

**ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ  
ΥΠΟΕΡΓΟ 04**

**ΑΡΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΝΗΣΙΩΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ  
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΥΣ ΥΔΑΤΙΝΟΥΣ  
ΠΟΡΟΥΣ**

Επιστημονική υπεύθυνη:  
**Δρ Αιμιλία Κονδύλη**

**Εργαστήριο Αριστοποίησης Παραγωγικών Συστημάτων  
Στόχοι εργαστηρίου OPS**

- ❖ Η υποστήριξη ερευνητικών δραστηριοτήτων στα πεδία της: μοντελοποίησης, προσομοίωσης και αριστοποίησης των παραγωγικών συστημάτων (systems engineering)
- ❖ Η παροχή εκπαιδευτικού έργου, με προπτυχιακά και μεταπτυχιακά μαθήματα στο Τμήμα Μηχανολογίας του ΤΕΙ Πειραιά
- ❖ Η επίβλεψη διπλωματικών εργασιών και
- ❖ Η παρακολούθηση διατριβών μεταπτυχιακού επιπέδου

### Πεδία Ερευνητικού Ενδιαφέροντος OPS (1/3)

- ❖ Ανάπτυξη μεθόδων και εργαλείων με αξιοποίηση νέων τεχνολογιών για τη βέλτιστη λειτουργία παραγωγικών συστημάτων
- ❖ Μοντελοποίηση, προσομοίωση και αριστοποίηση ενεργειακών και περιβαλλοντικών Συστημάτων
- ❖ Εφαρμογές Μαθηματικού Προγραμματισμού στην επίλυση ενεργειακών και περιβαλλοντικών προβλημάτων
- ❖ Σύγχρονες μέθοδοι οργάνωσης και προγραμματισμού παραγωγής
- ❖ **(ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙ-Περιβάλλον)** Αριστοποίηση Συστημάτων Νερού

### ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙ - Περιβάλλον

Τίτλος έργου:

Αριστοποίηση Συστημάτων Νερού σε Περιοχές με  
Περιορισμένους Υδάτινους Πόρους

Π/Υ: 80.000 €

Χρόνος : 2005 - 2007, (αρχικά 24 μήνες)

## Βασικά στοιχεία του έργου

- ▶ Στόχος : Δημιουργία εσωτερικής ερευνητικής υποδομής και ομάδας συνεργασίας

### Ερευνητική Ομάδα:

Από το ΤΕΙ Πειραιά

- Εργαστήριο ΗΜΕ & ΠΡΟΤΠΕ
- Εργαστήριο I SL Τμήματος Αυτοματισμού

Ερευνητές από το Πολυτεχνείο Κρήτης και Imperial College

## Ερευνητική Ομάδα

Κύρια ερευνητική ομάδα:

Ι. Κ.Καδέλλης (Εργαστήριο ΗΜΕ & ΠΡΟΤΠΕ)

Γ.Χαμηλοθώρης (Εργαστήριο I SL Τμήματος Αυτοματισμού)

Μ. Γεωργιάδης (Imperial College)

Θ. Τσούτσος (Πολυτεχνείο Κρήτης)

### Ερευνητική Ομάδα (συν.)

Εργ. ΗΜΕ& ΠΡΟΤΤΕ

Δ. Ζαφειράκης

Κ. Καββαδίας

Μ. Μέντζος

Α. Ξηντάρης

Εργ. Αριστ. Παραγ. Συστημάτων

Χ. Παπαποστόλου

Β. Σαγιάς

### Βασικά στοιχεία του έργου (συν.)

*Παραδοτέα - Αποτελέσματα*

- Δημοσιεύσεις σε περιοδικά
- Ανακοινώσεις σε Συνέδρια
- Μονογραφία

*Υποδομή*

- Η/Υ
- Λογισμικό Αριστοποίησης (GAMS)

## Η ιδέα του έργου

- ❖ Η ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου αριστοποίησης για τη βέλτιστη αξιοποίηση ενός ιδιαίτερα σημαντικού φυσικού πόρου, του νερού, λαμβάνοντας υπόψη τεχνικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς.

Με την προοπτική, στη συνέχεια την

- ❖ Ανάπτυξη Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support System, DSS), που θα λειτουργεί για την κατανομή των διαθέσιμων υδάτινων πόρων κατά τον πλέον αποδοτικό τρόπο.

## Περιγραφή του προβλήματος 1/2

- ❖ Σε κάθε πρόβλημα περιορισμένης διαθεσιμότητας ενός πόρου (constrained resource) τίθεται το ερώτημα της ανάπτυξης της υποδομής / της δυναμικότητας του πόρου, η σκοπιμότητα της αύξησης δε αυτής εξετάζεται πάντα κατά περίπτωση.
- ❖ Παράλληλα σημαντικότερο πρόβλημα όμως είναι η βέλτιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων ποσοτήτων του πόρου αυτού.
- ❖ Επομένως, η ανάπτυξη κατάλληλων εργαλείων και μεθόδων, που θα λαμβάνουν υπόψιν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε προβλήματος, παραμένει πάντα ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον ερευνητικό πεδίο.

## Περιγραφή του προβλήματος 2/2

- ❖ Στην Ελλάδα η εξασφάλιση των απαραίτητων σε ποσότητα και ποιότητα ποσοτήτων νερού και η αντίστοιχη κατανομή τους σε διαφορετικούς χρήστες αποτελούν πρώτης προτεραιότητας προβλήματα, καθώς παρουσιάζονται συνθήκες έλλειψής του, είτε εποχιακές, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, είτε μόνιμες.
- ❖ Το πρόβλημα της κατανομής του νερού γίνεται έντονο όταν η ζήτηση υπερβαίνει τη διαθεσιμότητα και διαφορετικοί χρήστες ασκούν ανταγωνιστικές πιέσεις για τη διεκδίκησή του.

## Αντικείμενα της έρευνας

- ❖ Μελέτη διαφόρων οικονομοτεχνικών παραμέτρων των μεθόδων παροχής και των χρήσεων του νερού.
- ❖ Προσδιορισμός κριτηρίων αποδοτικότητας αλλά και των περιορισμών στη λειτουργία των συστημάτων νερού.
- ❖ Μελέτη της συνδυασμένης παραγωγής νερού και ενέργειας.
- ❖ Ανάπτυξη και εφαρμογή μοντέλου αριστοποίησης σχεδιασμού και λειτουργίας υδατικών συστημάτων.
- ❖ Σύνοψη βέλτιστων λύσεων στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των συστημάτων νερού.



### Διαχείριση υδάτινων πόρων στα νησιά του Αιγαίου 1/3

Μεγάλο πρόβλημα νερού εντοπίζεται κυρίως στις Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα.

- Λόγω γεωμορφολογίας, και
- Αύξησης πληθυσμού το καλοκαίρι...

Πώς επιλύεται το πρόβλημα;

- Με έργα υποδομής
- (λιμνοδεξαμενές, φράγματα, μονάδες αφαλάτωσης), ή,
- με μεταφορά νερού με ειδικά διαμορφωμένα πλοία.
- ❖ Η λύση αυτή έχει προσωρινό χαρακτήρα και υψηλό κόστος και δε δημιουργεί δυνατότητες μακροπρόθεσμης επίλυσης του προβλήματος.









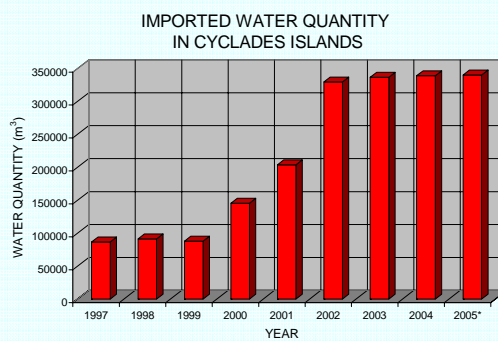
### Διαχείριση υδάτινων πόρων στα νησιά του Αιγαίου 2/3

❖ Οι Κυκλάδες αποτελούνται κυρίως από πολλά μικρά άνυδρα ως επί το πλείστον νησιά.

❖ Τα μεσαίου - μεγάλου μεγέθους, όπως η Σύρος, η Νάξος κ.α., καλύπτουν τις ανάγκες τους με μονάδες αφαλάτωσης, με φράγματα και υπόγεια ύδατα

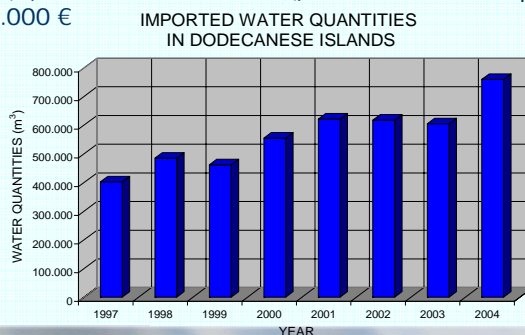
❖ Τα μικρά νησιά αρκούνται σε μεταφορά ύδατος με πλοία και αποθήκευση σε δεξαμενές.

✓ Κατά την τελευταία δεκαετία μεταφέρθηκαν στα νησιά των Κυκλάδων 1.620.000 κ.μ νερό με αντίστοιχο κόστος 12.524.000 €



## Διαχείριση υδάτινων πόρων στα νησιά του Αιγαίου 3/3

- ❖ Στα Δωδεκάνησα, μόνο τα μεγάλα νησιά όπως η Ρόδος και η Κως διαθέτουν ίδιους υδάτινους πόρους.
- ❖ Τα υπόλοιπα προμηθεύονται νερό από τα μεγάλα νησιά.
- ❖ Τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευαστεί και μονάδες αφαλάτωσης.
- ❖ Στα Δωδεκάνησα μεταφέρθηκαν τα τελευταία χρόνια 4.508.000 κ.μ με αντίστοιχο κόστος 18.739.000 €



## Βασικά χαρακτηριστικά της προτεινόμενης μεθόδου (1/2)

Λαμβάνοντας υπόψη:

- ❖ τις ανάγκες των χρηστών σε νερό ανά είδος χρήσης (γεωργική, αστική, βιομηχανική),
- ❖ τις προτεραιότητές τους,
- ❖ το είδος και τη διαθεσιμότητα των πηγών παροχής νερού, (ποσοτικά και ποιοτικά)

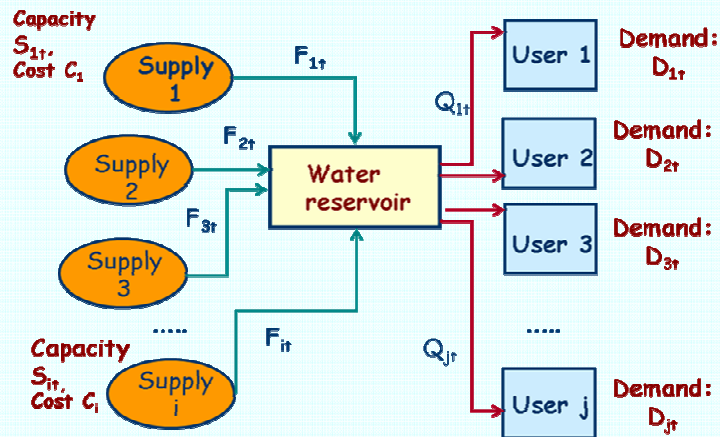
*Καθορίζονται*

*Οι ποσότητες νερού που θα ληφθούν από κάθε πηγή και  
Οι ποσότητες που θα καταναλωθούν σε κάθε χρήστη,*

Ωστε

*Να μεγιστοποιηθεί η συνολική του αξία, δηλαδή  
Να αξιοποιηθούν κατά το βέλτιστο τρόπο οι διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι.*

## Βασικά χαρακτηριστικά της προτεινόμενης μεθόδου 2/2



## Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου αριστοποίησης 1/5

### Παράμετροι του μοντέλου

$H, t$	Χρονικός ορίζοντας, χρονικό βήμα της επίλυσης αντίστοιχα
$B_{jt}$	Το όφελος του εκάστοτε τελικού καταναλωτή $j$ (σε €/m <sup>3</sup> ) από τη χρήση του νερού στο χρονικό διάστημα $t$
$D_{jt}$	Η ζήτηση ύδατος (σε m <sup>3</sup> ) από το χρήστη $j$ στο χρονικό διάστημα $t$
$Q_{jt}^{MIN}$	Η ελάχιστη ποσότητα νερού που υποχρεωτικά δίνεται στο χρήστη $j$ στο χρονικό διάστημα $t$
$S_{it}$	Η δυναμικότητα (σε m <sup>3</sup> ) της πηγής παροχής ύδατος $i$ στο χρονικό διάστημα $t$
$P_{jt}$	Κόστος- ποινή (σε €/m <sup>3</sup> ) από τη μη ικανοποίηση της ζήτησης του χρήστη $j$ στο χρονικό διάστημα $t$
$V_{max}$	Η μέγιστη ποσότητα νερού (σε m <sup>3</sup> ) που μπορεί να αποθηκευτεί στη δεξαμενή ύδατος
$V_{min}$	Ο ελάχιστος όγκος ύδατος (σε m <sup>3</sup> ) που πρέπει να υπάρχει στη δεξαμενή
$C_i$	Το κόστος του νερού (σε €/m <sup>3</sup> ) από την πηγή παροχής

## Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου αριστοποίησης 2/5

### Μεταβλητές του μοντέλου

$F_{it}$	Η παροχή (ροή) ύδατος (σε $m^3$ ) από την πηγή $i$ στο χρονικό διάστημα $t$
$Q_{jt}$	Η ποσότητα ύδατος (σε $m^3$ ) που φτάνει στο χρήστη $j$ στο χρονικό διάστημα $t$
$V_t$	Ο όγκος της ποσότητας ύδατος (σε $m^3$ ) που αποθηκεύεται στη δεξαμενή στο χρονικό διάστημα $t$

## Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου αριστοποίησης 3/5

### Κριτήριο αριστοποίησης

Μεγιστοποίηση της συνολικής αξίας του νερού =

$$\text{Συνολικό όφελος} = \sum_t \sum_j B_{jt} * Q_{jt}$$

**Συνολικό κόστος** = Κόστος παροχής ύδατος + Κόστος μη ικανοποίησης μέρους της ζήτησης

$$\text{Συνολικό κόστος} = \sum_t \sum_i C_i * F_{it} + \sum_t \sum_j p_{jt} * (D_{jt} - Q_{jt})$$

## Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου αριστοποίησης 4/5

### Κριτήριο αριστοποίησης

- ❖ Τα οφέλη αντικατοπτρίζουν την αξία χρήσης του νερού και ποικίλουν χρονικά.
- ❖ Καθορίζονται από την περιοχή, τη χρονική περίοδο και την αποδοτικότητα της καθεμίας χρήσης νερού.

$$\text{Max} \sum_t \sum_j B_{jt} * Q_{jt} - [ \sum_t \sum_i C_i * F_{it} + \sum_t \sum_j P_{jt} * (D_{jt} - Q_{jt}) ]$$

## Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου αριστοποίησης 5/5

### Περιορισμοί του προβλήματος

- ❖ Εξίσωση συνέχειας για τη δεξαμενή αποθήκευσης ύδατος:

$$V_t = V_{t-1} + \sum F_{it} - \sum Q_{jt}$$

- ❖ Ανώτατα και κατώτατα όρια αποθήκευσης της δεξαμενής:

$$V_{\min} \leq V_t \leq V_{\max}$$

- ❖ Περιορισμούς δυναμικότητας της κάθε πηγής νερού:

$$F_{it} \leq S_{it}$$

- ❖ Η κατανεμόμενη σε κάθε χρήστη ποσότητα νερού δεν πρέπει να υπερβαίνει τη ζήτηση

- ❖ Η ελάχιστη παρεχόμενη ποσότητα ύδατος σε επιλεγμένους (ανάλογα με τις απαιτήσεις) καταναλωτές δε θα πρέπει να καθίσταται μικρότερη από μία ελάχιστη ποσότητα

$$Q_{jt}^{\min} \leq Q_{jt} \leq D_{jt}$$



## Ειδικά χαρακτηριστικά της προσέγγισης αυτής

Ο καθορισμός της 'αξίας' του νερού στο κριτήριο αριστοποίησης.

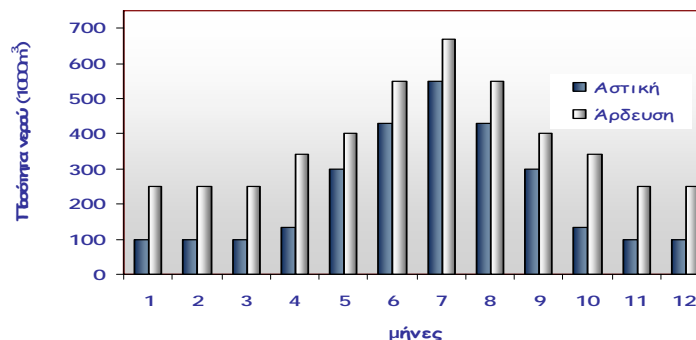
Περιλαμβάνει:

- ❖ Τα (πιθανά) άμεσα οφέλη από τη χρήση του
- ❖ Τις σχετικές προτεραιότητες μεταξύ των χρηστών
- ❖ Ένα σχετικό περιβαλλοντικό όφελος από την αξιοποίηση των πλέον βιώσιμων μεθόδων παροχής νερού

Τα λεγόμενα 'Penalties' από τη μη ικανοποίηση της ζήτησης

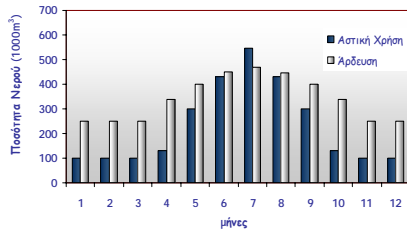
## Μελέτη περίπτωσης

Μηνιαία Ζήτηση Νερού ανά χρήστη

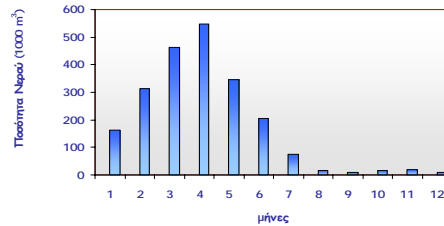


## Μελέτη περίπτωσης- Αποτελέσματα

Κατανομή νερού στους χρήστες



Ποσότητα νερού στη δεξαμενή



Το νερό κατανέμεται κυρίως στις χρήσεις με τη μεγαλύτερη αξία. Συνεπώς, οι ποσότητες νερού που είναι αποθηκευμένες στη δεξαμενή είναι μεγάλες κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ πρακτικά μηδενίζονται το καλοκαίρι.

## Τι είδους προβλήματα λύνουμε; Εφαρμογές...



## Συμπεράσματα (1)

- ❖ Το μαθηματικό μοντέλο υλοποιήθηκε στο λογισμικό του έργου **GAMS**
- ❖ Αποτελεί πλέον τη βάση για την εφαρμογή του σε εξειδικευμένες περιπτώσεις και σε άλλα προβλήματα.
- ❖ Η προσέγγιση αυτή του προβλήματος δίνει τη δυνατότητα ολοκληρωμένης ανάλυσης και μελέτης του συστήματος και βέβαια συντελεί σημαντικά στη βέλτιστη αξιοποίηση των υδάτινων πόρων ανάλογα και με την αξία της χρήσης του νερού, αντιμετωπίζοντας με ορθολογικό τρόπο αυτό το επείγον και λίαν επιτακτικό πρόβλημα.

## Συμπεράσματα - Προοπτικές (2)

- ❖ Η εφαρμογή της μεθόδου σε Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων που μπορεί να συντελέσει στην όσο το δυνατόν πιο αποδοτική και αποτελεσματική αξιοποίηση του νερού κάθε χρονική περίοδο, με βάση τη ζήτηση αλλά και προεπιλεγμένες προτεραιότητες.
- ❖ Η επέκταση της μεθόδου και σε άλλα προβλήματα (πχ. ενέργειας)
- ❖ Η μελέτη των παραμέτρων του **Οφέλους** και του **Κόστους**, ώστε να αντανakλούν τα επιμέρους χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής
- ❖ Η περαιτέρω **ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου**, ώστε να περιλαμβάνει και τη δυναμική συμπεριφορά του συστήματος

Περισσότερες πληροφορίες: <http://ikaros.teipir.gr/mecheng/OPS>



## Περιβάλλον - Αρχιμήδης II

GR UK



☛ Στόχος του Έργου ...

Καλώς ήρθατε...

☛ Φάσεις & Δραστηριότητες του Έργου ...

στο δικτυακό χώρο του ερευνητικού προγράμματος :

☛ Ερευνητική Ομάδα ...

**Αριστοποίηση Συστημάτων Νερού σε Νησιωτικές Περιοχές  
με Περιορισμένους Υδάτινους Πόρους**

☛ Ερευνητικά Αποτέλεσματα ...

☛ Φωτογραφικό Υλικό ...

Τελευταία ανανέωση: Ιανουάριος 2007



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΚΕΤΗΡΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡ.



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ  
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ  
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Εκπαίδευσης και Αρχικής  
Επαγγελματικής Κατάρτισης