

## Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος

### Μάθημα: Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία

Ακαδημαϊκό έτος: 2022-2023

Κανονική εξέταση Ιανουαρίου 2023 – Διάρκεια εξέτασης 2 ώρες

Όνοματεπώνυμο: .....

1. Εκτιμήστε την ισχύ που αποδίδει μια ιδεατή ανεμογεννήτρια διαμέτρου 50 m, για ταχύτητα ανέμου 10 m/s, η οποία έχει τοποθετηθεί στην επιφάνεια της θάλασσας, και αιτιολογήστε αν, για τη ίδια ταχύτητα ανέμου, η ισχύς αυτή θα μεταβληθεί, στην υποθετική περίπτωση που η ίδια ανεμογεννήτρια τοποθετηθεί στην κορυφή των Άλπεων. **(1.2 μονάδες)**

*Πυκνότητα αέρα:  $1.225 \text{ kg/m}^3$  (τυπική τιμή, στην επιφάνεια της θάλασσας)*

*Θεωρητική ισχύς ανέμου: 1202 kW (συνάρτηση της πυκνότητας, της διαμέτρου και της ταχύτητας)*

*Όριο Betz:  $16/27 = 0.593$  (βαθμός απόδοσης ιδεατής Α/Γ)*

*Ισχύς ιδεατής Α/Γ: 712.3 kW*

*Αν η Α/Γ τοποθετηθεί σε μεγάλο υψόμετρο, η πυκνότητα του αέρα θα είναι μικρότερη, άρα θα αποδίδει μικρότερη ισχύ.*

2. Στο ενεργειακό στέγαστρο του Κέντρου Πολιτισμού του Ιδρύματος Σταύρος Νιάρχος έχουν τοποθετηθεί 5700 φωτοβολταϊκά πλαίσια, ισχύος 285 W, έκαστο, που παράγουν 2.2 GWh ετησίως. Η επιφάνεια του κάθε πλαισίου είναι 1.61 m<sup>2</sup>. Με βάση τα στοιχεία αυτά εκτιμήστε και σχολιάστε: (α) τον βαθμό απόδοσης των πλαισίων, και (β) τον συντελεστή δυναμικότητας του συστήματος. Ποιο από τα δύο μεγέθη θα επηρεαζόταν αν άλλαζε η κλίση του στεγάστρου; **(1.8 μονάδες)**

*Ισχύς συστήματος: 1.625 MW*

*Συντελεστής δυναμικότητας (= πραγματική παραγωγή ενέργειας / δυναμική παραγωγή, αποδίδοντας την ονομαστική ισχύ σε συνεχή βάση): 0.155*

*Βαθμός απόδοσης: 0.177 (η ονομαστική ισχύς των 285 W αποδίδεται, εξ ορισμού, σε ηλιακή ακτινοβολία  $1000 \text{ W/m}^2$ , που προσπίπτει σε επιφάνεια  $1.61 \text{ m}^2$ )*

*Ο ΣΔ είναι αρκετά μικρός, καθώς σε ένα τυπικό Φ/Β έργο στην Αττική αναμένεται να υπερβαίνει το 20%, ενώ ο βαθμός απόδοσης είναι εύλογος. Η μέτρια επίδοση του συστήματος οφείλεται στην τοποθέτηση των πάνελ σε στέγαστρο με δεδομένη κλίση, που δεν είναι η βέλτιστη.*

3. Σε μικρό νησί καταναλώνονται περίπου 500 t πετρελαίου ετησίως για την παραγωγή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας, από συμβατικό σταθμό με βαθμό απόδοσης 40%. Προκειμένου να επιτευχθεί εξοικονόμηση πετρελαίου κατά 40%, εξετάζεται η κατασκευή αιολικού πάρκου, σε περιοχή του νησιού με εκτιμώμενο συντελεστή δυναμικότητας 0.35. Υποθέτοντας ότι θα αξιοποιείται το σύνολο της παραγόμενης αιολικής ενέργειας, υπολογίστε την απαιτούμενη ισχύ του πάρκου. **(1.5 μονάδες)**

*Θερμογόνος δύναμη πετρελαίου: 11.7 MWh/t (εκτίμηση)*

*Ετήσια παραγωγή ενέργειας: 2340 MWh (με βάση την θερμογόνο δύναμη, την καταναλισκόμενη ποσότητα του πετρελαίου και τον βαθμό απόδοσης κατά τη μετατροπή του σε ηλεκτρική ενέργεια)*

*Στόχος παραγωγής αιολικής ενέργειας: 936 MWh*

*Απαιτούμενη ισχύς αιολικού πάρκου: 0.305 MW (με βάση τον στόχο παραγωγής ενέργειας και τον εκτιμώμενο συντελεστή δυναμικότητας)*

4. Στον τύπο αναφέρθηκε ότι από την ανάλυση των σεισμικών δεδομένων στον θαλάσσιο χώρο της Κρήτης, εκτιμήθηκε ότι το κοίτασμα φυσικού αερίου που υπάρχει ανέρχεται σε 280 δισεκατομμύρια m<sup>3</sup>, ενώ η

συνολική του αξία υπολογίζεται σε 250 δισεκατομμύρια €. Αξιολογείστε την είδηση, λαμβάνοντας υπόψη ότι η τρέχουσα αξία του πετρελαίου είναι περίπου 80 € ανά βαρέλι. **(1.5 μονάδες)**

Κοίτασμα ΦΑ: 252 002 520 toe (1 toe = 1111.1 m<sup>3</sup>)

Κοίτασμα ΦΑ: 1 847 178 472 βαρέλια (1 toe = 7.33 βαρέλια)

Μοναδιαία αξία κοιτάσματος: 135.3 ευρώ/βαρέλι (εμφανώς υπερεκτιμημένη)

5. Σε θέση ποταμού, με μέση ετήσια απορροή 500 hm<sup>3</sup>, σχεδιάζεται υδροηλεκτρικό φράγμα ύψους 80 m, στον πόδα του οποίου θα τοποθετηθεί ο σταθμός παραγωγής. Δεδομένου ότι το έργο θα λειτουργεί για την παραγωγή ενέργειας αιχμής, και κάνοντας εύλογες παραδοχές όπου απαιτείται σχετικά με τις υδραυλικές απώλειες στον αγωγό προσαγωγής και τον βαθμό απόδοσης των στροβίλων, εκτιμήστε: (α) το καθαρό ύψος πτώσης, (β) την ετήσια παραγωγή ενέργειας, (γ) τον χρόνο λειτουργίας των στροβίλων, (δ) την παροχή σχεδιασμού του αγωγού προσαγωγής, (ε) την ισχύ των στροβίλων, και (στ) τον τύπο των στροβίλων. Στη συνέχεια, εκτιμήστε εκ νέου τα παραπάνω μεγέθη σχεδιασμού, αν αλλάξει ο σκοπός του έργου, για παραγωγή ενέργειας βάσης. **(3.0 μονάδες)**

Ακαθάριστο ύψος πτώσης: 80 m (λαμβάνεται κατά προσέγγιση ίσο με το ύψος του φράγματος, καθώς ο σταθμός παραγωγής θα τοποθετηθεί στον πόδα του)

Υδραυλικές απώλειες στον αγωγό προσαγωγής: 5% επί του καθαρού ύψους πτώσης (υπόθεση)

Καθαρό ύψος πτώσης: 76 m

Βαθμός απόδοσης στροβίλων: 0.90 (υπόθεση)

Ετήσια παραγωγή ενέργειας: 93.2 GWh (δεν εξαρτάται από τον τρόπο λειτουργίας του έργου)

Χρόνος λειτουργίας, ως έργο αιχμής: 2000 h (υπόθεση)

Παροχή στροβίλων: 69.4 m<sup>3</sup>/s (ετήσιος όγκος νερού προς τον χρόνο λειτουργίας)

Ισχύς στροβίλων: 46.6 MW (ετήσια παραγωγή ενέργειας προς τον χρόνο λειτουργίας)

Χρόνος λειτουργίας, ως έργο βάσης: 6000 h (υπόθεση)

Παροχή στροβίλων: 23.1 m<sup>3</sup>/s

Ισχύς στροβίλων: 15.5 MW

Τύπος στροβίλων: Francis (τυπική επιλογή, για το δεδομένο ύψος πτώσης και παροχή)

6. Εκτιμήστε την παραγωγή ενέργειας από την καύση 10<sup>6</sup> t άνθρακα καλής ποιότητας και μιας τυπικής μορφής βιομάζας (π.χ. στελέχη καλαμποκιού), καθώς και τα αντίστοιχα έσοδα που θα είχε μια εταιρεία ενέργειας στην Ελλάδα και την Πορτογαλία, με βάση τις τρέχουσες τιμές στην Ευρωπαϊκή ενεργειακή αγορά. **(2.0 μονάδες)**

Γενικές υποθέσεις

Βαθμός απόδοσης: 0.40

Τιμή πώλησης ενέργειας στην Ελλάδα: 179 €/MWh

Τιμή πώλησης ενέργειας στην Πορτογαλία: 67 €/MWh

Οι δύο τιμές ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα της ΡΑΕ, που παρέχει στοιχεία Τιμών Ηλεκτρισμού της Αγοράς Επόμενης Ημέρας για όλη την Ευρώπη (<https://www.rae.gr/map-graph/>). Οι τιμές αυτές ίσχυαν την ημέρα της εξέτασης (31/1/2023).

Τύπος καυσίμου	Θερμογόνος δύναμη (kWh/kg)	Παραγωγή ενέργειας (GWh)	Έσοδα GR (Μ€)	Έσοδα PRTG (Μ€)
Ανθρακίτης	9.5	3 800	680	255
Στελέχη καλαμποκιού	5.0	2 000	358	134