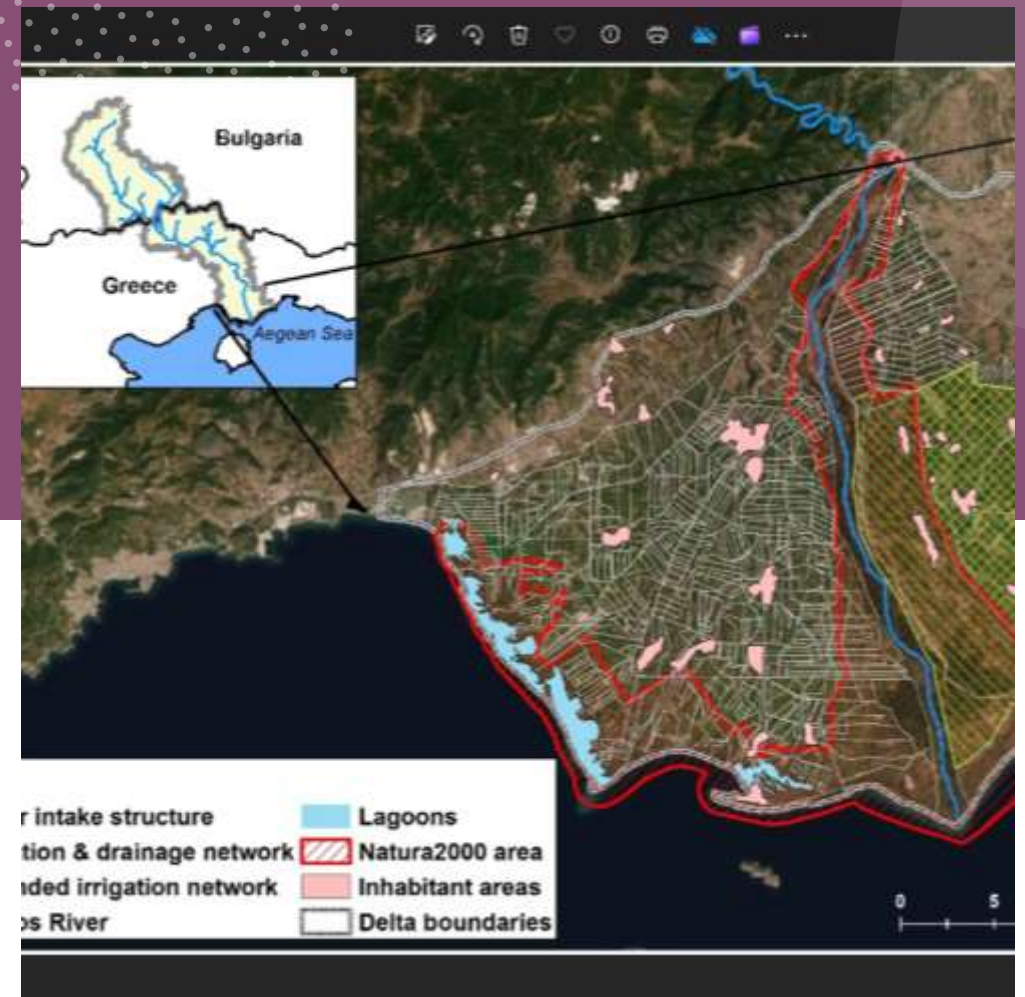


Υδροσύστημα Νέστου εισαγωγή και μία προσπάθεια για συστημική προσέγγιση

-Μιχαήλ Σπηλιώτης Αν Καθ ΔΠΘ Τμήμα Πολιτικών
Μηχανικών



Βασικές έννοιες

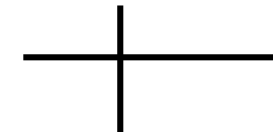
Λειψυδρία

	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

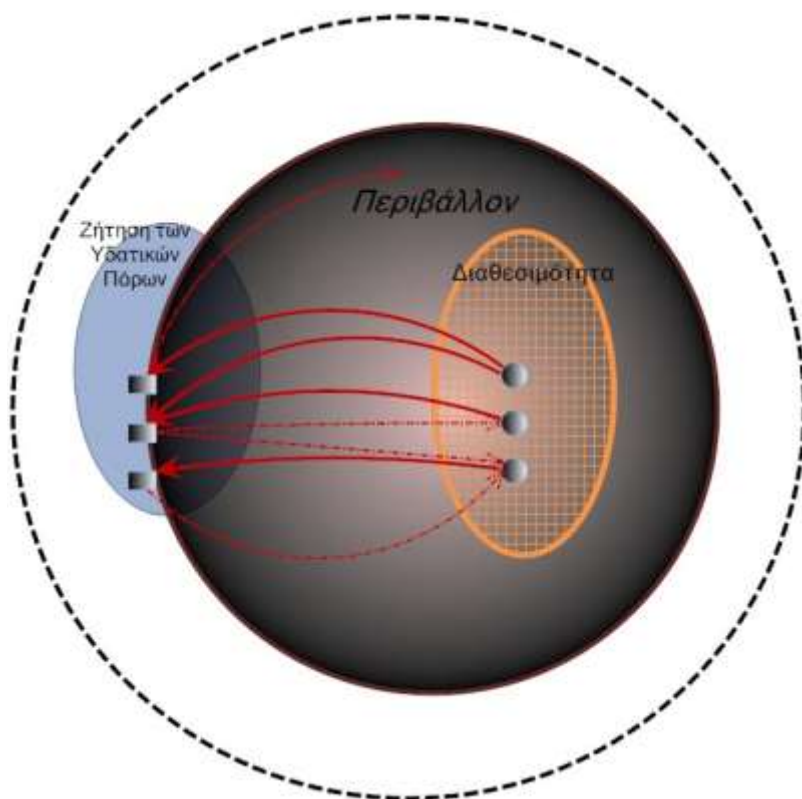
Ξηρασία: Το φαινόμενο κατά το οποίο οι ποσότητες εισερχόμενου διαθέσιμου νερού σε ένα σύστημα είναι **κάτω από τις κανονικές για μία σημαντική χρονική περίοδο** (Τσακίρης, 2013)



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

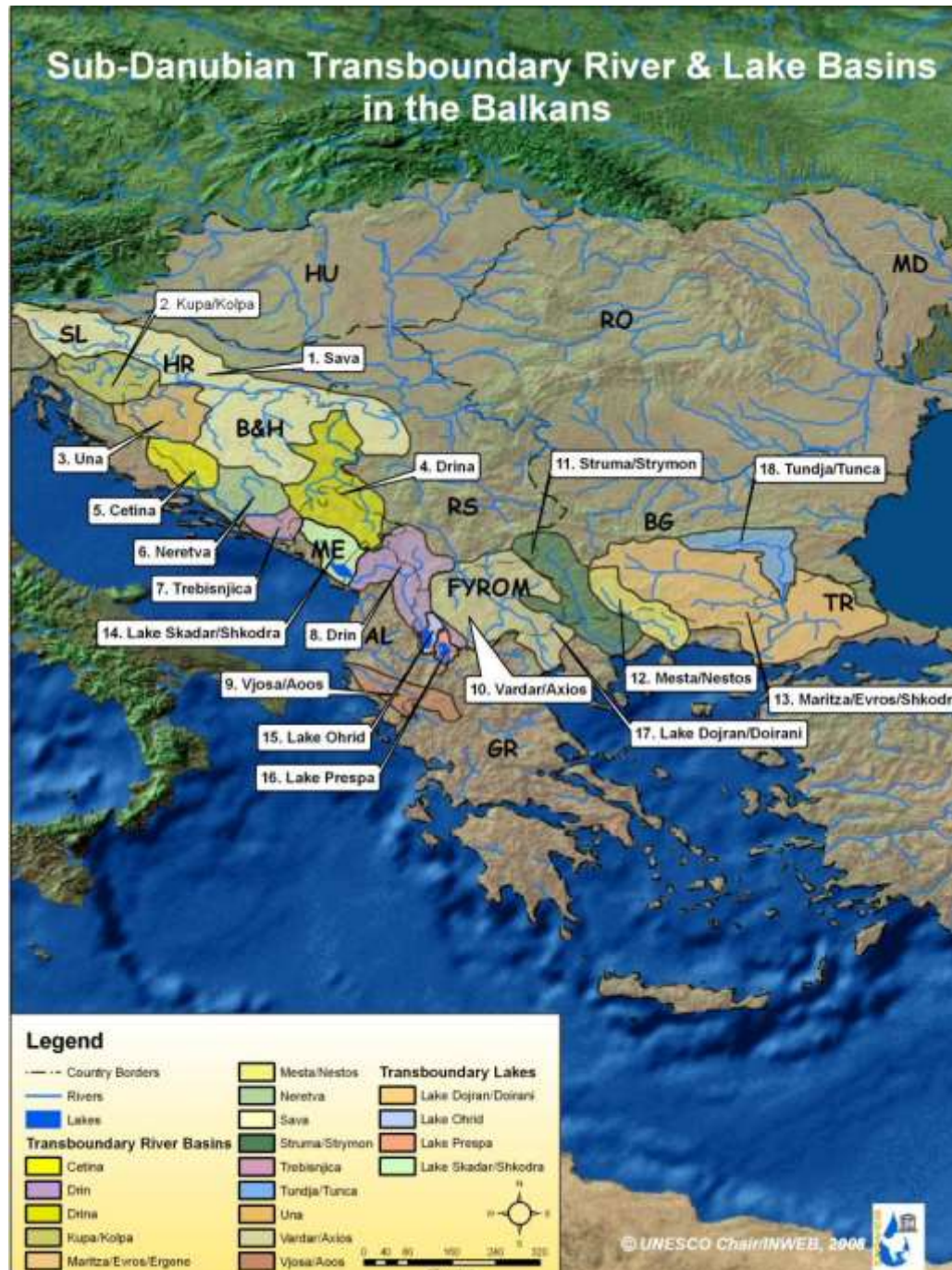
τώρα αλλά και στο μέλλον με στόχο τη διατηρήσιμη ανάπτυξη

Διαθεσιμότητα ά υδατικών πόρων

- επιφανειακά

- υπόγεια

Διασυνορικά
κά ποτάμια
Β. Ελλάδας



http://www.inweb.gr/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=151

Φράγματα επί του ποταμού Νέστου

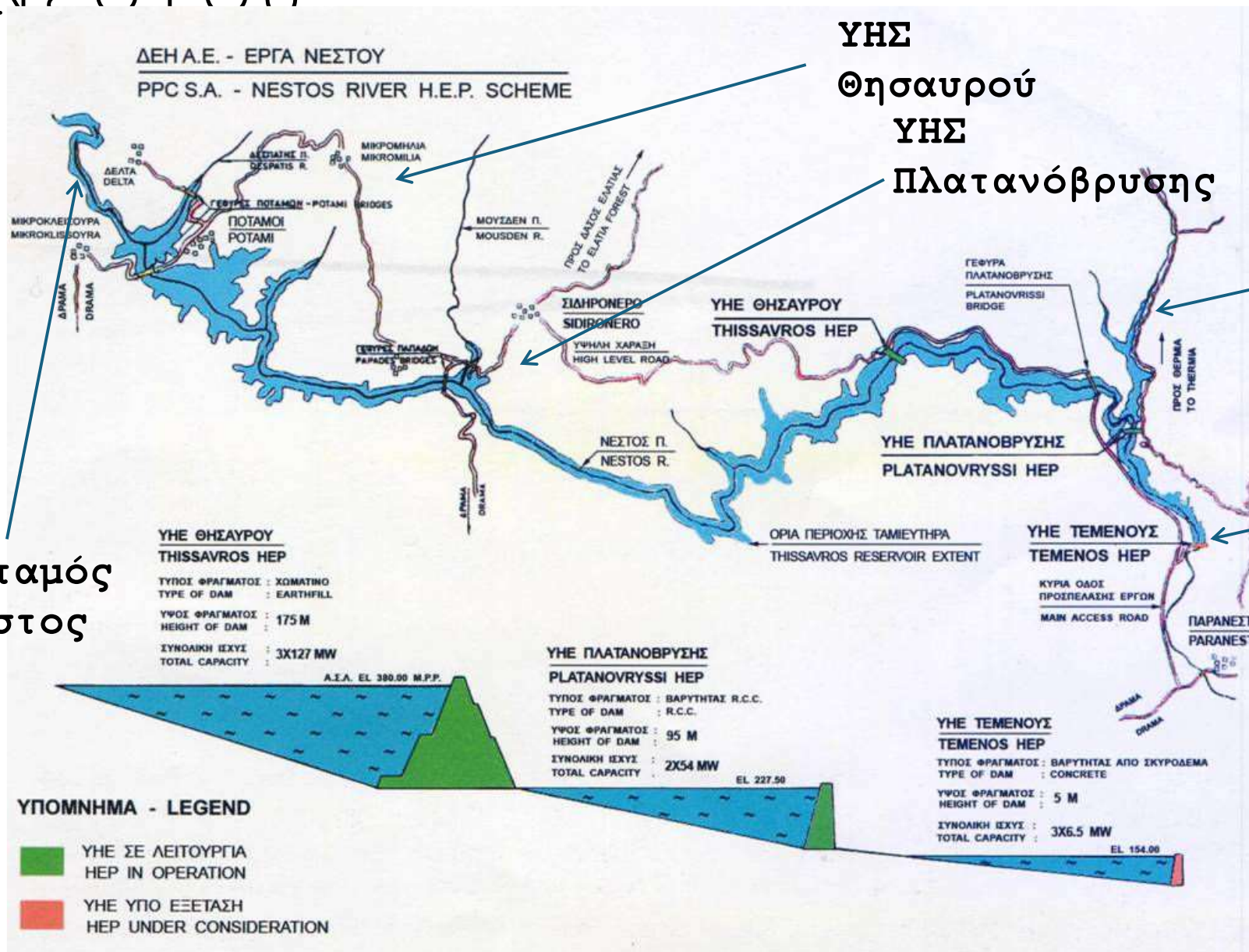
Την παρούσα χρονική στιγμή, στο ορεινό τμήμα της λεκάνης απορροής του Νέστου λειτουργούν δυο υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΥΗΣ):

- ❑ Ο υδροηλεκτρικός σταθμός του Θησαυρού (381 MW), ο οποίος βρίσκεται πλησίον των συνόρων με ωφέλιμη χωρητικότητα 565 εκατομμυρίων m³ και
- ❑ Ο σταθμός της Πλατανόβρυσης (162 MW) ο οποίος βρίσκεται στα κατάντη του πρώτου με ωφέλιμη χωρητικότητα 11 εκατομμυρίων m³. Και τα δύο αυτά φράγματα έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν με ανάστροφη λειτουργία στα πλαίσια παραγωγής ενέργειας.

Το μελλοντικό έργο του Τεμένους (19 MW), σχεδιάζεται να κατασκευαστεί στα κατάντη των δύο προηγούμενων και θα έχει ως σκοπό τόσο την παραγωγή ενέργειας όσο και την αποθήκευση και διάθεση υδάτων για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών. Επιπρόσθετα, η κατασκευή του θα συνεισφέρει στη βελτιστοποίηση λειτουργίας των δυο προηγούμενων εν σειρά φραγμάτων.

Παραμένει η ανάγκη για περαιτέρω μελέτες και έργο για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.

Φραγμάτα επί του ποταμού Νέστου



ΥΗΣ

Θησαυρού

ΥΗΣ

Πλατανόβρυσης

Αρκουδόρεμα

Μελλοντικό
φράγμα
Τεμένους

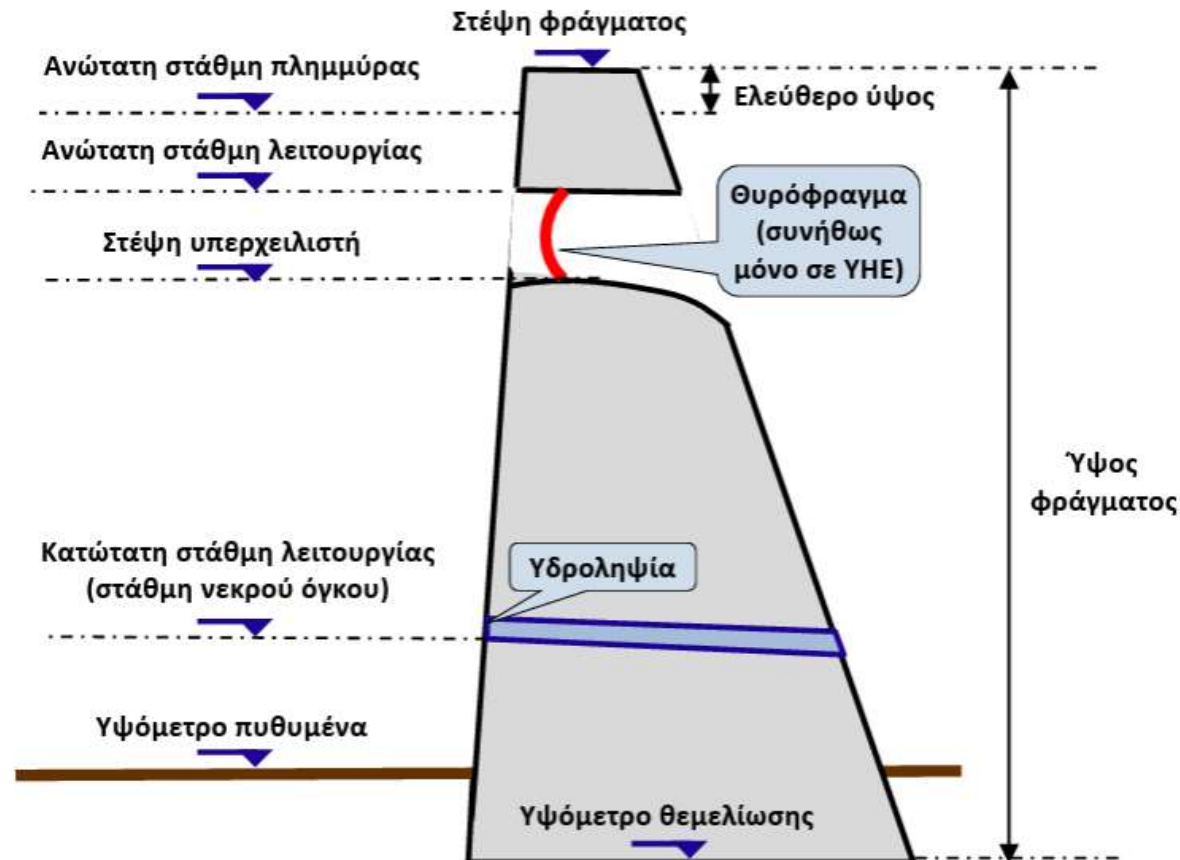
Σχήμα: Απεικόνιση των
τριών ΥΗΣ εν σειρά και
των κύριων
χαρακτηριστικών τους επί
του ποταμού Νέστου

Χρήση ύδατος

- ❑ Ο ΥΗΣ του Θησαυρού όσο και ο ΥΗΣ της Πλατανόβρυσης σχεδιάστηκαν ώστε λειτουργώντας μερικές ώρες την ημέρα να μπορούν να καλύπτουν τις ώρες αιχμής, δηλαδή τις ώρες αυξημένης ζήτησης **ηλεκτρικής ενέργειας**, διοχετεύοντας την παραγόμενη ενέργεια στο εθνικό δίκτυο μεταφοράς.
- ❑ Πολλαπλές χρήσεις: ενέργεια, άρδευση, περιβάλλον και αναψυχή+ αντιπλημμυρική προστασία
- ❑ Ο ΥΗΣ του Τεμένους, από την άλλη μεριά, έχει ως στόχο την αναρρύθμιση της παροχής, δηλαδή τη συγκράτηση της μη σταθερής παροχής κατά τη διάρκεια της παραγωγής ενέργειας από τα ανάντη φράγματα, και τη διοχέτευση των υδάτων για την άρδευση των κατάντη αυτού περιοχών, καθώς και για την εξασφάλιση των περιβαλλοντικών αναγκών σε νερό. Το μεγαλύτερο όμως όφελος από την κατασκευή του φράγματος του Τεμένους σχετίζεται με την ανάπτυξη της γεωργίας της περιοχής.
 - Λόγω έλλειψης κεφαλαίων δεν μπόρεσε να επιτευχθεί η

Ταμιευτήρας (υδρολογική λειτουργία)

Χαρακτηριστικά υψομετρικά μεγέθη



Περιβαλλοντικές επιπτώσεις φραγμάτων

Σημαντική διαφοροποίηση της φυσικής υδρολογικής διαίτας του ποταμού (εξομάλυνση ροών, μειωμένη συχνότητα και μέγεθος πλημμυρικών παροχών)

Μεταβολές υπόγειας υδροφορίας

Συγκράτηση φερτών (μη αναστρέψιμη επίπτωση)

Παρεμπόδιση κυκλοφορίας ψαριών

Αλλαγή οικοσυστήματος από ποτάμιο σε λιμναίο

Αισθητική όχληση σε περίπτωση έντονων διακυμάνσεων στάθμης (αποκάλυψη «νεκρής» ζώνης)

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη φάση κατασκευής (ως επί το πλείστον αναστρέψιμες)

Μετριάσμός επιπτώσεων

Οικολογική παροχή

Διατήρηση κάποια ισορροπίας φερτών από το κατάντη Αρκουδόρεμα

Παρακολούθηση παραμέτρων ακτάντη

Ανάγκη αναρυθμιστικού έργου

Το μελλοντικό έργο του Τεμένους (19 MW), σχεδιάζεται να κατασκευαστεί στα κατάντη των δύο προηγούμενων και θα έχει ως σκοπό τόσο την παραγωγή ενέργειας όσο και την αποθήκευση και διάθεση υδάτων για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών..

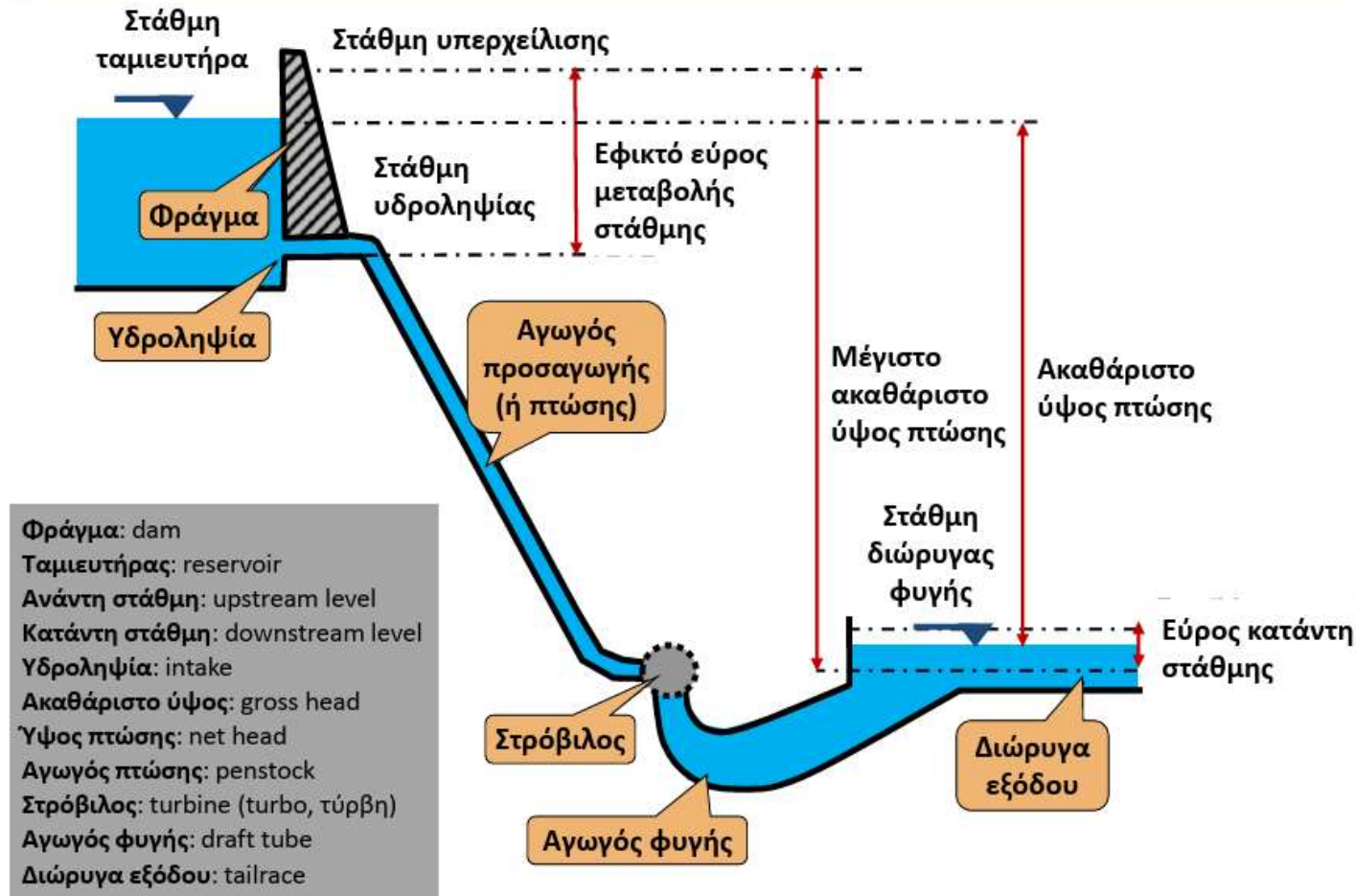
Όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η κατασκευή του θα επιτρέψει την απρόσκοπτη λειτουργία των ανάντη φράγ άτων. Αυτό ση αίνει ότι αν και τα φράγ ατα του Θησαυρού και της Πλατανόβρυσης έχουν σχεδιαστεί για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και την κάλυψη των ωρών αιχ ής σε ενέργεια, την παρούσα στιγμή ή εγάλες ποσότητες νερού διατίθενται για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών, ε αποτελέσ α τα ανάντη φράγ ατα να ην λειτουργούν αποκλειστικά για το σκοπό κατασκευής τους. Το εγαλύτερο όως όφελος από την κατασκευή του φράγ ατος του Τε ένουσ σχετίζεται ε την ανάπτυξη της γεωργίας της περιοχής.

Συνοδὰ τεχνικά ἔργα
σε φράγμα

Στάθμες λειτουργίας

Υδροενεργειακά μεγέθη & ορολογία

Παραγωγή ενέργειας

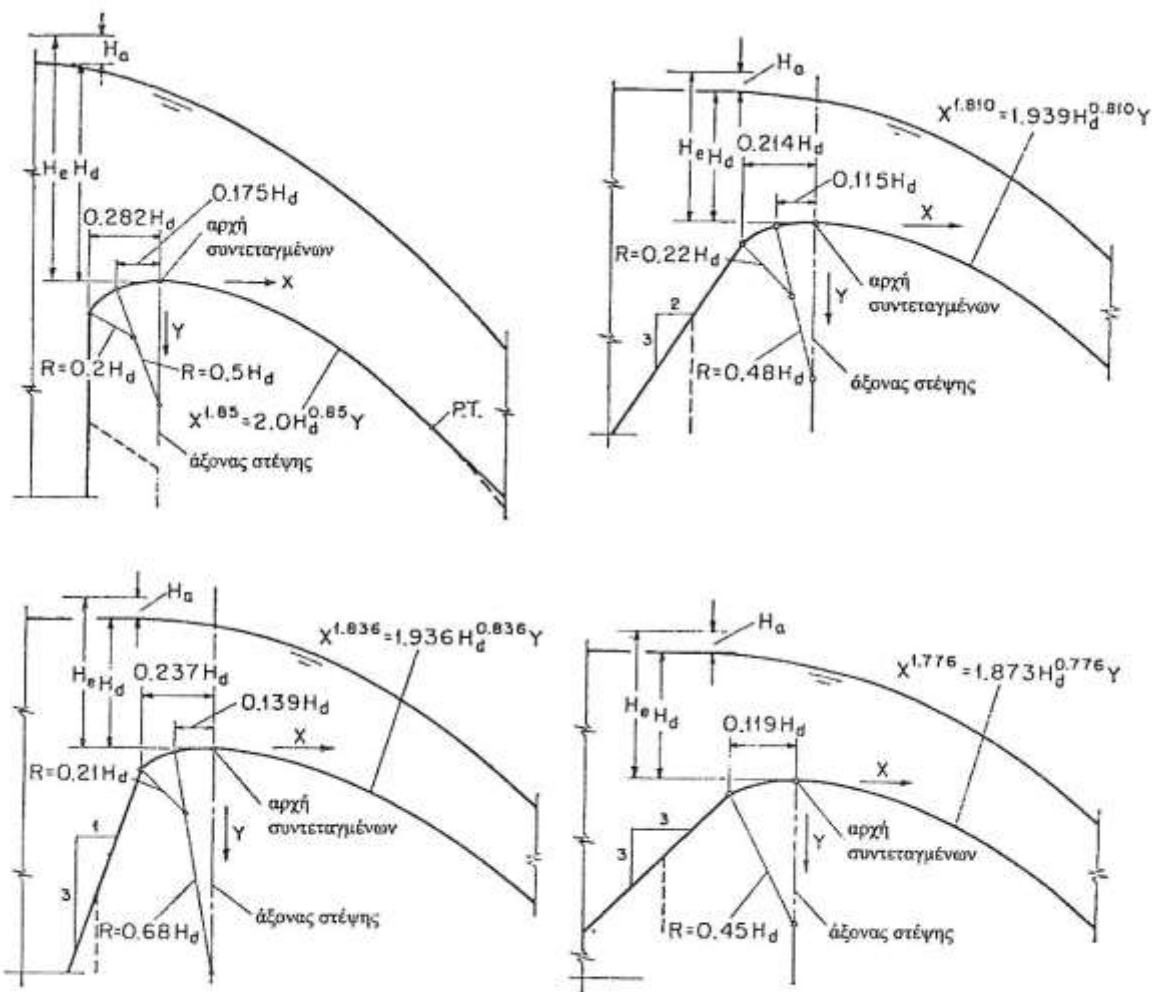


Χρησιμότητα εκχειλιστή λεπτής στέψεως

- Εκχειλιστής λεπτής στέψεως
- Ισοδυναμία με εκχειλιστή φράγματος κατά στη στέψη με κατάλληλη όμως γεωμετρία



- Περαιτέρω έλεγχος σπηλαίωσης στον εκχειλιστή



Σχήμα 9-8. Τυπικές στέψεις υπερχειλιστών, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Waterways Experimental Station

Κατασκευαστικά πρότυπα εκχειλιστή---**εκτός ύλης**

Σπηλαίωση

Το πρόβλημα της σπηλαίωσης

Όταν η πίεση του νερού γίνει μικρότερη από την τάση ατμών στιγμιαία το νερό μεταπίπτει από την υγρή φάση στην αέρια οπότε δημιουργούνται τοπικά φυσαλίδες. Ο βρασμός νερού αναφέρεται σε αυτήν την περίπτωση όπου η πίεση νερού είναι μικρότερη από την πίεση των υδρατμών νερού, οπότε σχηματίζονται φυσαλίδες σε αυτήν την επιφάνεια. Οι αιτίες για τον βρασμό του νερού είναι:

- Αύξηση της θερμοκρασίας, οπότε αυξάνεται η πίεση των υδρατμών
- Μείωση της πίεσης νερού ως συνέπεια απότομης στένωσης της διατομής, λόγω ύπαρξης ανοδικού ανάγλυφου ή ακόμη τη λειτουργία αγωγού αναρρόφησης σε αντλητική διάταξη.

Η ύπαρξη περιοχής υποπίεσεων οδηγεί σε περαιτέρω απελευθέρωση αερίων, οπότε αυξάνεται το μέγεθος των φυσαλίδων μειώνοντας το μέγεθος της πραγματικής διατομής για την κίνηση του ρευστού δημιουργώντας πρόβλημα σε κινήσεις ρευστού σε ανοδικό ανάγλυφο.

Ωστόσο κατάντη του σημείου βρασμού ενδέχεται η πίεση να αυξηθεί εκ νέου είτε λόγω διαπλάτυνσης της διατομής, είτε λόγω ύπαρξης κατωφέρειας. Σε αυτήν την περίπτωση οι φυσαλίδες νερού θα καταστραφούν ασκώντας μία στιγμιαία σημαντική πίεση στα τοιχώματα του αγωγού. Οπότε η **σπηλαίωση** αναφέρεται στη θραύση των φυσαλίδων των υδρατμών κατάντη (λόγω αύξηση της πίεσης κατάντη) που σχηματίστηκαν σε προηγούμενη επιφάνεια/ σημείο όπου η πίεση του υγρού ήταν μικρότερη από την πίεση των υδρατμών. Με τη θραύση των φυσαλίδων έχουμε την ανάπτυξη στιγμιαίων υψηλών δυνάμεων στα τοιχώματα.

ΣΠΗΛΛΑΙΩΣΗ (CAVITATION)

Από το θεώρημα του Bernouilli

$$H = \frac{\vec{u}^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gz = \text{ιδια σταθερη τιμη}$$

είναι φανερό, ότι όταν η ταχύτητα της ροής σε κάποια περιοχή λαμβάνει πολύ μεγάλες τιμές, τότε η πίεση p λαμβάνει πολύ μικρές τιμές ή ακόμη και αρνητικές τιμές.

Συνεπώς σε ροές νερού με υψηλές ταχύτητες εμφανίζονται στιγμιαία απόλυτες πιέσεις χαμηλές, έτσι ώστε τοπικά και στιγμιαία η πίεση να γίνει μικρότερη από την πίεση ατμών, οπότε στιγμιαία μεταπίπτει το νερό από την υγρή φάση στην αέρια, και δημιουργούνται τοπικά μικρές φυσαλίδες.

Οι φυσαλίδες αυτές μεταφερόμενες σε περιοχές με μεγαλύτερη πίεση μεταπίπτουν στιγμιαία σε υγρή φάση, απελευθερώνοντας τοπικά κρουστικές πιέσεις (στιγμιαίες πιέσεις) πολύ μεγάλου μεγέθους, που καταστρέφουν τα στερεά όρια της ροής, από οποιοδήποτε υλικό και αν είναι φτιαγμένα (ακόμη και από ατσάλι). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται σπηλαίωση (cavitation).

Ανάγκη πειράματος
για πιέσεις σε
υπερχειλιστή

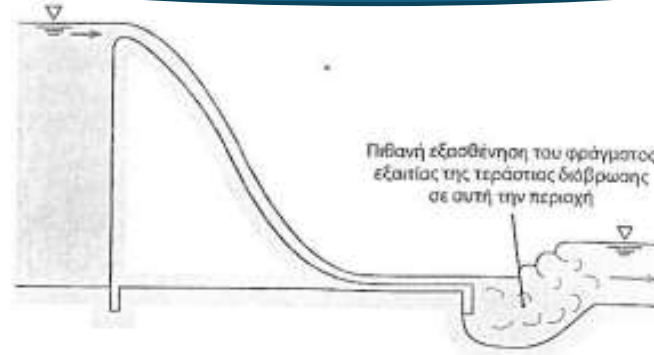
Έλεγχος υποπιέσεων

Κατάντη λεκάνη καταστροφή ενέργειας
με υδραυλικό άλμα

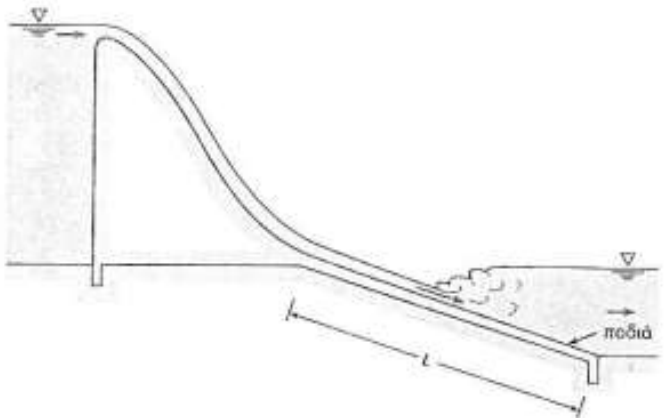
Κατάντη λεκάνη καταστροφή ενέργειας
με υδραυλικό άλμα



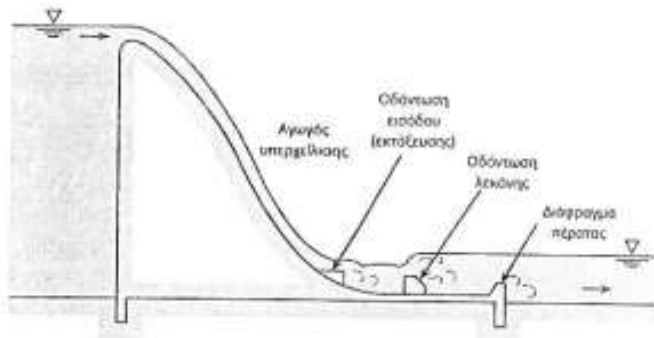
ΣΧΗΜΑ 15.25 Αγωγός υπερχειλίσσης σε φράγμα και υδραυλικό άλμα.



ΣΧΗΜΑ 15.26 Το υδραυλικό άλμα εκδηλώνεται μετά τον πόδα του αγωγού υπερχειλίσσης.



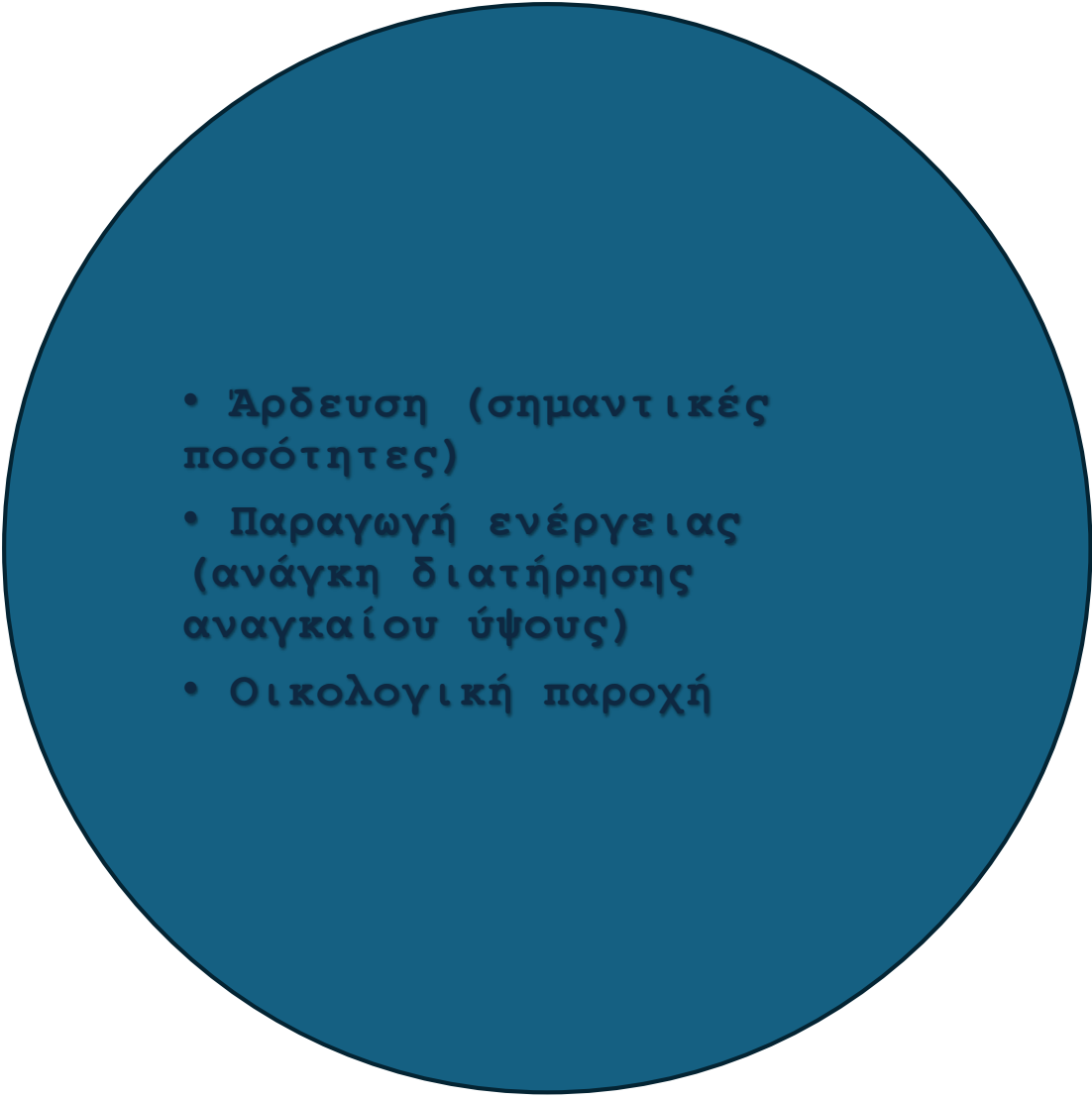
ΣΧΗΜΑ 15.27 Κεκλιμένη ποδιά μεγάλου μήκους.



ΣΧΗΜΑ 15.28 Αγωγός υπερχειλίσσης με λεκάνη ηρεμίας. Ο Τύπος III έτσι όπως υποδεικνύεται από το USBR (13).



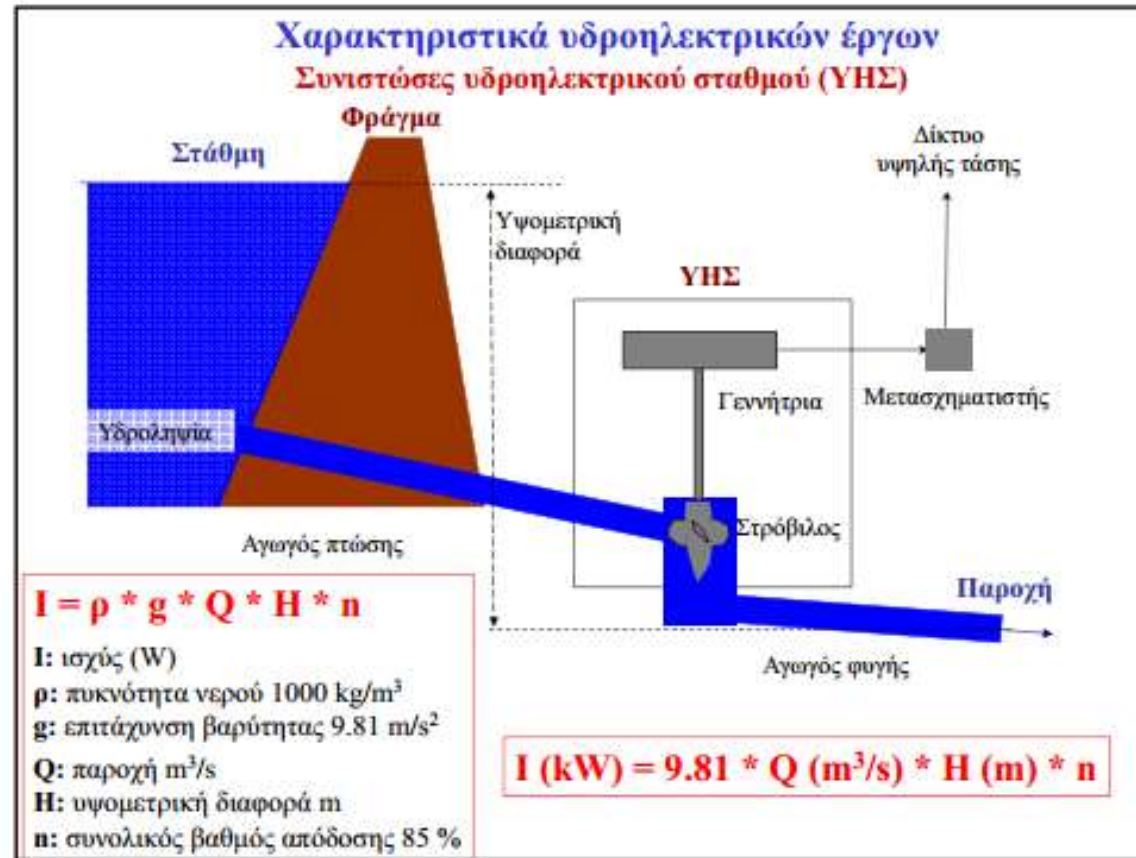
Ζήτηση
νερού:

- 
- Άρδευση (σημαντικές ποσότητες)
 - Παραγωγή ενέργειας (ανάγκη διατήρησης αναγκαίου ύψους)
 - Οικολογική παροχή



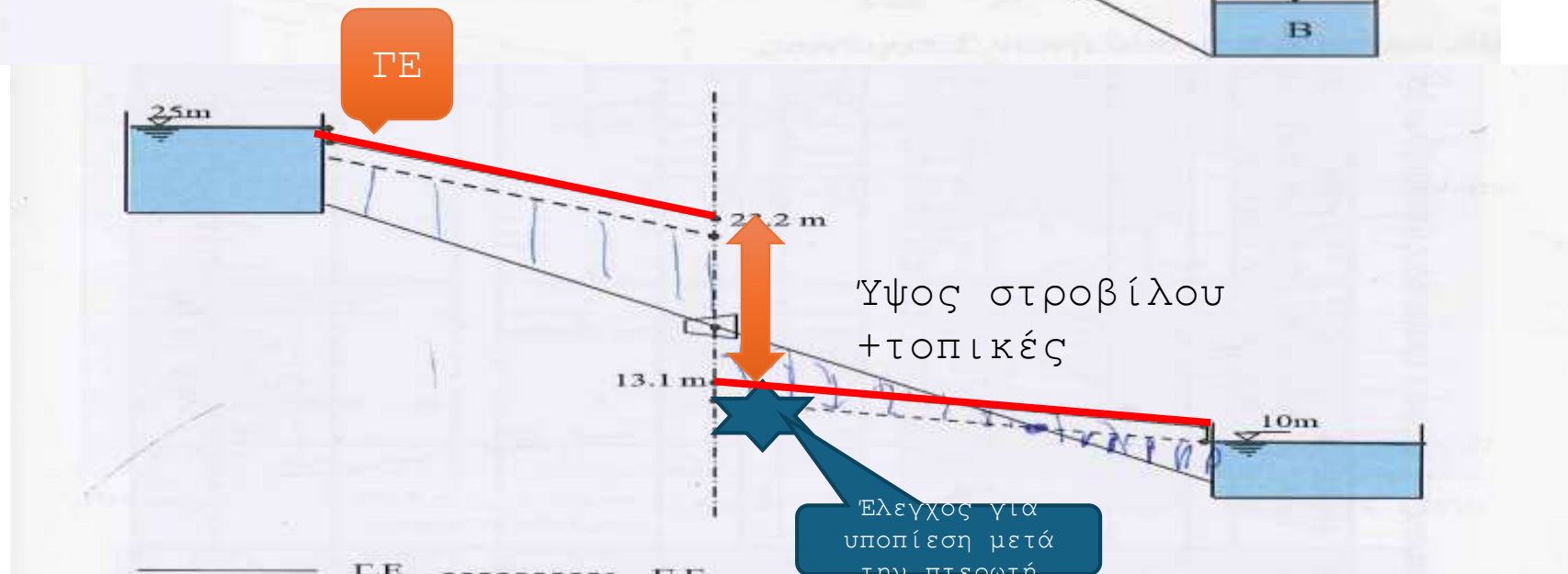
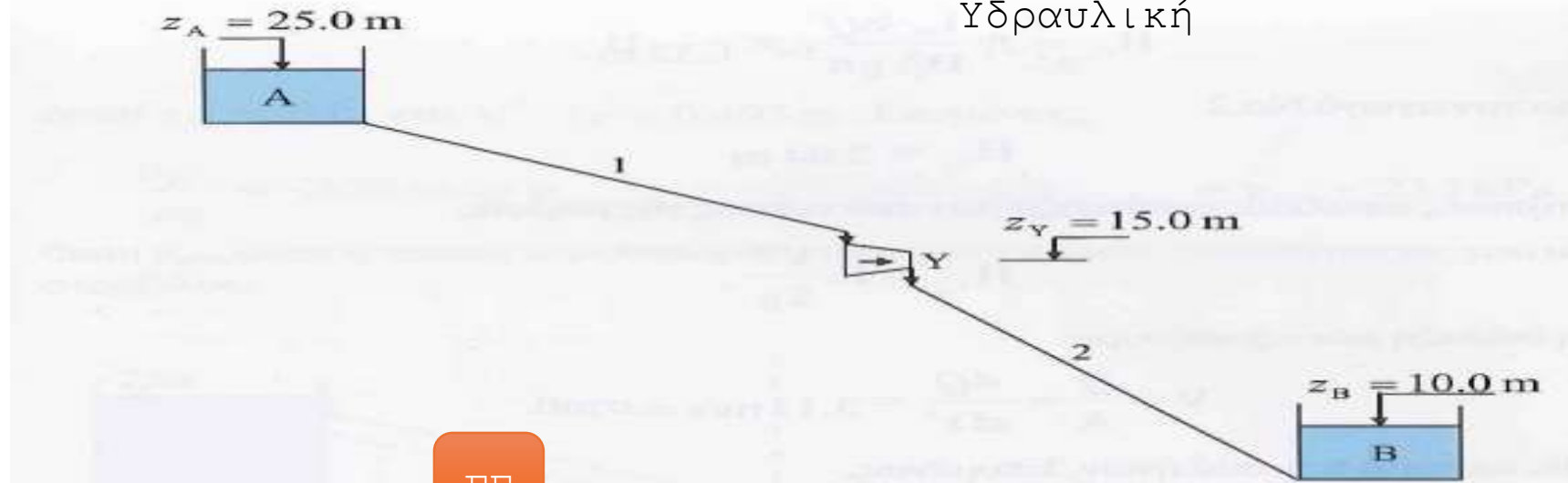
Παραγωγή ενέργειας

Τεχνικές γνώσεις



Υδρ. σε μοντέλο δύο δεξαμενών

Λιακόπουλος,
Υδραυλική



Ολικό **Θεωρητικό** δυναμικό

$$I_{\theta} = 9810 \times Q \text{ (m}^3/\text{s)} \times H \text{ (m)} \quad [\text{W}]$$

- Δε λαμβάνονται οι απώλειες λόγω εξάτμισης
- Το ωφέλιμο φορτίο, H υπολογίζετε με άξονα αναφοράς τον τελικό αποδέκτη (π.χ θάλασσα)
- Συνεχής λειτουργία με απόδοση 100%

Τεχνητά εκμεταλλεύσιμο

δυναμικό

$$I_T \approx (0.2 \div 0.80) I_\theta$$

[W]

- Αφαιρούνται οι απώλειες στη λεκάνη απορροής και στην υδροδυναμική εγκατάσταση

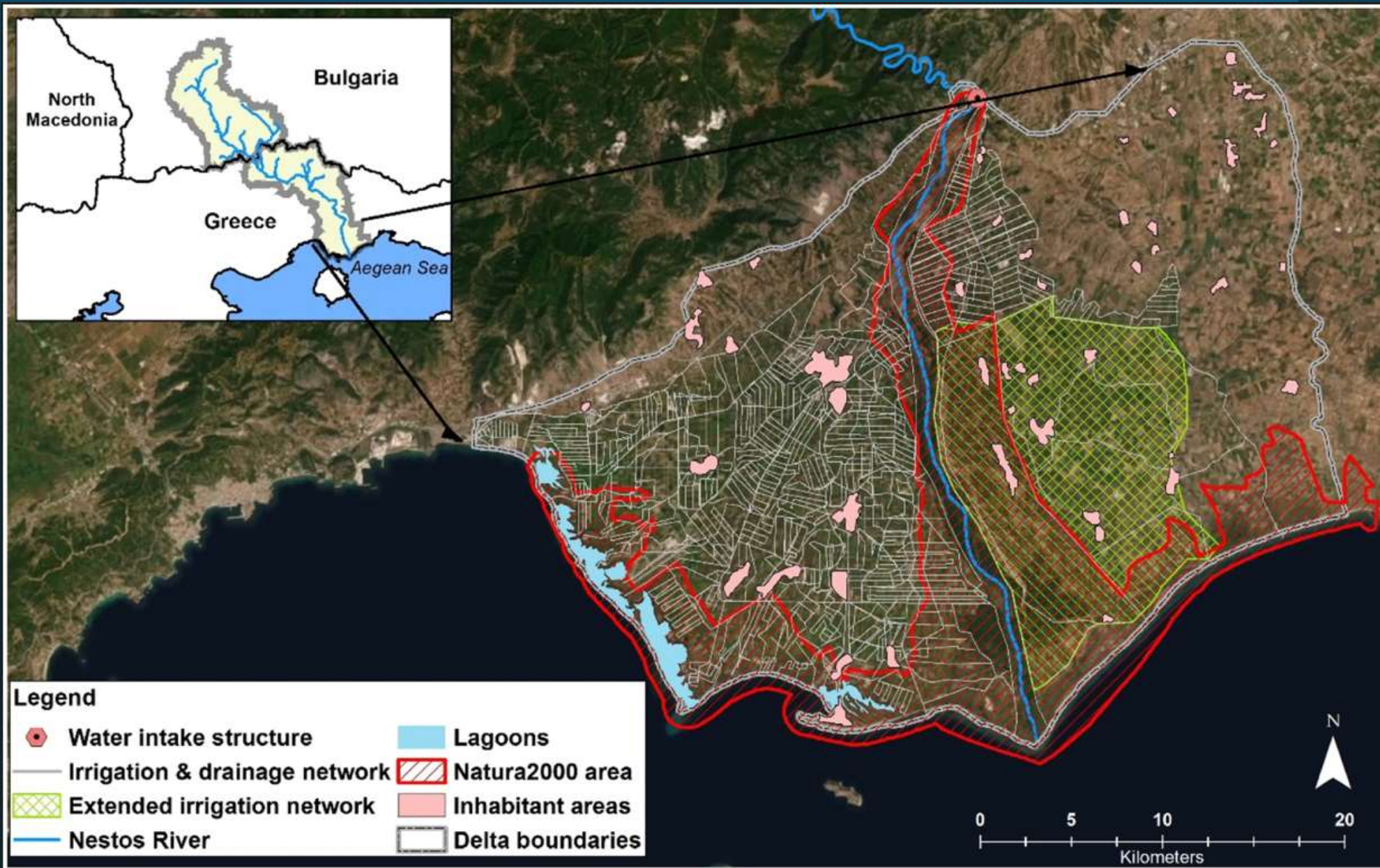
Οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό

$$I_0 \approx (0.2 \div 0.80) I_T \approx (0.1 \div 0.65) I_\theta$$

[W]

- Είναι το τεχνητώς εκμεταλλεύσιμο δυναμικό το οποίο μπορεί ν αξιοποιηθεί από τα τεχνικά έργα και να είναι οικονομικά συμφέρον

άρδευση



Εικόνα 1. Το Δέλτα του π. Νέστου με το δίκτυο αρδεύσεων και το δίκτυ Natura 2000 (Η περιοχή μελέτης αναφέρεται στο δυτικό τμήμα).

Χρήση ύδατος... . Σύγκριση με

□ παραγωγή ενέργειας

□ Αρδευτικές ανάγκες:

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Μελέτης Σχεδίων Διαχείρισης, οι απολήψεις από το φράγμα Τοξοτών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πηγή: ΓΛ ΥΛ12, 2012).

ΠΕ	Ονομασία	Αρδ. Ανάγκες εκ.μ3/έτος	Απολήψεις νερού (με Απώλειες) εκ.μ3/έτος	Κάλυψη από επιφ. Νερά	Συνολικές απολήψεις από το φράγμα Τοξοτών εκ.μ3/έτος
ΠΕ Καβάλας	ΤΟΕΒ Χρυσούπολης	54,933	67,831	75.0%	50,873
ΠΕ Καβάλας	ΤΟΕΒ Χρυσχωρίου	33,340	41,747	89.0%	37,155
ΠΕ Ξάνθης	ΤΟΕΒ Θαλασσιάς – Κρεμαστής	18,711	23,591	100.0%	23,591
				Σύνολο	111,619

Παραγωγή ενέργειας

Μη καταναλωτική χρήση όμως :

Παραγωγή ενέργειας: κατανάλωση
νερού το χειμώνα (εκροή)

Διασφάλιση μίας στάθμης
λειτουργίας για την
απαιτούμενη ισχύ

Σύγκρουση μεταξύ
παραγωγή ενέργειας και
αρδευτικής χρήσης του
νερού

Μη κατασκευή
αναρυθμιστικού έργου
Τεμένους, δυσμενής
συνέπεια στο περιβάλλον

Φράγμα στο Αρκουδόρεμα?

Πίνακας 3.2. Μέσες μηνιαίες παροχές Αρκουδορέματος (Γεφ. Θόλου, ΔΕΗ)

Παροχή (m ³ /s)	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
Μέσο έτος	1,88	2,30	3,44	2,32	5,25	5,60	7,10	4,29	2,87	1,61	0,71	0,66	3,17
Υγρό έτος	3,98	3,95	3,93	3,50	5,84	6,38	8,00	5,58	3,30	2,06	1,03	0,82	4,03
Ξηρό έτος	0,48	1,05	2,61	1,72	1,89	4,02	3,75	2,91	2,16	0,92	0,57	0,49	1,88

Υπάρχουν σημαντικές ποσότητες αλλά υπάρχει πρόβλημα με την ισορροπία φερτών υλικών κατάντη



Μεθοδολογίες διαχείρισης

Συμμετοχή κοινού: ερωτηματολόγιο

Χρήστες νερού



Stakeholders involved in river basin planning and
ment, each having different goals and information
Engineering News Record, 20 September 1993, with

Συμμετοχή του κοινού στην απόφαση

- Πόσο πλατύς είναι ο κύκλος?

- **Ερωτηματολογία**

- In situ
- Workshop
- συνδυαστικά

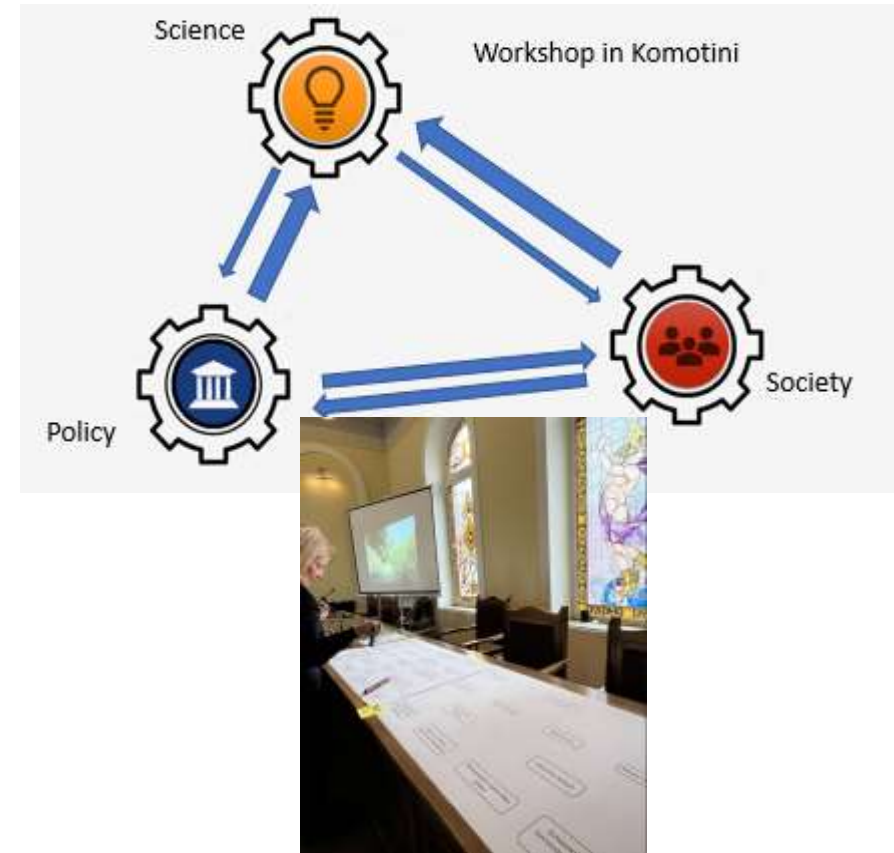
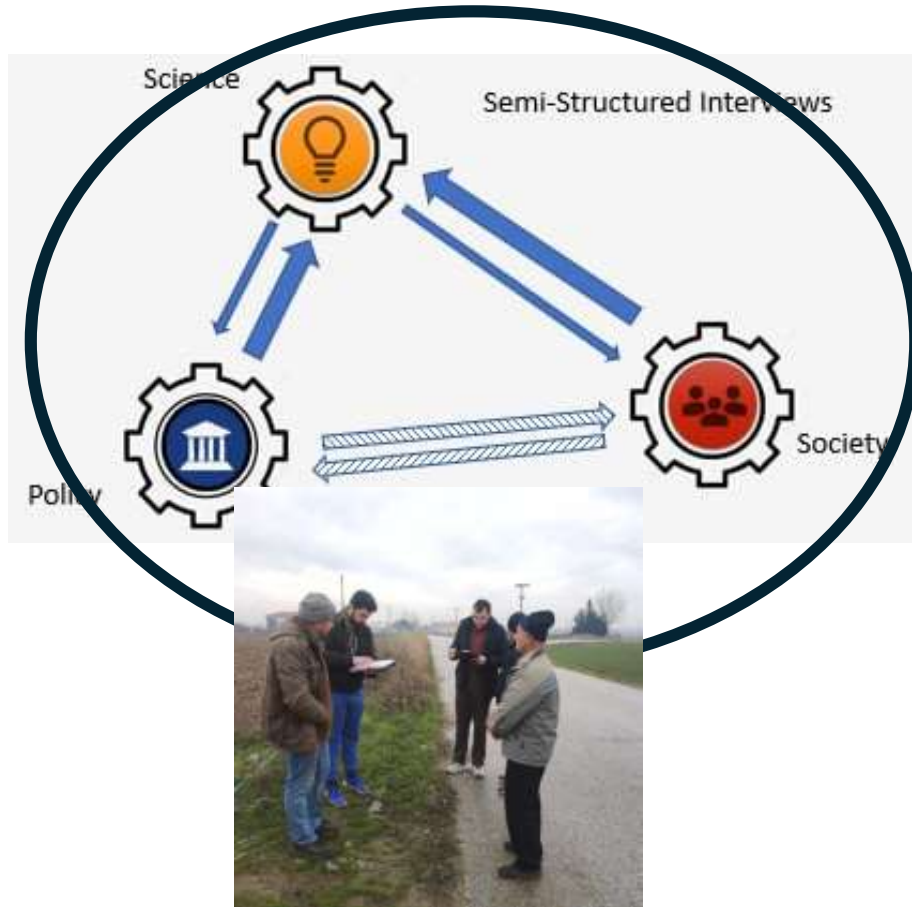
- **Προκλήσεις**

- Λεκτικές μεταβλητές,
- προσδιορισμός βαρών των κριτηρίων

Πλεονεκτήματα: Συμμετοχή στην απόφαση, μεταφορά πληροφορίας, εμπιστοσύνη στις αποφάσεις



συνάντηση εργασίας τρεις πόλοι:



Πολυκριτηριακή προσέγγιση...

- Του χρόνου στο μάθημα της ΔΥΠ....

Κριτήρια: Ολιστική προσέγγιση

Κοινωνική θεώρηση



Περιβαλλοντική θεώρηση

Οικονομική θεώρηση

Η εφικτότητα των λύσεων (τεχνολογία, μέσα, τοπικές τεχνικές συνθήκες) μπορεί να οριστεί στο κοινό τόπο ή ως ξεχωριστός άξονας

Μερικές
εναλλακτικές





Διαχείριση της
αρδευτικής ζήτησης
νερού

Άρδευση στο
αγροτεμάχιο
Μεταφορά νερού

ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η υγρασία που μένει στο έδαφος όταν η κίνηση του νερού περιοριστεί πολύ αποκαλείται **υδατοϊκανότητα, FC (Field Capacity)** και αποτελεί ένα μέτρο της ποσότητας του νερού που μπορεί να αποθηκευτεί στο εδαφικό προφίλ για να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά

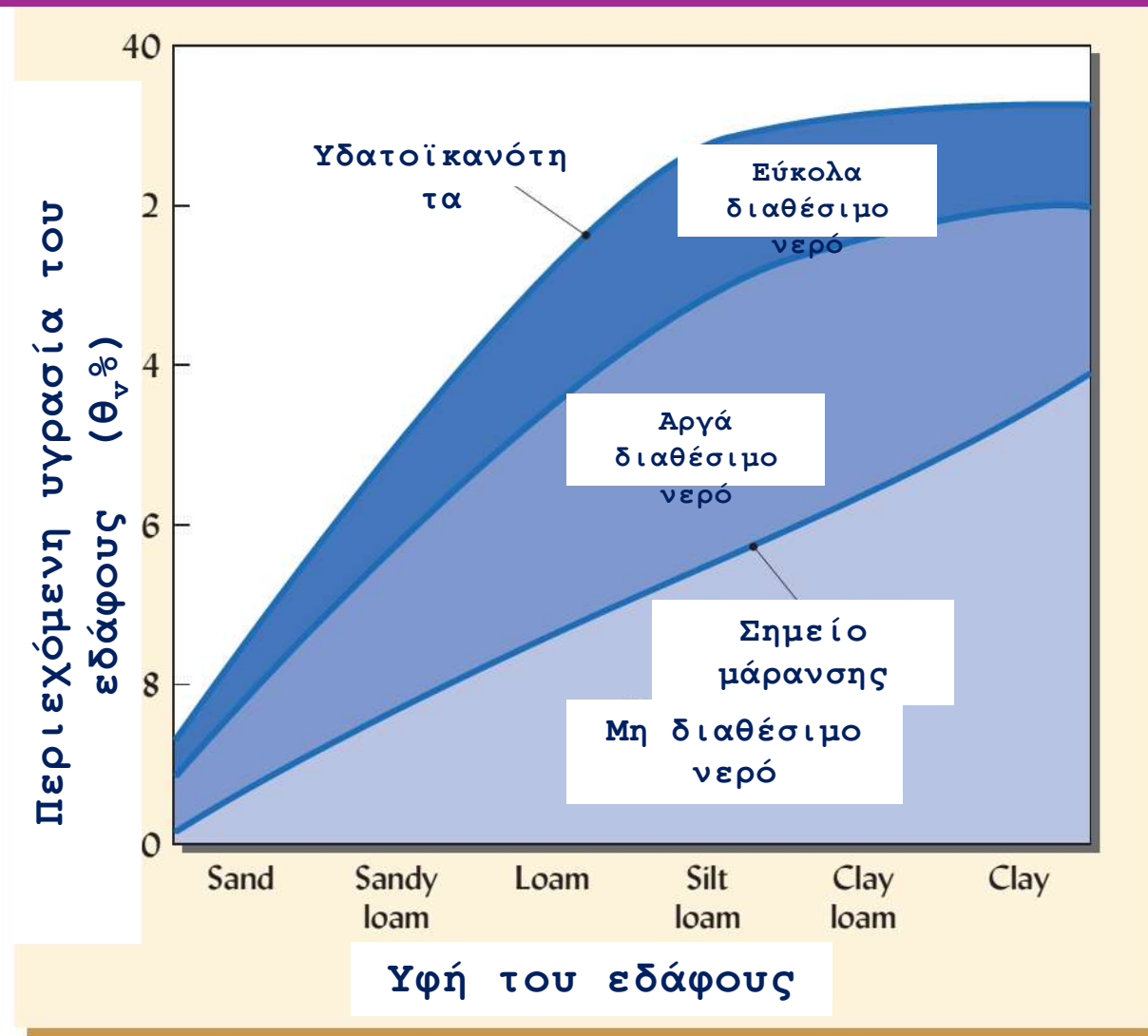
Υδατοϊκανότητα είναι η ποσότητα νερού που συγκρατείται στο έδαφος μετά την απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού και ο ρυθμός της προς τα κάτω κίνησής του έχει δραστικά περιοριστεί, κάτι που συμβαίνει 2-3 ημέρες μετά από βροχή ή άρδευση σε διαπερατά εδάφη με ομοιόμορφη υφή και δομή".

ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ



Το **σημείο μόνιμης μάρανσης**, **PWP**, αντιστοιχεί σε ένα επίπεδο εδαφικής υγρασίας κάτω από το οποίο τα φυτά δεν μπορούν να αντλήσουν σε ικανοποιητικό βαθμό νερό, με συνέπεια να παραμένουν σε κατάσταση μάρανσης ακόμη και όταν η διαπνοή τους έχει σχεδόν σταματήσει.

ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

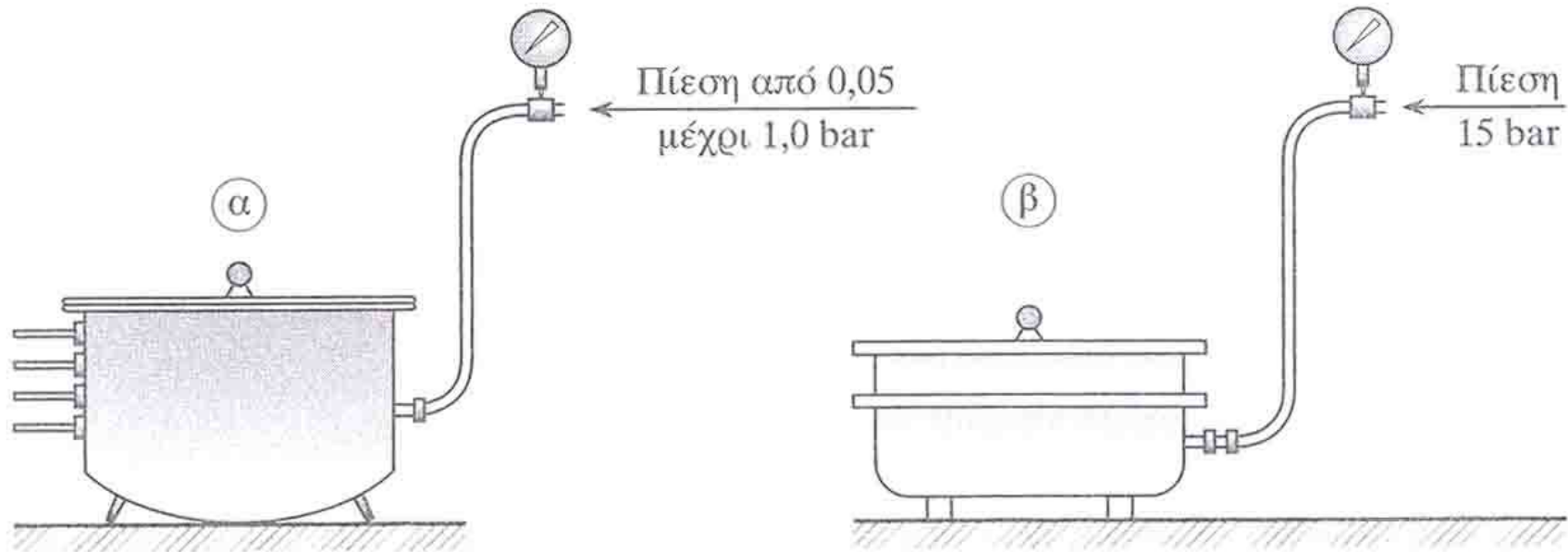


Γενική σχέση μεταξύ χαρακτηριστικών εδαφικού νερού και εδαφικής υφής

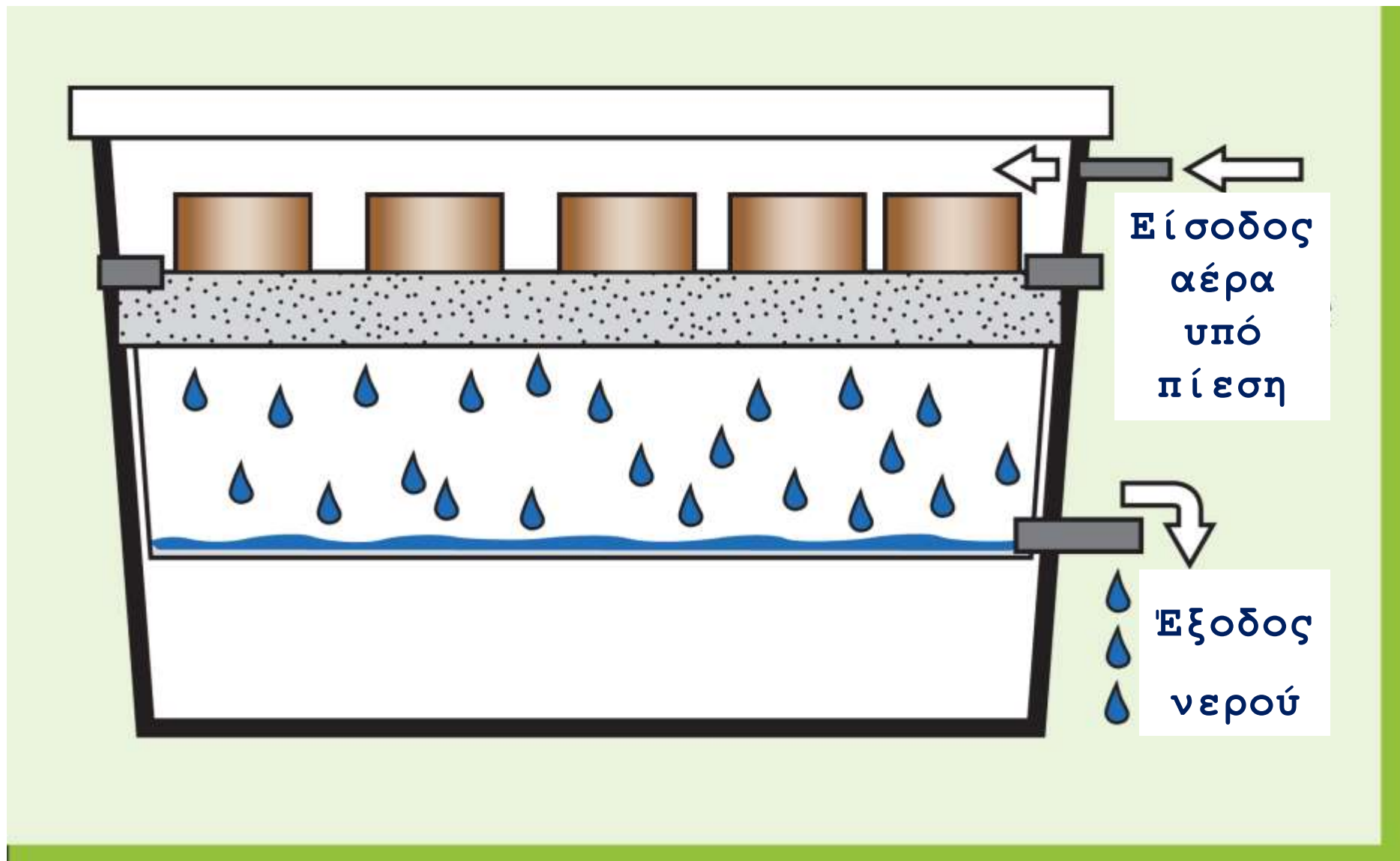
ΔΙΣΚΟΙ ΠΙΕΣΗΣ

Οι **δίσκοι πίεσης** δεν είναι στην ουσία όργανα μέτρησης του δυναμικού πίεσης του εδαφικού νερού, αλλά απλώς επιτρέπουν την εξισορρόπηση του δυναμικού πίεσης δειγμάτων εδάφους με κάποιο προκαθορισμένο δυναμικό. Ακολουθώς, προσδιορίζεται η περιεχόμενη στο δείγμα υγρασία.

Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της υδατοϊκανότητας και του σημείου μόνιμης μάρανσης αλλά και όλων των ενδιάμεσων υγρασιών.



Διάταξη δίσκων πίεσης για τον προσδιορισμό της υδατοϊκανότητας και του σημείου μόνιμης μάρανσης.

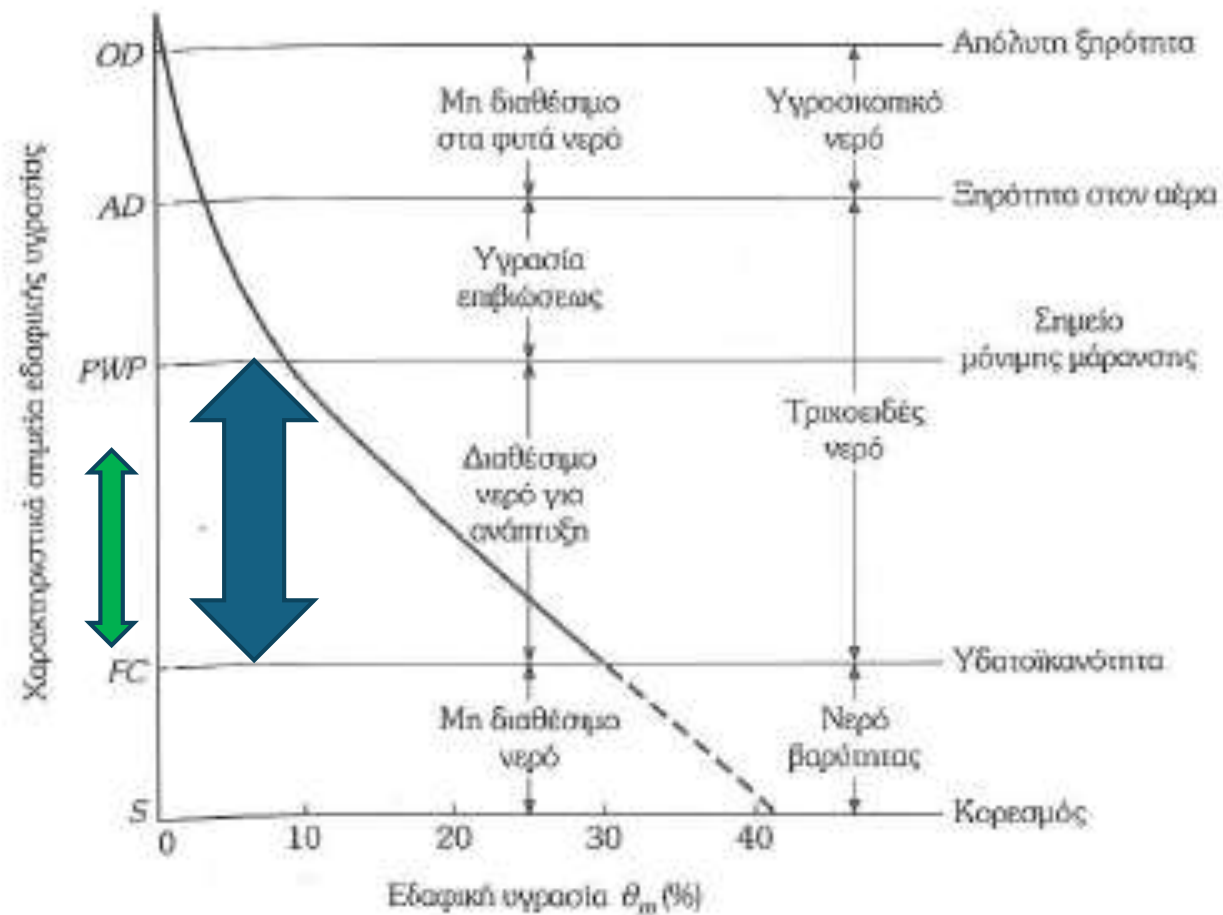


Συσκευή δίσκων πίεσης.





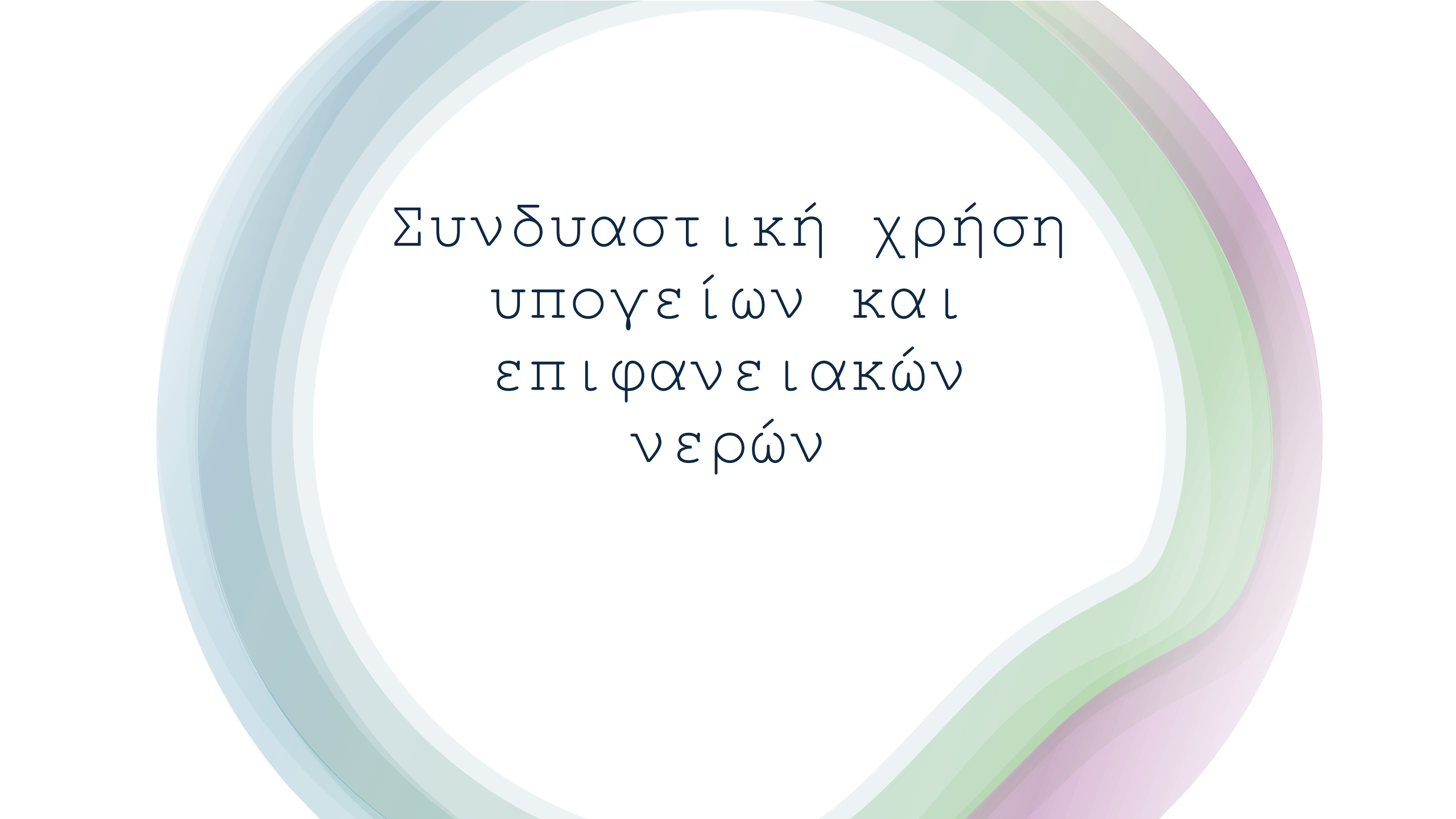




Σχ. 4.3: Διάγραμμα που δείχνει την ταξινόμηση του εδαφικού νερού και τα χαρακτηριστικά όρια της εδαφικής υγρασίας.

Συμβουλή προ τον αγρότη για την αποφυγή μεγάλης σπατάλης

- Δεν θα ποτίζει παραπάνω από το ύψος υδατοϊκανότητας-σημείο μόνιμης μαράνσεως με ένα συντελεστή ασφαλείας:
 - Καταιονισμός, όχι απορροή: $t=d/r$
 - Επιφανειακές μέθοδοι: υπολογισμοί χρόνου ευκαιρίας (λίγο μεγαλύτερος από το χρόνο ποτίσματος)



Συνδυαστική χρήση
υπογείων και
επιφανειακών
νερών

Εκμετάλλευση πλημμυρικών επιφανειακών νερών και γενικά των ετών με πλεόνασμα νερού

Τεχνικός εμπλουτισμός

- Αν και ο τεχνικός εμπλουτισμός αποτελεί ένα ήπιο έργο φυσικής βάσης παρατίθεται διακριτά λόγω της σημαντικότητας του σε αυτή την ενότητα. Ο τεχνητός εμπλουτισμός (artificial recharge) συνίσταται στην αύξηση του ρυθμού ανανέωσης του υπόγειου νερού των υδροφόρων στρωμάτων με χρησιμοποίηση περίσσειας φυσικού ή επεξεργασμένου νερού και κατασκευή κατάλληλων διατάξεων (π.χ. λεκάνες κατάκλισης, γεωτρήσεις εμπλουτισμού, κ.λπ.).

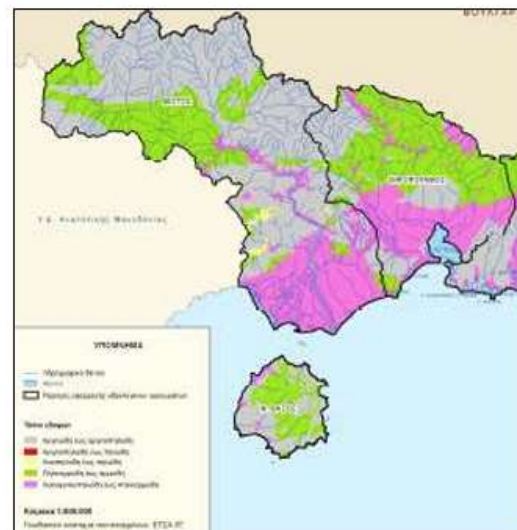
Εναλλακτικές

- Εκτεταμένες επιφανειακές μέθοδοι, όπως κατάκλιση, μέθοδος πλημμύρας, λεκάνες διήθησης.
- Τροποποίηση κοιτών: διευθέτηση υδρορεύματος, επαναδραστηριοποίηση αδρανοποιημένων κοιτών χειμάρρων, φράγματα ανάσχεσης ροής.
- Γεωτρήσεις-Πηγάδια
- Επαγωγικός εμπλουτισμός: διήθηση νερού στον υπόγειο υδροφόρα από την όχθη ποταμών

κατηγοριοποιούνται σε πέντε μεγάλες κατηγορίες (αριθμώς 0/ (Σχ. 33).

	Τύπος εδάφους	Χρώμα	Υγρασία		Υδατοικανότητα		Σημείο μόνιμης μάρανσης		Υδραυλική αγωγιμότητα (m/s)
			Ελαχ.	Μεγ.	Ελαχ.	Μεγ.	Ελαχ.	Μεγ.	
1	Αργιλώδη έως αργιλοπηλώδη	Γκρι	0.38	0.41	0.26	0.37	0.15	0.31	5.5e-07 7.2e-07
2	Αργιλοπηλώδη έως πηλώδη	Κόκκινο	0.41	0.43	0.185	0.26	0.085	0.15	7.2e-07 2.9e-06
3	Πυλοπηλώδη έως πηλώδη	Κίτρινο	0.43	0.45	0.185	0.245	0.085	0.095	1.2e-06 2.9e-06
4	Πηλοαμμώδη έως αμμώδη	Πράσινο	0.41	0.43	0.055	0.125	0.045	0.055	4.1e-05 8.3e-05
5	Πυροαργιλοπηλώδη έως πηλοαμμώδη	Φούξια	0.41	0.46	0.125	0.315	0.065	0.195	1.9e-07 1.2e-05

Πίνακας 6 – Οι πέντε κατηγορίες εδάφους του Σχ. 33 και το εύρος τιμών των παραμέτρων τους.



Σχήμα 33 – Τύποι εδαφών στο ελληνικό τμήμα της λεκάνης του ποταμού Μέστα/Νέστου (κλίμακα: 1:600.000).

Μέθοδοι

Εκτεταμένες επιφανειακές μέθοδοι (spreading methods): κατάκλυση, μέθοδος πλημμύρας, λεκάνες διήθησης, μέθοδος άρδευσης, συστήματα εδάφους-υδροφορέα (SAT). Εφαρμόζονται σε ελεύθερους υδροφορείς, όταν η στάθμη του υπόγειου νερού είναι κοντά στην επιφάνεια.

Τροποποίηση κοιτών (in-channel modification): διευθέτηση υδρορεύματος, επαναδραστηριοποίηση αδρανοποιημένων κοιτών χειμάρρων, φράγματα ανάσχεσης.

Γεωτρήσεις-Πηγάδια (borehole recharge): εμπλουτισμός του υδροφορέα μέσω γεωτρήσεων-πηγαδιών και ανάκτηση μέσω γεωτρήσεων. Εφαρμόζονται σε περιπτώσεις που οι επιφανειακές μέθοδοι δεν ενδείκνυνται, επειδή μικρής υδροπερατότητας επιφανειακά στρώματα υπέρκεινται του υδροφορέα.

Συλλογή και αποθήκευση βρόχινου νερού (rainwater harvesting): συλλογή νερού από τις στέγες ή αναχώματα/εκσκαφές στην ύπαιθρο για συγκέντρωση των όμβριων υδάτων και εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα.

Επαγωγικός εμπλουτισμός (induced bank infiltration): διήθηση όχθης, διήθηση διαμέσου θινών.