

Утицај величине, распореда и положаја блокова умирујућег базена степенастог брзотока на преосталу енергију

Филип Ђорђевић¹
Роберт Љубичић²
Будо Зиндовић³
Радомир Капор⁴
Љубодраг Савић⁵

APSTRAKT: Степенасти брзотоци су добри дисипатори енергије, посебно при нижим вредностима јединичног протока. Са повећањем јединичног протока, ефикасност дисипације се смањује што резултује већом преосталом енергијом на улазу у умирујући базен. Да би се смањиле димензије базена а повећала поузданост и ефикасност њиховог рада, често се пројектују са блоковима. Утицај димензија, распореда и положаја блокова за умирење за потребе овог рада, испитан је на физичком моделу. Резултати су показали да се ефикасност дисипације може побољшати повећањем броја блокова (нпр. два реда уместо једног) и да је повољније уколико су најузводнији блокови мањи. Резултати указују и да већи број зуба може значајно да побољша и стабилност тока низводно од хидрауличног скока и смањити прскање. У наредним фазама, испитивања обухватили би се и умирујући базени са нагнутим дном.

Кључне речи: умирујући базен, блокови за умирење, преостала енергија, степенasti brzotok

The impact of baffle block size, distribution, and position on residual energy in stepped spillway stilling basins

ABSTRACT: Stepped spillways are good energy dissipators, especially at lower specific flows. As the specific flows increase, the dissipation efficiency decreases resulting in more residual energy at the inlet to the stilling basin. To reduce the dimensions of the basin and increase its reliability and dissipation efficiency, designers often use baffle blocks. The influence of dimensions, arrangement and position of baffle blocks for the purposes of this paper was investigated on a scale-model. The results showed that the dissipation efficiency can be improved by increasing the number of blocks (e.g. two rows instead of one) and that it is more favorable if the most upstream blocks are smaller. The results also indicate that a larger number of blocks can significantly improve the stability of the flow field downstream of hydraulic jump and reduce splashing. In the future, research will include the influence of baffle blocks on flow field in sloped stilling basins.

Keywords: stilling basin, baffle blocks, residual energy head, stepped spillway

¹Филип Ђорђевић, Енергопројект-Хидроинжењеринг, Београд, fdjordjevic@ephydro.com

²Роберт Љубичић, асистент-докторант, Грађевински факултет Београд, rljubicic@grf.bg.ac.rs

³Др Будо Зиндовић, доцент, Грађевински факултет Београд, bzindovic@grf.bg.ac.rs

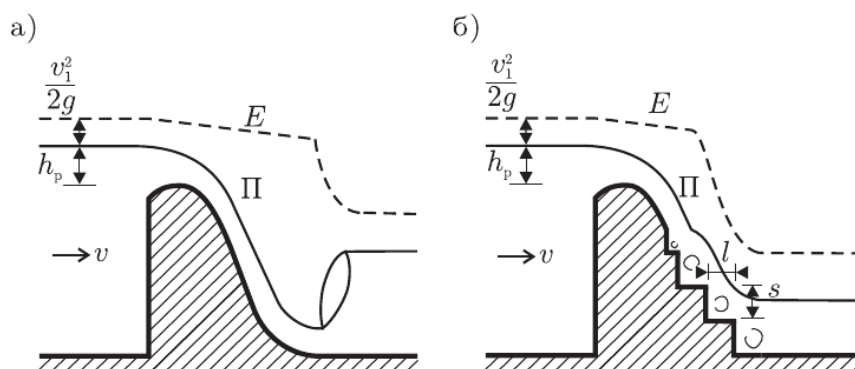
⁴Др Радомир Капор, редовни професор у пензији, Грађевински факултет Београд, rkapor@grf.bg.ac.rs

⁵Др Љубодраг Савић, редовни професор, Грађевински факултет Београд, ljdsavic@grf.bg.ac.rs

1 Увод

Изградња бране у речном кориту доводи до успоравања реке, што као последицу проузрокује да се већи део енергије воде сада акумулира испред бране [7]. Уколико би се вода са тако увећаном механичком енергијом директно упустила у низводно корито, дошло би до ерозије низводног корита или околног терена, чиме би се угрозила безбедност бране или појединих њених делова. Како би се спречила или умањила ерозија, потребно је трансформисати што већи део механичке енергије. Најефикаснији начин да се то оствари је хидраулички скок. Унутар скока, велики део механичке енергије се претвара у топлотну, а тај процес се у хидраулици назива дисипација енергије [7].

Код класичних бетонских гравитационих преливних брана главни евакуациони орган састоји се од прелива, глатког брзотока и умирујућег базена. Код њих највећа дисипација енергије воде одвија се у крајњем делу главног евакуационог органа односно умирујућем базену (слика 1.а) [4, 7]. Међутим, гравитационе бране последњих деценија се све више израђују од ваљаног бетона, а главни евакуациони орган састоји се од прелива, степенастог брзотока и умирујућег базена. Степенасти брзоток проузрокује значају дисипацију енергије тока, па вода доспева у умирујући базен за знатно мањом енергијом него код класичног (глатког) брзотока (слика 1.б). Доста истраживања је посвећено утицају блокова на струјну слику код умирујућих базена глатких брзотока. Код степенастих брзотока, истраживања су знатно мање доступна па се за пројектовање умирујућих базена користе препоруке Петерке [1].



Слика 1. Линија енергије код прелива са а) класичним брзотоком и б) степенастим брзотоком [4].

Figure 1. Energy grade-line for weir with a) classic, and б) stepped spillway [4].

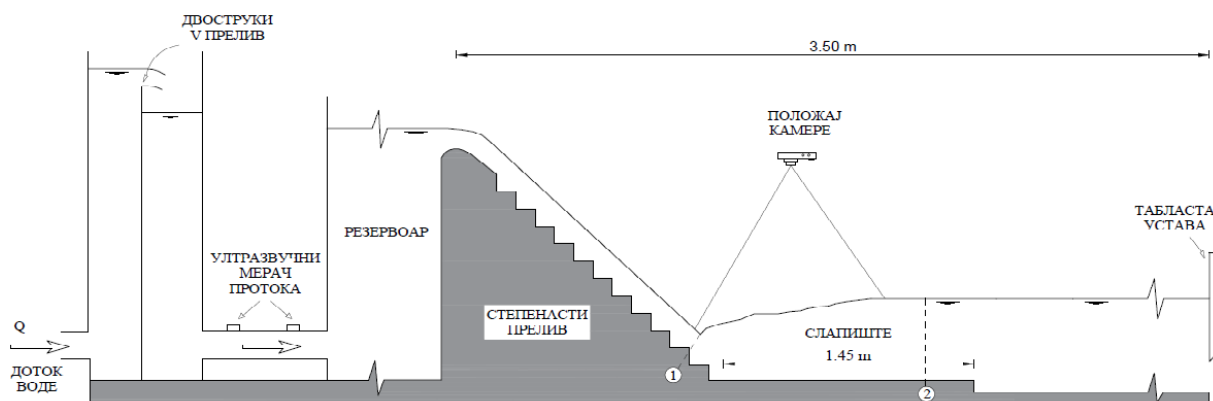
Основни задатак овог рада је да се прикаже могућност побољшања дисипације енергије тока код умирујућих базена степенастих брзотока. За његово испуњење, анализираће се ефекти струјања на физичком моделу степенастог брзотока са умирујућим базеном, за различите величине, положај и распореде блокова при неколико изабраних протока.

2 Методологија

2.1 Опис физичког модела и елемената за умирење

Испитивање је обављено у хидрауличкој лабораторији Института за хидротехнику Грађевинског факултета Универзитета у Београду. Модел степенастог брзотока са умирујућим базеном приказан је на слици 2. Висина модела степенастог брзотока износила је 0,94 m (висина од коте круне прелива, до коте дна умирујућег базена), док је ширина била константна и износила је 0,45 m. Угао који је степенаста брзоток заклапао са хоризонталом износио је 45°. Конструкција степенастог брзотока се састојала од 17 степеника висине 4,5 cm. Иза брзотока налазио се

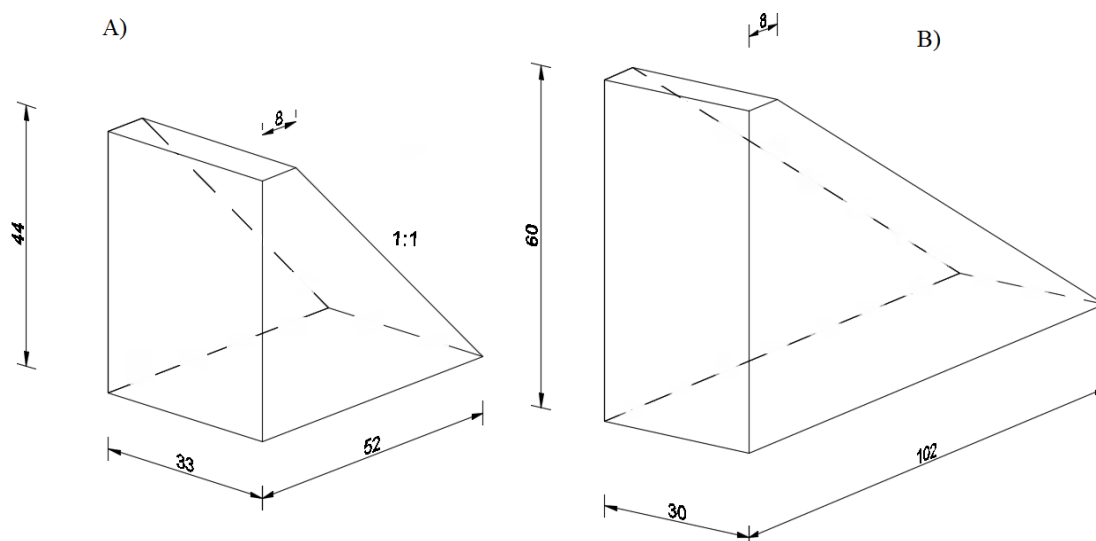
умирујући базен дужине 1,45 m и ширине исте као брзоток. У наставку, низводно од базена налази се канал дужине 1,35 m. Дно овог низводног канала је било 4,5 cm ниже од дна умирујућег базена. На низводном крају модела пројектована је табласта устава за регулацију нивоа воде. Укупна дужина инсталације између коте круне прелива и табласте уставе износила је око 3,50 m. Сва мерења у оквиру ових истраживања спроведена су при протоцима од 30 L/s, 40 L/s и 50 L/s.



Слика 2. Скица физичког модела степенастог брзотока са умирујућим базеном.

Figure 2. Scale-model of a stepped spillway with stilling basin used in this study.

За потребе овог истраживања, коришћене су две величине блокова: мањи и већи. Димензије малих блокова одређене су према препорукама Петерке [1], за проток од 40 L/s. Димензије великих блокова одређене су на основу димензија малих: висина великих блокова увећана је за 35%, док је ширина умањена за 10% у односу на ширину малих блокова. Димензије обе варијанте блокова, приказане су на слици 3.



Слика 3. Димензије малих и великих блокова у милиметрима

Figure 3. Dimetric view of small and large baffle blocks. Dimensions are given in millimetres.

2.2 Испитане варијанте положаја и распореда блокова

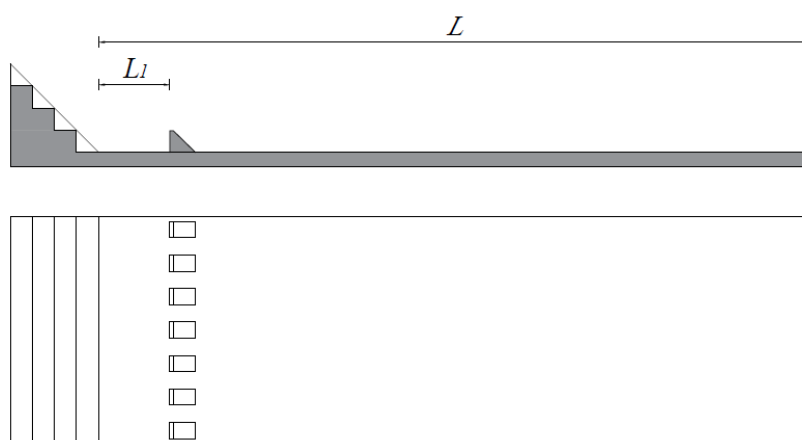
За испитивања умирујућих базена, све испитане варијанте модела су подељене у пет група:

- Прва група: умирујући базени без додатних умиривача.
- Друга група: умирујући базени са једним редом малих блокова.
- Трећа група: умирујући базени са два реда блокова (ред малих и ред великих блокова).
- Четврта група: умирујући базени са једним редом великих блокова.
- Пета група: умирујући базени са мешовитим распоредом блокова.

2.2.1 Умирујући базени са једним редом блокова (друга и четврта група)

У умирујућим базенима са једним редом блокова, испитане су четири конфигурације за сваку величину блокова. Свака конфигурација имала је различито одстојање блокова од краја степенастог брзотока L_1 (слика 4.). То одстојање је износило:

1. 60% низводне спрегнуте дубине одређене на умирујућем базену без блокова $H_2^{bez_blokova}$, односно $L_1 = 14,5$ cm;
2. 70% дубине $H_2^{bez_blokova}$, односно $L_1 = 16,5$ cm;
3. 80% дубине $H_2^{bez_blokova}$, односно $L_1 = 18,5$ cm;
4. 90% дубине $H_2^{bez_blokova}$, односно $L_1 = 20,5$ cm;



Слика 4. Шема конфигурација умирујућих базена са једним редом блокова.

Figure 4. Stilling basin with a single row of baffle blocks.

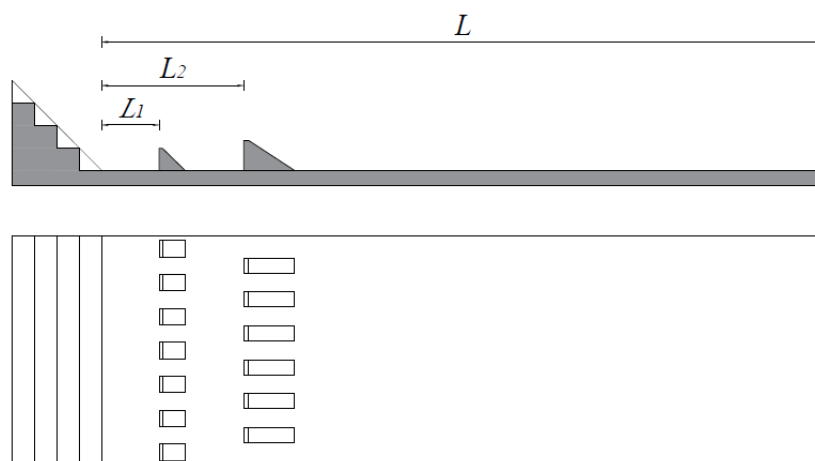
Током обраде измерених података на умирујућем базену са великим блоковима постављеним на 70% $H_2^{bez_blokova}$, уочено је да је грешка мерења значајна. Због тога су ови резултати изостављени из даље анализе.

2.2.2 Умирујући базени са два реда блокова за умирење

Трећа група обухватала је умирујуће базене са два реда блокова (слика 5.). Испитане су четири конфигурације. У свим конфигурацијама мали блокови (7 комада) били су постављени на

одстојању 50% низводне спрегнуте дубине $H_2^{bez_blokova}$, односно на $L_1 = 11,5$ cm, од краја степенастог брзотока. Док су велики блокови (6 комада) постављени у наизменичном распореду у односу на мале блокове, и на растојању:

1. $L_2 = 18,5$ cm од краја степенастог брзотока, односно на 80% $H_2^{bez_blokova}$;
2. $L_2 = 23,5$ cm од краја степенастог брзотока, односно на 100% $H_2^{bez_blokova}$;
3. $L_2 = 28,5$ cm од краја степенастог брзотока, односно на 120% $H_2^{bez_blokova}$;
4. $L_2 = 33,5$ cm од краја степенастог брзотока, односно на 140% $H_2^{bez_blokova}$;



Слика 5. Шема конфигурација умирујућих базена са два реда блокова.

Figure 5. Stilling basin with two rows of baffle blocks.

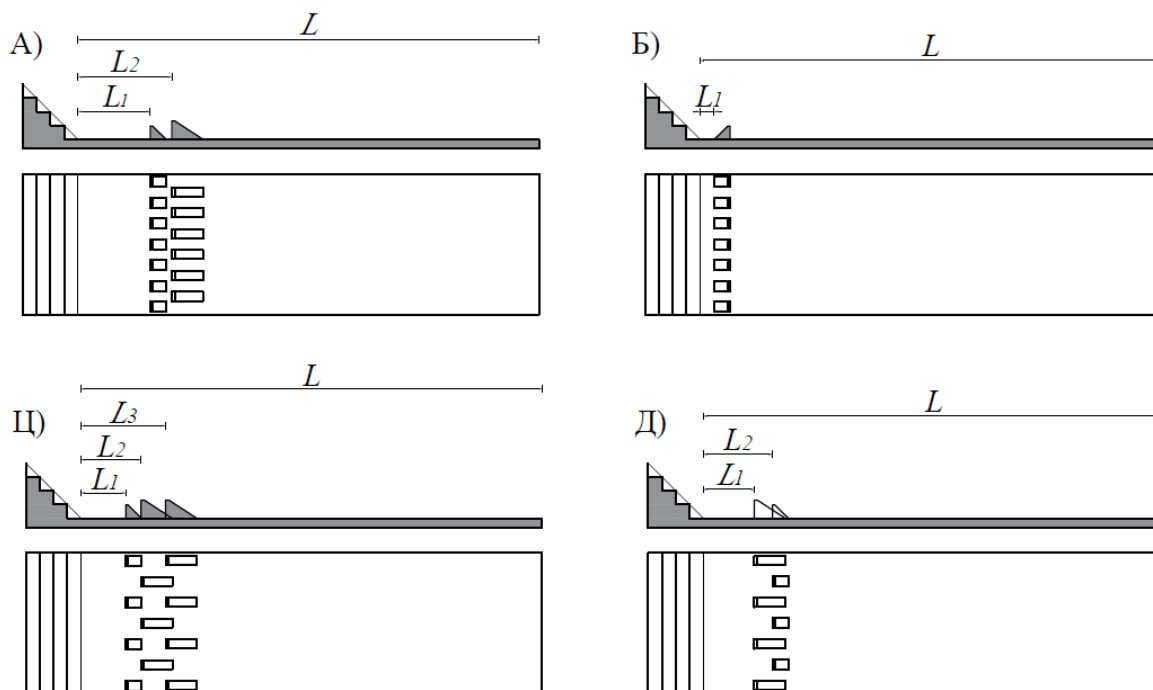
2.2.3 Умирујући базени са нестандартним распоредом блокова

Пета група обухватила је конфигурације специјалних случајева умирујућих базена (слика 6). Мерења у овој групи обављена су само при протоку од 40 L/s.

У петој групи испитане су четири конфигурације:

- Конфигурација са 7 комада малих блокова постављених на дужини једнакој 100% $H_2^{bez_blokova}$, и са 6 комада великих блокова постављених у наизменичном распореду, на дужини од 130% $H_2^{bez_blokova}$ од краја степенастог брзотока. (слика 6. А).
- Конфигурација са 7 комада малих блокова постављених на дужини једнакој 20% $H_2^{bez_blokova}$ од краја степенастог брзотока, у положају тако да млаз воде удара у косо лице блока (слика 6. Б).
- Конфигурација са три реда блокова. Први ред је обухватало 4 комада малих блокова постављених на дужини једнакој 60% $H_2^{bez_blokova}$ од краја степенастог брзотока. Други ред чинила су 3 комада великих блокова постављених на 85% $H_2^{bez_blokova}$ од краја степенастог брзотока, у наизменичном распореду у односу на први ред. Док су трећи ред представљала 4 комада великих блокова на 115% $H_2^{bez_blokova}$ од краја степенастог брзотока, са распоредом истим као у првом реду (слика 6. Ц).

- Конфигурација са два реда смакнутих блокова. Први ред чинило је 4 комада великих блокова на 70% $H_2^{bez_blokova}$ од краја степенастог брзотока, док је други ред чинило 3 комада малих зуба постављених само 6 см низводније, тако да изгледају као смакнута у односу на први ред (слика 6. Д).



Слика 6. Шеме конфигурација умирујућих базена са нестандартним распоредом блокова.

Figure 6. Stilling basins with non-standard array of baffle blocks.

Одмах након пуштања протока, на конфигурацији са једним редом малих блокова постављених тако да вода удара у њихово косо лице (слика 6. Б), умирујући базен личио је на ски одскок. Дошло је до значајног таласања низводне воде и превеликог прскања. Стога на тој конфигурацији нису обављена никаква мерења и она је изузета из даљег разматрања.

2.3 Начини мерења и мерна опрема на физичком моделу

Сва испитивања су обављена при три различита протока од 30, 40 и 50 L/s. На свакој од конфигурација умирујућих базена вршена су следећа мерења:

- Лењиром су мерене дужине хидрауличког скока и положај скока у односу на низводно лице бране.
- Проток је мерен помоћу ултразвучног мерача постављеног на цевоводу између два резервоара и помоћу двоструког Томсоновог прелива.
- Камером је снимана линија нивоа хидрауличког скока (положај камере приказан је на слици 2.), чиме су након обраде видео снимка добијене просечне линије нивоа дуж хидрауличког скока, помоћу којих су одређене низводне спрегнуте дубине.

2.3.1 Положај хидрауличког скока

Положај хидрауличког скока у првој групи умирујућих базена (умирујући базени без блокова), при свим протоцима, успостављен је на основу услова да почетак ваљка хидрауличког скока настаје на месту споја степенастог брзотока и умирујућег базена.

У другој групи умирујућих базена, на конфигурацији са малим блоковима постављеним на 80% $H_2^{Bez_zuba}$, за сваки од три различита протока, одређена је низводна дубина за коју се добило да је ваљак скока почињао на месту споја брзотока и умирујућег базена. Овако одређен низводни услов за сваки појединачни проток, коришћен је за све остале групе умирујућих базена са блоковима. Вредности низводног граничног услова при различитим протоцима, дати су у табели 1. Након подешавања низводног услова, на свим другим конфигурацијама умирујућих базена са блоковима мерено је растојање почетка ваљка хидрауличког скока од места споја степенастог брзотока и хидрауличког скока. То растојање је у даљем тексту дефинисано као „положај скока у односу на почетак умирујућег базена” и означено са X_1 .

Табела 1. Бездимензионалне дубине воде на низводном крају модела за умирујући базен без блокова за умирење.

Table 1. Non-dimensional depth at the downstream end of a stilling basin model without baffle blocks.

Q [L/s]	30	40	50
H_2/h_{kr} [-]	2,63	2,54	2,49

2.3.2 Дужина хидрауличког скока

Као и код положаја хидрауличког скока, и при одређивању дужине хидрауличког скока значајно се разликује поступак код умирујућих базена без блокова и умирујућих базена са блоковима.

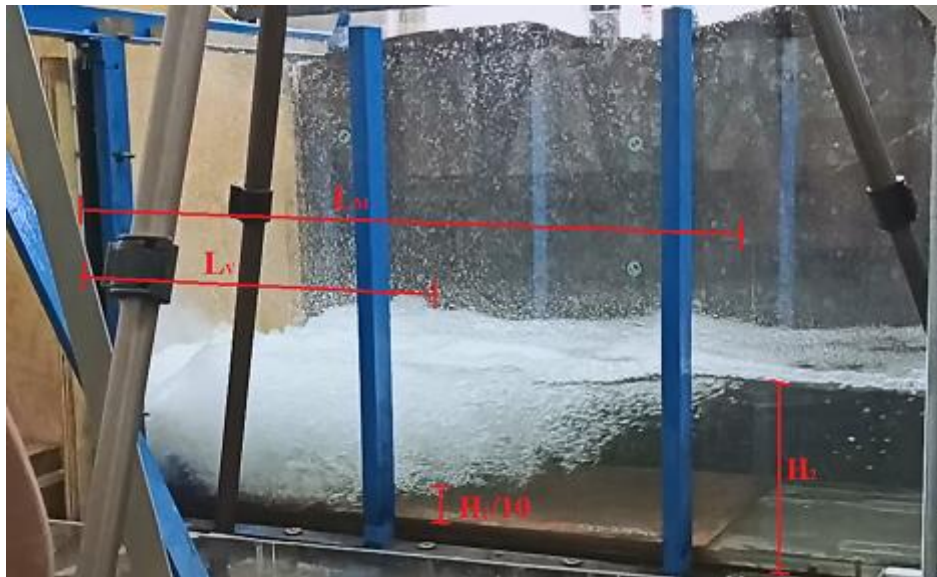
У првој групи умирујућих базена дужина скока одређена је тако што су иза ваљка хидрауличког скока упуштани трасери (у виду крупнијих комадића стиропора), након чега је сагледавано да ли на месту упуштања трасера ток има доминантну хоризонталну компоненту брзине, која ће однети трасере низводно, или доминантну улогу има рецикулациони ток, који ће трасере држати на месту упуштања или их чак померати узводно. За дужину хидрауличког скока узета је дужина од почетка формирања скока до пресека на ком ток успоставља доминантну низводну хоризонталну компоненту брзине.

У свим другим групама мерења због немогућности одређивања дужине хидрауличког скока као код умирујућег базена без блокова, уведена је нова методологија.-Мерене су дужина ваљка L_v и дужина распростирања мехурића L_M . Као дужина ваљка усвојена је дужина између почетка скока и пресека у коме дубина чисте воде износи 10% дубине низводно од скока H_2 , док дужина распростирања мехурића представља дужину на којој се млаз раширио до слободне површине, што се прати трагом који остављају мехурићи ваздуха (слика 7.).

2.3.3 Линије нивоа хидрауличког скока

Линије нивоа хидрауличког скока добијене су следећим поступком [5, 6]:

- Камером је снимана површина воде хидрауличког скока уз леви (даљи) разделни зид (слика 2.).
- Тако направљени снимци су процесирани у софтверу који је развијен на Грађевинском факултету у Београду.



Слика 7. Карактеристичне дужине скока које су мерене током испитивања. L_v дужина ваљка, L_M дужина распрострањања мехурића и H_2 низводна спрегнута дубина.

Figure 7. Characteristic lengths of hydraulic jump.

2.3.4 *Енергија воде непосредно низводно од хидрауличког скока*

Помоћу претходно одређених низводних спрегнутих дубина, процењене су кинетичка и потенцијална енергија, односно укупна енергија воде низводно од хидрауличког скока.

Познавањем просечних низводних спрегнутих дубина, за правоугаони умирујући базен, дошло се до просечне површине протицајног пресека низводно од скока. Познавањем просечне површине протицајног пресека и протицаја кроз инсталацију, дошло се до просечне брзине воде у пресеку непосредно низводно од хидрауличког скока.

На основу просечне брзине процењена је просечна кинетичка енергија воде низводно од хидрауличког скока по формули:

$$E_K = \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Просечна специфична енергија воде низводно од хидрауличког скока једнака је збиру просечне кинетичке енергије и просечне низводне спрегнуте дубине одређене са видео снимка:

$$E = E_K + H_2^{Kamere}$$

3 Резултати

Измерене вредности хидрауличких величина при свим испитаним протоцима и за све варијанте приказани су у табелама 2-4. Поређењем резултата за базен без додатних умирувача са осталим конфигурацијама базена, показало је да блокови за додатну дисипацију енергије доводе до скраћења дужине ваљка хидрауличког скока од 20% до чак 45%. Такође, да се присуством блокова остварује мања потребна низводна дубина којом се хидраулички скок одржава у

умирујућем базену (између 10% и 20%) и повећава дисипација енергије воде [2, 3]. У наставку се приказују резултати анализе утицаја величине, положаја и распореда блокова.

3.1 Утицај величине блокова

Утицај величине блокова, испитан је на конфигурацијама са једним редом блокова (друга и четврта група). Прегледом резултата за протоке мање од рачунског (при протоку од 30 L/s, видети табелу 2.), уочава се да је ваљак скока краћи за мање блокове између 5% и 10%. Са повећањем протока (рачунски и већи, видети табеле 3. и 4.), краћи скок је добијен за веће блокове. Поменуто скраћење дужине скока за веће блокове, оквирно је износило између 3% и 12%. Резултати показују и да је највеће умирење тока остварено на конфигурацијама из четврте групе умирујућих базена, са једним редом виших а тањих блокова. Ово запажање је корисно јер ови блокови нису у потпуности у складу са стандардним препорукама за пројектовање оваквих елемената датим у литератури [1], и што је мање од половине пресека било препречено чврстом контуром блокова.

3.2 Утицај положаја блокова

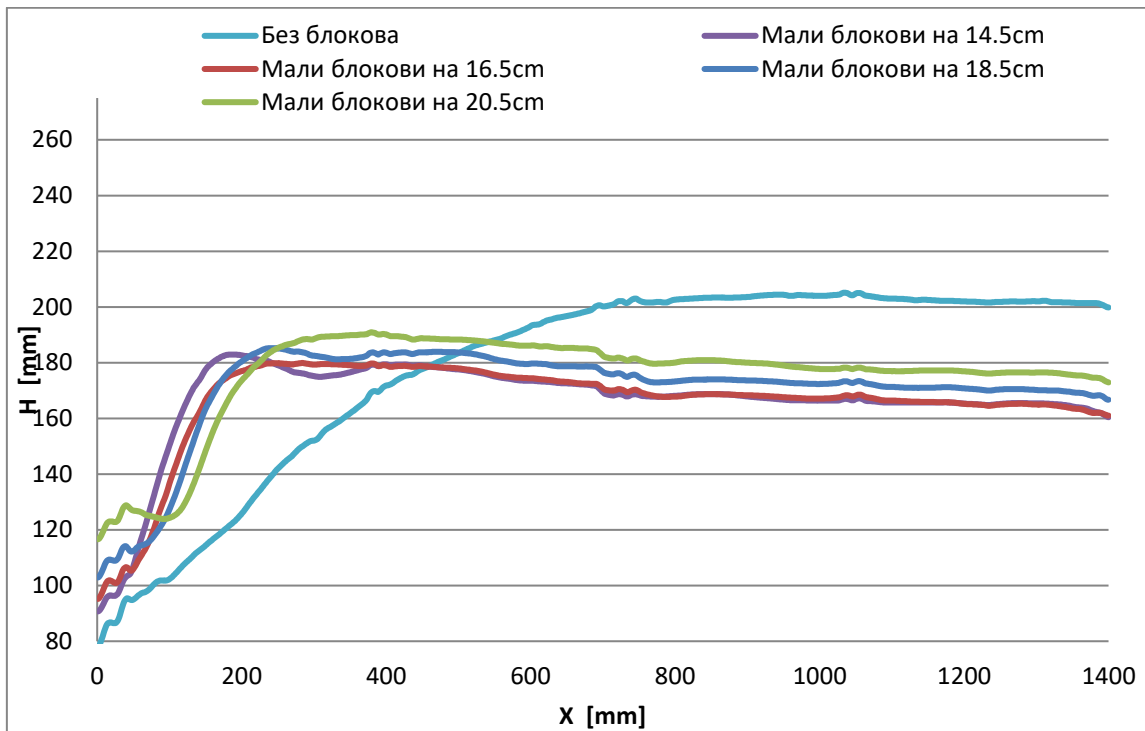
Утицај положаја блокова анализиран је на конфигурацијама са једним и са два реда блокова. За протоке мање од рачунских (табела 2.), конфигурације са једним редом блокова показале су да су најкраће дужине ваљка добијене за најмању удаљеност блокова од улаза у базен. Са повећањем протока (табеле 3. и 4.), резултати указују да се најкраћи ваљак остварује при удаљеностима од око 80% $H_2^{bez_blokova}$, независно од величине блокова. Резултати на слици 9. указују и да ако је ред блокова ближи брзотоку, хидраулички скок је настајао узводније тј. био је више „набачен“ на брзоток.

Код базена са два реда блокова за умирење, при сваком испитаном протоку је добијено да је ваљак скока најкраћи за удаљености $L_2 = 80\% H_2^{bez_blokova}$, (табеле 2-4). Са друге стране, ова конфигурација је показала изражену периодичност промене дубина (слика 10.), што може бити индикатор тока који област блокова напушта недовољно умирен и са великом резидуалном вртложношћу. Резултати осталих конфигурација нису показале сличан тренд (слика 10.), што може бити индикатор да је потребно обезбедити веће растојање између два реда блокова (барем 50% $H_2^{bez_blokova}$).

Поређењем резултата за базене са једним и са два реда блокова, скраћење дужине скока је било нешто израженије код конфигурација из треће групе (два реда блокова). Дужине ваљка скока биле су краће у просеку за више од 45 % у односу на скокове из прве групе базена, а ваљак хидрауличног скока се завршавао у пределу непосредно низводно од краја другог реда блокова (слика 7.). Међутим, на овим конфигурацијама је као последица постављања два реда зуба положај скока био набаченији на степености брзоток, дошло је до значајног прскања и највећег локалног повећања линије нивоа у зони око првог реда блокова (слика 10.).

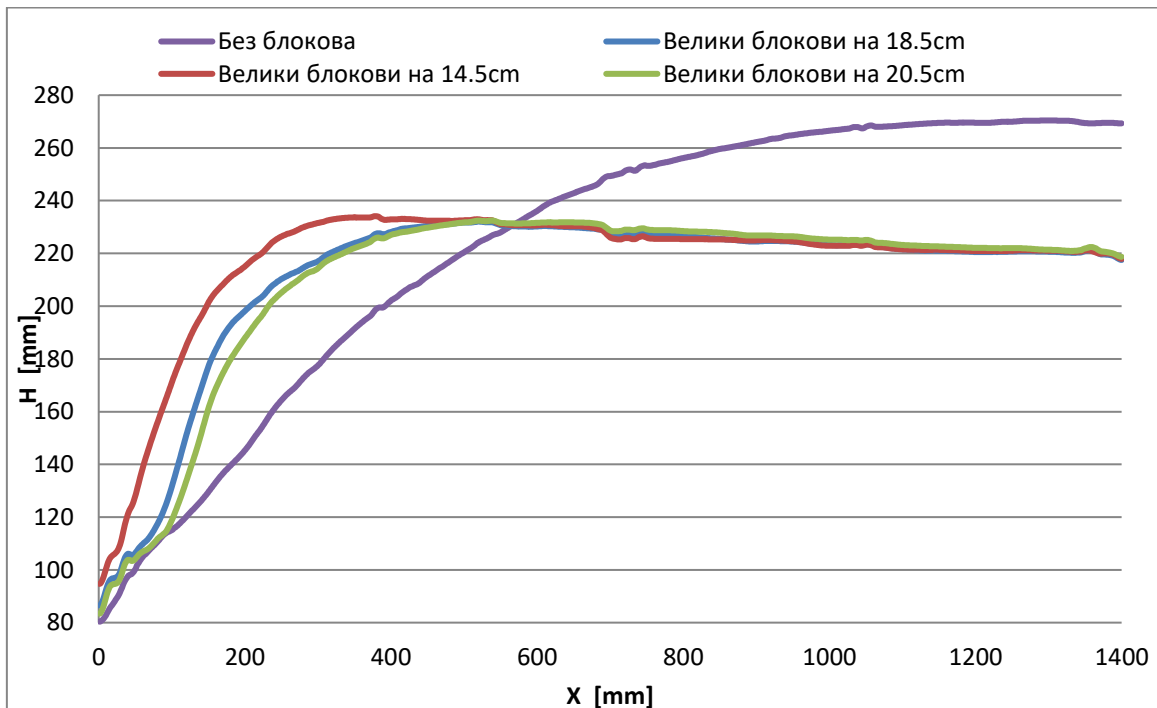
3.3 Утицај распореда блокова

Утицај распореда блокова, анализиран је на конфигурацијама из пете групе умирујућих базена. У погледу скраћења дужине ваљка, најбоље се показала конфигурација са два реда блокова (табела 3). Са друге стране, линије нивоа воде у умирујућем базену указују да је ова конфигурација резултовала појавом значајних стојећих таласа који су се простирали до низводног краја базена (слика 11). Код конфигурације са два реда блокова, великим на 95% $H_2^{Bez_blokova}$ и малим на 70% $H_2^{Bez_blokova}$, јавила су се значајна прскања у зонама око блокова и визуелно се могло уочити како у одређеним временским интервалима излазе таласи неумирене воде праћене мехурићима изразито вртложног карактера.



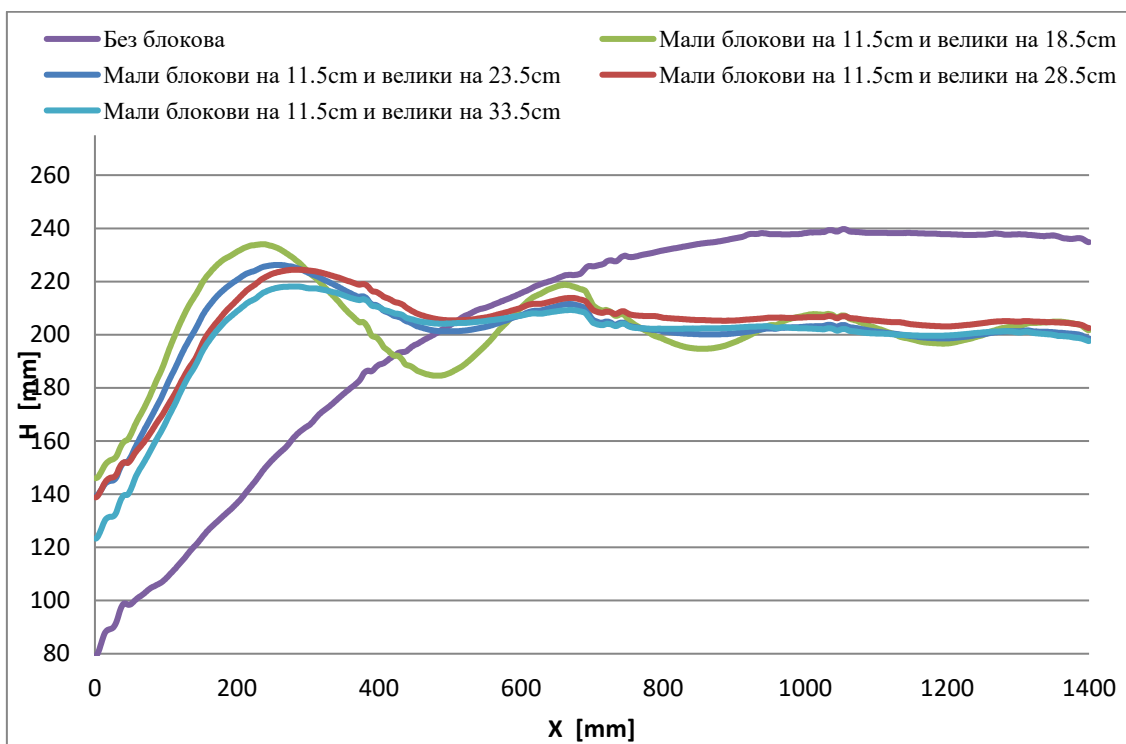
Слика 8. Просечне линије нивоа из друге групе умирујућих базена при протоку од 30 L/s.

Figure 8. Time-averaged depths along the stilling basin for 2nd group, at 30 L/s.



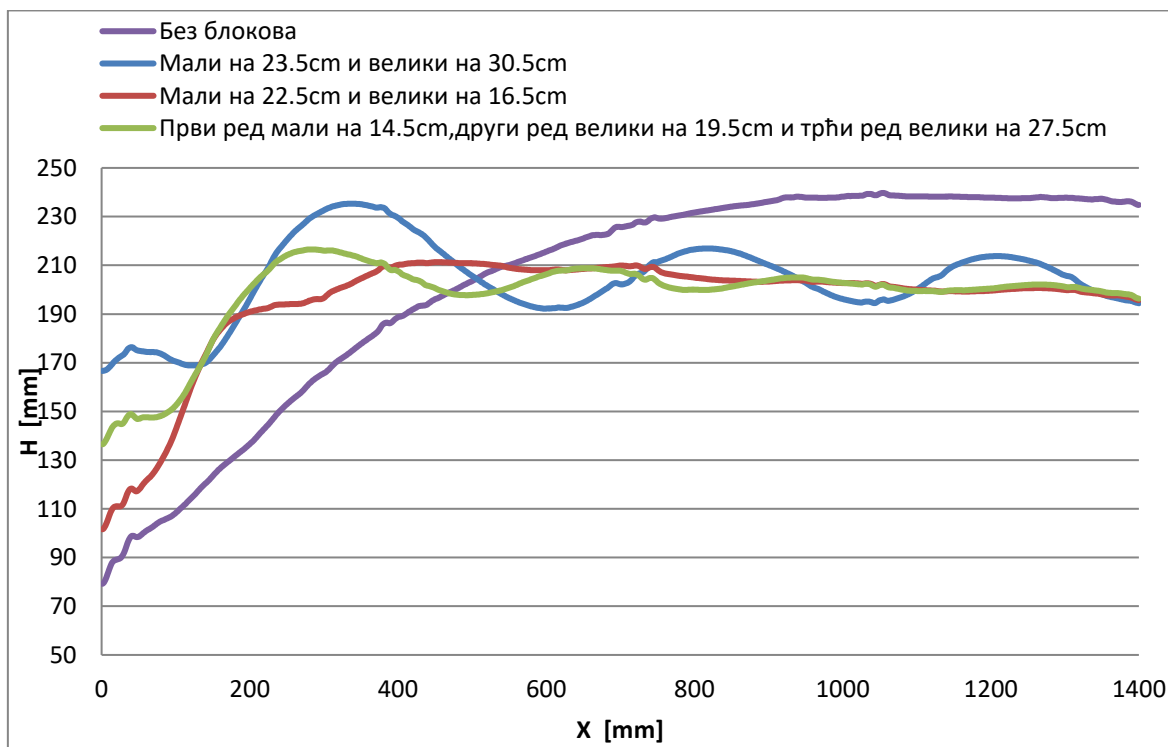
Слика 9. Просечне линије нивоа из четврте групе умирујућих базена при протоку од 50 L/s

Figure 9. Time-averaged depths along the stilling basin for 4th group, at 50 L/s.



Слика 10. Просечне линије нивоа из треће групе умирујућих базена при протоку од 40 L/s.

Figure 10. Time-average depths along the stilling basin of 3rd group, at 40 L/s.



Слика 11. Просечне линије нивоа из пете групе умирујућих базена при протоку од 40 L/s

Figure 11. Time-averaged depths along the stilling basin for the 5th group, at 40 L/s.

Конфигурација са три реда блокова се показала као повољно решење не само у погледу скраћења скока већ и знатно мање израженим таласима који су били ограничени на релативно кратку област непосредно низводно од блокова. Такође, није уочено одвајање вртлога иза хидрауличног скока што може бити индикатор да је хидраулички скок релативно стабилан. Током испитивања, није уочена појава стојећих таласа па би будућа истраживања требало усмерити у детаљнија испитивања ове и њој сличних конфигурација (тј. са три реда блокова). Посебну пажњу би требало посветити одређивању оптималног размака блокова како би се отклонили или у великој мери смањили негативни ефекти као што су прскање и осциловање нивоа воде.

4 Закључци

На основу резултата истраживања приказаних у овом раду, могу се извући следећи закључци:

- Димензије блокова за умирујуће базене степенстих брзотока могу се усвојити на основу препорука Петерке. Овако добијене димензије нису оптималне а резултати показују да се дисипационе карактеристике могу побољшати ако се блоковима повећа висина а смањи ширина.
- Умирујући базени са једним редом блокова показали су најбоље резултате при удаљеностима од око 80% $H_2^{bez_blokova}$.
- Резултати за умирујуће базене са два реда блокова, указују да би први ред блокова требало да буде на удаљености од око 50% $H_2^{bez_blokova}$, док би размак између редова блокова требало да буде барем 50% $H_2^{bez_blokova}$. Код оваквих базена, уколико блокови нису правилно постављени могу се јавити стојећи таласи и интензивирати вртложне структуре у току непосредно низводно од блокова.
- Умирујући базени са два реда блокова су проузроковали највеће скраћење ваљка скока уз повећано прскање и скок који је био више померен ка брзотоку, у односу на базене са једним редом блокова.
- Конфигурације са нестандартним распоредом блокова, показале су да нема много смисла наизменично мењати величину блокова јер су дисипација енергије и димензије скока слични као за случај базена са истом висином блокова.
- Конфигурације са три реда блокова су показале одлично скраћење дужине скока и одсуство редуалне вртложности па је препорука да се овакви распореди детаљније испитају у будућим истраживањима.

Захвалница

Истраживање приказано у овом раду подржано је од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја (пројекти ТР37009 и ТР37010).

Литература

1. A. J. Peterka. Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators, Engineering monograph No. 25.
2. Djordjevic Filip (2019). Gravitaciona brana od valjanog betona u profilu Rilje, diplomski rad, Građevinski fakultet, Beograd.
3. Djordjevic Filip (2021). Primena središnjih blokova kod umirujućih bazena stepenastih brzotoka, master rad, Građevinski fakultet, Beograd.
4. Kapor Radomir (2015). Hidraulika, 3. izdanje, Građevinski fakultet, Beograd.

5. Marjanović Dušan, Ivana Vićanović, Robert Ljubičić, Budo Zindović, Savić Ljubodrag (2019). Detekcija nivoa vode u laboratorijskim rezervoarima primenom tehnika obrade slika. Vodoprivreda, 4-6, 271-280.
6. Robert Ljubičić, Ivana Vićanović, Budo Zindović, Radomir Kapor and Ljubodrag Savić (2020). Image processing for hydraulic jump free-surface detection: coupled gradient/machine learning model. Measurement Science and Technology.
7. Savić Ljubodrag (2009), Uvod u hidrotehničke građevine, 2. izdanje, Građevinski fakultet, Beograd.

Прилози

Табела 2. Приказ резултата положаја, дужине распрострањања мехурића, дужине ваљка хидрауличког скока, као и хидрауличких параметара низводно од скока: просечне брзине, просечне потенцијалне, просечне кинетичке и просечне укупне енергије на свакој испитаној конфигурацији умирујућих базена при протоку од 30 L/s.

Table 2. Results of measuring location, length of bubble plume, hydraulic jump roller length, downstream velocity, downstream depth, average velocity head, and average specific energy head, for flow-rate of 30 L/s.

Група	Конфигурација	X_I	L_V	L_M	V_2	H_2	E_K	E
		[cm]	[cm]	[cm]	[m/s]	[cm]	[cm]	[cm]
1	Без блокова	0,0	77,0	0,333	20,2	0,6	20,8	
2	7 малих блокова на 60% $H_2^{bez_blokova}$	0,0	36,0	83,0	0,398	16,4	0,8	17,2
	7 малих блокова на 70% $H_2^{bez_blokova}$	0,0	45,0	89,0	0,398	16,4	0,8	17,2
	7 малих блокова на 80% $H_2^{bez_blokova}$	1,0	42,0	81,0	0,387	17,0	0,8	17,7
	7 малих блокова на 90% $H_2^{bez_blokova}$	0,0	48,0	89,0	0,373	17,6	0,7	18,3
3	7 малих блокова на 50% $H_2^{bez_blokova}$ + 6 великих блокова на 100% $H_2^{bez_blokova}$	3,5	41,5	72,5	0,389	16,9	0,8	17,7
	7 малих блокова на 50% $H_2^{bez_blokova}$ + 6 великих блокова на 120% $H_2^{bez_blokova}$	2,5	40,5	71,5	0,384	17,2	0,8	17,9
	7 малих блокова на 50% $H_2^{bez_blokova}$ + 6 великих блокова на 140% $H_2^{bez_blokova}$	2,0	39,0	82,0	0,390	16,7	0,8	17,5
4	7 великих блокова на 60% $H_2^{bez_blokova}$	0,0	38,0	95,0	0,401	16,2	0,8	17,1
	7 великих блокова на 80% $H_2^{bez_blokova}$	0,0	54,0	95,0	0,398	16,4	0,8	17,2
	7 великих блокова на 90% $H_2^{bez_blokova}$	-1,0	53,5	94,0	0,403	16,2	0,8	17,0

Ознаке у табели 2. су:

X_I - Положај скока у односу на почетак умирујућег базена.

L_M - Дужина распрострањања мехурића у хидрауличком скоку.

L_V - Дужина ваљка хидрауличког скока.

V_2 - Просечна брзина воде низводно од хидрауличког скока.

E_K - Просечна кинетичка енергија воде низводно од скока.

H_2 - Просечна дубина воде низводно од скока.

E - Просечна укупна специфична енергија воде низводно од скока

Табела 3. Приказ резултата положаја, дужине распростирања мехурића, дужине ваљка хидрауличког скока, као и хидрауличких параметара низводно од скока: просечне брзине, просечне потенцијалне, просечне кинетичке и просечне укупне енергије на свакој испитаној конфигурацији умирујућих базена при протоку од 40 L/s

Table 3. Results of measuring location, length of bubble plume, hydraulic jump roller length, downstream velocity, downstream depth, average velocity head, and average specific energy head, for flow-rate of 40 L/s.

Група	Конфигурација	X_I	L_V	L_M	V_2	H_2	E_K	E
		[cm]	[cm]	[cm]	[m/s]	[cm]	[cm]	[cm]
1	Без блокова	0,0	88,0		0,365	23,7	0,7	24,4
2	7 малих блокова на 60% $H_2^{bez_blokova}$	0,5	59,5	103,5	0,439	19,9	1,0	20,9
	7 малих блокова на 70% $H_2^{bez_blokova}$	0,0	59,0	112,0	0,436	19,9	1,0	20,9
	7 малих блокова на 80% $H_2^{bez_blokova}$	0,0	55,0	110,0	0,434	20,0	1,0	20,9
	7 малих блокова на 90% $H_2^{bez_blokova}$	-1,5	57,5	111,5	0,430	20,2	0,9	21,2
3	7 малих блокова на 50% $H_2^{bez_blokova}$ + 6 великих блокова на 80% $H_2^{bez_blokova}$	4,3	36,3	117,3	0,429	20,2	0,9	21,2
	7 малих блокова на 50% $H_2^{bez_blokova}$ + 6 великих блокова на 100% $H_2^{bez_blokova}$	3,3	43,3	89,3	0,433	20,1	1,0	21,0
	7 малих блокова на 50% $H_2^{bez_blokova}$ + 6 великих блокова на 120% $H_2^{bez_blokova}$	2,5	45,5	98,5	0,427	20,5	0,9	21,4
	7 малих блокова на 50% $H_2^{bez_blokova}$ + 6 великих блокова на 140% $H_2^{bez_blokova}$	2,0	51,0	104,0	0,435	19,9	1,0	20,9
4	7 великих блокова на 60% $H_2^{bez_blokova}$	0,0	58,0	128,0	0,432	20,2	1,0	21,2
	7 великих блокова на 80% $H_2^{bez_blokova}$	-1,3	50,8	114,8	0,444	19,6	1,0	20,6
	7 великих блокова на 90% $H_2^{bez_blokova}$	-0,5	60,5	119,5	0,435	20,1	1,0	21,0
5	7 мала блока на 100% $H_2^{bez_blokova}$ + 6 великих блокова на 130% $H_2^{bez_blokova}$	3,5	34,0	116,5	0,429	20,2	0,9	21,2
	3 мала блока на 95% $H_2^{bez_blokova}$ + 4 велика блока на 70% $H_2^{bez_blokova}$	0,3	54,3	118,3	0,438	19,9	1,0	20,9
	4 мала блока на 60% $H_2^{bez_blokova}$ + 3 велика блока на 85% $H_2^{bez_blokova}$ + 4 велика блока на 115% $H_2^{bez_blokova}$	2,8	47,8	114,8	0,438	20,0	1,0	21,0

Табела 4. Приказ резултата положаја, дужине распростирања мехурића, дужине ваљка хидрауличког скока, као и хидрауличких параметара низводно од скока: просечне брзине, просечне потенцијалне, просечне кинетичке и просечне укупне енергије на свакој испитаној конфигурацији умирујућих базена при протоку од 50 L/s

Table 4. Results of measuring location, length of bubble plume, hydraulic jump roller length, downstream velocity, downstream depth, average velocity head, and average specific energy head, for flow-rate of 50 L/s.

Група	Конфигурација	X_I	L_V	L_M	V_2	H_2	E_K	E
		[cm]	[cm]	[cm]	[m/s]	[cm]	[cm]	[cm]
1	Без блокова	0,0	108,0		0,409	26,9	0,9	27,6
2	7 малих блокова на 60% $H_2^{bez_blokova}$	0,0	76,0	135,0	0,497	21,9	1,3	23,1
	7 малих блокова на 70% $H_2^{bez_blokova}$	0,0	73,0	128,0	0,487	22,5	1,2	23,7
	7 малих блокова на 80% $H_2^{bez_blokova}$	0,0	67,0	126,0	0,481	22,8	1,2	24,0
	7 малих блокова на 90% $H_2^{bez_blokova}$	-2,3	69,8	132,8	0,485	22,3	1,2	23,5
3	7 малих блокова на 50% $H_2^{bez_blokova}$ + 6 великих блокова на 80% $H_2^{bez_blokova}$	4,5	37,5	122,5	0,480	22,7	1,2	23,8
	7 малих блокова на 50% $H_2^{bez_blokova}$ + 6 великих блокова на 100% $H_2^{bez_blokova}$	2,5	44,5	115,5	0,489	22,1	1,2	23,3
	7 малих блокова на 50% $H_2^{bez_blokova}$ + 6 великих блокова на 120% $H_2^{bez_blokova}$	2,5	50,5	116,5	0,484	22,6	1,2	23,8
	7 малих блокова на 50% $H_2^{bez_blokova}$ + 6 великих блокова на 140% $H_2^{bez_blokova}$	2,3	55,3	128,3	0,489	22,2	1,2	23,4
4	7 великих блокова на 60% $H_2^{bez_blokova}$	-0,5	67,5	141,5	0,493	22,1	1,2	23,3
	7 великих блокова на 80% $H_2^{bez_blokova}$	0	64,0	140,0	0,494	22,0	1,2	23,3
	7 великих блокова на 90% $H_2^{bez_blokova}$	-1,5	66,5	143,5	0,494	22,1	1,2	23,4