ГЛАСНИК ШУМАРСКОГ ФАКУЛТЕТА бр. 112
BIBLID: 0353-4537, 2015, стр. 121-134
UDK: 630*384.3:630*67(497.11 Ljubovića)
UDK: 627.4/.5:338.5(497.11 Ljubovića)
Оригинални научни рад
DOI: 10.2298/GSF1512121Z

ЕКОНОМСКА ОПРАВДАНОСТ УЛАГАЊА У ОДБРАНУ ОД БУЈИЧНИХ ПОПЛАВА НА ПРИМЕРУ РЕКЕ ЉУБОВИЂЕ

др Миодраг Златић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет (miodragzlatic@sfb.bg.ac.rs)
др Мирјана Тодосијевић, доцент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет
дипл инж Наталија Момировић, Phd студент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет

Извод: Бујичне поплаве изазивале су велике материјалне и економске штете у Србији, како у прошлости, тако, још учесталије, и данас. Свакако да се ублажавање негативних последица постиже превентивним мерама које обухватају интегрално уређење сливова. Економска оправданост улагања у заштиту од бујичних поплава обухвата специфичан приступ, нарочито кад је реч о техничким објектима у овој области. На примеру одбране од бујичних поплава дела реке Љубовиђе извршен је избор варијанте заштите на бази економских критеријума. На основу технике избегнутих штета, оцена економских ефеката предвиђених насипа за заштиту од поплава извршена је применом динамичких метода: односа корист – трошак и нето садашње вредности. Закључено је да је друга варијанта економичнија, и поред тога што не штити цело подручје од поплава, јер би део те улоге преузела предвиђена брана у горњем току ове реке.

Кључне речи: бујичне поплаве, оправданост улагања, избегнуте штете, дугорочни ефекти

УВОД

Појаве природних катастрофа, као што су поплаве, велике количине стерилног наноса, губици земљишта и сл., показују већу учесталост од друге половине двадесетог века, како у свету тако и у Србији. Материјалне и економске штете су огромне. Поплаве које су захватиле Србију у мају 2014. године нанеле су штету од око 1,5 до 2 милијарде евра. Непогода није могла да се избегне, али је евидентно да су штете могле бити мање уз превентивне мере на интегралном уређењу бујичних сливова. Према Агенцији за заштиту од бујица и лавина, у Аустрији се у ове сврхе улаже око милијарду евра на годишњем нивоу. Према америчкој банци за развој, економија природних катастрофа узима у обзир збирне ефекте на националном нивоу (Cavalo *et al*, 2009).

Специфичност ефеката улагања у заштиту од бујичних поплава обухвата посебан приступ у оцени економских ефеката. Наведено се нарочито односи на техничке објекте у бујичарству, као што су преграде, регулације, консолидациони појасеви, насипи и сл. У економском смислу, специфичност ових објеката огледа се у томе што они директно не дају принос, односно приход, већ само трошкове на уложеним радовима у њихову изградњу. То отвара проблем у анализи дугорочних ефеката улагања у заштиту од бујичних поплава, за које се користе динамички или дисконтни методи, односно за које се користи анализа корист – трошак (Benefit – Cost Relation).

Економски ефекти заштите оцењују се техником смањених штета, односно оценом смањења штета од бујица на одређеном подручју након предузимања заштитних мера. У овом раду даје се таква оцена на примеру уређења бујичног водотока реке Љубовиђе (Костадинов

et al., 2004). На основу концепције решења и упоређења варијанти на бази техничких и економских критеријума, као и утицаја пројекта на животну средину, извршен је избор уређења по једној варијанти.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ ИСТРАЖИВАЊА

У фази пројектовања за заштиту поплавног подручја реке Љубовиђе изнад ретардационе преграде на сектору Давидовића преграда – ушће Оровичке реке предвиђени су насипи у две варијанте за брањени сектор од 6.700 *m* дужине и 400 *m* ширине (просечно).

Динамички – дисконтни методи

Оцена економске оправданости оваквих решења дате су кроз примену динамичких, односно дисконтних метода и то однос корист – трошак и нето садашњу вредност.

Предност ових метода је у томе што приказују економске ефекте у дужем низу година унапред, јер се и натурални, односно еколошки ефекти изведених радова на заштити од бујичних полава не могу видети одмах после извођења (Pearce *et al.*, 2006).

Анализа односа корист – трошак на разумљив начин пружа информацију „шта улажем – шта добијам" те је популарна у рангирању пројеката или алтернатива (Dasgupta *et al.*, 1983).

У оквиру „базне процене", анализом је обухваћен период коришћења система од 20 година, а садашња вредност је утврђена за дисконтну стопу од 12%. Готовински токови ефеката и трошкова сведени су на укупну садашњу вредност:

$$BA = \sum Bt/(1+i)^t$$

$$CA = \sum Ct/(1+i)^t$$

где је:

BA – вредност укупних актуелизованих ефеката
CA – вредност укупних актуелизованих трошкова
Bt – номинални ефекат у одређеној години
Ct – номинални трошак у одређеној години
n – укупан број година обухваћен анализом
i – дисконтна стопа

Процена вредности укупних актуелизованих ефеката исказане су у еврима из 2015. године.

Дугорочни економски ефекти по методу односа корист – трошкови представљају однос укупних актуелизованих/садашњих вредности користи и актуелизованих укупних трошкова дисконтованих по стопи од 12%:

$$B/C = BA/CA = \sum \frac{Bt/(1+i)^t}{Ct/(1+i)^t}$$

Оцена дугорочних ефеката методом корист – трошак посматра инвестицију из „наведеног угла". Оцена ефеката улагања по методу нето садашње вредности употпуњује слику дугорочних ефеката. Нето садашња вредност представља разлику укупних актуелизованих вредности користи и укупних актуелизованих трошкова дисконтованих по стопи од 12% за посматрани период од 20 година:

$$NSV = BA\text{-}CA = \sum Bt/(1+i)^t - Ct/(1+i)^t > 0$$

Ефекти заштите

Ефекти заштите се манифестују кроз смањење штета од поплава на одређеном подручју након предузимања заштитних мера:

$$B = D_1 - D_2$$

где је:

B – ефекат заштите
D_1 – штете у условима без заштите
D_2 – преостале штете након заштите

РЕЗУЛТАТИ

ПРИКАЗ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА РЕГУЛАЦИЈЕ РЕКЕ ЉУБОВИЂЕ НА СЕКТОРУ ОД ДАВИДОВИЋА ПРЕГРАДЕ ДО ОРОВИЧКЕ РЕКЕ

Приказ варијанте I регулације

Прва варијанта регулације се заснива на изградњи континуалног одбрамбеног насипа на десној обали Љубовиђе. Траса насипа углавном прати речну трасу, али је хидраулич-

Табела 1. Приказ положаја и дужине пројектованих обалоутврда по варијанти I

Стационажа (*km – km*)	Дужина обалоутврде (*m*)
2+106 – 2+780	674
3+526 – 3+796	270
4+366 – 4+496	130
4+546 – 4+696	150
5+676 – 6+036	360
6+485 – 6+725	240
7+200 – 7+330	130
7+395 – 7+590	195
7+966 – 8+266	300
Укупно	**2449**

Извор: Костадинов *et al.*, 2004.

ки обликована тако да није увек паралелна са линијом десне обале. Минимална ширина форланда између обале и подножја насипа износи 10 метара, док је максимална ширина форланда 30 метара. Укупна дужина одбрамбеног насипа износи око 7 *km* (6.886 *m*).

Висина пројектованог насипа на целој дужини је приближно константна и износи 1 *m*. Одступања од ове висине су минимална због равничарске конфигурације терена у приобаљу. Конструктивни тип насипа је са ширином круне од 3 *m*, и нагибима косина 1:2. Насип се изграђује од земље из приобаља, са прописаним набијањем.

Други елемент техничког решења уређења водотока су обалоутврде на локацијама рушевних обала. На посматраном сектору идентификовано је девет таквих локација, дужине од 130 до 674 *m*. Пројектоване су обалоутврде од габиона, које се пуне шљунком из речног корита.

Табела 2. Приказ положаја и дужине пројектованих обалоутврда по варијанти II

Стационажа (*km – km*)	Дужина обалоутврде (*m*)
2+106 – 2+780	674
3+526 – 3+796	270
4+366 – 4+496	120
4+546 – 4+696	150
7+966 – 8+266	300
Укупно	**1514**

Извор: Костадинов *et al.*, 2004.

Приказ варијанте II регулације

Ова варијанта регулације посматраног сектора Љубовиђе се састоји у парцијалној заштити десног приобаља од великих вода. Систем парцијалне заштите обухвата четири касете брањене одбрамбеним насипима унутар којих се налазе вреднији стамбени и индустријски објекти (Таб. 2).

Укупна дужина одбрамбених насипа око свих касета износи 2.740 *m*. Конструктивни тип насипа исти ја као у варијанти I. У варијанти II такође је предвиђена заштита рушевних обала изградњом обалоутврда. Ови објекти су предвиђени само на потезима брањених касета (Таб. 3).

У табелама 4 и 5 дати су номинални ефекти заштите и преостале штете које би се јављале у следећем низу од 20 година, као и њихов раст, ако се има у виду чињеница да ће се са закономерним развојем популације, привреде, инфраструктуре, стандарда и др., увећавати вредност материјалних добара у поплавним зонама. Анализа је дата у две варијанте.

Табела 3. Положај и карактеристике брањених касета у десном приобаљу реке Љубовиђе (варијанта II)

Стационажа (*km – km*)	Површина касете (*ха*)	Дужина насипа (*m*)
Насип у зони ушћа Брђанског потока	6,5	930
Насип у зони моста код Бабиног потока	10,23	1 070
Насип за заштиту предузећа Inex Drina	2,46	470
Насип код ушћа Оровичке реке	0,56	170
Укупно	**19,75**	**2 740**

Извор: Костадинов *et al.*, 2004.

Табела 4. Варијанта I: Економски ефекти одбране од поплава реке Љубовиће на сектору Давидовићи – ушће Оровичке реке (у еврима)

Година	Номинална просечна годишња вредност штета	Штете после извођења пројекта	Користи: смањење штета	Садашња вредност користи (по стопи од 12%)	Инвестиције	Оперативни трошкови	Укупни трошкови	Садашња вредност трошкова (по стопи од 12%)
1	64210.22726		64210.2273	57339.73278	569134.6333	2817.640975	571952.2743	51075.06777
2	66136.5408		66136.5408	52710.81715		2902.170764	2902.170764	2313.023325
3	68186.78004		68186.78	48548.98459		2989.233648	2989.233648	2128.331334
4	70164.14733		70164.1473	44624.39524		3078.913596	3078.913596	1958.180146
5	71988.78721		71988.7872	40896.99541		3171.280584	3171.280584	1798.119352
6	75013.89004		75013.89	38032.03735		3266.418582	3266.418582	1656.070121
7	78014.43164		78014.4316	35262.52517		3364.411559	3364.411559	1520.710498
8	81135.02234		81135.0223	32778.55295		3465.343486	3465.343486	1400.003639
9	84380.42044		84380.4204	30461.33112		3569.312328	3569.312328	1288.519483
10	87755.63614		87755.6361	28257.31484		3676.388059	3676.388059	1183.794912
11	91265.86158		91265.8616	26193.30451		3786.68264	3786.68264	1086.781584
12	94916.49884		94916.4988	24393.53375		3900.28004	3900.28004	1002.37775
13	98713.15992		98713.1599	22605.30886		4017.29222	4017.29222	919.9612059
14	102661.6947		102661.695	21045.65028		4137.803149	4137.803149	848.2508352
15	106768.1491		106768.149	19538.57091		4261.938783	4261.938783	779.941249
16	111359.1802		111359.18	18151.54064		4389.797087	4389.797087	715.5362673
17	115256.7452		115256.745	16827.48786		4521.490019	4521.490019	660.1440645
18	120212.78		120212.78	15627.65468		4657.143537	4657.143537	605.4236216
19	125381.9305		125381.93	14544.30187		4796.855604	4796.855604	556.4411279
20	130773.3636		130773.364	13600.42321		4940.752175	4940.752175	513.8403535
УКУПНО:				**601440.4632**				**533688.8296**

Извор: оригинал
К/Т= 1,12
НСВ = 67751,6336
Легенда: К/Т: однос корист – трошак, НСВ: нето садашња вредност

Табела 5. Варијанта II: Економски ефекти одбране од поплава реке Љубовиђе на сектору Давидовићи – ушће Оровичке реке (у еврима)

Година	Номинална просечна годишња вредност штета	Штете после извођења пројекта	Користи: смањење штета	Садашња вредност користи (по стопи од 12%)	Инвестиције	Оперативни трошкови	Укупни трошкови	Садашња вредност трошкова (по стопи од 12%)
1	64210.22726	22585.324	41624.903	37171.03707	307655.4739	1538.274221	309193.748	276110.0063
2	66136.5408	23488.743	42647.798	33990.29587		1584.429725	1584.42972	1262.796676
3	68186.78004	24428.283	43758.497	31156.04283		1631.956739	1631.95674	1161.94872
4	70164.14733	25405.414	44758.733	28466.55405		1680.911242	1680.91124	1069.063917
5	71988.78721	26421.633	45707.104	25915.92365		1731.349216	1731.34922	973.016244
6	75013.89004	27478.493	47535.397	24100.4505		1783.284654	1783.28465	904.1188679
7	78014.43164	28715.021	49299.41	22283.33993		1836.787532	1836.78753	830.2252775
8	81135.02234	30007.207	51127.815	20655.63768		1891.88584	1891.88584	764.322831
9	84380.42044	31357.529	53022.892	19141.26691		1948.649553	1948.64955	703.4585839
10	87755.63614	32768.616	54987.02	17705.81394		2007.10666	2007.10666	646.2890163
11	91265.86158	34407.039	56858.823	16318.47578		2067.313142	2067.31314	593.3179482
12	96176.04868	36127.402	60048.647	15108.80411		2150.009587	2150.00959	552.5505184
13	98713.15992	38114.398	60598.762	13877.11832		2236.00885	2236.00885	512.0489937
14	102661.6947	40210.695	62451	12802.4564		2325.450884	2325.45088	476.7116233
15	106768.1491	42422.282	64345.867	11775.29351		2418.461642	2418.46164	442.5778227
16	111359.1802	44755.514	66603.666	10856.39592		2515.209064	2515.20906	409.9834719
17	115256.7452	47217.067	68039.679	9933.789664		2615.805111	2615.80511	381.9095055
18	120212.78	49814.006	70398.773	9151.84713		2720.445713	2720.44571	353.6536042
19	125381.9305	52553.765	72828.165	8448.066661		2829.256824	2829.25682	328.1967025
20	130773.3636	55444.236	75329.127	7834.232045		2942.434374	2942.43437	306.0146304
УКУПНО:				**376692.842**				**288782.2112**

Извор: оригинал
К/Т= 1,3
НСВ = 87910,63
Легенда: К/Т: однос корист – трошак, НСВ: нето садашња вредност

Инвестициона вредност је утврђена на бази предрачуна радова од Давидовића преграде до ушћа Оровичке реке. Оперативни трошкови су обрачунати применом емпиријских стопа на поједине позиције из инвестиционе структуре, а амортизација у складу са прописаним амортизационим стопама. У оквиру оперативних трошкова обухваћени су инвестиционо и текуће одржавање, осигурање, плате и општи трошкови ДВП/ЈВП, у чији састав улази објекат као основно средство. Амортизација је исказана издвојено јер се она у утврђивању укупне актуелизоване вредности трошкова не узима у обзир. Укупна актуелизована вредност (садашња вредност) утврђује се на основу укупних инвестиционих и оперативних трошкова. Економска анализа користи обухватила је непосредне ефекте (ефекте који се могу измерити). Користи од пројекта приказане су као разлика номиналне вредности просечних годишњих штета и преосталих штета после пројекта. У обрачун штета узете су у обзир штете на грађевинским објектима, пољопривредном земљишту, односно усевима, инфраструктурним и комуналним објектима.

У првој варијанти, пројектовано решење на овој деоници гарантује потпуну заштиту и пољопривредном земљишту и објектима за пројектовани насип за одбрану од велике воде појаве 1%. У том смислу, за ову вероватноћу појаве великих вода нема штета, односно оне износе 0 процента за цео посматрани период од 20 година унапред.

У другој варијанти пројектовани су насипи по појединим секторима деонице од Давидовића преграде до улива Оровичке реке. Ово решење гарантује потпуну заштиту грађевинским и инфраструктурним објектима, а штити око 25% пољопривредног земљишта. Користи од пројекта представљају разлику номиналне вредности просечних штета и преосталих штета које се очекују на око 3/4 пољопривредног земљишта, а њихова садашња вредност после извођења пројекта добијена је дисконтовањем по стопи од 12%.

ДИСКУСИЈА

Према примењеним динамичким методима оцене дугорочних ефеката види се да за варијанту I однос актуелизованих користи и трошкова износи 1,12, што значи да је пројекат на страни економичности (B/C>1). Нето садашња вредност износи 67.751,63 евра. Овај резултат нам показује да за ову суму нето садашње вредности нећемо имати улагања у санацију штета од поплава, односно грађевински објекти су потпуно заштићени, а и пољопривредна производња може се несметано одвијати на брањеном сектору.

За варијанту II, однос корист – трошак износи 1,3, те је пројекат такође на страни економичности (B/C>1), док нето садашња вредност износи 87.910,63 евра (NSV>0).

Види се да су обе варијанте на страни економске ефективности. С аспекта економске ефективности инвестиција, нешто боље резултате даје варијанта II. У извесном смислу би се могло рећи да је ово аномалија. Наиме, решење које има потпуну заштиту мање је економично од друге варијанте које има делимичну заштиту. Ово се објашњава поступком дисконтовања у примени динамичких метода. Наиме, дисконтни коефицијенти су већи у првим годинама када је трошак према варијанти I дупло већи у односу на варијанту II, а коефицијенти су знатно нижи у каснијим годинама кад су користи веће.

Слив Љубовиђе има значајан хидролошки потенцијал, због чега је оцењен као важан ресурс површинских вода за регион западне Србије. Због тога је у Водопривредној основи Републике Србије предвиђена изградња бране и акумулације „Горња Љубовиђа". Поред основне намене водоснабдевања, ова брана би имала и функцију задржавања таласа великих вода. После изградње акумулације „Горња Љубовиђа" у горњем току ове реке, велике воде на средњем и низводном сектору биле би знатно смањене. Уколико се проблематика уређења реке Љубовиђе посматра из дугорочне перспективе, онда се намеће закључак да нису оправдана значајнија улагања у систем одбране од поплава с обзиром на изградњу акумулације „Горња Љубовиђа".

ЗАКЉУЧЦИ

У пројекту су разматране две варијанте регулације Љубовиђе на сектору од Давидовића преграде до Оровичке реке:

Варијанта I уређења реке Љубовиђе на посматраном сектору обухвата изградњу континуалног одбрамбеног система у циљу заштите десног приобаља (приобални појас дуж леве обале је знатно ужи и готово без објеката).

Варијанта II уређења реке Љубовиђе на посматраном сектору заснована је на парцијалној заштити неколико највреднијих локалитета на десној обали, где се налазе индустријски и стамбени објекти. На осталом делу посматраног сектора оставило би се постојеће стање речног корита са кореспондентним плавним зонама. Ови локалитети би се штитили од великих вода помоћу локалних насипа који би окруживали касете брањених зона.

На основу поређења варијанти регулације, према техничким и економским критеријумима, може се закључити да је варијанта II повољнија из два разлога:

1. С обзиром на услов да уређење реке Љубовиђе на посматраном сектору не сме погоршати услове одбране од поплава у градској зони Љубовије, ова варијанта је повољнија јер знатно мање утиче на пропагацију таласа великих вода.
2. С обзиром на закључак да нису оправдана значајнија улагања у систем одбране од поплава, варијанта II је повољнија због знатно ниже цене регулационих радова.

ECONOMIC JUSTIFICATION OF INVESTMENT IN DEFENSE AGAINST TORRENTIAL FLOODS ON THE EXAMPLE OF THE LJUBOVIĐA RIVER

dr Miodrag Zlatić, full professor, University of Belgrade, Faculty of Forestry (miodrag.zlatic@sfb.bg.ac.rs)
dr Mirjana Todosijević, doc., University of Belgrade, Faculty of Forestry
dipl ing Natalija Momirović, Phd student, University of Belgrade, Faculty of Forestry

Abstract: Torrential floods have caused great material and economic damage in Serbia, in the past and even more frequently nowadays. Definitely, the reduction of negative consequences can be achieved by taking preventive measures which include integral basin arrangement. The economic justification of investment in the protection against torrential floods includes a specific approach, especially when it comes to technical facilities in this area. On the basis of the example of flood control on a part of the river Ljubovića, variants of protection were selected on the basis of economic criteria. On the basis of the techniques of avoided damage, evaluation of the economic effects of provided embankments for flood control was done using dynamic methods: the cost-benefit relationship and net present value. It was concluded that the second option is more economical, even though it does not protect the whole area from floods, because a part of that role would be taken over by the intended dam in the upper flow of this river.

Key words: torrential floods, investment justification, avoided damage, long-term effects

INTRODUCTION

The phenomena of natural disasters, such as floods, large amounts of sterile sediment, soil loss etc., have occurred more frequently since the second half of the twentieth century, both on a global scale and in Serbia. Material and economic damage is enormous. The floods that affected

Serbia in May 2014 have caused the damage of approximately 1.5 to 2 billion euro. The disaster could not have been avoided, but it is evident that the damage might have been reduced with preventive measures for an integrated arrangement of torrential basins. According to the Agency for Protection against Torrents and Avalanches in Austria, the investment for these purposes is around one billion euro annually. According to the American Development Bank, natural disaster economy takes into account cumulative effects at the national level (Cavalo *et al*, 2009).

The specificity of the investment effects in torrent control and protection requires a specific approach to the assessment of economic effects. The above mentioned especially refers to technical facilities in torrent control such as check dams, regulations, consolidation bands, embankments, etc.. The specificity of these facilities from the economic point of view is reflected in the fact that they do not directly provide yield or income, but only the expenses for investment in their construction. This raises a problem in the analysis of long-term effects of investment in protection against torrential floods, for which dynamic or discount methods are used, i.e. the cost-benefit analysis.

The economic effects of protection are evaluated using the technique of reduced damage or evaluation of reduced damage from torrents in a particular area after taking protective measures. This paper presents such an evaluation on the example of arrangement of the basin of the Ljubovića River (Kostadinov *et al*., 2004). A single variant of arrangement was chosen on the basis of the concept solution and comparison of variants based on technical and economic criteria, as well as the impact of the project on the environment.

MATERIALS AND METHODS

In the phase of design of protection of the flood-prone area of the Ljubovića River above the retardation check dam at the location Davidovići – the confluence of the Orovička River, two types of embankments were intended for the protected sector that was 6700 *m* long and 400 *m* wide (on average).

Dynamic-discount methods

The assessment of economic justifications of such solutions is shown through the use of dynamic or discount methods and through the cost-benefit ratio and the net present value. The advantage of these methods is that they reveal the economic effects for a number of years in advance, because natural or environmental effects of the activities on the protection against torrential floods cannot be seen immediately after construction (Pearce *et al.*, 2006).

An analysis of the benefit - cost ratio provides the information on "what we invest and what we get" and is popular with the project and alternative ranking (Dasgupta *et al.,* 1983).

Within the "baseline assessment" the analysis covered a period of 20 years of system use and the current value is determined for a discount rate of 12%. The cash flow effects and expenses are calculated as the total present value of:

$$BA = \Sigma\ Bt/(1 + i)^t$$

$$CA = \Sigma\ Ct/(1 + i)^t$$

Where:
BA - is the value of total actual effects
CA – is the value of total actual expenses
Bt –is the nominal effect in a specific year
Ct – is the nominal cost in a specific year
n – is the total number of years included in the analysis
i – is the discount rate

The estimation of total actual effects from 2015 is shown in EUR.

Long-term economic effects according to the method of benefit – cost ratio, represent the total actual/current values ratio of benefits and actual total costs discounted at a rate of 12%:

$$B/C = BA/CA = \sum \frac{Bt/(1+i)^t}{Ct/(1+i)^t}$$

With the use of the benefit - cost method, the investment is observed from "the mentioned viewpoint". The picture of long-term effects is more complete with the assessment of the effects of investment using the net current value method. Net current value is the difference between the

total actual benefits value and total actual costs discounted at a rate of 12% for the reference period of 20 years:

$$NPV = BA\text{-}CA = \Sigma\ Bt/(1+i)^t\text{-}Ct/(1+i)^t > 0$$

Effects of Protection

The effects of protection are manifested through a reduction of damage from floods in a specific area after taking protective measures:

$$B = D1\text{-}D2$$

Where :

B – is the protection effect
D1 – is damage in the conditions without protection
D2 – is the damage remaining after protection

RESULTS

TECHNICAL SOLUTION FOR THE REGULATION OF THE LJUBOVIĐA RIVER IN THE SECTION FROM DAVIDOVIĆI CHECK DAM TO THE OROVIČKA RIVER

The first variant of regulation

The first version of the regulation is based on the construction of a continuous defense embankment on the right bank of the Ljubovića River. The embankment route mostly follows the river route, but is hydraulically formed so it is not always parallel to the line of the right bank. The minimum width of the foreland between the coast and the foot of the embankment is 10 meters, while the maximum width of the foreland is 30 meters. The total length of the protective embankment is about 7 *km* (6 886 *m*).

The height of the designed embankment along the whole length is approximately constant and it is 1 *m*. Deviations from this height are minimal due to the lowland terrain configuration on the coast. The type of embankment construction is with a 3 *m* wide crown, and slopes of 1:2. The embankment is going to be constructed from the soil taken from the coast, using specified compaction.

Table 1. Position and length of designed bank revetments according to variant 1

Route segment (*km - km*)	Length of bank revetment (*m*)
2+106 – 2+780	674
3+526 – 3+796	270
4+366 – 4+496	130
4+546 – 4+696	150
5+676 – 6+036	360
6+485 – 6+725	240
7+200 – 7+330	130
7+395 – 7+590	195
7+966 – 8+266	300
Total	**2449**

Source: Костадинов *et al.*, 2004.

The second element of the technical solution of river basin arrangement includes bank revetments at the locations of erosion-prone banks. Nine of these locations have been identified in the observed sector, with the length ranging from 130 to 674 *m*. Bank revetments were made from gabions filled with gravel from the riverbed.

The second variant of regulation

This variant of regulation of the observed sector of the Ljubovića River consists of a partial protection of the right coast from high water. The system of partial protection includes 4 defended polders controlled by defense embankments, and in the area of these embankments are valuable residential and industrial buildings (Tab. 2).

The total length of defense embankments around all the polders is 2740 *m*. The construction type of the embankment is the same as in variant I. Variant II also provides for the protection of erosion-prone banks by the construction of revetments. These facilities are intended only for the area of defended polders (Tab. 3).

Tables 4 and 5 give nominal effects of protection and the remaining damage that would occur in the following 20 years, as well as their growth,

Table 2. The position and length of designed bank revetments according to the II variant

Route segment (*km - km*)	Lenght of the embankment (*m*)
2+106 – 2+780	674
3+526 – 3+796	270
4+366 – 4+496	120
4+546 – 4+696	150
7+966 – 8+266	300
Total	**1514**

Source: Костадинов *et al.*, 2004.

bearing in mind the fact that the value of the material goods in flood zones will be increased with the growth of population, economy, infrastructure, standards, etc. The analysis is presented in two versions.

The investment value is determined on the basis of the estimated bill of quantities from the Davidovići check dam to the confluence of the Orovička River. Operative expenses were calculated using empirical rate at certain positions from the investment structure while amortization was calculated in accordance with the regulated amortization rates. Operative expenses include investment and ongoing maintenance, insurance, salaries and overheads (Public Water Management Company) including the facility as the fundamental object. Amortization is presented separately, since it is not taken into account in the determination of the total actual cost value. Total actual value (present value) is determined on the basis of the total investing and operative costs. The economic benefit analysis included the direct effects (effects that can be measured). The benefits of the project are shown as the difference between the nominal value of the average annual damage and the remaining damage after the project. Damage evaluation included the damage on construction facilities, agricultural land and crops, infrastructure and municipal facilities.

In the first version, the solution designed on this section guarantees complete protection of both agricultural land and designed embankment facilities for protection from the occurrence of high water 1%. Thus, for this probability of occurrence of water, there is no damage i.e. it equals 0 for the whole observed period of 20 years in advance.

In another variant, the embankments are designed in some sectors of the section from the Davidovići check dam to the confluence of the Orovička River. This solution guarantees full protection to construction and infrastructure facilities, while protecting about 25% of agricultural land. The benefits of the project are the difference of the average values of nominal damages and the remaining damage, which is expected on about 3/4 of the agricultural land, and their present value after the execution of the project was obtained by discounting at the rate of 12%.

Table 3. Location and characteristics of the defended polders on the right bank of the Ljubovića River (II variant) Stationing Area polder length embankment

Route segment (*km - km*)	Polder area (*ha*)	Lenght of the embankment (*m*)
The embankment in the area of the Brđanski stream confluence	6.5	930
The embankment in the area of the brigde at the Babin stream	10.23	1 070
The embankment for the protection of the Inex Drina company	2.46	470
The embankment at the confluence of the Orovicka River	0.56	170
Total	**19.75**	**2 740**

Source: Костадинов *et al.*, 2004.

Table 4. Variant I: The economic effects of a flood protection for the Ljubovića River in the sector Davidovići - the confluence of the Orovicka River (in EUR)

Year	Nominal average annual value of damage	Damages after project implementation	Benefits: damage reduction	Current value of benefits (at a 12% rate)	Investments	Operation costs	Total costs	Current value of costs (at a 12% rate)
1	64210.22726		64210.2273	57339.73278	569134.6333	2817.640975	571952.2743	51075.06777
2	66136.5408		66136.5408	52710.81715		2902.170764	2902.170764	2313.023325
3	68186.78004		68186.78	48548.98459		2989.233648	2989.233648	2128.331334
4	70164.14733		70164.1473	44624.39524		3078.913596	3078.913596	1958.180146
5	71988.78721		71988.7872	40896.99541		3171.280584	3171.280584	1798.119352
6	75013.89004		75013.89	38032.03735		3266.418582	3266.418582	1656.070121
7	78014.43164		78014.4316	35262.52517		3364.411559	3364.411559	1520.710498
8	81135.02234		81135.0223	32778.55295		3465.343486	3465.343486	1400.003639
9	84380.42044		84380.4204	30461.33112		3569.312328	3569.312328	1288.519483
10	87755.63614		87755.6361	28257.31484		3676.388059	3676.388059	1183.794912
11	91265.86158		91265.8616	26193.30451		3786.68264	3786.68264	1086.781584
12	94916.49884		94916.4988	24393.53375		3900.28004	3900.28004	1002.37775
13	98713.15992		98713.1599	22605.30886		4017.29222	4017.29222	919.9612059
14	102661.6947		102661.695	21045.65028		4137.803149	4137.803149	848.2508352
15	106768.1491		106768.149	19538.57091		4261.938783	4261.938783	779.941249
16	111359.1802		111359.18	18151.54064		4389.797087	4389.797087	715.5362673
17	115256.7452		115256.745	16827.48786		4521.490019	4521.490019	660.1440645
18	120212.78		120212.78	15627.65468		4657.143537	4657.143537	605.4236216
19	125381.9305		125381.93	14544.30187		4796.855604	4796.855604	556.4411279
20	130773.3636		130773.364	13600.42321		4940.752175	4940.752175	513.8403535
	TOTAL:			**601440.4632**				**533688.8296**

Source: Original
К/Т= 1,12
НСВ = 67751,6336
Legend: K/T : cost-benefit ratio, NCV: net current value

Table 5. Variant II: The economic effects of a flood protection for the Ljubovića River in the sector Davidovići - the confluence of the Orovicka River (in EUR)

Year	Nominal average annual value of damage	Damages after project implementation	Benefits: damage reduction	Current value of benefits (at a 12% rate)	Investments	Operation costs	Total costs	Current value of costs (at a 12% rate)
1	64210.22726	22585.324	41624.903	37171.03707	307655.4739	1538.274221	309193.748	276110.0063
2	66136.5408	23488.743	42647.798	33990.29587		1584.429725	1584.42972	1262.796676
3	68186.78004	24428.283	43758.497	31156.04283		1631.956739	1631.95674	1161.94872
4	70164.14733	25405.414	44758.733	28466.55405		1680.911242	1680.91124	1069.063917
5	71988.78721	26421.633	45707.104	25915.92365		1731.349216	1731.34922	973.016244
6	75013.89004	27478.493	47535.397	24100.4505		1783.284654	1783.28465	904.1188679
7	78014.43164	28715.021	49299.41	22283.33993		1836.787532	1836.78753	830.2252775
8	81135.02234	30007.207	51127.815	20655.63768		1891.88584	1891.88584	764.322831
9	84380.42044	31357.529	53022.892	19141.26691		1948.649553	1948.64955	703.4585839
10	87755.63614	32768.616	54987.02	17705.81394		2007.10666	2007.10666	646.2890163
11	91265.86158	34407.039	56858.823	16318.47578		2067.313142	2067.31314	593.3179482
12	96176.04868	36127.402	60048.647	15108.80411		2150.009587	2150.00959	552.5505184
13	98713.15992	38114.398	60598.762	13877.11832		2236.00885	2236.00885	512.0489937
14	102661.6947	40210.695	62451	12802.4564		2325.450884	2325.45088	476.7116233
15	106768.1491	42422.282	64345.867	11775.29351		2418.461642	2418.46164	442.5778227
16	111359.1802	44755.514	66603.666	10856.39592		2515.209064	2515.20906	409.9834719
17	115256.7452	47217.067	68039.679	9933.789664		2615.805111	2615.80511	381.9095055
18	120212.78	49814.006	70398.773	9151.84713		2720.445713	2720.44571	353.6536042
19	125381.9305	52553.765	72828.165	8448.066661		2829.256824	2829.25682	328.1967025
20	130773.3636	55444.236	75329.127	7834.232045		2942.434374	2942.43437	306.0146304
	TOTAL:			**376692.842**				**288782.2112**

Source: Original
K/T= 1,3
HCB = 87910,63
Legend: K/T : cost-benefit ratio, NCV: net current value

DISCUSSION

According to the applied dynamic methods of assessment of the long-term effects, it can be seen that the ratio of actual benefits and costs is 1.12 for variant I, which means that the project is economical (B/C>1). The net current value is 67,751.63 EUR. This result shows that for this sum of net current value, there will be no investments in the flood damage remediation, so construction facilities are fully protected, and agricultural production can be freely carried out on the protected sector.

For the second variant, the benefit cost ratio is 1.3, and the project is also economical (B/C>1), while the net current value is 87,910.63 EUR (NPV>0).

It is obvious that both variants are economically efficient. From the aspect of economic investment efficiency, the second variant gives better results. In a way, this could be considered an anomaly. The solution that provides complete protection is less economical than the second variant, which provides only partial protection. This can be explained by the discounting process in the application of dynamic methods. The discount coefficients are higher in the first years when the cost for the first variant is twice as high in comparison to the second variant, and the coefficients are much lower in the later years when the benefits are higher.

The Ljubovića basin has a significant hydrological potential, and that is why it is estimated as an important resource of surface waters for the region of western Serbia. That is why the Water Management Plan of the Republic of Serbia envisages the construction of a dam and accumulation "Gornja Ljubovića". In addition to the basic purpose of water supply, this dam would have the function of keeping flood waves. After the "Gornja Ljubovića" accumulation construction in the upper flow of the river, high water in the middle and downstream sector would be significantly reduced. If the issue of the Ljubovića River regulation is observed in the long run, it can be concluded that high investment in the flood control system is not justified considering the construction of the "Gornja Ljubovića" accummulation.

CONCLUSIONS

Two variants of the Ljubovića River regulation in the sectorfrom Davidovic check dam to the Orovička River were considered in the project:

Variant I of the Ljubovića River regulation in the observed sector includes the construction of a continuous defense system, in order to protect the right bank (coastal strip along the left bank is narrower and there are almost no facilities).

Variant II of the river Ljubovića regulation in the observed sector is based on partial protection of some of the most valuable sites on the right bank, where industrial and residential buildings are located. In the rest of the sector the state of the riverbed would remain the same with corresponding flood zones. These sites would be protected from floods by local embankments that would surround the polders of defended zones.

On the basis of a comparison of the variants of regulation, according to technical and economic criteria, it can be concluded that the second variant is more favourable for two reasons:

1. Bearing in mind the river Ljubovića regulation in the observed sector should not worsen flood control conditions in the urban area of Ljubovija, this variant is more favorable because it has much less influence on the propagation of flood waves.
2. In accordance with the conclusion that significant investments in the flood control system are not justified, variant II is more favorable due to significantly lower prices of regulation works.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Cavallo E., Noy I. 2009: *The Economics of Natural Disasters* – A Survey, Inter- American Development Bank, IDBWorking paper Series, IDB-WP-123.

Dasgupta A. K., Pearce D. W. 1983: *Cost-Benefit Analysis: Theory and Practice,* The Economic Journal, Vol. 83, No. 329, pp. 252-254.

Kostadinov S., Zlatic M. *et al*. (2004): *Generalni projekat uredjenja sliva reke Ljubovidje uzvodno od Davidovića pregrade;* Šumarski fakultet – Univerzitet u Beogradu, Beograd.

Pearce D., Atkinson G., Mourato, S. (2006): *Cost-benefit analysis and the environment* – recent developments, OECD