



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

# Αστικά Υδραυλικά Έργα: Η αστική ζήτηση και η διαχείρισή της

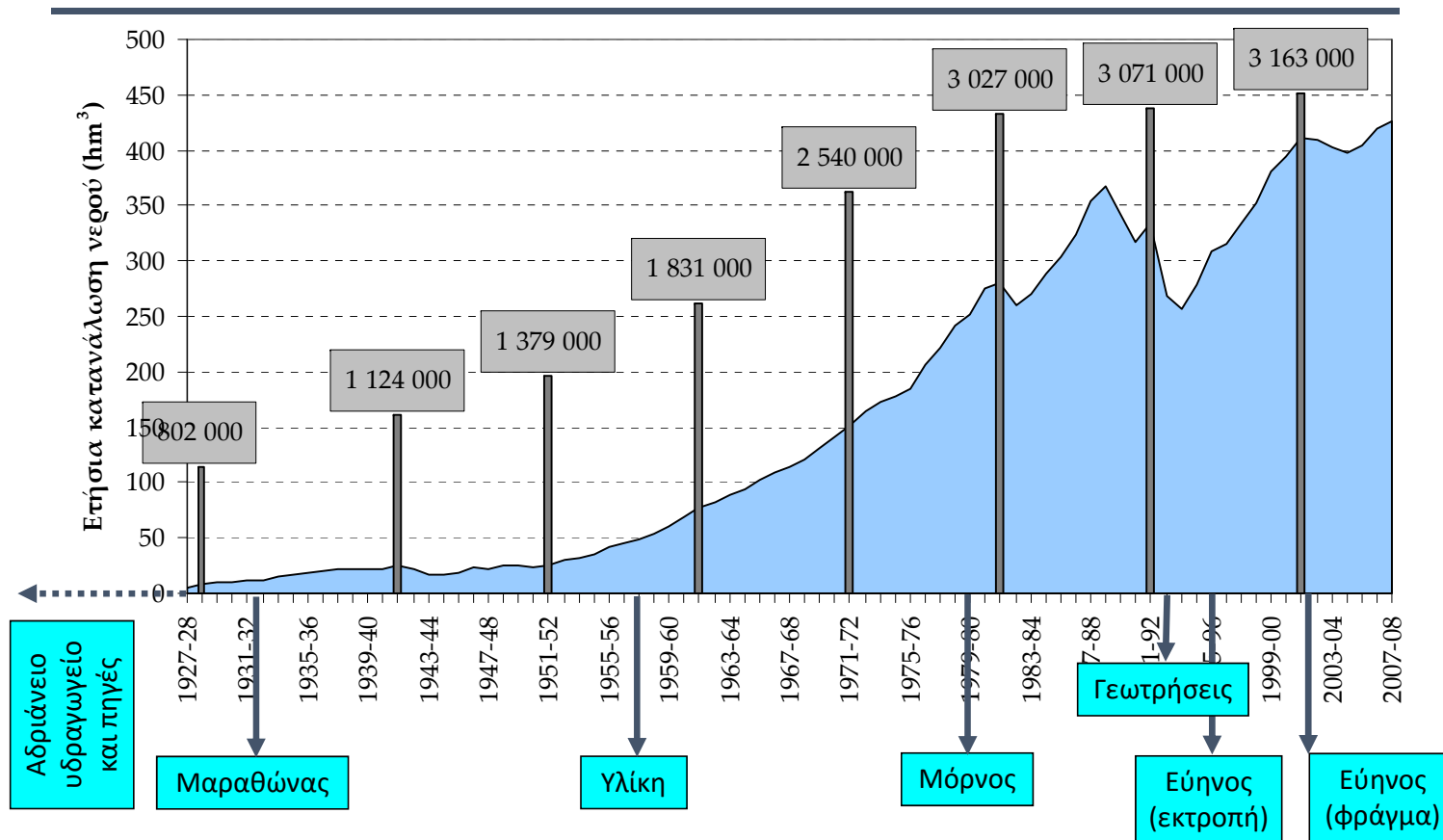
Χρήστος Μακρόπουλος  
[cmakro@mail.ntua.gr](mailto:cmakro@mail.ntua.gr)

# Τι είναι η αστική ζήτηση;

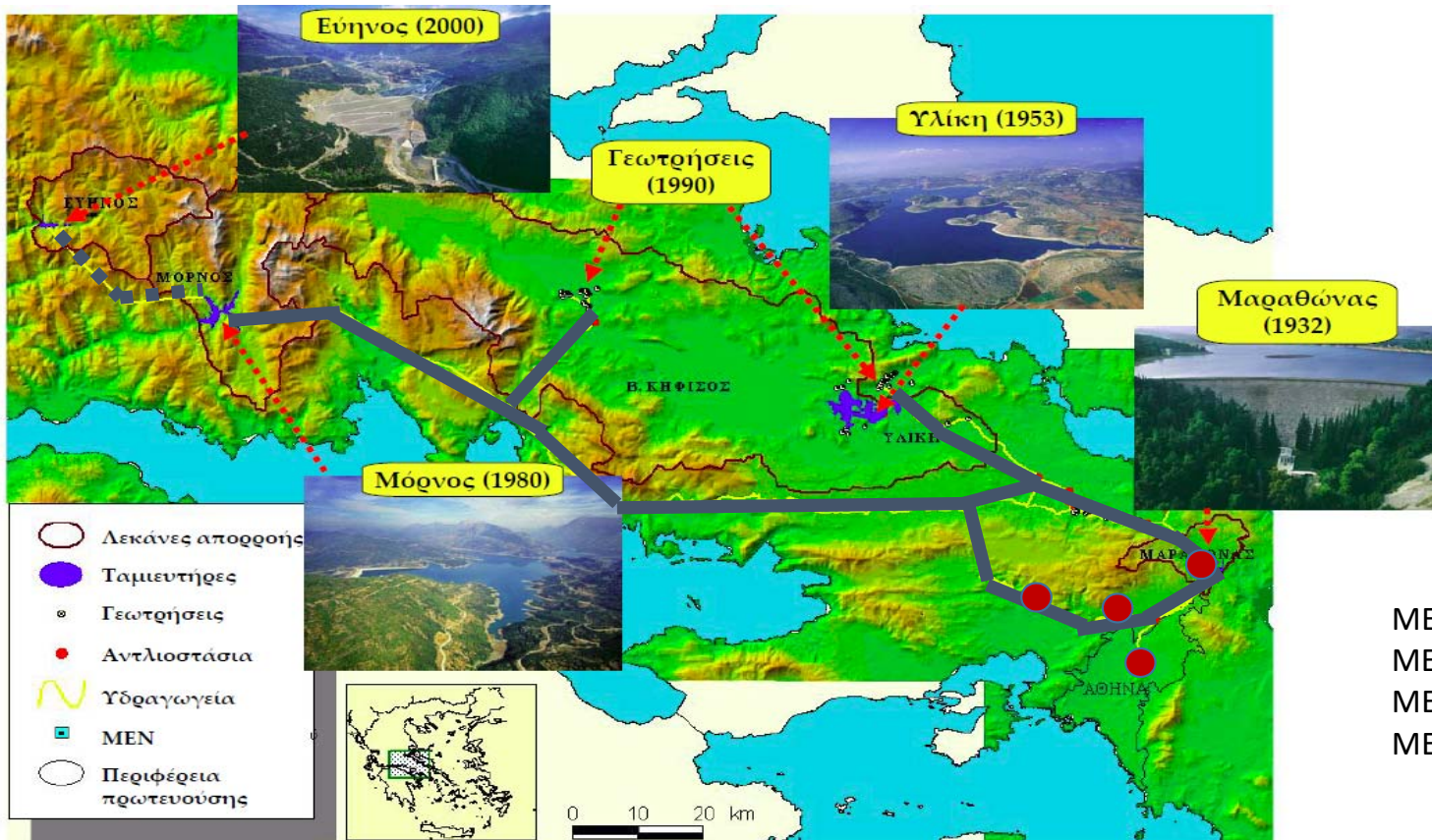


Τι κάνατε από την ώρα που ξυπνήσατε (και τι γινόταν γύρω σας);

# Ζήτηση της Αθήνας: Εξέλιξη κατανάλωσης, πληθυσμού και έργων



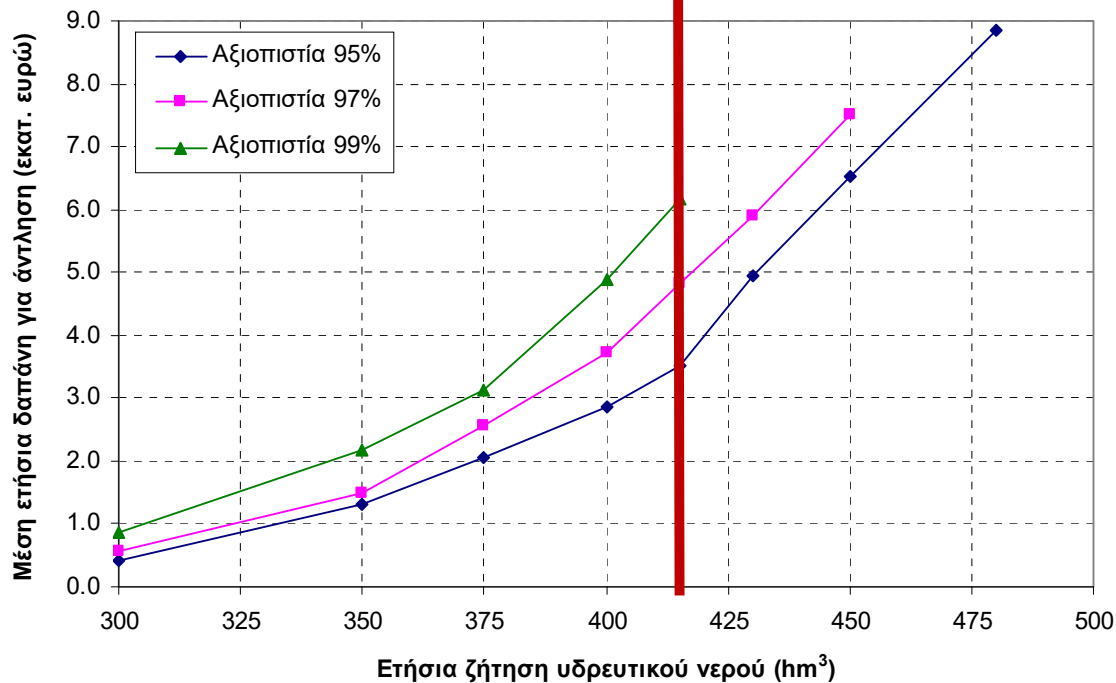
# Πού βρίσκουμε όλο αυτό το νερό;



MEN Γαλατσιου  
MEN Αχαρνων  
MEN Πολυδενδριου  
MEN Ασπροπυργου

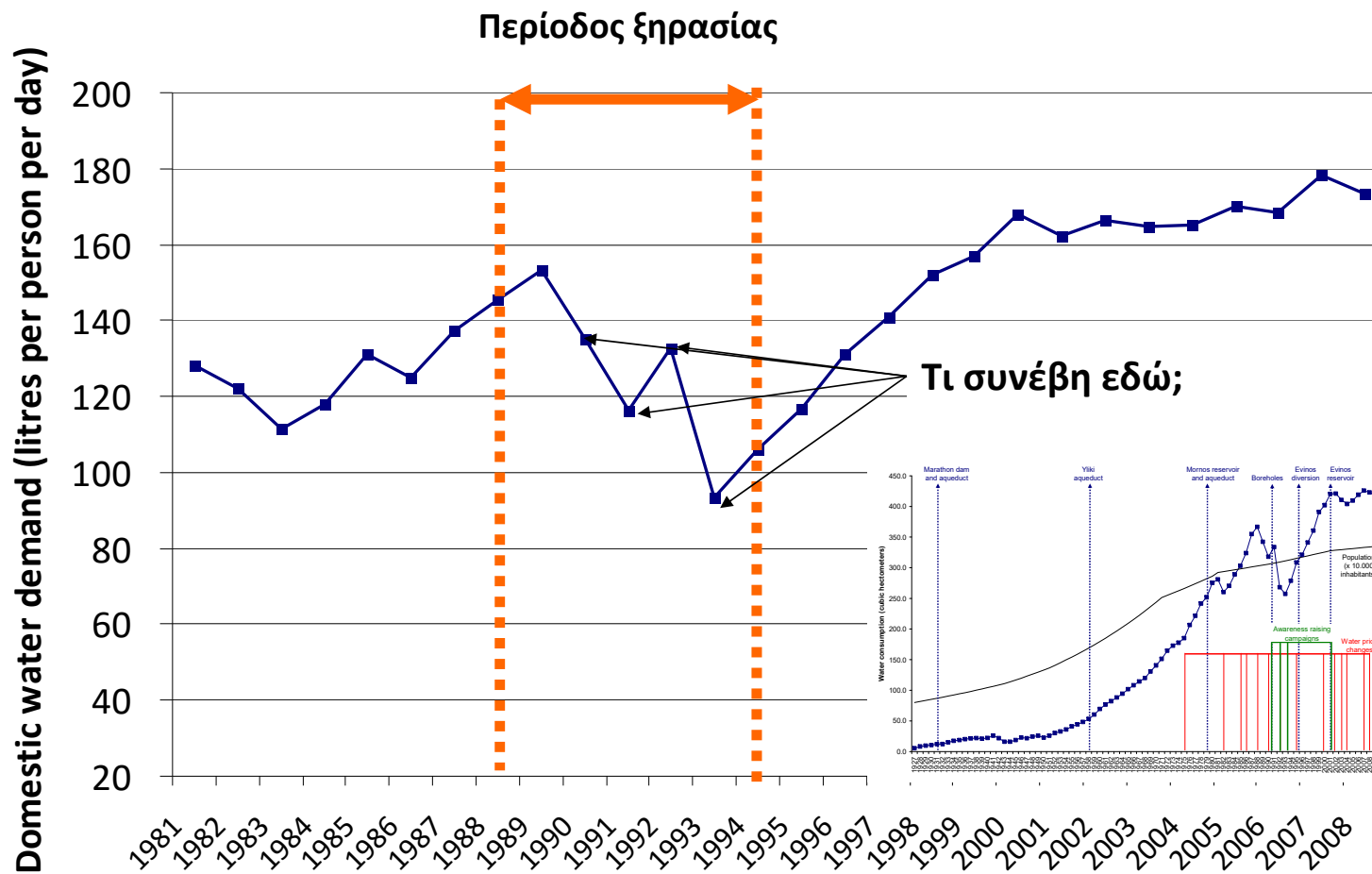
# Μπορούμε να παρέχουμε (για) πάντα όσο νερό ζητάει η Αθήνα;

Σημερινή ζήτηση:  $\approx 420 \text{ hm}^3$



Και αν όχι, τι μπορούμε να κάνουμε για αυτό;

# Μια κοντινότερη ματιά στο διάγραμμα ζήτησης



# Πίσω από τις ΜΕΝ: Από τι αποτελείται αυτή η ζήτηση;

System Input Volume	Authorised Consumption (Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση)	Billed Authorised Consumption (Τιμολογούμενη)	Billed Metered Consumption	Revenue Water (Ανταποδοτικό νερό)	
			Billed Unmetered Consumption		
		Unbilled Authorised Consumption (Μη τιμολογούμενη)	Unbilled Metered Consumption	Non Revenue Water (Μη ανταποδοτικό νερό)	
			Unbilled Unmetered Consumption		
	Water Losses (Απώλειες)	Apparent Water Losses (Φαινόμενικές)	Unauthorised Consumption <i>κλοπή</i>		
			Customer Meter Inaccuracies <i>Μετρητές</i>		
		Real Losses (Πραγματικές) = διαρροές + υπερχειλίσσεις	Leakage on Transmission and Distribution Mains		
			Leakage and Overflows at Reservoirs		
Leakage on Service Connections up to Metering Point					

## Απώλειες Αθήνας:

- Εσωτερικό δίκτυο: ?
- Εκ του οποίου μετρητές: 5-10%;

Αρά:

**Ζήτηση**  
**≠**  
**Κατανάλωση**

(IWA, 2000)

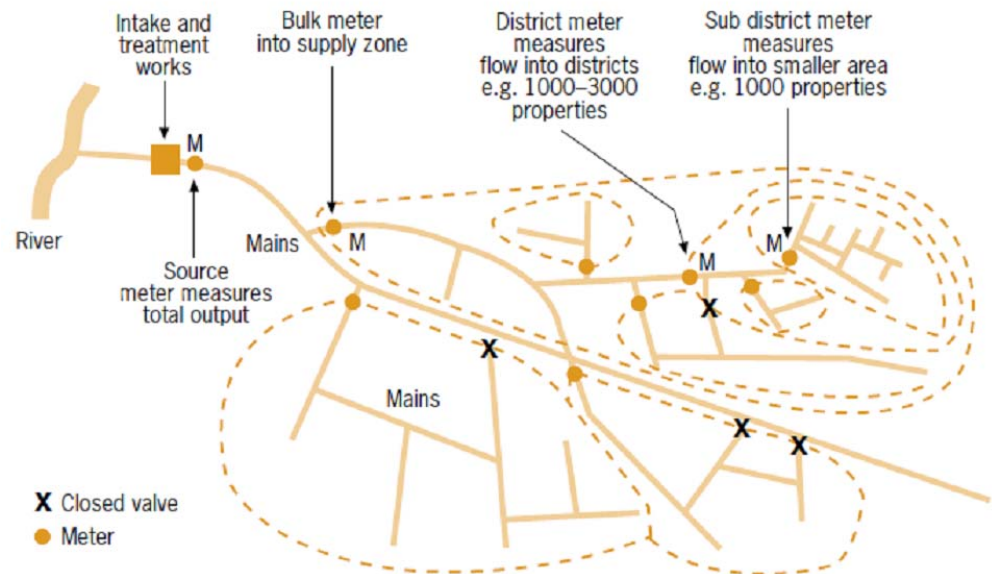
## Διαφορετική στρατηγική για κάθε κατηγορία: πχ. πραγματικές απώλειες

1. Ζωνοποίηση και δημιουργία των **DMA**s (υδραυλικά απομονωμένων περιοχών)
2. Εντοπισμός διαρροών (μετρήσεις πεδίου και μέτρηση νυχτερινής ροής)
3. Μειωμένος χρόνος απόκρισης επισκευής διαρροών.
4. Διαχείριση της πίεσης.
5. Διαρροές στην ιδιοκτησία του καταναλωτή.



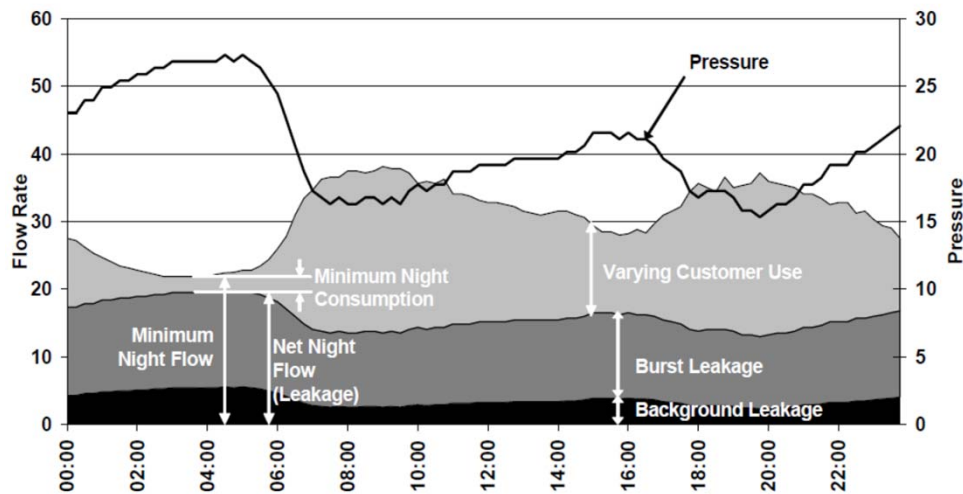
# DMA: Υδραυλικά Απομονωμένες Ζώνες

- Μια είσοδο νερού με μετρητή ανά ζώνη
- Ζώνες 1000-3000 σπίτια
- Χωρισμένες μεταξύ τους με βαλβίδες απομόνωσης



Τι πρέπει να προσέξουμε όταν κλείνουμε/απομονώνουμε περιοχές με βαλβίδες;

# Εντοπισμός διαρροών και γρήγορη απόκριση

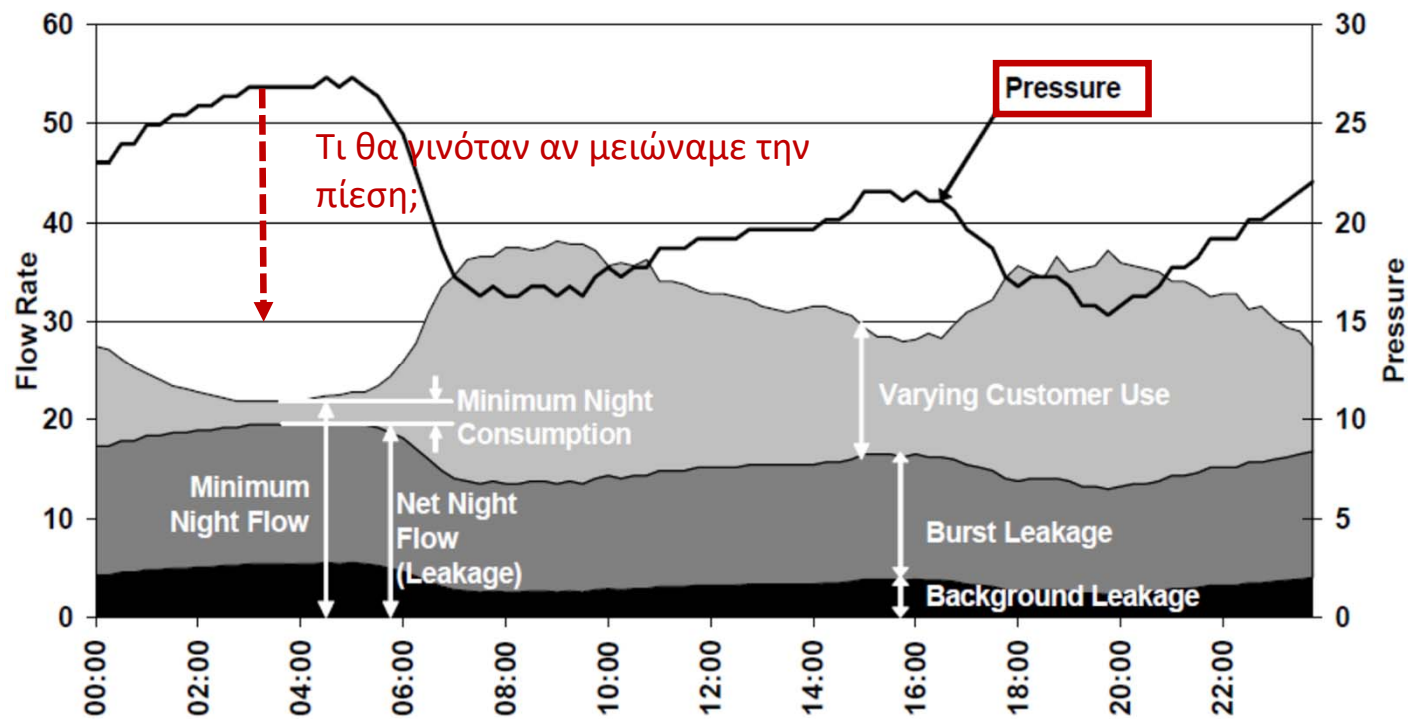


Ανάλυση και προσομοίωση σε επίπεδο ζώνης για εντοπισμό **επιπέδου** διαρροών



Εντοπισμός **νέας** διαρροής με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο

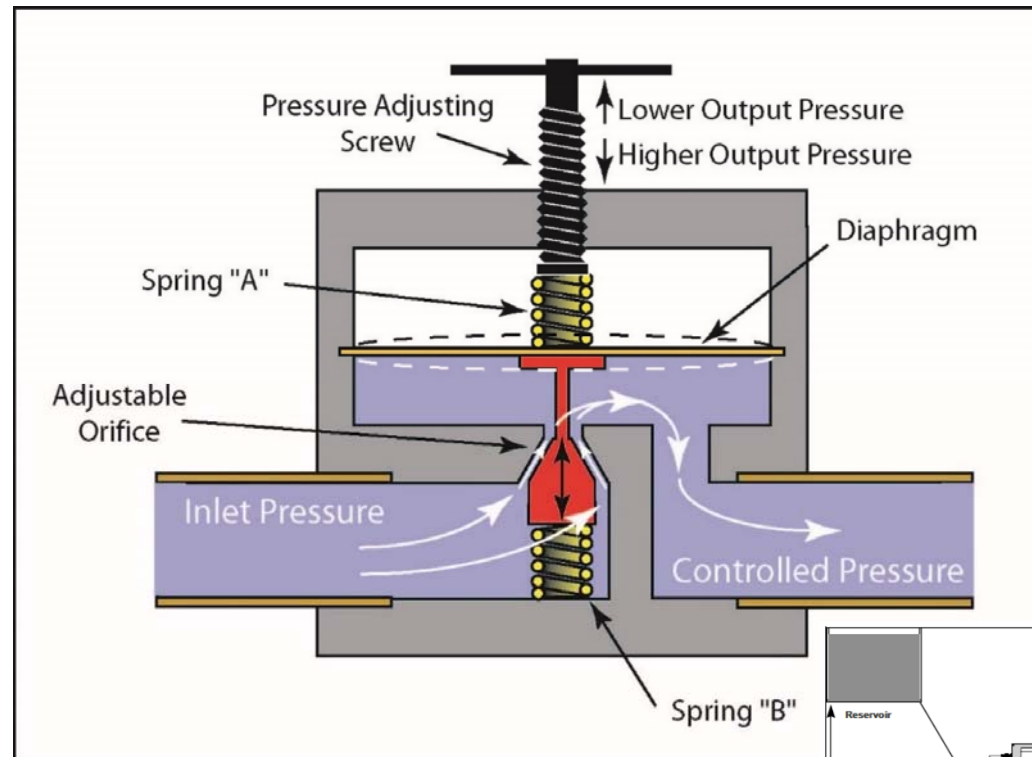
# Διαχείριση πίεσης



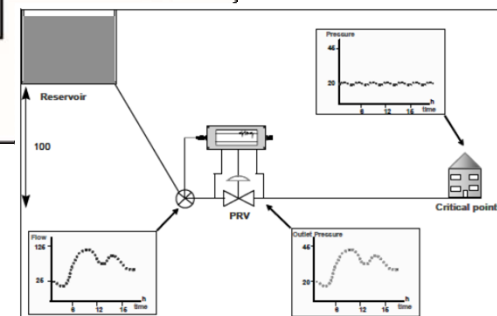
# Πως μπορούμε να μειώσουμε την πίεση στους αγωγούς;



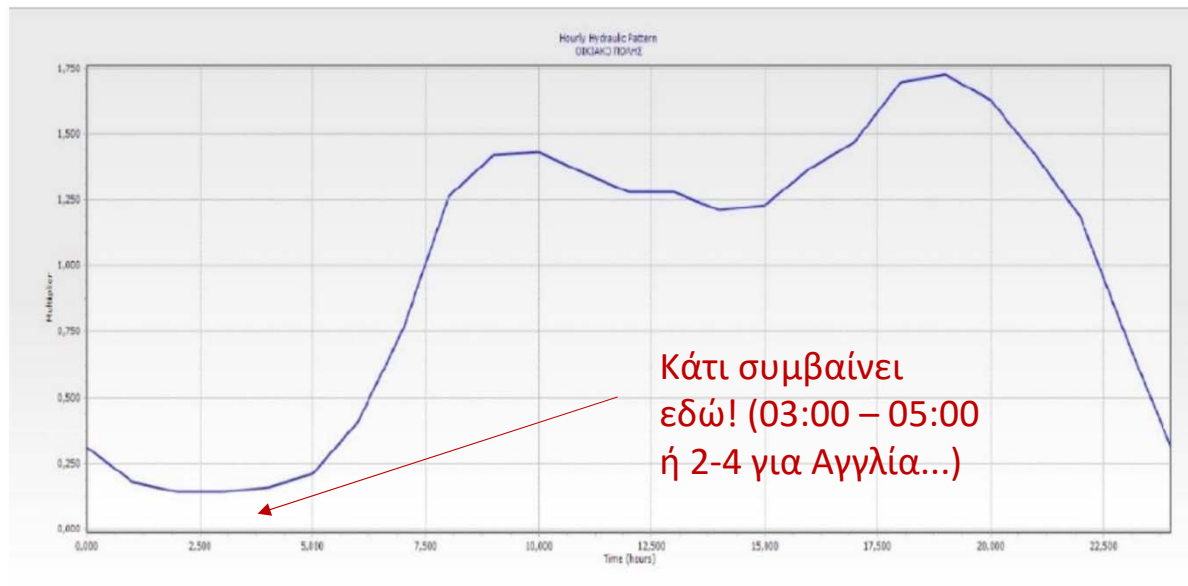
- Η βαλβίδα κρατάει τη πίεση στην **έξοδο σταθερή** ακόμα και αν η πίεση στην είσοδο είναι μεγαλύτερη.
- Το διάφραγμα μετακινείται λόγω της πίεσης στην έξοδο.
- Μεγάλη πίεση (στην έξοδο) το ανεβάζει και αυτό συνεπάγεται ότι η (κόκκινη) βίδα ανεβαίνει και άρα λιγότερο νερό περνά και η πίεση πέφτει.
- Εξαρτούμε την πίεση (στόχο) στην έξοδο με τη ζήτηση κατάντι.



Βαλβίδα μείωσης πίεσης

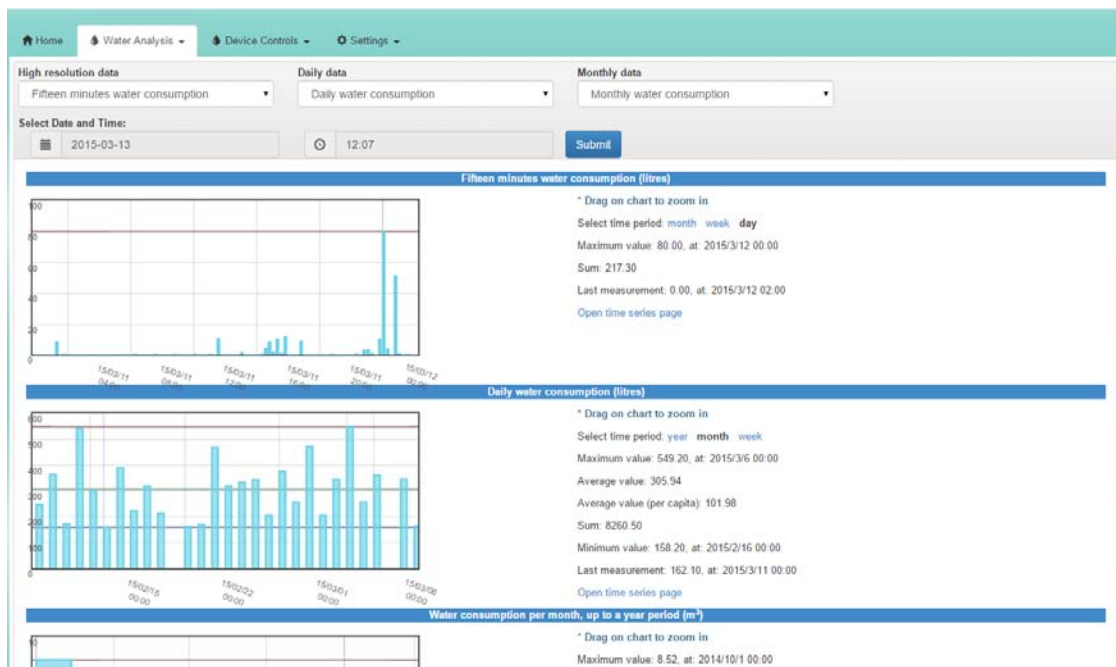


# Διαρροές στον καταναλωτή



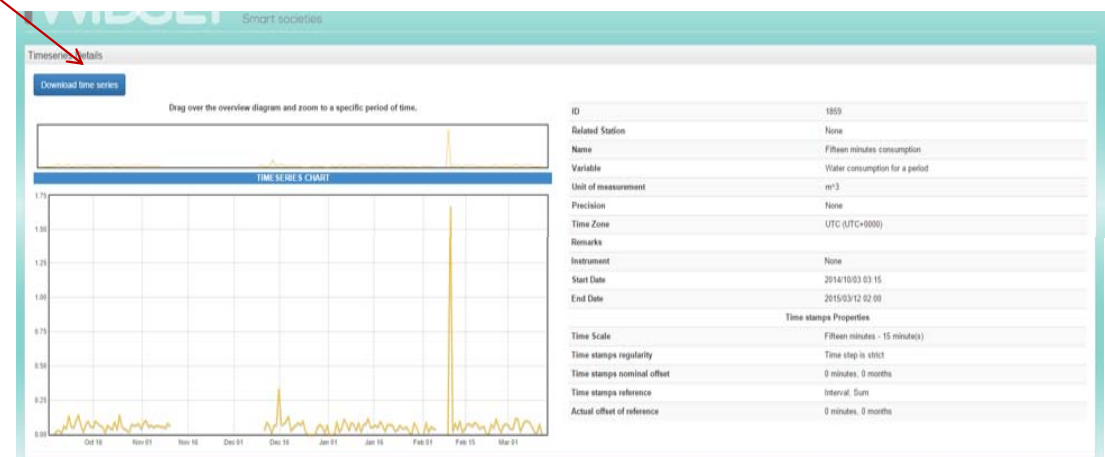
- Μπορούμε όμως εμείς (ή η ΕΥΔΑΠ ή και οι δύο) να το δούμε αυτό;
- Ναι, αλλά χρειαζόμαστε εξυπνους μετρητές! (smart metering)

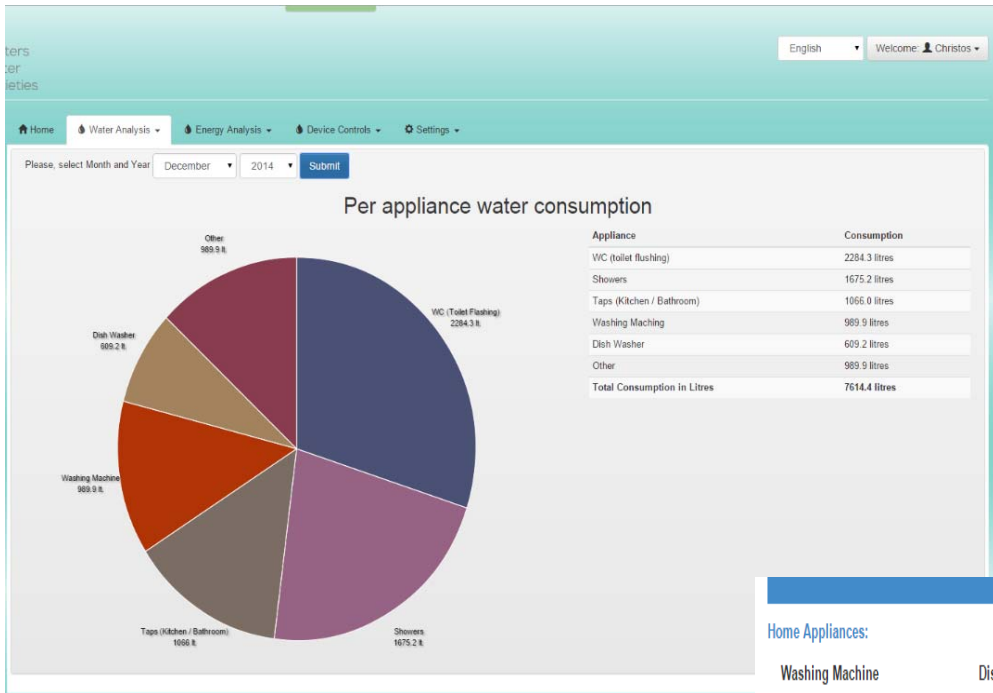




- Κατανάλωση σε επίπεδο σπιτιού (ανάλυση 15 λεπτών)

- Ιστορικά στοιχεία κατανάλωσης





# Κατανάλωση ανα συσκευή

- Πως ξέρω τι συσκευές υπάρχουν σε ένα σπίτι;

### APPLIANCE CHARACTERISTICS

Home Appliances:

Washing Machine: 
 Dishwasher: 
 Bath: 
 Shower: 
 Toilet: 
 Boiler:

Dryer: 
 Sink (Kitchen and WC):

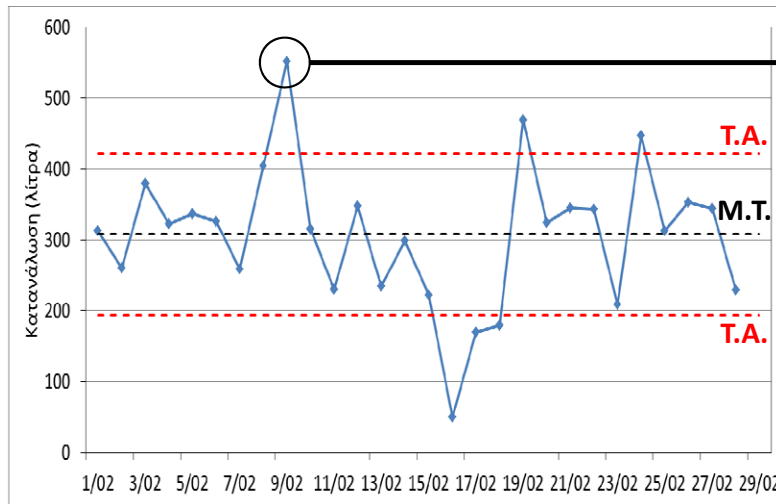
Water Efficient Appliances:

Dual flush toilets
  Low flow taps
  Efficient showerheads
  Water/Energy efficient washing machine
  Water/Energy efficient dishwasher
  Drip irrigation or Sprinkler timers

Water Demand Management Systems:

Rainwater Harvesting System
  Greywater Treatment System
  Combination of RHS and GTS

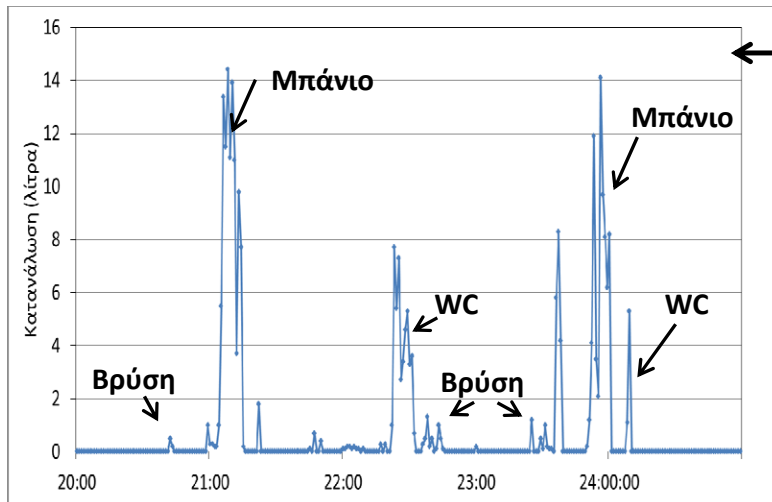
Submit



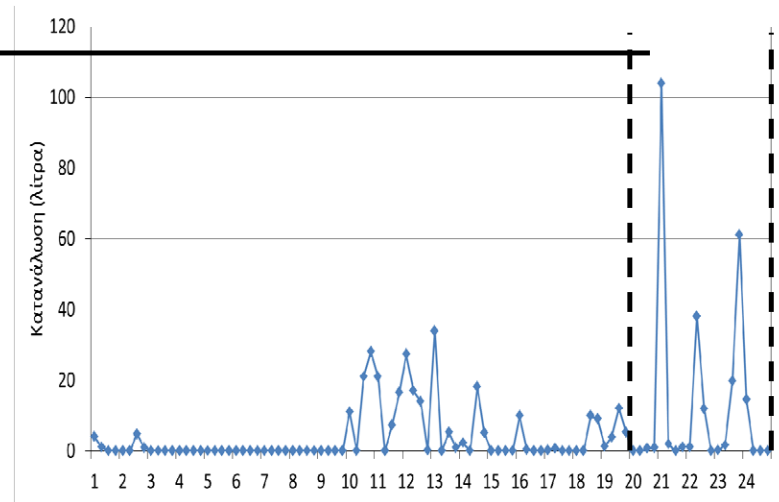
Ημερήσια κλίμακα



Ωριαία κλίμακα

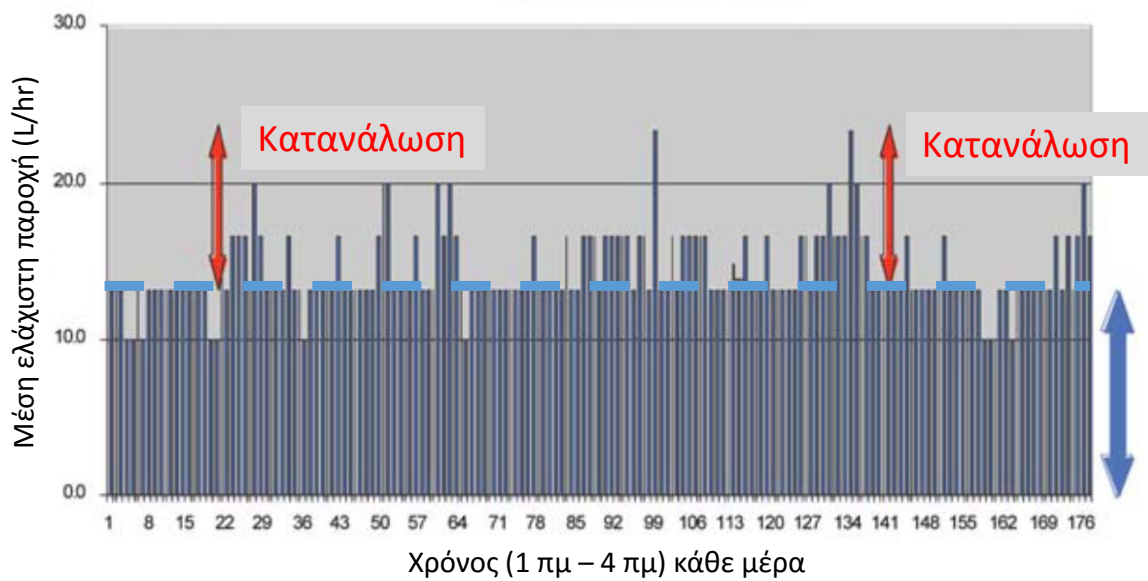


Κλίμακα λεπτού

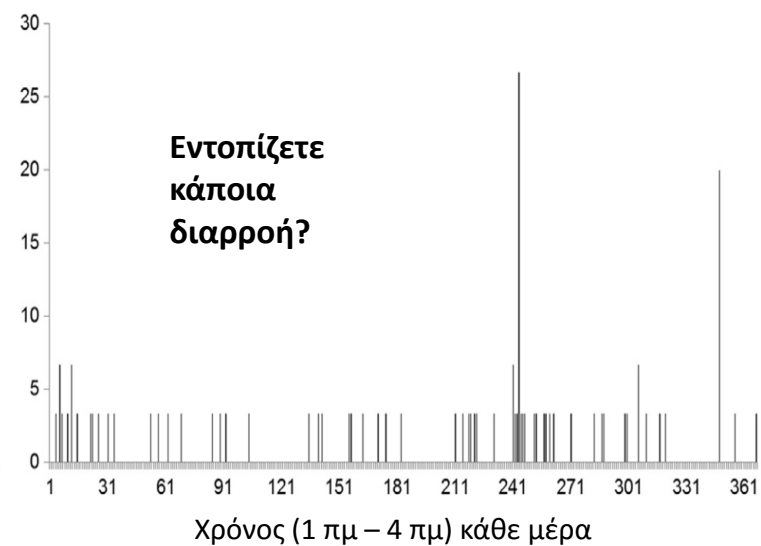
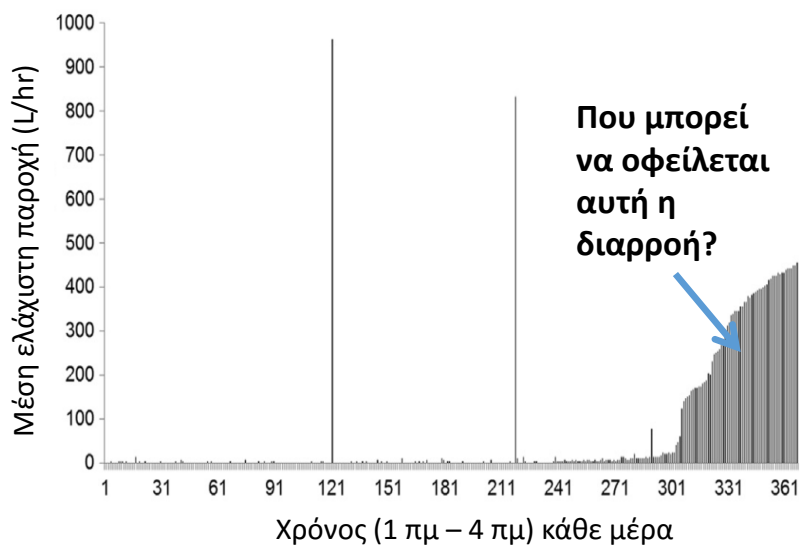


Δεκαπεντάλεπτη κλίμακα



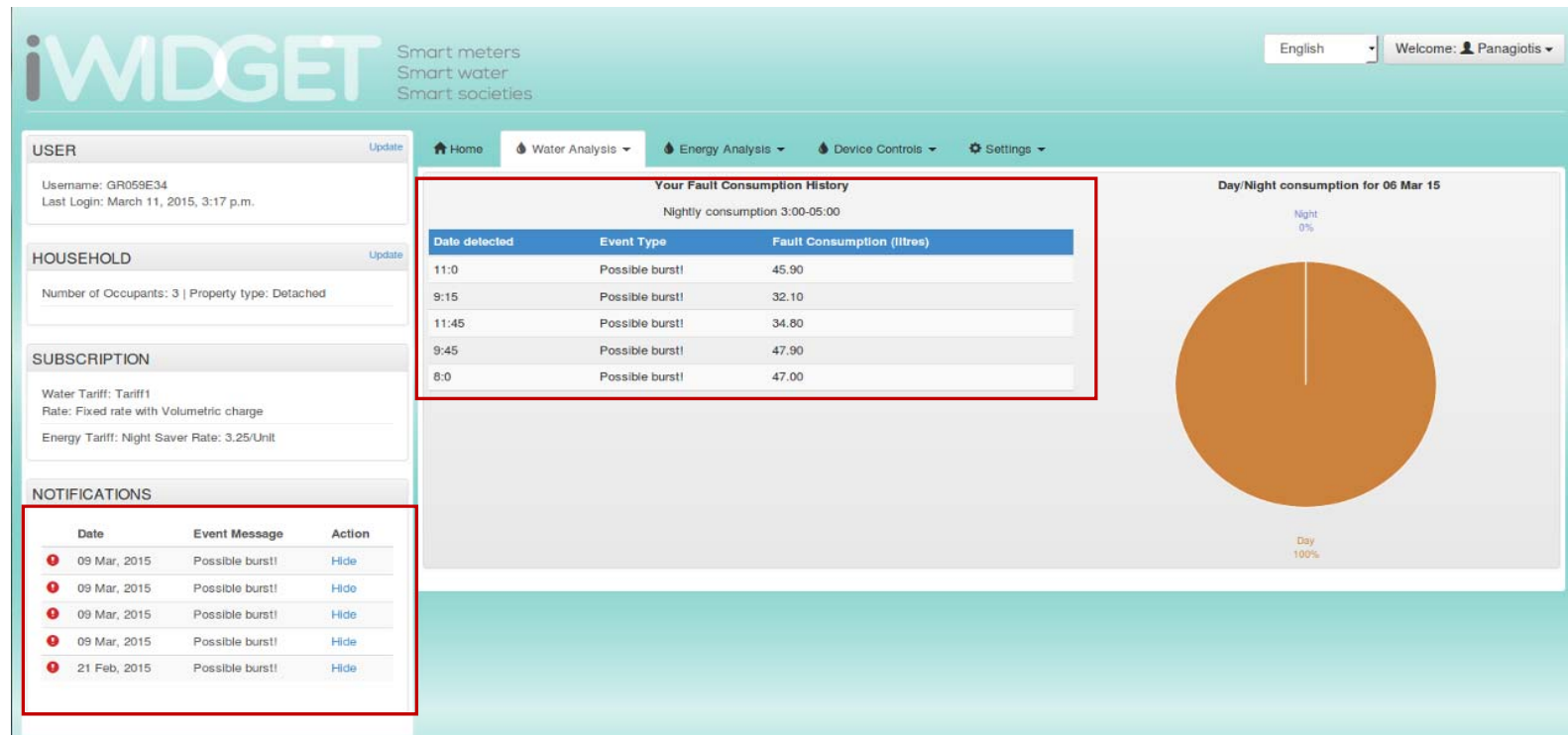


□ Εσείς ποιές ώρες της ημέρας θα ψάχνετε για διαρροή νερού στο σπίτι σας?



# Προειδοποίηση για πιθανή διαρροή

- Σύγκριση με ιστορικά στοιχεία
- Προειδοποίηση για πιθανή διαρροή (και τότε ξεκίνησε!)
- Προτείνετε έναν κανόνα για το σύστημα!
- Ποιά χρονοσειρά ωριαίων τιμών είναι ύποπτη;



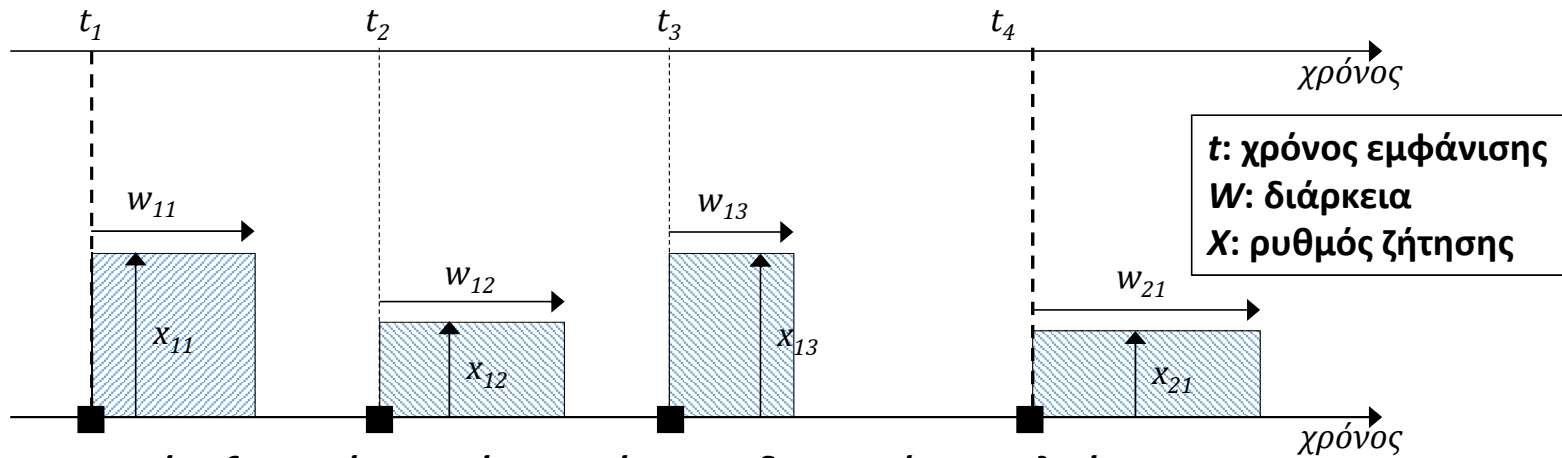
[00:15, 01:0, 02:0, 03:20, 04:0, 05:0, 06:0, 07:25, 08:30,...]

[00:5, 01:7, 02:0, 03:3, 04:3, 05:2, 06:2, 07:25, 08:30,...]

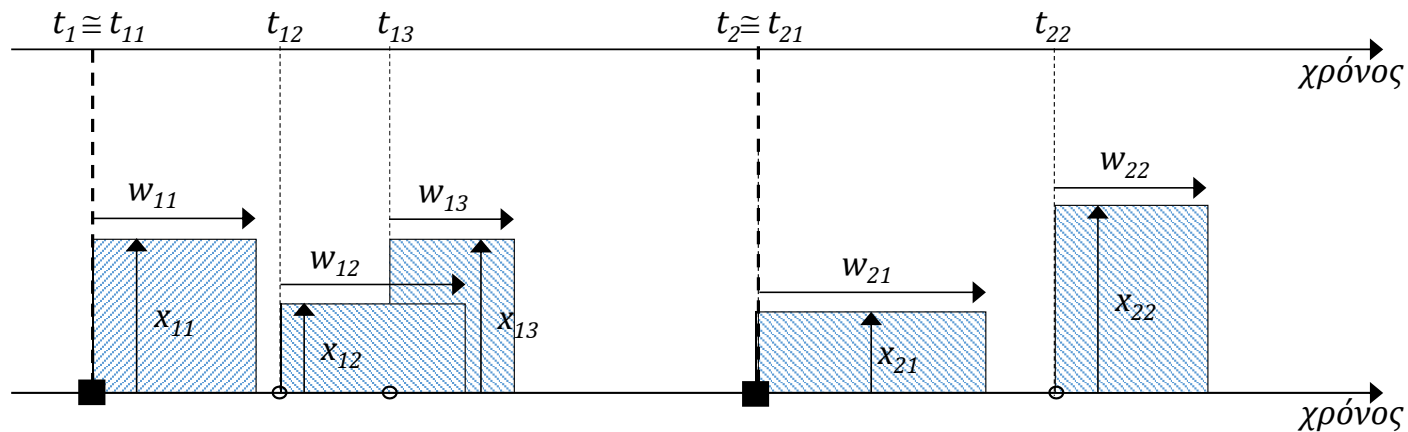
[00:5, 01:7, 02:0, 03:3, 04:3, 05:2, 06:2, 07:25, 08:0,...]

# Και η μαθηματική προσομοίωση... μέσω παλμών

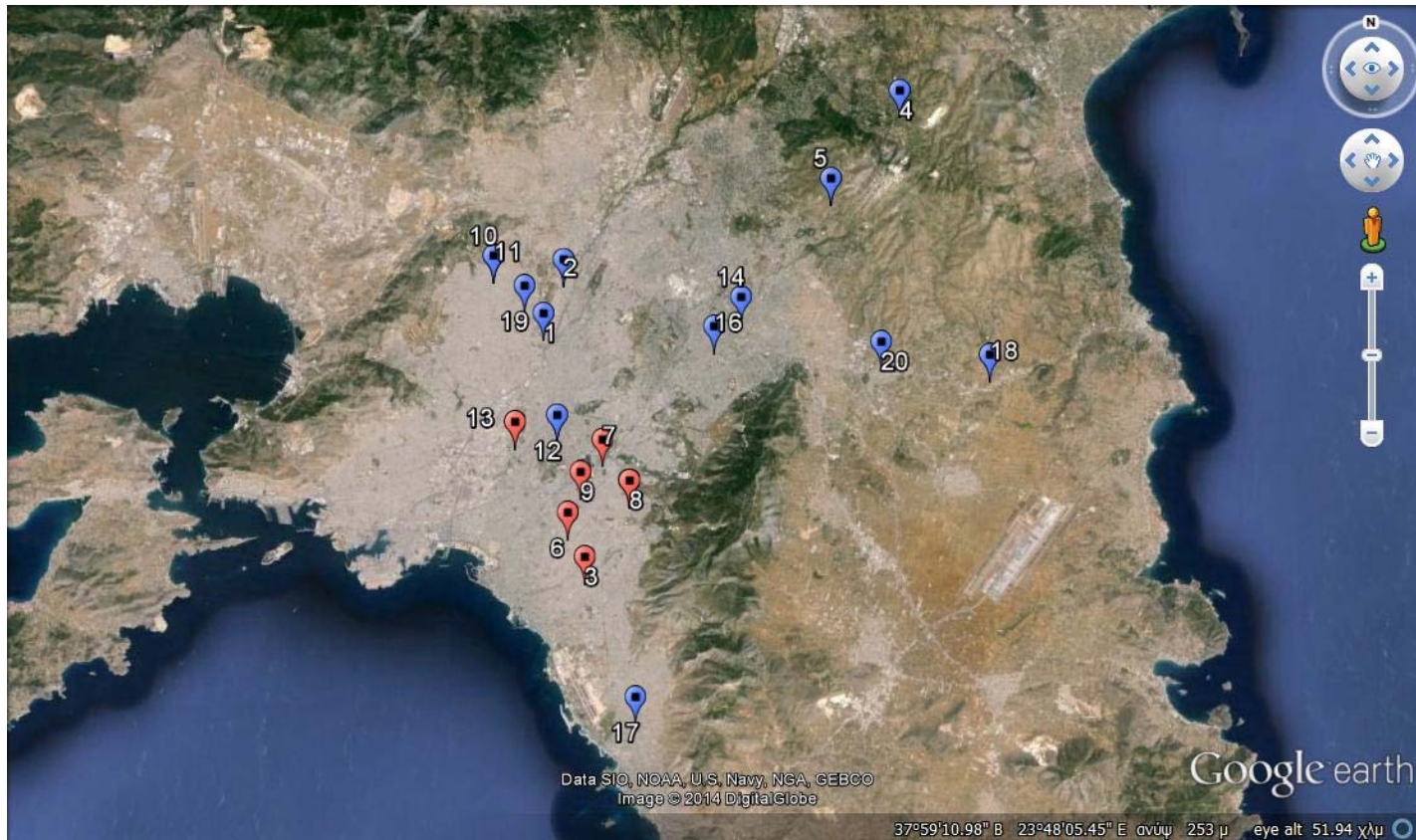
Μεμονωμένα/ανεξάρτητα γεγονότα καταναλώσεων



Δημιουργία εξαρτημένων χρήσεων μέσω ομαδοποιημένων παλμών



Υπάρχουν αυτά στην Ελλάδα;



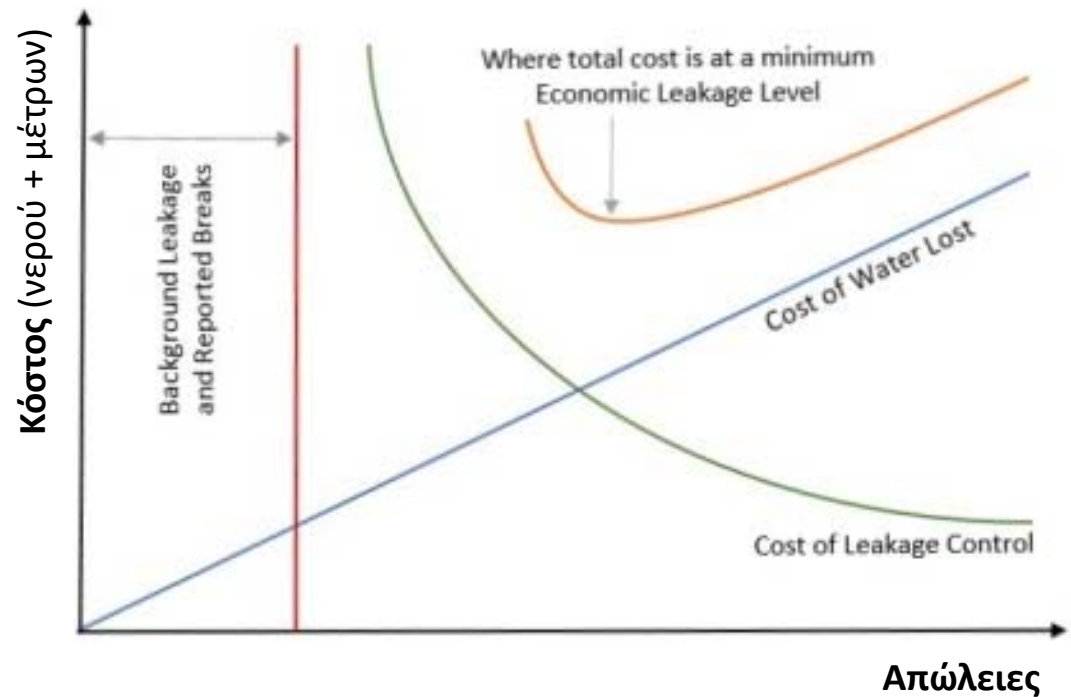
Νερό



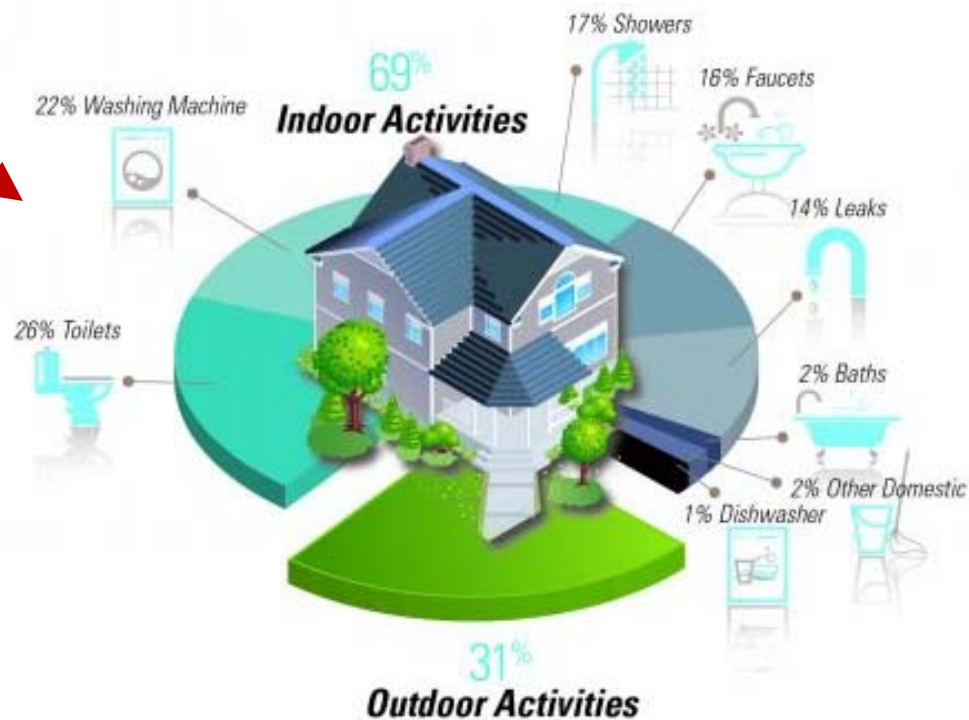
Νερό και Ενέργεια

# Ποίο είναι το βέλτιστο επίπεδο διαρροών;

- Είναι το 0%;
- Το οικονομικό επίπεδο διαρροών (Economic Level of Leakage: ELL)
  - Ποίο το κόστος του νερού (και άρα το κόστος των απωλειών);
  - Γιατί μειώνεται το κόστος των μέτρων (ανά κυβικό) όταν οι απώλειες μεγαλώνουν;
  - Τι θα άλλαζε το σημείο του ελαχίστου;
  - Μπορεί η γραμμή κόστους νερού να μην έχει ενιαία κλίση;



Και αυτό είναι (μόνο) το μέρος των διαρροών - τι γίνεται με τη κατανάλωση; Μπορούμε να την μειώσουμε και πως;

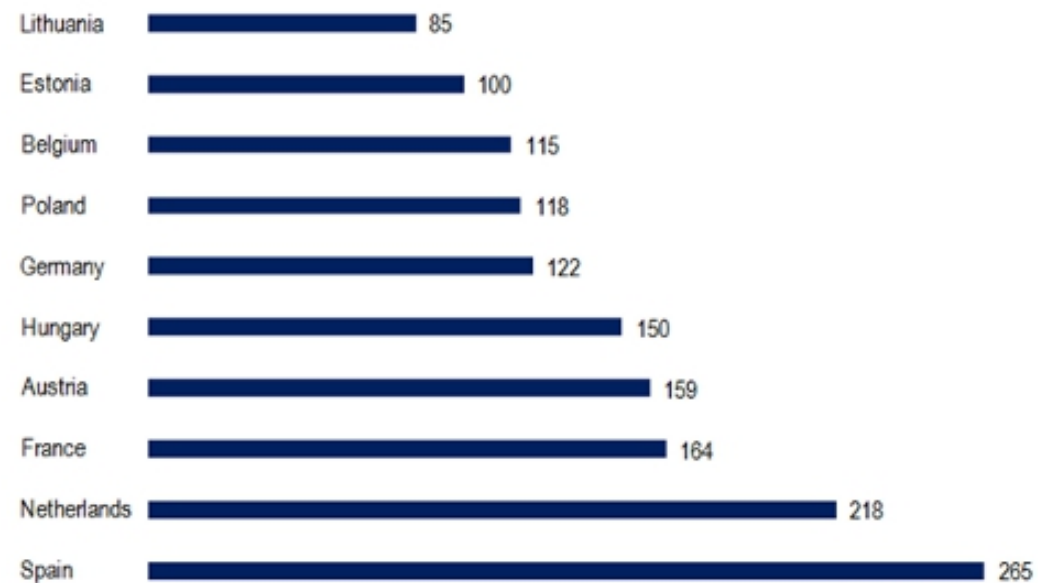


Source: MWH Global and the American Water Works Association

# Πόσο μπορεί να κυμαίνεται η κατανάλωση;

- Η Ελλάδα...
- Οι ΗΠΑ γύρω στα 500
- Και βέβαια μιλάμε για την Δύση.
- Άρα υπάρχει μεγάλη ελαστικότητα στη ζήτηση (και εντός των απαιτήσεων ποιότητας ζωής)
- Υπάρχει άραγε ελαστικότητα στη **τιμή**;

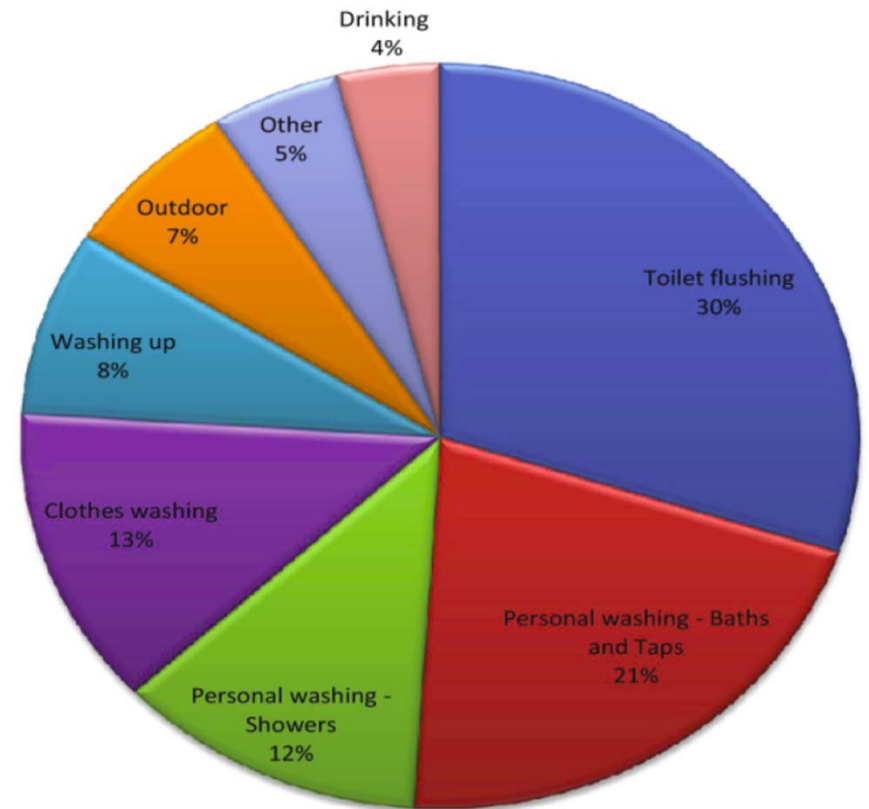
Daily water use in selected European countries in 2012 [liter/day]



Source: OECD

# Πως αλλάζει η ζήτηση;

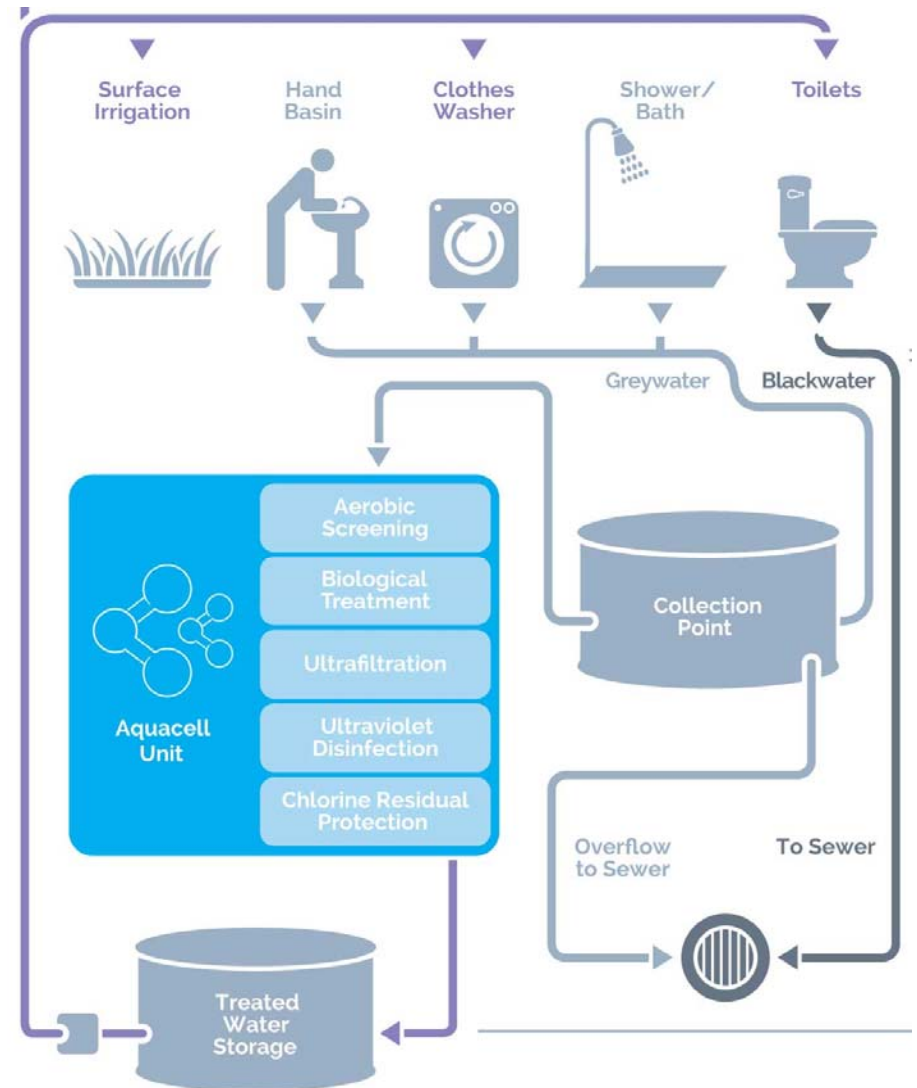
- Διαφορετικές **συνιστώσες** της ζήτησης μπορούν να μειωθούν με διαφορετικό τρόπο (**τεχνολογικό ή μη**)
  - Γκρί νερό
  - Συλλογή ομβρίων
  - Συσκευές μείωσης ροής (ντους και νιπτήρες)
  - Συσκευές που χρησιμοποιούν λιγότερο νερό (πχ. καζανάκια 6 λίτρων)
  - Αλλαγή συμπεριφοράς/χρήσης των συσκευών που ήδη υπάρχουν
- Ακόμα και οι τεχνολογίες όμως είναι θέμα **συμπεριφοράς** (πχ. η υιοθέτηση/αγορά τους!)





# Χρειαζόμαστε πραγματικά πόσιμο νερό για τα καζανάκια; Η περίπτωση του γκρί νερού

- **Πηγές γκρί νερού:**
  - Νιπτήρας
  - Μπανιέρα
  - Πλυντήριο ρούχων
  - Νεροχύτες (όχι πάντα...)
- **Χρήσεις γκρί νερού:**
  - Καζανάκια
  - Πότισμα
  - Πλυντήριο ρούχων (όχι πάντα...)



Πόσο γκρί είναι το γκρί νερό;



Μπανιέρα

Νιπτήρας

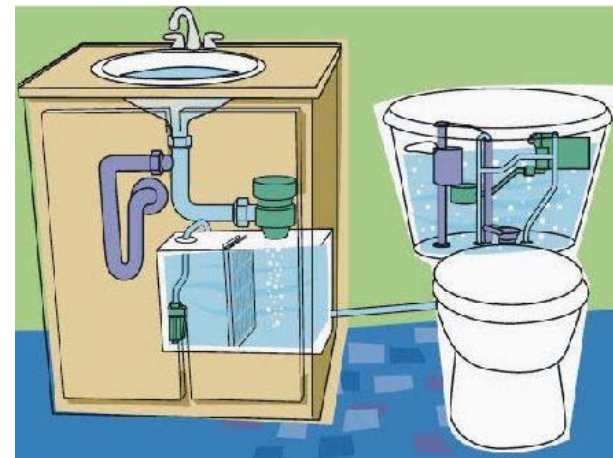
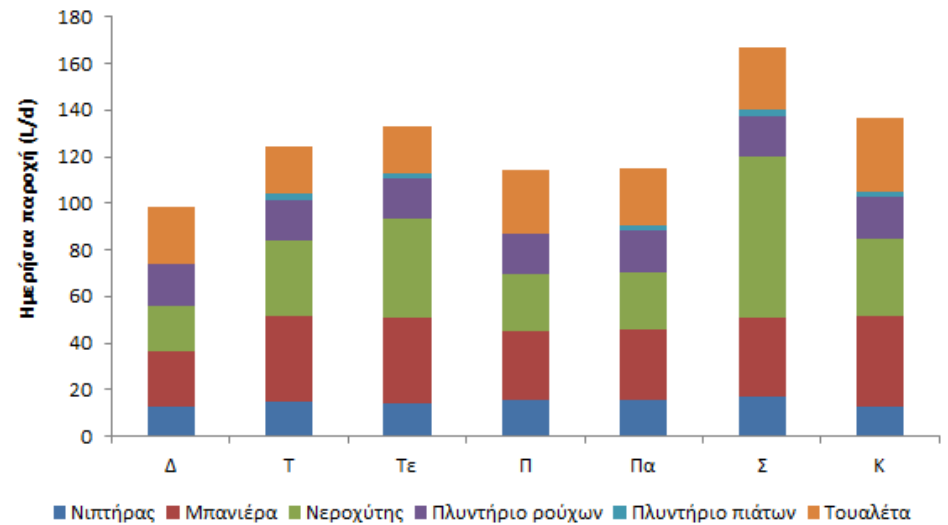
Πλυντήριο  
ρούχων

Νεροχύτης

Πλυντήριο  
πιάτων

# Και πόσο γκρί νερό παράγουμε;

- Μέση παροχή γκρι νερού: **98.1±29.5 L/IK/d**
- Επί συνόλου μέσης παραγωγής λυμάτων: **135±31.6 L/IK/d**
- Από το οποίο το μεγαλύτερο ποσοστό παράγεται στο μπάνιο (μπανιέρα, ντουζιέρα, νιπτήρας): **≈ 50%**
- Και άρα ποιά είναι η μέγιστη μείωση που μπορούμε να πετύχουμε; (και από τι εξαρτάται;)

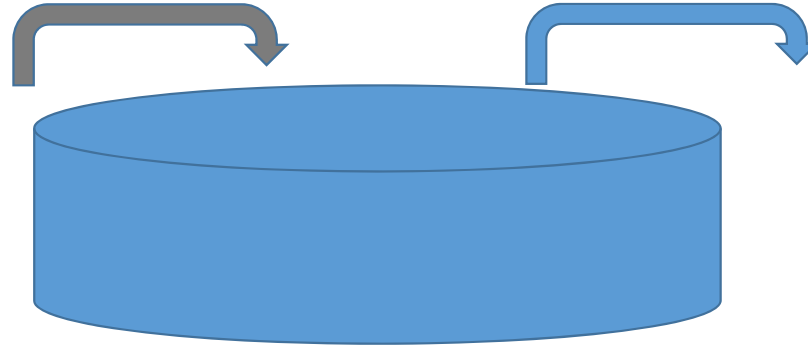


Μπορεί να είναι κάτι απλό

# Ένα (μικρό) πρόβλημα διαστασιολόγησης

**Παραγωγή** γκρί νερού  
(χρονικό βήμα 1h):

**[20, 30, 10]**



**Ζήτηση** γκρί νερού  
(χρονικό βήμα 1h):

**[10, 30, 20]**

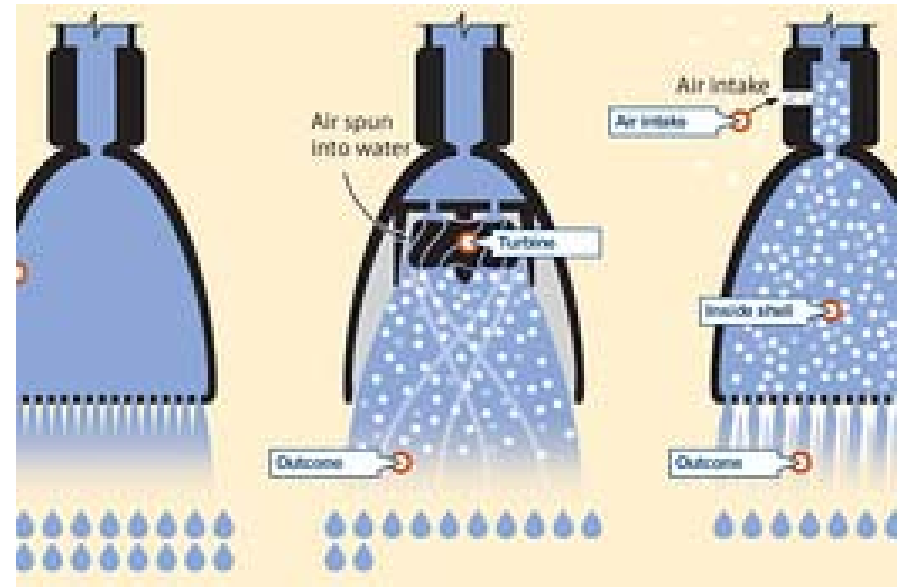
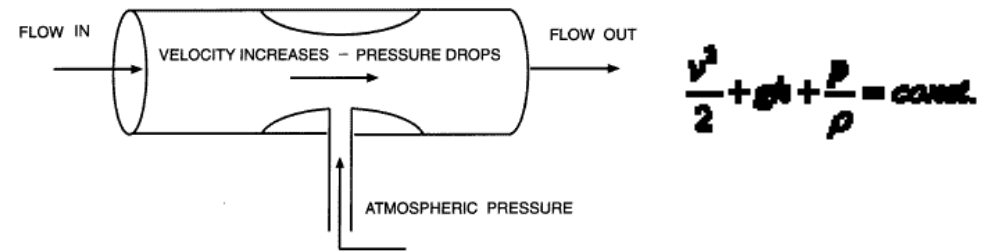
**Δεξαμενή 20 lt**  
(ξεκινάει άδεια)

Η δεξαμενή μου επαρκεί για να καλύψει τη ζήτηση ή όχι;

# Άλλες επιλογές;



Καζανάκια χαμηλής ροής (από 12lt (80's) σε 6lt (τώρα) σε 2-3lt (σύντομα))



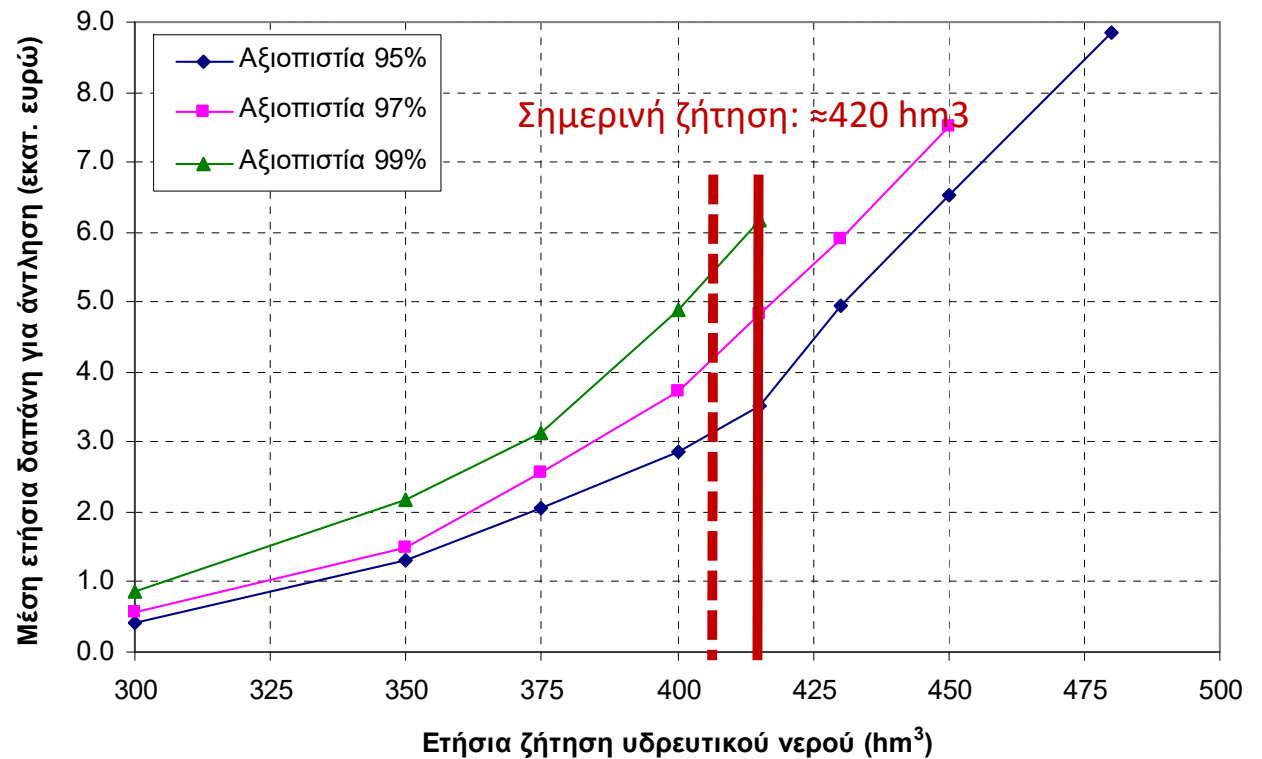
Ντουζιέρες χαμηλής πίεσης;

ή

Ντουζιέρες που αναμειγνύουν νερό με αέρα (η βασική ιδέα του turbocharger!!)

# Επιπτώσεις;

- Τι επίπτωση θα είχε να αποκτήσουν κάτι τόσο απλό όσο 6 lt καζανακία;
- Στην Αξιοπιστία
- Στην Ενέργεια (κόστος)
- Πώς θα μπορούσε να γίνει;



# Προσομοίωση υιοθέτησης νέων τεχνολογιών

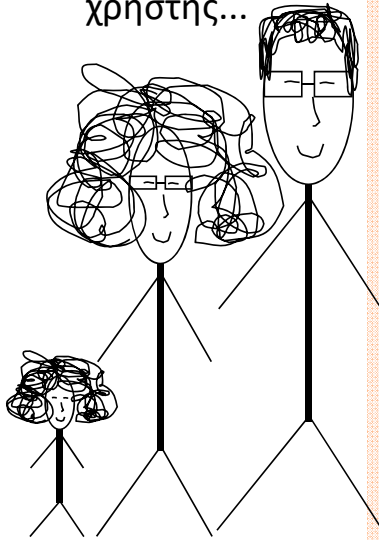
- Θα υιοθετούσατε εσείς τέτοιες τεχνολογίες;
- Εξαρτάται...

**Behavioural Intention (BI)**

=

Environmental Consciousness (ea) + age (a) + income (i) + education (e) + housing type (ht) + Past water saving behaviour (p) + Social Network Impact (s) + Drought Condition Awareness (d) + Ease or difficulty to decrease water demand (dwd) + Effect of past water saving behaviour (f) + Restrictions effect (r)

Ο μέσος  
χρήστης...



### Κοινωνικά χαρακτηριστικά

Μέση ηλικία  
Μέσο εισόδημα  
Υψηλό μορφωτικό  
Τρεις κάτοικοι

### Ανάγκες

Βασικές χρήσεις  
Μπάνιο  
Μαγείρεμα  
Πλυσίμο

Μπαλκόνι  
με φυτά

Μπάνιο για  
χαλάρωση

Ένα μικρό παιδί!

### Απόψεις

Υψηλή  
περιβαλλοντική  
συνείδηση

Θετικοί στην  
μείωση  
της  
κατανάλωσης

### Εξωτερικές επιρροές

Κοινωνικά δίκτυα  
Φίλοι  
Οικογένεια  
Δουλειά  
ΕΜΠ (!)  
Διαδίκτυο

Πολιτική  
για το νερό  
- Τιμολόγηση  
- Καμπάνιες  
- περιορισμοί

Κλίμα  
Ξηρασία

### Πραγματική συμπεριφορά

**Αβέβαιη...**

Το παιδί  
αποφασίζει  
οτι θα μάθει να  
τρώει  
μόνο του...

Γρύπη (ξανά)

Έρχονται φίλοι  
Για φαγητό

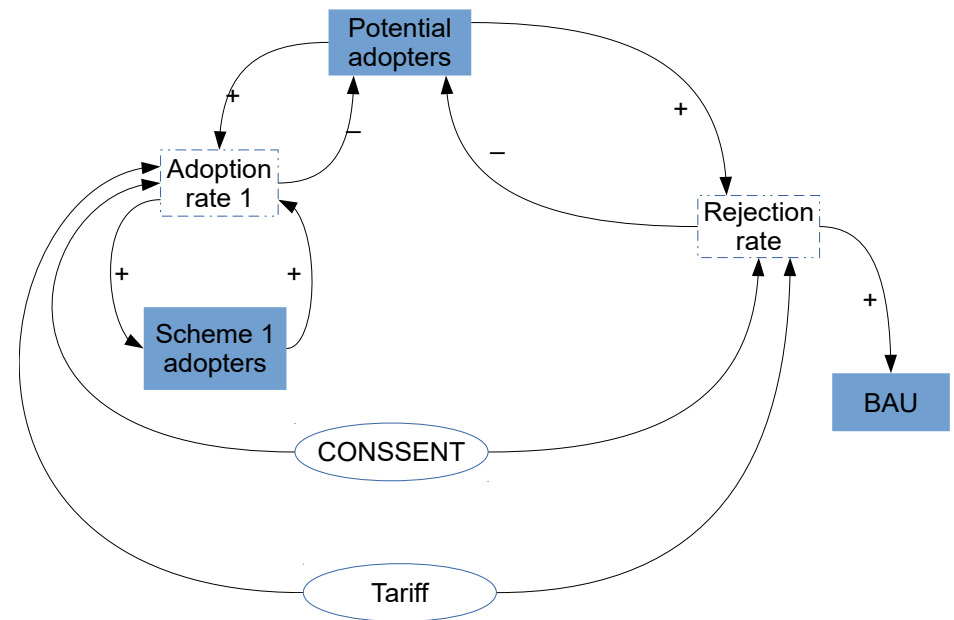


# Μπορούμε να το ποσοτικοποιήσουμε αυτό;

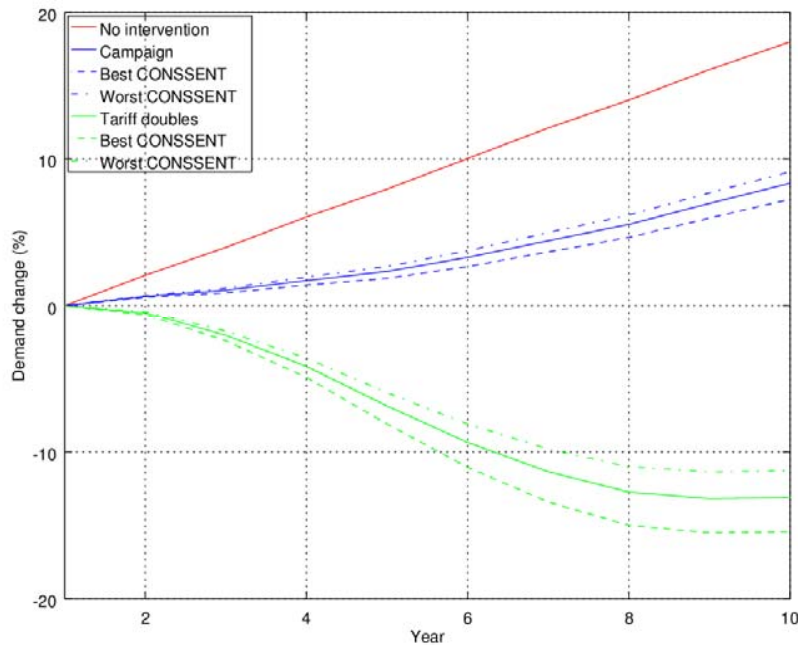
## Μοντέλα ευφυών πρακτόρων (ABM)



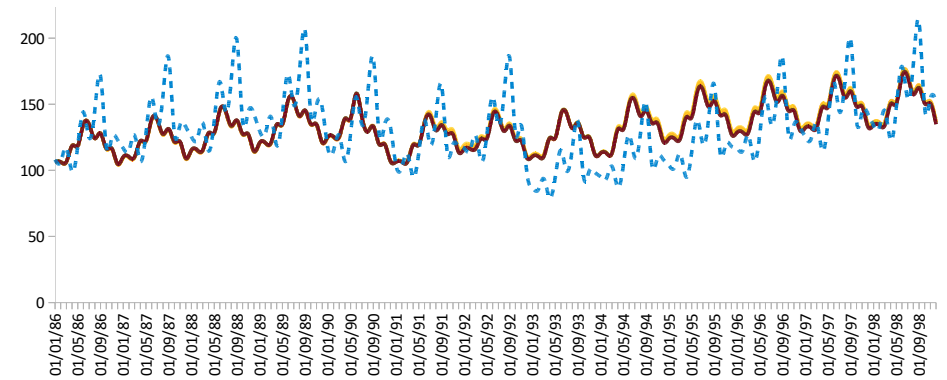
## Δυναμικά Συστήματα



# Τί τύπου αποτελέσματα βγάζουμε;

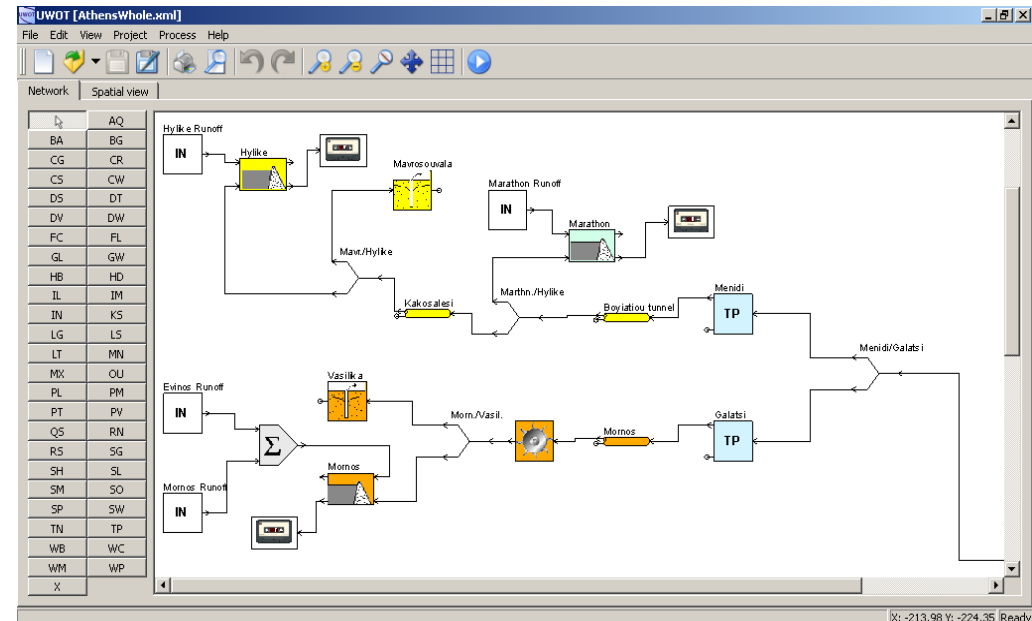
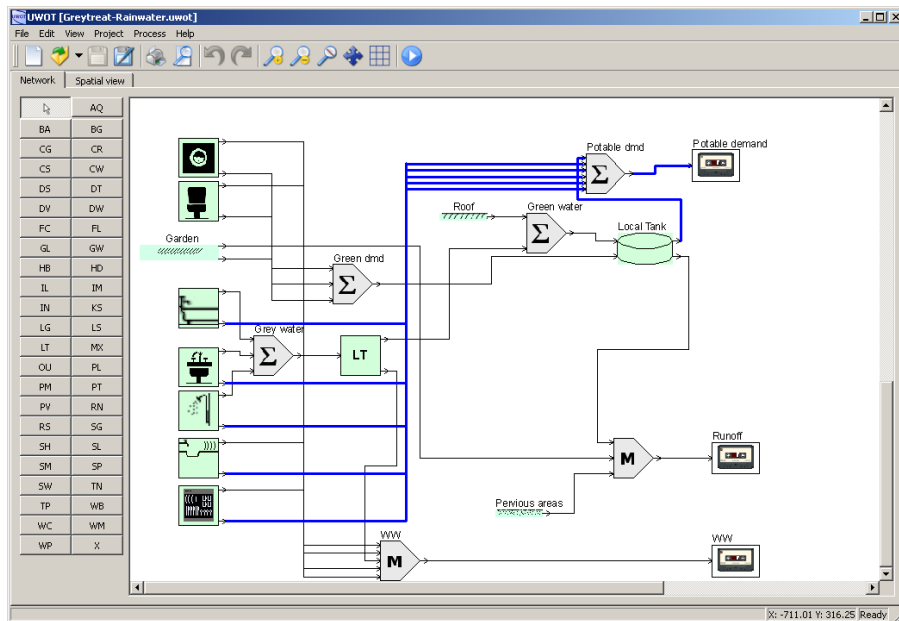


Εισαγωγή νέων τεχνολογιών σε σενάριο αστικοποίησης Αττικής προς τα Ανατολικά (SD simulation)



Προσομοίωση εξέλιξης ζήτησης τη περίοδο ξηρασίας 90-91 (ABM simulation)

# Και μετά; Μοντέλα υπολογισμού επιπτώσεων από υιοθέτηση νέων/παλιών τεχνολογιών



Από μέσα στο σπίτι ...

... μέχρι τους ταμιευτήρες

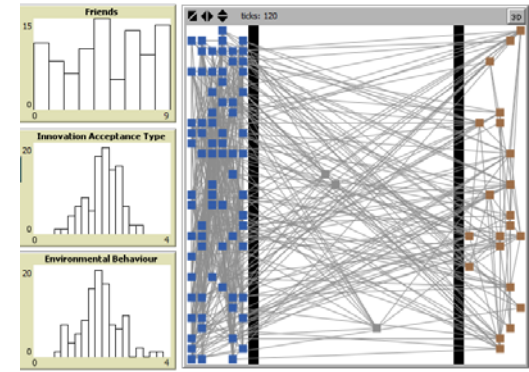
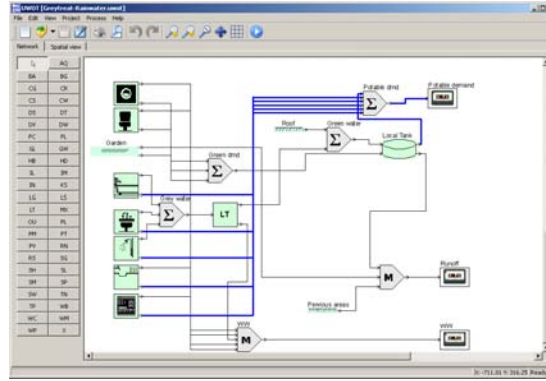
# Μια εργαλειοθήκη διαχείρισης αστικού νερού

Εξυπνοι μετρητές

Βελτιστοποίηση

Στρατηγικός σχεδιασμός

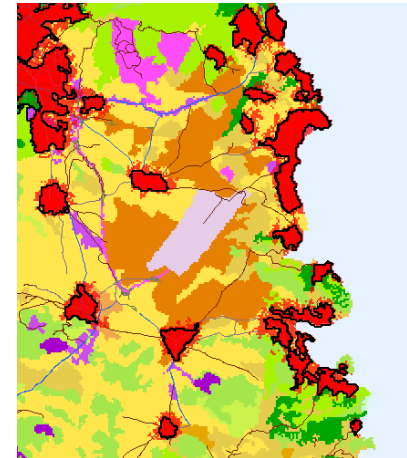
Μοντέλα υδρο-δικτύων και υποδομών



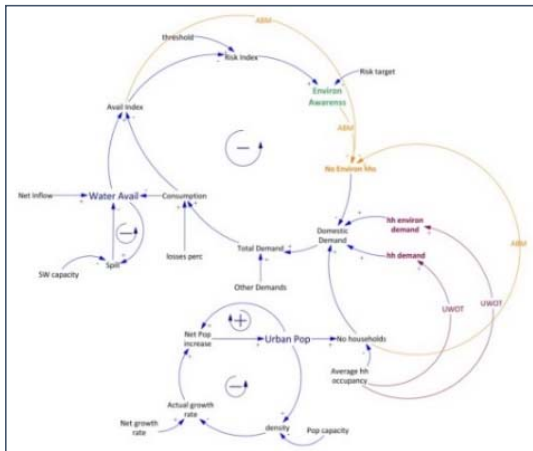
Μοντέλα ευφύων πρακτόρων (σχέση του χρήστη με την κατανάλωση)



Έξυπνες Πράσινες (και Μπλέ) Πόλεις



Μοντέλα προσομοίωσης της αστικής εξέλιξης



Μοντέλα Δυναμικών Συστημάτων (επίδραση πολιτικών)



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

# Αστικά Υδραυλικά Έργα: Η αστική ζήτηση και η διαχείρισή της

Χρήστος Μακρόπουλος  
[cmakro@mail.ntua.gr](mailto:cmakro@mail.ntua.gr)