



Κυπριακή Δημοκρατία



ΤΜΗΜΑ  
ΑΝΑΠΤΥΞΕΩΣ ΥΔΑΤΩΝ  
[www.moa.gov.cy/wdd](http://www.moa.gov.cy/wdd)

**Ενημερωτική Ημερίδα  
για τους Χάρτες Επικινδυνότητας και τους Χάρτες Κινδύνου  
Πλημμύρας**

# **Μεθοδολογία Υδραυλικής Προσομοίωσης Υδραυλικά Μοντέλα – Υπολογισμός Πλημμυρικών Βαθών και Έκτασης Πλημμύρας**

**Νικόλαος Γουργουλέτης,  
Dipl., MSc., PhD c. National Technical University of Athens , Z&A A.M.E.  
17 Μαΐου 2023, Λάρνακα**



ECOS ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Α.Ε



**Z&A Π.ΑΝΤΩΝΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ ΑΝΩΝΥΜΗ  
ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ**

# Υδραυλική Προσομοίωση

## Ορισμός:

- ❖ Διαδικασία προσομοίωσης της ροής του νερού
  - σε ποτάμια, ρέματα, λίμνες κ.ά. δυνητικές περιοχές ροής νερού
  - με χρήση μαθηματικών εξισώσεων και υπολογιστικών προγραμμάτων
  - εφαρμόζεται σε αντιπλημμυρικές μελέτες, στην αξιολόγηση νέων και υφιστάμενων υδραυλικών έργων

## Βασικές Αρχές:

- ❖ Εξίσωση Συνέχειας
  - Εισερχόμενο νερό = Εξερχόμενο νερό
- ❖ Εξίσωση Ορμής
  - Υπολογισμός της κίνησης και της κατεύθυνσης του νερού σύμφωνα με το σύνολο των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό
- ❖ Εξίσωση Ενέργειας
  - Υπολογισμός της στάθμης και της ενέργειας ροής του νερού

## Λογισμικό HEC-RAS:

- ❖ Hydrologic Engineering Center – River Analysis System
- ❖ Δωρεάν λογισμικό με ελεύθερη πρόσβαση
- ❖ Δυνατότητες:
  - Μονοδιάστατη υδραυλική προσομοίωση
  - Δισδιάστατη υδραυλική προσομοίωση
  - Συνδυασμένη μονοδιάστατη / δισδιάστατη υδραυλική προσομοίωση
  - Υδραυλική προσομοίωση μεταφοράς φερτών υλών
  - Προσομοίωση ποιοτικών χαρακτηριστικών νερού



## Επιμέρους εργαλεία - λειτουργίες:

### ❖ Επιμέρους εργαλεία / λειτουργίες:

- Γραφικό περιβάλλον χρήστη (GUI)
- Διαφορετικές επιλογές επίλυσης υδραυλικών προσομοιώσεων
- Ενσωματωμένο Γεωχωρικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) – Ras Mapper
- Δυνατότητες οπτικής και πινακοποιημένης επισκόπησης αποτελεσμάτων



# Στοιχεία Υδραυλικών Μοντέλων

## Γεωμετρία:

- ❖ Πού και πώς προσομοιώνεται ροή νερού;
- ❖ Τι εμπόδια συναντάει η ροή του νερού;
- ❖ Πώς μπορεί να κινηθεί το νερό;

## Μεταβλητές εισόδου:

- ❖ Ποια η ποσοτική και χρονική κατανομή του νερού στην περιοχή ενδιαφέροντος;
- ❖ Ποιες οι συνθήκες ροής στην έξοδο του υδραυλικού μοντέλου;

## Πλάνο προσομοίωσης:

- ❖ Ποια η απαιτούμενη χρονική ανάλυση της προσομοίωσης και των αποτελεσμάτων;
- ❖ Ποιες οι αποδεκτές αβεβαιότητες στους υπολογισμούς;

# Κατάρτιση Υδραυλικών Μοντέλων

## Περιοχές Υδραυλικής Προσομοίωσης:

- ❖ ΠΔΣΚΠ 20-38 (Περιοχές 2<sup>ου</sup> ΣΔΚΠ)
  - Τρία σενάρια καταιγίδας
  - Ένα σενάριο κλιματικής αλλαγής και μεταβολής χρήσεων γης για το έτος 2080
- ❖ ΠΔΣΚΠ 01 & 09 (Περιοχές 1<sup>ου</sup> ΣΔΚΠ)
  - Αναθεώρηση υδραυλικών μοντέλων και υδραυλική προσομοίωση τριών σεναρίων καταιγίδας
  - Σενάριο κλιματικής αλλαγής και μεταβολής χρήσεων γης για το έτος 2080
- ❖ Υπόλοιπες ΠΔΣΚΠ 1<sup>ου</sup> ΣΔΚΠ
  - Σενάριο κλιματικής αλλαγής και μεταβολής χρήσεων γης για το έτος 2080

# Γεωμετρία Υδραυλικού Μοντέλου

## Επιλογή Μονοδιάστατης ή Δισδιάστατης Ανάλυσης:

- ❖ Συνδυασμός 1D – 2D Επίλυσης
  - 1D - Κατά μήκος της κύριας κοίτης των ποταμών
  - 2D ανάλυση στο πλημμυρικό πεδίο → Αναλυτική διόδευση στο πλημμυρικό πεδίο
- ❖ Χρήση πεπλεγμένου αλγορίθμου πεπερασμένων όγκων – 2D επίλυση
  - Τήρηση Εξίσωσης Συνέχειας
- ❖ Συνδυασμός περιοχών μονοδιάστατης και δισδιάστατης ανάλυσης
  - Ανταλλαγή υδάτινων όγκων μεταξύ κύριας κοίτης και πλημμυρικού πεδίου και υπολογιστική σταθερότητα
- ❖ Υψηλή ανάλυση υπολογισμών και αποτελεσμάτων
  - Λαμβάνονται υπόψη οι διαφοροποιήσεις τοπογραφίας στο εσωτερικό κάθε κελιού
- ❖ Προηγμένες δυνατότητες παραγωγής χαρτών

# Γεωμετρία Υδραυλικού Μοντέλου: Δεδομένα

## 4. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

Vizakotos kai Kalogeros\_CU\_1\_USC



Vizakotos kai Kalogeros\_CU\_1\_DSC



Vizakotos kai Kalogeros\_CU\_1\_USF



Vizakotos kai Kalogeros\_CU\_1\_DSF





# Γεωμετρία Υδραυλικού Μοντέλου: Διαμόρφωση

1/2

## Δημιουργία Διατομών ποταμού:

- ❖ Κάθετες στον άξονα ροής
- ❖ Απόσταση μεταξύ διατομών: 30m - 50m – Δυνατότητα πύκνωσης
- ❖ Ενσωμάτωση θέσεων – σημείων αλλαγής χαρακτηριστικών ποταμού

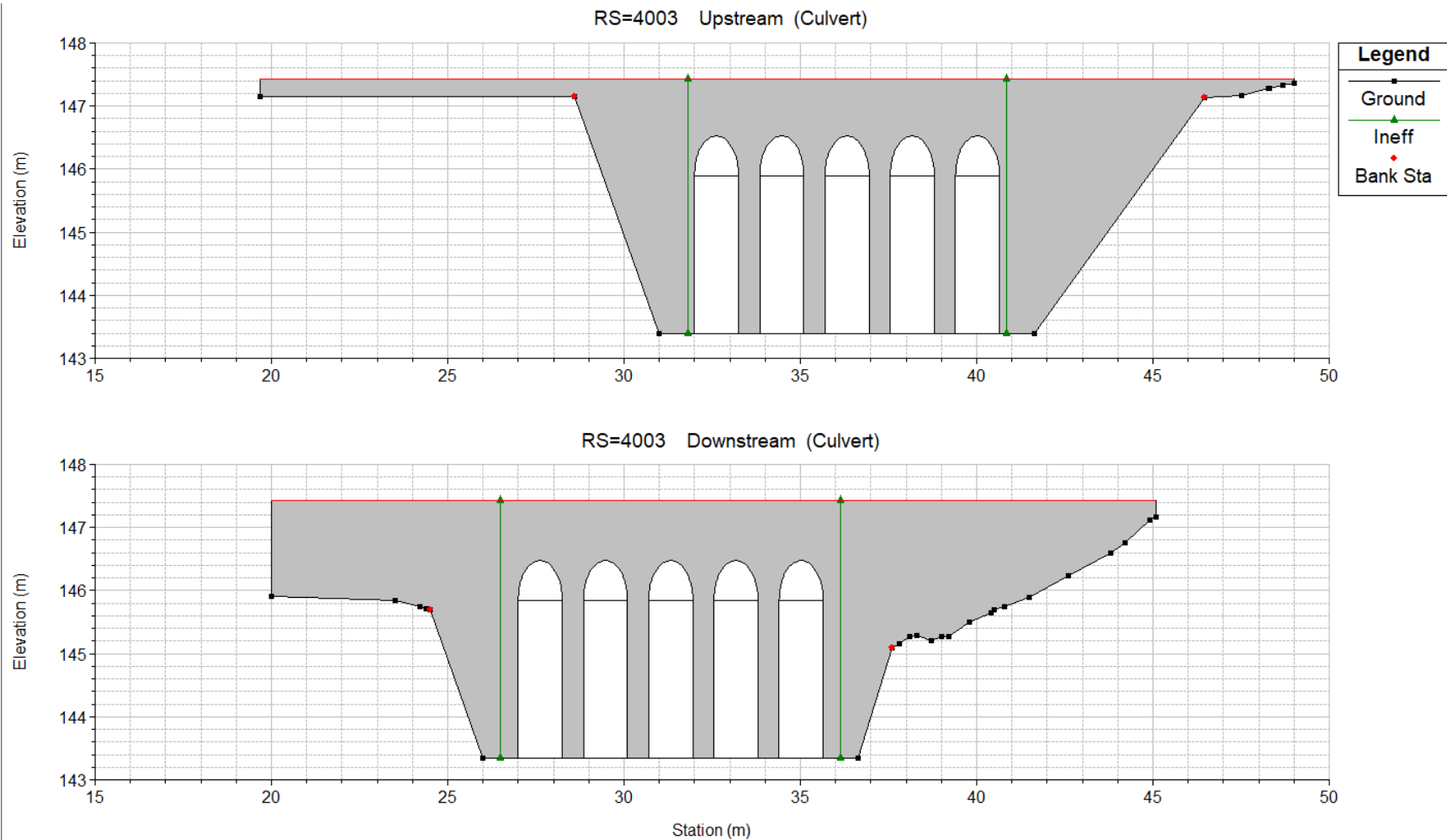
## Καθορισμός δισδιάστου πεδίου:

- ❖ Σύνδεση με μονοδιάστατη περιοχή μέσω πλευρικών υπερχειλιστών
- ❖ Επιλογή διαστάσεων κελιών υπολογισμού
  - Δυνατότητα διαμόρφωσης περιοχών με διαφορετικές διαστάσεις κελιών ανάλογα τις χρήσεις γης ή και την απόσταση από τον ποταμό
  - Ισορροπία μεταξύ υπολογιστικού φόρτου και χωρικής ανάλυσης υδραυλικών επιλύσεων

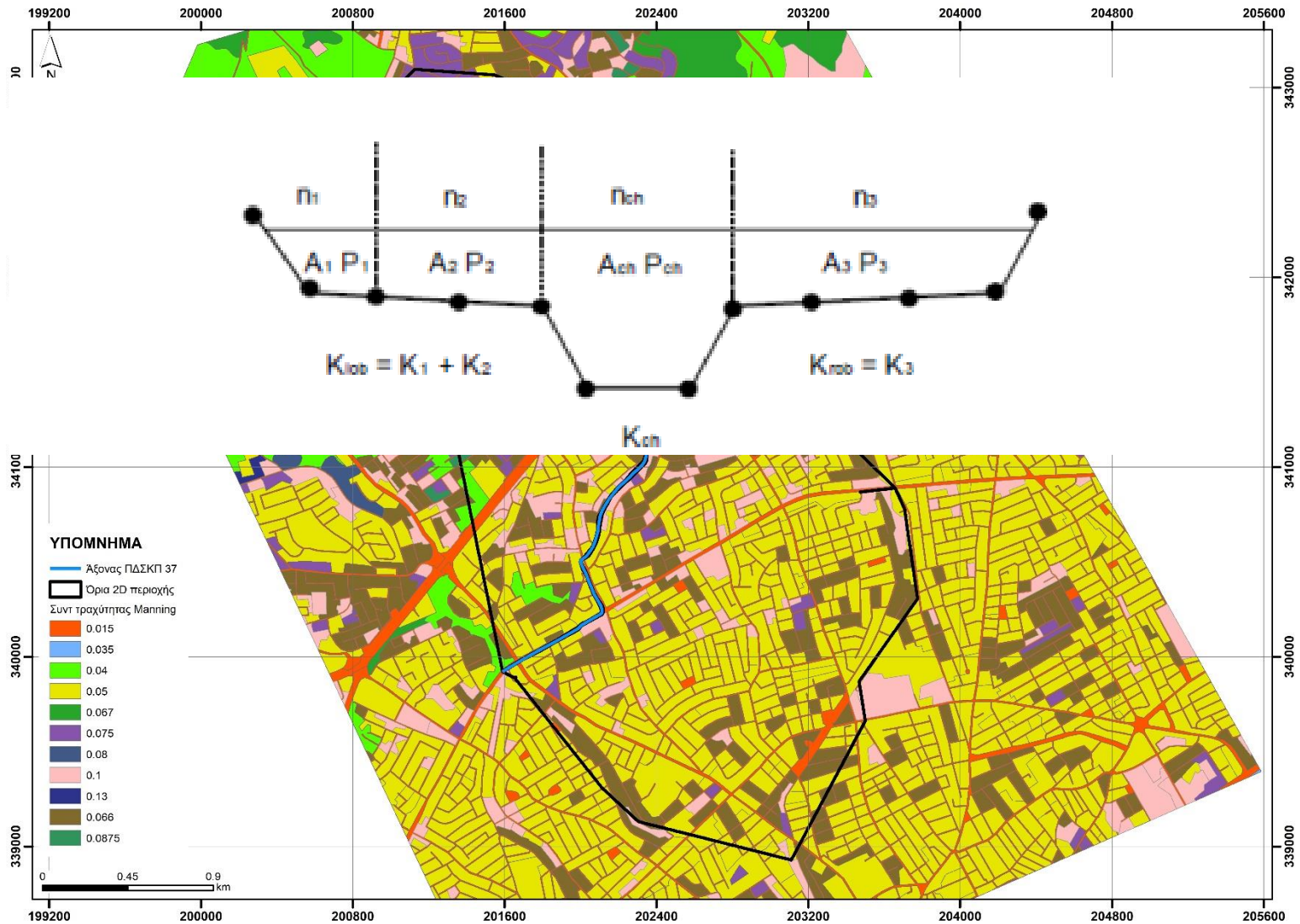
# Γεωμετρία Υδραυλικού Μοντέλου: Διαμόρφωση

2/2

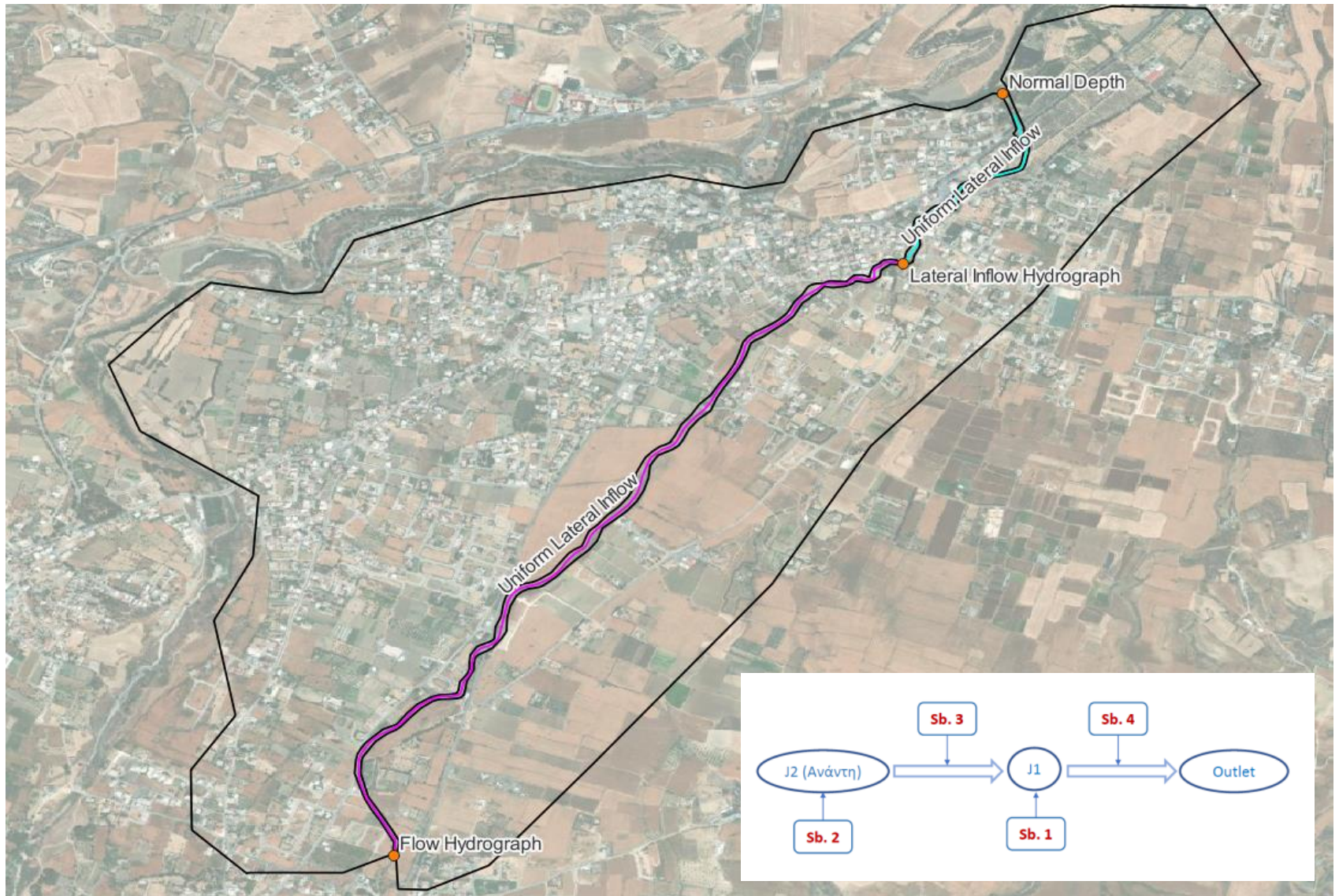
## Εισαγωγή Τεχνικών Έργων:



# Γεωμετρία Υδραυλικού Μοντέλου: Συντελεστές απωλειών



# Μεταβλητές Εισόδου



# Πλάνο προσομοίωσης

## Χρονική ανάλυση:

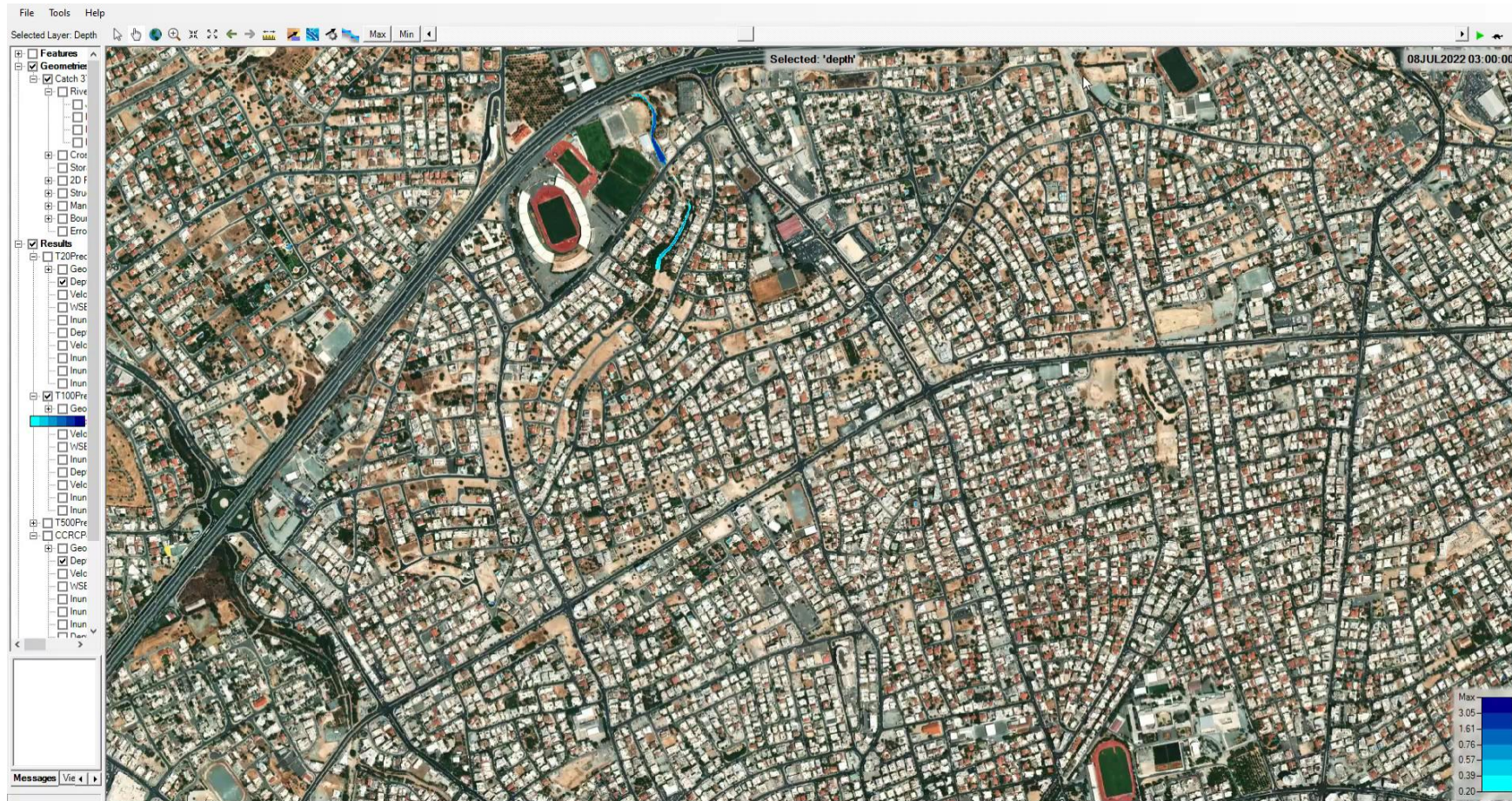
- ❖ Επιλέγεται 1s -12s ανάλογα με τη χωρική ανάλυση του πλέγματος
- ❖ Επιλέγεται η εξαγωγή αποτελεσμάτων ανά 5' για αναλυτική επισκόπηση της εξέλιξης του πλημμυρικού γεγονότος

## Παράμετροι υπολογισμών:

- ❖ Μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα  $\approx 0,5$  cm
- ❖ Μέγιστος αριθμός επαναλήψεων υπολογισμών ανά χρονικό βήμα (λ.χ. 40 επαναλήψεις ανά δευτερόλεπτο)
- ❖ Επιμέρους συντελεστές σταθεροποίησης της ροής
- ❖ Επιπλέον δυνατότητες προσομοίωσης, όπως «ζέσταμα του μοντέλου», ή διαφοροποιούμενο χρονικό βήμα υπολογισμών

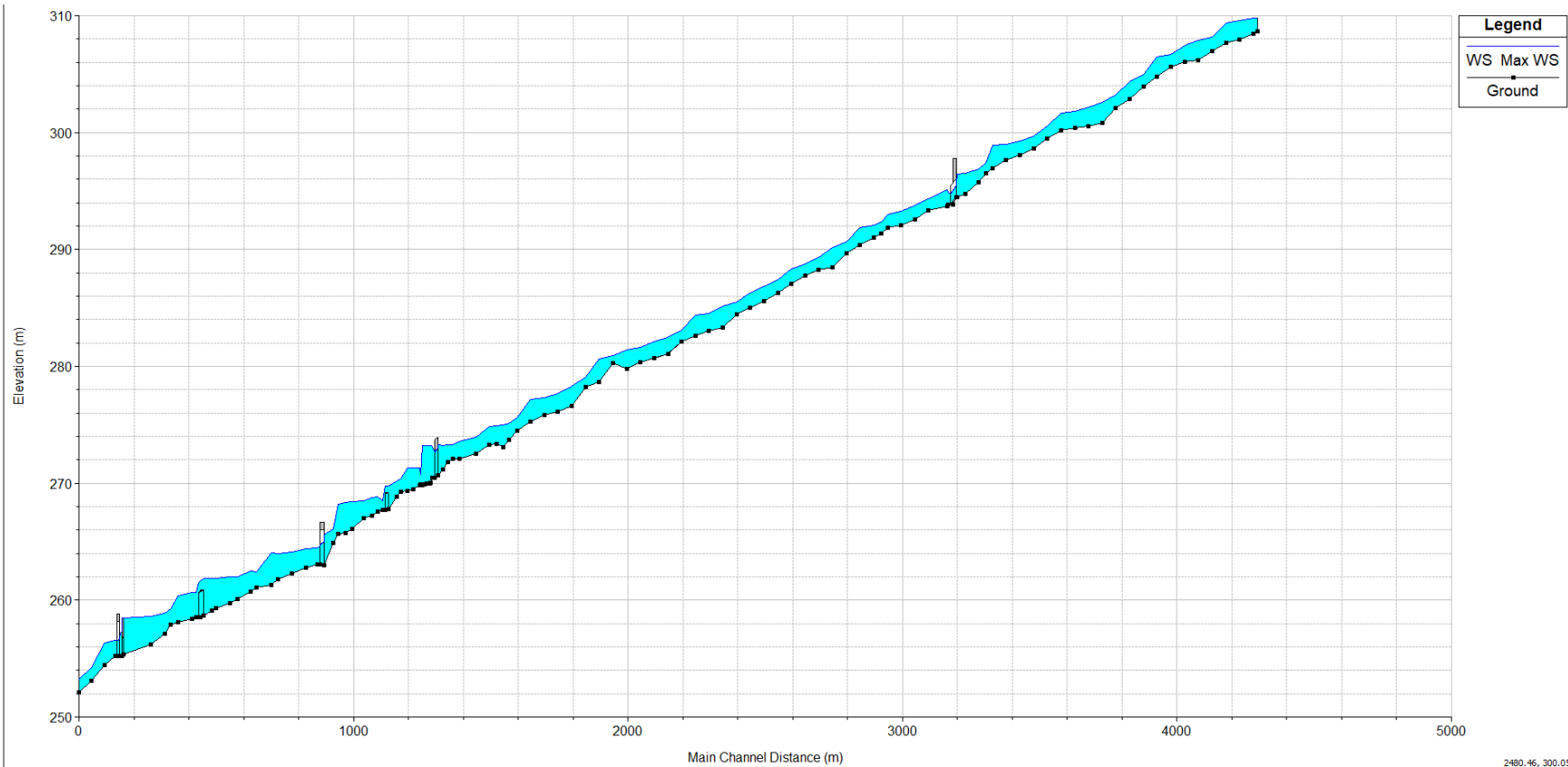
## Επισκόπηση αποτελεσμάτων:

- ❖ Πλημμυρικό πεδίο – έκταση & μέγιστα βάθη ροής



## Επισκόπηση αποτελεσμάτων:

### ❖ Μηκοτομή ποταμού



2480.46, 300.05

## Επισκόπηση αποτελεσμάτων:

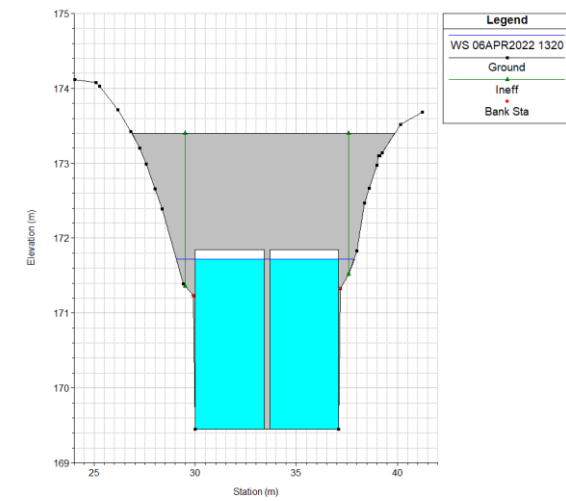
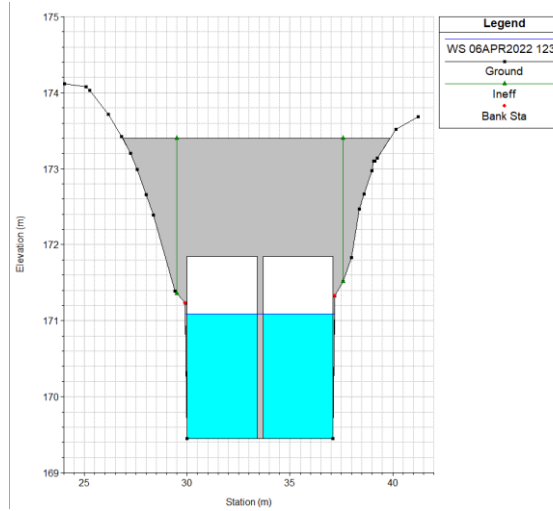
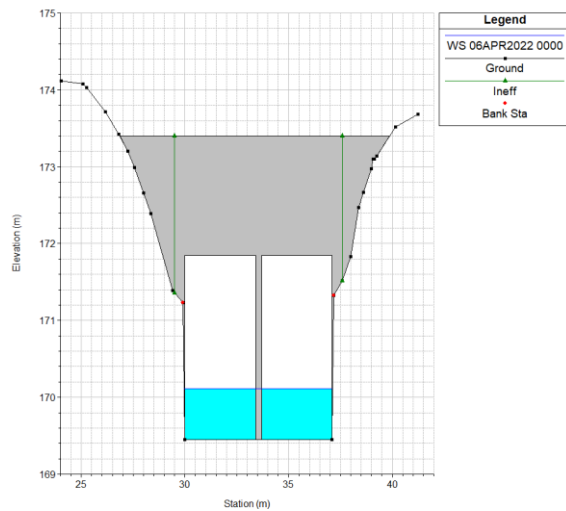
❖ Πινακοποιημένα αποτελέσματα ανά διατομή

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 2	11382.3	Max WS	9.06	212.54	213.42	0.88		213.47	0.000411	0.95	9.57	11.69	0.33
Reach 2	11382	Max WS	9.06	212.54	213.40	0.86		213.46	0.000506	1.13	8.02	11.64	0.39
Reach 2	11381		Culvert										
Reach 2	11324	Max WS	9.06	212.44	212.80	0.36	212.88	213.13	0.008248	2.54	3.56	12.85	1.36
Reach 2	11323		Lat Struct										
Reach 2	11322		Lat Struct										
Reach 2	11293	Max WS	9.15	211.84	212.54	0.71	212.51	212.76	0.008924	2.07	4.59	9.88	0.90
Reach 2	11243	Max WS	9.33	211.25	212.03	0.78	212.04	212.38	0.011724	2.60	3.60	5.56	1.01
Reach 2	11199	Max WS	9.49	210.73	211.47	0.73	211.44	211.75	0.010343	2.35	4.04	6.52	0.95
Reach 2	11150	Max WS	9.67	210.17	211.00	0.83		211.27	0.007286	2.34	4.28	6.07	0.84
Reach 2	11090	Max WS	9.89	209.47	210.65	1.18		210.76	0.000566	1.47	6.71	7.85	0.43
Reach 2	11089		Culvert										
Reach 2	11073	Max WS	9.89	209.26	209.93	0.67	209.93	210.25	0.004335	2.53	3.91	6.39	1.01
Reach 2	11050	Max WS	9.97	209.03	209.70	0.67	209.67	209.97	0.009482	2.29	4.41	7.35	0.93
Reach 2	11000	Max WS	10.15	208.54	209.24	0.70		209.48	0.008078	2.16	4.71	7.31	0.85
Reach 2	10950	Max WS	10.33	208.05	208.75	0.70		208.98	0.007426	2.13	4.91	7.77	0.84
Reach 2	10900	Max WS	10.51	207.55	208.21	0.66		208.40	0.006810	1.92	5.49	9.04	0.78
Reach 2	10850	Max WS	10.70	207.06	207.80	0.74		208.06	0.008717	2.25	4.75	6.94	0.87
Reach 2	10798	Max WS	10.89	206.55	207.11	0.56	207.18	207.47	0.006093	2.64	4.13	8.38	1.20
Reach 2	10783	Max WS	10.95	206.36	206.90	0.54	207.06	207.48	0.012574	3.37	3.25	6.00	1.46
Reach 2	10750	Max WS	11.09	205.94	206.49	0.55	206.64	207.07	0.012437	3.37	3.29	6.00	1.45
Reach 2	10700	Max WS	11.29	205.31	205.86	0.55	206.02	206.45	0.012436	3.39	3.33	6.00	1.45
Reach 2	10650	Max WS	11.49	204.68	205.24	0.56	205.40	205.83	0.012413	3.41	3.37	6.00	1.45
Reach 2	10600	Max WS	11.69	204.05	204.62	0.57	204.78	205.21	0.012007	3.39	3.45	6.00	1.43
Reach 2	10569	Max WS	11.82	203.66	204.26	0.60	204.40	204.81	0.010927	3.30	3.59	6.00	1.36
Reach 2	10564	Max WS	11.84	203.33	204.08	0.75		204.33	0.002781	2.24	5.28	7.81	0.84
Reach 2	10560	Max WS	11.85	202.97	204.01	1.04		204.12	0.000873	1.50	7.89	7.90	0.48



## Επισκόπηση αποτελεσμάτων:

- ❖ Γραφικά αποτελέσματα ανά διατομή



## Πλημμυρικό πεδίο:

- ❖ Εξαγωγή της μέγιστης έκτασης του πλημμυρικού πεδίου ανά ΠΔΣΚΠ και ανά περίοδο επαναφοράς

## Μέγιστα βάθη ροής:

- ❖ Εξαγωγή μεγίστων βαθών ροής και στάθμης νερού ανά διατομή και ανά περίοδο επαναφοράς

## Μέγιστα βάθη ροής:

- ❖ Εξαγωγή μεγίστων βαθών ροής εντός πλημμυρικού πεδίου ανά κελί 2D καννάβου και ανά περίοδο επαναφοράς

## **Πλημμυρικά προβλήματα σε τεχνικά έργα:**

- ❖ Καταγράφονται οι αστοχίες παροχέτευσης της πλημμύρας (υπερπήδηση) ανά τεχνικό έργο ποταμού και ανά εξεταζόμενο σενάριο

## **Πλημμυρικά προβλήματα οδών και εγκαταστάσεων:**

- ❖ Καταγράφονται οι σημαντικές οδοί και εγκαταστάσεις (όπως σχολεία κ.ά.) που πλήττονται από το πλημμυρικό πεδίο ανά εξεταζόμενο σενάριο

## **Χάρτες:**

- ❖ **Χάρτες Κινδύνου Πλημμύρας – ΧΚΠ**
- ❖ **Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας - ΧΕΠ**

**Σας ευχαριστούμε**

