

**Υδραυλική & Υδραυλικά Έργα**  
**5<sup>ο</sup> εξάμηνο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών**

---

**Γενική διάταξη εξωτερικών  
υδραγωγείων**

---

**Δημήτρης Κουτσογιάννης & Ανδρέας Ευστρατιάδης**  
**Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**

**Αθήνα, 2017**

# Αρχές σχεδιασμού εξωτερικών υδραγωγείων

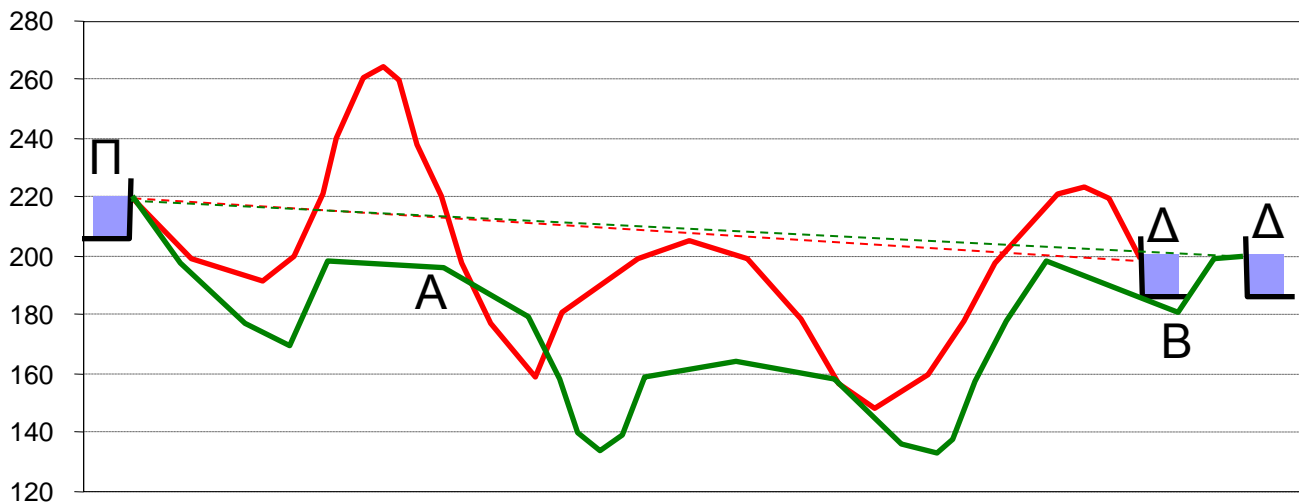
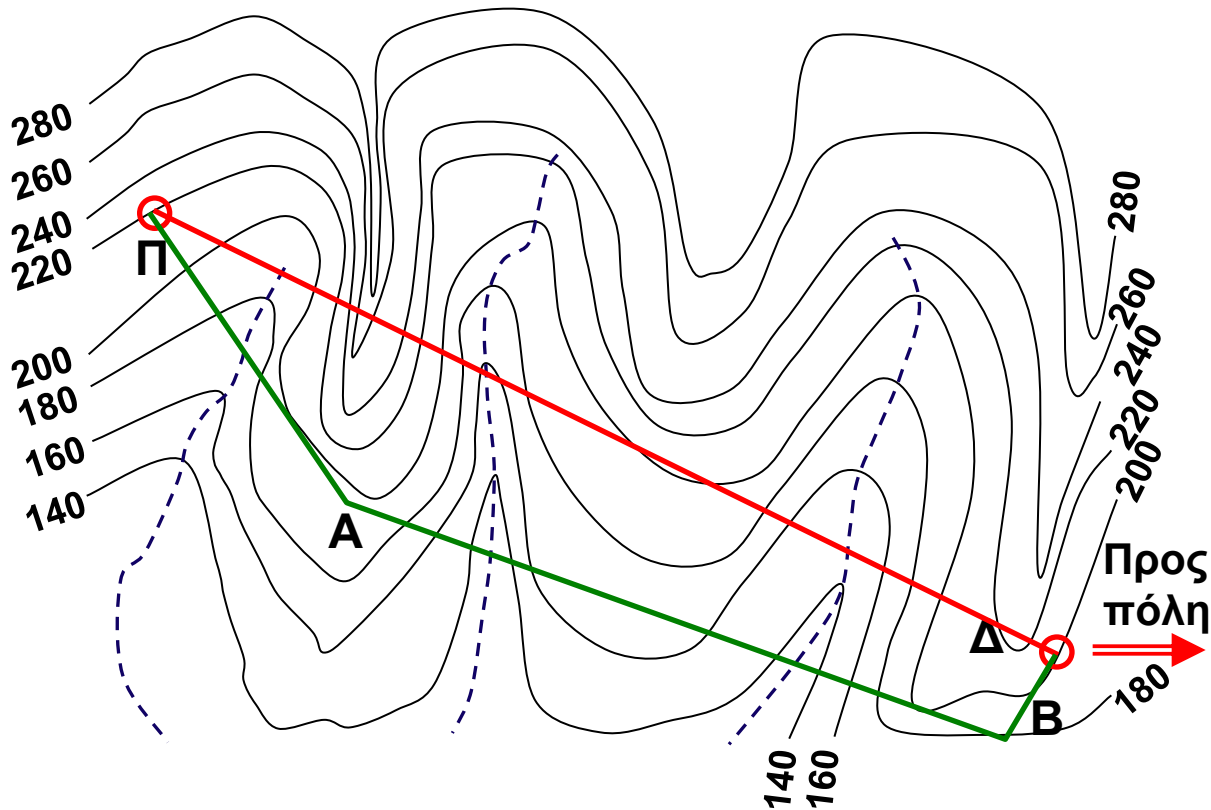
---

- Για συνήθειες παροχές, η μεταφορά του νερού γίνεται **υπό πίεση**, το οποίο παρέχει τα εξής πλεονεκτήματα:
  - Ευελιξία στη χάραξη, για οποιαδήποτε τοπογραφική διαμόρφωση
  - Εφαρμογή διαμέτρων εμπορίου, για διάφορους τύπους υλικών και όρια αντοχής σε πίεση
  - Ελαχιστοποίηση κόστους
  - Ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Η επιλογή του **υλικού και αντοχής των σωληνώσεων** γίνεται με βάση το **μέγιστο ύψος πίεσης**, για το οποίο δεν υπάρχει περιορισμός (μπορεί να φτάσει ακόμη και 300-400 m). Ο έλεγχος γίνεται σε συνθήκες **υδροστατικής πίεσης**. Προφανώς, όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση, τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος των σωληνώσεων.
- Το **ελάχιστο ύψος πίεσης** μπορεί να φτάσει στο μηδέν (δηλ. η πιεζομετρική γραμμή να εφάπτεται το εδάφους) ή ακόμη και σε μικρές αρνητικές τιμές (μέχρι -7 m).
- Εκτός από τις στατικές πιέσεις, λαμβάνονται υπόψη και οι υπερπιέσεις λόγω **υδραυλικού πλήγματος** (μη μόνιμης ροής σε περίπτωση απότομης διακοπής της ροής από κλείσιμο δικλείδας ή διακοπής λειτουργίας της αντλίας). Παράλληλα λαμβάνονται μέτρα για το μετριασμό των υπερπιέσεων.
- Η μεταφορά νερού με **ελεύθερη επιφάνεια** καθίσταται τεχνικο-οικονομικά πρόσφορη μόνο όταν η παροχή είναι πολύ μεγάλη (της τάξης των δεκάδων  $m^3/s$ ).

# Εξωτερικά υδραγωγεία υπό πίεση: Χάραξη σε οριζοντιογραφία

**Ερώτηση:** Ποια από τις χαράξεις ΠΔ (ευθεία) ή ΠΑΒΔ (τεθλασμένη) είναι προσφορότερη; (Π: πηγή, Δ: δεξαμενή πόλης)

**Απάντηση:** Η ΠΔ παρουσιάζει πρόβλημα στην περιοχή των μεγάλων υψομέτρων (+260 > +220 m) αλλά και στο ύψωμα κοντά στο Δ.  
Η ΠΑΒΔ δεν έχει προβλήματα.

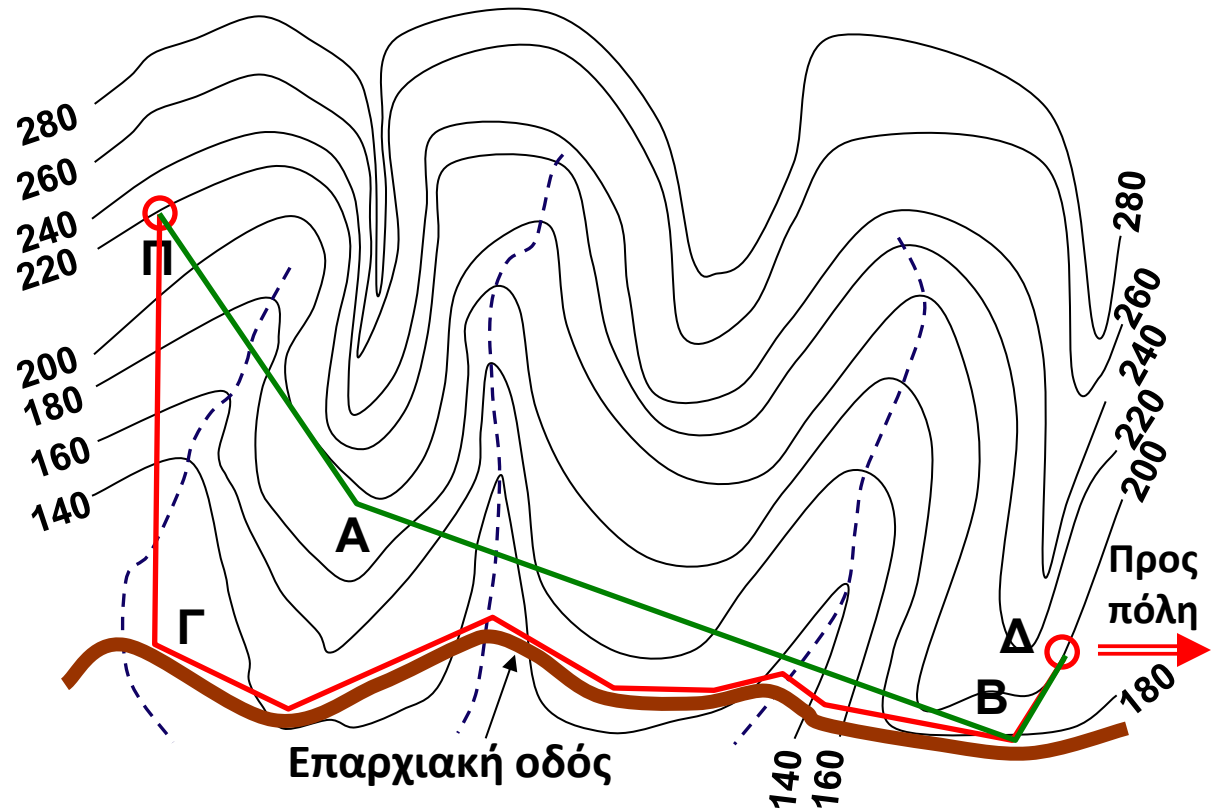


# Εξωτερικά υδραγωγεία υπό πίεση: Χάραξη σε οριζοντιογραφία

**Ερώτηση:** Ποια από τις χαράξεις ΠΑΒΔ ή ΠΓΒΔ είναι προσφορότερη;

**Απάντηση:** Και οι δύο χαράξεις είναι τεχνικά άρτιες.

Υψομετρικά καμιά δεν εμφανίζει πρόβλημα υψηλών υψομέτρων. Η ΠΓΒΔ έχει μεγαλύτερο μήκος και παρουσιάζει μικρή αύξηση στη μέγιστη πίεση.



Όμως το γεγονός ότι βρίσκεται δίπλα (ή πάνω) σε υφιστάμενη επαρχιακή οδό είναι πιθανόν να καθιστά την ΠΓΒΔ οικονομικότερη (ευχερέστερη, άρα φτηνότερη, κατασκευή και αποφυγή απαλλοτρίωσης ή δουλείας) καθώς και λειτουργικότερη (ευχερέστερη εποπτεία και συντήρηση).

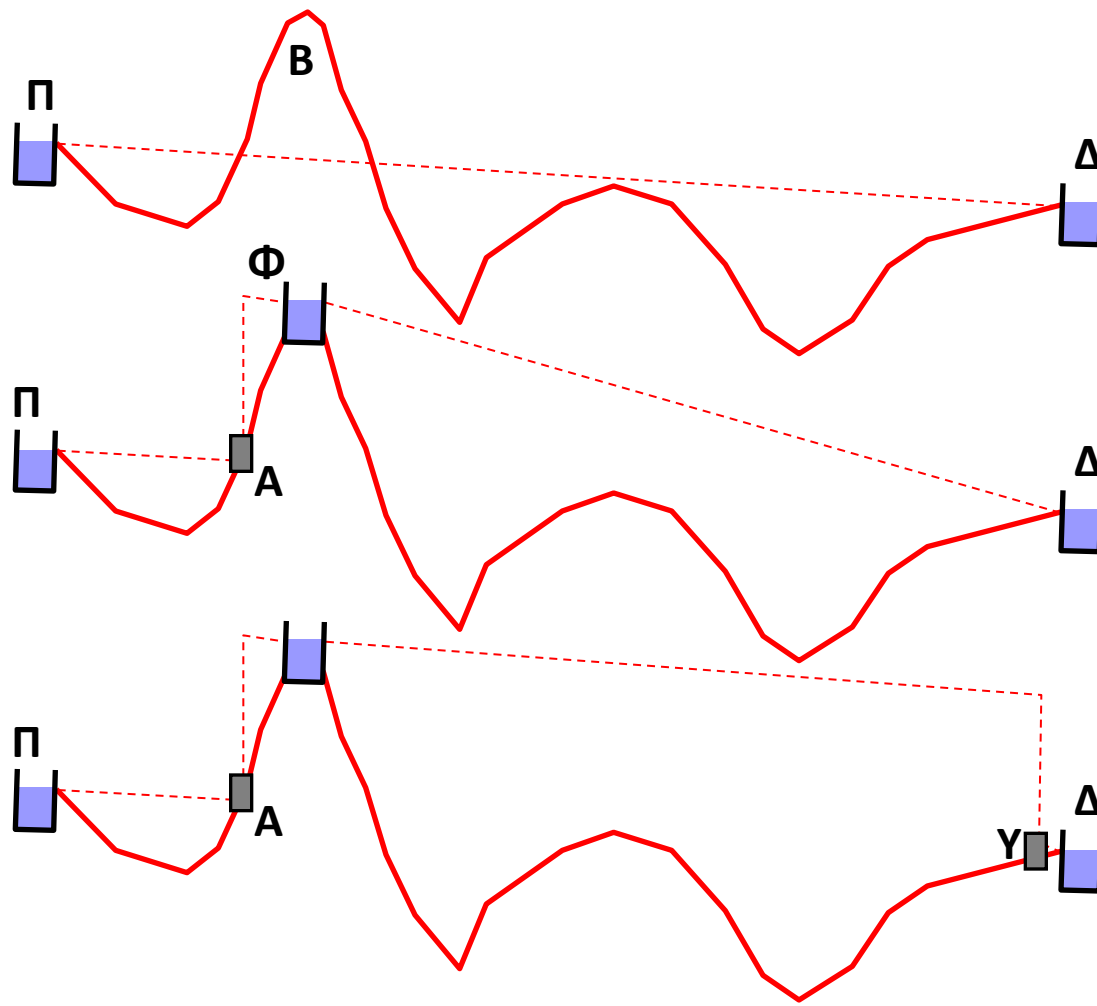
# Εξωτερικά υδραγωγεία υπό πίεση: Αντιμετώπιση προβλημάτων σε μηκοτομή

**Ερώτηση:** Πως θα αντιμετωπιστεί το εμπόδιο του ορεινού όγκου Β, αν η τοπογραφία δεν επιτρέπει την παράκαμψή του;

**Λύση 1:** Αγωγός βαρύτητας ΠΑ, αντλιοστάσιο Α, καταθλιπτικός αγωγός ΑΦ, φρεάτιο Φ (για έλεγχο της στάθμης και περιορισμό του υδραυλικού πλήγματος), αγωγός βαρύτητας ΦΔ

**Λύση 2** (για σχετικά μεγάλη παροχή): Όπως Λύση 1, αλλά και με την κατασκευή μικρού υδροηλεκτρικού έργου Υ για ανάκτηση (μερική ή πλήρη) της ενέργειας άντλησης.

**Σημείωση:** Για πολύ μεγάλη παροχή (π.χ.  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  – άρα μεγάλη διάμετρο υδραγωγείου) έχει νόημα και η κατασκευή σήραγγας στον ορεινό όγκο (χωρίς άντληση).

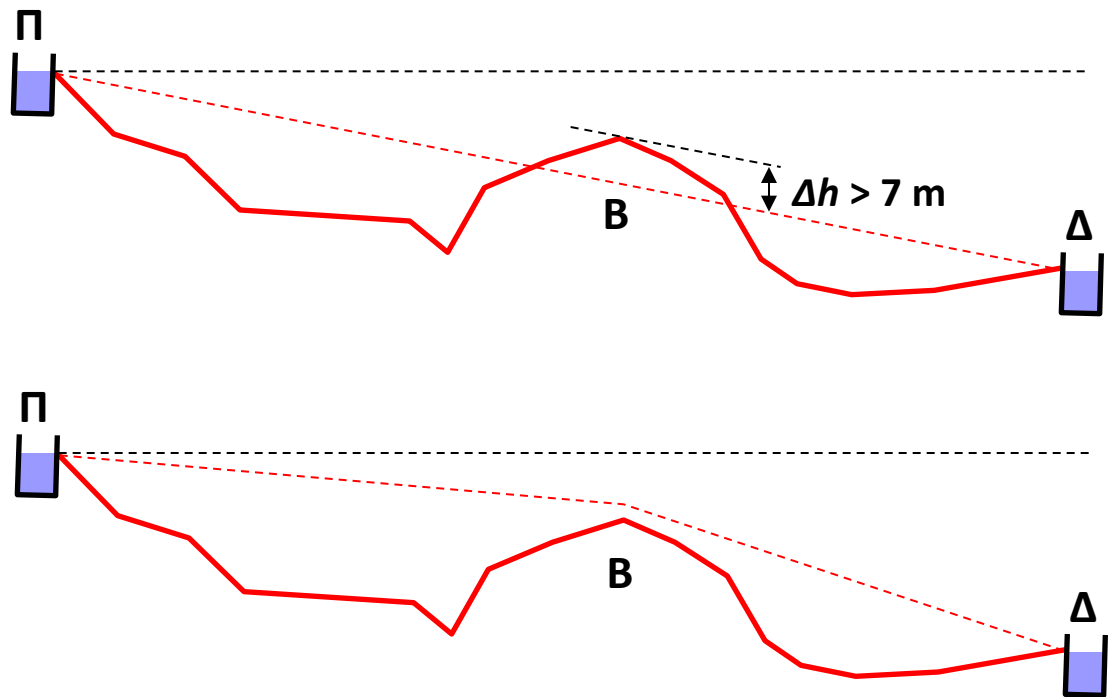


# Εξωτερικά υδραγωγεία υπό πίεση: Αντιμετώπιση προβλημάτων σε μηκοτομή

**Ερώτηση:** Πως θα αντιμετωπιστεί το εμπόδιο της προεξοχής B του εδάφους πάνω από την πιεζομετρική γραμμή, το μέγεθος της οποίας υπερβαίνει το μέγιστο ύψος σίφωνα (πρακτικώς 7 m) αλλά χωρίς να ξεπερνά τη στάθμη της ανάντη δεξαμενής Π;

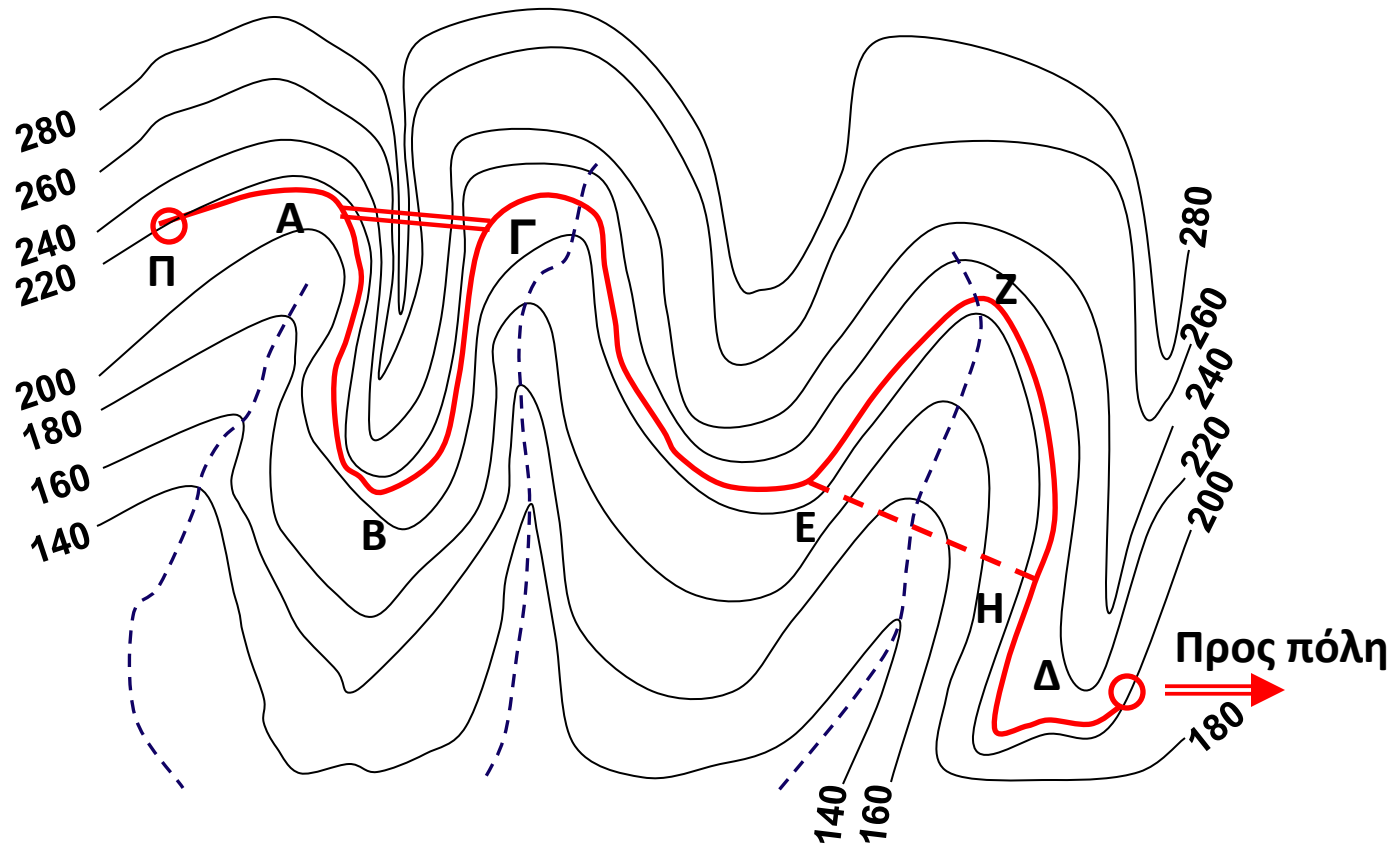
**Λύση 1:** Εφαρμόζοντας **δύο διαφορετικές διαμέτρους**, μεγαλύτερη για το τμήμα ΠΒ και μικρότερη για το τμήμα ΒΔ, οπότε ανυψώνουμε την πιεζομετρική γραμμή στο Β.

**Λύση 2:** Συχνά προβλέπεται η κατασκευή **φρεατίου** με ελεύθερη επιφάνεια στο Β, αλλά αυτό δεν είναι απαραίτητο.



**Σημείωση:** Για οποιαδήποτε διάταξη του εξωτερικού υδραγωγείου, αμέσως **ανάντη της δεξαμενής** πάντοτε τοποθετείται **δικλίδα** για τον έλεγχο της εισερχόμενης παροχής.

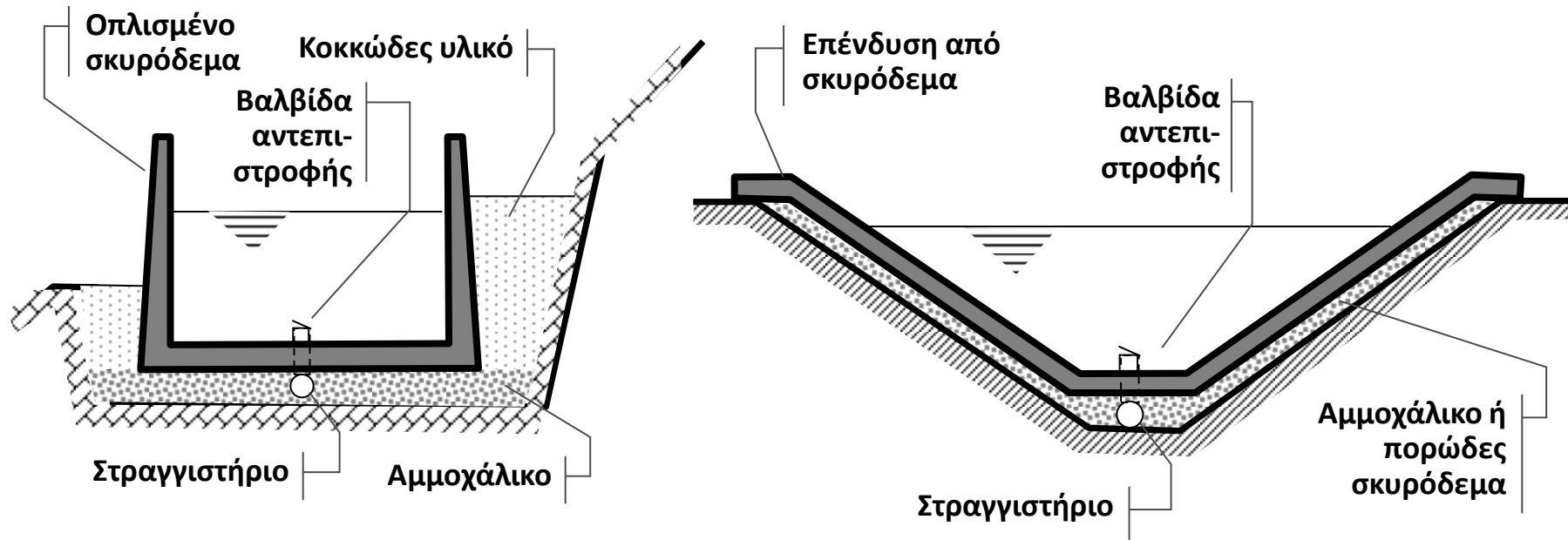
# Εξωτερικά υδραγωγεία με ελεύθερη επιφάνεια: Εναλλακτικές χαράξεις



**Ερώτηση:** Ποια από τις χαράξεις ΠΑΒΓΕΖΗΔ (αποκλειστικά διώρυγα), ΠΑΓΕΖΗΔ (με τη σήραγγα ΑΓ), ΠΑΒΓΕΗΔ (με το σίφωνα ΕΗ) ή ΠΑΓΕΗΔ (με τη σήραγγα και το σίφωνα) είναι προτιμότερη;

**Απάντηση:** Όλες είναι τεχνικά άρτιες. Η καλύτερη θα επιλεγεί με οικονομικά κριτήρια.

# Εξωτερικά υδραγωγεία με ελεύθερη επιφάνεια: Τυπικές διατομές



## Ορθογωνική διατομή

- ❑ Μικρό πλάτος κατάληψης
- ❑ Οπλισμένα τοιχώματα και πυθμένας
- ❑ Κατάλληλη για βραχώδη εδάφη (ορεινές περιοχές)

## Τραπεζοειδής διατομή

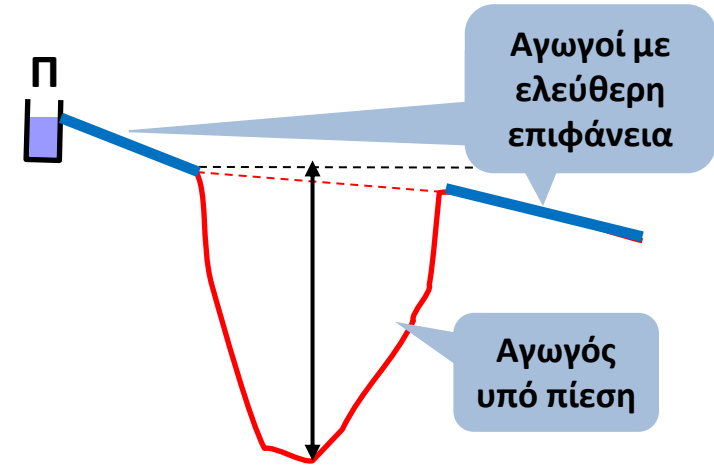
- ❑ Μεγάλο πλάτος κατάληψης
- ❑ Άοπλη ή ελαφρά οπλισμένη (με πλέγμα) επένδυση
- ❑ Κατάλληλη για γαιώδη εδάφη (πεδινές περιοχές)



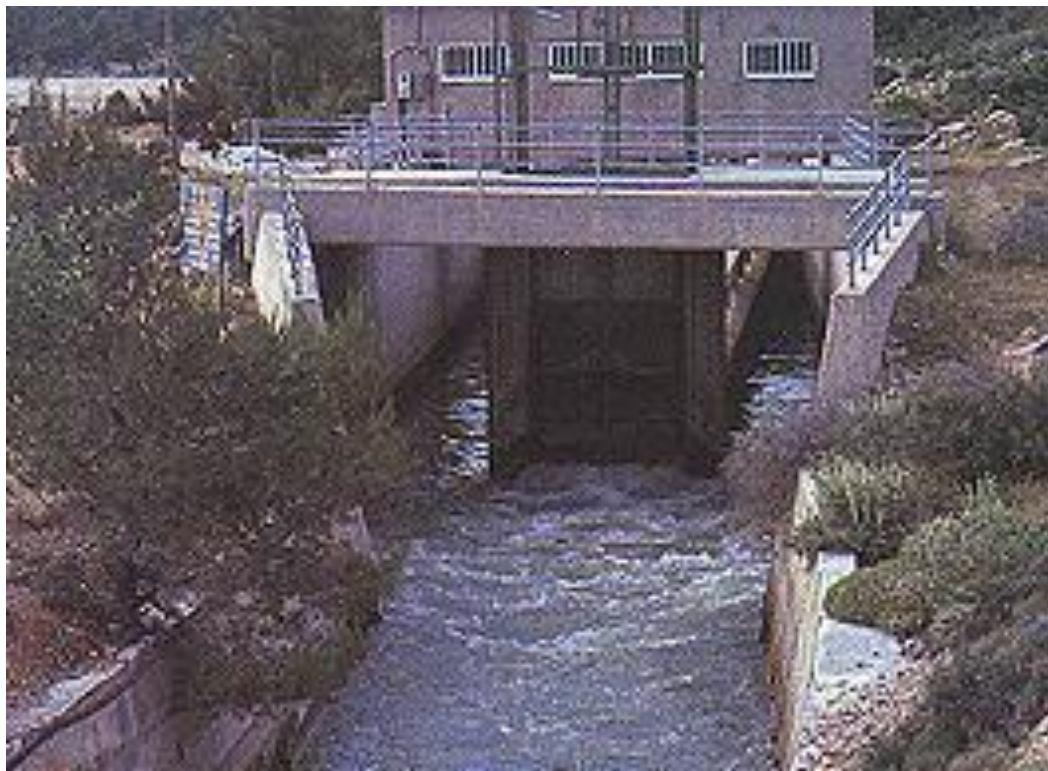
# Εξωτερικά υδραγωγεία με ελεύθερη επιφάνεια: Ανεστραμμένοι σίφωνες

**Ορισμός:** Τμήμα αγωγού υπό πίεση μορφής U, που εφαρμόζεται σε υδραγωγείο με ελεύθερη επιφάνεια, όταν κατά μήκος του παρεμβάλλεται κοιλάδα (αντί για την κατασκευή υδατογέφυρας).

**Παρατήρηση:** Ο αγωγός πρέπει να έχει ιδιαίτερη υψηλή αντοχή, που καθορίζεται από την υψομετρική διαφορά μεταξύ της ανάντη διατομής και του χαμηλότερου υψομέτρου της μηκοτομής.



**Σίφωνας Άμφισσας:** Τμήμα του υδραγωγείου Μόρνου, αποτελούμενο από δίδυμους χαλύβδινους αγωγούς επενδυμένους με σπλισμένο σκυρόδεμα (μήκος 2410 m, διάμετρος 2x2.55 m, μέγιστη παροχή 23 m<sup>3</sup>/s, μέγιστο φορτίο 240 m)



# Εξωτερικά υδραγωγεία με ελεύθερη επιφάνεια: Δυναμική ρύθμιση

Υδραγωγείο Μόρνου:  
Κατασκευές ελέγχου ροής  
(ρυθμιστές Λ)



Κέντρο τηλε-  
ελέγχου  
υδραγωγείου  
Μόρνου

