

Α. Επανάληψη  
Β. Ζήτηση νερού  
Γ. Λειψυδρία (απλοί δείκτες)

Επίκουρος Καθηγητής  
Μ. Σπηλιωτης

# ΔΥΠ - Ορισμός

Διαχείριση Υδατικών Πόρων είναι το σύνολο των ενεργειών (μέτρα, έργα, κανονιστικές διατάξεις, συμφωνίες κλπ.) για την αρμονική σχέση μεταξύ

- Υδατικών πόρων
- Κέντρων κατανάλωσης
- Περιβάλλοντος

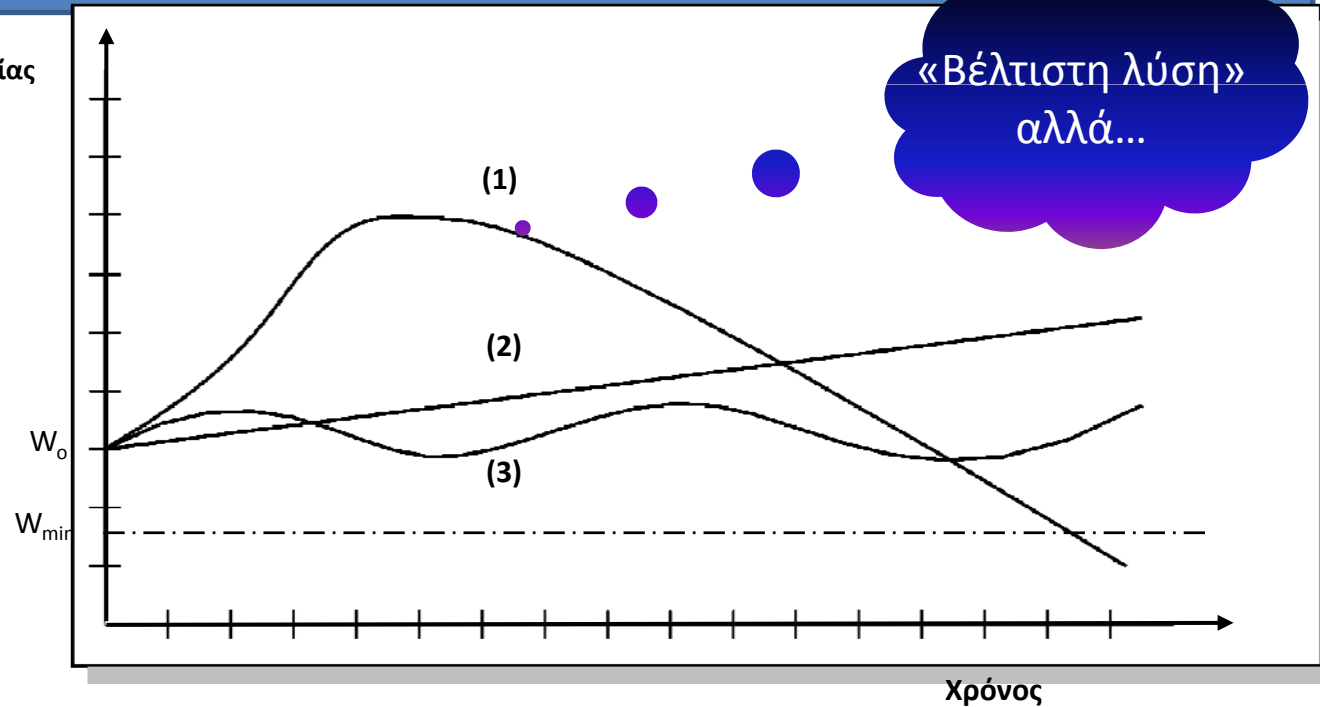
τώρα αλλά και στο μέλλον με στόχο τη διατηρήσιμη ανάπτυξη

# Διατηρησιμότητα της Ανάπτυξης

Δείκτης  
Ευημερίας

Τιμές του δείκτη  
ευημερίας άνω του  
 $W_0$ , ανάπτυξη  
διατηρήσιμη

Τιμές του δείκτη  
ευημερίας κάτω του  
 $W_{min}$ , μη επιβίωση



που χαρακτηρίζεται:

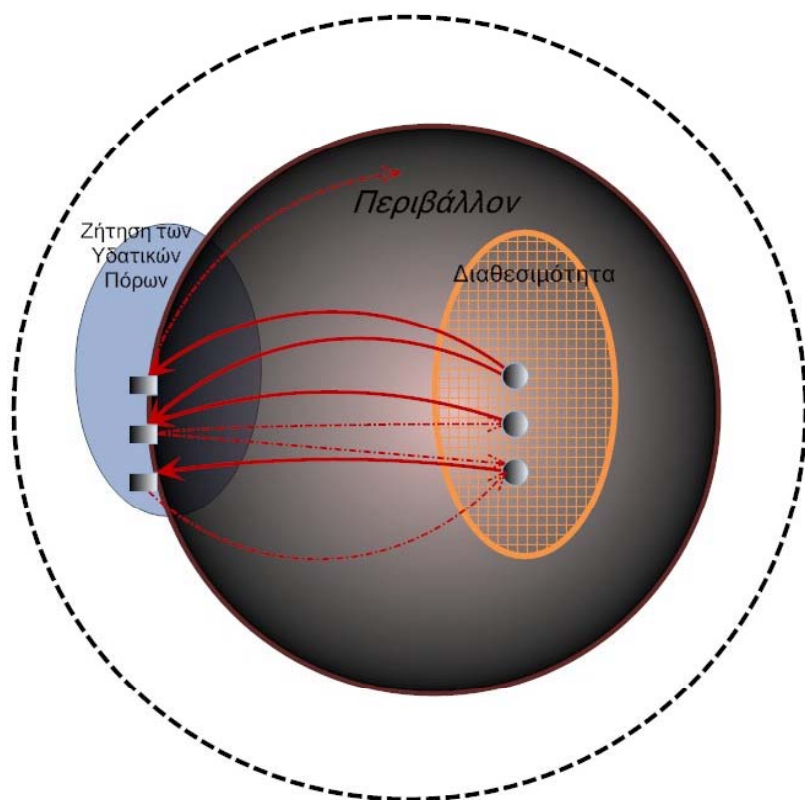
- ★ Αποδοτικότητα, μη διατηρησιμότητα, μη επιβίωση
- ★ Όχι γρήγορη αποδοτικότητα, διατηρησιμότητα, επιβίωση
- ★ Μη αποδοτικότητα, μη διατηρησιμότητα, επιβίωση

# Βιωσιμότητα

- Φυσική διάσταση: νερό ανανεώσιμος πόρος
- Οικονομική διάσταση (π.χ. ένα φράγμα 3 φορές τη μέση ετήσια απορροή είναι οικονομικά μη βιώσιμο)
- Κοινωνική βιωσιμότητα (π.χ. αποφυγή συγκρούσεων)

# Συστημική Θεώρηση στη ΔΥΠ

Βασικά χαρακτηριστικά συστήματος:  
Ολότητα, Αλληλεπίδραση, Πολυπλοκότητα,  
Σχέση με το περιβάλλον του

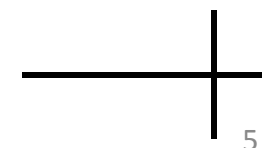


Κάθε έργο δημιουργεί στο περιβάλλον ένα σύνολο αντιδράσεων στο υδατικό σύστημα, στο περιβάλλον γενικότερα ☹️ Συστημική προσέγγιση

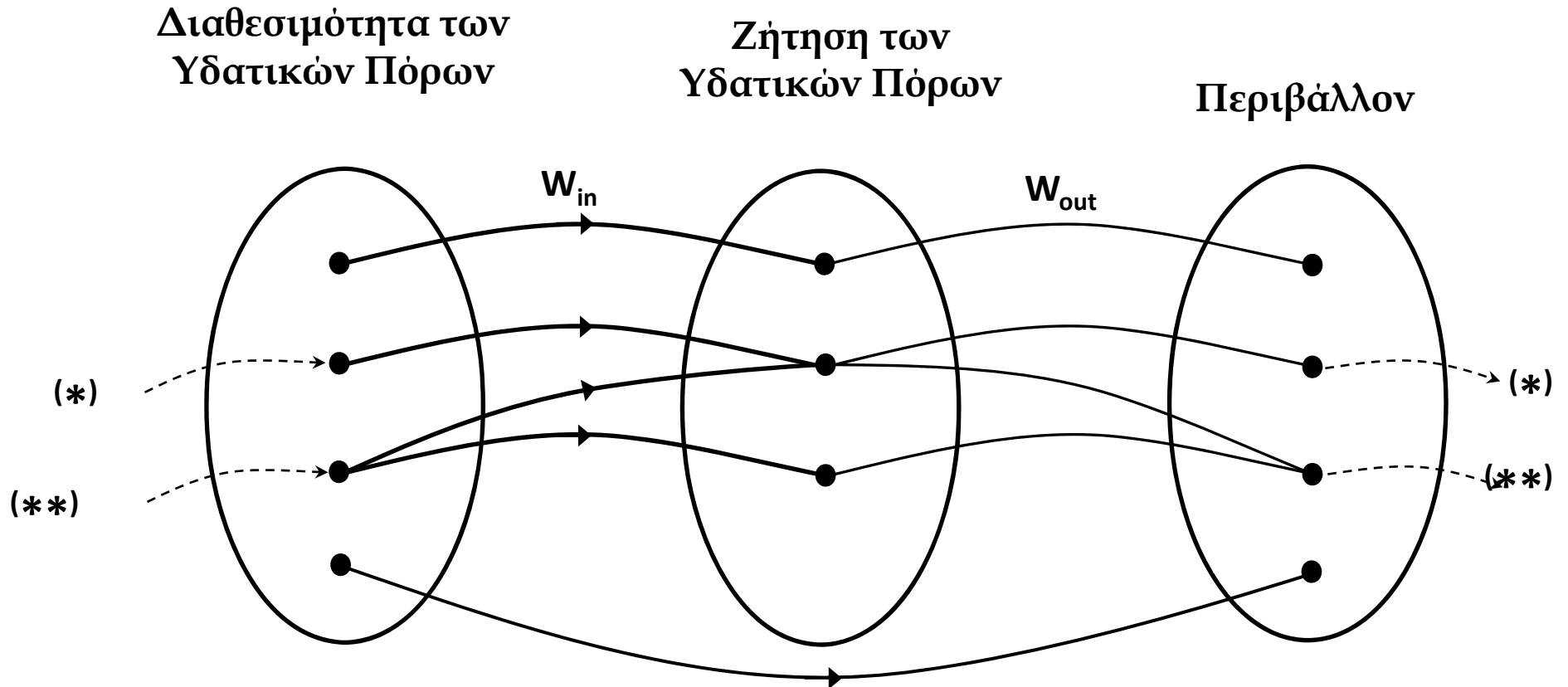
Διαχείριση Υδατικών Πόρων είναι το σύνολο των ενεργειών (μέτρα, έργα, κανονιστικές διατάξεις, συμφωνίες κλπ.) για την αρμονική σχέση μεταξύ

- Υδατικών πόρων
- Κέντρων κατανάλωσης
- Περιβάλλοντος

τώρα αλλά και στο μέλλον με στόχο τη διατηρήσιμη ανάπτυξη



# Διαγραμματική Παρουσίαση Υδατικού Συστήματος



# Λειψυδρία

	Φυσικά Αίτια	Ανθρωπογενή Αίτια
Προσωρινή κατάσταση	Ξηρασία (drought)	Έλλειμμα Νερού (water shortage)
Μόνιμη κατάσταση	Ξηρότητα (aridity)	Λειψυδρία Ερημοποίηση (Desertification)


Λειψυδρία: μόνιμη ή περιστασιακή περίπτωση όπου η ζήτηση υπερβαίνει τους αξιοποιήσιμους υδατικούς πόρους. Αίτια:

- Ανθρωπογενή (αύξηση του πληθυσμού, η έλλειψη υποδομών κ.ά)
- Φυσικά
- Συνδυασμός

Ξηρασία: Το φαινόμενο κατά το οποίο οι ποσότητες εισερχόμενου διαθέσιμου νερού σε ένα σύστημα είναι **κάτω από τις κανονικές για μία σημαντική χρονική περίοδο** (Τσακίρης, 2013)

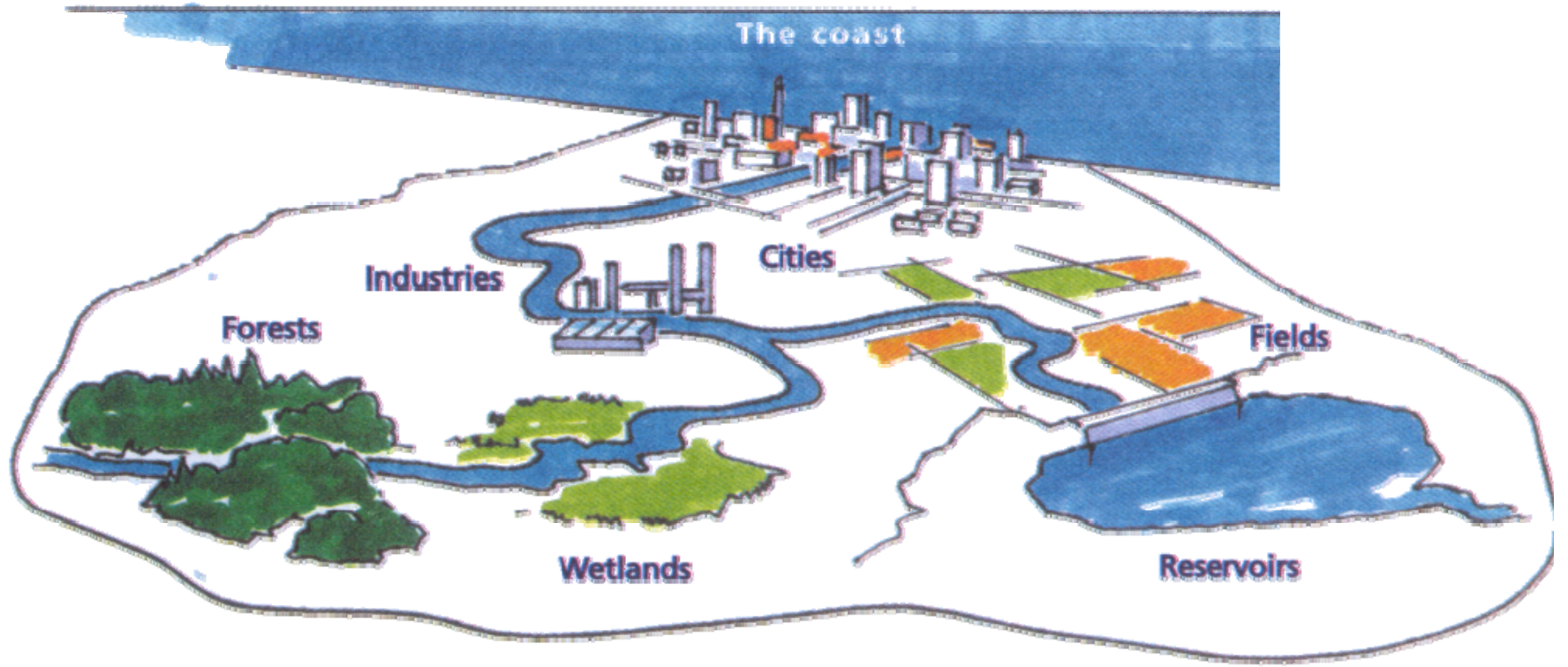
# ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

- Ζήτηση/ Ανάγκες
- Εσωτερική-εξωτερική ζήτηση
- Καταναλωτική/μη καταναλωτική χρήση (π.χ. υδροδυναμικά έργα, αναψυχή, ναυσιπλοΐα)
- Τομείς:
  - Ύδρευση
  - Τουρισμός
  - Βιομηχανία
  - Παραγωγή Ενέργειας (υδροδυναμικά έργα)
  - Γεωργία
  - Περιβάλλον (εσωτερική ζήτηση)
  - Αισθητική αναβάθμιση (εσωτερική ζήτηση)



Γεωργία:  
μεγαλύτερος  
καταναλωτής

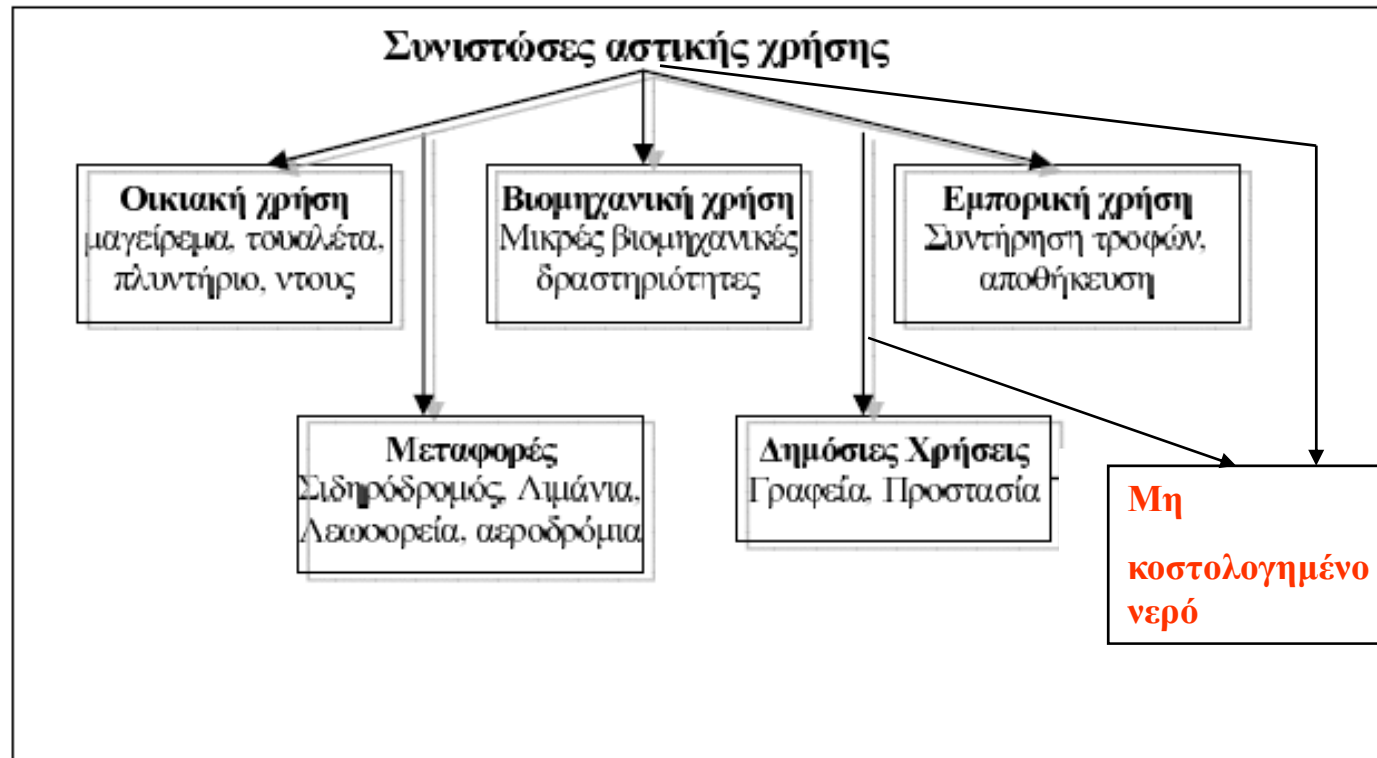




Country	Annual renewable water Resources km <sup>3</sup> yr <sup>-1</sup>	Total fresh Water withdrawal km <sup>3</sup> yr <sup>-1</sup>	Domestic use %	Industrial use %	Agricultural use %	Irrigated area 10 <sup>3</sup> ha
Algeria	14.3	4.5	25	15	60	555
Cyprus	0.9	0.21	24	2	74	40
Egypt	86.8	55.1	6	8	86	3,265
Libya	0.6	4.6	11	2	87	470
Morocco	30.0	11.04	5	3	92	1,258
Sudan	154.0	17.8	4	1	94	1,946
Tunisia	4.1	3.08	9	3	89	352
Bahrain	0.1	0.24	39	4	56	3
Gaza St.	0.06	0.12	40		60	12
Iran	137.5	70.03	6	2	92	7,264
Iraq	96.4	42.8	3	5	92	3,525
Israel	2.1	1.9	16	5	79	193
Jordan	0.9	0.98	22	3	75	73
Kuwait	0.0	0.54	37	2	60	5
Lebanon	4.8	1.29	28	4	68	88
Oman	1.0	1.22	5	2	94	62
Qatar	0.1	0.28	23	3	74	13
Saudi A.	2.4	17.02	9	1	90	1,473
Syria	46.1	14.41	4	2	94	1,082
Turkey	200.7	31.6	16	11	72	4,186
U.A.E	0.1	2.11	24	9	67	67
W. Bank	0.4	0.10	6.5		93.5	10.4
Yemen	4.1	2.93	7	1	92	481

# Αστική χρήση νερού

Η μέση ειδική ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο ανά ημέρα και οι συνακόλουθοι πολλαπλασιαστές συμπεριλαμβάνουν όλες τις παραπάνω χρήσεις



### Μη κοστολογημένο νερό:

- απώλειες από τα δίκτυα
- απώλειες δεξαμενών
- εξάτμιση
- διαρροές λόγω βλαβών (στην Αθήνα εκτιμώνται σε 35%-40%)
- καταναλώσεις μη μετρούμενων καταναλωτών (νοσοκομεία, σχολεία)
- παράνομες συνδέσεις με το δίκτυο
- χαλασμένοι μετρητές
- ζήτηση για κατάσβεση πυρκαγιών

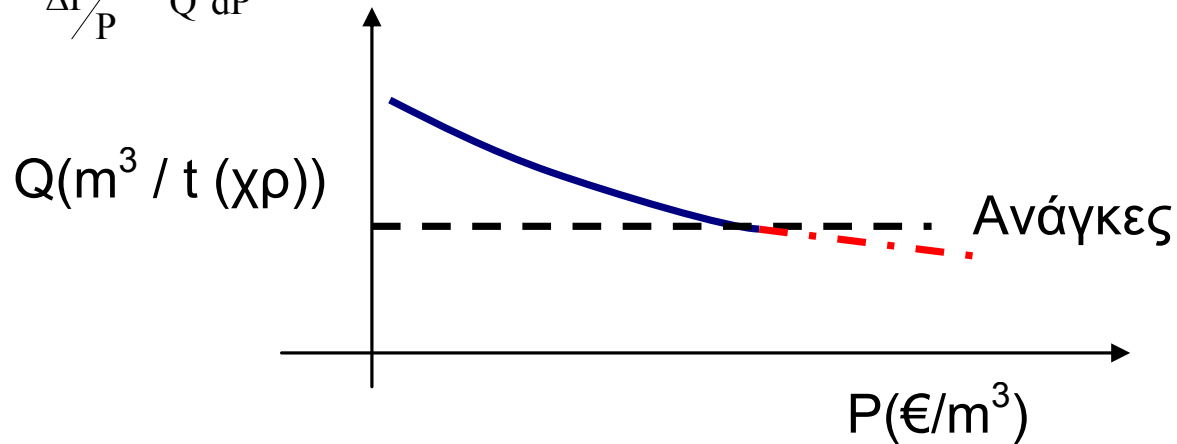
Παράδειγμα: Στη Σύμη μεταφέρονται 200.000 m<sup>3</sup> από τη Ρόδο ενώ εξοικονομούνται και άλλα 50.000 m<sup>3</sup> από πηγές του νησιού. Από τα συνολικά 250.000 m<sup>3</sup> μόνο τα 85.000 m<sup>3</sup> κοστολογούνται.

## Ελαστικότητα της ζήτησης

Θεωρώντας στο παραπάνω μοντέλο ότι μία μεταβλητή X είναι η τιμή του νερού προκύπτει P:

Ελαστικότητα στην ζήτηση = (Ποσοστό αλλαγής στο Q)/(Ποσοστό αλλαγής στο P)=

$$PE = \frac{\frac{\Delta Q}{Q}}{\frac{\Delta P}{P}} = \frac{P}{Q} \frac{dQ}{dP}$$



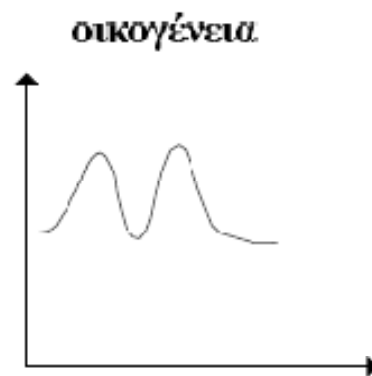
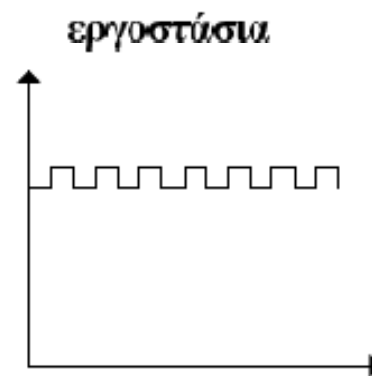
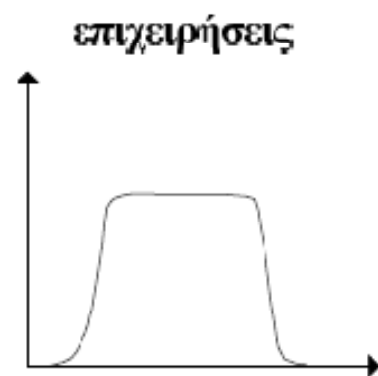
Προφανώς η καμπύλη ζήτησης δεν πρέπει να είναι κάτω από την καμπύλη των αναγκών για κοινωνικούς λόγους.

Ζήτηση, οικονομικό μέγεθος

# Ελαστικότητα της αστικής ζήτησης νερού, παράδειγμα εφαρμογής

- Το πλέον πετυχημένο παράδειγμα διαχείρισης της ζήτησης σε μεγάλη κλίμακα στη χώρα μας προκύπτει από τη διαχείριση της επταετούς ξηρασίας που έπληξε το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας στο τέλος της δεκαετίας του 1980 και το πρώτο μισό της επόμενης (Xenos et al., 2002). Με μια σειρά μέτρων, η μείωση της κατανάλωσης **έφτασε στο 1/3 της συνολικής**. Τα μέτρα αυτά ήταν οικονομικά (μεγάλη αύξηση των τιμών και κλιμάκωση του τιμολογίου με πολύ μεγάλες τιμές μονάδας στις μεγάλες καταναλώσεις), επικοινωνιακά (συνεχής και ειλικρινής ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του πληθυσμού), νομοθετικά και διοικητικά (απαγόρευση ποτίσματος γκαζόν και επιβολή προστίμων για τις παραβάσεις), καθώς και τεχνολογικά (μείωση των διαρροών, χρησιμοποίηση νερού δεύτερης ποιότητας από γεωτρήσεις ή ανακύκλωση για πότισμα δημοτικών πάρκων) (Κουτσογιάννης, 2014).

Διακύμανση της ζήτησης/ ημέρα (παράδειγματα)



# Εκτίμηση αστικής ζήτησης νερού (1)

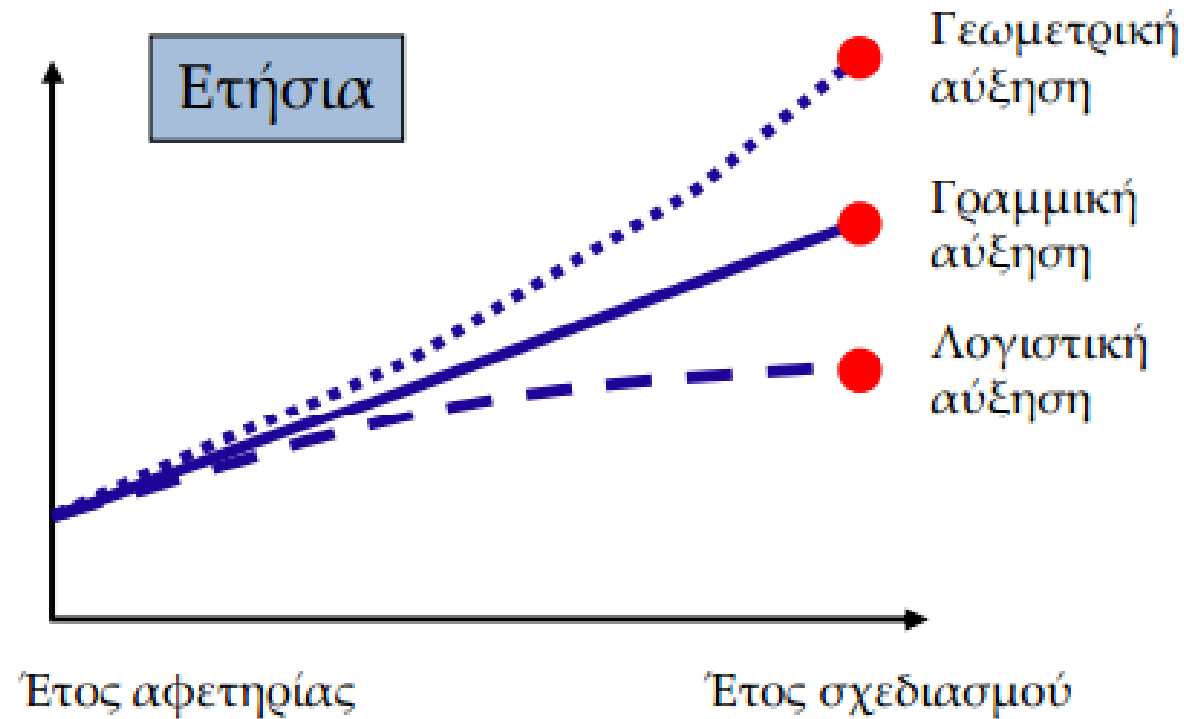
- Με βάση την πρόβλεψη του πληθυσμού και την κατανάλωση ανά άτομο
- Με βάση ένα μοντέλο πολλών μεταβλητών. Ζητούμενο η αστική ζήτηση νερού. Ανεξάρτητες μεταβλητές: π.χ. πληθυσμός (+), θερμοκρασία (+), τιμή (-), κ.ά και σενάρια για τις μελλοντικές τιμές των παραπάνω μεγεθών
- Αβεβαιότητα...



## Εκτίμηση αστικής ζήτησης νερού (2)

- Ζήτηση νερού, οικονομικό μέγεθος δεν ταυτίζεται κατ'ανάγκη με τις ανάγκες νερού
- Εξαρτάται από την τιμή του νερού και όχι μόνο
- Πρόβλεψη πληθυσμού, σενάρια
- Εξαγωγή συναρτησιακής σχέσης μεταξύ αστικής ζήτησης νερού (εξαρτημένη μεταβλητή) και άλλων μεταβλητών (π.χ. τιμή, πληθυσμός, υδρολογικά χαρακτηριστικά, οικονομικά χαρακτηριστικά κ.ά)
- Συνήθως: Μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης
- Προσδιορισμός της ζήτησης νερού με βάση το μοντέλο παλινδρόμησης και την πρόβλεψη του πληθυσμού
- Έμφυτη αβεβαιότητα στη διαδικασία.

# Σενάρια αύξησης πληθυσμού (Κουτσογιάννης και Ευστρατιάδης, 2014)



# Πρόβλεψη αστικής ζήτησης νερού

- *Μοντέλο της πολλαπλής παλινδρόμησης προκειμένου να προσδιορισθεί η ζήτηση νερού. Ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:*
  - *Ανάπτυξη σεναρίου (ή σεσάρια) πρόβλεψης μελλοντικού πληθυσμού.*
  - *Ανάπτυξη μοντέλου πολλαπλής παλινδρόμησης για το συνολικό προσδιορισμό της ζήτησης νερού (Τσακίρης, 2005), έλεγχος συσχέτισης και στατιστικής υπόθεσης (Ναλμπάντης, 2007). Στο μοντέλο ο πληθυσμός είναι μία μεταβλητή όχι η μοναδική. Π.χ. θα έχω ανεξάρτητες μεταβλητές, τον πληθυσμό, κλιματικές συνθήκες (π.χ. θερμοκρασία), εισοδηματικές, τιμή νερού ανά κυβικό, πυκνότητα πληθυσμού ανά τετραγωνικό κ.ά*
  - *Για διάφορα σεσάρια κλιματικών, κοινωνικο- οικονομικών εξελίξεων (π.χ. πληθυσμός, μέσο ετήσιο εισόδημα) αλλά και στρατηγικών διαχείρισης νερού (π.χ. τιμολόγηση νερού) προσδιορίζεται η ζήτηση νερού.*

# Εκτιμημένο Μοντέλο Παλινδρόμησης

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_k X_k$$

όπου :  $\hat{Y}$  = προβλεφθείσα τιμή της  $Y$

$b_0$  = εκτίμηση της σταθεράς της παλινδρόμησης

$b_1$  = εκτίμηση του συντελεστή 1 της παλινδρόμησης

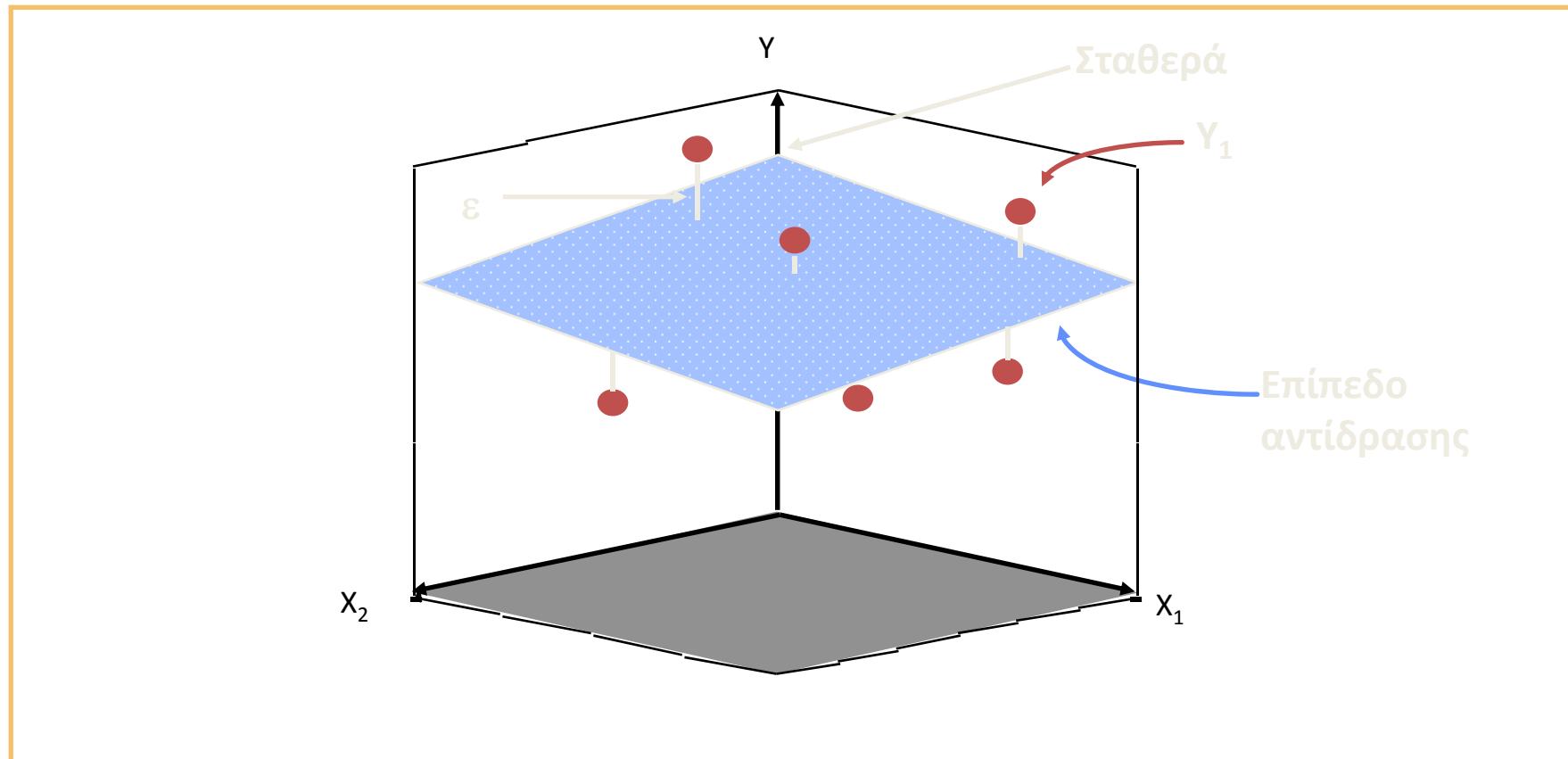
$b_2$  = εκτίμηση του συντελεστή 2 της παλινδρόμησης

$b_3$  = εκτίμηση του συντελεστή 3 της παλινδρόμησης

$b_k$  = εκτίμηση του συντελεστή  $k$  της παλινδρόμησης

$k$  = αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών

# Επίπεδο αντίδρασης για ένα μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης πρώτης τάξης, δυο ανεξάρτητων μεταβλητών



- Modelling of demand

$$Q = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) + u$$

Linear:  $Q = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_nX_n + u$

Logarithmic:  $\ln Q = b_0 + b_1 \ln X_1 + b_2 \ln X_2 + b_3 \ln X_3 + \dots + b_n \ln X_n + u$

Semi-logarithmic:  $Q = c_0 + c_1 \ln X_1 + c_2 \ln X_2 + c_3 \ln X_3 + \dots + c_n \ln X_n + u$

Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης  
(βελτιστοποίηση χωρίς περιορισμούς)

$$\begin{aligned}\text{Minimize } D &= \sum_{i=1}^n \epsilon_i^2 \\ \hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k & \\ &= \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \\ &= \sum_{i=1}^n [y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_{i1} + \dots + \hat{\beta}_k x_{ik})]^2\end{aligned}$$

(βελτιστοποίηση χωρίς περιορισμούς)  
Στο ακρότατο θα μηδενίζονται όλοι οι μερικοί παράγωγοι,  
μεταβλητές: οι συντελεστές παλινδρόμησης

$$\left[ \frac{\partial D}{\partial \beta_0} \right]_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ik}) = 0$$

$$\left[ \frac{\partial D}{\partial \beta_j} \right]_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ik}) x_{ij} = 0,$$



Επομένως καταλήγω στο παρακάτω σύστημα

$$\begin{array}{r}
 n\hat{\beta}_0 + \sum_{i=1}^n x_{i1}\hat{\beta}_1 + \sum_{i=1}^n x_{i2}\hat{\beta}_2 + \dots + \sum_{i=1}^n x_{ik}\hat{\beta}_k = \sum_{i=1}^n y_i \\
 \sum_{i=1}^n x_{i1}\hat{\beta}_0 + \sum_{i=1}^n x_{i1}^2\hat{\beta}_1 + \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2}\hat{\beta}_2 + \dots + \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{ik}\hat{\beta}_k = \sum_{i=1}^n y_i x_{i1} \\
 \vdots \\
 \sum_{i=1}^n x_{ik}\hat{\beta}_0 + \sum_{i=1}^n x_{ik}x_{i1}\hat{\beta}_1 + \sum_{i=1}^n x_{ik}x_{i2}\hat{\beta}_2 + \dots + \sum_{i=1}^n x_{ik}^2\hat{\beta}_k = \sum_{i=1}^n y_i x_{ik}
 \end{array}$$

Σε μητρωϊκή μορφή ορίζονται

$$y = X\beta + \epsilon$$

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix}$$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad \epsilon = \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{bmatrix}$$

Επομένως καταλήγω στο παρακάτω σύστημα (Mays and Tung, 1992)

$i, j = 1, 2, \dots, k$  και  $j = 1, 2, \dots, k$ .

In matrix form, the normal equations (6.3.12) can be expressed as

$$(\mathbf{X}^T \mathbf{X}) \hat{\boldsymbol{\beta}} = \mathbf{X}^T \mathbf{y} \quad (6.3.13)$$

in which  $T$  indicates the transpose of a matrix or a vector. Equation (6.3.13) can be solved for  $\hat{\boldsymbol{\beta}}$  to obtain the following mathematical expression of the ordinary least square regression coefficients,

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y} \quad (6.3.14)$$

in which  $\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k)^T$ . The  $(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1}$  is a square symmetric  $(k+1) \times (k+1)$  matrix whose inverse always exists if the independent variables are linearly independent; that is, no column of the  $\mathbf{X}$  matrix is a linear combination of the other columns.

Βιβλίο2 - Microsoft Excel

Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι **Δεδομένα** Αναθεώρηση Προβολή Acrobat

Από την Access Από το Web Από κείμενο Από άλλες προελεύσεις Υπάρχουσες συνδέσεις

Λήψη εξωτερικών δεδομένων

Συνδέσεις

Ανανέωση όλων Ιδιότητες Επεξεργασία συνδέσεων

Αναίμαξη Ταξινόμηση Φίλτρο

Απαλοιφή Νέα εφαρμογή Για προ...

Ταξινόμηση & φίλτρα

Κ7

1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8	38885	0.24	788	4572923						
9	39607	0.26	630	4958822						
10	41431	0.28	645	4901240						
11	42662	0.29	746	5098086						
12	43974	0.3	636	5228509						
13	45335	0.31	605	5408442						
14	46802	0.32	552	5957869						
15	48285	0.34	528	6088739						
16	50006	0.3	632	6075706						
17	51437	0.33	617	6131266						
18										
19										
20										
21										

Εξελ, δεδομένα, παλινδρόμηση,,,,

Ανάλυση δεδομένων

Εργαλεία ανάλυσης

- Έλεγχος F των διακυμάνσεων δύο δειγμάτων
- Ανάλυση Fourier
- Ιστόγραμμα
- Κυλιόμενος μέσος
- Γεννήτρια τυχαίων αριθμών
- Τάξη και εκατοστημόρια
- Παλινδρόμηση**
- Δαγματοληψία
- Έλεγχος t του μέσου δύο δειγμάτων συσχετισμένων ζευγών
- Έλεγχος t δύο δειγμάτων με υποτιθέμενες ίσες διακυμάνσεις

OK Ακυρο Βοήθεια



# Συντελεστής $R^2$

Ο συντελεστής αυτός ονομάζεται **συντελεστής προσδιορισμού** (coefficient of determination)  $R^2$  (R-Square) ο οποίος ερμηνεύεται ως το ποσοστό της μεταβλητότητας των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής που προσδιορίζεται από τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών, και δίνεται από τη σχέση:

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (7.9)$$

Μοντέλο (παλ/ση)

Μέσος όρος

όπου  $SS_{res}$  είναι το συνολικό άθροισμα τετραγώνων των σφαλμάτων της γραμμικής παλινδρόμησης στις παρατηρήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής και  $SS_{tot}$  είναι το συνολικό άθροισμα τετραγώνων των αποστάσεων των παρατηρήσεων της εξαρτημένης μεταβλητής από τη μέση τιμή της.

Η μέγιστη τιμή που μπορεί να λάβει το  $SS_{res}$  είναι ίση με το  $SS_{tot}$ , συνεπώς ο συντελεστής προσδιορισμού μπορεί να λάβει τιμές μεταξύ 0 και 1, όπου 0 σημαίνει καμία απολύτως ένδειξη συσχέτισης μεταξύ όλων μαζί των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης, πρακτικά αδύνατο να συμβεί, ενώ στην περίπτωση που  $R^2 = 1$ , κάτι που συμβαίνει εξαιρετικά σπάνια, αυτό μεταφράζεται ως τέλεια συσχέτιση όλων μαζί των ανεξάρτητων μεταβλητών με την εξαρτημένη.

Προφανώς ο συντελεστής προσδιορισμού μπορεί να εφαρμοσθεί και στην περίπτωση συσχέτισης δυο μόνο μεταβλητών μεταξύ τους, της εξαρτημένης και μιας μόνο ανεξάρτητης. Στην περίπτωση αυτή αποδεικνύεται ότι ο συντελεστής προσδιορισμού ισούται με τον συντελεστή συσχέτισης του Pearson:

$$R^2 = r_{XY}^2 \tag{7.10}$$

# Συντελεστής $R^2$

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (7.9)$$

μοντέλο

Μέσος όρος

Ο συντελεστής  $R^2$  χρησιμοποιείται ευρέως, όχι μόνο σε παλινδρόμηση, αλλά γενικά σε μοντέλα και τότε μπορεί να πάρει και αρνητικές τιμές που δείχνουν την ακαταλληλότητα του μοντέλου



# Αρδευτικές Ανάγκες σε νερό

- Με βάση τη (δυναμική) εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (δλδ θεωρώντας απεριόριστη διαθεσιμότητα νερού),  $ET_c$  (mm/ημέρα)
- Εξατμισοδιαπνοή (δυναμική) καλλιέργειας αναφοράς: η δυναμική εξατμισοδιαπνοή (με επάρκεια νερού), ομοιόμορφο γρασίδι ύψους 8 έως 15 cm,  $ET_0$  (mm/ημέρα)
- $ET_c = K_c ET_0$
- $K_c$  φυτικός συντελεστής (πίνακες) ανά μήνα και για κάθε καλλιέργεια
- Βασικός παράγοντας: θερμοκρασία (και όχι μόνο)
- Υδατικό ισοζύγιο: Αφαιρείτε η ενεργός βροχόπτωση, για τη χώρα μας έχει μικρές τιμές στην αρδευτική περίοδο (η ενεργός βροχόπτωση effective rainfall- δηλαδή η ποσότητα βροχής που κατεισδύει και δε γίνεται επιφανειακή απορροή)
- Λαμβάνεται υπόψη η απόδοση των δικτύων

## «Ελαστικότητα της ζήτησης», συνθήκες ξηρασίας

- Μπορούν να αφήνονται ακαλλιέργητες γεωργικές εκτάσεις με μονοετείς καλλιέργειες (συνδυασμός με αγρανάπαυση) ή να καλλιεργούνται με ξηρικές καλλιέργειες, ενώ το διαθέσιμο νερό πρέπει να διατίθεται στις πολυετείς καλλιέργειες για την αποφυγή ζημιών μεγάλης κλίμακας. Είναι αυτονόητο ότι αυτού του τύπου οι διευθετήσεις πρέπει να συνδυάζονται με κατάλληλο σύστημα γεωργικών ασφαλίσεων και αποζημιώσεων (Κουτσογιάννης, 2014)

# Διαχείριση της Αρδευτικής ζήτησης

- Η αρδευτική ζήτηση εξαρτάται κύρια από την θερμοκρασία
- Επιλογή καλλιεργειών
- Εκσυγχρονισμός δικτύων και πρακτικών στις αρδεύσεις (π.χ. αυτοματισμοί)
- Τιμολόγηση νερού
- Συνθήκες ξηρασίας
- Χρήση μη συμβατικών υδατικών πόρων

# Παραγωγικότητα νερού

- Όφελος (ή φυσικές μονάδες) (ετήσιο) ανά  $m^3$  νερού (ετήσιο) NB/W, ( $\text{€}/ m^3$ ).
- Εξαρτάται:
  - είδος καλλιέργειας
  - συνθήκες εδάφους και κλίματος στην περιοχή
  - διαθεσιμότητα νερού
  - πρακτική αρδεύσεων
  - οικονομικές πρακτικές
- Διακύμανση παραγωγικότητας νερού ανά περιοχή, αντικειμενικές και υποκειμενικές συνθήκες

## Παραγωγικότητα του Νερού

- μεγαλύτερη παραγωγή με λιγότερο νερό ( More crop per drop)-

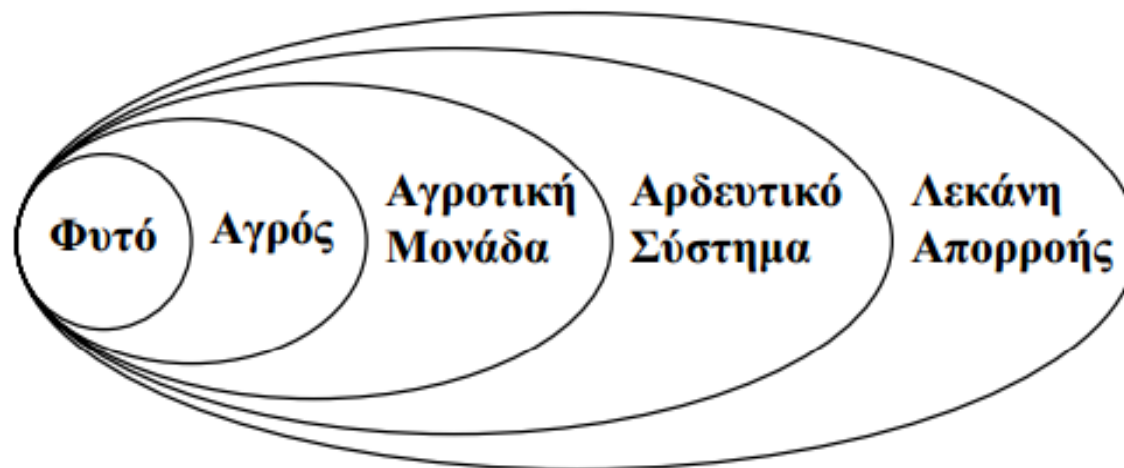
$$WP = \frac{\text{όφελος}}{\text{νερό}}$$

όφελος: σε φυσικούς ή οικονομικούς όρους

νερό: σε μονάδες όγκου νερού

Η κλίμακα επηρεάζει τον τρόπο υπολογισμού

- **Κλίμακες για τον υπολογισμό της παραγωγικότητας του νερού**



Τσακίρης, 2014

Τι πρέπει να γίνει στα αρδευτικά δίκτυα;

- μείωση απωλειών στα δίκτυα
- βελτίωση μεθόδων άρδευσης
- καλύτερα αποτελέσματα με επιστημονική υποστήριξη

Μείωση καταναλώσεων  
Αύξηση παραγωγικότητας

# Έπιες εναλλακτικές από περιβαλλοντική σκοπιά

**Μέτρα εξοικονόμησης νερού χωρίς άμεσο  
κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος**

- Εκσυγχρονισμός δικτύων ύδρευσης-άρδευσης
- Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων

**Τιμολόγηση νερού**

Δείκτες λειψυδρίας

# Δείκτης λειψυδρίας Rws

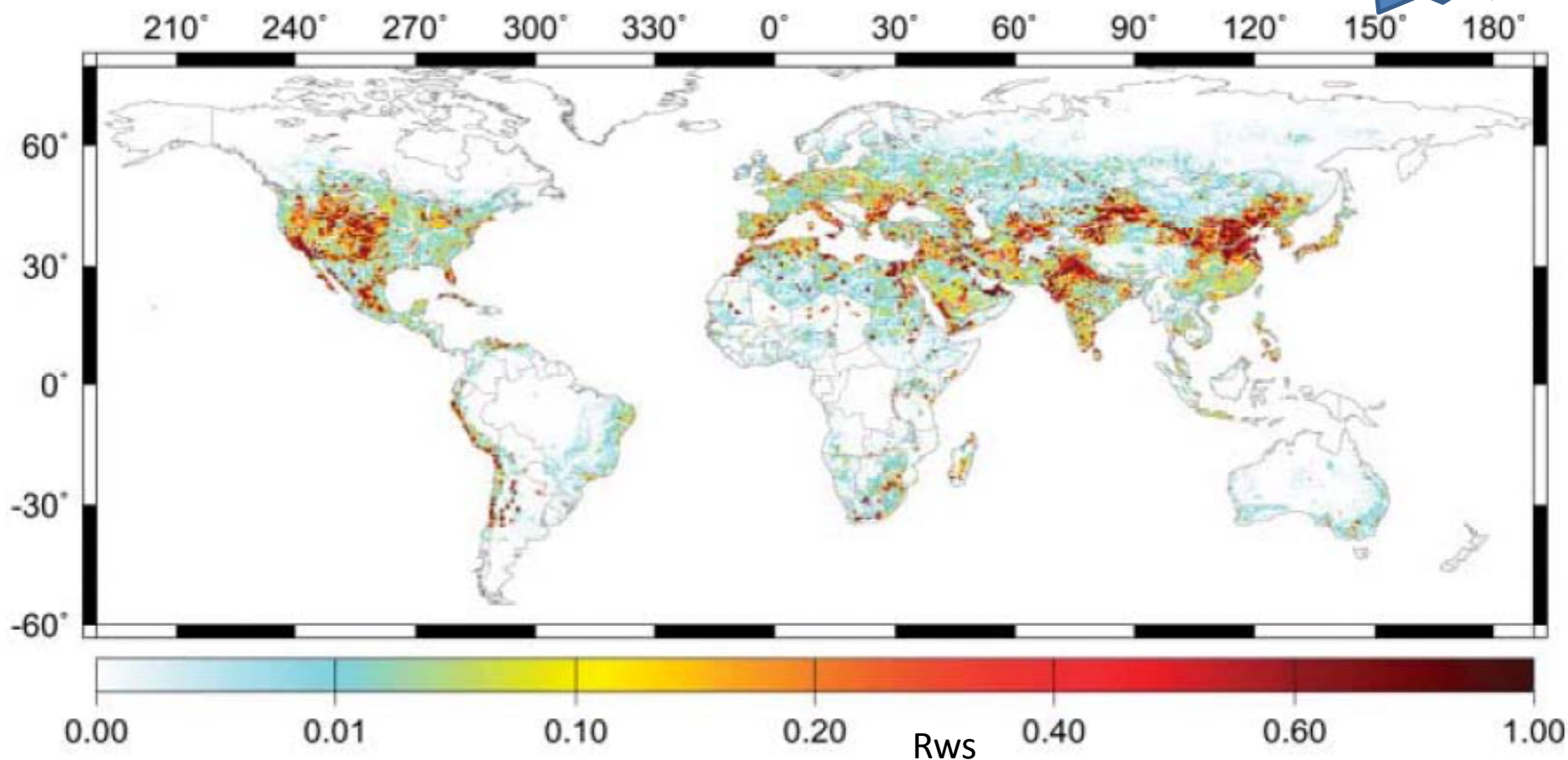
$(Rws > 0.4) = \text{Water Stress}$

$Rws =$

«απόσυρση (χρήση) νερού– αφαλάτωσης νερό

Ανανεώσιμες ετήσιες ποσότητες νερού

Κατώφλι  
40%



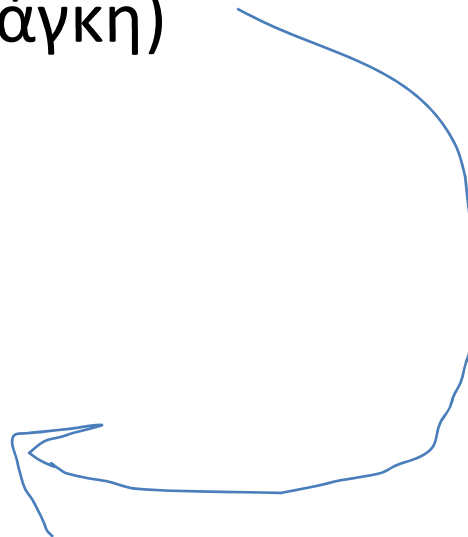


# Water Stress Indicator (WSI)

- Παλιά και νέα αντίληψη/ παραλλαγές
  - Χρήση νερού/(μέση ετήσια απορροή)
  - Χρήση νερού/(μέση ετήσια απορροή-περιβαλλοντική ανάγκη)

$$WSI = \frac{Withdrawals}{MAR}$$

$$WSI = \frac{Withdrawals}{MAR - EWR}$$



# Κατώφλια από τη διεθνή βιβλιογραφία

**Table 4. Categorization of environmental water scarcity (Smakhtin, et al., 2005)**

<b>WSI (proportion)</b>	<b>Degrees of Environmental Water Scarcity of River Basins</b>
WSI > 1	<i>Overexploited</i> (current water use is tapping into EWR)—environmentally water scarce basins.
$0.6 \leq \text{WSI} < 1$	<i>Heavily exploited</i> (0 to 40% of the utilizable water is still available in a basin before EWR are in conflict with other uses)—environmentally water stressed basins.
$0.3 \leq \text{WSI} < 0.6$	<i>Moderately exploited</i> (40% to 70% of the utilizable water is still available in a basin before EWR are in conflict with other uses).
WSI < 0.3	<i>Slightly exploited</i>

# Water Stress Indicator (WSI) ως δείκτης τρωτότητας στη λειψυδρία

- Ο δείκτης Water Stress Indicator (WSI) θα μπορούσε να ειδωθεί και ως ένας **δείκτης τρωτότητας στη λειψυδρία**
- Ξηρασία, μία μη μόνιμη περίπτωση λειψυδρίας: όταν Water Stress Indicator (WSI) έχει υψηλές τιμές υπάρχει **μειωμένη εφεδρεία σε περίπτωση ξηρασίας**---→ **αυξημένη τρωτότητα στη ξηρασία**
- Σε περίπτωση κλιματικής αλλαγής, υπάρχει **μειωμένη εφεδρεία** → **αυξημένη τρωτότητα στην κλιματική αλλαγή**

# Τυπική αστική χρήση νερού

- 100-600L/άτομο/day (υψηλό εισόδημα)
- 50-100L/ άτομο /day (χαμηλό εισόδημα)
- 10-40L/ άτομο /day (σπανιότητα νερού)

- Προσοχή, δεν χρησιμοποιώ τους πολλαπλασιαστικούς συντελεστές της ύδρευσης (υδραυλική, μέγιστη στιγμιαία)



# Λειψυδρία

- Πρώτη αδρομερή εκτίμηση με βάση μέσες τιμές και την κατανάλωση κατ' άτομο.
- Αστική απαίτηση(?):
  - $100\text{L}/\text{person}/\text{day} = 40\text{m}^3/\text{person}/\text{year}$
  - $600\text{L}/\text{person}/\text{day} = 240\text{m}^3/\text{person}/\text{year}$
- Προσθέτω αγροτική ενεργειακή και βιομηχανική χρήση που αντιστοιχεί καθ' άτομο:
  - $20 \times 40\text{m}^3/\text{person}/\text{year} = 800\text{m}^3/\text{person}/\text{year}$
- Ολικές ανάγκες:
  - $840\text{m}^3/\text{person}/\text{year}$
  - $1040\text{m}^3/\text{person}/\text{year}$

# Falkenmark Indicator

Με βάση τις χρησιμοποιούμενες ποσότητες νερού ανά κάτοικο

- Water scarcity (Λειψυρία):  $<1000 \text{ m}^3 / \text{person}/\text{year}$ 
  - Χρόνια και εκτεταμένης χωρικής έκτασης προβλήματα
- Water stress:  $<1700 \text{ m}^3 / \text{person}/\text{year}$ 
  - Τοπικά προβλήματα
- Επάρκεια:  $>1700 \text{ m}^3 / \text{person}/\text{year}$
- Απόλυτη λειψυδρία :  $<500 \text{ m}^3 / \text{person}/\text{year}$
- Ο δείκτης ενσωματώνει τη διαθεσιμότητα νερού για παραγωγή τροφής

## Global water scarcity -2030

---

62% \* of world population

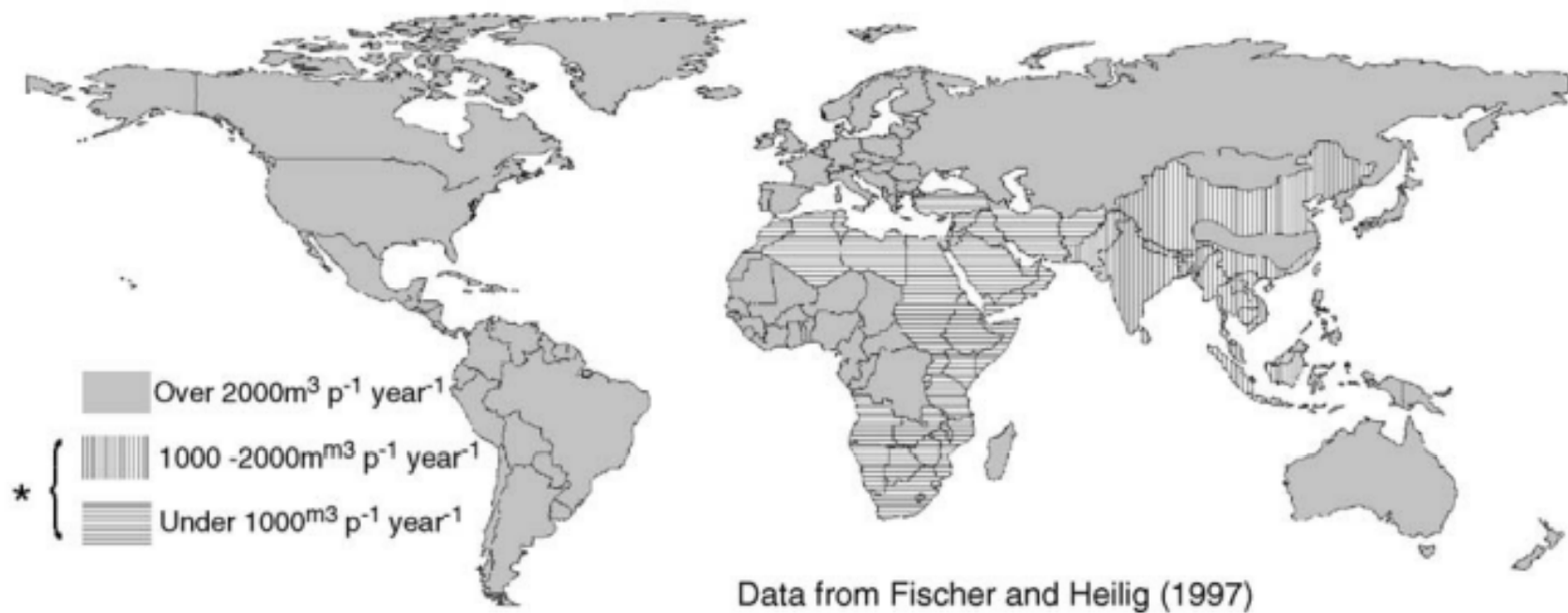


Fig. 1. Water scarcity in 2030 based on the Falkenmark indicator. (Source: Wallace, 2000).

# Μέλλον?

