

АНА МИЛАНОВИЋ\*

### ХИДРОЛОШКА ПРОГНОЗА ВЕЛИКИХ ВОДА У СЛИВУ ЛЕПЕНИЦЕ И ЗАШТИТА ОД ПОПЛАВА \*

**Сажетак:** Територија слива реке Лепенице је постала осовина економског и урбаног развоја Шумадије. Међутим, услед неуређеног режима Лепенице и њених притока јавља се недостатак воде за пиће и за наводњавање обрадивих површина, док са друге стране ово подручје трпи велике штете од поплава и бујица (нарочито Крагујевачка котлина). У раду су представљени проблеми поплава у сливу, прогнозе максималних водостаја и мере заштите које су до сада предузете. Такође, предложена су и нека од могућих решења у циљу ефикасније заштите.

**Кључне речи:** поплава, хидролошке прогнозе, заштита од поплава, Лепеница

**Abstract:** Lepenica river basin territory has become axis of economic and urban development of Sumadija district. However, considering Lepenica and its tributaries disorderly river regime, it is noted water insufficient for water supply and irrigation, while on the other hand, this area is suffering big flood and torrent damages (especially Krugujevac valley). The paper presents flood problems in river basin, maximal water level forecasts and flood control measures, taked until now. It is also suggested some of possible solutions, in the aim of effective flood control.

**Key words:** flood, hydrological forecasts, flood control, Lepenica river

#### Увод

Слив реке Лепенице налази се у источном делу Шумадије и ограничен је сливовима више познатих шумадијских река: Јасенице и Раче на северу, Груже на западу, Лугомира и Белице на југу и Осанице и Грабовика на истоку. Јужну и западну границу слива Лепенице представљају Гледићке планине, односно Рудник, док се на северу и истоку простире до алувијалних равни Велике Мораве и њених притока (Јасенице и Раче). Изворишни део слива залази у планински масив Гледићких планина, а средњи и доњи део слива се налазе у Крагујевачкој и Бадњевачкој котлини.

Река Лепеница је лева притока Велике Мораве и једна од већих река у Шумадији. Од извора Студенца (380 m н.в.) у Голочелу на огранцима Гледићких планина до ушћа у Велику Мораву (99 m н.в.) недалеко од Лапова, често мења правац тока због нагиба терена и геолошког састава. После регулације корита и ушћа, дужина овог тока је 55,4 km, а површина слива око 639 km<sup>2</sup>.

#### Услови за настанак поплава у сливу Лепенице

Услови за настанак поплава у сливу Лепенице су веома повољни: терен је од претежно вододрживих стена, знатан нагиб корита, обилне падавине, нагло отапање

---

\* **Мр Ана Милановић**, истраживач сарадник, Географски институт «Јован Цвијић», Ђуре Јакшића 9/III, Београд.

\* Рад представља резултате истраживања пројекта 146011 које финансира Министарство науке и заштите животне средине Србије.

снега, деградирани шумски покривач, нерегулисана речна корита (уска, плитка и често засута наносом, оштрих кривина), бујични карактер река.

Један од бујичним поплавама најугроженијих градова у Србији је Крагујевац. Кроз њега протиче Лепеница којој узводно од града, на сектору дугом 12 km, притиче 15 бујичних токова. Због великих просечних падова речних корита (Грошничка река 34,1 %, Бреснички поток 15,6 %, Ждраљица 26,2 %, Сушички поток 18,8 %) и углавном нерегулисаних токова, њихове воде се брзо и концентрично стичу у Крагујевачкој котлини.

Изливање већег броја водотока јавља се за време провала облака, када су падавине око 25 mm. Због кратког времена излучивања падавина, претежно оголели терени нису у стању да задрже већу количину воде, па она брзо доспе до уских и плитких корита река и потока. Поплаве већих размера настају када се у кратком временском периоду излучи око 50 mm падавина. Тако је 3. VII 1926 г. у току ноћи излучено 46,7 mm, што је условило изливање Лепенице већ следећег јутра, а касније и Ждраљице и изазвало једну од већих поплава у овом сливу. Током поплаве у јуну 1970 г. у селу Ботуњу забележене су падавине од 48,2 mm, а у ноћи између 30. и 31. VII 1971 г. излучене су обилне падавине - у Крагујевцу 65,8 mm, Грошници 71,7 mm, Вучковици 55,3 mm, Ациним Ливадама 54,8 mm, Ботуњу 46,3 mm и Доњим Грбицама 125 mm (Степановић Ж., 1974.). Падавине од 65-87 mm регистроване су и почетком јула 1999 г. на појединим кишомерним станицама, што је изазвало једну од највећих поплава у сливу Лепенице у прошлом веку (табела 1.).

Поплаве при отапању снега у овом сливу се ређе јављају, јер се отапање врши повремено и постепено, прво у нижим, а затим у вишим деловима слива. Изливање већих размера приликом отапања снега може се појавити у сливу највеће притоке Лепенице - Угљешнице.

### Преглед највећих поплава у сливу Лепенице

Једна од првих већих поплава забележена је 1820. г, када је Лепеница поплавила Баточину, а једна од највећих, не само у Крагујевцу већ и на ширем подручју централне Србије, догодила се 1864. г. Позната је под називом “Тројички поводањ” и настала је због непрекидних седмодневних падавина. Лепеница је поплавила Крагујевац и околину и вода је дошла до Крста.

У пролеће 1897. г. излиле су се све реке у сливу. За време те поплаве Лепеница је код Рогота усекала ново корито и скренула ток у правцу истока, чиме је скратила свој ток и изгубила најдужу притоку Рачу са површином слива од 287 km<sup>2</sup>. Рача је од Марковца наследила старо корито Лепенице и постала притока Велике Мораве.

Катастрофална поплава у Крагујевцу догодила се 6. IV 1910. г. Излиле су се и Лепеница и њене притоке. Поплава је почела током ноћи и трајала је 48 сати. На десној страни Лепенице био је поплављен Артиљеријски технички завод и нижи део насеља Пивара, а на левој центар града од Малог парка у правцу гробља. Ширина поплављеног дела износила је 900 m, а низводно од Крагујевца била је поплављена цела алувијална равна у ширини преко 1 km. Висина воде у појединим деловима града је била преко 2 m изнад корита Лепенице, које је дубоко око 3 m. Максимум је забележен код гвозденог моста, где је висина воде била око 6 m изнад нивоа корита. Према проценама, протицај Лепенице је тада износио 920 m<sup>3</sup>/s. Осим гвозденог моста, остали мостови на Лепеници у Крагујевцу су били порушени (Степановић Ж., 1974.).

У јесен 1914. г. излила се на читавом току Угљешница и поплавила целу алувијалну равна. Ширина изливене воде износила је 1 km, а нарочито је био поплављен део од Петровца до Јовановца. Према процени Ж. Степановића, Угљешница је тада имала највећи забележени протицај, који је износио 450 m<sup>3</sup>/s.

У поплави 1926. г., када је ниво воде износио и до 4 m изнад корита Лепенице, однет је део железничке пруге Лапово - Крагујевац - Краљево и део пута Крагујевац - Јагодина у Ждраљици. По процени Ж. Степановића, Ждраљица је тада имала највећи протицај, који је износио 220 m<sup>3</sup>/s.

Услед наглог отапања снега 1956. г. ниво воде у Лепеници код Рогота је достигао 230 cm и том приликом је Лепеница поплавила целу алувијалну раван, низводно од Крагујевца до ушћа у Велику Мораву. Најугроженија места од поплаве била су Баточина и Лапово.

Током 1970. г. Лепеница се излила чак 15 пута на нерегулисаном делу између Крагујевачке и Бадњевачке котлине. Те године је више пута забележено и изливање Ждраљице, Угљешнице, Бресничког, Дивостинског, Цветојевачког и Ресничког потока.

Године 1971. неколико пута се излила Угљешница, а највеће изливање ове реке забележено је током јула, када је поплавила алувијалну раван ширине око 1 km, од Петровца до Јовановца. Приликом ове поплаве водостај је износио 520 cm, а протицај око 380 m<sup>3</sup>/s (Степановић Ж., 1974.).

После три узастопне провале облака у августу 1975. г. је излучено 255 mm падавина, надошли су бујични потоци и протицај је у Крагујевцу достигао 340 m<sup>3</sup>/s или 340 пута већу вредност од просечне. У 13 насеља поплавлено је 3.750 ha, а у самом Крагујевцу око 1.000 ha површине и 25 радних организација (Степановић Ж., 1974.).

Обилне кише које су захватиле територију Шумадије током јула 1999. г. (9. и 10. VII и 14. и 29. VII) изазвале су поплаве већих размера на територији општине Крагујевац и то на подручју 30 месних заједница у граду и у 48 села (Група аутора, 1999.).

Забележене месечне количине падавина у јулу 1999. г. на метеоролошкој станици Крагујевац биле су 5 пута веће од просечних.

Највећа количина падавина, 80 % од регистрованих, излучена је у трајању 4 - 5 сати. Интензитети падавина су се кретали 0,4-0,66 mm у минути.

Формирани су сложени поплазни таласи са кулминацијом водостаја у току 10. и 14. VII. Јулске поплаве су захватиле све леве и поједине десне притоке Велике Мораве. Велике воде су се јавиле на појединим рекама 2-3 пута у временском интервалу 10-20 дана (Ковачевић Н., 2000.).

**Табела 1. Падавине у јулу 1999 г. на појединим станицама у сливу Лепенице (Ковачевић Н., 2000.)**

Станице	Ацине Ливаде	Грошница	Крагујевац
Над. висине	580 m	280 m	190 m
Датум	падавине (mm)	падавине (mm)	падавине (mm)
8. VII 1999.	11,8	15,0	9,0
9. VII 1999.	15,5	25,8	18,0
10. VII 1999.	65,8	86,0	87,6
11. VII 1999.	39,5	40,0	31,0
12. VII 1999.	-	-	-
13. VII 1999.	3,2	4,0	3,0
14. VII 1999.	-	-	-
15. VII 1999.	38,1	32,7	20,4

Последња регистрована поплава у сливу Лепенице догодила се 9. VII 2005. г. Поједини делови града били су поплавлени услед велике количине излучених падавина и немогућности да постојећа кишна канализација (делимично и због запушења) прими огромну количину воде. Најкритичнија ситуација је била у Грошници. У Доњој Сабанти је оштећен мост, а у Маслошеву је однет део пута.

Такође, оштећен је и пут у Ердечу и Баљковцу, а у Трмбасу је активирано клизиште (Група аутора, 2005.).

### Прогноза поплава

Један од најефикаснијих начина одбране од поплава је предвиђање појаве великих вода. У те сврхе користе се методи који се могу сврстати у три групе: *статистички* (заснива се на статистичкој обради података и рачуну вероватноће), *емпиријски* (посматра велике воде као функцију површине слива) и *плувиометријски* (базиран је на одређивању максималних могућих падавина).

На основу података о максималним водостајима може се урадити и прогноза обезбеђења воде у рекама применом метода серија, који је погодан за одређивање вероватноће појављивања одређеног хидролошког елемента (водостаја, протицаја и сл.), док је за израду криве честине максималних водостаја коришћена Пирсонова функција III типа.

За прогнозу максималних водостаја на реци Лепеници најпре је израчунат просечни максимални водостај за период 1975-2004. година и он износи  $SrNVV = 256,1$  cm. Он је потребан за израчунавање модулног коефицијента ( $k$ ) према

једначини  $k = \frac{\sum NVV}{SrNVV}$ . На основу модулног коефицијента, израчунава се

коефицијент варијације ( $C_v$ ), који показује колебање (променљивост) годишњег водостаја, односно степен променљивости бројева у низу осматраних величина, према

обрасцу  $C_v = \frac{\sqrt{\sum (k-1)^2}}{n}$  (Гавриловић Љ., 1988.).

Коефицијент варијације за максималне годишње водостаје на Лепеници износи  $C_v = 0,424$ , што указује на знатну променљивост максималних годишњих водостаја. На основу ових параметара израчунава се коефицијент асиметрије ( $C_s$ ), по обрасцу

$C_s = \frac{\sum (k-1)^3}{n \cdot C_v^3}$  (Гавриловић Љ., 1988.). Он показује асиметричност криве

расподеле годишњих водостаја према њиховој средњој вредности и у пракси се најчешће узима да је  $C_s = 2 \cdot C_v$ . За реку Лепеницу  $C_s$  је 0,6.

Коришћењем ових параметара, а помоћу таблице С. И. Рибикина израчунавају се параметри за израду криве обезбеђења максималних водостаја Лепенице код ВС Баточина (табела 2.).

За израду честине максималних вода примењена је Пирсонова функција III типа (графикон 1). Приказана вероватноћа појава односи се на садашње стање токова, не узимајући било какве промене у сливу (регулацију река, изградњу насипа и акумулација, уређење бујица и сл.).

На основу криве вероватноће појављивања максималних водостаја на реци Лепеници закључује се да се сваке године може очекивати максимални водостај са вероватноћом од 99,9 % од 9,7 cm, а са вероватноћом од 99 % 52 cm, што се у пракси потврђује. Овако велика разлика у максималним водостајима за 1 и 1,01 годину указује на бујичарски карактер реке. Максимални водостај који се јавио 10. VII 1999. г. се по овој вероватноћи јавља једном у 100 година.

Водостаји осталих река у сливу имају углавном исти годишњи ток као и Лепенице. Посебно високе водостаје у периоду летњих пљускова, за време дуготрајних киша и у периоду отапања снега имају: Угљешница, Драчка река, Грошничка река, Ждраљица и Јабучка река.

**Табела 2. Вероватни максимални водостаји Лепенице**

Вероват. (%)	Вероват. у год.	NVV <sup>†</sup>
0,01	10000	804,4
0,1	1000	686,1
1	100	554,7
3	33,3	486,3
5	20	451,5
10	10	393,6
20	5	342,9
25	4	322,4
30	3,3	304,0
50	2	245,3
60	1,6	219,2
70	1,42	192,1
75	1,33	178,0
80	1,25	163,9
90	1,11	125,7
95	1,05	98,6
99	1,01	52,0
99,9	1	9,7

### Индекс релативне величине поводња

На основу индекса релативне величине поводња закључује се да се најтеже могу предвидети и проценити поплаве код река бујичарског карактера, као што је Лепеница. Релативна величина поводња за слив Лепенице износи 36,78 и ова река, уз Ереник и Чемерницу представља једине токове у Србији који имају индекс изнад 20 (за највећи број река је 5-10) (Оцокољић М., 1992.).

**Табела 3. Индекс релативне величине поводња за Лепеницу<sup>†</sup>**  
(Гавриловић Љ., 1981.)

Река	Станица	F (km <sup>2</sup> )	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	A	A <sub>sr</sub>
Лепеница	Крагујевац	197	920	65,57	
	Баточина	584	193	7,98	36,78

У Крагујевцу је 1910. г. протицај Лепенице процењен на 920 m<sup>3</sup>/s, тако да је индекс релативне величине поводња од 65,57 највећи познат у Србији у XX веку. Разлог томе је центрипентални распоред водотока који се стичу у средишту Крагујевачке котлине. Низводно се индекс смањује па је његова просечна вредност знатно мања.

### Заштита од поплава – регулација Лепенице и њених притока

Регулација речног корита Лепенице започета је 1914. г. поред Артиљеријско-техничког завода у Крагујевцу. Тада је регулисано речно корито на дужини од 1 km, јер је окупација Крагујевца у I светском рату прекинула започете радове. После поплаве Крагујевца 1926. г. поново је настављено са регулацијом Лепенице кроз Крагујевац и започета је изградња бетонског кеја до бетонског моста, који је завршен 1930. г. Тек после поплаве 1932. г. наставило се са даљом регулацијом Лепенице, проширено је корито на дужини од 840 m, од Фабрике коже до кланице, чиме је обезбеђен и доњи део града од поплава. Следеће године извођени су радови и на

<sup>†</sup> A - индекс релативне величине поводња, A<sub>sr</sub> – средња вредност индекса релативне величине поводња

подизању бетонског кеја и проширењу корита Лепенице низводно од горњег бетонског моста на дужини од 171 m. Током 1934. г. извођени су радови на регулацији Лепенице низводно од Крагујевца. Године 1960. завршена је регулација корита Лепенице кроз град.

Регулација корита Лепенице низводно од Крагујевца започета је за време II светског рата, и то од доњег моста у Крагујевцу до железничког моста у Јовановцу на дужини од 6,5 km. У Јовановцу је прокопано ново корито дужине 1,3 km, чиме је заштићено 700 ha плодног земљишта.

Даљи радови су настављени, тек после 2 веће поплаве (1954. г. и 1956. г), на делу од ушћа Јабучке реке у Лепеницу до пута за Цветојевац код Ботуња, а затим и у правцу Ботуња на дужини од 1,5 km и од Ботуња до Никшића на дужини од 4,3 km. Године 1958. извршена је регулација корита Лепенице на дужини од 3,3 km, од Никшића и Ресника до близу Бадњевца. Даља регулација на овом сектору није настављена, већ је започета узводно од Баточине, како би се овај град заштитио од честих поплава. Тиме је корито Лепенице регулисано на дужини од 33 km.

**Регулација притока Лепенице.** Све притоке Лепенице су бујичне и при већим водостајима се изливају, те је било потребно извршити и регулацију њихових речних корита на појединим секторима

*Ердоглијски поток* и *Мали Ердоглијски поток* су подземним колекторима спроведени у Лепеницу.

*Сушички поток* регулисан је низводно од моста на путу Крагујевац-Јовановац до ушћа у Лепеницу, а 1933. г. извршено је и делимично исправљање корита због изградње пута Крагујевац-Јовановац. На Сушичком потоку је подигнуто вештачко језеро Шумарице, због чега су мање могућности за појаву поплава.

*Угљешница* има делимично плитко корито обрасло жбуњем, због чега је смањена пропусна моћ и чешће је изливање. Потребно је извршити регулацију њеног корита до ушћа Лимовца, а у средњем делу треба да се пошуме голети и подигну бране за задржавање наноса бујичних потоака: Асановца, Китичког, Клисурастог, Пустог и др.

*Грошничка река* од изградње водојаке, која задржава велике воде из горњег дела слива, повремено се излива у Грошници од набујалих потоака: Губачког, Попадинца, Ердечице и Марковог потока. При ушћу у Лепеницу прокопано је ново корито 1971. г. на дужини од 0,5 km. Потребно је подићи насипе у Грошници где су местимично ниске обале.

На *Ждраљци* је извршена регулација корита при ушћу у Лепеницу, а делимично је урађено бетонско корито у Доњосабаначкој клисури. Заштитни насипи треба да се подигну у Баљковцу и низводно од бетонског моста у Белошеvcу.

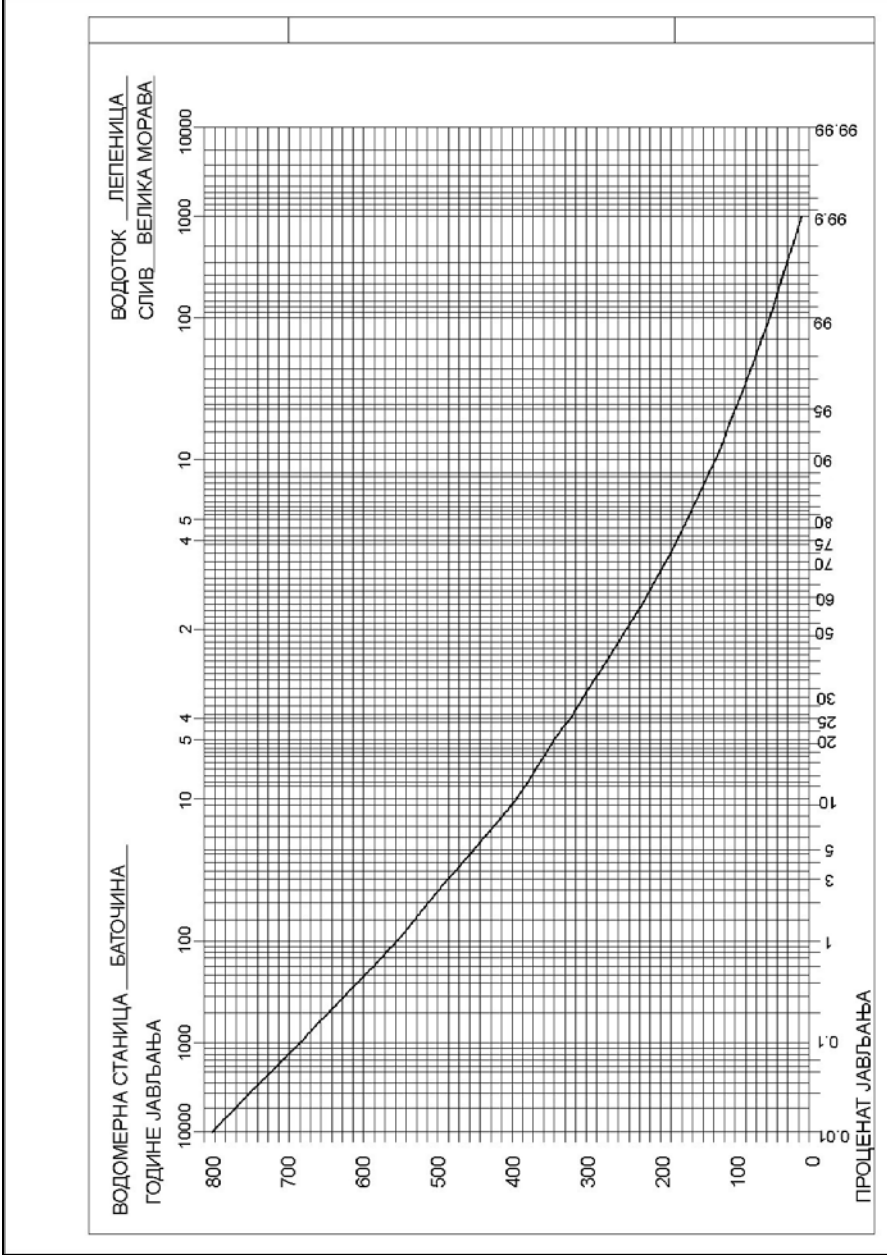
*Бреснички поток* је регулисан низводно од моста на прузи Крагујевац- Лапово. Регулација је извршена и код моста у Бресници.

На *Јабучкој реци* исправљено је корито у доњем току, од моста на путу Крагујевац-Баточина. Подигнут је и насип за наводњавање и одводњавање између Кормана и Цветојевца на дужини 2,5 km.

*Ботуњски поток* се често изливао у алувијалној равни Лепенице, због чега је прочишћено корито од моста на путу Крагујевац - Баточина до ушћа у Лепеницу.

Остали потоци, који представљају непосредне притоке Лепенице треба само при ушћу да се уведу у корито Лепенице, чиме би се спречило изливање у алувијалну равн и угрожавање пута и пруге Лапово – Крагујевац - Краљево.

Систем одбрамбених насипа реке Лепенице изграђен је за велику воду вероватноће 3-4 %. Након више поплава у Крагујевцу систем је надограђиван и постигнута је заштита за велику воду 0,1-0,2 %, а дужина насипа дуж Лепенице износи 25 km. Ови насипи су омогућили да се вода са простора Крагујевца и узводно



Графикон 1. Крива вероватноће појављивања максималних водостаја

брзо евакуише у низводно подручје, које је изложено поплавама, јер изграђени систем за низводно подручје не задовољавају ни по степену заштите ни по изграђености и опремљености одбрамбених насипа.

### Закључак

Последње регистроване поплаве у сливу Лепенице (1999. и 2005. г.) показале су да садашњи ниво регулације токова и заштите од поплава није довољан да умири ове бујичарски токове. Одбрану треба допунити изградњом акумулација, које би задржале поплавни талас, уз могућност да се ове воде користе и за друге потребе. Такође, потребно је и пошумљавати голети, али и поставити водомере на неким притокама Лепенице (на Угљешници код моста у Петровцу, Драчкој реци код моста на путу Крагујевац-Краљево, на Ждралици код бетонског моста у Белошевцу, на Јабучкој реци код моста у Корману).

### ЛИТЕРАТУРА

- Гавриловић З. и др. (2000): **Бујичне поплаве из 1999 године - природна појава или не ?**. Зборник радова са научне конференције “Водни ресурси слива Велике Мораве и њихово коришћење”, СО Крушевац, Задужбина Андрејевић, Крушевац.
- Гавриловић Љ. (1981): **Поплаве у Србији у XX- узроци и последице**. Посебна издања књ. 52, СГД, Београд.
- Гавриловић Љ. (1988): **Хидрологија у просторном планирању**. Природно-математички факултет Одсек за географију и просторно планирање, Београд.
- Гавриловић С. (1980): **Превентивна заштита од бујичних поплава**. Водопривреда бр. 66, Југословенско друштво за одводњавање и наводњавање и Југословенско друштво за заштиту вода, Београд.
- Ковачевић Н. и др (2000): **Велике воде у јулу 1999 године**. Зборник радова са научне конференције “Водни ресурси слива Велике Мораве и њихово коришћење”, СО Крушевац, Задужбина Андрејевић, Крушевац.
- Оцокољић М. (1992): **Прилог познавању режима хидролошки неизучених река**. Географски годишњак бр. 28, Подружница СГД-а у Крагујевцу, Крагујевац.
- Степановић Ж. (1974): **Хидролошке карактеристике Крагујевачке котлине са посебним освртом на снабдевање Крагујевца водом**. Фонд за финансирање високошколских установа, научне и научно издавачке делатности Скупштине општине Крагујевац, Крагујевац.
- Група аутора (1999): **Извештај градске комисије о последицама поплаве у јулу 1999.г. у Крагујевцу** (радни материјал)
- Група аутора (2005): **Извештај градске комисије о последицама поплаве у јулу 2005. г. у Крагујевцу** (радни материјал)

ANA MILANOVIĆ

### Summary

#### HYDROLOGICAL FORECAST OF MAXIMAL WATER LEVEL IN LEPENICA RIVER BASIN AND FLOOD CONTROL MEASURES

Conditions for flood origin in Lepenica river basin, located in eastern Sumadija district are very favourable: waterproof rock builded area, considerable riverbed slope, big precipitation quantity, suddelny snow melting, degraded forest region, irregular riverbeds and torrents. One of the cities in Serbia, which is from torrents flood endangered is Kragujevac.

In the aim of effective flood control measures it is possible to forecast large water appearance, on the base of maximal water level data. For that purpose is used method of series, which is favourable for determine probability of certain hydrological elements (water levels, discharges etc.) appearance, while for the drawing of maximal levels frequency curve is used Pirshon function of III type.

On the frequency curve of maximal levels appearance in Lepenica river, it can be concluded that every year expected maximal water level of 99,9 % probability might be 9,7 cm, and of 99 % probability might be 52 cm, which is confirmed in practice. This big difference between maximal water levels for 1 and 1,01 year is pointed that this river is torrent. Maximal water level from 10. 07.1999., according to this frequency, is registered once in 100 year.

One of the effective flood control measure is riverbed regulations, as well as embankments building. Lepenica riverbed is 33 km long regulated, and all torrents tributaries riverbeds are regulated near their mouths in Lepenica river. Last registered floods in this river basin are showed that taked flood control measures are not enough, so it should be completed by artificial lakes building and bared areas afforesting.