

ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων  
Παρουσίαση στα πλαίσια του μαθήματος:  
«Πλημμύρες και Αντιπλημμυρικά Έργα»

---

## Μοντέλα προσομοίωσης πλημμυρών

---

Ανδρέας Ευστρατιάδης, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος

Μάιος 2013

# Από τα αντιπλημμυρικά έργα στη διαχείριση της πλημμυρικής διακινδύνευσης

---

- **Παραδοσιακή θεώρηση → έργα αντιπλημμυρικής προστασίας**
  - Επιλογή επιπέδου πλημμυρικής επικινδυνότητας (πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας συγκεκριμένης περιόδου επαναφοράς).
  - Υδρολογικός σχεδιασμός (παροχή αιχμής, πλημμυρογράφημα).
  - Υδραυλικός σχεδιασμός (διαστασιολόγηση έργων).
  - Δεν λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις των πλημμυρικών επεισοδίων που ξεπερνούν τα μεγέθη σχεδιασμού.
  
- **Σύγχρονη θεώρηση → διαχείριση πλημμυρικής διακινδύνευσης**
  - Ολιστική προσέγγιση – εισάγεται η έννοια του συστήματος που παράγει και επηρεάζεται από τις πλημμύρες.
  - Αξιολογείται η πλημμυρική διακινδύνευση, η οποία εξαρτάται από την επικινδυνότητα της πλημμύρας σε συνδυασμό με τις δυνητικές επιπτώσεις της, στο περιβάλλον και τις ανθρώπινες δραστηριότητες.
  - Ο περιορισμός των επιπτώσεων αντιμετωπίζεται αφενός σε στρατηγικό-μακροπρόθεσμο επίπεδο, μέσω κατασκευαστικών και μη κατασκευαστικών μέτρων, και αφετέρου σε επιχειρησιακό επίπεδο, για το οποίο απαιτούνται κατάλληλη προετοιμασία και υποδομές.

# Προσομοίωση πλημμυρών: Γενικές αρχές

---

## □ Συνιστώσες συστήματος

- Παραγωγή πλημμύρας: βροχόπτωση → απορροή (αλλά και πλημμύρα από υπερχείλιση/θραύση φράγματος, υπόγεια νερά, θαλάσσιο κύμα)·
- Μεταφορά: υδατορεύματα, τεχνητά κανάλια, δίκτυα ομβρίων (αστικές περιοχές)·
- Ανάσχεση και προστασία: αντιπλημμυρικά έργα και συναφείς υδραυλικές κατασκευές (φράγματα, αναχώματα)·
- Επιπτώσεις: κατακλύμενες εκτάσεις, υποδομές, δραστηριότητες.

## □ Επίπεδα ανάλυσης προβλήματος

- Ανάλυση βροχοπτώσεων: υετογραφήματα (υδρομετεωρολογία, στατιστική)
- Υδρολογική ανάλυση: υδρολογικές διεργασίες, υδρογραφήματα
- Υδραυλική ανάλυση
  - υδρογραφικό δίκτυο: διόδευση πλημμυρών στην κύρια κοίτη
  - πλημμυρικό πεδίο: κατάκλυση πλημμυροπεδιάδων
- Κοινωνικο-οικονομική ανάλυση τρωτότητας και επιπτώσεων

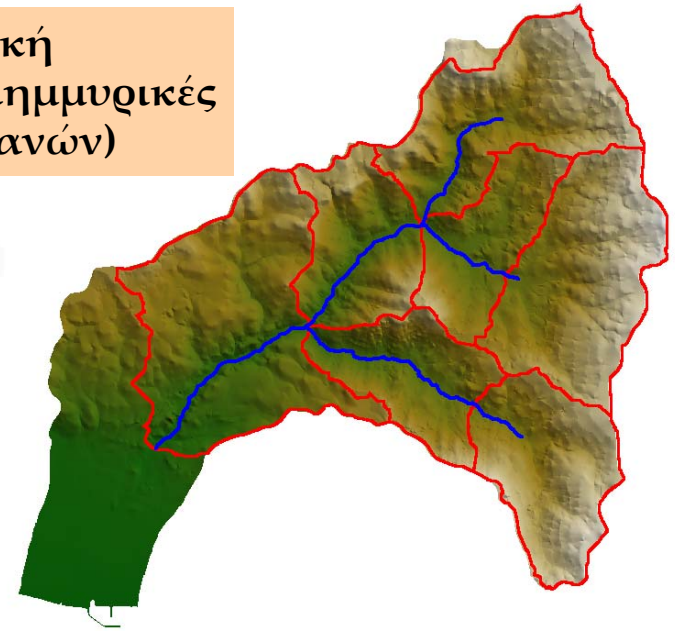
## □ Στόχοι

- Σχεδιασμός έργων, προετοιμασία διαχειριστικών σχεδίων (για υποθετικές μελλοντικές πλημμύρες)
- Υδρομετεωρολογική πρόγνωση (σε πραγματικό ή σχεδόν πραγματικό χρόνο)

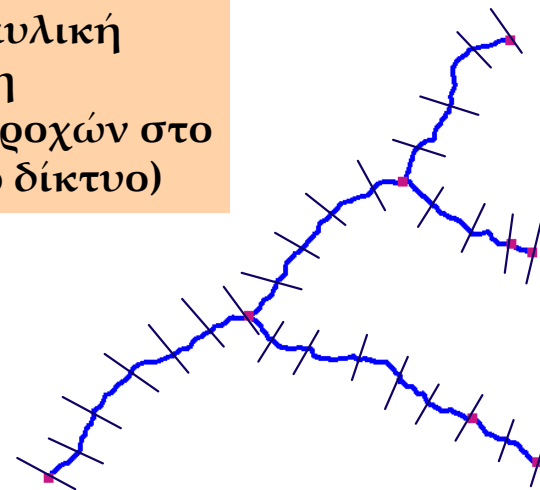
# Προσομοίωση πλημμυρών: Διαδικασία



Βήμα 1: Υδρολογική προσομοίωση (πλημμυρικές απορροές υπολεκανών)



Βήμα 2: Υδραυλική προσομοίωση (διόδευση παροχών στο υδρογραφικό δίκτυο)



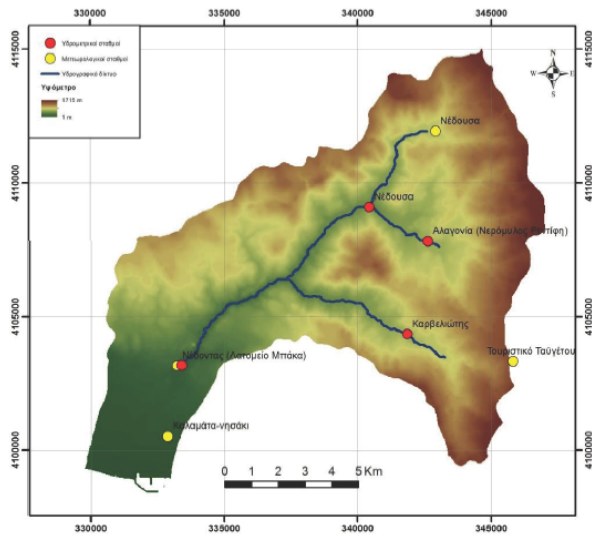
Βήμα 3: Υδραυλική προσομοίωση πλημμυρικού πεδίου, ανάλυση επιπτώσεων

# Προσομοίωση πλημμυρών: Μοντέλα

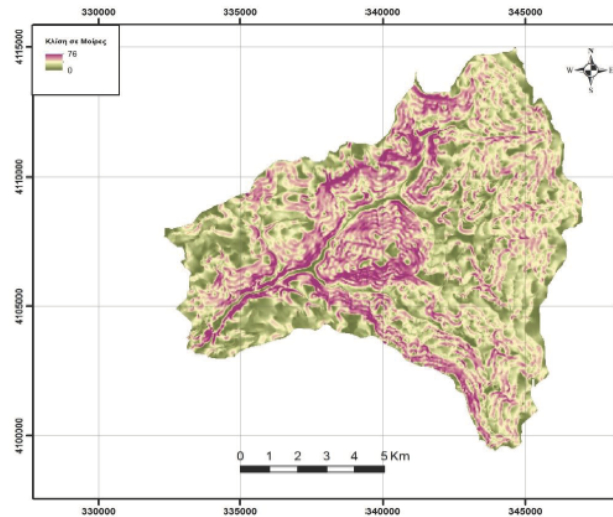
	Υδρολογία	Υδραυλική ποταμών	Υδραυλική πλημμυροπεδιάδων
<b>Περιοχή αναφοράς</b>	Λεκάνη απορροής, υπολεκάνες	Υδρογραφικό δίκτυο, διατομές	Ζώνη εκατέρωθεν της πεδινής κοίτης
<b>Μοντέλο</b>	Γεγονότος ή (πιο σπάνια) συνεχούς προσομοίωσης	Υδρολογικές τεχνικές διόδευσης έως αναλυτικά υδραυλικά μοντέλα	Υδραυλικά μοντέλα (ψευδο-δισδιάστατα έως τρισδιάστατα)
<b>Χωρική ανάλυση</b>	Σχετικά αδρομερής (π.χ. 1 : 50 000)	Αρκετά λεπτομερής (π.χ. 1 : 5 000, 1 : 1000)	Πολύ λεπτομερής
<b>Χρονικό βήμα</b>	Συνήθως ωριαίο, κατά μέγιστο ημερήσιο	Επιβάλλεται από το μοντέλο	Επιβάλλεται από το μοντέλο
<b>Χρονοσειρές εισόδου</b>	Βροχόπτωση (σε μορφή επεισοδίου ή συνεχής)	Παροχές υπολεκανών (είσοδος στους κόμβους του δικτύου)	Παροχές υδρογραφικού δικτύου
<b>Λοιπά δεδομένα</b>	Γεωμορφολογικά και φυσιογραφικά μεγέθη υπολεκανών	Τοπολογία δικτύου, γεωμετρικά χαρακτηριστικά διατομών, τραχύτητα, κατά μήκος κλίσεις	Υψομετρία, χρήσεις γης, υποδομές, έργα
<b>Χρονοσειρές εξόδου</b>	Απορροή (επιφανειακή, βασική) και λοιπά μεγέθη υδατικού ισοζυγίου	Παροχές, ταχύτητες και βάθη ροής ανά διατομή	Ταχύτητες, βάθη, χρόνος παραμονής νερού (κατά πλάτος)



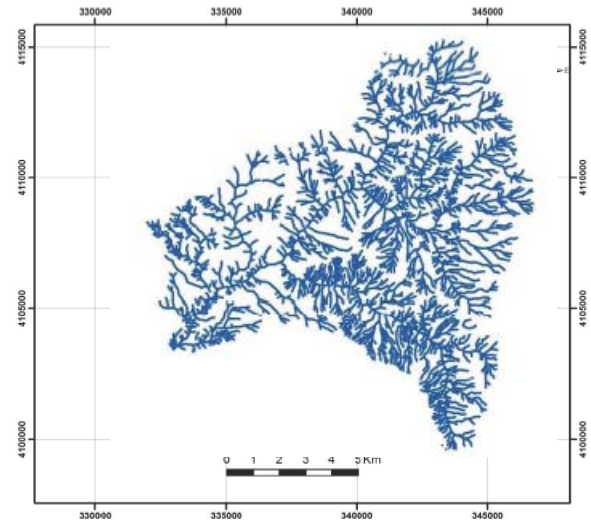
# Μοντέλα πλημμυρών: Γεωγραφικά δεδομένα



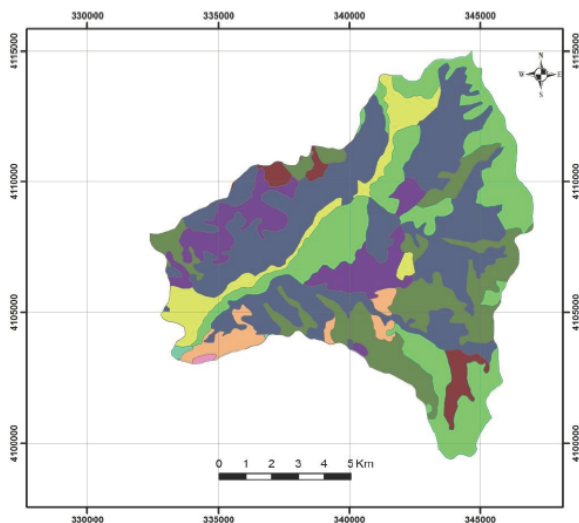
Ψηφιακό μοντέλο, σταθμοί



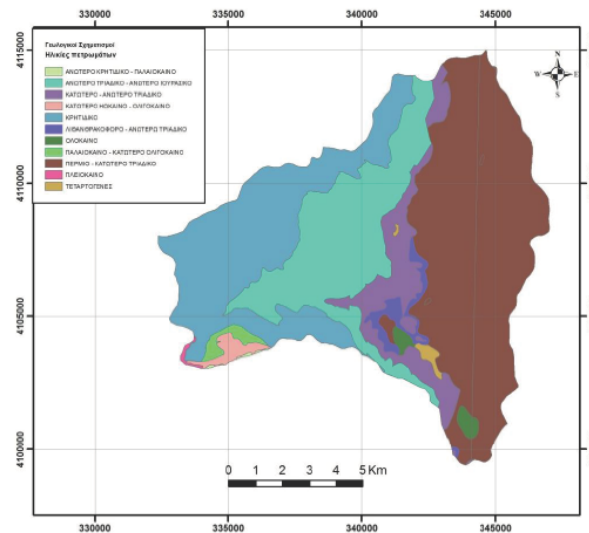
Κλίσεις εδάφους



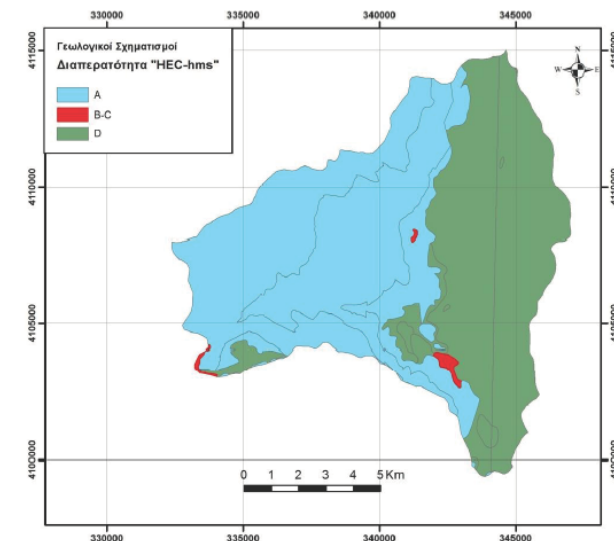
Υδρογραφία



Χρήσεις - κάλυψη γης



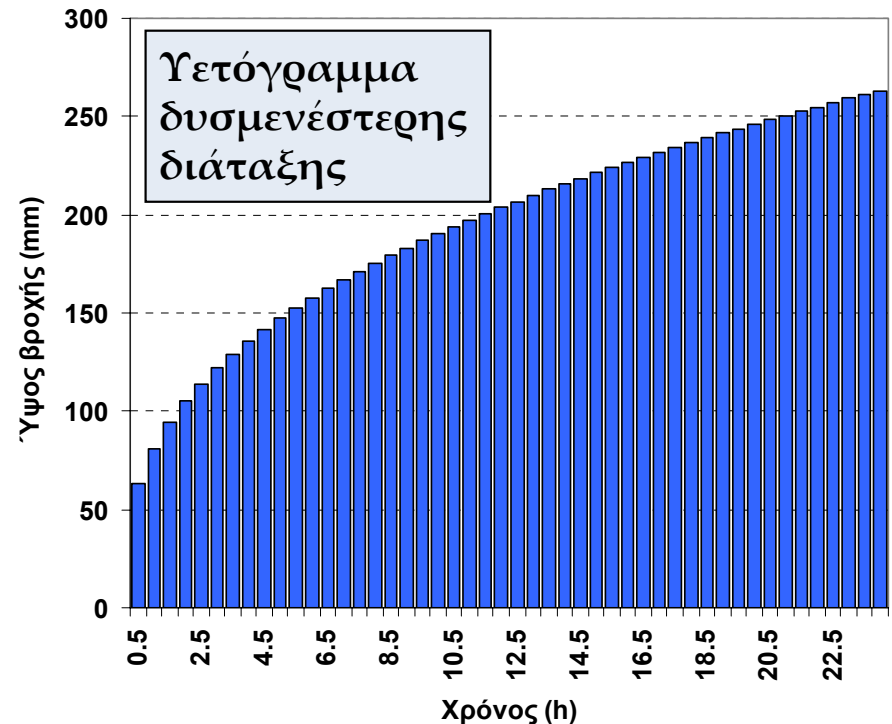
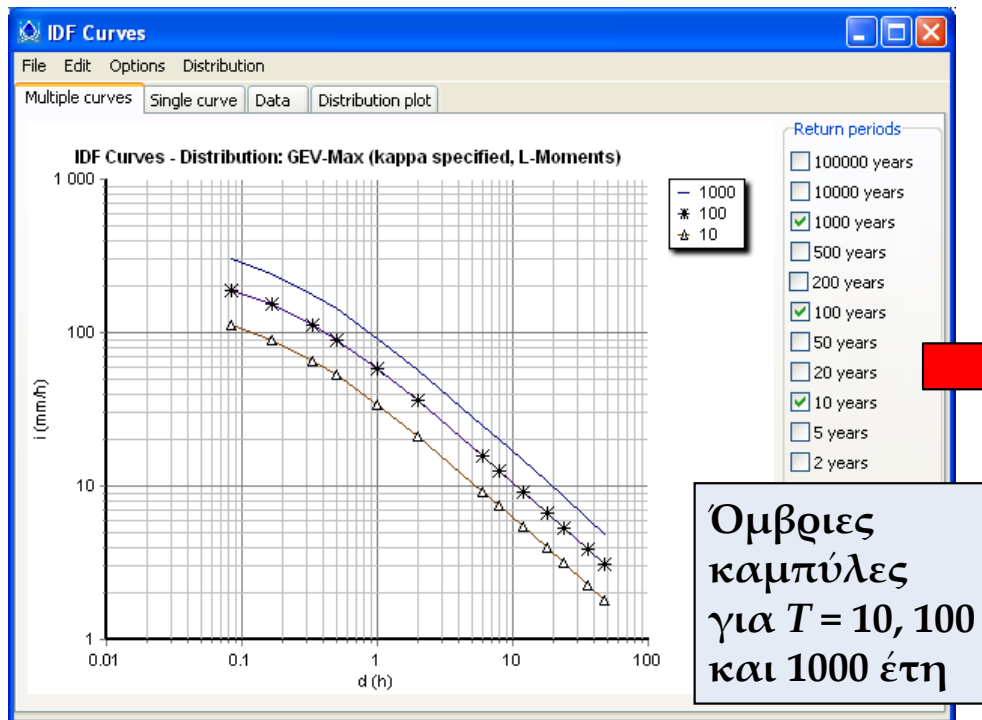
Γεωλογικοί σχηματισμοί



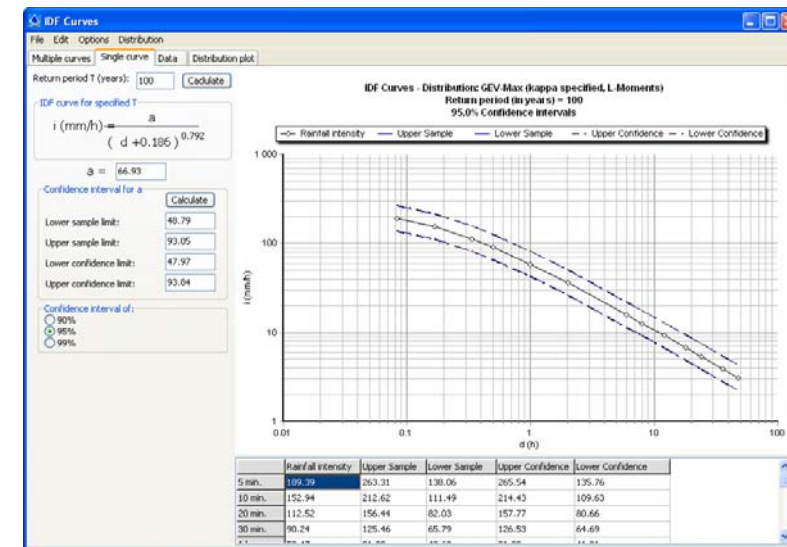
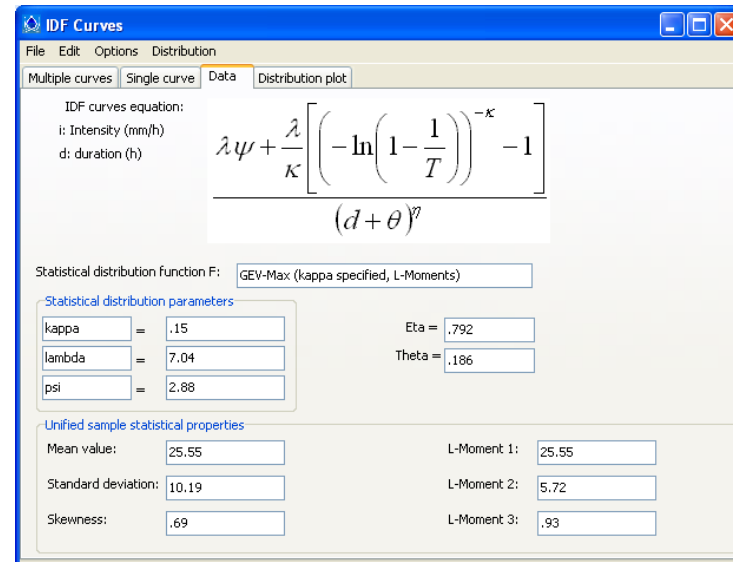
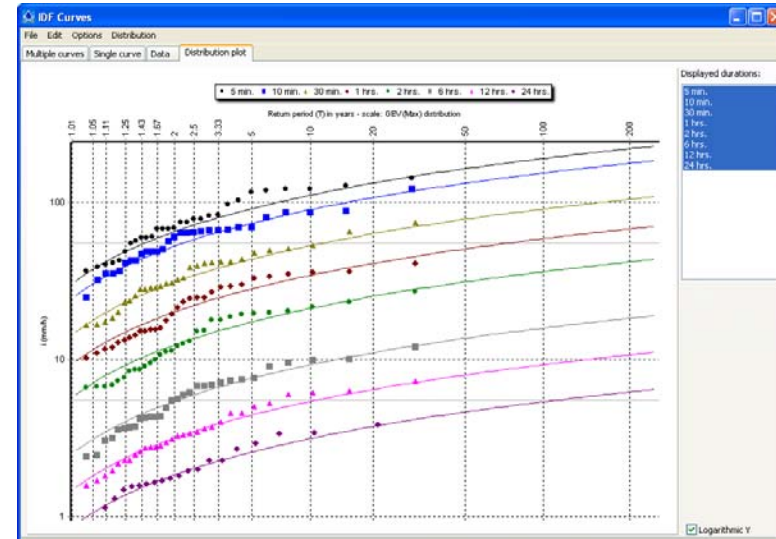
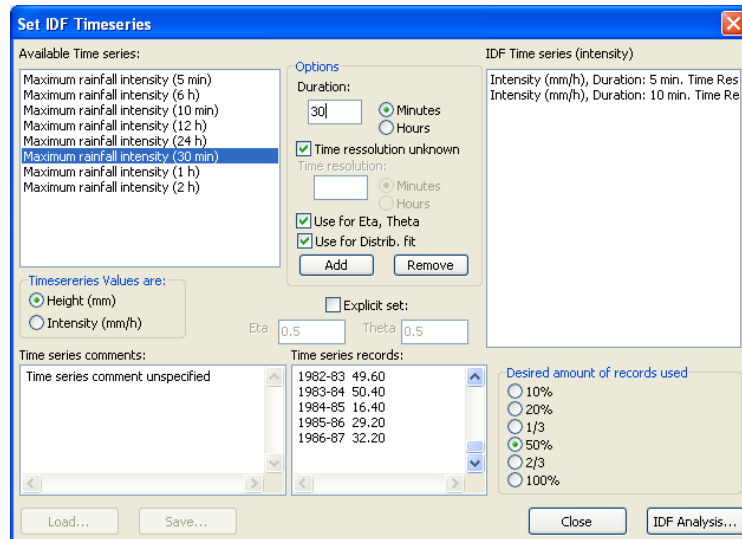
Υδρολιθολογία - περατότητα

# Παραγωγή υετογραφημάτων σχεδιασμού: στατιστικές προσεγγίσεις

- ❑ Στατιστική ανάλυση ακραίων βροχοπτώσεων
- ❑ Παραγωγή ομβρίων καμπυλών,  $i = f(d, T)$  (στατιστικές σχέσεις έντασης βροχής – «διάρκειας» – περιόδου επαναφοράς)
- ❑ Επιμερισμός βροχής – υετογράφημα σχεδιασμού, συνολικής διάρκειας  $D > t_c$  (π.χ. μέθοδος εναλλασσομένων μπλοκ, δυσμενέστερης διάταξης, εμπειρικές μέθοδοι)
- ❑ Παράγεται ένα ντετερμινιστικό επεισόδιο βροχής, που αντιστοιχεί σε δεδομένη περίοδο επαναφοράς και εισάγεται σε υδρολογικά μοντέλα γεγονότος



# Λογισμικό παραγωγής ομβρίων καμπυλών (Υδρογνώμων, υποσύστημα Όμβρος)

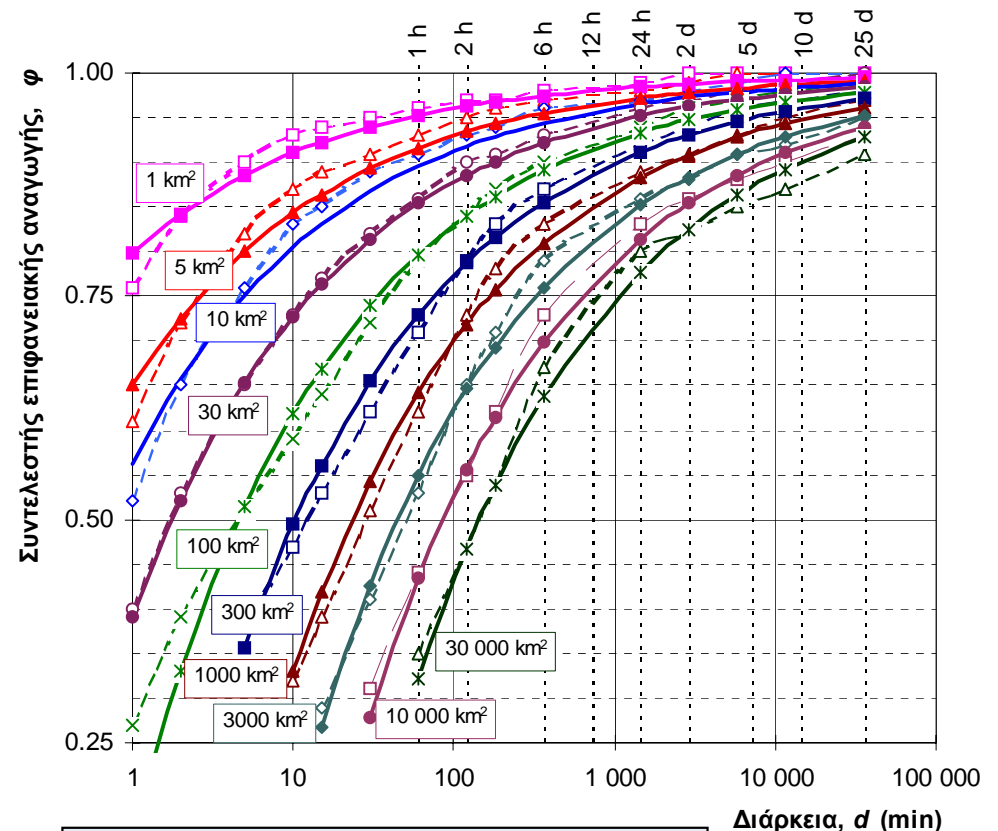


Ανάκτηση λογισμικού και άλλες πληροφορίες: <http://itia.ntua.gr/el/softinfo/28/>



# Επιφανειακή αναγωγή σημειακών καταιγίδων

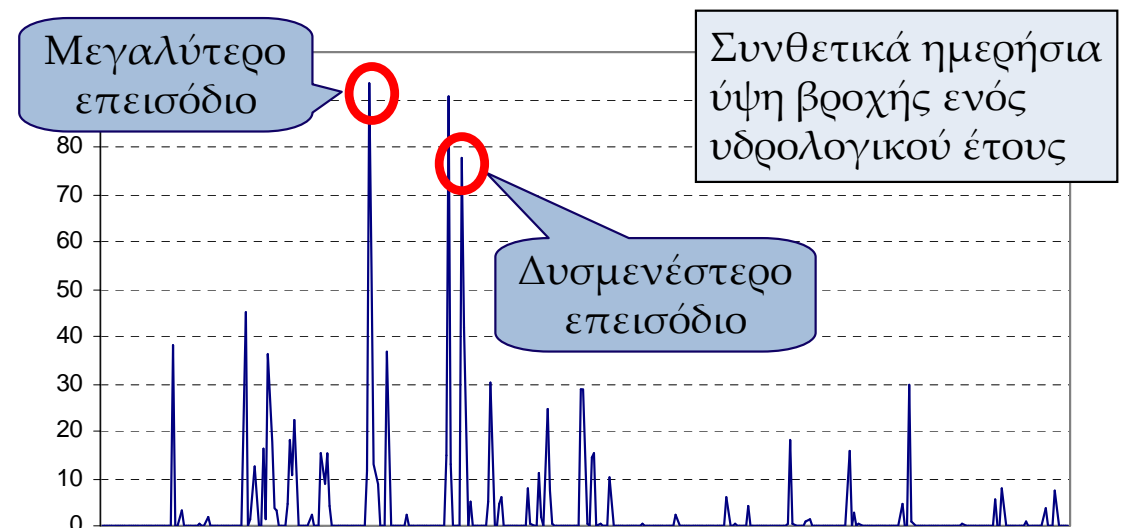
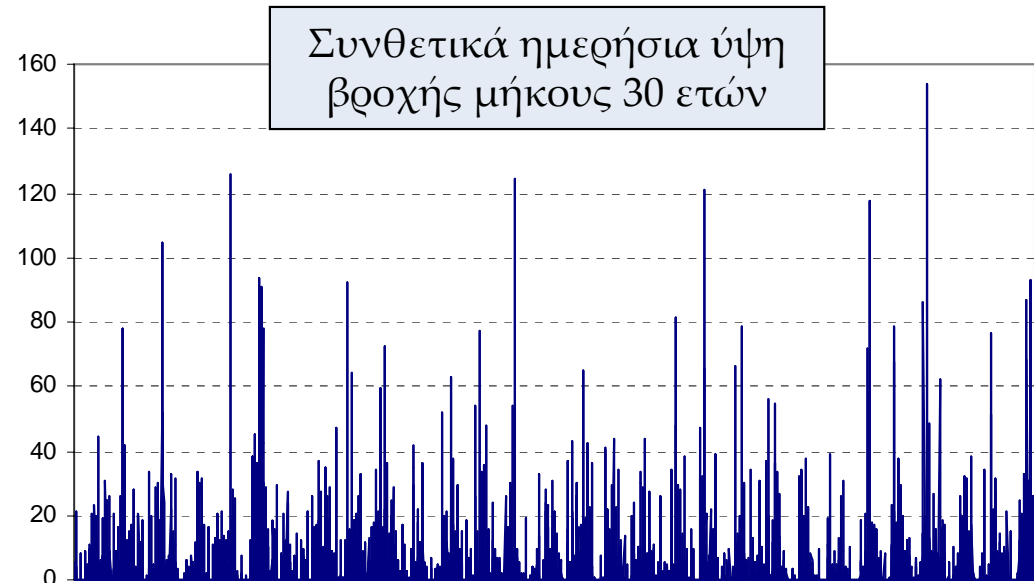
- Κατά τη διάρκεια καταιγίδων, η χωροχρονική μεταβλητότητα της βροχόπτωσης είναι ιδιαίτερα έντονη.
- Οι όμβριες καμπύλες (και τα υετογραφήματα που προκύπτουν) συνήθως αναφέρονται σε συγκεκριμένο σημείο της λεκάνης (π.χ. βροχομετρικός σταθμός).
- Για την αναγωγή των σημειακών υψών βροχής σε επιφανειακά, εφαρμόζονται κατάλληλοι μειωτικοί συντελεστές,  $\phi$  (areal reduction factor).
- Ο συντελεστής  $\phi$  συνήθως δίνεται με τη μορφή νομογραφημάτων (ή εμπειρικών σχέσεων), και θεωρείται ότι μειώνεται με την έκταση της λεκάνης και τη χρονική κλίμακα (διάρκεια βροχής).
- Στην πραγματικότητα, η χωρική κατανομή της καταιγίδας εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως η περίοδος επαναφοράς, ο τύπος καιρού, η ορογραφία της λεκάνης, κτλ.
- Αν η λεκάνη χωρίζεται σε υπολεκάνες, εφαρμόζονται διαφορετικές τιμές του  $\phi$  που αναφέρονται στο σύνολο των ανάντη υπολεκανών.



Πηγή: Νομογραφήματα NERC (1975; επεξεργασία: Κουτσογιάννης, 2011)

# Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών βροχής για συνεχή προσομοίωση

- ❑ Στατιστική ανάλυση πλήρους δείγματος βροχοπτώσεων, σε διάφορους σταθμούς.
- ❑ Προσαρμογή μοντέλου για τη στοχαστική προσομοίωση της βροχόπτωσης.
- ❑ Γέννηση σημειακών συνθετικών χρονοσειρών βροχής, μεγάλου μήκους, που είναι στατιστικά ισοδύναμες με τις ιστορικές.
- ❑ Επιφανειακή αναγωγή σημειακών βροχοπτώσεων ανά υπολεκάνη, με τυπικές τεχνικές χωρικής ολοκλήρωσης (π.χ. πολύγωνα Thiessen).
- ❑ Πλεονεκτήματα: εξετάζεται η απόκριση της λεκάνης για πολύ μεγάλο αριθμό επεισοδίων, με διαφορετικά χαρακτηριστικά



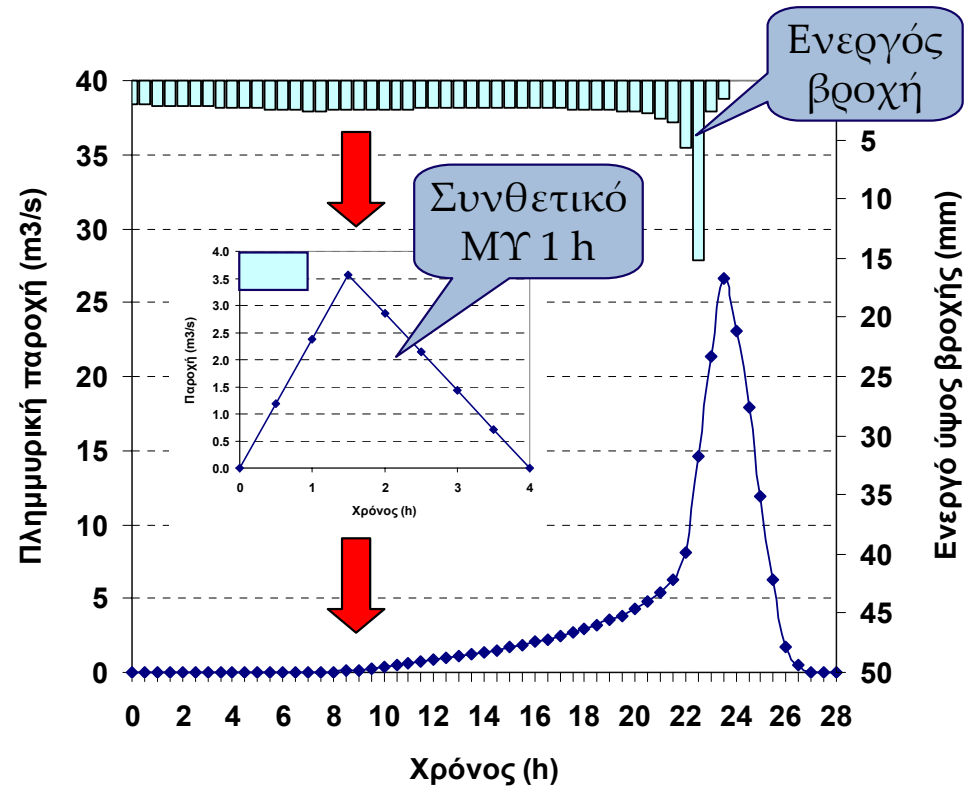
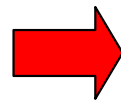
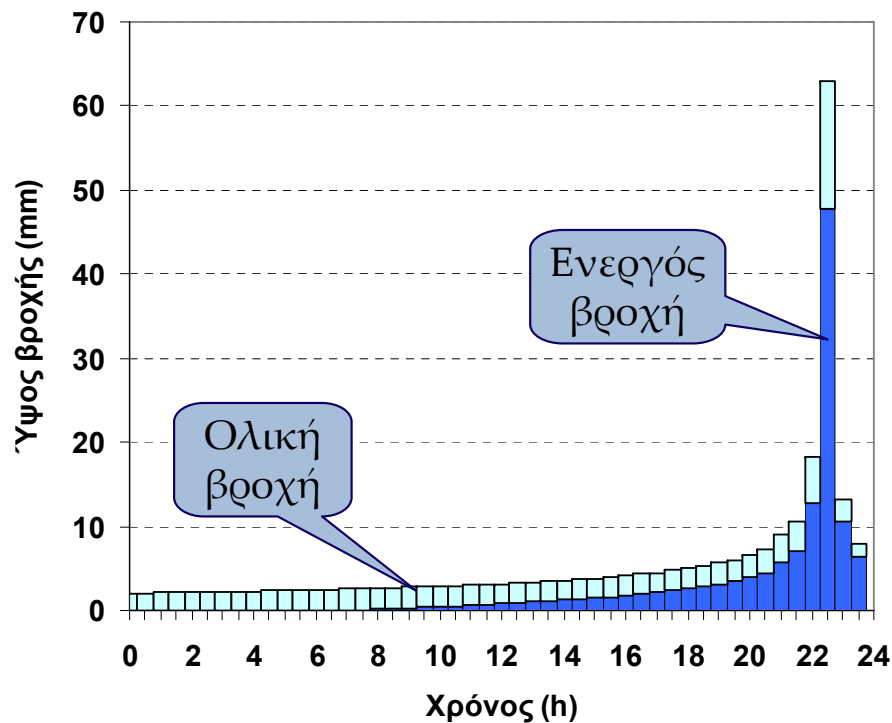
# Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών βροχής: λογισμικά Κασταλία και Υετός

---

- Υπολογιστικό σύστημα Κασταλία (<http://itia.ntua.gr/el/softinfo/2/>):
  - Πολυμεταβλητό στοχαστικό μοντέλο, πολλαπλών χρονικών κλιμάκων (ετήσια, μηνιαία, ημερήσια), κατάλληλο για διάφορες υδρομετεωρολογικές διεργασίες.
  - Αναπαραγωγή ουσιωδών στατιστικών χαρακτηριστικών (μέση τιμή, διασπορά, ασυμμετρία, αυτοσυσχετίσεις 1<sup>ης</sup> τάξης, ετεροσυσχετίσεις), σε όλες τις κλίμακες.
  - Αναπαραγωγή ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των επιμέρους κλιμάκων (ετήσια → δυναμική Hurst-Kolmogorov, μηνιαία → περιοδικότητα, ημερήσια → υψηλή ασυμμετρία και διαλείπουσα συμπεριφορά).
  - Η στατιστική συνέπεια μεταξύ των επιμέρους χρονικών κλιμάκων εξασφαλίζεται με χρήση τεχνικών επιμερισμού.
  - Συμβατό με το περιβάλλον του λογισμικού Υδρογνώμων.
- Υπολογιστικό σύστημα Υετός (<http://itia.ntua.gr/el/softinfo/3/>):
  - Μοντέλο μονοδιάστατης στοχαστικής προσομοίωσης της βροχόπτωσης σε λεπτές χρονικές κλίμακες (ημερήσια, ωριαία).
  - Συνδυάζει το μοντέλο ορθογωνικών παλμών Bartlett-Lewis για τη γέννηση της βροχής, με τεχνικές επιμερισμού.
  - Ελεύθερα διαθέσιμο στην εργαλειοθήκη CRAN.

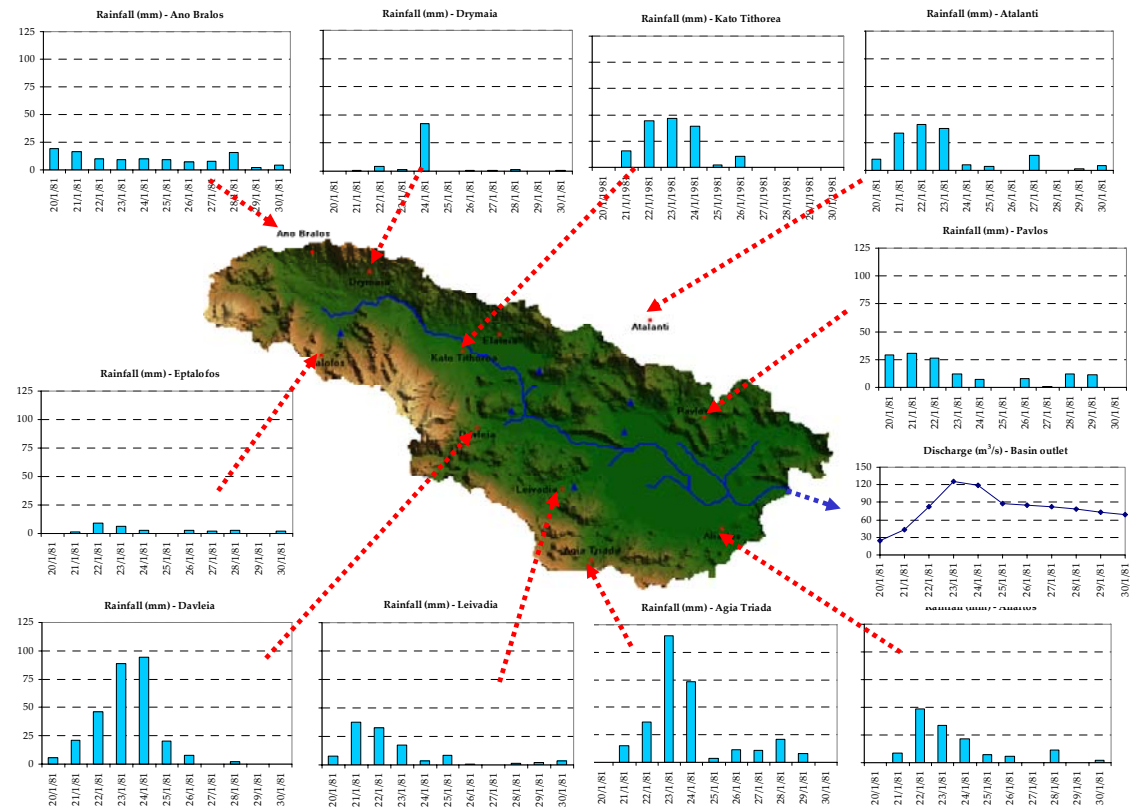
# Τυπικά υδρολογικά μοντέλα γεγονότος

- ❑ Δεδομένα εισόδου: υετογράφημα σχεδιασμού, αρχικές συνθήκες εδαφικής υγρασίας, βασική ροή υδατορεύματος
- ❑ Εκτίμηση ωφέλιμης (ενεργού) βροχής, η οποία συνεισφέρει στην παραγωγή της πλημμυρικής απορροής, μέσω εννοιολογικών μοντέλων (π.χ. μέθοδος SCS-CN).
- ❑ Διόδευση της πλημμυρικής απορροής διαμέσου της λεκάνης, μέσω μιας διαδικασίας χρονικού μετασχηματισμού (π.χ. μοναδιαίο υδρογράφημα).
- ❑ Στο πλημμυρογράφημα προστίθεται η βασική ροή.
- ❑ Κατά κανόνα απαιτούν λίγες παραμέτρους, που εκτιμώνται από τα χαρακτηριστικά της λεκάνης.



# Μοντέλα γεγονότος: μειονεκτήματα

- ❑ Οι εφαρμοζόμενες μεθοδολογίες κατασκευής καταιγίδων σχεδιασμού περιγράφουν τη μεταβλητότητα της βροχόπτωσης απλοϊκά, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τις χρονικές και χωρικές συσχετίσεις των ιστορικών δειγμάτων.
- ❑ Τα μοντέλα γεγονότος θεωρούν ένα επεισόδιο βροχής και δεδομένες συνθήκες αρχικής υγρασίας, με βάση τα οποία εκτιμώνται η ενεργός βροχή και ο μετασχηματισμός της σε πλημμυρική απορροή (οι λοιπές διεργασίες του υδρολογικού κύκλου αγνοούνται).
- ❑ Στην προσέγγιση αυτή, η πλημμυρική διακινδύνευση δεν αντιμετωπίζεται ως **συνδυασμένη πιθανότητα** πραγματοποίησης των μηχανισμών που συμμετέχουν στην παραγωγή της απορροής.
- ❑ Η παραγωγή της πλημμύρας εξαρτάται καίρια από την εδαφική υγρασία και την χωρική κατανομή της στη λεκάνη, που είναι έντονα μεταβαλλόμενες εποχιακά.
- ❑ Επιπλέον μειονέκτημα είναι ο αυθαίρετος διαχωρισμός της ροής σε επιφανειακή (πλημμυρική) και υπόγεια (βασική).

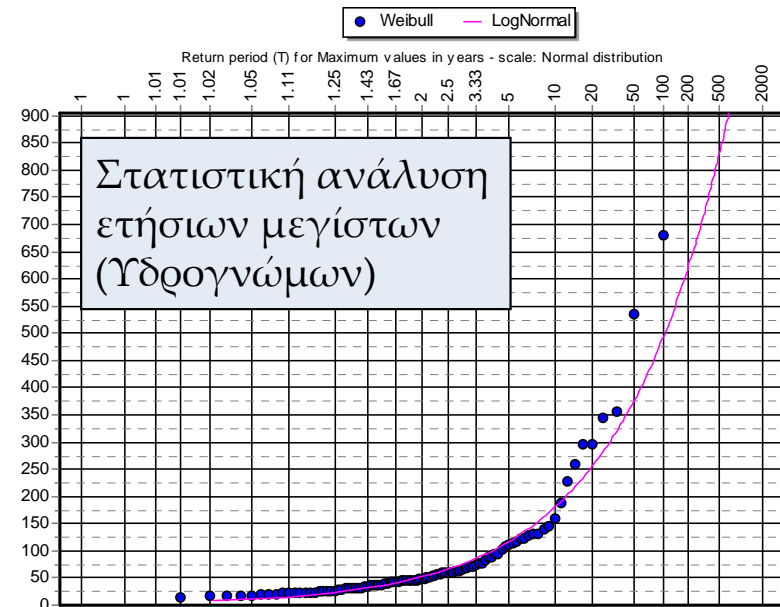
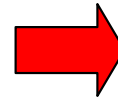
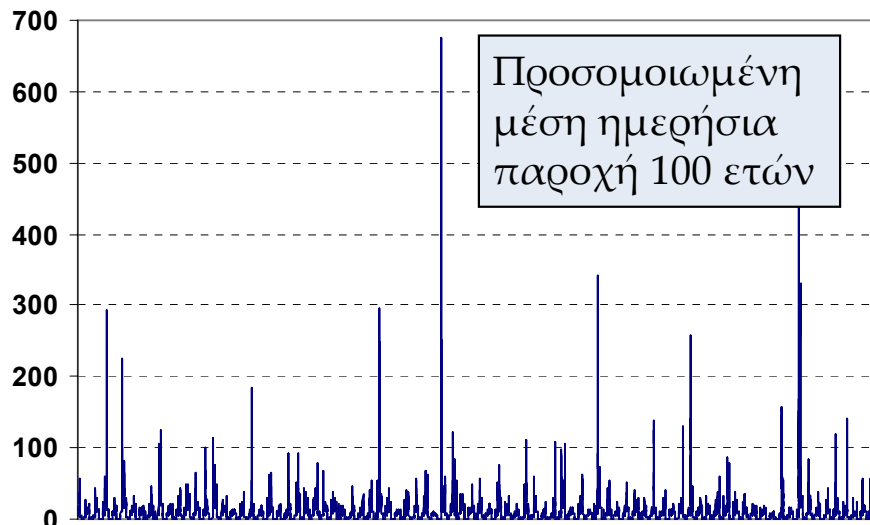


Ημερήσια ύψη βροχής από 20/1/1981 ως 30/1/1981 στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού (Efstratiadis and Papalexίου, 2010)

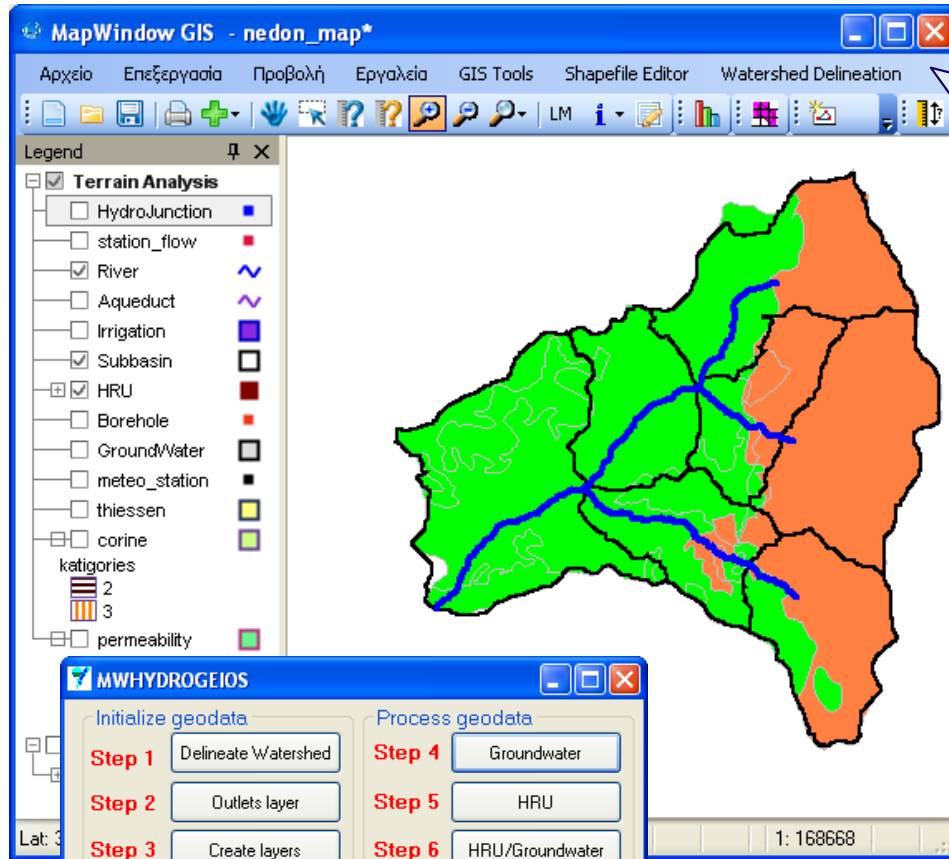


# Υδρολογικά μοντέλα συνεχούς προσομοίωσης

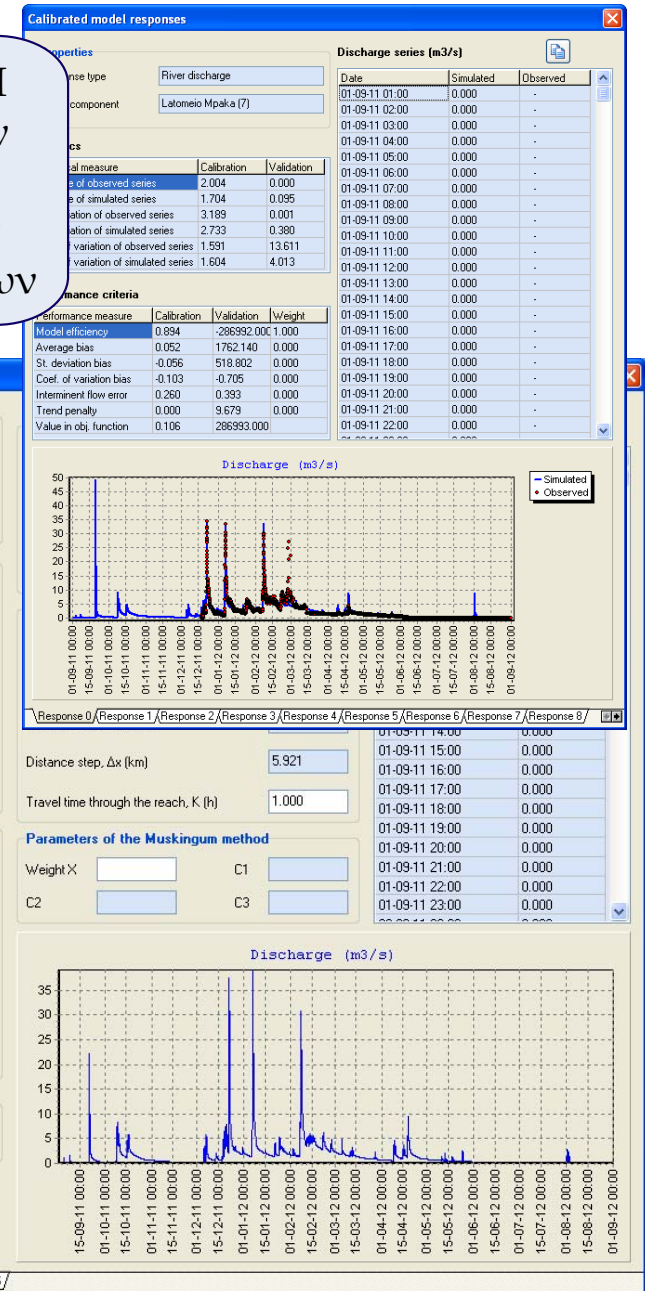
- Βασίζονται στη σύζευξη ενός στοχαστικού μοντέλου γέννησης συνθετικών βροχοπτώσεων στη λεκάνη και ενός μοντέλου βροχής-απορροής, για την παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών παροχών.
- Αναπαριστούν τις κύριες διεργασίες του υδρολογικού κύκλου, και ειδικότερα την εξατμοδιαπνοή καθώς και τους μηχανισμούς αποθήκευσης εδαφικής υγρασίας στην ακόρεστη και κορεσμένη ζώνη, που αγνοούνται στα μοντέλα γεγονότος.
- Εξασφαλίζουν καλύτερη φυσική συνέπεια αλλά και καλύτερη εποπτεία, καθώς επιτρέπουν την κατάρτιση του υδατικού ισοζυγίου σε διάφορες κλίμακες.
- Παράγουν πληθώρα προσομοιωμένων αποκρίσεων, από τη στατιστική ανάλυση των οποίων προκύπτει το υδρογράφημα σχεδιασμού (ή η παροχή αιχμής), που αντιστοιχεί στη ζητούμενη περίοδο επαναφοράς.



# Το υπολογιστικό σύστημα Υδρογείος



MapWindow: ΣΓΠ (ελεύθερο) για την επεξεργασία και οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων



**MW-HYDROGEIOS**

Initialize geodata

Step 1: Delineate Watershed

Step 2: Outlets layer

Step 3: Create layers

Process geodata

Step 4: Groundwater

Step 5: HRU

Step 6: HRU/Groundwater

Step 7: HydroJunctions

Step 8: Build Topology

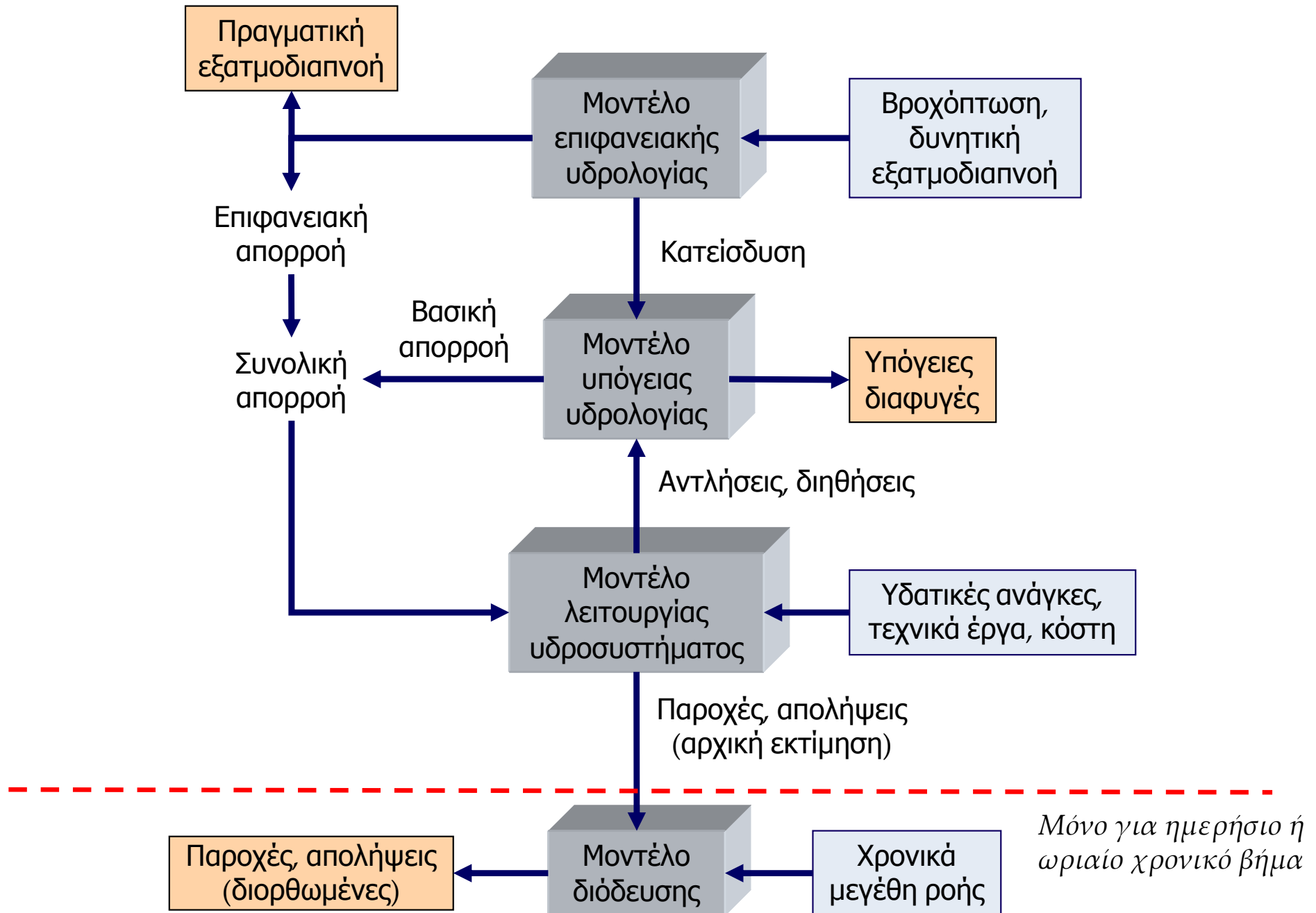
Start Hydrogeios Engine

Project path: S:\deukalion\zogakis\YDROGEIOS\nedon\_teliko\

MW-HYDROGEIOS: Plug-in στο MapWindow, για την παραγωγή των χωρικών δεδομένων του μοντέλου

HYDROGEIOS 2.1: Κύρια εφαρμογή (διαχείριση σεναρίων και δεδομένων, βαθμονόμηση παραμέτρων, στοχαστική προσομοίωση)

# Υδρόγειος: Συνιστώσες συστήματος



# Υδρογείος: Μεθοδολογικό πλαίσιο

---

## □ Μοντέλο επιφανειακής υδρολογίας

- Ημικατανεμημένη σχηματοποίηση (υδρογραφικό δίκτυο, υπολεκάνες)
- Εννοιολογικό μοντέλο επτά παραμέτρων, για την αναπαράσταση των υδρολογικών διεργασιών στο έδαφος και την ακόρεστη ζώνη
- Εφαρμογή κοινών τιμών παραμέτρων ανά μονάδα υδρολογικής απόκρισης (ΜΥΑ), που αναφέρονται σε τύπους εδαφών με κοινά χαρακτηριστικά περατότητας, χρήσεων γης, κτλ.
- Είσοδοι μοντέλου: βροχόπτωση και δυνητική εξατμοδιαπνοή, ανά υπολεκάνη
- Έξοδοι: εξατμοδιαπνοή, απορροή και κατείσδυση, ανά συνδυασμό υπολεκάνης και ΜΥΑ

## □ Μοντέλο υπόγειας υδρολογίας

- Προσέγγιση πεπερασμένων όγκων (Rozos and Koutsoyiannis, 2006), διακριτοποίηση υδροφορέα σε μικρό αριθμό πολυγωνικών κυττάρων ακανόνιστης γεωμετρίας, εξισώσεις πεδίου ροής τύπου Darcy
- Είσοδοι μοντέλου: κατείσδυση (υπολεκάνες), διήθηση (ποτάμια), άντληση (γεωτρήσεις)
- Παράμετροι: υδραυλική αγωγιμότητα (ταχύτητα υπόγειας ροής), ειδική απόδοση
- Έξοδοι: στάθμες υπόγειων δεξαμενών, εκφορτίσεις πηγών (βασική ροή), υπόγειες διαφυγές

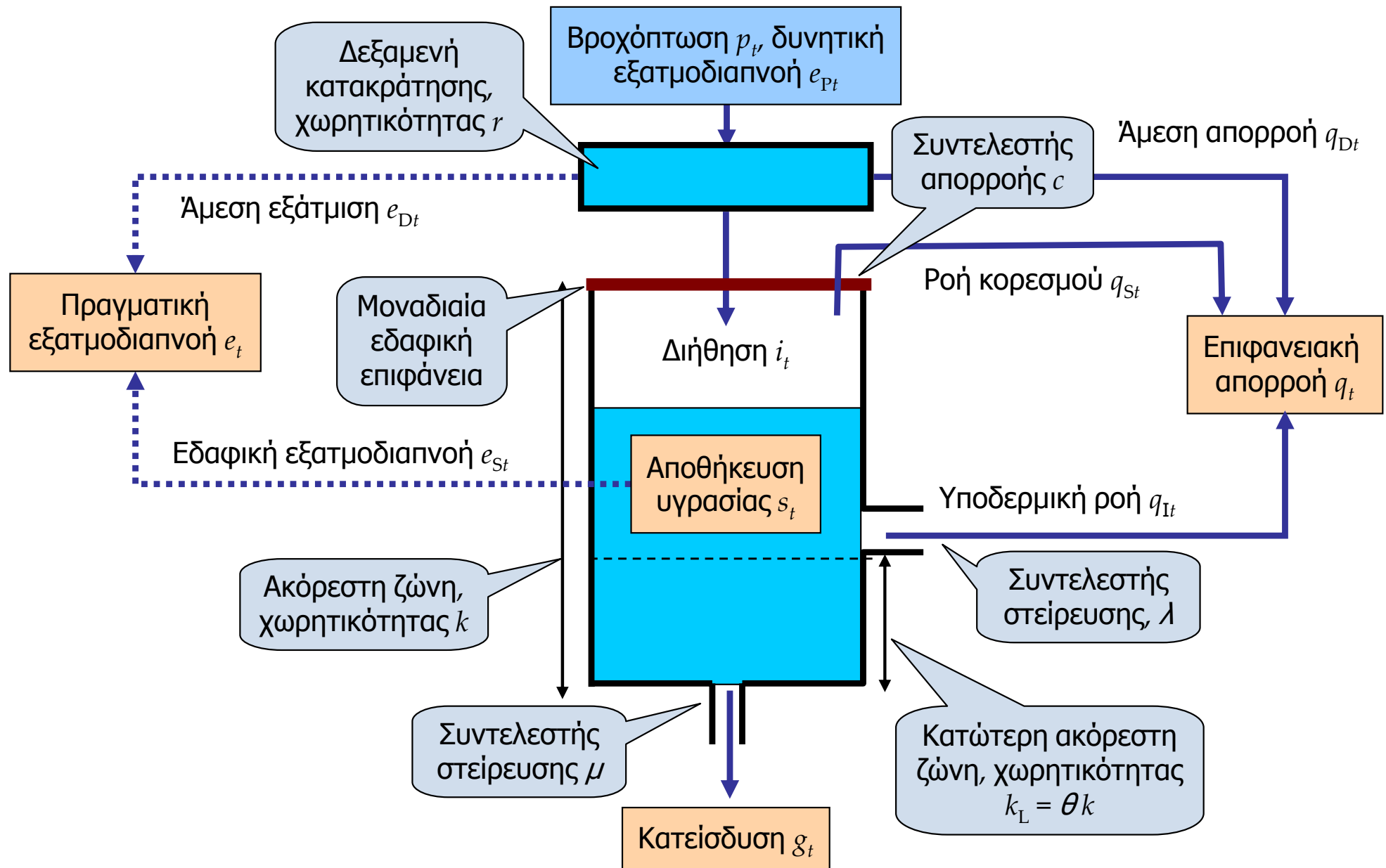
## □ Μοντέλο λειτουργίας υδροσυστήματος

- Δικτυακή απεικόνιση χρήσεων νερού και βασικών υδραυλικών έργων
- Εκτίμηση άγνωστων ροών και απολήψεων μέσω γραμμικής βελτιστοποίησης.

## □ Μοντέλο διόδευσης

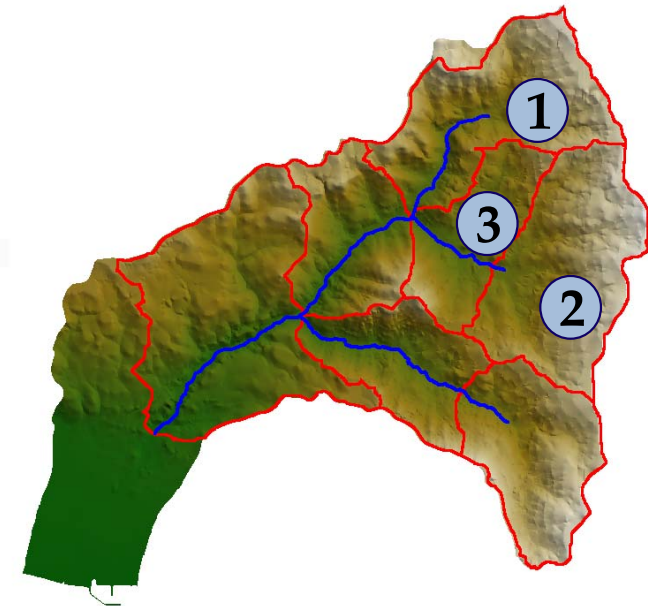
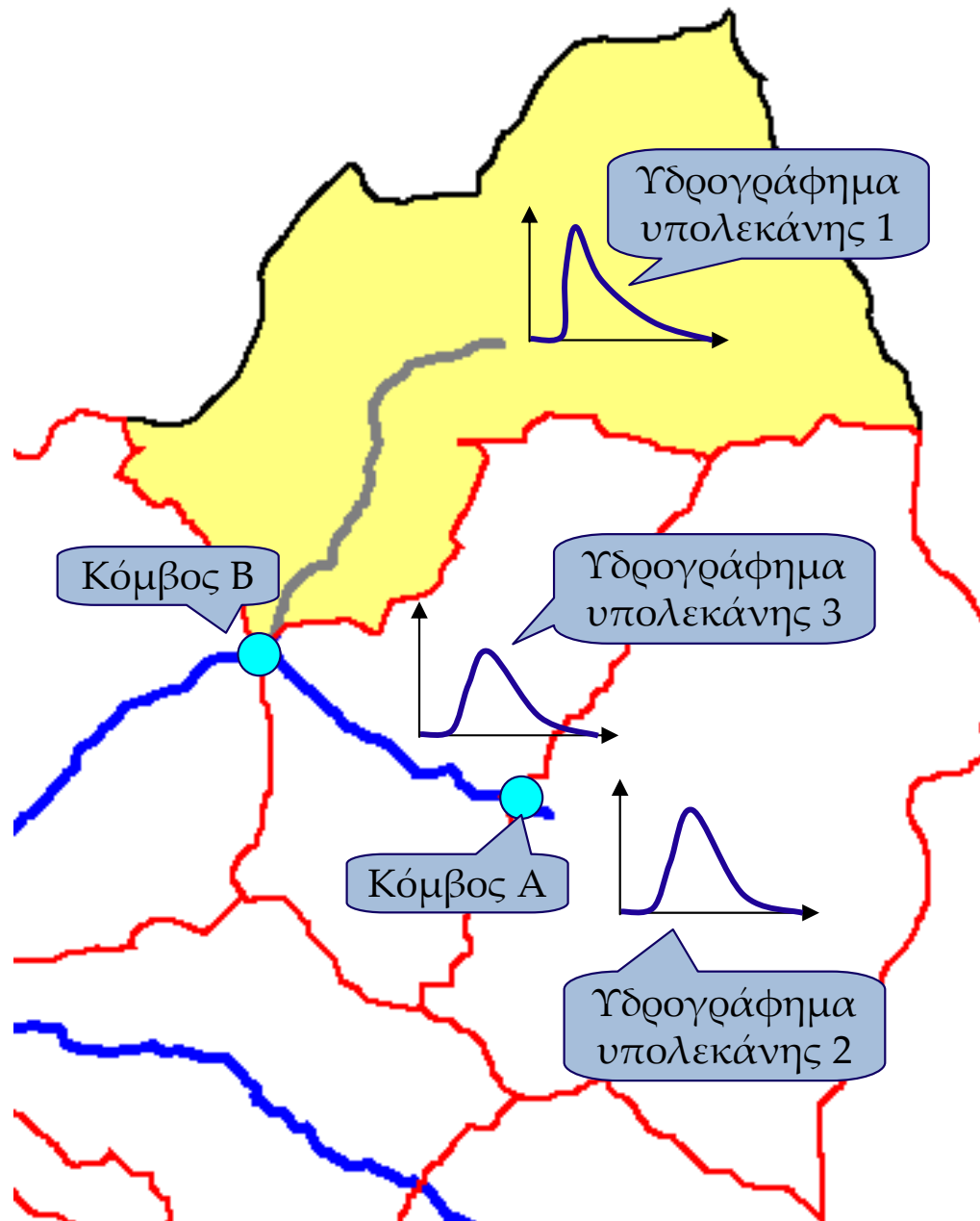
- Διόδευση στις υπολεκάνες, με χρήση προσεγγίσεων τύπου γραμμικού ταμιευτήρα
- Διόδευση στα υδατορεύματα με σχήματα κινηματικού κύματος ή κύματος διάχυσης (Muskingum), για μεγάλες και ήπιες κλίσεις, αντίστοιχα (Koussis, 2009).

# Υδρόγειος: Μοντέλο επιφανειακών διεργασιών





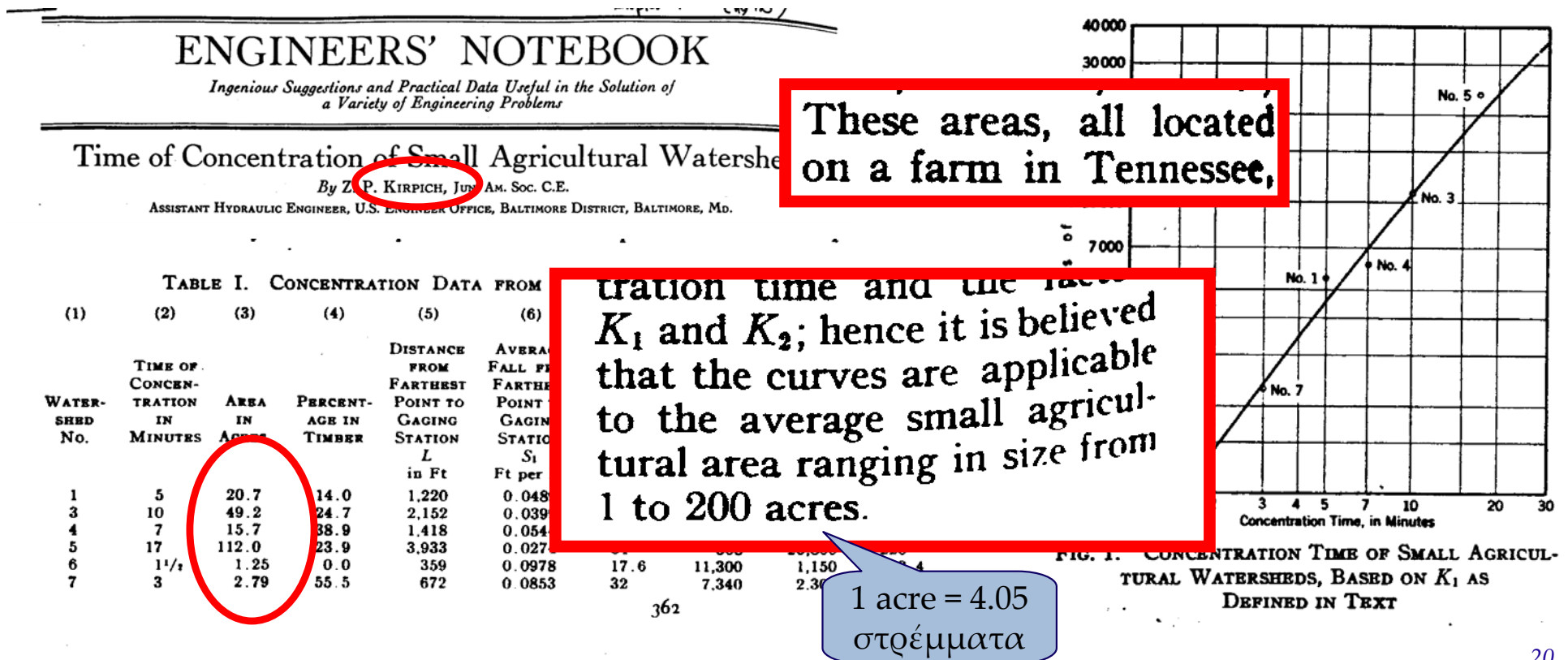
# Από τις υπολεκάνες στο υδρογραφικό δίκτυο



- Υπολογισμός υδρογραφήματος υπολεκάνης 1 ( $q_{1B}$ )
- Υπολογισμός υδρογραφήματος υπολεκάνης 2 ( $q_{2A}$ )
- Υπολογισμός υδρογραφήματος υπολεκάνης 3 ( $q_{3B}$ )
- Διόδευση υδρογραφήματος  $q_{2A}$  κατά μήκος του κλάδου A-B ( $q_{2B}$ ) – υδρολογικές ή υδραυλικές μέθοδοι
- Συνολικό υδρογράφημα εισόδου κόμβου B =  $q_{1B} + q_{2B} + q_{3B}$

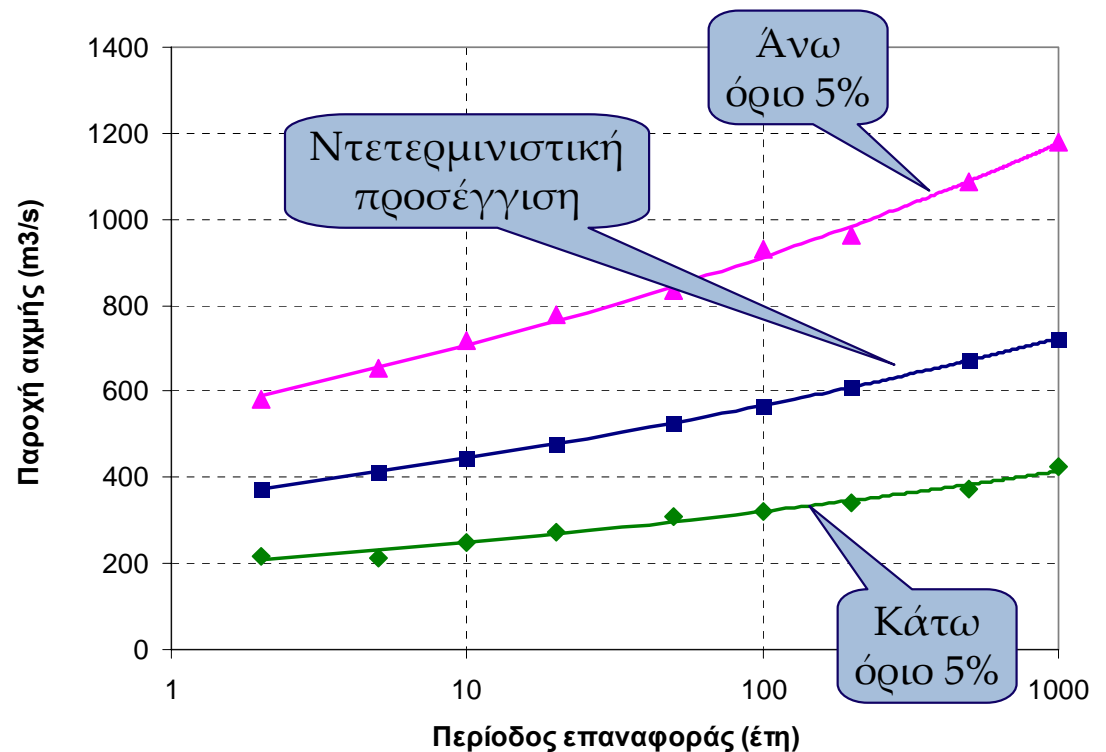
# Παράμετροι μοντέλων: πώς προκύπτουν;

- Τα ευρέως διαδεδομένα μοντέλα πλημμυρών χρησιμοποιούν παραμέτρους που εκτιμώνται βιβλιογραφικά, συναρτήσει κάποιων χαρακτηριστικών μεγεθών της λεκάνης (π.χ. με χρήση εμπειρικών σχέσεων, νομογραφημάτων, πινάκων).
- Γενικά, οι σχέσεις αυτές αναπτύχθηκαν πολλές δεκαετίες πριν, με βάση μετρήσεις πεδίου από πειραματικές λεκάνες του εξωτερικού.
- Ωστόσο, δεν είναι γνωστό κατά πόσον οι λεκάνες αυτές είναι αντιπροσωπευτικές και πόσο συνεπής είναι η διαδικασία εξαγωγής των εν λόγω σχέσεων (βλ. παράδειγμα με τη σχέση του Kirpich, 1940, για την εκτίμηση του χρόνου συγκέντρωσης).



# Παράμετροι μοντέλων: σταθερές ή τυχαίες;

- **Παράδειγμα:** Υπολογισμός παροχής αιχμής με την ορθολογική μέθοδο, για διάφορες περιόδους επαναφοράς, για δεδομένη όμβρια καμπύλη, έκταση λεκάνης  $A = 100 \text{ km}^2$ , χρόνο συγκέντρωσης  $t_c = 1 \text{ h}$  και συντελεστή απορροής  $c = 40\%$ .
- **Υπόθεση σταθερών παραμέτρων:** Παράγεται μία τιμή της παροχής αιχμής  $q_p$  για κάθε περίοδο επαναφοράς  $T$ . (π.χ.  $375 \text{ m}^3/\text{s}$  για  $T = 2$  έτη,  $725 \text{ m}^3/\text{s}$  για  $T = 1000$  έτη)
- **Υπόθεση τυχαίων τιμών παραμέτρων:** Θεωρείται ότι οι τιμές  $t_c = 1 \text{ h}$  και  $c = 40\%$  αντιπροσωπεύουν τη μέση τιμή των παραμέτρων, οι οποίες ακολουθούν κανονική κατανομή με συντελεστή διασποράς  $25\%$ .
- **Μεθοδολογία:** Παράγονται 1000 τυχαίες τιμές των  $t_c$  και  $c$ , για κάθε περίοδο επαναφοράς  $T$ , και υπολογίζονται 1000 τιμές της παροχής αιχμής  $q_p$ , από τις οποίες εκτιμάται το εμπειρικό διάστημα εμπιστοσύνης  $90\%$ .
- **Συμπέρασμα:** Για κάθε  $T$  προκύπτει ένα εύρος του διαστήματος εμπιστοσύνης της παροχής αιχμής, που κυμαίνεται από  $215 - 580 \text{ m}^3/\text{s}$  για  $T = 2$  έτη έως  $425 - 1180 \text{ m}^3/\text{s}$  για  $T = 1000$  έτη.



# Τελικά σχόλια: Μοντέλα πλημμυρών, πακέτα ευρείας χρήσης, παράμετροι, αβεβαιότητα

---

- ❑ Οι μελέτες πλημμυρών αναφέρονται σε **υποθετικά γεγονότα**, που θεωρείται ότι αντιστοιχούν σε συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς → δεν υπάρχει δυνατότητα αντικειμενικής αξιολόγησης και επαλήθευσης των μεγεθών σχεδιασμού.
- ❑ Στη βιβλιογραφία διατίθενται **πληθώρα μεθοδολογιών**, από εξαιρετικά απλές έως εξαιρετικά πολύπλοκες → ο καθένας μπορεί να εκπονήσει μια μελέτη πλημμυρών
- ❑ Ακόμα και οι πιο απλές μέθοδοι απαιτούν την εφαρμογή **παραμέτρων** → κατά κανόνα χρησιμοποιούνται **εμπειρικές σχέσεις** που έχουν προκύψει από μετρήσεις σε πειραματικές λεκάνες, χωρίς να έχουν επαληθευτεί στις υδροκλιματικές και γεωμορφολογικές συνθήκες της συγκεκριμένης περιοχής μελέτης
- ❑ Αφού δεν μπορεί να γίνει βαθμονόμηση των παραμέτρων των μοντέλων στις τοπικές συνθήκες ούτε αξιολόγηση της επίδοσης τους με βάση πραγματικά πλημμυρικά γεγονότα, η μοντελοποίηση εκφυλίζεται σε μια **άσκηση επί χάρτου**.
- ❑ Στην πραγματικότητα, τόσο η δομή και παράμετροι των μοντέλων όσο και τα δεδομένα εισόδου του διέπονται από πολύ μεγάλη **αβεβαιότητα**, που έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την **ντετερμινιστική** θεώρηση των ευρέως διαδομένων προσεγγίσεων, που παράγουν **μονοσήμαντα μεγέθη σχεδιασμού**.
- ❑ Οι **στοχαστικές προσεγγίσεις**, με χρήση συνθετικών βροχοπτώσεων σε μοντέλα **συνεχούς προσομοίωσης** αποτελούν μια σαφώς πιο αξιόπιστη επιλογή, πλην όμως δεν είναι ακόμα ώριμες για ευρεία εφαρμογή, ενώ είναι εξαιρετικά απαιτητικές τόσο σε επίπεδο γνώσης των χρηστών όσο και σε δεδομένα.

# Αναφορές και δημοσιεύσεις

---

- Dialynas, Y., S. Kozanis, and D. Koutsoyiannis, A computer system for the stochastic disaggregation of monthly into daily hydrological time series as part of a three-level multivariate scheme, *EGU General Assembly 2011, Geophysical Research Abstracts, Vol. 13*, Vienna, EGU2011-290, European Geosciences Union, 2011.
- Efstratiadis, A., A. D. Koussis, D. Koutsoyiannis, N. Mamassis, and S. Lykoudis, Flood design recipes vs. reality: Can predictions for ungauged basins be trusted? – A perspective from Greece, *Advanced methods for flood estimation in a variable and changing environment*, Volos, University of Thessaly, 2012.
- Efstratiadis, A., and S.M. Papalexiou, The quest for consistent representation of rainfall and realistic simulation of process interactions in flood risk assessment, *EGU General Assembly 2010, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12*, Vienna, 11101, European Geosciences Union, 2010.
- Efstratiadis, A., Nalbantis, I., Koukouvinos, A., Rozos, E. and Koutsoyiannis, D., HYDROGEIOS: A semi-distributed GIS-based hydrological model for modified river basins, *Hydrology and Earth System Sciences*, 12, 989–1006, 2008.
- Galiouna, E., A. Efstratiadis, N. Mamassis, and K. Aristeidou, Investigation of extreme flows in Cyprus: empirical formulas and regionalization approaches for peak flow estimation, *EGU General Assembly 2011, Geophysical Research Abstracts, Vol. 13*, Vienna, 2077, European Geosciences Union, 2011.
- Kirpich, Z.P., Time of concentration of small agricultural watersheds, *Civil Engineering*, 10(6), 362, 1940.
- Kossieris, P., D. Koutsoyiannis, C. Onof, H. Tyrallis, and A. Efstratiadis, HyetosR: An R package for temporal stochastic simulation of rainfall at fine time scales, *EGU General Assembly 2012, Geophysical Research Abstracts, Vol. 14*, Vienna, 11718, European Geosciences Union, 2012.
- Koussis, A.D., An assessment review of the hydraulics of storage flood routing 70 years after the presentation of the Muskingum method, *Hydrological Sciences Journal*, 54(1), 43–61, 2009.
- Koutsoyiannis, D., N. Mamassis, A. Efstratiadis, N. Zarkadoulas, and Y. Markonis, Floods in Greece, *Changes of Flood Risk in Europe*, edited by Z. W. Kundzewicz, Chapter 12, 238–256, IAHS Press, Wallingford – IAHS, 2012.
- Nalbantis, I., Efstratiadis, A., Rozos, E., Kopsiafti, M. and Koutsoyiannis, D., Holistic versus monomeric strategies for hydrological modelling of human-modified hydrosystems, *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 743–758, 2011.
- Mathioudaki, M., A. Efstratiadis, and N. Mamassis, Investigation of hydrological design practices based on historical flood events in an experimental basin of Greece (Lykorema, Penteli), *Advanced methods for flood estimation in a variable and changing environment*, Volos, University of Thessaly, 2012.
- Rozos, E. and Koutsoyiannis, D., A multicell karstic aquifer model with alternative flow equations, *Journal of Hydrology*, 325, 340–355, 2006.
- U.K. National Environmental Research Council, *Flood Studies Report*, Institute of Hydrology, Wallingford, 1975.



# Ερευνητικές εκθέσεις και ακαδημαϊκές εργασίες

- ❑ Γαλιούνα, Ε., *Διερεύνηση εμπειρικών σχέσεων για την εκτίμηση των πλημμυρικών αιχμών στην Κύπρο*, Μεταπτυχιακή εργασία ΤΥΠΕΡ-ΕΜΠ, 2011.
- ❑ Γκιόκας, Α., *Κατάρτιση μεθοδολογικού πλαισίου για την εκπόνηση χαρτών πλημμύρας*, Μεταπτυχιακή εργασία, ΤΥΠΕΡ-ΕΜΠ, 2009.
- ❑ Διαλυνάς, Ι., *Ανάπτυξη υπολογιστικού συστήματος για τον πολυμεταβλητό στοχαστικό επιμερισμό μηνιαίων σε ημερήσιες υδρολογικές χρονοσειρές*, Διπλωματική εργασία, ΤΥΠΕΡ-ΕΜΠ, 2011.
- ❑ Ευστρατιάδης, Α., Ε. Ρόζος, και Α. Κουκουβίνος, *Υδρογείος: Μοντέλο υδρολογικής και υδρογεωλογικής προσομοίωσης - Θεωρητική τεκμηρίωση, Ανάπτυξη βάσης δεδομένων και εφαρμογών λογισμικού σε διαδικτυακό περιβάλλον για την «Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας»*, 139 σελίδες, ΤΥΠΕΡ-ΕΜΠ, Νοέμβριος 2009.
- ❑ Ευστρατιάδης, Α., Δ. Κουτσογιάννης, Ν. Μαμάσης, Π. Δημητριάδης, και Α. Μαχαίρας, *Βιβλιογραφική επισκόπηση υδρολογίας πλημμυρών και συναφών εργαλείων*, ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων, ΤΥΠΕΡ-ΕΜΠ, 2012.
- ❑ Ζωγάκης, Χ., *Σύγκριση μοντέλων γεγονότος και συνεχούς προσομοίωσης για την εκτίμηση πλημμυρικών μεγεθών - Εφαρμογή στη λεκάνη του Νέδοντα*, Μεταπτυχιακή εργασία, ΤΥΠΕΡ-ΕΜΠ, 2013.
- ❑ Καββαδά, Ο., *Ανάλυση μεθόδων βροχής – απορροής σε υδρολογικά μοντέλα με χρήση ΓΣΠ*, Μεταπτυχιακή εργασία, ΕΜΠ, 2012.
- ❑ Κοσσιέρης, Π., *Ανάπτυξη υπολογιστικού συστήματος για τον μονοδιάστατο στοχαστικό επιμερισμό ημερήσιων βροχοπτώσεων σε ωριαίες, σε περιβάλλον R*, Διπλωματική εργασία, ΤΥΠΕΡ-ΕΜΠ, 2011.
- ❑ Κουτσογιάννης, Δ., *Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης*, Έκδοση 4, ΕΜΠ, Αθήνα, 2011.
- ❑ Μαθιουδάκη, Μ., *Διερεύνηση παραμέτρων υδρολογικού σχεδιασμού με χρήση συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων, μέσω ανάλυσης χαρακτηριστικών πλημμυρικών επεισοδίων στην πειραματική λεκάνη Λυκορέματος Πεντέλης*, Μεταπτυχιακή εργασία, ΤΥΠΕΡ-ΕΜΠ, 2012.
- ❑ Παγάνα, Β., *Κατάρτιση χαρτών πλημμύρας στην περιοχή της Ραφήνας*, Μεταπτυχιακή εργασία, ΤΥΠΕΡ-ΕΜΠ, 2012.
- ❑ Παπαλεξίου, Σ.-Μ., και Α. Ευστρατιάδης, *Τελική έκθεση, Εκτίμηση και πρόγνωση του πλημμυρικού κινδύνου με τη χρήση υδρολογικών μοντέλων και πιθανοτικών μεθόδων*, ΤΥΠΕΡ-ΕΜΠ, 2009.
- ❑ Τουτζιάρη, Μ., *Υλοποίηση μεθοδολογικού πλαισίου για την κατάρτιση χαρτών πλημμύρας*, Μεταπτυχιακή εργασία, ΤΥΠΕΡ-ΕΜΠ, 2012.