

## ПРИНЦИПИ И ЦЕЛИ ЗА ПРОЦЕНКА И УПРАВУВАЊЕ СО РИЗИК ОД ПОПЛАВИ, ОДНОС КОН ОДРЖЛИВО УПРАВУВАЊЕ СО ВОДА

Појавата на големите води на реките, односно појавата на поплавите бранови на природните водотеци, во урбаните средини претставува предизвик од инжињерски и научен пристап по проценката со управување со ризикот од поплави, односно заштита од поплавите со причинување на минимална материјална штета на објектите и другот недвижен имот кој е директно загрозен, од поплавите бранови.

Населените места за постојано живеење од најстарите времиња се граделе покрај реките или во непосредна близина на различни природни водни површини. Реките за населените места значат живот и можност за опстојување и развој на населените места. Покрај решавањето на проблемите со водоснабдувањето на населението, како извор на природна вода за пиење, реките исто така претставуваат наменливи реципиент за прифаќање на отпадните води од населените места.

Покрај сите позитивни и незаменливи страни што ги носат со себе реките за населените места, исто така реките во населените места претставуваат и постојана реална опасност од појава на поплави кои со себе ги носат сите разорни последици по населените места и материјалните добра на населението.

Штетните влијанија кои може да ги предизвика реката со пропанагијата на поплавиот бран се следниве:

1. Плавење на речната околина од големите води.
2. Ерозивна активност на реката со морфолошки промени во речното корито и непосредната речна околина.
3. Разрушување на објектите изградени во речното корито (хидротехнички објекти, мостови и сообраќајници).
4. Одржување на високо ниво на подземните води и создавање на моруришни терени кои не можат да се користат.

Појавата на поплавите бранови во денешни услови е предизвик за мултидисциплинарен научен пристап кон решавањето на теоретските и практичните технички проблеми за успешна заштита од поплави.

### ❖ Методи и материјали

Појавата на поплавите бранови на реките е технички проблем кој се решава во неколку фази и успешноста во решавањето на секоја фаза поединечно придонесува за добивање на едно интегрирано решение кое, со добро техничко менаџирање може да придонесе за успешна и сеопфатна заштита од појавата на големите води на реките.

На самиот почеток на проучување на појавата на големите води во речните корито односно појата на поплавите бранови, треба да се земат во предвид карактеристиките на сливното подрачје кое граничтира кои некоја област која треба да се заштити од појавата на големите води. Потребно е да проучат пошироките географски топографски (морфолошки) услови кои директно придонесуваат за големината на поплавиот бран кој треба успешно да се трансформира за да не предизвика материјални штети на подрачјето кое се брани од поплавите.

Тие географско топографски карактеристики, односно морфолошки карактеристики се следниве:

1. Геолошко-Педолошки карактеристики.
2. Облик на речниот слив.
3. Висинска застапеност на сливот.
4. Паад на сливот.

Одбраната од поплавите во урбаните средини се решава во неколку чекори кои помеѓу себе се последователни и се во корелација еден со друг. Тие чекори се следниве:

1. Хидролошка анализа на водотекот, кој покрај анализата на водостојите (минимални, средни и големи) на реката ја вклучува и анализата на појавата на врешките кои паѓаат на сливното подрачје на реката и височината на снежната покривка во зимските месеци.
2. Хидрауличка анализа на природните водотеци која во себе ја опфаќа пресметката на протокот на реката низ природното речно корито, протокот на напос низ речното корито, определување на коефициентот на рапавина во речното корито и слични пресметки. Споредба помеѓу протекувањето на водата низ природно речно корито и протекување на водата низ регулирано речно корито.
3. Урбанитничко Архитектонска анализа на депината односно трасата низ кој поминува речното корито. Корелација на речната нуладија со околината низ која поминува речното корито. Сите позитивни и негативни реперкусии, кои може да ги предизвика речното корито на урбаните и на земјоделските површини.
4. Еколошка анализа на речното корито и непосредната околина која гравитира кон речното корито. Степенот на користеност на реката како реципиент на фекалните и на атмосферските отпадни води. Способноста за саморачистување на речната вода во зависност од отповареноста со отпадни материи кои се испуштаат во речното корито.

Прв чекор со успешното решавање на појавата на големите води е Хидролошката анализа на природните водотеци.

Хидролошките анализи и пресметувањето на појавата на Големите води е клучно за отпочнување на било какви дејствија за намалување или елиминирање на последиците од поплавите предизвикани од појавата на поплавите бранови.

Прв чекор во изготвувањето на Хидролошките анализи е формирање на мрежа од водомерни и дождовни станици за континуирано следење на водостојите во реките и мерење на паднатиот дожд во сливното подрачје на реката. Доколку овие водомерни и дождомерни станици се лоцирани подолг период на своите позиции (мерни места), тогаш имаме добра можност за хидролошка анализа на мерните низи на водостојите на реката и на висеината на паднатиот дожд на сливната површина.

Обработката на хидролошките низи (водостојите на реките и паднатиот дожд), се врши со примена на математички модел за статистичка обработка на податоци и со примена на Теоријата на Веројатност податоците од собраните низи се обработуваат до ниво на потребниот степен за нивна практична примена.

Параметрите кои треба да се определат на база на вредностите од хидролошката низа се следниве:

1. Средна вредност на низата, односно среден проток  $Q_{sr} = \frac{\sum Q_i}{N}$  ( $\frac{m^3}{сек}$ )

2. Средноквадратното отстапување на низата  $Sx, Sx = \sqrt{\frac{\sum(Q_i - Q_{sr})^2}{N-1}}$
3. Коефициентот на Варијација  $Cv, Cv = \frac{Sx}{Q_{sr}}$
4. Коефициентот на Асиметрија  $Cs, Cs = \frac{\sum(Q_i - Q_{sr})^3}{(N-1)Sx^3}$

Со дефинирање на четирите параметри кои произлегуваат од податоците на хидролошката низа, се овозможува отпочнување на тестирање на прилагодливоста на хидролошката низа со теоретските криви, кои се стандардни криви од теоријата на веројатност.

Тестирањето на прилагодливоста на хидролошката низа се однесува на следниве 4-ри стандардни криви кои се дефинирани преку следниве функции.

1. Гумбелова крива  $Q_i = \xi + \beta \left(\frac{m_i}{\beta}\right)^{\alpha}$
2. Пирсонова крива III тип,  $Q_i = Q_{sr} \cdot (1 + F \cdot Cv) \left(\frac{m_i}{Q_{sr}}\right)^{Cs}$
3. Лог Нормал односно Галтонова крива  $Q_i = e^{Q_{sr} + z \cdot \sigma} \left(\frac{m_i}{Q_{sr}}\right)^{\beta}$
4. Лог Пирсонова крива III тип  $Q_i = e^{Q_{sr} \cdot (1 + F \cdot Cv)} \left(\frac{m_i}{Q_{sr}}\right)^{\beta}$

Регулациите на речните корита од инжињерски аспект се изведуваат на начин да природниот речен тек, што повеќе ќе се вклопи во регулираниот речен тек на реката. Најчесто регулираните речни корита се проектираат и изведуваат како двојни корита и тоа како комбинација од двојно трапезно корито и комбинација на трапезно корито со правоаголно корито.

За регулирање на речните корито, вообичаена пракса е да се земат во димензионарање на минор и мајор коритото, следниве повратни периоди.

1. За минор корито повратен период Т еднаш во две години, односно повратен период P=50%. Без разлика за која величина на река се однесува (мала или голема), минор коритото се димензионара за дефиниранот повратен период.
2. За мајор коритото за повратен период распонот на прифатениот повратен период Т може да изнесува еднаш во 500 години до еднаш во 1000 години или повратен период од P=0.2% до P=0.1%.

Регулирањето на речните корита во суштина треба да даде одговор на две технички прашања. Првото прашање е регулирање на минор коритото и второто техничко прашање е регулирањето на мајор коритото.

- **Минор коритото** секогаш го следи попречниот пресек на природното речно корито и осовината на природното речно корито. Само со прилагодувањето на регулираното речно корито на природното речно корито се создава можност реката да не го отфрли новото речно корито и да го прифати. Ова е многу битно и во делот на трасата на новото регулирано речно корито, каде што кривините на природниот релен тек треба да се решаваат со лемнискатошни кривини, кои најдобро се прилагодуваат на природните кривини на реката. Застапувањето на страните на регулираното речно корито се решава со изведување на косини од најразвиј природен камен и во делот заштречен со камена пета.
- **Мајор коритото** ја има улогата на прифаќање на поплавите бранови и директна заштита на речната околина од излевање на водите. Широчината на мајор коритото зависи од следниве фактори. Доколку мајор коритото е лоцирано во гратска средина тогаш истото е со правоаголен попречен пресек затоа што земјиштето во гратските средини е скапо и треба да се штети. Правоаголниот пресек се добива со армирано бетонски кокета на поплавиот бран со повратен период еднаш во 1000 години. Доколку мајор коритото е лоцирано надвор од гратските средини, тогаш истото е со трапезен попречен пресек кој се постигнува со изградба на одбрамбени насипи. Расстојанието на насипите се добива со техничко економско анализа каде што се врши оптимизација помеѓу големината на планатна површина и височината на насипите. Се врши оптимизација помеѓу цената на чинење на изведбата на насипите и цената на земјоделските производи кои се садат на таа локација. Со техничко економската анализа се добиваат оптимални растојанија помеѓу насипите и оптимална височина на насипите.

Покрај Рационалната формула, исто така многу применуван хидролошки модел е моделот по S.C.S. метода.

Пресметувањето ќе биде извршено по следниот редослед:

По S.C.S. метода Пресметување на карактеристичните времиња

- **Време на концентрација на ефектниот дожд**  
 $T_c = (0.868 \frac{L^2}{St})^{0.385}$  (часа).....(3)
- **Време на закасување по сливот по Кенеди и Вајт**  
 $T_o = \frac{1.864}{A^{0.39}} * S^{0.31}$  (часа).....(4)

Согласно препораките на институтот Јарослав Черин од Белград  $T_c = T_o$  се добива унапредена метода S.C.S. која ќе биде користена во понатамошните пресметувања.

- **Време од тежиштето на ефектниот дожд до вртот на хидрограмот**  
 $tr = 0.6 T_o$  (часа)..... (5)
- **Време на траење на ефективните дождови Tk према Соколови**  
 $T_k = T_c (1 + T_c)^{0.2}$ , часа (минути) .....(6)
- **Време на растење на хидрограмот (Q до Qmax)**  
Tr = f(K) каде е:  
 $K = T_g / Tr = f(A) \dots \Rightarrow K$   
 $Tr = f(A) \dots$  (часа).....(7)
- **Време на опаѓање на хидрограмот Tr (ретарација)**  
 $T_r = K * Tr \dots$  (часа)..... (8)
- **Вкупно време на траење на директно истекување на паднатиот дожд за хидрограм со облик на триаголник**  
 $T_b = Tr + Tr$  (часа).....(9)

Пресметувањето на карактеристичните времиња по методата S.C.S. се пресметуваат табеларно.

- **Определување на ефективните врешки Pe по S.C.S. унапредена метода за меровано време на траење на дождот Tk во мин.**

$$Pe = \frac{(P - 0.2d)^2}{P + 0.8d} \dots \dots \dots (10)$$

каде:

Pe - ефективен дожд во (mm)  
P - пресметани бруто интензивни врешки со траење

Tk (согласно М.С.Лазарополе) во (mm)

d - максималниот дефицит на влага во почвата во (%)

Вредноста за ( d ) зависи пред сè од типот на земјиштето и вегетацијата, а се претставени со врската преку бројот ( CN )

$$CN = \frac{1000}{10 + 0.0394d} \dots (11)$$

Дефинирањето на бројот (CN) е клучна работа бидејќи од неговото правилно определување ќе се дефинира и дефицитот на влагата, а со тоа и ефектниот дожд кој е најмеродавен за формирање на максималните бранови. Во случајот за сливот на река Сатеска заклучно со ПЗ која 834.45 мм може да се прифати CN=78 согласно застапеноста на терени под шуми и пасишта како и типот на земјиштето кое е претежно песковита иловина.

$$W = \sigma^{78} Q^* \text{ } Q_{max} = \frac{0.56A * Pe}{Tr(1 + K)} \Rightarrow \dots \dots \dots m^3/s \dots (12)$$

**Хидрауличките анализи** се сведуваат на хидраулично пресметување на стационарно нерамномерно течење во речните корита и пресметување на нестационарно нерамномерно течење во речните корита.

Стационарното нерамномерно течење се сведува на пресметување на:

- Еднодимензионално течење, по X оск.

Нестационарното нерамномерно течење се сведува на пресметување на:

- Двдмозимонално течење, по X и Y оск.
- Трдомозимонално течење, по X, Y и Z оск.

Основната диференцијална равенка за динамичка рамнотежа за пресметување на елидимензионалното нестационарно течење во природните речни корита гласи:

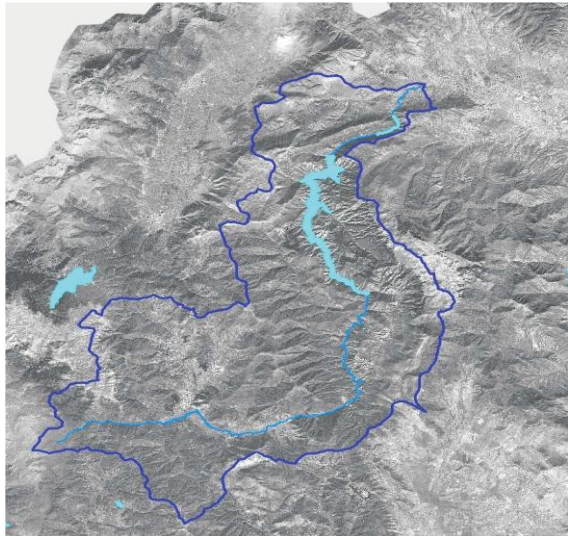
$$\partial v = - \frac{\delta h}{\delta x} = \frac{\alpha}{g} \left( v \frac{\delta v}{\delta x} + \frac{\delta v}{\delta t} \right) + \frac{v^2}{C^2 R} + \frac{qv}{g \omega}$$

Реката Треска како една од оптимално хидроенергетски искористените реки, во Република Македонија, по својата должина има изградено вкупно три брани. Браните односно хидротехничките објекти се изведувани во различни временски периоди, со што се опфатени и одредени историски поглавја на градба, во смисол на користење на технолошките иновации во изградбите на браните и придружните хидроенергетски објекти.

На реката Треска досега се изведени следниве брани. Лачната брана со еднострано закривеност Матка во 1938 година. Камено земјаната брана Козјак во 2004 година и Лачната брана со двојна закривеност Света Петка во 2012 година.

Морфолошките карактеристики на реката Треска се следниве. Вкупната должина на реката Треска, изнесува 132 км, површината на сливното подрачје изнесува 1880 км<sup>2</sup>. Сливот на реката Треска започнува од падините на планините Стогово и Бистра на височина од 1580(м.Н.В.). Вливот на реката Треска во реката Вардар завршува на 260 (м.Н.В.), на влезот во Скопје.

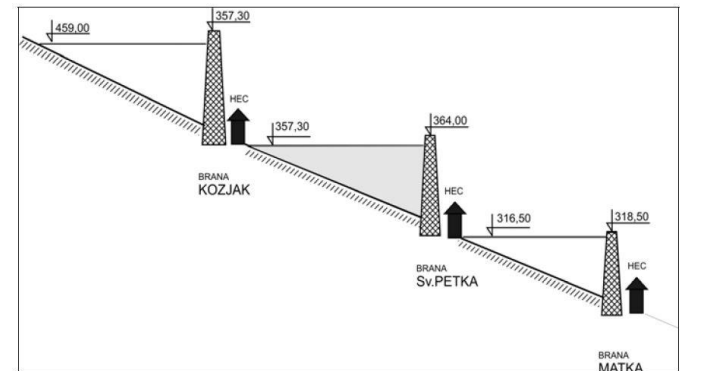
На сликата 1 даден е графичниот приказ на сливното подрачје на реката Треска со локациите на трите изведени брани и формираните акумулации на реката Треска.



Слика 1 Приказ на сливната површина на реката Треска

Параметри и карактеристики на објектите	Козјак	Света Петка	Матка
Тип на Брана	Камено земјана	Лачна бетонска	Лачна бетонска
Тип на Прелив	Шахтен преливник	Шахтен преливник	Бочен преливник
Капацитет на преливот (m <sup>3</sup> /сек)	1500	1200	800

Висина на Браната (m)	127.00	47.50	29.50
Кота на круна на браната (m.N.V.)	471.00	364.00	318.50
Кота на максималното ниво (m.N.V.)	469.50	362.30	318.40
Кота на нормалниот успор (m.N.V.)	459.00	357.30	316.50
Должина на Акумулацијата (Km)	32.00	9.50	5.50
Должина на круната на браната (m)	270.00	127.00	64.00
Просечен протек (m <sup>3</sup> /сек)	22.70	23.80	24.10
Вкупен волумен на акумулацијата (m <sup>3</sup> )	550*10 <sup>6</sup>	9.1*10 <sup>6</sup>	3.55*10 <sup>6</sup>
Корисен волумен на акумулацијата (m <sup>3</sup> )	260*10 <sup>6</sup>	1.1*10 <sup>6</sup>	2.6*10 <sup>6</sup>
Ретенциониен волумен (m <sup>3</sup> )	100*10 <sup>6</sup>	-	-
Мртвот простор (m <sup>3</sup> )	190*10 <sup>6</sup>	8*10 <sup>6</sup>	1.2*10 <sup>6</sup>
Инсталирана снага на ХЕ (MW)	85.0	36.4	7.9 (9.6)
Годишно производство на ел.енерија (Gwh/god.)	150	48	33
Година на пуштање во употреба	2004	2012	1938



Слика 2 Шематски надолжен профил на трите брани со акумулациите

Табела 2 Вредности на споредбените параметри на акумулациите

P. Б.	Споредени параметри	Слив на Треска	Козјак	Свет а Петка	Матк а	Вкуп но	Сооди ос
1	ДолжинаL (Km)	132.0	32.0	9.50	5.50	47.0	35.6%
2	Сливна површина A (Km <sup>2</sup> )	1880.0	13.5	0.62	0.25	14.37	0.76%
3	Средногодишни протекувања Q (m <sup>3</sup> /сек)	24.20	22.70	23.80	24.10	24.20	5.81%
4	Максимални протекувања Q (m <sup>3</sup> /сек)	980	1500	1200	800	-700.0	46.67%
5	Нормално ниво во акумулациите (m. N.V.)	459.0	357.3	316.5			142.50 м
6	Максимално ниво во акумулациите (m. N.V.)	469.50	362.30	318.40			151.10 м
7	Ретенциониен волумен (m <sup>3</sup> )	100*10 <sup>6</sup>	-	-			
8	Разлика на коти (m)	1.50	1.70	0.10			

Табела 3 Протекувања на вода низ Треска и ефективните врешки на сливот

P. Б.	Мерно место	Qsr/go d (l/сек)	A km <sup>2</sup>	P% на сливната површина	Pe (mm/god) ефективен дожд	P % на инфилтрираните води
1	Македонски Брод	11.41	886.0	47.13	406.12	83.91
2	Здуње	19.06	1605.0	85.37	374.50	77.37
3	Козјак	22.70	1763.47	93.80	405.94	83.87
4	Света Петка	23.80	1848.92	98.35	405.94	83.87
5	Матка	24.10	1878.0	99.89	404.70	83.61
6	Света Богородица	24.20	1880.0	100	405.94	83.87

$$T = \frac{W}{Q} = \frac{100000000}{1500} = 66666,67 \text{ sek} = 18 \text{ c}, 31 \text{ min.}$$

Вкупниот временски период на задржување на поплавиот бран изнесува 18.5 часа што претставува сосема доволно време за реакција на надлежните органи во спречувањето на појава на поплави по течењето на реката Треска и ивицното префрлање по течењето на реката Вардар.

Со користење на диференцијалната равенка за трансформација на поплавиот бран

$$Adh = (Q(t) - Q_0(t))dt.$$

може да се определи чекорот на пресметувањето на трансформацијата на поплавиот бран во зависност од времето (t).

$$dh = \frac{dw}{A} = \frac{(Q(t) - Q_0(t))}{A} (h).$$

Ова диференцијална равенка може да се примени во услови кога имаме на располагање хидрограм на движењето на големите води во реките вклучително и реката Треска.

Заклучоци и препораки кои треба да се применуваат за успешна заштита од поплави

Решавањето на техничките проблеми на заштита на урбаните и земјоделските површини од појава на големи води односно на поплави бранови, успешно се решава со примена на следниве принципи и проценки за управување со ризикот од поплави.

1. Темелни Хидролошки проучувања и анализи на сливното подрачје и на самата река, преку кои ќе се дефинира максималната вредност на очекуваната големина на протекувањата кои можат да се очекуваат на поминат низ речното корито.
2. Задолжителна обработка на мерните хидролошки податоци, со примена на методите на математичката статистика и теорија на веројатност, преку усвоените 4 теоретски криви.
3. Понатамошно ажурирање на хидролошките податоци кои континуирано ќе се добиваат од водомерните и дождомерните станици и нивно вмгтување во усвоената крива, со што ќе се добиваат постојано веродостојни податоци за прогнозираното поплавиот бран кој може да појави на одредено сливно подрачје.
4. Задолжителна хидрауличка анализа и изведување на сите потребни пресметки за карактерот на течењето на водата во природното речно корито.
5. Со овие хидраулички анализи и пресметки, може да се изврши правилно димензионарање на регулираните речни корита, кои ќе овозможат прифаќање на големите води кои треба да поминат низ регулираното речно корито.
6. Регулираните речни корита кои во зависност од големината на водотекот, најчесто се изведуваат како двојни корита и тоа двојно трапезно корито и комбинација од трапезно и правоаголно корито.
7. Изведувањето на регулираните речни корита, задолжителни мора да се прилагодуваат на природните речни корита во повеќе аспекти. Регулираното речни корито треба да ја задржи широчината на природното речно корито и осовината на природното речно корито. Изведувањето на лемнискатошни кривини кои најдобро го отсликуваат природното речно корито и се прилагодува новото речно корито на карактеристиките на природното корито.
8. Доколку на водотекот веќе се изградени брани со акумулации, тогаш најдобро е да врши регулација на трансформација на поплавиот бран со временско задржување на поплавиот бран во ретенциониот простор на акумулациите и негово постепено испуштање за да не дојде до коинцидирање со другите поплави бранови од другите реки.
9. Редовно прочитувања на речните корита и овозможување на функционирање на целокупниот попречен пресек со што ќе се овозможи комплетна пропусливост на речното корито.
10. Одржувањето на широчината на мајор коритото кое е изведено од двојно трапезно корито со заштитни насипи, препорачливо е да се изврши техни