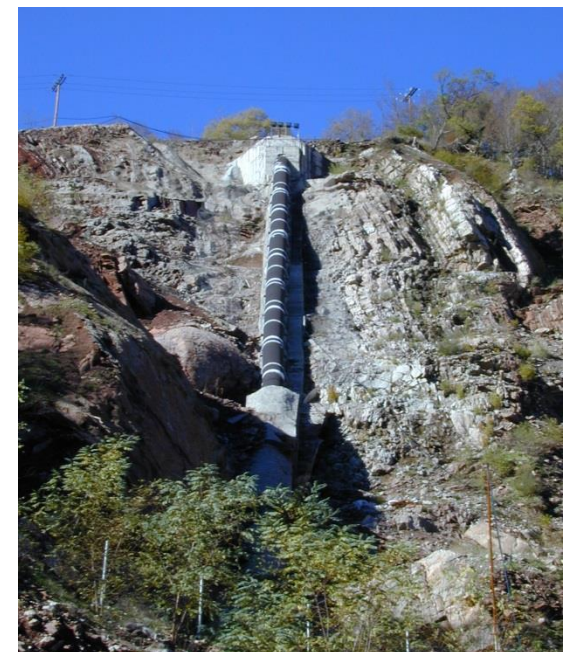


# Ανανεώσιμη Ενέργεια και Υδροηλεκτρικά Έργα

## *Μικρά υδροηλεκτρικά έργα*



Νίκος Μαμάσης, Α. Ευστρατιάδης και Δ. Κουτσογιάννης  
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Αθήνα 2018

# Ορισμός-Κατηγορίες Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (ΜΥΗΕ)

Σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία Μικρό είναι ένα Υδροηλεκτρικό Έργο εγκατεστημένης ισχύος **μέχρι 15 MWp**. Ένας τυπικός Μικρός Υδροηλεκτρικός Σταθμός (ΜΥΗΣ), εκμεταλλεύεται τη δυναμική ενέργεια του νερού με μετατροπή της αρχικά σε κινητική ενέργεια και στη συνέχεια σε ηλεκτρική. Η εγκατάσταση ενός ΜΥΗΣ, αξιοποιεί την υψομετρική διαφορά της φυσικής πτώσης των νερών και μέσω ενός υπό πίεση υδραυλικού συστήματος, διοχετεύει το νερό σε ένα στρόβιλο. Ένα μικρό υδροηλεκτρικό έργο, συνήθως διαθέτει απλά μία ορεινή υδροληψία, ή και ένα μικρό ταμιευτήρα, για περιορισμένη ρύθμιση της ροής.

## Ως προς την ονομαστική ισχύ

- micro (< 0.1 MW)
- mini (0.1-1 MW)
- μικρό (1-10 MW)

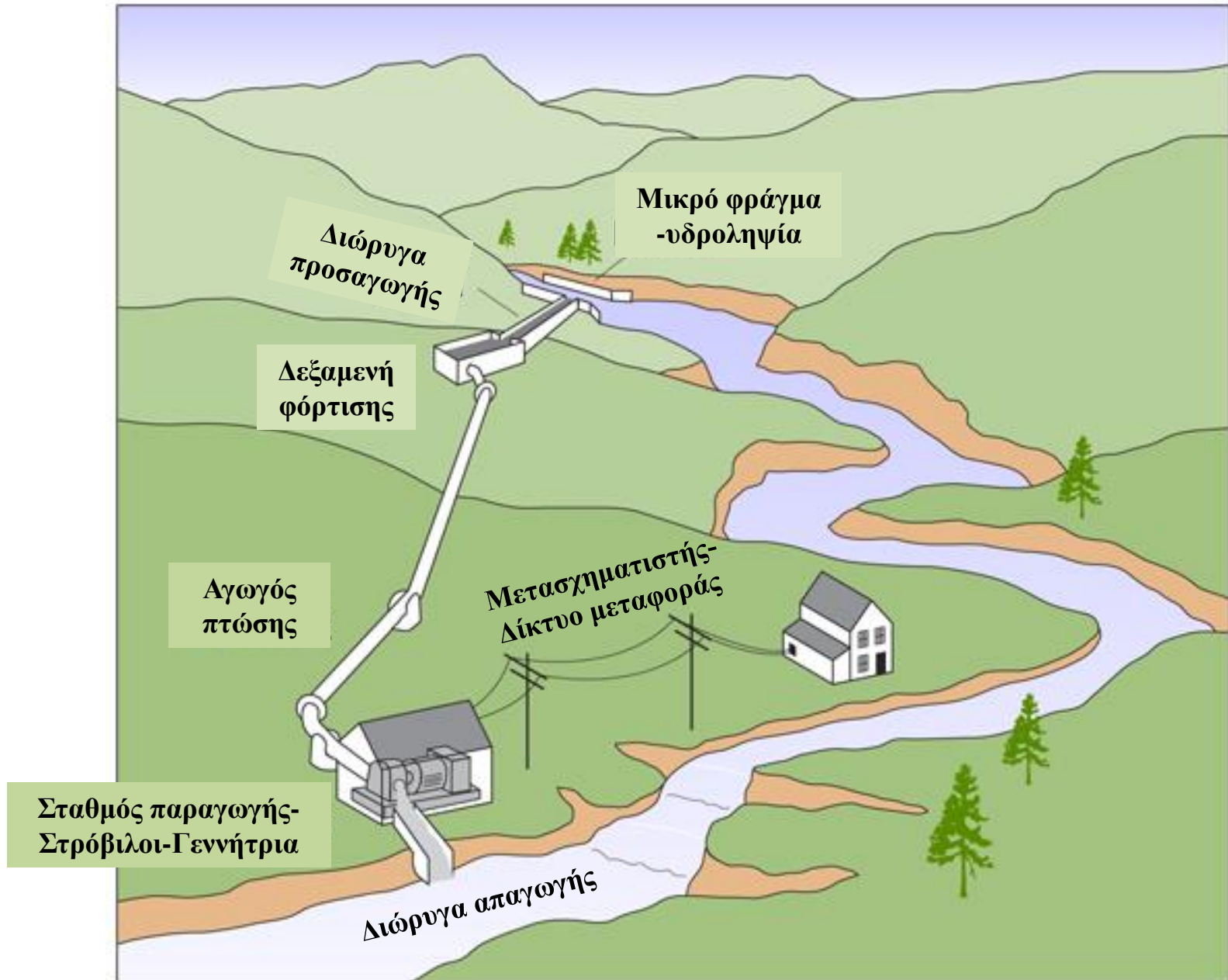
## Ως προς το ύψος πτώσης

- μικρού ύψους (< 20 m)
- μέσου ύψους (20 - 150 m)
- μεγάλου ύψους (> 150 m)

Ποιοι οι βασικοί νόμοι που διέπουν την ανάπτυξη των ΜΥΗΕ:

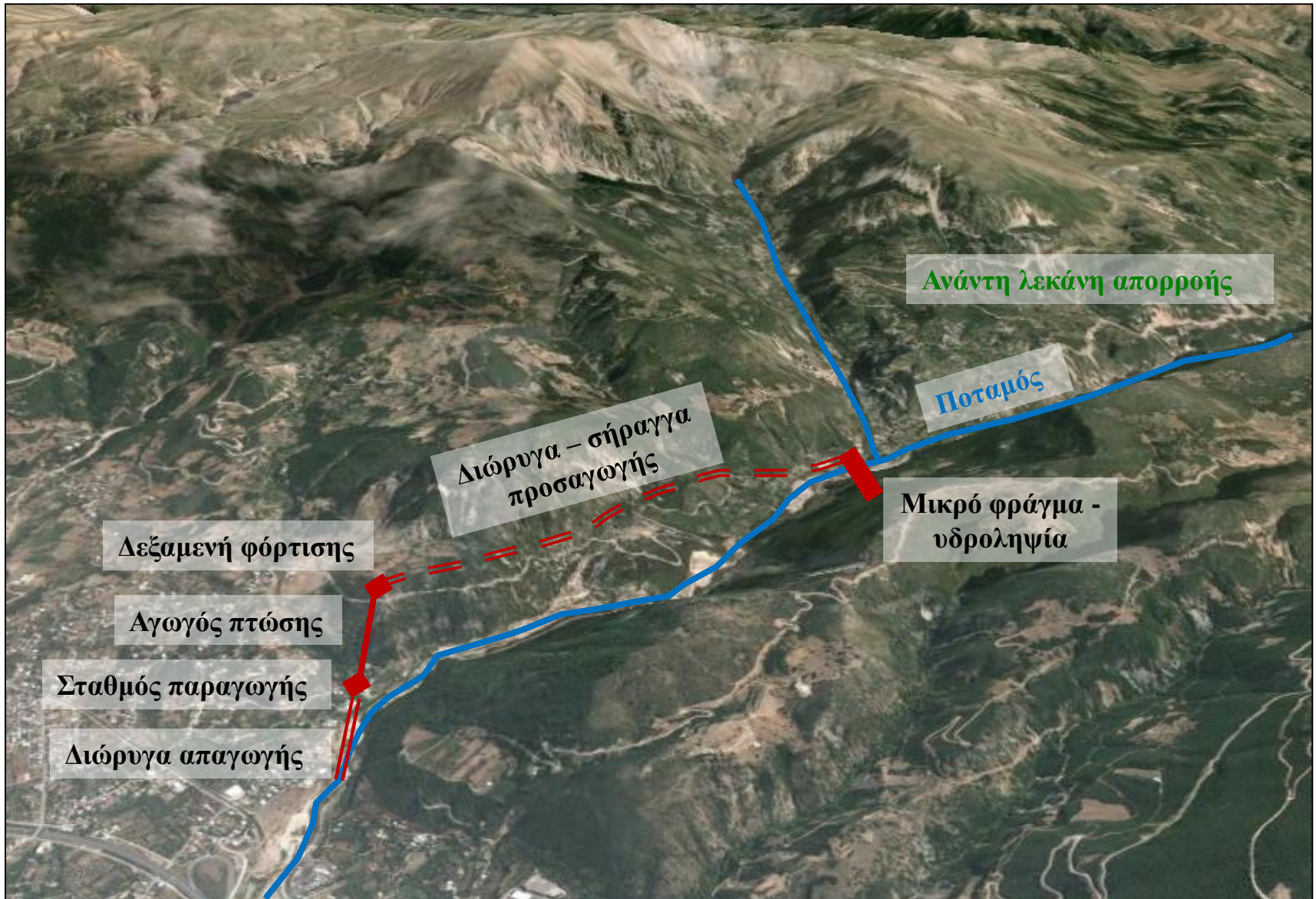
- ν. 1739/1987 περί διαχείρισης των υδατικών πόρων
- ν. 3199/2003 περί διαχείρισης των υδατικών πόρων
- ν. 3468/2006 περί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ
- ν. 3614/2007 Αναπτυξιακός-Ειδικό χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ

# Συνιστώσες ενός τυπικού ΜΥΗΕ



# Τυπικό ΜΥΗΕ

## Γλαύκος

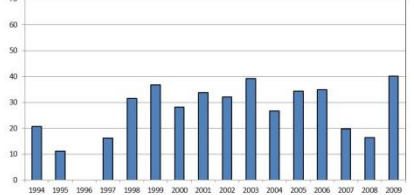


# Τυπικό ΜΥΗΕ

## Γλαύκος

- Το υδροηλεκτρικό έργο του Γλαύκου **κατασκευάστηκε την περίοδο 1922-1926** από τη δημοτική επιχείρηση Γλαύκος και είναι το πρώτο στην Ελλάδα. Το έργο προοριζόταν για την ύδρευση και ενεργειακή κάλυψη της πόλης των Πατρών από τα νερά του ομώνυμου χειμάρρου. Ο Γλαύκος **παρουσιάζει μεγάλη στερεοαπορροή ειδικά κατά τους χειμερινούς μήνες**, λόγω σαθρού εδάφους και των μεγάλων κλίσεων.
- Την μελέτη του έργου ανέλαβε πολυτεχνείο της Γενεύης την κατασκευή όμως ολοκλήρωσαν τοπικοί εργολάβοι. **Το έργο κόστισε 145.000 λίρες.**
- Το πρώτο φράγμα που κατασκευάστηκε είχε ένα θυρόφραγμα και τελείως διαφορετική μορφή από την σημερινή. Το **1928 καταστράφηκε**, από ογκόλιθους που κατέβηκαν μαζί με το νερό από τους ορεινούς όγκους. Η καταστροφή αυτή επηρέασε τον σχεδιασμό του δεύτερου έργου στην ίδια θέση το οποίο λειτουργεί έως σήμερα.
- Το 1968 η ΔΕΗ αγόρασε από το δήμο Πατρών το ΥΗΕ και το ενέταξε στο δίκτυο των υδροηλεκτρικών σταθμών. Ο Γλαύκος παράγει πλέον πολύ μικρή ενέργεια (**περίπου 10 GWh ετησίως**) σε σχέση με τις ανάγκες της Πάτρας, αλλά καλύπτει ένα σημαντικό μέρος των αναγκών της πόλης σε ύδρευση.
- Το ΥΗΕ του Γλαύκου **δεν αποταμιεύει νερό** παρά μόνο εκτρέπει την κανονική παροχή του χειμάρρου. Οι στρόβιλοι δεν λειτουργούν στις μικρές αλλά και στις μεγάλες παροχές από το κίνδυνο έμφραξης τους με φερτά. Το επιπλέον νερό παροχετεύεται στα κατάντη με το άνοιγμα των θυροφραγμάτων καθώς η ικανότητα ανάσχεσης πλημμύρας του έργου είναι μηδαμινή.
- Στη σημερινή του μορφή, το ΥΗΕ του Γλαύκου αποτελείται από **2 θυροφράγματα**, διαστάσεων 4x4 και 9x4 m, μία διώρυγα που οδηγεί το νερό στην υδροληψία και έναν **αγωγό μήκους 1700 m** που οδηγεί το νερό στο εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας.
- Στο σταθμό εγκαταστάθηκαν αρχικά 3 μονάδες Francis των 750 kW. Το 1936 τοποθετήθηκε μια ακόμα μονάδα τύπου Pelton ισχύος 1.5 MW. Όμως λόγω του μικρού μεγέθους των μονάδων Francis, της παλαιάς τεχνολογίας τους και των φθορών που υπέστησαν, η απόδοση τους έπεσε σταδιακά κατά 60% και τελικά αποξηλώθηκαν. **Από το 1996 η εγκατεστημένη ισχύς είναι 3.8 MW (1 στρόβιλος Francis 2.2 MW, και 1 στρόβιλος Pelton 1.6 MW).**

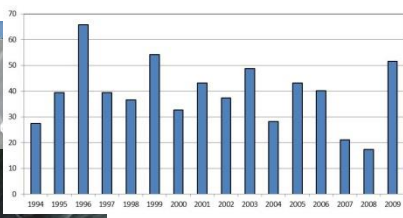
# Τυπικό ΜΥΗΕ Γλαύκος



Μέση ετήσια εκτρεπόμενη παροχή (1998-2009)  
**31.1 hm³ (0.99 m³/s)**

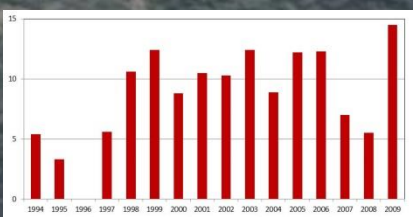
Υδροληψία

Μέση ετήσια παροχή (1994-2009)  
**39.1 hm³ (1.24 m³/s)**



Αγωγός πτώσης  
Ύψος πτώσης: 150 m

Μέση ετήσια παραγόμενη ενέργεια (1998-2009)  
**10.4 GWh**



ΥΗΣ: εγκατεστημένη ισχύς 3.8 MW  
2.2 MW Francis, 1.6 MW Pelton

Ύδρευση Πάτρας

Μέσος ετήσιος συντελεστής απόδοσης του συστήματος (1998-2009)  
**0.82**

Μέσος ετήσιος συντελεστής φορτίου (1998-2009)  
**0.31**

# Τυπικό ΜΥΗΕ

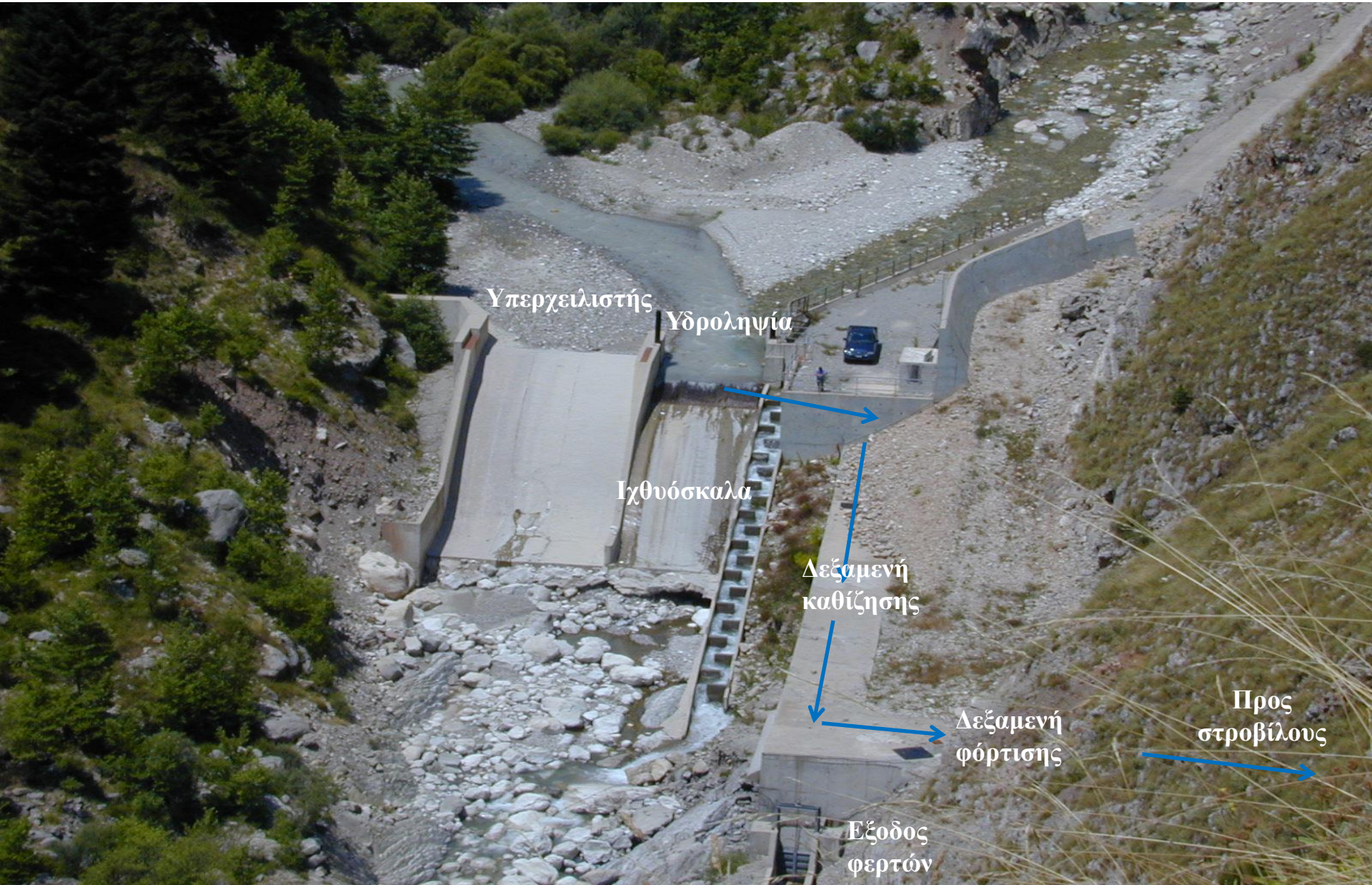


# Γλαύκος



# Συνιστώσες ΜΥΗΕ

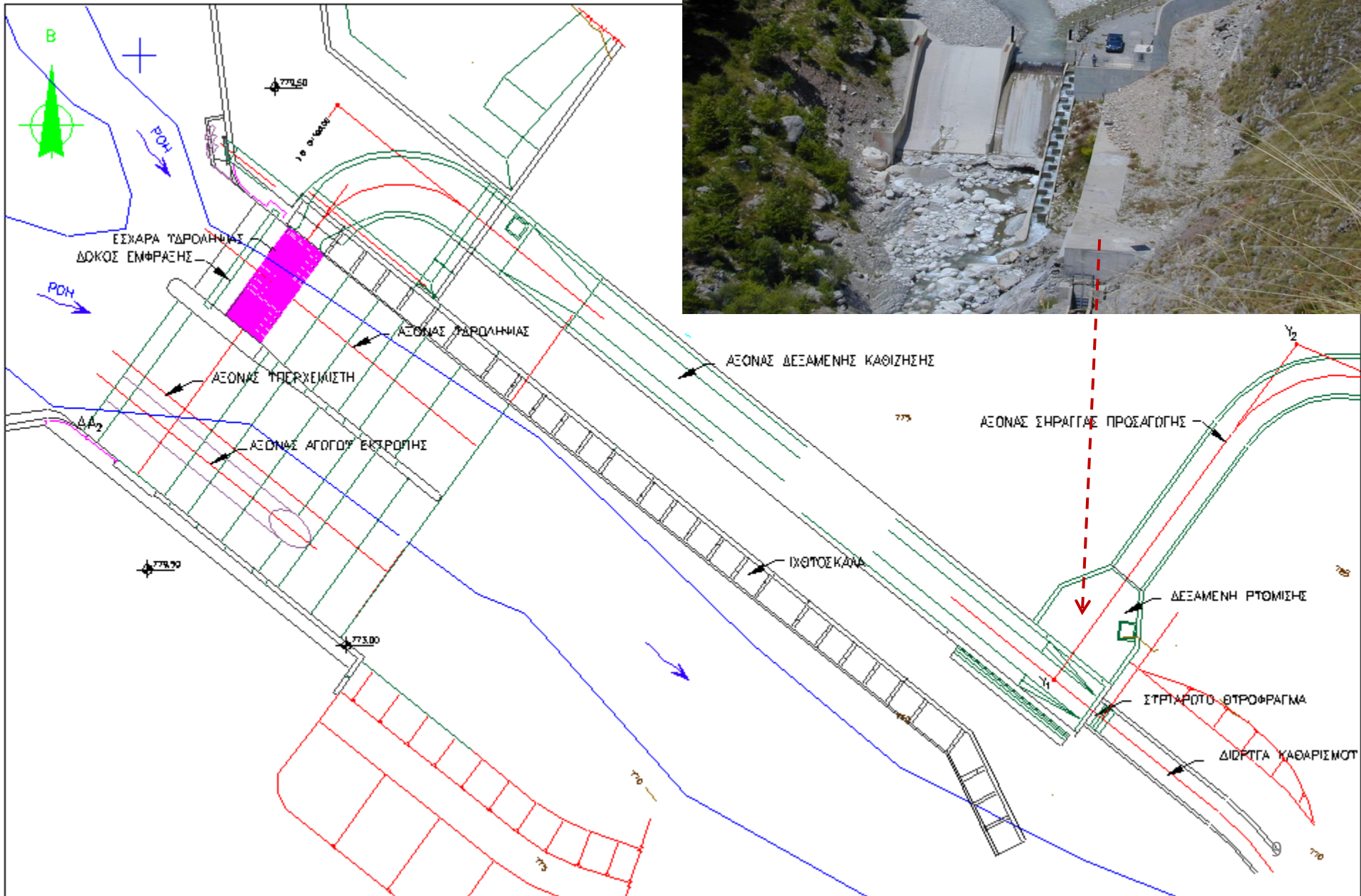
## Θεοδώριανα





# Συλλογές ΜΥΗΕ

## Θεοδώριανα



# Συνιστώσες ΜΥΗΕ



**Συνιστώσες ΜΥΗΕ**  
**Κεράσοβο**  
*Υδροληψία ορεινού τύπου*



# Συνιστώσες ΜΥΗΕ

## Θερμόρεμα

*Υδροληψία-Υπερχείλιση*



*Εσχάρα υδροληψίας*



*Διώρυγα προσαγωγής –παγίδες  
φερτών*



*Δεξαμενές εξάμμοσης*



*Δεξαμενή φόρτισης*



*Αγωγός Προσαγωγής*



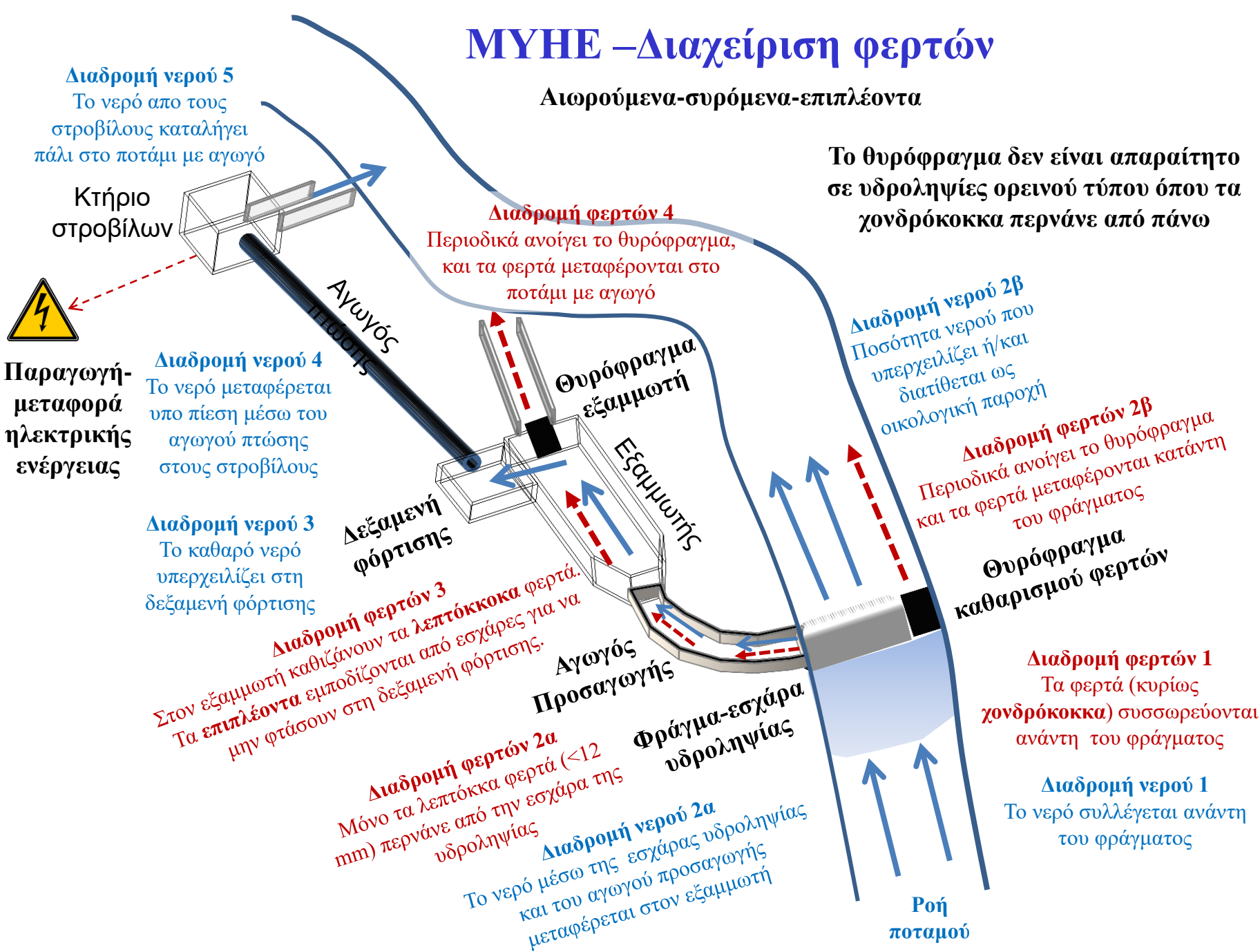
Φωτογραφίες: ΔΕΛΤΑ Project

ΜΥΗΣ Θερμόρεμα, Σπερχειάδα Φθιώτιδας, Ισχύς 1.95 MW, 2003

# ΜΥΗΕ – Διαχείριση φερτών

Αιωρούμενα-συρόμενα-επιπλέοντα

Το θυρόφραγμα δεν είναι απαραίτητο σε υδροληψίες ορεινού τύπου όπου τα χονδρόκοκκα περνάνε από πάνω



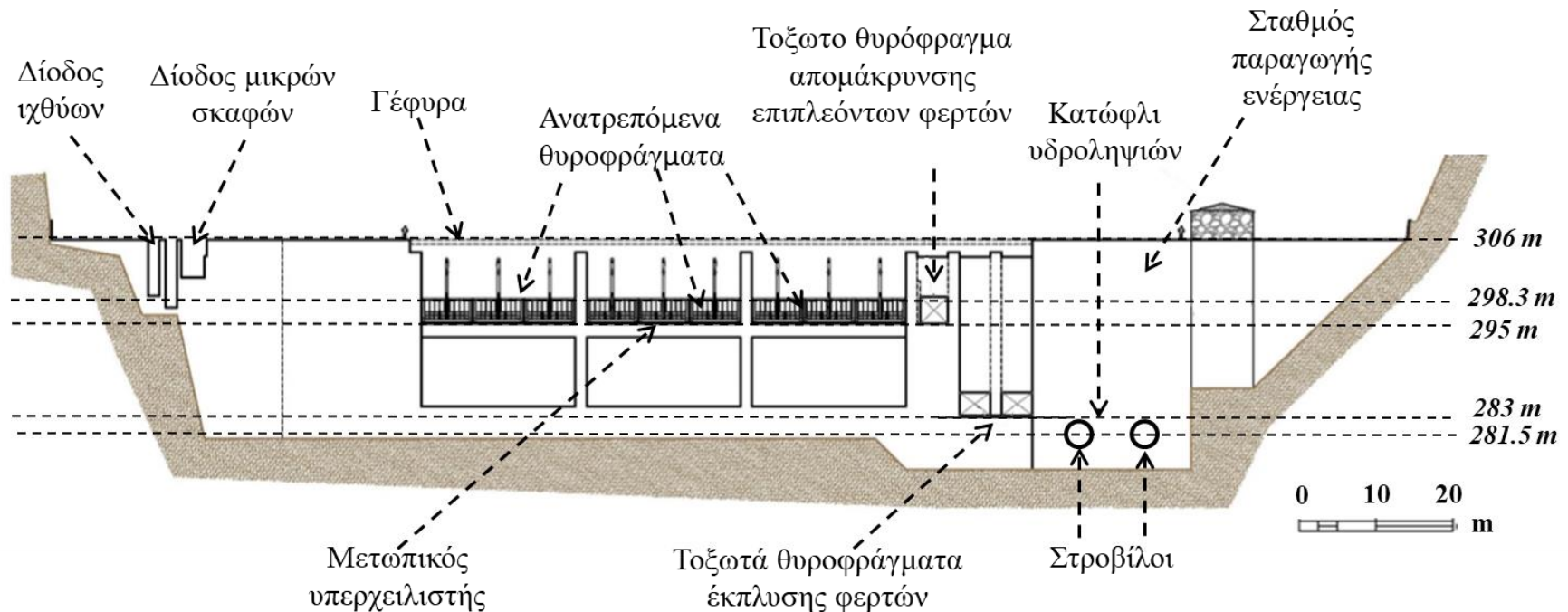
# ΜΥΗΕ – Διαχείριση φερτών

## Δαφνοζωνάρα

2 στροβίλοι Kaplan S-Type, ισχύος 5.93 MW (5-40 m<sup>3</sup>/sec). Μέση ετήσια παραγωγή 40 GWh.

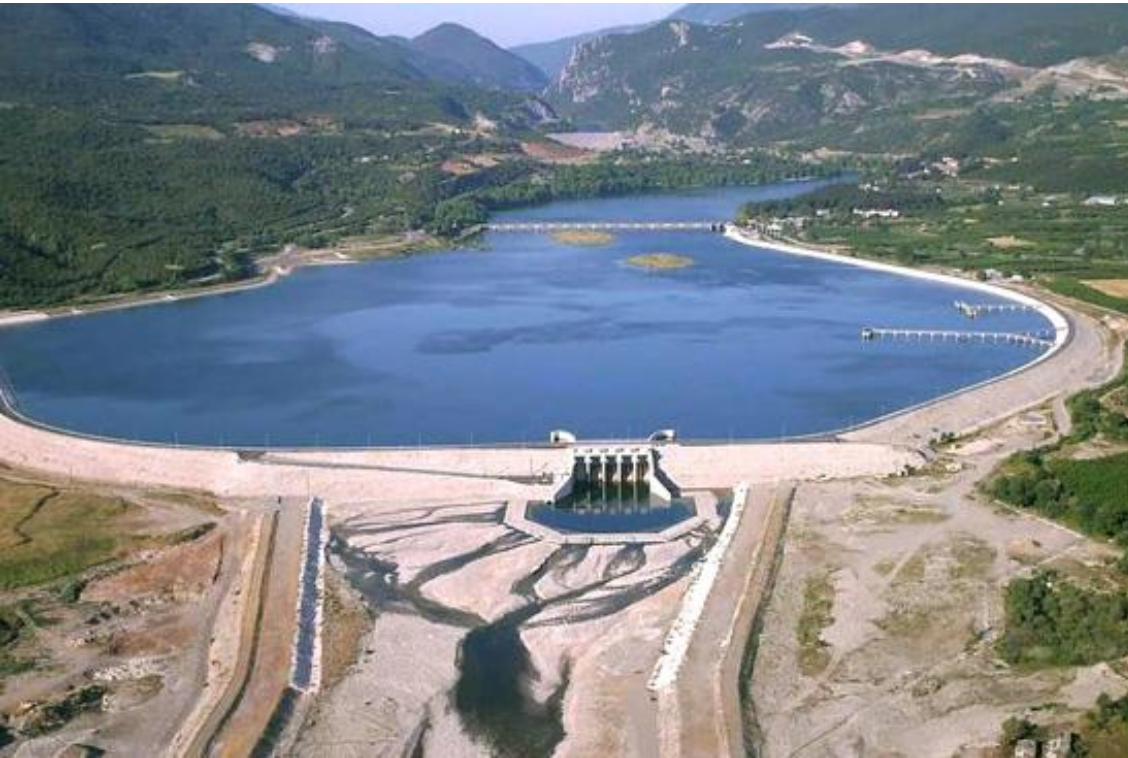
Υπερχειλιστής και ανατρεπόμενα θυροφράγματα

Δίοδοι ιχθύων και μικρών σκαφών



# ΜΥΗΕ ως προσθήκη

## Αγία Βαρβάρα (0.9 MW)

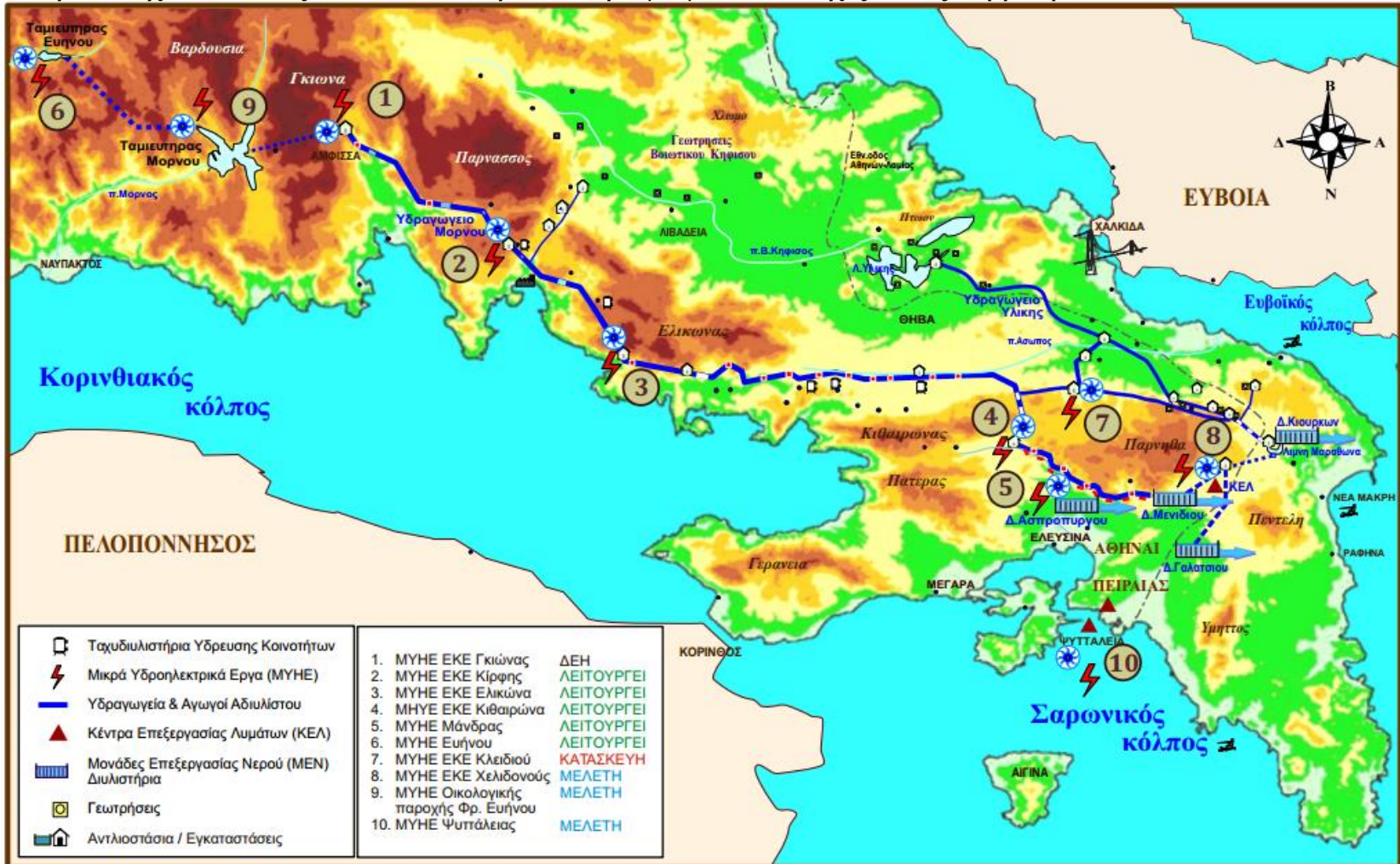


Έχει κατασκευαστεί στον πόδα του αναρρυθμιστικού φράγματος Αγίας Βαρβάρας της ΔΕΗ και αξιοποιεί την οικολογική παροχή του ποταμού Αλιάκμονα. Περιλαμβάνει μία μονάδα Kaplan S-type οριζοντίου άξονα. Είναι σε λειτουργία από το Μάρτιο του 2008 και έχει μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 4 GWh.

*Πηγή: ΔΕΗ ανανεώσιμες*

# ΜΥΗΕ ως προσθήκη ΜΥΗΕ στο υδραγωγείο Μόρνου

Η ΕΥΔΑΠ έχει αξιοποιήσει τα εξωτερικά υδραγωγεία, κατασκευάζοντας Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα κατά μήκος τους. Συγκεκριμένα, το νερό των υδραγωγείων εκτρέπεται σε παράπλευρο κανάλι, όπου με τη λειτουργία υδροστροβίλου και γεννήτριας παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Στη συνέχεια, το νερό διοχετεύεται ξανά στο κεντρικό υδραγωγείο, συνεχίζοντας τη ροή του.



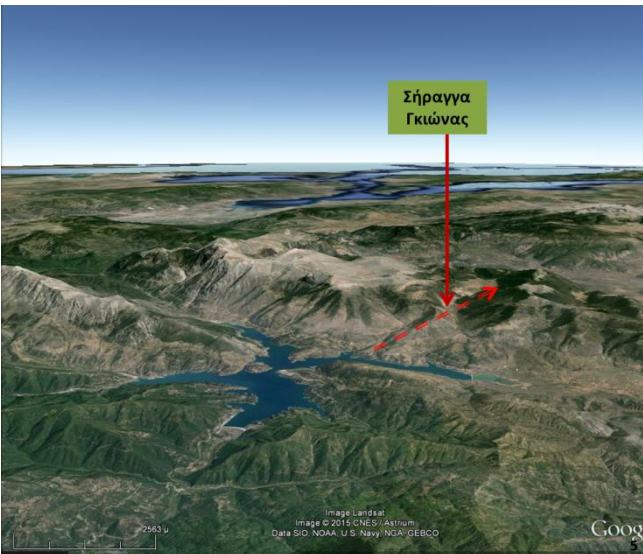
*Φράγμα Ευήνου (820 kW), Κίρφη (760 kW), Ελικώνα (650 kW), Κιθαιρώνας (1.200 kW), Μάνδρα (630 kW), Κλειδί (590 kW)*

**Πηγή: ΕΥΔΑΠ**



# ΜΥΗΕ ως προσθήκη ΜΥΗΕ στο υδραγωγείο Μόρνου (ΥΗΣ Γκιώνας)

Σε πολλές περιπτώσεις μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την υδραυλική ενέργεια που προέρχεται από άλλες χρήσεις. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το υδραγωγείο που μεταφέρει το νερό από τον ταμιευτήρα Μόρνου για την ύδρευση της Αθήνας. Σε συγκεκριμένα σημεία υπάρχουν μικρά υδροηλεκτρικά έργα με σημαντικότερο τον ΥΗΣ Γκιώνας.



Ο ΥΗΣ Γκιώνας (ανήκει στη ΔΕΗ) βρίσκεται κοντά στην πόλη της Άμφισσας και αξιοποιεί μέρος της διερχόμενης παροχής νερού ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ.

Η παροχή λειτουργίας του κυμαίνεται από 7.8 ως 14.5 m<sup>3</sup>/s, και το ύψος πτώσης του από 30.0 ως 66.1 m.

Το έργο έχει ονομαστική ισχύ 8.67 MW, είναι σε λειτουργία από το 1987 και έχει μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 34 GWh



# ΜΥΗΕ στον κόσμο

Εγκατεστημένη ισχύς (MW), θεωρητικό δυναμικό (MW) και ποσοστό αξιοποίησης (%)

## Ασία

Ανατολική	40485	75312	54
Κεντρική	184	4880	4
Νότια	3563	18077	20
Δυτική	489	7754	6
N-ανατολική	1252	6683	19

## Αφρική

Βόρεια	115	184	63
Ανατολική	209	6262	3
Κεντρική	76	328	23
Νότια	43	384	11
Δυτική	82	743	11

## Ευρώπη

Βόρεια	3643	3841	95
Ανατολική	2735	3495	78
Δυτική	5809	6644	87
Νότια	5625	12239	46

## Ωκεανία

Αυστραλία	310	932	33
Ειρηνικός	102	306	33

## Αμερική

Βόρεια	7843	9099	86
Κεντρική	599	4116	15
Νότια	1735	9390	18

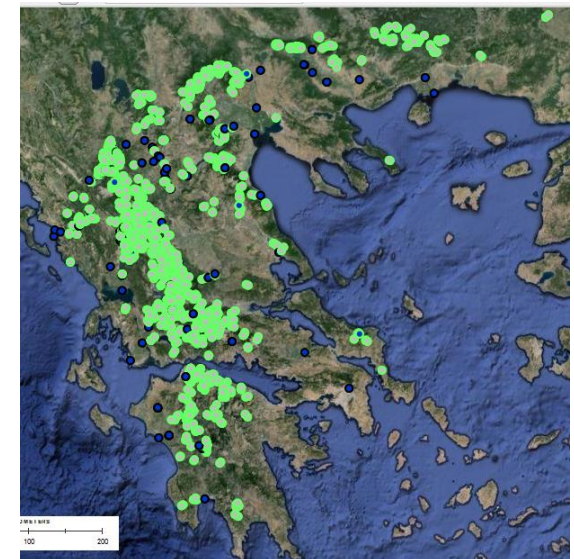
Κόσμος: 75 GW εγκατεστημένα, 173 GW δυναμικό, 43% αξιοποίηση *Πηγή: <http://www.smallhydroworld.org/>*

## Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα στην Ελλάδα

Πλήθος Έργων (%)	Μέγεθος	MW (%)
42 (53)	0 < Ισχύς <= 1	28,7 (17)
15 (19)	1 < Ισχύς <= 2	23,2 (14)
15 (19)	2 < Ισχύς <= 5	50,6 (30)
5 (6)	5 < Ισχύς <= 10	36,1 (21)
3 (4)	10 < Ισχύς <= 11	31,5 (19)
<b>80 (100)</b>	<b>Σύνολο</b>	<b>170,1 (100)</b>
Πλήθος Έργων (%)	Ιδιοκτησία	MW (%)
61 (76)	Ιδιώτες	96,9 (57)
7 (9)	ΕΥΔΑΠ ή Δήμοι	5,0 (3)
3 (4)	ΔΕΗ Αν.+Ιδιώτες	14,9 (9)
9 (11)	ΔΕΗ	53,2 (31)

Σε λειτουργία  
(ΔΕΣΜΗΕ,  
Ιανουάριος 2009)

## Σε σχεδιασμό και λειτουργία-2015



# ΜΥΗΕ στην Ελλάδα

Τα 12 μεγαλύτερα το Σεπτέμβριο του 2017

Όνομασία Φορέα	Ισχύς (MW)	Θέση εγκατάστασης	Περιφερειακή Ενότητα
ΔΕΗ Ανανεώσιμες	10,8	Αρδευτική Διώρυγα Α0 Αλιάκμονα - Δήμου Αποστόλου Παύλου	Ημαθίας
ΔΕΗ Ανανεώσιμες.	10,4	Λεοντάριο (έξοδος φράγματος Σμοκόβου)	Καρδίτσας
ΔΕΗ Ανανεώσιμες	10,3	Ποταμός Λούρος - Φράγμα -	Πρέβεζας - Άρτας
ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ	8,5	Δαφνοζωνάρα-Σανίδι του ποτ. Αχελώου	Αιτωλ/νίας - Ευρυτανίας
ΔΕΗ Ανανεώσιμες	8,5	Έξοδος σήραγγας Μόρνου - Δήμου Άμφισσας	Φωκίδας
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ	7,4	Ρέμα Βαλτσιστινό, θέση Μύλος Παλιουρή	Ιωαννίνων
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ	7,4	Ρέμα Βαλτσιστινό Δημ. Διαμέρ. Κληματιάς	Ιωαννίνων
ΔΕΗ - ΤΕΡΝΑ	6,6	Ελευόσα (φράγμα Αξιού) Δ. Χαλκηδόνας	Θεσ/νίκης
ΥΔΡΗΛ Α.Ε.	6,6	Γέφυρα Φλόκα ποταμού Αλφειού Δ. Φολόη	Ηλείας
ΑΡΓΥΡΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ	6,35	Αργύρι ποταμού Πλατανιά Δ. Αχελώου	Καρδίτσας
ΔΕΗ Ανανεώσιμες	6,2	Αχελώος - Περιοχή Στράτου	Αιτωλ/νίας
ΥΗΣ ΓΛΑΥΚΟΥ Α.Ε.	5,5	Ποταμός Γλαύκος	Αχαΐας

Συνολικά 110 έργα με εγκατεστημένη ισχύ MW

# Αδειοδότηση ΜΥΗΕ

## ➔ Μικροί Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (μΥΗΣ)

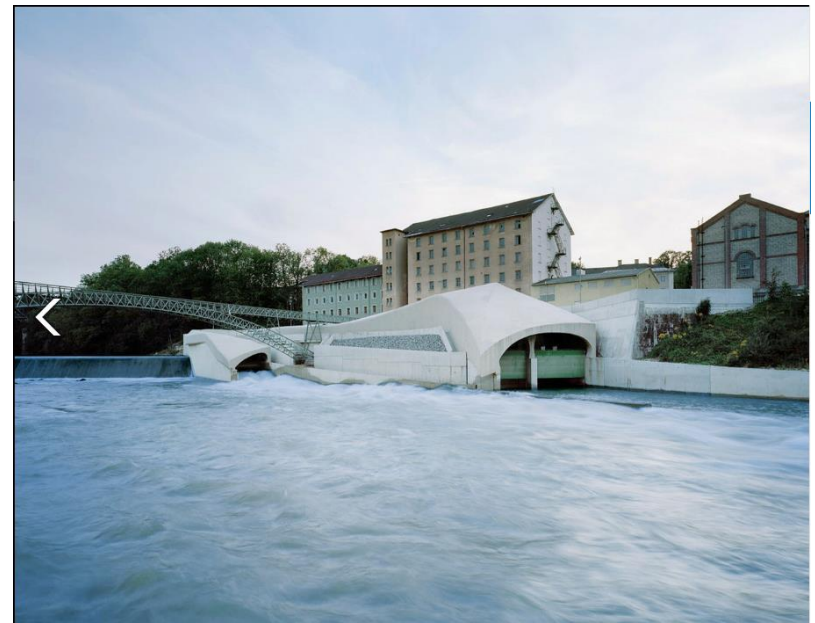
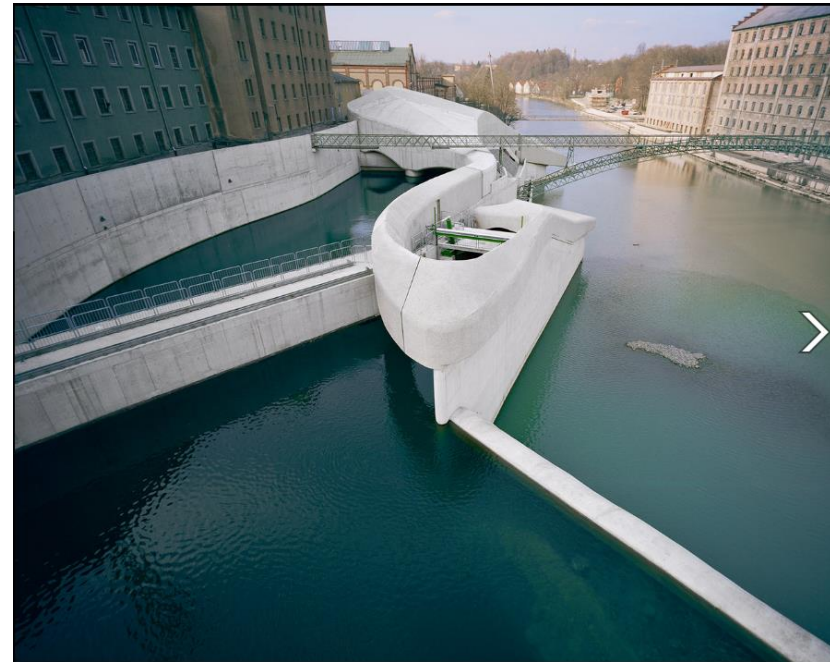
$P_{installed} \leq 50 \text{ kW}$	$50 \text{ kW} < P_{installed} \leq 15 \text{ MW}$
Δεν απαιτείται Άδεια Παραγωγής, ούτε άλλη σχετική διαπιστωτική απόφαση (Ν.3468/2006, αρθ.4, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.2, §12).	Απαιτείται Άδεια Παραγωγής. Η αίτηση προς την ΡΑΕ πρέπει να συνοδεύεται από τεκμηριωμένη υδρολογική μελέτη.
Πρέπει να υποβληθεί αίτηση για την διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον αρμόδιο Διαχειριστή, ο οποίος και θεωρεί τα τοπογραφικά διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης. Χορηγείται Προσφορά Σύνδεσης καταρχήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης (έκδοση απόφασης ΕΠΟ).	
Για όλες τις κατηγορίες μΥΗΣ απαιτείται Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Η απόφαση έγκρισης εκδίδεται κατόπιν αιτήσεως που συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) ή Περιβαλλοντικής Έκθεσης (εφόσον το έργο ενταχθεί στην κατηγορία Β4 κατά το αρθ.10, §1 του Ν.3468). Απαιτείται Άδεια Χρήσης Νερού (ενεργειακή χρήση, ΥΑ.43504/2005, αρθ.1, §1).	Απαιτείται Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Η αίτηση πρέπει να συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ). Απαιτείται Ενιαία Άδεια Χρήσης Νερού και Εκτέλεσης Έργων Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων (ενεργειακή χρήση, ΥΑ.43504/2005, αρθ.1, §1 και αρθ.6, §3).
Εφόσον πρόκειται να εκτελεστούν δομικά έργα, απαιτούνται Οικοδομικές Άδειες. Απαιτείται Σύμβαση Σύνδεσης. Απαιτείται Σύμβαση Αγοραπωλησίας.	
Δεν απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης ή Άδεια Εκτέλεσης Έργων Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων.	Απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης. Η ΥΑ.13310/2007, δίνει την δυνατότητα υποβολής μίας αίτησης (Παράρτημα, Μέρος 1 και Μέρος 2, §2) για την έκδοση μίας άδειας που ενσωματώνει την Ενιαία Άδεια και την Άδεια Εγκατάστασης.
Δεν απαιτείται Δοκιμαστική Λειτουργία. Δεν απαιτείται ούτε Άδεια Λειτουργίας (Ν.3468/2006, αρθ.8, όπως αντικαταστάθηκε με τον Ν.3851/2010, αρθ.3, §2).	Απαιτείται Προσωρινή Σύνδεση για Δοκιμαστική Λειτουργία που γίνεται κατόπιν αιτήσεως προς τον αρμόδιο Διαχειριστή. Εφόσον επιτευχθεί απροβλημάτιστη λειτουργία 15 ημερών, ο Διαχειριστής εκδίδει βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης των δοκιμών (ΥΑ.13310/2007, ΦΕΚ.Β'1153, άρθ.14). Απαιτείται Άδεια Λειτουργίας.

# Τα ΜΥΗ ως έργα τέχνης

**Ovre Forsland, Νορβηγία**

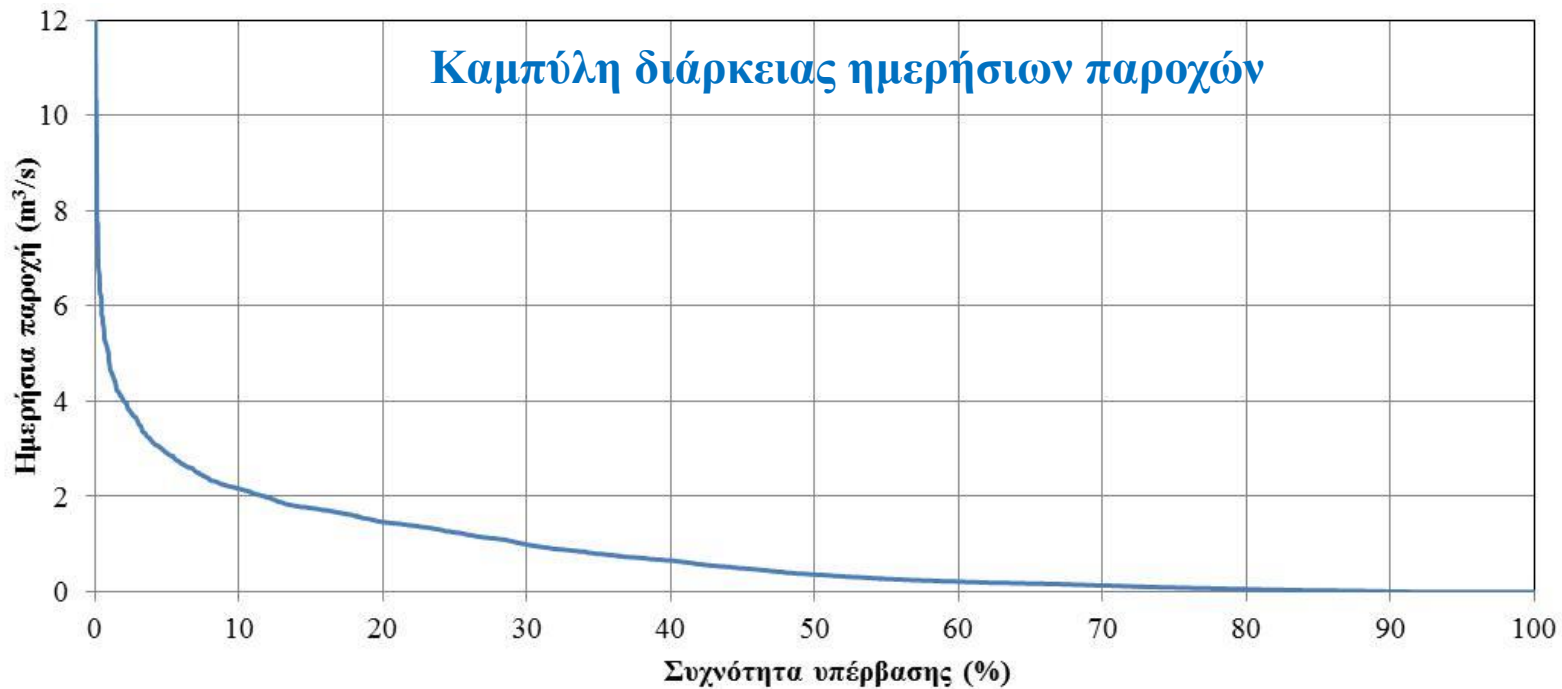
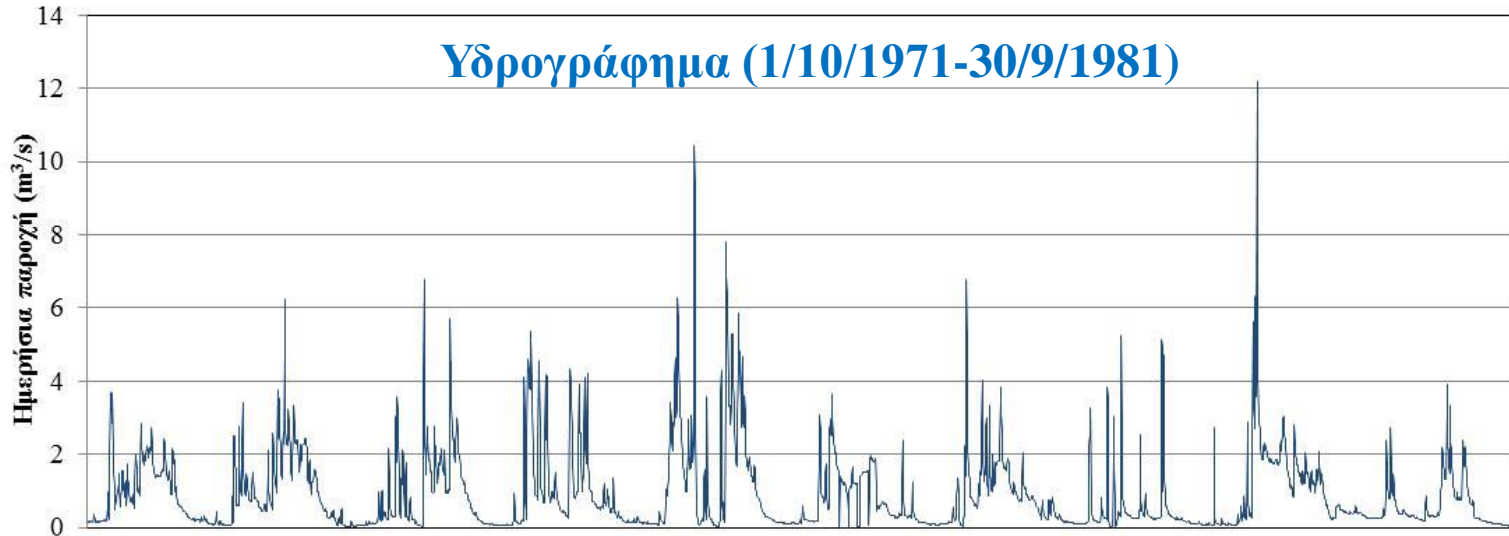


**Kempten, Γερμανία**



# Σχεδιασμός ΜΥΗΕ

## Υδατικό δυναμικό θέσης



# Σχεδιασμός ΜΥΗΕ

## Οικολογική παροχή

Οι βασικές μεθοδολογίες εκτίμησης της Οικολογικής Παροχής λαμβάνουν υπόψη:

- τις ιστορικές παροχές του ποταμού
- τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών
- την διατήρηση του ποταμού ως ενδιαίτημα για συγκεκριμένα είδη, υγροβιότοπο και φυσικό τοπίο

Έτσι η οικολογική παροχή μπορεί να εκτιμηθεί με βάση

- τα στατιστικά χαρακτηριστικά της χρονοσειράς παροχών (ως ποσοστό της ετήσιας ή θερινής απορροής ή με βάση την καμπύλη διάρκειας)
- την υγρή περίμετρο σε συγκεκριμένες διατομές
- τους όγκους νερού που απαιτούνται για τη διατήρηση συγκεκριμένων ειδών και υγροβιοτόπων

*....ως ελάχιστη απαιτούμενη οικολογική παροχή νερού που παραμένει στη φυσική κοίτη υδατορεύματος, αμέσως κατάντη του έργου υδροληψίας του υπό χωροθέτηση Μ.ΥΗ.Ε., πρέπει να εκλαμβάνεται το μεγαλύτερο από τα πιο κάτω μεγέθη, εκτός αν απαιτείται τεκμηριωμένα η αύξησή της, λόγω των απαιτήσεων του κατάντη οικοσυστήματος (ύπαρξη σημαντικού οικοσυστήματος):*

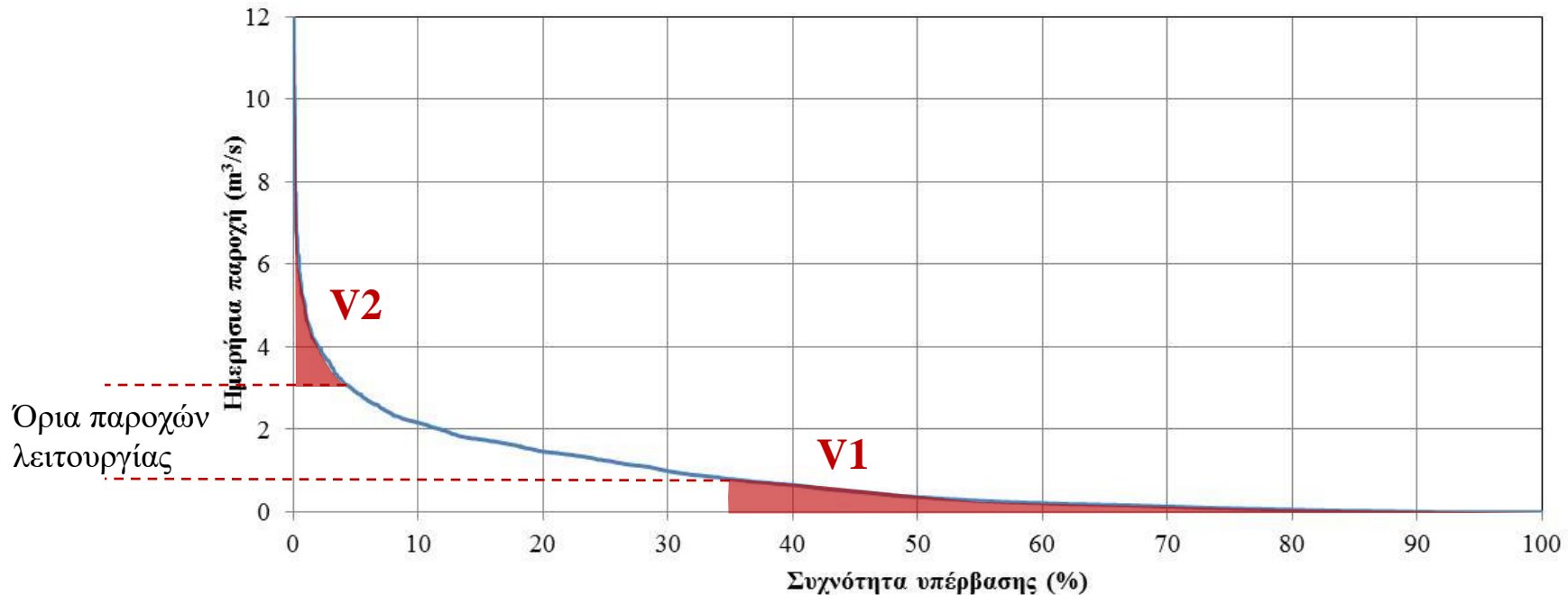
- 30% της μέσης παροχής των θερινών μηνών Ιουνίου-Ιουλίου-Αυγούστου ή
- 50% της μέσης παροχής του μηνός Σεπτεμβρίου ή
- 30 lt/sec σε κάθε περίπτωση.

*Ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού, ΥΠΕΧΩΔΕ 2008*

# Σχεδιασμός ΜΥΗΕ

## Περιορισμοί

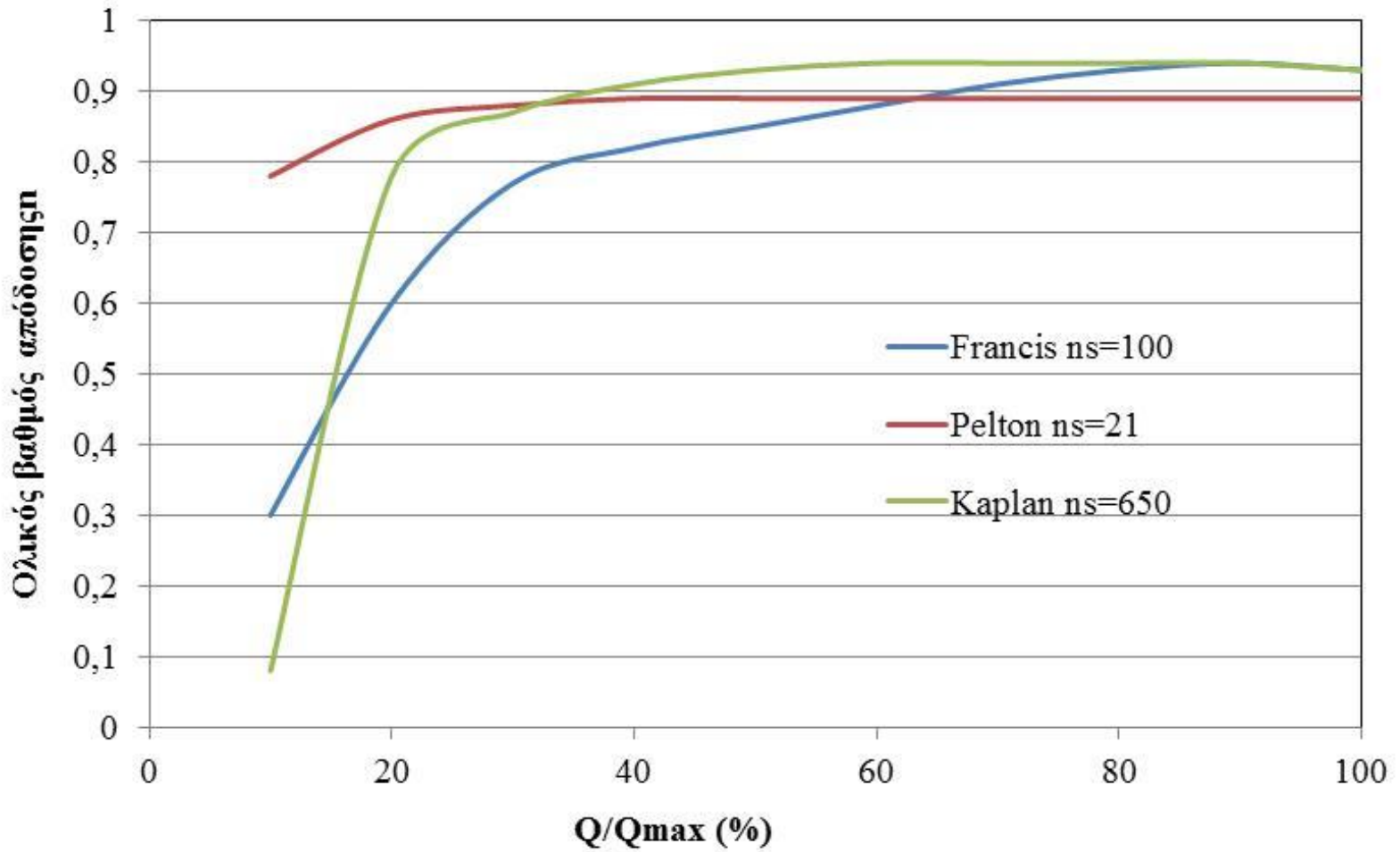
- Συνήθως οι στρόβιλοι εκμεταλλεύονται παροχές κατ' ελάχιστο μέχρι 10% έως 40% της παροχής που αντιστοιχεί στην ονομαστική παροχή σχεδιασμού τους, ανάλογα με τον τύπο τους (Pelton - Francis αντίστοιχα)
- Οι όγκοι V1 και V2 δεν αξιοποιούνται ενεργειακά. Ο όγκος V1 εξαρτάται από το ελάχιστο της λειτουργίας του μικρότερου στρόβιλου και ο V2 από το μέγιστο της λειτουργίας του μεγαλύτερου στρόβιλου
- Επιδιώκεται ελαχιστοποίηση των όγκων V1 και V2 επιλέγοντας στρόβιλους διαφορετικού μεγέθους.
- Απαιτείται η εκμετάλλευση, για την παραγωγή ενέργειας, τουλάχιστον του 75% του καθαρού διαθέσιμου υδάτινου δυναμικού της θέσης
- Ο σταθμός παραγωγής απαιτείται να έχει συντελεστή φορτίου-χρησιμοποίησης (load factor) η όχι μικρότερο του 30%, δηλαδή να λειτουργεί τουλάχιστον περί τις 2600 ώρες το χρόνο





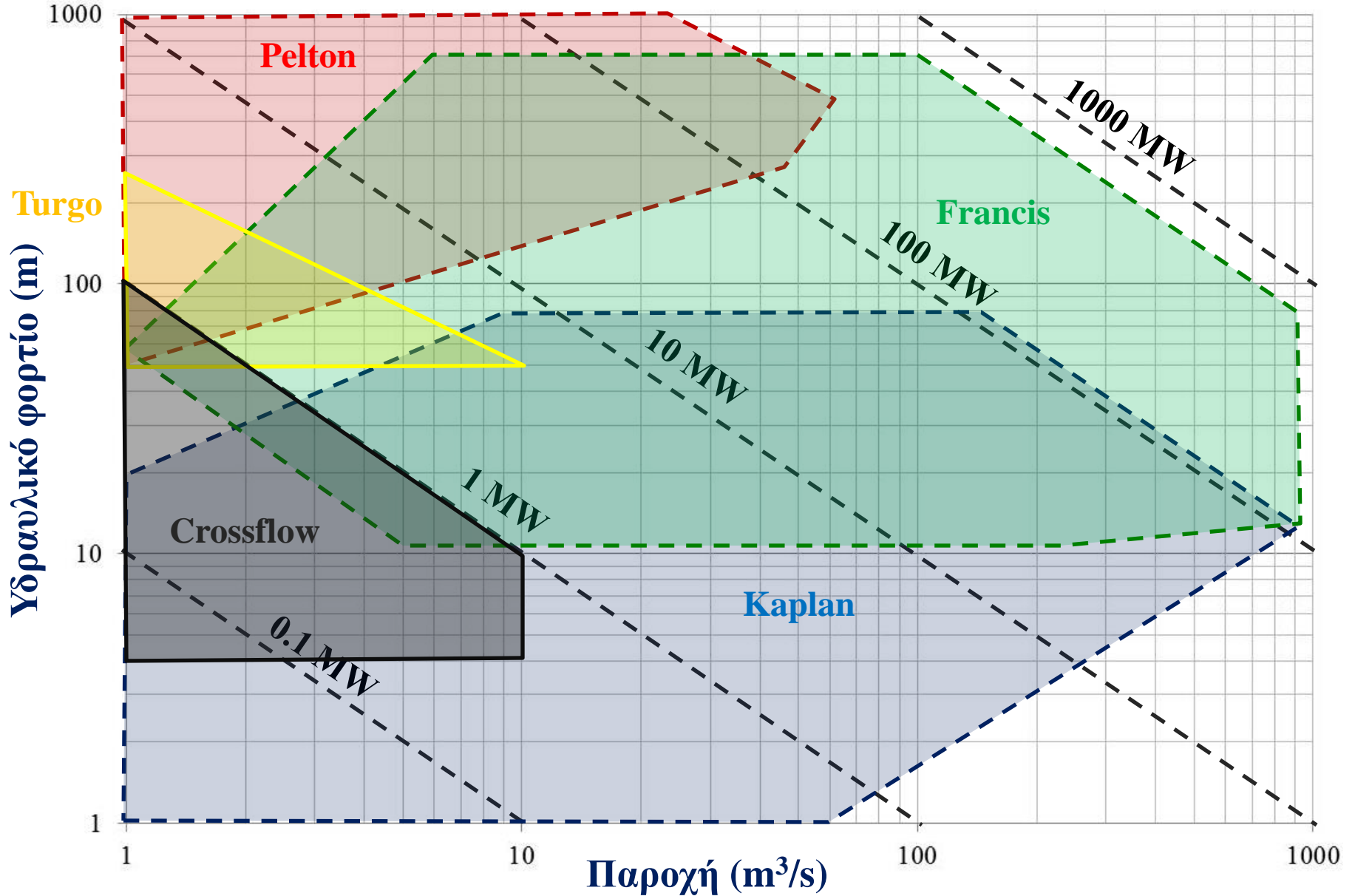
# Σχεδιασμός ΜΥΗΕ

## Καμπύλες στρόβιλων



# Σχεδιασμός ΜΥΗΕ

## Περιοχές λειτουργίας στροβίλων

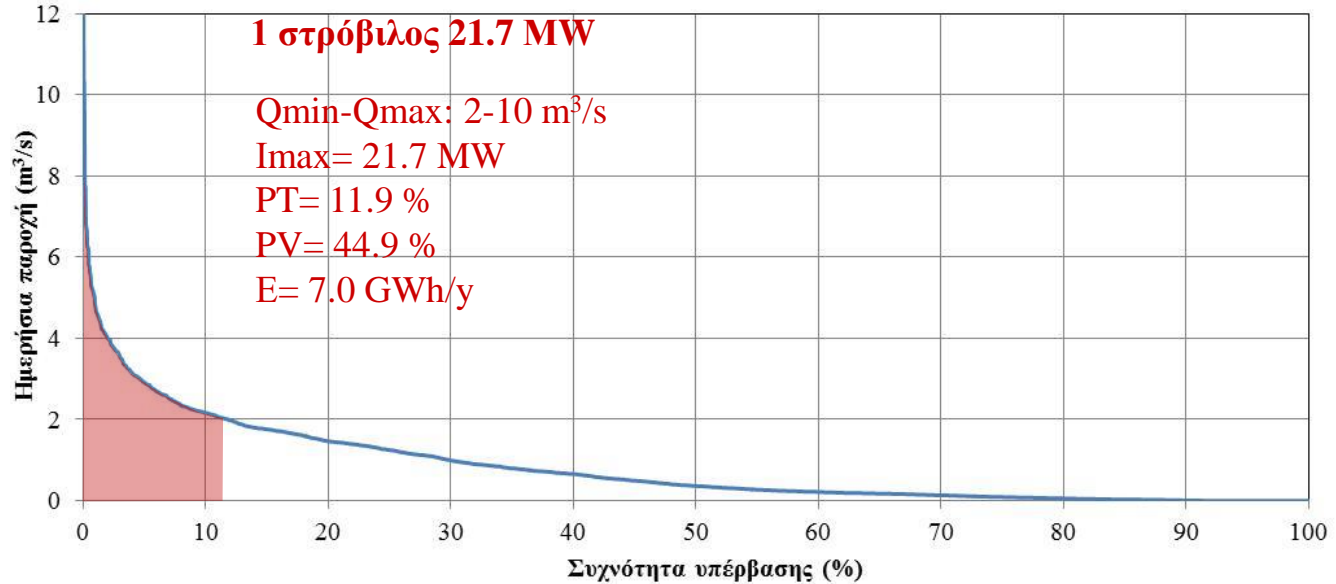


# Σχεδιασμός ΜΥΗΕ

## Επιλογή στρόβιλων

**ΔΕΔΟΜΕΝΑ** Θεωρητική ισχύς για  
διάφορες παροχές

H=260 m	Q (m <sup>3</sup> /s)	I (MW)
ρ=1000 kg/m <sup>3</sup>	0.5	1.1
g=9.81 m/s <sup>2</sup>	1	2.2
n=0.85	1.5	3.3
	2	4.3
	2.5	5.4
	3	6.5
	4	8.7
	5	10.8
	10	21.7



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

#### **Q<sub>min</sub>, Q<sub>max</sub>:**

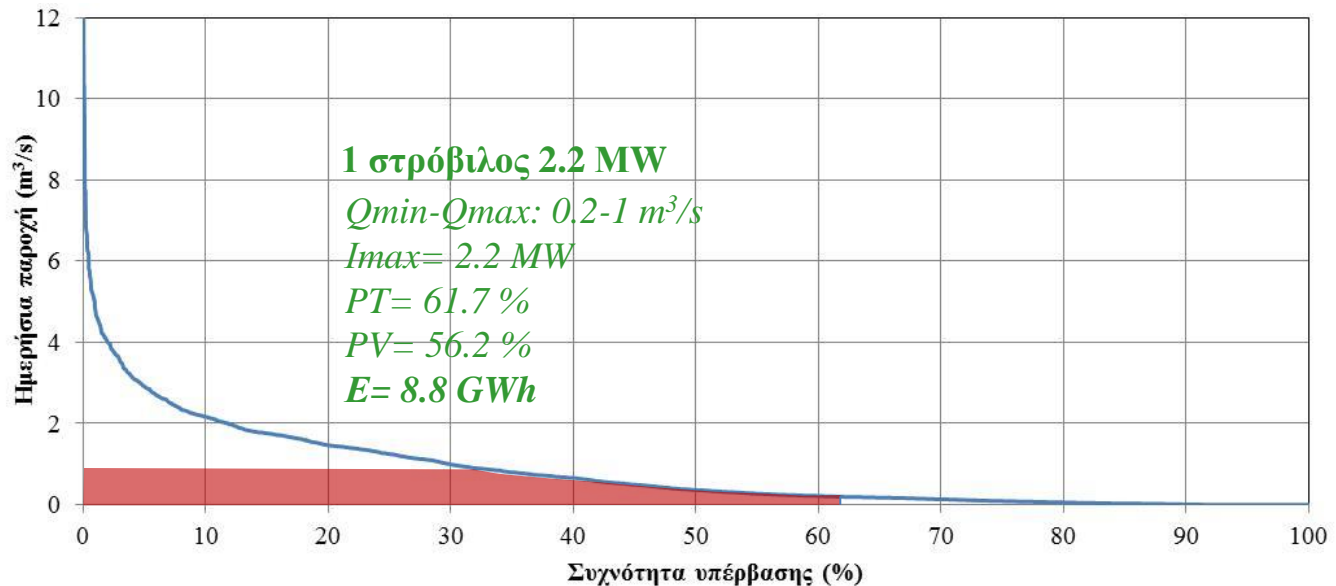
Ελάχιστη, μέγιστη παρογή εκμετάλλευσης (m<sup>3</sup>/s)

**I<sub>max</sub>:** Ισχύς στη μέγιστη παρογή εκμετάλλευσης (MW)

**PT :** Ποσοστό χρόνου λειτουργίας στο έτος (%)

**PV:** Ποσοστό όγκου νερού που χρησιμοποιείται (%)

**E:** Συνολική ετήσια ενέργεια (GWh/y)

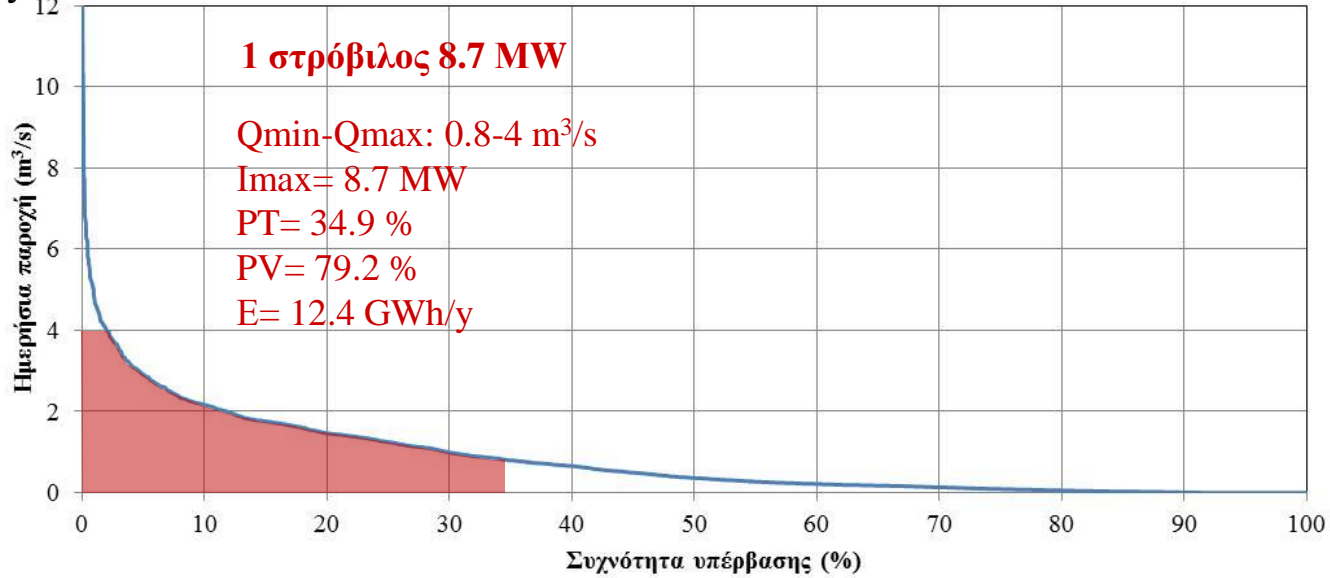


# Σχεδιασμός ΜΥΗΕ

## Επιλογή στροβίλων

**ΔΕΔΟΜΕΝΑ** Θεωρητική ισχύς για  
 διάφορες παροχές

	Q (m <sup>3</sup> /s)	I (MW)
H=260 m	0.5	1.1
ρ=1000 kg/m <sup>3</sup>	1	2.2
g=9.81 m/s <sup>2</sup>	1.5	3.3
n=0.85	2	4.3
	2.5	5.4
	3	6.5
	4	8.7
	5	10.8
	10	21.7



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

**Q<sub>min</sub>, Q<sub>max</sub>:**

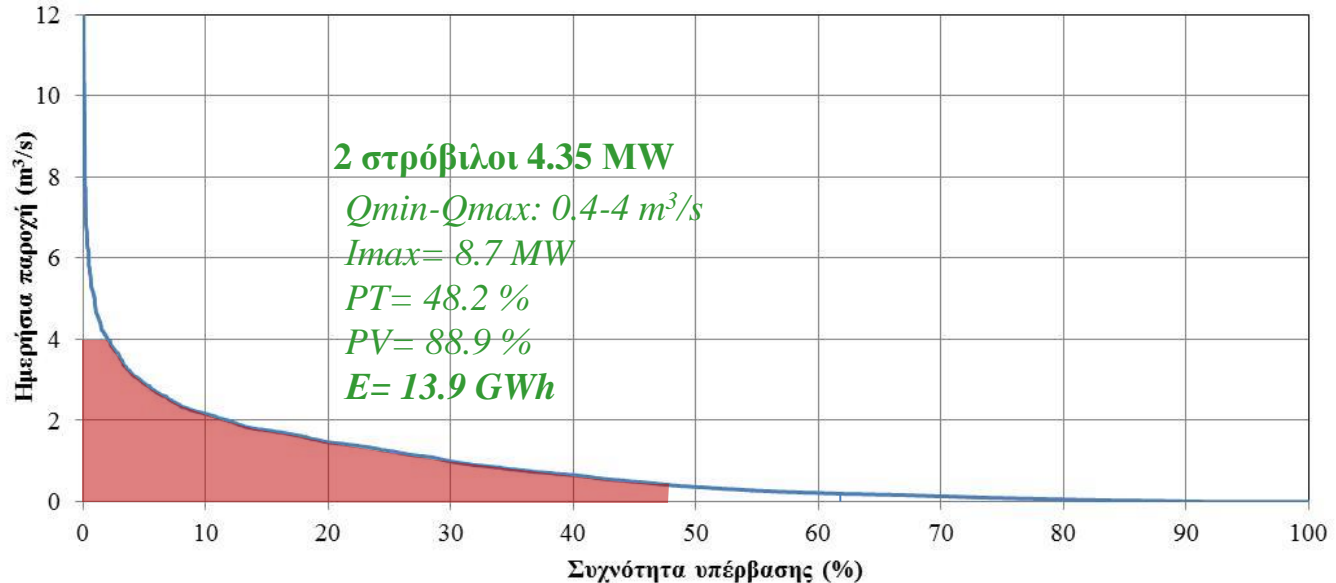
Ελάχιστη, μέγιστη παρογή εκμετάλλευσης (m<sup>3</sup>/s)

**I<sub>max</sub>:** Ισχύς στη μέγιστη παρογή εκμετάλλευσης (MW)

**PT:** Ποσοστό χρόνου λειτουργίας στο έτος (%)

**PV:** Ποσοστό όγκου νερού που χρησιμοποιείται (%)

**E:** Συνολική ετήσια ενέργεια (GWh/y)

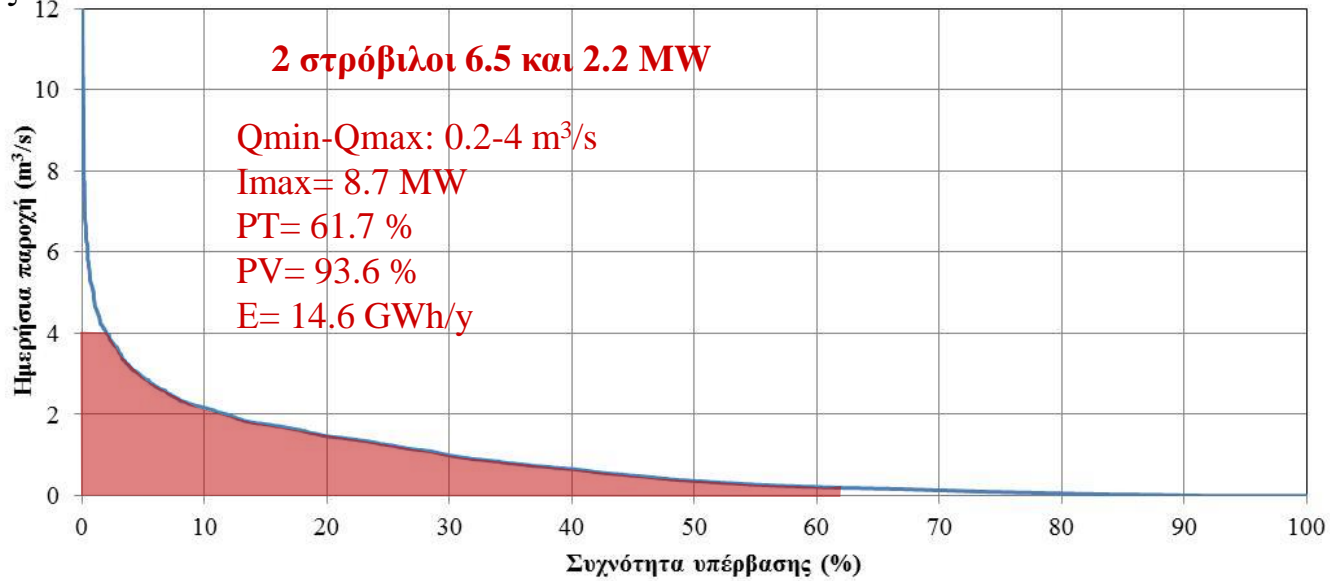


# Σχεδιασμός ΜΥΗΕ

## Επιλογή στροβίλων

**ΔΕΔΟΜΕΝΑ** Θεωρητική ισχύς για  
 διάφορες παροχές

	Q (m <sup>3</sup> /s)	I (MW)
H=260 m	0.5	1.1
ρ=1000 kg/m <sup>3</sup>	1	2.2
g=9.81 m/s <sup>2</sup>	1.5	3.3
n=0.85	2	4.3
	2.5	5.4
	3	6.5
	4	8.7
	5	10.8
	10	21.7



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

**Q<sub>min</sub>, Q<sub>max</sub>:**

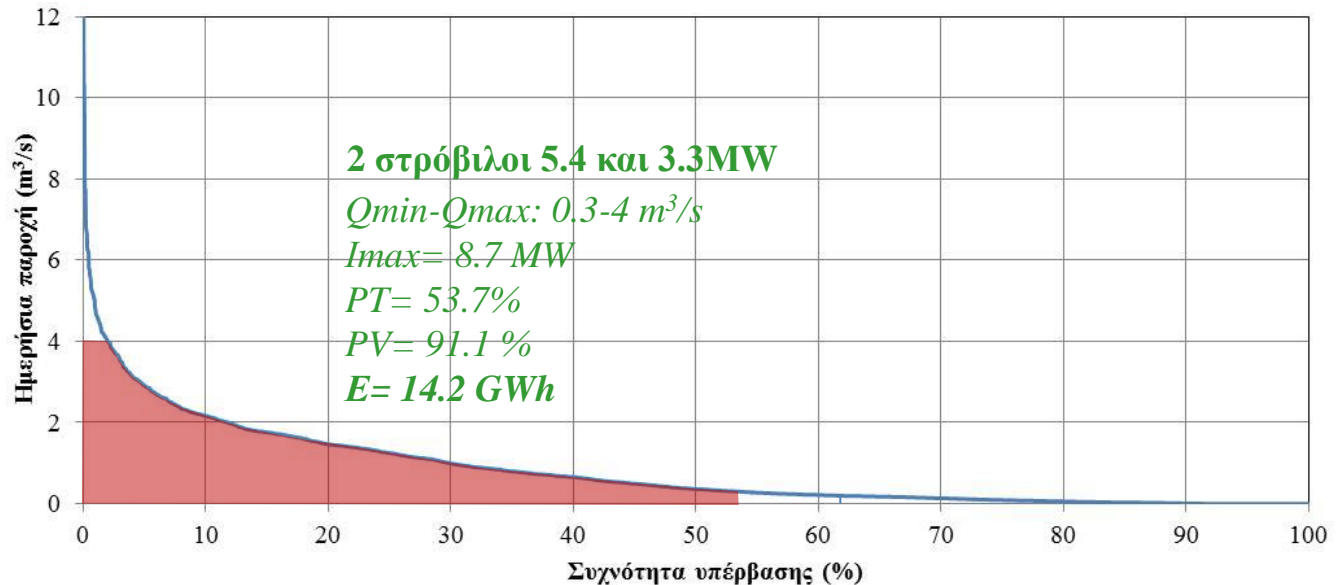
Ελάχιστη, μέγιστη παροχή εκμετάλλευσης (m<sup>3</sup>/s)

**I<sub>max</sub>:** Ισχύς στη μέγιστη παροχή εκμετάλλευσης (MW)

**PT :** Ποσοστό χρόνου λειτουργίας στο έτος (%)

**PV:** Ποσοστό όγκου νερού που χρησιμοποιείται (%)

**E:** Συνολική ετήσια ενέργεια (GWh/y)



# Σχεδιασμός ΜΥΗΕ

## Καμπύλη διάρκειας-εφαρμογή

$$P(Q) = 1 - F(Q) = (1 + Q/10)^{-5}$$

$Q$  η παροχή σε  $m^3/s$

$P$  η πιθανότητα υπέρβασης της τιμής  $Q$

$F$  η συνάρτηση κατανομής

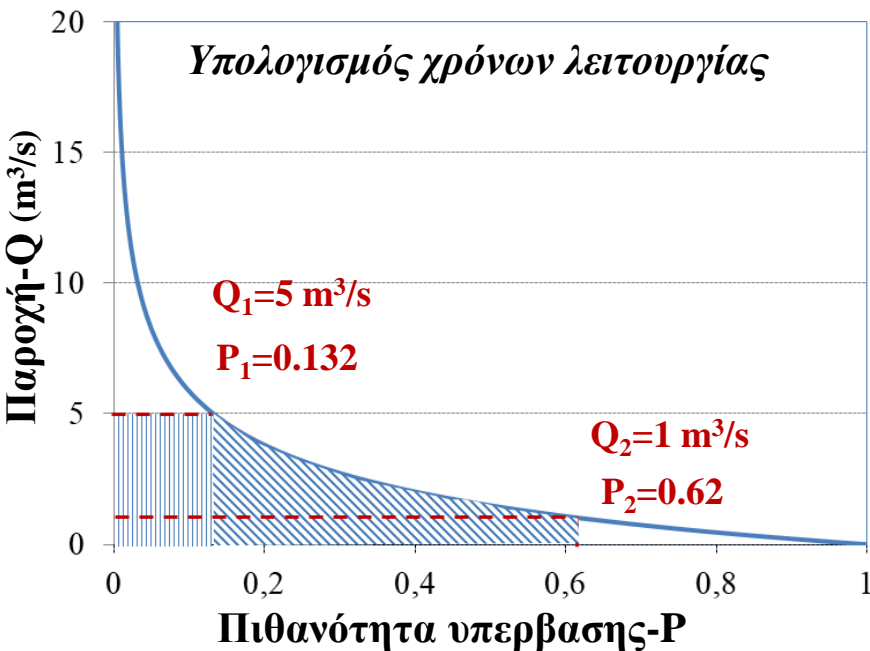
Η αντίστροφη συνάρτηση  
δίνεται από τη σχέση:

$$Q(P) = 10(1/P^{0.2} - 1)$$

Το ολοκλήρωμα της καμπύλης διάρκειας  
ως προς  $P$  δίδεται από τη σχέση:

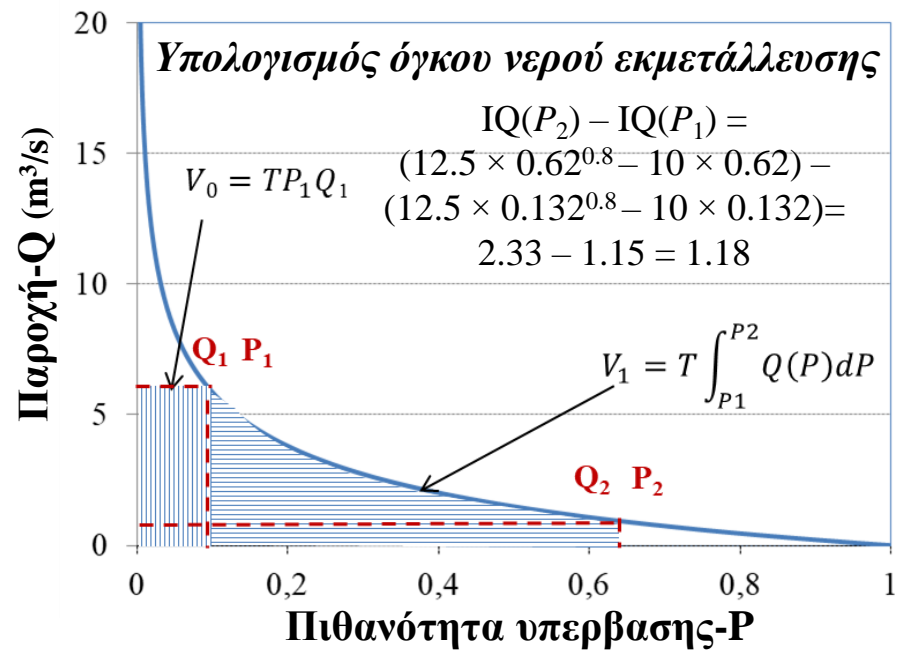
$$IQ = \int Q(P)dP = 12.5P^{0.8} - 10P$$

**Εξετάζεται στρόβιλος με παροχές λειτουργίας 1 - 5  $m^3/s$ .**



Χρόνος λειτουργίας: **62%**

Χρόνος λειτουργίας στη  
μέγιστη παροχή: **13.2%**



Για χρονική περίοδο ενός έτους,  $T = 31.56 \times 10^6$  s

$$V_0 = 31.56 \times 0.132 \times 5 = \mathbf{20.8 \text{ hm}^3}$$

$$V_1 = 31.56 \times 1.18 = \mathbf{37.1 \text{ hm}^3}$$

# Αξιοποίηση υδραυλικής ενέργειας



Πηγή εικόνας: <http://www.lifo.gr/guests/viral/56837>