

## СЪСТОЯНИЕ НА МАЛКИТЕ ЯЗОВИРИ В Р. БЪЛГАРИЯ

*Д. Тошев, Т. Чолаков, Огн. Тодоров - катедра "Хидротехника" при УАСГ  
Н. Лисев – катедра „Хидрология и хидравлика”,  
Университет по архитектура, строителство и геодезия - София*

### Резюме

В доклада авторите споделят своя опит в решаване на проблеми свързани с повишаване на конструктивната и технологична сигурност на над 2 000 малки язовири в Р България и опазване на природната среда в прилежащите територии. Състоянието на стените се разглежда като функция от нивото на техническа експлоатация. Наводненията през последните години разкриха незадоволително ниво на техническа експлоатация и на сигурност на малките язовири. Тревожно е състоянието на редица малки язовири, които се експлоатират от общини или от арендатори.

Нова положителна тенденция е анализ на дългосрочното поведение на стените, стареенето на конструктивните материали и повреди на дренажите, оценка на риска от преливане през стената, сеизмичния хазарт и риска. С подходящи числени модели, вкл. филтрационни и стабилитетни анализи, авторите разкриват конструктивната сигурност на язовирните стени. С помощта на математическия модел HEC-RAS определят заливаемите зони в долния участък на язовира. С много примери се илюстрират вижданията на авторите за подобряване на техническата експлоатация на малките язовири, които по принцип разполагат с ограничен финансов ресурс.

### Въведение

В България са изградени 216 язовири, които се класифицират според изискванията на МКГЯ като големи язовири и над 2000 малки язовири. Както е обичайно за много страни по света, насипните язовирни стени у нас също преобладават. Повече от 90% от високите стени у нас са насипни. Това са всичките малки язовирни стени и 198 високи стени (171 броя земни и 26 каменнонасипни стени).

Големите язовири отговарят на съвременните изисквания за конструктивна и технологична сигурност и опазване на природната среда. Енергийните язовири се експлоатират и поддържат от НЕК-ЕАД Предприятие «Язовири и каскади», тези с основна цел напояване - от «Напоителни системи» ЕАД и водоснабдителните язовири – от Дружества «Водоснабдяване и канализация». При тях е създадена стройна организация на експлоатацията и поддържането на язовирните стени и съоръженията към тях съгласно действащата нормативна уредба [ 1 ].

Днес на малките язовирите се гледа като важна съставна част от инфраструктурата на страната. Това са съоръжения, които осигуряват вода за напояване, предпазват от наводнения като ретензират и безпрепятствено провеждат речните води. Те са в основата на възобновяемите енергийни източници третираны в Протокола от Киото. Наводненията през последните няколко години припомниха положителната роля на язовирите и защитните диги, както и колко опасности крият те при ниско ниво на експлоатация и поддръжка.

Голяма част от малките язовири се стопанисват от общини, промишлени предприятия, горски стопанства или са дадени под аренда. Най-често това са язовирни стени от местни материали с височини 5 – 15 m, със завирен обем от

няколко стотици хиляди до 1 – 2 милиона  $m^3$ . Много от тях са строени през 50-те и 60-те години на миналия век, без подробни проучвания и без наличие на значителен опит на проектантите и строителите. При последните наводнения някои от тези язовири преляха през короната на стената, при което претърпяха значителни повреди.

### **1. Основни причини за аварии при малките язовири**

Малките язовири, най-често са изпълнени от земен насип. Известно е, че преливането през насипа на една земна стена води до частично, а при продължително преливане, до пълно разрушение.

Веднага трябва да се отбележи, че тези преливания се дължат най-вече на следните причини:

- Намалена пропускателна способност на преливника вследствие обрастване с растителност, непочистено напречно сечение, повреди в облицовката.
- Улягане на насипа в най-високата част от стената без предприемане на мерки за възстановяване на проектното ниво.
- Намалена проводимост на основни изпускатели поради неизправни конструктивни възли в облекчителните съоръжения.

Типични примери на аварии са преливане през короните на земните стени на язовирите “Росина” - община Търговище, “Еленово” – община Попово и , “Хмела” – община Велико Търново и др. (Фиг. 1 - 4 ).

Редица промишлени акционерни дружества притежават в своите активи язовири и изравнители - източници на вода за промишлено водоснабдяване. Такива са : “Лукойл Нефтохим Бургас” АД – язовир “Мандра”, “Кремиковци” АД - яз. “Огняново”, МДК “Пирдоп” – яз. “Радин извор”, ТЕЦ “Марица изток 2” – яз. “Ковачево”, “Асарел – Медет” АД – водоем “Жеков вир”, “МЕТИЗИ” АД – язовир “Роман” и много други.

Нашият професионален опит е богат със случаи на занижени нива на експлоатация. Основен проблем при експлоатацията е липсата на компетентни специалисти на щат. В редица случаи това е причина за:

- занемарена експлоатация на язовирната стена и съоръженията.
- незадоволително състояние на контролно измервателната система (КИС).
- нередовни наблюдения и измервания или пълно отсъствие на такива.
- забавено, неоперативно анализиране на данните от наблюденията.
- ненавременни превантивни мерки,

което снижава надеждността и сигурността на тези съоръжения.

Обяснима е практиката, че там където язовирите са в страни от основната дейност на дружеството, грижата за тях е недостатъчна.

### **2. Примери от практиката**

Преобладаващата част от малките язовири са стопанисвани от общини, горски стопанства или са дадени под аренда. В настоящия доклад се анализира състоянието на малките язовири на базата на проучване на над 20 малки язовирни стени. Показани са фотодокументирани повреди по язовирни стени „Росина”, „Еленово”, „Мрамор”, „Кертелия”, „Баева кория” и „Иваново”.

**Язовир “Росина”** с обем 1,60 млн. м<sup>3</sup> е завършен през 1960 г. Стената с височина 13 м е земнонасипна с дренажна призма в петата на въздушния откос. По короната на стената преминава път от IV-класната пътна мрежа.

Въздушният откос е обрасъл с трева и храсти. Участъкът, непосредствено зад стената, е залесен, трудно проходим, недостъпен за оглед и контрол, с затруднено оттичане на водите. Трябва да се отбележи, че това е обичайна практика за малките язовири, за които не се полагат необходимите грижи.

На десния бряг е изпълнен челен преливник оразмерен да пропуска ретензирана висока вълна в размер на 94 m<sup>3</sup>/s. За подобряване на пътната връзка по стената, върху преливния праг е изпълнен водосток с ширина 2 m, който намалява пропусната способност на преливника (фиг.2).

След проливни дъждове на 3 и 4 юли 2005 г. язовирната стена претърпява повреди от преливане през короната. В горната част на въздушния откос, на участък около 20 m, преливната вълна е изровила откоса и разрушила част от пътното платно (фиг.3). В язовира е постъпила висока вълна близка до проектната. Намаляването на пропусната способност на преливника и пониженото ниво на короната вследствие улягане на насипа е довело до преливане през стената. Бързотокът на преливника и енергогасителя са напълно разрушени (фиг. 4). Частично са подкопани оградните стени изпълнени от каменна зидария.

Подобни са причините за повредите на **язовирна стена “Еленово”** – недостатъчна пропускателна способност на преливника и слягане на короната. Водата е преляла на фронт от около 110 m, което е около половината от дължината на стената. Разликата е в настъпилите повреди. Тук преливащата през короната вълна е започнала разрушението от контакта на насипа с дренажната призма. Преливната вълна е подкопала основата на призмата в силно оводнения и обрасъл с растителност долен участък. Откосът е разрушен на височина 7-8 m (фиг. 1).

### **3. Проучване и анализ на техническото и експлоатационното състояние на малки язовири на територията на Столична община**

През 2008г на авторите на доклада бе възложено да изготвят Програми за инспекция на язовири на територията на Столична община. Програми бяха изготвени за язовирите „Суходол – 2”, „Мрамор”, Мърчаево”, „Кремиковци” и „Сеславци”, които бяха изпълнени през 2009 г. Основните технически данни за тези язовири са поместени в таблица 1.

Таблица 1

Язовир Показател	Суходол-2	Мрамор	Мърчаево	Кремиковци	Сеславци
Височина на стената, м	11,50	4,70	7,00	7,00	7,70
Дължина по короната, м	183	390	199	750	1 000
Кота корона	657,05-658,22	526,70-527,03	770,83	601,00	643,58-643,74
Завирен обем, м <sup>3</sup>	220 000	683 700	70 000	150 000	511 500
Дължина на преливника, м	6,00	30,00	10,00		Ф400
Кота преливник	654,72	525,45	769,90		642,75
Дебит, м <sup>3</sup> /s	27,10	89,27	11,34		0,28
Преливна височина, м	2,41*	1,50*	1,07*		0,43
Клас на язовира	IV	III	III	IV	IV

При проучванията за всеки от язовирите бе извършено подробно геодезическо заснемане на стената, съоръженията и долния участък до 500 m след язовира, оценка на хидроложките условия и на размера на високите води, геоложко проучване и опробване на насипа, подводен оглед на изпускателните съоръжения, хидравлически изчисления за проверка на капацитета на преливника и основния изпускател, числен анализ на филтрацията и на устойчивостта на стената и хидравличен модел на заливаемите зони след язовира.

**Извод:** Хидравличните изчисления сочат, че при провеждане на проектната висока вълна водите ще прелеят през короните на язовирните стени „Суходол-2”, „Мрамор” и „Мърчаево”. Налага се полагане на допълнителен насип върху короната или изграждане на масивен парапет до необходимата кота.

### 3.1. Проверка на устойчивостта на язовирна стена „Суходол-2”

Устойчивостта на въздушния откос на стената, който преди години е формирал плитко хлъзгане е проверен за основни сили и при земетръс. Съпроводено е с излизане на депресионната крива на повърхността на откоса. Това е наложило частичен ремонт на откоса.

Филтрационният анализ с числен модел по МКЕ показва, че след рехабилитация на откоса депресионната повърхност остава съвсем близо до откоса, с опасност от излизане върху него.

Устойчивостта на откоса е проверена при следните геотехнически показатели за насипа:

- Обемна плътност 1,71 g/cm<sup>3</sup>
- Плътност, водонаситено състояние 1,81 g/cm<sup>3</sup>
- Обем на порите 0,49
- Ъгъл на вътрешно триене 15<sup>0</sup>
- Сцепление 43 kPa

Резултатите от изследванията показват, че за стабилитета са меродавни дълбоките хлъзгателни повърхнини през част от основата Откосът е устойчив със значителен запас. Коефициентите на сигурност при двете силови натоварвания  $K_0 = 2,095$  и  $K_s = 1,709$  са по-високи от нормативните за съоръжения от IV клас ( $K_0 = 1,10$  и  $K_s = 1,05$ ).

### **3.2. Хидравличен анализ и заливаеми зони в долния участък на язовир „Мрамор”**

Важен елемент в експлоатацията на язовирните стени, наред с най-важния проблем, осигуряване на статическата и експлоатационната сигурност на язовира и неговите съоръжения, е необходимостта да се оценят зоните застрашени от заливане и да се определят необходимите зони за обслужване на язовира (сервитути). Това са площите около язовира, до които да има безпрепятствен достъп с оглед пълноценно извършване на експлоатацията. За целта е разработен хидравличен модел на трансформацията на високата вълна след преливното съоръжение.

С проведените хидравлически изчисления с математическия модел HEC-RAS е установена пропускателната способност на преливното съоръжение и отводящия участък от реката след язовирната стена при проектно водно количество с обезпеченост 1% и е проверено за водно количество с обезпеченост 0,5%, като за съоръжение III клас.

Преливното съоръжение е в състояние да проведе изчислителните водни количества в рамките на съществуващите размери на преливника и бързотока, но в отводящия канал се наблюдава преливане през лявата дига на отвеждащия канал след язовирната стена. На фиг. 5 са очертани контурите на заливане в долния участък при преминаване на проектните високи води.

В резултат на изчисленията и с оглед ограничаване на заливаемите зони в долния участък на язовир „Мрамор” се препоръчва надграждане на лявата дига между профили 13 и 17 до кота 523,55 в участък от около 100 m.

При евентуално постъпване на по-високи водни количества от тези при проверочната обезпеченост 0,5% съществува опасност от недопустимо покачване на водното ниво в язовира и от преливане през короната на стената, която нормативно не се оразмерява за такива водни нива.

За определяне на запазените територии около язовира с цел осигуряване на безпрепятствен достъп до стената и съоръженията, ремонт и поддържане и превантивни мерки за гарантиране на сигурността на язовира в Р България се прилага „Наредба № 16 за сервитутите на енергийните обекти”, БСА бр.10/2008 г.

### **4. Инспекция на малки язовири в района на градовете Сливен и Котел**

В началото на 2012 г, след разрушаването на язовирна стена „Иваново” участвахме в състава на експертна група за оглед на едни от най-проблемните малки язовири в района на градовете Сливен и Котел. Посетени бяха язовирите „Калън дере” – община Котел, „Ябланово” в землището на с Ябланово, язовир „Станянци” – община Върбица, язовир „Развигорово” и язовир „Кору гьол” – с. Мокрен, община Котел.

Основните нарушения в експлоатацията на тези язовири са:

- Общински язовир „Калън дере” е на територията на военно поделение, обстоятелство което затруднява експлоатацията и поддържането на

- Язовирните стени, с изключение на тази на язовир „Станянци” са обрасли с многогодишна дървесна и храстова растителност. Достъпът до откосите на стената и до основния изпускател е силно затруднен и дори невъзможен в тежките зимни условия. Практически тези язовири са без надзор.
- Липсват планове за действие в аварийни ситуации. Не е осигурена евакуация на хора и животни при преливане и наводнение в долния участък на язовира.
- Преливните съоръжения са с намалена проводимост, което води до опасно повишение на водното ниво в язовира.
- Поради слягане на насипа в централната част на стената, короната е на кота по-ниска от максималното водно ниво в язовира. Категоричен е изводът, че при провеждане на проекната висока вълна ще настъпи преливане през короната. Това слягане не се контролира, няма изградена геодезическа мрежа за наблюдение, както и пиезометрична система за следене на нивото на депресионната повърхност в насипа и нивата на подземните води в прилежащите територии.
- На всички посетени язовири основните изпускатели не работят поради повредени затворни органи и/или затрупани с наноси входни шахти и решетки.
- В договорите с арендаторите не са залегнали категорични изисквания да поддържат язовирната стена и съоръженията в технически изправно и функционално състояние.
- Не се спазва изискването на Наредба № 13 [2] собственикът на язовира да поддържа проводимостта на речното корито на отстояние 500 м след язовира.

Като цяло малките язовири в Р България са в незадоволително техническо състояние, провежданата техническа експлоатация, наблюдения и измервания не съответстват на нормативните изисквания, поради което редица от тях са реално опасни за хора, животни, инфраструктура и околна среда.

С оглед на това заключение и за повишаване на сигурността на стените и съоръженията в екстремни ситуации (провеждане на високи води при проливни дъждове и снеготопене, земетръс, съсредоточена филтрация, пукнатини, хлъзгане на откосите и др.), спиране на процесите на стареене на конструктивните материали и повишаване на експлоатационната надеждност на язовирите е необходимо да се изпълнят редица мероприятия за инспекция и рехабилитация.

## **5. Програма за инспекция и рехабилитация**

На базата на посещение, оглед и анализ на състоянието на над 20 малки язовири предлагаме следната програма за инспекция и рехабилитация на малки язовири:

1. Отстраняване на многогодишната растителност по откосите на язовирните стени.
2. Геодезическо заснемане на язовирната стена, съоръженията, язовирното езеро и долния участък до 500 m след стената.

3. Водолазен оглед на водовземната шахта и основния изпускател или оглед след изтакане на язовира.
4. Актуализиране на геометричните размери на стената и съоръженията. Изготвяне на екзекутивни чертежи.
5. Изготвяне на ключови криви на заляти площи и завирени обеми на язовира.
6. Актуализиране на хидроложката информация, преценка на размера на високите води и пропускната способност на преливното съоръжение.
7. Проектиране и изграждане на КИС.
8. Изготвяне на „Инструкция за експлоатация и поддържане на язовирната стена и прилежащите ѝ съоръжения”.
9. Изготвяне на „Програма за технически контрол (наблюдения и измервания) на състоянието на стената и съоръженията”, вкл.сягане на стената, нива на депресионната повърхност, деформации на съоръженията, водни нива в язовира, химичен и биологичен състав на водата.
10. Създаване и поддържане на регистър на язовира с цялата техническа документация.
11. В съответствие с чл.24 и чл.121 “Наредба №13 от 29.01.2004 г. за условията и реда за осъществяване на техническата експлоатация на язовирните стени и съоръженията към тях” собственикът организира и провежда пролетен и есенен технически прегледи на състоянието на язовира с пробни манипулации на механизмите.
12. Изследване на проводимостта на речното корито и заливаемите зони по поречието след язовира.
13. Ежегодна актуализация на съществуващия „Аварийен план за действие при екстремни и аварийни ситуации” съгласуван с органите за защита на населението.

## **6. Изводи и заключения**

В настоящата публикация се акцентира на проблемите свързани с дългогодишната експлоатация на малките язовири. По-важните изводи и препоръки са:

1. Създадената в Р България нормативна база за проектиране, строителство и експлоатация на хидротехническите съоръжения трябва да се осъвременява, развива и синхронизира с европейските норми.
2. На средствата, необходими за експлоатация и рехабилитация на язовирите и техните съоръжения трябва да се гледа като на инвестиция за сигурност, при липса на която се нанасят значителни щети на собствениците и на обществото.
3. Осигуряването на безопасна експлоатация и поддържане на съоръженията в добро състояние е задължение на собствениците на язовирите и упълномощените от тях експлоатационни звена.
4. В договорите между Собственик и Арендатор задължително да се записват ясни изисквания и отговорности на страните за състоянието на язовирите.

5. Въвеждането в експлоатация да става след назначаване на обучен експлоатационен персонал (чл.17 от Наредба № 4/13).

6. За началници на язовирните райони да се назначават компетентни специалисти – хидротехници, които могат да се грижат за няколко малки язовири в района.

7. В най-кратки срокове да се възстановят и актуализират системите за измерване и контрол на състоянието на малките язовири.

8. Експлоатацията на всички язовири (големи и малки) да се извършва съгласно Проект за експлоатация и поддържане, Програма за технически контрол и Инструкции за експлоатации на съоръженията.

9. Да се спазва изискването на Наредба №4/13 за извършване на технически преглед на стената и съоръженията – два пъти годишно, пробни манипулации на затворни органи и механизми – два пъти годишно, водолазен оглед на подводните части – веднъж на 5 години.

10. Периодично да се актуализира оценката на състоянието на язовирните стени и съоръженията на базата на актуална хидроложка информация, настъпили промени в сеизмичната информация, промени в качествата на основата, насипа, бетона и конструкцията, промени в антропогенната дейност и резултатите от измерванията и оценка на работата на КИС.

11. За всеки обект да се създаде и поддържа база данни за всяко съоръжение.

Като допълнение към горните изводи, необходимо е собствениците на малки язовири ежегодно да попълват и представят в басейновите дирекции анкетни карти по образец с данни за проведените дейности по контрол на състоянието и гарантиране на сигурността на язовира.

## Литература:

1. Норми за проектиране на хидротехнически съоръжения. Основни положения. БСА, бр.11/1985г.
2. Наредба №4/13 за условията и реда за осъществяване на техническата експлоатация на язовирните стени и съоръженията към тях. БСА, бр.3/2004г.
3. Тошев, Д. Състояние на язовирните стени в Р. България. Сп. „БУЛАКВА”, бр. 3, 2004.
4. Toshev D. Dams in Bulgaria: past, present and future. *The International Journal on HYDROPOWER&DAMS*, v.15, issue 2, 2008, pp. 52-57.
5. Тошев, Д. Язовирите и наводненията. Сп. „Енергетика”, бр.7, 2005.
6. Тошев, Д. Насипните язовирни стени в България – настояще и перспективи. Сп. „Водно дело”, 5/6, 2007.



Фиг.1. Язовир "Еленово" – състояние на въздушния откос след преливане през короната



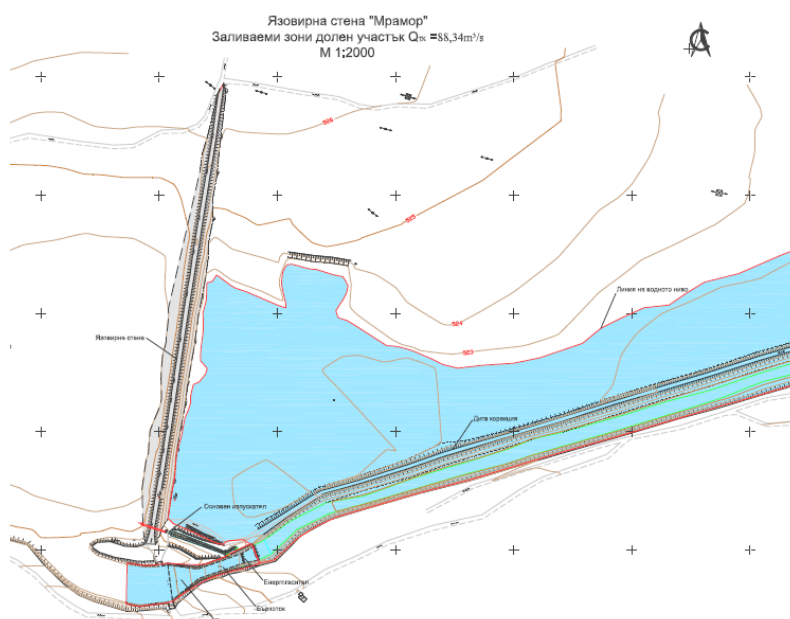
Фиг.2. Преустроен преливник на язовир "Росина"



Фиг. 3. Повреди по язовирна стена „Росина“



Фиг.4. Разрушен бързоток на язовир "Росина"



Фиг. 5. Заливаеми зони след язовир «Мрамор»



Фиг. 6. Повреди по язовирна стена „Кертелия“



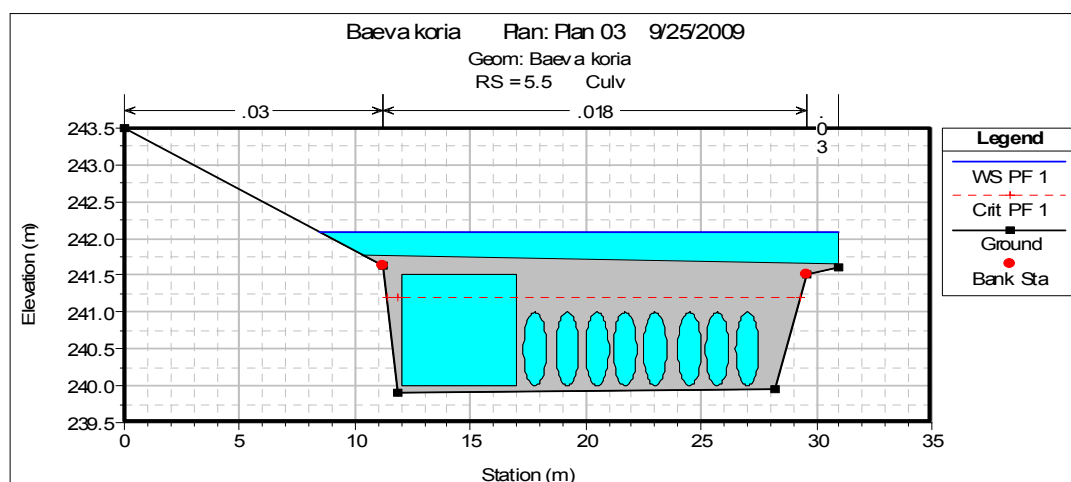
Фиг.7. Повреди по язовирна стена „Кертелия“



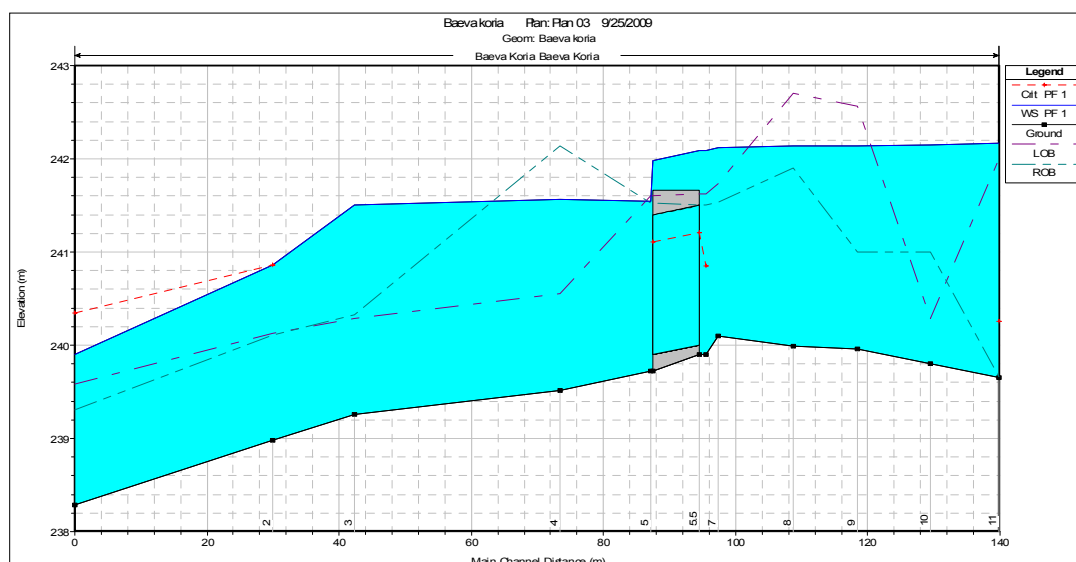
Фиг. 8. Преустроен преливник язовир „Баева кория“



Фиг.9. Разрушен бързоток на язовир “Баева кория”



Фиг. 10. Хидравлично действие на преливника на язовир „Баева кория“



Фиг. 11. Хидравлично действие на преливника на язовир „Баева кория”



Фиг. 12. Язовирна стена „Иваново” – скъсана на 06.02.2012 ч