

- Στην εξέταση επιτρέπεται η χρήση **οποιοδήποτε** έντυπου υλικού καθώς και **ηλεκτρονικών συσκευών** για την ανάγνωση σημειώσεων και ιστοσελίδων και την εκτέλεση υπολογισμών.
- Η σημερινή εξέταση έχει κύριο στόχο να ολοκληρώσει το μάθημα, με την αντιμετώπιση θεμάτων που είχαν συζητηθεί στην τάξη και τον γρήγορο υπολογισμό μεγεθών που συνδέονται με θεμελιώδη τεχνικά προβλήματα. Η καταγραφή της αποτελεσματικότητας της εκπαιδευτικής διαδικασίας έπεται.
- Η εξέταση είναι ατομική και η κάθε είδους επικοινωνία (φυσική ή ψηφιακή) αποτελεί παραβίαση του κανονισμού εξέτασεων και υπονομεύει μελλοντικές εναλλακτικές διαδικασίες εκπαίδευσης, οι οποίες δεν θα χρειάζονται κόλλες αναφοράς, αριθμομηχανές και επιτηρητές.

### Άσκηση (7 μονάδες)

Ακατοίκητο νησί του Ειρηνικού πρόκειται να αποικιστεί από περίπου 100.000 κατοίκους και σχεδιάζεται το ενεργειακό μίγμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ενεργειακές πηγές του νησιού που εξετάζονται είναι:

1. **Κοίτασμα πετρελαίου.** Η θερμογόνος δύναμη του κοιτάσματος είναι 40 MJ/kg και η περιεκτικότητά του σε άνθρακα 85%, ενώ τα αποθέματα εκτιμώνται σε  $5 \cdot 10^6$  tn.
2. **Βιομάζα.** Δάσος 50.000 στρεμμάτων που μπορεί να αποδώσει ετησίως βιομάζα 1tn ανά στρέμμα, με θερμογόνο δύναμη 15 MJ/kg και περιεκτικότητα σε άνθρακα και 50%.
3. **Παλίρροια.** Σε κλειστό κόλπο του νησιού έκτασης 5 km<sup>2</sup> αναπτύσσεται παλιρροϊκό φαινόμενο δύο φορές την ημέρα κατά το οποίο παρατηρείται άνοδος της στάθμης της θάλασσας 6 m.
4. **Αιολική ενέργεια.** Εκτιμάται ότι εφόσον εγκατασταθούν ανεμογεννήτριες θα έχουν συντελεστή δυναμικότητας 0.3.
5. **Ηλιακή ενέργεια.** Η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία στο έδαφος εκτιμάται σε 1.500 kWh/m<sup>2</sup> ανά έτος.

**Απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα:**

#### Ερώτημα 1 (0.2 μονάδες)

- (α) Ποιά είναι η συνολική ισχύς (σε MW) που θα πρέπει να εγκατασταθεί στο νησί;
- (β) Ποιά θα είναι η αναμενόμενη ζητούμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια (σε GWh);
- (γ) Ποιός είναι ο συντελεστής δυναμικότητας του συνολικού συστήματος;

Υπόδειξη: Θεωρείστε ότι απαιτούνται ανά κάτοικο 1.5 kW εγκατεστημένης ισχύος και 5 MWh ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας.

#### Ερώτημα 2 (1.8 μονάδες)

- (α) Ποιά είναι η συνολική ηλεκτρική ενέργεια (σε GWh) που θα παραχθεί από την καύση του συνολικού κοιτάσματος πετρελαίου. Υποθέστε συντελεστή απόδοσης του θερμοηλεκτρικού σταθμού 0.35
- (β) Για πόσα χρόνια επαρκεί το κοιτάσμα, αν χρησιμοποιηθεί μόνο πετρέλαιο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας;
- (γ) Ποιά θα είναι η ισχύς (σε MW) του σταθμού στην παραπάνω περίπτωση αν ο συντελεστής δυναμικότητας είναι 0.6;
- (δ) Ποιές είναι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> σε tn/MWh;

#### Ερώτημα 3 (1 μονάδα)

- (α) Ποιά είναι η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (σε GWh) από την καύση της βιομάζας; Υποθέστε συντελεστή απόδοσης του σταθμού 0.35
- (β) Ποιά θα είναι η ισχύς (σε MW) του σταθμού αν ο συντελεστής δυναμικότητας είναι 0.8;
- (γ) Ποιές είναι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> σε tn/MWh;

**Ερώτημα 4 (1.8 μονάδες)**

(α) Ποια θα είναι η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (σε GWh) από την παλίρροια; Θεωρείστε ότι θα κατασκευαστεί φράγμα ώστε ο συνολικός όγκος νερού που αποθηκεύεται στον κλειστό κόλπο (έκταση επί άνοδος στάθμης) να παροχετεύεται σε στροβίλους για 6 ώρες. Ο σταθμός θα λειτουργεί δύο εξάωρα την ημέρα με μέσο ύψος πτώσης 3 m. Ο συντελεστή απόδοσης του σταθμού είναι 0.80.

(β) Ποιά θα είναι η μέση παροχή (σε  $m^3/s$ ) που θα περνάει από τους στροβίλους κατά τη διάρκεια των 6 ωρών λειτουργίας; Με βάση την παροχή να εκτιμηθεί εγκατεστημένη ισχύς (σε MW) του σταθμού θεωρώντας ότι ο σταθμός θα πρέπει να εκμεταλλεύεται το μέγιστο ύψος πτώσης δηλαδή τα 6 m.

(γ) Ποιός είναι ο συντελεστής δυναμικότητας του σταθμού;

**Ερώτημα 5 (1.2 μονάδες)**

(α) Έχοντας ως δεδομένα ότι: (1) οι κάτοικοι αποφάσισαν να μην τοποθετήσουν περισσότερες από 20 ανεμογεννήτριες, οι οποίες πρέπει να έχουν διάμετρο δρομέα μικρότερη από 75 m, (2) οι ανεμογεννήτριες που θα τοποθετηθούν λειτουργούν στη μέγιστη ισχύ (η οποία είναι το 25% της θεωρητικής), όταν η ταχύτητα είναι 14 m/s (με πυκνότητα αέρα  $1.225 \text{ kg/m}^3$ ). Ποιά θα είναι η μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς (σε MW) των ανεμογεννητριών;

(β) Ποιά θα είναι η αναμενόμενη ετήσια παραγόμενη ενέργεια (σε GWh) από τις ανεμογεννήτριες;

**Ερώτημα 6 (0.4 μονάδες)**

(α) Ποιά θα είναι η ετήσια παραγόμενη ενέργεια (σε GWh) από φωτοβολταϊκά, ανά MW εγκατεστημένης ισχύος; Θεωρείστε ότι θα χρησιμοποιηθούν πλαίσια εμβαδού  $7 \text{ m}^2/\text{kW}$  με συντελεστή απόδοσης 12%.

(β) Ποιός είναι ο συντελεστής δυναμικότητας των φωτοβολταϊκών;

**Ερώτημα 7 (0.6 μονάδες)** Ποιά θα είναι η κατανομή της συνολικής ισχύος σε έργα και των πέντε μορφών ενέργειας που θα εγκαταστήσετε; Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με τις απαντήσεις των ερωτημάτων 3-6. Στη συνέχεια επιλέξτε την ισχύ (σε MW) των φωτοβολταϊκών και του θερμικού σταθμού

	Εγκατεστημένη ισχύς (MW)	Ετήσια ενέργεια (GWh)	Συντελεστής δυναμικότητας
Πετρέλαιο			0.6
Βιομάζα	Απάντηση 3β:	Απάντηση 3α:	0.8
Παλίρροια	Απάντηση 4β:	Απάντηση 4α:	Απάντηση 4γ:
Αιολική	Απάντηση 5α:	Απάντηση 5β:	0.3
Ηλιακή			Απάντηση 6β:
<b>Σύνολο</b>			

<b>Κατοικοι</b>	<b>100000</b>
Εγκατεστημένη ισχύς/κάτοικο και	1.5 kW/c
Ζητούμενη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια ανά κάτοικο	5 MWh/c/year
Ισχύς συστήματος	150 MW
Ζητούμενη ενέργεια	500 GWh/year
Συντελεστής δυναμικότητας	0.38

## Πετρέλαιο

Αποθέματα	5 Mtn
Θερμογόνος δύναμη	40 MJ/kg
Ανθρακας	85 %
Συντελεστής απόδοσης	0.35
Συντελεστής δυναμικότητας	0.6
Συνολική θερμική ενέργεια	2.E+11 MJ
Συνολική θερμική ενέργεια	55555.6 GWh
(α) Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια	19444.4 GWh
(β) Έτη εξάντλησης κοιτάσματος	38.9
(γ) Ισχύς	95.1 MW
Μάζα άνθρακα C	4.250 Mtn
Μάζα εκπεμπόμενου CO <sub>2</sub>	15.583 Mtn
(δ) Εκπεμπόμενο CO <sub>2</sub> ανά Mwh	0.801 tnCo <sub>2</sub> /MWh

## Παλίρροια

Έκταση	5 km <sup>2</sup>
Ύψος νερού	6
Όγκος νερού σε 6 ώρες	30 hm <sup>3</sup>
Μέσο ύψος πτώσης	3 m
Συντελεστής απόδοσης	0.8
Ενέργεια σε 6 ώρες	0.20 GWh
(α) Ενέργεια στο έτος	143.2 GWh
(β) Παροχή	1388.9 m <sup>3</sup> /s
(β) Ισχύς	65.4 MW
(γ) Συντελεστής δυναμικότητας	0.25

## Ηλιος

Ηλιακή ενέργεια στο έδαφος	1500 kWh/m <sup>2</sup>
Συντελεστής απόδοσης	12 %
Εμβαδον πλαισίων ανά kW	7 m <sup>2</sup> /kW
Εγκατεστημένη ισχύς	1 MW
Επιφάνεια πλαισίων	7000 m <sup>2</sup>
(α) Ετήσια παραγόμενη ενέργεια	1.26 GWh
(β) Συντελεστής δυναμικότητας	0.14

## Βιομάζα

Στρέμματα	50000
Τόνοι ανά στρέμμα και έτος	1
Βιομάζα	0.05 Mtn
Θερμογόνος δύναμη	15 MJ/kg
Ανθρακας	50 %
Συντελεστής απόδοσης	0.35
Συντελεστής δυναμικότητας	0.8
Ετήσια θερμική ενέργεια	8.E+08 MJ
Ετήσια θερμική ενέργεια	208.3 GWh
(α) Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια	72.9 GWh
(β) Ισχύς	10.4 MW
Μάζα άνθρακα C	0.025 Mtn
Μάζα εκπεμπόμενου CO <sub>2</sub>	0.092 Mtn
(γ) Εκπεμπόμενο CO <sub>2</sub> ανά Mwh	1.26 tnCO <sub>2</sub> /MWh

## Ανεμος

ΣΔ	0.3
Μέγιστη ισχύς ανεμογεννητριας προς θεωρητική	0.25
Ταχύτητα ανέμου	14 m/s
Αριθμός ανεμογεννητριών	20
Διάμετρος δρομέα	75 m
Επιφάνεια δρομέα	4416 m <sup>2</sup>
Θεωρητική αιολική ισχύς στα 14 m/s	7.42 MW
Εγκατεστημένη ισχύς ανά ανεμογεννήτρια	1.9 MW
(α) Συνολική εγκατεστημένη ισχύς	37.1 MW
(β) Ετήσια παραγόμενη ενέργεια	97.5 GWh

## Ενεργειακό μίγμα

	Ισχύς MW	Ενέργεια MWh	ΣΔ
Πετρέλαιο	35	184.0	0.6
Βιομάζα	10.4	72.9	0.8
Παλίρροια	65.4	143.2	0.25
Ανεμος	37.1	97.5	0.3
Ηλιος	5	6.3	0.14
Σύνολο	153	504	0.38