



2<sup>η</sup> Ενημερωτική Ημερίδα για την εφαρμογή του Νόμου 70(Ι) του 2010 (Ευρωπαϊκή Οδηγία 2007/60ΕΚ) που προνοεί για την Αξιολόγηση, Διαχείριση και Αντιμετώπιση των Κινδύνων Πλημμύρας



Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Ανάπτυξη και Αποτελέσματα



## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Γενικά

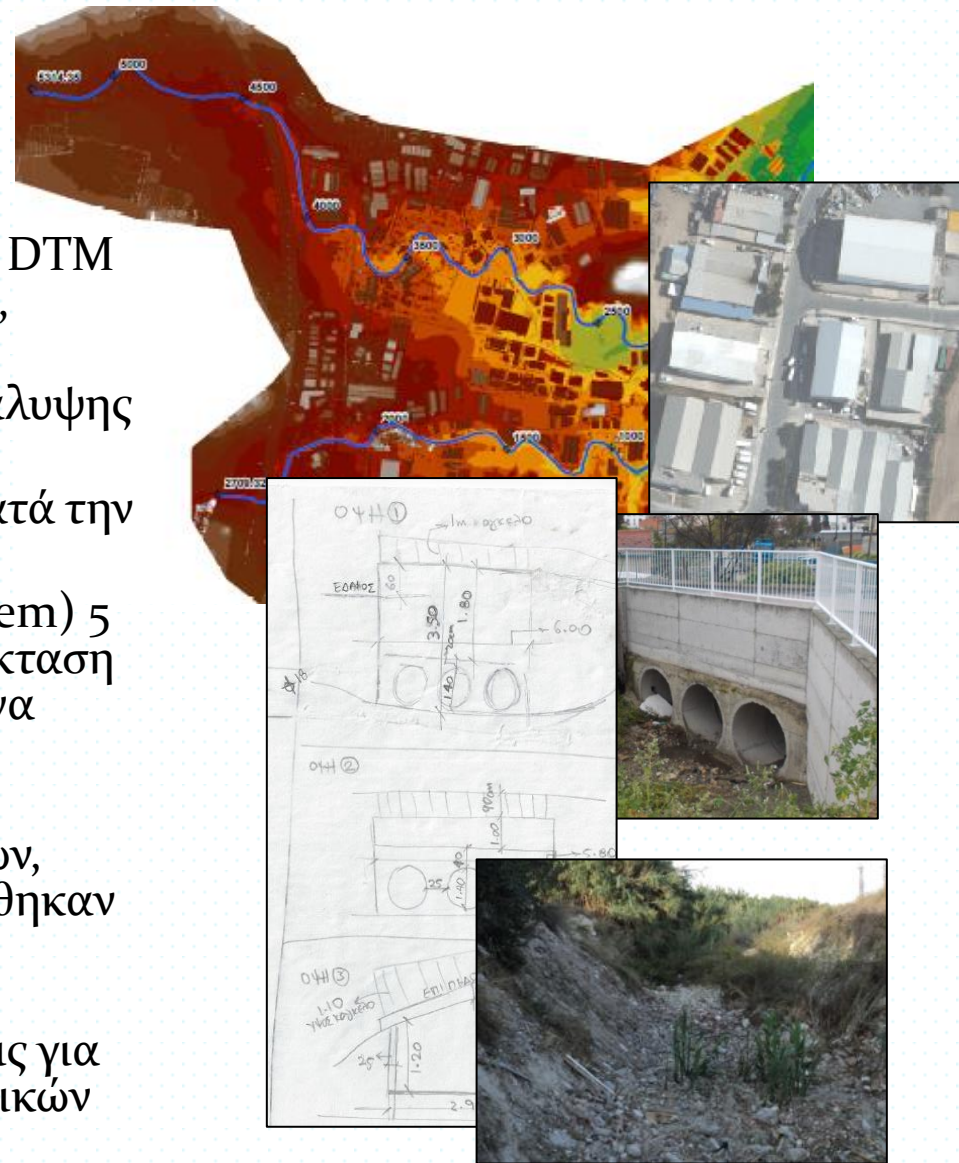
- Σκοπός των υδραυλικών μοντέλων είναι ο υπολογισμός των βαθών ροής, των ταχυτήτων (και άλλων υδραυλικών μεγεθών) σε κάθε διατομή του μοντέλου
- Τα αποτελέσματα των υδραυλικών μοντέλων χρησιμοποιούνται για την παραγωγή χαρτών βαθών ροής (επικινδυνότητας)
- Η ανάπτυξη των μοντέλων έγινε με χρήση του λογισμικού HEC-RAS
- Χρήση πρόσθετου λογισμικού HEC-GeoRAS στο ArcGIS:
  - παραγωγή γεωμετρίας του μοντέλου και εισαγωγή στο HEC-RAS
  - Εισαγωγή αποτελεσμάτων HEC-RAS στο GIS και παραγωγή χαρτών βαθών ροής
- Οι προσομοιώσεις έγιναν σε συνθήκες μη-μόνιμης ροής (μεταβλητή παροχή σε σχέση με το χρόνο)
- Τρεις (3) προσομοιώσεις ανά μοντέλο (περίοδος επαναφοράς 20,100,500 ετών)
- Προσομοιώσεις βαθμονόμησης σε μη-μόνιμη ροή όπου υπήρχαν σταθμοί με τα απαραίτητα δεδομένα



## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Δεδομένα

- Υψομετρικό μοντέλο γυμνού εδάφους DTM (μετά την αφαίρεση κτιρίων, γεφυρών, βλάστησης κλπ)
- Υψομετρικό μοντέλο επιφανειακής κάλυψης DSM
- Αεροφωτογραφίες που ελήφθησαν κατά την αποτύπωση LIDAR
- Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (Raster Dem) 5 μέτρων που χρησιμοποιήθηκε για επέκταση του μοντέλου όπου ήταν απαραίτητο να προστεθεί μοντέλο εδάφους.
- Σκαριφήματα των μετρήσεων των διαστάσεων των κατασκευών (γεφυρών, οχετών και αναχωμάτων) που συντάχθηκαν από τα συνεργεία μετρήσεων και το αντίστοιχο φωτογραφικό υλικό
- Φωτογραφίες από επιτόπου επισκέψεις για την εκτίμηση των συντελεστών γραμμικών απωλειών τριβής

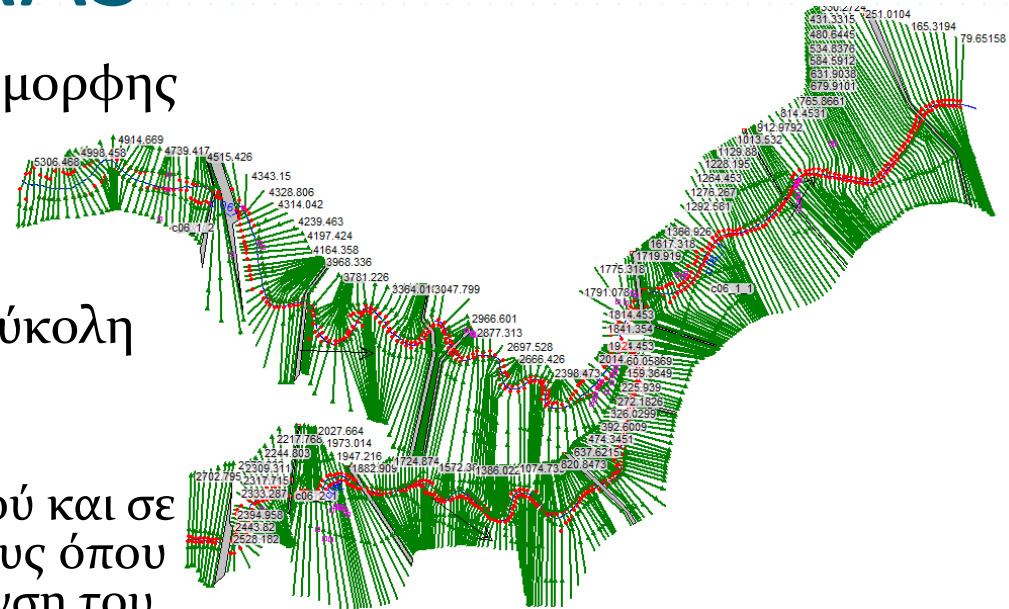




## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Λογισμικό HEC-RAS

- Μονοδιάστατη ανάλυση ανομοιόμορφης ροής
- Ευρεία χρήση
- Δωρεάν λογισμικό
- Μεγάλη γνωσιολογική βάση με εύκολη προσβασιμότητα
- Αξιοπιστία αποτελεσμάτων:
  - Μεγάλη στην κοίτη του ποταμού και σε παρόχθιες ζώνες μικρού πλάτους όπου υπάρχει ροή προς την κατεύθυνση του ποταμού
  - Μικρότερη σε παρόχθιες ζώνες ιδιαίτερα μεγάλου πλάτους (καταλληλότερη η χρήση διδιάστατων ή ψευδο-διδιάστατων μοντέλων)

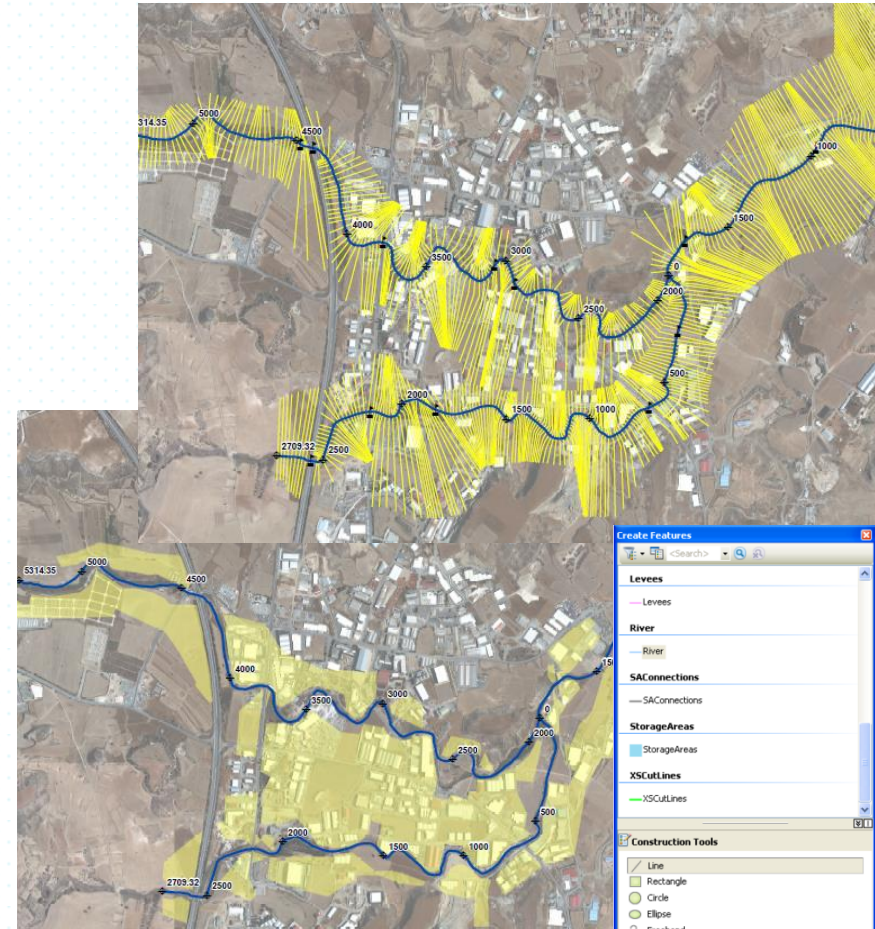




# Δημιουργία γεωμετρίας

Ψηφιοποίηση σε περιβάλλον GIS

- Κεντρική γραμμή ποταμού
- Διατομές
- Όχθες
- Γραμμές ροής
- Γέφυρες / Οχετοί
- Αναχώματα / Αναβαθμοί
- Περιοχές χαμηλής παροχετευτικότητας





## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

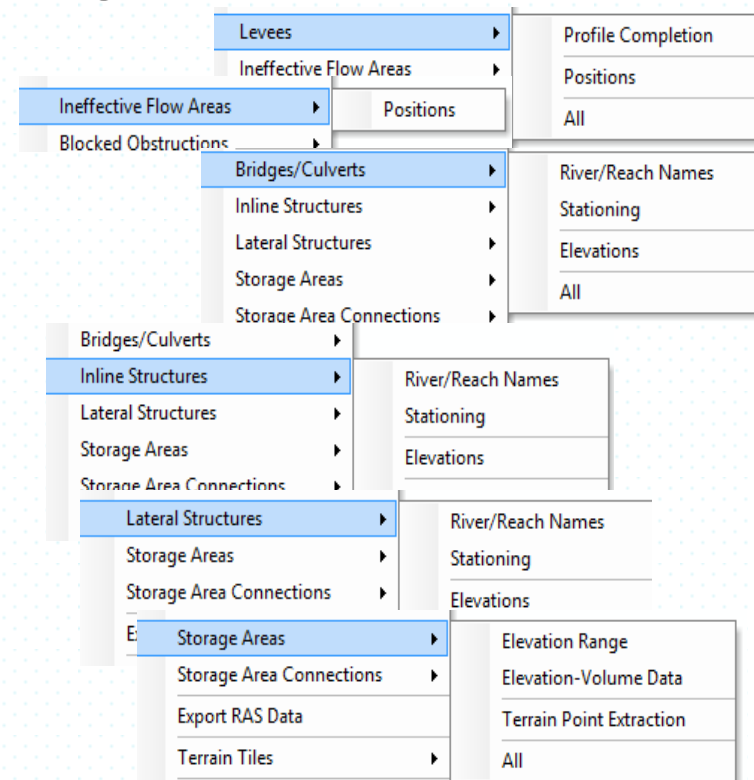
# Επεξεργασία – Εξαγωγή γεωμετρίας

Αυτόματη επεξεργασία με χρήση του HEC-GeoRAS

- Τοπολογία συστήματος
- Υψόμετρα γραμμών
- Χιλιομετρικές θέσεις
- Θέσεις οχθών, κατάντη μήκη

Εισαγωγή δεδομένων στο HEC-RAS

Import Geometry Data								
Intro River Reach Stream Lines Cross Sections and IB Nodes Storage Areas and Connections								
The river reach stream lines found in the file or generated while reading it are listed below. Check the reaches you want to import, and modify the import name and way existing stream lines are merged. (A range of reaches can be checked/unchecked with the space bar)								
	Import File	Import File	Invert	Import As	Import As	Import	Import	Merge Mode
	River	Reach	#Points	River	Reach	Status	Stream Lines	
1	c06_1	c06_1_2	2987	c06_1	c06_1_2	exists	<input checked="" type="checkbox"/>	Replace
2	c06_1	c06_1_1	1868	c06_1	c06_1_1	exists	<input checked="" type="checkbox"/>	Replace
3	c06_2	c06_2_1	2658	c06_2	c06_2_1	exists	<input checked="" type="checkbox"/>	Replace





## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Γραμμικές απώλειες

- Επί τόπου επίσκεψη και φωτογράφιση κοίτης και κοντινών παρόχθιων ζωνών
- Εφαρμογή μεθόδου Cowan
  - Ανωμαλίες επιφάνειας
  - Μεταβολές σχήματος και διαστάσεων κοίτης
  - Εμπόδια
  - Βλάστηση
  - Μαιανδρισμοί

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$



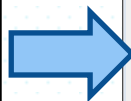
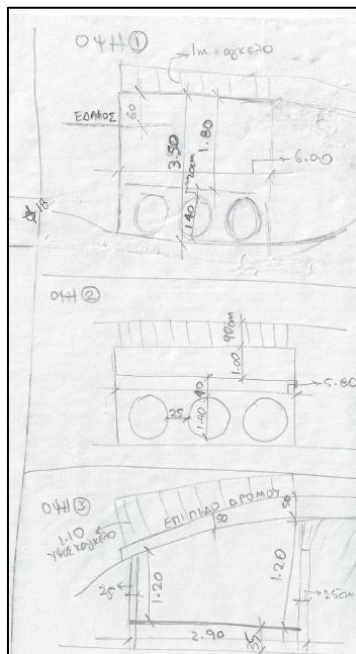
Values for the Computation of the Roughness Coefficient			
Channel Conditions		Values	
Material involved	Earth	n <sub>0</sub>	0.020
	Rock cut		0.025
	Fine gravel		0.024
	Coarse gravel		0.028
Degree of irregularity	Smooth	n <sub>1</sub>	0.000
	Minor		0.005
	Moderate		0.010
	Severe		0.020
Variations of channel cross section	Gradual	n <sub>2</sub>	0.000
	Alternating occasionally		0.005
	Alternating frequently		0.010-0.015
	Negligible		0.000
Relative effect of obstructions	Minor	n <sub>3</sub>	0.010-0.015
	Appreciable		0.020-0.030
	Severe		0.040-0.060
	Negligible		0.000
Vegetation	Low	n <sub>4</sub>	0.005-0.010
	Medium		0.010-0.025
	High		0.025-0.050
	Very high		0.050-0.100
Degree of meandering	Minor	m <sub>5</sub>	1.000
	Appreciable		1.150
	Severe		1.300



## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Ενσωμάτωση κατασκευών στο μοντέλο

- Στις θέσεις γεφυρών - οχετών αναλυτική εισαγωγή διαστάσεων
- Σχεδιασμός περιοχών χαμηλής παροχετευτικότητας στις γέφυρες
- Συντελεστές τοπικών απωλειών
- Επιλογή μεθόδου επίλυσης



Distance	Width	Weir Coef
14	32	1.4

Upstream			Downstream		
Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1	0.	160.	154.16	0.	160.
2	156.85	160.	154.16	180.74	160.
3	156.85	160.	158.8	180.74	160.
4	174.05	160.	158.8	197.94	160.
5	174.05	160.	154.16	197.94	160.
6	317.79	160.	154.16	316.1	160.
7					
8					

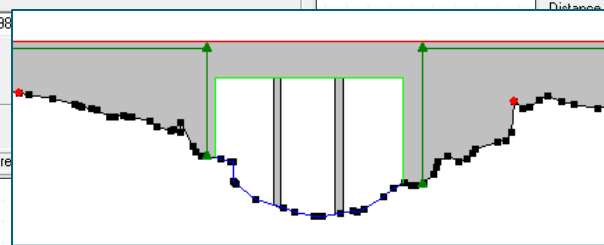


Table 6-4 Entrance Loss Coefficient for Reinforced Concrete Box Culverts

Type of Structure and Design of Entrance	Coefficient, $K_{en}$
<b>Headwall Parallel to Embankment (no wingwalls):</b>	
Square-edged on three edges	0.5
Three edges rounded to radius of 1/12 barrel dimension	0.2
<b>Wingwalls at 30 to 75 degrees to Barrel:</b>	
Square-edge at crown	0.4
Top corner rounded to radius of 1/12 barrel dimension	0.2
<b>Wingwalls at 10 to 25 degrees to Barrel:</b>	
Square-edge at crown	0.5
<b>Wingwall</b>	
Square-edge at crown	0.7
Side or slope tapered inlet	0.2

**Culvert Data Editor**

Add ... Copy Delete ... Culvert ID: [ ] Culvert #1: [ ]

Solution Criteria: Highest U.S. EG Rename ...

Shape: Circular Span: [ ] Diameter: 1.5

Chart #: 1 - Concrete Pipe Culvert

Scale #: 2 - Groove end entrance with headwall

Distance to Upstrm XS: [ ] Upstream Invert Elev.: 194.5

Length: [ ] Downstream Invert Elev.: 194

Loss Coef: 0.2 # identical barrels: [ ]

Eff: [ ]

for Top: [ ]

for Bottom: [ ]

Bottom n: [ ]

ed: [ ]

to edit





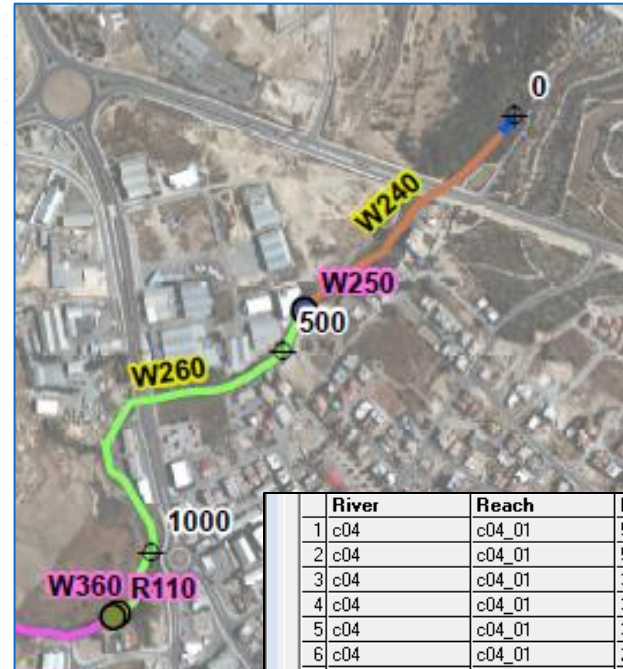
## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Θέσεις εισόδου υδρογραφημάτων

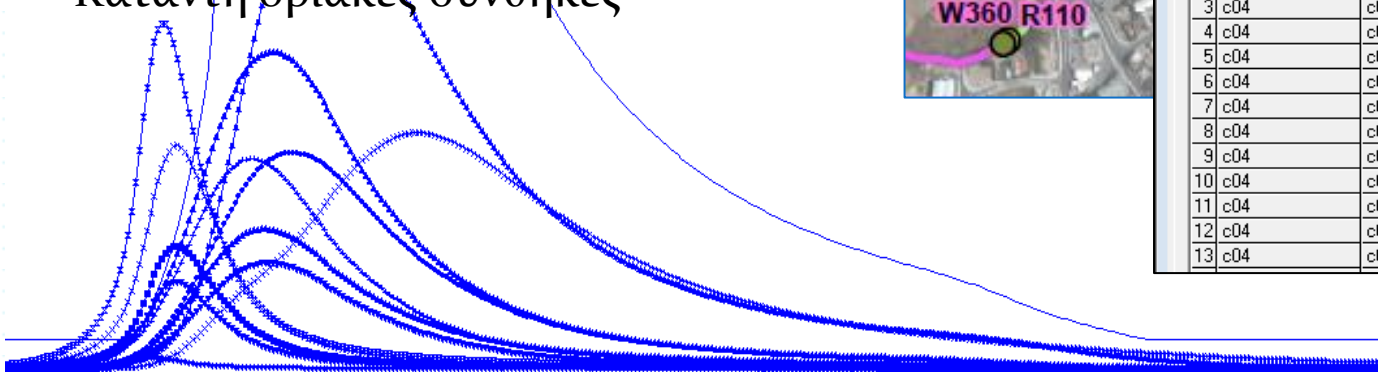
Κάθε υδρολογικό στοιχείο (λεκάνη, κλάδος ποταμού) αντιστοιχίζεται σε ένα σημείο ή τμήμα του υδραυλικού μοντέλου  
Το αρχείο αποτελεσμάτων του HEC-HMS εισάγεται στο HEC-RAS

Αναλυτική εισαγωγή παροχών στο HEC-RAS:

- Ανάντη υδρογράφημα εισόδου
- Σημειακές πλευρικές εισροές
- Κατά μήκος πλευρικές εισροές
- Κατάντη οριακές συνθήκες



	River	Reach	RS	Boundary Condition
1	c04	c04_01	5926.442	Flow Hydrograph
2	c04	c04_01	5875.787	Uniform Lateral Inflow
3	c04	c04_01	3416.538	Lateral Inflow Hydr.
4	c04	c04_01	3413.199	Lateral Inflow Hydr.
5	c04	c04_01	3334.546	Uniform Lateral Inflow
6	c04	c04_01	2508.053	Uniform Lateral Inflow
7	c04	c04_01	2270.546	Lateral Inflow Hydr.
8	c04	c04_01	2263.468	Uniform Lateral Inflow
9	c04	c04_01	1118.919	Lateral Inflow Hydr.
10	c04	c04_01	1110.465	Lateral Inflow Hydr.
11	c04	c04_01	1101.792	Uniform Lateral Inflow
12	c04	c04_01	431.6393	Lateral Inflow Hydr.
13	c04	c04_01	422.7309	Uniform Lateral Inflow

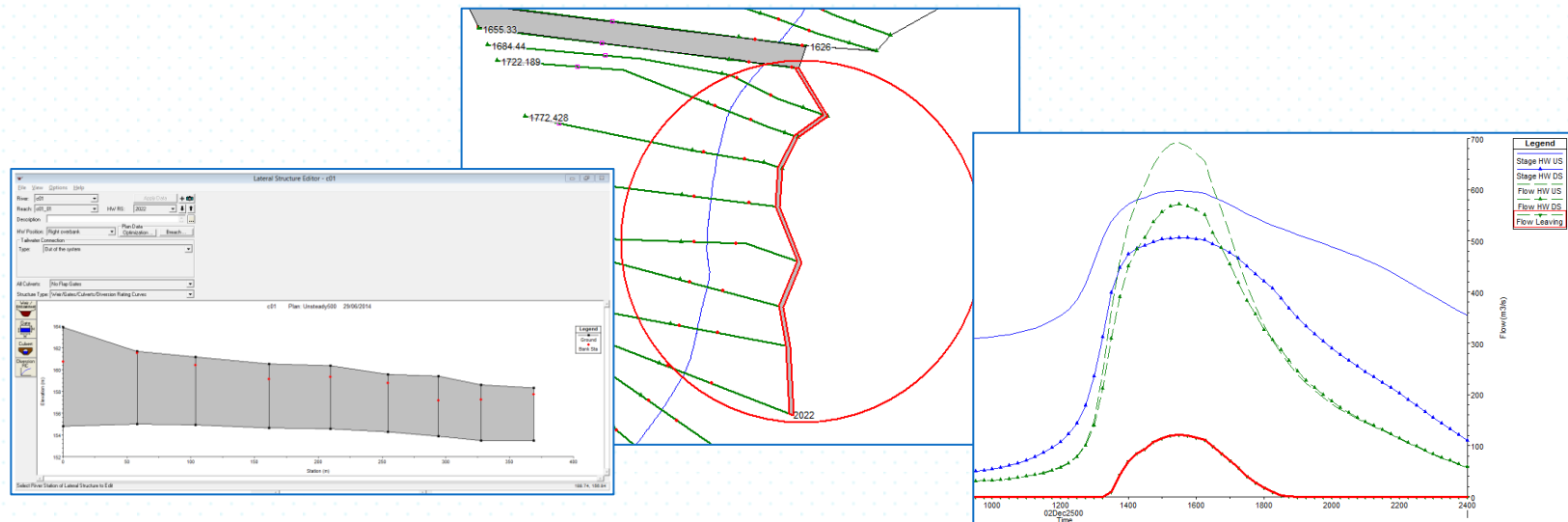




## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Προσομοίωση υπερχειλίσεων εκτός μοντέλου

- Διακοπή διατομών στο σημείο υπερχείλισης
- Χρήση πλευρικών κατασκευών (υπερχειλιστών) για προσομοίωση της διαφυγής της ροής εκτός μοντέλου
- Υπολογισμός υδρογραφημάτων πλευρικών υπερχειλίσεων από το HEC-RAS
- Χαρτογράφηση πλημμύρας στις περιοχές εκτός μοντέλου με απλές μεθόδους GIS, με βάση τα αποτελέσματα των πλευρικών υπερχειλίσεων (όγκος και παροχή)





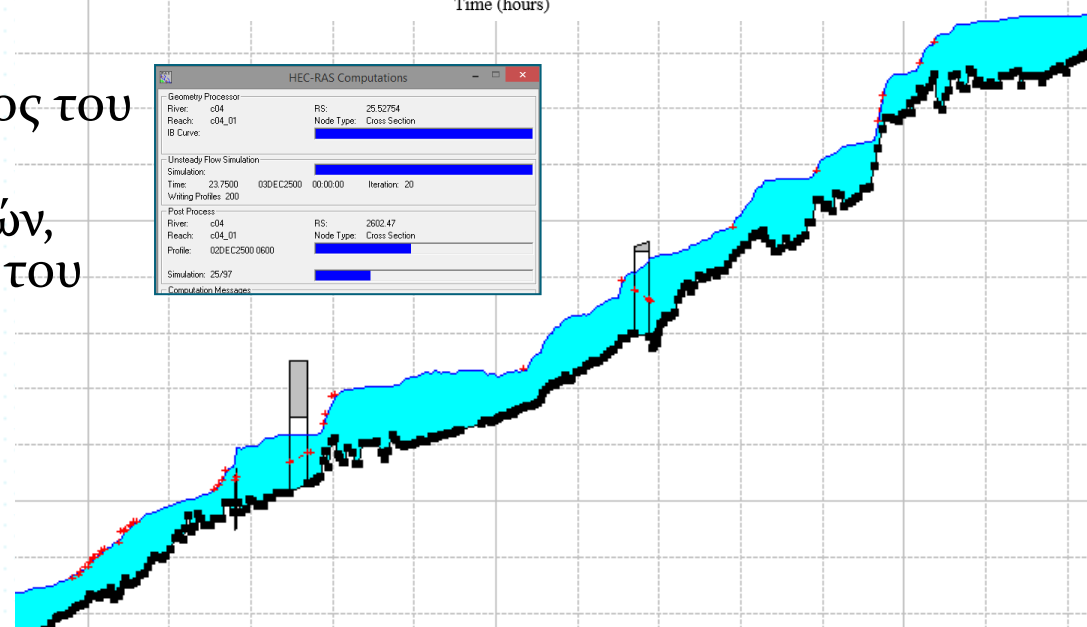
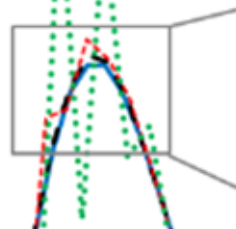
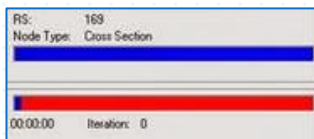
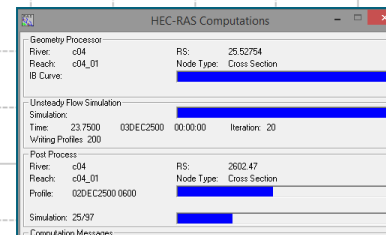
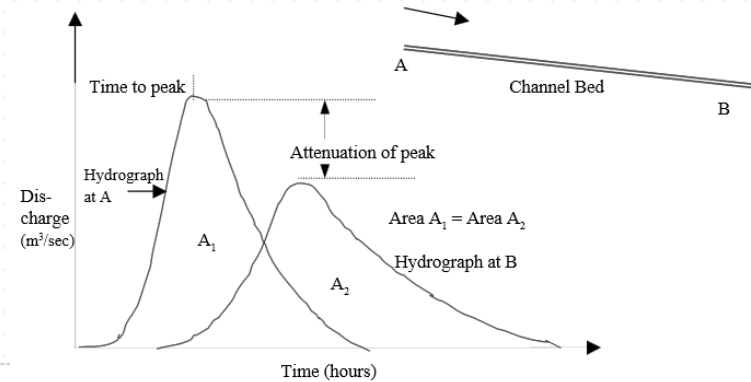
## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Προσομοιώσεις μη-μόνιμης ροής

Πλεονεκτήματα μη-μόνιμης ροής στην παρούσα μελέτη

- Υπολογισμός αποθήκευσης σε περιοχές αποθήκευσης και κατά μήκος του μοντέλου
- Υπολογισμός χρόνου εισροής διαφορετικών αιχμών (ρεαλιστικότερη προσέγγιση μέγιστων παροχών κατά μήκος του μοντέλου)

Απαιτείται εντοπισμός ασταθειών, διορθώσεις και σταθεροποίηση του μοντέλου





## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

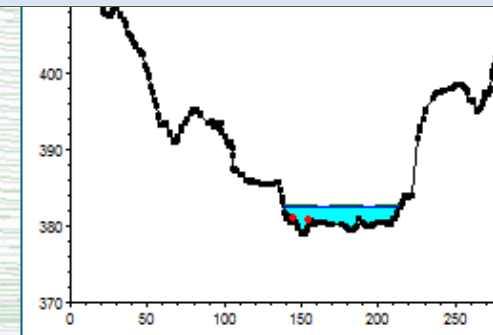
# Έλεγχος αποτελεσμάτων

- Μηκοτομές (+animation)
- Διατομές
- Πίνακες αποτελεσμάτων
- Υδρογραφήματα σε χαρακτηριστικές διατομές και σε κατασκευές
- Προειδοποιήσεις και σημειώσεις

Profile Output Table - Standard Table 1

HEC-RAS Plan: Urstead,500 River: c01 Reach: c01\_01 Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
c01_01	25331.06	Max WS	356.53	380.73	383.93	383.96	384.75	0.011666	4.96	93.04	57.22	1.01
c01_01	25255.75	Max WS	356.53	380.62	383.02	383.00	383.76	0.012885	4.19	94.15	60.25	1.01
c01_01	25205.61	Max WS	356.72	379.83	382.54		383.11	0.008195	3.71	107.84	61.46	0.83
c01_01	25155.68	Max WS	356.90	379.02	382.56		382.80	0.002545	2.53	167.40	75.71	0.48
c01_01	25105.54	Max WS	357.08	379.01	382.51		382.69	0.001518	2.26	194.32	75.57	0.40
c01_01	25059.49	Max WS	357.26	378.03	382.50	380.27	382.64	0.000658	1.73	227.90	74.48	0.27
c01_01	25054.39	Inl Struct										



Errors, Warnings and Notes

Note:	Notes{60}: This is an inside cross section of a perched bridge that has energy, low flow inside of the bridge and weir flow over the embankment. The reported hydraulics are based on the flow and area inside of the bridge.
Warning:	The velocity head has changed by more than 0.5 ft (0.15 m). This may indicate the need for additional cross sections.
Warning:	The conveyance ratio (upstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections.
Note:	Notes{60}: This is an inside cross section of a perched bridge that has energy, low flow inside of the bridge, and weir

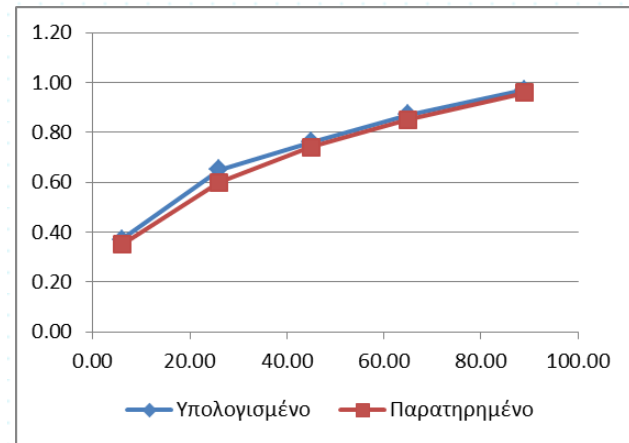


## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Μεθοδολογία Βαθμονόμησης

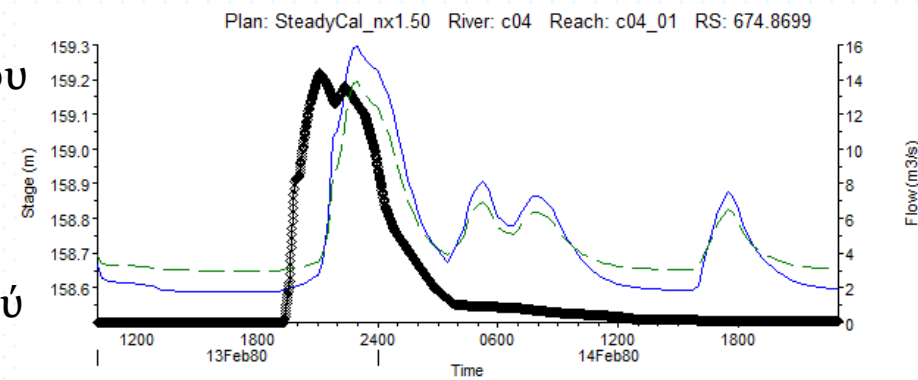
### 1) Επιλύσεις μόνιμης ροής για ρύθμιση του σταθμού

- Στόχος: Προσέγγιση της καμπύλης στάθμης-παροχής (rating curve) του σταθμού
- Πολλαπλά profiles μόνιμης ροής
- Τροποποίηση συντ. Manning: Τοπικά στην περιοχή του σταθμού



### 2) Επιλύσεις μη μόνιμης ροής βαθμονόμησης τραχύτητας ποταμού

- Στόχος: Προσέγγιση σταθμηγραφήματος του σταθμού (μέγιστης στάθμης, σχήματος διακύμανσης στάθμης)
- Τροποποίηση συντ. Manning: Στο σύνολο του ποταμού πλην της περιοχής του σταθμού



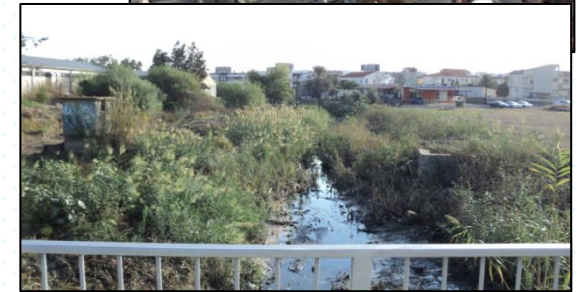
### Περιορισμός: Αποτελέσματα υδρολογικής βαθμονόμησης



## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Γεγονότα βαθμονόμησης

- Περιοχές όπου έγιναν προσομοιώσεις βαθμονόμησης (ποταμοί με σταθμό μέτρησης παροχής με αξιοποιήσιμα στοιχεία)
  - 04 Καλόγερος (Στρόβολος και ΒΙ.ΠΕ. Λατσιών)
    - 2 γεγονότα 15/02/1988, 11/02/1980
  - 07 Ποταμός εισροής Λίμνη Παραλιμνίου
    - 2 γεγονότα 21/12/1987, 15/02/1988
  - 08 Γιαλιάς (Νήσου, Πέρα Χωριό και Δάλι)
    - 2 γεγονότα 2/12/1992, 11/02/2003
  - 10 Αρχάγγελος - Καμίτσης (Αραδίππου – Λιβάδεια)
    - 2 γεγονότα 8/12/2001, 10/12/2010
- Επίσκεψη στις θέσεις των σταθμών
- Επεξεργασία στοιχείων μέτρησης



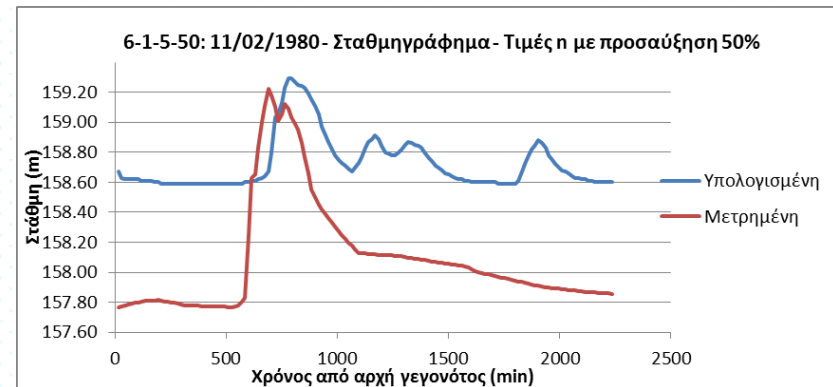
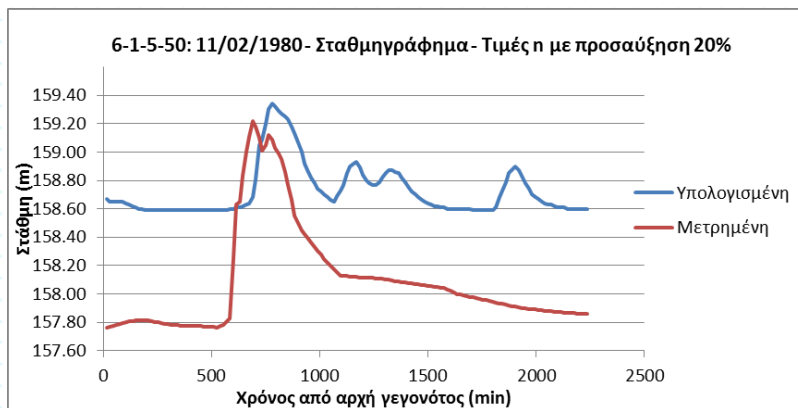
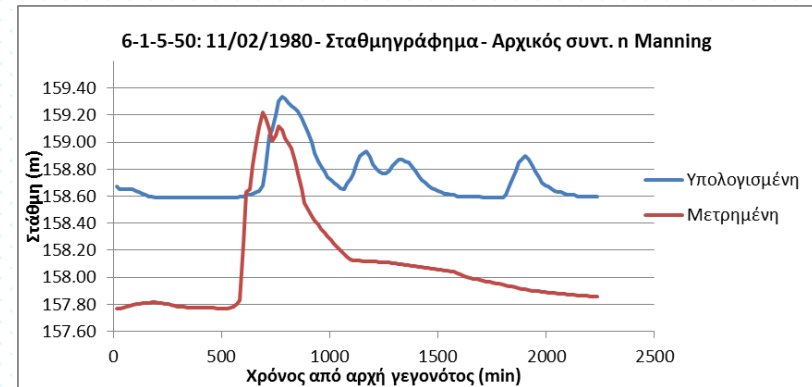


## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Αποτελέσματα επιλύσεων βαθμονόμησης (1)

### 04 Καλόγερος (6-1-5-50: 11/02/1980 )

- Προσαύξηση συντελεστών τραχύτητας έως και 50% χωρίς να επέλθουν αξιοσημείωτες μεταβολές στη στάθμη του μοντέλου
- Διατήρηση αρχικών συντελεστών τραχύτητας



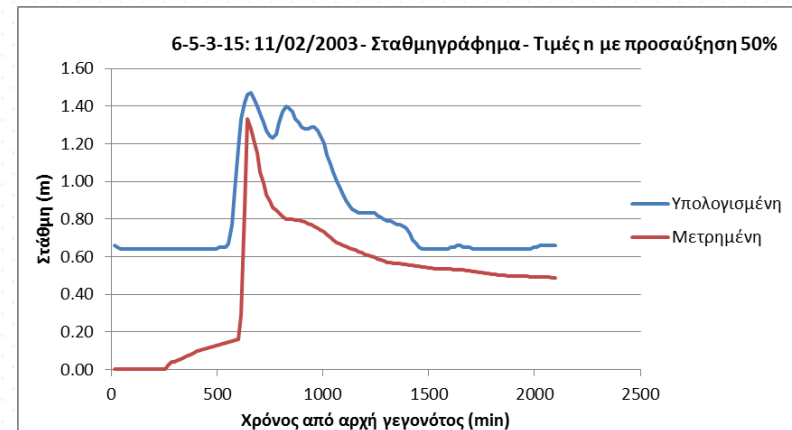
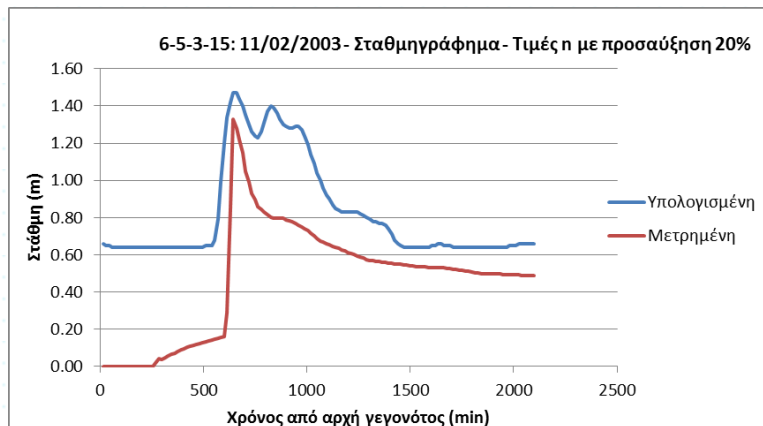
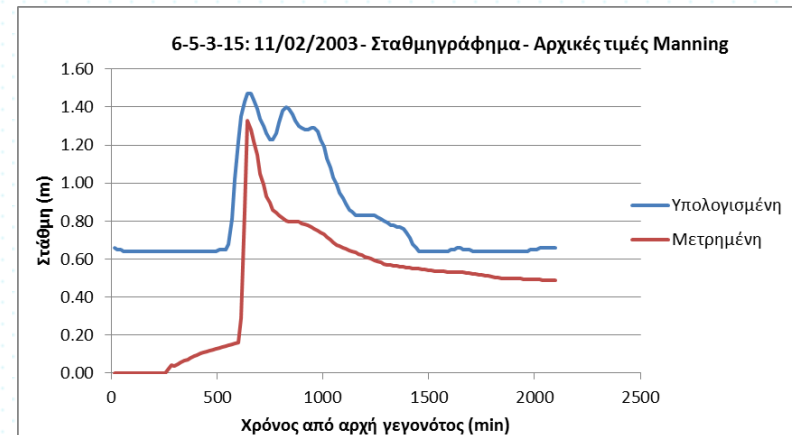


## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Αποτελέσματα επιλύσεων βαθμονόμησης (2)

ο8 Γιαλιάς (6-5-3-15: 11/02/2003 )

- Προσαύξηση συντελεστών τραχύτητας έως και 50% χωρίς να επέλθουν αξιοσημείωτες μεταβολές στη στάθμη του μοντέλου
- Διατήρηση αρχικών συντελεστών τραχύτητας





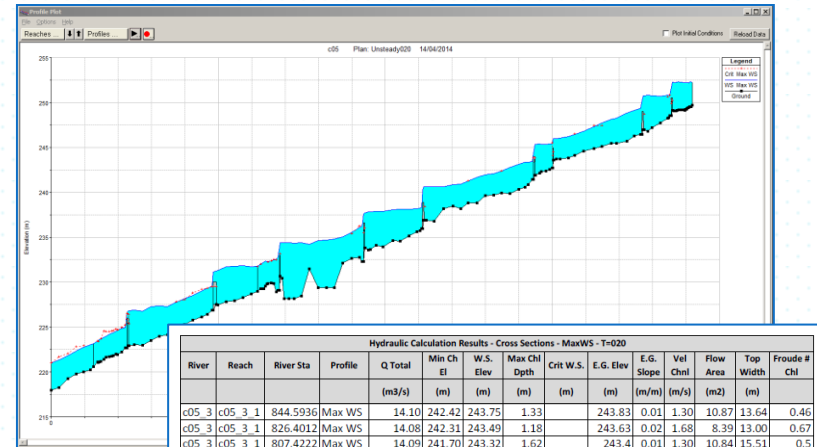


## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

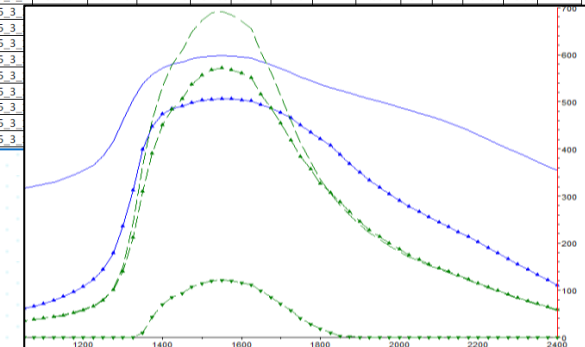
# Εξαγωγή αποτελεσμάτων

Για κάθε προσομοίωση εξήχθησαν τα αποτελέσματα μέγιστης στάθμης

- Μηκοτομές των κλάδων του μοντέλου
- Προοπτική απεικόνιση του μοντέλου
- Πίνακες αποτελεσμάτων διατομών
- Πίνακες αποτελεσμάτων γεφυρών/οχετών/εγκάρσιων κατασκευών
- Πίνακες αποτελεσμάτων και υδρογραφήματα πλευρικών κατασκευών
- Αρχείο προειδοποιήσεων και σημειώσεων του HEC-RAS συνοδευόμενες με αιτιολόγηση
- Αρχεία εξαγωγής αποτελεσμάτων προς το GIS



Hydraulic Calculation Results - Cross Sections - MaxWS - T=020														
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Ch 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
c05_3	c05_3_1	844.5936	Max WS	14.10	242.42	243.75	1.33	243.83	0.01	1.30	10.87	13.64	0.46	
c05_3	c05_3_1	826.4012	Max WS	14.08	242.31	243.49	1.18	243.63	0.02	1.68	8.39	13.00	0.67	
c05_3	c05_3_1	807.4222	Max WS	14.09	241.70	243.32	1.62	243.4	0.01	1.30	10.84	15.51	0.5	
c05_3	c05_3_1	788.6525	Max WS	14.10	241.39	243.23	1.84	243.29	0.00	1.02	13.82	16.71	0.36	
c05_3	c05_3_1	769.4908	Max WS	14.12	241.36	243.19	1.83	243.23	0.00	0.98	15.94	29.25	0.27	
c05_3	c05_3_1	761.5189	Culvert											
c05_3	c05_3_1	753.5472	Max WS	14.12	240.66	241.77	1.11	241.95	0.02	1.89	7.46	9.87	0.69	
c05_3	c05_3_1	727.7563	Max WS	14.14	240.00	241.34	1.34	241.53	0.02	1.93	7.34	9.15	0.69	
c05_3	c05_3_1	699.1733	Max WS	14.16	239.54	240.88	1.34	241.16	0.01	2.32	6.10	7.47	0.82	
c05_3	c05_3_1	651.0753	Max WS	14.19	239.10	240.16	1.06	240.18	240.5	0.02	2.57	5.53	8.96	1.04
c05_3	c05_3_1	599.0782	Max WS	14.22	238.20	239.35	1.15	239.58	0.01	2.14	6.65	10.53	0.86	
c05_3	c05_3_1	549.6613	Max WS	14.26	237.66	238.62	0.96	238.60	238.94	0.02	2.48	5.74	8.53	0.97
c05_3	c05_3_1	499.6614	Max WS	14.29	237.05	237.87	0.82	238.16	0.01	2.39	5.98	8.96	0.93	

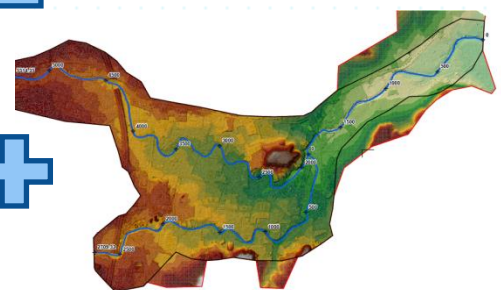
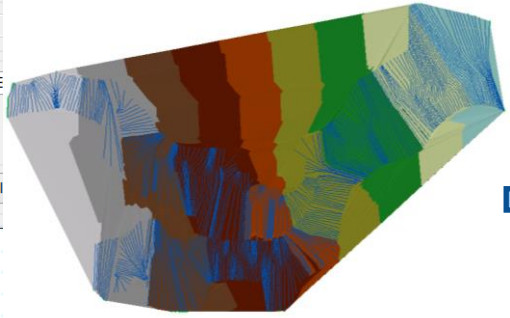
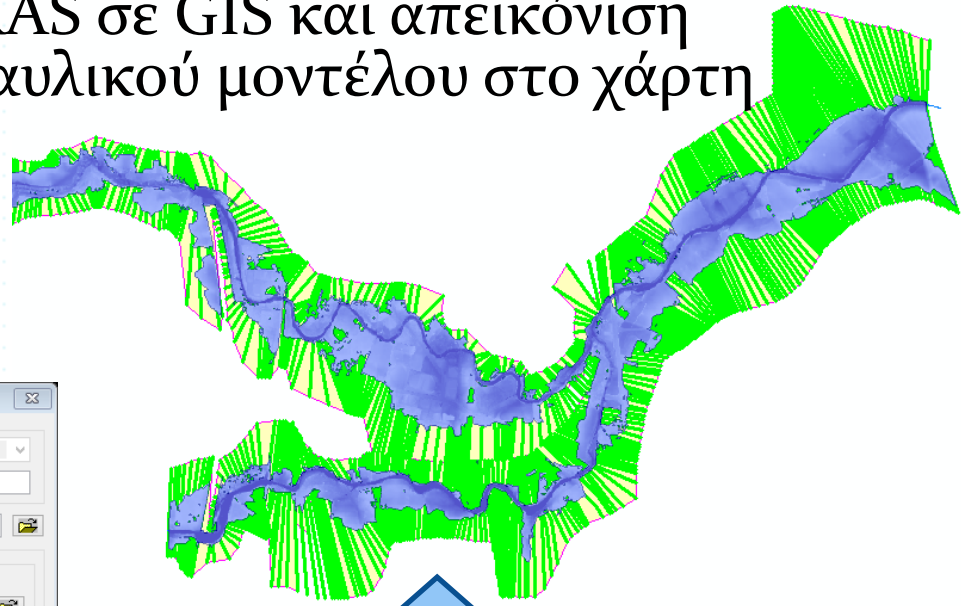
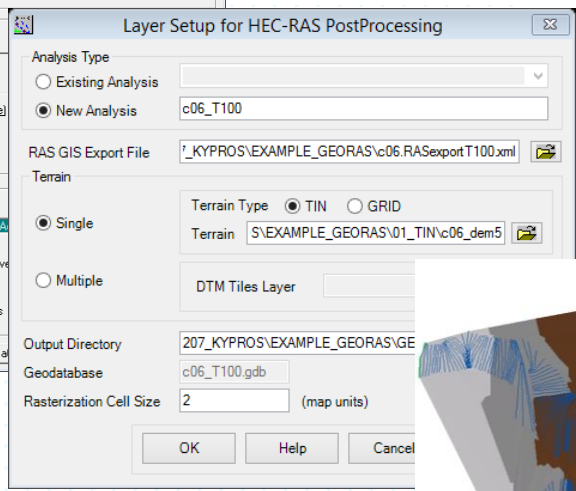
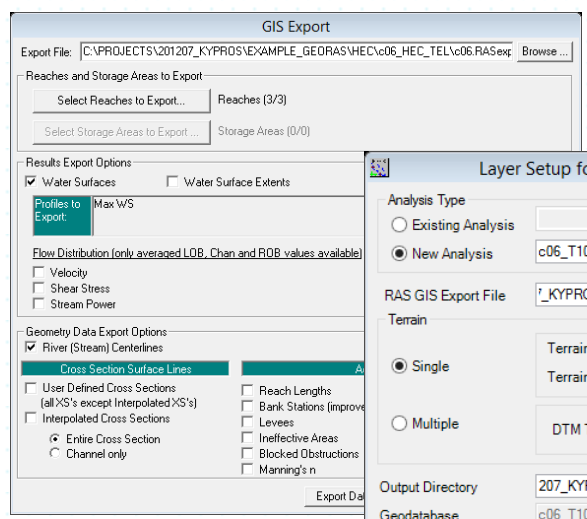




## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

### Μεθοδολογία παραγωγής Χαρτών Επικινδυνότητας

- Χρήση λογισμικού HEC-GeoRAS για την εισαγωγή αποτελεσμάτων του HEC-RAS σε GIS και απεικόνιση βαθών πλημμύρας του υδραυλικού μοντέλου στο χάρτη

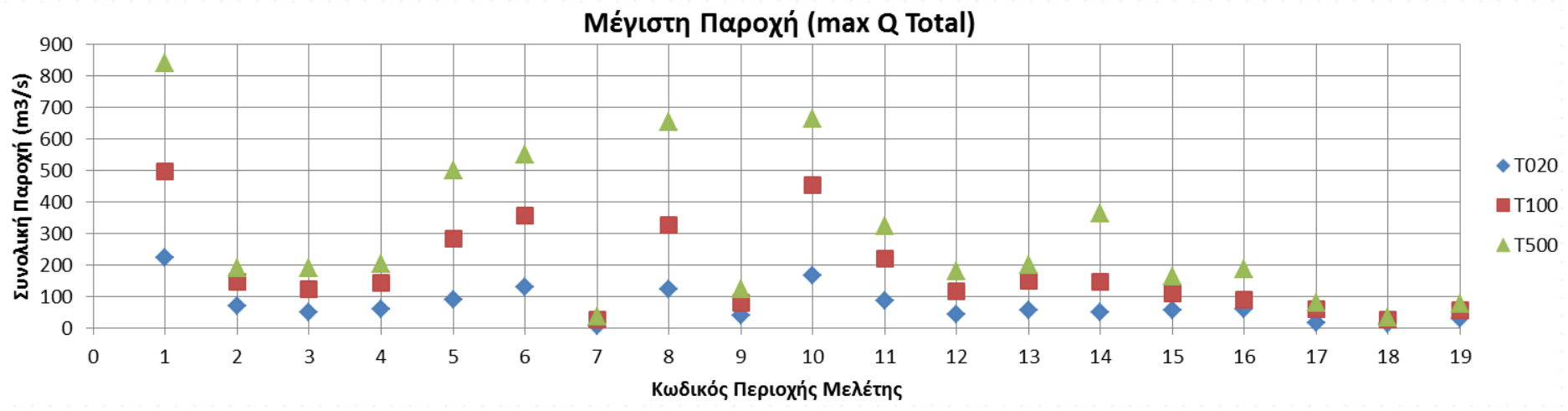
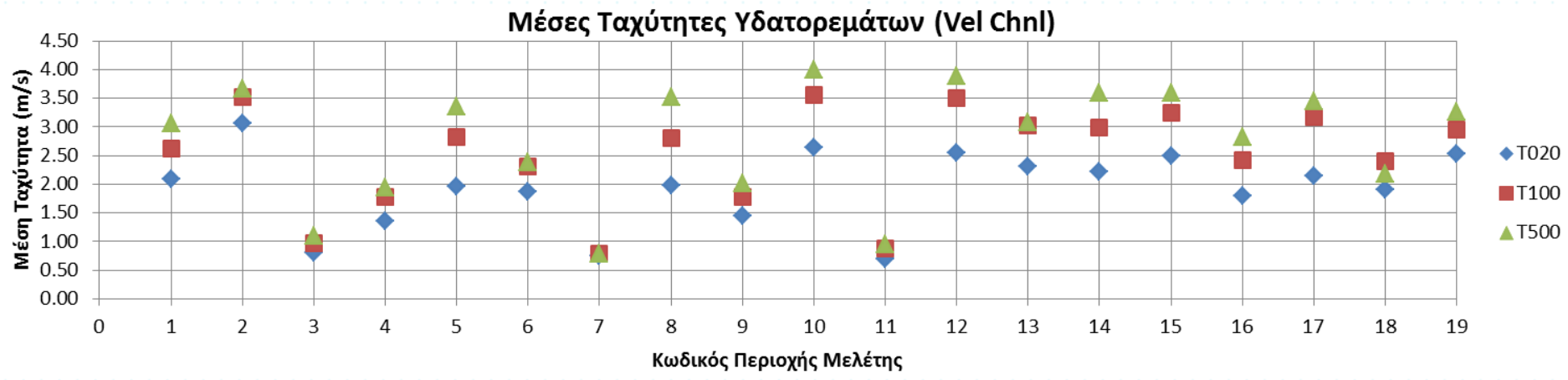




## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Στατιστικά στοιχεία αποτελεσμάτων

## Παροχές και μέσες ταχύτητες

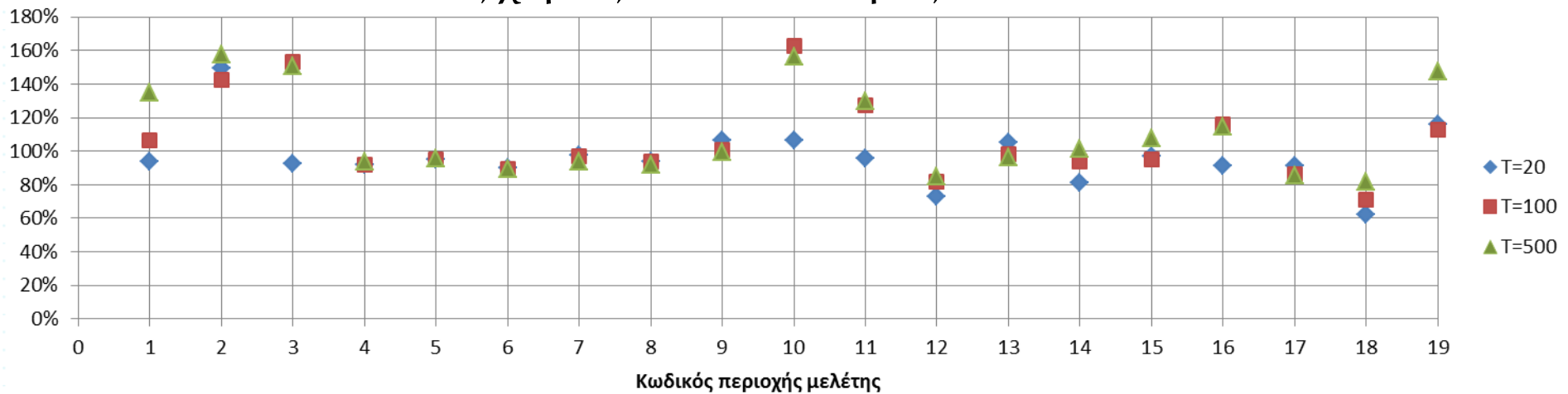




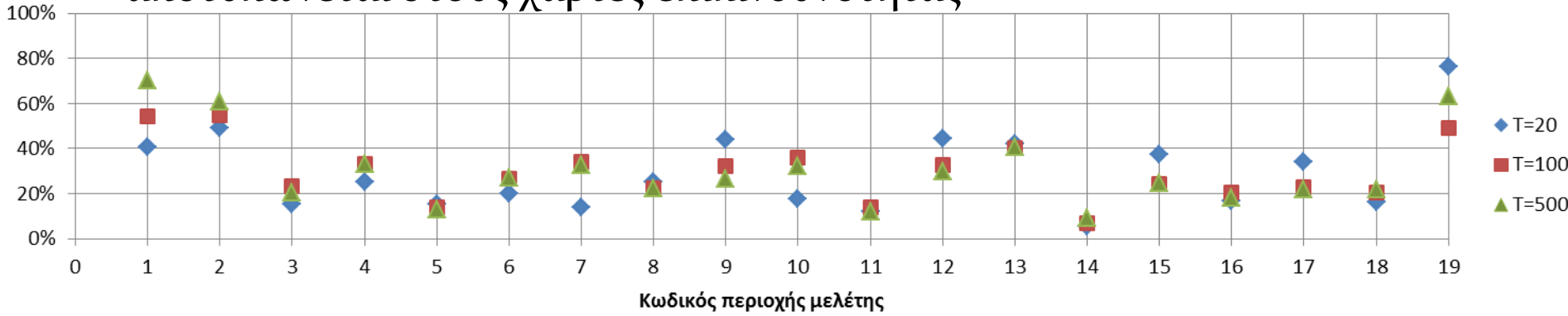
## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

# Έλεγχος αποτελεσμάτων Χαρτών Επικινδυνότητας

- Σύγκριση όγκων υδραυλικού μοντέλου HEC-RAS με όγκο που αποτυπώνεται στους χάρτες επικινδυνότητας



- Σύγκριση όγκων υδρογραφημάτων εισόδου με όγκο που αποτυπώνεται στους χάρτες επικινδυνότητας





## Ανάπτυξη και αποτελέσματα υδραυλικών μοντέλων

Ευχαριστώ για την προσοχή σας