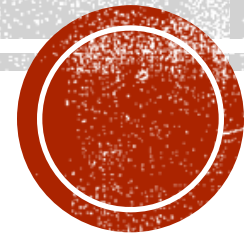




Τμήμα Γεωπονίας
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Διαχείριση Υδάτινων Πόρων
Τεχνικές προσομοίωσης- Εκτίμηση και διαχείριση αβεβαιότητας
Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων
σε προβλήματα διαχείρισης υδατικών πόρων



Αγγελική Μαραγκάκη
Μηχανικός Ορυκτών Πόρων, PhD

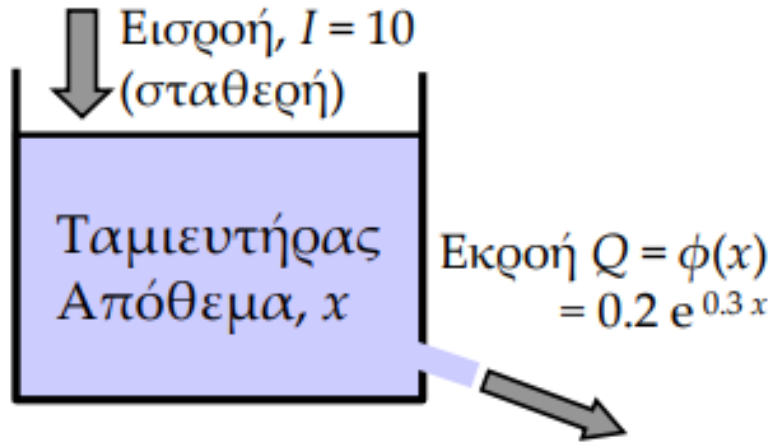
Σημασία πρόβλεψης στη διαχείριση υδατικών συστημάτων...

- Θα έχουμε νερό την επόμενη χρονιά?
- Αν φτιάξουμε έναν ταμιευτήρα με X διαστάσεις, πόσο νερό θα μας δίνει κάθε χρόνο?
- Ποιες πρέπει να είναι οι διαστάσεις ενός ταμιευτήρα για να μπορεί να μας δίνει Y ποσότητα νερού κάθε χρόνο?
- Αν σήμερα εφαρμόσουμε μια Z πολιτική απολήψεων από έναν ταμιευτήρα, ποιες θα είναι οι επιπτώσεις σε πέντε χρόνια?

Στη διαχείριση υδατικών πόρων οι χρονικοί ορίζοντες μελέτης είναι πολυετείς

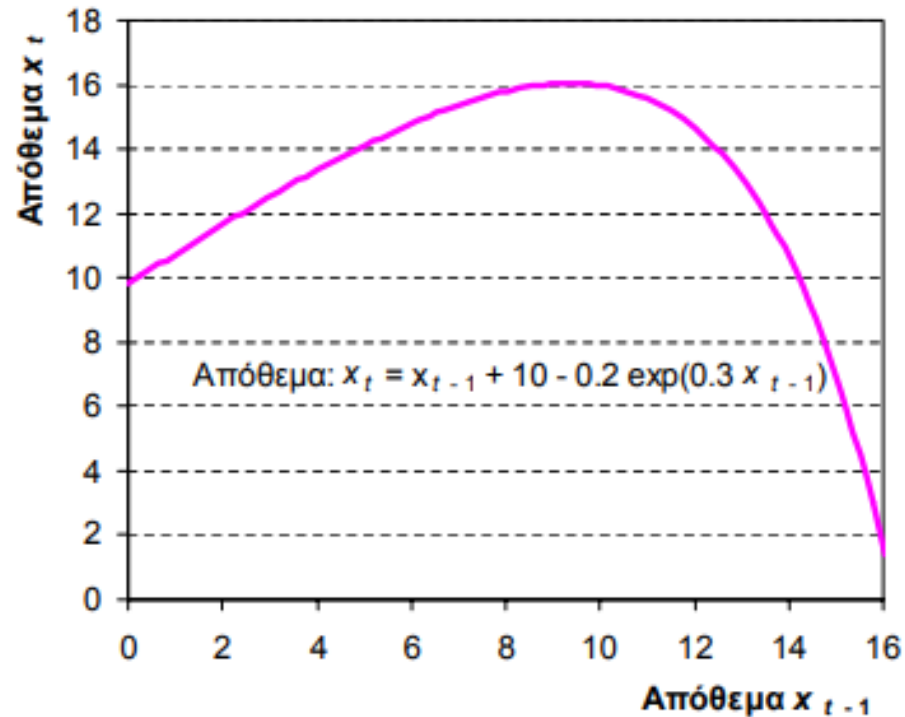
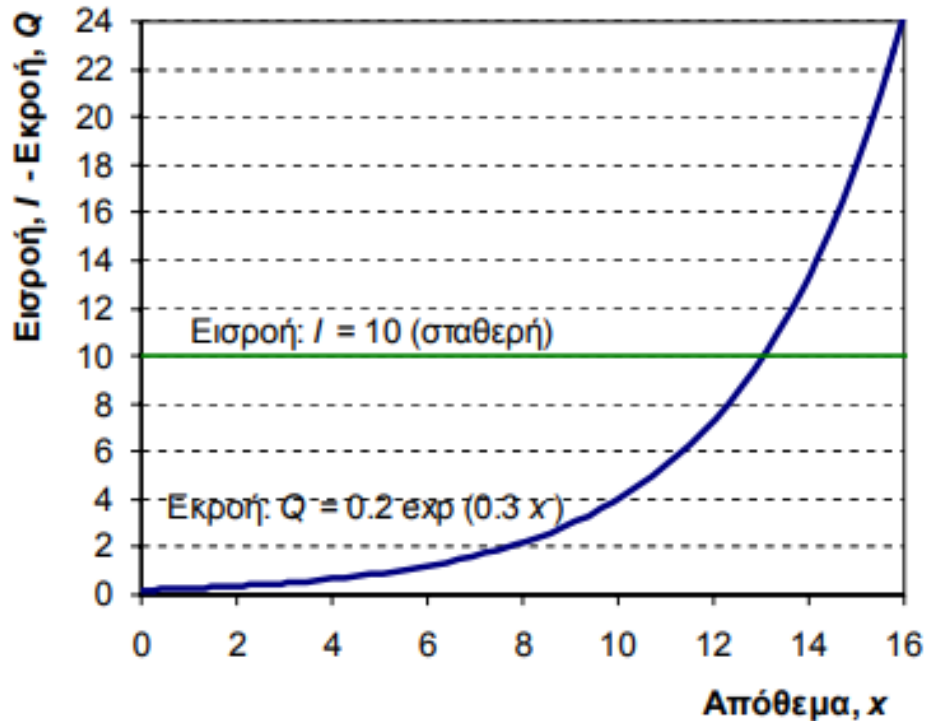


Δυνατότητες πρόβλεψης – Ένα απλό παράδειγμα



Εξίσωση εξέλιξης συστήματος

$$x_t = x_{t-1} + 10 - 0.2 e^{0.3 x_{t-1}}$$

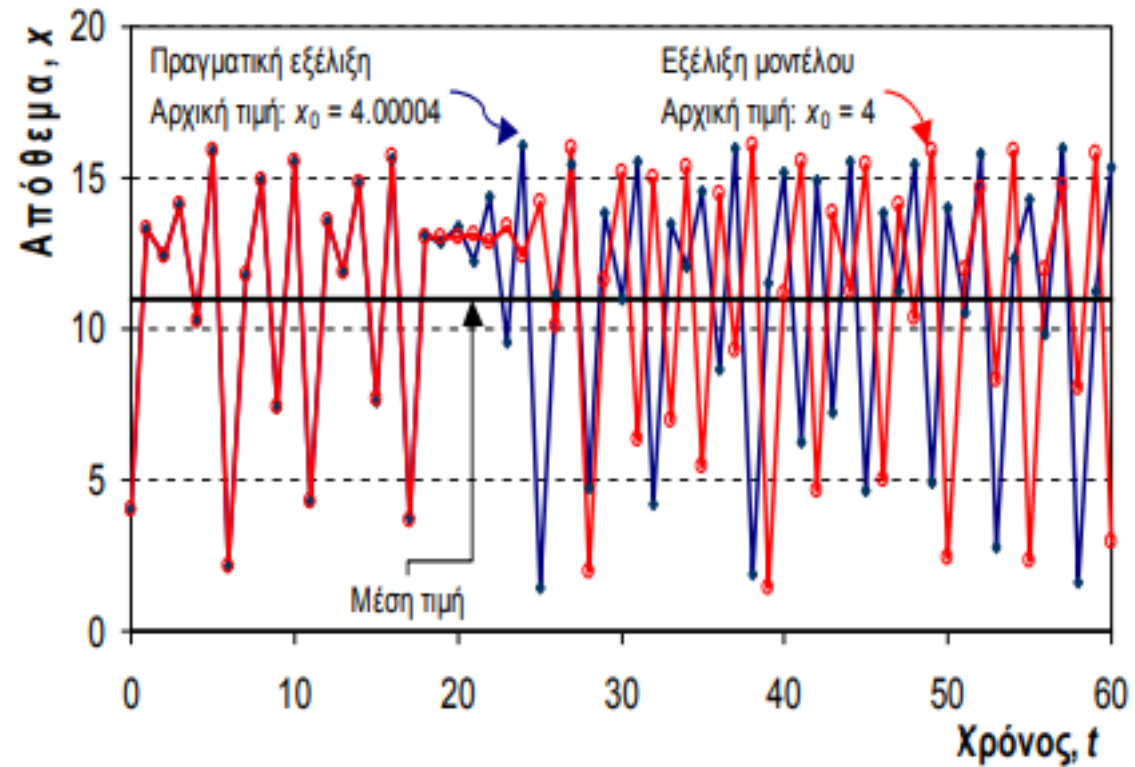


Παράδειγμα - Απλοί αριθμητικοί υπολογισμοί

Εξίσωση εξέλιξης συστήματος

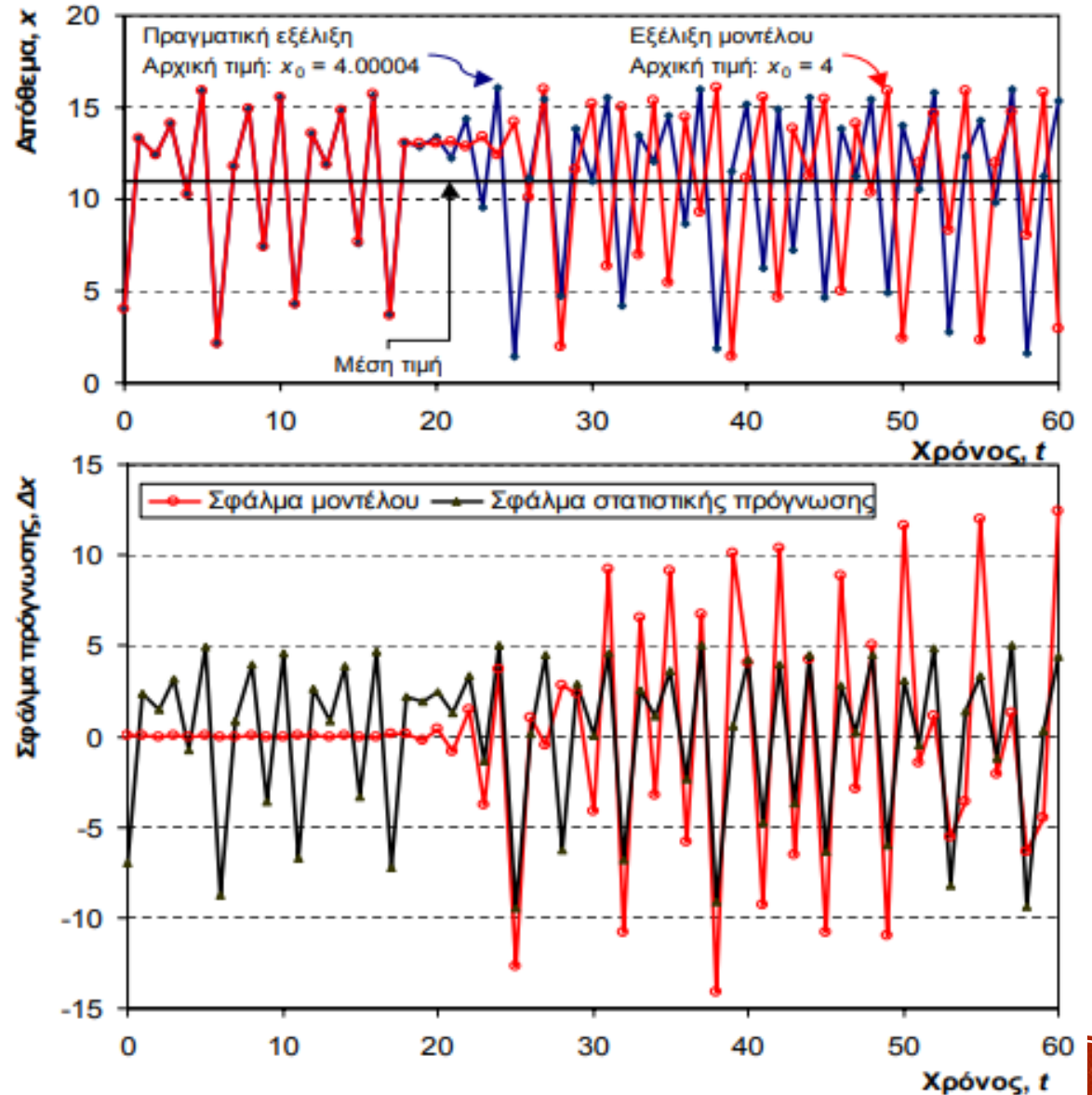
$$x_t = x_{t-1} + 10 - 0.2 e^{0.3 x_{t-1}}$$

Χρόνος	Απόθεμα	Απόθεμα
0	4.00004	4.00000
1	13.33601	13.33598
2	12.40761	12.40768
3	14.13587	14.13576
⋮	⋮	⋮
22	14.33236	12.87899
23	9.59670	13.35076
24	16.03737	12.37389
25	1.46130	14.18540



Παράδειγμα - Απλοί αριθμητικοί υπολογισμοί

Ποια είναι η καλύτερη πρόγνωση;
(α) του μοντέλου, με αρχική τιμή $x_0 = 4$
(αντί της πραγματικής αλλά
άγνωστης τιμής $x_0 = 4.00004$)
ή
(β) η στατιστική, π.χ. χρησιμοποιώντας
τη μέση τιμή $\bar{x} = 11$



Παράδειγμα - Απλοί αριθμητικοί υπολογισμοί - Συμπέρασμα

Γάλλος μαθηματικός Henri Poincare (≈ 1900)

Είπε:

Ακόμα και αν οι φυσικοί νόμοι δεν είχαν άλλα μυστικά από εμάς, θα μπορούσαμε να ξέρουμε την αρχική κατάσταση μόνο κατά προσέγγιση. Αν αυτό μας επιτρέπει να προβλέψουμε τη μεταγενέστερη κατάσταση με τον ίδιο βαθμό προσέγγισης, αυτό αρκεί να πούμε ότι το φαινόμενο είχε προβλεφθεί, ότι υπόκειται σε νόμους.

Όμως, το ζήτημα δεν είναι πάντοτε έτσι: υπάρχει περίπτωση **οι πολύ λεπτές διαφορές στις αρχικές συνθήκες να παράγουν πολύ μεγαλύτερες διαφορές στα τελικά φαινόμενα, ένα ελάχιστο σφάλμα στην αρχή να προκαλεί ένα τεράστιο σφάλμα στο τέλος.**

Η πρόβλεψη τότε γίνεται αδύνατη κι έτσι έχουμε το φαινόμενο της τύχης.



Γενικές αρχές στην αντιμετώπιση διαχείρισης υδατικών πόρων

Αποδοχή της αβεβαιότητας

- Αδυναμία μακροπρόθεσμης ακριβούς πρόγνωσης
- Χρήση προγνώσεων πιθανοτικού – στατιστικού τύπου (ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας)

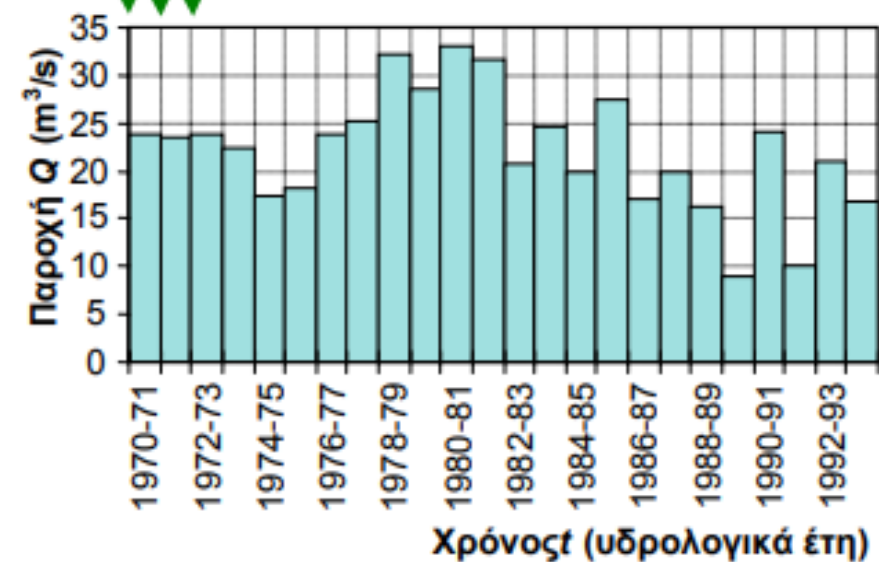
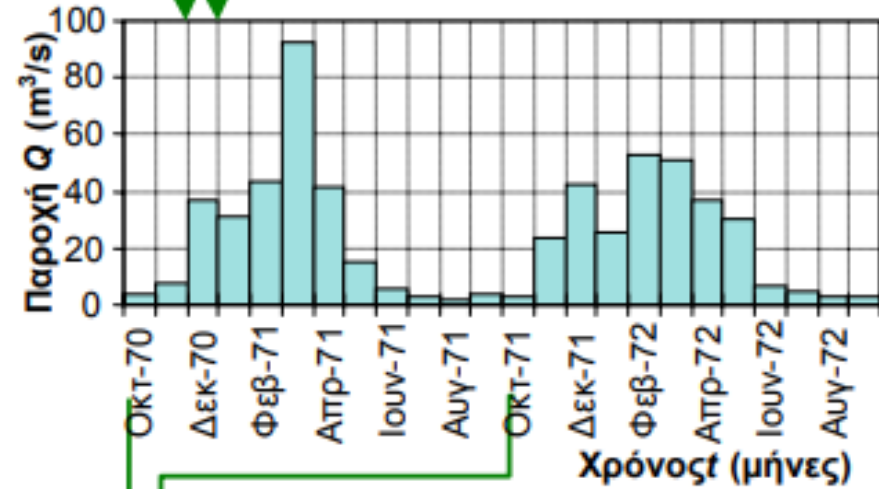
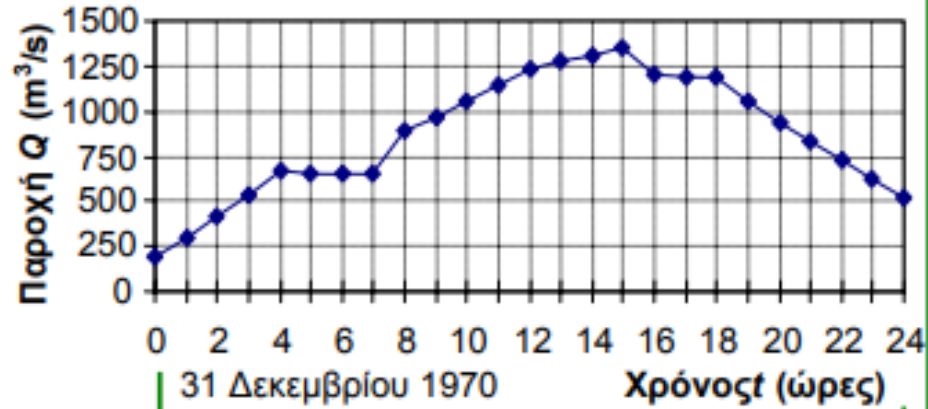
Αποδοχή της διακινδύνευσης (του ρίσκου)

- Αδυναμία εξασφάλισης πλήρους ασφάλειας (δεν μπορούμε να βάλουμε όρια στη φύση)
- Ποσοτικοποίηση με βάση τη θεωρία πιθανοτήτων
- Υιοθέτηση ανεκτού επιπέδου διακινδύνευσης, σε όρους πιθανότητας (π.χ. 1%)

Στη διαχείριση υδατικών πόρων έχουν ιδιαίτερη σημασία τα μαθηματικά της αβεβαιότητας



Πραγματική διακύμανση υδρολογικών μεγεθών σε διάφορες χρονικές κλίμακες



Η συμπεριφορά υδρολογικών μεγεθών - διακύμανση στο χρόνο

- Τυχαία συμπεριφορά, αλλά σύνθετη
- Κανονικοί κύκλοι στην κλίμακα των εποχών του έτους (εποχιακή διακύμανση)
- Τυχαίες διακυμάνσεις (ακανόνιστοι κύκλοι) σε άλλες χρονικές κλίμακες
- Χρονική και χωρική εξάρτηση



Δυσκολία στον τρόπο εκτίμησης πιθανοτήτων σύνθετων γεγονότων

Παράδειγμα: Αν (α) χαρακτηρίσουμε ως ξηρό έτος κάθε έτος στο οποίο ο ετήσιος όγκος απορροής ενός ποταμού είναι μικρότερος ή ίσος των 3 km^3 , και (β) γνωρίζουμε ότι η πιθανότητα ενός ξηρού έτους είναι $1/10$, ποια είναι η πιθανότητα δύο διαδοχικά χρόνια να είναι ξηρά;

Απάντηση:
Δεν είναι εύκολο να
δοθεί με κλασικές
μαθηματικές
μεθόδους



Δυσκολία στον τρόπο εκτίμησης πιθανοτήτων σύνθετων γεγονότων

Παράδειγμα: Αντίστοιχο παράδειγμα στη ρουλέτα:
ποια είναι η πιθανότητα σε δύο διαδοχικές ρίψεις να έχουμε αποτέλεσμα μικρότερο ή ίσο του 3;



Απάντηση:
 $(4/37)^2$



Επιστημονικοί κλάδοι για την απάντηση στο προηγούμενο ερώτημα

Τυχαία συμπεριφορά, αλλά σύνθετη

1. Θεωρία πιθανοτήτων: Θεμέλιο των υπολογισμών

2. Στατιστική: Εκτίμηση της κατανομής πιθανότητας με βάση ένα δείγμα μετρήσεων της παροχής

3. Θεωρία στοχαστικών ανελίξεων: Μαθηματική περιγραφή της εξάρτησης των μεγεθών στο χρόνο

4. Προσομοίωση: Υπολογιστική μαθηματική τεχνική – Βασίζεται στον πειραματισμό πάνω σε συνθετικές σειρές



Μέθοδος Monte Carlo - Ιστορία στοχαστικής προσομοίωσης

- Ανακαλύφθηκε από τον πολωνό μαθηματικό Stanislaw Ulam 1946
- Συνδυάζεται με την ανάπτυξη μαθηματικών και φυσικής στα μέσα του 20ου αιώνα αλλά και των υπολογιστών
- Από τη δεκαετία 1970 η προσομοίωση χρησιμοποιείται σε προβλήματα υδατικών πόρων

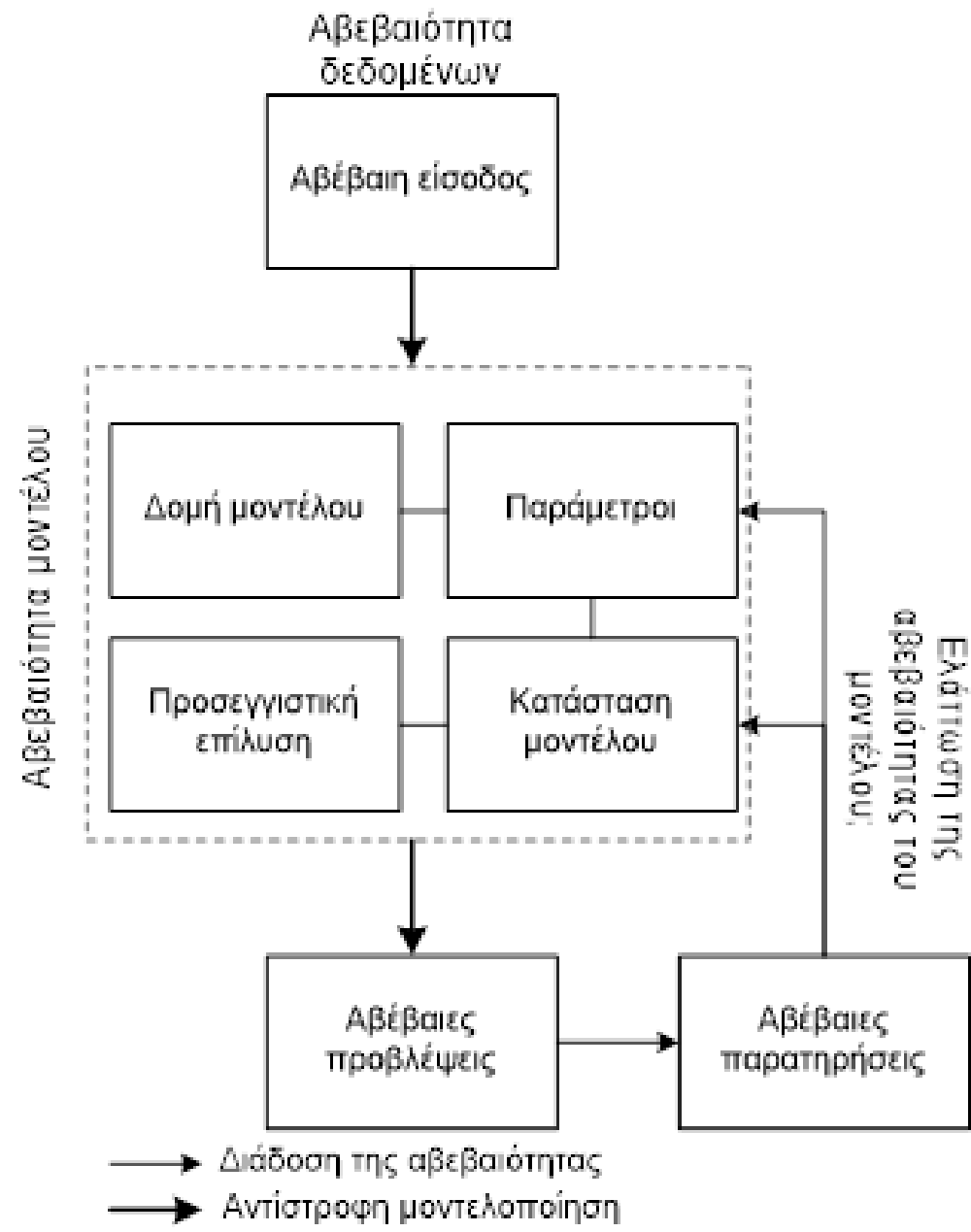


Μέθοδος Monte Carlo - Πείραμα

Πείραμα Monte Carlo περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

1. Θεώρηση τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών του μοντέλου ή τυχαία επιλογή τους από κατάλληλη συνάρτηση κατανομής
2. Τυχαία ή ψευδοτυχαία επιλογή δείγματος μεγέθους N από κατάλληλη συνάρτηση κατανομής
3. Υπολογισμός των εξαρτημένων μεταβλητών του μοντέλου
4. Υπολογισμός του τελικού αποτελέσματος του μοντέλου
5. Επανάληψη των βημάτων 1 ως 4, R φορές
6. Εξέταση της εμπειρικής κατανομής των R αποτελεσμάτων

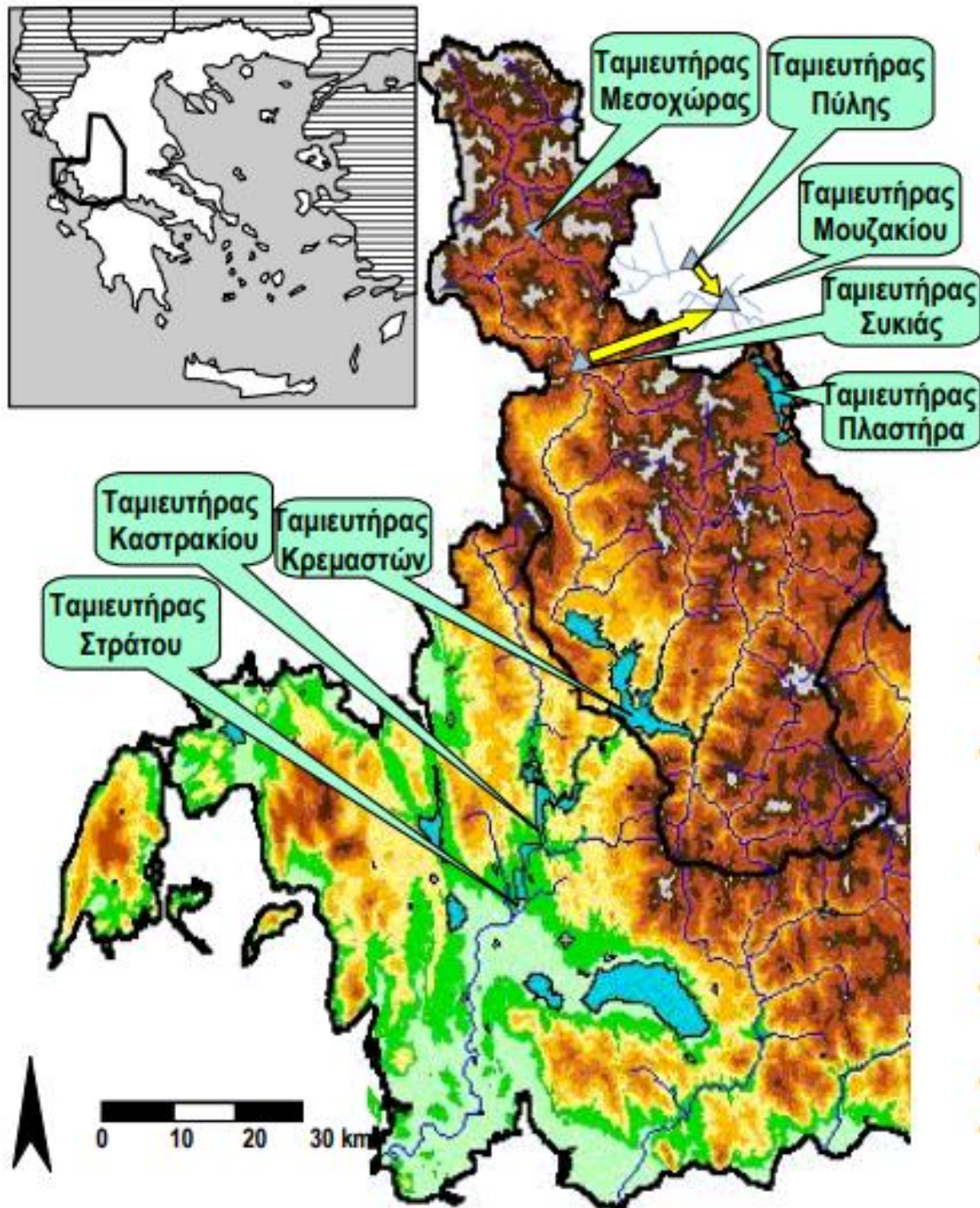




Παρατηρήσεις για προβλήματα βελτιστοποίησης υδατικών πόρων

- Τα προβλήματα περιλαμβάνουν πολλές μεταβλητές ελέγχου
- Η στοχαστική συνάρτηση δεν είναι δεδομένη. Συχνά υπάρχουν πολλές που συνδέονται με την οικονομικότητα, την αξιοπιστία, την ποιότητα του νερού, κ.ά.
- Περιορισμοί υπάρχουν πάντα
- Τόσο η στοχαστική συνάρτηση, όσο και οι περιορισμοί δεν έχουν απλές μαθηματικές εκφράσεις. Συνήθως μπορούν να προσδιοριστούν τιμές τους για δεδομένες τιμές των μεταβλητών ελέγχου μέσα από αριθμητικές διαδικασίες (π.χ. προσομοίωση)
- Τα προβλήματα είναι συνήθως μη κυρτά και οι στοχαστικές συναρτήσεις πολυκόρυφες. Εξάίρεση: γραμμικά προβλήματα
- Το ουσιαστικότερο (και ξεχωριστό για κάθε πρόβλημα) μέρος είναι η κατάστρωση του προβλήματος. Για το αλγοριθμικό μέρος προσφέρονται σήμερα πολλές επιλογές





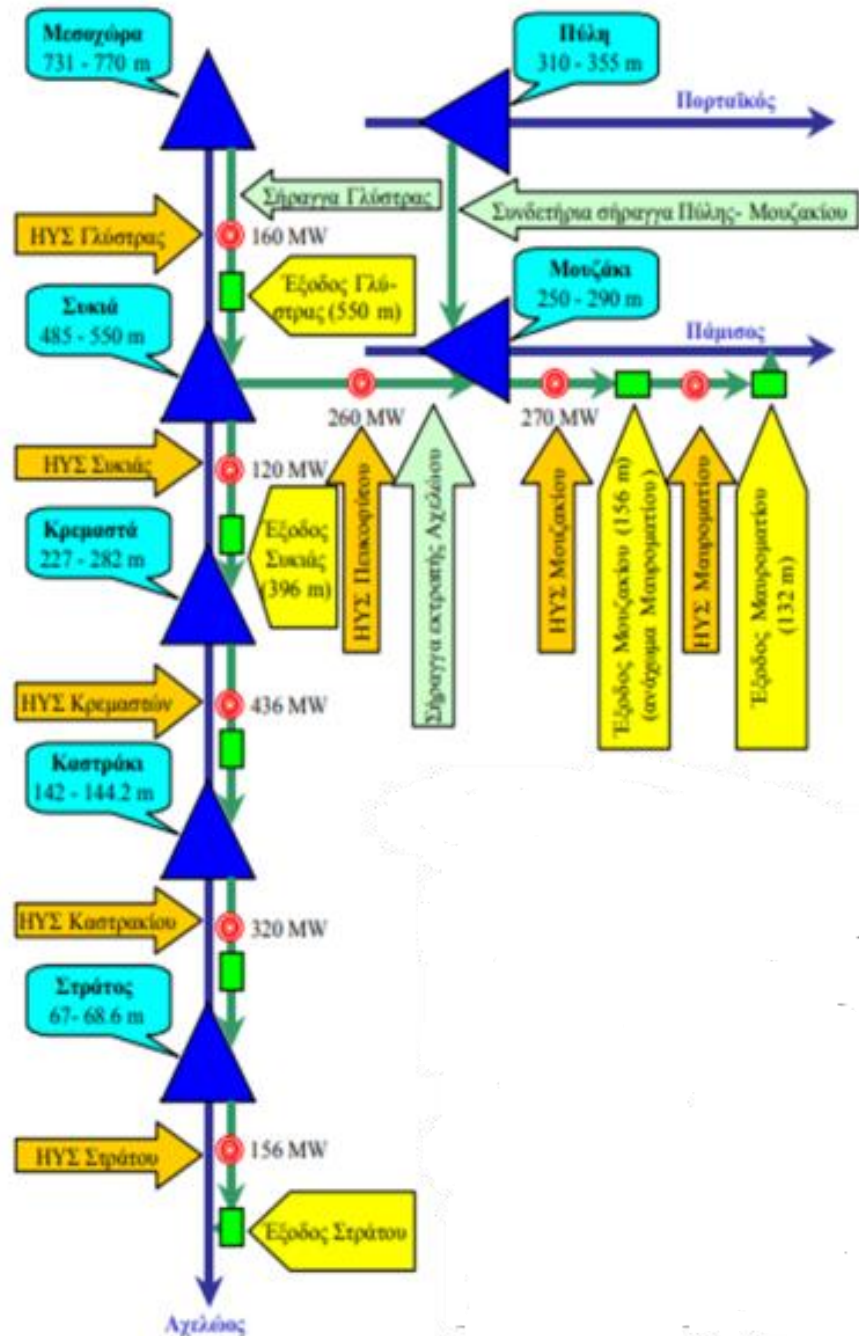
Παράδειγμα:

Μελέτη του υδροσυστήματος
Αχελώου- Ταμιευτήρας Θεσσαλίας

- 5 ταμιευτήρες στον Αχελώο (+Πλαστήρα)
- Σενάριο εκτροπής στη Θεσσαλία με 2 επιπλέον ταμιευτήρες
- 7 υδροηλεκτρικοί σταθμοί (κατά μέγιστο)
- Σύστημα αγωγών εκτροπής
- Κύρια χρήση: Υδροηλεκτρική ενέργεια
- Δευτερεύουσα χρήση: άρδευση
- Περιβαλλοντικές δεσμεύσεις



Σχηματοποίηση Του υδροσυστήματος Αχελώου - Θεσσαλίας



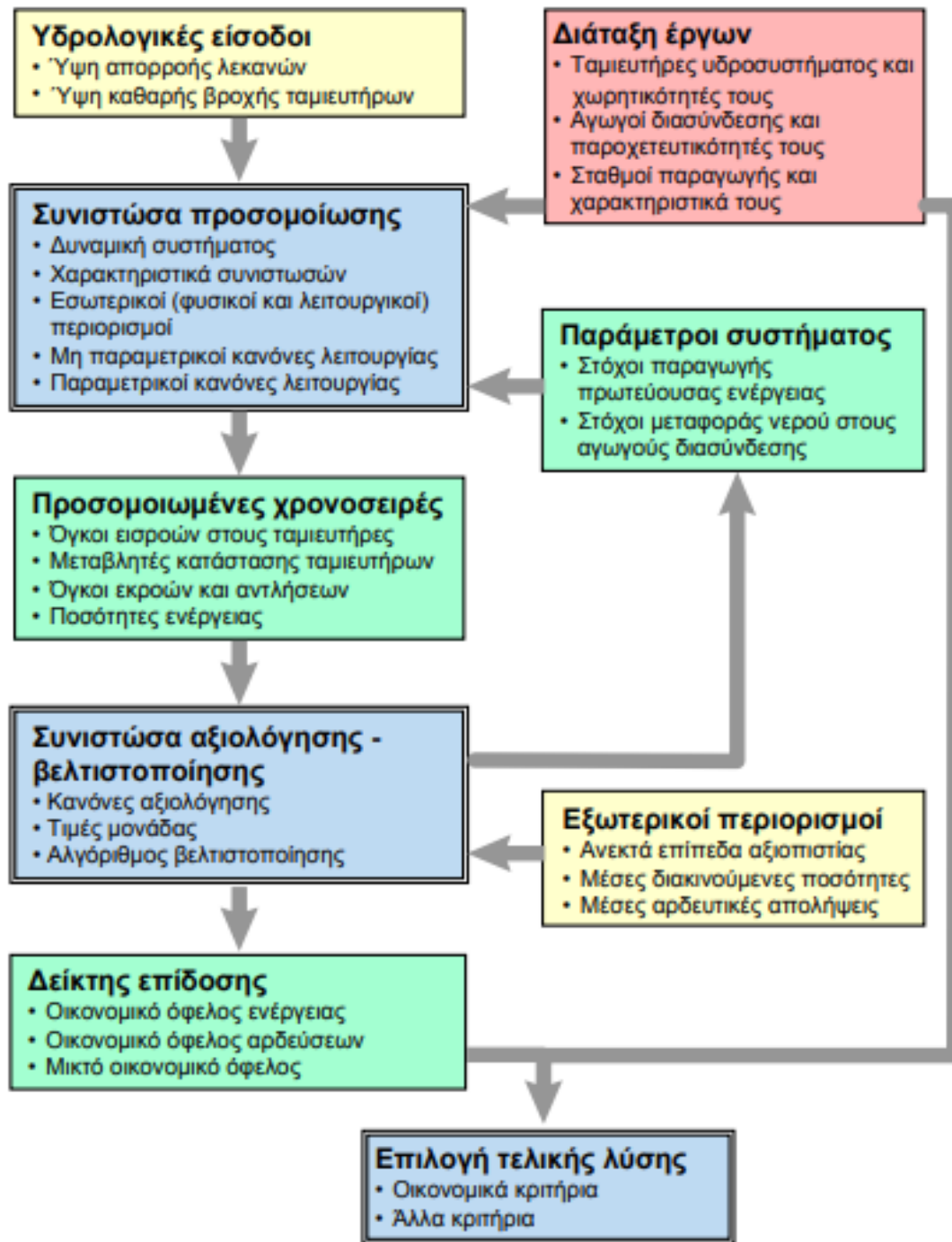
Η σχηματοποίηση βοηθά:

1. Στην κατανόηση της λειτουργίας του συστήματος
2. Στην οργάνωση των πληροφοριών
3. Στην αναγνώριση των ουσιωδών στοιχείων
4. Στην κατασκευή του μαθηματικού μοντέλου

Πηγή: Κουτσογιάννης, Δ., Μελέτη λειτουργίας ταμιευτήρων, Γενική διάταξη έργων εκτροπής Αχελώου προς Θεσσαλία, Ανάδοχος: Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων Αχελώου



Διάρθρωση συνολικού μαθηματικού μοντέλου Υδροσυστήματος Αχελώου- Θεσσαλίας



Στόχος του μοντέλου:

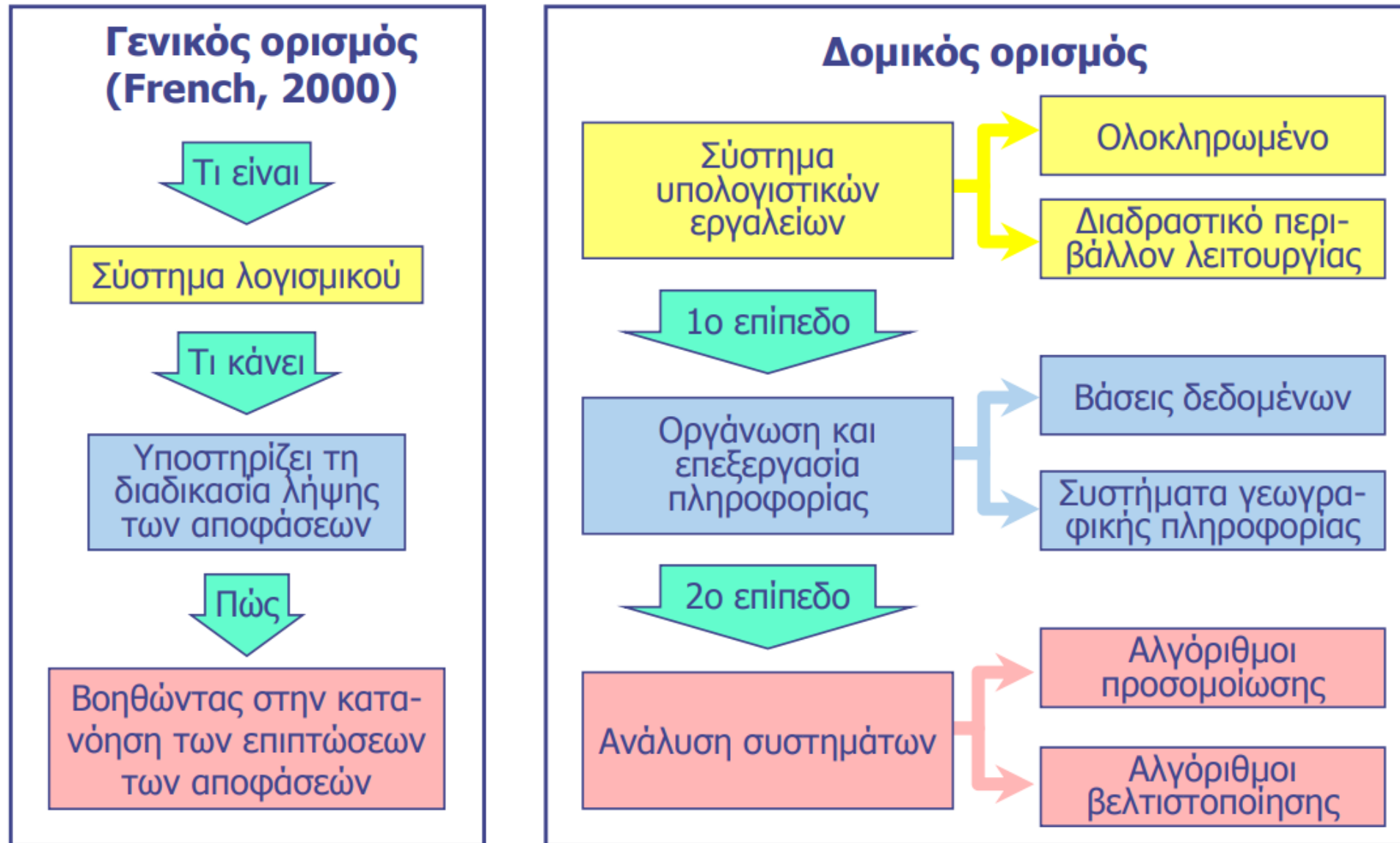
Επαναθεώρηση της Γενικής Διάταξης των Έργων Εκτροπής του Αχελώου προς τη Θεσσαλία (Ρυθμιστικοί όγκοι, υδροηλεκτρικοί σταθμοί) με στόχο τη μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους από παραγωγή ενέργειας και γεωργική αξιοποίηση



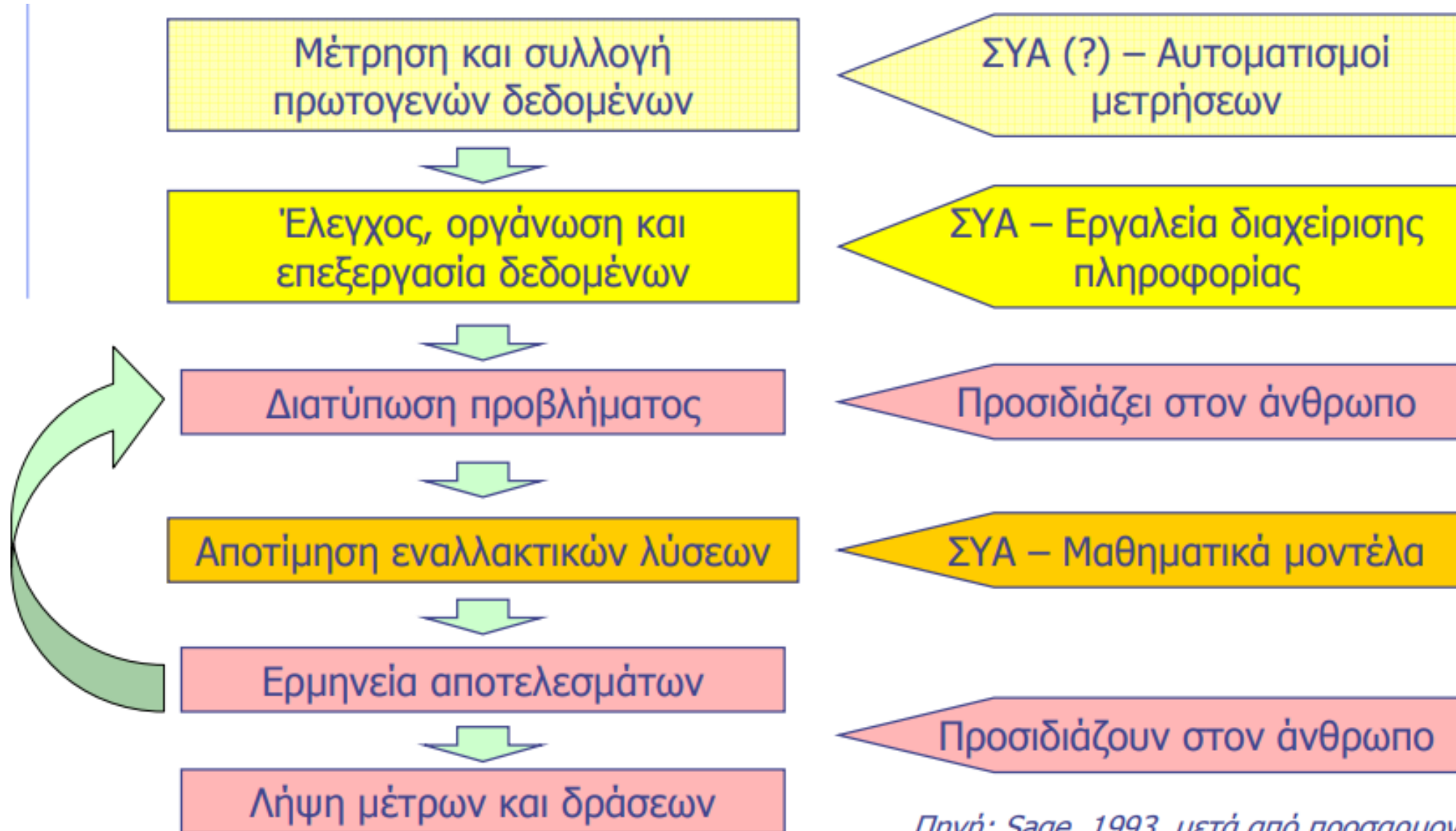
Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων
σε προβλήματα διαχείρισης
υδατικών πόρων



Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (decision support systems, ΣΥΑ)



Λήψη αποφάσεων και Υποστήριξη από ΣΥΑ



Πηγή: Sage, 1993, μετά από προσαρμογή



Εφαρμογές ΣΥΑ στην Διαχείριση Υδατικών Πόρων

- ❑ Διαχείριση υδροσυστημάτων
- ❑ Έλεγχος λειτουργίας ταμιευτήρων (για την εξυπηρέτηση στόχων υδροδότησης, παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, ελέγχου ρύπανσης)
- ❑ Διαχείριση ποταμών (με χρήση υδραυλικών-υδροδυναμικών μοντέλων)
- ❑ Έλεγχος πλημμυρών και διαχείριση πλημμυρικού κινδύνου (σε λειάνες ποταμών αλλά και αστικές λειάνες)
- ❑ Διαχείριση υδροφορέων και συνδυασμένη χρήση επιφανειακών και υπόγειων νερών
- ❑ Διαχείριση συστημάτων διανομής νερού (δίκτυα ανοιχτών και κλειστών αγωγών, αντλιοστάσια, κλπ.)
- ❑ Έλεγχος βλαβών ή διαρροών σε δίκτυα ύδρευσης
- ❑ Έλεγχος ρύπανσης σε λειάνες απορροής και Δέλτα ποταμών
- ❑ Διαχείριση μη σημειακών πηγών ρύπανσης σε γεωργικές περιοχές



Εφαρμογές ΣΥΑ στην Διαχείριση Υδατικών Πόρων

Αναπτύσσονται από:

Πανεπιστήμια-ερευνητικά κέντρα

Εταιρείες λογισμικού

έχουν:

Υψηλό κόστος (συχνά συνδυάζεται με παροχή υπηρεσιών συμβούλου)

Κλειστό κώδικα (δεν επιδέχονται τροποποιήσεις στα μοντέλα)

Απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό για την:

✓ Ανάπτυξη και λειτουργία

✓ Συντήρηση και επέκταση

✓ Συνεχή προσαρμογή στις νέες μεθοδολογικές και τεχνολογικές εξελίξεις

Απαιτούν χρόνο για:

❖ Εκμάθηση τεχνολογιών και εργαλείων

❖ Συλλογή, τυποποίηση και οργάνωση δεδομένων

❖ Προσαρμογή στις νέες απαιτήσεις και πρακτικές



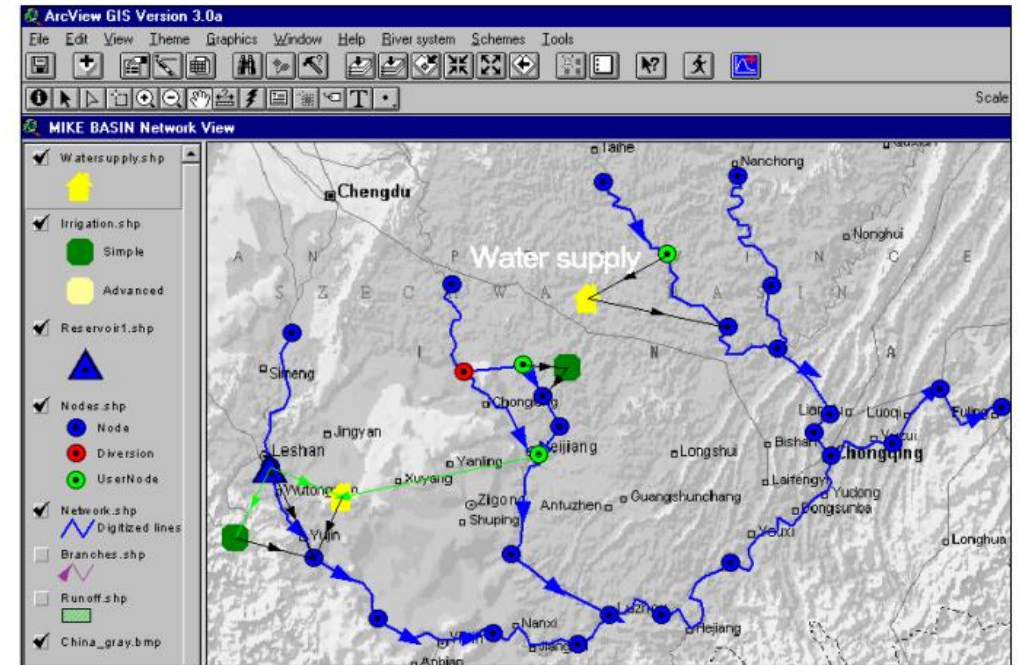
Μοντέλο MIKE-BASIN

Αξιοποιεί τις δυνατότητες του ArcGIS, σε συνδυασμό με υδρολογικά μοντέλα, για την παροχή διαχειριστικών λύσεων στην κλίμακα λεκάνης απορροής

Υποστηρίζει πολλαπλές χρήσεις νερού και απλούς κανόνες διαχείρισής τους.

Εφόσον υπάρχει έλλειμμα για την ικανοποίηση της συνολικής ζήτησης, τροφοδοτεί τους χρήστες κατά προτεραιότητα

Εναλλακτικά, χρησιμοποιεί κανόνες διαχείρισης των απολήψεων, που ορίζονται μέσω μακροεντολών σε γλώσσα Visual Basic



Για συστήματα μεγάλων ποταμών, ενσωματώνει μοντέλα διόδευσης

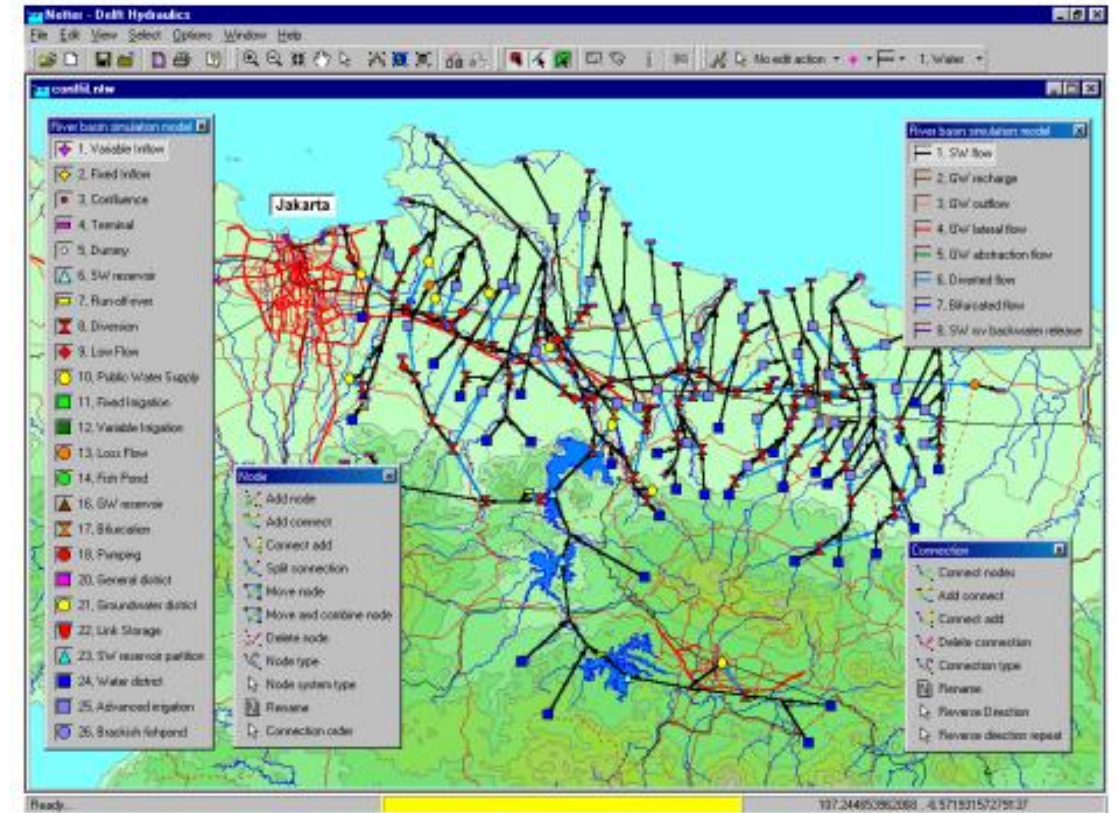


Μοντέλο RIBASIM

Αναπαριστά τη συμπεριφορά λεκανών απορροής κάτω από διαφορετικές υδρολογικές συνθήκες, εκτιμώντας και αξιολογώντας μέτρα σχετικά με τις υποδομές και τον τρόπο διαχείρισης και λειτουργίας του συστήματος

Προσομοιώνει τις εκροές βιομηχανιών, την αποστράγγιση από τη γεωργία, και την κατάντη επαναχρησιμοποίηση του νερού

Επιτρέπει τη λεπτομερή ανάλυση της ποιότητας του νερού και των φερτών σε ποταμούς και ταμιευτήρες

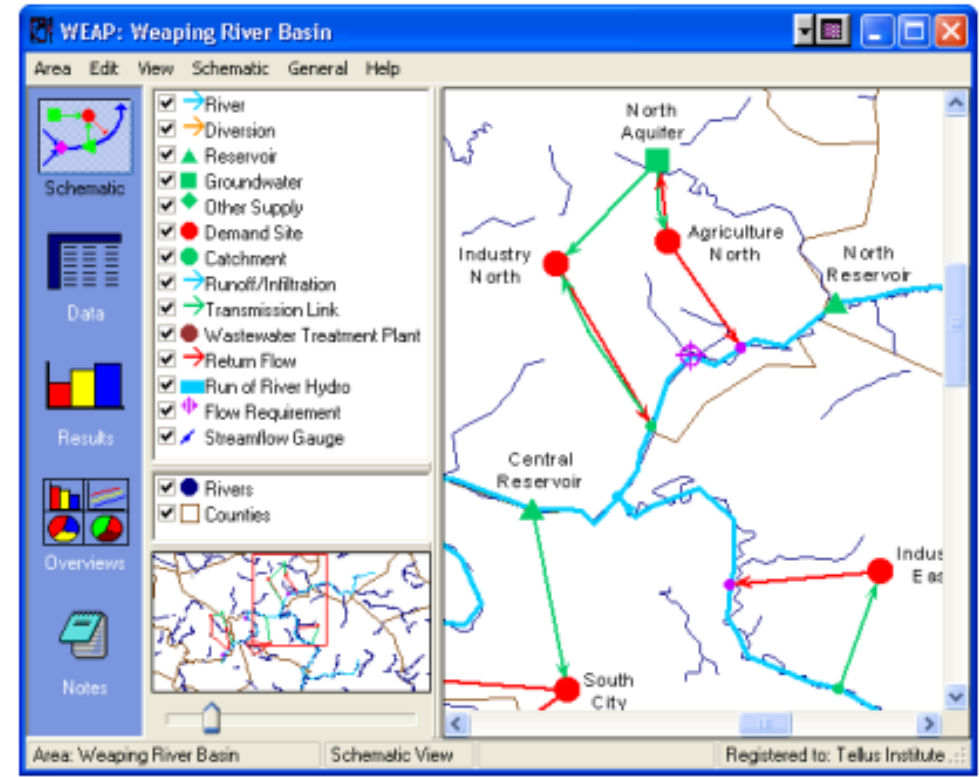


Μοντέλο WEAP

Απευθύνεται σε μη εξειδικευμένους χρήστες

Με τη βοήθεια εργαλείων συστήματος γεωγραφικής πληροφορίας, δημιουργείται ένα σενάριο αναφοράς, στο οποίο βασίζονται υποθετικά (what if-) σενάρια

Για κάθε χρήση νερού ορίζονται προτεραιότητες απόληψης από συγκεκριμένους υδατικούς πόρους, για τη συνολική ζήτηση ή για κάποιο ποσοστό της



Υπολογίζονται η προσφορά και ζήτηση νερού, η απορροή, η διήθηση, οι αρδευτικές ανάγκες, οι παροχές και τα αποθέματα, τα ρυπαντικά φορτία, οι ποιοτικές παράμετροι των ποταμών, κ.ά

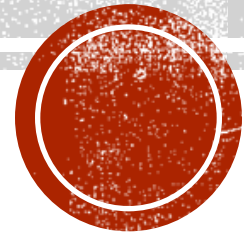




**Εργαστήριο
Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων
& Γεωργικής Μηχανικής
(Α.Φ.Πο.Γε.Μ.)**

amaragkaki@hmu.gr

Τηλ. 2810 379455



THANK YOU