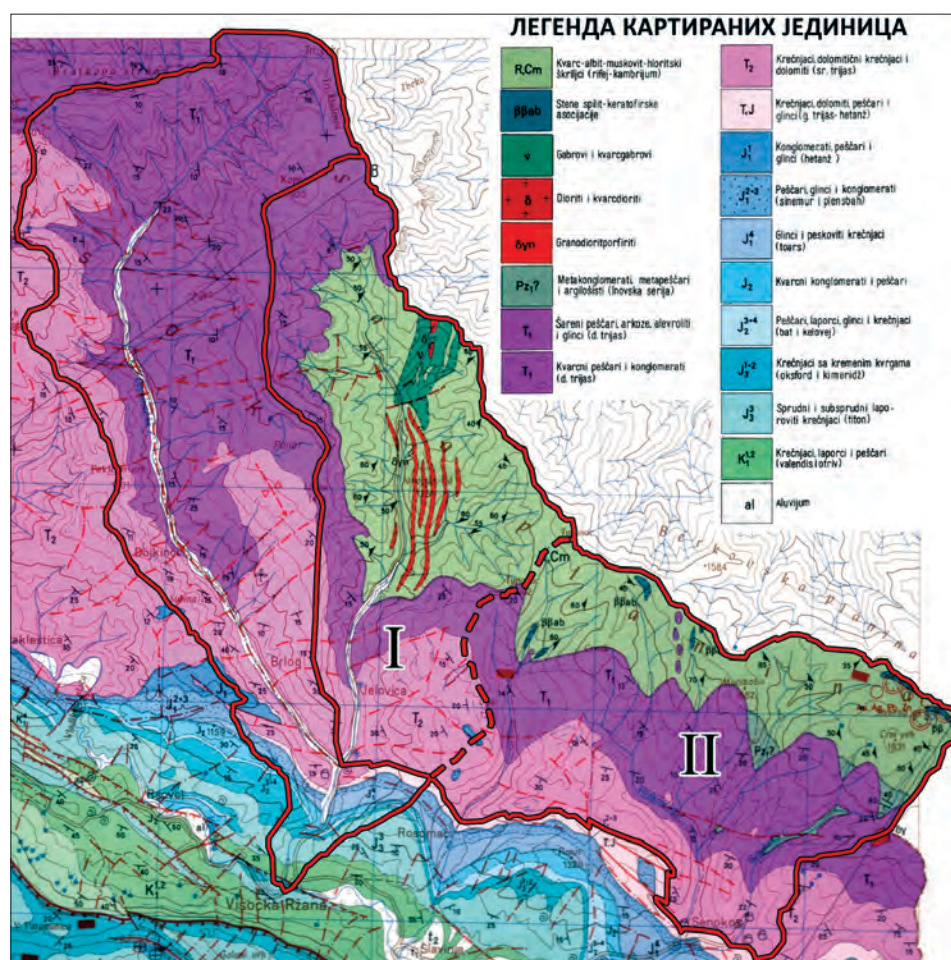
## 2.2. Геолошка грађа сливног подручја

Приказ геолошке грађе терена сливног подручја Дојкиначке реке извршен је делом на основу ОГК 1:100.000, лист Пирот (Anđelković *et al.*, 1969), а значајно је допуњен запажањима на основу рекогносцирања и рада на терену. На слици 2, приказане су литостратиграфске јединице заступљене на топографском и хидрогеолошком сливном подручју Дојкиначке реке, до водомерне станице Височка Ржана.

Најстарије стене на испитиваном терену представљају кварц-албит-мусковит-хлоритски шкриљци рифеј-камбријумске старости (R,Cm) које изграђују језгро антиклиналне Старе планине. Спадају у литолошки монотоне метапелитско-псамитске творевине у којима преовлађују пелити. Заступљене су на планинском билу Старе планине, у зони изворишне челенке Јеловичке реке. У шкриљцима јављају се пробоји магматских стена: габрови, диорите, гранити и стене спилит-кератофирске асоцијације.

Седименти доњег тријаса ( $T_1$ ) у виду појаса пружају се од југоистока према северозападу до изворишне челенке Дојкиначке реке. У литолошком погледу представљени су са две фације, прва фација: шарени пешчари, аркозе, алеврити и глинци, а друга фација: кварцни пешчари и конгломерати. Навише у геолошком стубу, конкордантно, следи комплекс кречњака, доломитичних кречњака и доломита средњег тријаса ( $T_2$ ). Карактеристично је смењивање пакета банака чистих, испуцалих и јако карстификованих кречњака са доломитичним кречњацима, доломитима и квргавим лапоровитим кречњацима нешто нижег степена карстификованости.

Јављају се од границе са Бугарском на југоистоку до Топлодолске реке на северозападу. На истраживаном терену простиру се приближно у средишњем делу сливног подручја. Овај карбонатни комплекс, од посебног значаја за предметну проблематику, одликује се израженим литолошким променама по пружању формације од истока према северозападу. После повлачења тријаског мора, нови седиментациони циклус почиње већ у доњем лијасу (J<sub>1</sub>) таложењем конгломерата, пешчара и глинаца. Седименти средње јуре (J<sub>2</sub>) представљени су кречњачким пешчарима и кварцим



Слика 2. Литостратиграфске јединице заступљене на топографском и хидрогеолошком сливном подручју Дојкиначке реке до водомерне станице Височка Ржана

Figure 2. Lithostratigraphic units exposed in topographic and hydrogeological catchment area of Dojkiča River till pluviometric station Visočka Ržana

Легенда / Legend: — топографска граница слива; --- хидрогеолошка граница слива  
 — topographic catchment area; --- hydrogeological catchment area

конгломератима. У горњој јури ( $J_3$ ) таложени су кречњаци са квргама (рожнаца), банковити и масивни спрудни, детритични, оолитични и лапоровити кречњаци. Карбонатни комплекс је испуцао, али су кречњаци нешто нижег степена скаршћености и има значајне промене састава по пружању. Најмлађи члан антиклиналне Старе планине је комплекс седимената доње креде ( $K_1^{1,2}$ ) који су изграђени од лапоровитих и песковитих кречњака, карбонатних пешчара, лапораца и глинача. Сви наведени литолошки чланови се интензивно смењују, понегде са ритмовима типичним за флиш. Изграђују једну уску зону где се Дојкиначка река улива у Височицу. Најмлађи стенски комплекс на испитиваном терену су квартарне творевине (Q), представљене са више генетских типова. Најзначајнији су алувијални седимент Дојкиначке и Јеловичке реке, који формирају релативно широку алувијалну раван, дебљине до 4-5 m.

### 2.3. Педолошке карактеристике

На истраживаном подручју јављају се земљишта која се по генетско-ево­луционој основи могу сврстати у две серије и то: земљишта развијена на киселим, силикатним стенама и земљишта која су развијају на базним, карбонатним стена­ма. Карактеристика заступљених земљишта је да су плитка (30-80 cm), песковита, скелетоидна, значајним делом кисела и хумусом релативно оскудна, што је углавном и карактеристика планинских типова зељишта. Генерално, могу се издвојити следећи типови земљишта: гајњаче, планинске црнице, смеђа земљишта на кречњаку, кисела смеђа земљишта, као и алувијална земљишта различитог степена развијености (Antonović *et al.*, 2007).

### 2.4. Климатске карактеристике

Од климатских чиниоца анализиране су падавине и температура ваздуха.

Због непостојања кишомерних станица у планинском подручју истраживаног терена, прорачун просечних месечних сума падавина извршен је методом падавинског градијента, успостављањем корелационих веза између пет падавинских станица (Dusić *et al.*, 2003). За период 1982-2006. година, анализирани су подаци следећих кишомерних станица: Топли До (380 m н.м.), Велика Лукања (600 m н.м.), Дојкинци (880 m н.м.), Височка Ржана (700 m н.м.) и Каменица (750 m н.м.).

Просечна годишња сума падавина, за низ од 1982-2006. године, која се излучи на слив Дојкинаке реке износи 926,20 mm, са просечним месечним вредностима које се крећу од 59,06 mm (март) до 110,11 mm (мај) (табела 1, графикон 1). Вишегодишње осцилације годишњих сума падавина за падавинску станицу Дојкинци, крећу се од 393,2 mm (1993) до 962,2 mm (1995) (график 1). Удео снега у структури падавина заузима значајно место, јер се на пример, на наведеној падавинској станици јавља 56 дана и то, најмање 25, а највише 106 дана (Živković, 2005).

ФОРМИРАЊЕ КОРИСНИХ ВОДА НА СТАРОЈ ПЛАНИНИ У ОБЛАСТИ ВИСОК КРАЈ

**Табела 1.** Средње месечне суме падавина ( $Pg$ ), средње месечни протицај ( $Q_{sr}$ ), коефицијент отицања ( $\eta$ ) и специфичног отицања ( $q$ ) са топографског (I) и хидрогеолошког сливног подручја (I+II), за период од 1982-2006. године, на водомерној станици Височка Ржана, Дојкиначка река

**Table 1.** Average monthly precipitation ( $Pg$ ), average monthly discharge ( $Q_{sr}$ ) of outflow coefficient ( $\eta$ ) and of specific outflow ( $q$ ) from topographic (I) and hydrogeologic catchment area (I+II) for the period 1982-2006 on pluviometric station Visočka Ržana, Dojkinačka River

| Месец  | I     | II    | III   | IV    | V      | VI     | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII   | год.   |
|--|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Pg$<br>[mm]                                       | 67,16 | 65,91 | 59,06 | 86,71 | 110,11 | 103,85 | 78,97 | 64,17 | 66,32 | 61,74 | 83,71 | 78,49 | 926,20 |
| $Q_{sr}$ [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]                    | 2,49  | 2,91  | 5,59  | 9,61  | 6,18   | 3,81   | 2,11  | 1,53  | 1,17  | 1,78  | 2,37  | 3,15  | 3,56   |
| $\eta$ I   | 0,71  | 0,77  | 1,82  | 2,07  | 1,08   | 0,68   | 0,51  | 0,46  | 0,33  | 0,56  | 0,53  | 0,77  | 0,87   |
| $q$ I<br>[ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ ]      | 0,05  | 0,05  | 0,11  | 0,18  | 0,12   | 0,07   | 0,04  | 0,03  | 0,02  | 0,03  | 0,04  | 0,06  | 0,07   |
| $\eta$<br>(I+II)                                   | 0,49  | 0,53  | 1,25  | 1,42  | 0,74   | 0,47   | 0,35  | 0,31  | 0,23  | 0,38  | 0,36  | 0,53  | 0,60   |
| $q$ (I+II)<br>[ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ ] | 0,03  | 0,03  | 0,07  | 0,12  | 0,08   | 0,05   | 0,03  | 0,02  | 0,01  | 0,02  | 0,03  | 0,04  | 0,05   |

**Табела 2.** Просечни вишегодишњи протицаји, минимални средње месечни протицаји 95%-не обезбеђености и максимални средње месечни протицаји 1%-не вероватноће, као и њихови специфични отицаји (Ristić, 2007)

**Table 2.** Average multi-annual discharge, minimal average monthly discharges 95%-not supported and maximal average monthly discharges with 1% probability, as well as their specific discharges (Ristić, 2007)

| Река, водомерна станица              | $F$    | $Q_{sr}$           | $Q_{\min 95\%}$ | $Q_{\max, 1\%}$ | $q_{sr}$                       | $q_{\min}$ | $q_{\max}$ |
|--------------------------------------|--------|--------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|------------|------------|
|                                      | $km^2$ | $m^3 \cdot s^{-1}$ |                 |                 | $L \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ |            |            |
| р. Височица,<br>в.с. Изатовци        | 156    | 1,05               | 0               | 6,92            | 6,73                           | 0,00       | 44,36      |
| р. Височица,<br>в.с. Брајћевци       | 227    | 1,61               | 0               | 11,1            | 7,09                           | 0,00       | 48,90      |
| р. Височица,<br>в.с. Височка Ржана   | 403    | 5,59               | 0,344           | 32,5            | 13,87                          | 0,85       | 80,65      |
| р. Височица,<br>в.с. Паклештица      | 458    | 6,45               | 0,522           | 39,2            | 14,08                          | 1,14       | 85,59      |
| р. Дојкиначка,<br>в.с. Височка Ржана | 137,5  | 3,26               | 0,386           | 16,4            | 23,71                          | 2,81       | 119,27     |



Слика 3. Топографско и хидрогеолошко сливно подручје Дојкиначке реке

Figure 3. Topographic and hydrogeological catchment area of Dojkičačka River

Легенда / Legend: — топографска граница слива; --- хидрогеолошка граница слива.  
— topographic catchment area; --- hydrogeological catchment area.

Одређивање температурних прилика у планинским пределима на нашим просторима је релативно ограничено због малог броја метеоролошких станица. Расположиви подаци о температури ваздуха налазе се на подручју Димитровграда и Топлог Дола.

Применом модела регресионе анализе добијене су вредности вертикалног термичког градијента  $0,58^{\circ}\text{C}$  на  $100\text{ m}$ , односно  $8,16^{\circ}\text{C}$  за јужни рејон, коме припада истраживани слив. Наведеном анализом утврђена је вредност средње годишње температуре ваздуха за источну Србију од  $8,86^{\circ}\text{C}$  (Živković *et al.*, 2005).



Годишњи ход температуре ваздуха по месецима ретко прелази двадесети подеок. Истраживано подручје Старе планине, Висок крај, карактерише умерено-континентална клима, а планински делови (преко 800 *m* н.м.), одликују се планинском климом, са оштрим зимама и кратким релативно топлим летима (Rakićević, 1980).

## 2.5. Вегетациони покривач

Морфолошки положај, разноврсност геолошке и педолошке подлоге, надморска висина, климатске прилике и друго, утицали су на флористички и вегетацијски диверзитет на истраживаном терену. Богатство вегетације огледа се кроз примарну разноврсност шумских, жбунастих, ливадских и пашњачких заједница.

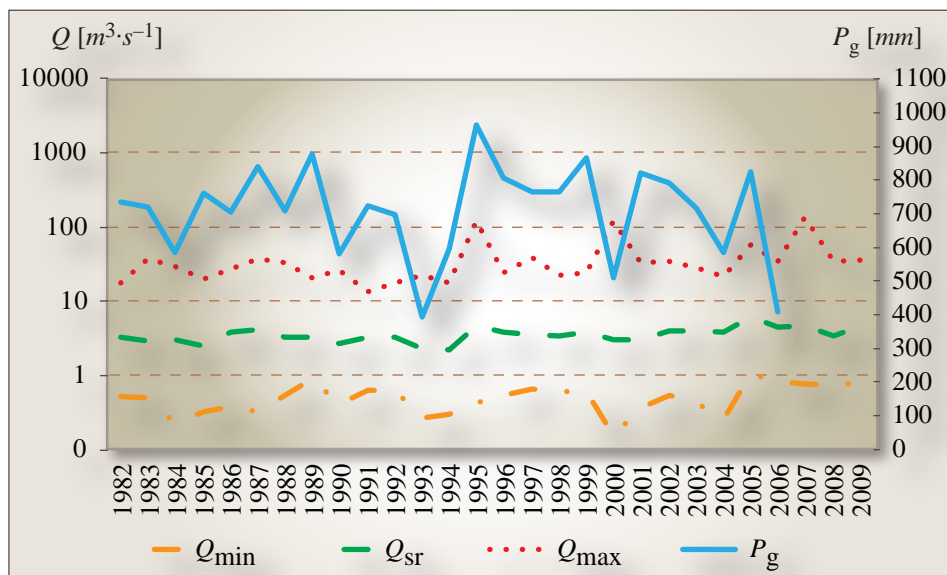
Шумску вегетацију истраживаног подручја представља појас букве које су рашчлањене у три појаса: брдска букова шума, шума букве и јеле и пред-планинска шума букве. Испод овог појаса је шума храста китњака, а изнад шума смрче. Структура шума на истраживаном подручју прилично је неуједначена и за фонд (2.062 *ha*) Дојкиначке реке је следећа: високе шуме 55,1%, изданачке шуме 27%, вештачки подигнуте шуме 4,6% и шикаре 13,3%. У сливу Јеловичке реке, од укупне површине (3.324 *ha*) високим шумама припада 72,5%, изданачким 10,9%, вештачки подигнутим шумама 8,6% и шикарама 8,0%.

На истраживаном подручју велико учешће имају површине са травним формацијама. Пашњаци, ливаде и површине са веома оскудном вегетацијом заступљени су са највећим уделом површина али постепено прелазе у шикаре због демографског пражњења и онако слабо насељеног простора.

## 2.6. Хидролошке карактеристике

Дојкиначка река припада сливу Височице, односно Нишаве и тиме сливу Јужне Мораве. Непосредно подручје истраживања обухвата јужни део Старе планине, односно Висок крај. Простире се дуж десне долиנסке стране средишњег дела тока Височице, који обухвата потез од Каменичке реке на истоку, до водотока Велике Лукање на западу (слика 3). Височица из Бугарске у нашу земљу улази код Доњег Криводола и тече ка северозападу. За потребе спроведене анализе, значајно је да се на потезу од Доњег Криводола до Височке Ржане, са десне долиנסке стране у Височицу уливају следећи водотоци: Криводолштица, Каменичка река, Росомачка река и Дојкиначка река. Сви наведени водотоци су са релативно бројним сталним и повременим притокама, који генерално, формирају дендритични тип дренажне мреже.

На истраживаном подручју, међутим, Дојкиначка река је главни водоток. Извире у подножју врха Вражја глава (1934 *m* н.м.), а у Височицу се улива код места Височка Ржана (690 *m* н.м.). Генерални смер речног тока је од северо-запада према југо-истоку. Сливно подручје Дојкиначке реке је типичан пример асиметричног



**График 1.** Осцилације средње годишњих сума падавина ( $P_g$ ), протицаја малих ( $Q_{min}$ ), средњих ( $Q_{sr}$ ) и великих вода ( $Q_{max}$ ) за Дојкиначку реку на водомерној станици Височка Ржана, за период 1982-2009. година

**Diagram 1.** Oscillation of total annual precipitation values ( $P_g$ ), discharging of small ( $Q_{min}$ ), medium ( $Q_{sr}$ ) and large water domains ( $Q_{max}$ ) of Dojkiñacka River at pluviometric station Visočka Ržana for the period 1982-2009

речног слива. Десна долињска страна је уска и веома стрма, без значајних водотока. Лева долињска страна је разуђена и са овог простора дотиче њена највећа притока, Јеловичка река. Јеловичка река извире у подножју врха Копрен (1963 *m* н.м.), а у Дојкиначку реку улива се у пределу викенд насеља Врело.

Просечни вишегодишњи протицаји, минимални средње месечни протицаји 95%-не обезбеђености и максимални средње месечни протицаји 1%-не вероватноће, као и њихови одговарајући модули отицаја за водомерне станице на Височици (Изатовци, Брајћевци, Височка Ржана и Паклештица), за период од 1961-2000. године, приказани су у табели 2. Такође, ту су приказане за исти период вредности и за Дојкиначку реку на водомерном профилу Височка Ржана, који се налази непосредно пре ушћа Дојкиначке реке у Височицу.

### 3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Са аспекта тумачења формирања корисних односно малих вода Дојкиначке реке, постоји евидентна значајност терена изграђених од карбонатних и некарбонатних стенских маса.

### 3.1. Карактеристике некарбонатних стена

Некарбонатне стене представљене су најразноврснијим литолошким члановима, од метаморфисаних магматита и кристаластих шкриљаца палеозоика, шарених пешчара, лапораца и глинача мезозојске старости до квартарних наслага. И поред хетерогеног литолошког састава, њихова водопропусност је међусобно релативно слична, претежно минимална.

Терени које граде некарбонатне стене карактерише благо заталасан рељеф, присуство релативно широких речних долина и нормално развијена речна мрежа дендритичног типа (изворишна зона Дојкиначке реке, Јеловичке реке, Росомачке реке, Каменичке реке, Криводолштице). У периоду поводња долази до појава бујица. Овоме погодује надморска висина и велика количина атмосферског талога која се излучи током године (око 1.000 mm). Са ових терена долази до релативно брзог отицања површинских вода према хипсометријски нижим деловима слива.

Кристаласти шкриљци су скоро редовно покривени слојем растреситог покривача, дебљине 70-80 cm. На овим земљиштима у изворишном и средишњем делу тока Јеловичке реке, настала је бујна вегетација са квалитетним шумама букве и јеле. Средишњи део слива Дојкиначке реке узводно од викенд насеља Врело, изграђен је од шарених пешчара, аркоза, алевролита и глинача, а изворишни део од кварцних пешчара и конгломерата. На овим теренима формирана су земљишта нешто мање моћности (30-60 cm).

### 3.2. Карактеристике карбонатних стена

Тектонска активност и дуготрајан процес карстификације, резултирали су разноврсним површинским и подземним карстним облицима у тријаским кречњацима. Од посебног значаја јесте заступљеност типично карстног типа порозности. Од карстних површинских облика заступљене су: шкрапе, вртаче и увале. Од подземних карстних облика заступљене су пећине, поткапине, карстни канали и јаме. Од геоморфолошких облика са хидрогеолошком функцијом заступљена су карстна врела и понори. Са аспекта предметних изучавања од посебног значаја јесте постојање бројних понора и понорских зона, како у водотоцима тако и на планинским просторима између речних корита. Капацитет понирања речних вода је толики, да у летњем периду низводно од њих пресушују сви водотоци на истраживаном терену.

На Дојкиначкој реци, на водомерном профилу Височка Ржана, у периоду од 1982-2009. године, ХМЗ Србије је евидентирао протицаје. Обрађени подаци за ову водомерну станицу, приказани су у табели 1. Месечне вредности средњих вода крећу се у границама од  $1,17 m^3 \cdot s^{-1}$  (септембар) до  $9,61 m^3 \cdot s^{-1}$  (април), просек  $3,56 m^3 \cdot s^{-1}$  (табела 1, график 1). Годишње вредности великих вода крећу се у границама од  $13,2 m^3 \cdot s^{-1}$  (1991. год.) до  $137,0 m^3 \cdot s^{-1}$  (2007. год.), средњих вода од  $2,22 m^3 \cdot s^{-1}$

(1994. год.) до  $5,99 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (2005. год.), малих вода од  $0,155 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (2000. год.) до  $1,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (2005. год.).

За топографско сливно подручје Дојкиначке реке (површине  $139 \text{ km}^2$ ) вредности специфичног отицања крећу се од највећих вредности  $0,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (април) до  $0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (септембар), са годишњим просеком од  $0,07 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (табела 1). Коефицијент отицања достиже највеће вредности у периоду март-мај  $1,08-2,07$ , а најниже у септембру  $0,33$ , док је годишњи просек  $0,87$  (табела 1). За хидрогеолошко сливно подручје, површине око  $201 \text{ km}^2$ , вредности специфичног отицања крећу се у границама од  $0,12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (април) до  $0,01 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (септембар) са годишњим просеком  $0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (табела 1). Коефицијент отицања за ово сливно подручје, достиже највеће вредности у периоду март-април,  $1,25-1,42$ , а најниже у септембру,  $0,23$ , док је годишњи просек  $0,60$ .

Сагледавајући расположиве податке о геолошкој подлози, хидрогеолошким карактеристикама и положају заступљених стена, клими, орографским елементима, развијености и изграђености педолошког слоја, типу и структури биљних заједница у сливу, могу се тумачити специфичности отицања корисних вода из слива Дојкиначке реке које се региструје на хидрометријском профилу Височка Ржана. Дојкиначка река има наизглед релативно једноставан режим отицања са израженим влажном сезоном у пролеће и сушним периодом у касно лето и рану јесен, што указује на снежно-планински режим отицања (Blagojević, 2007). Овде се максимални отицаји јављају у мају-јуну, а минимални у периоду август-октобар. Међутим, анализирајући распоред падавина и отицања и њихове односе преко месечних вредности коефицијента отицања, установљен је у марту, априлу и мају, већи отицај од приспелих падавина за тај период (табела 1). Поред тога, повећане вредности овог показатеља, са веома високом просечном вредности од  $\eta=0,87$ , указује на додатно снабдевање овог слива водом. У прилог томе иду чињенице да и у маловодном периоду Дојкиначка река не пресушује низводно од улива Јеловичке у њу, јер се у непосредној близини налазе два карсна врела. Једно врело је у Јеловичкој реци издашности од  $0,2-4,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  и налази се на око  $300 \text{ m}$  узводно од ушћа у Дојкиначку реку. Друго врело издашности од  $0,119-0,150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , налази се уз само корито Дојкиначке реке на око  $150 \text{ m}$  пре ушћа Јеловичке (Čubrilović *et al*, 1999). Очигледно је да се захваљујући акумулационо-ретенционим способностима тријаског кречњака, великим годишњим сумама падавина на сливу као и великим учешћем снега на планинским врховима, обезбеђује сталност протицаја током рецесионог периода (Nikić, 2006). Земљишно-вегетациони комплекс иако повољно утиче на ретенцију и отицање воде у сливу, умањује површинско отицање, продужава период топљења снега и других позитивних ефеката, није у стању да у потпуности дефинише отицај корисних вода. Велике површине слива (преко 70%) нарочито у делу главног тока је обесшумљено, затим распоред и структура састојина, плитка до средње дубока земљишта, сигурно недовољно утичу на повећање корисних вода и смањење штетних површинских вода (Letić, 2005).

### 3.3. Формирање корисних вода

За тумачење малих вода од значаја је просторно повољно постојање порозног, водопрпусног стенског комплекса на сливном подручју Дојкиначке реке и њеном источном делу терена који је изван топографског сливног подручја (слика 2 и 3). Овај стенски комплекс је, у подини и делом у повлати, ограничен водонепропусним стенским масама.

Претходна констатација се односи на карстификоване кречњаке и доломите средњотријаске старости ( $T_2$ ). Битан хидрогеолошки елемент јесте да све остале стенске масе које су заступљене на сливном подручју Височице и припадају групи некарбонатних стена, слабо су порозне и тиме условно безводне. Због тога, на терену који изграђују ове стенске масе занемарљива је инфилтрација атмосферског талога, а доминантно је површинско отицање. Део вода утроши се на евапорацију и евапотранспирацију. Ове стенске масе су са значајном хидрогеолошком функцијом подинских изолатора и бочних хидрогеолошких баријера, за подземне воде акумулиране у карстификованим кречњацима средњег тријаса ( $T_2$ ).

На свом путу са планинских висова, сви наведени водотоци наилазе на зону карстификованих кречњака и доломита средњег тријаса ( $T_2$ ) (слика 2). Ту су, у самом речном кориту, многобројне зоне понирања и концентрисани понори. Нарочито се истичу делови потока Карибање и Градашнице, источно од слива Дојкиначке реке односно насеља Сенокос у сливу Каменичке реке, где су зоне понирања дуге по неколико стотина метара (Nikić *et al.*, 2008). Концентрисани понори су карактеристични за ток Воденичке реке, северно од Сенокоса (слив Каменичке реке). Слични услови, са постојањем зона понирања и концентрисаних понора, су и у кориту Росомачке реке, северно од села Росомача.

У периоду маловођа укупан интензитет понирања Каменичке и Росомачке реке је такав да све дотекле воде у целости пониру, па је низводно од зона понирања речно корито ових токова по више месеци током године суво. То се директно одражава и на величину маловодног протицаја Височице, која је услед тога ускраћена за извесне количине вода својих притока (табела 2). У истом периоду, у Височици се на хидролошким станицама Изатовци и Брајћевци најчешће региструје протицај од пар десетина литара.

Захваљујући просторном положају карстификованих кречњака средњег тријаса ( $T_2$ ), који су ограничени водонепропусним стенским масама у подини (конгломерати доњег тријаса -  $T_1$ ) и делом у повлати (пешчари доње јуре -  $J_1$ ), све карстне подземне воде формиране понирањем претходно наведених водотока усмеравају се према долини Јеловичке реке, где истичу на Јеловичком врелу (Nikić, 2003). У прихрањивању карстне издани, поред понирућих вода водотока, учествују и атмосферски талози који се директно излуче на кречњачку површину.

Очигледан је закључак да у периоду малих вода на анализираном делу сливног подручја хидрогеолошки услови имају доминантан утицај на формирање

корисних вода односно маловодног речног протицаја Дојкиначке реке па тиме и Височице. Улога хидрогеолошких услова на сливном подручју Височице огледа се у вршењу временске и просторне прерасподеле водних ресурса у рецесионом периоду.

Временска прерасподела врши се захваљујући акумулационо-ретардацио-ним способностима кречњака и доломита средњег тријаса ( $T_2$ ), са функцијом хидро-геолошког колектора и спроводника. На тај, начин подземним водама из средњо-тријаских кречњака које се дренирају преко Јеловичког и Дојкиначког врела врши се алиментирање протицаја малих вода Височице, од ушћа Дојкиначке реке.

Просторна прерасподела вода у периоду маловођа врши се преусмеравањем десних притока (Каменичке и Росомачке реке) које пониру у делу тока преко средњо-тријаских кречњака, чиме је спречено њихово директно уливање у Височицу. Ове понируће воде подземним токовима усмеравају се низводно за око 4-6 km и истицањем на Јеловичком врелу доприносе протицају малих вода Дојкиначке реке после уливања у њу, односно на тај начин Височице (Nikić, 2003).

Вредности, приказане у табели 2, недвосмислено потврђују претходне закључке. На основу мерених и прорачунатих вредности за Височицу на водомерној станици Изатовци и Брајћевци,  $Q_{\min 95\%}$  и  $q_{\min}$  износе 0 (нула), а тек после уливања Дојкиначке реке, за Височицу на водомерној станици Височка Ржана  $Q_{\min 95\%}$  износи  $0,344 m^3 \cdot s^{-1}$ , а  $q_{\min}$  износи  $0,85 L \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ . При томе, за Дојкиначку реку на водомерној станици Височка Ржана,  $Q_{\min 95\%}$  износи  $0,386 m^3 \cdot s^{-1}$ , а  $q_{\min}$  износи  $2,81 L \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ . Може се недвосмислено закључити да током целе године долази до преусмеравања вода Криводолштице, Каменичке реке и Росомачке реке подземним каналима према карстном врелу у сливу Јеловичке реке и тиме, Дојкиначкој реци. Реално је да хидрогеолошки услови имају значајног утицаја на формирање комплетног хидролошког режима Дојкиначке реке и тиме, Височице.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Сагледавајући сложене односе физичко-географских карактеристика слива Дојкиначке реке, климе и других утицаја, а имајући у виду основну поставку утврђивање приноса корисних вода, може се констатовати следеће:

- падавине као основни чиниоц отицања, захваљујући положају слива који се простира на хипсометријски највишем делу Старе планине, погодују по обиму и структури формирању корисних вода. Велика сума падавина са значајним учешћем снега који се задржава до маја месеца, утичу на формирање отицаја у првој половини године, док рецесиони период наступа током периода август-новембар;
- у рецесионом периоду године односно у време протицаја малих вода, на анализираном сливном подручју хидрогеолошки услови имају доминантан утицај на формирање корисних вода Дојкиначке реке;

- разлика величине између топографске површине слива ( $139 \text{ km}^2$ ) и хидрогеолошке (око  $201 \text{ km}^2$ ) износи око 45%, што објашњава прераспodelу водних ресурса у простору и времену;
- улога хидрогеолошких услова огледа се у вршењу временске и просторне прераспodelе водних ресурса у рецесионом периоду. Протицај малих вода се алиментира подземним водама које потичу изван топографског сливног подручја Дојкиначке реке;
- шуме и шумска земљишта немају значајније акумулационо-ретардационе карактеристике, па нису у стању да формирају трајно отицање из истраживаног слива, већ га само допуњују. Неповољан распоред и стање шумске вегетације која заузима свега 25% површина у главном току Дојкиначке реке и плитка до средње дубока земљишта са неповољним водно-ваздушним особинама, предмет су захвата на побољшању приноса корисних вода.

**Напомена:** Захваљујемо се Министарству просвете и науке Републике Србије које је финансијски подржало ова истраживања у оквиру пројекта „Одрживо газдовање укупним потенцијалом шума у Републици Србији“ - 37008.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Anđelković J., Krstić B., Ćirić A., Martinović D., Bogdanović P. (1969): *List Pirot i Tmač OGK 1:100 000*, Savezni geološki zavod, Beograd
- Antonović G., Mrvić V. (2007): *Tipovi zemljišta*, Studija zemljišta sliva Nišave, Institut za zemljišta, Beograd
- Blagojević B., Potić O., Milovanović G. (2007): *Fizičko geografske karakteristike sliva reke Visočice*, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta, Niš. (117-126)
- Čubrilović P., Nikić Z. (1999): *Uticaj hidrogeoloških odlika terena na proticaj Visočice u sušnom periodu godine*, XII jugoslovenski simpozijum o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, Novi Sad (469-478)
- Ducić V. D., Radovanović M. M., Milovanović B. (2003): *Prostorni raspored padavina na Staroj planini u zavisnosti od ekspozicije i nadmorske visine*, Zbornik radova PMF 51, Geografski institut, Beograd (39-54)
- Jevđević V. (1956): *Hidrologija I deo*, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd
- Letić Lj. (2005): *Vodni potencijal bukovih šuma Srbije*, Udruženje šumarskih inženjera i tehničara, Beograd (311-314)
- Nikić Z. (2003): *Hidrogeološka analiza formiranja i regionalizacija malih voda*, Zadužbina Andrejević, Beograd
- Nikić Z. (2006): *Regionalna analiza malih voda na srednjim i malim vodotocima u brdskoplaninskim područjima Srbije - hidrogeološki pristup*, Glasnik Šumarskog fakulteta 94, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (9-28)
- Nikić Z., Kovačević J., Papić P. (2008): *Uranium in the groundwater of Permo-Triassic aquifers of the Visok region, Stara Planina, Eastern Serbia*, Water, Air and Soil Pollution 1-4, Vol. 192, Springer, Dordrecht (47-58)

- Rakićević T. (1980): *Klimatsko reoniranje SR Srbije*, Zbornik radova PMF 27, Geografski institut, Beograd (29-41)
- Ristić V. (2007): *Razvoj simulacionog modela za proračun dnevnih isticanja iz karstnih vrela*, doktorska disertacija u rukopisu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
- Srebrenović D. (1986): *Primenjena hidrologija*, Tehnička knjiga, Zagreb
- Živković N., Smiljanić S. (2005): *Izotermna karta istočne Srbije*, Glasnik Srpskog geografskog društva 1, Vol 85, Srpsko geografsko društvo, Beograd (31-38)
- Živković N. (2005): *Precipitation in Eastern Serbia in the period 1961-1990*, Physico-geographical problems of Carpato-Balkanian Mountains in Serbia, Faculty of Geography, Belgrade

Zoran Nikić  
Ljubomir Letić  
Vesna Nikolić

## FORMATION OF USEFUL WATER ON THE STARA PLANINA MOUNTAIN, IN THE AREA VISOK KRAJ

### Summary

Useful waters or hydrological small water domains are discharges that occur as surface flows under natural conditions during dry periods receiving water from subsurface drainage. Useful waters are particularly important and notable in hilly-mountainous regions in flows with lesser catchment area. Therefore, these flows carry signs of local edaphic qualities.

Formation and output of useful water from southwestern slopes of the Stara Planina Mountain were studied in the area Visok Kraj that is the typical hilly-mountainous region in East Serbia. The catchment area of Dojkinačka River was chosen due to its numerous physical-geographic properties. The aim of this work is to additionally highlight elements that have pronounced influence on supply of useful and hydrogeologically small water domains in the Dojkinacka River catchment area. Complex relations between geological and pedologic characteristics, climate, hydrological and hydrogeological conditions, forest vegetation etc., were analyzed. Elements that are significant for accurate assessment of useful water and small hydrological domains input were in this case detected through methods of water balance equations, field mapping and tracking.

Complex relations between physical-geographical characteristics of topographic and hydrogeological catchment area of Dojkinačka River and climate, anthropogenic and some other impacts were taken into consideration. With additional obtaining the useful water supply, the most important elements were finally determined.

Precipitation is the most important factor of water loss. The position of catchment area at the highest hypsometric level on the Stara Planina Mountain contributes significantly to formation and the extent of available useful waters. Heavy rainfall including pronounced snowfall which retain until May have influence on the outflow in the first half of year. Recession period takes part in the period August-November.

In the latter period, i.e. during the negligible outflows, the most significant influence on formation of useful water in the studied area has hydrogeological conditions. The difference of approximately 45% between the topographic and hydrogeological surface of the catchment area is responsible for the distribution of water resources in space and time.



The role of hydrogeological conditions for timely and spatial distribution is best seen during the recession period. Small outflows should be compensating by subsurface waters that originate away from the topographic catchment area of Dojkinačka River.

Forests and forest soils do not have significant accumulation-retardation characteristics thus do not form permanent outflows from the studied area. Instead that, forests and forest soils only complement them. Unsuitable distribution and pattern of forest vegetation, which covers only 25% of the area in the main flow of Dojkinačka River and shallow to moderately deep soils with inappropriate water-air properties, are the main demand in improvement of useful water contribution.

