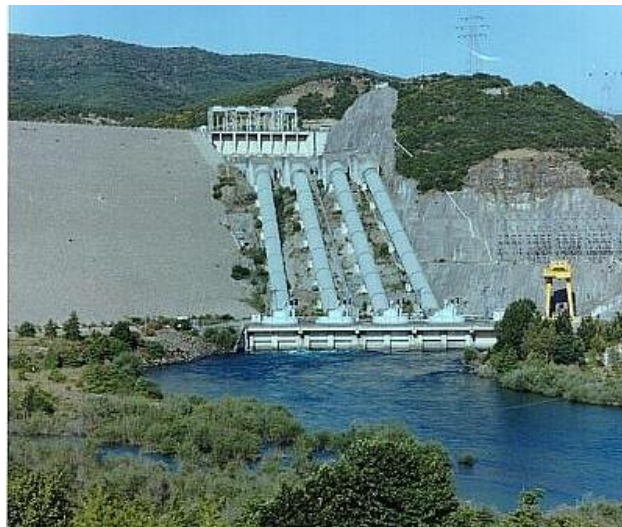


Ανανεώσιμη Ενέργεια & Υδροηλεκτρικά Έργα

8^ο εξάμηνο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών

2^ο εξάμηνο ΔΠΜΣ Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων

Γνωριμία με το μάθημα – Βασικές έννοιες ενεργειακής τεχνολογίας



Α. Ευστρατιάδης, Γ.-Κ. Σακκή, & Δ. Κουτσογιάννης

Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ακαδημαϊκό έτος 2021-22

Σκοπός: σχεδιασμός έργων/συστημάτων ΑΠΕ

□ Υδροηλεκτρικά έργα:

- Μικρά υδροηλεκτρικά έργα
 - Νομική διάκριση, με βάση το θεσμικό όριο των 15 MW
 - Πιο δόκιμος όρος: έργα παραγωγής Υ/Η ενέργειας χωρίς ταμίευση νερού
 - Άμεση μετατροπή της διαθέσιμης υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική
 - Μεγάλη ποικιλία διατάξεων
- Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα (ταμιευτήρες)
 - Ταμιευτήρες → φράγματα
 - Έλεγχος ενεργειακής παραγωγής λόγω της αποθήκευσης νερού, που επιτυγχάνουν αναρρύθμιση των εισροών
 - Συνδυάζονται με άλλες χρήσεις νερού

□ Άλλες μορφές ΑΠΕ που εξετάζει το μάθημα:

- Έργα αιολικής ενέργειας
- Φωτοβολταϊκά έργα
- Υβριδικά έργα (μίξη διαφορετικών ΑΠΕ με συμβατικές μονάδες παραγωγής)
- Συνδυασμένα συστήματα ανανεώσιμων πηγών και αντλησιοταμίευσης

Χρονοδιάγραμμα ακαδημαϊκού έτους 2021-22

Ημερομηνία	Περιγραφή	Άσκηση
21/2/2022	Εισαγωγή - Βασικές έννοιες ενεργειακής τεχνολογίας	
28/2/2022	Γενικές διατάξεις υδροενεργειακών έργων	
14/3/2022	Αγωγοί πτώσης και στρόβιλοι	ΑΣΚ1
21/3/2022	Υδροηλεκτρικοί ταμιευτήρες (1)	
28/3/2022	Υδροηλεκτρικοί ταμιευτήρες (2)	
4/4/2022	Υδροηλεκτρικοί ταμιευτήρες (3)	ΑΣΚ2
11/4/2022	Οικονομικά της ενέργειας	
2/5/2022	Μικρά υδροηλεκτρικά έργα (1)	
9/5/2022	Μικρά υδροηλεκτρικά έργα (2)	ΑΣΚ3
16/5/2022	Αιολική & ηλιακή ενέργεια	
23/5/2022	Ενεργειακό μίγμα	ΑΣΚ4
30/5/2022	Τελευταία παράσταση	

Πρόσθετες εκπαιδευτικές δράσεις:

- Επίσκεψη στο Εργαστήριο Υδροδυναμικών Μηχανών της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ
- Διήμερη εκπαιδευτική εκδρομή (φράγμα Μόρνου, κανάλι Μόρνου, ΜΥΗΣ Γκιώνας)

Θεμελιώδεις έννοιες

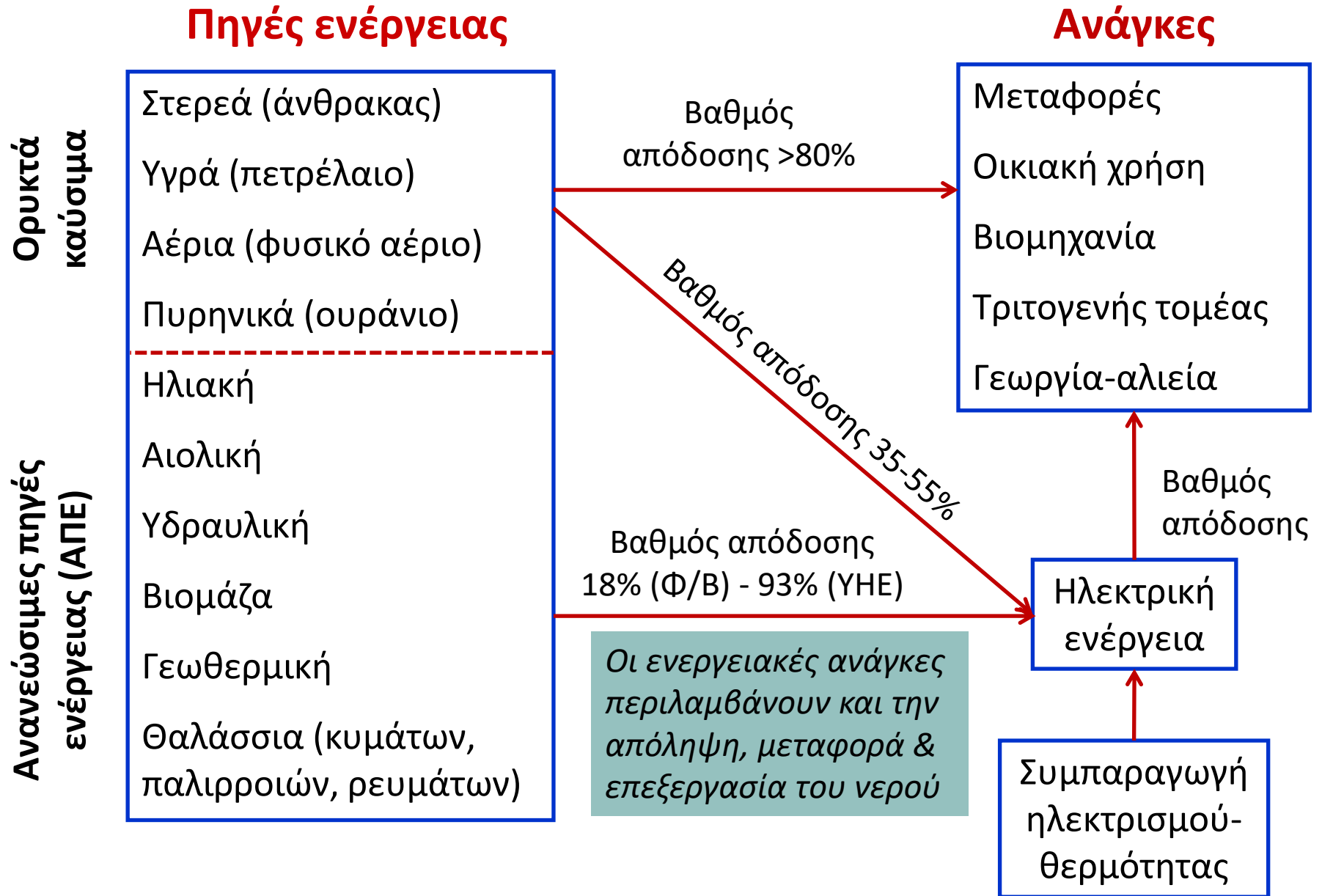
- Γενική σχέση μετατροπής της ενέργειας από μια αρχική μορφή σε μια άλλη:

$$\underline{p} = \eta(\underline{x}) p_0(\underline{x})$$

όπου \underline{p} η παραγόμενη ισχύς, \underline{x} η ροή του καυσίμου, $p_0(\underline{x})$ η εισερχόμενη ισχύς και $\eta(\underline{x}) < 1$ η σχέση μετασχηματισμού, που εκφράζεται μέσω του **βαθμού απόδοσης**.

- Τυπικές μορφές ροής καυσίμου στην μετατροπή της ανανεώσιμης ενέργειας σε ηλεκτρισμό είναι η υδραυλική και αιολική ενέργεια (ροή ρευστού) και η ροή ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η παραγωγή ενέργειας είναι η χρονική ολοκλήρωση της ισχύος \underline{p} .
- Στη γενική περίπτωση:
 - Η σχέση $\eta(\underline{x})$ είναι έντονα μη γραμμική, αλλά υπό προϋποθέσεις μπορεί να θεωρηθεί σταθερός βαθμός απόδοσης, όταν η μονάδα παραγωγής λειτουργεί με σταθερή ροή καυσίμου.
 - Απαιτείται μια ελάχιστη ροή καυσίμου ώστε να ξεκινήσει η παραγωγή ισχύος.
 - Η παραγωγή ισχύος λαμβάνει μια μέγιστη τιμή, που καλείται **ονομαστική ισχύς**.
 - Ο βαθμός απόδοσης δεν γίνεται κατ' ανάγκη μέγιστος στην ονομαστική ισχύ.
- Ο λόγος της παραγόμενης ενέργειας προς τη δυνητική ενέργεια που θα μπορούσε να παραχθεί με συνεχή λειτουργία του έργου στην ονομαστική του ισχύ καλείται **συντελεστής δυναμικότητας**.

Γενική διάκριση πηγών ενέργειας και αναγκών



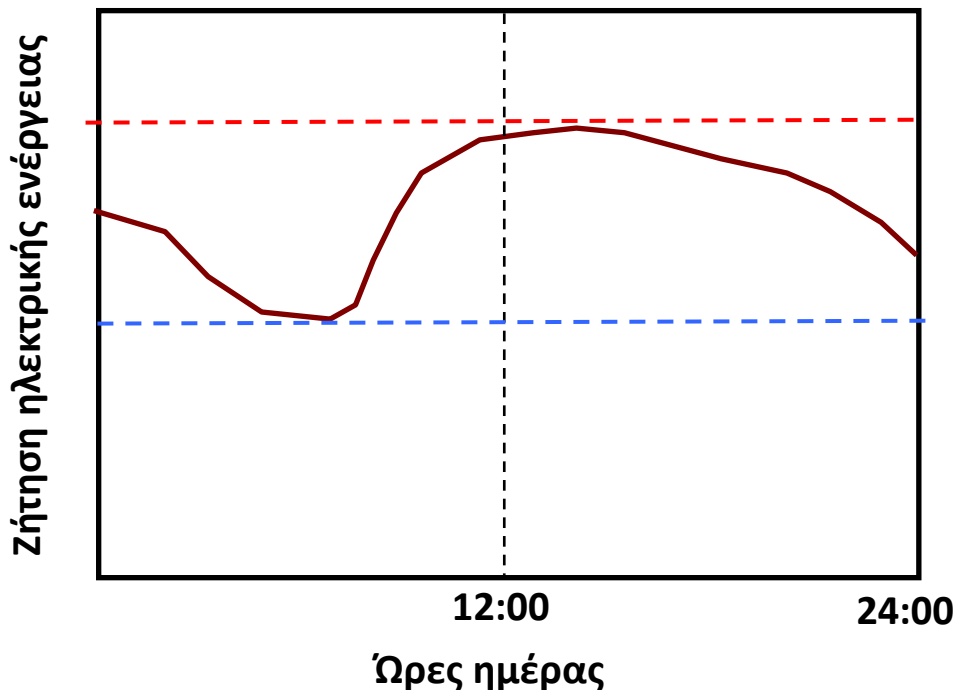
Βασικά χαρακτηριστικά ηλεκτρικής ενέργειας

- Ο συνήθης τρόπος για να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα έγκειται στην περιστροφή ενός πηνίου εντός μαγνητικού πεδίου (**ηλεκτρομαγνητική επαγωγή**).
- Συνεπώς, αρχικά απαιτείται μια **εξωτερική πηγή ενέργειας** ώστε να παραχθεί **μηχανικό έργο** για την περιστροφή του πηνίου:
 - Σε συστήματα **καύσης** (ορυκτά καύσιμα, γεωθερμία), το μηχανικό έργο προκύπτει μέσω της **παραγωγής ατμού**.
 - Στα συστήματα **αιολικής, υδραυλικής και θαλάσσιας** ενέργειας (κύματα, ρεύματα, παλίρροιες), το έργο αποδίδεται μέσω της κίνησης ενός ρευστού.
 - Εξαίρεση: ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκές μονάδες
- Βασικά πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η **ευκολία μεταφοράς της από τις πηγές στην κατανάλωση** και η **ευκολία μετατροπής της σε άλλες μορφές ενέργειας** (θερμότητα, ακτινοβολία, μηχανική ενέργεια, χημική ενέργεια).
- Το βασικό μειονέκτημα είναι η **μη δυνατότητα αποθήκευσής της**, παρά μόνο σε πολύ μικρή κλίμακα, που επιβάλλει συγχρονισμό της παραγόμενης ενέργειας με την ζήτηση.
- Χαρακτηριστικά πηγών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας:
 - Έλεγχος της παραγωγής σε πραγματικό χρόνο
 - Προβλεψιμότητα παραγωγής, σε διάφορες χρονικές κλίμακες
 - Τεχνικά ζητήματα (χρόνος απόκρισης, σύνδεση στο δίκτυο μεταφοράς)

Διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας

Η τροφοδότηση του ηλεκτρικού δικτύου διέπεται από δύο βασικούς περιορισμούς:

- Το δίκτυο πρέπει να τροφοδοτείται συνεχώς, με τόση ενέργεια όση καταναλώνεται (μόνο πολύ μικρές αποκλίσεις μπορούν να απορροφηθούν από το δίκτυο μεταφοράς, της τάξης του 1-2%). Συνεπώς, **η παραγωγή ενέργειας πρέπει να μεταβάλλεται συνεχώς και να προσαρμόζεται στη ζήτηση.**
- **Ο χρόνος ενεργοποίησης και μεταβολής του φορτίου των σταθμών παραγωγής είναι διαφορετικός.** Η τάξη μεγέθους είναι ημέρες για τις λιγνιτικές μονάδες, ώρες ή λεπτά για τους σταθμούς φυσικού αερίου, και λεπτά για τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς.



Οι αιχμές ζήτησης φορτίου καθορίζουν τη συνολική ισχύ που πρέπει να υπάρχει εγκατεστημένη (μονάδες αιχμής)

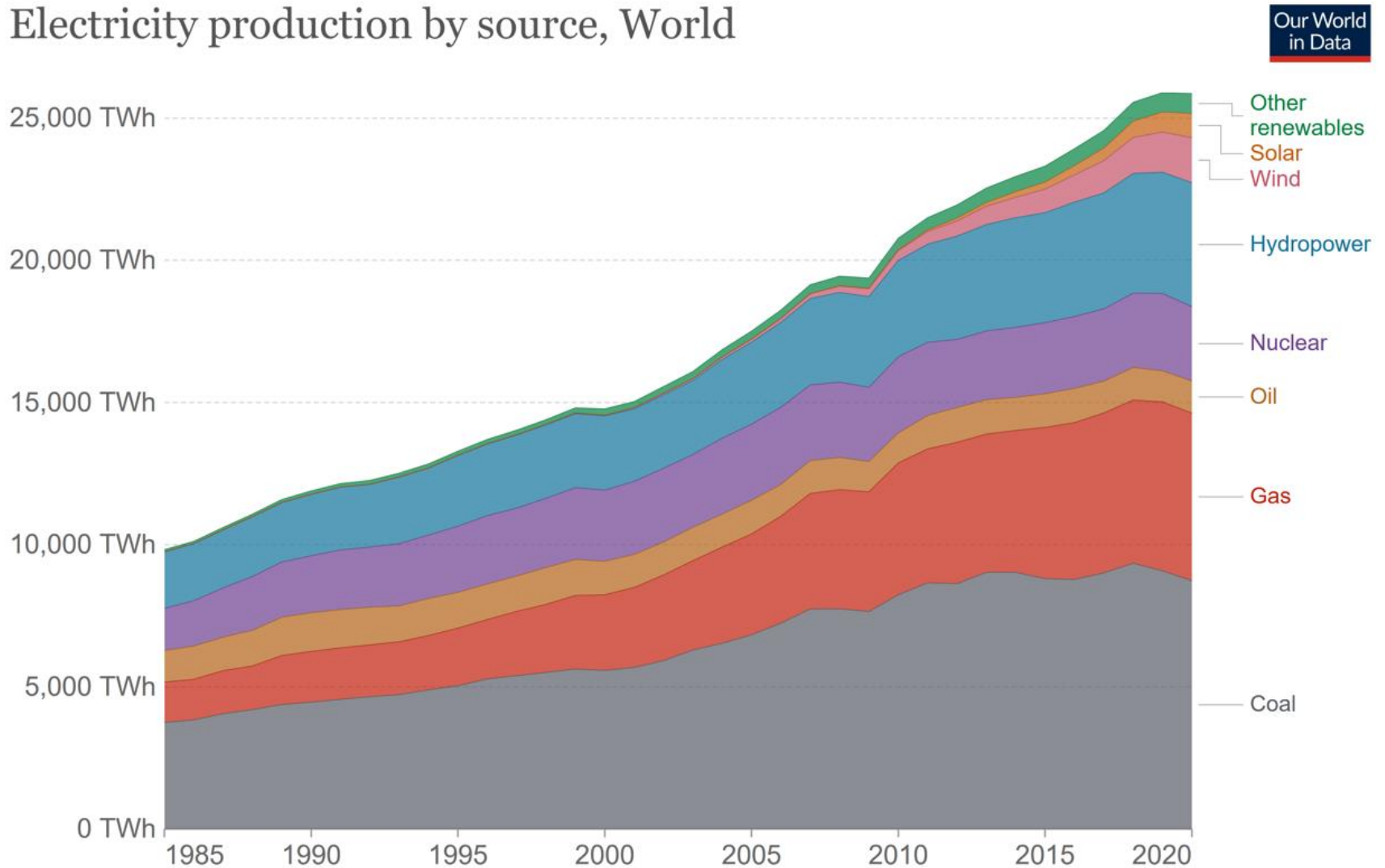
Το κατώφλι ζήτησης φορτίου καθορίζει την τιμή της ισχύος που αδιάλειπτα πρέπει να παρέχεται (μονάδες βάσης)

Τεχνολογικές και άλλες προκλήσεις των ΑΠΕ

- ❑ **Ανταγωνιστικά κριτήρια σχεδιασμού**, σε μεμονωμένα έργα ή συστήματα έργων:
 - ❑ Ελαχιστοποίηση κόστους
 - ❑ Μεγιστοποίηση ενεργειακής παραγωγής
 - ❑ Ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- ❑ Εξάρτηση από **τυχαία μεταβαλλόμενες υδρομετεωρολογικές διεργασίες** (βροχόπτωση-απορροή, άνεμος, ηλιακή ακτινοβολία)
 - ❑ Μη προβλέψιμη ηλεκτροπαραγωγή, σε όλες τις χρονικές κλίμακες
 - ❑ Επίδραση στον σχεδιασμό: βελτιστοποίηση υπό καθεστώς αβεβαιότητας
 - ❑ Επίδραση στη λειτουργία:
 - ❑ Πρόγνωση φυσικών διεργασιών → πρόγνωση ενεργειακής παραγωγής (σε διάφορες χρονικές κλίμακες, οπωσδήποτε 24ωρη)
 - ❑ Βελτιστοποίηση διαχείρισης (μόνο σε μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα)
- ❑ **Αδυναμία συγχρονισμού παραγωγής και ζήτησης**
 - ❑ Μίξη διαφόρων πηγών ενέργειας, με διαφορετικά χαρακτηριστικά
 - ❑ Αναγκαιότητα συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας
 - ❑ Αξιοποίηση πλεονασμάτων ενέργειας
 - ❑ Διαχείριση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας – κίνητρα για εξομάλυνση των αιχμών

Παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (1985-2020)

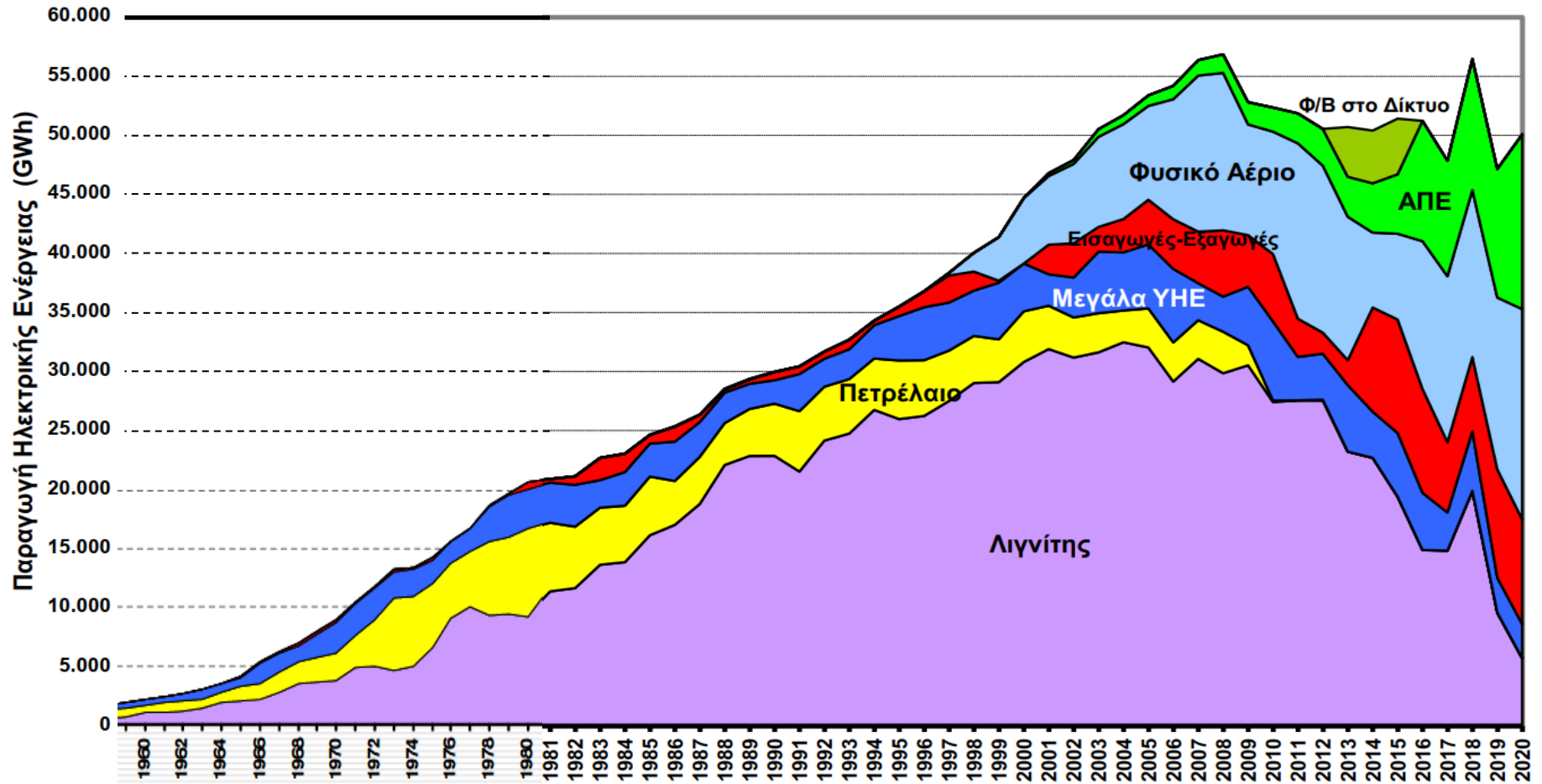
Electricity production by source, World



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember (2021)
Note: 'Other renewables' includes biomass and waste, geothermal, wave and tidal.

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Διαχρονική εξέλιξη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα – Διασυνδεδεμένο σύστημα (1957-2020)

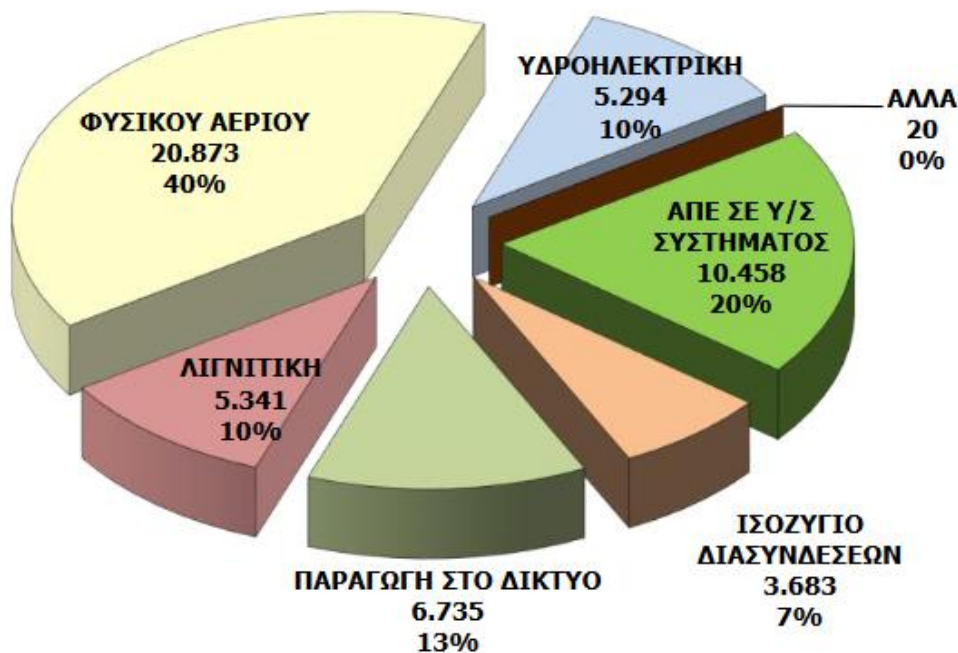


Πηγή: Στεφανάκος, Ι., Ο ρόλος των υδροηλεκτρικών έργων στο ενεργειακό σύστημα της χώρας, Ημερίδα: *Ενεργειακή αυτοδυναμία της Ελλάδας στα πλαίσια της ευρωπαϊκής πολιτικής για την ενέργεια*, Ακαδημία Αθηνών, 2021.

Μίγμα ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (έτος 2021)

Εγκατεστημένη ισχύς μονάδων ηλεκτροπαραγωγής: **19 783 MW** (έναντι 19 407 MW το 2020)

- Μονάδες φυσικού αερίου: 5 213 MW (148 MW ΣΥΘΗΑ)
- Αιολικές μονάδες: 4 338 MW
- Μεγάλες Φ/Β μονάδες: 3 535 MW (+ 352 MW Φ/Β στη στέγη < 10 kW)
- Υδροηλεκτρικές μονάδες (ταμιευτήρες): 3 171 MW
- Λιγνιτικές μονάδες: 2 816 MW (μείωση κατά 1 088 MW σε σχέση με 2020)
- Μικρά υδροηλεκτρικά έργα: 250 MW
- Βιομάζα – βιοαέριο: 108 MW



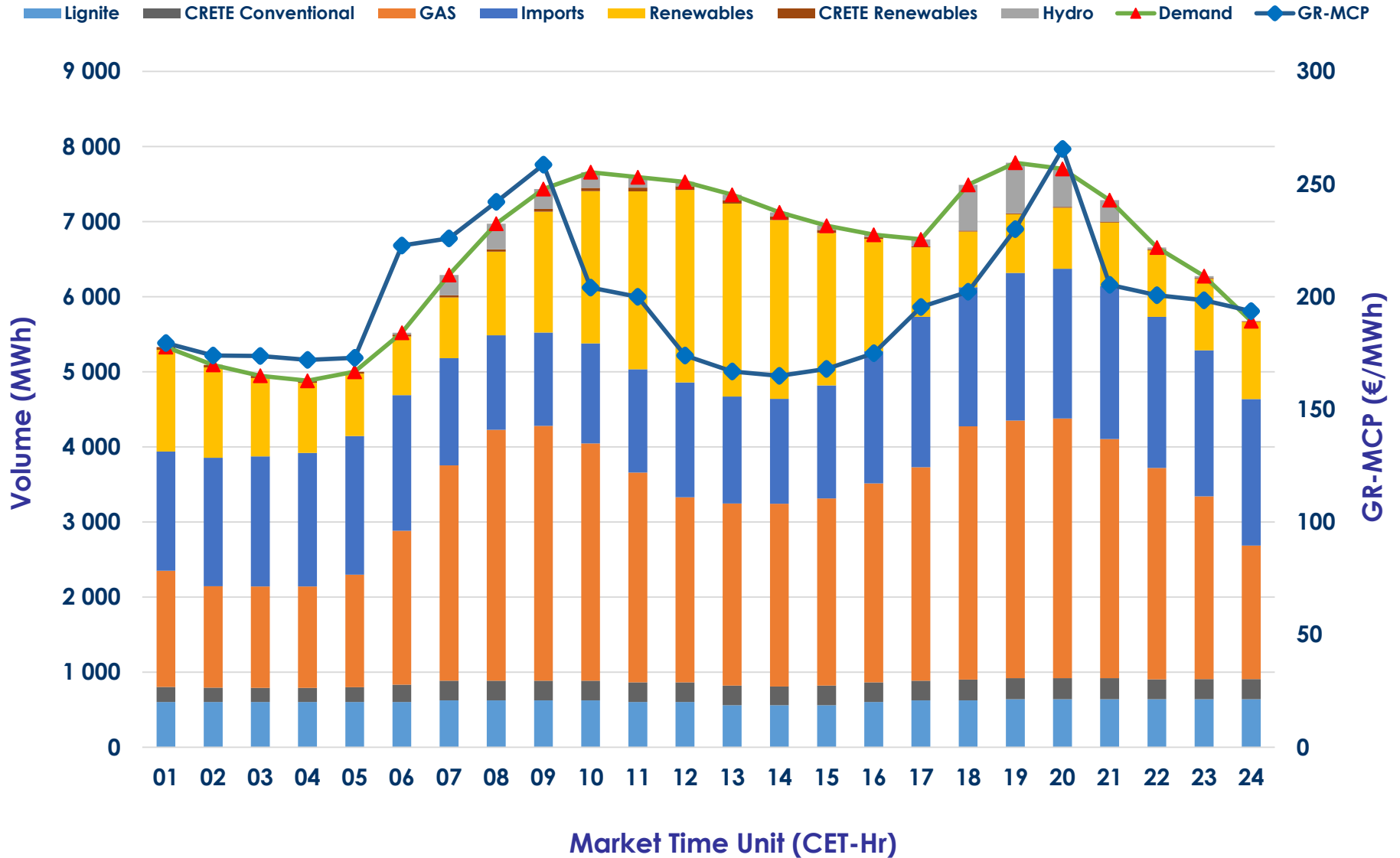
Παραγωγή ενέργειας και ισοζύγιο διασυνδέσεων (= εισαγωγές - εξαγωγές): **52 404 GWh**

Ελάχιστη ζήτηση ωριαίας ισχύος: **3 204 MW** (3/5/2021 7:00 πμ)

Μέγιστη ζήτηση ωριαίας ισχύος: **10 715 MW** (5/8/2021 15:00 μμ)

Πηγές: ΑΔΜΗΕ, *Μηνιαίο Δελτίο Ενέργειας*, Δεκέμβριος 2021, και ΔΑΠΕΕΠ, *Συνοπτικό Πληροφοριακό Δελτίο Α.Π.Ε. & ΣΗΘΥΑ*, Νοέμβριος 2021

Η ελληνική αγορά ενέργειας στις 17/2/2022



Αντί επιλόγου

