

ЉБИЉАНА ГАВРИЛОВИЋ

## ЧЕСТИНА ПОВОДАЊА НА ВЕЛИКОЈ МОРАВИ

Појам велике воде није јасно дефинисан, мада се може прихватити као највиши достигнути ниво воде у реци у току једног поводања. С обзиром да се као последица изливања великих вода из речног корита јављају поплаве различитог интензитета, изучавање великих вода је један од најважнијих задатака практичне хидрологије. Ово утолико више што све веће и све рационалније коришћење водних ресурса постају главни проблеми савременог друштва.

Ако се у настанку једне поплаве прихвати логичан редослед: поводањ — велика вода — поплава, онда је разумљиво да детаљно треба проучити узроке, образовање и развој ове појаве. У којој мери ће плавања бити честата, зависи од могућности наглог издицања водостаја, односно формирања поводања. На то утичу физичкогеографски услови у сливу (у првом реду климатски), морфологија речног корита и положа и степен регулсаности водотока у смислу бољег и уједначенијег отицања воде током године.

Учесталост појаве поводања, нарочито са протицајима који су већи од неке граничне вредности за одређени ток, има *теоријски и практични значај*. Теоријски значај је у томе што се користи у анализама и прогнозама великих вода, често као полазни материјал, а практични јер подаци и крива учесталости могу да буду искоришћени за разна пројектовања у водопривреди.

### Услови за образовање поводања у сливу Велике Мораве

Ниједна река у нашој земљи не карактерише се тако честим поплавама као Велика Морава. Само у периоду од 1920. до 1976. године било је 40 изливања, при чему је поплава трајала у највећем броју случајева више од 30 дана. Плавања великих размера јављала су се на Морави

Рецензенти: **Др Душан Дukiћ**, Београд и **Др Томислав Ракићевић**, Београд

у овом веку сваке треће године (1, 114). Није редак случај да неки токови напуштају своја корита и више пута у току једне године. Све то указује да су услови за образовање повођа у сливу Велике Мораве веома повољни. *Велике воде* настају под утицајем читавог низа фактора који се међусобно условљавају и допуњавају. Обично су последица комбинавања природних и антропогених узрока.

Пошто се највећи проценат поплава јавља у пролеће, као последица велике количине падавина и наглог отапања снежног покривача, то су падавине један од најзначајнијих узрока честих изливања река. У целом сливу Велике Мораве просечно се излучи 735 mm падавина годишње, али је њихов просторни и временски распоред веома неравномеран. Како каже М. Јоксимовић „са гледишта отицања великих вода годишње падавине не претстављају неки фактор пошто су велике воде резултат интензивних падавина временски концентрисаних” (2, 19). Од укупне излучене суме током пролећа и зиме отекне 70% падавина. Овакви услови последица су:

а) *географског положаја слива Велике Мораве* у коме се сукобљавају променљиви климатски утицаји са Егејског, Јадранског и Црног мора и из Панонске низије;

б) *велике разлике у надморским висинама* које се крећу од 67 m додо 2.400 m. Екстремне поплавне таласе главног тока изазивају углавном падавине у горњим деловима слива, као и веома велики број коинциденција поплавних таласа притока, на шта утиче конфигурација рељефа.

У овакве климатске и геоморфолошке услове на честе поплаве Мораве имају утицај оголићеност терена и интензивна ерозија, који се јављају као последица нерационалног и неконтролисаног искористићавања земљишта и вегетације. Многи аутори сматрају антропогени фактор за најзначајнији у образовању великих вода, нарочито када су у питању слив Јужне Мораве и неке притоке Велике Мораве, као нпр. Лепеница, Јасеница, Рача и друге, чије поплаве имају махом бујичарске одлике. Ерозијом свих пет категорија разорности угрожено је чак 88,6%, а ерозијом три најјача степена 59% површине слива Велике Мораве. Због оваквог стања површинско отицање падавина је велико и брзо, инфилтрација атмосферске воде мала, а засипање речних корита наносом интензивно. Специфична продукција наноса у сливу износи 605 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/год. (3). То је створило повољне услове за често образовање повођа у кориту Велике Мораве.

Иако се падавине у току зимских месеци излучују углавном у виду снега, запажа се врло велика честина плављења у овом годишњем добу. Најчешће се јављају тзв. ледене поплаве услед нагомилавања ледених санти испред неке препреке у речном кориту (мост, спруд, планићак) или у меандрима. Због застоја леда, најахивањем санти, баријера постаје све дебља и све више спречава отицање реке. Узводно од леденог чепа река се ујеззрава, ниво воде расте и плаве се околне површине и насеља. Честа меандрирања Велике и Јужне Мораве и многи прелази преко њих (Осипаоница-Пожаревац, Велика Плана-Жабари, Марковац-Свилајнац, Рибаре-Глоговац, Светозарево-Буприја, Варварин-Биће-

вац, Крушевац-Сталаћ, Житковац-Алексинач, Прокупље-Ниш и др.) са мостовима, суженим речним коритима услед подизања насипа за путеве и железничке пруге и уским пропустима за воду, представљају значајне препреке за отицање воде и кретање леда. То је разлог што је у просеку свака трећа велика поплава Мораве била ледена. Треба истаћи да је опасност од таквих изливања у великој мери смањена до сада изведеним *регулационим радовима*. Њихов циљ је не само спречавање настанка оваквих појава него, пре свега, побољшање речног режима, чиме би се смањиле годишње амплитуде протицаја и могућности стварања поводања.

### Честине поводања и крива учесталости

При анализи поводања није потребно разматрати цео хидрограм, који изражава промене протицаја у току посматраног периода. Пошто се на њему запажа неколико поводањских таласа, развојених интервалама ниске воде, довољно је издвојити те таласе чије величине прелазе увећане протицаје. Основно питање, које се овде поставља, јесте: шта се сматра *увеканим протицајима* и која је то гранична вредност на основу које се они утврђују? Прихваћено је да то буде просечни максимални протицај  $Q_{sr. max}$ , јер се он најчешће користи као основна велика вода у хидролошким прорачунима.

Систематско осматрање протицаја на Великој Морави обавља се на четири хидрометријске станице: код Варварина, Буприје, Багрдана и Љубичевског моста. Међутим, код Буприје и Љубичевског моста оно је отпочето тек од 1973. године, што је недовољан период за овакве анализе. За Варварин и Багрдан коришћени су подаци од 1960. до 1981. и њима су обухваћене године врло изразитих великих вода — 1961, 1962, 1963, 1965. и 1976. Година 1981. је последња за коју су публиковани хидрометеоролошки подаци.

У наведеном периоду од 22 године просечни максимални протицај код Варварина износио је  $1537 \text{ m}^3/\text{s}$ . Најмањи годишњи максимални протицај од  $571 \text{ m}^3/\text{s}$  био је 1968., а највећи од  $3080 \text{ m}^3/\text{s}$  1965. године. Код Багрдана средњи максимални протицај је  $1498 \text{ m}^3/\text{s}$ , најмањи годишњи максимални  $662 \text{ m}^3/\text{s}$  — 1968., а највећи максимални  $2840 \text{ m}^3/\text{s}$  — 1965. године. Утврђивање поводањских таласа са одређеним вредностима протицаја вршено је почев од најмањег годишњег максималног протицаја, тако да последњи прелази просечни максимални протицај. На тај начин добијен је низ поводања различитих величина, с тим што се свака од 11 издвојених категорија разликује за  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

За сваки поводањски талас израчунат је број протицаја чије се вредности крећу у оквиру те категорије. На основу ових података требало је утврдити:

- а) просечан годишњи број поводања одређених величина протицаја  
 б) честину поводања.

**Таб. 1.** — Поводњи на Великој Морави код Варварина (у  $m^3/s$ ) у периоду 1960—81. година

| Год.  | Q max.   | Број врхова поводањских таласа са протицајима изнад: |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      | Q max. |       |
|-------|----------|--|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|--------|-------|
|       |          | 500  | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1537 |        | >1537 |
| 1961. | 1091     | 6  | 4   | 3   |     | 3   | 2    |      |      |      |      |      |        |       |
| 1961. | 2088     | 4  | 4   |     | 2   |     | 1    | 4    | 1    |      | 1    | 3    | 2088   |       |
| 1962. | 2175     | 20   | 9   | 3   | 3   | 4   | 5    | 2    | 1    | 1    | 6    | 8    | 2175   |       |
| 1963. | 2880     | 11   | 13  | 23  | 5   | 3   | 3    |      | 1    |      | 1    | 8    | 2880   |       |
| 1964. | 1326     | 3  | 3   |     | 1   |     | 1    |      | 1    | 1    |      |      |        |       |
| 1965. | 3080     | 7  | 4   | 2   | 1   | 3   | 2    | 1    |      | 2    | 2    | 7    | 3080   |       |
| 1966. | 1296     | 8  | 1   | 2   | 1   | 1   |      | 3    | 2    |      |      |      |        |       |
| 1967. | 1610     | 7  | 3   |     | 2   |     | 3    |      | 1    | 2    |      | 1    | 1610   |       |
| 1968. | 571      | 6  |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |        |       |
| 1969. | 1220     | 9  | 12  | 2   |     | 4   |      | 1    | 1    |      |      |      |        |       |
| 1970. | 1350     | 25   | 22  | 4   | 12  | 5   |      | 2    | 2    | 1    |      |      |        |       |
| 1971. | 1410     | 6  | 2   | 5   | 2   | 2   | 2    | 3    |      | 1    | 1    |      |        |       |
| 1972. | 1030     | 4  | 2   | 2   | 4   | 1   | 1    |      |      |      |      |      |        |       |
| 1973. | 1130     | 14   | 10  | 3   | 4   | 3   | 8    | 1    |      |      |      |      |        |       |
| 1974. | 795      | 8  | 4   | 3   |     |     |      |      |      |      |      |      |        |       |
| 1975. | 1024     | 13   | 4   |     | 2   | 1   | 1    |      |      |      |      |      |        |       |
| 1976. | 2050     | 10   | 8   | 7   | 2   | 1   |      | 1    | 1    |      |      | 3    | 2050   |       |
| 1977. | —        | —  | —   | —   | —   | —   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      |       |
| 1978. | 1180     | 23   | 7   | 3   | 5   |     | 2    | 2    |      |      |      |      |        |       |
| 1979. | 1588     | 9  | 5   | 6   | 2   |     | 1    |      |      | 1    | 1    | 1    | 1588   |       |
| 1980. | 1902     | 18   | 13  | 9   | 5   | 4   |      | 1    | 2    | 2    | 1    | 3    | 1902   |       |
| 1981. | 1474     | 15   | 11  | 7   | 2   | 4   | 1    | 2    | 1    |      | 2    |      |        |       |
|       | $\Sigma$ | 226  | 141 | 84  | 55  | 39  | 33   | 23   | 14   | 11   | 15   | 34   |        |       |

**Таб. 2.** — Поводњи на Великој Морави код Багрдана (у  $m^3/s$ ) у периоду 1960—81. година.

| Год.  | Q max. | Број врхова поводањских таласа са протицајима изнад: |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      | Q max. |       |
|-------|--------|--|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|--------|-------|
|       |        | 500  | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1498 |        | >1498 |
| 1960. | 1212   | 7  | 6   | 3   |     | 2   | 2    |      | 1    |      |      |      |        |       |
| 1961. | 1920   | 5  | 4   | 3   | 1   | 1   | 1    | 3    | 1    | 2    |      | 3    | 1920   |       |
| 1962. | 1934   | 10   | 11  | 7   | 2   | 5   | 2    | 4    | 2    | 3    | 1    | 14   | 1934   |       |
| 1963. | 2700   | 15   | 6   | 18  | 15  | 6   | 5    | 2    |      |      | 1    | 9    | 2700   |       |
| 1964. | 1160   | 3  | 1   | 3   |     |     | 1    | 2    |      |      |      |      |        |       |
| 1965. | 2840   | 5  | 2   | 2   | 1   | 2   | 1    | 3    | 1    | 2    |      | 8    | 2840   |       |
| 1966. | 1370   | 5  | 5   | 1   | 2   | 2   | 2    | 1    | 2    | 1    |      |      |        |       |
| 1967. | 1750   | 11   | 3   | 2   | 1   | 1   | 1    | 3    |      | 1    |      | 1    | 1750   |       |
| 1968. | 662    | 6  | 4   |     |     |     |      |      |      |      |      |      |        |       |
| 1969. | 1250   | 16   | 8   | 7   | 2   | 1   | 1    | 1    | 1    |      |      |      |        |       |
| 1970. | 1310   | 30   | 16  | 15  | 13  | 3   | 3    | 1    | 1    | 1    |      |      |        |       |
| 1971. | 1470   | 4  | 3   | 7   | 1   | 5   | 1    | 3    |      | 1    | 1    |      |        |       |
| 1972. | 960    | 7  | 6   | 1   | 3   | 2   |      |      |      |      |      |      |        |       |
| 1973. | 1190   | 16   | 13  | 3   | 4   | 2   | 4    | 9    |      |      |      |      |        |       |
| 1974. | 894    | 10   | 4   | 2   | 2   |     |      |      |      |      |      |      |        |       |
| 1975. | 1050   | 25   | 7   | 4   |     | 1   | 1    |      |      |      |      |      |        |       |
| 1976. | 1870   | 12   | 7   | 8   | 4   | 1   |      | 2    |      | 1    |      | 3    | 1870   |       |
| 1977. | 1289   | 14   | 12  | 7   | 7   | 2   | 2    |      | 2    |      |      |      |        |       |
| 1978. | 1270   | 19   | 11  | 3   | 5   | 2   | 2    | 1    | 2    |      |      |      |        |       |
| 1979. | 1449   | 5  | 5   | 4   | 5   | 1   |      | 1    |      | 1    | 2    |      |        |       |
| 1980. | 1866   | 16   | 13  | 10  | 6   | 8   | 1    | 1    | 2    | 1    | 2    | 4    | 1866   |       |
| 1981. | 1540   | 13   | 14  | 6   | 6   | 3   |      | 4    | 1    |      |      | 2    | 1540   |       |
| Σ     | 254    | 161  | 116 | 80  | 50  | 30  | 41   | 16   | 14   | 7    | 44   |      |        |       |

Просечан годишњи број поводања ( $S_i$ ) утврђен је односом броја поводања који прелазе одговарајуће протицаје ( $N_i$ ) и броја година осматрања ( $Y$ ). Однос периода осматрања ( $Y$ ) и броја поводања ( $N_i$ ) сваке категорије протицаја посебно указују на учесталост поводања ( $T_i$ ).<sup>1</sup> Тако су добијене следеће вредности:

|                               |                 |                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|
| <i>Варварин</i> $S_1 = 10,76$ | $T_1 = 0,09$    | <i>Багрдан:</i> $S_1 = 11,54$ | $T_1 = 0,09$    |
| $S_2 = 6,71$                  | $T_2 = 0,15$    | $S_2 = 7,31$                  | $T_2 = 0,14$    |
| $S_3 = 4,00$                  | $T_3 = 0,25$    | $S_3 = 5,27$                  | $T_3 = 0,19$    |
| $S_4 = 2,61$                  | $T_4 = 0,38$    | $S_4 = 3,63$                  | $T_4 = 0,27$    |
| $S_5 = 1,85$                  | $T_5 = 0,54$    | $S_5 = 2,27$                  | $T_5 = 0,44$    |
| $S_6 = 1,57$                  | $T_6 = 0,63$    | $S_6 = 1,36$                  | $T_6 = 0,73$    |
| $S_7 = 1,09$                  | $T_7 = 0,91$    | $S_7 = 1,86$                  | $T_7 = 0,54$    |
| $S_8 = 0,66$                  | $T_8 = 1,50$    | $S_8 = 0,72$                  | $T_8 = 1,37$    |
| $S_9 = 0,52$                  | $T_9 = 1,91$    | $S_9 = 0,63$                  | $T_9 = 1,57$    |
| $S_{10} = 0,71$               | $T_{10} = 1,40$ | $S_{10} = 0,31$               | $T_{10} = 3,14$ |
| $S_{11} = 1,61$               | $T_{11} = 0,62$ | $S_{11} = 2,00$               | $T_{11} = 0,50$ |

<sup>1)</sup>

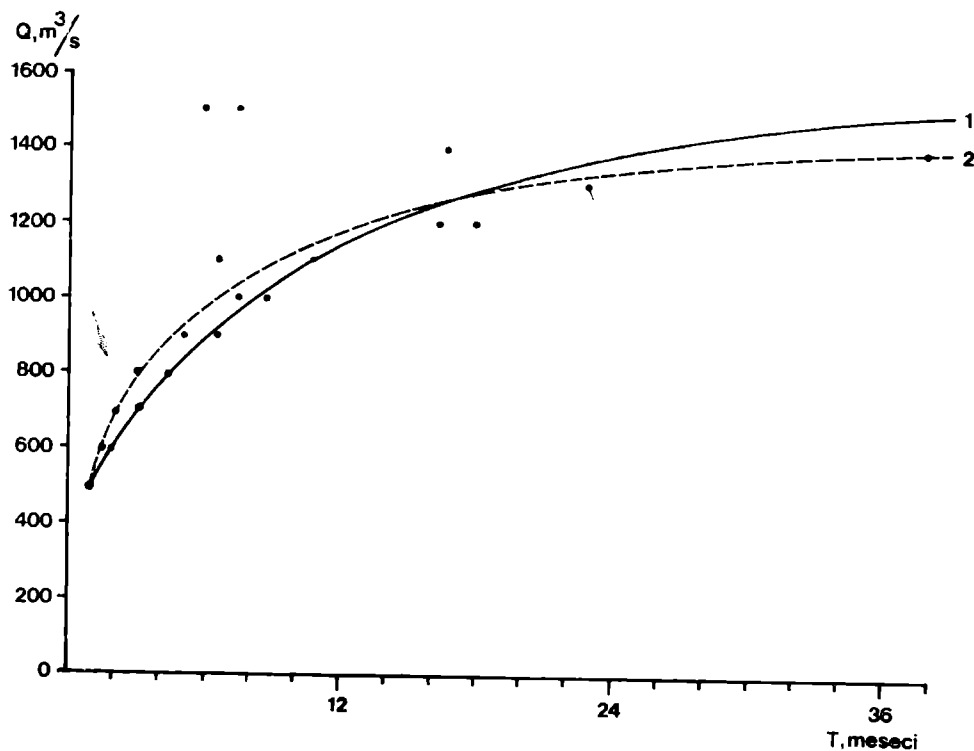
$$S_i = \frac{N_i}{Y}; \quad T_i = \frac{Y}{N_i} \quad (5,154)$$

Хидрометријска станица Варварин налази се на 237,2, а Багрдан на 134,2 km од ушћа Велике Мораве. Пошто је Варварин само десетак километара низводно од сугока Западне и Јужне Мораве, протицаји Велике Мораве измерени на овом профилу под непосредним су утицајем ова два тока. То значи да би код Варварина требало очекивати већу честину појаве поводања него код Багрдана, због рефлектовања локалних утицаја на образовање високих вода у коритима Западне и Јужне Мораве, нарочито антропогених фактора који су доминантни када је у питању слив Јужне Мораве. Међутим, ово важи само за веће протицаје — од 1000 до 1100 m<sup>3</sup>/s и од 1400 до 1537 m<sup>3</sup>/s, управо из разлога који су напред поменути. Чешће јављање поводања код Багрдана последица је морфолошких карактеристика речне долине, која се на овом делу тока сужава и има изглед клисуре.

Мада би са порастом протицаја *честина појаве поводања требало да опада*, анализе су показале да у томе нема строге правилности. Код Варварина просечни годишњи број поводања и учесталост се најпре смањују, а од 1400 m<sup>3</sup>/s они су у порасту. Код Багрдана они се прво смањује, затим између 1000 и 1100 m<sup>3</sup>/s повећавају, још једном опадају и од 1498 m<sup>3</sup>/s поново расту. Овакве „аномалије“ указују да на образовање високих вода утиче велики број фактора, пре свега, локални услови, што је иначе једна од главних карактеристика слива Мораве. При томе не треба занемарити хидротехничке мере, у првом реду скраћење тока и изградњу насипа, које знатно мењају режим водостаја.

За обе станице уочава се да су најређи поводањи са протицајима од 1200—1500 m<sup>3</sup>/s. Ту учесталост износи 1,9 година, односно 3,1 годину. Међутим, изнад просечног максималног протицаја њихов број се нешто повећава, тако да се код Варварина јављају 1,6, а код Багрдана 2 пута

годишње. То значи да се могу очекивати сваких 7, односно 6 месеци. Ова релативно знатна учесталост поводањских таласа великих протицаја последица је неуређености слива, бујичарских одлика и нерегулисаних корита водотока.



Ск. 1. — Честина поводања на Великој Морави

Користећи добијене податке конструисана је крива учесталости поводања. Она указује на зависност између протицаја одређених поводања и честине њиховог јављања. Веза ове две величине је криволинијски корелативна. За мање протицаје веза је боља, јер се тачке налазе на кривој или је њихов растур око криве мали, али са повећањем протицаја веза слаби. Посебно се запажа за обе станице велико одступање тачке која изражава учесталост протицаја изнад просечне максималне вредности. Овакве појаве у кориту Велике Мораве могуће је прихватити као оправдане, јер се зна да је Велика Морава најпоплавнија река у Југославији, да формирање високих вода зависи од великог броја фактора и да ни у једном делу СР Србије, па и наше земље, оголићеност терена и интензивна ерозија не утичу у толикој мери на неконтролисано отицање падавина и појаву поплава као у сливу Мораве, због чега оне често имају бујичарске особине.

У погледу образовања поводња и карактеристика великих вода Велика Морава је веома специфичан ток и знатно се разликује од других река СР Србије. Због неповољног плувиометријског режима, неједнаких услова за отицање падавина у водотоке и велике оголићености сливова, амплитуде екстремних протицаја су врло велике. Неке реке, као напр. Јабланица, Ветерница и Пуста у сливу Јужне Мораве, током лета и јесени потпуно пресуше, док у влажном периоду постају бујичарске и изливањем причињавају огромне штете. Однос између апсолутно минималних и апсолутно максималних протицаја многих токова у сливу Мораве премашује 1:1.000, а најнеповољнији је на Биљачкој Морави код Доњих Кормијана (1:7.240), Тошници код Прокупља (1:5.920) и на Ситници код Недаковца (1:4.054) (6, 48). Сем тога, под утицајем човека, који је омогућио развој ерозионих процеса великих размера, појачава се површинско сливање падавина и речна корита засипају наносом, а као последица тога повишавају се водостаји. Просечни максимални протицај Велике Мораве код Варварина износио је у периоду 1924—54. године  $1296 \text{ m}^3/\text{s}$  (2, 43), а у периоду 1960—81. године  $1537 \text{ m}^3/\text{s}$ . Подаци такође кажу да се у року од 30-так година дно корита Јужне Мораве издигло на неким местима за 1,5—2 м, што је свакако утицало на годишње водостаје.

Због оваквих услова велике су честине поводања у кориту Велике Мораве, у којем се одражавају стања речних режима њених саставница — Западне и Јужне Мораве. Неправилност у смањењу учесталости са повећањем протицаја јавља се управо услед приказаног специфичног и неповољног водног режима у сливу. Нешто веће честине протицаја изнад средње максималне вредности указују нам на опасност од изливања вода Велике Мораве. Ако се на основу добијених података може закључити да највише поводње треба очекивати сваких пола године, онда је констатација да је Велика Морава најпоплавнија река СР Србије и СФР Југославије сасвим реална.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Љ. Гавриловић: *Поплаве у СР Србији у XX веку — узроци и последице*; Посебна издања, књ. 52; Српско географско друштво, Београд; 1981.
2. М. Јоксимовић: *Одрешивање великих вода у сливу Велике Мораве*; Расправе и студије — Методике — 6; Савезни хидрометеоролошки завод, Београд 1958.
3. *Карта ерозије СР Србије 1:500.000*, Институт за шумарство и дрвну индустрију; Београд; 1983.
4. *Хидролошки годишњаци од 1960. до 1981. године*. Савезни хидрометеоролошки завод; Београд.
5. А. Е. Шейдеггер: *Физически аспекти природних катастрофа*; „Недра“; Москва; 1981.
6. Д. Дукић: *О забележеним екстремним протицајима на рекама у СР Србији*. Гласник Српског географског друштва, св. LI, бр. 2; Београд; 1971.



### FRÉQUENCE DES GRANDES EAUX SUR LA GRANDE MORAVA

L'étude des grandes eaux est une des tâches les plus importantes de l'hydrologie pratique. En ce qui concerne la formation des grandes eaux, la Grande Morava est un cours d'eau fort spécifique et diffère dans une considérable mesure des autres fleuves et rivières de la RS de Serbie. A cause d'un régime pluviométrique défavorable, des conditions inégales pour l'écoulement des précipitations, des terrains fort dénudés et des bassins fluviaux non-régularisés, la fréquence des grandes eaux dans le lit de la Grande Morava, dans lequel se reflètent les conditions des régimes fluviaux de ses composantes — la Morava de l'Ouest et la Morava du Sud, sont grands. Les analyses des ondes des grandes eaux pour les stations hydrométriques de Varvarin et de Bagrdan ont montré qu'il n'existe aucune régularité stricte dans les changements de la fréquence des grandes eaux avec l'accroissement du débit et qu'elle est un peu plus grande chez les débits s'élevant au-dessus des valeurs maxima moyennes. L'établissement de la fréquence des grandes eaux est d'une importance théorique aussi bien que pratique. L'importance théorique consiste dans le fait qu'on l'utilise dans les analyses et prognostics des grandes eaux, souvent comme matériel de départ, et d'importance pratique, car les données et la courbe de la fréquence peuvent être utilisées pour l'élaboration de différents projets dans l'hydroéconomie.