

Νερό για την πόλη: Στρατηγικός σχεδιασμός, διαχείριση της ζήτησης και έλεγχος των διαρροών στα δίκτυα

Ημερίδα των ΕΜΠ– Πανεπιστημίου Αιγαίου – ΕΥΔΑΠ

Αθήνα – 28 Νοεμβρίου 2000

Το σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας για την προσεχή πενταετία

Αντώνης Ξανθάκης
Διεύθυνση Προγραμματισμού
και Στρατηγικού Σχεδιασμού
ΕΥΔΑΠ

Δημήτρης Κουτσογιάννης
Τομέας Υδατικών Πόρων
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Μέρη της παρουσίασης

1. Εισαγωγή

2. Μεθοδολογία

3. Τεχνολογικά εργαλεία

4. Αποτελέσματα

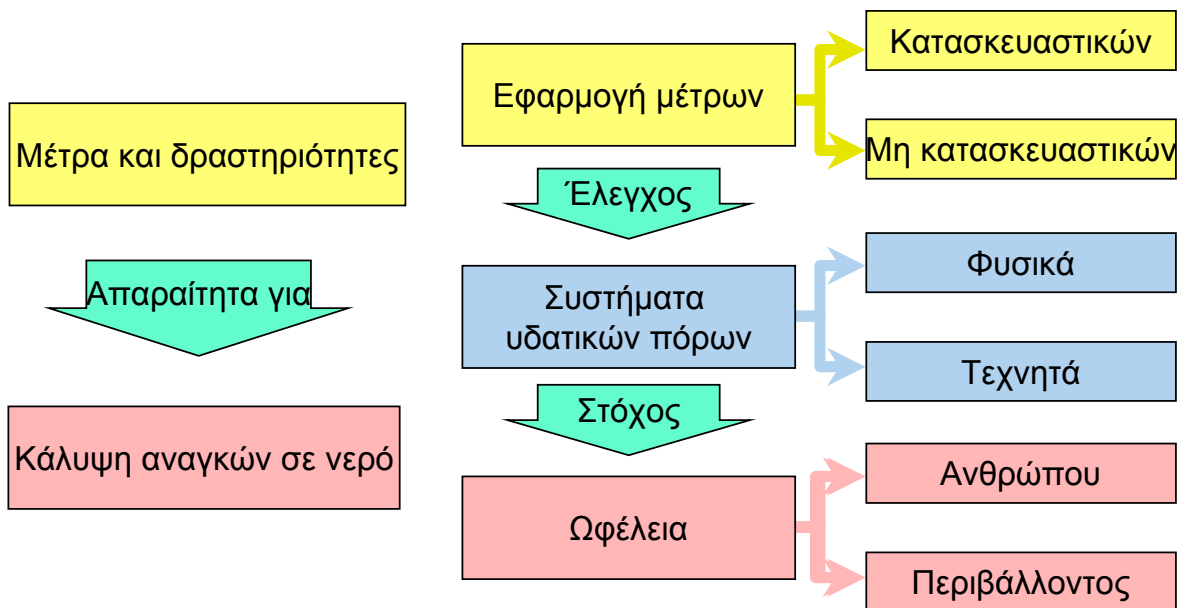
5. Συμπερασματικά σχόλια

Εισαγωγή

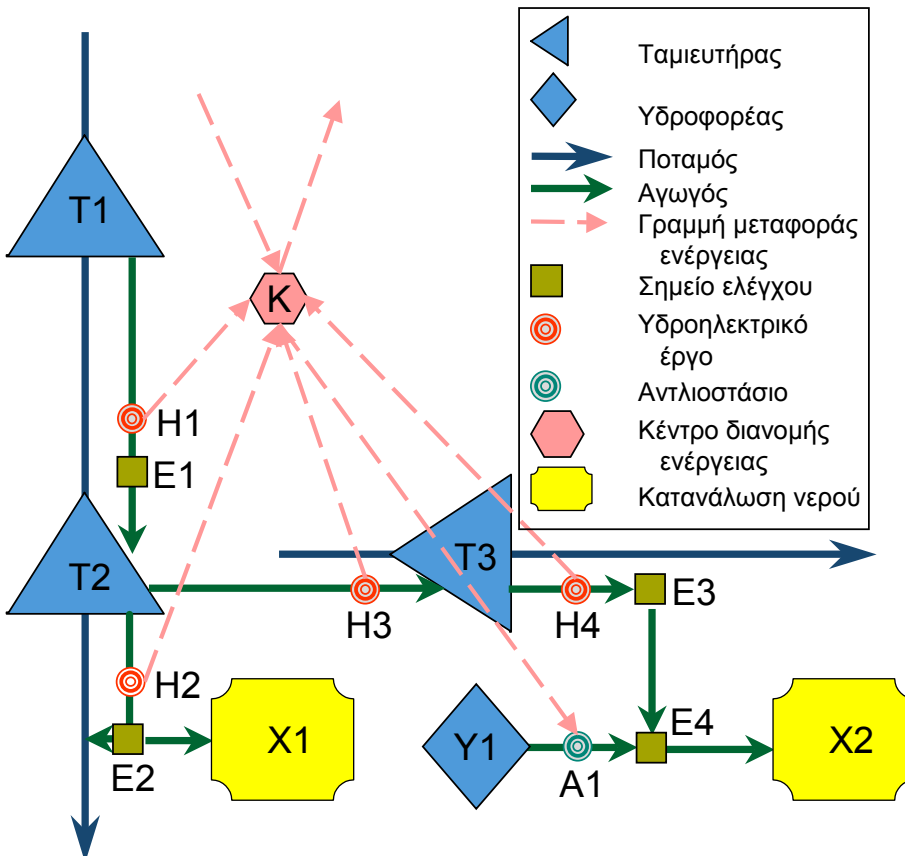
Ορισμός της διαχείρισης υδατικών πόρων/συστημάτων

ΥΒΕΤ, Ν. 1739/1987

N. S. Grigg, 1996



Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 3



Προβλήματα διαχείρισης συστημάτων υδατικών πόρων

- ◆ Στόχοι ή/και δεσμεύσεις
 - Καταναλωτικές χρήσεις
 - Ενέργεια
 - Προστασία από πλημμύρες
 - Οικονομική ωφέλεια
 - Περιβαλλοντική διατήρηση
- ◆ Περιορισμοί
 - Φυσικοί
 - Λειτουργικοί
- ◆ Σε καθεστώς υδρολογικής αβεβαιότητας
 - Επίτευξη ικανοποιητικής αξιοπιστίας

Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 4

Το σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας για την προσεχή πενταετία: Ιστορικό

- ◆ Εκπονήθηκε σε εφαρμογή της σχετικής πρόβλεψης της σύμβασης μεταξύ Ελληνικού Δημοσίου και ΕΥΔΑΠ
- ◆ Εκπονήθηκε με τη συνεργασία ΕΥΔΑΠ και ΕΜΠ
- ◆ Ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2000
- ◆ Στηρίχτηκε σε μεθοδολογίες και εργαλεία που αναπτύσσονται από το ΕΜΠ για την ΕΥΔΑΠ στα πλαίσια του ερευνητικού έργου «Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας»

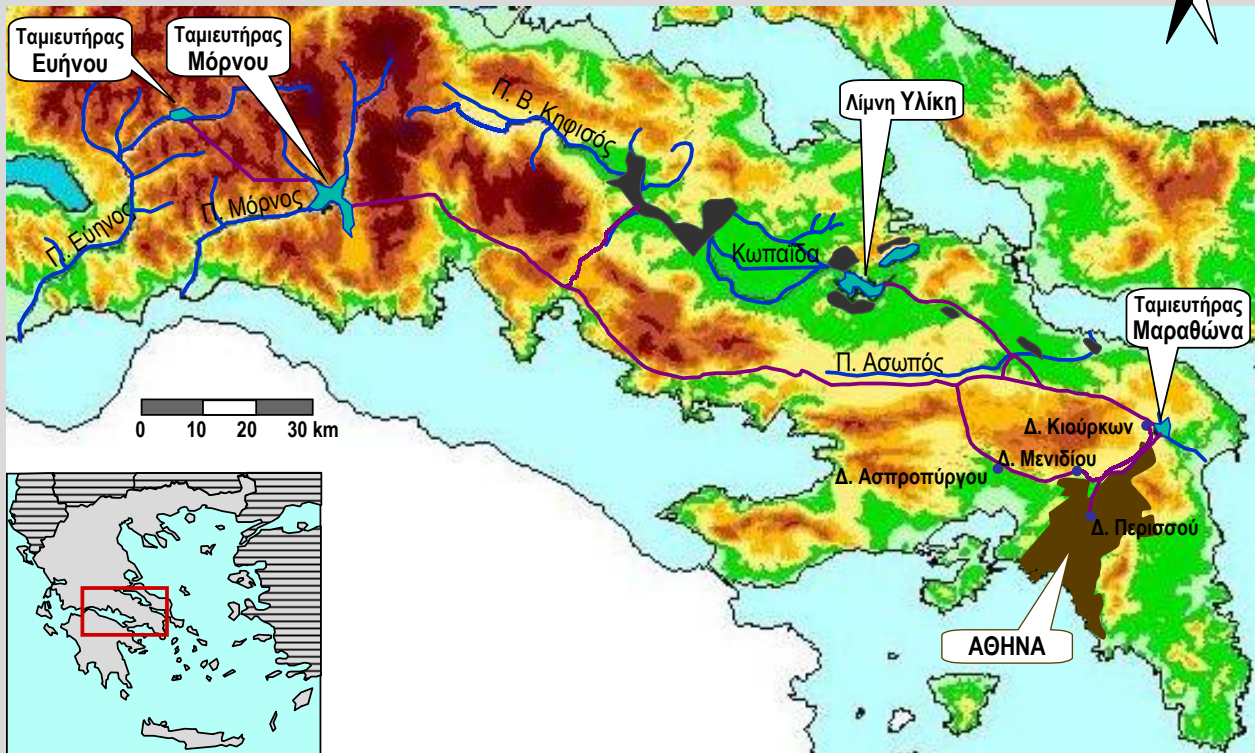
Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης , Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 5

Σκοπός και αντικείμενο του Σχεδίου Διαχείρισης

- ◆ Σκοπός του σχεδίου είναι η ανάπτυξη μεθόδων διαχείρισης του υδατικού συστήματος, οι οποίες θα χαρακτηρίζονται από:
 - ορθολογικότητα
 - αποδοτικότητα
 - βιωσιμότητα
 - αξιοπιστία
 - οικονομικότητα
- ◆ Η διαχείριση αναφέρεται κυρίως:
 - στη ρύθμιση της ροής στους ταμιευτήρες
 - στον επιμερισμό των απολήψεων ανά κύρια, δευτερεύουσα ή εφεδρική πηγή
 - στη μεταφορά νερού μέσω του δικτύου εξωτερικών υδραγωγείων

Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης , Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 6

Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας



Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 7

Ιδιαιτερότητες του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας

◆ Χαρακτηριστικά του συστήματος

- Μεγάλη γεωγραφική έκταση – πολυπλοκότητα
- Δυνατότητα πολλαπλών εναλλακτικών λύσεων τόσο ως προς τους υδατικούς πόρους (ταμιευτήρες, γεωτρήσεις) όσο και ως προς τις διαδρομές μεταφοράς
- Υψηλό κόστος λειτουργίας του υδραγωγείου Υλίκης και των γεωτρήσεων έναντι μηδενικού κόστους του υδραγωγείου Μόρνου και της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου
- Σημαντικές απώλειες από υπόγειες διαφυγές (Υλίκη) και υπερχειλίσεις (Εύηνος)

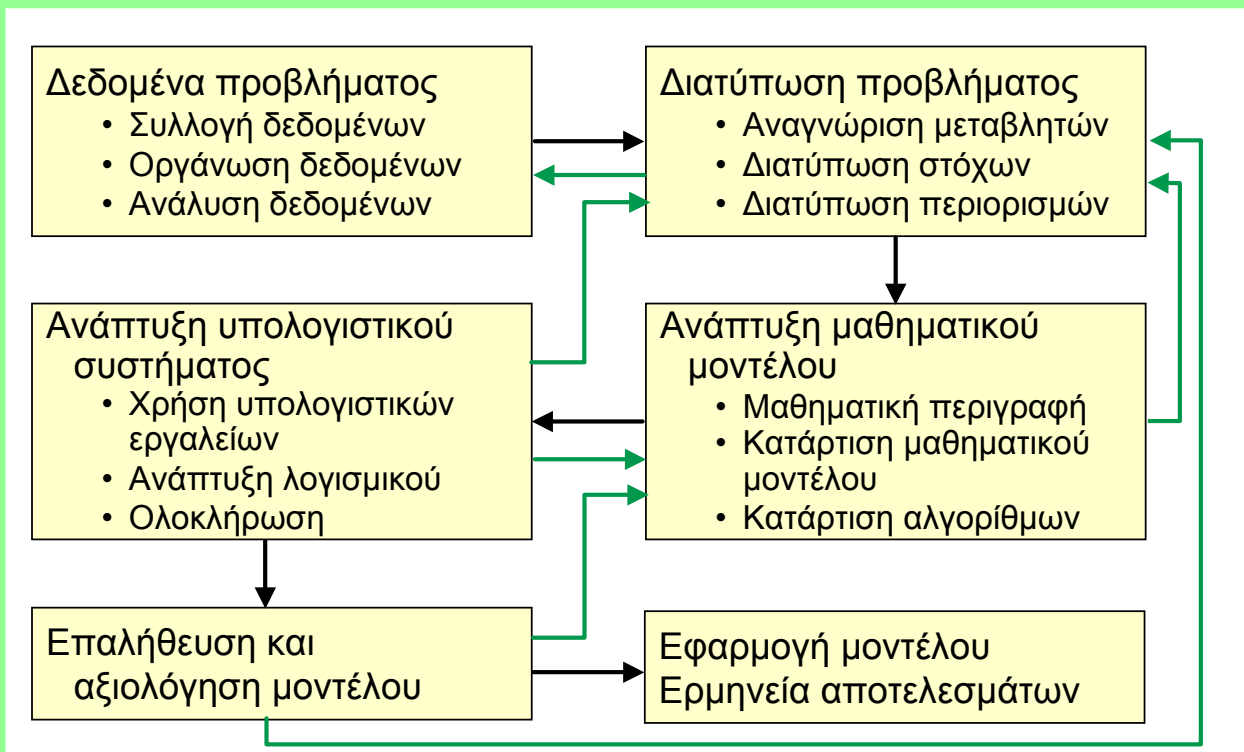
◆ Προβλήματα σχετικά με την ασφάλεια του συστήματος

- Μεγάλη απόσταση των κύριων πηγών νερού από την κατανάλωση
- Απουσία σημαντικού όγκου ταμίευσης κοντά στην Αθήνα
- Ανεπαρκής παροχρητευτικότητα ορισμένων υδραγωγείων
- Προβλήματα στατικής επάρκειας αγωγών σε υψηλές παροχές
- Έλλειψη ολοκληρωμένου δικτύου διασυνδέσεων μεταξύ των διυλιστηρίων

Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 8

Μεθοδολογία

Γενική διαδικασία κατασκευής μοντέλου υδροσυστήματος



Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 9

Τυπικές κατηγορίες δεδομένων για την ανάλυση υδροσυστημάτων

Γεωγραφικά δεδομένα	Υδρολογικά δεδομένα	Υδρογεω-λογικά δεδομένα	Δεδομένα ποιότητας & περιβάλλοντος	Δεδομένα έργων αξιοποίησης	Δεδομένα χρήσης & οικονομικά
<ul style="list-style-type: none"> • Ανάγλυφο (Ισοΰψεις καμπύλες) • Υδρογραφικό δίκτυο • Γεωλογικά & τεκτονικά στοιχεία • Χρήσεις γης • Οικιστικά δεδομένα • Οδικό δίκτυο • Διοικητικές πληροφορίες • Δημογραφικά δεδομένα 	<ul style="list-style-type: none"> • Υδρολογικές λεκάνες • Χαρακτηριστικά σταθμών μέτρησης • Χρονοσειρές <ul style="list-style-type: none"> * Βροχής * Στάθμης ποταμών * Παροχής ποταμών * Στάθμης λιμνών * Μετεωρολογικών δεδομένων 	<ul style="list-style-type: none"> • Υδρολιθολογικοί σχηματισμοί • Σημεία εμφάνισης νερού (πηγές, γεωτρήσεις) • Χρονοσειρές στάθμης ή/και παροχής <ul style="list-style-type: none"> * Πηγών * Γεωτρήσεων • Χάρτες πιεζομετρίας 	<ul style="list-style-type: none"> • Δεδομένα ρύπανσης • Χρονοσειρές μετρήσεων ποιότητας <ul style="list-style-type: none"> * Ποταμών * Λιμνών * Υπόγειων νερών • Σημεία απαίτησης ελάχιστης παροχής ή/και στάθμης για διατήρηση οικοσυστημάτων 	<ul style="list-style-type: none"> • Ταμιευτήρες • Αγωγοί μεταφοράς • Αντλιοστάσια • Υδροηλεκτρικοί σταθμοί • Διυλιστήρια 	<ul style="list-style-type: none"> • Χωροχρονική κατανομή υδατικών αναγκών για ύδρευση • Ανταγωνιστικές χρήσεις <ul style="list-style-type: none"> * Φορείς * Όρια ευθύνης * Υδατικές ανάγκες • Οικονομικά στοιχεία <ul style="list-style-type: none"> * Υδρευτικού νερού * Ενέργειας * Νερού για ανταγωνιστικές χρήσεις

Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 10

Παραγωγή υδρολογικών σεναρίων για προσομοίωση

WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 36, NO. 6, PAGES 1519-1533,

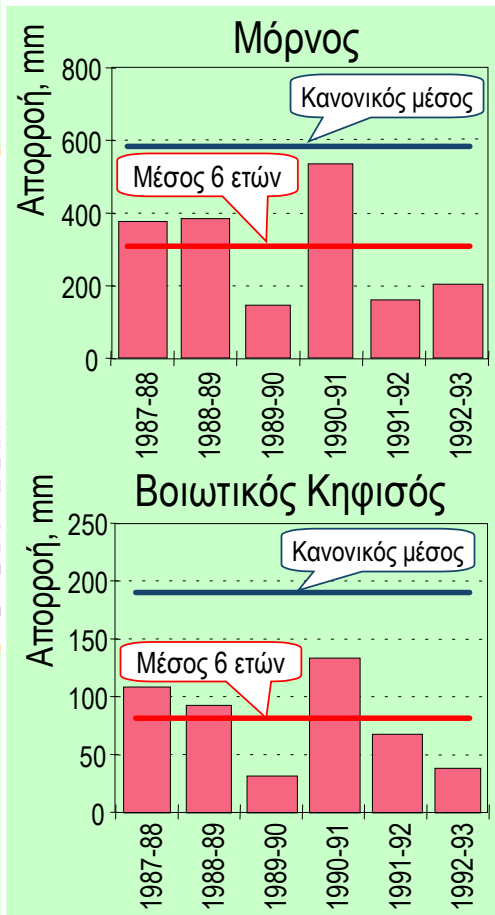
A generalized mathematical framework for stochastic simulation and forecast of hydrologic time series

Demetris Koutsoyiannis

Department of Water Resources, Faculty of Civil Engineering, National Technical University, Athens

Abstract. A generalized framework for single-variate and multivariate simulation and forecasting problems in stochastic hydrology is proposed. It is appropriate for short-term or long-term memory processes and preserves the Hurst coefficient even in multivariate processes with a different Hurst coefficient in each location. Simultaneously, it explicitly

1. Στοχαστικό μοντέλο πολλαπλών θέσεων (πολλών μεταβλητών)
2. Λειτουργία σε προσομοίωση ή πρόγνωση
3. Χρονικές κλίμακες ετήσια και μηνιαία
4. Διατήρηση ουσιαστών στατιστικών χαρακτηριστικών των μεταβλητών
5. Διατήρηση των συσχετίσεων στο χρόνο και το χώρο
6. Αναπαραγωγή της μακροπρόθεσμης εμμονής (φαινόμενο Ιωσήφ)



Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 11

Προβλήματα βελτιστοποίησης και αντιμετώπισή τους

1. Βέλτιστη κατανομή απολήψεων ανά ταμιευτήρα

A. Παραμετροποίηση συστήματος ταμιευτήρων με χρήση παραμετρικών κανόνων λειτουργίας

B. Μαθηματική έκφραση στόχων και περιορισμών – Κατασκευή δείκτη επίδοσης

Γ. Αλγόριθμος για τον προσδιορισμό της αριθμητικής τιμής του δείκτη επίδοσης (συναρτήσει των παραμέτρων) με προσομοίωση

Δ. Προσδιορισμός των βέλτιστων τιμών των παραμέτρων με μη γραμμική βελτιστοποίηση

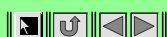
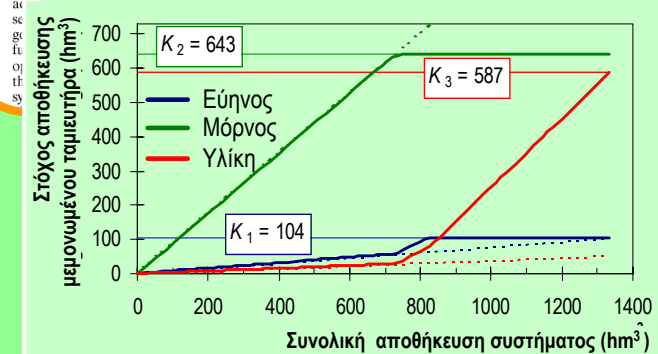
WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 33, NO. 9, PAGES 2165-2177, SEPTEMBER 1997

A parametric rule for planning and management of multiple-reservoir systems

I. Nalbantis and D. Koutsoyiannis

Department of Water Resources, Faculty of Civil Engineering, National Technical University, Athens, Greece

Abstract. A parametric rule for multireservoir system operation is formulated and tested. It is a generalization of the well-known space rule of simultaneously accounting for various system operating goals, in addition to the standard goal of avoiding unnecessary spills, including avoiding leakage losses, avoiding conveyance problems, taking into

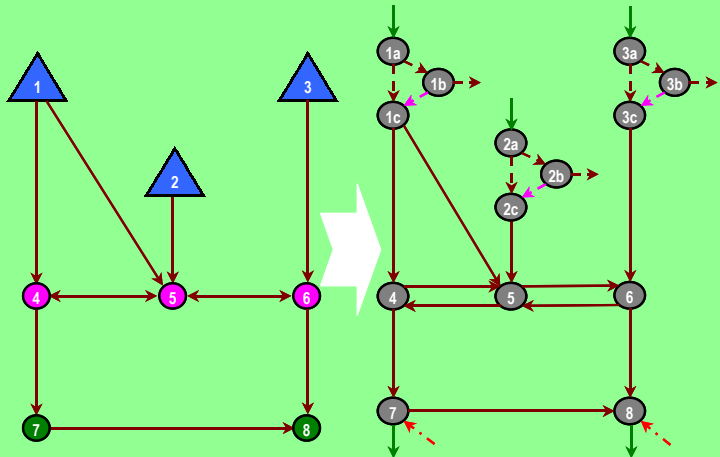


Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 12

Προβλήματα βελτιστοποίησης και αντιμετώπισή τους

2. Βέλτιστη μεταφορά νερού στα υδραγωγεία

A. Μετασχηματισμός πραγματικού υδρουσστήματος σε μαθηματικό αντικείμενο (διγράφος)



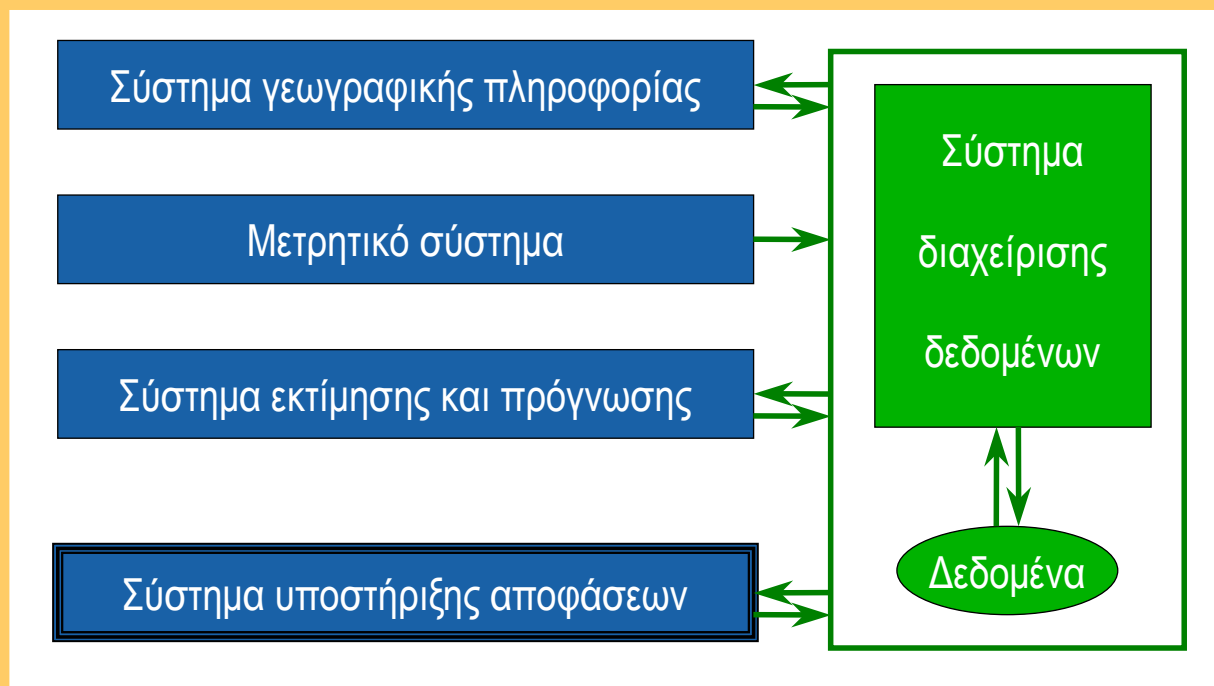
B. Μαθηματική έκφραση στόχων (οικονομικότητα) και περιορισμών (παροχетеυτικότητα, ελάχιστη ροή, επιθυμητά αποθέματα, κ.ά.)

Γ. Επίλυση προβλήματος σε κάθε βήμα προσομοίωσης με δικτυακό γραμμικό προγραμματισμό

A. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 13

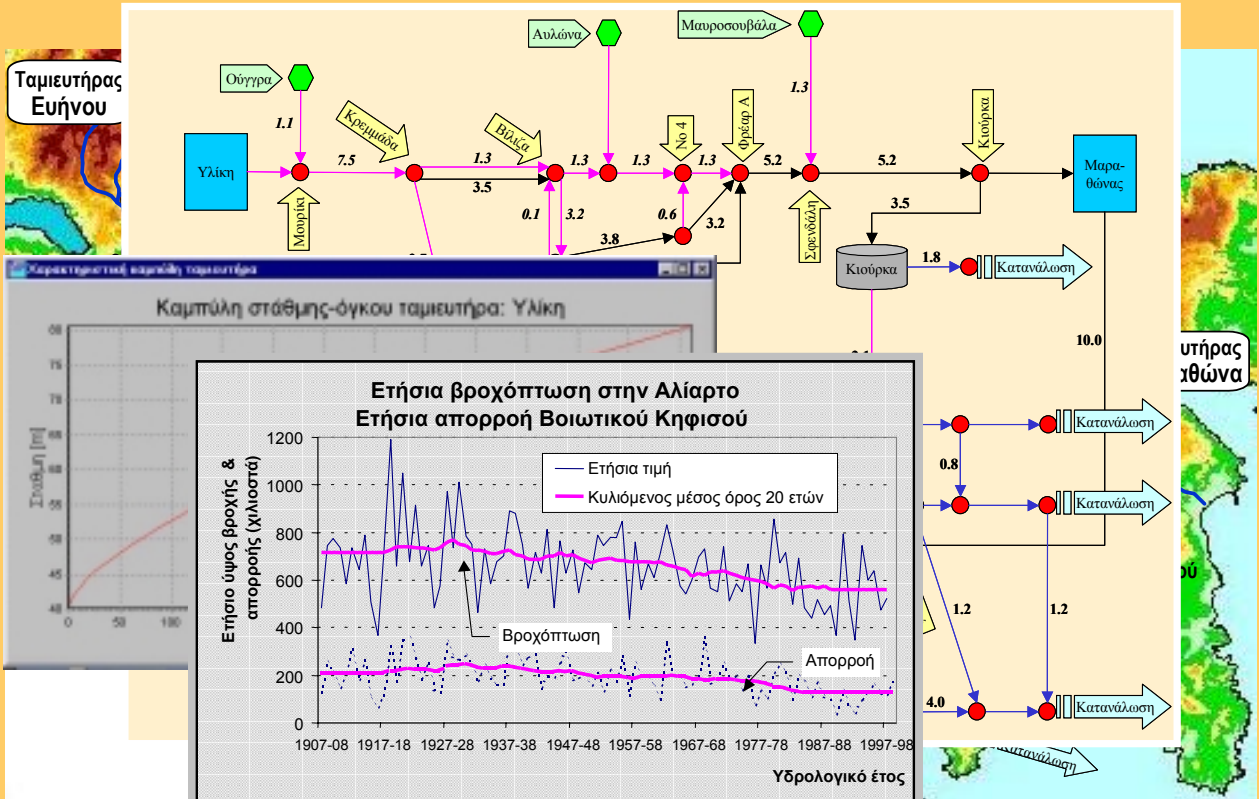
Τεχνολογικά εργαλεία

Γενική διάταξη και συνεργασία συστημάτων



A. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 14

Βάση δεδομένων – Σύστημα γεωγραφικής πληροφορίας



Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 15

Μετρητικό σύστημα – Λεκάνες Υλίκης & Μαραθώνα



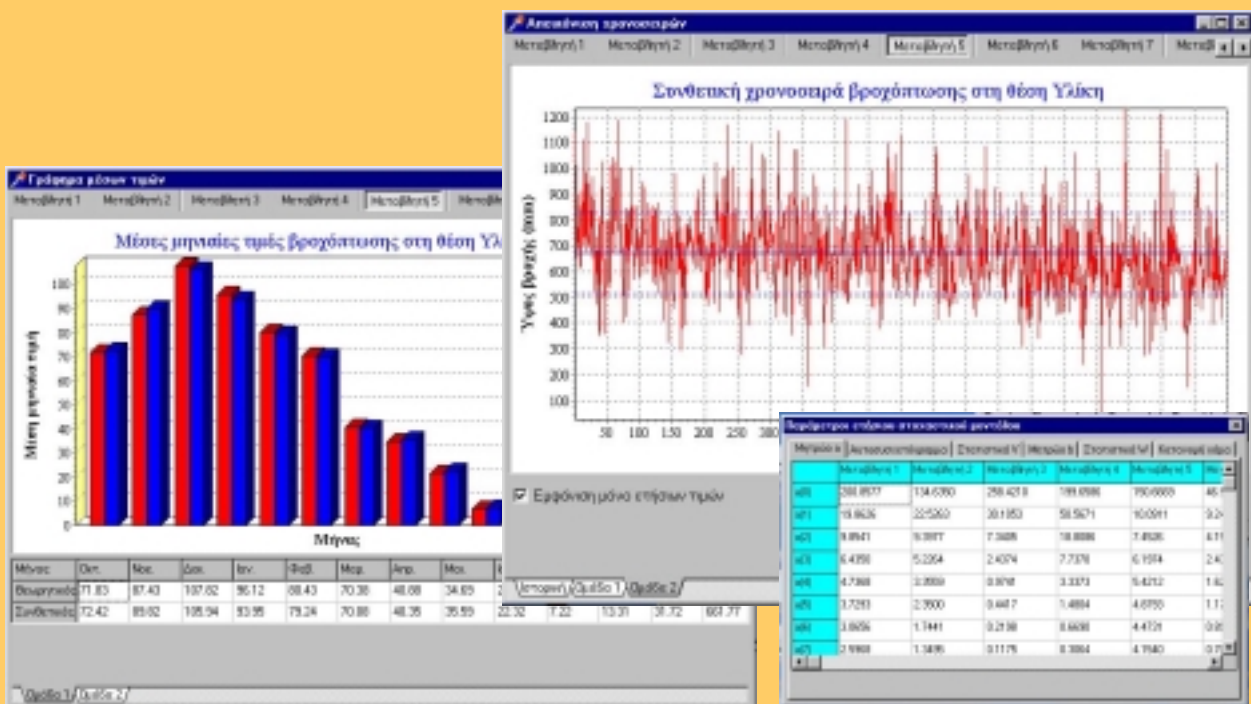
Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 16

Μετρητικό σύστημα – Λεκάνες Μόρνου & Ευήνου



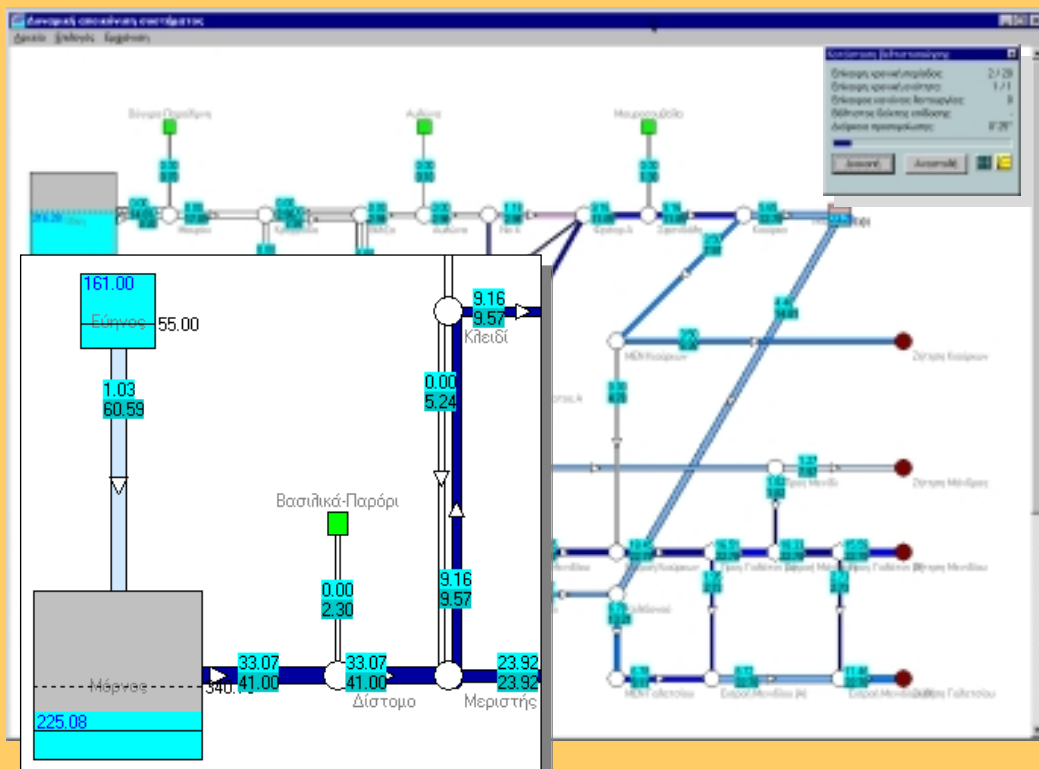
Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης , Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 17

Κασταλία: Στοχαστική προσομοίωση & πρόγνωση εισροών ταμιευτήρων



Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης , Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 18

Υδρονομείας (εκδ. 2): Σύστημα προσομοίωσης και βελτιστοποίησης








Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 19

Αποτελέσματα

Η Τελική Έκθεση του διαχειριστικού σχεδίου – Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή
2. Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας
3. Ζήτηση νερού
4. Υδατικοί πόροι
5. Οικονομικά δεδομένα
6. Περιβαλλοντικές όψεις της διαχείρισης
7. Μεθοδολογία διαχείρισης
8. Διαχείριση του υδροσυστήματος
9. Ασφάλεια του υδροδοτικού συστήματος έναντι έκτακτων περιστατικών (βλάβες, ειδικές συνθήκες, π.χ. Ολυμπιακοί αγώνες)
10. Συμπεράσματα

Υδατικοί πόροι

Υδρολογική λεκάνη	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΙ ΠΟΡΟΙ		ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΠΟΡΟΙ
	Κύριοι (Ταμιευτήρες)	Βοηθητικοί (Ταμιευτήρες)	Εφεδρικοί (Γεωτρήσεις)
Εύηνος 352 km ²	Εύηνος 295 hm ³ /y 		
Μόρνος 586 km ²	Μόρνος 235 hm ³ /y		
Βοιωτικός Κηφισός – Υλίκη 2460 km ²		Υλίκη 318 hm ³ /y  	Β. Κηφισός, μέσος ρους 55 hm ³ /y  Περιοχή Υλίκης 20 hm ³ /y
Χάραδρος 119 km ²		Μαραθώνας 14 hm ³ /y	
Βόρεια Πάρνηθα			Βίλιζα 11 hm ³ /y  Μαυροσουβάλα 44 hm ³ /y

Επιφάνεια	Εισροή	Αντλητική ικανότητα	 Υπερχείλιση	 Διαρροή	 Αντληση
-----------	--------	---------------------	---	---	---

Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 21

Περιβαλλοντικές όψεις της διαχείρισης

◆ Ποιότητα νερού

- Η ποιότητα των επιφανειακών νερών χαρακτηρίζεται από πολύ καλή (Μόρνος, Εύηνος) ως καλή (Υλίκη, Παραλίμνη, Μαραθώνας, Β. Κηφισός), ακόμη και σε περιόδους ξηρασίας (χαμηλής στάθμης ταμιευτήρων)
- Τα επίπεδα φόρτισης του νερού που φτάνει στις μονάδες επεξεργασίας είναι χαμηλά σε σχέση με τα όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης

◆ Ενέργεια

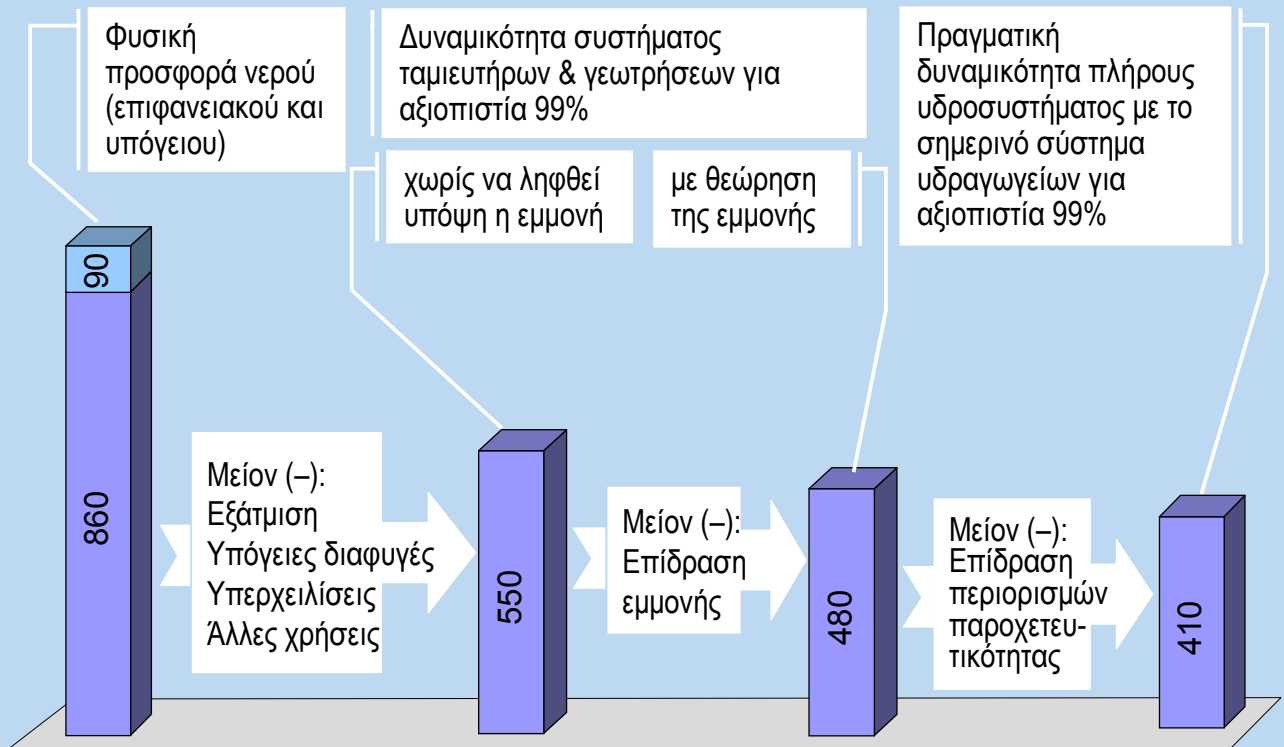
- Κατασκευή έργων για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας
- Περιορισμός χρήσης ενεργοβόρων διατάξεων

◆ Περιβαλλοντικές δεσμεύσεις

- Διατήρηση συνεχούς ροής 1.0 m³/s κατόπιν του ταμιευτήρα Ευήνου
- Ελαχιστοποίηση της πιθανότητας υπερχείλισης του ταμιευτήρα Μαραθώνα
- Περιορισμός της υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδροφορέων
- Ορθολογική διαχείριση των διαφυγών νερού από το καρστικό υπόβαθρο της Υλίκης, μέρος των οποίων εμπλουτίζει τους υδροφορείς της περιοχής

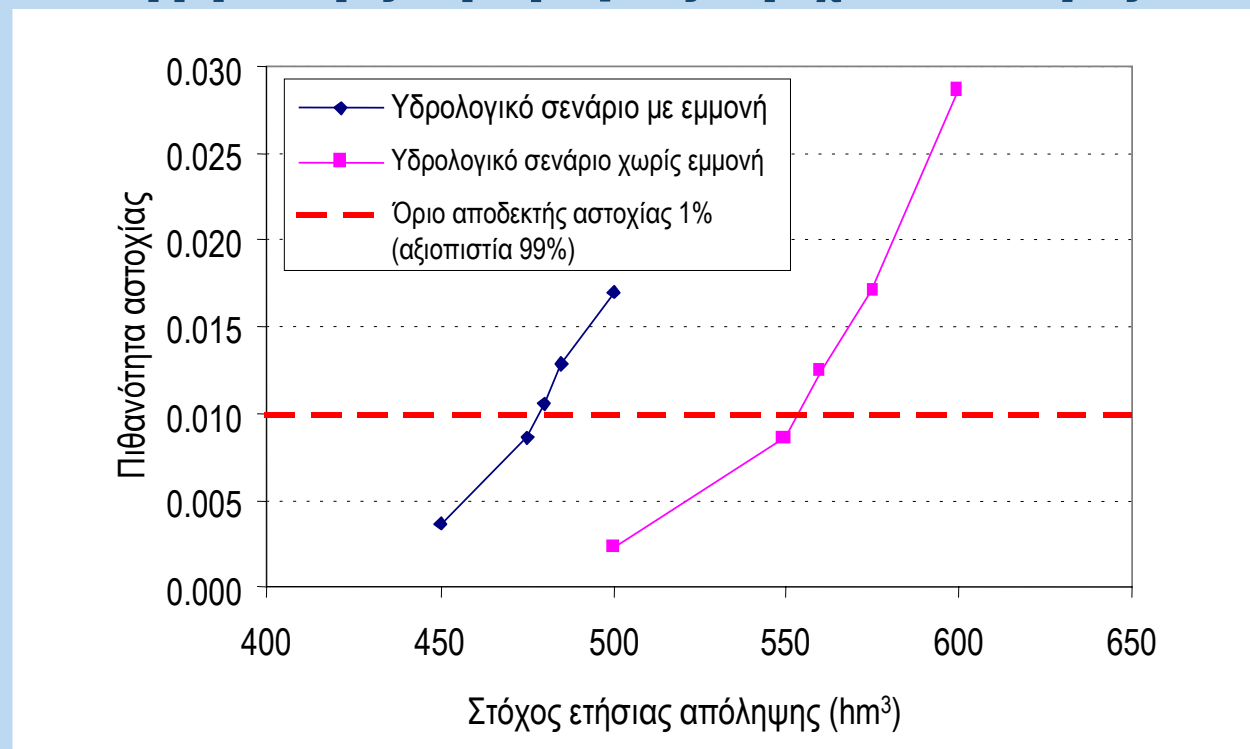
Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 22

Δυναμικότητα συστήματος (ετήσιοι όγκοι νερού σε hm³)



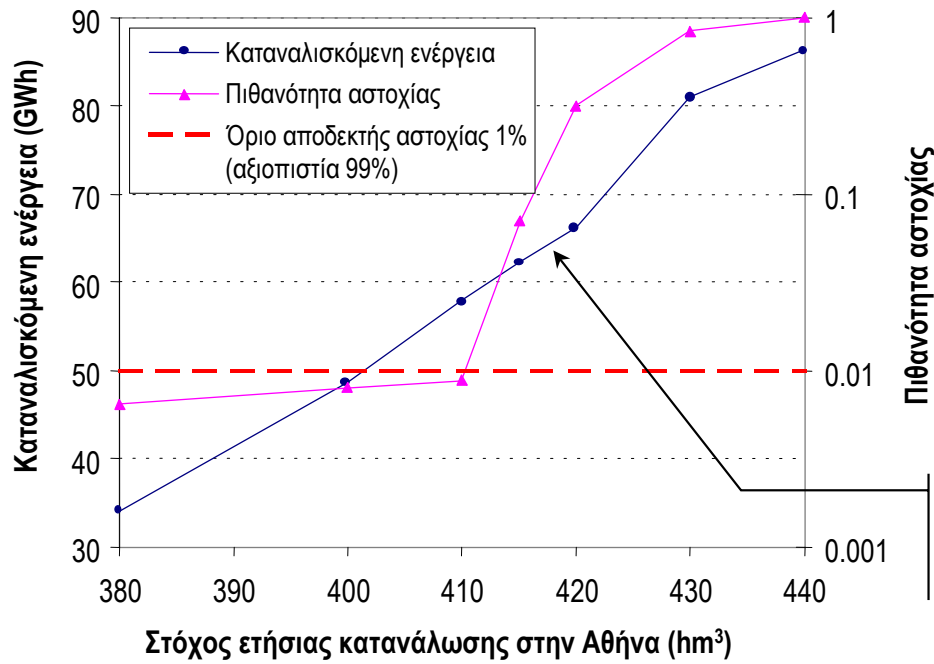
Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 23

Επίδραση της αποδεκτής αξιοπιστίας στην ασφαλή απόληψη – Χωρίς περιορισμούς παροχτευτικότητας



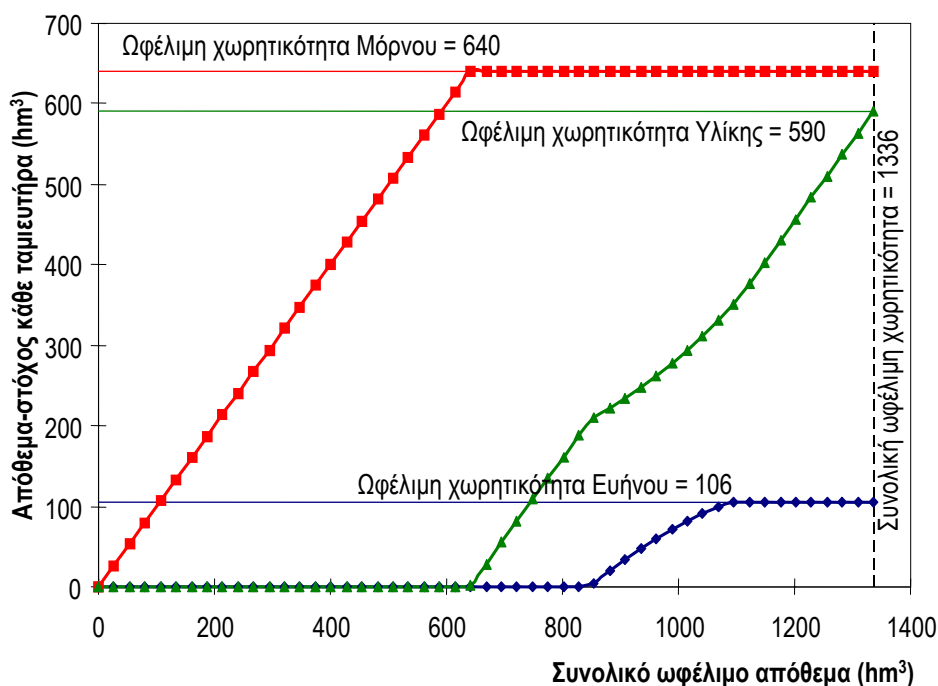
Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 24

Επίδραση της αποδεκτής αξιοπιστίας στην ασφαλή απόληψη και την κατανάλωση ενέργειας – Με περιορισμούς παροχетеυτικότητας



Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 25

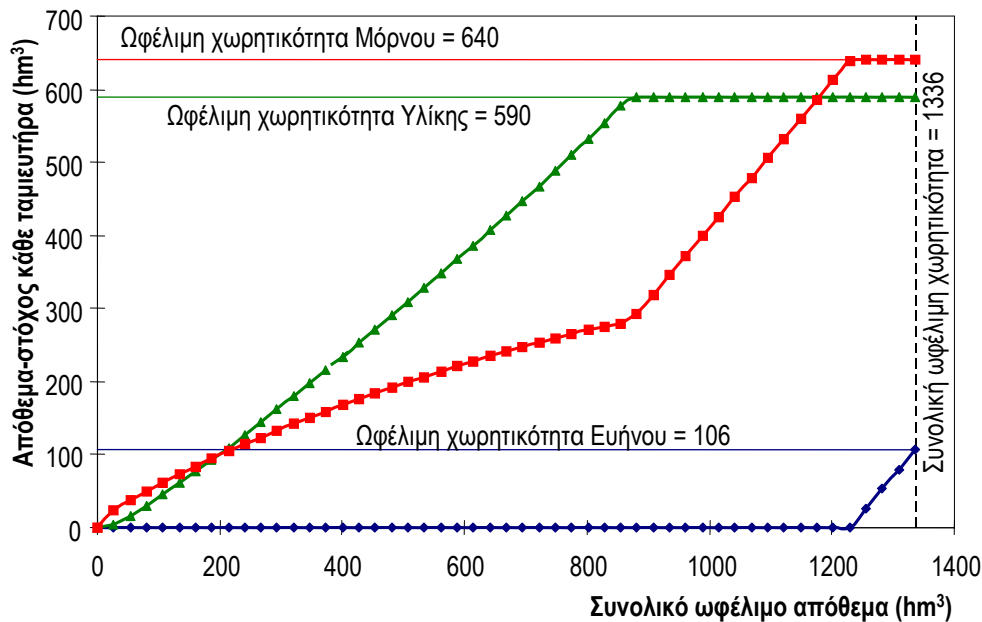
Βέλτιστοι κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων Κανόνας Α: Μεγιστοποίηση απόληξης



Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 26

Βέλτιστοι κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων

Κανόνας Β: Ελαχιστοποίηση κόστους



Ισχύει για ετήσια ζήτηση 370-420 hm³

Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 27

Προβλέψεις για την προσεχή πενταετία

- ◆ Γενικά, και με τις προϋποθέσεις (α) ελέγχου του αυξητικού ρυθμού της κατανάλωσης και (β) κλιματικών συνθηκών χωρίς απρόβλεπτες εξελίξεις:
 - Δεν αναμένεται σοβαρό πρόβλημα υδροδότησης από πλευράς επάρκειας υδατικών πόρων
 - Θα απαιτηθεί συνεισφορά της Υλίκης και των γεωτρήσεων, όχι όμως στο μέγιστο βαθμό
 - Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να κορυφωθεί κατά το υδρολογικό έτος 2001-02, φτάνοντας κατά μέσο όρο τις 75 GWh, ενώ στη συνέχεια θα σταθεροποιηθεί γύρω από τα επίπεδα των 40-50 GWh
 - Απαραίτητη η ενίσχυση των υδραγωγείων και για τις ειδικές ανάγκες των Ολυμπιακών αγώνων
- ◆ Ειδικά για το τρέχον υδρολογικό έτος (Οκτ. 2000 – Σεπ. 2001)
 - Το 95% των αναγκών (350 από τα 370 hm³) θα καλυφθούν από τον Μόρνο
 - Τους πρώτους μήνες δεν θα χρειαστούν αντλήσεις νερού
 - Μεγάλη η πιθανότητα να χρειαστούν αντλήσεις από Υλίκη και γεωτρήσεις τη θερινή περίοδο

Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης, Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 28

Συμπερασματικά σχόλια

- ◆ Υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας: ιδιαίτερα πολύπλοκο (και για τα διεθνή δεδομένα) αλλά αξιόπιστο
- ◆ Προχωρημένες μεθοδολογίες και τεχνολογικά εργαλεία για τη διαχείρισή του συμβάλουν:
 - στην αύξηση της διαθεσιμότητας υδατικών πόρων
 - στη μείωση του κόστους μεταφοράς νερού
 - στη βελτίωση της λειτουργίας του συστήματος
 - στο χειρισμό κρίσεων
- ◆ Ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης για την προσεχή πενταετία, η οποία αναμένεται:
 - χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα διαθεσιμότητας υδατικών πόρων
 - χωρίς έξαρση των ενεργοβόρων απολήψεων
- ◆ Απαραίτητες κύριες επεμβάσεις για την προσεχή πενταετία:
 - έλεγχος του ανησυχητικά υψηλού ρυθμού αύξησης της ζήτησης
 - ολοκλήρωση της ενίσχυσης των υδραγωγείων

Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης , Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 29

Ομάδες εργασίας για την εκπόνηση του σχεδίου διαχείρισης

◆ Ομάδα ΕΜΠ:

- Α. Ευστρατιάδης
- Γ. Καραβοκυρός
- Α. Κουκουβίνος
- Δ. Κουτσογιάννης
- Ν. Μαμάσης
- Ι. Ναλμπάντης
- Ε. Ρόζος
- Α. Χριστοφίδης

και

- Μ. Μποναζούντας

◆ Ομάδα ΕΥΔΑΠ:

- Δ. Γκριντζιά
- Ν. Δαμιανόγλου
- Α. Ξανθάκης
- Σ. Πολιτάκη
- Β. Τσουκαλά

και

- Χ. Καρόπουλος
- Α. Νασίκας

Α. Ξανθάκης και Δ. Κουτσογιάννης , Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας 30