

Πρόγραμμα Διά Βίου Μάθηση

Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης

Καινοτόμες Τεχνολογίες Εφαρμογών Α.Π.Ε. και  
Εξοικονόμησης Ενέργειας

# Υβριδικοί σταθμοί



Συνδιοργάνωση:



Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.Ι. Κρήτης



Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.Ι. Πειραιά

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.Ι. Αθήνας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Εισαγωγικά περί υβριδικών σταθμών

---



## Σκοπός υβριδικού σταθμού

---

- ▶ Ένας υβριδικός σταθμός παραγωγής ενέργειας έχει σκοπό να ικανοποιήσει αδιάλειπτα και σύμφωνα με τις ποιοτικές απαιτήσεις της κατανάλωσης, μία ζήτηση ισχύος, βασιζόμενος σε μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής.
- ▶ Προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός, είναι απαραίτητη η συνδυασμένη λειτουργία των μονάδων μη εγγυημένης παραγωγής με μονάδες αποθήκευσης.
- ▶ Σε κάθε περίπτωση, για την ασφάλεια ενεργειακής τροφοδοσίας, είναι απαραίτητη και η παρουσία μονάδων εγγυημένης παραγωγής.



# Σκοπός υβριδικού σταθμού

---

- ▶ Συνεπώς, με βάση τα ανωτέρω, ένας υβριδικός σταθμός αποτελείται από τρεις διακριτές συνιστώσες:
  - ▶ μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής (μονάδες βάσης)
  - ▶ μονάδες αποθήκευσης
  - ▶ μονάδες εφεδρείας.



# Πεδία εφαρμογής υβριδικών σταθμών

- ▶ Υβριδικοί σταθμοί αναπτύσσονται κυρίως για την παραγωγή:
    - ▶ ηλεκτρικής ενέργειας
    - ▶ θερμικής ενέργειας.
  - ▶ Ανάλογα με:
    - ▶ το αν ο υβριδικός σταθμός αναπτύσσεται σε ήδη υφιστάμενο ενεργειακό σύστημα ή όχι
    - ▶ το μέγεθος και τον τύπο του υφιστάμενου συστήματος
    - ▶ το μέγεθος και τον τύπο του υβριδικού σταθμού
- ο υβριδικός σταθμός διαστασιοποιείται και μελετάται με σκοπό:
- ▶ την κάλυψη της ζήτησης ισχύος κατά τις αιχμές ζήτησης, με σκοπό τη μείωση του κόστους παραγωγής του υφιστάμενου συστήματος
  - ▶ τη μεγιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας από τον υβριδικό σταθμό, στοχεύοντας ακόμα και στην 100% κάλυψη των ενεργειακών αναγκών.



# Οι μονάδες βάσης του υβριδικού σταθμού

---

- ▶ Οι μονάδες βάσης ενός υβριδικού σταθμού είναι οι μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής.
- ▶ Χαρακτηρίζονται ως μονάδες βάσης ακριβώς εξαιτίας του ότι η παραγωγή του υβριδικού σταθμού βασίζεται κυρίως σε αυτές, είναι δηλαδή οι βασικές μονάδες παραγωγής.
- ▶ Οι μονάδες βάσης σε ένα υβριδικό σταθμό έχουν απόλυτη προτεραιότητα όσον αφορά στην ένταξή τους στην παραγωγή. Σκοπός του υβριδικού σταθμού είναι η μεγιστοποίηση της αξιοποίησης της μη εγγυημένα παραγόμενης ενέργειας από τις μονάδες βάσης.



# Οι μονάδες βάσης του υβριδικού σταθμού

---

- ▶ Σε ένα υβριδικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι μονάδες βάσης είναι συνήθως:
  - ▶ αιολικά πάρκα ή μικρές ανεμογεννήτριες
  - ▶ φωτοβολταϊκοί σταθμοί.
- ▶ Σε ένα υβριδικό σταθμό παραγωγής θερμικής ενέργειας οι μονάδες βάσης είναι συνήθως:
  - ▶ ηλιακοί συλλέκτες.



# Οι μονάδες αποθήκευσης του υβριδικού σταθμού

---

- ▶ Η μονάδα αποθήκευσης σε ένα υβριδικό σταθμό έχει σκοπό, μέσω της αμφίδρομης ροής ισχύος από και προς αυτήν, να προσαρμόσει την τυχαία και μη εγγυημένη παραγωγή ισχύος από τις μονάδες βάσης, η οποία καθορίζεται από τη διαθεσιμότητα του δυναμικού της αξιοποιούμενης τεχνολογίας Α.Π.Ε., στην ανελαστική ζήτηση ισχύος.
- ▶ Η μονάδα αποθήκευσης δεν παράγει ενέργεια από μία πρωτογενή πηγή. Αντιθέτως αποθηκεύει τη διαθέσιμη ενέργεια από τις μονάδες Α.Π.Ε. που δεν μπορεί να εγχυθεί άμεσα προς κάλυψη της ζήτησης, την οποία επιστρέφει, συνήθως ετεροχρονισμένα, πίσω.



# Οι μονάδες αποθήκευσης του υβριδικού σταθμού

---

- ▶ Σε ένα υβριδικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι μονάδες αποθήκευσης είναι συνήθως:
  - ▶ ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές διαφόρων τύπων
  - ▶ κυψέλες καυσίμου σε συνδυασμό με μονάδες ηλεκτρόλυσης
  - ▶ αντλησιοταμιευτήρες ή αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά
  - ▶ σταθμοί αποθήκευσης συμπιεσμένου αέρα.
- ▶ Σε ένα υβριδικό σταθμό παραγωγής θερμικής ενέργειας οι μονάδες αποθήκευσης είναι συνήθως:
  - ▶ θερμοδοχεία (μπόιλερ)
  - ▶ δεξαμενές μεγάλης θερμοχωρητικότητας (π.χ. δεξαμενές νερού).



## Οι μονάδες εφεδρείας του υβριδικού σταθμού

- ▶ Σκοπός των μονάδων εφεδρείας σε ένα υβριδικό σταθμό είναι η εγγυημένη παραγωγή ισχύος σε περιπτώσεις αδυναμίας κάλυψης της ζήτησης από τις μονάδες βάσης και από τις μονάδες αποθήκευσης (χαμηλή διαθεσιμότητα δυναμικού Α.Π.Ε. και ταυτόχρονη χαμηλή στάθμη φόρτισης των μονάδων αποθήκευσης).
- ▶ Η προτεραιότητα των μονάδων εφεδρείας είναι έσχατη, εντάσσονται δηλαδή στην παραγωγή εφόσον πριν έχουν εξαντληθεί οι δυνατότητες παραγωγής από τις μονάδες βάσης και αποθήκευσης.
- ▶ Η διαστασιολόγηση του υβριδικού σταθμού με ενεργειακά κριτήρια αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση, με απώτερο στόχο το μηδενισμό, της παραγωγής ενέργειας από τις μονάδες εφεδρείας του υβριδικού σταθμού.



# Οι μονάδες εφεδρείας του υβριδικού σταθμού

---

- ▶ Σε ένα υβριδικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι μονάδες εφεδρείας είναι συνήθως:
  - ▶ ντιζελογεννήτριες μεγάλου μεγέθους
  - ▶ ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη μικρότερου μεγέθους
  - ▶ μονάδες κυψελών καυσίμου, εφόσον η διαθεσιμότητα του καυσίμου είναι δεδομένη.
- ▶ Σε ένα υβριδικό σταθμό παραγωγής θερμικής ενέργειας οι μονάδες αποθήκευσης είναι συνήθως:
  - ▶ καυστήρες.



# Υβριδικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας



# Κριτήρια επιλογής σύνθεσης υβριδικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

---

- ▶ Σε οποιοδήποτε υβριδικό σταθμό, τα κριτήρια επιλογής των τεχνολογιών που θα εφαρμοστούν είναι τεχνικά και οικονομικά.
- ▶ Τα τεχνικά κριτήρια αφορούν στην ικανότητα των επιλεγμένων τεχνολογιών Α.Π.Ε. και αποθήκευσης να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις του υβριδικού σταθμού.
- ▶ Τα οικονομικά κριτήρια εισάγονται με σκοπό την ανάπτυξη και τη λειτουργία του σταθμού με το χαμηλότερο δυνατό κόστος.



## Κριτήρια επιλογής μονάδων Α.Π.Ε.

---

- ▶ Είναι προφανές ότι η επιλογή των μονάδων Α.Π.Ε. καθορίζεται από τη διαθεσιμότητα του δυναμικού Α.Π.Ε.
- ▶ Πέραν τούτου, σε περιπτώσεις που το δυναμικό Α.Π.Ε. δεν αποτελεί κριτήριο επιλογής – για παράδειγμα όταν υπάρχει αφθονία δυναμικού διαφορετικών μορφών Α.Π.Ε. – τότε υπεισέρχονται μια σειρά από άλλα κριτήρια, όπως:
  - ▶ η απόδοση των διαφορετικών τεχνολογιών Α.Π.Ε., με τελικό κριτήριο, τον ετήσιο συντελεστή απασχόλησης της κάθε τεχνολογίας Α.Π.Ε.
  - ▶ το κόστος ανάπτυξης της κάθε τεχνολογίας Α.Π.Ε.
  - ▶ άλλα ειδικά τεχνικά θέματα, όπως δυνατότητα μεταφοράς και εγκατάστασης, εποχιακή χρήση σταθμού, περιβαλλοντικοί περιορισμοί κλπ.



## Κριτήρια επιλογής μονάδων Α.Π.Ε.

---

- ▶ Με βάση τα ανωτέρω κριτήρια, για τον ελλαδικό χώρο, αλλά και γενικότερα παγκοσμίως, οι πλέον ώριμες τεχνικά και ανταγωνιστικές οικονομικά τεχνολογίες Α.Π.Ε. για εισαγωγή σε υβριδικούς σταθμούς, είναι:
  - ▶ τα αιολικά πάρκα, για μεγάλου και μικρού μεγέθους σταθμούς
  - ▶ οι μικρές ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά (μετά τη μείωση του κόστους εγκατάστασής τους) για μικρού μεγέθους σταθμούς.



# Κριτήρια επιλογής μονάδων αποθήκευσης

---

- ▶ Η μονάδα αποθήκευσης σε ένα υβριδικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι η πλέον χαρακτηριστική συνιστώσα του σταθμού, αυτή δηλαδή που θα καθορίσει σε μεγάλο βαθμό τον τύπο του σταθμού και τον τρόπο λειτουργίας του.
- ▶ Το είδος της μονάδας αποθήκευσης καθορίζεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από το μέγεθος του σταθμού, κάτι που συνεπάγεται τις απαιτήσεις σε αποθηκευτική ικανότητα, αλλά και σε ισχύ φόρτισης και εκφόρτισης των μονάδων αποθήκευσης.



# Κριτήρια επιλογής μονάδων αποθήκευσης

- ▶ Σε υβριδικούς σταθμούς μικρού μεγέθους (με παραγωγή και αποθήκευση ισχύος μικρότερη του 1MW), μπορούν να εφαρμοστούν μία σειρά από εναλλακτικές τεχνολογίες αποθήκευσης, οικονομικά ανταγωνιστικές και τεχνικά επαρκείς, όπως:
  - ▶ ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές διαφόρων τύπων
  - ▶ κυψέλες καυσίμου σε συνδυασμό με μονάδες ηλεκτρόλυσης
  - ▶ σταθμοί αποθήκευσης συμπιεσμένου αέρα.
- ▶ Οι ανωτέρω τεχνολογίες μπορούν να εφαρμοστούν και σε μεσαίου μεγέθους σταθμούς (έως 5MW), με σημαντικά όμως αυξημένα κόστη εγκατάστασης και παραγωγής ανά μονάδα αποθηκευμένης ενέργειας.



# Κριτήρια επιλογής μονάδων αποθήκευσης

---

- ▶ Τέλος σε υβριδικούς σταθμούς με απαίτηση φόρτισης / εκφόρτισης άνω των 5MW, ως μονάδα αποθήκευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν:
  - ▶ αντλησιοταμιευτήρες ή αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά
  - ▶ μονάδες συμπιεσμένου αέρα.
- ▶ Τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά μπορούν να εισαχθούν ακόμα και σε μικρότερου μεγέθους υβριδικούς σταθμούς (από 2 – 5MW) και να παρουσιάζουν υπό προϋποθέσεις (διαθέσιμη γεωμορφολογία, μέγεθος της ζήτησης) καλύτερα οικονομικά στοιχεία από τις άλλες τεχνολογίες αποθήκευσης.





# Αλγόριθμος λειτουργίας

Για κάθε χρονικό βήμα ελέγχου  $j$  υλοποιούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι και εκτελούνται οι ανάλογες ενέργειες:

- ▶ 1. Σύγκριση παραγωγής ισχύος από ΑΠΕ  $P_{RES}$  και της ζήτησης ισχύος  $P_d$ :
  - ▶ 1α. Αν  $P_{RES} < P_d$ , τότε όλη η διαθέσιμη ισχύς από τις μονάδες ΑΠΕ διεισδύει στο δίκτυο για κάλυψη της ζήτησης, δηλαδή η διείσδυση ισχύος ΑΠΕ  $P_{RES\delta}$  ισούται με τη διαθέσιμη ισχύ από τις μονάδες ΑΠΕ:  $P_{RES\delta} = P_{RES}$ .
  - ▶ 1β. Αν  $P_{RES} > P_d$ , τότε η διείσδυση ισχύος ΑΠΕ ισούται με τη ζήτηση, δηλαδή  $P_{RES\delta} = P_d$ .



# Αλγόριθμος λειτουργίας

Για κάθε χρονικό βήμα ελέγχου  $j$  υλοποιούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι και εκτελούνται οι ανάλογες ενέργειες:

- ▶ 2. Έλεγχος στάθμης φόρτισης της κάθε συστοιχίας ξεχωριστά  $b_i(j-1)$  από το προηγούμενο χρονικό βήμα  $j-1$ , όπου με το δείκτη  $i$  υποδηλώνεται η κάθε συστοιχία ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ). Διακρίνονται οι περιπτώσεις:

- ▶ 2α.  $P_{RES} < P_d$ :

Αν υπάρχει επαρκής ενέργεια αποθηκευμένη στις συστοιχίες τότε η ισχύς που υπολείπεται θα καλυφθεί από τους συσσωρευτές:  $P_{bat} = P_d - P_{RES}$ . Η παραγωγή ισχύος των μονάδων εφεδρείας είναι 0.

Η νέα στάθμη φόρτισης για κάθε συστοιχία θα είναι:  $b_i(j) = b_i(j-1) - P_{bati} \cdot t_i$  όπου  $P_{bati}$  η ισχύς εκφόρτισης της συστοιχίας  $i$ .



# Αλγόριθμος λειτουργίας

- ▶ Για κάθε χρονικό βήμα ελέγχου  $j$  υλοποιούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι και εκτελούνται οι ανάλογες ενέργειες:
- ▶ 2. Έλεγχος στάθμης φόρτισης της κάθε συστοιχίας ξεχωριστά  $b_i(j-1)$  από το προηγούμενο χρονικό βήμα  $j-1$ , όπου με το δείκτη  $i$  υποδηλώνεται η κάθε συστοιχία ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ). Διακρίνονται οι περιπτώσεις:

- ▶ 2α.  $P_{RES} < P_d$ :

Αν δεν υπάρχει επαρκής ενέργεια αποθηκευμένη στις συστοιχίες τότε η παραγωγή ισχύος των συσσωρευτών θα ανέλθει στο ποσό που μπορούν να δώσουν έως το κατώτατο επίπεδο φόρτισής τους. Στην περίπτωση αυτή θα είναι:

$$P_{bat} = [\sum b_i(j-1) - b_{dis} \cdot C_{bat}] / t_i$$

όπου  $C_{bat}$  η συνολική ονομαστική χωρητικότητα των συσσωρευτών,  $b_{dis}$  το μέγιστο βάθος εκφόρτισης των συσσωρευτών και  $t_i$  η χρονική διάρκεια του βήματος υπολογισμού (ωριαία).

Η ισχύς που υπολείπεται θα καλυφθεί από τις ντιζελογεννήτριες:  $P_{th} = P_d - P_{RES\delta} - P_{bat}$ .



# Αλγόριθμος λειτουργίας

- ▶ Για κάθε χρονικό βήμα ελέγχου  $j$  υλοποιούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι και εκτελούνται οι ανάλογες ενέργειες:
- ▶ 2. Έλεγχος στάθμης φόρτισης της κάθε συστοιχίας ξεχωριστά  $b_i(j-1)$  από το προηγούμενο χρονικό βήμα  $j-1$ , όπου με το δείκτη  $i$  υποδηλώνεται η κάθε συστοιχία ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ). Διακρίνονται οι περιπτώσεις:
  - ▶ 2α.  $P_{RES} < P_d$ :  
Στην περίπτωση αυτή η αποθήκευση ισχύος  $P_{st}$  είναι μηδενική, όπως επίσης η διαθέσιμη ισχύς για τη μονάδα ηλεκτρόλυσης  $P_{el}$  και η ισχύς  $P_{RESred}$  κατά την οποία θα χρειαστεί να περιοριστεί η αρχική παραγωγή των μονάδων ΑΠΕ.  
Η νέα στάθμη φόρτισης για κάθε συστοιχία θα ταυτίζεται με το μέγιστο βάθος εκφόρτισης των συσσωρευτών.



# Αλγόριθμος λειτουργίας

► Για κάθε χρονικό βήμα ελέγχου  $j$  υλοποιούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι και εκτελούνται οι ανάλογες ενέργειες:

► 2. Έλεγχος στάθμης φόρτισης της κάθε συστοιχίας ξεχωριστά  $b_i(j-1)$  από το προηγούμενο χρονικό βήμα  $j-1$ , όπου με το δείκτη  $i$  υποδηλώνεται η κάθε συστοιχία ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ). Διακρίνονται οι περιπτώσεις:

► 2β.  $P_{RES} > P_d$ :

Αν υπάρχει επαρκής χωρητικότητα στις συστοιχίες τότε η περίσσεια ισχύος από τις ΑΠΕ θα οδηγηθεί προς αποθήκευση:  $P_{st} = P_{RES} - P_{RESd}$ . Στην περίπτωση αυτή δεν θα προκύψει διαθέσιμη ισχύς για τη μονάδα ηλεκτρόλυσης, ενώ, προφανώς, δεν θα χρειαστεί να περιοριστεί η αρχική παραγωγή ισχύος από τις μονάδες ΑΠΕ.

Η νέα στάθμη φόρτισης για κάθε συστοιχία θα είναι:

$$b_i(j) = b_i(j-1) + P_{st} \cdot t_i$$

όπου  $P_{sti}$  η ισχύς φόρτισης της συστοιχίας  $i$ .



# Αλγόριθμος λειτουργίας

- ▶ Για κάθε χρονικό βήμα ελέγχου  $j$  υλοποιούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι και εκτελούνται οι ανάλογες ενέργειες:
- ▶ 2. Έλεγχος στάθμης φόρτισης της κάθε συστοιχίας ξεχωριστά  $b_i(j-1)$  από το προηγούμενο χρονικό βήμα  $j-1$ , όπου με το δείκτη  $i$  υποδηλώνεται η κάθε συστοιχία ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ). Διακρίνονται οι περιπτώσεις:

- ▶ 2β.  $P_{RES} > P_d$ :

Αν δεν υπάρχει επαρκής χωρητικότητα στις συστοιχίες για να αποθηκευτεί όλη η περίσσεια ισχύος από τις μονάδες ΑΠΕ, τότε θα αποθηκευτεί ισχύς έως την πλήρη φόρτιση των συσσωρευτών. Τούτη υπολογίζεται ως:

$$P_{bat} = [C_{bat} - \sum b_i(j-1)]/t_i$$

Σε αυτή την περίπτωση, η ισχύς από τις μονάδες ΑΠΕ που πιθανώς θα προκύψει διαθέσιμη μετά και την αποθήκευση στους συσσωρευτές θα είναι:

$$P_{RES_{av}} = P_{RES} - P_{RES6} - P_{st}.$$

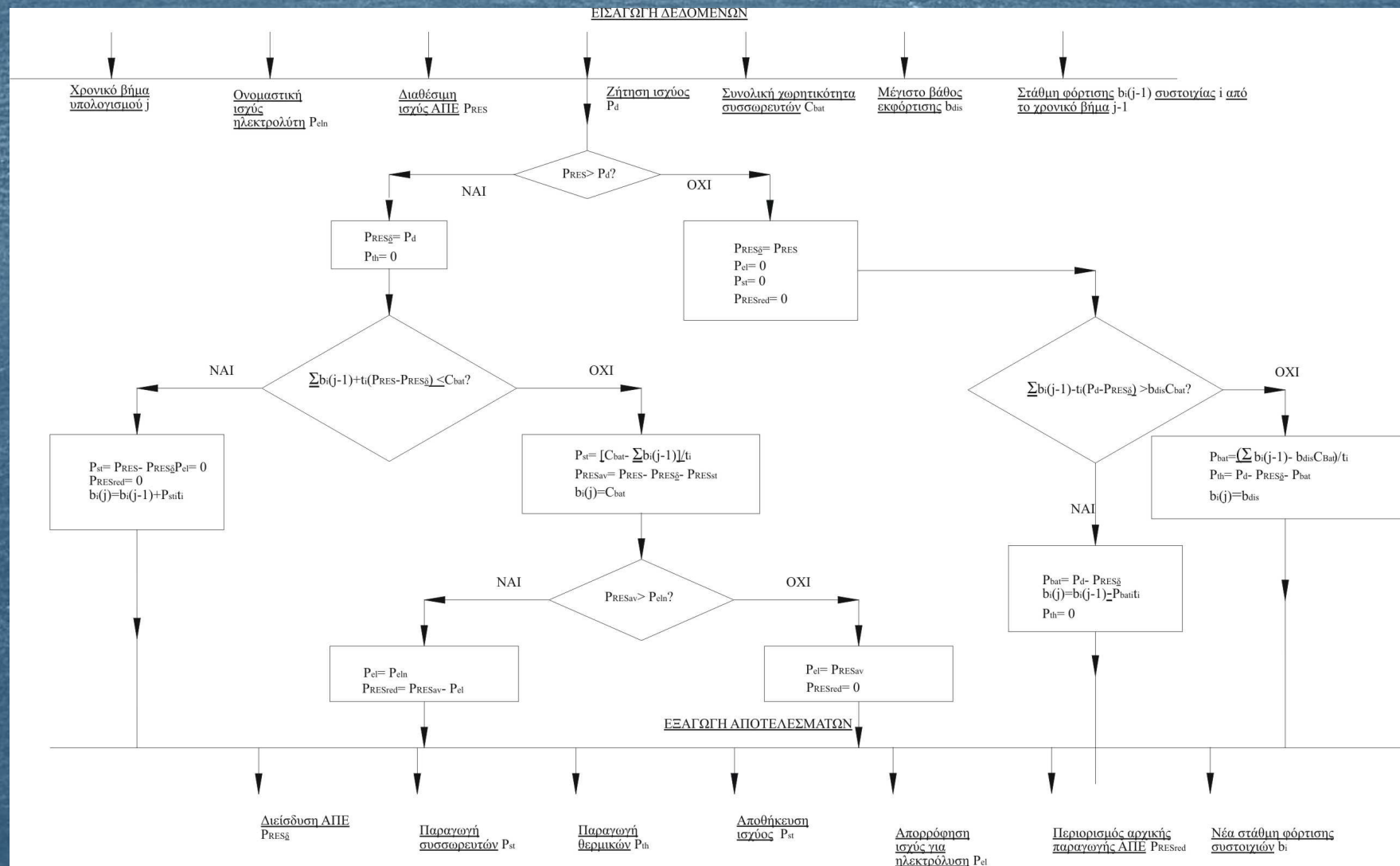


# Αλγόριθμος λειτουργίας

- ▶ Για κάθε χρονικό βήμα ελέγχου  $j$  υλοποιούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι και εκτελούνται οι ανάλογες ενέργειες:
- ▶ 2. Έλεγχος στάθμης φόρτισης της κάθε συστοιχίας ξεχωριστά  $b_i(j-1)$  από το προηγούμενο χρονικό βήμα  $j-1$ , όπου με το δείκτη  $i$  υποδηλώνεται η κάθε συστοιχία ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ). Διακρίνονται οι περιπτώσεις:
  - ▶ 2β.  $P_{RES} > P_d$ :  
Αν η μονάδα ηλεκτρόλυσης δύναται να απορροφήσει ισχύ ίση με  $P_{el}$ , τότε ο περιορισμός της αρχικής διαθέσιμης ισχύος από τις μονάδες ΑΠΕ θα πρέπει είναι:  
$$P_{RESred} = P_{RES} - P_{RES\delta} - P_{st} - P_{el}.$$
Η νέα στάθμη φόρτισης για κάθε συστοιχία θα ταυτίζεται με την ονομαστική χωρητικότητά της.

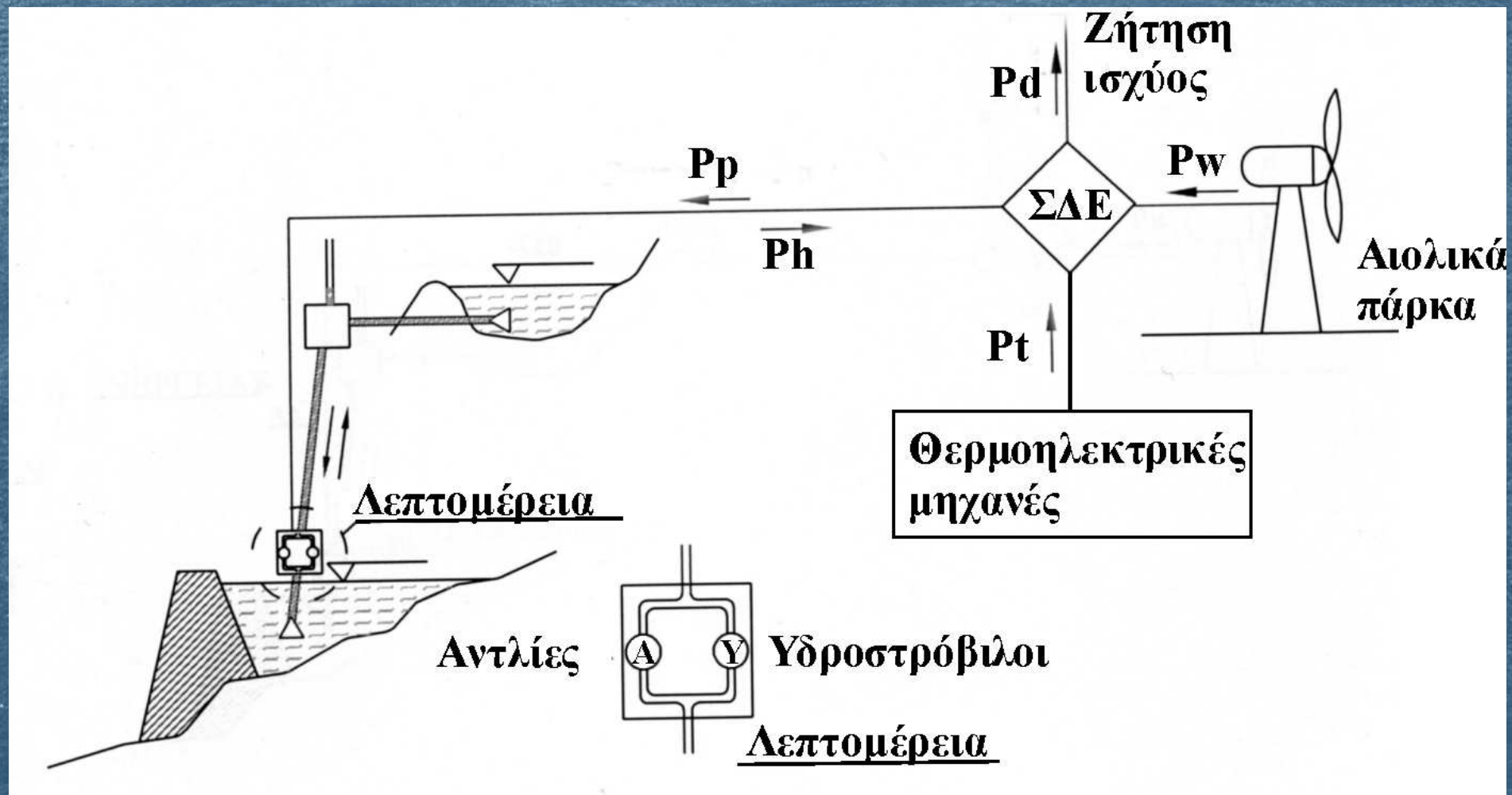


# Αλγόριθμος λειτουργίας

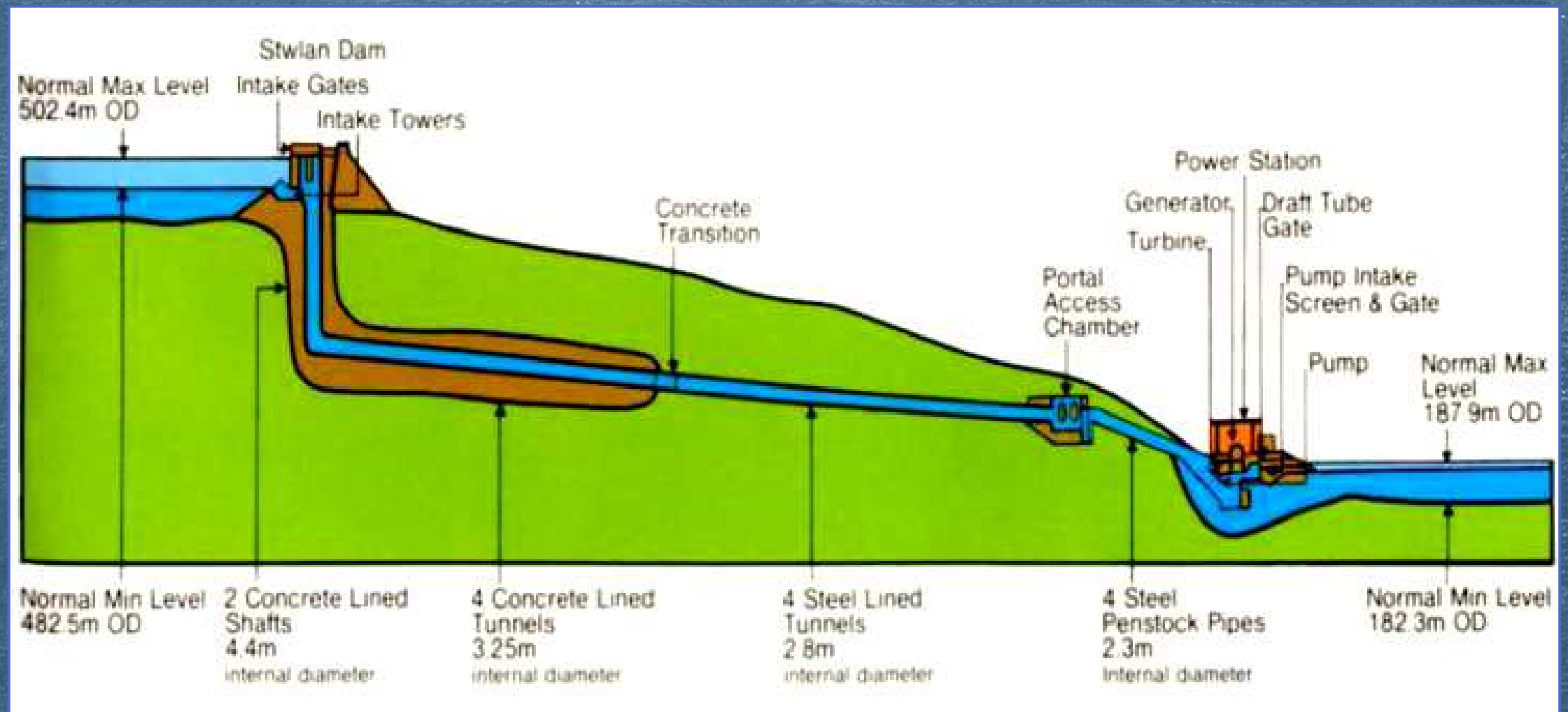


# Υλοποιήσεις υβριδικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Μεγάλου μεγέθους – Αποθήκευση σε αντλησιοταμιευτήρα



# Τι είναι η αντλησιοταμίευση



# Αλγόριθμος λειτουργίας

- ▶ Σε κάθε χρονικό βήμα υπολογισμού εισάγονται ως δεδομένα η διαθέσιμη ισχύς  $P_{RES}$  από τη μονάδα ΑΠΕ και η ζήτηση ισχύος  $P_d$ .
- ▶ Αν  $P_p$  είναι η ονομαστική ισχύς των μονάδων αποθήκευσης (αντλίες) τότε υπολογίζεται η δυνάμενη να αποθηκευθεί ισχύς  $P_{st}$ :
  - ▶ Αν  $P_{RES} > P_p$ , τότε  $P_{st} = P_p$ .
  - ▶ Αν  $P_{RES} \leq P_p$ , τότε  $P_{st} = P_{RES}$ .
- ▶ Υπολογίζεται ο όγκος που πρέπει να προστεθεί στην άνω δεξαμενή προκειμένου να αποθηκευτεί ισχύς  $P_{st}$  για χρονικό βήμα διάρκειας  $t$ :
  - ▶  $V_p = \gamma \cdot H \cdot P_{st} \cdot t / \eta_p$ .
- ▶ Υπολογίζεται ο όγκος νερού που θα πρέπει να αφαιρεθεί από την άνω δεξαμενή προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση ισχύος  $P_d$  από τους υδροστρόβιλους για το χρονικό βήμα διάρκειας  $t$ :
  - ▶  $V_h = \eta_h \cdot \gamma \cdot H \cdot P_d \cdot t$ .



# Αλγόριθμος λειτουργίας

- ▶ Ο παραμένων όγκος νερού κατά το τρέχον χρονικό βήμα  $j$  στην άνω δεξαμενή θα είναι:
- ▶  $V_{st}(j) = V_{st}(j-1) + V_p - V_h$ .
- ▶ Ελέγχεται αν ο παραμένων όγκος νερού στην άνω δεξαμενή υπερβαίνει τη μέγιστη χωρητικότητα της δεξαμενής:
  - ▶ Αν  $V_{st}(j) > V_{max}$ , ΤΟΤΕ:
    - $P_{st} = 0$
    - $P_{rej} = P_{RES}$
    - $V_{st}(j) = V_{st}(j-1) - V_h$ .
  - ▶ Αν  $V_{st}(j) \leq V_{max}$ , ΤΟΤΕ:
    - $P_{st} = P_p$
    - $P_{rej} = P_{RES} - P_p$ .

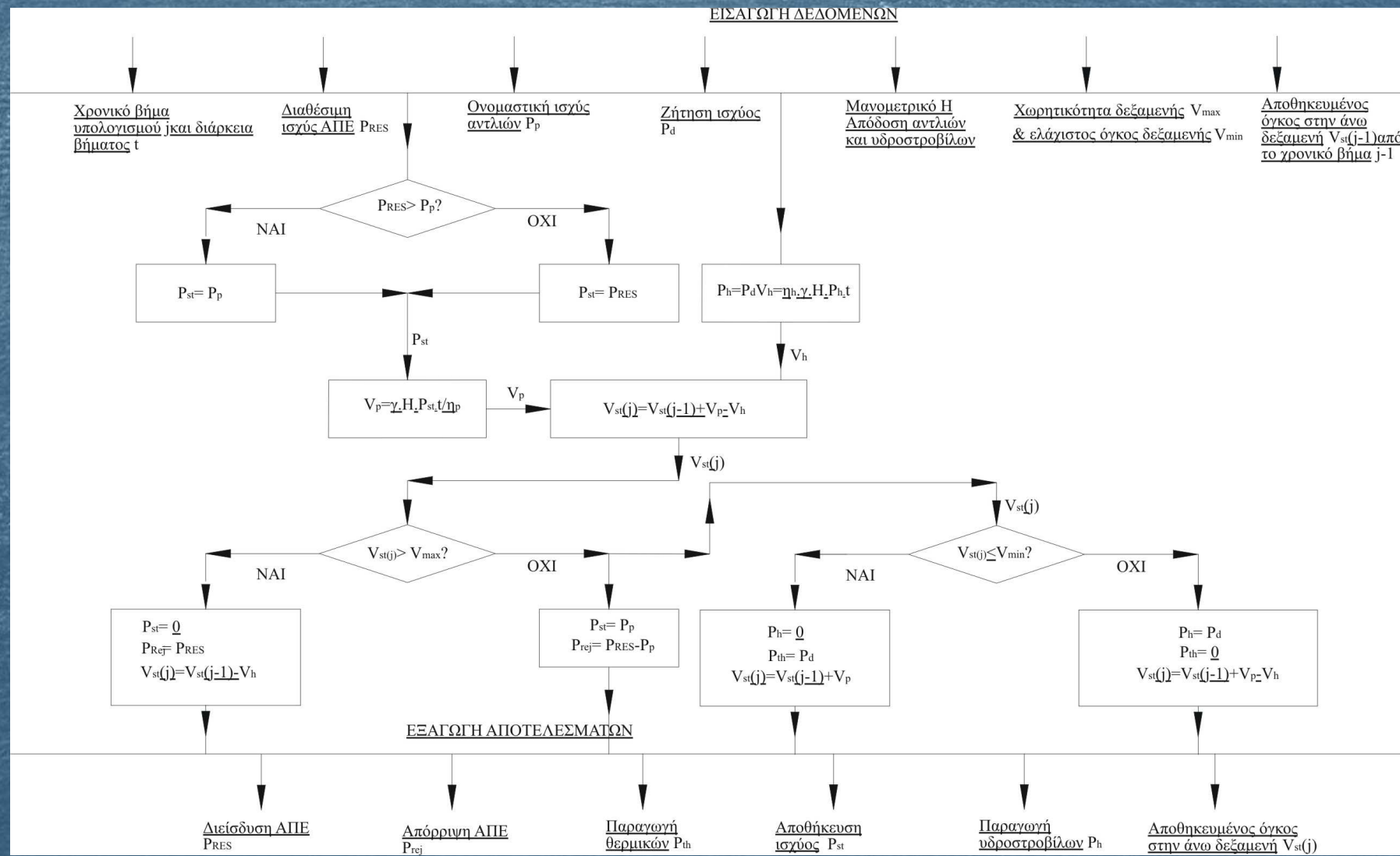


# Αλγόριθμος λειτουργίας

- ▶ Επιπλέον ελέγχεται αν ο παραμένων όγκος νερού στην άνω δεξαμενή είναι μικρότερος από τον ελάχιστο περιεχόμενο σε αυτήν:
  - ▶ Αν  $V_{st}(j) < V_{min}$ , τότε:
    - $P_h = 0$
    - $P_{th} = P_d$
    - $V_{st}(j) = V_{st}(j-1) + V_p$ .
  - ▶ Αν  $V_{st}(j) \geq V_{min}$ , τότε:
    - $P_h = P_d$
    - $P_{th} = 0$
    - $V_{st}(j) = V_{st}(j-1) + V_p - V_h$ .



# Αλγόριθμος λειτουργίας



## Ενδεικτική διαστασιολόγηση ΥβΣ Αγίου Ευστρατίου – Αποθήκευση σε αντλησιοταμιευτήρα

Ονομαστική ισχύς ΑΠ (kW)	660
Ονομαστική ισχύς υδροστροβίλων (kW)	450
Ονομαστική ισχύς κινητήρων αντλιών (kW)	630
Ονομαστική παροχή υδροστροβίλων (m <sup>3</sup> /s)	0,29
Ονομαστική παροχή αντλιών (m <sup>3</sup> /s)	0,30
Χωρητικότητα άνω δεξαμενής (m <sup>3</sup> )	350.000
Χωρητικότητα κάτω δεξαμενής (m <sup>3</sup> )	900.000
Διάμετρος σωληνώσεων (m)	0,80
Αριθμός σωληνώσεων	2
Μήκος σωληνώσεων (m)	535
Διαθέσιμη υδατόπτωση (m)	170
Κόστος εγκατάστασης ΥβΣ (€)	9.500.000



## Ενεργειακά αποτελέσματα

	(MWh)	(%)
Παραγωγή ενέργειας από ΑΠ	589,26	29,84
Παραγωγή ενέργειας από υδροστροβίλους	1.329,87	67,35
Παραγωγή ενέργειας από θερμικές μονάδες	55,33	2,80
Συνολική παραγωγή ενέργειας	1.974,46	100,00
Αποθήκευση ενέργειας	2.013,25	-



# Ενδεικτική διαστασιολόγηση ΥβΣ Αγίου Ευστρατίου – Αποθήκευση σε συσσωρευτές

Ονομαστική ισχύς ΑΠ (kW)	800
Ονομαστική ισχύς ΦΣ (kW)	101,25
Ονομαστική ισχύς φόρτισης / εκφόρτισης συσσωρευτών (kW)	720
Ονομαστική χωρητικότητα συσσωρευτών (MWh)	3,60
Μέγιστο βάθος εκφόρτισης συσσωρευτών (%)	70
Ωφέλιμη χωρητικότητα συσσωρευτών (MWh)	2,52
Κόστος εγκατάστασης ΥβΣ (€)	2.900.000



## Ενεργειακά αποτελέσματα

Απευθείας διείσδυση ΑΠ (MWh)	1.154,12
Απευθείας διείσδυση ΦΣ (MWh)	137,89
Συνολική απευθείας διείσδυση μονάδων ΑΠΕ (MWh)	1.292,01
Παραγωγή ενέργειας από συσσωρευτές (MWh)	184,76
Αποθήκευση ενέργειας από μονάδες ΑΠΕ (MWh)	188,68
Κατανάλωση ενέργειας για αποθήκευση από μονάδες ΑΠΕ (MWh)	274,01
Μέση συνολική ετήσια απόδοση φόρτισης / εκφόρτισης συσσωρευτών (%)	67,43
Παραγωγή ενέργειας από θερμικές μονάδες (MWh)	115,82
Ποσοστό παραγωγής ενέργειας από θερμικές μονάδες (%)	7,27
Ποσοστό ετήσιας διείσδυσης μονάδων ΑΠΕ (%)	92,73



# Παράδειγμα αντλησιοταμιευτήρα: Goldisthal (Γερμανία)



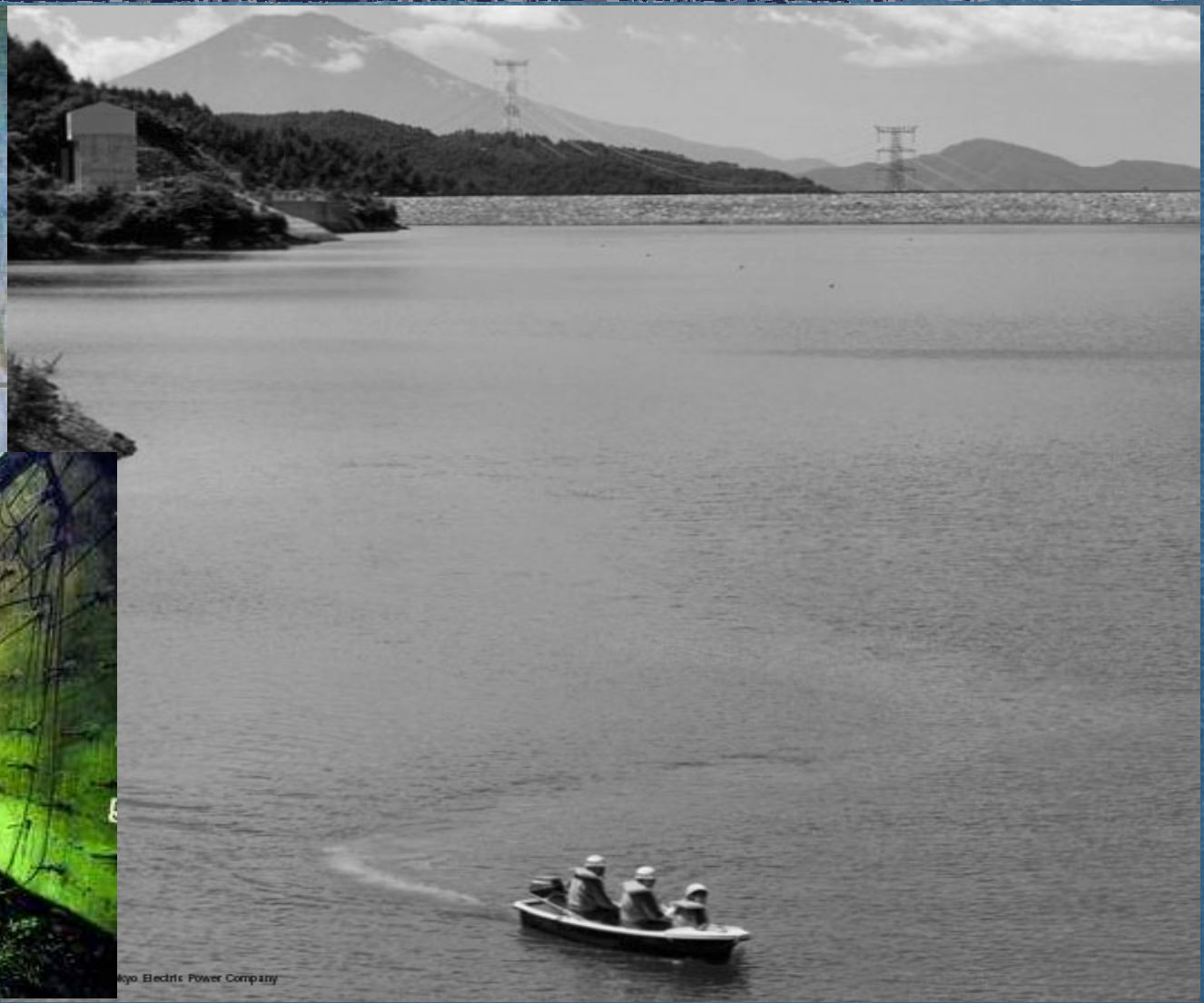
▶ Ισχύς υδροτροβίλων: 1.060MW

▶ Όγκος άνω δεξαμενής:  $12 \cdot 10^6 \text{m}^3$

▶ Ύψος υδατόπτωσης: 300m.



# Παράδειγμα αντλησιοταμιευτήρα: Καμναγawa & Καζυνογawa (Ιαπωνία)



# Παράδειγμα αντλησιοταμιευτήρα: Αναρο, Συρακούσες (Σικελία, Ιταλία)



- ▶ Ισχύς υδροστροβίλων: 500MW
- ▶ Όγκος άνω δεξαμενής:  $5,6 \cdot 10^6 \text{m}^3$
- ▶ Όγκος κάτω δεξαμενής:  $7,3 \cdot 10^6 \text{m}^3$
- ▶ Ύψος υδατόπτωσης: 302m
- ▶ Διάμετρος αγωγών: 6,5m.



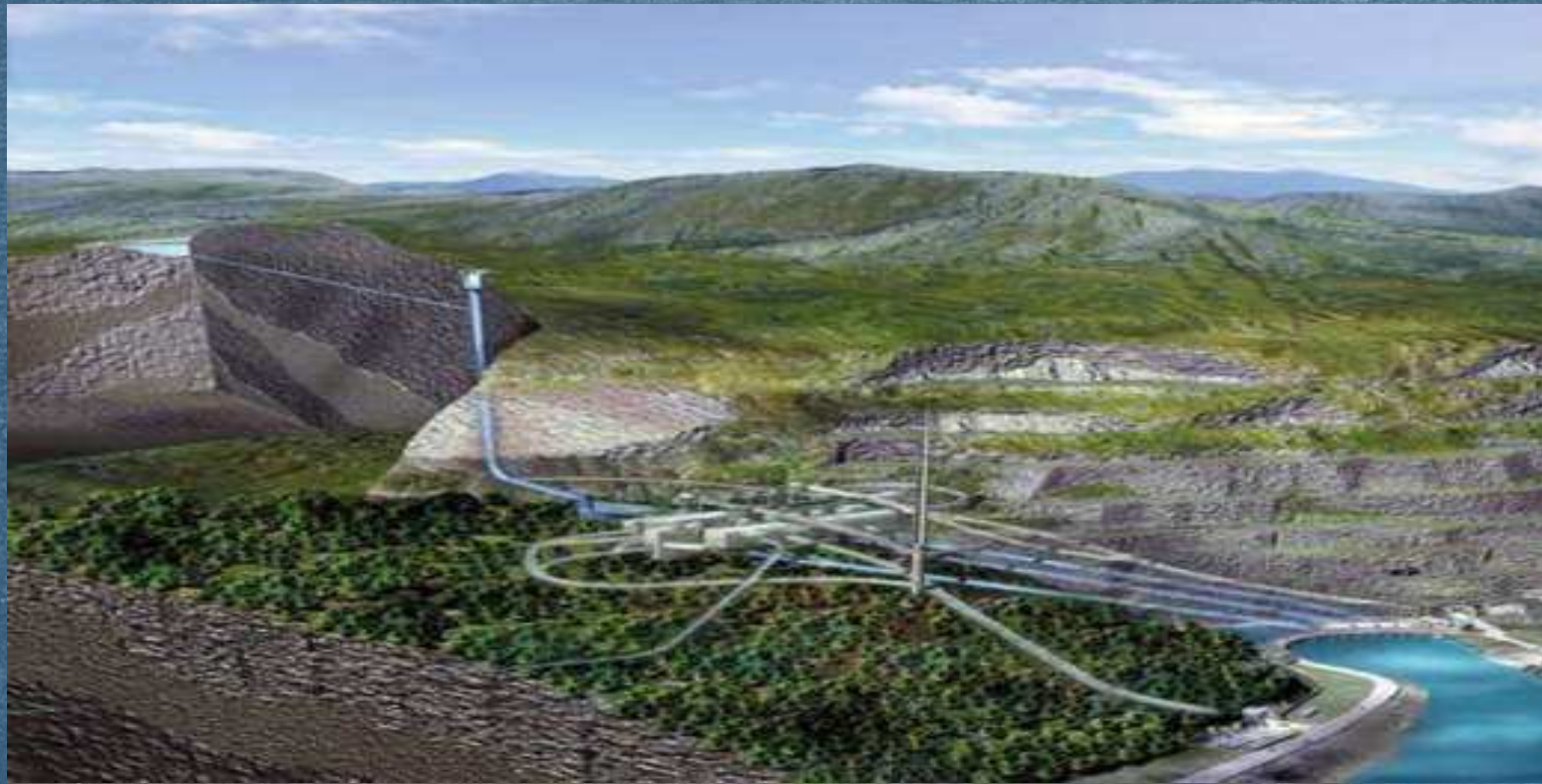
# Παράδειγμα αντλησιοταμιευτήρα: Οκίναβα (Ιαπωνία)



- ▶ Ισχύς υδροστροβίλων: 32MW
- ▶ Όγκος άνω δεξαμενής:  $1 \cdot 10^6 \text{m}^3$
- ▶ Ύψος υδατόπτωσης: 150m.



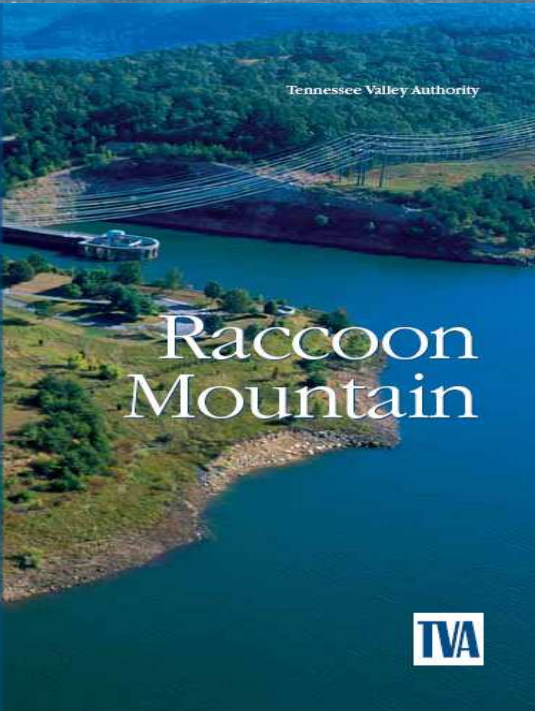
# Παράδειγμα αντλησιοταμιευτήρα: Dinorwig (Ουαλία)



- ▶ Ισχύς υδροστροβίλων: 1.728MW
- ▶ Όγκος άνω δεξαμενής:  $7 \cdot 10^6 \text{m}^3$
- ▶ Ύψος υδατόπτωσης: 110m.



# Παράδειγμα αντλησιοταμιευτήρα: Raccoon Mountain (Η.Π.Α.)



Tennessee Valley Authority

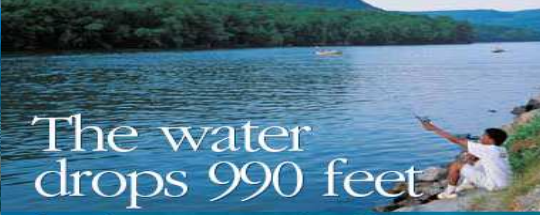
**Raccoon Mountain**

**Visitor Center**  
Open daily except major holidays  
9:00 a.m. to 5:00 p.m.

TVA is proud of Raccoon Mountain Pumped Storage Plant and the benefits it provides to local and regional residents. Enjoy your visit, and thank you for taking the time to learn more about TVA power plants. If you have additional questions, please see a Visitor Center staff member. Also visit [www.tva.com](http://www.tva.com) for further information about the Tennessee Valley Authority, including annual and environmental reports, events, history, and facilities.

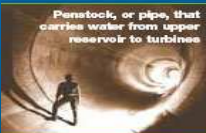
For alternate formats of this document, call 865-632-8824 and allow five working days for processing.  
25M 00-506 9/03

**TVA**




## The water drops 990 feet

*from the upper reservoir at Raccoon Mountain Pumped Storage Plant to the turbines deep inside the mountain. After the water is used to generate electricity, it is discharged into the lower reservoir.*



Penstock, or pipe, that carries water from upper reservoir to turbines

Many people considered it a crazy idea when the plant was built in the 1970s. But Raccoon Mountain has proved its worth to the TVA system, providing power during periods of peak demand for electricity.




**Visitor Center**

**Upper dam height** 230 feet  
**Upper dam length** 8,500 feet  
**Power capacity** 4 units supplying 1,532 megawatts

**Upper reservoir length** 1.2 miles  
**Built** 1970-78


## How does a pumped storage plant work?

Water is pumped from the lower reservoir to the upper one during periods of low demand. It's stored there until power is needed, and then water is pulled from the reservoir and into a large concrete pipe that leads almost 1,000 feet down inside the mountain. The flow of water spins the turbines, which rotate a shaft inside an electromagnetic coil, producing electricity. When power generation isn't needed, the turbines operate in reverse, pumping water back up into the upper reservoir.



**Generator floor at Raccoon Mountain**

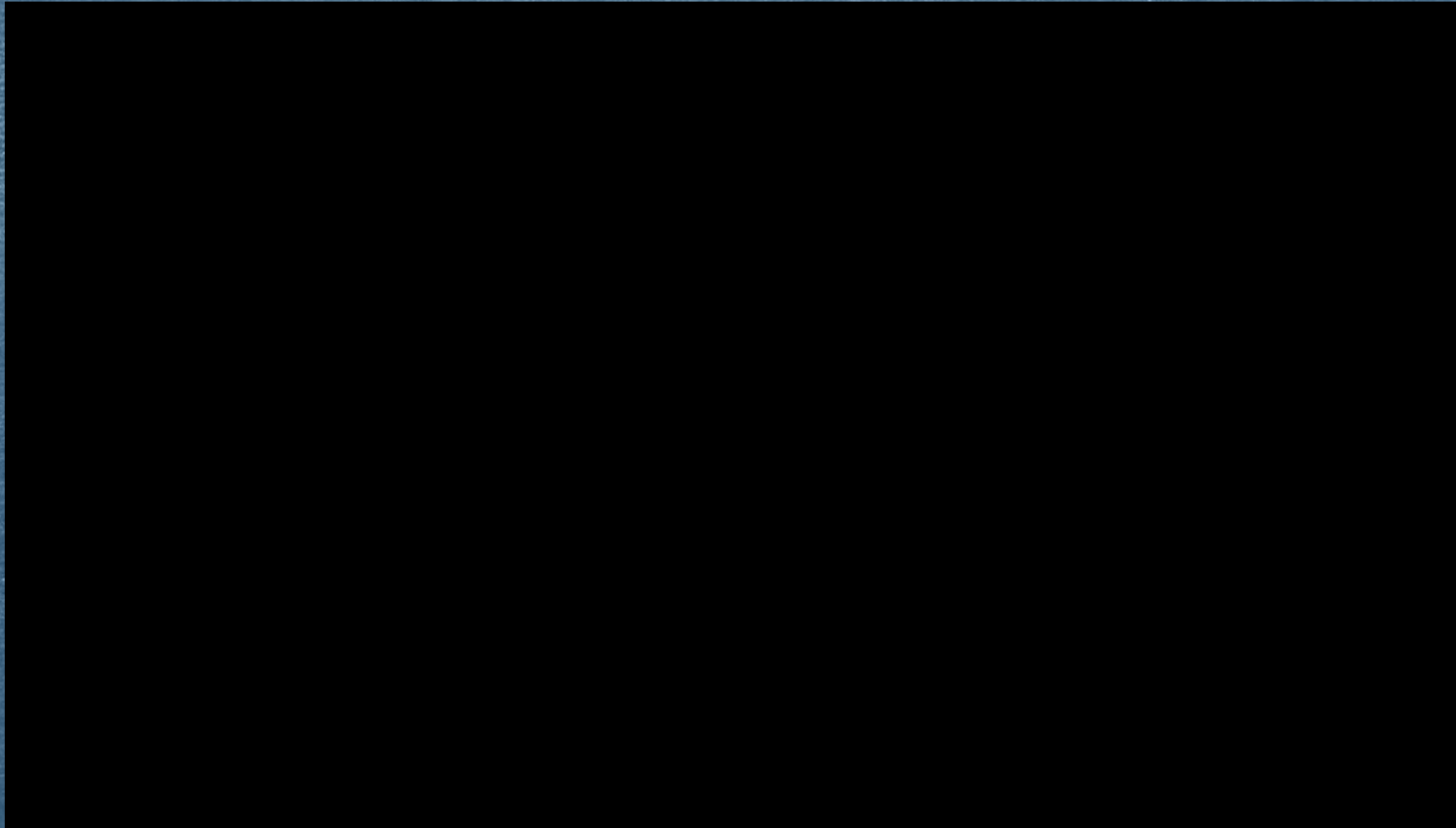
- Fishing
- Powerhouse
- Visitor Center
- Picnic Area
- Overlook
- Baseball
- Volleyball
- Boat Launch





# Υβριδικός σταθμός El Hierro (Κανάριοι Νήσοι)

---

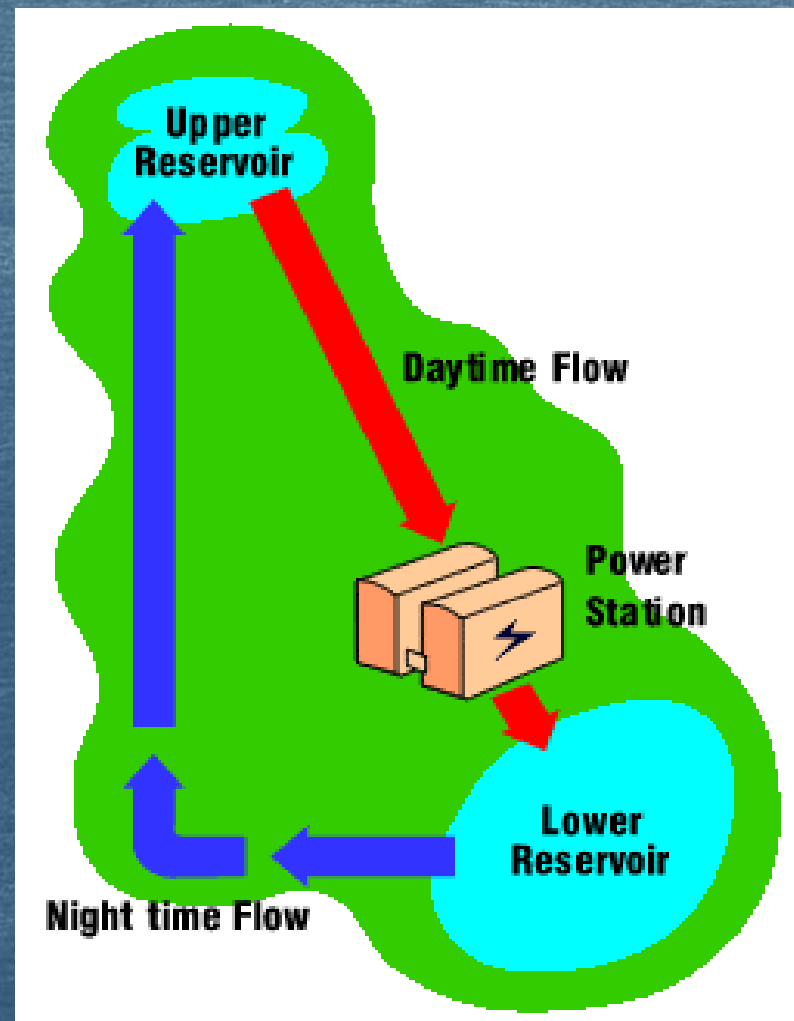


# The spirit of Ireland

---

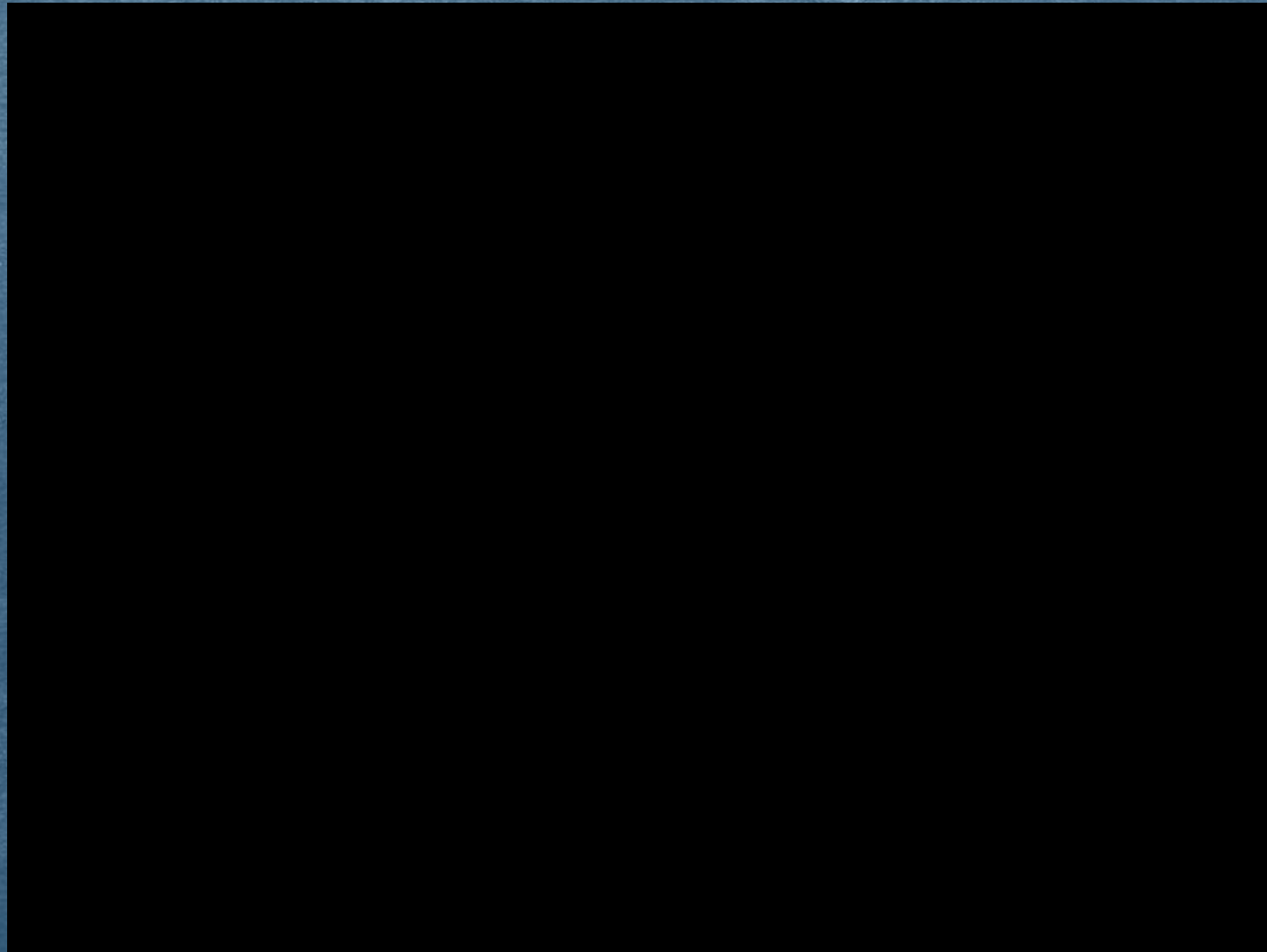


# Υβριδικοί σταθμοί για απαλοιφή αιχμών ζήτησης ισχύος

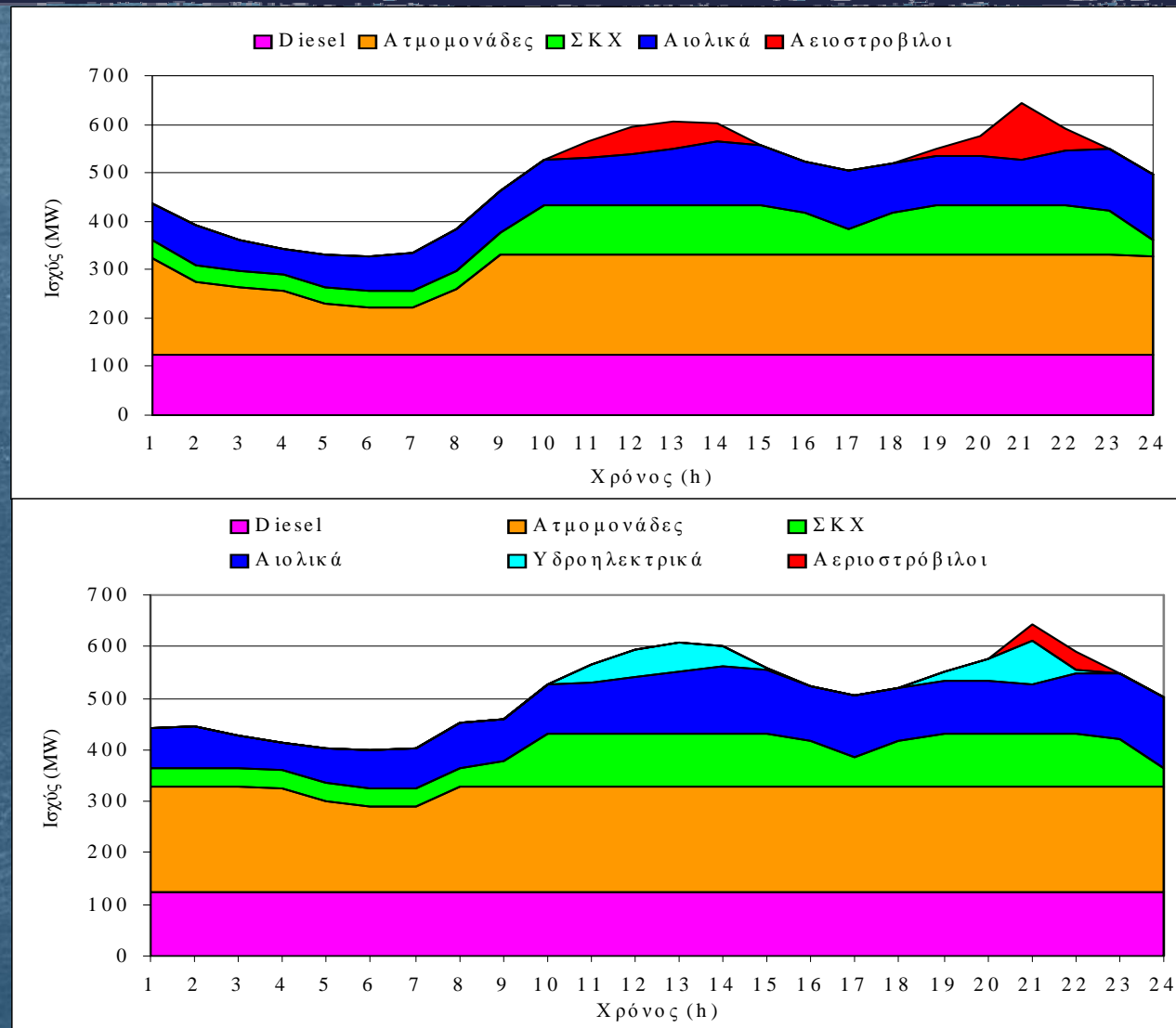


# Υβριδικοί σταθμοί για απαλοιφή αιχμών ζήτησης ισχύος

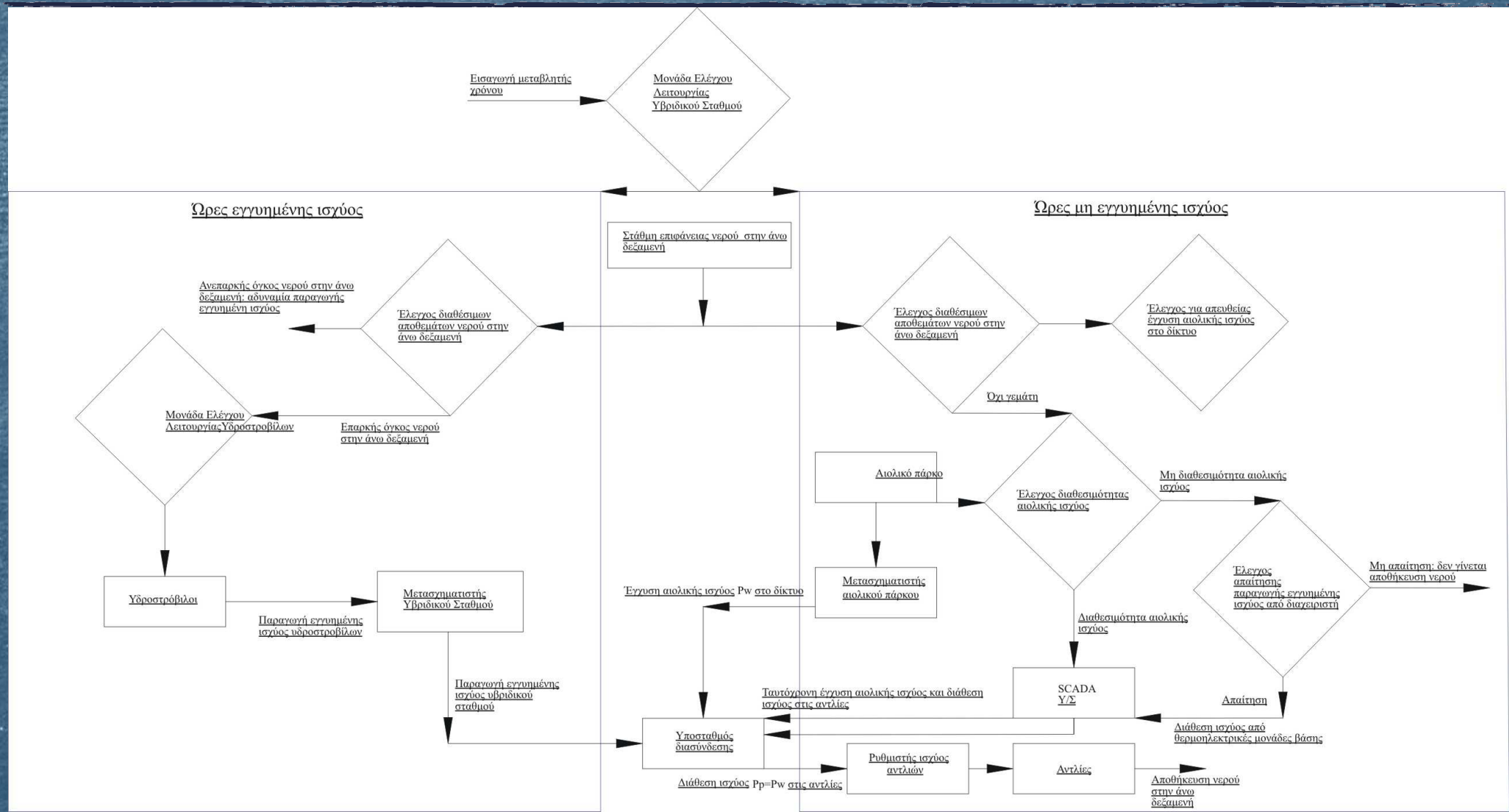
---



# Υβριδικοί σταθμοί για απαλοιφή αιχμών ζήτησης ισχύος



# Αλγόριθμος λειτουργίας



# Διαστασιολόγηση ΥβΣ παραγωγής εγγυημένης ισχύος 55MW

Ονομαστική ισχύς ΑΠ (MW)	69,00
Ονομαστική ισχύς υδροστροβίλων (MW)	64,90
Ονομαστική μηχανική ισχύς αντλιών (MW)	58,10
Ονομαστική ισχύς κινητήρων αντλιών (MW)	64,60
Ονομαστική παροχή υδροστροβίλων (m <sup>3</sup> /sec)	11,60
Ονομαστική παροχή αντλιών (m <sup>3</sup> /sec)	8,79
Ελάχιστο μανομετρικό πτώσης (m)	468,46
Μέγιστο μανομετρικό άντλησης (m)	527,86
Εξωτερική διάμετρος σωληνώσεων πτώσης (in)	2x80
Εξωτερική διάμετρος σωληνώσεων άντλησης (in)	2x80



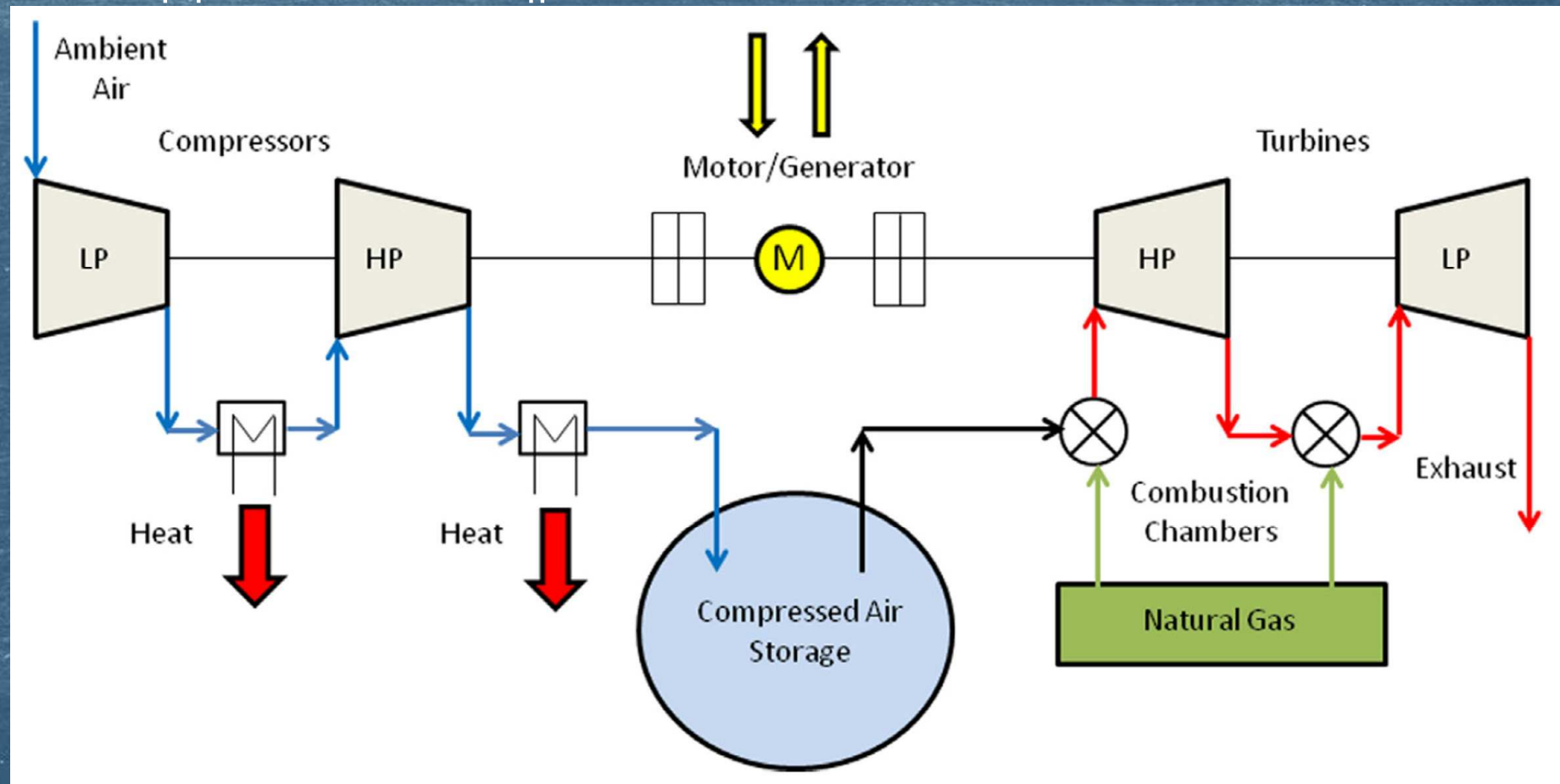
## Ενεργειακά αποτελέσματα ΥβΣ παραγωγής εγγυημένης ισχύος 55MW

Παραγωγή ενέργειας από ΑΠ (MWh)	227.526,06
Παραγωγή εγγυημένης ενέργειας από υδροστρόβιλο (MWh)	114.827,81
Αποθήκευση ενέργειας από ΑΠ (MWh)	163.761,15
Αποθήκευση ενέργειας από θερμικές μονάδες (MWh)	4.083,97
Συνολική αποθήκευση ενέργειας από ΑΠ (MWh)	167.845,12
Ποσοστό αποθήκευσης ενέργειας από θερμικές μονάδες (%)	2,43
Απόδοση αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού (%)	68,41
Περίσσεια ενέργειας αιολικού πάρκου (MWh)	63.764,91



# Αποθήκευση ενέργειας με συμπίεση αέρα

## ► Συμβατικό σύστημα



# Αποθήκευση ενέργειας με συμπίεση αέρα

## Συμβατικό σύστημα

- ▶ Λειτουργούν ήδη δύο συμβατικά συστήματα στο Neuenhundertorf (321MW, Γερμανία) και στο McIntosh (110MW, Alabama, USA) και δύο ακόμα είναι υπό κατασκευή στο Norton (280MW, Ohio, USA) και στο Iowa (270MW, Dallas, USA).
- ▶ Ο αέρας συμπιέζεται σε διβάθμιους συμπιεστές, με ενδιάμεση και τελική ψύξη, έως τελική πίεση 40 – 70bar.
- ▶ Η θερμοκρασία του αέρα κατά τη συμπίεση κυμαίνεται μεταξύ 40 και 200°C.
- ▶ Πριν την εκτόνωσή του στο στρόβιλο θερμαίνεται με χρήση συμβατικής πηγής ενέργειας.



# Αποθήκευση ενέργειας με συμπίεση αέρα

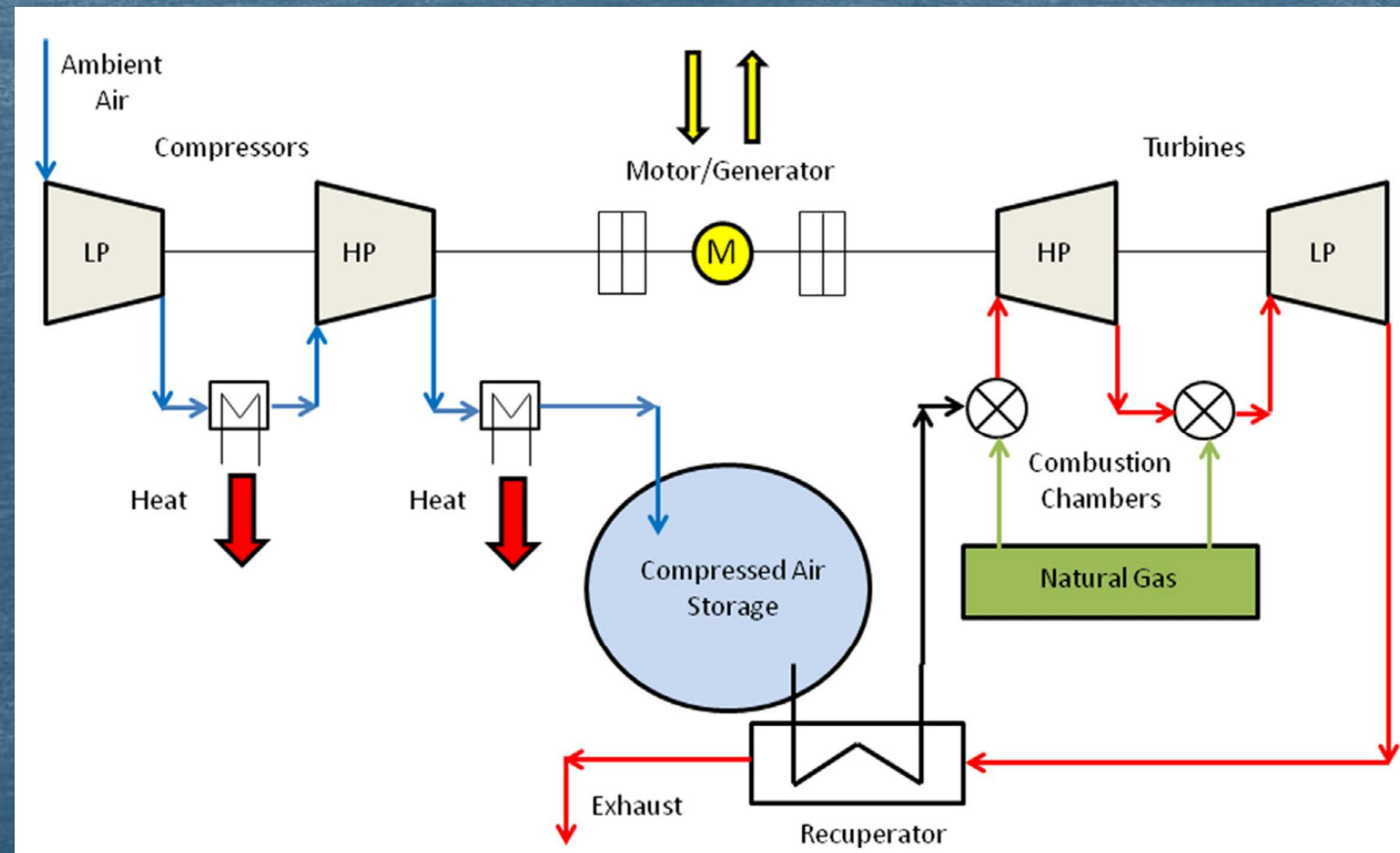
## Συμβατικό σύστημα

- ▶ Η θερμοκρασία εισόδου του αέρα στους στροβίλους μπορεί να ανέλθει έως  $1.230^{\circ}\text{C}$ .
- ▶ Ο αέρας, μετά τη συμπίεσή του, αποθηκεύεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, κάτι που επιτρέπει την αύξηση της αποθηκευμένης μάζας αέρα, με μικρότερο απαιτούμενο όγκο.
- ▶ Συνήθως ο αέρας αποθηκεύεται σε υπόγειους χώρους, όπως εγκαταλελειμμένα ορυχεία αλατιού, άδεια σπήλαια φυσικού αερίου, γενικότερα υπόγεια σπήλαια με υψηλής ποιότητας πετρώματα, τα οποία δίνουν συνολική χωρητικότητα αποθήκευσης  $300.000 - 600.000\text{m}^3$  σε πιέσεις  $20 - 100\text{bar}$ .



# Αποθήκευση ενέργειας με συμπίεση αέρα

- ▶ Συμβατικό σύστημα με ανάκτηση θερμότητας



# Αποθήκευση ενέργειας με συμπίεση αέρα

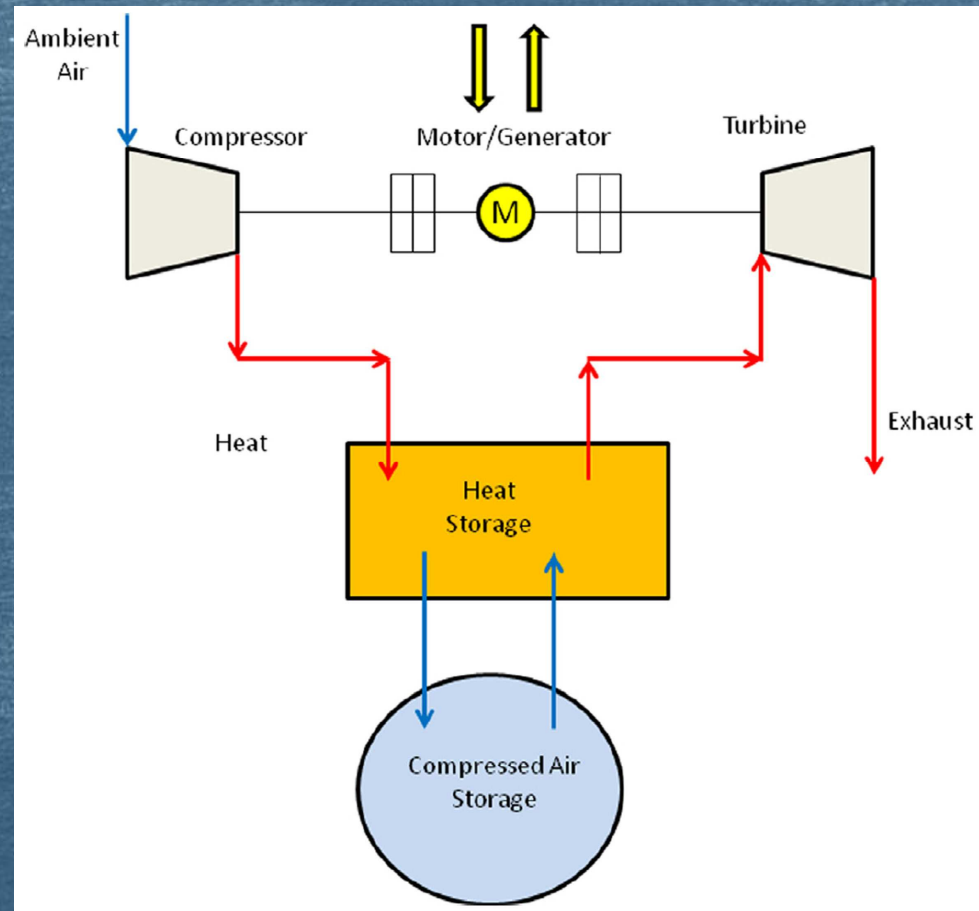
Συμβατικό σύστημα με ανάκτηση θερμότητας

- ▶ Είναι παραλλαγή του συμβατικού συστήματος, κατά την οποία μέρος της θερμότητας από το ζεστό αέρα μετά την εκτόνωση οδηγείται για να προθερμαίνει τον αποθηκευμένο αέρα.
- ▶ Με το σύστημα αυτό επιτυγχάνεται αύξηση της απόδοσης της μονάδας αποθήκευσης κατά 10%, φτάνοντας σε συνολική μέγιστη απόδοση της τάξης του 60%.
- ▶ Μειονέκτημα του συστήματος είναι η σημαντική αύξηση του κόστους, λόγω των εκτεταμένων εγκαταστάσεων που απαιτούνται.



# Αποθήκευση ενέργειας με συμπίεση αέρα

- ▶ Αδιαβατικό σύστημα αποθήκευσης



# Αποθήκευση ενέργειας με συμπίεση αέρα

## Αδιαβατικό σύστημα αποθήκευσης

- ▶ Στο αδιαβατικό σύστημα αποθήκευσης συμπιεσμένου αέρα δεν συντελείται συναλλαγή θερμότητας μεταξύ του αέρα και του περιβάλλοντος.
- ▶ Η συμπίεση του αέρα γίνεται χωρίς ενδιάμεση ή τελική ψύξη.
- ▶ Πριν την αποθήκευσή του ο αέρας ψύχεται και η απορριπτόμενη θερμότητα αποθηκεύεται σε δεξαμενή θερμότητας.
- ▶ Πριν την εκτόνωση, ο αέρας θερμαίνεται παραλαμβάνοντας τη θερμότητα από τη δεξαμενή, φτάνοντας έτσι σε θερμοκρασίες της τάξης των  $600^{\circ}\text{C}$ .
- ▶ Η συνολική απόδοση ενός αδιαβατικού συστήματος μπορεί να φτάσει το 70%.



# Αποθήκευση ενέργειας με συμπίεση αέρα

---

## Αδιαβατικό σύστημα αποθήκευσης

- ▶ Στην περίπτωση διβάθμιας συμπίεσης, η θερμότητα αποθηκεύεται στο τέλος της κάθε βαθμίδας σε διαφορετική δεξαμενή αποθήκευσης. Η θερμότητα αυτή ανακτάται από τις αντίστοιχες βαθμίδες εκτόνωσης.
- ▶ Βασικό πλεονέκτημα του αδιαβατικού συστήματος είναι ο μηδενισμός της κατανάλωσης καυσίμου για τη θέρμανση του αέρα.
- ▶ Ωστόσο απαιτείται βελτίωση της τεχνολογίας της δεξαμενής αποθήκευσης θερμότητας.



# Υβριδικοί σταθμοί παραγωγής θερμικής ενέργειας



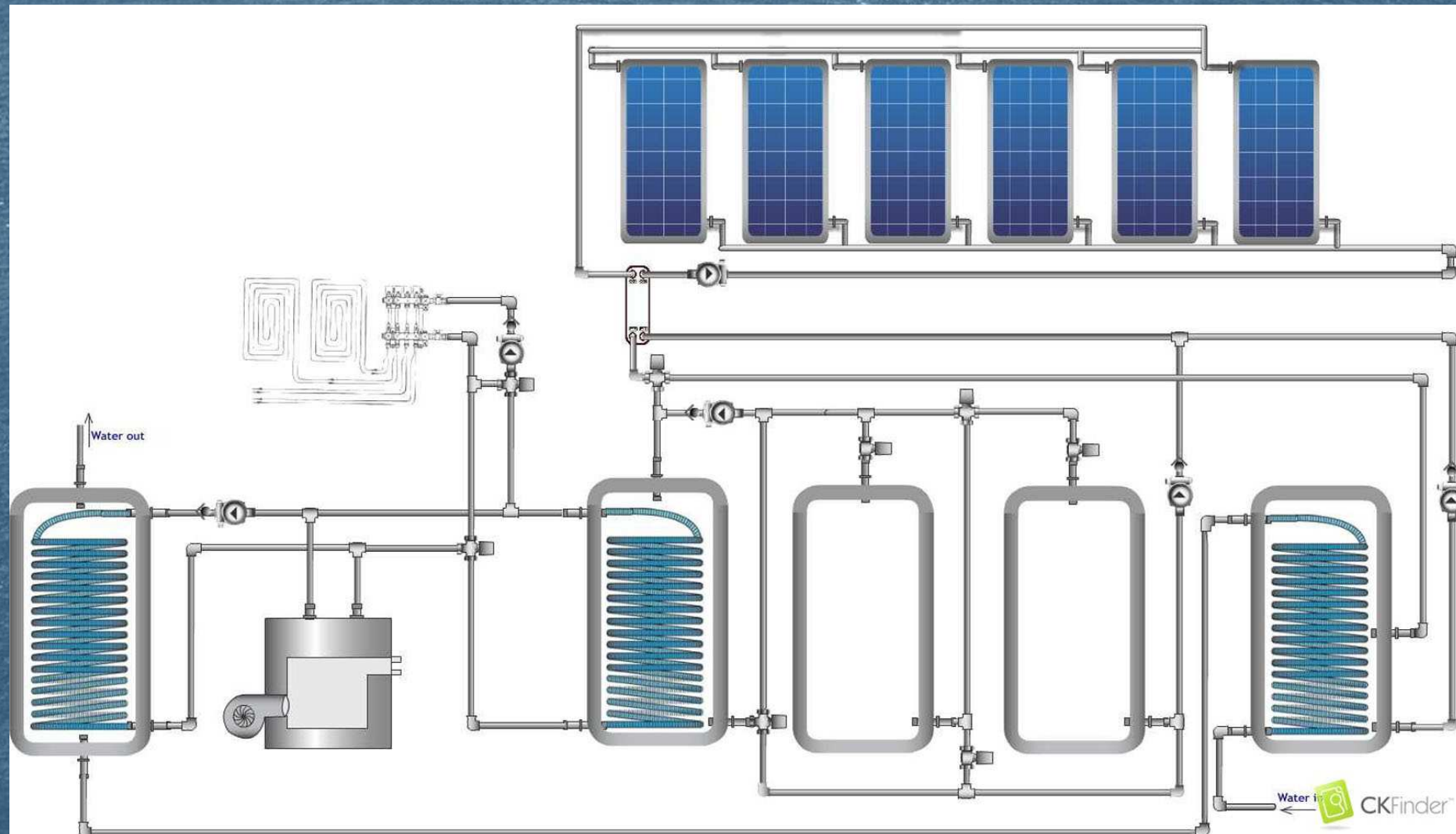
# Εισαγωγή

---

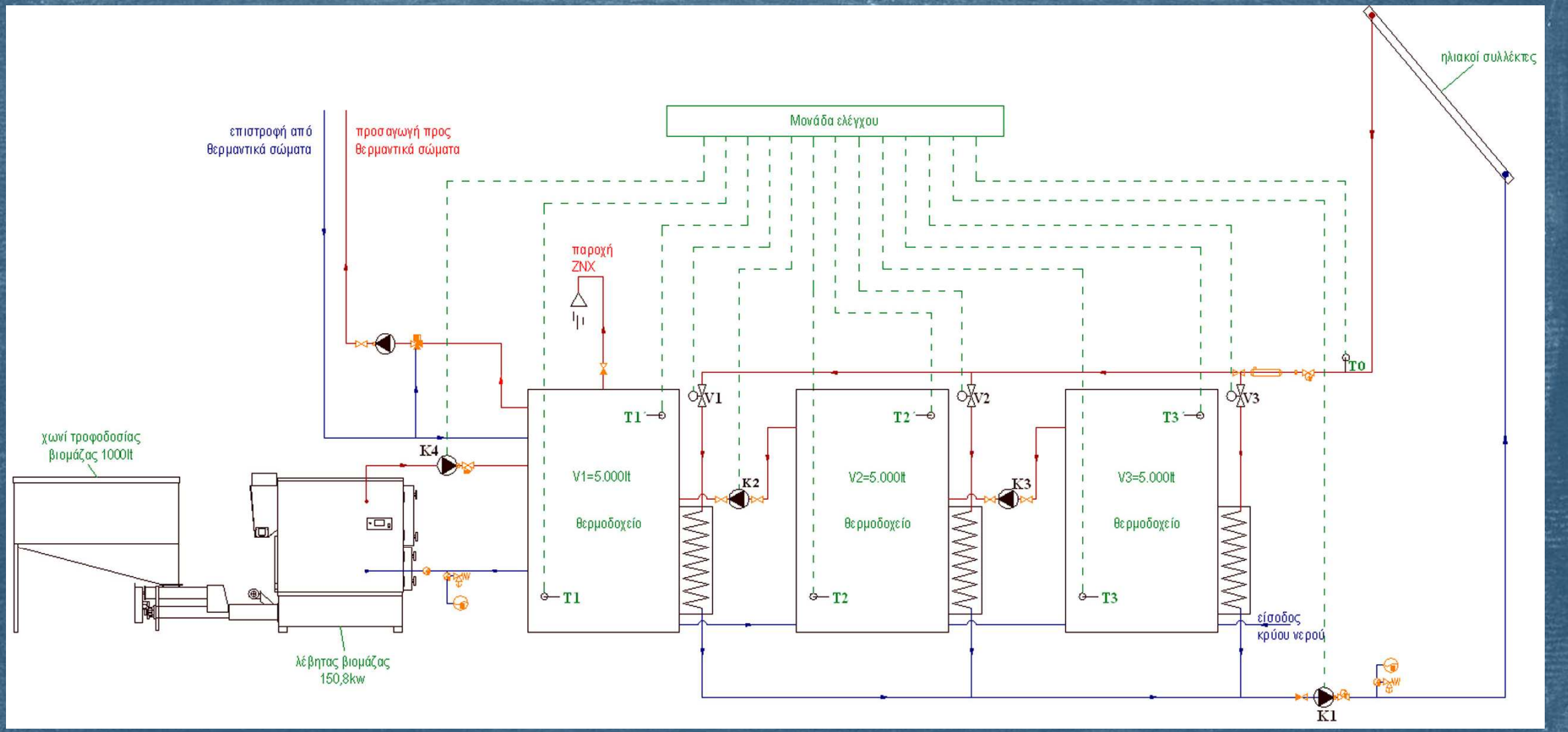
- ▶ Στους υβριδικούς σταθμούς παραγωγής θερμικής ενέργειας οι μονάδες βάσης είναι ηλιακοί συλλέκτες (συνήθως επιλεκτικοί επίπεδοι και σε ειδικές περιπτώσεις σωλήνες κενού).
- ▶ Η μονάδα αποθήκευσης καθορίζεται και εδώ από το μέγεθος του σταθμού.
  - ▶ Για συστήματα μεσαίου και μικρού μεγέθους χρησιμοποιούνται θερμοδοχεία, στις περισσότερες περιπτώσεις σε συνδυασμό μεταξύ τους.
  - ▶ Για μεγαλύτερους σταθμούς χρησιμοποιούνται δεξαμενές με μεγάλη θερμοχωρητικότητα (δεξαμενές νερού).
  - ▶ Μία ειδική περίπτωση είναι οι κολυμβητικές δεξαμενές, στις οποίες ως δεξαμενή αποθήκευσης χρησιμοποιείται ο τελικός αποδέκτης της παραγόμενης θερμικής ενέργειας, δηλαδή η ίδια η πισίνα.



# Υβριδικός σταθμός για θέρμανση χώρων



# Αλγόριθμος λειτουργίας



# Αλγόριθμος λειτουργίας

Περιγραφή λειτουργίας μονάδας ελέγχου:

- ▶ Υποδοχή σημάτων από:
  - ▶ α. θερμοκρασία προσαγωγής κυκλώματος ηλιακών συλλεκτών  $T_0$
  - ▶ β. θερμοκρασία  $T_1$  χαμηλών στρωμάτων αποθήκευσης θερμοδοχείου 1
  - ▶ γ. θερμοκρασία  $T_1'$  υψηλών στρωμάτων αποθήκευσης θερμοδοχείου 1
  - ▶ δ. θερμοκρασία  $T_2$  χαμηλών στρωμάτων αποθήκευσης θερμοδοχείου 2
  - ▶ ε. θερμοκρασία  $T_2'$  υψηλών στρωμάτων αποθήκευσης θερμοδοχείου 2
  - ▶ στ. θερμοκρασία  $T_3$  χαμηλών στρωμάτων αποθήκευσης θερμοδοχείου 3
  - ▶ ζ. θερμοκρασία  $T_3'$  υψηλών στρωμάτων αποθήκευσης θερμοδοχείου 3.



# Αλγόριθμος λειτουργίας

---

Περιγραφή λειτουργίας μονάδας ελέγχου:

- ▶ Εντολές σημάτων προς:
  - ▶ α. κυκλοφορητή κυκλώματος ηλιακών συλλεκτών  $K_1$
  - ▶ β. κυκλοφορητή κυκλώματος θερμοδοχείων 1 & 2  $K_2$
  - ▶ γ. κυκλοφορητή κυκλώματος θερμοδοχείων 2 & 3  $K_3$
  - ▶ δ. κυκλοφορητή κυκλώματος καυστήρα  $K_4$
  - ▶ ε. ηλεκτροβάνα  $V_1$  προσαγωγής θερμοδοχείου 1
  - ▶ στ. ηλεκτροβάνα  $V_2$  προσαγωγής θερμοδοχείου 2
  - ▶ ζ. ηλεκτροβάνα  $V_3$  προσαγωγής θερμοδοχείου 3



# Αλγόριθμος λειτουργίας

Περιγραφή λειτουργίας μονάδας ελέγχου:

- ▶ Αλγόριθμος λειτουργίας
  - ▶ αν  $T_0 > T_1$ , τότε:  $K_1 = \text{ON}$ ,  $V_1 = \text{open}$ ,  $V_2 = \text{close}$ ,  $V_3 = \text{close}$
  - ▶ αν  $T_0 < T_1$  και  $T_0 > T_2$ , τότε:  $K_1 = \text{ON}$ ,  $V_1 = \text{close}$ ,  $V_2 = \text{open}$ ,  $V_3 = \text{close}$
  - ▶ αν  $T_0 < T_1$  και  $T_0 < T_2$  και  $T_0 > T_3$ , τότε:  $K_1 = \text{OFF}$ ,  $V_1 = \text{close}$ ,  $V_2 = \text{close}$ ,  $V_3 = \text{open}$
  - ▶ αν  $T_2' > T_1$ , τότε:  $K_2 = \text{ON}$
  - ▶ αν  $T_3' > T_2$ , τότε:  $K_3 = \text{ON}$
  - ▶ αν  $T_1' < 85^\circ\text{C}$ , τότε:  $K_4 = \text{ON}$ .

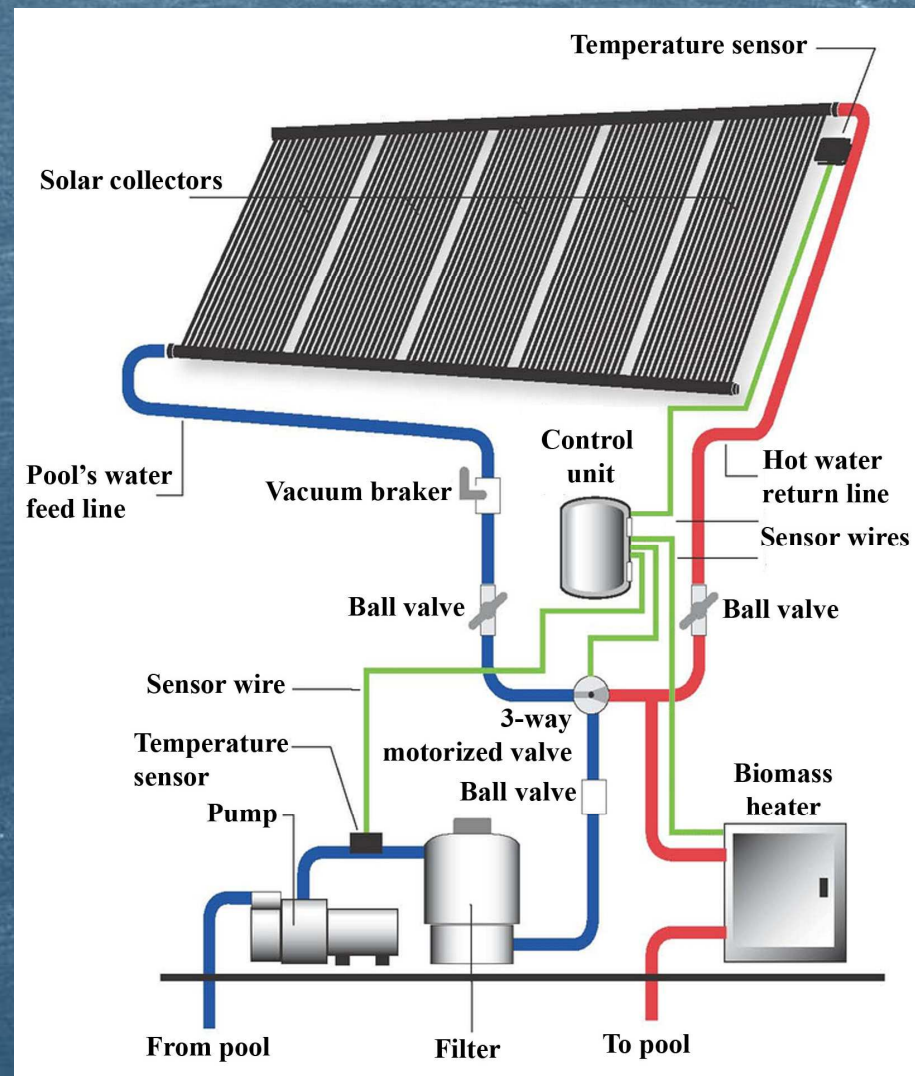


# Εφαρμογή στο Επαγγελματικό Λύκειο Αρκαλοχωρίου: αποτελέσματα

Παραγωγή τελικής θερμικής ενέργειας από βιομάζα (kWh)	23.878
Παραγωγή τελικής θερμικής ενέργειας από συλλέκτες (kWh)	19.562
Ετήσια εξοικονόμηση ντίζελ θέρμανσης (lt)	6.244
Ετήσια κατανάλωση πυρηνόξυλου ελιάς (tn)	7,853
Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	37.328
Ετήσια μείωση κόστους ντίζελ (€)	8.117,2
Ετήσιο κόστος βιομάζας (€)	785,3
Ετήσια μείωση κόστους καυσίμου θέρμανσης (€)	7.331,9
Κόστος εγκατάστασης ΥβΣ θέρμανσης (€)	98.900
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	13,5



# Υβριδικός σταθμός για θέρμανση κολυμβητηρίου



# Αλγόριθμος λειτουργίας

- ▶ Εισάγεται η καμπύλη βαθμού απόδοσης των ηλιακών συλλεκτών:

$$\eta_G = \eta_{G0} - \bar{U}_G \cdot \frac{t_m - t_a}{G}$$

- ▶ Καθορίζεται η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$ , με βάση την κατασκευή των ηλιακών συλλεκτών.

Αν  $Q_L$  το θερμικό φορτίο της πισίνας (θερμικές απώλειες) και  $Q_s$  είναι η διαθέσιμη ισχύς από τους συλλέκτες, διακρίνονται οι παρακάτω περιπτώσεις:

- ▶ Αν  $Q_L \geq Q_s$ , τότε όλη η διαθέσιμη θερμική ισχύς από τους συλλέκτες διατίθεται για τη θέρμανση της πισίνας. Η μονάδα εφεδρείας (συνήθως ένας καυστήρας), αναλαμβάνει την κάλυψη του ελλείμματος ισχύος  $Q_b = Q_L - Q_s$ .



# Αλγόριθμος λειτουργίας

---

- ▶ Αν  $Q_L < Q_s$ , τότε, με σκοπό τη μεγιστοποίηση της αξιοποίησης της θερμικής ενέργειας από τους συλλέκτες, η θερμοκρασία της πισίνας επιτρέπεται να αυξηθεί έως  $28^{\circ}\text{C}$ .
- ▶ Η επιπλέον αποθήκευση ισχύος θα συμψηφιστεί σε μελλοντικό χρονικό βήμα, κατά το οποίο η διαθέσιμη ισχύς από τους συλλέκτες θα υστερεί ως προς το φορτίο ( $Q_L \geq Q_s$ ).



# Αποτελέσματα υβριδικού σταθμού θέρμανσης κολυμβητηρίου Αρκαλοχωρίου

	Συνολικό κόστος εγκατάστασης (€)	Ετήσιο λειτουργικό κόστος (€)	Μείωση ετήσιου λειτουργικού κόστους (€)		Περίοδος αποπληρωμής (έτη)
			(€)	(%)	
Υφιστάμενο σύστημα	-	350.682,75	-	-	-
Μόνο παθητικά συστήματα	848.830	28.332,45	322.350,30	91,92	2,63
Παθητικά συστήματα και καυστήρας πυρηνόξυλου	898.720	4.170,56	346.512,19	98,81	2,59
Παθητικά συστήματα και καυστήρας pellets	898.720	12.771,15	337.911,60	96,36	2,66
Παθητικά συστήματα και ΥβΣ με καυστήρα πυρηνόξυλου	948.720	2.687,45	347.995,30	99,23	2,73
Παθητικά συστήματα και ΥβΣ με καυστήρα pellets	1.007.920	6.012,93	344.669,82	98,29	2,92
Γ.Α.Θ.	1.091.830	4.976,77	345.705,98	98,58	3,16



Ευχαριστώ πολύ

---

Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης

