



УНИВЕРСИТЕТ
ПО АРХИТЕКТУРА
СТРОИТЕЛСТВО
И ГЕОДЕЗИЯ



ХИДРАВЛИЧНО МОДЕЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРЕМИНАВАНЕТО НА КАТАСТРОФАЛНА ВЪЛНА ПРЕЗ УРБАНИЗИРАНА ТЕРИТОРИЯ

инж. Ивайло Кукурин



БЪЛГАРСКА
АСОЦИАЦИЯ ПО
ВОДИТЕ



НТИ
BULGARIA



Математическо моделиране на разпространението на катастрофални вълни

- 1 - D базирани модели
- 2 - D базирани модели
- 3 - D базирани модели



Математическо моделиране на разпространението на катастрофални вълни

- Стационарно течение

Профилите на водната повърхност се изчисляват от едно напречно сечение до друго чрез решаване на енергийното уравнение:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$



Стационарно течение

- Определяне Коефициента на Манинг n
- Определяне на Средна Кинетична Енергия
- Определяне на загубите от триене по дължина
- Определяне на загубите от стеснение и разширение



Нестационарно течение

Основните действащи закони при разглеждане на нестационарно течение:

- Закон за запазване на масата (непрекъснатост) *разликата между втичащото и изтичащото водно количество трябва да е равна на изменението на контролния обем*
- Законът за запазването на количеството движение *разликата между втичащото и изтичащото количество движение е равна на сумата от действащите външни сили.*



Нестационарно течение

- Уравнение за непрекъснатост

- входния поток може да бъде изразен чрез:

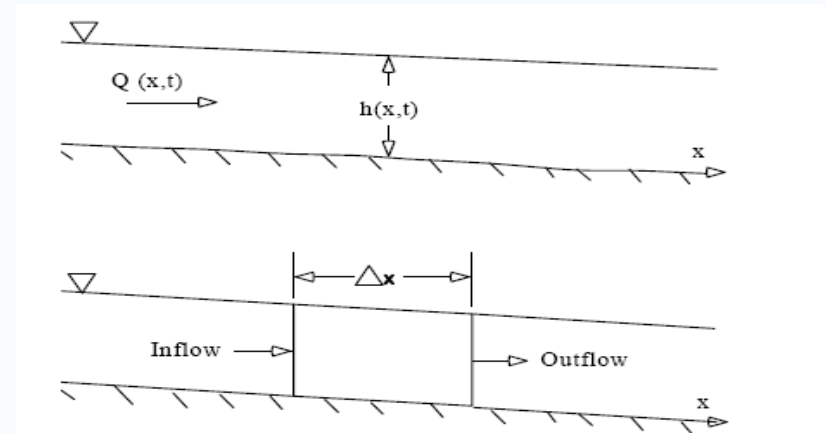
$$Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

- Количеството на изходния поток е:

$$Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

- изменението на обема е:

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} \Delta x$$



Окончателен вид на уравнението за непрекъснатост:

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_1 = 0$$



Нестационарно течение

- **Уравнение на количеството движение**

Общ вид :

$$\sum F_x = \frac{d\vec{M}}{dt}$$

Вземат се предвид 3 основно действащи сили:

1. сила на натиск
2. земно притегляне
3. сила на триене.



Еднодименсионални модели

Отчитане влиянието на сгради:

- Представяне като препятствия в напречните профили – редуциране на светло сечение
- Представяне чрез обобщен коефициент на грапавина за цялото напречно сечение



Еднодименсионални модели

Предимства

- Прости, подлежат на лесна автоматизация
- Много подходящи за речни топографии, които са предимно еднодименсионални;
- Използване при големи речни системи;
- Кратко изчислително време (1D:2D)
- Подходящи за дълги речни участъци или канали;
- Много удобни при моделиране на преминаване на течението през съоръжения.

Недостатъци

- Използване само при предварително известен път на водата;
- Невъзможност за отразяване на някои особености на течението – напр. хоризонтално и вертикално разпределение на скоростите в сечението, вторични течения при движение в крива, респ. напречен наклон на водната повърхност



Двудименсионални модели

Най – широко използваната изчислителна схема в съвременните 2D модели се основава на усреднените по дълбочина уравнения на Reynold

(Уравнения на St.– Venant)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hU)}{\partial x} + \frac{\partial(hV)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial(hU)}{\partial t} + \frac{\partial(hUU)}{\partial x} + \frac{\partial(hVU)}{\partial y} = \frac{\partial(hT_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(hT_{xy})}{\partial y} - gh \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho}$$

$$\frac{\partial(hV)}{\partial t} + \frac{\partial(hUV)}{\partial x} + \frac{\partial(hVV)}{\partial y} = \frac{\partial(hT_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial(hT_{yy})}{\partial y} - gh \frac{\partial z}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho}$$



Двудименсионални модели

Най-често използваните методи за числено интегриране на горните уравнения са :

- метод на крайните разлики
- метод крайните обеми
- метод на крайните елементи



Двудименсионални модели

Предимства

- Много ефективни при наличие на достатъчно и подробна входна информация;
- Компоненти на скоростта по двете основни посоки в равнината, точно положение на водното ниво и дълбочината във всяка точка на изчислителната мрежа;
- Добро пресъздаване на промените на параметрите на течението по ширина на речното корито;
- Много подходящи при профили с неравномерно разпределение на параметрите на течението;
- Пресмятане на сложни задачи;
- Много добри възможности за визуализация и представяне на получените резултати.

Недостатъци

- Дълго изчислително време
- Необходим е дигитален модел на терена с висока точност
- Необходимост от данни за пространствените вариации в коефициента на грапавина
- Невъзможност за отчитане на всички особености на течението – напр. разпределение на скоростите във вертикала
- изискват високо квалифицирани специалисти



Изследване на наводнения в урбанизирани територии

- Използване на по-високи коефициенти на грапавина
- Изключване на 2 - D елементи
- Използване на коефициенти за повишаване на загуби на енергия (загуби от форма)
- Моделиране на външните стени (отвори с цел водата да навлезе във вътрешността)
- Моделиране на сградите като „порьозни“ (Частично изключване на странични 2д елементи с цел да се симулира най-коректно контракциите на потока преминавайки покрай сградите).



Принципи за представяне на сградите при моделиране

- **Увеличаване на грапавината**

Увеличаването на грапавината е един от най-използваните методи за представяне на загубите на енергия на преминаващото покрай сгради течение.

Големият проблем при използването на този метод е избора на подходящ коефициент. За урбанизирани територии в литературата се наблюдават данни за широк диапазон от коефициенти от 0,05 до 20,0 .



Принципи за представяне на сградите при моделиране

- Изключване на 2 - D елементи

Той е най-ефективен и подходящ, когато сградите са така проектирани и изградени, че в тях няма отвори и предпоставки за проникване на води.

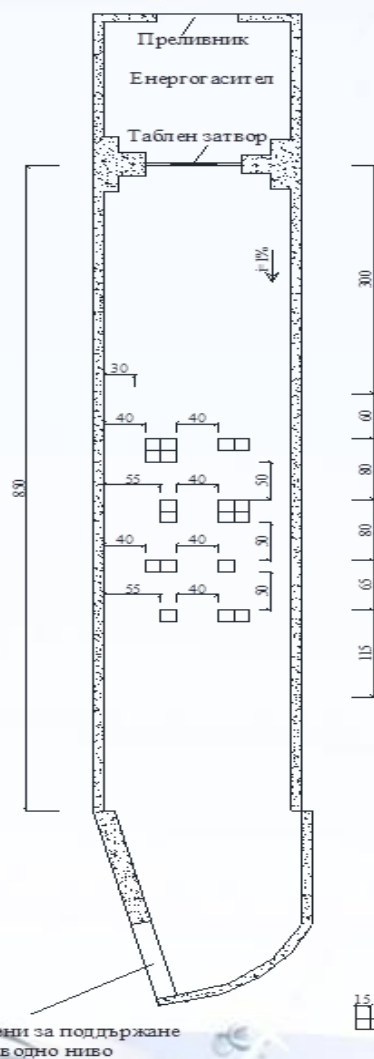
Трябва да се има предвид, че в урбанизирани територии често се срещат и търговски сгради (както и жилищни), при които е наличен и подземен паркинг, като по този начин се допринася допълнително за акумулиране на водни обеми в самите сгради.

Друг проблем, свързан с изключване на елементи е, че ще има "дупки" в резултатите от 2D модел, а нивото на наводнения ще трябва да се интерполира от околните нива, което дава големи неточности при оценка на щетите от наводненията.



Физически модел

Сценарий 1



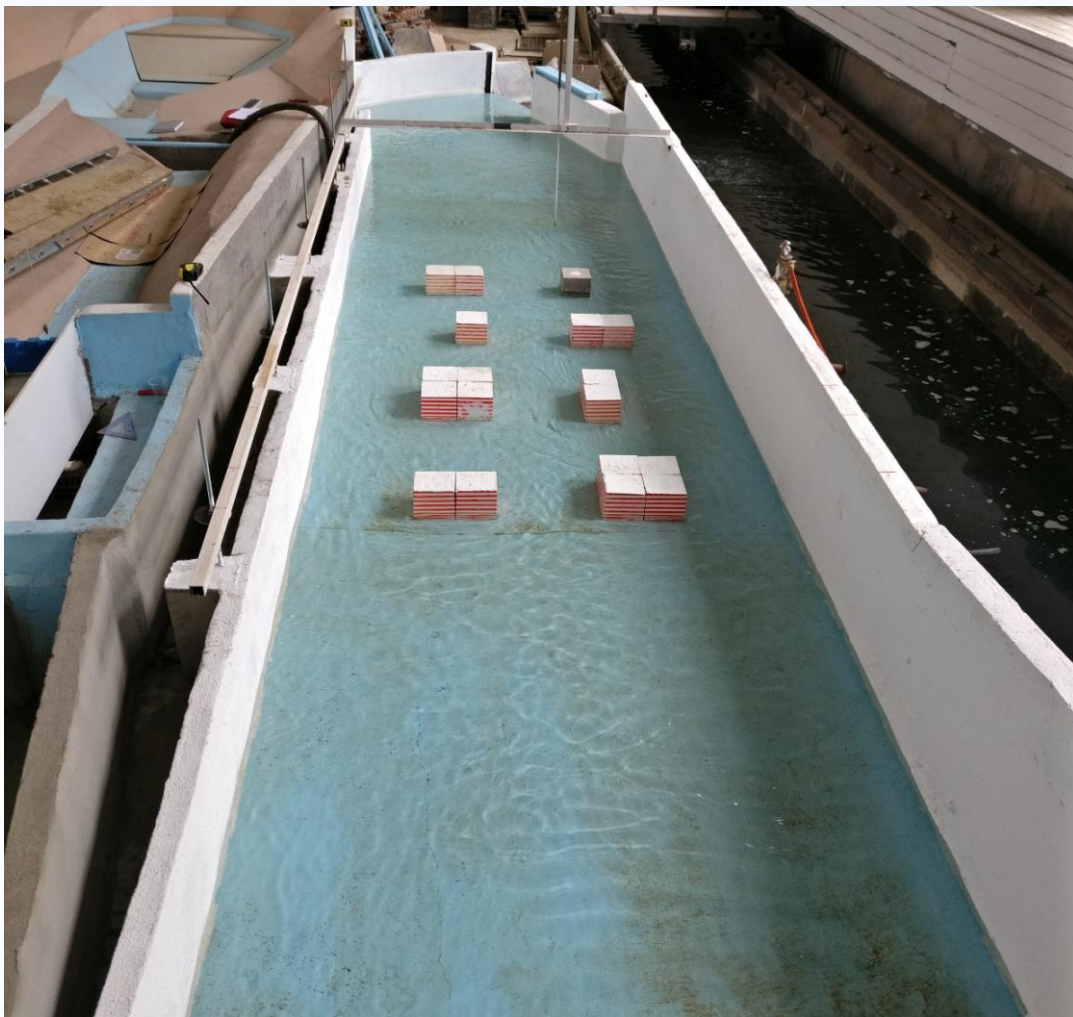
ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Дължина : $L = 8,50 \text{ m}$
- Широчина $B = 1,80 \text{ m}$
- Височина на оградна стена : $H = 0,60 \text{ m}$
- Надлъжен наклон $i = 1 \%$
- Размер на единично препятствие $b/h=15/15 \text{ cm}$

Основна цел:

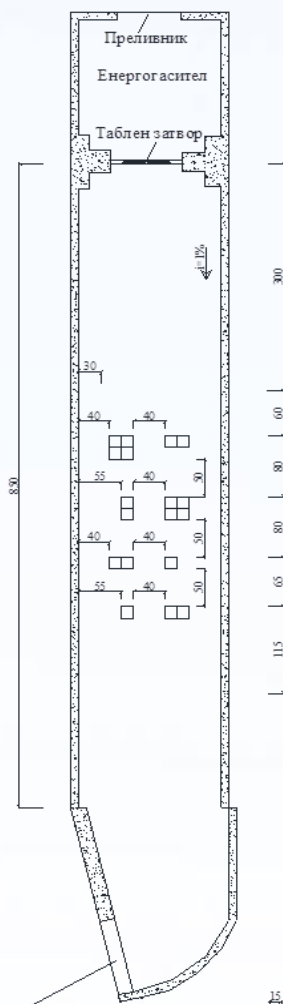
Измервания за калибриране на
математическия модел

Физически модел



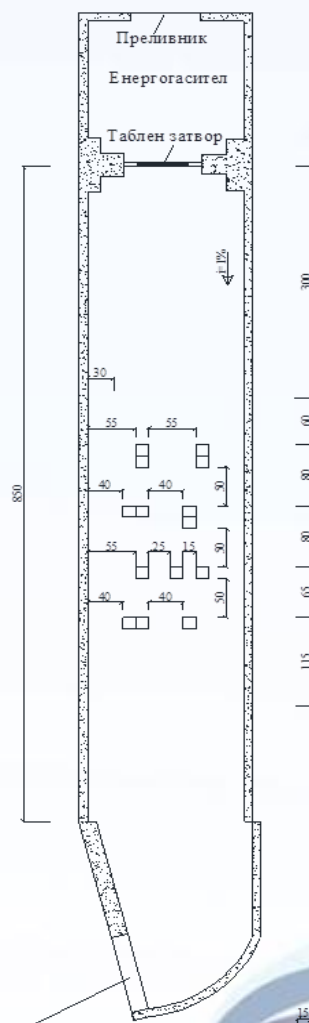
Физически модел

Сценарий 1



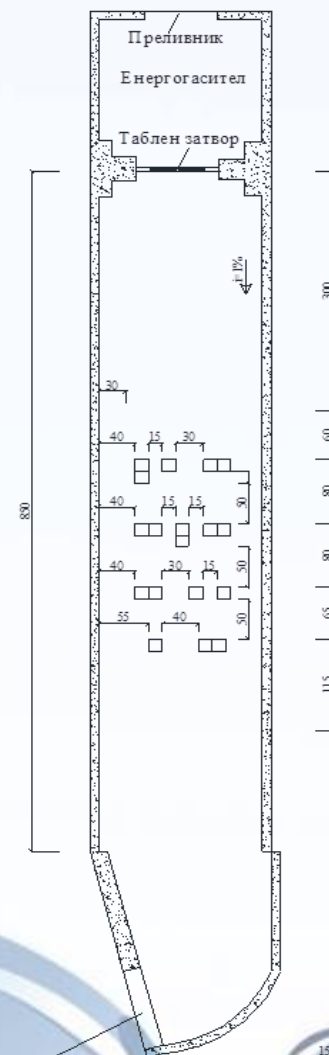
Дамбалкени за поддържане на долно водно ниво

Сценарий 2



Дамбалкени за поддържане на долно водно ниво

Сценарий 3

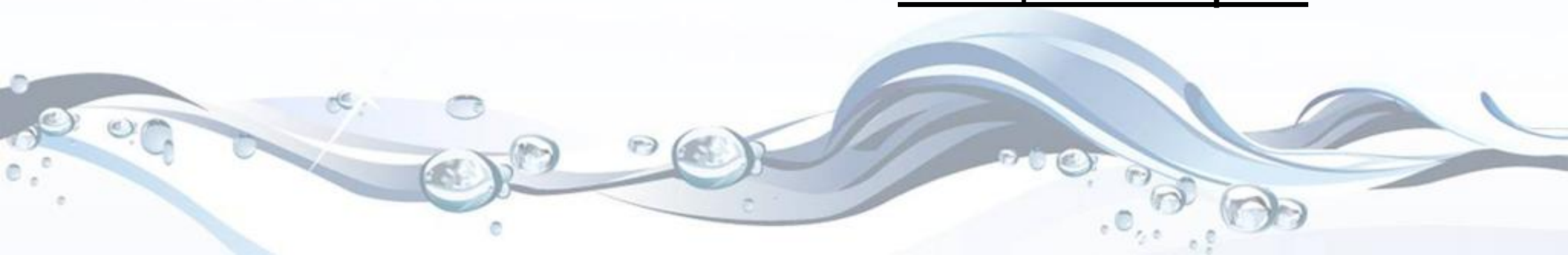


Дамбалкени за поддържане на долно водно ниво

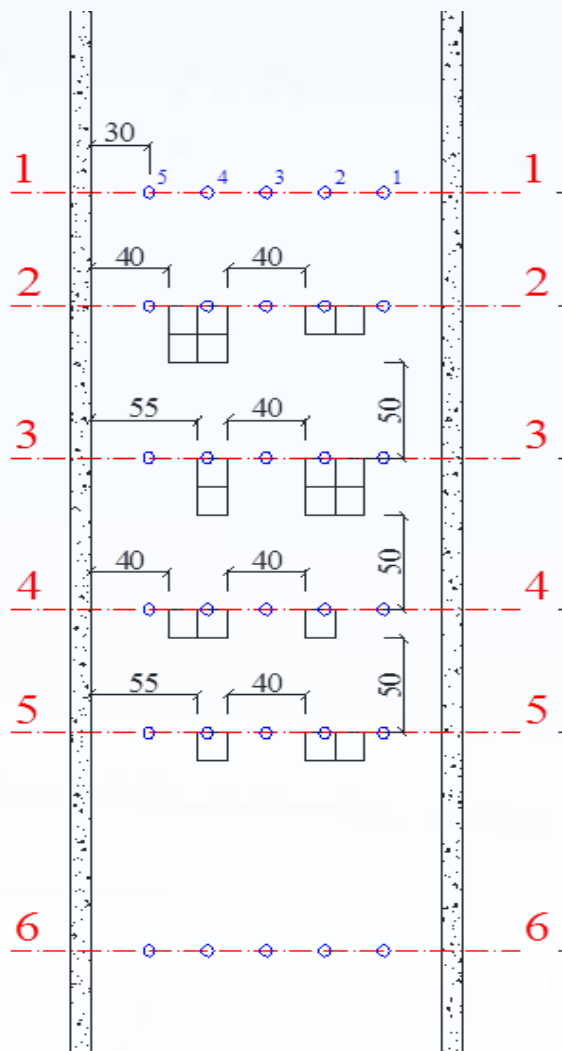
Измервания

		Работна програма								
		Сценарий 1			Сценарий 2			Сценарий 3		
		<u>Долно водно ниво</u>			<u>Долно водно ниво</u>			<u>Долно водно ниво</u>		
		cm			cm			cm		
		h ₁	h ₂	h ₃	h ₁	h ₂	h ₃	h ₁	h ₂	h ₃
Водни количества l/s	Q ₁ 25 l/s	6,3	10,3	12,7	6,3	10,3	12,7	6,3	10,3	12,7
	Q ₂ 15 l/s	4,4	8,8	11,2	4,4	8,8	11,2	4,4	8,8	11,2
	Q ₃ 10 l/s	3,3	7,2	9,7	3,3	7,2	9,7	3,3	7,2	9,7

Общо: 27 броя



Сценарий 1



Измервания

- **6 бр.** – напречни профила
 - **5 бр.** – надлъжни профила
 - **Измервания на всеки краен пункт**
-
- **Общ брой еднинични измервания - 60**
 - **Общ брой измервания – над 550**

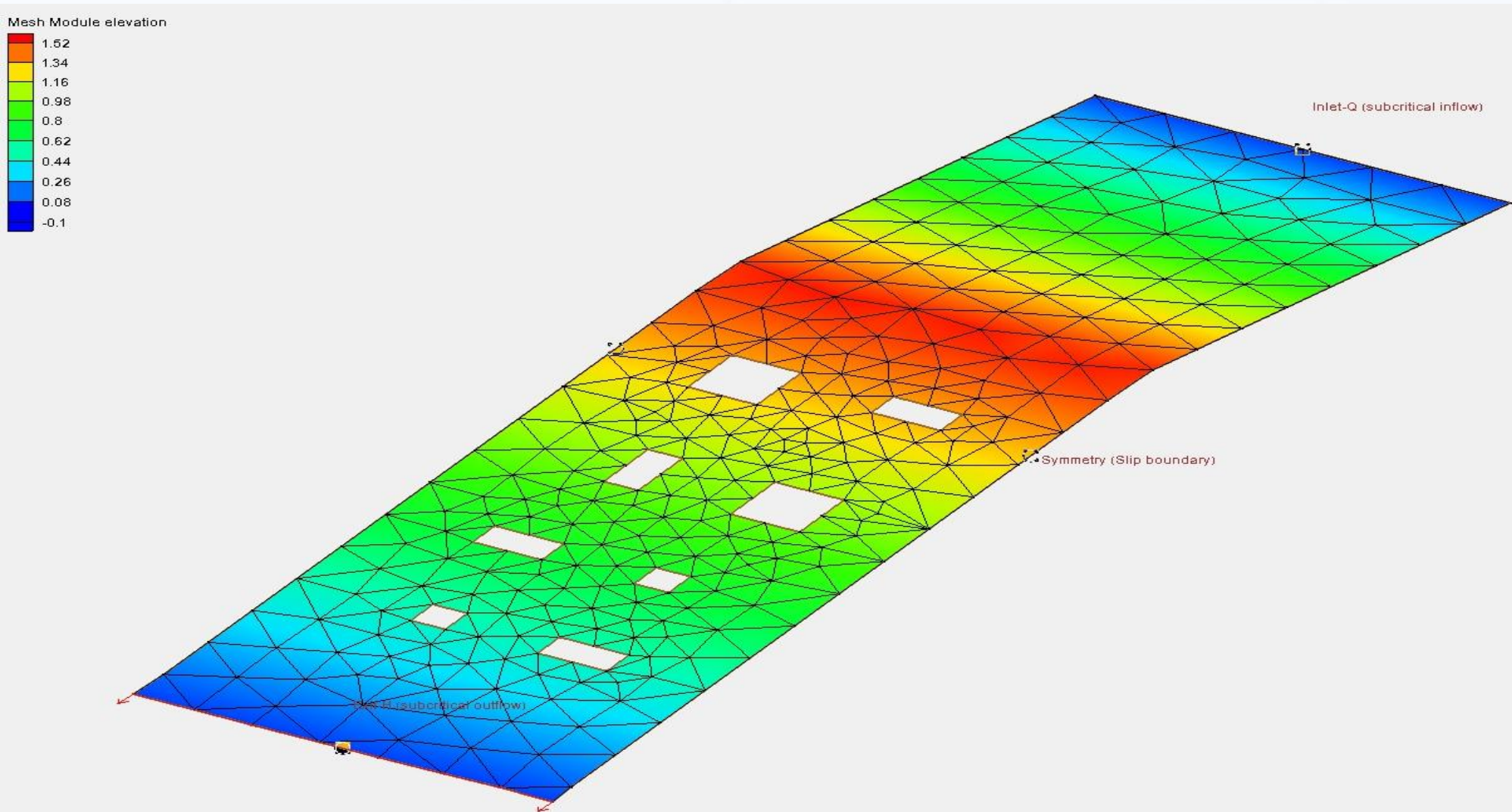
Измервания

mm				СЦЕНАРИЙ 1												
				Профил 2												
				т.1	т.2	т.3	т.4	т.5	Къща 1 - краен пункт				Къща 2 - краен пункт			
г.Ляво	г.Дясно	д.Дясно	д.Ляво						г.Ляво	г.Дясно	д.Дясно	д.Ляво				
Водни количества	Q ₁	Долно водно ниво	h=7													
			h=5													
			h=0													
	Q ₂	Долно водно ниво	h=7													
			h=5													
			h=0													
	Q ₃	Долно водно ниво	h=7													
			h=5													
			h=0													



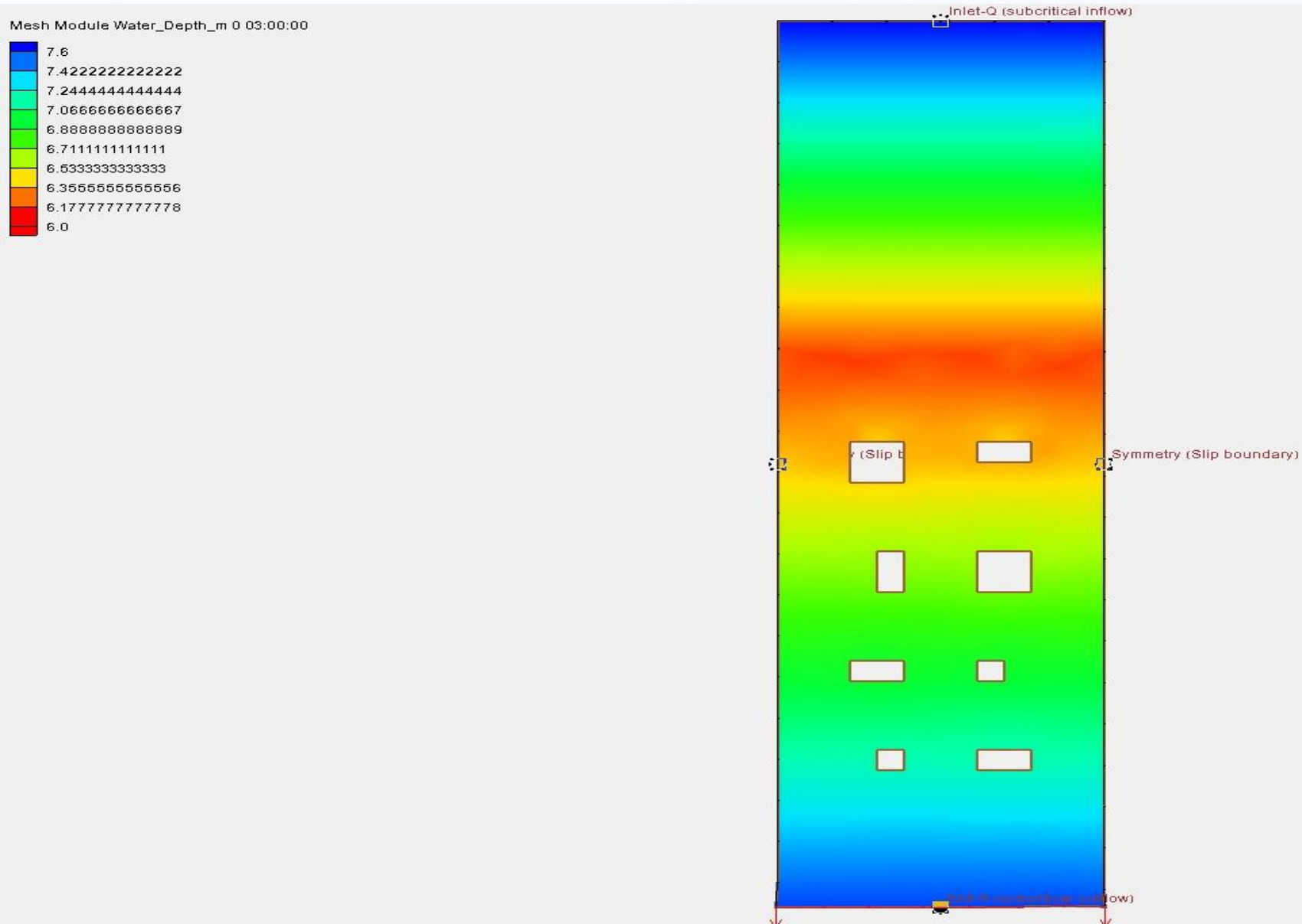
Математически модел

Моделиране на дъно



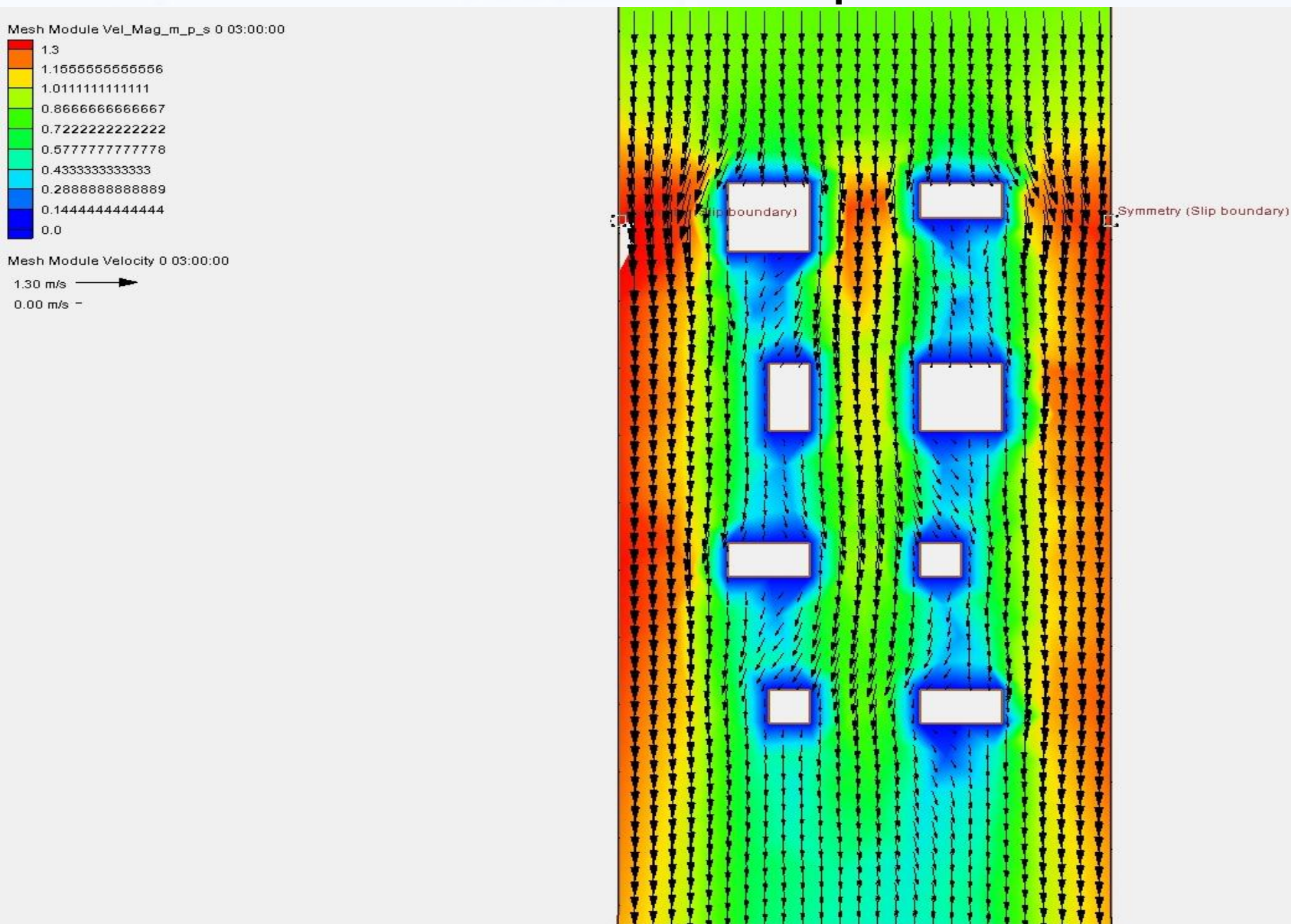
Математически модел

Дълбочини



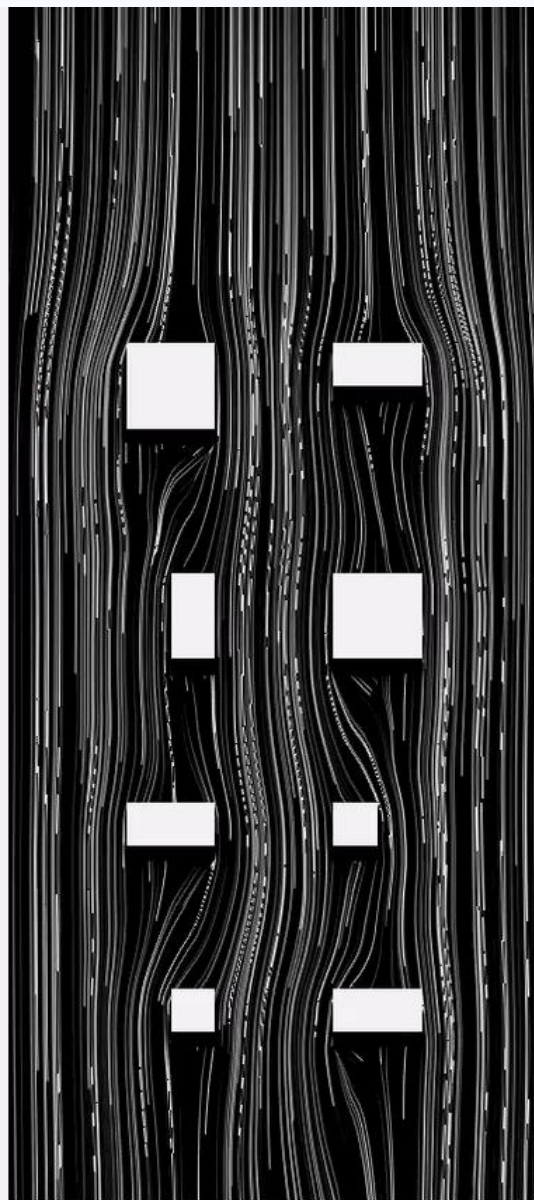
Математически модел

Скорости



Математически модел

Токови линии



Благодаря за вниманието!

