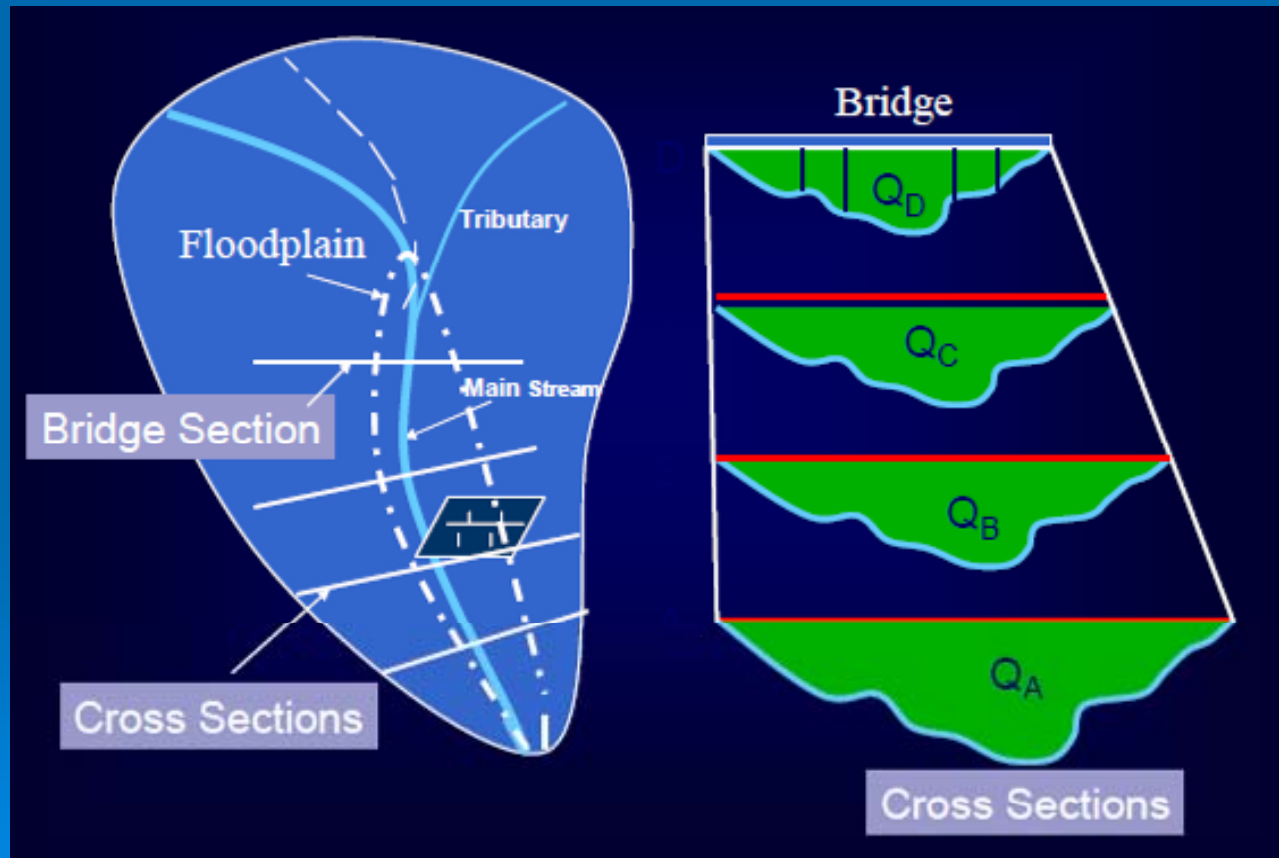


# HEC – RAS

Γιαννόπουλος-Ελευθεριάδου-Σπηλιώτης

Εκτός  
ύλης



# Εκτός ύλης

- Οι σημειώσεις καταρτίστηκαν με τις οδηγίες του ομότιμου Καθηγητή Στ Γιαννόπουλο
- HEC-RAS υδραυλική επίλυση
- Μόνιμη, μη μόνιμη ροή
- Free
- <http://www.hec.usace.army.mil/software/>



HOME > SOFTWARE

## Software

Software

CWMS

HEC-DSS

HEC-DSSVue

HEC-EFM

HEC-EFM Plotter

HEC-FDA

HEC-FIA

HEC-GeoDozer

HEC-GeoEFM

HEC-GeoHMS

HEC-GeoRAS

HEC-GridUtil

HEC-HMS

HEC-RAS

HEC-ResPRM

HEC-ResSim


HEC-RPT

The Hydrologic Engineering Center (HEC) has been developing computer software for hydrologic engineering and planning analysis procedures since its inception in 1964. Although our software is developed to meet the needs of the U.S. Army Corps of Engineers' planning and engineering communities, we do make our software available to the public whenever appropriate. The HEC software that we make available for download on our web site may be used by individuals outside of the Corps of Engineers without charge, subject to the Terms and Conditions of Use for HEC Software.

In the past, for non-Corps users, HEC had provided a list of possible vendors for assistance or support for HEC software. As of 1 October 2008, HEC is no longer providing this list (Vendor List). USACE counsel has determined that the inclusion of this list could be interpreted as HEC recommending specific vendors over other vendors that are not included in the list. Therefore, by direction of USACE counsel HEC has discontinued this practice and has removed the list from our web site. Non-Corps individuals that contact our office to inquire about engineering support will be told to use any internet search engine to locate a vendor that can provide support for the specific HEC software.

- [Distribution Policy](#)
- [Terms and Conditions of Use for HEC Software](#)
- [Support Policy](#)

# ΓΕΝΙΚΑ

- Το HEC-RAS είναι ένα από τα μοντέλα του U.S.Army Corps of Engineers
  - Κατασκευάστηκε από το Hydrologic Engineering Center (HEC)
  - Είναι μοντέλο μεμονωμένου υδρολογικού γεγονότος
  - Προσομοιώνει υδατορεύματα (River Analysis System – RAS)
    - Φυσικά ή τεχνητά
    - Μεμονωμένα ή συστήματα
- 

# ΓΕΝΙΚΑ

- Η κλίμακα, η συχνότητα και οι οικονομικές συνέπειες των πλημμυρών αναμένεται να αυξηθούν μελλοντικά λόγω:
  - □ Διαφαινόμενης Κλιματικής αλλαγής
  - □ Ακατάλληλης διαχείρισης των ποταμών και των κατασκευών σε περιοχές που κινδυνεύουν από πλημμύρες
  - □ Σημαντικής αύξησης του αριθμού των ανθρώπων και των περιουσιακών στοιχείων που βρίσκονται σε ζώνες υψηλού πλημμυρικού κινδύνου

# ΓΕΝΙΚΑ

- Στις 18/10/2007 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε την Οδηγία 2007/60 για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας
- Στόχος της νέας οδηγίας είναι να μειωθούν και να αποτελέσουν αντικείμενο διαχείρισης οι κίνδυνοι που συνεπάγονται οι πλημμύρες για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, τις υποδομές και τις ιδιοκτησίες
- Η προτεινόμενη οδηγία και τα μέτρα που λαμβάνονται για την εφαρμογή της συνδέονται στενά με την εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο για το Νερό 2000/60

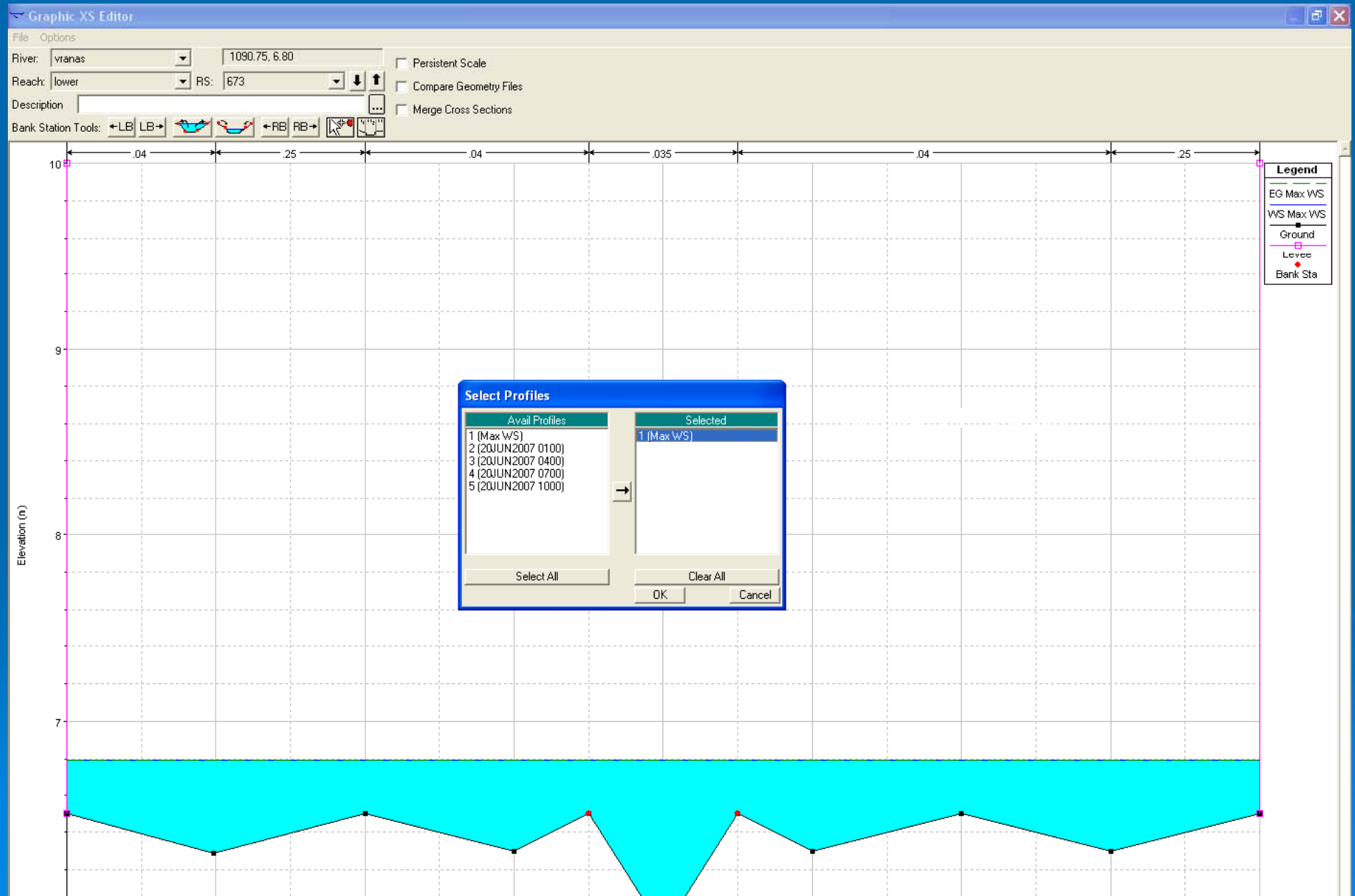
# Υδραυλικοί Υπολογισμοί

- Ανάπτυξη Σεναρίων Πλημμύρας:  
A. T=25 , B. T= 50, C. T= 100 έτη

Για κάθε Σενάριο:

- Πλημμυρογράφημα Σχεδιασμού
- Διόδευση Πλημμύρας μέσω ταμιεύτηρα
- Μη μόνιμη διόδευση Πλημμύρας μέσω τμήματος ποταμού
- Χάρτης έκτασης περιβάλλουσας πλημμύρας σε περιβάλλον ΓΠΣ

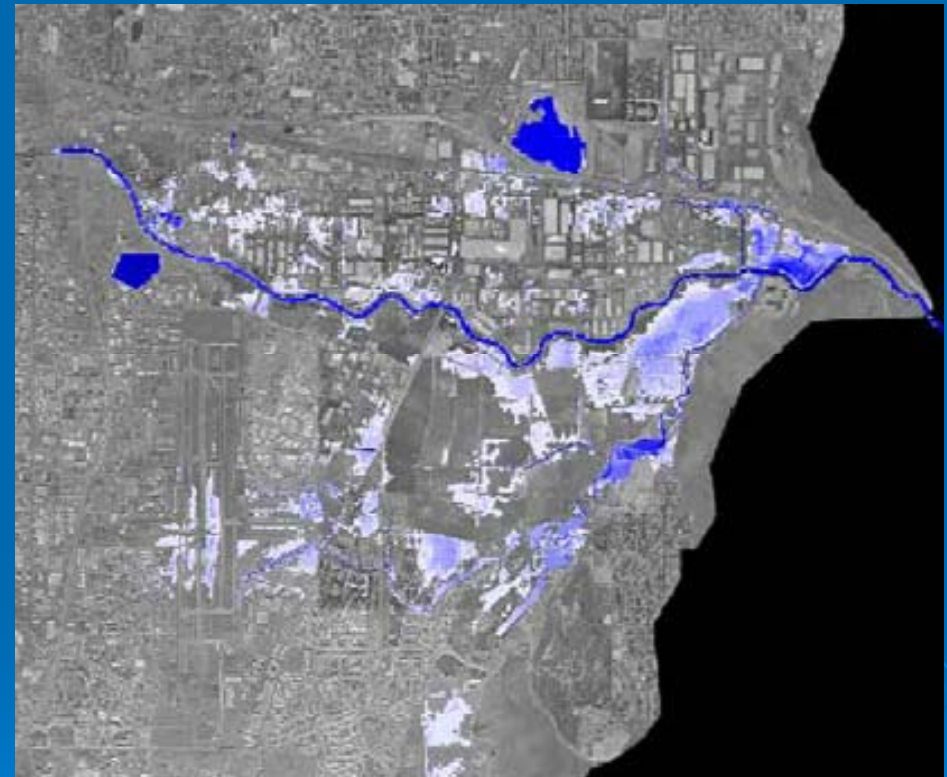
# Μη μόνιμη διάδευση Πλημμύρας (HEC-RAS)






# ΓΕΝΙΚΑ

- Η οδηγία απαιτεί την κατάρτιση χαρτών πλημμυρικού κινδύνου
- Η χαρτογράφηση κατάκλυσης πλημμύρας επιτυγχάνεται με τη χρήση μοντέλων προσομοίωσης, όπως το HEC-RAS.



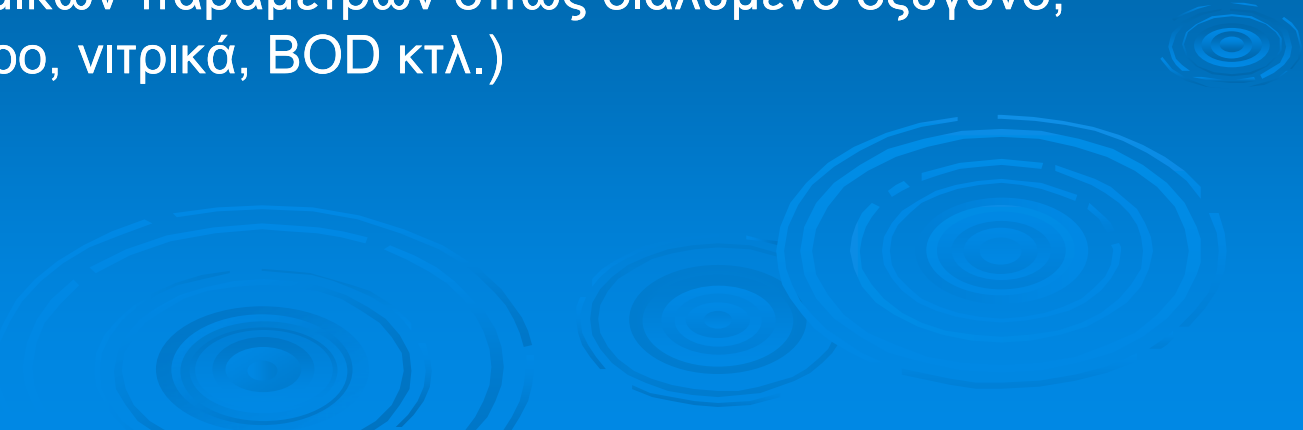
# ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

- Το σύστημα του μοντέλου αποτελείται από:
    - ❑ Γραφική επιφάνεια εργασίας
    - ❑ Τμήμα ανάλυσης
    - ❑ Τμήμα αποθήκευσης δεδομένων
    - ❑ Γραφικές δυνατότητες
    - ❑ Εκθέσεις αποτελεσμάτων
  
  - Το σύστημα παρέχει τις παρακάτω δυνατότητες μονο-διάστατης ανάλυσης:
    - ❑ Υπολογισμός στάθμης νερού μόνιμης ροής
    - ❑ Προσομοίωση μη μόνιμης ροής
    - ❑ Υπολογισμός μεταφοράς φερτών υλικών
    - ❑ Ανάλυση ποιότητας νερού
- 

# ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

- Υπολογισμός στάθμης νερού μόνιμης ροής
  - ❑ Υπολογίζει το προφίλ της επιφάνειας του νερού για μόνιμη ροή ή βαθμιαία μεταβαλλόμενη
  - ❑ Δυνατότητα προσομοίωσης υποκρίσιμης-υπερκρίσιμης ή μεικτής ροής
  - ❑ Η βασική μεθοδολογία βασίζεται στην επίλυση της μονοδιάστασης εξίσωσης της ενέργειας
  - ❑ Ενσωμάτωση της επιρροής κατασκευών στη ροή, π.χ. γέφυρες, αγωγοί
  
- Προσομοίωση μη μόνιμης ροής
  - ❑ Υπολογίζει το προφίλ της επιφάνειας του νερού για μεταβαλλόμενη ροή (είσοδος υδρογραφήματος)

# ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

- Υπολογισμός μεταφοράς φερτών υλικών
    - ❑ Προσομοίωση μονοδιάστατης μεταφοράς φερτών
    - ❑ Διάβρωση ή εναπόθεση φερτών σε κανάλι που προκαλείται είτε από τη μεταβολή της ροής είτε από μεταβολές στη γεωμετρία του καναλιού
  
  - Ανάλυση ποιότητας νερού
    - ❑ Προσομοίωση θερμοκρασίας
    - ❑ Ενσωμάτωση χημικών παραμέτρων όπως διαλυμένο οξυγόνο, οργανικό φώσφορο, νιτρικά, BOD κτλ.)
- 

# ΓΕΝΙΚΑ

- Πραγματοποιεί υπολογισμούς ροής μονοδιάστατης ανάλυσης
- ➔ Σε μόνιμη ροή (steady flow)

➔ Εξίσωση ενέργειας :

$$Y_2 + Z_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

- ✦ Σε μη μόνιμη ροή (unsteady flow)

➔ Εξίσωση συνέχειας :

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

➔ Αρχή διατήρησης ορμής :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

# ΓΕΝΙΚΑ

## ➤ Μονοδιάστατη ανάλυση :

- ονομάζεται η απλοποιητική ανάλυση που χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου η κατά μήκος συνιστώσα της ταχύτητας είναι πολύ σημαντικότερη των άλλων δύο συνιστωσών (η ταχύτητα έχει 3 συνιστώσες  $u, v, w$ )
- όπως π.χ. ροή σε ευθύγραμμους σωλήνες σταθερής διατομής, ή σε ευθύγραμμους αγωγούς με ελεύθερη επιφάνεια και σταθερή διατομή.

# ΓΕΝΙΚΑ

- Επιρροή της βαρύτητας
  - Δίνεται από τον λόγο των δυνάμεων αδράνειας προς της δυνάμεις βαρύτητας ο οποίος ονομάζεται αριθμός Froude και ισούται :

$$F = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

όπου  $V$  : μέση ταχύτητα (m/s)

$g$  : επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s<sup>2</sup>)

$L$  : χαρακτηριστικό μήκος (m), το οποίο για ανοικτούς αγωγούς είναι ίσο με το υδραυλικό βάθος  $D$  (m)

$D = \gamma$  (βάθος ροής) για ορθογωνικούς αγωγούς και γενικά  **$D = A / B$**  (A: Επιφάνεια, B = πλάτος ελευθέρως επιφανείας)

# ΓΕΝΙΚΑ

- Εάν  $F = 1$  τότε η ροή λέγεται κρίσιμη &  $V = (gD)^{1/2}$
- Εάν  $F < 1$  τότε η ροή λέγεται υποκρίσιμη &  $V < (gD)^{1/2}$ 
  - Στην κατάσταση αυτή ο ρόλος των δυνάμεων της βαρύτητας είναι πιο έντονος γι'αυτό η ροή έχει μικρή ταχύτητα και περιγράφεται συνήθως ως σταθερή, ποτάμια ροή.
- Εάν  $F > 1$  τότε η ροή λέγεται υπερκρίσιμη &  $V > (gD)^{1/2}$ 
  - Στην κατάσταση αυτή οι αδρανειακές δυνάμεις επικρατούν και η ροή έχει μεγάλη ταχύτητα και περιγράφεται συνήθως ως ραγδαία, χειμαρρώδης ροή.
- Η μετάβαση μίας ροής από υπερκρίσιμη κατάσταση σε υποκρίσιμη ονομάζεται υδραυλικό άλμα

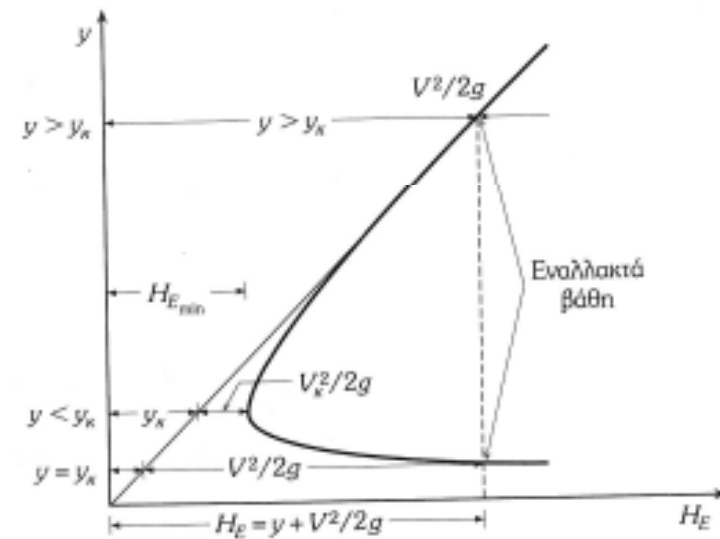


# Ειδική ενέργεια και κρίσιμο βάθος

- Η ειδική ενέργεια είναι το ύψος ενέργειας σε μία διατομή εκτός από το ύψος θέσης:

$$\left. \begin{array}{l} H_{E_i} = Y_i + \frac{a_i V_i^2}{2g} \\ H_i = H_{E_i} + Z_i \\ Q = A(Y_i) \cdot V_i \end{array} \right\} \rightarrow H_{E_i} = Y_i + \frac{a_i Q^2}{2gA(Y_i)^2}$$

- Για δεδομένη παροχή όταν η ροή είναι κρίσιμη η ειδική ενέργεια είναι ελάχιστη
- Υπάρχουν δύο συζυγείς θέσεις για την ίδια ειδική ενέργεια



Σχ. 3.5: Το διάγραμμα της ειδικής ενέργειας.

- Εξίσωση Manning (χρησιμοποιείται κυρίως για ανοικτούς αγωγούς) :

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \sqrt{S}$$

$Q$  = παροχή ( $m^3/s$ )     $R$  = υδραυλική ακτίνα =  $A/P$

$A$  = επιφάνεια ροής κάθετη στη ταχύτητα ( $m^2$ )

$S_f$  = κλίση γραμμής ενεργείας

για ομοιόμορφη ροή = κλίση πυθμένα

$n$  = Manning συντελεστής τραχύτητας, ενσωματώνει και τοπικές απώλειες

# Μεταβλητή n-διαμέριση διατομής

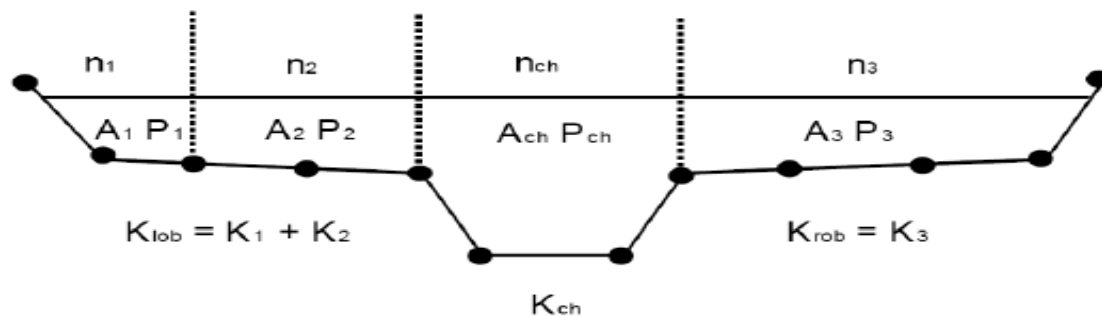
## Έκφραση της τραχύτητας του στερεού

Μέταλλο λείο	0.011 - 0.015
Μέταλλο, αυλακωτό	0.023 - 0.025
Ξύλο, κατεργασμένο	0.010 - 0.015
Ξύλο, ακατέργαστο	0.011 - 0.015
Τσιμέντο λείο	0.010 - 0.013
Σκυρόδεμα	0.014 - 0.016
Τσιμεντοχάλικο	0.017 - 0.030
Γρασίδι	0 > 0.020

Διαφέρει στην ίδια κοίτη, κύρια  
κοίτη, πλ. Κοίτη  
Μπορεί να διαφέρει και με το βάθος  
ροής

Hec-ras: Μέθοδος  
ισοδύναμου n  
θεωρώντας ενιαία  
ταχύτητα, υποεκτίμηση  
της παροχής

## Διαμέριση διατομής

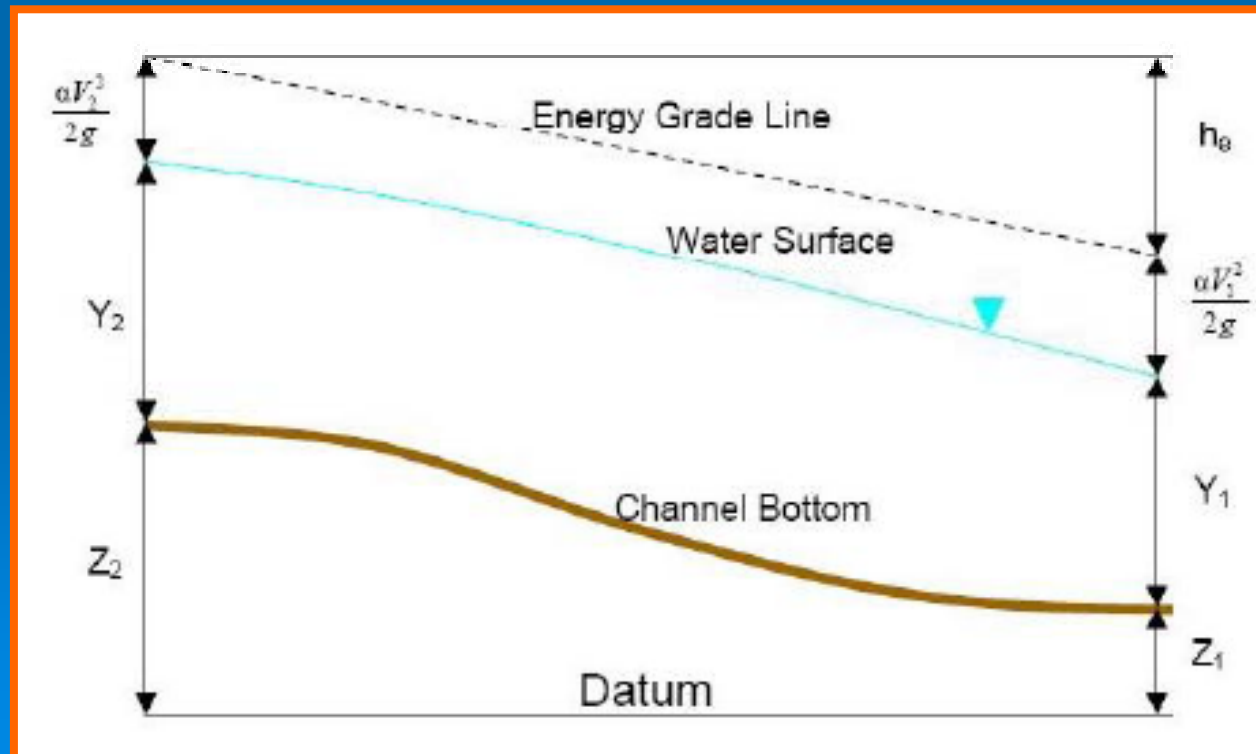


$$n_c = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1.5})}{P} \right]^{2/3}$$

# ΓΕΝΙΚΑ

- Μόνιμη, βαθμιαίως μεταβαλλόμενη ροή
- Εξίσωση ενέργειας:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e$$



# ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

γραμμικές απώλειες  
ενέργειας

Τοπικές απώλειες  
ενέργειας

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right|$$

Where:  $L$  = discharge weighted reach length

$\bar{S}_f$  = representative friction slope between two sections

$C$  = expansion or contraction loss coefficient

# Συντελεστής τοπικών απωλειών


Φύση της συναρμογής	$C_e$	
	Διεύρυνση	Συστολή
1. Έλλειψη συναρμογής	0,0	0,0
2. Βαθμιαία συναρμογή	0,3	0,1
3. Απότομη συναρμογή	0,8	0,6

# Μέσο μήκος ροής

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

# Συντελεστής διόρθωσης κινητικής ενέργειας

- Με βάση την παροχή κάθε τμήματος προσδιορίζω το σταθμισμένο μέσο όρο

$$\alpha \frac{\bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2}$$


$$a = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2}$$



# Κλίση απωλειών ενέργειας

Alternative expressions for the representative reach friction slope  $\bar{S}_f$  in HEC-RAS are as follows.

## Average Conveyance Equation

$$\bar{S}_f = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad (2-13)$$

## Average Friction Slope Equation

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \quad (2-14)$$

## Geometric Mean Friction Slope Equation

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f1} \times S_{f2}} \quad (2-15)$$

## Harmonic Mean Friction Slope Equation

$$\bar{S}_f = \frac{2(S_{f1} \times S_{f2})}{S_{f1} + S_{f2}} \quad (2-16)$$

Equation 2-13 is the “default” equation used by the program; that is, it is used automatically unless a different equation is selected by the user. The program also contains an option to select equations, depending on flow regime and profile type (e.g., S1, M1, etc.). Further discussion of the alternative methods for evaluating friction loss is contained in Chapter 4, “Overview of Optional Capabilities.”

$$K = \frac{1}{n} AR^{2/3}$$

$$Q = KS_f^{1/2}$$

# Μεταβολές ροής

- Από εξίσωση ενέργειας:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - Fr^2}$$

- Δείχνει την ανταπόκριση της ροής σε εμπόδια ή αλλαγή της κλίσης

## Μεταβολή στην μόνιμη ροή:

Ομογενή μορφή α. ενέργειας:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - F_r^2} \quad (\text{E})$$

Περίπτωση κλίσης:

Ομολή αλλά σε σχετικά μικρό μήκος μεταβολή του ~~πλάτους~~ υψομέτρου πηδύνα, χωρίς μεταβολή του πλάτους.

Προσέγγιση:  $S_f \rightarrow 0$



$\frac{dy}{dx} > 0, S_0 < 0$

Εσορήτως  $(\text{E}) \Rightarrow \frac{dy}{dx} = \frac{S_0}{1 - F_r^2} \quad (\text{E})$

$$\Rightarrow \frac{dy}{dx} (1 - F_r^2) - S_0 = 0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} (1 - F_r^2) + \frac{dz}{dx} = 0$$

$(S_0 \approx -\frac{dz}{dx})$

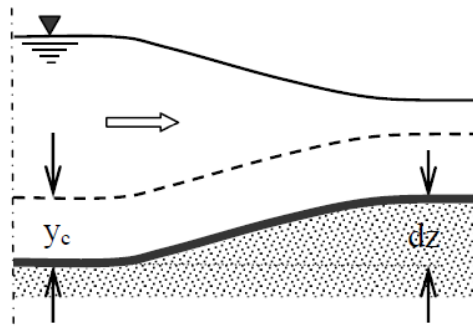
### Διερεύνηση της εξίσωσης (3-6)

Περίπτωση	$dz/dx$	$Fr$	Τύπος ροής	$dy/dx$	$y(x)$
(i)	$>0$	$<1$	υποκρίσιμη	$<0$	$\downarrow$
(ii)	$>0$	$>1$	υπερκρίσιμη	$>0$	$\uparrow$
(iii)	$<0$	$<1$	υποκρίσιμη	$>0$	$\uparrow$
(iv)	$<0$	$>1$	υπερκρίσιμη	$<0$	$\downarrow$
(v)	$=0$	$=1$	κρίσιμη	$\neq 0$	$y_c$

### Περίπτωση 1.

Ροή υποκρίσιμη ( $Fr < 1$ ) και  $dz/dx > 0$ .

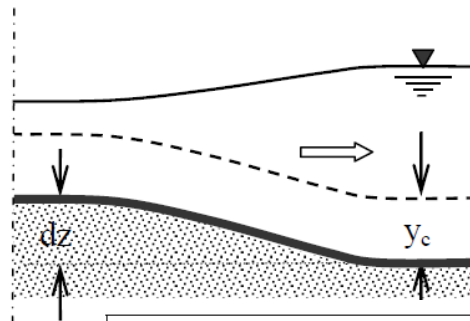
Από την εξίσωση (3.6) προκύπτει ότι  $dy/dx < 0$ .



### Περίπτωση 2.

Ροή υποκρίσιμη ( $Fr < 1$ ) και  $dz/dx < 0$ .

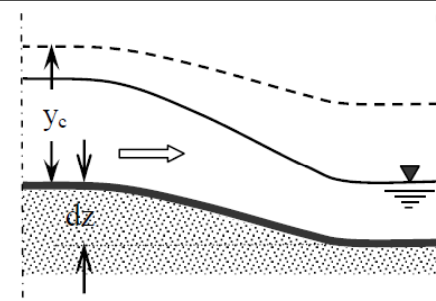
Από την εξίσωση (3.6) προκύπτει ότι  $dy/dx > 0$ .



### Περίπτωση 3.

Ροή υπερκρίσιμη ( $Fr > 1$ ) και  $dz/dx < 0$ .

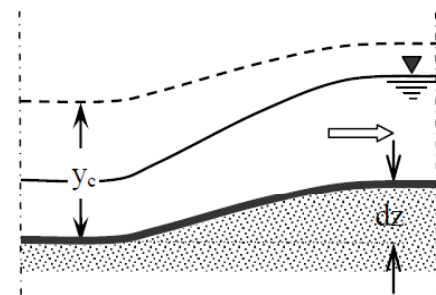
Από την εξίσωση (3.6) προκύπτει ότι  $dy/dx < 0$ .



### Περίπτωση 4.

Ροή υπερκρίσιμη ( $Fr > 1$ ) και  $dz/dx > 0$ .

Από την εξίσωση (3.6) προκύπτει ότι  $dy/dx > 0$ .



Σχήματα από Παπανικολάου,  
Ανοικτοί Αγωγοί

# Καμπύλες

- Επιλογή γραμμής ανάλογα με την κλίση
- Επιλογή στήλης ανάλογα με το βάθος ροής στο εξεταζόμενο πρόβλημα
- Γενικά για βάθη μεταξύ κανονικού και κρίσιμου έχω καμπύλη κατάπτωσης (2 στήλη) ενώ σε όλες τις άλλες περιπτώσεις έχω ανύψωση

Slope	Profiles in Zone 1: $y > y_n; y > y_c$	Profiles in Zone 2: $y_n > y > y_c; y_c > y > y_n$	Profiles in Zone 3: $y < y_n; y < y_c$
Horizontal slope $y_n > y_c$	<p>None</p>	<p>H2</p>	<p>H3</p>
Mild slope $y_n > y_c$	<p>M1</p>	<p>M2</p>	<p>M3</p>
Critical slope $y_n = y_c$	<p>C1</p>	<p>C2</p>	<p>C3</p>

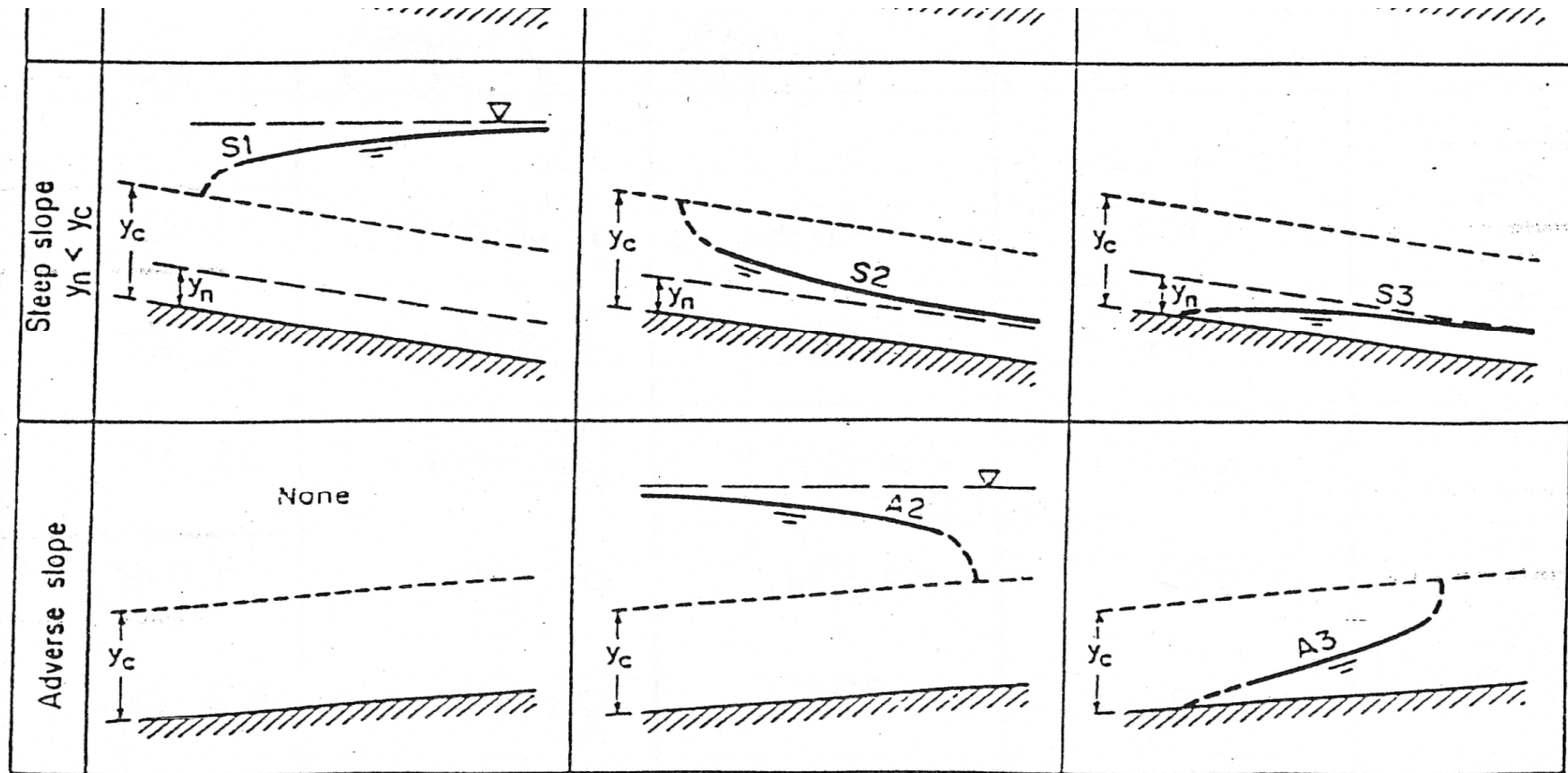


FIG. 9-2. Classification of flow profiles of gradually varied flow.



# Ομοιόμορφη ροή

- Το βάθος ροής παραμένει σταθερό (κανονικό βάθος)
- Οπότε και η ταχύτητα παραμένει σταθερή
- Εξίσωση Manning με την κλίση ενέργειας να είναι ίση με τη κλίση του πυθμένα στην περιοχή  $S_0 = S_f$
- Επιτυγχάνεται για μεγάλα μήκη και ανεμπόδιστη ροή
- Το κανονικό βάθος για δεδομένη ροή καθορίζεται από την κλίση του αγωγού

# Μεταβολή της γραμμής ενέργειας σε ομοιόμορφη ροή σε ανοικτούς αγωγούς

Ομοιόμορφη ροή:

$$\frac{\partial V}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial y}{\partial x} = 0$$

Παραγωγή όρων ενέργειας κατά τη διεύθυνση της ροής,  $x$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{V^2}{2g} + z + y \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{V^2}{2g} \right) + \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\partial z}{\partial x} = -S_0 < 0$$

Ομοιόμορφη ροή  $\rightarrow$  κλίση γραμμής ενέργειας = κλίση πυθμένα =  
κλίση ελεύθερης επιφάνειας

# εκτίμηση του $n$



Type of Channel and Description		Minimum	Normal	Maximum
<i>A. Natural Streams</i>				
<b>1. Main Channels</b>				
a.	Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b.	Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c.	Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d.	Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e.	Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f.	Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g.	Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h.	Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
<b>2. Flood Plains</b>				
a.	Pasture no brush			
1.	Short grass	0.025	0.030	0.035
2.	High grass	0.030	0.035	0.050
b.	Cultivated areas			
1.	No crop	0.020	0.030	0.040
2.	Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3.	Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c.	Brush			
1.	Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2.	Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3.	Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4.	Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5.	Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d.	Trees			
1.	Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
2.	Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
3.	Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
4.	Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
5.	Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
<b>3. Mountain Streams, no vegetation in channel, banks usually steep, with trees and brush on banks submerged</b>				
a.	Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b.	Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070

# Επένδυση

**Πίν. 3.2:** Συντελεστές Manning  $n$  για διάφορα υλικά

Μέταλλο λείο	0.011 - 0.015
Μέταλλο, αυλακωτό	0.023 - 0.025
Ξύλο, κατεργασμένο	0.010 - 0.015
Ξύλο, ακατέργαστο	0.011 - 0.015
Τσιμέντο λείο	0.010 - 0.013
Σκυρόδεμα	0.014 - 0.016
Τσιμεντοχάλικο	0.017 - 0.030
Γρασίδι	$0 > 0.020$

Πίνακας τιμών η

No	Περιγραφή επιφανειας	Πεδίο μεταβολής η
	<b>A) Επενδεδυμένοι αγωγοί ευθύγραμμης χάραξης</b>	
1	Σκυρόδεμα: α) Με επίπεδους τύπους - χωρίς επίχρισμα. β) Λείανση με μεταλλικό μυστρί. γ) Λείανση με ξύλινο τριβίδι. δ) Με επίπεδο επίχρισμα. * ε) Με αυλακωτό επίχρισμα. *	0,013-0,017  0,011-0,015 0,013-0,015 0,016-0,019 0,018-0,022
2.	Πυθμένας από σκυρόδεμα και πλευρές από: α) Λειασμένη πέτρα με κονίαμα. β) Ακατέργαστη πέτρα με κονίαμα. γ) Τοιχοποιία με τσιμεντοκονίαμα. δ) Επιχρισμένη τοιχοποιία. ε) Ξερολιθιά.	0,015-0,017 0,017-0,020 0,020-0,025 0,016-0,020 0,020-0,030
3.	Πλάκες.	0,016-0,018
4.	Τούβλα.	0,014-0,017
5.	Υπόνομοι (σκυρόδεμα, άργιλος, εφυάλωση).	0,012-0,015
6.	Ασφαλτος: α) Λεία. β) Τραχεία.	0,013 0,016
7.	Βράχος: α) Λείος. β) Ανώμαλος.	0,017-0,020 0,022-0,027
8.	Εργαστηριακή αύλακα (πυθμένας μεταλλικός και πλευρές πλεξιγκλάς ή γυάλινες).	0,09-0,010

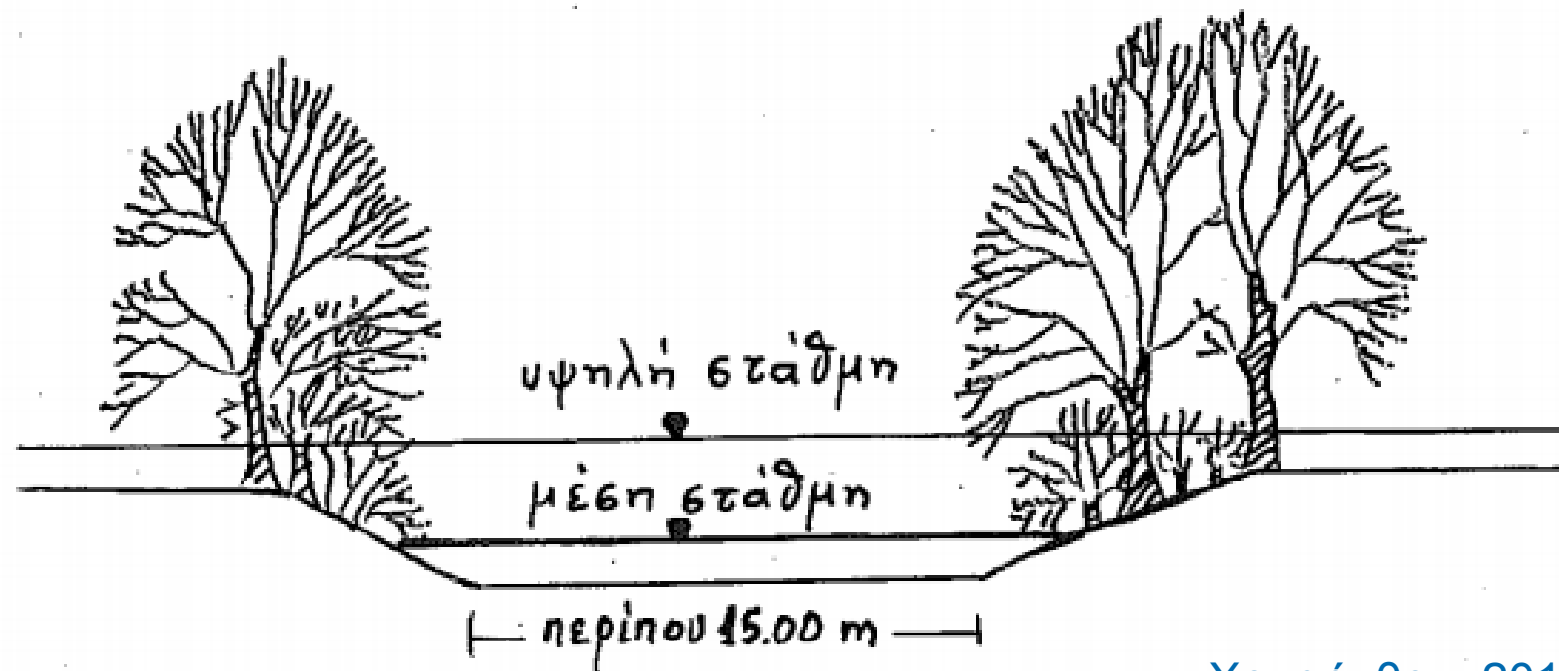
Πίνακας τιμών η (συνέχεια)

No	Περιγραφή επιφάνειας	Πεδίο μεταβολής η
<b>Β) Ανεπένδυτοι - Μη διαβρωνόμενοι αγωγοί</b>		
1.	Έδαφος ομαλό και ομοιόμορφο: α) Καθαρό και πρόσφατης εκσκαφής. β) Καθαρό και παλαιάς εκσκαφής. γ) Με ομοιόμορφα χαλίκια. δ) Με χαμηλή χλόη - λίγα αγριόχορτα.	0,016-0,020 0,018-0,025 0,022-0,030 0,022-0,033
2.	Αγωγοί με αγριόχορτα και άκοπους θάμνους: α) Πυκνοί θάμνοι ύψους όσο και η ροή. β) Καθαρός πυθμένας με θάμνους στα πλευρά. γ) Πυκνοί θάμνοι ή υδροχαρή φυτά σε βαθείς αγωγούς. δ) Χλόη - αραιοί θάμνοι.	0,05-0,12 0,04-0,08 0,03-0,035 0,025-0,033
3.	Βράχος	0,025-0,045
<b>Γ) Φυσικοί αγωγοί</b>		
1.	Λείοι φυσικοί - εδαφικοί αγωγοί, χωρίς ανάπτυξη φυτών και καμπύλες.	0,020
2.	Εδαφικοί αγωγοί - καλυμμένοι με μικρά φυτά.	0,035
3.	Ορεινά ρεύματα με καθαρά - χαλαρά βότσαλα, ρύακες μεταβλητής διατομής με αραιή βλάστηση στις όχθες.	0,04-0,05
4.	Ποταμοί ευθύγραμμης ροής, με μικρά δένδρα και θάμνους.	0,06-0,075
5.	Ποταμοί ανώμαλης πορείας και διατομών, καλυμμένοι με φυτά, ή κορμούς, ή θάμνους.	0,125

# Μεταβλητό η

## Κύρια κοίτη και πλημμυρική κοίτη

Φυτοκάλυψη πρανών και οχθών ενός ποταμού



Χρυσάνθου, 2014



**Πίνακας 3.8:** Κοκκομετρική ανάλυση δευτέρου δείγματος (τέταρτη μέτρηση)

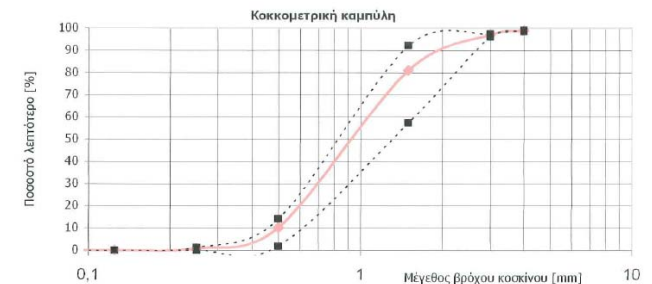
ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ								
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ								
Εργασία:			Περιγραφή εδάφους:					
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ			Κοίτη Νέστου					
Αριθμός δοκιμίου: 4β								
Όνοματεπώνυμο:			Ημερομηνία:					
ΛΕΙΒΑΔΙΤΗΣ Α. - ΚΑΠΟΓΛΗΣ ΗΛ.			29/9/2005					
Βάρος δοχείου:			Συνολικό βάρος εδάφους:			1331.06 g		
11 g								
Βάρος δοχείου και δείγματος:								
1342.06 g								
α/α	Νο κοσκίνου	Μέγεθος βρόχου	Βάρος κοσκίνου	Βάρος κοσκίνου & εδάφους	Βάρος συγκρατ. εδάφους	Συγκρατούμενο ποσοστό	Αθροιστ. συγκρατ. ποσοστό	Ποσοστό λεπτότερο
		[mm]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]
1	5	4			11,23	0,84	0,84	99,16
2	-	3			22,21	1,67	2,51	97,49
3	-	1,5			70,51	5,30	7,81	92,19
4	35	0,5			1037,89	77,97	85,78	14,22
5	60	0,25			171,07	12,85	98,64	1,36
6	120	0,125			18,06	1,36	99,99	0,01
7	230	0,063			0,09	0,01	100,00	0,00

Διπλωματική Εργασία  
Υπολογισμοί και μετρήσεις στερεοπαροχής του ποταμού Νέστου

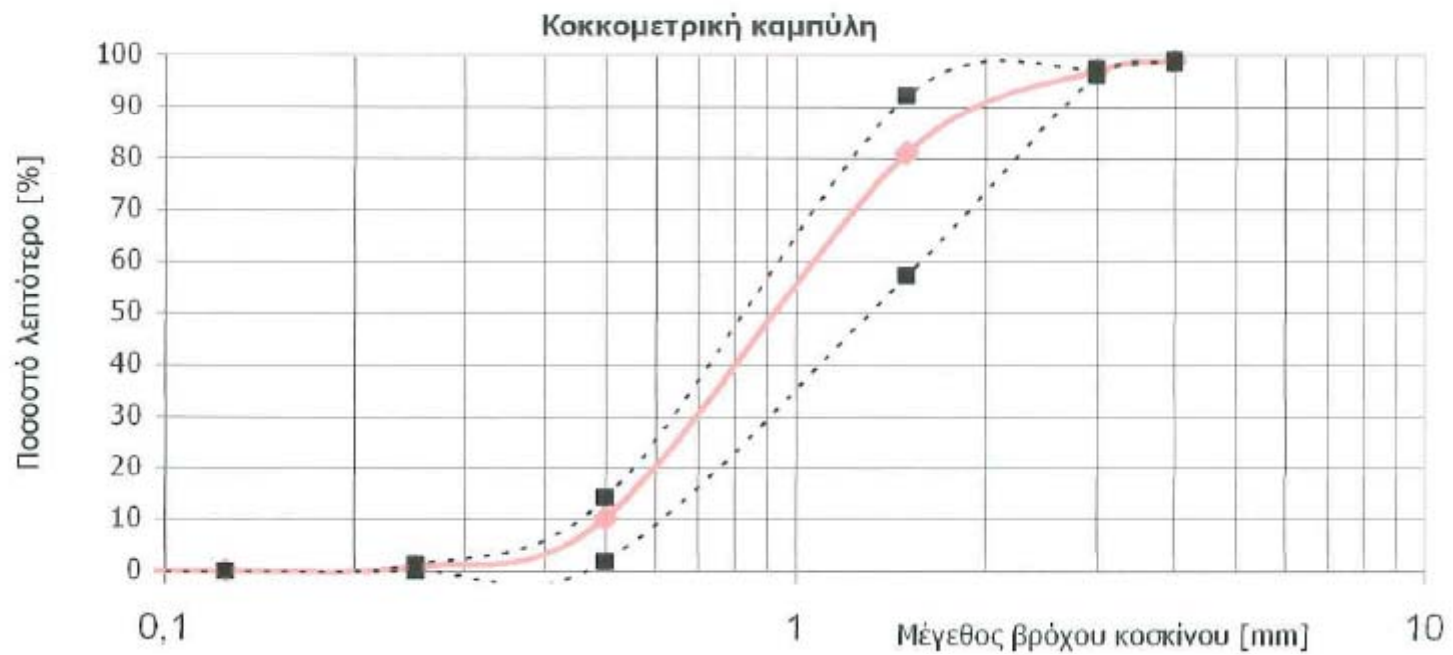
Λειβαδίτης Αριστοτέλης, ΑΜ 6229  
Καπόγλης Ηλίας, ΑΜ 6494

# Φυσικά υδατ/τα από κοκκομετρία

**Σχήμα 3.4:** Κοκκομετρική καμπύλη πρώτου και δευτέρου δείγματος – μέση κοκκομετρική καμπύλη (τέταρτη μέτρηση)



**Σχήμα 3.4:** Κοκκομετρική καμπύλη πρώτου και δεύτερου δείγματος – μέση κοκκομετρική καμπύλη (τέταρτη μέτρηση)



# Φυσικά υδατ/τα από κοκκομετρία

proposed. The first is from Strickler (1923):

$$n = 0.039 d_{50}^{1/6} \quad (7.4)$$

where  $d_{50}$  is the median sediment size in meters. A still more complex formulation for Manning's  $n$  was proposed by Limerinos (1970):

$$n = \frac{0.0926 R^{1/6}}{1.16 + 2.0 \log_{10} \left( \frac{R}{d_{84}} \right)} \quad (7.5)$$

ate axis of the sediment particle ( $\theta$  in equation 7.2) and both  $R$  and  $d_{84}$  are in units of feet. Finally, the most complex equation we present was offered by Brownlie (1983):

$$n = 0.034 \left[ 1.6940 \left( \frac{R}{d_{50}} \right)^{0.1374} S^{0.1112} \sigma^{0.1605} \right] d_{50}^{0.167} \quad (7.6)$$

where  $R$  and  $d_{50}$  are in units of meters,  $S$  is the slope, and  $\sigma$  is

$$\sigma = 0.5 \left( \frac{d_{84}}{d_{50}} + \frac{d_{50}}{d_{16}} \right) \quad (7.7)$$

Note that the definition of  $\sigma$  in equation 7.7 differs from earlier in equation 7.3. Equation 7.3 assumes the sediment is log-normally distributed while equation 7.7 makes no such assumption and simply defines  $\sigma$  for purposes of use in equation 7.6.

# Οριακές συνθήκες

- Από το μεταβλητό προφίλ συνάγεται η κρισιμότητα των οριακών συνθηκών
- Υποκρίσιμη ροή, γνωστό κατάντη σημείο (downstream point)  
(π.χ. ανάντη ροή σε θυρόφραγμα)
- Υπερκρίσιμη ροή γνωστό, ανάντη σημείο  
(π.χ. κατάντη ροή σε θυρόφραγμα)
- Σε διαφορές συναρμογής- υδραυλικά άλματα εφαρμογή της εξίσωσης της ορμής

# ΒΗΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

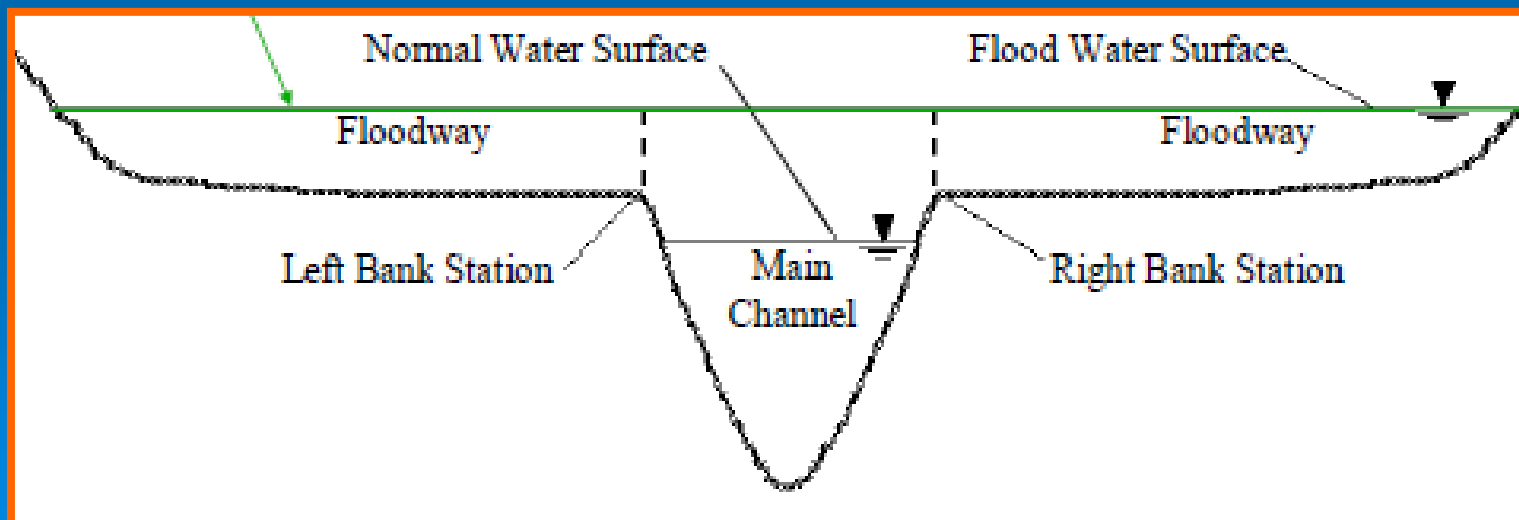
- Κατασκευή γεωμετρικού υπόβαθρου
  - (είτε από το χρήστη είτε εισαγόμενο από άλλα προγράμματα – π.χ. HEC-2, ArcGIS)
- Προσδιορισμός συνθηκών ροής
- Προσδιορισμός οριακών συνθηκών
- Προσομοίωση
- Αποτελέσματα
- Έλεγχος αποτελεσμάτων & αποδοχή ή όχι

# ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

- Γεωμετρικά δεδομένα διατομών
- Συντελεστές απωλειών
- Συμβολές ποταμών
- Δεδομένα μόνιμης ροής
  - καθεσώς ροής (υπερκρίσιμη, υποκρίσιμη ροή κ.τ.λ.)
  - οριακές συνθήκες (ανάντη και κατάντη, κρίσιμο βάθος, καμπύλες στάθμης - παροχής κ.τ.λ.)
  - παροχές αιχμής
- Δεδομένα μη μόνιμης ροής (αρχικές και οριακές συνθήκες)
  - Υδρογραφήματα ή/και σταθμηγραφήματα
  - Καμπύλες στάθμης παροχής

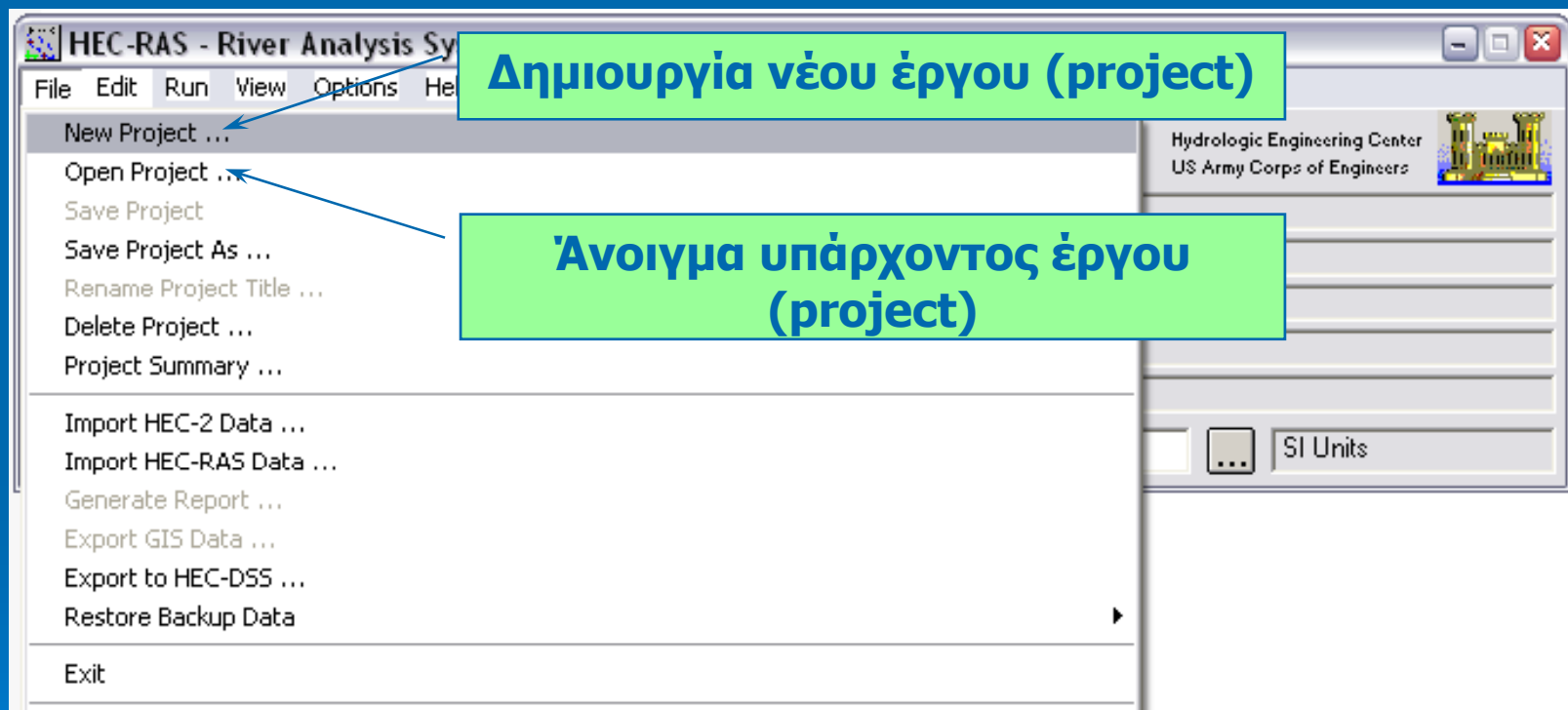
# ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΞΟΔΟΥ

- Δεδομένα εξόδου: στάθμη νερού ανά υπο-λεκάνη και ανά παροχή



# HEC – RAS

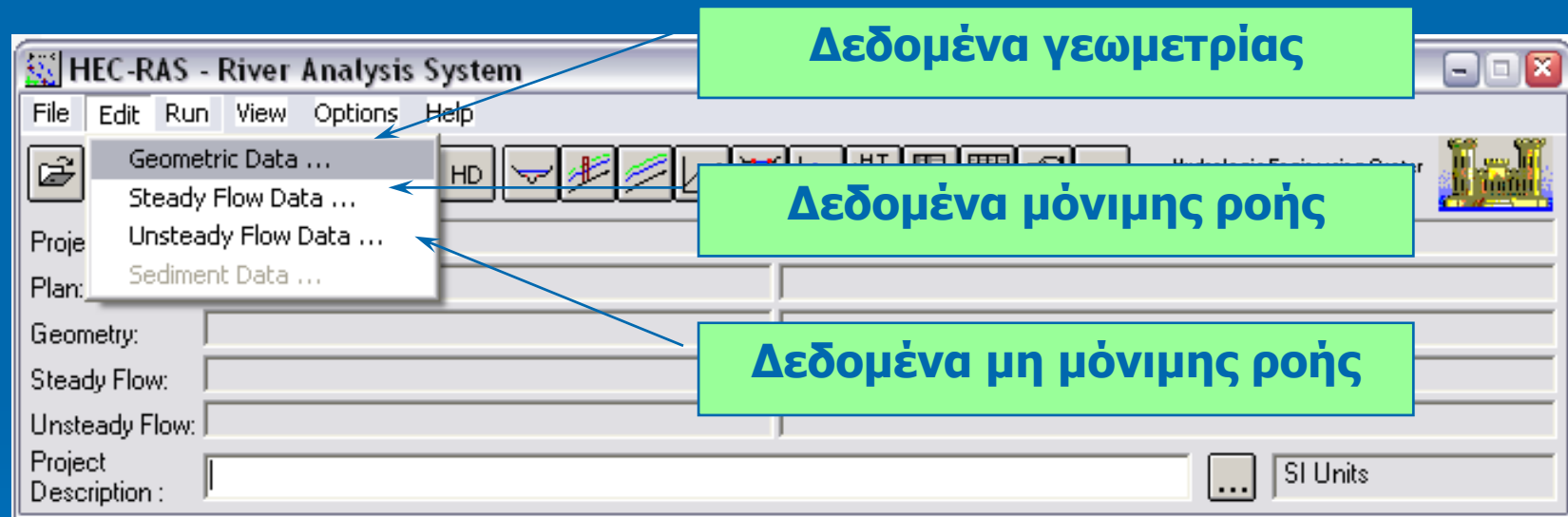
## ΒΑΣΙΚΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ





# HEC – RAS

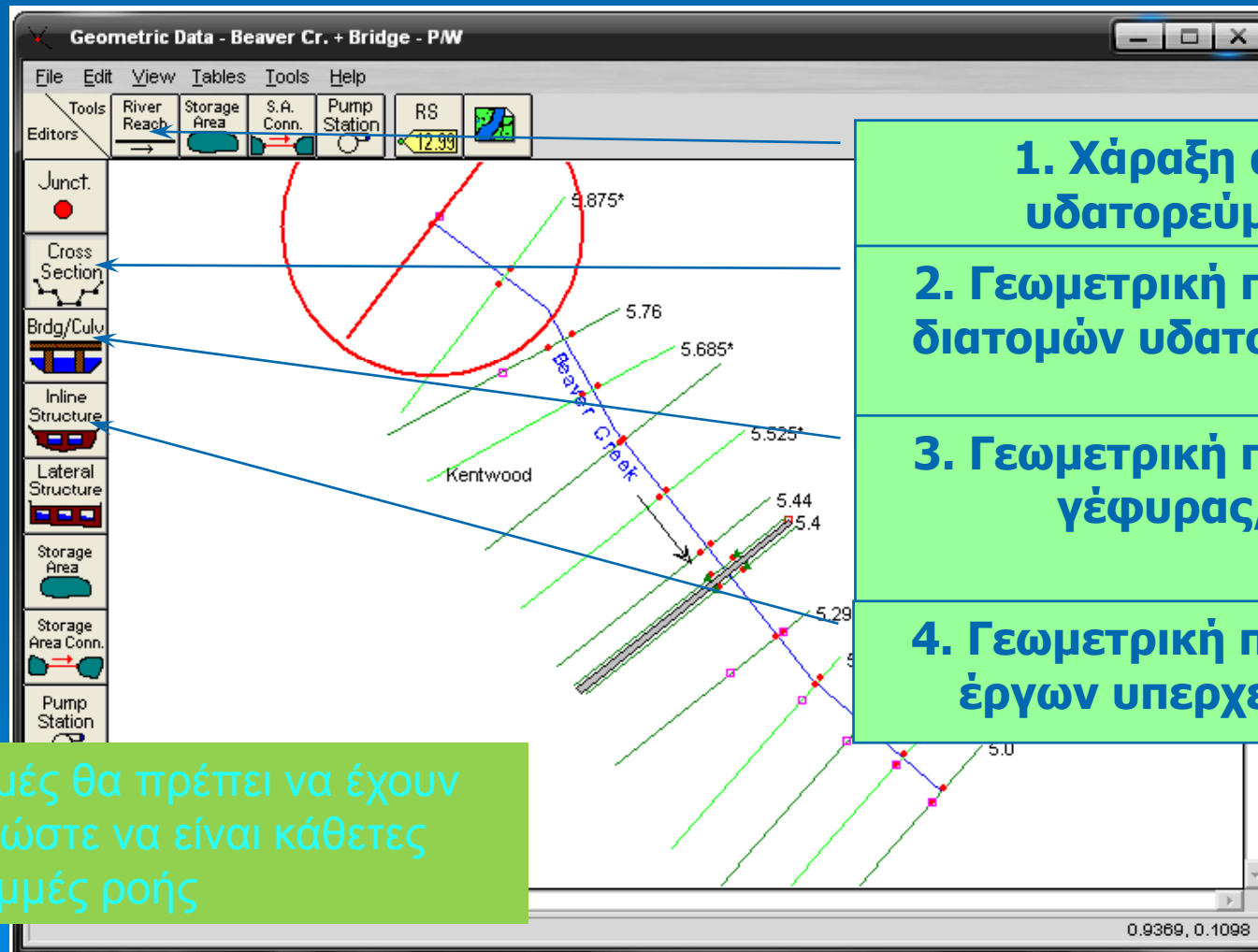
## ΒΑΣΙΚΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ



# ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

- Ορισμός άξονα υδατορεύματος
- Ορισμός διατομών υδατορεύματος
  - Χιλιομετρική θέση διατομής
  - Γεωμετρία διατομής (εδάφους)
    - Από χάρτη ΓΥΣ κλίμακας 1:5000
    - Από τοπογραφική αποτύπωση (η ιδανικότερη λύση)
  - Απώλειες (manning & contraction/expansion coefficients)
- Εναλλακτικά :
  - Εισαγωγή δεδομένων από HEC-2
  - Εισαγωγή δεδομένων από GIS
- Επιπλέον εργαλεία :
  - Διευθέτηση κοίτης ποταμού
  - Ψηφιακή πυκνωση των διατομών του μοντέλου κατά μήκος του υδατορεύματος

# ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ



1. Χάραξη άξονα  
υδατορεύματος

2. Γεωμετρική περιγραφή  
διατομών υδατορεύματος

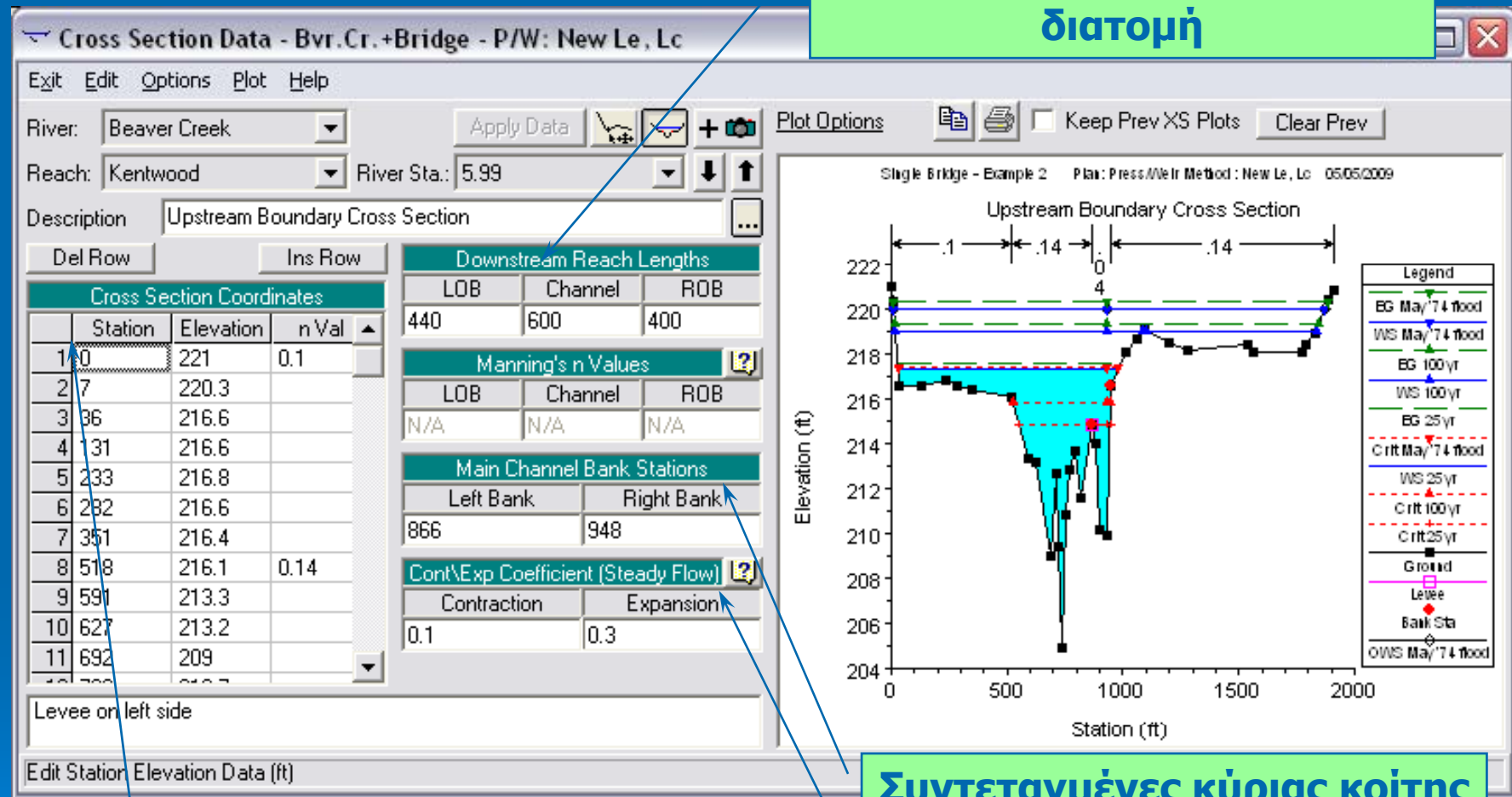
3. Γεωμετρική περιγραφή  
γέφυρας/ων

4. Γεωμετρική περιγραφή  
έργων υπερχείλισεως

Οι διατομές θα πρέπει να έχουν  
επιλεγεί ώστε να είναι κάθετες  
στις γραμμές ροής

# ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Απόσταση από κατάντη  
διατομή



Συντεταγμένες διατομής

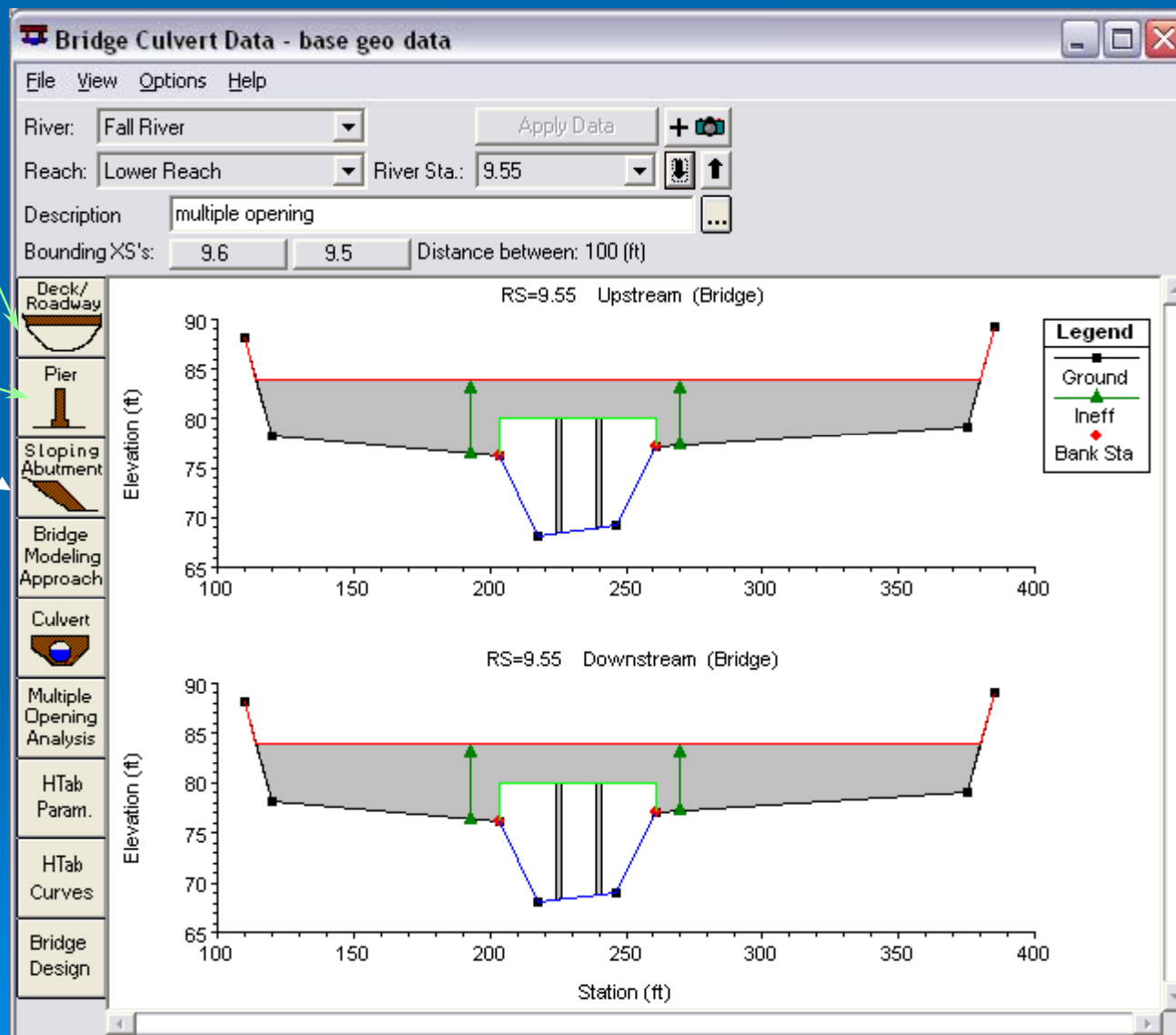
Συντεταγμένες κύριας κοίτης

Συστολή/διαστολή ροής

# ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

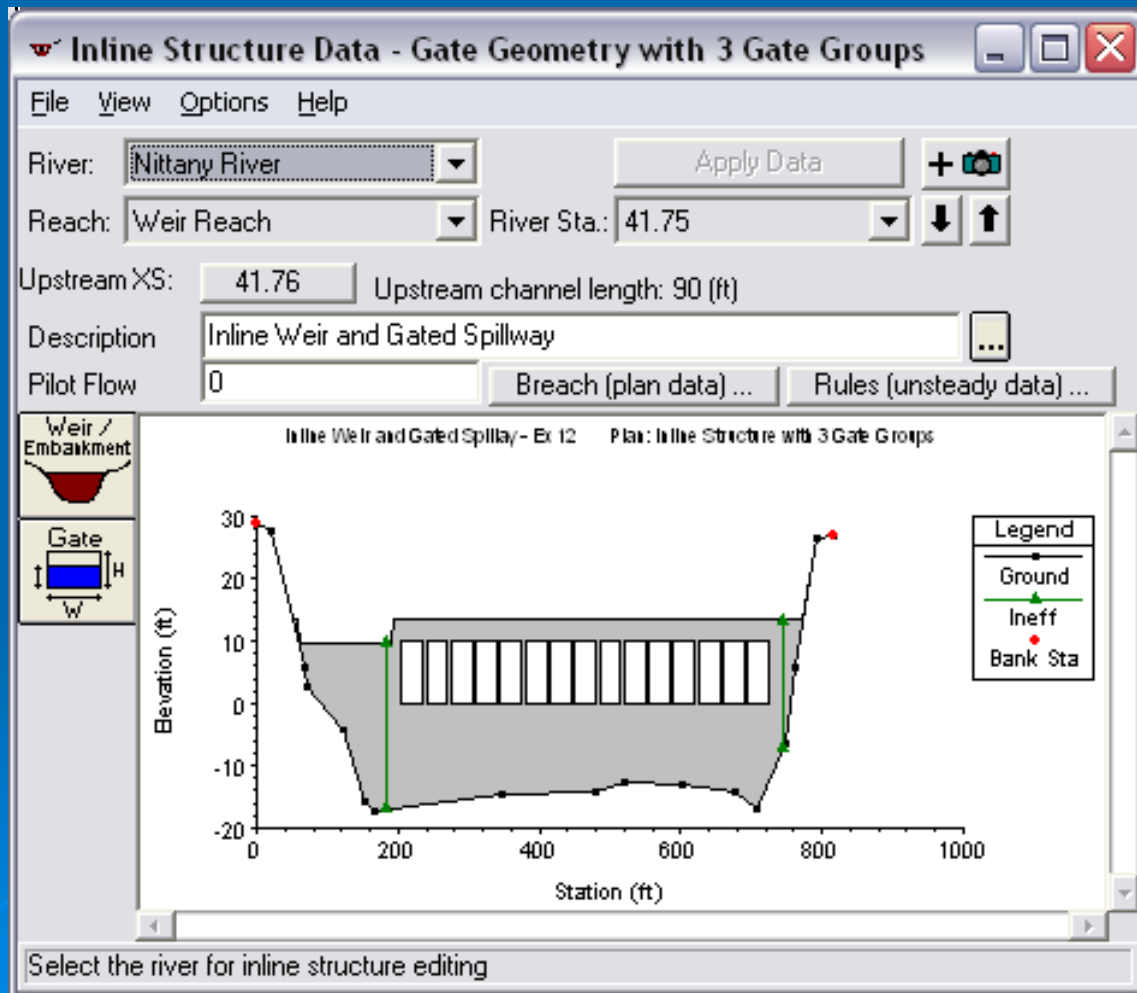
Κατάστρωμα  
γέφυρας

Βάσεις  
γέφυρας



# ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Κατασκευές  
κάθετες στη ροή



# ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Κατασκευές  
παράλληλες με τη  
ροή

The screenshot displays the Lateral Structure Editor software interface. The main window shows a plan view of a river reach named "Kentwood". The river is represented by a series of parallel lines, with a red line indicating the main channel. A blue structure labeled "STO #1" is shown at the bottom of the reach. The elevation of the river bed is shown as a series of points along the channel, with values ranging from 5.99 to 5.08. A legend at the bottom of the plan view indicates: "None of the XS's are Geo-Referenced ( - Geo-Ref user entered XS - Geo-Ref interpolated XS - Non Geo-Ref)".

The right-hand panel shows the "Lateral Structure Editor - Beaver Cr. - Lateral" window. It contains the following information:

- File View Options Help
- River: Beaver Creek (Apply Data button)
- Reach: Kentwood HW RS: 5.4
- Description: [Empty]
- HW Position: Right overbank (Plan Data Optimization... Breach... buttons)
- Tailwater Connection: Type: Storage Area (Set SA... button)
- SA: Storage area: STo #1
- All Culverts: No Flap Gates
- Structure Type: Weir/Gates/Culverts/Diversion Rating Curves

The bottom panel shows a vertical profile view titled "Lateral Weir and Culverts Plan: Unsteady with Lat". The y-axis is "Elevation (ft)" ranging from 200 to 225. The x-axis is "Station (ft)" ranging from -100 to 500. The profile shows a series of vertical bars representing the structure's elevation. A legend indicates "Ground" (grey area) and "Bank Sta" (red dots).

Select the river for inline structure editing

# ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΡΟΗΣ

## ➤ Μόνιμη ροή (*Steady Flow*)

- Παροχές σχεδιασμού
  - Προκύπτουν από την υδρολογική μελέτη ή από ανάντη συνθήκες (π.χ. έξοδος σταθμού παραγωγής)
  - Χρειάζονται μόνο οι αιχμές
- Οριακές συνθήκες ανάλογα με το αν η ροή είναι υποκρίσιμη ή υπερκρίσιμη
  - Δεδομένη στάθμη νερού
  - Κρίσιμο βάθος
  - Ομοιόμορφο βάθος
  - Καμπύλη στάθμης – παροχής





# ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΡΟΗΣ

- Μη μόνιμη ροή (*Unsteady Flow*)
  - Υδρογράφημα σχεδιασμού
  - Σταθμηγράφημα σχεδιασμού ή και τα δύο
  - Καμπύλες στάθμης – παροχής
  - Αρχικές συνθήκες ροής



# ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΟΝΙΜΗΣ ΡΟΗΣ

Steady Flow Data - 10, 2 and 1% chance events

File Options Help

Enter/Edit Number of Profiles (25000 max):  Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River:

Reach:  River Sta.:

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates			
	River	Reach	RS	10 yr	50 yr	100 yr
1	Butte Cr.	Tributary	0.2	100	500	1500
2	Fall River	Upper Reach	10	500	2000	5000
3	Fall River	Lower Reach	9.79	600	2500	6500
4	Fall River	Lower Reach	9.6	650	2700	7000

Edit Steady flow data for the profiles (cfs)

Προφίλ ροής

Διατομές αλλαγής  
ροής

Δεδομένα ροής

# ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΟΝΙΜΗΣ ΡΟΗΣ

The screenshot displays the HEC-RAS software interface. The main window is titled "Steady Flow Data - 10, 2 and 1% chance events". It features a menu bar with "File", "Options", and "Help". Below the menu bar, there are input fields for "Enter/Edit Number of Profiles (25000 max):" with the value "3", and "Reach Boundary Conditions ..." with an "Apply Data" button. A green box labeled "Οριακές συνθήκες" (Boundary Conditions) points to the "Apply Data" button.

Overlaid on the main window are two dialog boxes. The "Steady Flow Boundary Conditions" dialog box has two radio buttons: "Set boundary for all profiles" (selected) and "Set boundary for selected profiles". It includes a section for "Available External Boundary Conditions" with buttons for "Known W.S.", "Critical Depth", and "Normal Depth". A blue box labeled "Στάθμη νερού" (Water Level) points to the "Known W.S." button. Below this is a table titled "Selected Boundary Condition Locations":

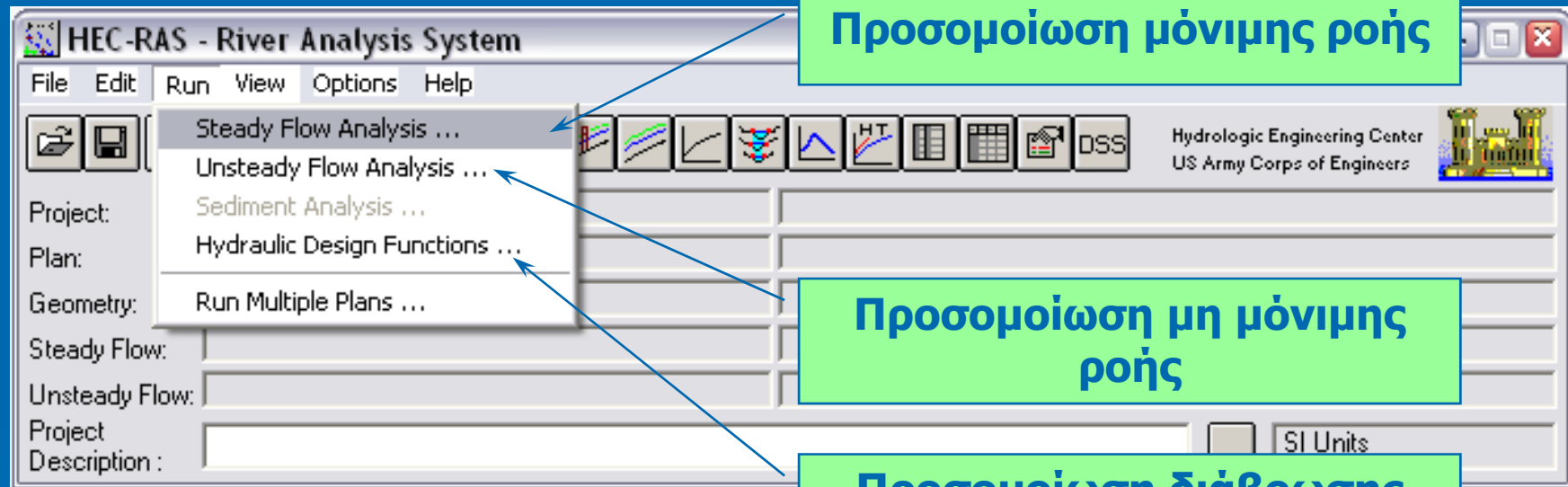
River	Reach	Profile	Up
Butte Cr.	Tributary	all	
Fall River	Upper Reach	all	
Fall River	Lower Reach	all	Junction=Su

The "HEC-RAS" dialog box is titled "Set known water surfaces for flows." and contains a table with the following data:

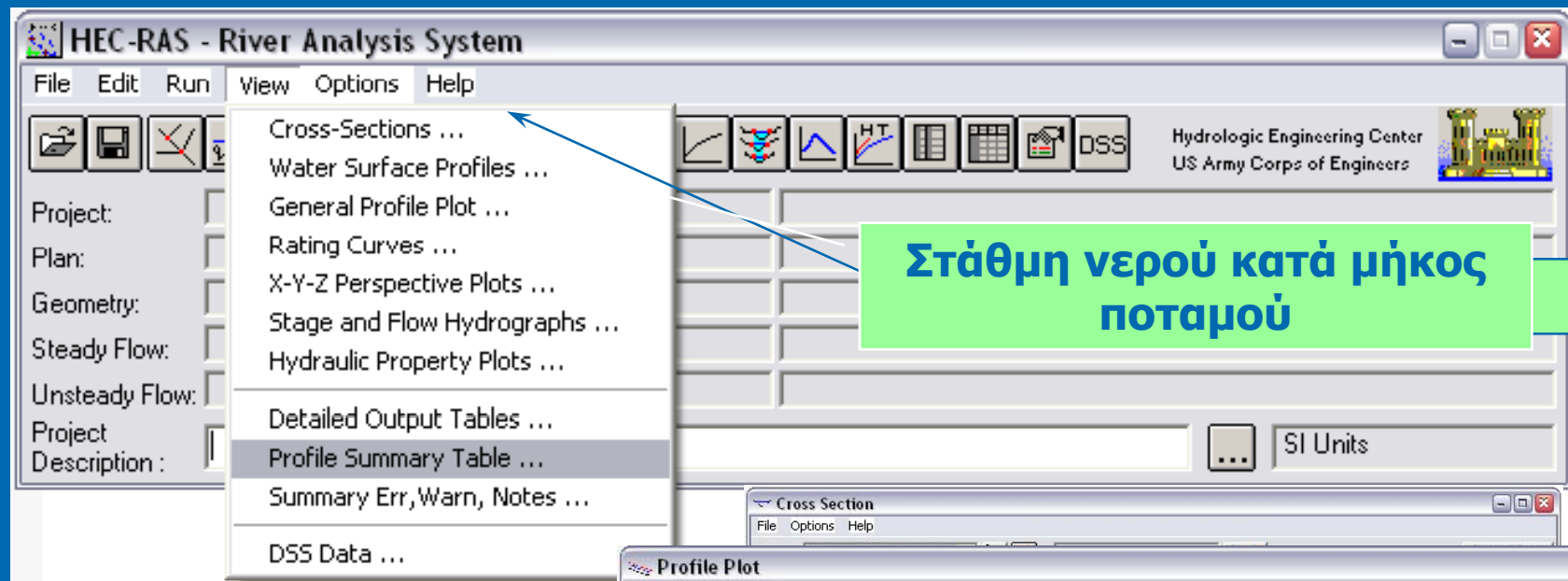
	Flow (cfs)	Known W/S El (ft)
1	650	
2	2700	
3	7000	

Other visible elements include a "Delete" button, an "Edit Steady" button, and a "Help" button. At the bottom of the "Steady Flow Boundary Conditions" dialog, there is a text field containing "Enter to accept data changes."

# ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

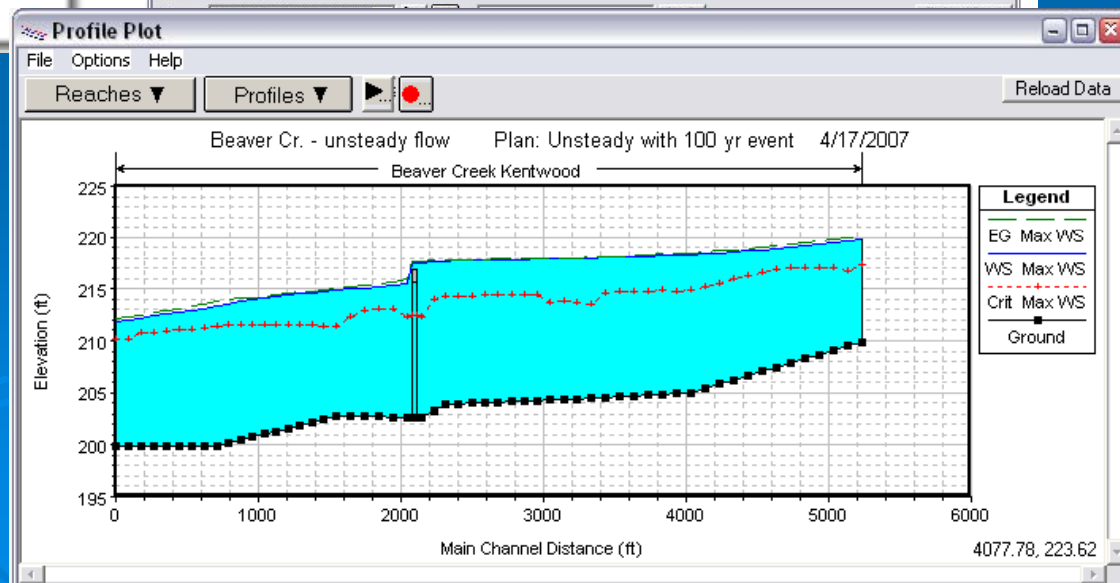


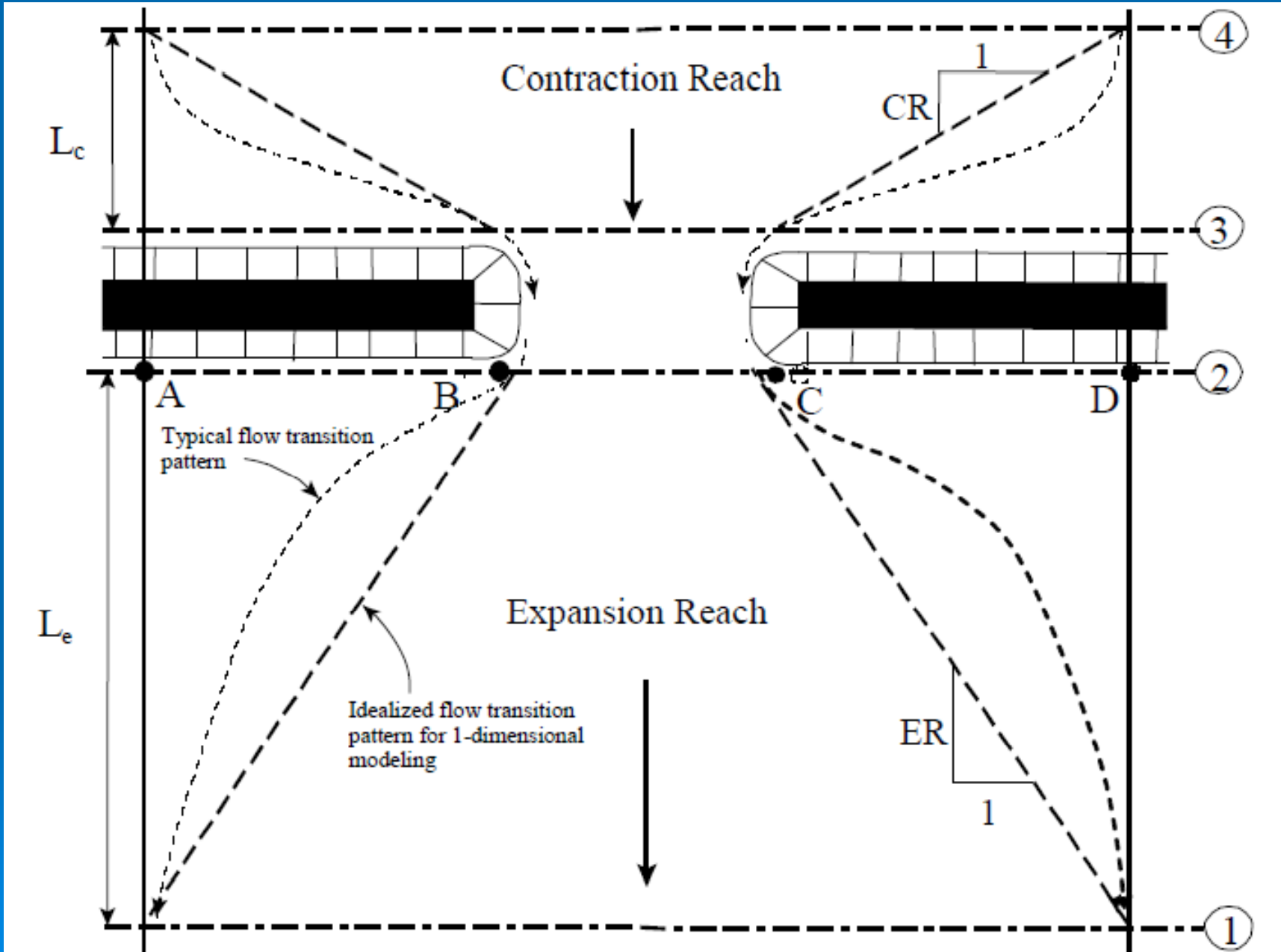
# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Εκτός από στάθμη νερού απεικονίζονται επίσης :

- ✓Κρίσιμα βάθη
- ✓Γραμμή ενέργειας
- ✓Αναχώματα





## Εκτίμηση Διακινδύνευσης (R)

$$\{R\} = \{H\} \square \{E\} \square \{V\}$$


R: Διακινδύνευση

H: Κίνδυνος

E: Έκθεση


V: Τρωτότητα

# Δυσκολίες στην Εκτίμηση Διακινδύνευσης

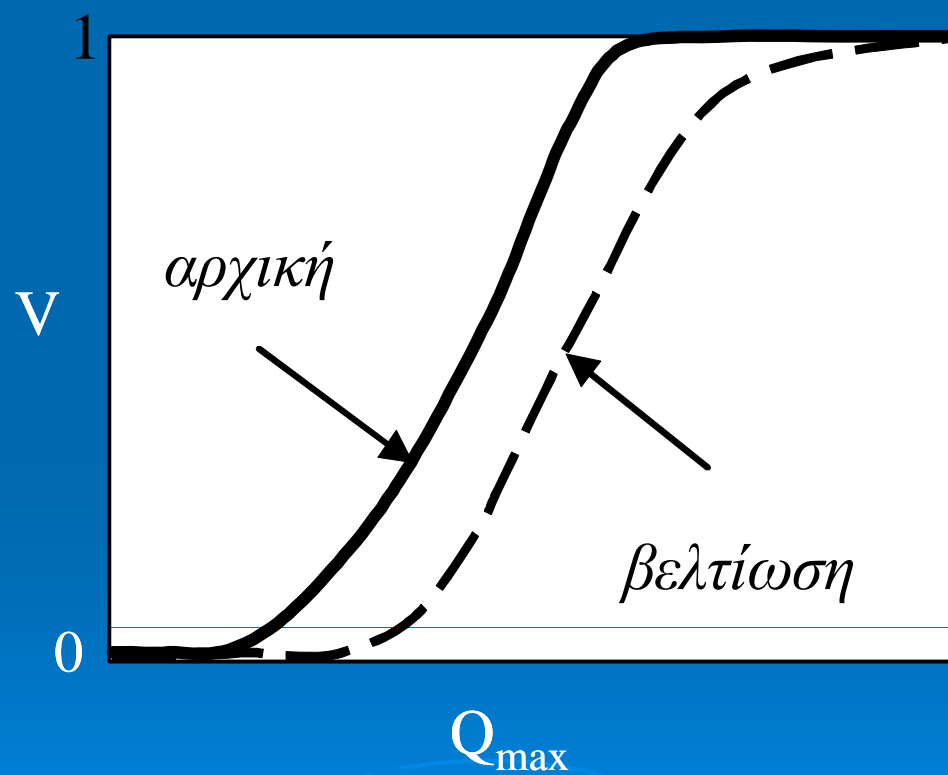
- ◆ Πιθανότητα ενός γεγονότος από τους άπειρους συνδυασμούς (μη μόνιμη δίαιτα – τάσεις στο ιστορικό δείγμα)
  - ◆ Πολυδιάστατα φαινόμενα (ανάγκη για παραδοχές απλοποίησης)
  - ◆ Μικρά μη αξιόπιστα δείγματα επιπτώσεων
  - ◆ Πολλές, άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις αλληλοεπηρεαζόμενες
  - ◆ Πολλές μη μετρήσιμες επιπτώσεις
  - ◆ Ντόμινο φυσικών καταστροφών
  - ◆ Αβεβαιότητα
- 




# Τρωτότητα

- ◆ Μέγεθος φαινομένου
  - ◆ Κατάσταση συστήματος
  - ◆ Μέσα αντιμετώπισης
  - ◆ Εξωτερική επίδραση (Νομοθετικό Πλαίσιο)
  - ◆ Χρόνος
  - ◆ Κοινωνικός παράγοντας
  - ◆ Αλληλοσυσχέτιση εσωτερικών παραγόντων
- 

# Τρωτότητα – Μέγεθος φαινομένου



# Ελλάδα: Προσέγγιση μη προηγμένης χώρας

- ◆ Έλλειμμα γνώσης στον τεχνικό κόσμο
  - ◆ Ελάχιστη πρόνοια στο σχεδιασμό
  - ◆ Μικρή προτεραιότητα
  - ◆ Έλλειψη κανόνων και θεσμικού πλαισίου
  - ◆ Αποσπασματική και εκ των υστέρων αντιμετώπιση
  - ◆ Εμπειρισμός
  - ◆ Έλλειμμα τεχνολογίας
- 

# Οδηγία 2007/60

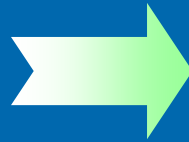
- Σχέδια διαχείρισης πλημμυρικής διακινδύνευσης
- Ενιαίος χώρος ανάλυσης: Λεκάνη απορροής
- Συμβατότητα με την Οδηγία 2000/60
- Ανάλυση επιπτώσεων στις περιοχές κινδυνεύουν δυνητικά
- Ορθολογική λήψη αποφάσεων (σενάρια – επιπτώσεις)
- Συμμετοχή ενδιαφερόμενων και κοινού

# Δυσκολίες Εφαρμογής

- ⇒ Έλλειψη δεδομένων να στηριχθούν σενάρια  $T=1.000$  ή  $10.000$  έτη
- ⇒ Βροχοπτώσεις – Απορροές δεν έχουν την ίδια πιθανότητα
- ⇒ Χωροχρονική εξέλιξη πλημμύρας
- ⇒ Συνεχής αλλαγή των χρήσεων γης
- ⇒ Αστικοποίηση
- ⇒ Δασικές πυρκαγιές
- ⇒ Έλλειψη αναλυτικών πληροφοριών για τις κατακλυζόμενες εκτάσεις / τις χρήσεις γης / ψηφιακά θεματικά υπόβαθρα
- ⇒ Όχι μονοσήμαντες εκτιμήσεις για την έκταση που κατακλύζεται
- ⇒ Εκτίμηση ζημιών

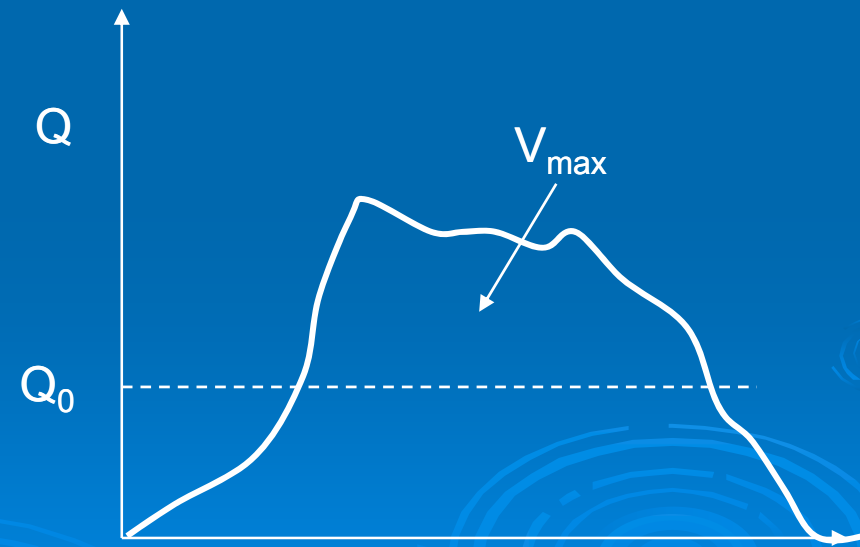
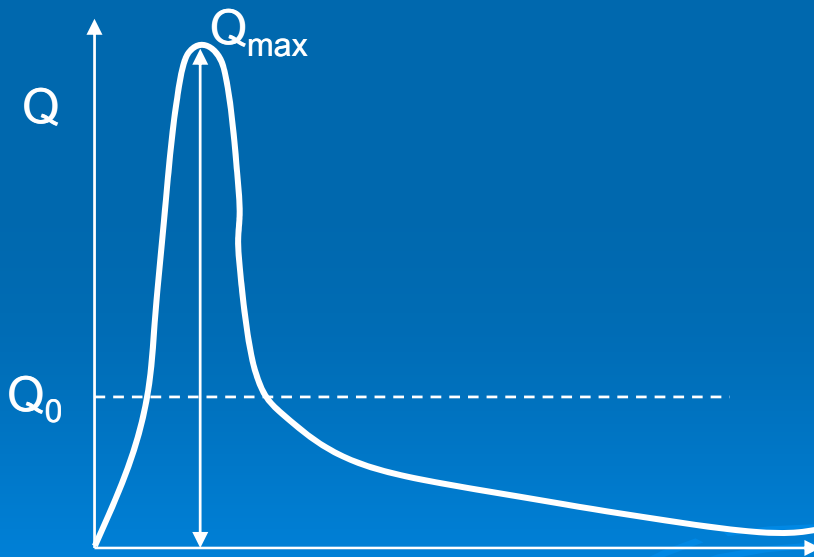
# Πλημμύρα ως Διδιάστατο Φαινόμενο

- Παροχή
- Διάρκεια



- Παροχή αιχμής  $Q_{max}$
- Όγκος πλημμύρας  $V_{max}$

## Υδρογράφημα Σχεδιασμού

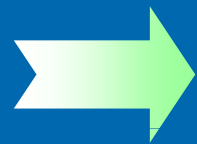


# Έκταση – Διάρκεια - Βάθος

- ☛ Υδρογράφημα πλημμύρας
- ☛ Ανάγλυφο
- ☛ Χρήσεις γης
- ☛ Δίκτυο ροής
- ☛ Μέσα εκκένωσης στον τελικό αποδέκτη
- ☛ Έργα υποδομής
- ☛ Έδαφος
- ☛ Ποσοστό αδιαπέραστης επιφάνειας



# Σχέδιο Διαχείρισης Διακινδύνευσης Πλημμύρας

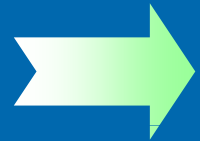


## Δαπάνες βελτιωτικών έργων και μέτρων

- ◆ Κατασκευών
- ◆ Αλλαγών και Διευκόλυνσης των Κατασκευών
- ◆ Εφαρμογής μέτρων
- ◆ Συντήρησης και λειτουργίας



# Σχέδιο Διαχείρισης Διακινδύνευσης Πλημμύρας



## Οφέλη από έργα και μέτρα βελτίωσης

### Μετρήσιμα (tangible)

- Άμεσα
- Έμμεσα

### Μη Μετρήσιμα (intangible)

- Ζωές
- Μείωση δυσκολιών
- Βελτίωση περιβαλλοντικών συνθηκών κ.α.

# Οφέλη από έργα και μέτρα βελτίωσης

## Άμεσα Οφέλη



Μείωση της συχνότητας πλημμύρων



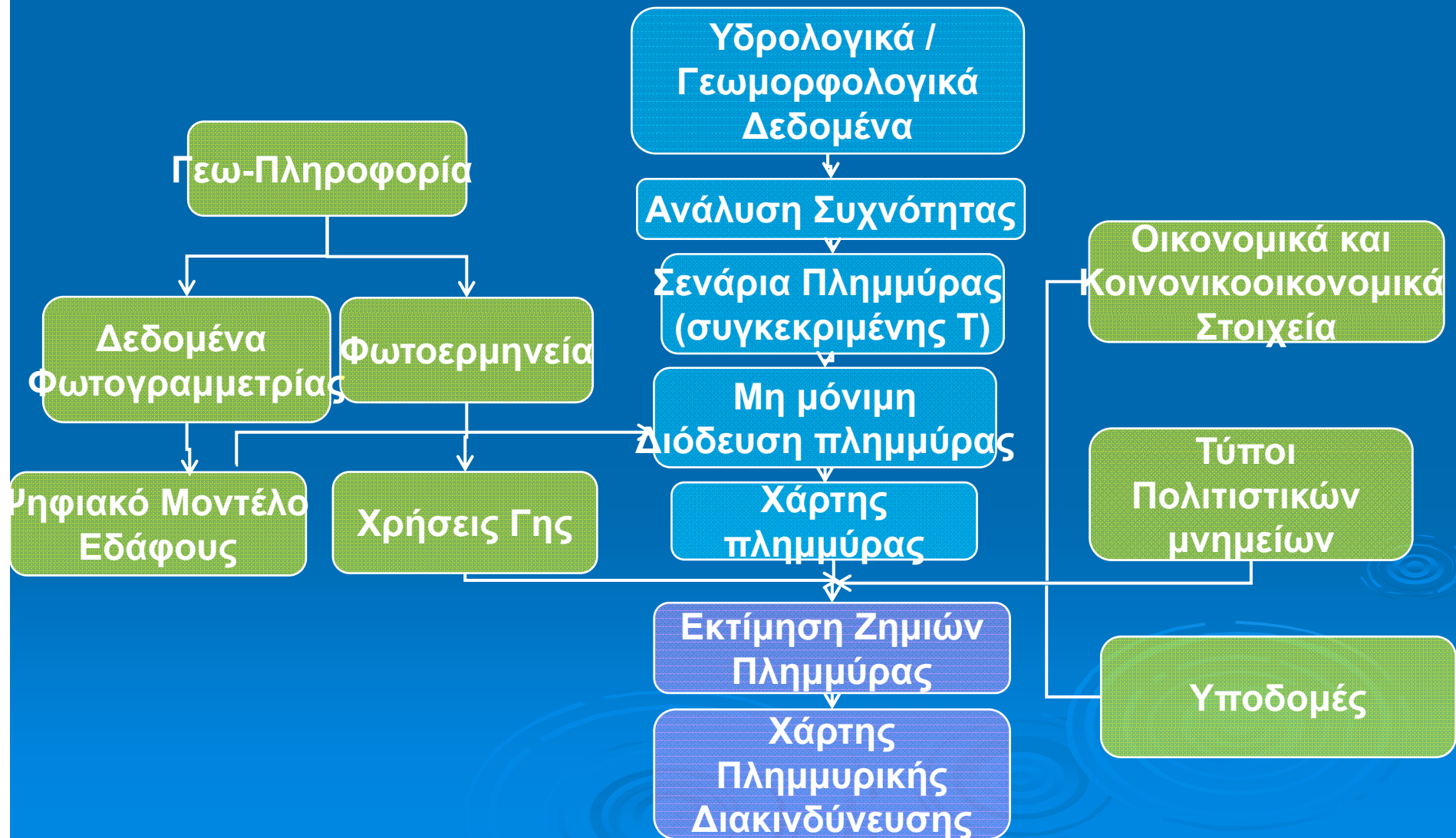
- Μείωση των δυνητικών καταστροφών
- Αξιοποίηση αχρησιμοποίητων εκτάσεων (λόγω των πλημμύρων)
- Μείωση των ζημιών

## Έμμεσα Οφέλη



- Βελτίωση των μεταφορών
- Βελτίωση της οικονομικής δραστηριότητας
- Αποφυγή ρύπανσης του νερού
- Αποφυγή ασθενειών

# Μεθοδολογία (Τσακίρης, 2011)



# Δεδομένα Φωτογραμμετρίας

- Έγχρωμες Αεροφωτογραφίες (Σεπτ. 2005) – Κλίμακα 1:15.000  
(Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, ΓΥΣ)
- Υψηλής Ανάλυσης Ψηφιακό Υπόβαθρο
- Κάνναβος σημείων με πυκνότητα 25m
- Λεκάνη Απορροής Ραπεντώσας → 14 φωτογραφίες σε 3 λωρίδες