

## Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος

### Μάθημα: Ανανεώσιμη Ενέργεια και Υδροηλεκτρικά Έργα

Ακαδημαϊκό έτος: 2024-25

Επαναληπτική εξέταση Σεπτεμβρίου 2025 – Διάρκεια εξέτασης 2:30΄

Όνοματεπώνυμο: .....

#### Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (5 × 0.4 = 2.0 μονάδες, με συνοπτική αιτιολόγηση)

1. Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, ένας σταθμός παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας που τοποθετείται στον πόδα υψηλού (π.χ. 50-100 m) φράγματος θεωρείται:
  - μικρό υδροηλεκτρικό έργο.
  - μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο.
  - δεν μπορούμε να αποφανθούμε.
2. Σε συνθήκες καύσωνα, τα φωτοβολταϊκά πάνελ:
  - Λειτουργούν με τη μέγιστη απόδοση.
  - Λειτουργούν με μειωμένο βαθμό απόδοσης.
  - Παύουν να λειτουργούν, για λόγους ασφαλείας.
3. Σε σύστημα αντλησιοταμίευσης κλειστού κυκλώματος, διαμορφώνονται:
  - μια δεξαμενή μεγάλης χωρητικότητας στο υψηλό σημείο και μια μικρότερη στο χαμηλό.
  - μια δεξαμενή μεγάλης χωρητικότητας στο χαμηλό σημείο και μια μικρότερη στο υψηλό.
  - δύο δεξαμενές ίσης χωρητικότητας.
4. Η ισχύς που αποδίδει μια ανεμογεννήτρια:
  - παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις σε όλο το εύρος ταχυτήτων ανέμου.
  - αυξάνει γραμμικά μέχρι την τυπική τιμή των 1000 W και μετά σταθεροποιείται.
  - είναι πρακτικά σταθερή για σημαντικό εύρος ταχυτήτων ανέμου.
5. Σε ποια περίπτωση ενδέχεται να είναι επιθυμητή η τοποθέτηση του σταθμού παραγωγής σε αρκετά μεγάλη απόσταση κατάντη του φράγματος;
  - Σε έντονο ανάγλυφο.
  - Σε ήπιο ανάγλυφο.
  - Μόνο όταν αυτό επιβάλλεται για περιβαλλοντικούς λόγους.

#### Άσκηση 1 (1.5 μονάδες)

Το υδροηλεκτρικό έργο των Κρεμαστών, το οποίο είναι το μεγαλύτερο της χώρας, περιλαμβάνει ταμιευτήρα, κατώτατης και ανώτατης στάθμης λειτουργίας +227 και +282 m, αντίστοιχα, και σταθμό παραγωγής αποτελούμενο από τέσσερις όμοιους στροβίλους Francis, ισχύος 109.3 MW έκαστος, με υψόμετρο εξόδου +143.5 m. Η μέση ετήσια απορροή του ποταμού εκτιμάται σε 3200 hm<sup>3</sup>, οι διαφυγές από τον ταμιευτήρα εκτιμώνται σε 6.0 m<sup>3</sup>/s, ενώ η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας ανέρχεται σε 850 GWh. Με βάση τις παραπάνω πληροφορίες, και υποθέτοντας έναν τυπικό βαθμό απόδοσης του συστήματος:

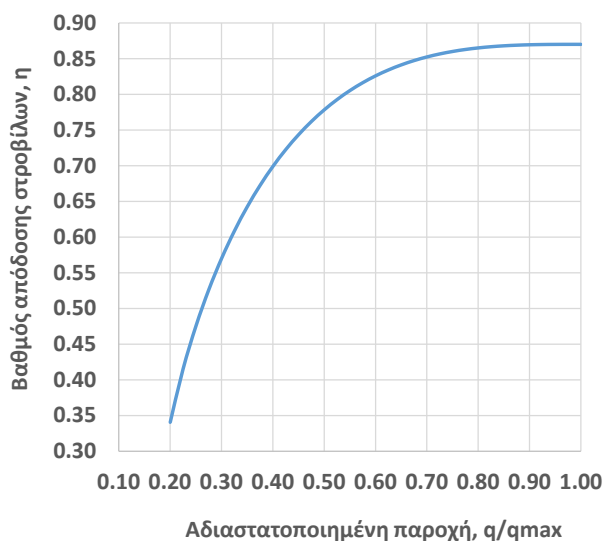
(α) Εκτιμήστε το μέσο ακαθάριστο ύψος πτώσης, δεδομένου ότι το ποσοστό των υδραυλικών απωλειών κατά την προσαγωγή του νερού ανέρχεται σε 5%. (0.5 μονάδες)

(β) Αιτιολογήστε την επιλογή του συγκεκριμένου τύπου στροβίλων. (0.5 μονάδες)

(γ) Αντιπαραβάλλετε την παραγόμενη ενέργεια με την ισχύ του συστήματος προκειμένου να τεκμηριώσετε τον ρόλο του έργου στο ενεργειακό μίγμα της χώρας. (0.5 μονάδες)

## Άσκηση 2 (2.5 μονάδες)

ΜΥΗΕ εκτροπής, με καθαρό ύψος πτώσης 180 m, το οποίο περιλαμβάνει δύο στροβίλους διαφορετικής ισχύος, παράγει σε μέση ετήσια βάση 10.0 GWh, με συντελεστή δυναμικότητας 38%. Στο γράφημα δίνεται η σχέση μεταβολής του βαθμού απόδοσης των στροβίλων, ενώ ο βαθμός απόδοσης του λοιπού Η/Μ εξοπλισμού εκτιμάται σε 95%. Στον πίνακα δίνονται οι μέσες μηνιαίες παροχές του ποταμού στη θέση υδροληψίας, ενώ η ελάχιστη ροή του ποταμού, προκειμένου να παράγεται ενέργεια από τους στροβίλους, ανέρχεται σε 0.17 m<sup>3</sup>/s. Με βάση τα παραπάνω εκτιμήστε: (α) την οικολογική παροχή που αφήνεται κατάντη της υδροληψίας, σύμφωνα με τη νομοθεσία, (β) την ελάχιστη ισχύ του συστήματος, και (γ) την ισχύ κάθε στροβίλου.



### Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση υδροληψίας (m<sup>3</sup>/s)

Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.
0.99	1.40	1.53	1.66	1.03	0.42	0.23	0.15	0.12	0.48	1.37	1.46

## Άσκηση 3 (2.0 μονάδες)

Υδροηλεκτρικό έργο περιλαμβάνει ταμιευτήρα, η στάθμη του οποίου κυμαίνεται μεταξύ +300 και +325 m, και στροβίλους παροχευτικότητας 235 m<sup>3</sup>/s. Στον ταμιευτήρα έχει τεθεί σταθερός στόχος παραγωγής πρωτεύουσας ενέργειας, που απαιτεί εκροή ίση με το 35 και 25% της παροχευτικότητας των στροβίλων, αντίστοιχα. Θεωρώντας ότι η ειδική ενέργεια των στροβίλων είναι σταθερή και ίση με 0.225 GWh/hm<sup>4</sup>:

(α) Εκτιμήστε το υψόμετρο εξόδου του σταθμού παραγωγής (1.0 μονάδα)

(β) Εκτιμήστε την πρωτεύουσα και δευτερεύουσα ενέργεια που παράγεται, σε ημερήσια βάση, όταν ο ταμιευτήρας υπερχειλίζει (1.0 μονάδα)

## Άσκηση 4 (2.0 μονάδες)

Το ενεργειακό μίγμα νησιού περιλαμβάνει φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 500 kW, τέσσερις όμοιες ανεμογεννήτριες (Α/Γ), διαμέτρου 110 m, και έργο αντλησιοταμίευσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως κάτω ταμιευτήρα τη θάλασσα και ως άνω ταμιευτήρα λιμνοδεξαμενή, χωρητικότητας 250 000 m<sup>3</sup>, με ανώτατη στάθμη λειτουργίας +300 m. Δεδομένου ότι σε χρονικό διάστημα μιας ώρας η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού ανήλθε σε 1.0 MWh, εκτιμήστε την παραγωγή (ή κατανάλωση) ενέργειας από κάθε συνιστώσα (θερμική μονάδα, ανεμογεννήτριες, αντλησιοταμίευση) και εξετάστε αν υπολείπεται κάποια ποσότητα ενέργειας που πρέπει να καταστραφεί.

Τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής, όπως ελήφθησαν από κοντινό σταθμό ήταν:

- Η εισερχόμενη ακτινοβολία κυμάνθηκε από 1030 έως 1090 W/m<sup>2</sup>
- Η θερμοκρασία αέρα κυμάνθηκε μεταξύ 23.5 και 24.2 °C
- Η μέση ταχύτητα ανέμου, ανηγμένη στο ύψος της πτερωτής, ήταν στα επίπεδα των 8.0 m/s

Δίνεται ότι:

- Για ταχύτητα ανέμου 8.0 m/s, ο βαθμός απόδοσης του συγκεκριμένου τύπου Α/Γ είναι 40%.
- Ο βαθμός απόδοσης του έργου αντλησιοταμίευσης είναι 85% (κοινός για παραγωγή και άντληση)
- Οι υδραυλικές απώλειες στο αγωγό προσαγωγής είναι το 5% του ακαθάριστου ύψους πτώσης.
- Στην αρχή του χρονικού διαστήματος, το ποσοστό πλήρωσης της λιμνοδεξαμενής είναι 99%.