

# Εισαγωγή στο μάθημα Εγγειοβελτιωτικά έργα

Εισαγωγή-Βασικές Έννοιες-

Δρ Μ.Σπηλιώτη  
Επίκουρου Καθηγητή ΔΠΘ

Γενικά-ιστορική αναδρομή

# Ιστορική αναδρομή

- Γεωργική επανάσταση
- Σημασία των υδραυλικών έργων (αρδευτικά δίκτυα) στους πρώτους πολιτισμούς στη Μεσοποταμία, το Νείλο και την Κίνα
- Καταστροφή του πολιτισμού των Μάγια από ξηρασίες
- Αριστοτέλης: μελέτη για τις συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου
- Αρχαίες πόλεις και επίπεδο υγιεινής
- Μεγάλα υδραυλικά έργα από τους ρωμαίους, υψηλής ανθεκτικότητας
- Πτώση υγιεινής στη Δύση κατά το Μεσαίωνα και επιδημίες σε αστικούς πληθυσμούς
- Ανεπάρκεια γνώσεων και στασιμότητα
- Αναγέννηση

Ανάπτυξη κρατών και πολιτισμών είχαν ως προϋπόθεση την ανάπτυξη έργων και μέτρων διαχείρισης υδατικών πόρων

# Ρωμείο Υδραγωγείο - ιστορικές στρεβλώσεις



**Επίσης,  
Μεγάλα  
Υδραυλικά  
έργα  
Αράβων**



# Νεώτερη ώθηση

- Δημιουργία αποχετευτικών δικτύων στις Δυτικές μητροπόλεις
- Βιομηχανική επανάσταση
- Μεγάλη ώθηση της επιστήμης και της τεχνικής, Υδραυλικής
  - Χρήση αντλιών
  - Κατασκευή φραγμάτων
  - Επινόηση της Υδρολογίας
  - Εγκαταστάσεις υγιεινής
- Ανεπτυγμένες χώρες του Βορρά, υπερέπάρκεια υδατικού δυναμικού, πρόβλημα ποιότητας σε αντίθεση με το Νότο
- Επινόηση της συστημικής προσέγγισης, διαχείριση υδατικών πόρων
- Προκλήσεις
  - Κλιματική αλλαγή
  - Αύξηση πληθυσμού
  - Οικονομική ξηρασία
- Ολοκληρωμένη διαχείριση και προσαρμοστική διαχείριση

# Εγγειοβελτιωτικά έργα στην Ελληνική πραγματικότητα

- Βασική προϋπόθεση ανάπτυξης αρχαίων πολιτισμών
- Ελλάδα πρώτο εγγειοβελτιωτικό: 1856
- Μεγάλη ώθηση εξαιτίας του προσφυγικού προβλήματος
- Πτώση στη δεκαετία 40-50
- Σημαντική αύξηση μέχρι το 1980
- Προβλήματα σωστής ένταξης των εγγειοβελτιωτικών έργων στη ΔΥΠ
- Προβλήματα κακής συντήρησης και κακής λειτουργίας
- Ανταγωνιστικότητα ελληνικής γεωργίας και παραγωγική ανασυγκρότηση

# Εγγειοβελτιωτικά έργα

Με τον όρο *εγγειοβελτιωτικά έργα* εννοούμε όλα τα έργα που έχουν ως σκοπό την ανάπτυξη και διατήρηση των υδατικών, εδαφικών και γεωργικών πόρων. Με ένα τέτοιο γενικό ορισμό στα εγγειοβελτιωτικά έργα υπάγονται όλα σχεδόν τα έργα υδραυλικά και άλλα που γίνονται στις γεωργικές εκτάσεις.

Τα εγγειοβελτιωτικά έργα συναντώνται είτε ως αυτοτελή είτε σε συνδυασμό με άλλα έργα υδατικών πόρων που αποβλέπουν σε άλλους σκοπούς (π.χ. ύδρευση οικισμών, παραγωγή ενέργειας). Τα σύνθετα αυτά έργα είναι γνωστά ως έργα πολλαπλού σκοπού. Οι σύγχρονες τάσεις κάτω από την επίδραση των γενικότερων οικονομοτεχνικών συνθηκών ευνοούν την κατασκευή έργων πολλαπλού σκοπού.

# Άρδευση - Στραγγίση

Με τον όρο *Άρδευση* εννοούμε συνήθως την προσαγωγή νερού στις καλλιέργειες με τεχνικά μέσα με σκοπό την κανονική τους ανάπτυξη και απόδοση.

Αντίθετα με τον όρο *Στραγγίση* εννοούμε τη διαδικασία απομάκρυνσης του πλεονάζοντος νερού από τις γεωργικές εκτάσεις με τεχνικά μέσα και μεθόδους με σκοπό την ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών. Δευτερογενής αλλά εξ ίσου σπουδαίος είναι ο ρόλος των αρδεύσεων και των στραγγίσεων για τη διατήρηση των εδαφικών γεωργικών πόρων.

Στα αρδευτικά έργα διακρίνουμε συνήθως τα εξής μέρη:

1. Έργα συλλογής, αποθήκευσης ή υδροληψίας
2. Σύστημα μεταφοράς και διανομής του αρδευτικού νερού
3. Σύστημα εφαρμογής.

Αν το αρδευτικό έργο συνοδεύεται με το αντίστοιχο στραγγιστικό διακρίνουμε επί πλέον τα εξής μέρη:


4. Δίκτυο συλλογής και απομάκρυνσης του πλεονάζοντος νερού και
5. Έργο απόθεσης στον τελικό αποδέκτη.



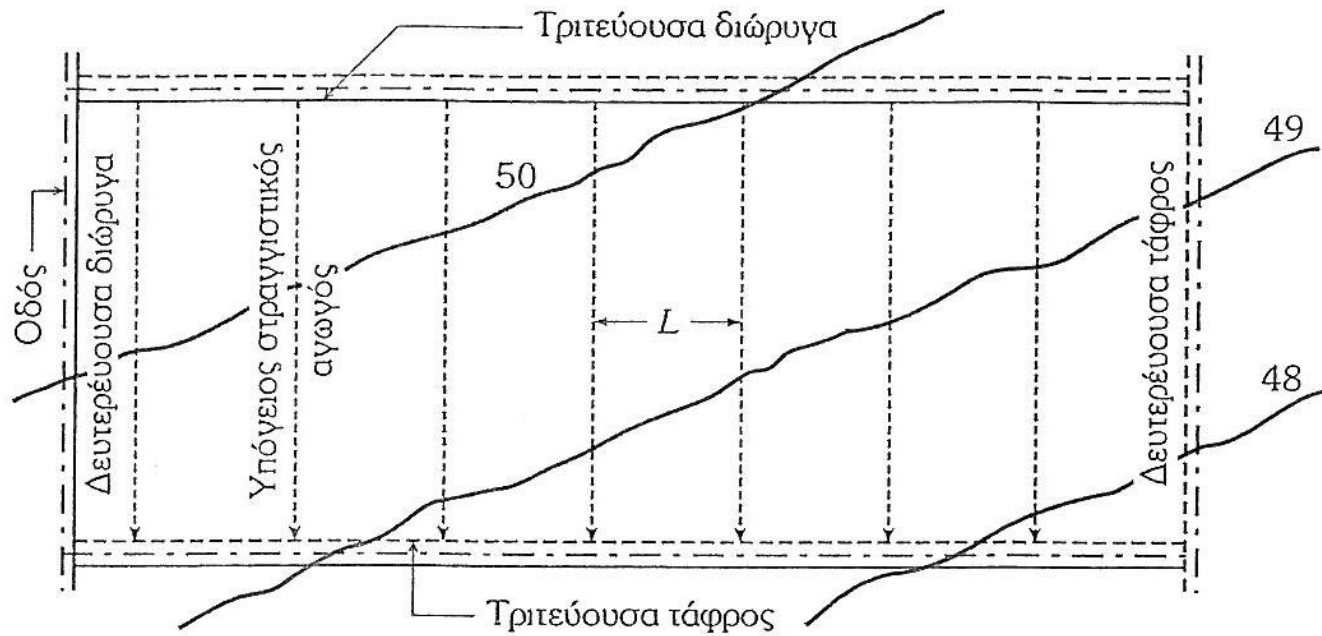
# Στράγγιση

Ο σκοπός της στράγγισης των γεωργικών εκτάσεων είναι η απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού, είτε στην επιφάνεια του εδάφους, είτε στο ριζόστρωμα των καλλιεργειών για την αποτροπή δυσμενών συνεπειών στην ανάπτυξή τους. Για παράδειγμα, ο κορεσμός της ζώνης ριζοστρώματος που μπορεί να προκληθεί από άνοδο της φρεατικής στάθμης λόγω διήθησης των νερών της βροχής ή της άρδευσης ή από εισροή υπόγειου νερού από παρακείμενη υψηλότερη περιοχή, δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες για τα φυτά με αποτέλεσμα το ριζικό τους σύστημα σταδιακά να σαπίσει. Σε ξηρές περιοχές η στράγγιση εξασφαλίζει την παρεμπόδιση της συγκέντρωσης αλάτων ως και την απομάκρυνσή τους από το ριζόστρωμα (έκπλυση με ποσότητα νερού πλέον της αρδευτικής δόσης, που θα απομακρυνθεί στη συνέχεια μέσω του στραγγιστικού δικτύου).

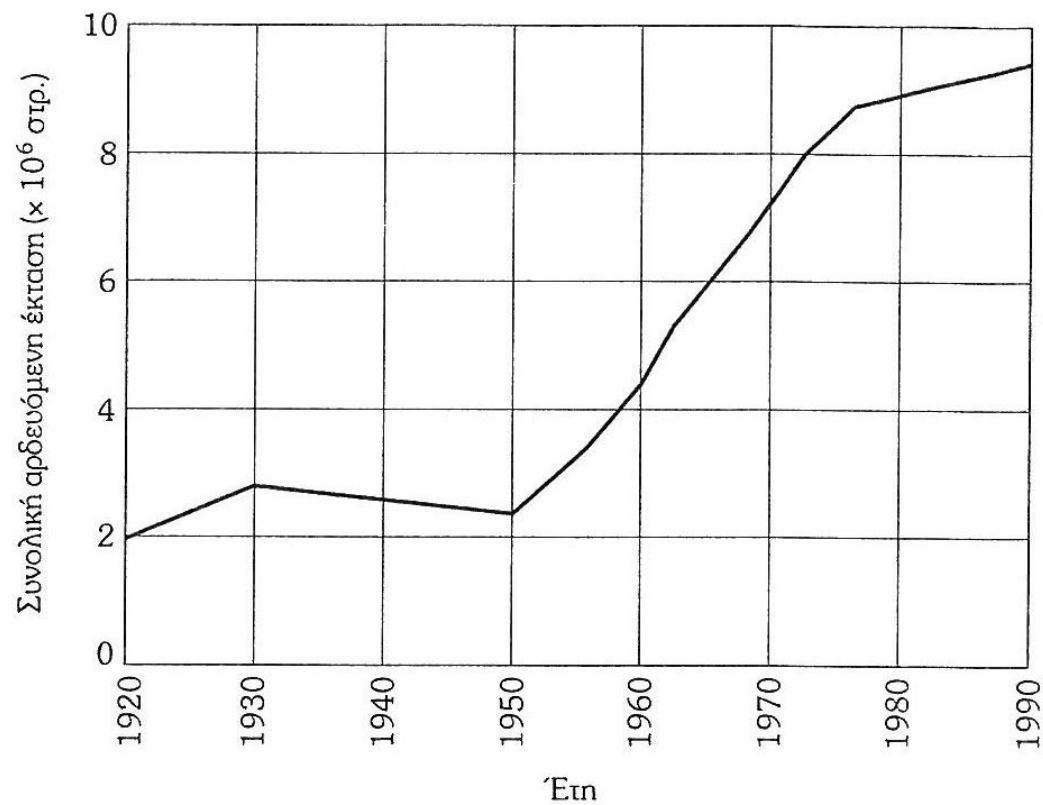
Η απομάκρυνση των επιφανειακών νερών γίνεται συνήθως με ένα δίκτυο τάφρων ή άλλων επιφανειακών αγωγών. Η απομάκρυνση όμως του νερού από το ριζόστρωμα και ο έλεγχος της φρεατικής στάθμης (ανώτατη κορεσμένη επιφάνεια του υπόγειου υδροφορέα όπου το νερό βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση), απαιτεί ένα δίκτυο υπόγειων κλειστών στραγγιστικών αγωγών γνωστών με το όνομα «στραγγιστικοί σωλήνες» ή «σωληνωτά ντραίνα» ή εν συντομία «ντραίνα».



Παράδειγμα  
γλάστρας  
με οπή



**Σχ. 9.1:** Τυπική διάταξη στραγγιστικών αγωγών σ' ένα επιφανειακό δίκτυο άρδευσης.



**Σχ. 1.1:** Η εξέλιξη των Αρδεύσεων στην Ελλάδα (1929-1976) (Τσακίρης, 1991).

# Δυνατότητες και προοπτικές

Η συνολική αρδευόμενη έκταση της χώρας μέχρι το 1977 υπολογίζεται σε  $9.8 \times 10^6$  στρέμματα από την οποία 43% αρδεύεται με καταιονισμό και η υπόλοιπη με επιφανειακή άρδευση. Η έκταση αυτή αποτελεί το 22.5% της όλης γεωργικής γης που υπολογίζεται σε  $39 \times 10^6$  στρέμματα και το 24.8% της καλλιεργούμενης γης που φτάνει στα  $35.8 \times 10^6$  στρέμματα. Πιστεύεται ότι οι υδατικοί πόροι της χώρας επαρκούν για την πλήρη ικανοποίηση από πλευράς αναγκών σε νερό για την επέκταση των αρδεύσεων σε  $16 \times 10^6$  στρέμματα δηλαδή το 45% της καλλιεργούμενης γης της χώρας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η από καθαρά συλλογικά αρδευτικά έργα η αρδευόμενη έκταση το 1977 αντιπροσωπεύει μόλις το 41% της συνολικά αρδευόμενης έκτασης. Η υπόλοιπη έκταση αρδεύονταν από μικρά ιδιωτικά ή συνεταιριστικά έργα (Παπαδόπουλος και Σαλάπας, 1978).

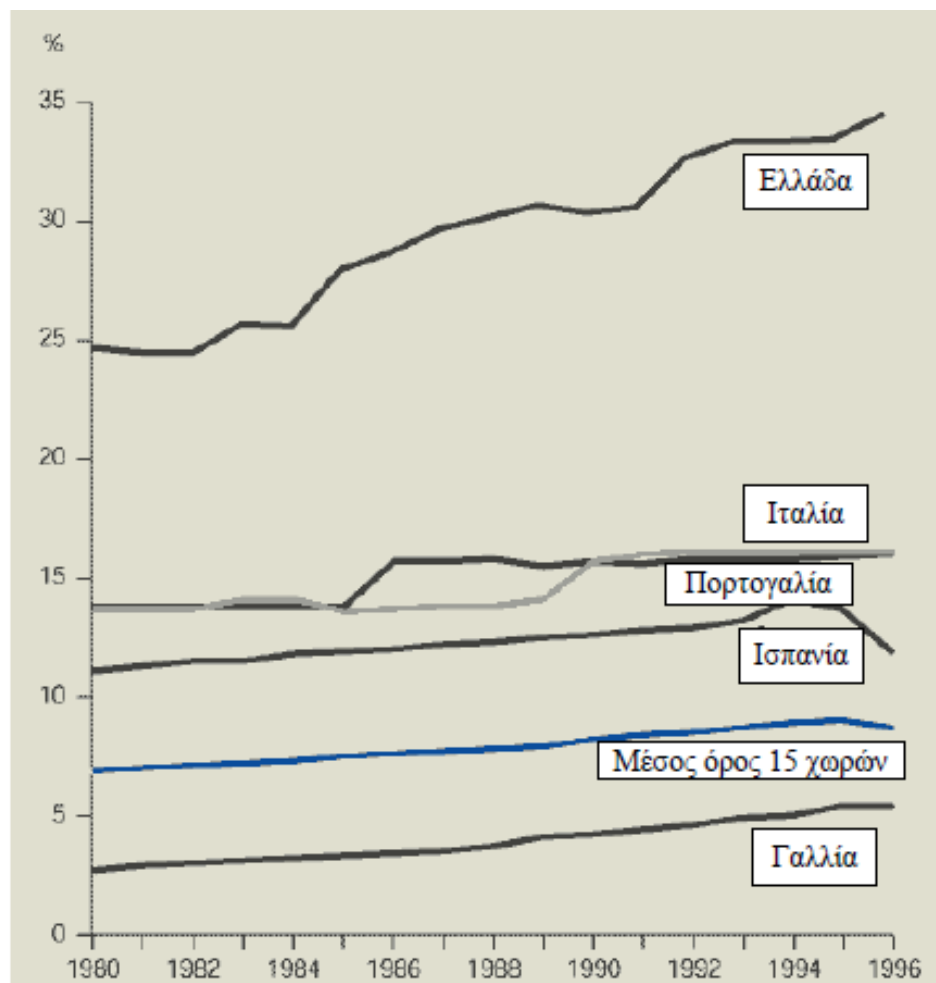
# Υφισταμένη κατάσταση – ποσοτική

- Ετήσια κατανάλωση ύδατος:  $5,5 \times 10^9 \text{ m}^3$
- Κατανάλωση στη γεωργία:  $4,7 \times 10^9 \text{ m}^3$

# Η ελληνική γεωργία καταναλώνει 12 λίμνες Πλαστήρα το χρόνο!!



Όγκος λίμνης Πλαστήρα: 400,000,000 m<sup>3</sup>



Σχ. 1 Αρδευόμενη επιφάνεια ως ποσοστό της συνολικής για διάφορες χώρες της Ευρώπης (Πηγή: FAO, Eurostat/NewCronos).

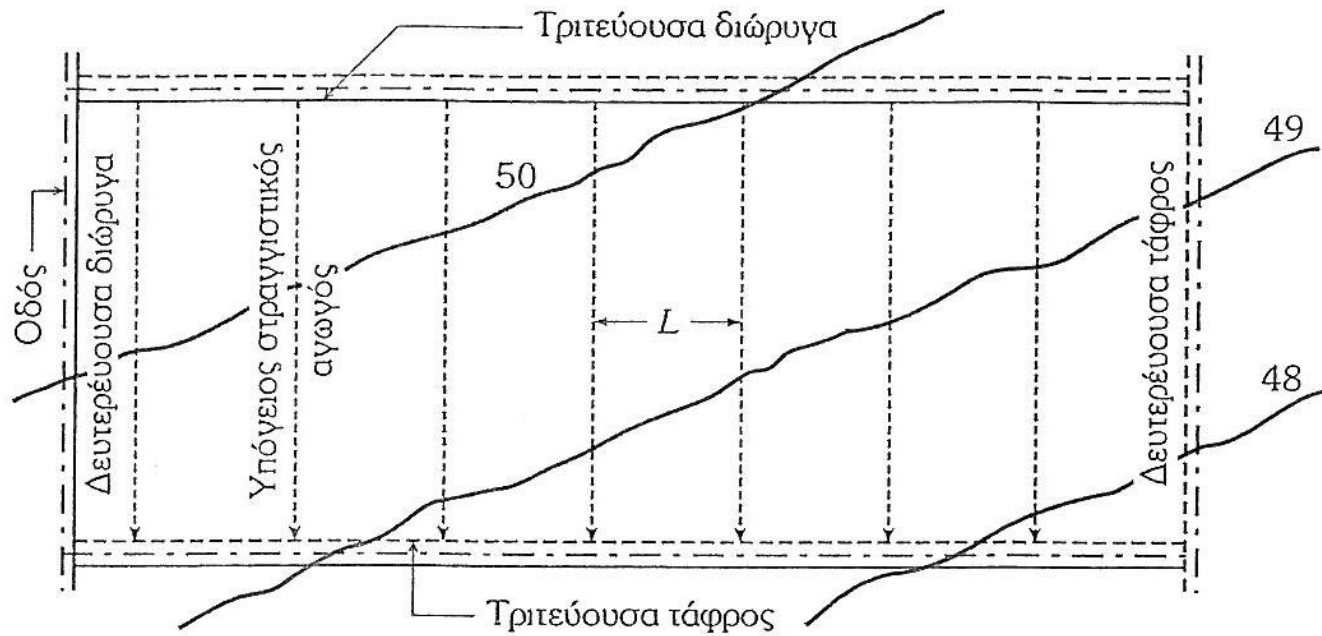
# Νεώτερη εκτίμηση κατά Κουτσογιάννη, 2015

Συγκεκριμένα, το ποσοστό των αρδευόμενων γεωργικών γαιών στην Ελλάδα ανέρχεται στο 32% του συνόλου, ενώ περίπου το 60% των πεδινών εδαφών αρδεύεται (Ελληνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης, 2001). Ειδικότερα, από τα συλλογικά εγχειριστικά έργα αρμοδιότητας του Υπουργείου Γεωργίας αρδεύεται ποσοστό 40% της συνολικά αρδευόμενης έκτασης, δηλαδή 5 200 000 στρέμματα επί συνόλου 13 200 000. Από αυτά το 35–40% με επιφανειακές μεθόδους, το 50–55% με συστήματα καταιονισμού, και το 10% με στάγδην άρδευση και λοιπά συστήματα μικροαρδεύσεων (Υπουργείο Γεωργίας, 2002). Το υπόλοιπο 60% των αρδευόμενων εκτάσεων της χώρας αρδεύεται από ιδιωτικά αρδευτικά έργα (Υπουργείο Γεωργίας, 2002). Αν και τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση στα ποσοστά και του καταιονισμού και της στάγδην άρδευσης (π.χ. στην Κρήτη η στάγδην άρδευση φτάνει το 80%· Περιφέρεια Κρήτης, 2002), η αποτελεσματικότητα των αρδεύσεων έχει ακόμα σημαντικά περιθώρια βελτίωσης.



# Συλλογικά και ατομικά δίκτυα στον Ελλ. χώρο

- Συλλογικά δίκτυα, από επιφανειακούς υδατικούς πόρους
- Ιδιωτικά έργα, σχεδόν πάντα από υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, πολλές φορές με μη μελετημένο ή και παράνομο τρόπο → μη βιώσιμη αξιοποίηση υδατικού πόρου



**Σχ. 9.1:** Τυπική διάταξη στραγγιστικών αγωγών σ' ένα επιφανειακό δίκτυο άρδευσης.

# Εγκατάλειψη υποδομών...

6



Σχ. 2 Χαρακτηριστική εικόνα που προδίδει μειωμένη φροντίδα και συντήρηση ενός αντλιοστασίου στην περιοχή των εγγειοβελτιωτικών έργων του Κάτω Αχελώου.

Κουτσογιάννης, 2015

**Πίν. 1** Χρήση νιτρικών και φωσφορικών λιπασμάτων στα 15 κράτη-μέλη της ΕΕ, στην Ισλανδία και στη Νορβηγία (kg/ha γεωργικής γης).

	1980	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Αυστρία	70.5	72.8	60.4	58.7	54.5	53.6	52.2	52.9	48.6
Βέλγιο/Λουξεμβούργο	191.6	188.6	177.9	167.4	155.1	148.3	146.8	145.8	145.8
Δανία	167.0	172.1	173.4	160.9	144.0	138.8	136.4	124.7	125.6
Φιλανδία		139.9	126.6	95.5	101.3	111.1	110.9	119.2	117.8
Γαλλία	123.5	123.2	125.5	125.6	105.0	107.4	111.1	113.9	119.2
Γερμανία			132.9	130.7	128.0	118.1	129.3	125.2	125.4
<b>Ελλάδα</b>	<b>126.1</b>	<b>160.4</b>	<b>156.2</b>	<b>148.5</b>	<b>145.0</b>	<b>119.7</b>	<b>120.2</b>	<b>123.9</b>	<b>127.4</b>
Ιρλανδία	73.6	78.2	112.1	111.2	111.0	121.9	125.6		
Ιταλία	99.9	98.2	88.1	92.6	90.7				
Ολλανδία	280.0	287.8	231.4	234.5	230.8	221.6	237.2	229.7	233.8
Πορτογαλία		45.3	57.3	51.9	51.2	50.4	50.3	52.1	56.9
Ισπανία	50.6	52.4	59.3	56.6	47.0	54.5	57.8	55.2	57.8
Σουηδία		132.2	78.8	65.0	77.0	83.3	78.7	85.6	79.3
Βρετανία	89.0	110.5	106.7	97.7	89.1	96.0	102.2	100.6	101.2
Ισλανδία	10.2	8.7	7.7	8.0	8.5	7.8	7.2		
Νορβηγία	184.4	168.4	149.2	143.4	140.3	137.0	137.6		
<b>Μέσος όρος</b>	<b>108.2</b>	<b>111.5</b>	<b>104.0</b>	<b>100.9</b>	<b>92.6</b>	<b>93.8</b>	<b>97.2</b>	<b>96.9</b>	<b>96.8</b>
<b>Μέσος όρος ΕΕ</b>	<b>109.3</b>	<b>112.7</b>	<b>105.3</b>	<b>102.1</b>	<b>93.7</b>	<b>94.9</b>	<b>98.5</b>	<b>98.1</b>	<b>98.0</b>

Πηγή: Έκθεση για τη Γεωργία του European Environment Agency (2000), ΓΓΕΤ (2001).

# Βασικές έννοιες στη ΔΥΠ

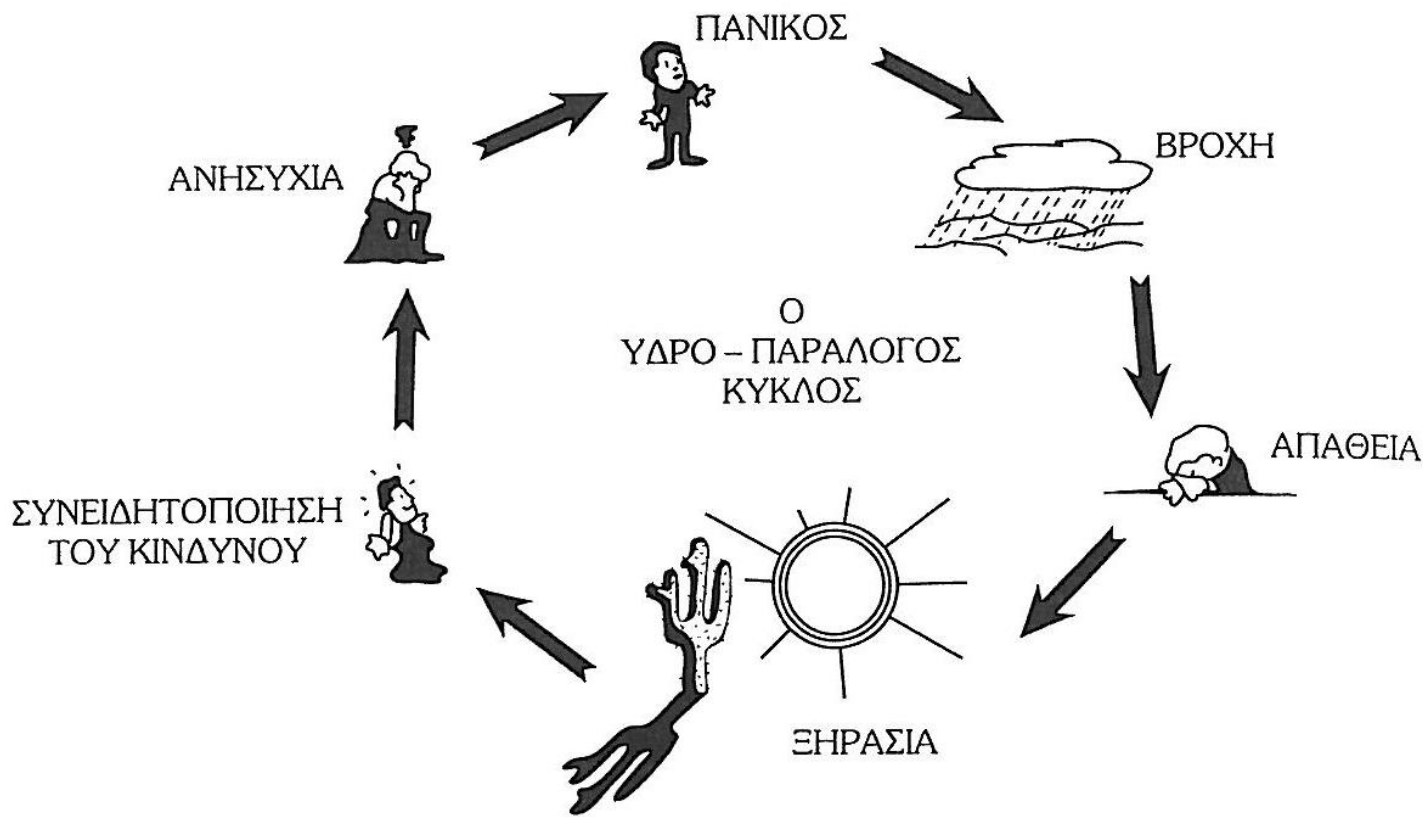
# Λειψυδρία

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

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)



**Σχ. 13.1:** Ο "υδρο-παράλογος" κύκλος της ξηρασίας.

Το φαινόμενο της ξηρασίας σε αντίθεση με άλλα ακραία γεγονότα όπως πλημμύρες, καταιγίδες κλπ, έχει συνήθως μεγάλη χρονική διάρκεια χωρίς εύκολα να διακρίνεται η αρχή και το τέλος της.

- Γενικός ορισμός Ξηρασίας (για ένα υδατικό σύστημα)

Φαινόμενο κατά τη διάρκεια εμφάνισης του οποίου το υδατικό σύστημα βρίσκεται κάτω από ένα κρίσιμο επίπεδο σε σχέση με την κανονική του λειτουργία.

για ένα κρίσιμο χρονικό διάστημα και έκταση...

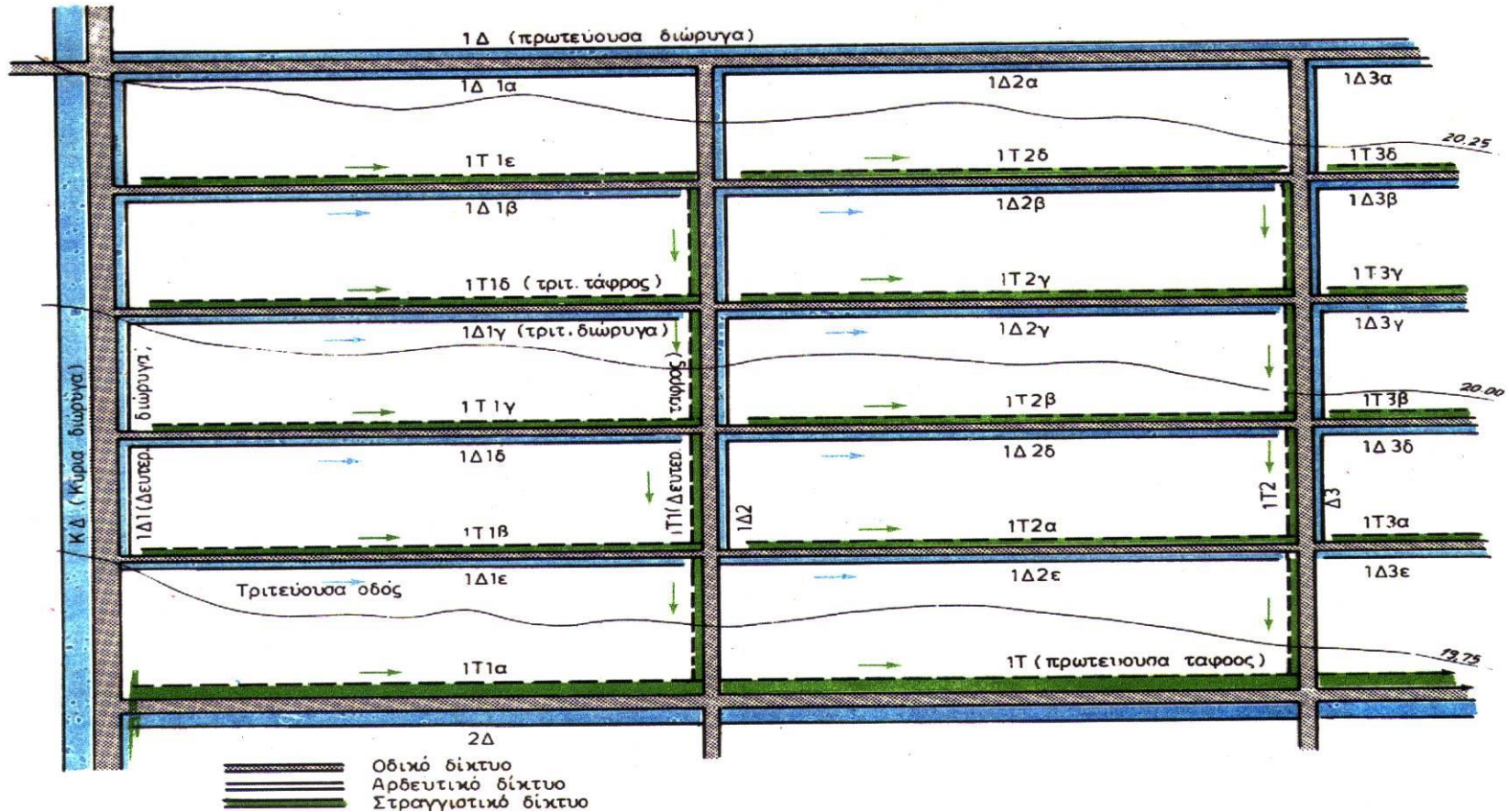
- Συντελεί σε υδατικό έλλειμμα και άρα σε λειψυδρία
- Σε αντίθεση με τις πλημύρες καταλαμβάνει μεγάλη χρονική έκταση
- Μη πλήρως «αντιμετωπίσιμο» φαινόμενο, μετριασμός επιπτώσεων μείωση τρωτότητας



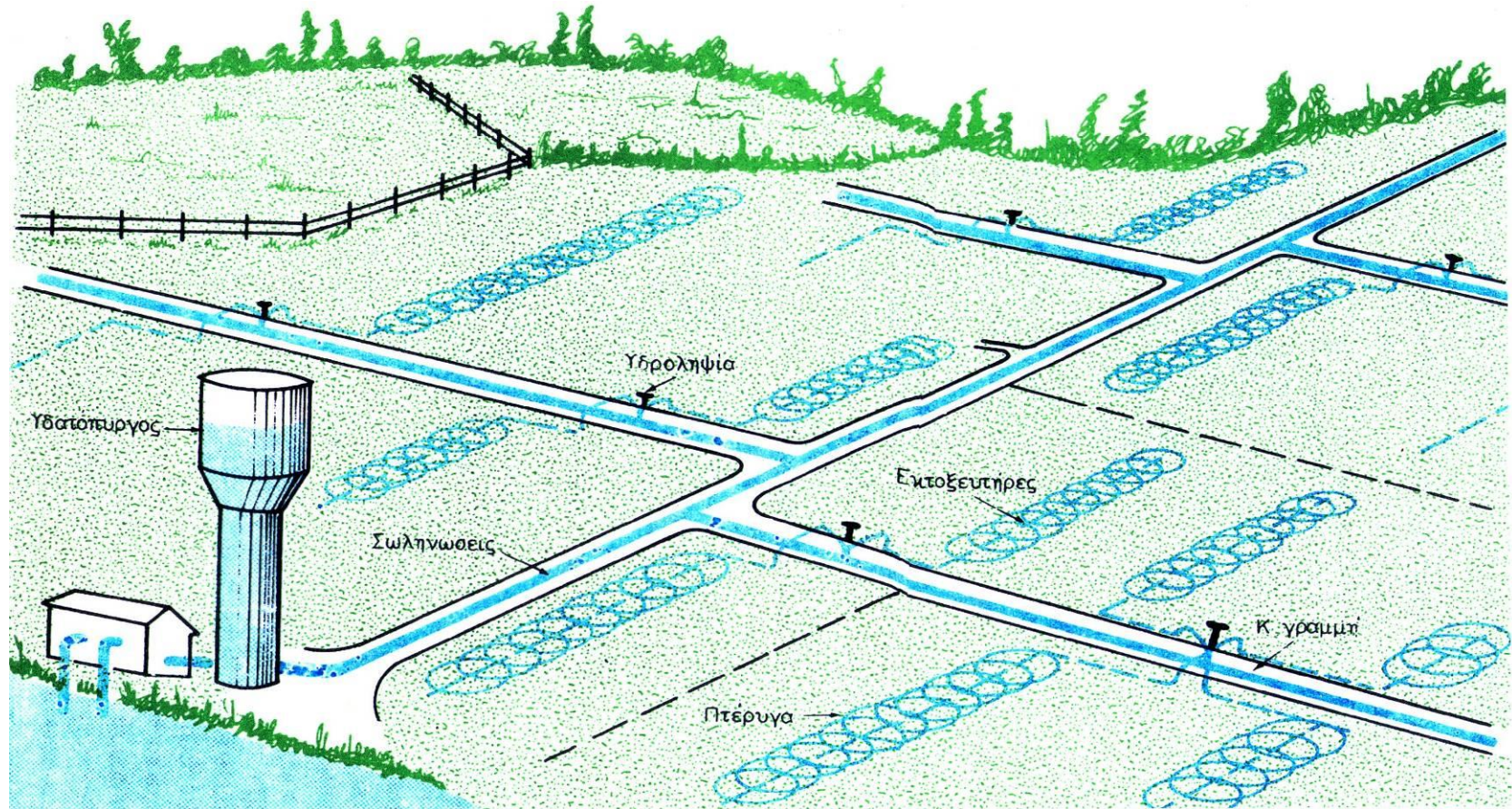
# Οι δύο προβληματικές

- Άρδευση στο αγροτεμάχιο:
  - Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης
  - Καταιονισμός στάγδην άρδευση
- Τρόπος μεταφοράς νερού
  - Κλειστοί αγωγοί υπό πίεση
  - Διώρυγες (ανοικτοί αγωγοί)
  - Μεικτό σύστημα

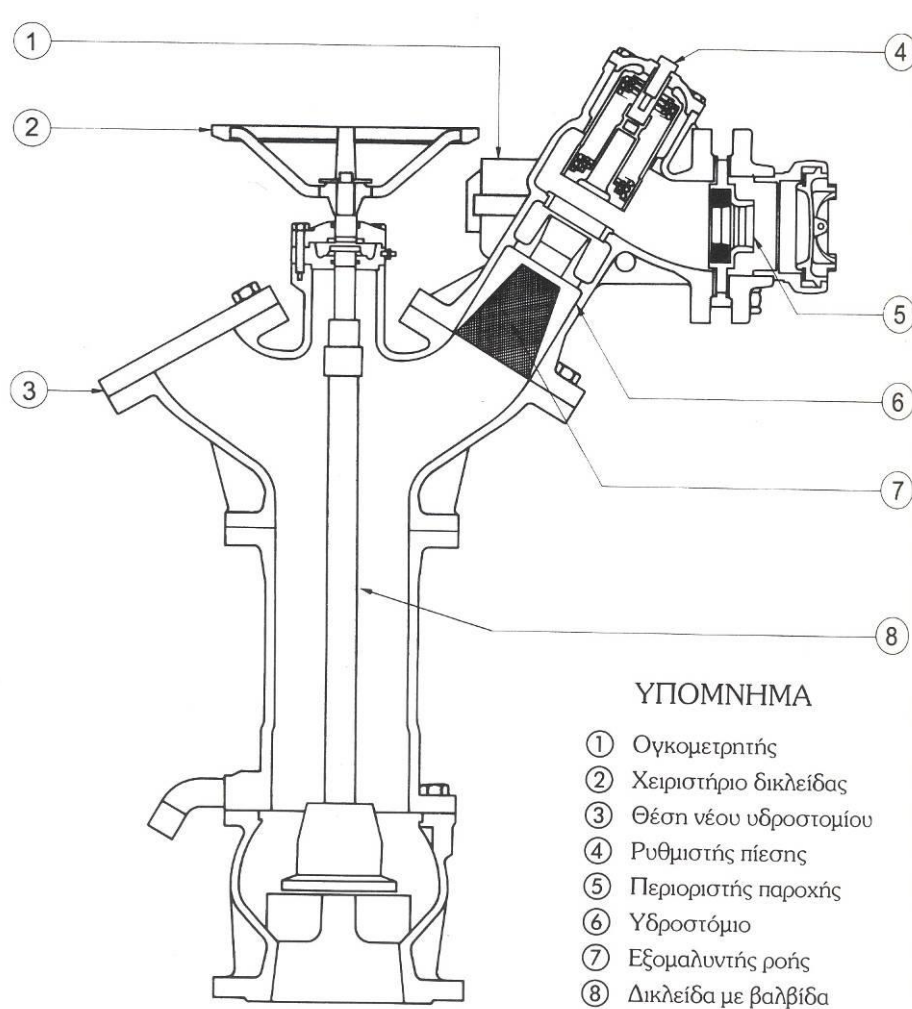
# Επιφανειακό δίκτυο (ανοικτοί αγωγοί)

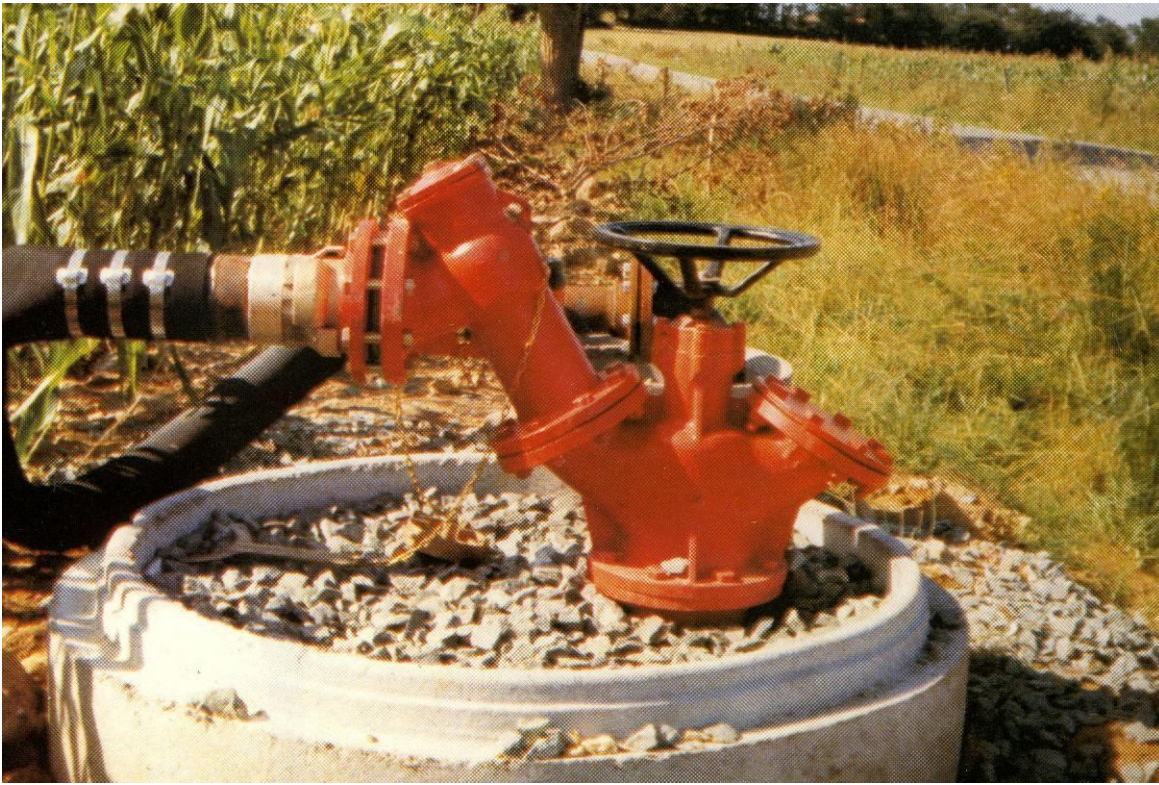


# Συλλογικό Δίκτυο υπό πίεση

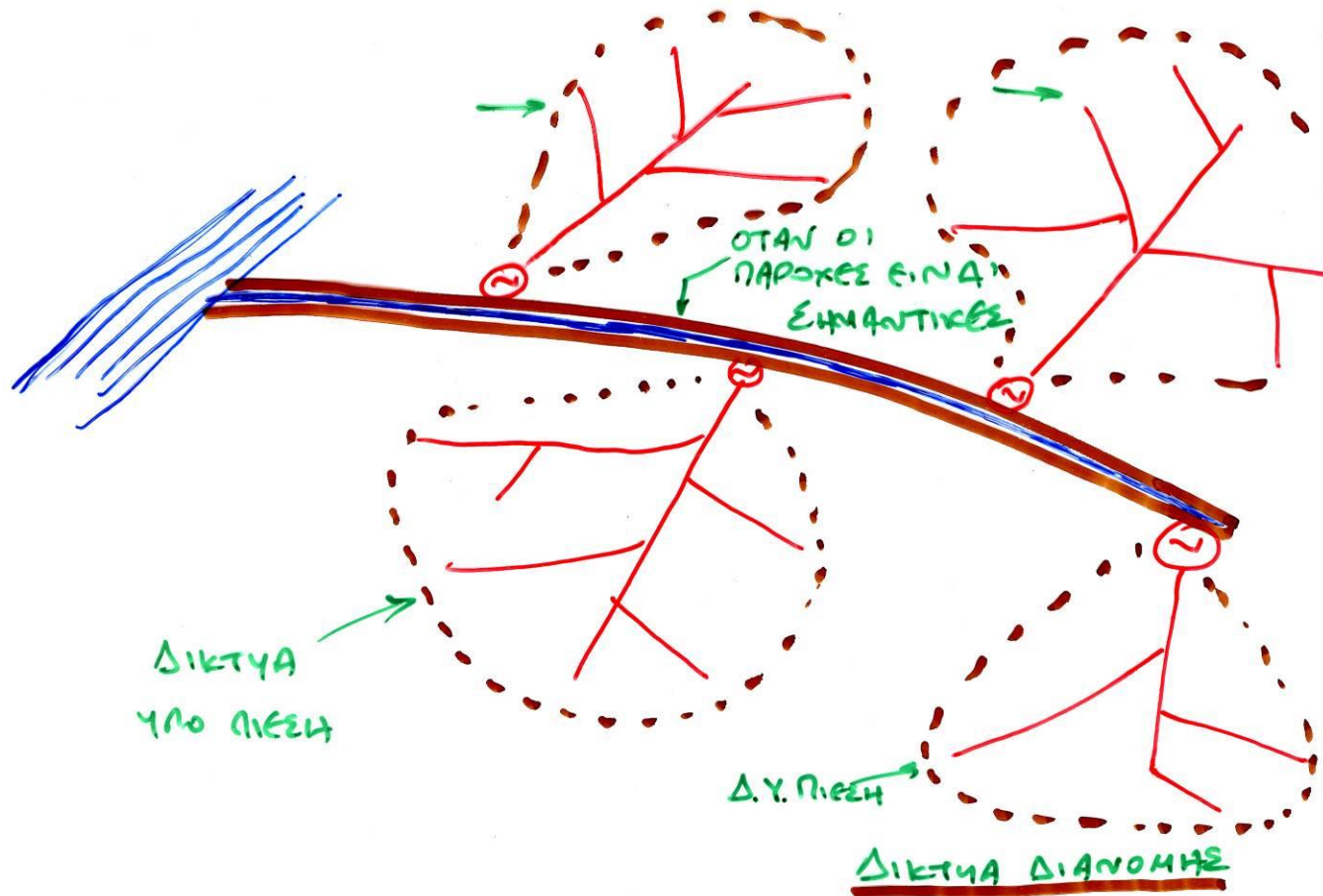


# Υδροληψία δικτύου υπό πίεση





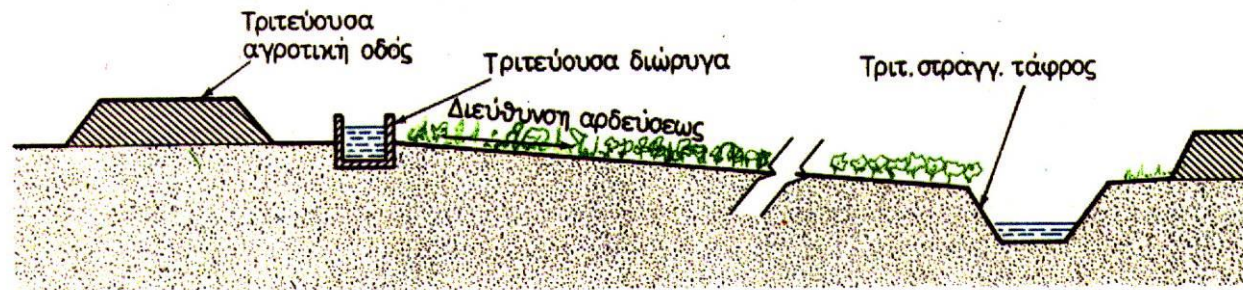
# Συλλογικό δίκτυο όπου υπάρχει συνδυασμός ανοιχτών και κλειστών αγωγών



# Το κείμενό σας

Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης στο  
αγροτεμάχιο  
(πανάρχαιες μεθοδοι)

# Τυπική ενδεικτική διάταξη τριτεύουσας αγροτικής οδού, διώρυγας και τάφρου



Μεγάλες απώλειες μάζας νερού σε απορροή και βαθιά διήθηση  
Χαμηλή απαίτησή σε ενέργεια



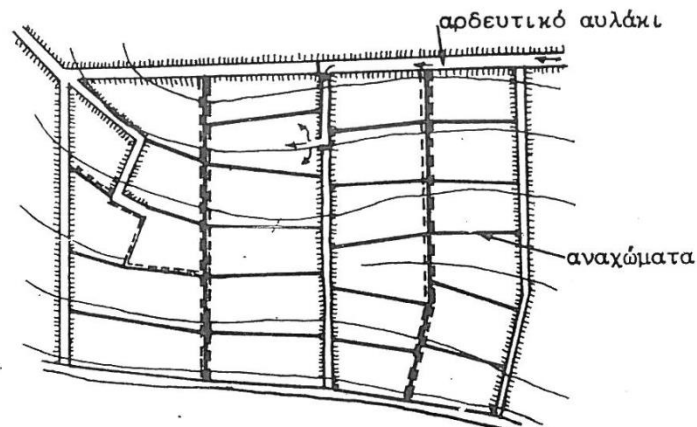
# Λεκάνες κατάκλισης



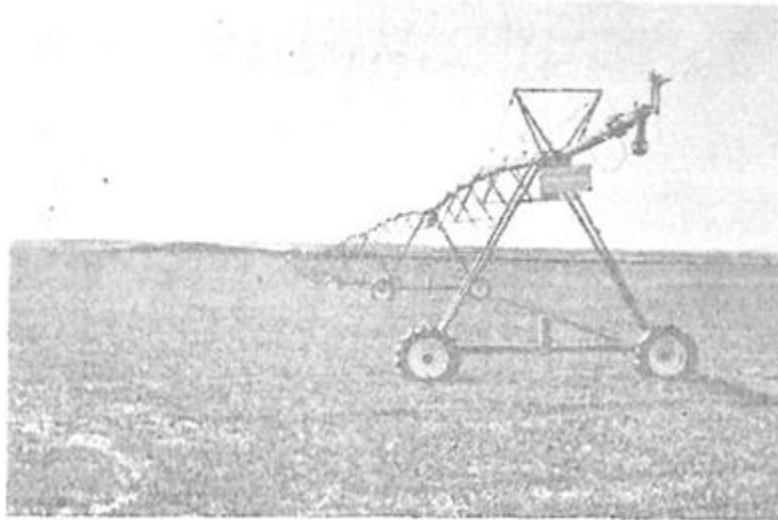
Σχήμα 9.4. Τυπικό σύστημα λεκανών.

Πιν. 6.1 Συνιστώμενα μεγέθη λεκανών στη μέθοδο με κατάκλυση

Σύσταση Εδάφους	Έκταση λεκάνης, m <sup>2</sup>		
	Αρδευτική Κεφαλή 30 lt/sec	Αρδευτική Κεφαλή 60 lt/sec	Αρδευτική Κεφαλή 120 lt/sec
Ελαφρά	100- 150	100- 150	100- 150
Μέση	200- 400	400- 800	400- 800
Βαριά	500-1000	1500-2000	3000-5000



# Καταιονισμός



Σχήμα 6: Μετακινούμενες σωληνώσεις



**Σταγδην άρδευση: η πιο οικονομική μέθοδος από πλευράς κατανάλωσης νερού**

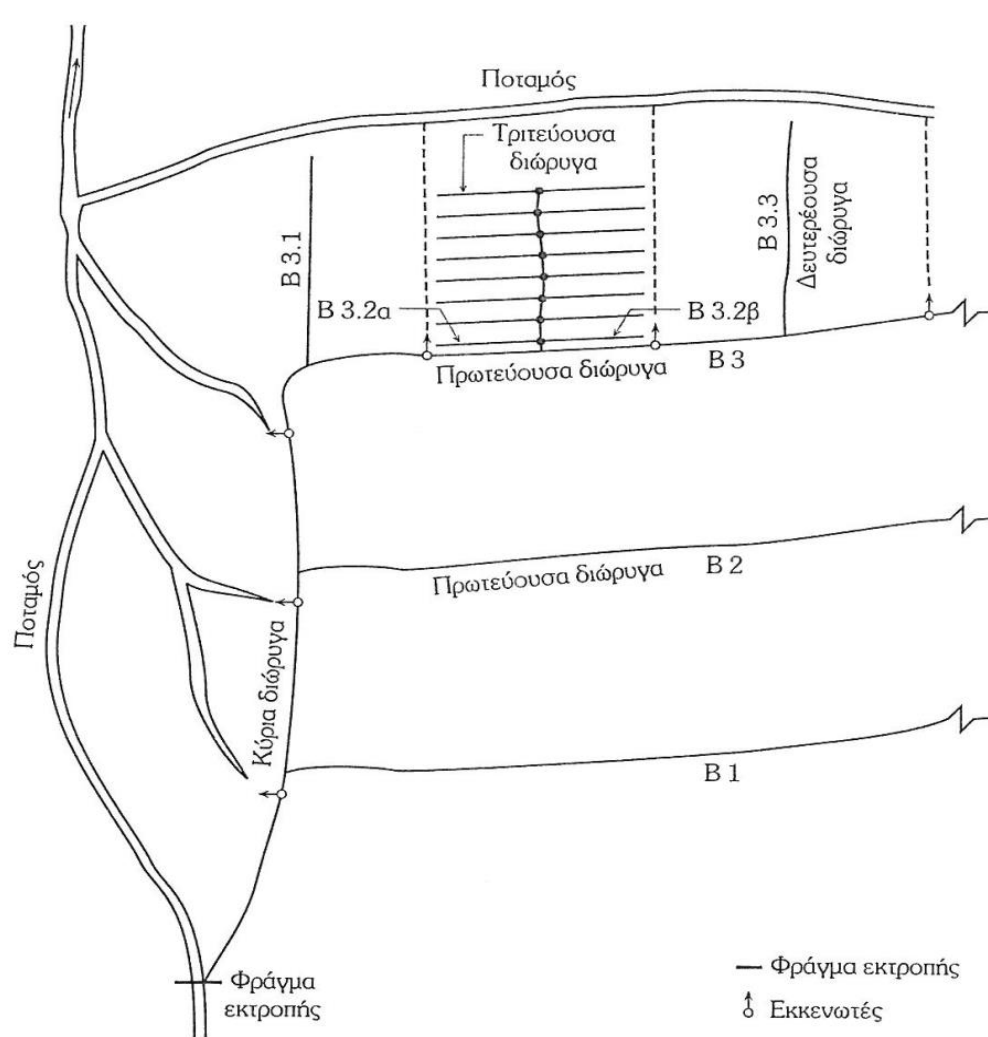
**Απώλειες νερού στα αρδευτικά**

**συστήματα:**

**- αγροτεμάχια**

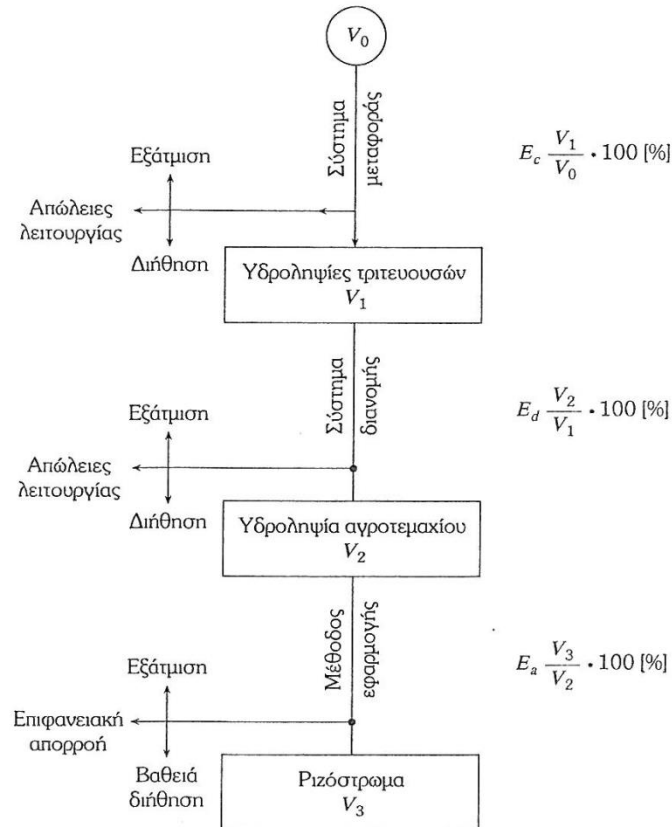
**-δίκτυα μεταφοράς**

# Γενική διάταξη συλλογικού δικτύου



Σχ. 6.13: Γενική διάταξη ενός αρδευτικού δικτύου ανοικτών αγωγών.

Οι απώλειες του αρδευτικού νερού κατά την εφαρμογή του μπορούν να καταταγούν: σ' αυτές που οφείλονται στην εξάτμιση, την επιφανειακή απορροή και τη βαθιά διήθηση (Σχήμα 6.14). Οι απώλειες αυτές εξαρτώνται κυρίως από τη μέθοδο εφαρμογής, τις συνθήκες εδάφους και ατμόσφαιρας καθώς και από την εμπειρία και την παιδεία των γεωργών στη χρησιμοποίηση του νερού. Γενικά οι μέθοδοι επιφανειακής άρδευσης σε αντίθεση με τον καταιονισμό συντελούν σε μεγάλο ύψος απωλειών λόγω βαθιάς διήθησης, γεγονός που οφείλεται στην ανομοιομορφία της κατανομής του νερού κατά την εφαρμογή.



Σχ. 6.14: Σχηματική παράσταση της διανομής του νερού μέσα στο δίκτυο για τον υπολογισμό των βαθμών απόδοσης.

Οι απώλειες κατά τη μεταφορά και διανομή οφείλονται κυρίως στη διήθηση και κατά δεύτερο λόγο στην εξάτμιση. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στις

$$E_p = \frac{V_3}{V_0} \cdot 100 \quad (6.135)$$

Για τον καλύτερο έλεγχο του νερού και των απωλειών ο βαθμός απόδοσης του έργου χωρίζεται συνήθως σε δύο επί μέρους όρους το *βαθμό απόδοσης κατά τη μεταφορά*,  $E_c$  (Conveyance Efficiency) που αναφέρεται στην κίνηση του νερού δια μέσου των αγωγών και το *βαθμό απόδοσης κατά την εφαρμογή*,  $E_a$  (Application Efficiency) που αναφέρεται στην κίνηση του νερού από την υδροληψία του αγρού έως την αποθήκευσή του στο ριζόστρωμα των καλλιεργειών.

Σύμφωνα με τις προτάσεις της Διεθνούς Επιτροπής Αρδεύσεων και Αποστραγγίσεων (Bos και Nugteren, 1974) άρχισε να υιοθετείται η χρησιμοποίηση δύο βαθμών απόδοσης που αντικαθιστούν το γενικό βαθμό απόδοσης κατά τη μεταφορά. Δηλαδή το σύστημα των αγωγών μεταφοράς, όπως χρησιμοποιήθηκε προηγουμένα, διακρίνεται:

α) στο *σύστημα μεταφοράς* (conveyance network) που περιλαμβάνει το κύριο, πρωτεύον και δευτερεύον δίκτυο και

β) στο *σύστημα διανομής* (distribution network) που περιλαμβάνει το τριτεύον δίκτυο. Έτσι αν για παράδειγμα από τον αρχικό όγκο  $V_0$  στην αρχή του δικτύου, στις υδροληψίες των τριτευουσών φτάνει όγκος νερού  $V_1$  και στην υδροληψία του αγροτεμαχίου όγκος  $V_2$ , τότε οι βαθμοί απόδοσης κατά τη μεταφορά και διανομή εκφρασμένοι σε ποσοστό γράφονται αντίστοιχα:

$$E_c = \frac{V_1}{V_0} \cdot 100 (\%) \quad (6.136)$$

και

$$E_d = \frac{V_2}{V_1} \cdot 100 (\%) \quad (6.137)$$

Ο βαθμός απόδοσης κατά την εφαρμογή (Ορισμός Israelsen, 1932)\* εκφράζεται:

$$E_a = \frac{V_3}{V_2} \cdot 100 (\%) \quad (6.138)$$

όπου  $V_3$  και  $V_2$  παραμένουν όπως προηγουμένα.



# Απώλειες δικτύων...

πιο ακραίες περιπτώσεις οι απώλειες εξάτμισης δεν υπερβαίνουν το 10% των απωλειών διήθησης. Οι απώλειες διήθησης για δίκτυα ανοικτών αγωγών και έργα μέσης έκτασης κυμαίνονται από 7% έως 35% της παροχής ανάλογα με το υλικό επένδυσης, την κατάσταση της βρεχόμενης επιφάνειας και το σχήμα της διατομής. Μια τρίτη κατηγορία απωλειών της τάξεως των 4% της παροχής (κατά το USBR) αποτελούν οι *απώλειες λειτουργίας του δικτύου* (Operational Losses). Συνήθως στα πρώτα χρόνια λειτουργίας ενός αρδευτικού δικτύου οι απώλειες λειτουργίας είναι πολύ μεγαλύτερες (φτάνουν μέχρι ~~20% της παροχής~~). Γενικά οι απώλειες του αρδευτικού νερού κατά τη μεταφορά και τη διανομή μειώνονται κατά ένα μεγάλο βαθμό αν το δίκτυο αποτελείται από κλειστούς αγωγούς υπό πίεση.

# Απόδοση

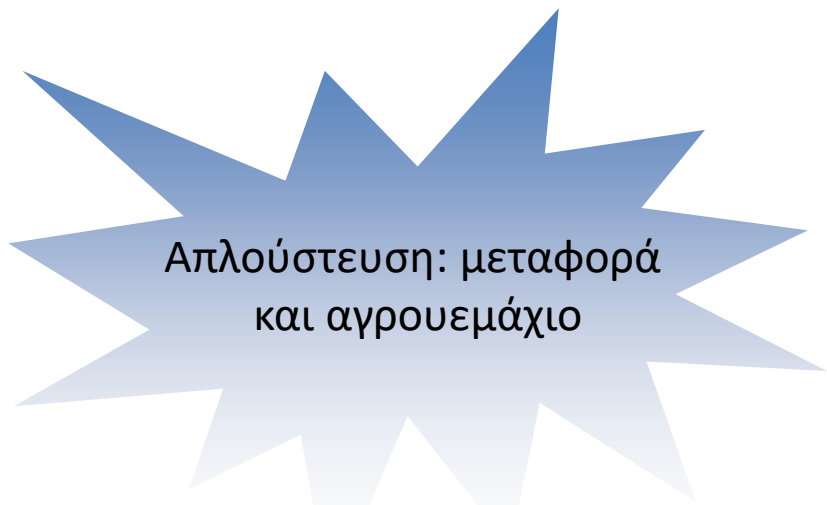
(αυτή η ποσότητα μάζας νερού που τελικά καταλήγει στο ριζόστρωμα)

## Απόδοση δικτύου

- Λόγος νερού που φτάνει στα όρια του αγροτεμαχίου προς το εφαρμοζόμενο νερό στην αρχή του δικτύου (ανάντη)
- *Μεταφορά με διώρυγες: μεγάλη απώλεια νερού λόγω διήθησης και εξάτμισης*

## Απόδοση άρδευσης στο αγροτεμάχιο

- Λόγος νερού που φτάνει στο αγροτεμάχιο προς το λόγο νερού που εφαρμόζεται στο χωράφι



Απλούστευση: μεταφορά και αγροτεμάχιο

$$V_{\text{σχεδ}} (\text{ανάντη}) = \frac{V^*}{(E_d^* E_f)}$$

$$1/(E_d^* E_f) > 1$$

Οικονομία νερού:  
 -αγωγοί υπό πίεση  
 Όχι επιφανειακές –  
 μέθοδοι Άρδευσης

Μυλόπουλος και  
 Κολοκυθά, 2007

ΤΥΠΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ( $E_d$ )
Επιφανειακό	Πολύ καλή μέχρι άριστη	0,60-0,75
	Ικανοποιητική	0,50-0,60
	Ελλιπής	0,35-0,50
	Κακή	0,20-0,35
Υπό πίεση	Ικανοποιητική μέχρι άριστη	0,80-0,95
ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ		ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ( $E_f$ )
Κατάκλυση (λεκάνες)		0,06-0,80
Αυλάκια		0,50-0,75
Καταιονισμός: Κλασσικό σύστημα		0,60-0,80
Αυτοκινούμενος εκτοξευτήρας		
υψηλής πίεσης (καρούλι)		0,55-0,75
Αυτοκινούμενη γραμμή άρδευσης		0,75-0,90
Περιστρεφόμενο σύστημα (Pivot)		0,75-0,90
Στάγδην		0,80-0,95

Πίνακας 1: Ενδεικτικές τιμές αποδοτικότητας δικτύου σε οργανωμένα αρδευτικά

δίκτυα :  $E_f * E_d$

# ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

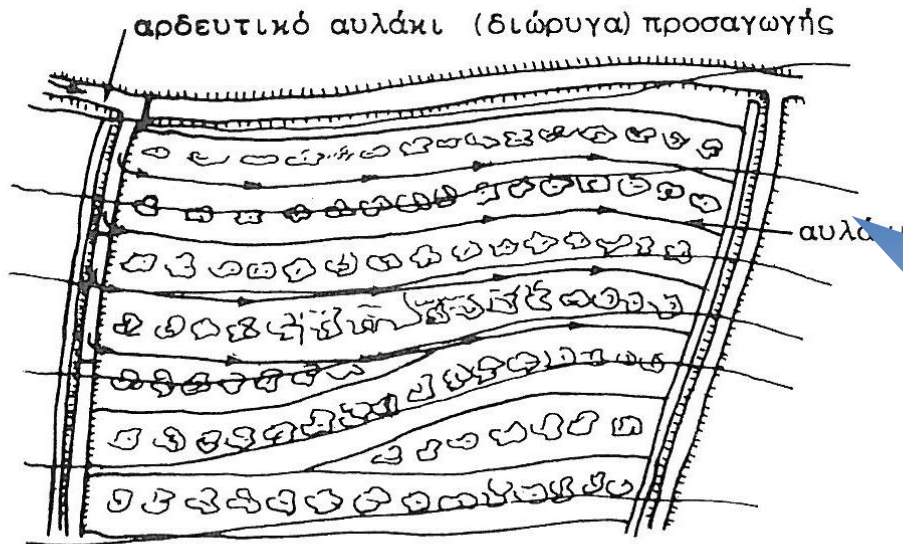
- Εκτός ύλης , για πληρότητα της παρουσίασης
- Στη διαχείριση εξετάζουμε τη μέση κατανάλωση νερού κάθε μήνα
- Στον υδραυλικό σχεδιασμό του δικτύου εξετάζουμε **το μήνα αιχμής και για την αιχμή μέσα στην ημέρα**. Για παράδειγμα η παροχή σχεδιασμού σε επιφανειακά δίκτυα άρδευσης συνεχούς λειτουργίας η παροχή σχεδιασμού προσδιορίζεται κυρίως με βάση τις καθαρές ανάγκες τον Ιούλιο:
- $Q = k/E * Q_{\text{ΜΙουλίου}}$ , **E**: συντελεστής απωλειών νερού, **K**: **συντελεστής αιχμής που αυξάνει με την ομοιομορφία**

# Μεθοδολογικός διαχωρισμός δικτύων

# Άλλος Μεθοδολογικός διαχωρισμός δικτύων

- Άρδευση στο αγροτεμάχιο
- Συλλογικό δίκτυο
- Ατομικό δίκτυο

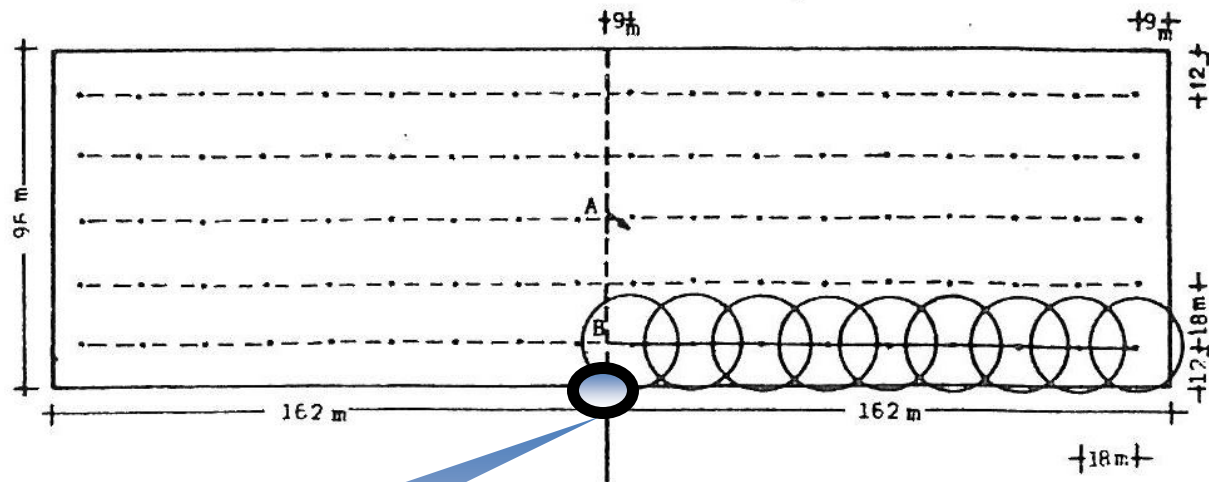
# Άρδευση στο αγροτεμάχιο, παράδειγμα



Επιφανειακή  
Άρδευση  
---  
Απώλειες στην άρδευση στο  
αγροτεμάχιο, μη ομοιομορφία

Σχ. 6.5β. Έκταση αρδευόμενη με αυλάκια σε μεγαλύτερες κλίσεις.

# Μονάδα άρδευσης (1)

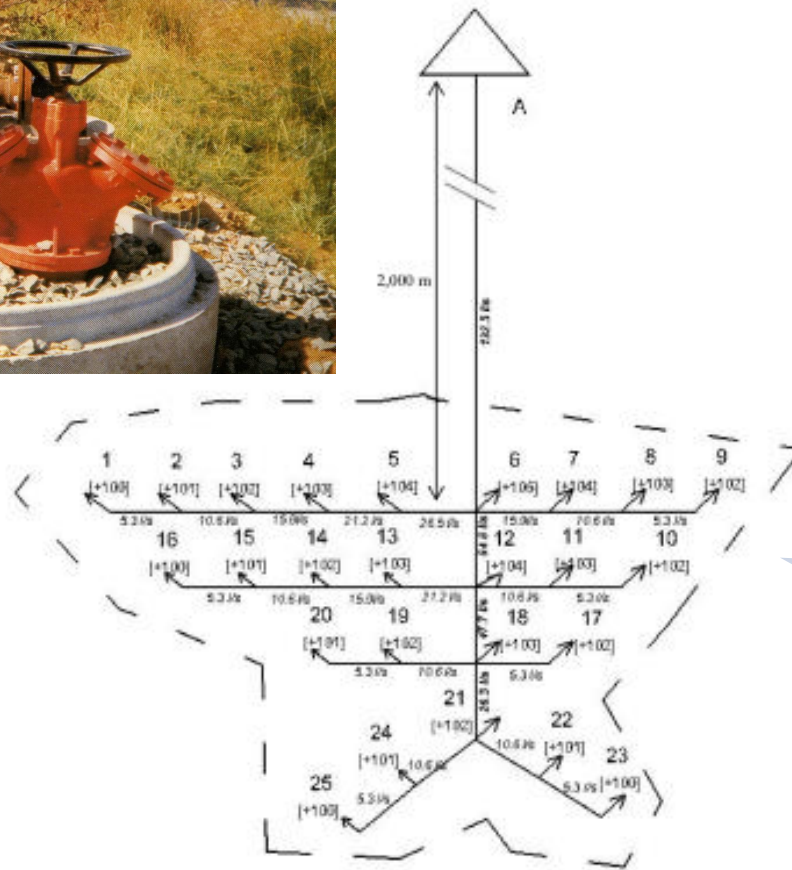
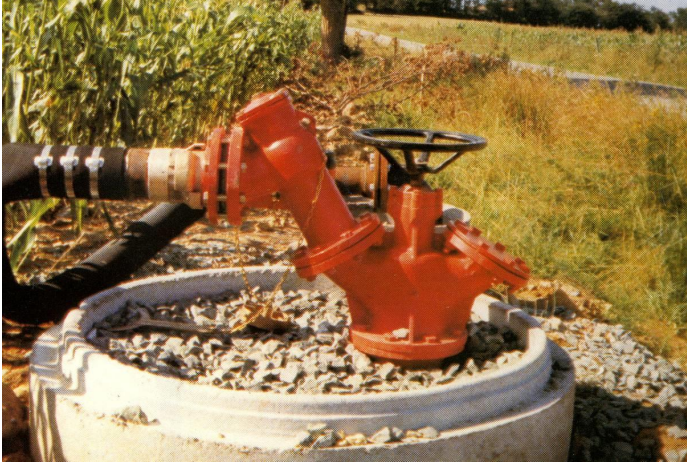


υδροστόμιο

Σχ.7.25 Τυπική μονάδα αρδεύσεως



# Συλλογικό δίκτυο

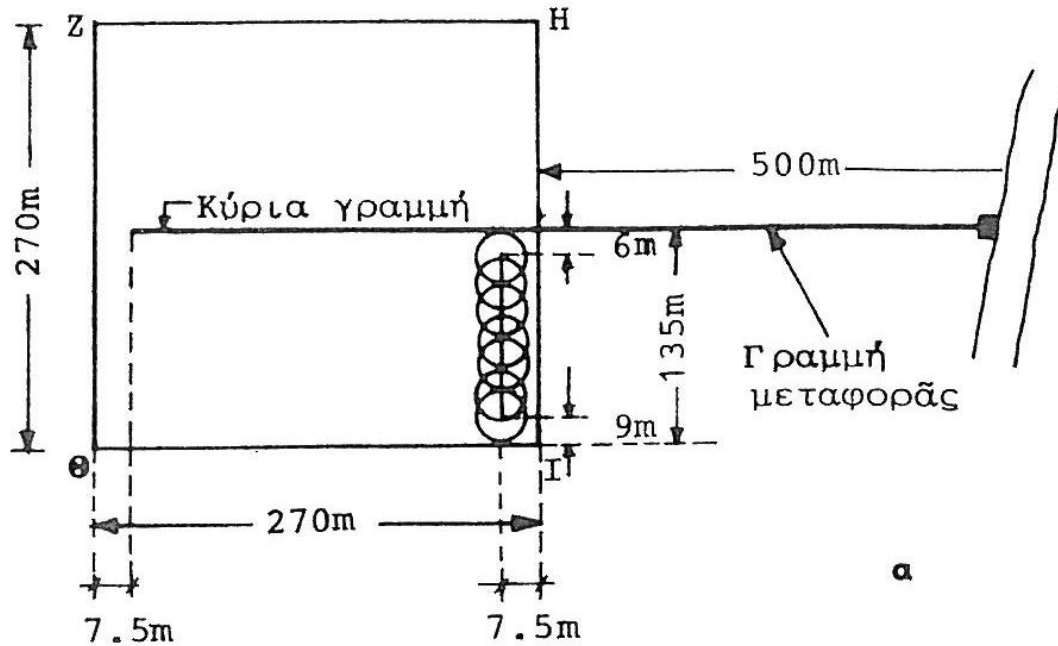


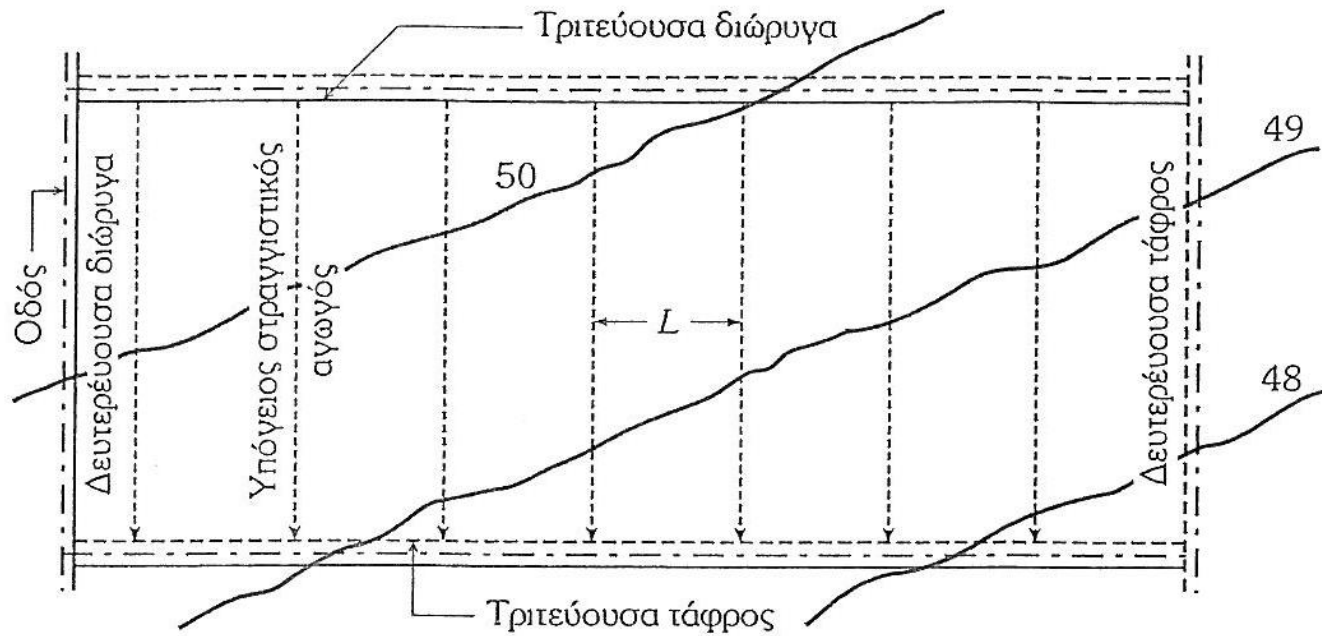
Δίκτυο από κλειστούς  
αγωγούς:  
Βασικό δίκτυο,  
Υπόγειοι αγωγοί  
Ακτινωτό δίκτυο

Fig. 3. Gravity irrigation network

# Ατομικό δίκτυο

-7.58-





**Σχ. 9.1:** Τυπική διάταξη στραγγιστικών αγωγών σ' ένα επιφανειακό δίκτυο άρδευσης.

# Επιλογή συλλογικού δικτύου

- Διαθέσιμοι υδατικοί πόροι (μεγάλοι σπατάλη από επιφανειακά είδη άρδευσης)
- Μετεωρολογικές συνθήκες: Αποφυγή συστημάτων καταιονισμού μεγάλης ακτίνας σε ανεμόπληκτες περιοχές
- Τοπογραφία, αποφυγή επιφανειακών μεθόδων όταν υπάρχουν σημαντικές για την περίπτωση κλίσεις.
- Καλλιέργειες (π.χ. βιομηχανική ντομάτα, όχι καταιονισμός)
- (παράγοντες «άσχετοι» με την Υδραυλική):  
Τεχνογνωσία αγροτών και διαθέσιμοι οικονομικοί και ανθρώπινοι πόροι

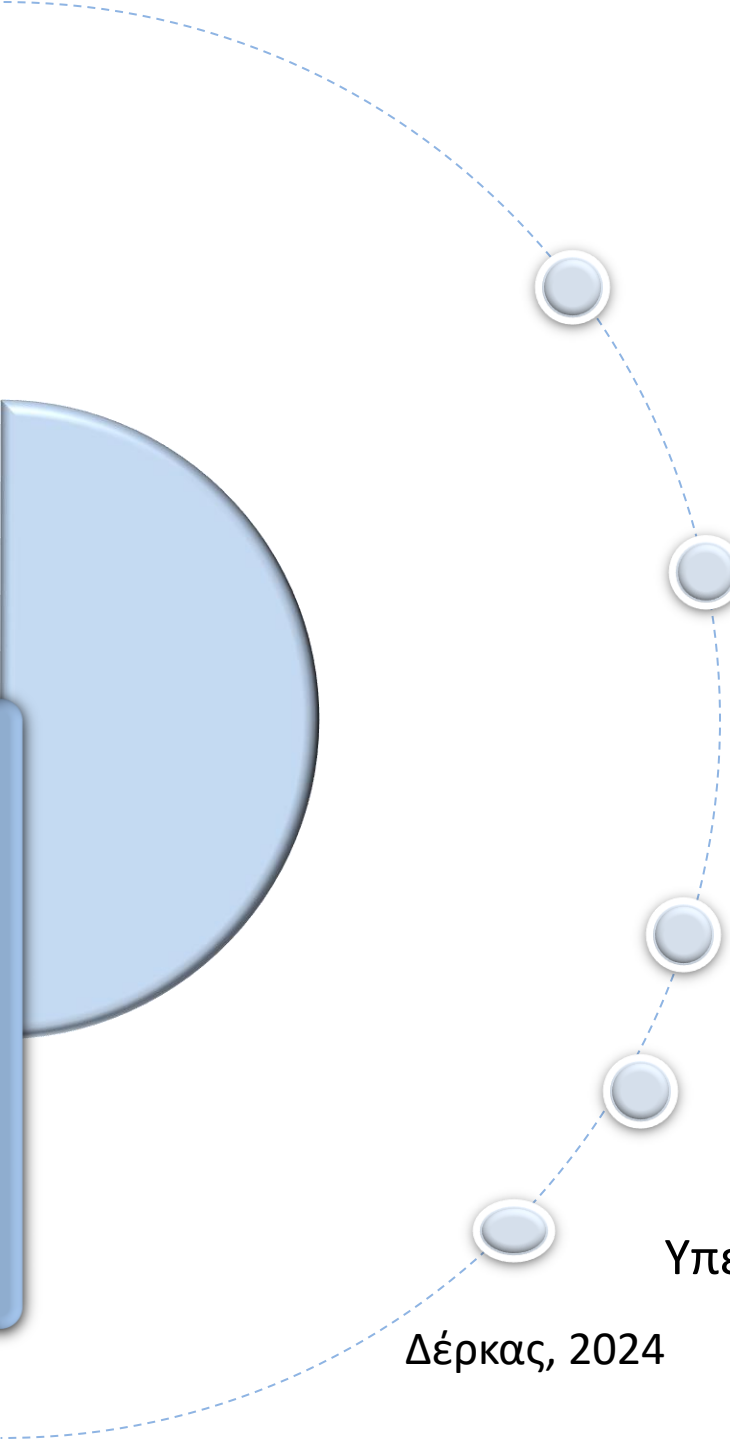
## προβλήματα



Σχ. 2 Χαρακτηριστική εικόνα που προδίδει μειωμένη φροντίδα και συντήρηση ενός αντλιοστασίου στην περιοχή των εγχειριστικών έργων του Κάτω Αχελώου.

6

- Στα δίκτυα
- Πιο γενικά στα αρδευτικά συστήματα
- Στους υδατικούς πόρους
- Στους υδατικούς πόρους και το περιβάλλον



# Προβλήματα των αρδεύσεων στην ελληνική γεωργία

Συχνή αστοχία στην εκτίμηση  
της γεωργικής ανάπτυξης και των αρδεύσεων

Υπερκατανάλωση ύδατος και ενέργειας.

Κακή συντήρηση και λειτουργία

Υπεράντληση και προβλήματα υφαλμύρωσης

Δέρκας, 2024

## **Υπερκατανάλωση ύδατος και ενέργειας (συλλογικά δίκτυα)**

### **Αιτίες:**

- **Ελλιπής συντήρηση** των συλλογικών δικτύων
  - Τεχνικά, διαχειριστικά, οργανωτικά και θεσμικά αίτια έχουν οδηγήσει τα αρδευτικά δίκτυα σε σημαντική υποβάθμιση
- **Μη ορθή μέθοδος τιμολόγησης** του αγροτικού ύδατος:
  - Χρέωση σύμφωνα με την αρδευόμενη έκταση και όχι τον καταναλισκόμενο όγκο.
- **Έλλειψη τεχνικής βοήθειας** σε θέματα αρδεύσεων των αγροτών:
  - Τεχνικοί σύμβουλοι είναι συνήθως οι εμπορικοί αντιπρόσωποι των εταιριών πώλησης συστημάτων άρδευσης



Οξειδωμένος αγωγός που δεν αντικαταστάθηκε σε επέμβαση ανάταξης - εκσυγχρονισμού ενός δικτύου υπό πίεση με αποτέλεσμα να αστοχήσει.



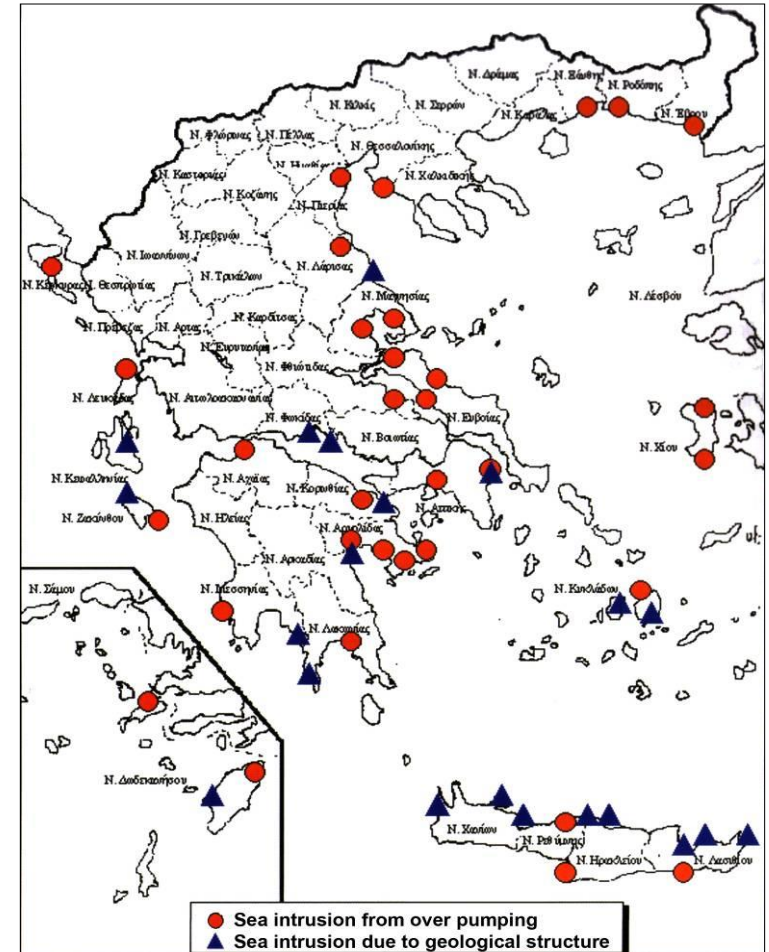
# Παράδειγμα απόκλισης μεταξύ μελέτης & πραγματικότητας (περιοχή Αλφειού)

Είδος καλλιέργειας	Προβλεφθείσες εκτάσεις (στρ)	Πραγματικές εκτάσεις (στρ)
	1982	1995
Σιτηρά	5000	8500
Αραβόσιτος *	5000	23500
Αραβόσιτος επίσπορος*	4000	100
Ρύζι*	6000	0
Βαμβάκι*	8000	19700
Κηπευτικά-Μποστανικά*	62000	3000
Μηδική*	15000	6600
Ελιές	4000	7500
Οπορώνες*	35000	8600
Αμπέλια	4000	100
Σταφίδες	10000	0
Λοιπές αρδευόμενες καλλιέργειες*		5200
Λοιπές ξηρικές καλλιέργειες		6200
Χέρσα		34000
Σύνολο αρδευόμενης έκτασης	135000	66700
Καλλιεργούμενη έκταση	158000	89000

# Προβλήματα των αρδεύσεων στην ελληνική γεωργία

## Υποβάθμιση των υδατικών πόρων

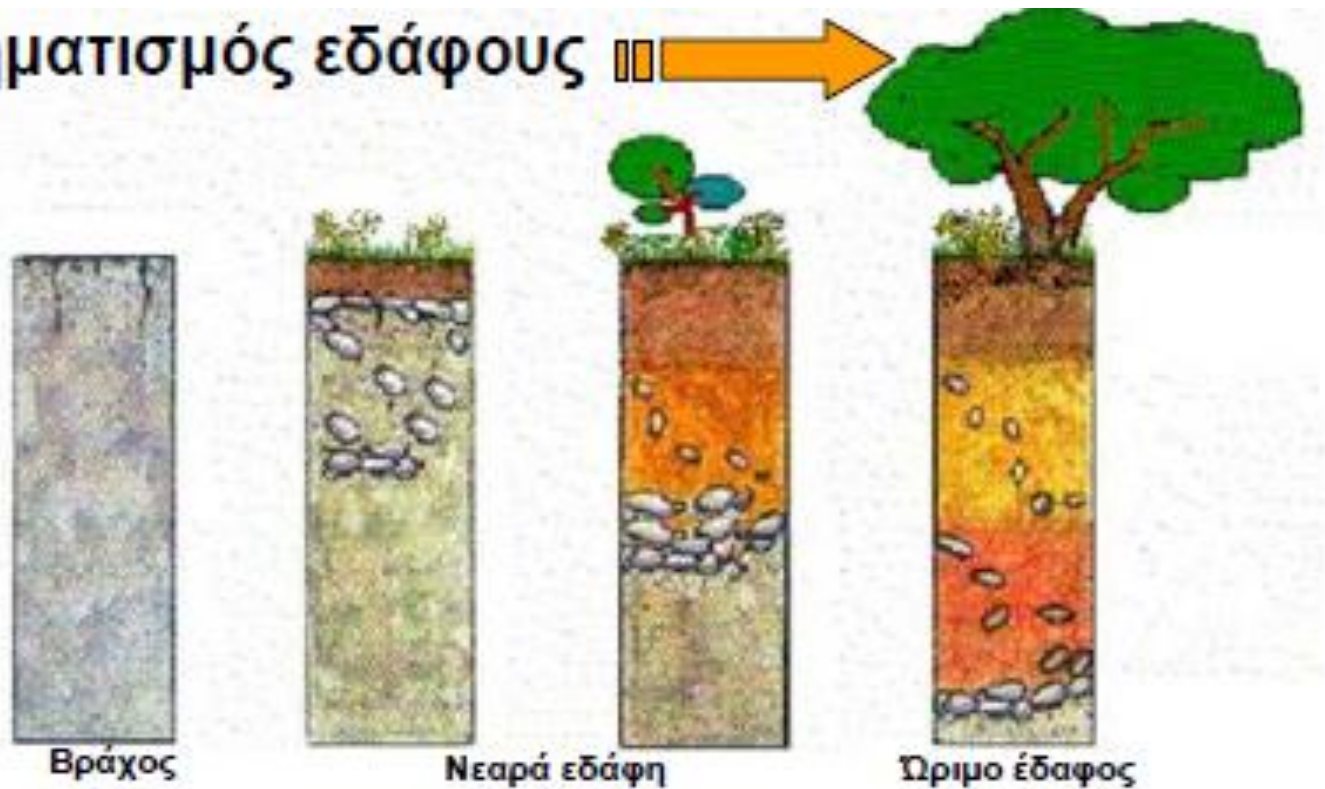
- **Υπόγεια ύδατα**
  - Υφαλμύρωση
    - Φυσική (υδρογεωλογικές συνθήκες)
    - Ανθρωπογενής (υπερεκμετάλλευση υπόγειων υδάτων)
  - Νιτρορύπανση
    - Έχει τοπικό έως σημειακό χαρακτήρα
    - Επικεντρώνεται όπου ασκείται εντατική γεωργία με αζωτολιπάνσεις.
- **Επιφανειακά ύδατα**
  - Κυρίως στους ποταμούς Πηνειό Θεσσαλίας, Αξιό, Στρυμόνα και Έβρο.
  - Πίεση προς δημιουργία έργων αξιοποίησης νερού



# Ερημοποίηση

- Η ερημοποίηση, όπως έχει οριστεί στην Παγκόσμια Διάσκεψη Κορυφής του Περιβάλλοντος (1992), είναι υποβάθμιση των γαιών στις ξηρές, ημίξηρες και ύφυγρες περιοχές, η οποία προκύπτει ως αποτέλεσμα πολλών παραγόντων στους οποίους περιλαμβάνονται οι κλιματικοί παράγοντες και οι ανθρώπινες δραστηριότητες.
- Πιο αναλυτικά, η ερημοποίηση είναι η διαδικασία σύμφωνα με την οποία η γόνιμη γη υποβαθμίζεται και σταδιακά εξαφανίζεται, αφήνοντας κηλίδες απογυμνωμένων περιοχών που εξαπλώνονται, και πιθανά ενοποιούνται διαμορφώνοντας περιοχές μικρής παραγωγικότητας (Στεφανάτου, 2010)

# Σχηματισμός εδάφους



Βράχος

Νεαρά εδάφη

Ωριμο έδαφος



Διάβρωση

# ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ

- Η βασική συνέπεια είναι η εγκατάλειψη της γης λόγω της απώλειας της παραγωγικότητας του εδάφους. Παρατηρείται απώλεια της ποιότητας της ζωής με επακόλουθο την μετανάστευση των ανθρώπων

# Παραδείγματα ερημοποίησης

- Υφαλμύρυνση υπογείων υδροφόρων (έλλειμμα νερού)
- Λανθασμένη αντικατάσταση δασών η βοσκότοπων σε έντονα επικλινείς πλαγιές--- διάβρωση εδαφών λόγω πλημμύρας, υποβάθμιση γονιμότητας

• • • Η ερημοποίηση καθορίζεται από τις Υδρολογικές συνιστώσες

# Παθογένειες

Μερικές από τις παθογένειες της άρδευσης σε επίπεδο Εγγειοβελτιωτικού Έργου είναι οι εξής:

- Η εγκατάλειψη του δικτύου μετά την κατασκευή του (μεγάλες απώλειες και διαρροές).
- Οι μέτριες ή προβληματικές κατασκευές (ή και μελέτες).
- Η ανυπαρξία ουσιαστικής μελέτης για τη «Διαχείριση του Έργου».
- Η ανεπαρκής (και πολλές φορές αντιεπιστημονική) στελέχωση των τοπικών φορέων διαχείρισης.
- Η ανεπαρκής χρηματοδότηση της συντήρησης σε αντίθεση με την κατασκευή.
- Η αδυναμία γρήγορων και επί τόπου επισκευών.
- Η ανυπαρξία Συστήματος Διαχείρισης του δικτύου και των αναγκαίων επιστημονικών εργαλείων.
- Η ανεξέλεγκτη χρήση των πόρων.
- Η δημιουργία δυσμενών συνθηκών για το περιβάλλον.

# Προκλήσεις

- Παρακολούθηση, ανάταξη και εκσυγχρονισμός δικτύων (πολλά από τα οποία είναι παρατημένα)
- Εξοικονόμηση νερού (ορθή λειτουργία, σε κάποιες περιπτώσεις αντικατάσταση της επιφανειακής άρδευσης)
- Ενσωμάτωση της ξηρασίας στο σχεδιασμό και την επιχειρησιακή διαχείριση (π.χ. κανόνες αντιστάθμισης, ελλειμματική άρδευση, σύστημα ασφαλίσεων εισοδήματος κλπ)
- Βιώσιμη αξιοποίηση υδατικών πόρων:
  - Ποσοτικά
  - Ποιοτικά
  - Περιβαλλοντική υποβάθμιση
- Εξοικονόμηση νερού



Ύλη μαθήματος

# Μάθημα συνδυαστικό

- Βασικές αρχές Υδρολογίας για τον υπολογισμό των αναγκών νερού για τις καλλιεργειες
- Στοιχεία εδάφους (τα απολύτως απαραίτητα)
- Γνώση καλλιεργειών (τα απολύτως απαραίτητα)
- Υδραυλική ανοικτών και κλειστών αγωγών
- Οικονομοτεχνικά στοιχεία
- Ακόρεστη ροή/στραγγίσεις
- Βελτιστοποίηση (απλή αναφορά στα πλαίσια του μαθήματος)
- Ανάλυση αβεβαιότητας

# Διάθρωση ύλης

- Εισαγωγή/ Υδατικός πόρος/Υδατικό σύστημα / Διαχείριση νερού/ αποδοτικότητα αρδεύσεων
- Ανάγκες σε νερό
- Στοιχεία εδάφους
- Άρδευση στο αγροτεμάχιο
- Συλλογικά δίκτυα
- Αναφορά σε στραγγίσεις
- Αναφορά σε οικονομοτεχνικά στοιχεία
- Αναφορά και προαιρετικό θέμα στο βέλτιστο σχεδιασμό
- Εκπαιδευτική εκδρομή

# Εξέταση

- Θέμα με προφορική εξέταση (ομάδες έως δύο ατόμων) επί του θέματος: 30%
- Γραπτές εξετάσεις με ανοικτές σημειώσεις-βιβλία: 70 %

Άρδευση και κλίμα

## Ξηρότητα: Μόνιμο φαινόμενο:

$P/ET_p$

υπερβολικά ξηρό	$< 0.03$
ξηρό	$0.03 - 0.20$
ημίξηρο	$0.20 - 0.50$
ύψυχρο	$0.50 - 0.75$
υγρό	$> 0.75$

**Ξηρασία** : μη μόνιμο φαινόμενο που «σέρνεται»

- Πολλοί ορισμοί και δείκτες
- Δύσκολο να ορισθεί η αρχή της
- Π.χ. Δείκτης PDI
- (πλεονέκτημα λαμβάνει υπόψη και τη θερμοκρασία)
- Ξηρασία απόκλιση από τις κανονικές τιμές....
- Βήματα: Τριμηνιαίο, εξαμηνιαίο, εννεάμηνο, δωδεκάμηνο

$$\alpha_k = \frac{\sum_{j=1}^k P_j}{\sum_{j=1}^k ET_{p,j}}$$

$$RDI_n(k) = \frac{\alpha_k}{\bar{\alpha}_k} - 1$$

Με τη δυναμική εξατμισδιαπνοή λαμβάνεται υπόψη περισσότεροι παράμετροι

# Άρδευση και κλίμα

- Άρδεύσεις σε ξηρό κλίμα (π.χ. περιοχή Ασσουάν)
- Ημίξηρο (Savanna, Steppe, Μεσογειακό)
- Ύψυγρο (Μουσώνες, ύπαρξη περιόδου ξηρασίας)
- Υγρό

# Ημίξηρο κλίμα

Περιοχές με ημίξηρο κλίμα είναι οι περιοχές που για μέρος της περιόδου ανάπτυξης των καλλιεργειών οι αρδεύσεις είναι απολύτως απαραίτητες. Η απόδοση των καλλιεργειών είναι μικρή χωρίς αρδεύσεις και περιορίζεται σε λίγες καλλιέργειες που είναι ανθεκτικές στη ξηρασία. Κάτω από το γενικό ορισμό του ημίξηρου κλίματος διακρίνονται οι εξής υποκατηγορίες:

- α. Το *Τροπικό Κλίμα Savanna* (tropical savana climate) με δύο χωριστές περιόδους: την περίοδο των βροχών και την περίοδο της ξηρασίας. Ο κύριος ρόλος των αρδεύσεων είναι η επέκταση της περιόδου ανάπτυξης στην περίοδο της ξηρασίας.
- β. Το *Υποτροπικό Μεσογειακό Κλίμα* (subtropical Mediterranean climate) με βροχές το χειμώνα και ξηρασία με μεγάλες θερμοκρασίες το καλοκαίρι (π.χ. οι περιοχές γύρω από τη Μεσόγειο, η Νότια Αφρική, η Νότια Αυστραλία, η Καλιφόρνια και η Χιλή). Λόγω της ανομοιομορφίας κατανομής των βροχοπτώσεων στο χρόνο και της διάρκειας της περιόδου ανάπτυξης των περισσότερων καλλιεργειών που περιλαμβάνει τους καλοκαιρινούς μήνες τους έτους, οι αρδεύσεις θεωρούνται εντελώς απαραίτητες για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων.
- γ. Το *Κλίμα των Στεππών* (Steppe climate) με κύριο χαρακτηριστικό την έλλειψη βροχοπτώσεων και μεγάλη ικανότητα της ατμόσφαιρας για εξάτμιση. Το κλίμα των Στεππών είναι το μεταβατικό κλίμα από το ξηρό στο υποτροπικό Μεσογειακό ή τροπικό κλίμα Savana.



# Ύφυγρο κλίμα

Κύριο χαρακτηριστικό του ύφυγρου κλίματος είναι οι αρκετές βροχοπτώσεις και οι μικρές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του έτους. Γενικά διαφέρει λίγο από το υγρό κλίμα όπου συνήθως οι βροχοπτώσεις υπερεπαρκούν για την ικανοποίηση της ατμοσφαιρικής τάσης για εξάτμιση. Στο ύφυγρο κλίμα (που περιλαμβάνει τον τύπο Monsoon της Κεντρικής Αμερικής, Νοτιοανατολικής Ασίας και Ινδίας) διακρίνονται περίοδοι ξηρασίας όπου η άρδευση κρίνεται απαραίτητη για τη διατήρηση της παραγωγής πολλών καλλιεργειών αν και η ολική ετήσια βροχόπτωση συνήθως επαρκεί για την κάλυψη των συνολικών αναγκών.

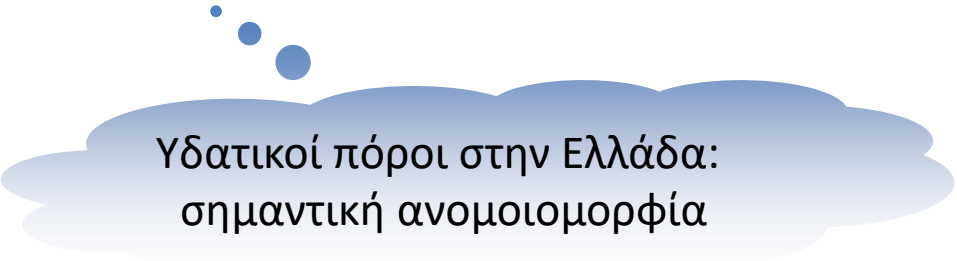
# Υγρό κλίμα

Τέλος στο υγρό κλίμα εκτός ειδικών περιπτώσεων η άρδευση δεν αποτελεί σπουδαίο παράγοντα για την παραγωγικότητα των γεωργικών εκτάσεων. Αντίθετα με την άρδευση η στράγγιση των εδαφών είναι σημαντική για όλα τα κλίματα. Ιδιαίτερο πρόβλημα στράγγισης υπάρχει στα υγρά και ύφυγρα κλίματα χωρίς η σημασία της να μειώνεται στα άλλα κλίματα.

# Ελλάδα

Η Ελλάδα ανήκει γενικά από πλευράς κλίματος στο Υποτροπικό Μεσογειακό Κλίμα. Λόγω της τοπογραφικής διαμόρφωσης της χώρας υπάρχουν αρκετές κλιματικές διαφορές μεταξύ των περιοχών της χώρας. Έτσι η ανατολική Ελλάδα έχει ξηρότερο κλίμα από τη βόρεια και δυτική Ελλάδα. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται από 350 έως 1200 mm από τα οποία ένα πολύ μικρό ποσοστό αντιστοιχεί στη ξηρή περίοδο (Μάϊος - Σεπτέμβριος). Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 20 και 12.5°C και το μέσο ετήσιο ύψος εξάτμισης μεταξύ 1100 και 1800 mm.

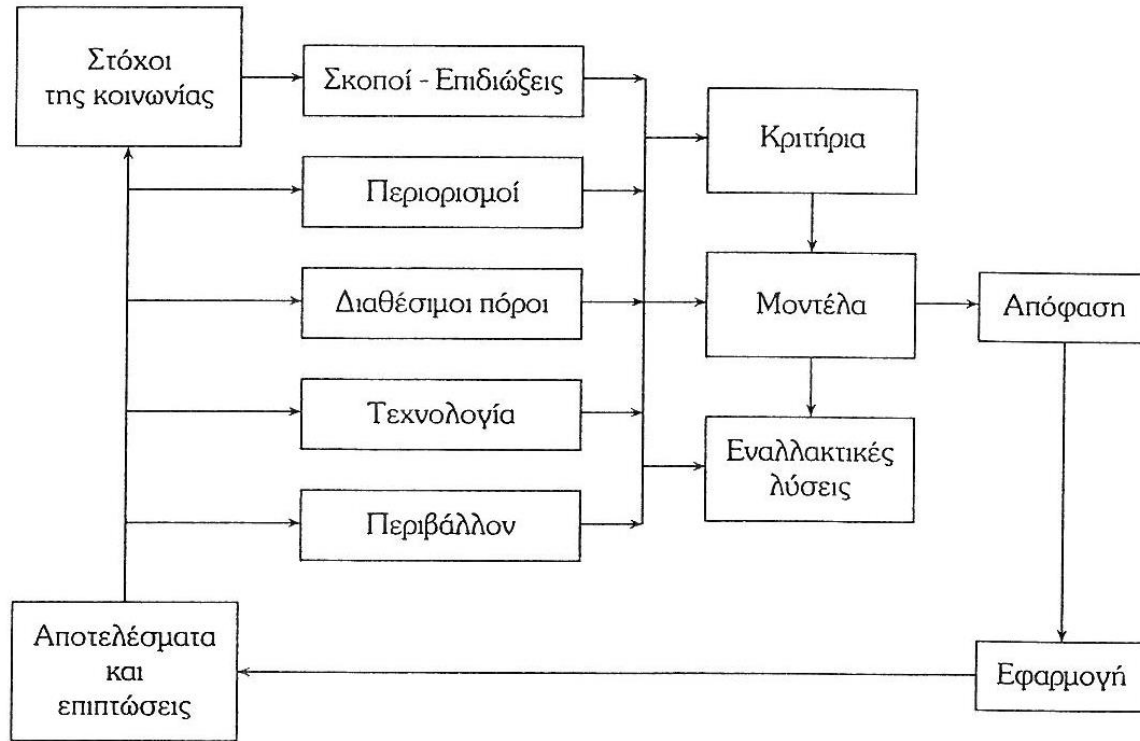
Τσακίρης, 2008



Υδατικοί πόροι στην Ελλάδα:  
σημαντική ανομοιομορφία

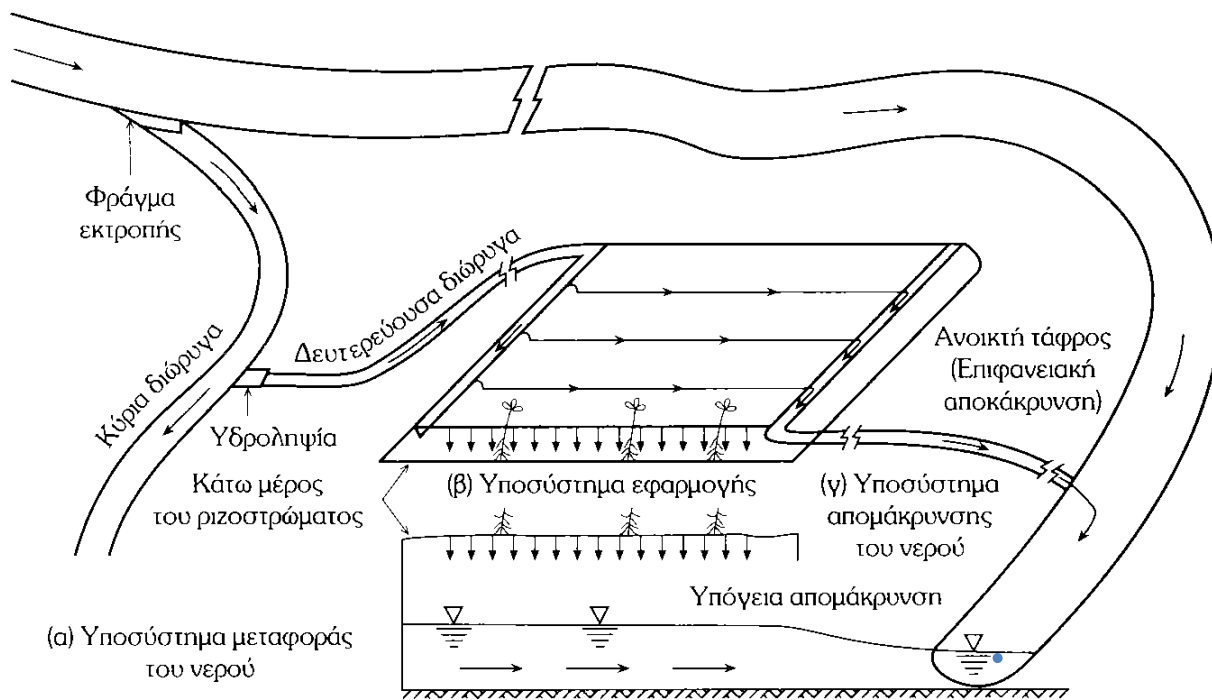
Άρδευση στα πλαίσια της ΔΥΠ  
(το έργο δεν είναι μόνο το δίκτυο και η  
άρδευση στο αγροτεμάχιο)

# Ολιστική αντιμετώπιση



**Σχ. 1.3:** Η πορεία μελέτης των έργων με τη χρησιμοποίηση μοντέλων (Biswas, 1976).

# Δράση και αντίδραση: Κέντρο κατανάλωσης, περιβάλλον αλλά και διαθεσιμότητα υ.πόρου



**Σχ. 13.2:** Διαγραμματική αναπαράσταση του συστήματος ποταμού – αρδευόμενης έκτασης – απομάκρυνση νερού.

Ποιοτική υποβάθμιση επ. νερών για χρήση κατάντη

# Υπόγειο νερό

- Λειτουργία του υπόγειου υδροφορέα ως μεγάλη δεξαμενή χωρίς εξάτμιση
- Άντληση μικρότερης ποσότητας από τη μέση υπηρετήσια
- Πτώση στάθμης σε πολλές περιοχές (π.χ. Θεσσαλία)
- Υφαλμύρνηση
- Ερημοποίηση: μη (ή δύσκολα) αντιστρεπτή υποβάθμιση εδάφους)
- Συνδυαστική χρήση επιφανειακών υπογείων νερών
- Χρήση καρστικών υδροφορέων για ύδρευση
- Προβλήματα ρύπανσης, δυσκολία καθαρισμού
- Δυσκολία αξιοποίησης καρστικών υδροφορέων στην Ελλάδα

# Κριτήρια επιλογής εναλλακτικών

- Εκμεταλλευσιμότητα και οικονομικότητα του συνόλου των έργων
- Αποδοτικότητα και η Παραγωγικότητα του νερού
  - Μικρή κατανάλωση ενέργειας
  - Αξιοπιστία
  - Ανθεκτικότητα κάθε υποσυστήματος σε πιθανές αλλαγές
  - Η γρήγορη επανάκαμψη μετά από κάθε αστοχία
  - Δίκαιη κατανομή των πόρων και των προσόδων
  - Διατηρησιμότητα της ανάπτυξης.

Άλλα περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια



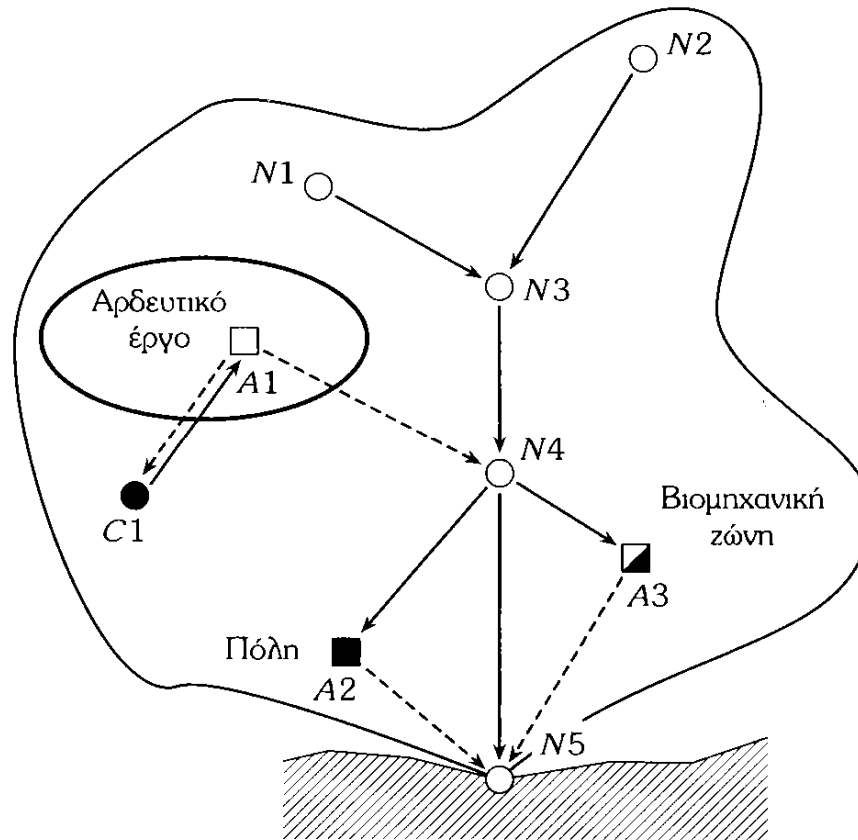
# Επιλογή κατασκευής νέου αρδευτικού δικτύου?

**μόνο στα πλαίσια της ΔΥΠ**

Άρδευση στα πλαίσια της δυπ  
(το έργο δεν είναι μόνο το δίκτυο και η άρδευση στο  
αγροτεμάχιο)

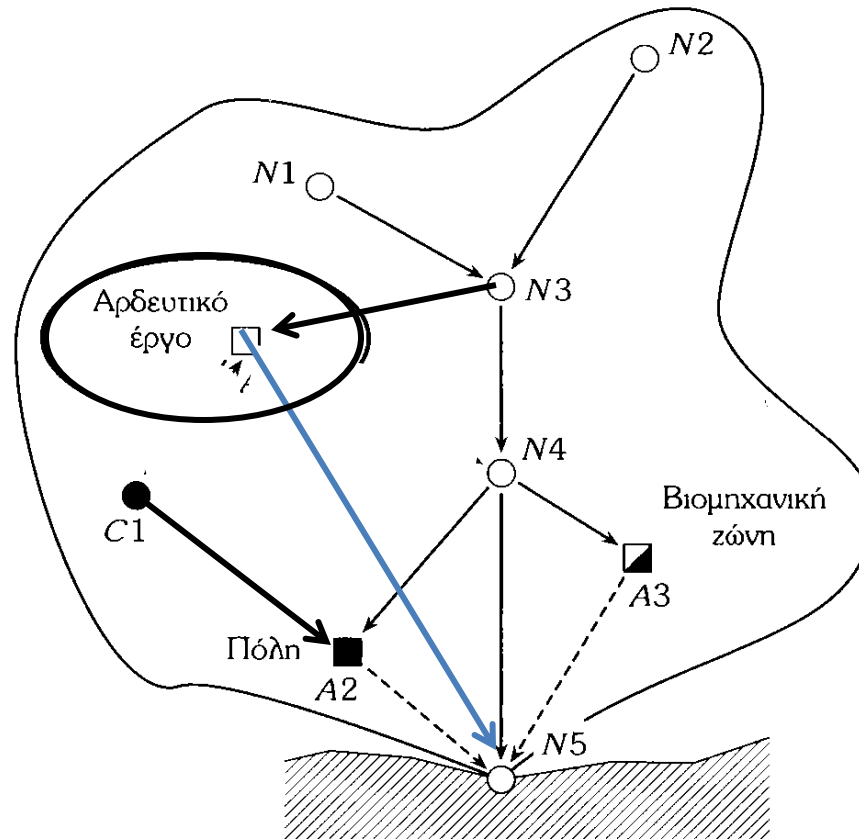
**Η ανάλυση πρέπει να περιλαμβάνει:**  
**Σύστημα: Κέντρα κατανάλωσης,**  
**περιβάλλον, υδατικοί πόροι**

# Σχηματοποίηση



Σχ. 1.8: Υδατικό Σύστημα / Λεκάνη Απορροής.

# Άλλες εναλλακτικές



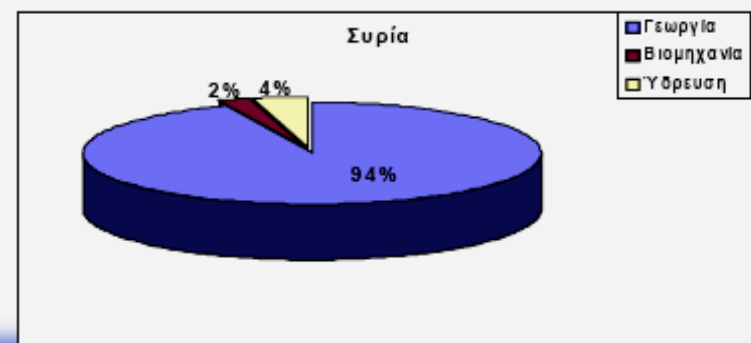
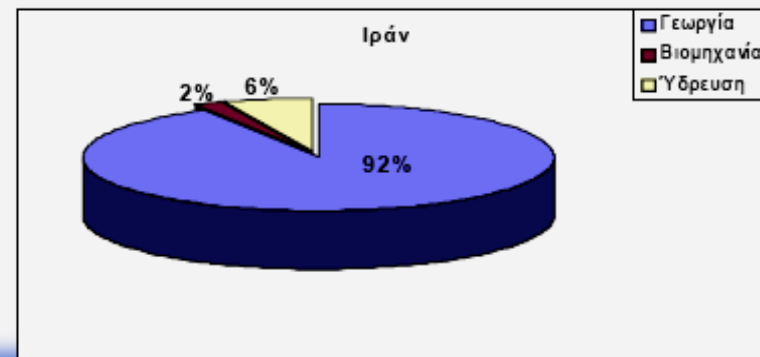
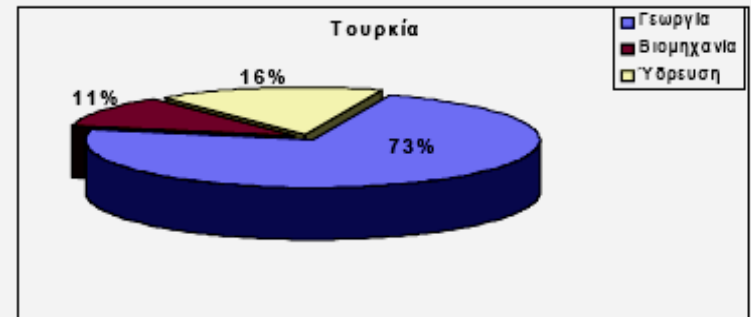
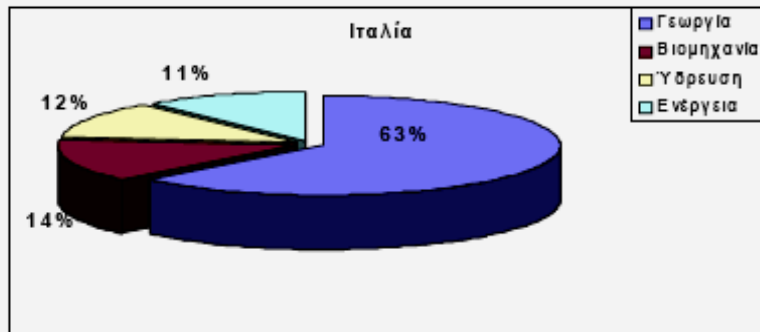
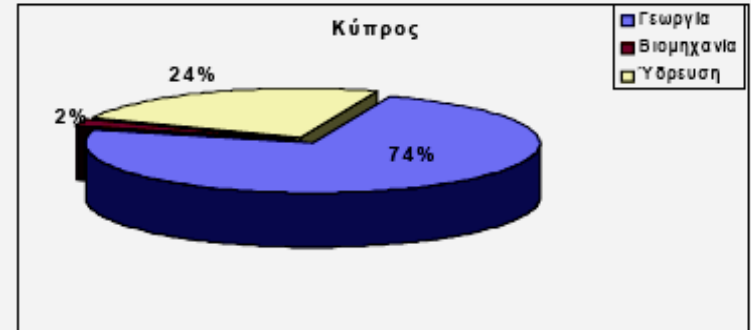
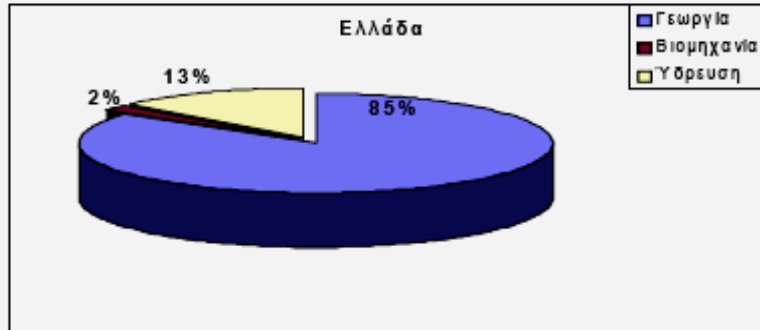
Σχ. 1.8: Υδατικό Σύστημα / Λεκάνη Απορροής.

**Ζήτηση νερού**

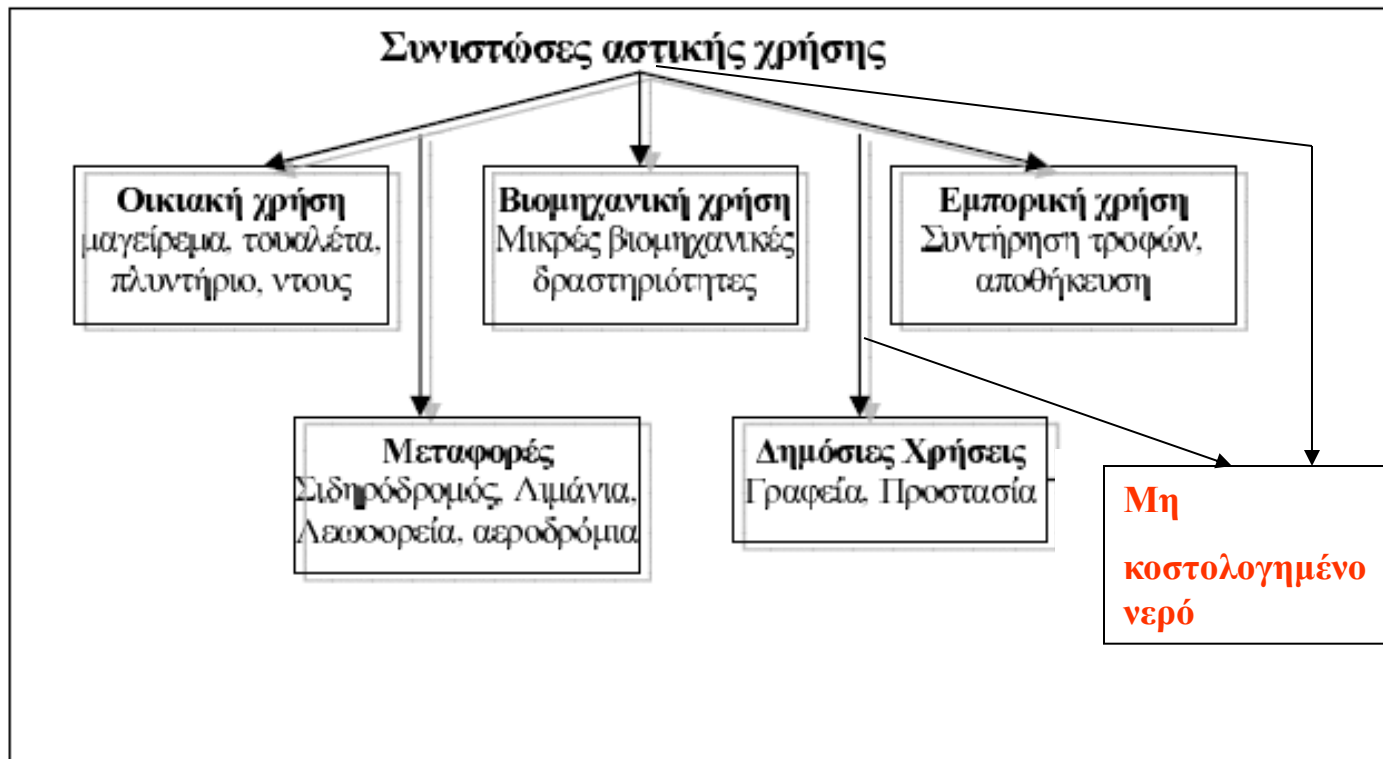
# ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

- Ζήτηση/ Ανάγκες
- Τομείς:
  - Ύδρευση
  - Τουρισμός
  - Βιομηχανία
  - Παραγωγή Ενέργειας
  - Γεωργία
  - Περιβάλλον
  - Αισθητική αναβάθμιση

# Ποσοστά κατανάλωσης νερού ανά χρήση



# Αστική χρήση νερού



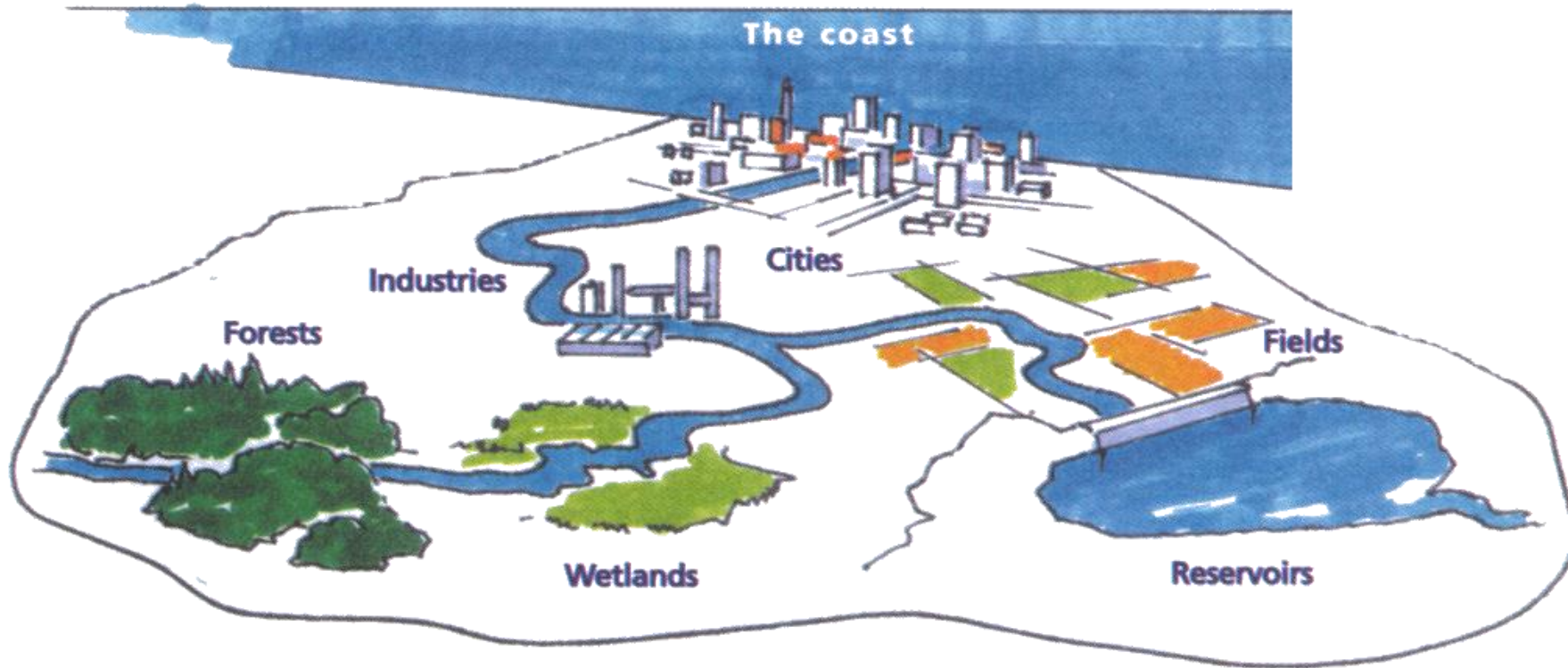
Πίνακας 2.12. Καταναλώσεις επιχειρήσεων [17].

Είδος επιχείρησης	Μονάδα	Απαιτούμενη ποσότητα νερού
1. Αρτοποιείο	1/υπαλ. ημερ.	150
2. Ζαχαροπλαστείο	1/υπαλ. ημερ.	200
3. Κρεοπωλείο	1/υπαλ. ημερ.	250
4. Κουρείο	1/υπαλ. ημερ.	250
5. Μικρές επιχειρήσεις με καθαρή παραγωγική διαδικασία	1/υπαλ. ημερ.	50
6. Μικρές επιχειρήσεις με βρώμικη παραγωγική διαδικασία	1/υπαλ. ημερ.	250
7. Εστιατόρια	1/(υπαλ. + πελ.) ημερ.	50
8. Ξενοδοχεία πολυτελείας με αναλογία υπαλλήλων προς πελάτες $\geq 1$	1/(υπαλ. + πελ.) ημερ.	600
9. Ξενοδοχεία μεσέας κατηγορίας με αναλογία υπαλλήλων προς πελάτες = 0.5	1/(υπαλ. + πελ.) ημερ.	300
10. Απλά Ξενοδοχεία με αναλογία υπαλλήλων προς πελάτες = 0.25	1/(υπαλ. + πελ.) ημερ.	200

Πίνακας 2.13. Απαιτούμενη ποσότητα νερού στην κτηνοτροφία [17].

Είδος	Μονάδα	Απαιτούμενη ποσότητα νερού
1. Μεγάλο ζώο	1/ζωο. ημερ.	50
2. Μεγάλο ζώο με ξέπλυμα κοπριάς χωρίς διάστρωση αχύρων	1/ζωο. ημερ.	60
3. Μεγάλο ζώο με ξέπλυμα κοπριάς και διάστρωση αχύρων	1/ζωο. ημερ.	70
4. Μικρό ζώο = 1/5 της ποσότητας του μεγάλου ζώου		
5. Σταθμός συγκέντρωσης γάλατος	1/1	1.5
6. Επαγγελματικοί κήποι οπωρολαχανικών	1/m <sup>2</sup>	0.8





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

# Προβληματισμοί

- Υψηλή θερμοκρασία με έλλειμμα βροχής την περίοδο των καλλ. Ανάγκη για αρδεύσεις αυξημένη (αυξημένη θερμοκρασία, αυξημένες ανάγκες)
- Χαμηλή παραγωγικότητα νερού σχέση με άλλες χρήσεις
- Προ κρίσης: σκεπτικισμός για την κατανάλωση νερού στην αρδευόμενη γεωργία

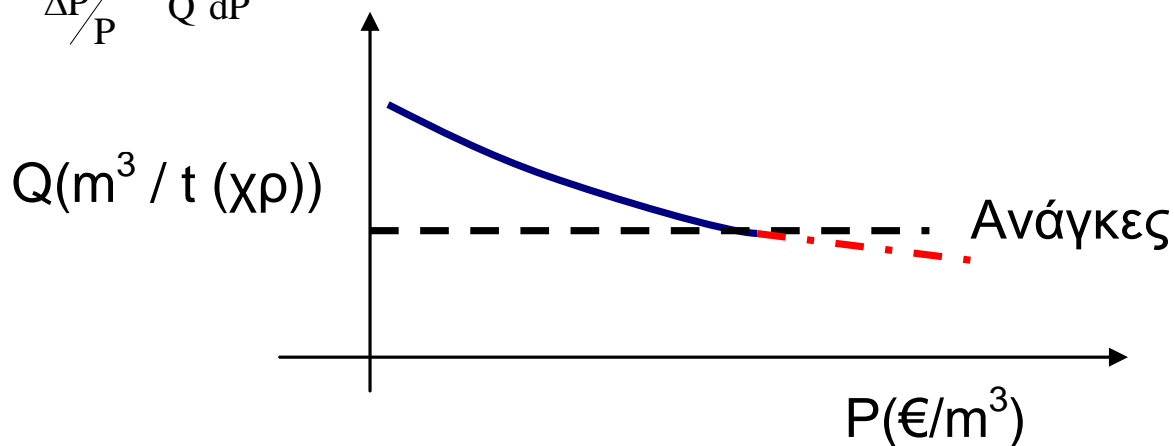
- Άρδευση στην Ελλάδα βασικός καταναλωτής νερού, 85%(ή και 90%)
- ΔΥΠ χωρίς να συμπεριληφθεί η αρδευόμενη γεωργία είναι κενό γράμμα για τη χώρα

## 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 (μόνο???)

**Παραγωγικότητα νερού**

# 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)-

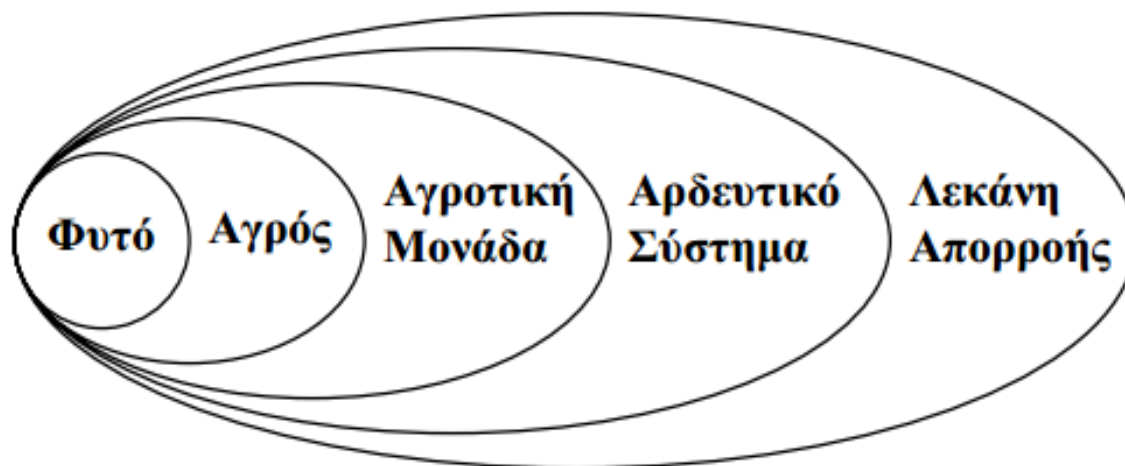
$$WP = \frac{\text{όφελος}}{\text{νερό}}$$

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

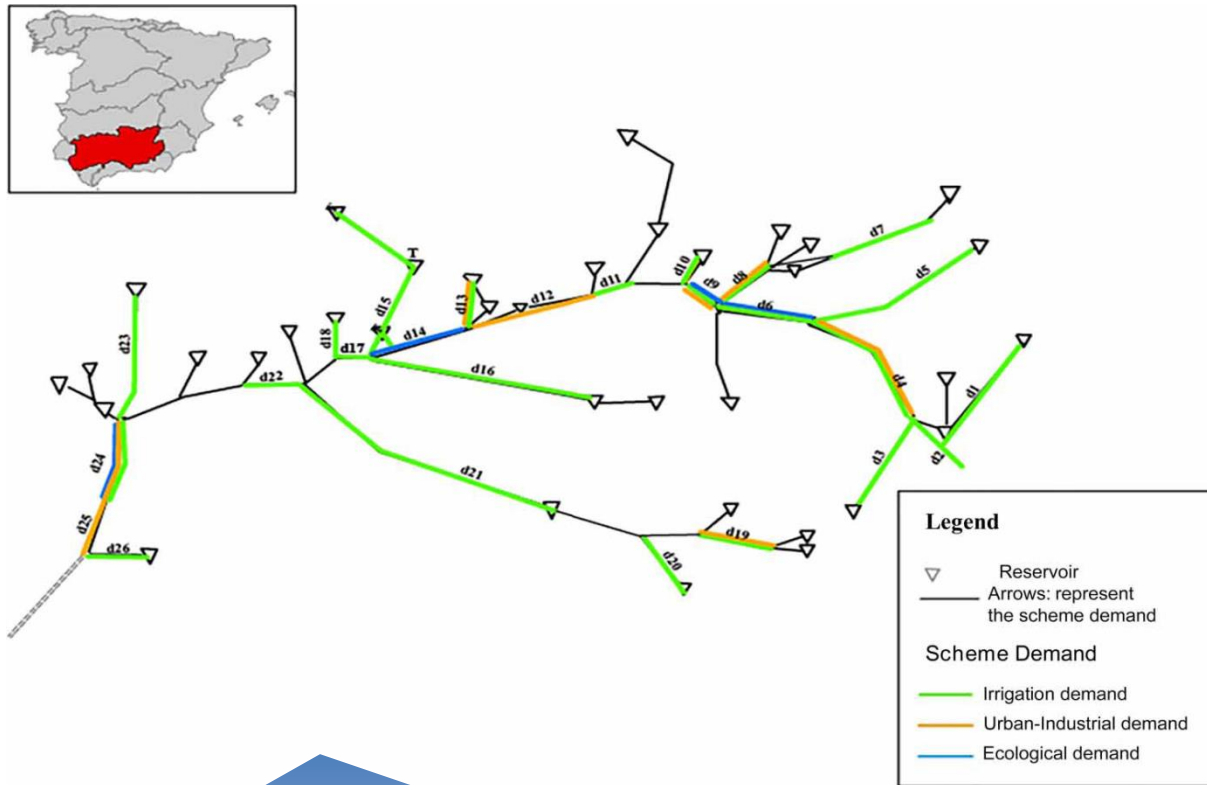
Τι πρέπει να γίνει στα αρδευτικά δίκτυα;

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

Μείωση καταναλώσεων  
Αύξηση παραγωγικότητας



# Παραγωγικότητα νερού για άρδευση και κλιματική αλλαγή



Έντονη διαφορά παραγωγικότητας από περιοχή σε περιοχή, μείωση κατανάλωσης νερού  
Σε περιοχές χαμηλής παραγωγικότητας  
(Spiliotis et al., 2015)

**Table 2** | Existent urban, ecological, and irrigation demand with the corresponding productivity at branches

Branch	Region	Existent irrigation demand, $\bar{d}_i$ (hm <sup>3</sup> /yr)	Water irrigation productivity (€m <sup>-3</sup> )	Cumulative irrigation demand (hm <sup>3</sup> /yr)	Urban demand (hm <sup>3</sup> /yr)	Cumulative urban demand (hm <sup>3</sup> /yr)	Ecological demand (hm <sup>3</sup> /yr)
1	Alto Guadiana Menor	44	0.31	44	1	1	-
2	La Bolera	42	0.25	86	-	1	-
3	Fardes	47	0.26	47	-	-	-
4	Guadiana Menor	13	0.25	146	-	1	-
5	Vegas Altas	42	0.25	42	-	-	-
6	Vegas Medias	48	0.25	236	-	1	4.15
7	Guadalmena	16	0.25	16	-	-	-
8	Guadalimar	46	0.25	62	8.79	9.79	-
9	Vegas Bajas + Jaén	83	0.42	381	22	31.79	11.40
10	Rumblar	40	0.29	40	14	14	-
11	Jandula - Badajoz	157	0.25	578	-	45.79	-
13	Guadalmellato	74	0.23	74	43 a%	43 a%	-
14	Guadalq. after Cord.	-	-	652	-	88.79	18.70
15	Sierra Boyera	7	0.25	7	-	-	-
16	Guadajoz	24	0.49	24	-	-	-
17	Guadajoz-Genil	59	0.25	742	-	89.79	-
18	Bembezar	136	0.09	136	-	-	-
19	Alto Genil	100	0.48	100	38	38	-
20	Cacín	41	0.48	41	-	-	-
21	Genil-Cabra and Bajo Genil	262	0.25	403	-	38	-
22	Valle Inferior and Afluentes	230	0.25	1511	-	126.79	-
23	Viar	101	0.26	101	-	-	-
24	Bajo Guad./Sevilla	957	0.25	2569	170	296.79	31.4
25	Resto Guadalquivir	-	-	2569	36	332.79	-
26	Salado de Morón	14	0.37	14	-	-	-

# Έλλειψη υποδομών στο τρίτο κόσμο Οικονομική ξηρασία... (απλά για προβληματισμό...)



# Προκλήσεις....

- **Κατανομή ζήτησης στην Ελλάδα και στον κόσμο**
- **Λόγοι Αύξησης της ζήτησης**
  - Αύξηση Πληθυσμού
  - Αύξηση Αρδευόμενων εκτάσεων
  - Αστικοποίηση και συγκέντρωση πληθυσμού στα αστικά κέντρα
  - Κλιματική αλλαγή
  - Ανάπτυξη
  - Άνοδος πολιτιστικού επιπέδου \ νέες ανάγκες

**–Κλιματική αλλαγή: Ένταση ακραίων φαινομένων, μείωση βροχόπτωσης, αύξηση θερμοκρασίας στο ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΌ ΧΏΡΟ**

**–Θεώρηση υδατικών σωμάτων, αναβάθμιση οικοσυστημάτων**

# Λειψυδρία

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

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 και έκταση** (Τσακίρης, 2013)

# Δείκτης λειψυδρίας Rws

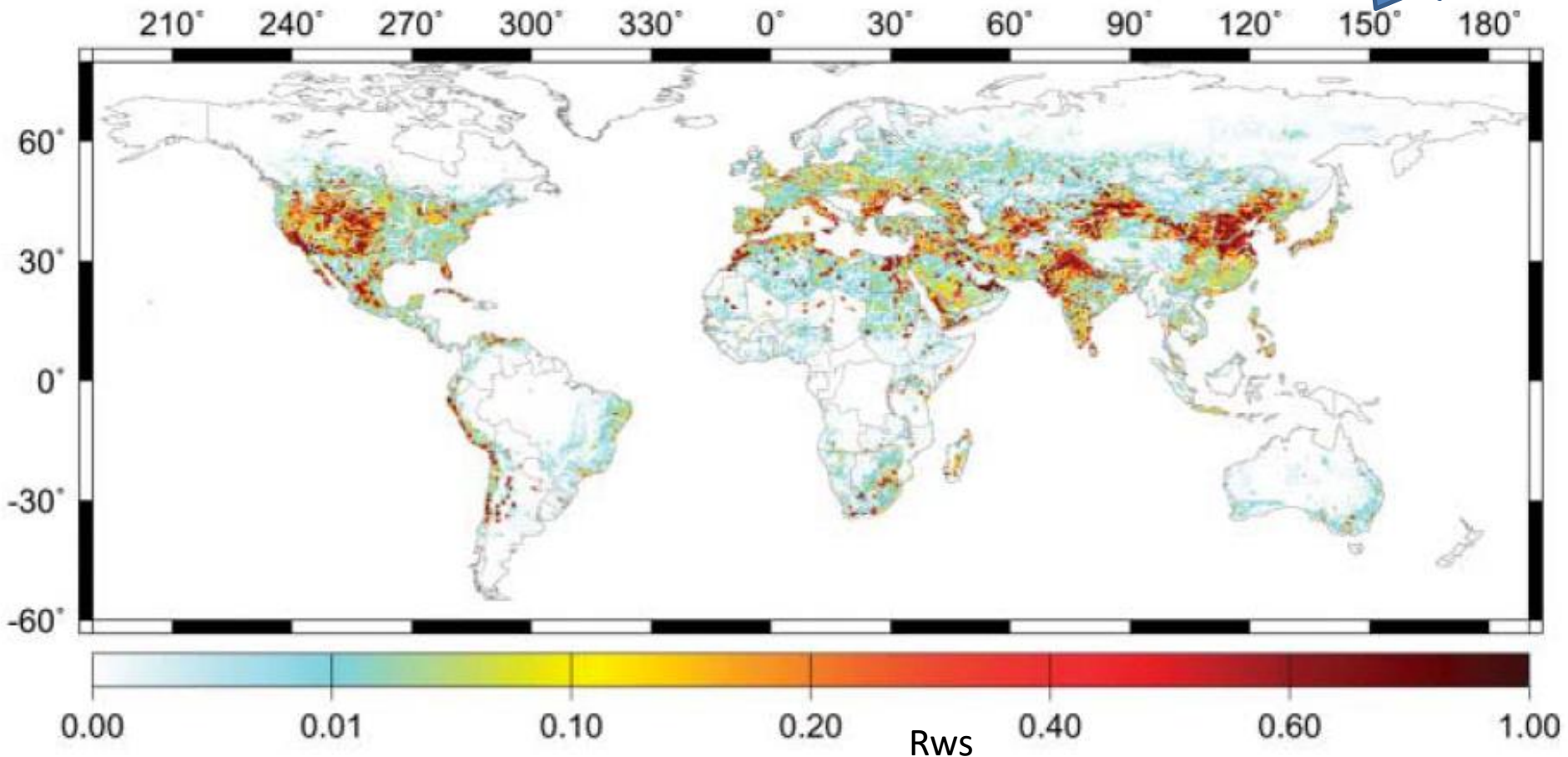
( $Rws > 0.4$ ) = Water Stress

$Rws =$

«απόσυρση (χρήση) νερού– αφαλάτωσης νερό

Ανανεώσιμες ετήσιες ποσότητες νερού

Κατώφλι  
40%





Μερικοί Δείκτες λειψυδρίας

# 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

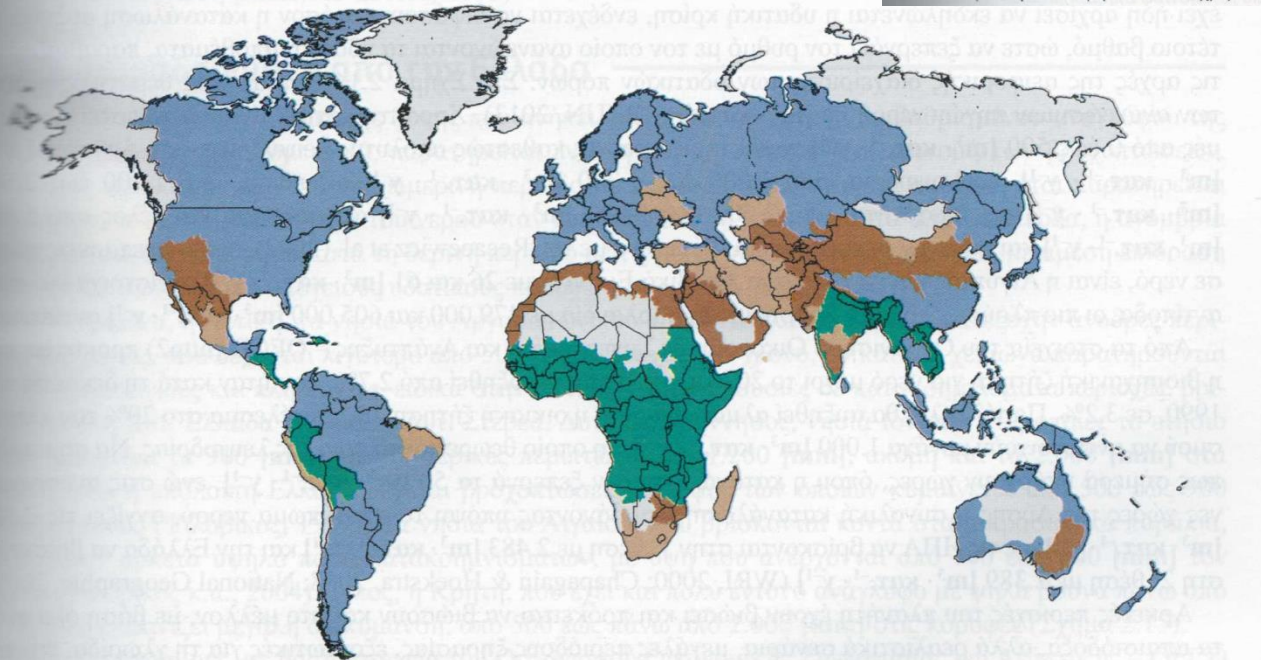
- Πρώτη αδρομερή εκτίμηση με βάση μέσες τιμές και την κατανάλωση κατ' άτομο.
- Αστική απαίτηση(?):
  - $100\text{L/person/day} = 40\text{m}^3/\text{person/year}$
  - $600\text{L/person/day} = 240\text{m}^3/\text{person/year}$
- Προσθέτω αγροτική ενεργειακή και βιομηχανική χρήση που αντιστοιχεί καθ' άτομο: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

# Λειψυδρία από φυσικά ή οικονομικά αίτια =

f(% χρησιμοποίησης επιφ. παροχής)

- ♦ **Περιοχές σε καθεστώς λειψυδρίας από φυσικά αίτια:** Η ανάπτυξη των υδατικών πόρων γίνεται με πολύ εντατικό τρόπο και έχει ξεπεράσει κατά πολύ τα όρια της αιφορικής διαχείρισης. Αυτό σημαίνει ότι πάνω από το 75% της επιφανειακής απορροής των ποταμών χρησιμοποιείται για τις ανάγκες των γεωργικών, βιομηχανικών και οικιακών χρήσεων, συμπεριλαμβανομένων και των ποσοτήτων νερού που προκύπτουν από επιστρεφόμενα νερά άρδευσης και ανακύκλωσης.
- ♦ **Περιοχές που προσεγγίζουν τη λειψυδρία από φυσικά αίτια:** Περισσότερο από το 60% της επιφανειακής απορροής των ποταμών, χρησιμοποιείται για τις παραπάνω αναφερόμενες χρήσεις. Οι λεκάνες αυτές, αναμένεται να βιώσουν λειψυδρία από φυσικά αίτια στο άμεσο μέλλον.
- ♦ **Περιοχές σε καθεστώς λειψυδρίας από οικονομικά αίτια:** Στις περιοχές αυτές, υπάρχει επαρκής διαθεσιμότητα νερού σε σχέση με τη ζήτηση, με ποσοστό λιγότερο του 25% της επιφανειακής απορροής να χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ανθρώπινων χρήσεων. Παρά το γεγονός αυτό, οι οικονομικοί περιορισμοί στον δημόσιο και ιδιωτικό τομέα, περιορίζουν την πρόσβαση σε καθαρό νερό, ακόμη και αν δεν παρουσιάζονται φαινόμενα λειψυδρίας από φυσικά αίτια. Στις περιοχές αυτές, λόγω οικονομικής ανέχειας, παρουσιάζονται φαινόμενα υποσιτισμού, φτώχειας και εξαθλίωσης.
- ♦ **Περιοχές με καθεστώς μικρής έως μηδαμινής λειψυδρίας:** Στις περιοχές αυτές, δεν υπάρχει άμεσα επαλή από φαινόμενα λειψυδρίας από φυσικά και οικονομικά αίτια. Υπάρχει επαρκής διαθεσιμότητα νερού σε σχέση με τη ζήτηση, με ποσοστό λιγότερο του 25% της επιφανειακής απορροής να χρησιμοποιείται για την κάλυψη όλων των χρήσεων.

■ Μικρή ή Μηδαμινή Λειψυδρία      ■ Προσέγγιση Λειψυδρίας από Φυσικά Αίτια  
■ Λειψυδρία από Φυσικά Αίτια      ■ Λειψυδρία από Οικονομικά Αίτια



Ψιλοβίκος, 2021

Εικόνα 2.12: Οι τέσσερις ζώνες της υδρογείου αναφορικά με τις περιπτώσεις λειψυδρίας (IWMI, 2007)

# Αφρική: σε κάποιες περιοχές οικονομική λειψυδρία



# Δείκτης Falkenmark

- Δείκτης F εκφράζει την πίεση που ασκεί ο πληθυσμός στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους
- Η συνολική ποσότητα ανανεώσιμων υδατικών πόρων (επιφανειακών και υπόγειων) που εισέρχεται ετησίως σε μία περιοχή και είναι **δυσνητικά διαθέσιμη** προς εκμετάλλευση για την κάλυψη των υδατικών αναγκών της, προς τον πληθυσμό της περιοχής αυτής.
- $m^3/\text{κατ}/\text{έτος}$
- Δείκτης λειψυδρίας

## Με βάση τις διαθέσιμες ποσότητες νερού

- **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:**  $>1700 \text{ m}^3 / \text{person}/\text{year}$

Μεχρι το 2025 κοντά 2 δις  
σε περιοχές με απόλυτες  
συνθήκες λειψυδρίας

# Μέλλον?

Όλη η νότια μεσόγειος..

