

# ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



*Σχ. 1.8 Γενική άποψη ατμοηλεκτρικού σταθμού στη Μεγαλόπολη.*

# ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

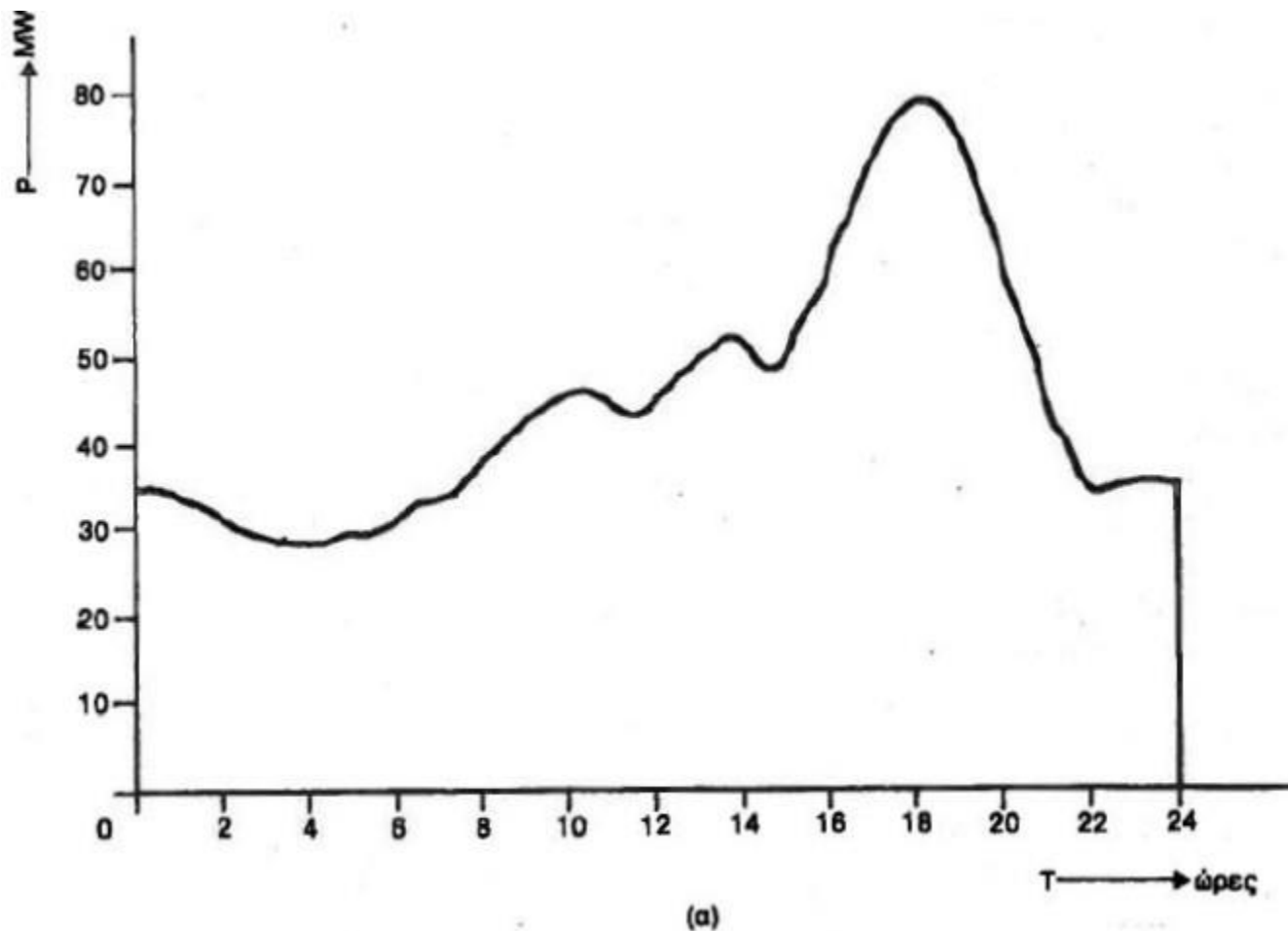
## ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ:

ΑΗΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ με ΠΑΛΑΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Θερμοηλεκτρικές μονάδες με καύσιμο **λιγνίτη**

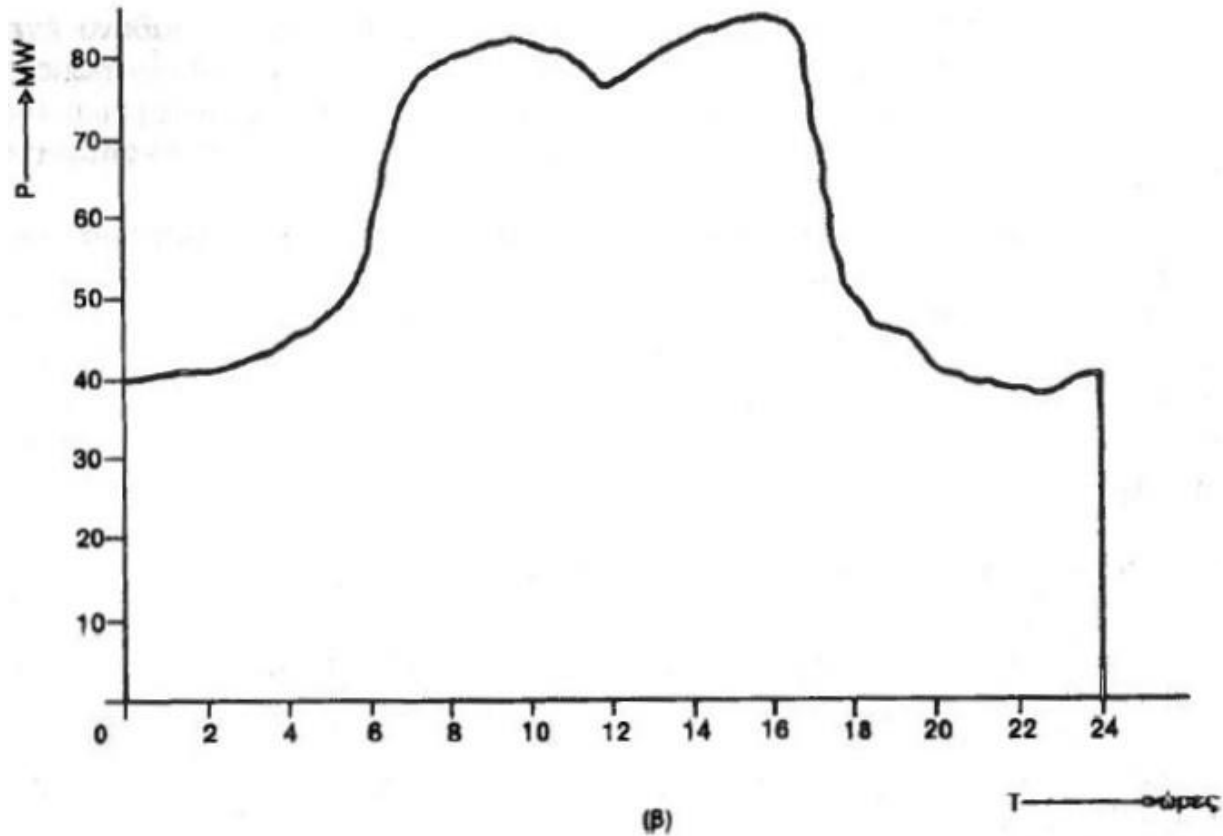
Εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων	
σε kg/MWh	Παλαιά λιγνιτική
Σωματίδια	1
NO <sub>x</sub>	2,3
SO <sub>2</sub>	2,8
CO <sub>2</sub>	1390

# ΦΟΡΤΙΑ: Χρονολογικές καμπύλες φορτίου



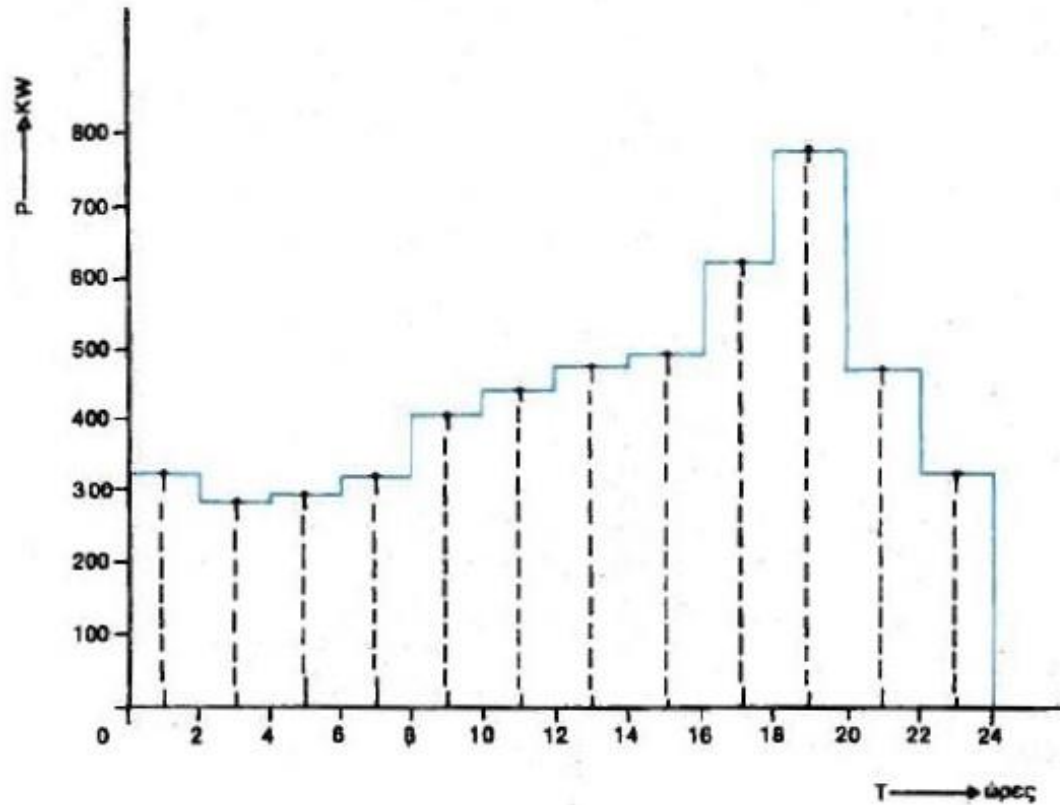
Σχ. 3.2.α. Η ημερήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου μιας μικρής πόλης.

# Χρονολογικές καμπύλες φορτίου



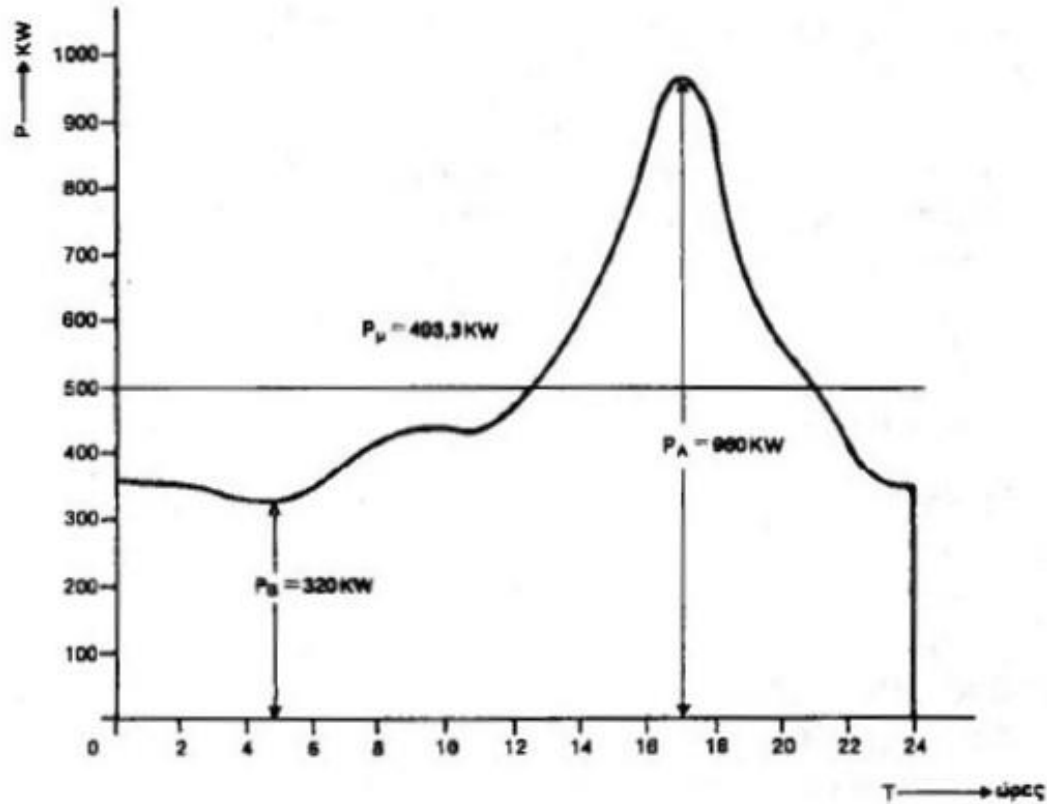
Σχ. 3.2.β. Η ημερήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου για βιομηχανικό φορτίο.

# Χρονολογικές καμπύλες φορτίου



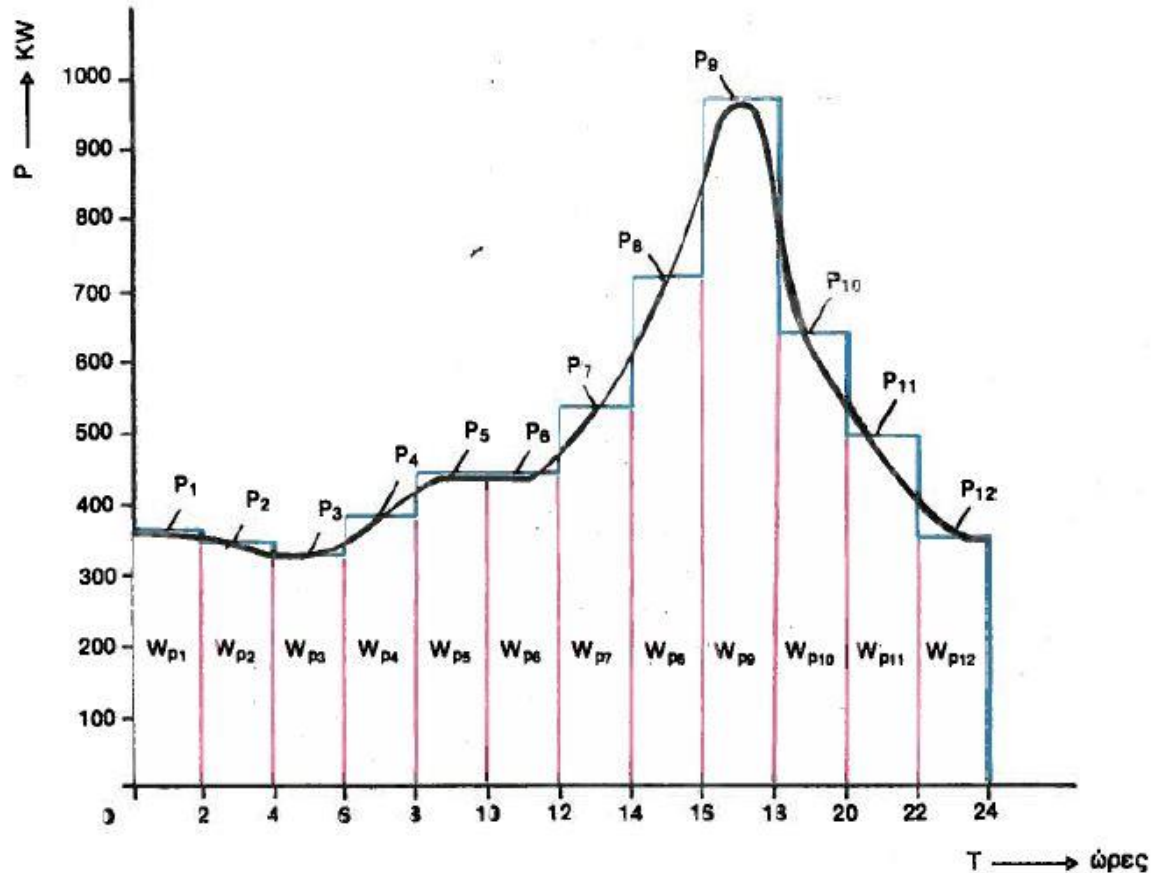
Σχ. 3.3. Ημερήσιο χρονολογικό ιστόγραμμα φορτίου. (Η διάρκεια μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων του φορτίου είναι 2 ώρες).

# Χρονολογικές καμπύλες φορτίου



Σχ. 3.4. Ημερήσια χρονολογική καμπύλη φορτίου.

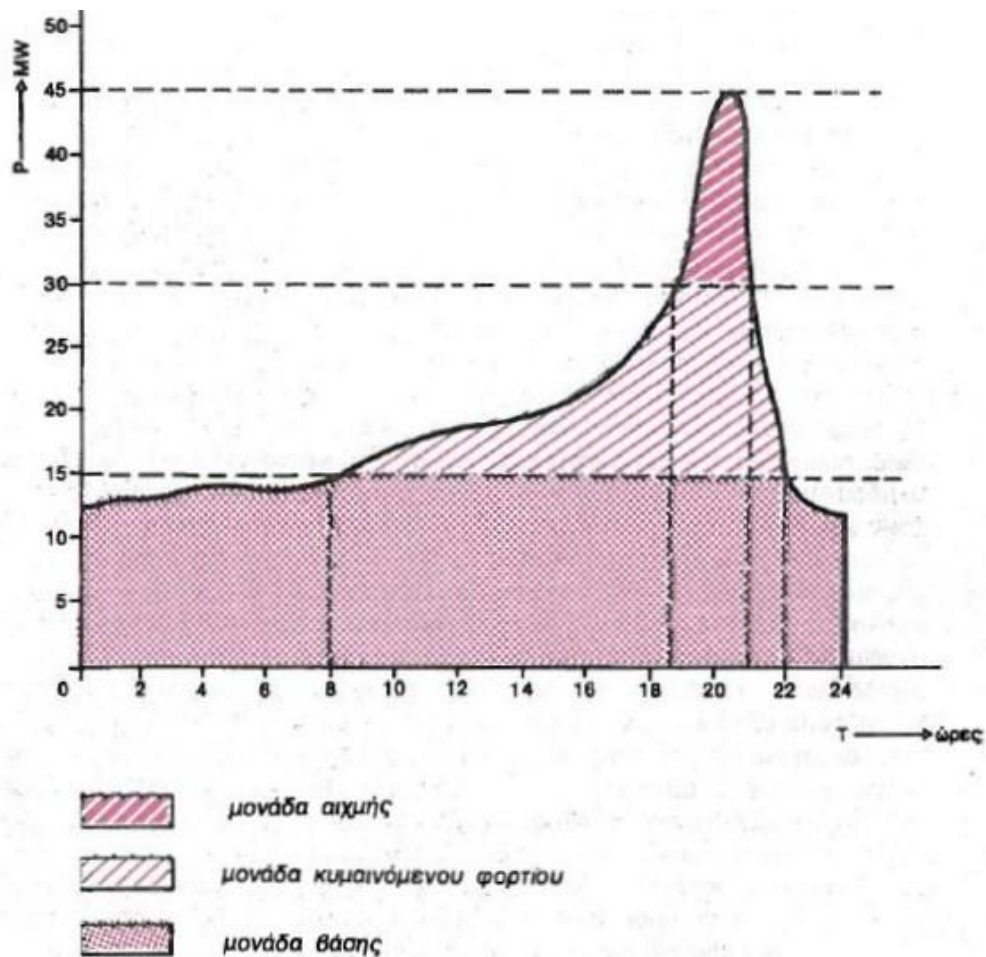
# Χρονολογικές καμπύλες φορτίου



Σχ. 3.5. Το χρονολογικό διάγραμμα φορτίου της καμπύλης του σχήματος 3.4.

Διαλέξεις μαθήματος: “Εισαγωγή στα ΣΗΕ”

# Κατανομή φορτίου



Σχ. 3.6. Κατανομή του ημερήσιου φορτίου στις μονάδες ενός σταθμού παραγωγής.



# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας  $E = \int_0^{T_o} P(t) dt$

Μέγιστο φορτίο (αιχμή)  $P_{max}$

Μέσο φορτίο  $P_m = \frac{E}{T_o}$

Ελάχιστο φορτίο (βάση)  $P_{min}$

Ιδεατή διάρκεια  $T_m = \frac{E}{P_{max}}$

Συντελεστής ομοιομορφίας  $m_o = \frac{P_{min}}{P_{max}}$

Συντελεστής φόρτισης  $m = \frac{E}{P_{max} \cdot T_o} = \frac{P_m}{P_{max}} = \frac{T_m}{T_o}$

# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ

---

*Πως παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια στους  
ατμοηλεκτρικούς σταθμούς;*

Ο **κύκλος του Rankine** αξιοποιείται στη λειτουργία των  
ατμοηλεκτρικών σταθμών. Περιλαμβάνει:

- υπέρθερμο ατμό, που εκτονώνεται στο στρόβιλο
- ψύξη στο ψυγείο

Ενδιάμεσα πραγματοποιείται:

- τροφοδοσία θερμού νερού
- αναθέρμανση ατμού

# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ

---

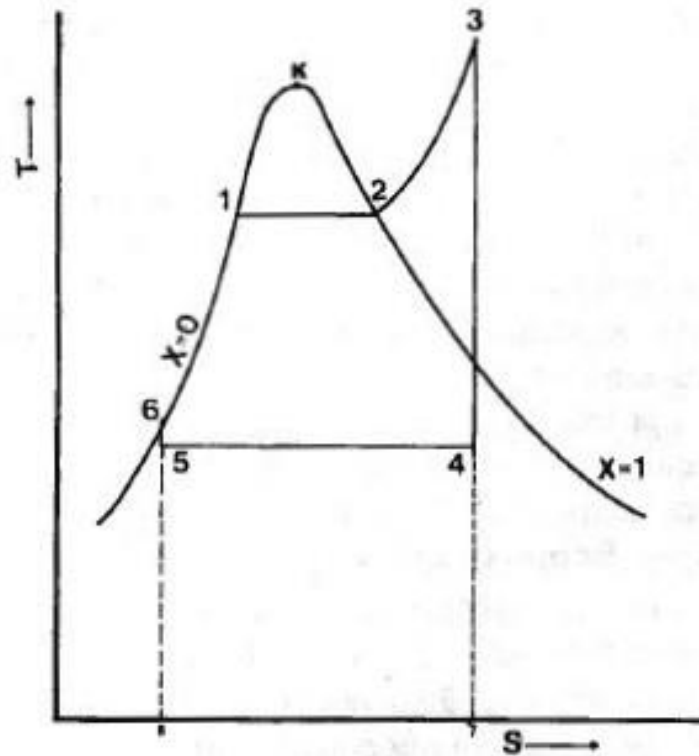
*Πως αυξάνεται η απόδοση και πως μειώνεται το κόστος στους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς;*

Βελτίωση στο εμβαδόν του **κύκλου του Rankine**

**Αύξηση της θερμικής απόδοσης** επιτυγχάνεται με τη χρήση ατμού στην υψηλότερη δυνατή **πίεση και θερμοκρασία** καθώς και με **μείωση των θερμικών απωλειών στο ψυγείο**.

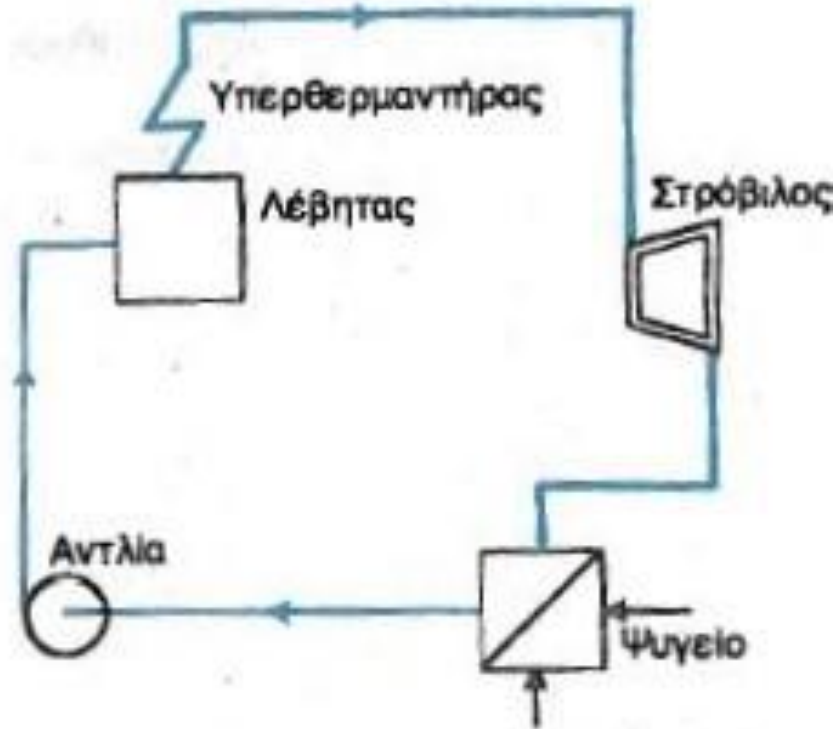
Το **κόστος ελαττώνεται** όσο αυξάνεται το μέγεθος των στροβίλων, γι' αυτό κατασκευάζονται σήμερα στρόβιλοι 500 MW και μεγαλύτεροι.

# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ



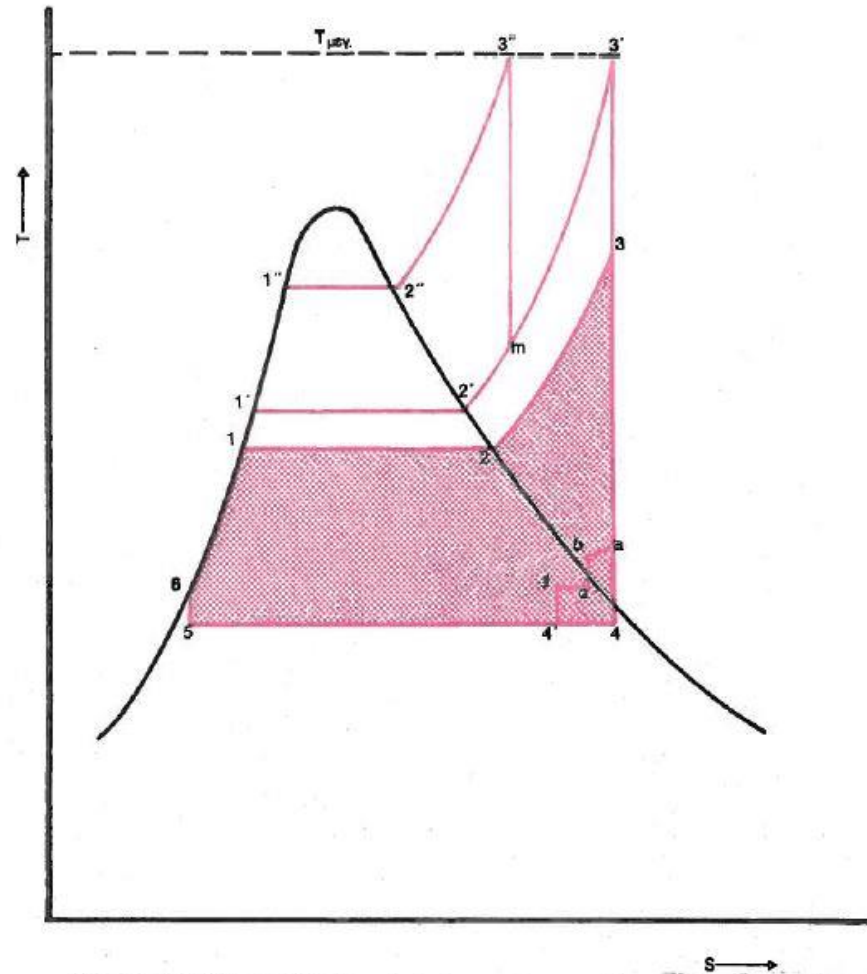
Σχ. 3.8. Θερμικός κύκλος ατμοηλεκτρικού εργοστασίου (Clausius-Rankine).

# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ



Σχ. 3.9. Θερμικό κύκλωμα ατμοηλεκτρικού σταθμού.

# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ

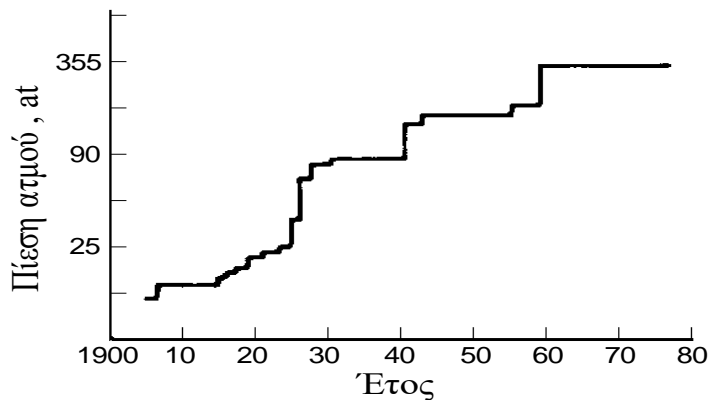


Σχ. 3.10. Εξέλιξη του θερμικού κύκλου ενός ατμοηλεκτρικού εργοστασίου.

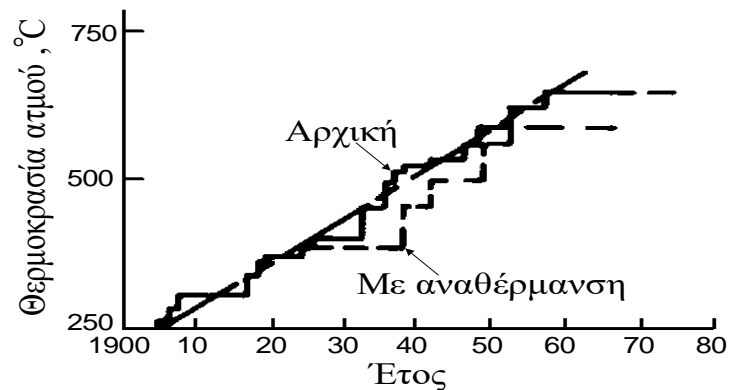
Διαλέξεις μαθήματος: “Εισαγωγή στα ΣΗΕ”

# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ

Παρά τη συνεχή βελτίωση των υλικών και της σχεδίασης των λεβήτων, η φύση του θερμικού κύκλου είναι τέτοια, ώστε η απόδοση είναι σχετικά μικρή:  
**περίπου 40%** για τις μεγάλες μονάδες.

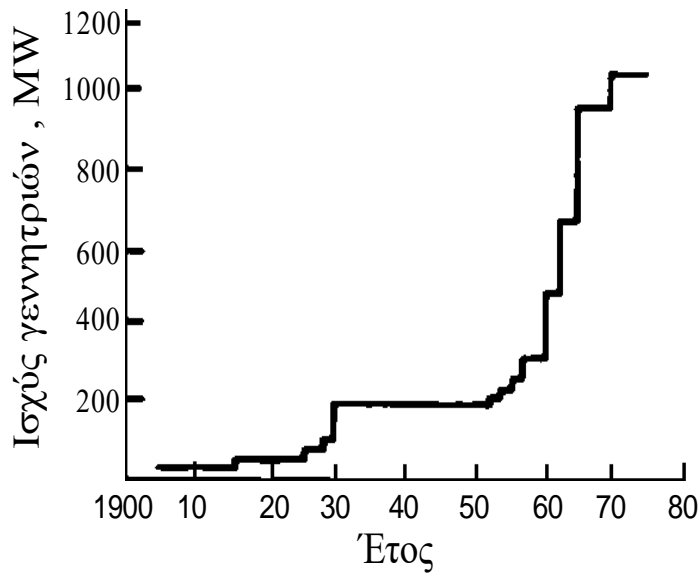


Σχ. 1.4 Η επιτευχθείσα μέγιστη πίεση ατμού με το χρόνο.

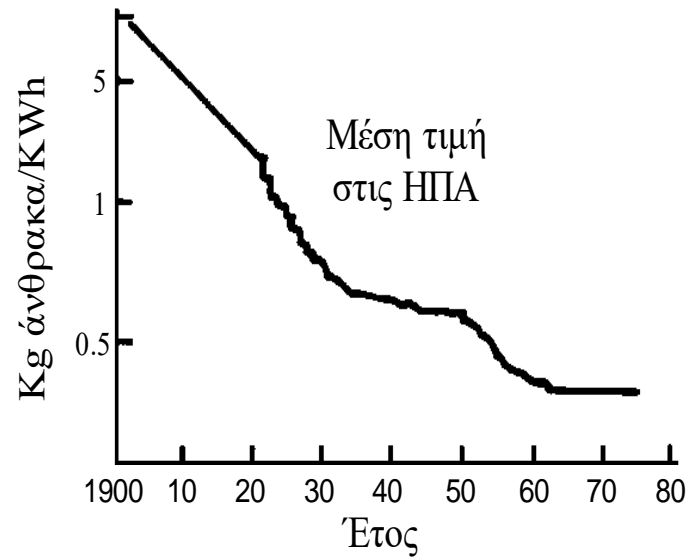


Σχ. 1.5 Η επιτευχθείσα μέγιστη θερμοκρασία ατμού με το χρόνο.

# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ



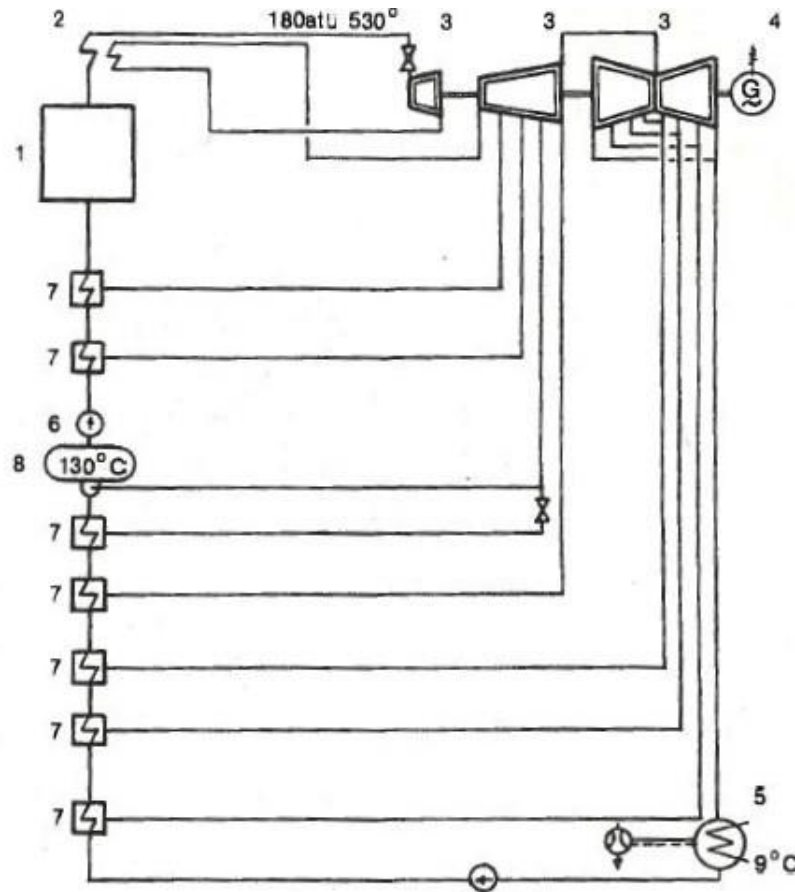
**Σχ.1.6** Η επιτευχθείσα μέγιστη ισχύς στροβιλογεννήτριας με το χρόνο.



**Σχ.1.7** Μέσο βάρος άνθρακα για την παραγωγή μιας kWh στις Η.Π.Α.

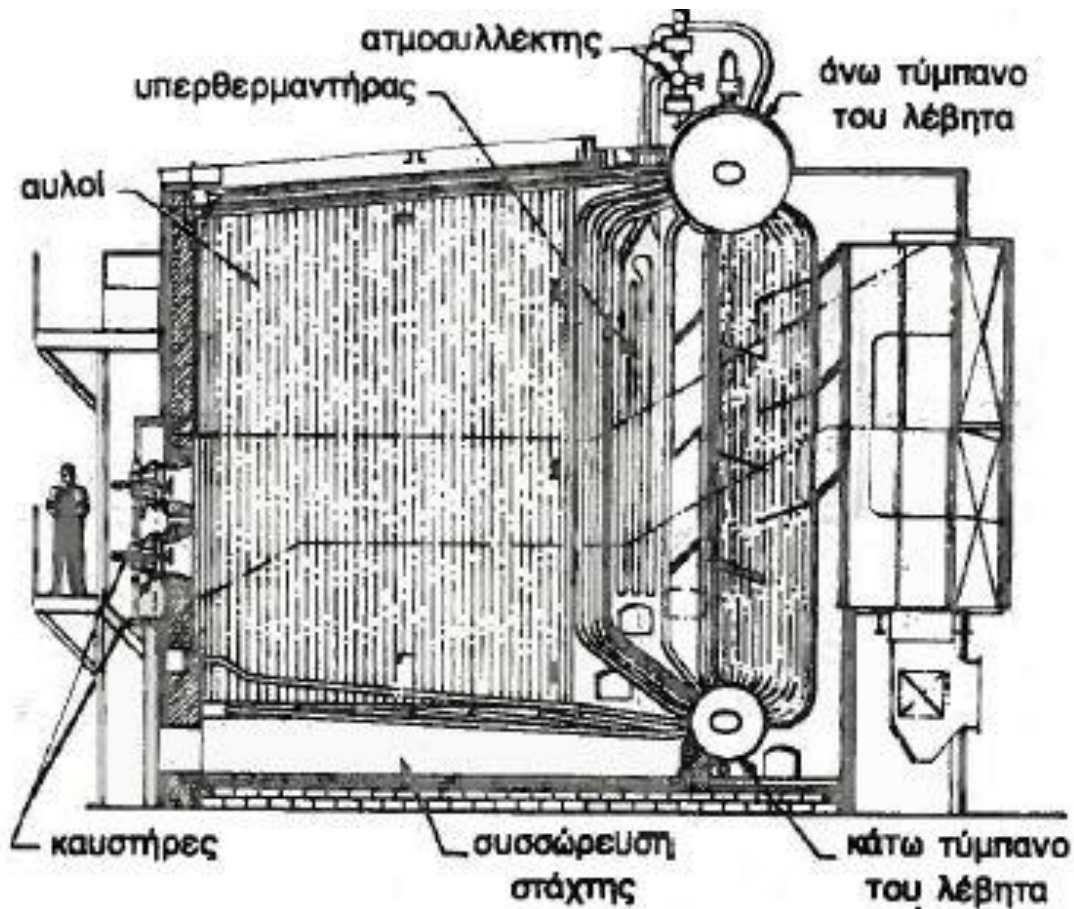


# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ



Σχ. 3.11. Θερμικό κύκλωμα σύγχρονου ατμοηλεκτρικού σταθμού. 1.Λέβητας, 2.Υπερθερμαντήρας, 3.Στρόβιλος, 4.Γεννήτρια, 5.Ψυγείο, 6.Αντλία, 7.Προθερμαντήρας, 8.Απαερωτής.

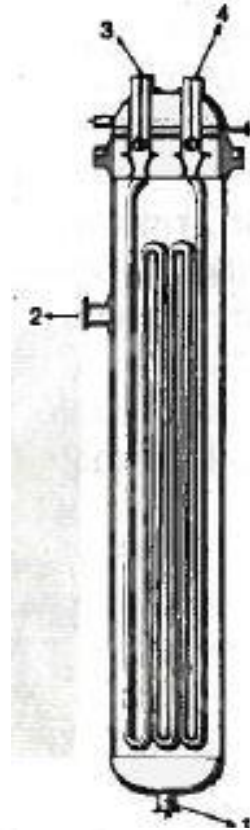
# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ



Σχ. 3.12. Λέβητας για την παραγωγή ατμού.

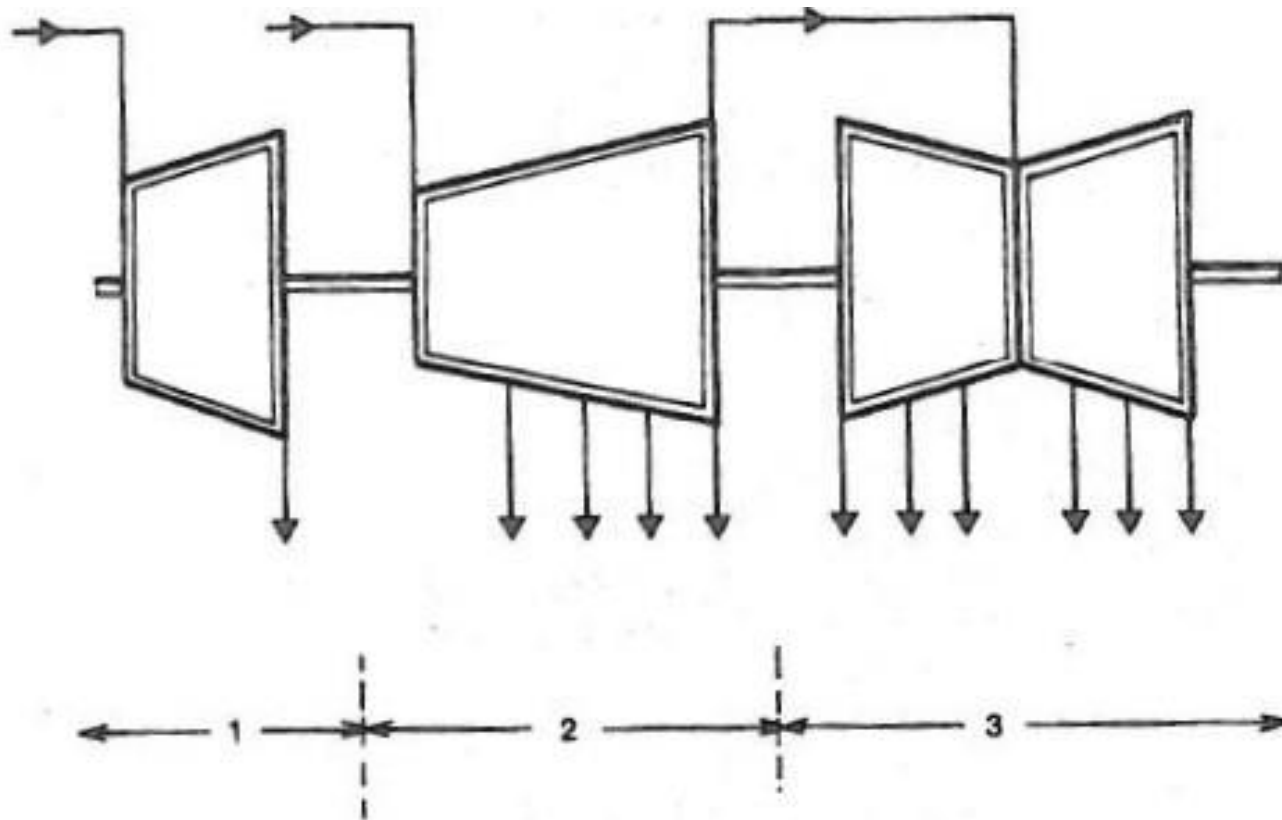
# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ

---



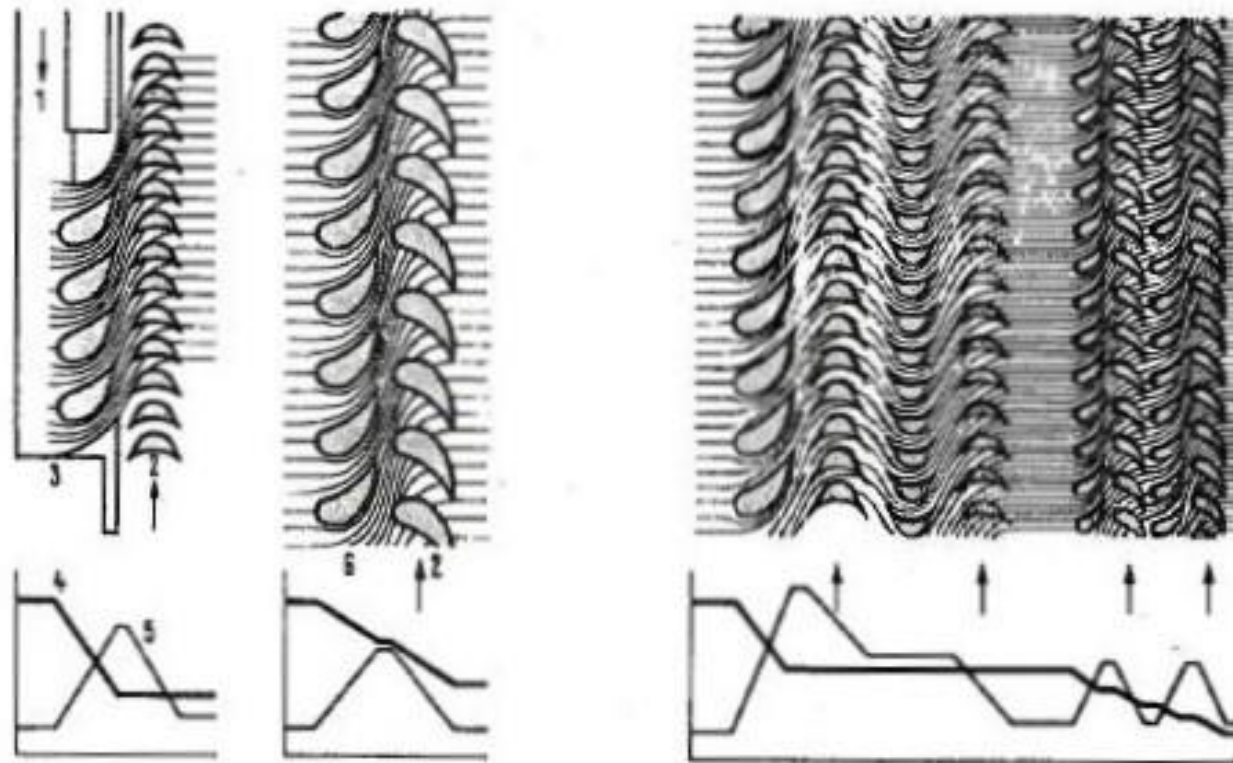
Σχ. 3.13. Προθερμαντήρας υψηλής πίεσης. 1 = εξαγωγή συμπυκνωμάτων, 2 = εισαγωγή του ατμού, 3 = εξαγωγή του νερού, 4 = εισαγωγή του νερού.

# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ



Σχ. 3.14. Στρόβιλος πολλών βαθμίδων με ενδιάμεσες απομαστεύσεις.  
1: Τμήμα υψηλής πίεσης  
2: Τμήμα μέσης πίεσης  
3: Τμήμα χαμηλής πίεσης.

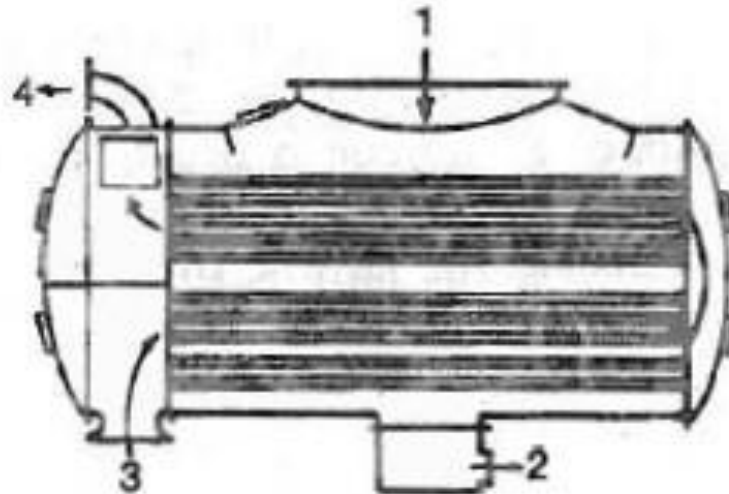
# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ



Σχ. 3.16. α) Στρόβιλος δράσης  
β) Στρόβιλος αντίδρασης  
γ) Σύνθετος στρόβιλος  
όπου: 1: είσοδος ατμού, 2: κινούμενα πτερύγια, 3: πτερύγια στο-  
μίου, 4: πίεση ατμού, 5: ταχύτητα ατμού, 6: ακίνητα πτερύγια.

# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ

---

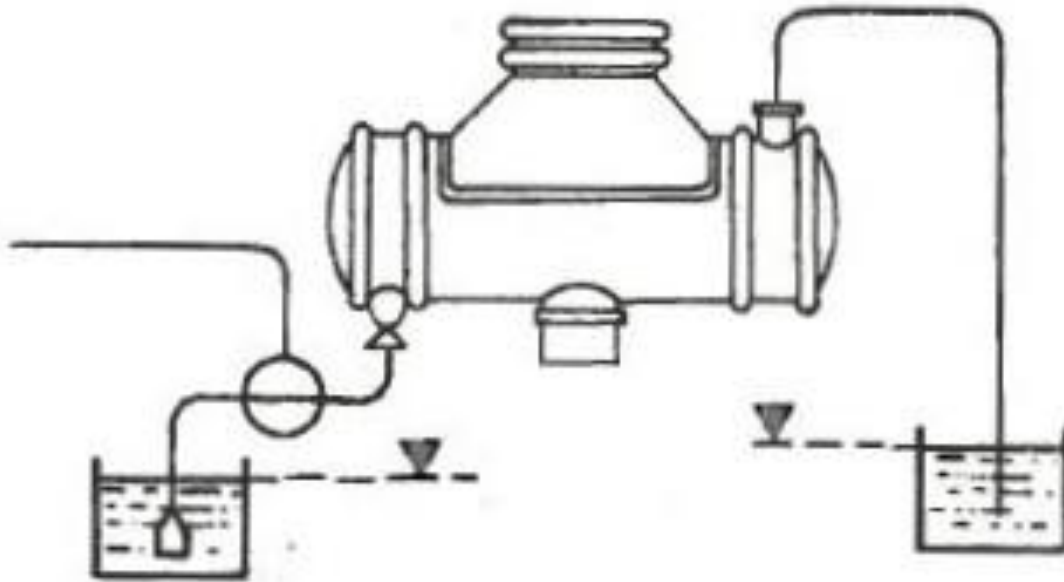


Σχ. 3.17. Ψυγείο νερού.

1: είσοδος ατμού, 2: έξοδος συμπυκνώματος, 3: είσοδος νερού ψύξης, 4: έξοδος νερού ψύξης.

# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ

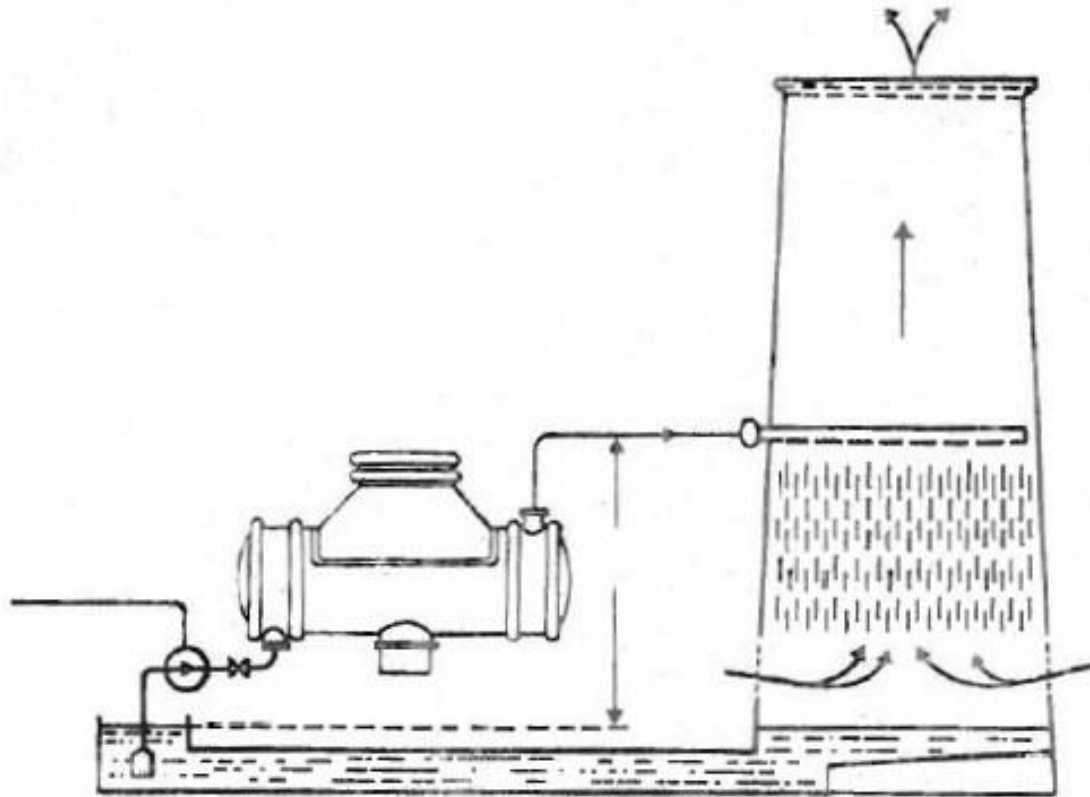
---



Σχ. 3.18. Ψυγείο Ατμοηλεκτρικού σταθμού συνεχούς ροής.

# Ο θερμικός κύκλος των ΑΗΣ

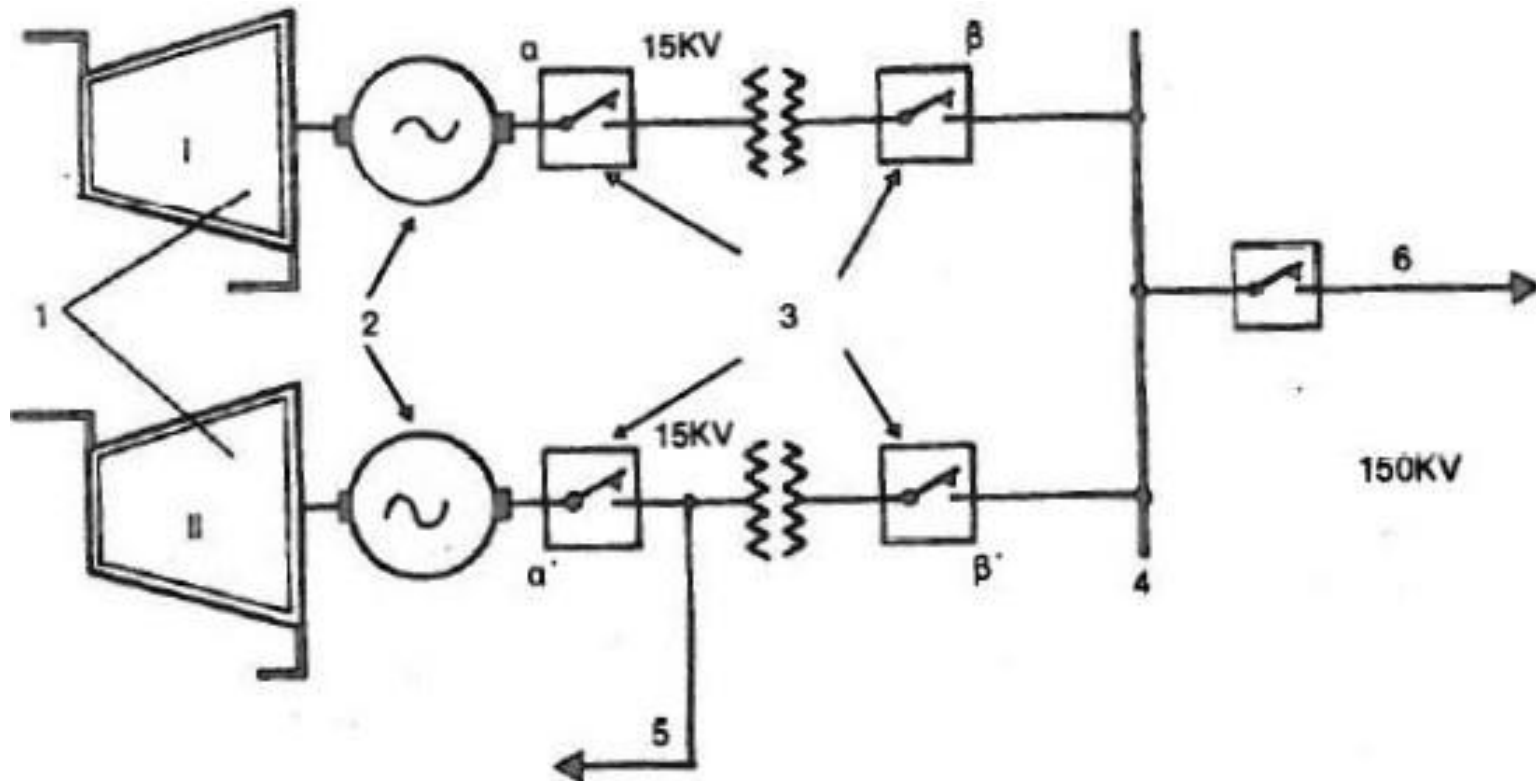
---



Σχ. 3.19. Ψυγείο Ατμοηλεκτρικού σταθμού με πύργο ψύξης.



# Το ηλεκτρολογικό μέρος των ΑΗΣ



Σχ. 3.20. Το ηλεκτρολογικό μέρος ενός ατμοηλεκτρικού σταθμού.  
1: Στρόβιλοι 2: Γεννήτριες 3: Αυτόματοι διακόπτες 4: Ζυγοί παραλληλισμού 5: Εσωτερική κατανάλωση 6: Γραμμή μεταφοράς.

# Συμπαραγωγή ΣΗΘ

---

- Συμπαραγωγή είναι η παραγωγή δύο ή περισσότερων μορφών χρήσιμης ενέργειας στο πλαίσιο μίας μόνο διαδικασίας.
- Στις περισσότερες εφαρμογές η χημική ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται σε μηχανική και θερμική (ΣΗΘ ή CHP).
- Η μηχανική ενέργεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού και η θερμική για την παραγωγή ατμού, θερμού αέρα ή νερού.
- Ανάλογα με το αν η βιομηχανική μονάδα έχει μεγαλύτερες ανάγκες σε θερμότητα ή σε ρεύμα μπορεί να παράγεται πρώτα ηλεκτρισμός και στη συνέχεια η θερμότητα που αλλιώς θα αποβαλλόταν να αξιοποιείται, ή αντίστροφα.

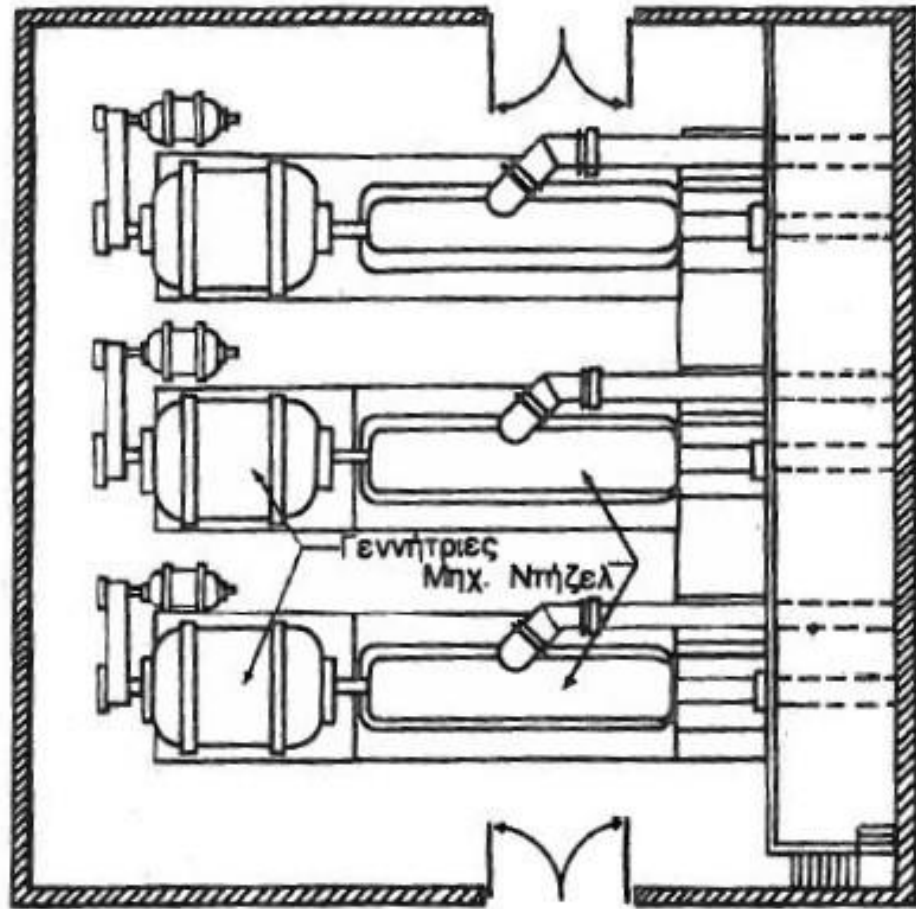
# ΣΗΘΥΑ

---

**ΣΗΘΥΑ:** Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας  
Υψηλής Αποδοτικότητας

εννοείται η συμπαραγωγή με αποδοτικότητα  
**τουλάχιστον 10% (επιπλέον)**, καθώς και η  
συμπαραγωγή από μονάδες μικρής ( $\leq 1$  MW) και  
πολύ μικρής ( $\leq 50$  kW) κλίμακας που εξασφαλίζει  
την εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας  
ανεξαρτήτως αποδοτικότητας

# Παραγωγή με ντηζελογεννήτριες



Σχ. 3.28. Τυπική διάταξη σταθμού με ντηζελοκινητήρες.

Διαλέξεις μαθήματος: “Εισαγωγή στα ΣΗΕ”

# Αεριοστροβιλικοί Σταθμοί

---

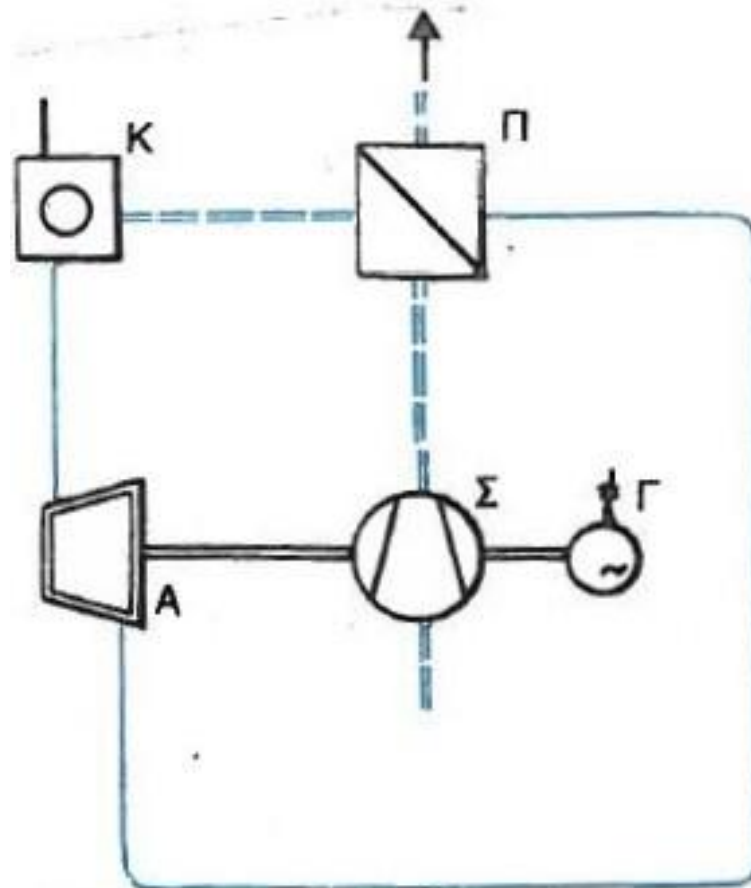
- Οι αεριοστροβιλικές μονάδες αποτελούνται από ένα **θάλαμο καύσης** ( $850^{\circ}\text{C}$ ) του οποίου τα αέρια καύσης στρέφουν ένα **στρόβιλο**, που κινεί τη γεννήτρια, και έχουν ενδιάμεσα ένα **συμπιεστή** (10 bar), που κινείται επίσης από το στρόβιλο.
- Τα θερμά αέρια και μετά τη χρήση τους διατηρούν **σημαντική θερμική ενέργεια** ( $600^{\circ}\text{C}$ ). Η απώλεια αυτής της ενέργειας μαζί με την ενέργεια που χρησιμοποιείται στο συμπιεστή, μειώνουν το συντελεστή απόδοσης της μονάδας στο **25-30%**.

# Αεριοστροβιλικοί Σταθμοί

---

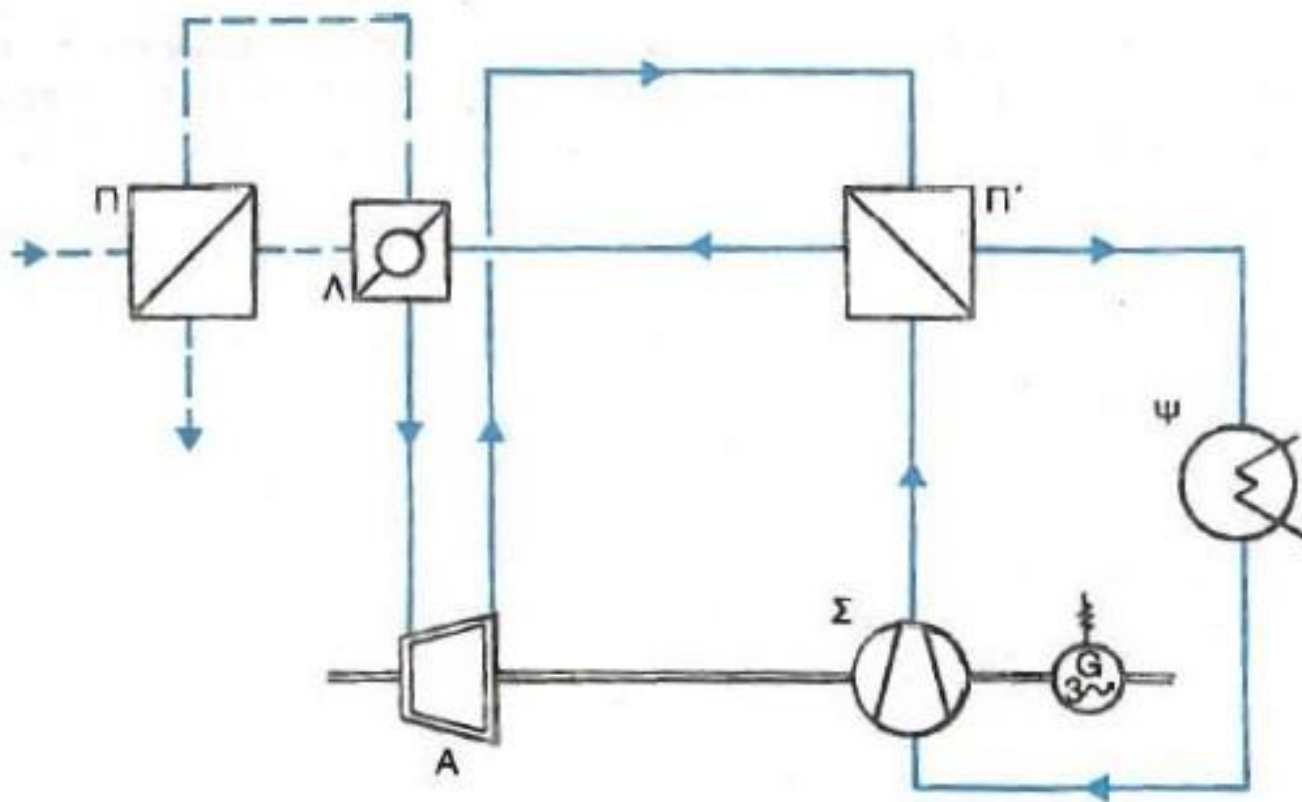
- Σε κανονική λειτουργία οι αεριοστροβιλικοί σταθμοί είναι **αντιοικονομικοί** συγκρινόμενοι με τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς.
- Η χρησιμότητά τους όμως οφείλεται στην ικανότητα που έχουν για **γρήγορη εκκίνηση και ανάληψη φορτίου**, που είναι περίπου 4 λεπτά, γι αυτό τροφοδοτούν τις αιχμές φορτίου.

# Αεριοστρόβιλοι



Σχ. 3.29. Κύκλωμα αεριοστροβίλου ανοικτού κυκλώματος.

# Αεριοστρόβιλοι



Σχ. 3.30. Κύκλωμα αεριοστρόβιλου κλειστού κυκλώματος (με γαλάζιο χρώμα σημειώνεται ο κλειστός βρόχος).

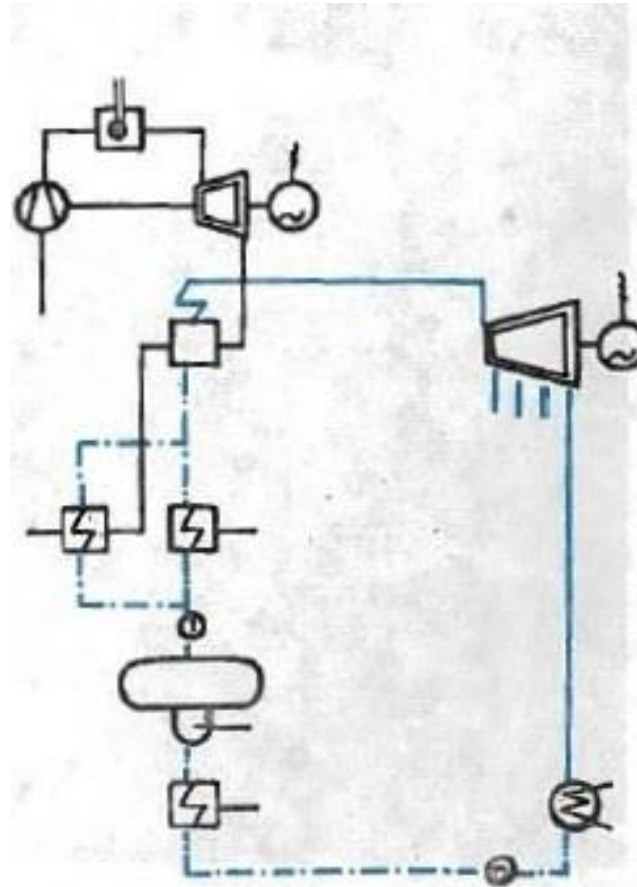


# Σταθμοί συνδυασμένου κύκλου

---

- Σε αυτούς, τα θερμά αέρια από την έξοδο των αεριοστρόβιλων, διοχετεύονται σε ειδικούς λέβητες **ανάκτησης θερμότητας** για την παραγωγή ατμού, που χρησιμοποιείται στη συνέχεια από **ατμοστρόβιλο**.
- Ο συνολικός **βαθμός απόδοσης** του σταθμού φτάνει το **60%**, υψηλότερος του 40% των μεγάλων ατμοηλεκτρικών σταθμών
- Χωρίς την απαίτηση για πολύ μεγάλες μονάδες, το **κόστος κατασκευής** επιβαρύνεται περίπου 35% του κόστους κατασκευής των ατμοηλεκτρικών σταθμών.

# Σταθμοί συνδυασμένου κύκλου



Σχ. 3.32. Συνδυασμένο κύκλωμα αεριοστροβίλου και ατμοστροβίλου.



# ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Είναι η πιο **διαδεδομένη** από τις ανανεώσιμες πηγές  
Η Αιολική Ενέργεια μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά  
στη μείωση ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Κάθε μεγάλη ανεμογεννήτρια περ. 2 MW αποτρέπει:

2 X 3,2 ton σωματίδια

5 ton NO<sub>x</sub>

6,1 ton SO<sub>2</sub>

3050 ton CO<sub>2</sub>

**Μειονεκτήματα:** Θόρυβος (ελάχιστη απόσταση 350-500m)

Θάνατοι πουλιών: Λιγότεροι από έναν αυτοκινητόδρομο

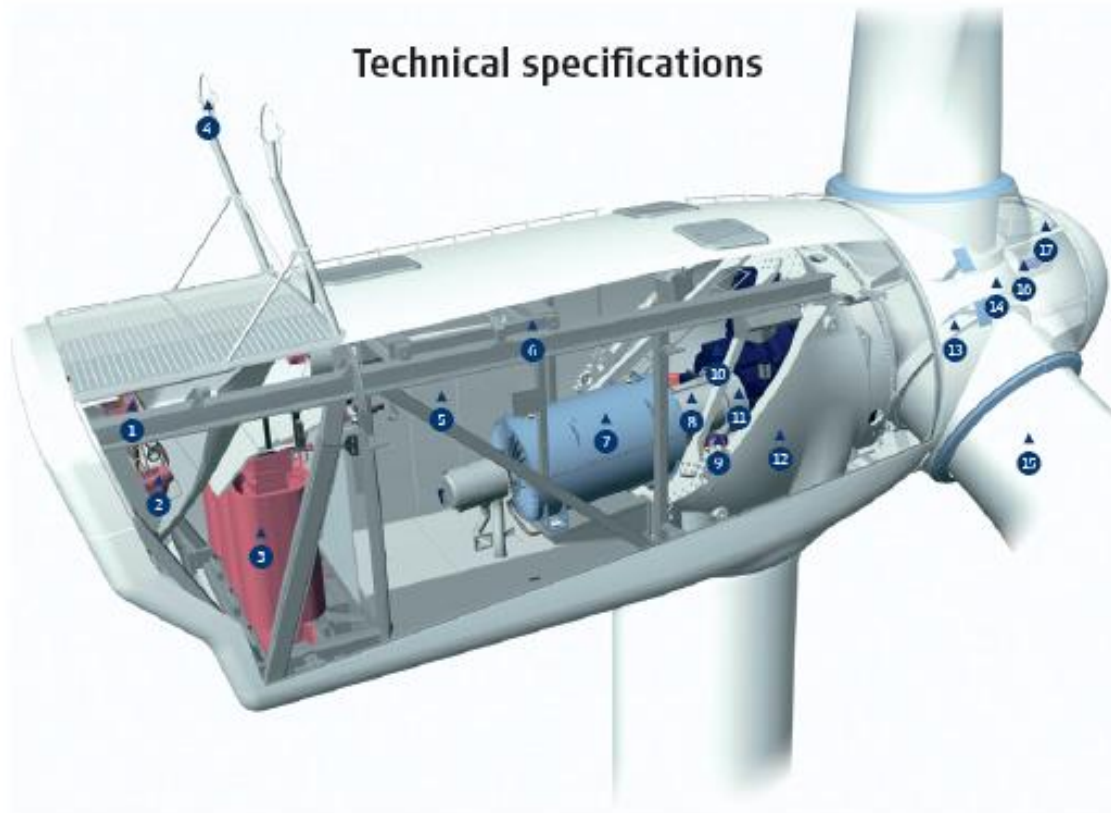
Αισθητικά προβλήματα: Απαιτεί κομψή σχεδίαση

Ηλεκτρομαγνητική ανάκλαση & παρεμβολή: Ραδιόφωνο, TV

# ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



# ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΣΤΡΟΦΩΝ



1 Oil cooler

2 Water cooler for generator

3 High voltage transformer

4 Ultrasonic wind sensors

5 VMP-Top controller with converter

6 Service crane

7 OptiSpeed® generator

8 Composite disc coupling

9 Yaw gears

10 Gearbox

11 Mechanical disc brake

12 Machine foundation

13 Blade bearing

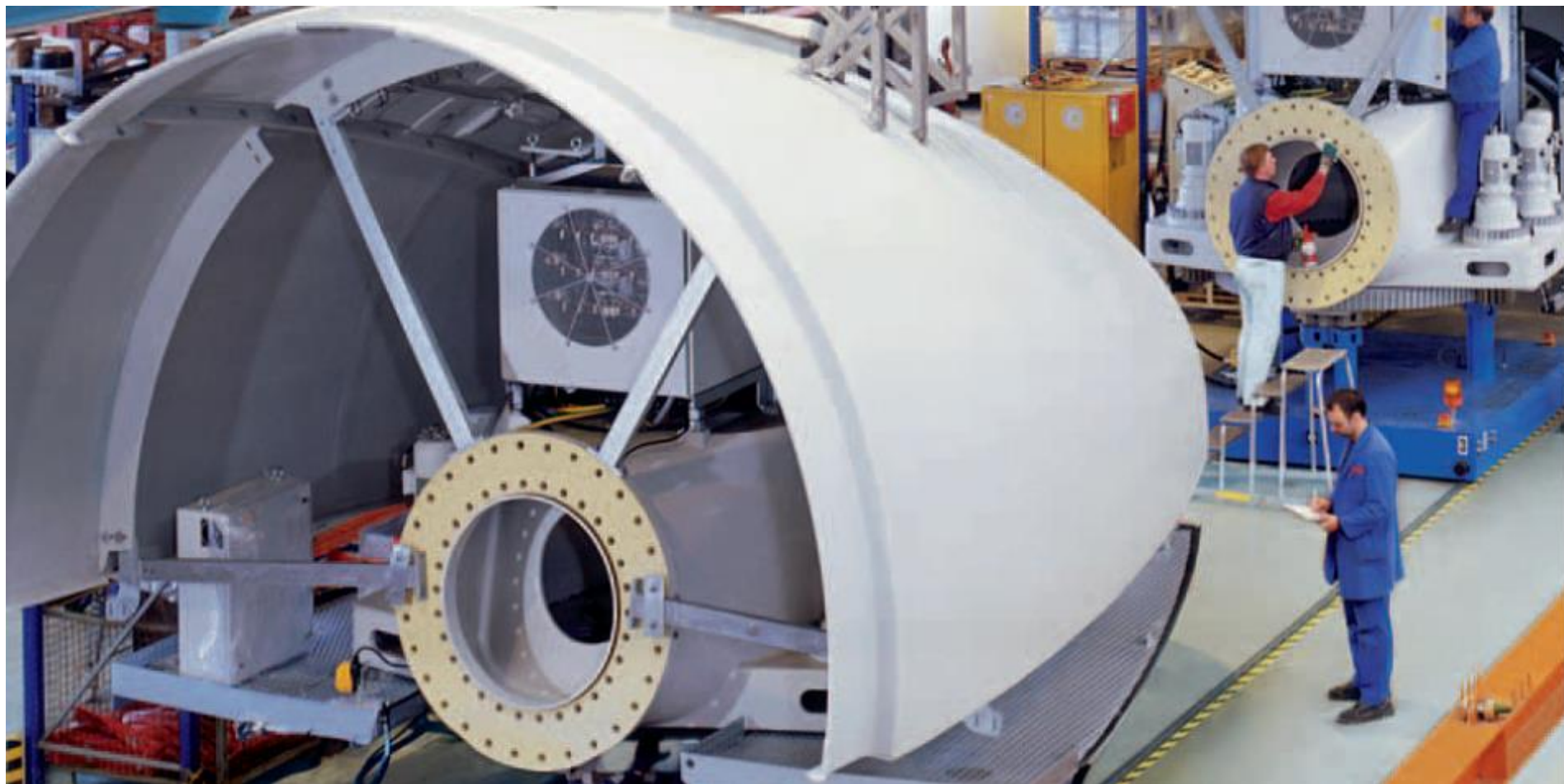
14 Blade hub

15 Blade

16 Pitch cylinder

17 Hub controller

# ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ



# ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ





# ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ



# ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ



# ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



# ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

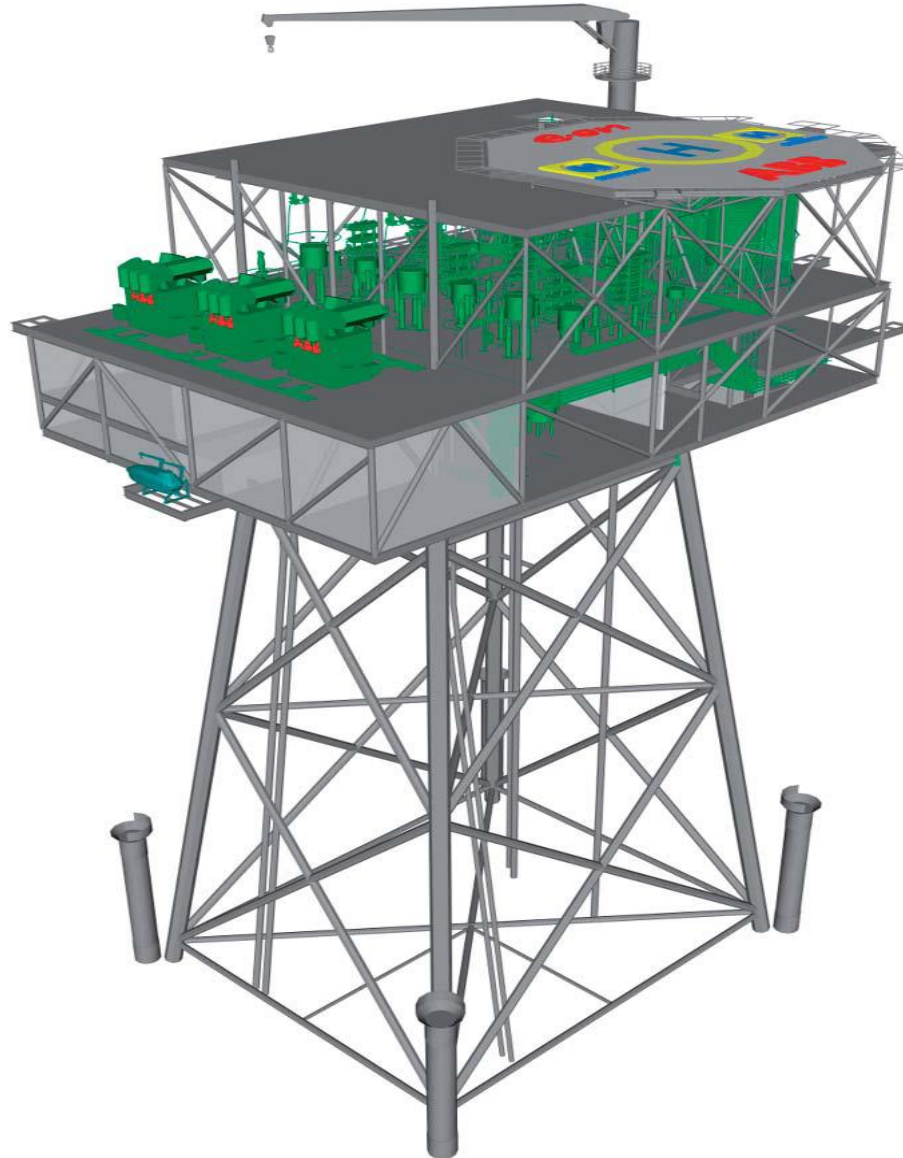
Το μεγαλύτερο υπεράκτιο αιολικό πάρκο 400MW στη Βόρεια Θάλασσα

Main data	
Commissioning year:	2009
Power rating:	400 MW
No of circuits:	1
AC Voltage:	170 kV (offshore), 380 kV (Diele)
DC Voltage:	±150 kV
Length of DC underground cable:	2 x 75 km
Length of DC submarine cable:	2 x 128 km
Main reason for choosing HVDC Light:	Length of land and sea cables.



Το σύστημα αποτελείται από 80 ανεμογεννήτριες των 5 MW τοποθετημένες 130 km από τις ακτές της Γερμανίας στη Β. Θάλασσα.

# AC/DC ΚΟΜΒΟΣ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ



# ΗΛΙΑΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα Φ/Β είναι μία **πολλά υποσχόμενη λύση** στις ανανεώσιμες πηγές και ιδιαίτερα για τα κλιματολογικά στοιχεία της Ελλάδας.

**Πλεονεκτήματα** των Φ/Β είναι:

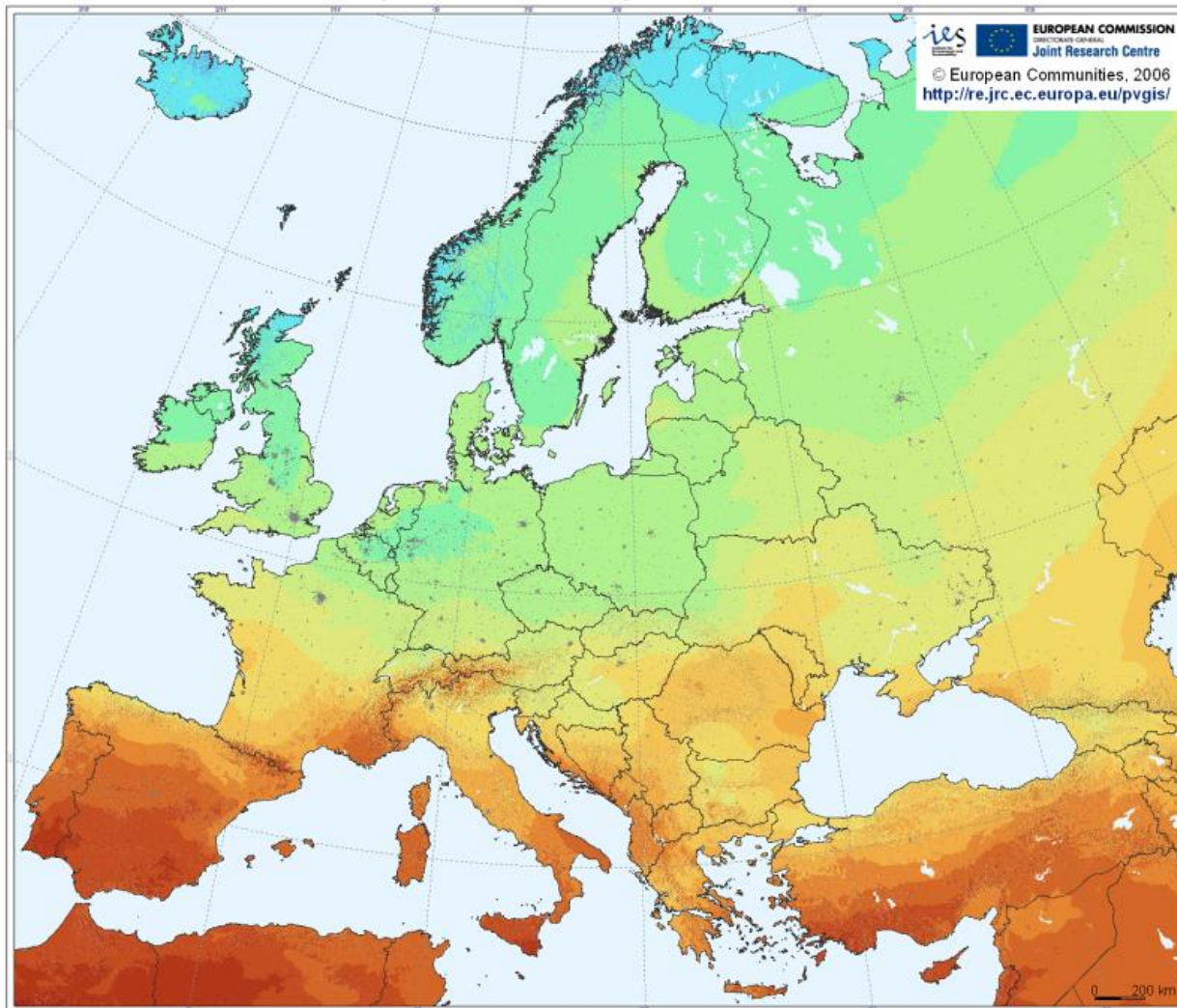
- Η δυνατότητα αυτόνομης ή συνδεδεμένης στο δίκτυο λειτουργίας
- Η ενσωμάτωση στα κτίρια και τις κατοικίες με καλαίσθητες λύσεις
- Η αξιοπιστία τους και η ελάχιστη ανάγκη συντήρησης
- Η παραγωγή ισχύος σε ώρες αιχμής

**Μειονεκτήματα** των Φ/Β είναι:

Η μικρή απόδοση και η ανάγκη κάλυψης μεγάλων εκτάσεων για μεγάλες εγκαταστάσεις.

# ΗΛΙΑΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



ies  
EUROPEAN COMMISSION  
DIRECTORATE-GENERAL  
Joint Research Centre  
© European Communities, 2006  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

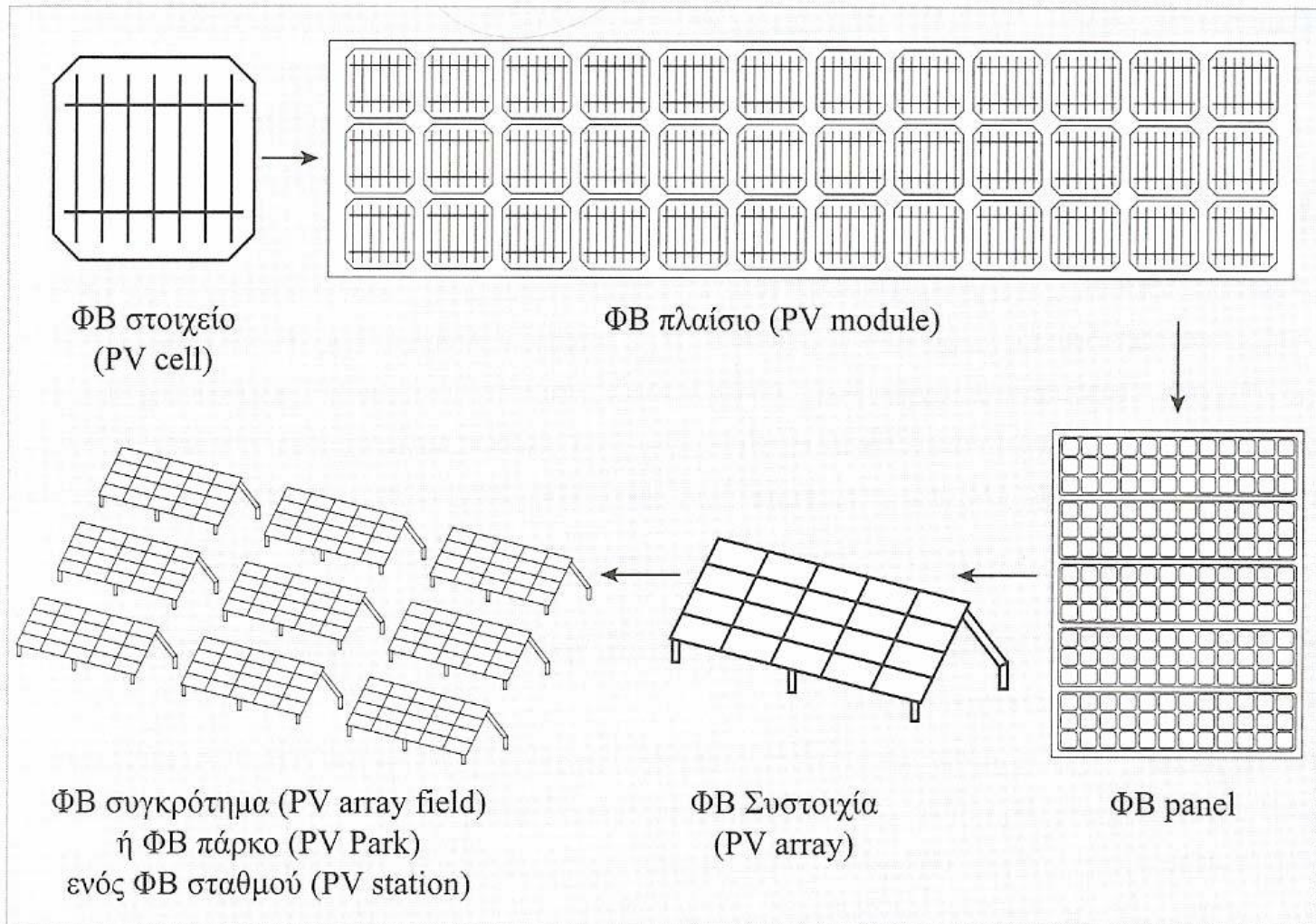
Ηλιακή ακτινοβολία:  
Ακτινοβολία στην  
επιφάνεια της  
ατμόσφαιρας:

$$1325W / m^2 - 1412W / m^2$$

Yearly sum of global irradiation incident on optimally-inclined south-oriented photovoltaic modules  
Global irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]  
<600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200>

Yearly sum of solar electricity generated by 1 kWp system with optimally-inclined modules and performance ratio 0.75  
Solar electricity [kWh/kWp]  
<450 600 750 900 1050 1200 1350 1500 1650>

# ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ





# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ



# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ



# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ



# ΑΠΕ και ηλεκτρικά οχήματα αλλάζουν τα μελλοντικά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Αλλάζει και η ζωή μας;

## Τι είναι τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

- **Μεγάλα** δυναμικά συστήματα
- Συστήματα με **μηδαμινή δυνατότητα αποθήκευσης** ενέργειας
- Στην **κλασσική** δομή
  - a. Έχουν συγκεκριμένη μορφή: **Παραγωγή** (σταθμοί), **Μεταφορά** (δίκτυα υπερευψηλής/υψηλής τάσης), **Διανομή** (δίκτυα μέσης/χαμηλής τάσης), **Κατανάλωση** (χρησιμοποίηση)
  - b. η ροή ενέργειας είναι **μιας μόνο κατεύθυνσης**
  - c. δίνουν δυνατότητα **διαχείρισης και ελέγχου** στην παραγωγή και δευτερευόντως στη μεταφορά

# Η νέα δομή των ΣΗΕ

## 1. Μεγάλη διείσδυση των ΑΠΕ – Αποκεντρωμένη Παραγωγή



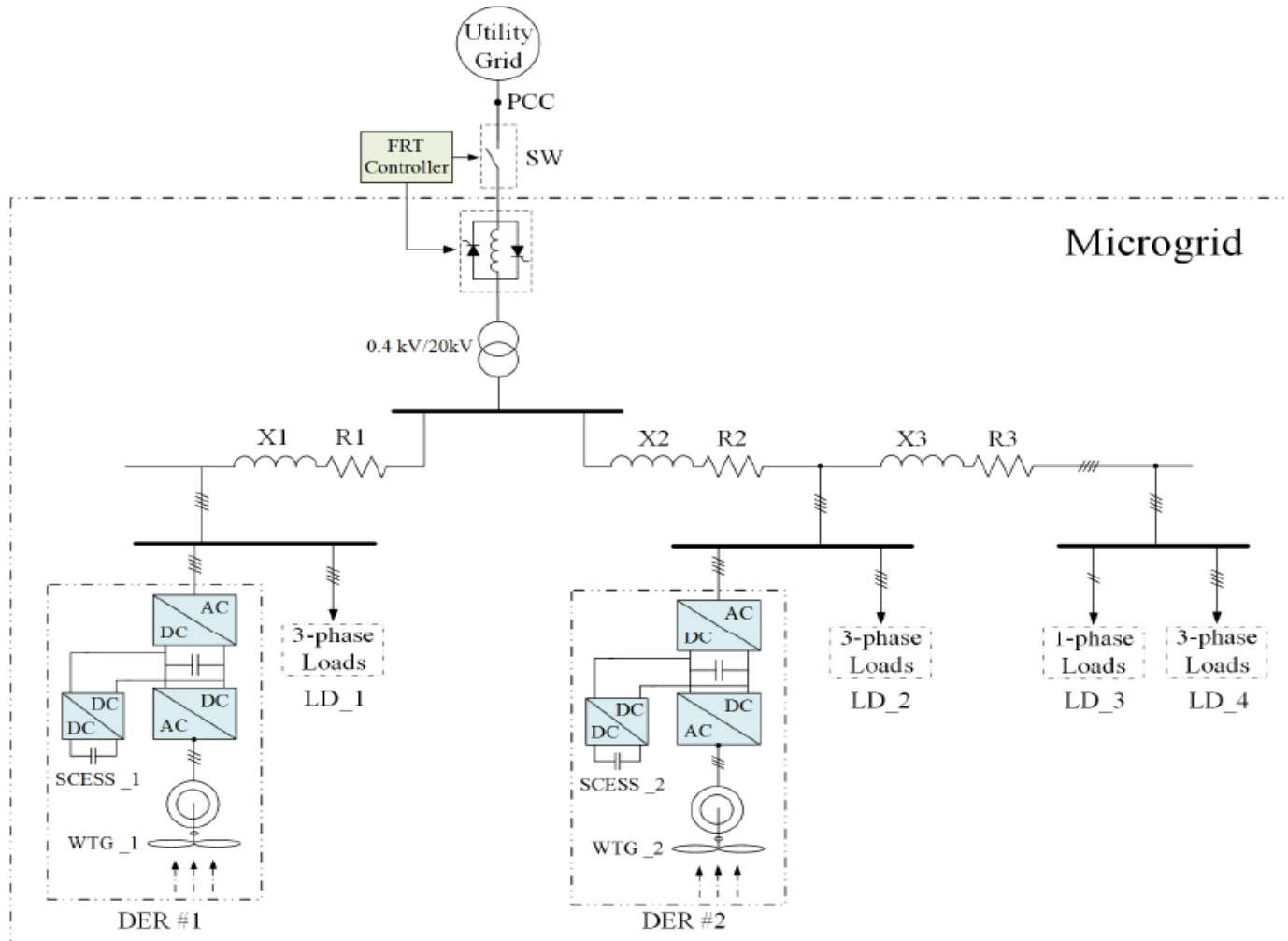
# Η νέα δομή των ΣΗΕ

## 2. Παραγωγή κοντά στην κατανάλωση



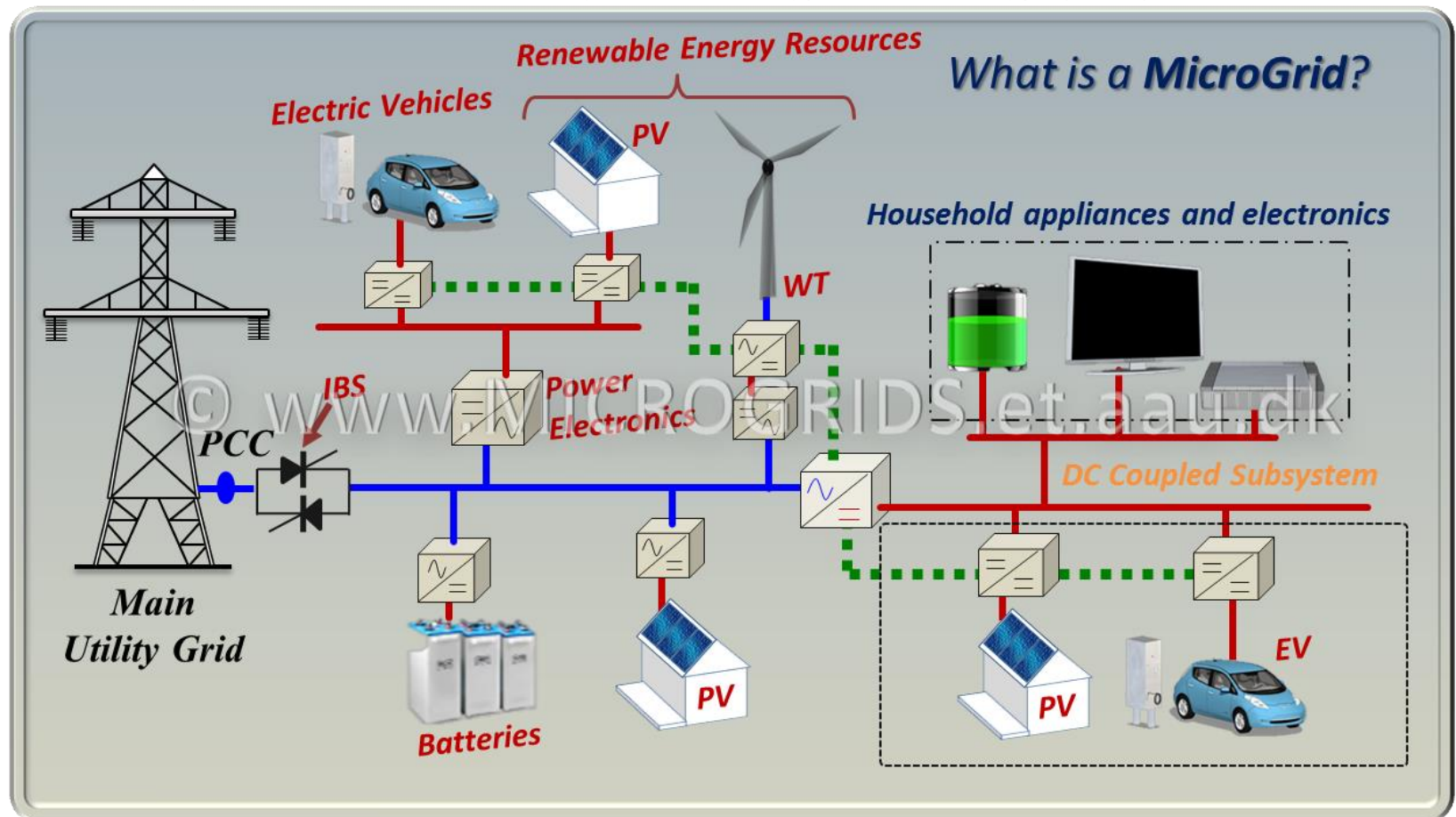
# Η νέα δομή των ΣΗΕ

Κατανεμημένη παραγωγή (ΚΠ) Μικροδίκτυα (δομικό στοιχείο ΚΠ)



# Τα δίκτυα αλλάζουν

- Ελεγχόμενο interface στην Κατακεμημένη Παραγωγή
- Ταυτόχρονη λειτουργία DC και AC δικτύου
- Δυνατότητα τοπικού και κεντρικού ελέγχου και διαχείρισης





# Οι συνήθειές μας αλλάζουν

- Δυνατότητα προγραμματισμού και διαχείρισης της ενέργειας
- Νέα προϊόντα στη διαχείριση της ενέργειας στο σπίτι
- Έξυπνα Δίκτυα



# Οι συνήθειές μας αλλάζουν

Ηλεκτρικά οχήματα – Οικολογικά, οικονομικά και γρήγορα



# Οι Πόλεις θα αλλάξουν

- Στους χώρους στάθμευσης **παρκόμετρα και φορτιστές;**
- **Προγράμματα** οικονομικής **φόρτισης** αλλά και **διάθεσης** ενέργειας προς το δίκτυο (βοηθητικές υπηρεσίες, κλπ ;)



# Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί

---

Στους ΥΗΣ η ηλεκτρική ενέργεια αποκτάται με:

- **μηδαμινό λειτουργικό κόστος**
- **χωρίς ρύπανση** για το περιβάλλον,

Όμως με:

- **υψηλό κόστος των έργων** πολιτικού μηχανικού
- **μακροχρόνια σχεδίαση και κατασκευή**, περίπου οκτώ χρόνια.

# Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί

---

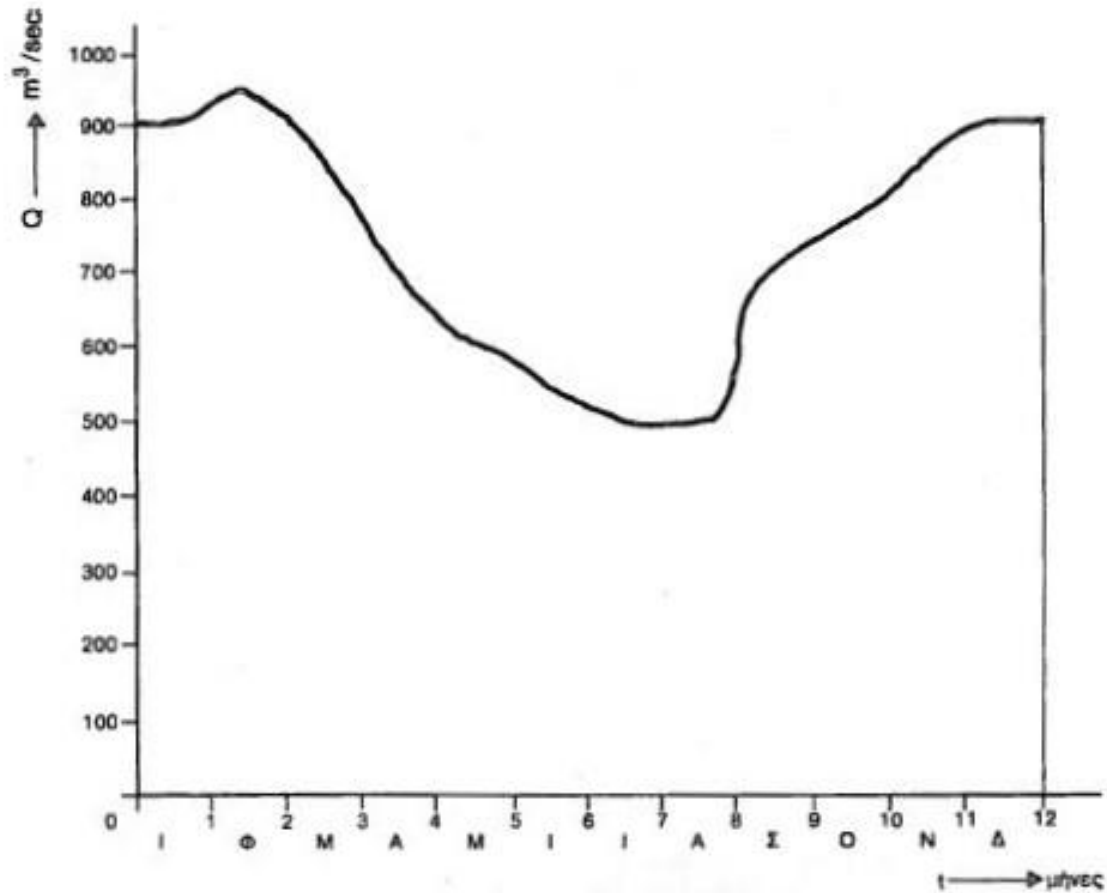
Υπάρχουν τρεις κυρίως τύποι ΥΗΣ:

α) **Μεγάλου  $h$  ή μεγάλης δεξαμενής αποθήκευσης:**  
η δεξαμενή γεμίζει σε περισσότερες από 400 ώρες

β) **Μέσου  $h$  ή μικρής δεξαμενής αποθήκευσης:**  
η δεξαμενή γεμίζει σε 200 με 400 ώρες.

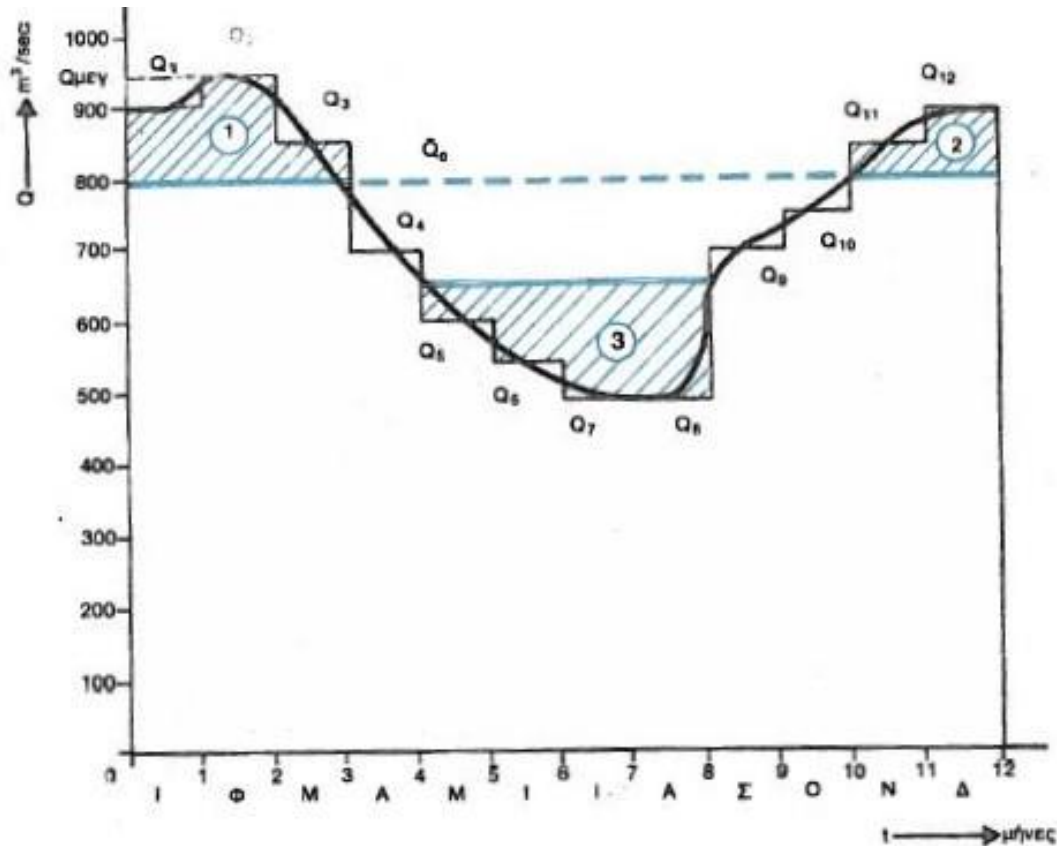
γ) **Ροής ποταμών:** χρησιμοποιούν τα νερά των ποταμών όπως ρέουν, ενώ είναι δυνατόν να δημιουργείται  $h$  από 3 – 5 m και μικρές δεξαμενές, που γεμίζουν σε λιγότερο από 2 ώρες.

# Υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΥΗΣ)



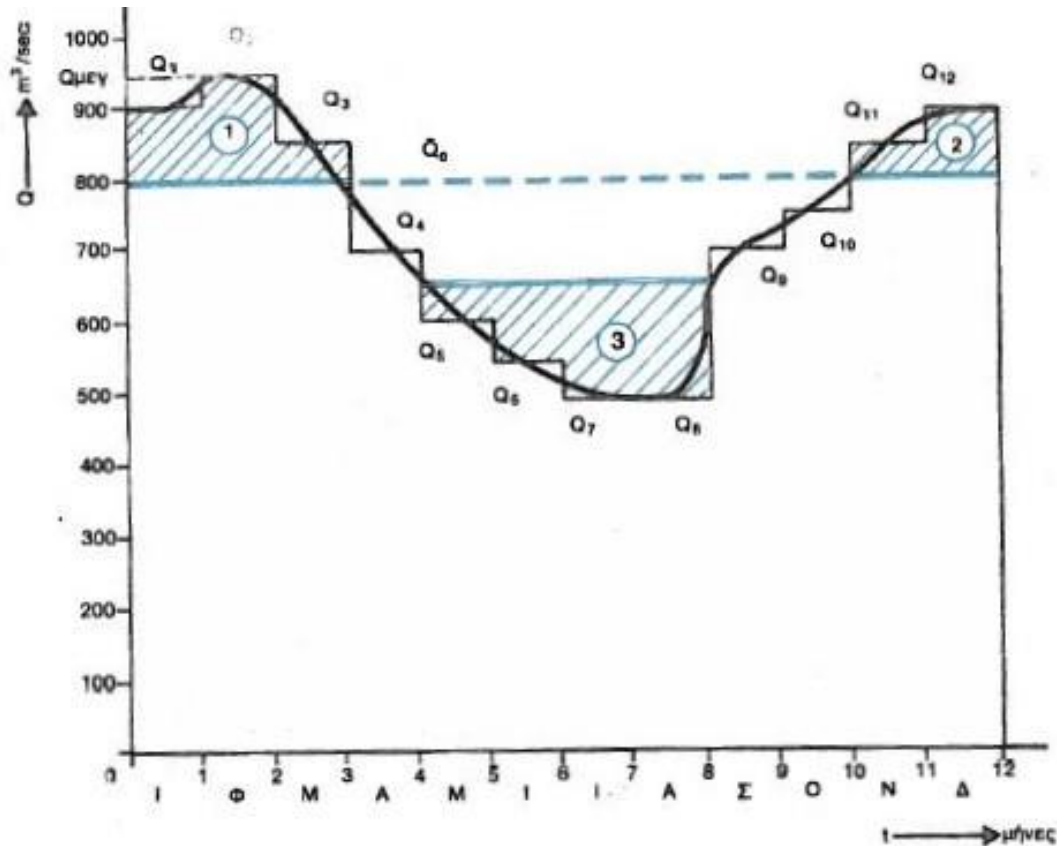
Σχ. 3.34. Χρονολογική καμπύλη φυσικής παροχής ενός υδατορεύματος.

# Υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΥΗΣ)



Σχ. 3.35. Ιστόγραμμα παροχής του υδατορεύματος του σχήματος 3.34. (μαύρη γραμμή).  
Με την κατασκευή τεχνητής λίμνης η παροχή ομαλοποιείται και ακολουθεί την γαλάζια συνεχή γραμμή στους μήνες μέγιστης και ελάχιστης παροχής.

# Υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΥΗΣ)

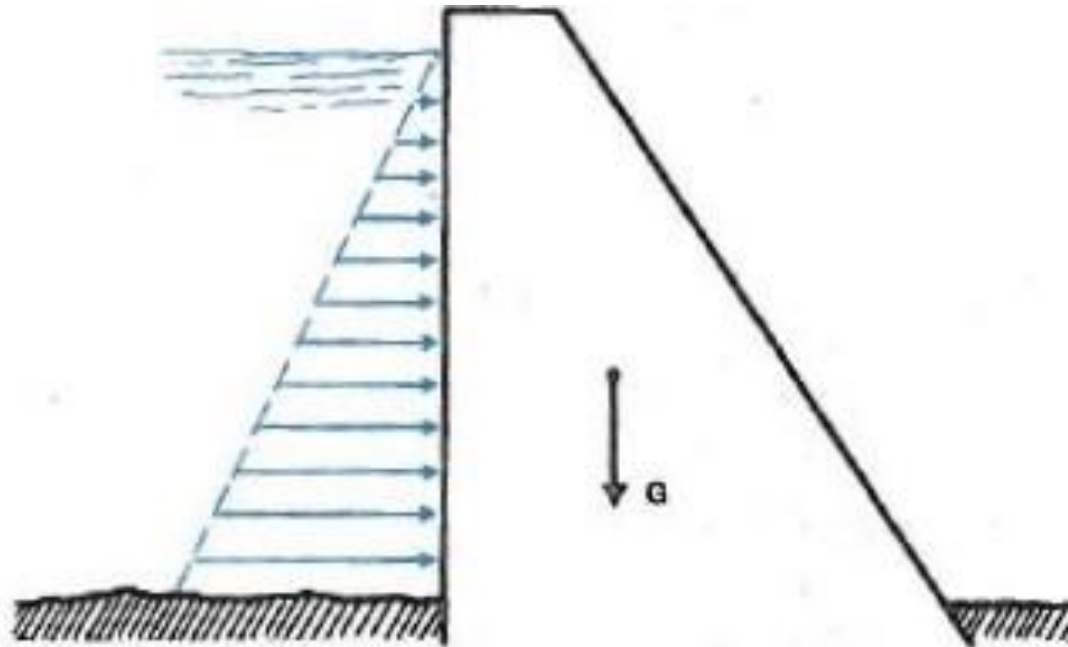


Σχ. 3.35. Ιστόγραμμα παροχής του υδατορεύματος του σχήματος 3.34. (μαύρη γραμμή).  
Με την κατασκευή τεχνητής λίμνης η παροχή ομαλοποιείται και ακολουθεί την γαλάζια συνεχή γραμμή στους μήνες μέγιστης και ελάχιστης παροχής.



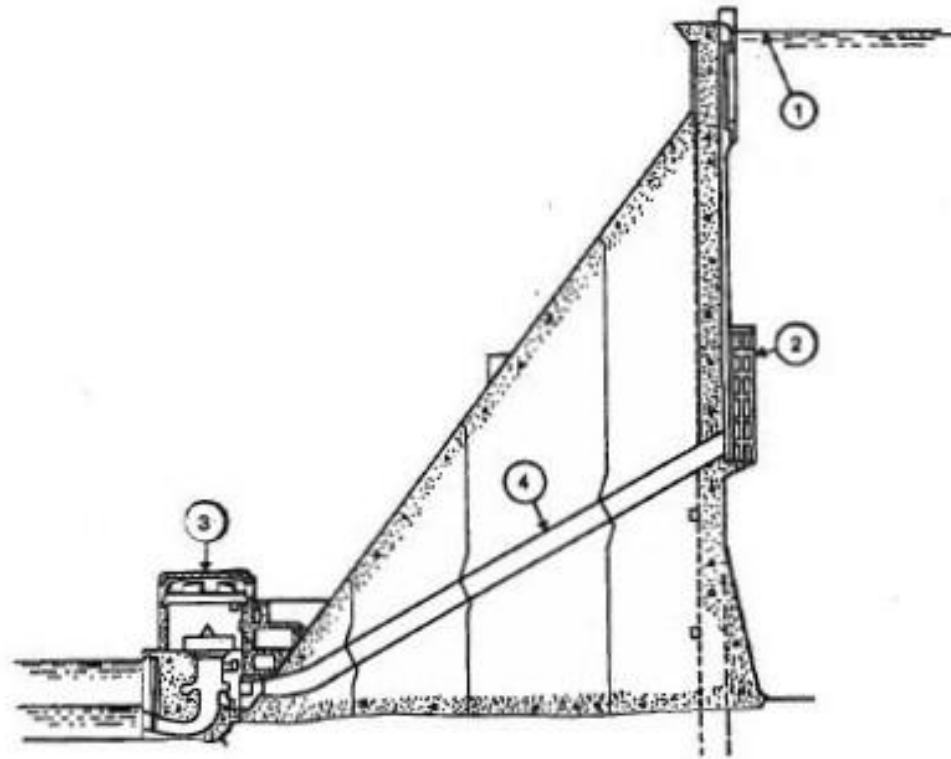
# Τεχνικά έργα των ΥΗΣ

---



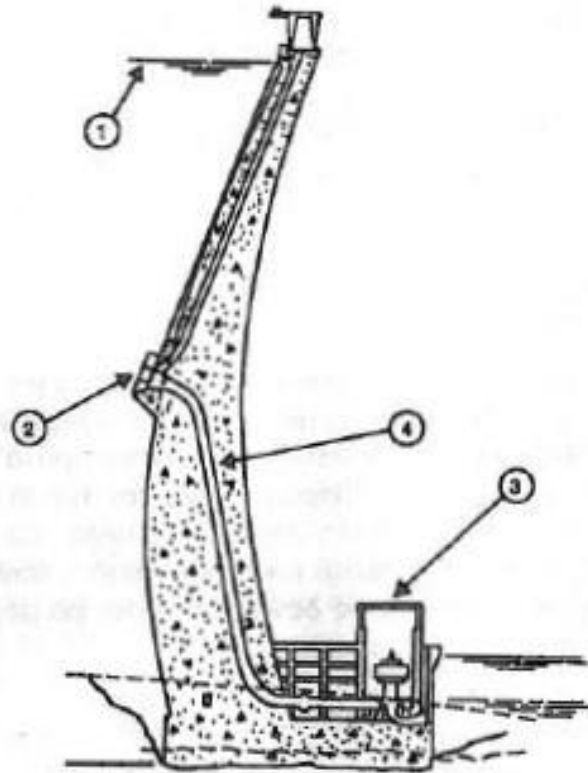
Σχ. 3.36. Φράγμα βαρύτητας.

# Τεχνικά έργα των ΥΗΣ



Σχ. 3.37. Τομή φράγματος βαρύτητας. 1: Στάθμη λίμνης. 2: Σχάρα (φίλτρο καθαρισμού νερού). 3: Υδροηλεκτρικός σταθμός. 4: Καταθλιπτικός σωλήνας.

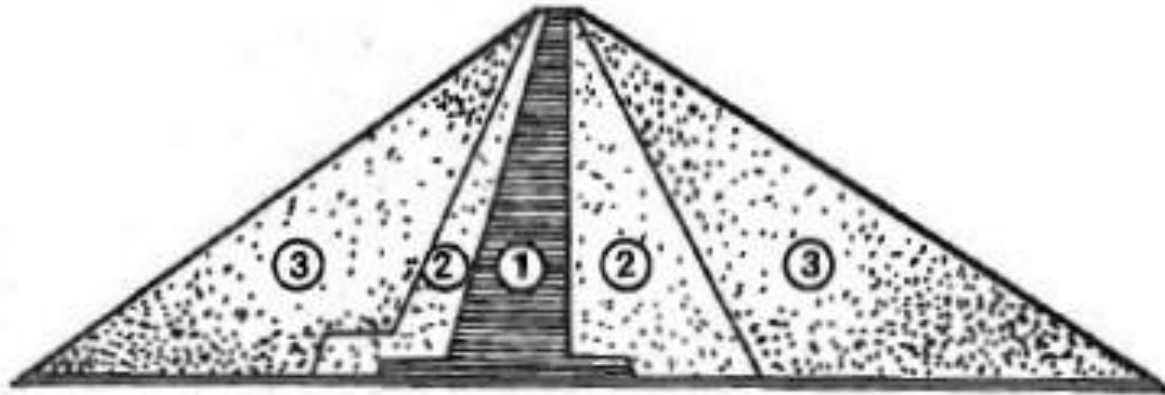
# Τεχνικά έργα των ΥΗΣ



Σχ. 3.38. Τοξωτό φράγμα 1: Ανώτερη στάθμη λίμνης. 2: Σχάρα (φίλτρο καθαρισμού νερού). 3: Σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. 4: Καταθλιπτικός σωλήνας.

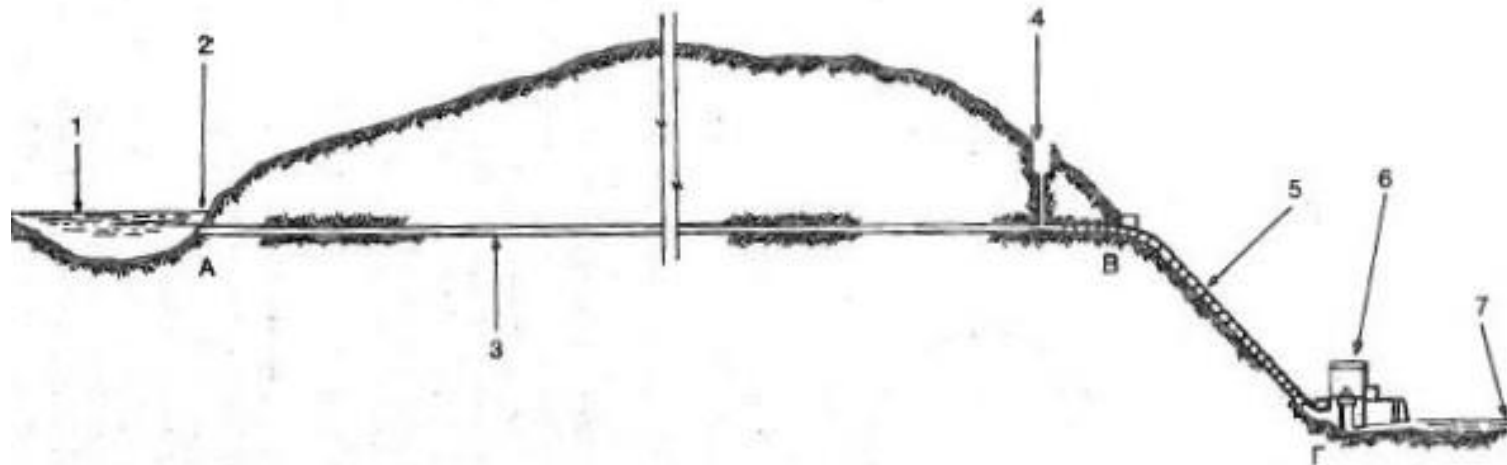
# Τεχνικά έργα των ΥΗΣ

---



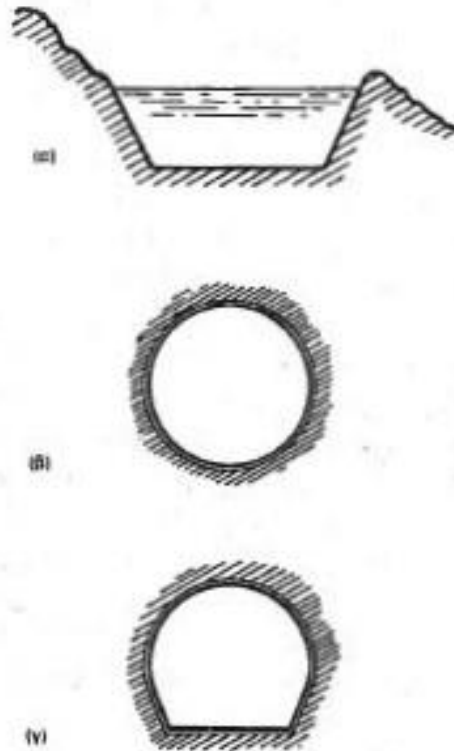
Σχ. 3.39. Γαϊόφραγμα, 1: πυρήνας, 2: ημιστεγανά υλικά, 3: διαπερατά υλικά.

# Τεχνικά έργα των ΥΗΣ



Σχ. 3.40. Έργα προσαγωγής των νερών σε ένα υποσταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.  
1: Λίμνη, 2: Αρχή αγωγού προσαγωγής, 3: Σήραγγα προσαγωγής, 4: Πύργος ισορροπίας, 5: Καταθλιπτικός σωλήνας, 6: Σταθμός παραγωγής, 7: Διώρυγα φυγής.

# Τεχνικά έργα των ΥΗΣ



Σχ. 3.41. Έργα προσαγωγής: α) ανοικτά, β, γ) κλειστά, (σήραγγες κυκλικής ή πεταλοειδούς μορφής).

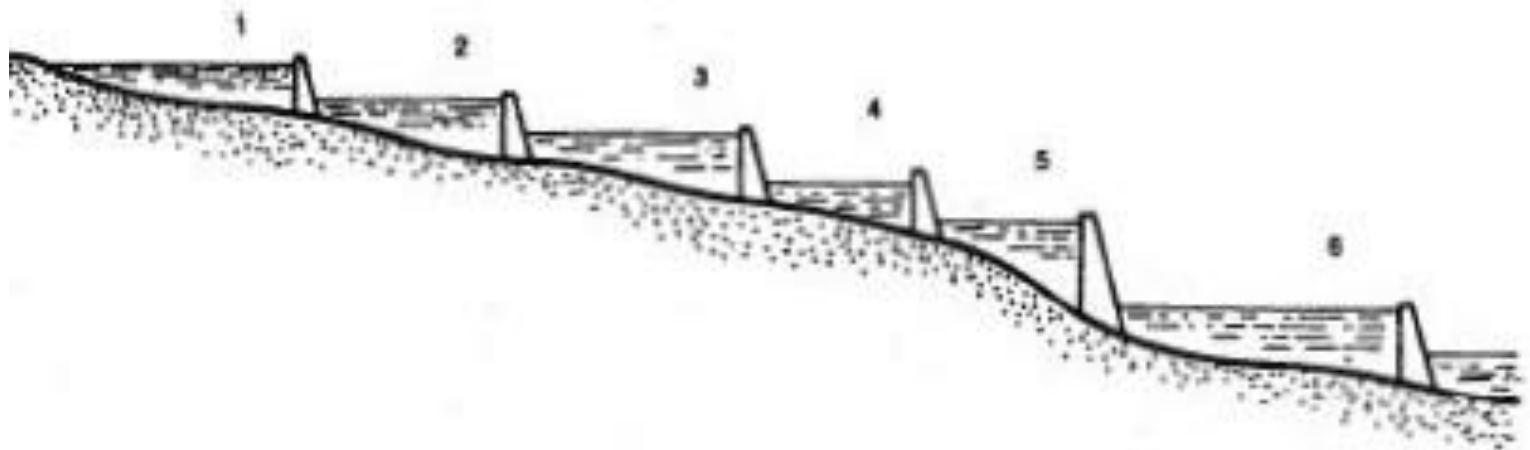
# Τεχνικά έργα των ΥΗΣ

---



Σχ. 3.42 α) Σήραγγα ελεύθερης ροής.  
β) Σήραγγα υψηλής πίεσης.

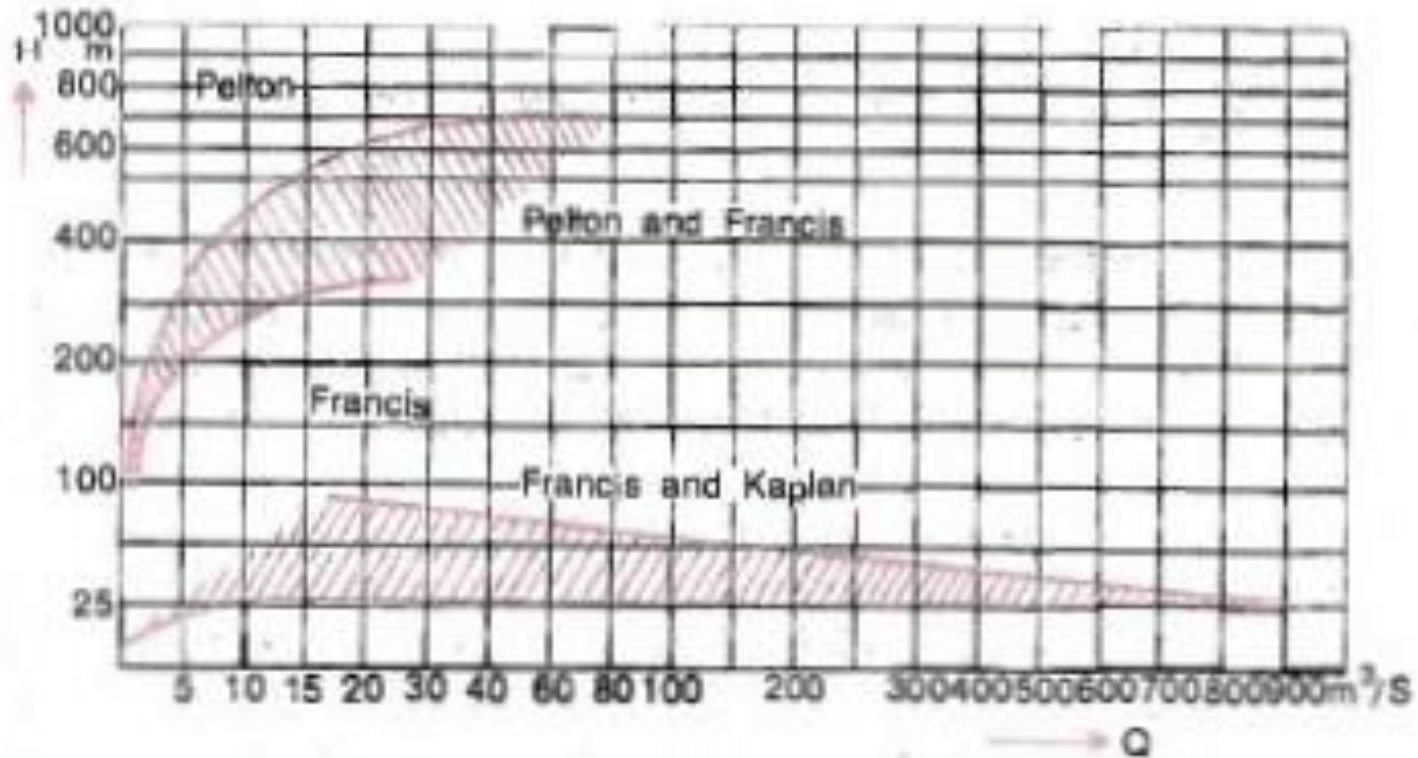
# Τεχνικά έργα των ΥΗΣ



Σχ. 3.43. Αλληπάλληλα φράγματα και σταθμοί παραγωγής στη ροή του ίδιου υδατορεύματος.

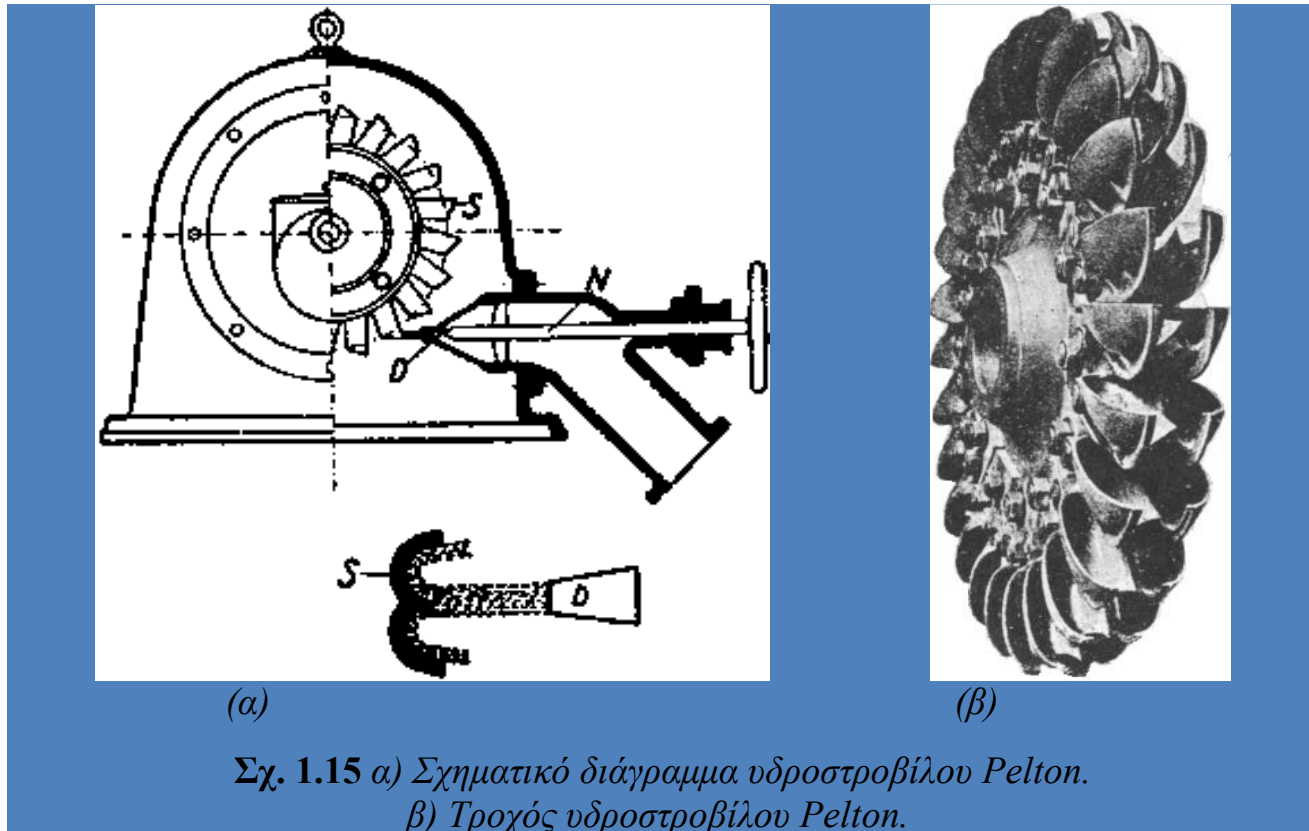


# Υδροδυναμικές κινητήριες μηχανές

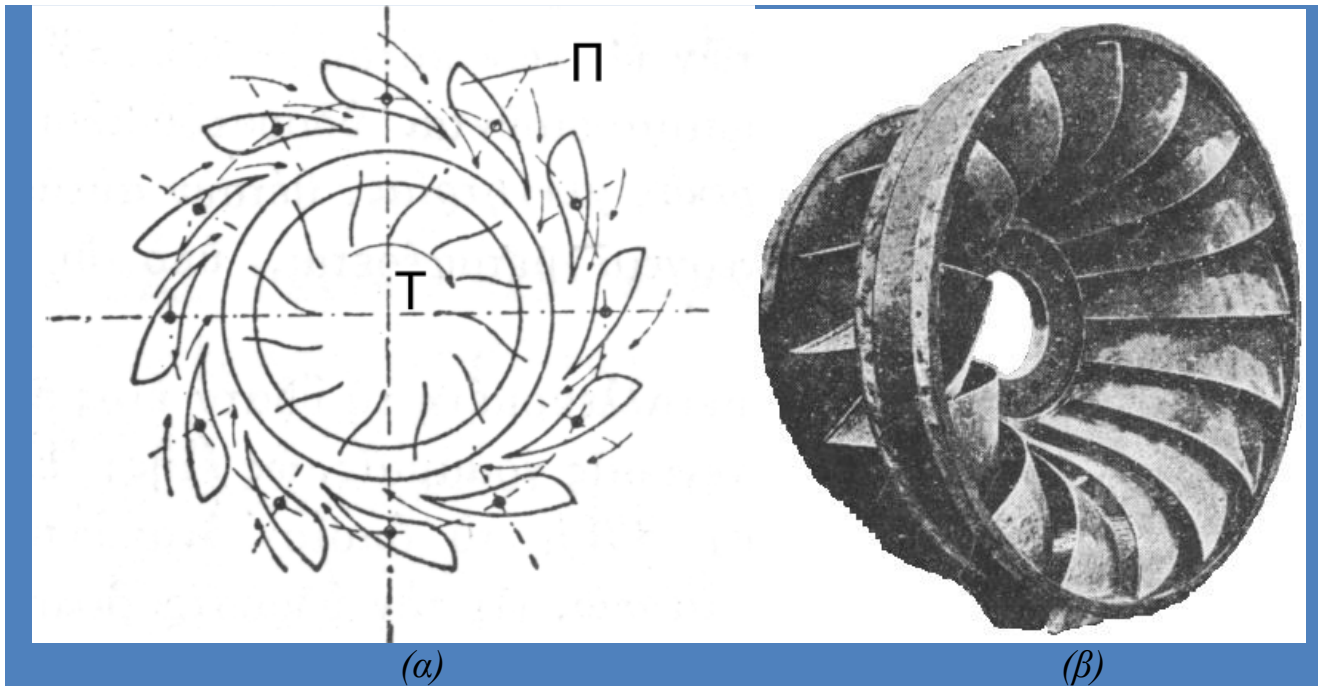


Σχ. 3.44. Διάγραμμα για την επιλογή της κατάλληλης υδροτουρμπίνας για ένα σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ανάλογα με το ύψος  $H$  και την παροχή  $Q$  του νερού.

- Ανάλογα με το  $h$ , χρησιμοποιούνται οι στροβίλοι:
- α) **Pelton**: Χρησιμοποιείται για  $h$  από 184 – 1840 m και αποτελείται από έναν υδραυλικό τροχό με σκαφίδια, στον οποίο κατευθύνεται με μεγάλη ταχύτητα το νερό με ρυθμιζόμενης ροής ακροφύσια , είναι δηλαδή **υδροστρόβιλος δράσης** στον οποίο το νερό φθάνει αποκλειστικά με κινητική ενέργεια, μέσω αγωγών πίεσης.

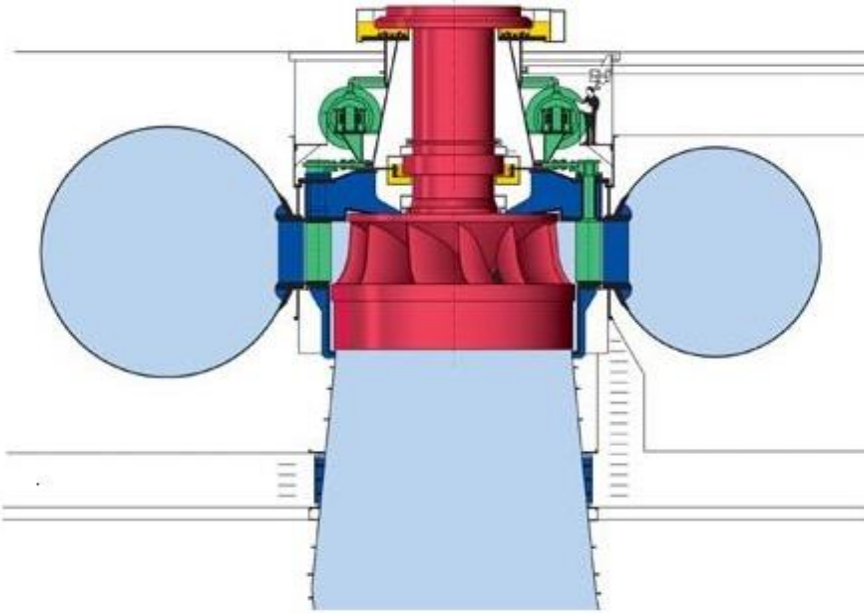


- Β) **Francis**: χρησιμοποιείται για  $h$  από 37 – 490 m και είναι **υδροστρόβιλος αντίδρασης**, δηλ το νερό έχει μικρή ταχύτητα και μεγάλη πίεση και κατά τη ροή του από τον τροχό T μειώνεται η πίεση και αυξάνεται η ταχύτητα. Η αντίδραση, που προκαλείται από τη μεταβολή της ταχύτητας, περιστρέφει τον τροχό.
- Εξωτερικά από τον τροχό υπάρχει ένας αριθμός πτερυγίων Π, που ρυθμίζουν την εισερχόμενη ροή και άρα την κινητική ενέργεια.



Σχ 1.16 α) Σχηματική παράσταση υδροστροβίλου Francis.  
β) Τροχός στροβίλου Francis.

- Γ) **Kaplan**: είναι κατάλληλος για να λειτουργεί με τη φυσική ροή ποταμών και μικρές δεξαμενές αποθήκευσης, με  $h$  μέχρι και 61m. Αυτός ο τύπος στροβίλου έχει στροφείο, που χρησιμοποιεί αξονική ροή νερού και μεταβλητό βήμα πτερυγίων, για να ρυθμίζει την κινητική ενέργεια που παρέχει στη γεννήτρια.

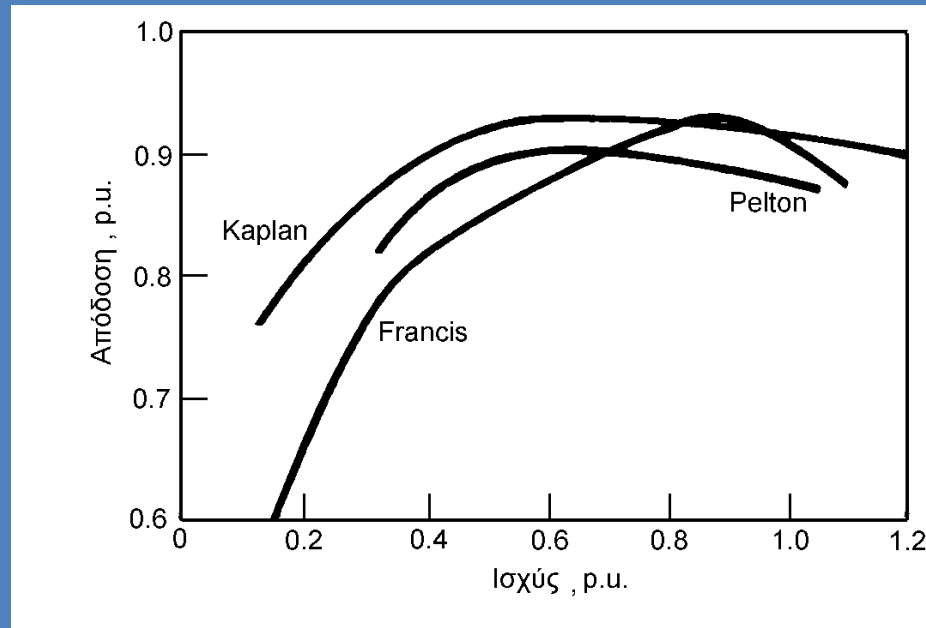


α) *Francis*



β) *Kaplan*

- Οι ΥΗΣ έχουν την ικανότητα να εκκινούν γρήγορα και να αναλαμβάνουν φορτίο σε περίπου 2-6 λεπτά, γι' αυτό όταν συνεργάζονται με θερμικούς σταθμούς είναι κατάλληλοι για την τροφοδοσία των **φορτίων αιχμής**.



Σχ. 1.20 Τυπικές καμπύλες απόδοσης υδροστροβίλων.

- $P_Y = \eta * 9.81 * Q * H$

$\eta$  απόδοση: 0.75 – 0.92

$Q$  ροή,  $m^3/s$

$H$  υψομετρική διαφορά,  $m$

---

- $P_A = 1/2 * c_p * \rho * A * U^3$

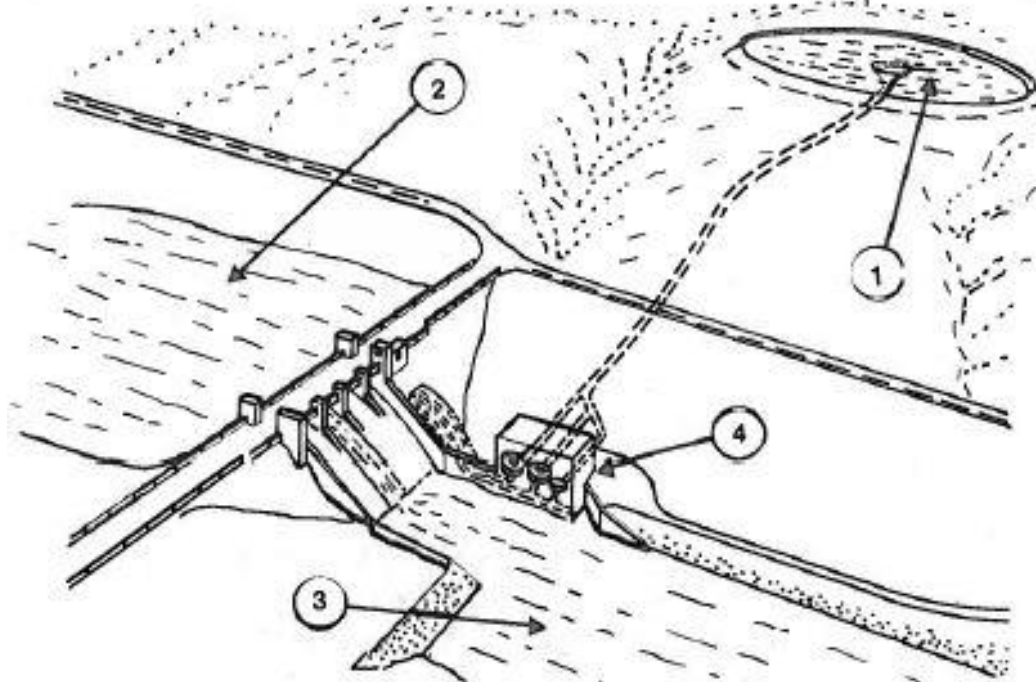
$\rho$  πυκνότητα αέρα,  $1.2 \text{ kg}/m^3$

$A$  επιφάνεια,  $m^2$

$U$  ταχύτητα αέρα,  $m/s$

$c_p$  αεροδυναμική απόδοση: 0.38 - 0.43

# Υδροδυναμικές κινητήριες μηχανές



Σχ. 3.48. Διάταξη και τομή υδροδυναμικής εγκατάστασης άντλησης-ταμείωσης.

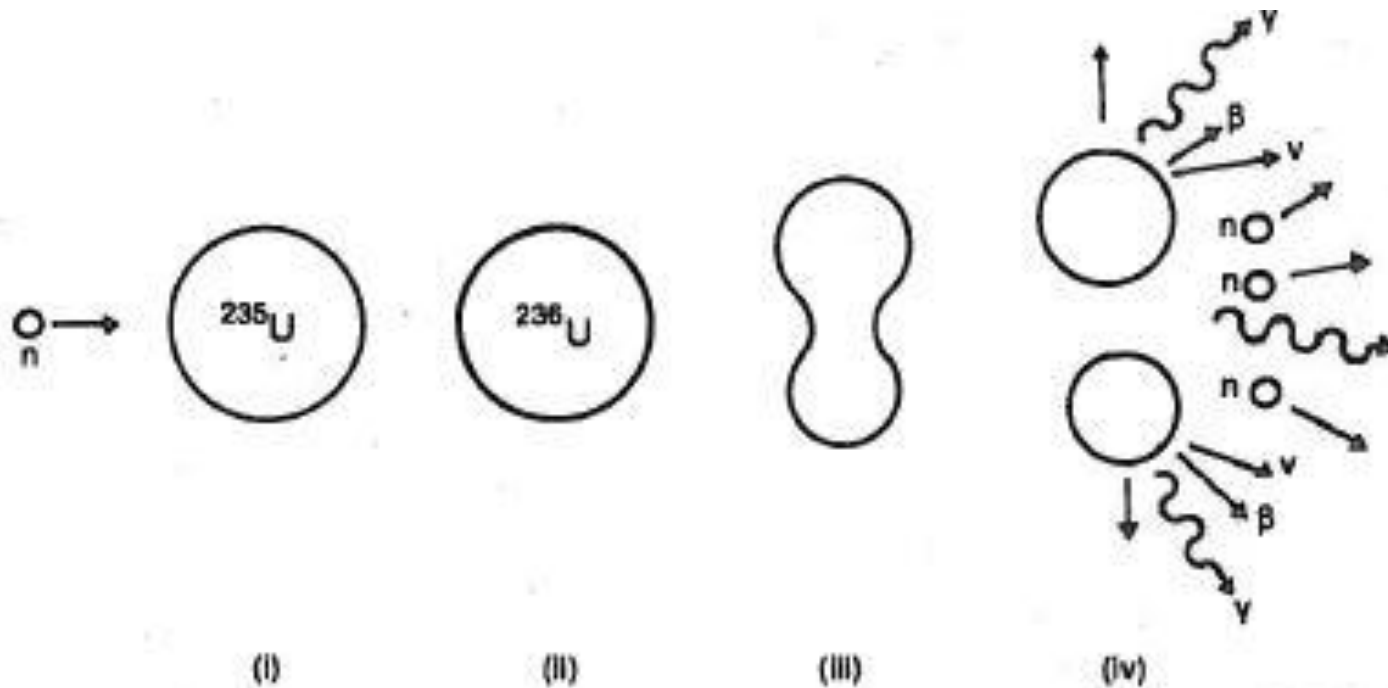
- 1: Άνω ταμειυτήρας.
- 2: Κάτω ταμειυτήρας.
- 3: Διώρυγα φυγής.
- 4: Σταθμός παραγωγής.

## ΠΥΡΗΝΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

- Μέχρι σήμερα η πυρηνική ενέργεια παράγεται από την **πυρηνική σχάση**, αλλά το πρόβλημα θα λυθεί οριστικά, όταν γίνει κατορθωτή η παραγωγή της από την πυρηνική σύντηξη.
- Όταν το **ουράνιο (U) 235** βομβαρδίζεται με βραδέως κινούμενα νετρόνια, ο πυρήνας του διασπάται σε δύο μεγάλα και περίπου ίσα τεμάχια, ενώ ταυτόχρονα παράγονται και μερικά δευτερογενή νετρόνια και **κινητική ενέργεια ίση με  $3 \times 10^{-11}$  J**.
- Τα δευτερογενή παραγόμενα νετρόνια αφού επιβραδυνθούν μέχρι μια κρίσιμη τιμή ταχύτητας (που αντιστοιχεί στη θερμική τους κίνηση), μπορούν να προκαλέσουν άλλες σχάσεις, οπότε έχουμε μια **αλυσιδωτή αντίδραση**.
- Αν η ποσότητα του σχάσιμου υλικού είναι τόσο, ώστε ένα τουλάχιστο νετρόνιο από τα παραγόμενα σε κάθε σχάση, να προκαλεί μια νέα σχάση, τότε η **αντίδραση αυτοσυντηρείται** χωρίς να απαιτείται συνεχής βομβαρδισμός με νετρόνια απ' έξω. Η ποσότητα αυτή του υλικού ονομάζεται **κρίσιμη** και είναι τόσο μικρότερη όσο καθαρότερο είναι το υλικό.



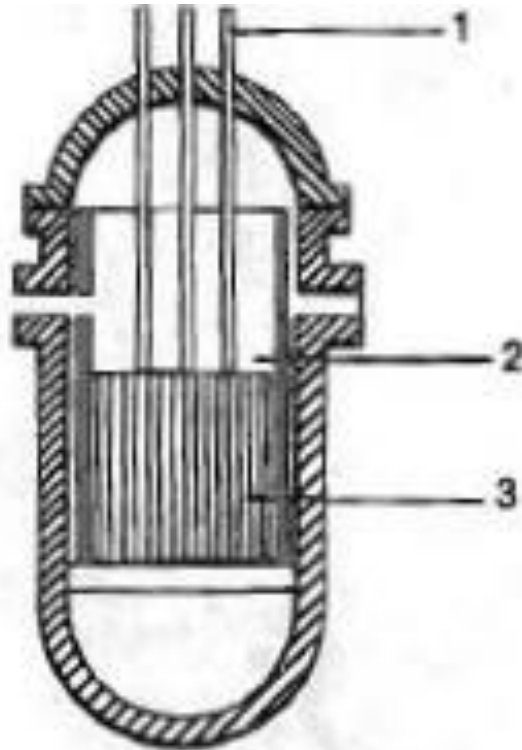
# Πυρηνικοί σταθμοί



Σχ. 3.49. Σχάση πυρήνα U-235.

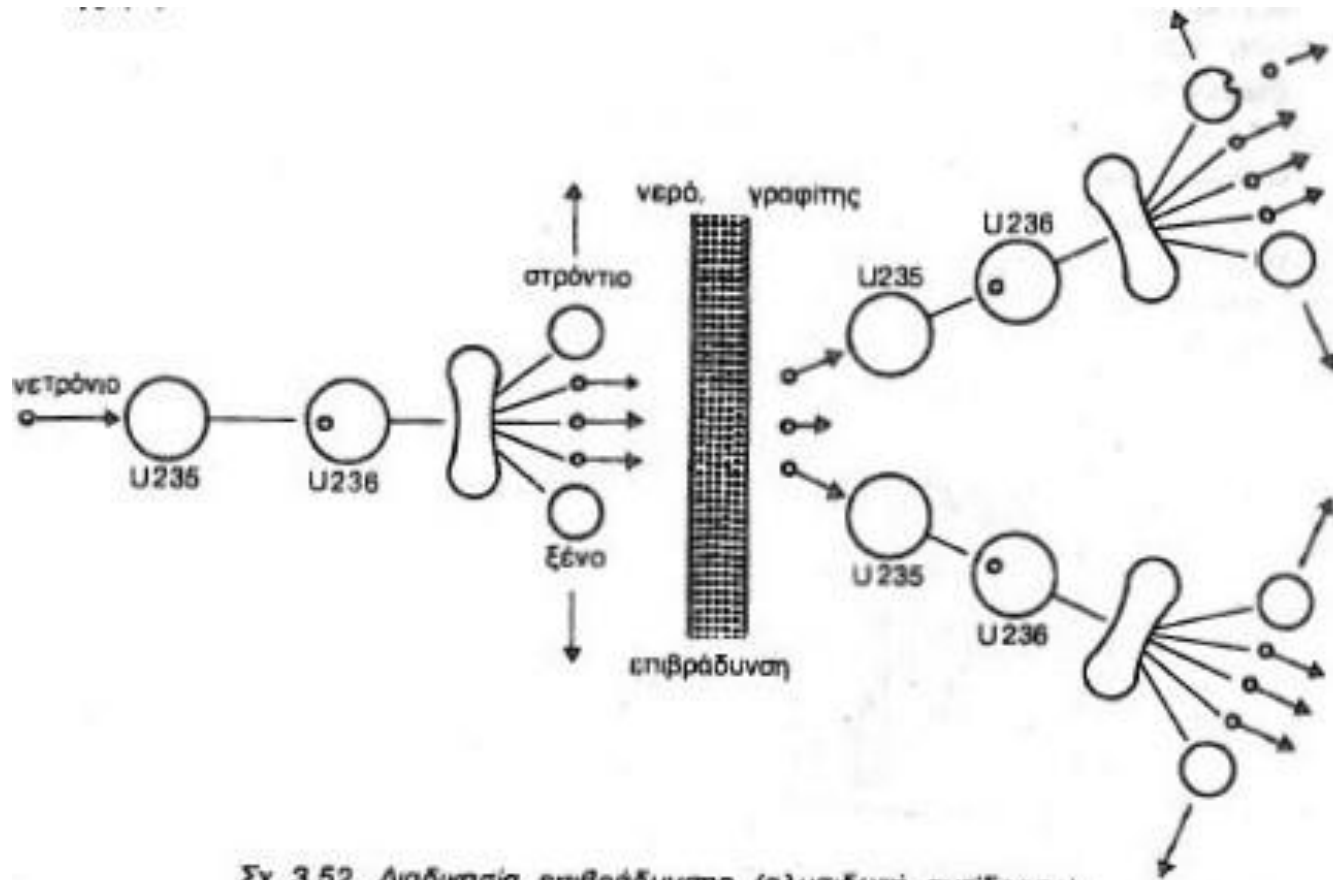
# Πυρηνικοί σταθμοί

---



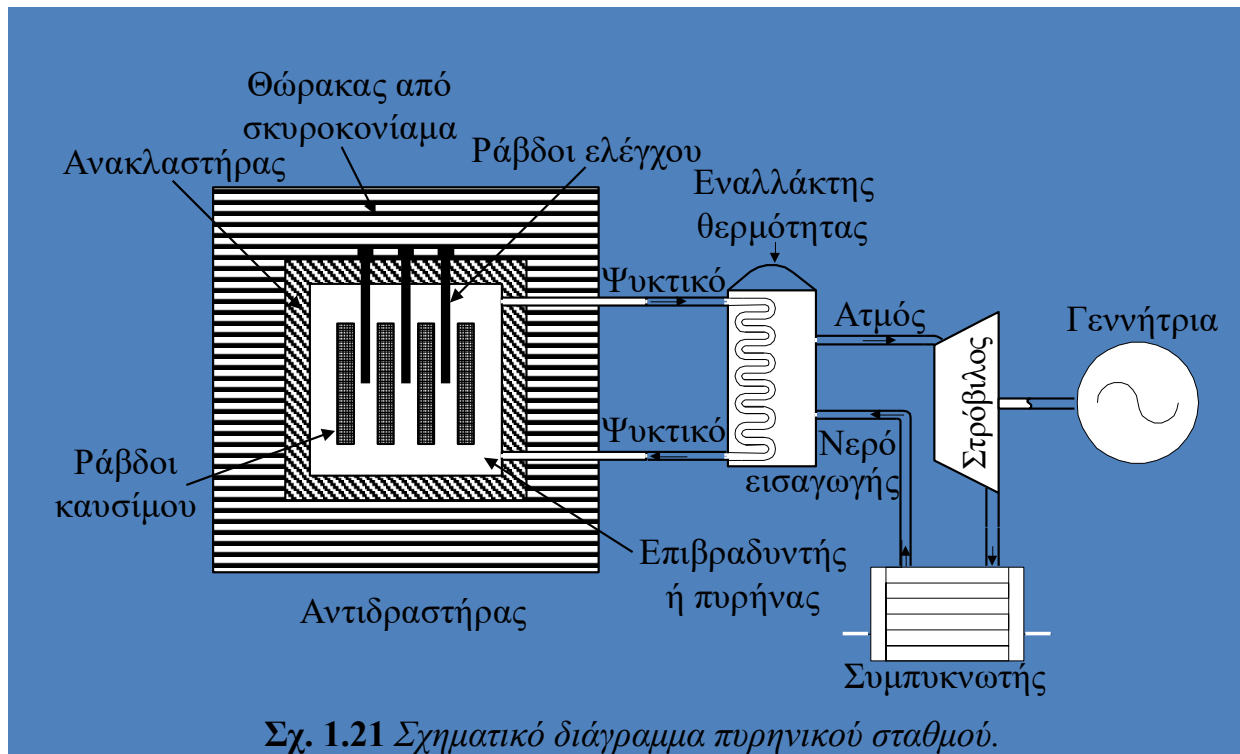
Σχ. 3.51. Πυρηνικός αντιδραστήρας. 1. Ράβδοι ελέγχου, 2. επιβραδυντής, 3. καυσοστοιχεία.

# Πυρηνικοί σταθμοί



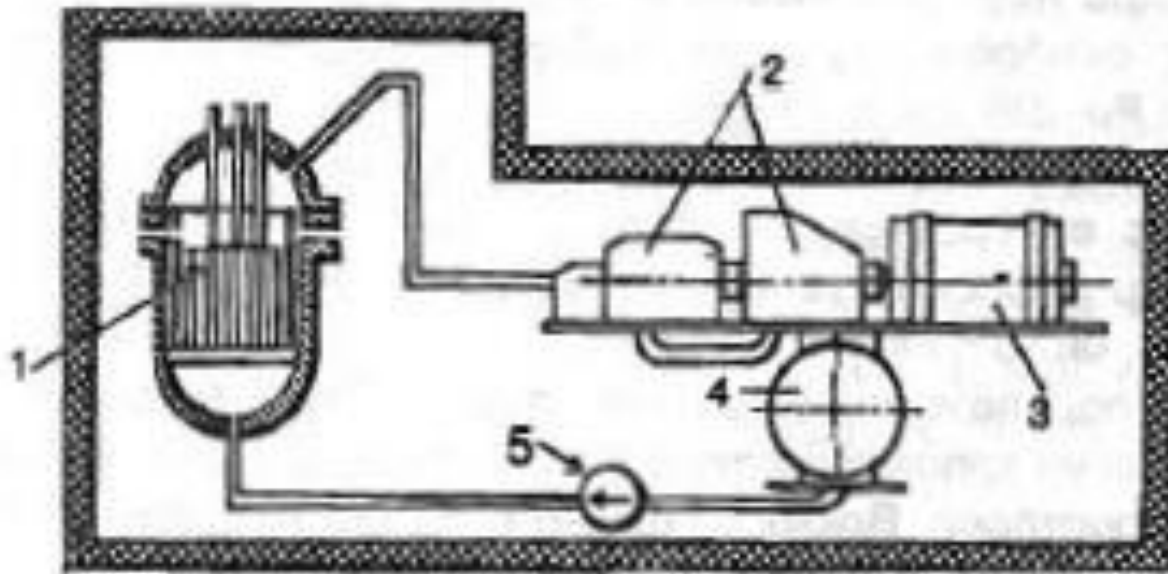
Σχ. 3.52. Διαδικασία επιβράδυνσης (αλυσιδωτή αντίδραση).

- Στους συμβατικούς αντιδραστήρες για την επιβράδυνση των νετρονίων χρησιμοποιείται ο **επιβραδυντής ή πυρήνας**, που είναι υλικό μικρού ατομικού βάρους (π.χ γραφίτης, βαρύ ύδωρ ή και κοινό νερό).
- Για τον έλεγχο του ρυθμού των διασπάσεων στον αντιδραστήρα, χρησιμοποιούνται κινητές πλάκες **καδμίου ή βορίου**, που απορροφούν κάποιο ποσοστό των παραγόμενων νετρονίων.
- Για να περιοριστούν οι απώλειες των νετρονίων στο περιβάλλον, ο πυρήνας του αντιδραστήρα περιβάλλεται με τον **ανακλαστήρα**, υλικό μικρού ατομικού βάρους (π.χ γραφίτης) που επαναφέρει στο εσωτερικό του αντιδραστήρα μεγάλο ποσοστό των νετρονίων.
- Για την προστασία των χειριστών του αντιδραστήρα, αυτός περιβάλλεται από ένα παχύ στρώμα **σκυροδέματος**.
- Η **κινητική ενέργεια των θραυσμάτων της σχάσης** μετατρέπεται σε θερμότητα, που μεταφέρεται σε ένα εναλλάκτη θερμότητας με το πρωτεύον ψυκτικό (π.χ. CO<sub>2</sub>, βαρύ ύδωρ, υγρό νάτριο κ.λ.π).
- Ατμός παράγεται στον εναλλάκτη θερμότητας και χρησιμοποιείται με συμβατικό τρόπο παράγοντας ενέργεια μεσω **ατμοστρόβιλων!**



- Έχουν αναπτυχθεί διαφορετικοί αντιδραστήρες ανάλογα με το καύσιμο και το ψυκτικό υλικό που χρησιμοποιούν.
- Δύο βασικοί τύποι που χρησιμοποιούνται είναι οι αντιδραστήρες *πεπιεσμένου νερού* και *ζέοντος νερού*.

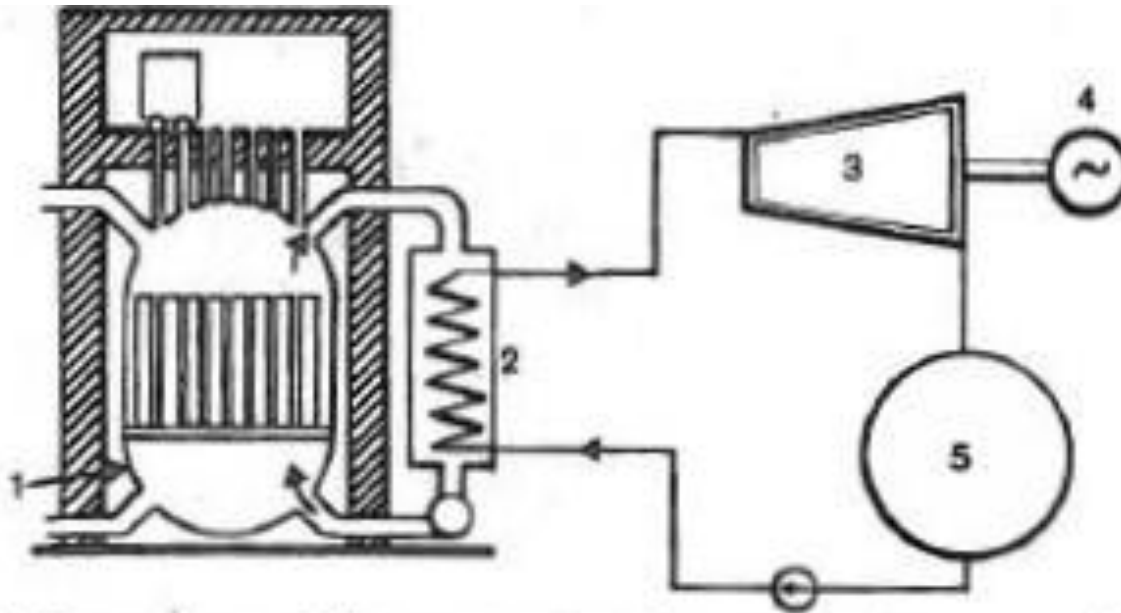
# Πυρηνικοί σταθμοί



Σχ. 3.53. Αντδραστήρας ζέοντος νερού

όπου: 1: αντδραστήρας, 2: στρόβιλος, 3: γεννήτρια, 4: συμπικνωτής, 5: αντλία.

# Πυρηνικοί σταθμοί



Σχ. 3.54, Πυρηνικός σταθμός με αντιδραστήρα πεπιεσμένου νερού όπου  
1: πυρηνικός αντιδραστήρας, 2: εναλλάκτης, 3: στρόβιλος, 4: γεννήτρια, 5: ψυ  
γειό.