



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ:

ΔΡ. ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

ΕΥΠΡΕΠΙΟΣ ΜΠΑΡΑΔΑΚΗΣ, ΕΤΕΠ, MSc

ΧΑΝΙΑ, 2021



Περιεχόμενα

1	Ηλιακή Ακτινοβολία	3
	Άσκηση 1.1	3
2	Θερμότητα - Ηλιοθερμικά	5
	Άσκηση 2.1 -	5
	Άσκηση 2.2	6
	Άσκηση 2.3	7
	Άσκηση 2.4	8
	Άσκηση 2.5	8
3	Φωτοβολταϊκά	10
	Άσκηση 3.1	10
	Άσκηση 3.2	10
	Άσκηση 3.3	12
	Άσκηση 3.4	12
4	Αιολική Ενέργεια	12
	Άσκηση 4.1	12
	Άσκηση 4.2	12
5	Ενέργεια από Βιομάζα	12
	Άσκηση 5.1	12
	Άσκηση 5.2	13
	Άσκηση 5.3	13
	Άσκηση 5.4	13
6	Υδροηλεκτρική Ενέργεια	13
	Άσκηση 6.1	13
	Άσκηση 6.2	13
	Άσκηση 6.3	14
7	Γεωθερμία	14
	Άσκηση 7.1	14
	Άσκηση 7.2	15
8	Αποθήκευση Ενέργειας	15
	Άσκηση 8.1	15
	Άσκηση 8.2	15
	Άσκηση 8.3	15
	Άσκηση 8.4	15

9	Διαχείριση ενέργειας – Ρόλος των ΑΠΕ	17
	Άσκηση 9.1	17
	Άσκηση 9.2	17
	Άσκηση 9.3	17
	Άσκηση 9.4	17
	Άσκηση 9.5	19
	Άσκηση 9.6	19
	Άσκηση 9.7	19
	Άσκηση 9.8	21
	Άσκηση 9.9	22
10	Παράρτημα: Πίνακες σχετικοί με την ενεργειακή απόδοση	24
11	Παράρτημα: ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ	27

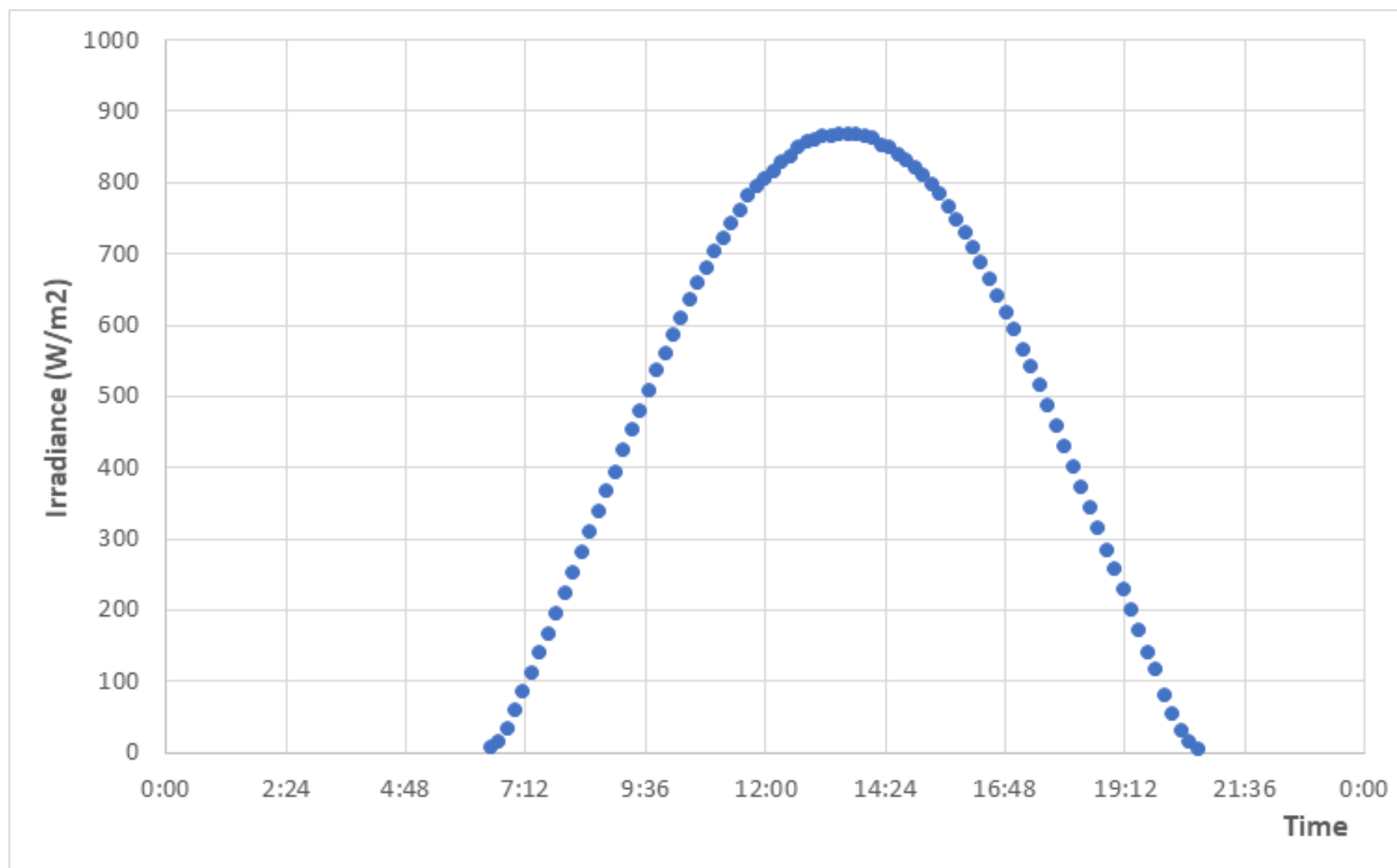
1 Ηλιακή Ακτινοβολία

Άσκηση 1.1

Το λογιστικό φύλλο που φαίνεται στον πίνακα 1.1 περιέχει μετρήσεις του Αστεροσκοπείου Αθηνών με πυρανόμετρο σε οριζόντια θέση στα Χανιά στις 20/07/2017 καθώς και το διάγραμμα (Σχήμα 1.1) που προκύπτει από αυτές. Υπολογίστε την ημερήσια πυκνότητα ηλιακής ενέργειας.

Πίνακας 1.1: Πυκνότητα ηλιακής ισχύος στις 20/7/2020 στα Χανιά.

Time (h:min)	Irradiance W/m ²	Time (h:min)	Irradiance W/m ²	Time (h:min)	Irradiance W/m ²	Time (h:min)	Irradiance W/m ²
6:30	6	10:10	586	13:50	867	17:30	515
6:40	15	10:20	610	14:00	865	17:40	486
6:50	33	10:30	634	14:10	861	17:50	458
7:00	59	10:40	658	14:20	852	18:00	429
7:10	86	10:50	680	14:30	848	18:10	401
7:20	111	11:00	702	14:40	839	18:20	372
7:30	139	11:10	722	14:50	831	18:30	343
7:40	167	11:20	742	15:00	820	18:40	314
7:50	195	11:30	760	15:10	811	18:50	284
8:00	224	11:40	780	15:20	798	19:00	256
8:10	252	11:50	793	15:30	784	19:10	228
8:20	281	12:00	805	15:40	765	19:20	199
8:30	309	12:10	814	15:50	747	19:30	170
8:40	338	12:20	827	16:00	730	19:40	141
8:50	366	12:30	836	16:10	708	19:50	116
9:00	394	12:40	850	16:20	687	20:00	81
9:10	424	12:50	856	16:30	665	20:10	54
9:20	453	13:00	859	16:40	641	20:20	31
9:30	480	13:10	864	16:50	617	20:30	14
9:40	507	13:20	864	17:00	594	20:40	5
9:50	536	13:30	867	17:10	566	20:50	0
10:00	560	13:40	867	17:20	541	21:00	0



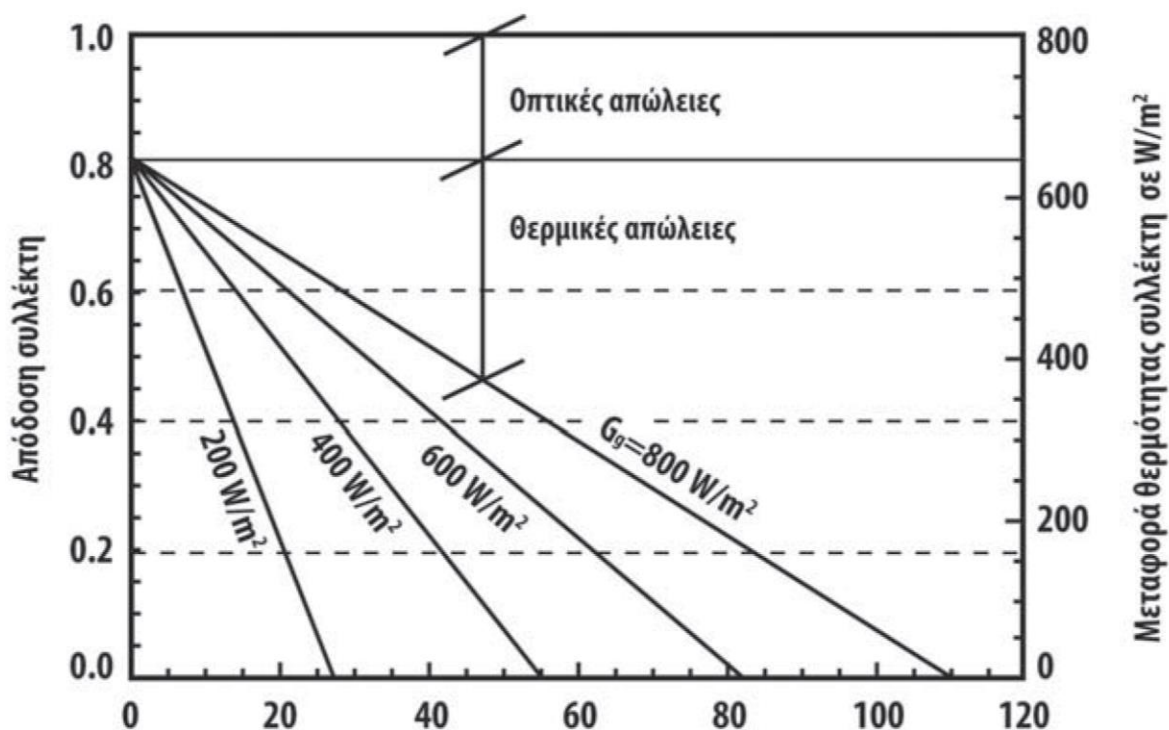
Σχήμα 1.1: Ημερήσια πυκνότητα ηλιακής ισχύος στις 20/7/2017 στα Χανιά.

2 Θερμότητα - Ηλιοθερμικά

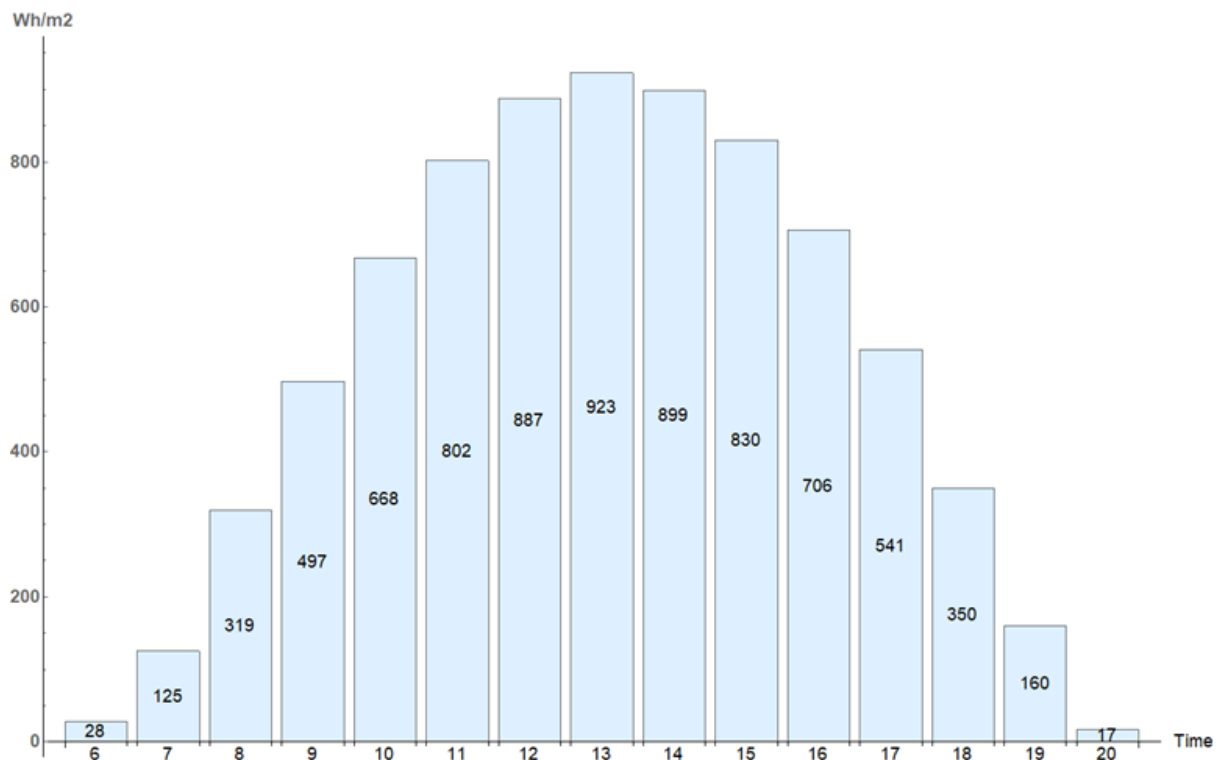
Άσκηση 2.1 -

Με βάση το νομόγραμμα του σχήματος 2.1 και το διάγραμμα πυκνότητας ηλιακής ενέργειας του σχήματος 2.22 και θεωρώντας ότι έχουμε παροχή νερού με θερμοκρασία 15 °C και θέλουμε να έχει θερμοκρασία 45 °C εκτιμήστε:

1. Την συνολική θερμική ενέργεια που λαμβάνει το ηλιοθερμικό μας σύστημα
2. Το ποσοστό επί της συνολικής ενέργειας που λαμβάνει το σύστημά μας μεταξύ
 1. 06:00 -> 12:00
 2. 12:00 -> 18:00
 3. 18:00 -> 21:00
3. Την μέση ισχύ του συστήματος



Σχήμα 2.1: Νομόγραμμα απόδοσης ηλιακού συλλέκτη



Σχήμα 2.2: Πυκνότητα Ηλιακής Ενέργειας μια τυπική ημέρα του Ιουλίου στα Χανιά

Άσκηση 2.2

Σχεδιάζεται σύστημα ηλιακών συλλεκτών με νερό ως θερμοαπαγωγό μέσο, στα Χανιά ($35^{\circ} 33' N$) με σκοπό να καλύψει μέρος από τις ανάγκες θέρμανσης χώρων και ζεστού νερού. Οι συλλέκτες έχουν διπλό γυάλινο κάλυμμα με κλίση 35° και νότιο προσανατολισμό. Το απαιτούμενο θερμικό φορτίο κατά το μήνα Ιανουάριο για τη θέρμανση των συγκεκριμένων χώρων είναι 20 GJ. Οι ημερήσιες απαιτήσεις τον ίδιο μήνα για ζεστό νερό είναι περίπου 400 L νερού, που πρέπει να θερμανθούν από τους $12^{\circ} C$ στους $50^{\circ} C$. Η παράμετρος $UA = 350 W/^{\circ}C$.

- Υπολογίστε για τον Ιανουάριο, το μηνιαίο θερμικό φορτίο για την θέρμανση χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης
- Ποιο ποσοστό του φορτίου μπορεί να καλυφθεί από ηλιακή ενέργεια με σύστημα συλλεκτών συνολικής επιφάνειας $80 m^2$;
- Συγκρίνατε με ίδια κατοικία στην Αλεξανδρούπολη. Τι συμπεραίνετε;
- Που θα είναι μεγαλύτερη η χρησιμότητα του συστήματος; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Άσκηση 2.3

Για μια κατοικία στην Ιεράπετρα δίνεται ότι η παράμετρος $UA = 350 W/^{\circ}C$. Οι ημερήσιες απαιτήσεις για ζεστό νερό χρήσης είναι περίπου 500 L νερού, που πρέπει να θερμανθούν από τους $12^{\circ} C$ στους $50^{\circ} C$.

- α. Υπολογίστε για τον Φεβρουάριο, το μηνιαίο θερμικό φορτίο για την θέρμανση χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης
- β. Συγκρίνате με μία ίδια κατοικία στη Λήμνο. Τι συμπεραίνετε;
- γ. Που θα είναι μεγαλύτερη η χρησιμότητα του συστήματος; Αιτιολογείστε την απάντησή σας.

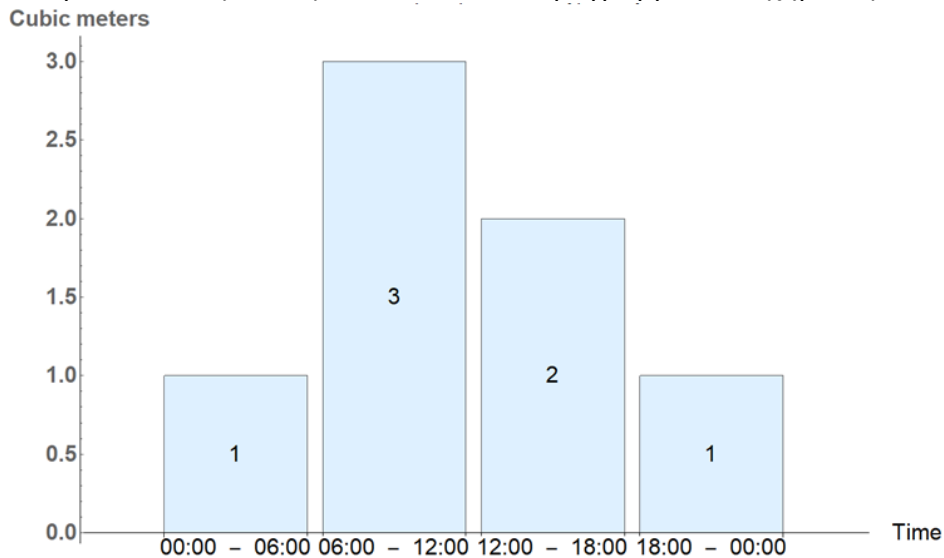
Άσκηση 2.4

Έστω ξύλινη καλύβα εμβαδού 3 m x 3 m και ύψους τοίχων 3 m. Το πάχος του τοίχου είναι 1,8 cm και η θερμική αγωγιμότητα του ξύλου 0,06 W/m°C.

- α. Πόση θερμαντική ισχύ σε W πρέπει να παράγει μια θερμάστρα για να διατηρείται η θερμοκρασία στους 19 °C μέσα όταν έξω είναι 2 °C; Υποθέστε ότι δεν υπάρχει απώλεια θερμότητας από το ταβάνι ή το πάτωμα.
- β. Πόση θερμαντική ισχύ εξοικονομούμε (%) αν προσθέσουμε μόνωση στους τοίχους πάχους 1,5 cm και θερμικής αγωγιμότητας 0,01 W/m°C;

Άσκηση 2.5

Τα ηλιακά δεδομένα της άσκησης 2.1 θεωρήστε ότι αντιπροσωπεύουν μια τυπική ημέρα ηλιακής ακτινοβολίας στα Χανιά το καλοκαίρι. Επίσης η απόδοση των ηλιοθερμικών που χρησιμοποιούμε απεικονίζεται αξιόπιστα από το νομόγραμμα του σχήματος 2.1.



Σχήμα 2.3: Τυπική κατανάλωση νερού στην εστία

Υποθέστε ότι η ζήτηση νερού για τη φοιτητική εστία δίνεται από το σχήμα 2.3. Απαιτείται νερό θερμοκρασίας 45 °C ενώ η θερμοκρασία δικτύου είναι 15 °C και η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού $C_p = 4.200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$. Αγνοήστε τις απώλειες στους σωλήνες και της δεξαμενής αποθήκευσης του νερού. Διαστασιολογήστε τα ηλιοθερμικά που χρειαζόμαστε.

Άσκηση 2.6

Για μια κατοικία στην Ιεράπετρα δίνεται ότι η παράμετρος $UA = 350 \text{ W/}^\circ\text{C}$. Οι ημερήσιες απαιτήσεις για ζεστό νερό χρήσης είναι περίπου 500 L νερού, που πρέπει να θερμανθούν από τους 12°C στους 50°C .

- α. Υπολογίστε για τον Φεβρουάριο, το μηνιαίο θερμικό φορτίο για την θέρμανση χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης
- β. Συγκρίνατε με μία ίδια κατοικία στη Λήμνο. Τι συμπεραίνετε;
- γ. Που θα είναι μεγαλύτερη η χρησιμότητα του συστήματος; Αιτιολογείστε την απάντησή σας.

Άσκηση 2.7

Σχεδιάζεται το σύστημα του ζεστού νερού χρήσης ενός κτηρίου στη Θεσσαλονίκη. Η ημερήσια κατανάλωση νερού θερμοκρασίας 45°C εκτιμάται 500 L και παραμένει σταθερή σε όλο το έτος. Ο συντελεστής προσαύξησης λόγω απωλειών είναι 1,2.

- α. Να υπολογιστεί το μέσο μηνιαίο φορτίο που απαιτείται για τη θέρμανση και τη διανομή του ζεστού νερού χρήσης κατά το μήνα Μάρτιο. Η Θεσσαλονίκη έχει θερμοκρασία κρύου νερού για τον παραπάνω μήνα 11°C .
- β. Να υπολογιστεί η απαιτούμενη επιφάνεια και το πλήθος των επίπεδων ηλιακών συλλεκτών με τιμή μέσης θερμικής ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας ανά μέρα 3 kWh/m^2 και εμβαδόν επιφάνειας 1 m^2 .

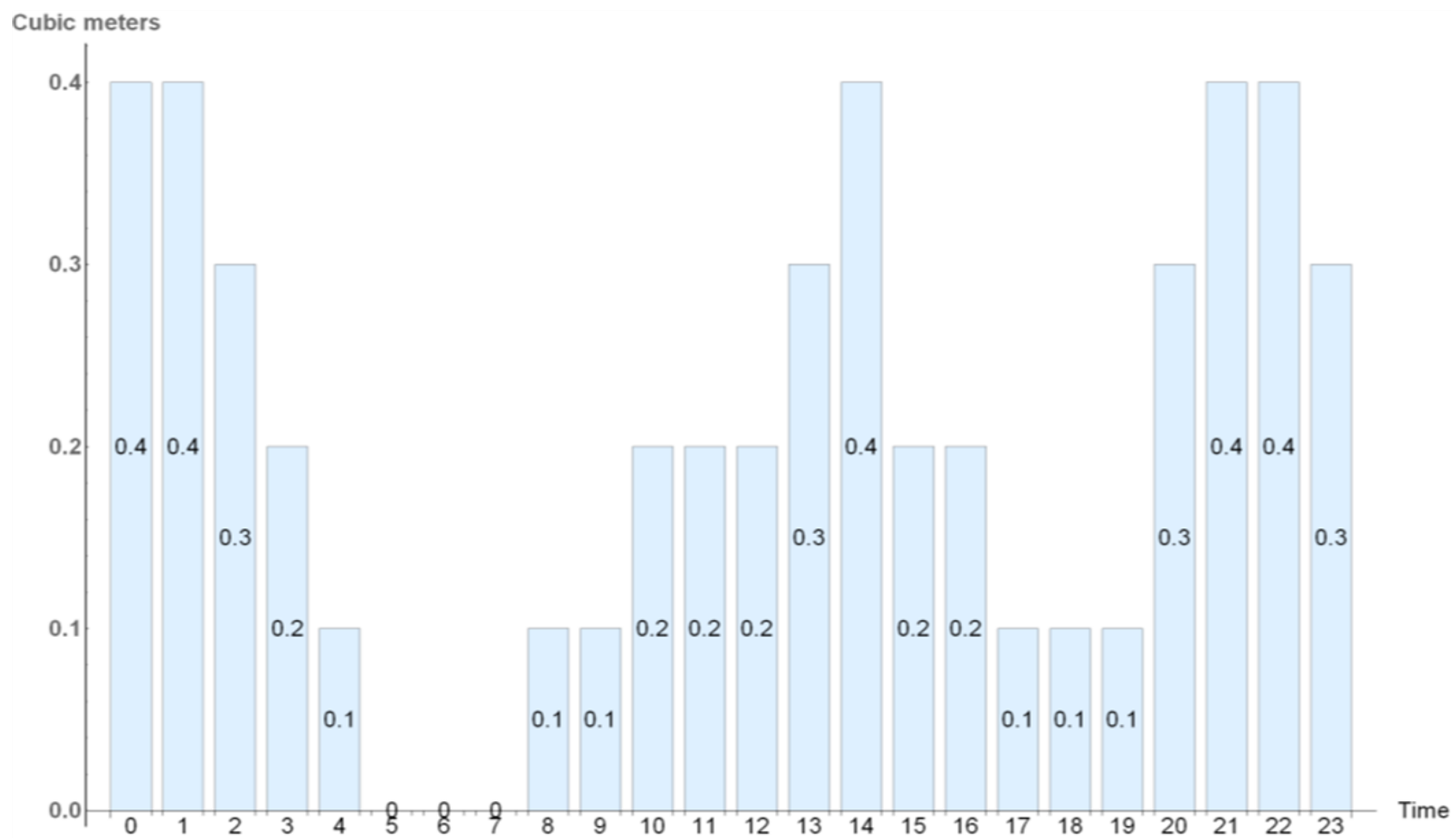
Άσκηση 2.8

Η χρήση ζεστού νερού χρήσης της φοιτητικής εστίας του Πολυτεχνείου Κρήτης φαίνεται στο σχήμα 2.1. Απαιτείται νερό θερμοκρασίας 45°C και εξυπηρετούνται 78 φοιτητές. Το νερό εισέρχεται με θερμοκρασία 15°C . Η μέση απόσταση των σωληνώσεων για την τροφοδοσία των λουτρών με ζεστό νερό είναι 100 m με συντελεστή θερμικών απωλειών 10 W/m . Έχουμε την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε δεξαμενή νερού με συντελεστή θερμικών απωλειών $11 \text{ W/}^\circ\text{C}$ όταν η μέση ετήσια θερμοκρασία στο υπόγειο που βρίσκεται η δεξαμενή 25°C .

Για την κατανάλωση που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1 και με βασικό κριτήριο να είναι όσον τον δυνατότερο περισσότερο περιβαλλοντικά επωφελές το σύστημά μου, επιλέξτε την κατάλληλη δεξαμενή νερού (τι όγκο θα έχει), ώστε με χρήση ηλιοθερμικών με μέση ισχύ $0,3 \text{ kW/m}^2$ (μέση ημερήσια ηλιοφάνεια 10 ώρες) και με την υποστήριξη λέβητα βιοκαυσίμου με ενεργειακό περιεχόμενο καυσίμου $h_k = 3,5 \text{ kWh/kg}$ σε ξηρή βάση και συντελεστή απόδοσης λέβητα $\eta_L = 90\%$ να έχει η εστία συνεχώς ζεστό νερό.

Δίνονται:

η πυκνότητα του νερού: 1 kg/L και η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού $C_p = 4.200 \text{ J/kgK}$.



Σχήμα 3.1: Τυπική ημερήσια κατανάλωση νερού στην φοιτητική εστία του Πολυτεχνείου Κρήτης.

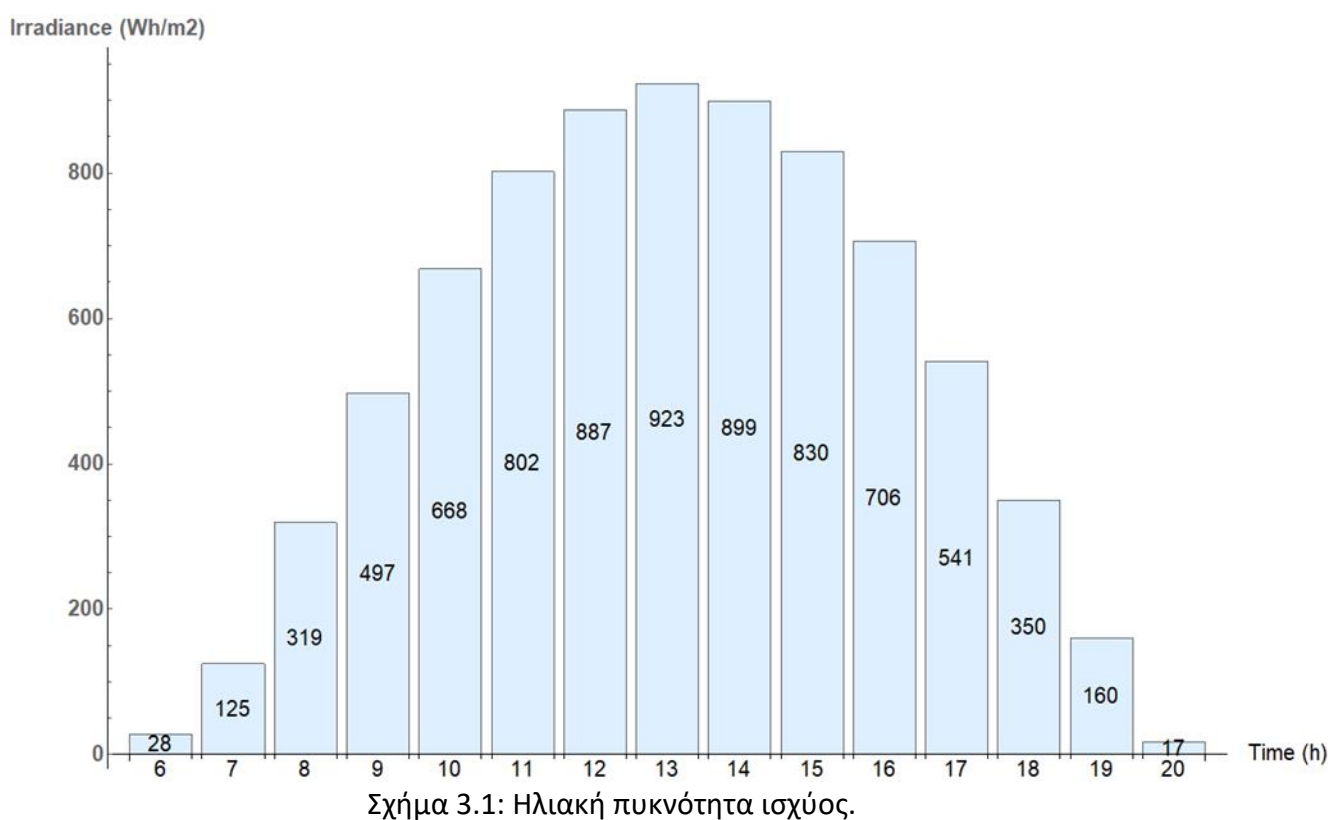
3 Φωτοβολταϊκά

Άσκηση 3.1

Να υπολογιστεί η ημερήσια ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο επιφάνειας $0,2 \text{ m}^2$ και συντελεστή απόδοσης 12% , το οποίο είναι εγκατεστημένο σε περιοχή με μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία 6 kWh/m^2 . Ο συντελεστής διόρθωσης για τη θερμοκρασία είναι $0,8$ και ο συντελεστής διόρθωσης για τη ρύπανση είναι $0,95$.

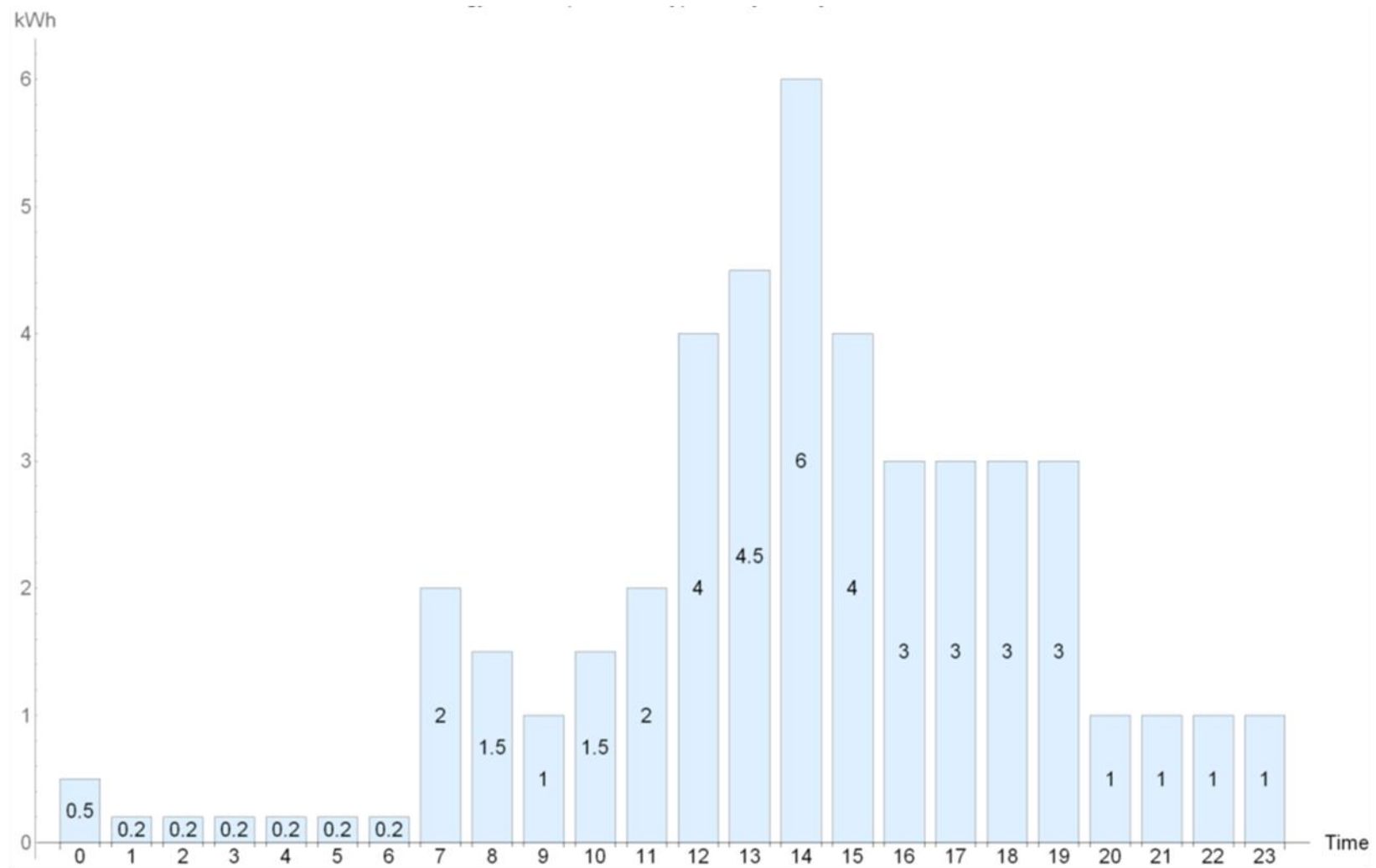
Άσκηση 3.2

Για μια καλοκαιρινή κατοικία μια κατανομή ηλιακής πυκνότητας ακτινοβολίας φαίνεται στο σχήμα 3.1.



Η κατοικία χρησιμοποιείται για βραχυχρόνια μίσθωση και μια τυπική κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου δίνεται στο σχήμα 3.2.

- Με χρήση φωτοβολταϊκών με μέσο συντελεστή απόδοσης $0,11$ και συντελεστές για θερμοκρασία και ρύπανση $0,9$ και $0,96$, πόση επιφάνεια θα χρειαστώ για να καλύψω τις ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας; Θα μου περισσεύει ενέργεια;
- Ποια θα είναι η ονομαστική ισχύς του συστήματος;
- Πόση επιφάνεια πάνελ θα χρειαστώ για να καλύψω την ισχύ κατανάλωσης στις 7 το πρωί εάν δεν έχω σύστημα αποθήκευσης ή εναλλακτική πηγή ενέργειας; Είναι περιβαλλοντικά ορθό;



Σχήμα 3.2: Προφίλ 24ωρης κατανάλωσης ενέργειας.

Άσκηση 3.3

Να υπολογιστεί η ημερήσια ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται ανά m^2 από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα με συντελεστή απόδοσης 12 %, το οποίο είναι εγκατεστημένο σε περιοχή με μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία 6 kWh/m^2 . Ο συντελεστής διόρθωσης για τη θερμοκρασία είναι 0,8 και ο συντελεστής διόρθωσης για τη ρύπανση είναι 0,95.

Άσκηση 3.4

Αυτοκίνητο έχει μπαταρία 75 kWh και αυτονομία 500 km. Έχει νόημα να τοποθετήσουμε Φωτοβολταϊκά πάνω σε αυτό; Κάντε παραδοχές για τις διαστάσεις του αυτοκινήτου και τη χρήση του. Για την απόδοση των ϕ/β χρησιμοποιήστε τις ασκήσεις 3.1, 3.2 και 3.3.

4 Αιολική Ενέργεια

Άσκηση 4.1

Η μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου σε μια τοποθεσία είναι $v = 7 \text{ m/s}$.

- Να υπολογιστεί η ισχύς του ανέμου που διέρχεται από μια επιφάνεια εμβαδού $A = 100 \text{ m}^2$. Θεωρήστε ότι η πυκνότητα του αέρα είναι $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$.
- Ποια είναι η μέγιστη ισχύς ιδανικής ανεμογεννήτριας που εγκαθίσταται στην παραπάνω τοποθεσία;

Άσκηση 4.2

Η μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου σε μια τοποθεσία είναι $v = 7 \text{ m/s}$. Να υπολογιστεί η ετήσια παραγωγή ενέργειας μιας ανεμογεννήτριας με ακτίνα πτερυγίου 10 m, ταχύτητα έναρξης 4 m/s , ταχύτητα αποκοπής 25 m/s . Θεωρήστε ότι η πυκνότητα του αέρα είναι $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$.

5 Ενέργεια από Βιομάζα

Άσκηση 5.1

Έστω θερμοκήπιο έκτασης 2.000 m^2 με συντελεστή συνολικής απώλειας θερμότητας $10 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ απαιτούμενη θερμοκρασία $T = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$ και η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος για όλο το έτος $\text{TP} = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$ (σταθερή για τις ανάγκες του παραδείγματος). Να υπολογιστεί η ισχύς και το απαιτούμενο θερμικό φορτίο ανά ημέρα και ανά έτος.

Άσκηση 5.2

Για καύσιμο βιομάζας με ενεργειακό περιεχόμενο $h_k = 3.500 \text{ kcal/kg}$ σε ξηρή βάση και συντελεστή απόδοσης λέβητα $\eta_L = 90\%$ να υπολογιστεί η απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου στην προηγούμενη άσκηση.

Άσκηση 5.3

Καύσιμο βιομάζας με ενεργειακό περιεχόμενο $h_k = 3.500 \text{ kcal/kg}$ σε ξηρή βάση προέρχεται από το κλάδεμα της ελιάς. Υπολογίζουμε ότι λαμβάνουμε περίπου 400 κιλά κάθε δύο χρόνια ανά στρέμμα. Για να καλύψουμε 4 GWh ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζεται το Πολυτεχνείο το χρόνο πόσα στρέμματα θα χρειαστούμε; (η μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική έχει απόδοση 20 %).

Άσκηση 5.4

Σε σύστημα παραγωγής υγρών βιοκαυσίμων από λιγνοκυτταρινούχα υλικά:

- Διαμορφώστε το ολοκληρωμένο σύστημα κύκλου ζωής και ερμηνεύστε τον κύκλο του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από την κατανάλωση των υγρών βιοκαυσίμων (εδώ βιοαιθανόλης).
- Διατυπώστε τη χημική αντίδραση της μετατροπής γλυκόζης σε βιοαιθανόλη.
- Υπολογίστε τη μέγιστη παραγωγή βιοαιθανόλης (σε L-λίτρα-) από 100 t πράσινης βιομάζας με περιεκτικότητα 60% υγρασία, 35% κυτταρίνη, 5% ανόργανα άλατα.

Επίσης λάβετε υπόψη τις υποθέσεις:

- 1 kg κυτταρίνης μπορεί να δώσει 0,6 kg D-γλυκόζης
- Η D-γλυκόζη μετατρέπεται 100% σε βιοαιθανόλη (ατομικά βάρη C:12, O:16, H:1)
- Η παραγόμενη βιοαιθανόλη έχει περιεκτικότητα 99,0% w/v

6 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Άσκηση 6.1

Έστω ότι συγκρίνουμε τη διαθέσιμη ισχύ σε δύο υδροηλεκτρικά συστήματα που βρίσκονται στις θέσεις Α και Β. Και τα δύο συστήματα έχουν διαθέσιμο ύψος υδατόπτωσης 50 m. Η παροχή στη θέση Α είναι $3 \text{ m}^3/\text{min}$ ενώ το κατάλληλο σύστημα αξιοποίησης έχει απόδοση 80%. Αντίστοιχα για τη θέση Β η παροχή θα είναι 100.000 L/h ενώ έχει απόδοση 90%. Να υπολογιστεί η διαθέσιμη ισχύς και στις δύο θέσεις.

Άσκηση 6.2

Σε τι υψόμετρο πρέπει να βρίσκεται μια δεξαμενή νερού 1.000 m^3 για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες μιας κατοικίας 5 ατόμων στην Ελλάδα;

Άσκηση 6.3

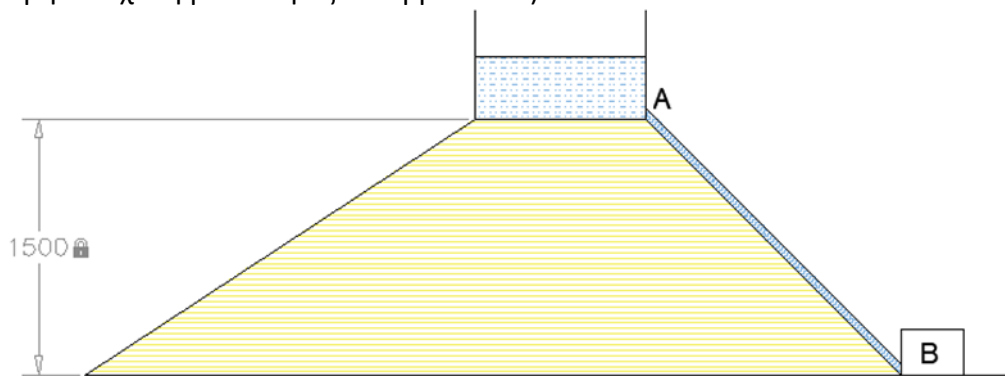
Όπως φαίνεται στο σχήμα 8.1 μια δεξαμενή βρίσκεται στο σημείο A με υψομετρική διαφορά 1.500 m από την ηλεκτρική γεννήτρια B και σχεδιάζεται να χρησιμοποιηθεί σαν αποθήκη ενέργειας, ώστε τις ώρες διαθέσιμου πλεονάσματος ηλεκτρικής ενέργειας να αντλείται νερό προς την δεξαμενή, ενώ τις ώρες έλλειψης ενέργειας να αξιοποιείται το νερό της δεξαμενής.

- Αν ο όγκος της δεξαμενής είναι $50,000 \text{ m}^3$, πόση θα είναι η μέγιστη θεωρητικά ενέργεια που μπορεί να αποθηκευτεί;
- Αν ο συντελεστής μετατροπής σε ηλεκτρική ενέργεια είναι 80 % και η παροχή στο σημείο B είναι $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ τι ισχύ ηλεκτρική ενέργειας μπορεί να παρέχει στο ηλεκτρικό δίκτυο και για πόσες ώρες χωρίς να χρειαστεί να την γεμίσουμε.

Δίδονται:

πυκνότητα νερού 1.000 kg/m^3 και η επιτάχυνση βαρύτητας 10 m/s^2 .

Υπόθεση: Μην λάβετε υπόψη την υψομετρική διαφορά εντός της δεξαμενής (θεωρήστε τη πολύ μικρή σε σχέση με το ύψος που βρίσκεται).



Σχήμα 6.1: Δεξαμενή χρησιμοποιούμενη ως αποθήκη ενέργειας.

7 Γεωθερμία

Άσκηση 7.1

Στα Χανιά ($35^\circ 33' \text{ N}$) το απαιτούμενο θερμικό φορτίο κατά το μήνα Ιανουάριο για θέρμανση μιας κατοικίας είναι 20 GJ . Οι ημερήσιες απαιτήσεις τον ίδιο μήνα για ζεστό νερό είναι περίπου 400 L νερού, που πρέπει να θερμανθούν από τους 12°C στους 50°C . Η παράμετρος $UA = 350 \text{ W/}^\circ\text{C}$. Σαν κύριο σύστημα προτείνεται αντλία θερμότητας που εκμεταλλεύεται παρακείμενο πηγάδι το οποίο λόγω ότι γειτνιάζει με την θάλασσα έχει σταθερή θερμοκρασία για όλο το χρόνο 20°C . Η αντλία θερμότητας έχει σε θέρμανση περίπου το 15 % της απόδοσης Carnot.

- Υπολογίστε για τον Ιανουάριο, το μηνιαίο θερμικό φορτίο για την θέρμανση χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης
- Συγκρίνατε με ίδια κατοικία στη Λήμνο. Τι συμπεραίνετε;

- γ. Που θα είναι μεγαλύτερη η χρησιμότητα του συστήματος; Αιτιολογείστε την απάντησή σας.

Άσκηση 7.2

Έστω ταμιευτήρας ζεστού νερού θερμοκρασίας $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ που βρίσκεται σε βάθος 2 km . Αν η θερμοκρασία στην επιφάνεια είναι $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ και η θερμική αγωγιμότητα του βράχου $3\text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, να υπολογιστεί η διαφορική κλίση της θερμοκρασίας και ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας. Αν η θερμοκρασία του ταμιευτήρα γίνει $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ τα υπόλοιπα δεδομένα παραμένουν σταθερά, ποιος θα είναι ο νέος ρυθμός μεταφοράς θερμότητας;

8 Αποθήκευση Ενέργειας

Άσκηση 8.1

Η θερμοχωρητικότητα του νερού είναι $4.186\text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ και θεωρείστε την σταθερή για ένα εύρος θερμοκρασιών από $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Πόση ενέργεια μπορούμε να αποθηκεύσουμε σε ένα δοχείο 1 m^3 όταν το νερό το λαμβάνουμε στους $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ και το χρησιμοποιούμε στους $45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Άσκηση 8.2

Πόση ενέργεια εμπεριέχει μεταλλικό δοχείο 1 m^3 που περιέχει CO_2 , το οποίο βρίσκεται σε πίεση 10 atm και θερμοκρασία 305 K . Αν αυξήσουμε την θερμοκρασία κατά 10 K , πόση ενέργεια θα εμπεριέχεται στο δοχείο;

Άσκηση 8.3

Δεξαμενή νερού βρίσκεται σε υψόμετρο 1.000 m και περιέχει 1.000 m^3 νερού.

- Ποια η δυναμική ενέργεια του νερού μη λαμβάνοντας υπόψη την υψομετρική διαφορά εντός της δεξαμενής;
- Ποια η κινητική ενέργεια του νερού στη βάση της δεξαμενής; (δεν λαμβάνεται υπόψη το ιξώδες και η τριβή του νερού με τα τοιχώματα του σωλήνα).
- Από τι εξαρτάται η ισχύς του νερού που θα έχουμε στη βάση της δεξαμενής;

Άσκηση 8.4

Στις παρακάτω στήλες δίνονται η κατανάλωση ενέργειας του Πολυτεχνείου Κρήτης και η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν οι αντλίες θερμότητας του Πολυτεχνείου για ψύξη.

- Σχεδιάστε ϕ/β που λειτουργεί αυτόνομα με ηλεκτρικές μπαταρίες και θερμική αποθήκευση όταν στα δεδομένα για την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική το $\text{COP} = 3$ (να αναφερθούν οι θερμικές μονάδες αποθήκευσης που χρειαζόμαστε - δώστε και την κατανομή τους).

2. Θεωρήστε δεξαμενή Α που βρίσκεται εντός Πολυτεχνείου και δεξαμενή Β με τις ίδιες διαστάσεις 100 m πιο κάτω. Όταν έχουμε περίσσεια ενέργειας αντλούμε νερό στην Α από την Β (θεωρήστε χωρίς απώλειες), ενώ όταν χρειαζόμαστε ενέργεια το νερό κινείται προς την Β παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια (θεωρήστε απόδοση 100% - μην υπολογίσετε την υψομετρική διαφορά εντός δεξαμενής). Σχεδιάστε αυτόνομο σύστημα με φ/β και έχοντας σαν αποθήκη ενέργειας τις δεξαμενές δίνοντας το μέγεθος σε όγκο της δεξαμενής που χρειαζόμαστε και την κατανομή της παροχής ανά ώρα.

3. Περιβαλλοντικά η θερμική αποθήκευση στην περίπτωση του πρώτου ερωτήματος τι νόημα έχει;

Χρόνος	Κατανάλωση σε kWh	Πυκνότητα ηλιακής ενέργειας (Wh/m ²)	Ηλεκτρική Ενέργεια για ψύξη (kWh)
27/06/17 00:00	454.85	0	45.485
27/06/17 01:00	436.7	0	43.67
27/06/17 02:00	426.5	0	42.65
27/06/17 03:00	387.75	0	38.775
27/06/17 04:00	393.6	0	157.44
27/06/17 05:00	398.65	0	159.46
27/06/17 06:00	401.5	18.5	160.6
27/06/17 07:00	436.8	147.5	262.08
27/06/17 08:00	607.05	315.5	364.23
27/06/17 09:00	759.9	482.6666667	455.94
27/06/17 10:00	912.45	633.1666667	547.47
27/06/17 11:00	1067.2	755.6666667	640.32
27/06/17 12:00	1147.45	832.6666667	688.47
27/06/17 13:00	1141.85	861.3333333	685.11
27/06/17 14:00	1107.6	844.1666667	664.56
27/06/17 15:00	1017.55	775.6666667	101.755
27/06/17 16:00	873.7	666.1666667	87.37
27/06/17 17:00	781.55	520.3333333	78.155
27/06/17 18:00	709.9	356	70.99
27/06/17 19:00	631.25	186.8333333	63.125
27/06/17 20:00	531.4	39	53.14
27/06/17 21:00	521.2	0	52.12
27/06/17 22:00	470.15	0	47.015
27/06/17 23:00	435.6	0	43.56

9 Διαχείριση ενέργειας – Ρόλος των ΑΠΕ

Άσκηση 9.1

Κατοικία στη χώρα μας θερμαίνεται/ψύχεται από τρία κλιματιστικά. Καθένα έχει μέση ισχύ 600 W, ενώ η μέγιστη ισχύς του κάθε κλιματιστικού μπορεί να φθάσει το 1,5 kW.

- α. Πόση ενέργεια χρειαζόμαστε ημερησίως;
- β. Έστω σύστημα για την κάλυψη της ζήτησης. Ποια θα είναι η ελάχιστη ισχύς του συστήματος;

Άσκηση 9.2

Μία γρήγορη λύση για εξοικονόμηση ενέργειας είναι η αντικατάσταση ενεργοβόρων λαμπτήρων με λαμπτήρες νεότερης τεχνολογίας. Οι συνήθεις λαμπτήρες φθορίου έχουν απόδοση 80 lm/W. Ένα κτίριο φωτίζεται από λαμπτήρες φθορίου συνολικής ισχύος 100 W και λειτουργούν κατά μέσο όρο 6 h/d για 365 d/γ. Υπολογίστε πόση ενέργεια θα εξοικονομήσουμε αν τους αντικαταστήσουμε με λαμπτήρες που έχουν απόδοση 150 lm/W.

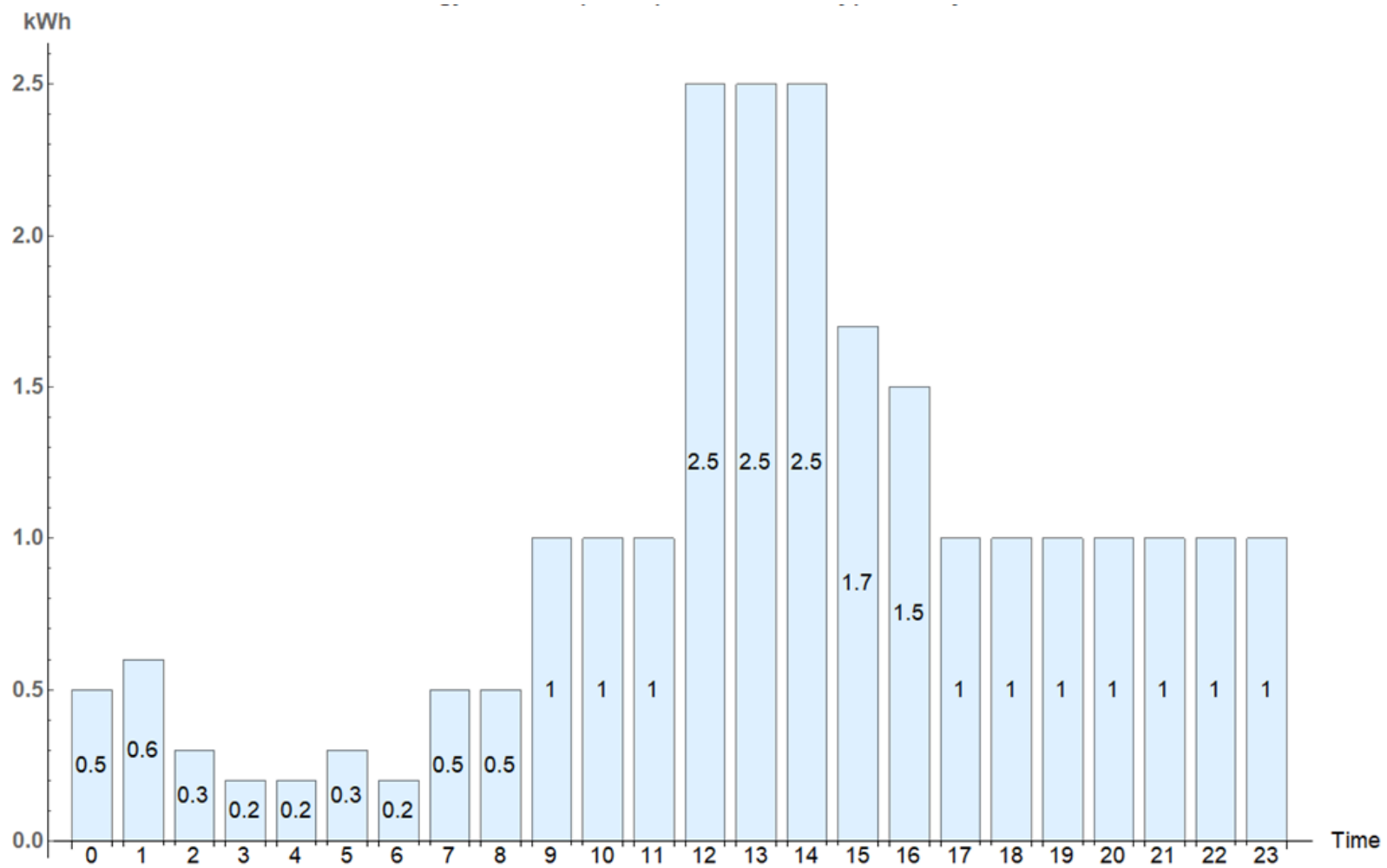
Άσκηση 9.3

Σε λέβητα βιοκαυσίμου καίγονται σε 1 h, 20 kg καυσίμου. Η απόδοση του λέβητα είναι 0,9 και η θερμική απόδοση του καυσίμου είναι 4.000 kcal/kg. Ποια η ισχύς του λέβητα;

Άσκηση 9.4

Κατοικία στη χώρα μας βρίσκεται σε απομονωμένη περιοχή και χωρίς ηλεκτρικό δίκτυο φιλοξενώντας οικογένεια 5 ατόμων.

- Εκτιμήστε την ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Έστω ότι το σχήμα 9.1 δίνει την τυπική κατανάλωση ενέργειας της κατοικίας. Προτείνετε τρόπους για να καλυφθεί αυτή η ζήτηση εκτιμώντας την ισχύ κάθε συστήματος.



Σχήμα 9.1: Τυπική ημερήσια κατανάλωση κατοικίας, ανά ώρα (0 - 23).

Άσκηση 9.5

Ξενοδοχείο στα Χανιά ($35^{\circ} 33' N$) δουλεύει από τον Μάιο ως και τον Οκτώβριο (Daily Degree Days: 70,200,266,275,180,61) και οι θερμοκρασίες αναφοράς για ψύξη είναι $26^{\circ}C$. Οι ημερήσιες απαιτήσεις για ζεστό νερό είναι περίπου $5 m^3$ νερού, που πρέπει να θερμανθούν από τους $20^{\circ}C$ στους $50^{\circ}C$. Οι εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου είναι $2.000 m^2$. Η παράμετρος $UA = 10 W/m^2$. Σαν κύριο σύστημα προτείνεται αντλία θερμότητας που εκμεταλλεύεται παρακείμενο πηγάδι το οποίο λόγω ότι γειτνιάζει με την θάλασσα έχει σταθερή θερμοκρασία για όλο το χρόνο $20^{\circ}C$. Η αντλία θερμότητας έχει σε ψύξη περίπου το 15% της απόδοσης Carnot. Σαν βοηθητικό σύστημα χρησιμοποιούμε ηλιοθερμικά με μέση ισχύ $0.3 kW/m^2$. Δώστε μια εκτίμηση για την ισχύ της αντλίας θερμότητας που χρειαζόμαστε καθώς και για το εμβαδόν των ϕ/β . Υπολογίστε τις εκπομπές CO_2 για το σύστημα που θα επιλέξετε.

Άσκηση 9.6

Ο περιφερειακός δρόμος του Πολυτεχνείου Κρήτης είναι 2,5 km και έχει μέσο πλάτος 10 m. Βάση των κανονισμών χρειάζεται 10 lx.

Πόσα lumens χρειαζόμαστε;

- Αν οι λαμπτήρες φθορίου αποδίδουν $80 lm/W$ τι ισχύ θα έχει ο συνολικός φωτισμός;
- Αν οι λαμπτήρες led αποδίδουν $120 lm/W$ τι ισχύ θα έχει ο συνολικός φωτισμός;
- Πόση ενέργεια το χρόνο καταναλώνουμε σε κάθε περίπτωση θεωρώντας ότι τα φώτα είναι αναμμένα 10 h το 24ωρο;

Άσκηση 9.7

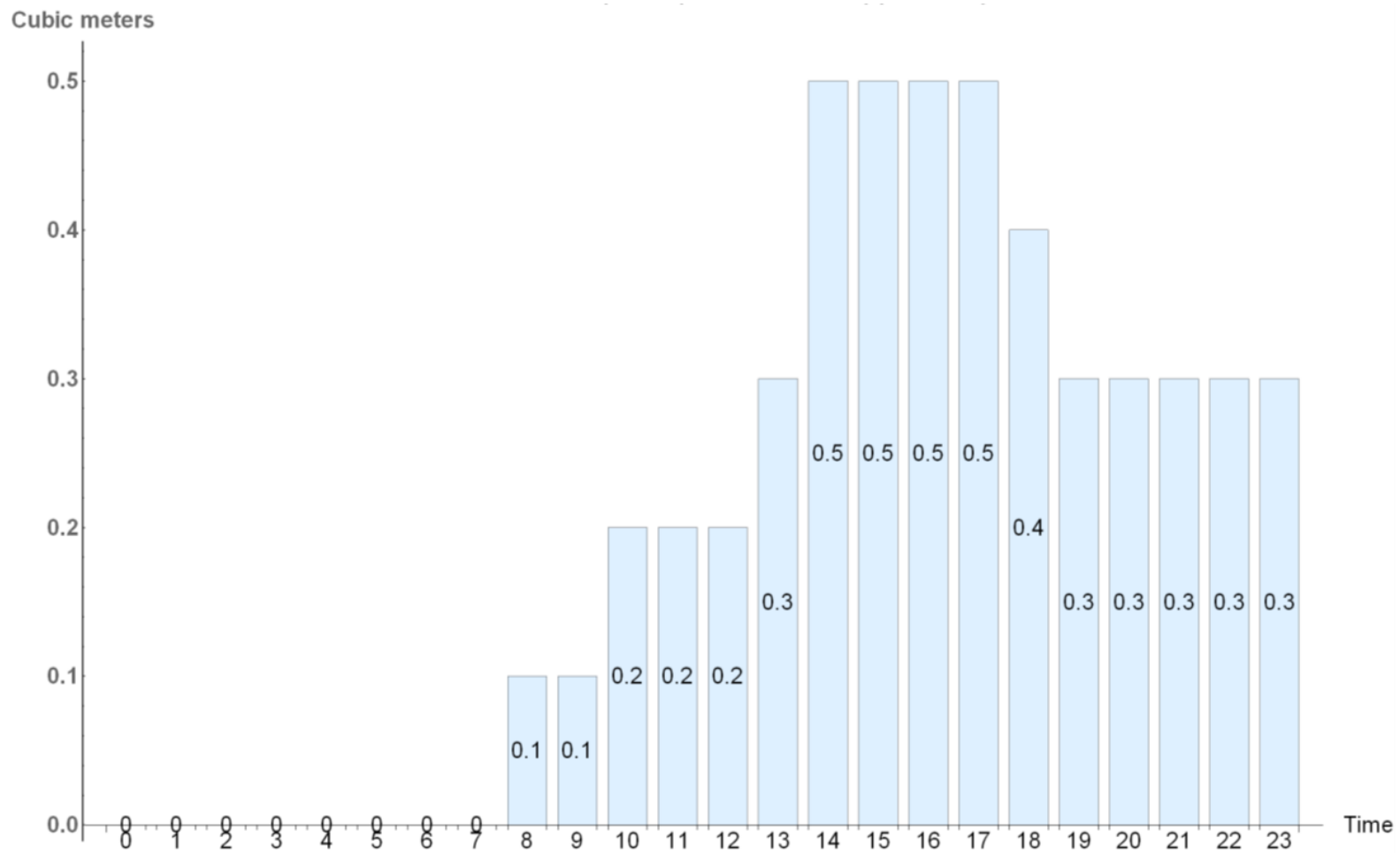
Στο Πολυτεχνείο Κρήτης υπάρχει σημαντική κατανάλωση ενέργειας στα μαγειρεία της φοιτητικής λέσχης για τα πλυντήρια πιάτων. Η κατανάλωση νερού φαίνεται στο σχήμα 9.2 και έχει θερμοκρασία $80^{\circ}C$. Το νερό εισέρχεται με θερμοκρασία $15^{\circ}C$. Η μέση απόσταση των σωληνώσεων για την τροφοδοσία των πλυντηρίων με ζεστό νερό είναι 10 m και οι απώλειες λόγω αυτού είναι $2 W/m$. Έχουμε στην διάθεση μας:

- Ηλιοθερμικά με μέση ισχύ $0,3 kW/m^2$ (μέση ημερήσια ηλιοφάνεια 10 h)
- Αντλία θερμότητας με το 15% της απόδοσης Carnot σε θέρμανση
- Φωτοβολταϊκά με μέσο συντελεστή απόδοσης 0,11 και συντελεστές για θερμοκρασία και ρύπανση 0,9 και 0,96. Η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία στα Χανιά είναι $5 kWh/m^2$
- Λέβητας βιοκαυσίμου με ενεργειακό περιεχόμενο καυσίμου $h_k = 3,5 kWh/kg$ σε ξηρή βάση θερμοκρασία καύσης $600^{\circ}C$ και συντελεστή απόδοσης λέβητα $\eta_L = 90\%$
- Δεξαμενές με συντελεστή θερμικών απωλειών $8 W/^{\circ}C$ και μέση ετήσια θερμοκρασία στο υπόγειο που βρίσκεται η δεξαμενή $25^{\circ}C$.
- Μηχανή Stirling με σύστημα συμπαραγωγής. Η μηχανή έχει απόδοση το 30 % της απόδοσης Carnot και η γεννήτρια 85 %.

Επιλέξτε και διαστασιολογήστε ένα σύστημα που θα καλύψει τη ζήτηση. Υπολογίστε τις εκπομπές CO_2 για το σύστημα που θα επιλέξετε.

Δίνονται:

- η πυκνότητα του νερού: $1 kg/L$
- η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού $C_p = 4.200 J/kg^{\circ}C$



Σχήμα 9.2: Τυπική ημερήσια κατανάλωση νερού στην φοιτητική λέσχη του Πολυτεχνείου Κρήτης

Άσκηση 9.8

Για ξενοδοχειακό συγκρότημα στην στήλη Β δίνεται η κατανομή κατανάλωσης σε ζεστό νερό θερμοκρασίας 40 °C. Το νερό το λαμβάνουμε σε αρχική θερμοκρασία 15 °C.

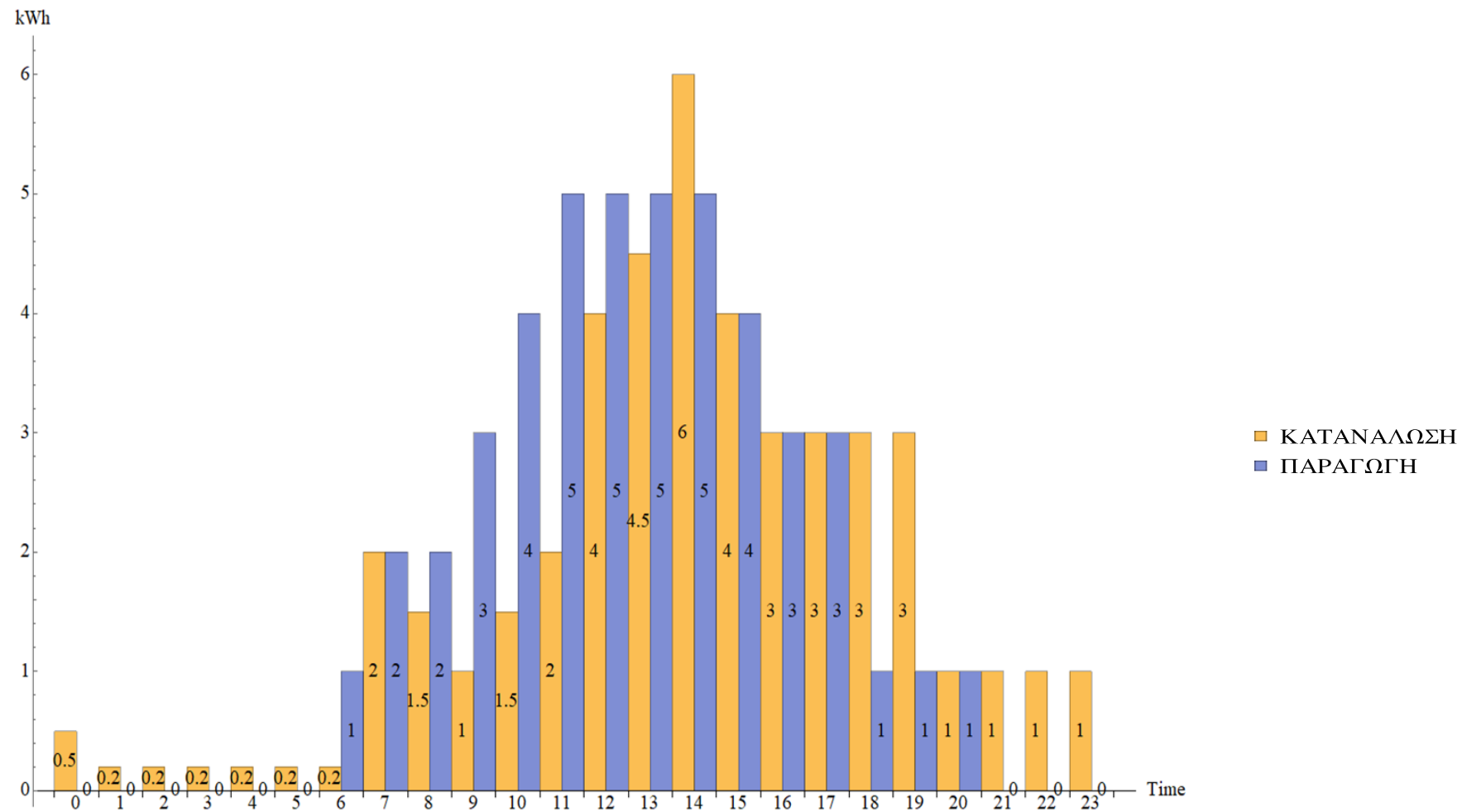
1. Δώστε την κατανομή θερμικής ενέργειας που χρειαζόμαστε για να ζεσταθεί το νερό.
2. Δώστε την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για να δίνει αντλία θερμότητας (COP = 4) την απαραίτητη ενέργεια για τη θέρμανση του νερού.
3. Σε περίπτωση που χρησιμοποιήσουμε καύσιμο βιομάζα με ενεργειακό περιεχόμενο 3,5 kWh/kg με λέβητα βιοκαυσίμου (90% αποδόση) δώστε την κατανάλωση του καυσίμου ανά ώρα για να ικανοποιήσει την δεδομένη ζήτηση.
4. Σχεδιάστε Φ/Β σύστημα που σε συνδυασμό με την αντλία θερμότητας θα καλύπτει την συγκεκριμένη κατανάλωση σε ενέργεια και χρησιμοποιήστε το βιοκαύσιμο σαν αποθήκη ενέργειας.

Χρόνος	Πυκνότητα ηλιακής ενέργειας (Wh/m ²)	Κατανάλωση Νερού σε m ³
01/07/17 00:00	0.	5.
01/07/17 01:00	0.	4.
01/07/17 02:00	0.	4.
01/07/17 03:00	0.	4.
01/07/17 04:00	0.	4.
01/07/17 05:00	0.	4.
01/07/17 06:00	15.	4.
01/07/17 07:00	140.	4.
01/07/17 08:00	317.	4.
01/07/17 09:00	494.	4.
01/07/17 10:00	647.	4.
01/07/17 11:00	767.	5.
01/07/17 12:00	844.	5.
01/07/17 13:00	873.	5.
01/07/17 14:00	854.	6.
01/07/17 15:00	787.	5.
01/07/17 16:00	676.	4.
01/07/17 17:00	528.	4.
01/07/17 18:00	359.	4.
01/07/17 19:00	185.	4.
01/07/17 20:00	35.	4.
01/07/17 21:00	0.	5.
01/07/17 22:00	0.	4.
01/07/17 23:00	0.	4.

Άσκηση 9.9

Για καλοκαιρινή κατοικία που χρησιμοποιείται για βραχυχρόνια μίσθωση δίνεται η κατανάλωση και η παραγωγή ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου (Σχήμα 9.3).

- α. Ποια η μέση ισχύς παραγωγής κ κατανάλωσης μεταξύ 00:00 και 01:00;
- β. Είναι αρκετή η παραγωγή, ώστε να καλύψει την ζήτηση;



Σχήμα 9.3: Τυπική ημερήσια κατανάλωση και παραγωγή ανά ώρα (0 - 23).

10 Παράρτημα: Πίνακες σχετικοί με την ενεργειακή απόδοση

Πίνακας 10.1: Βαθμομέρες θέρμανσης DD με θερμοκρασία αναφοράς 18 °C για ελληνικές πόλεις. (Πηγή: TOTEE 20701-3/2010)

Περιοχή/μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Αθήνα (Ελληνικό)	239	207	177	60	-	-	-	-	-	-	78	186
Αθήνα (Φιλαδέλφεια)	288	244	211	78	-	-	-	-	-	-	126	239
Αγρίνιο	301	246	202	84	-	-	-	-	-	-	144	260
Αγχιάλος	353	288	248	111	-	-	-	-	-	31	177	307
Αλεξανδρούπολη	403	339	301	144	-	-	-	-	-	71	216	341
Αλιάρτος	338	274	229	84	-	-	-	-	-	34	180	291
Ανδραβίδα	267	227	192	96	-	-	-	-	-	-	117	220
Άραξος	242	210	180	84	-	-	-	-	-	-	99	198
Άργος (Πυργέλα)	307	269	229	99	-	-	-	-	-	6	153	264
Αργοστόλι	205	182	161	81	-	-	-	-	-	-	66	161
Άρτα	310	252	202	102	-	-	-	-	-	6	165	276
Δράμα	412	322	248	99	-	-	-	-	-	50	243	372
Έδεσσα	419	330	260	138	-	-	-	-	-	74	258	378
Ζάκυνθος	233	210	192	96	-	-	-	-	-	-	96	195
Ηράκλειο	183	162	140	45	-	-	-	-	-	-	39	133
Θεσσαλονίκη	394	314	254	111	-	-	-	-	-	53	207	344
Ιεράπετρα	158	143	118	30	-	-	-	-	-	-	15	109
Ιωάννινα	412	336	285	168	16	-	-	-	-	93	249	378
Καλαμάτα	242	207	177	84	-	-	-	-	-	-	96	198
Καρδίτσα	419	311	236	123	-	-	-	-	-	59	237	425
Καρπενήσι	440	417	391	222	102	-	-	-	-	174	336	409
Κάρυστος	236	216	174	69	-	-	-	-	-	-	93	195
Καστοριά	490	409	344	195	50	-	-	-	-	143	324	465
Κέρκυρα	257	216	186	90	-	-	-	-	-	-	111	214
Κοζάνη	487	400	344	192	37	-	-	-	-	140	300	437
Κομοτηνή	409	330	291	147	-	-	-	-	-	87	216	341
Κόνιτσα	397	322	264	174	25	-	-	-	-	81	246	360
Κόρινθος (Βέλο)	285	244	202	78	-	-	-	-	-	-	138	245
Κύθηρα	220	199	189	102	-	-	-	-	-	-	66	164
Κως	217	210	183	78	-	-	-	-	-	-	90	174
Λαμία	338	277	226	90	-	-	-	-	-	31	183	304
Λάρισα	397	314	264	120	-	-	-	-	-	53	213	357
Λευκάδα	242	207	164	84	-	-	-	-	-	-	102	202
Λήμνος	329	286	257	126	-	-	-	-	-	37	171	279
Μεθώνη	208	182	158	78	-	-	-	-	-	-	60	158
Μήλος	226	202	189	90	-	-	-	-	-	-	81	174
Μυτιλήνη	264	227	198	72	-	-	-	-	-	-	111	208
Νάξος	183	162	146	57	-	-	-	-	-	-	51	136
Ξάνθη	384	314	260	111	-	-	-	-	-	47	210	344
Πάρος	211	190	158	54	-	-	-	-	-	-	84	177
Πάτρα	248	207	171	72	-	-	-	-	-	-	105	205
Πολύγυρος	406	372	288	168	53	-	-	-	-	90	219	347
Πύργος	260	221	180	84	-	-	-	-	-	-	117	217
Ρέθυμνο	161	143	118	27	-	-	-	-	-	-	21	109
Ρόδος	186	162	133	42	-	-	-	-	-	-	39	140
Σάμος	236	218	180	57	-	-	-	-	-	-	99	186
Σέρρες	434	328	257	108	-	-	-	-	-	71	258	409
Σητεία	180	160	136	42	-	-	-	-	-	-	36	130
Σκύρος	251	218	202	90	-	-	-	-	-	-	102	198
Σούδα	220	196	167	66	-	-	-	-	-	-	72	167
Σπάρτη	264	221	177	72	-	-	-	-	-	-	120	226
Σύρος	192	174	152	48	-	-	-	-	-	-	63	161
Τανάγρα	326	274	242	105	-	-	-	-	-	25	156	267
Τρίκαλα (Ημαθίας)	412	333	260	108	-	-	-	-	-	68	249	388
Τρίκαλα (Θεσσαλίας)	391	311	229	90	-	-	-	-	-	50	234	360
Τρίπολη	400	342	313	189	31	-	-	-	-	105	237	350
Τυμπάκιο	195	174	143	48	-	-	-	-	-	-	48	149
Φλώρινα	543	428	350	192	37	-	-	-	-	167	330	490
Χαλκίδα	276	249	192	57	-	-	-	-	-	-	123	233
Χανιά	198	174	149	51	-	-	-	-	-	-	57	152
Χίος	260	232	198	87	-	-	-	-	-	-	132	214
Χρυσούπολη (Καβάλα)	388	330	288	129	-	-	-	-	-	74	228	353

Πίνακας 10.2: Βαθμώρες Ψύξης CDH με θερμοκρασία αναφοράς 26 °C για ελληνικές πόλεις. (Πηγή: TOTEE 20701-3/2010)

Περιοχή/μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Αθήνα (Ελληνικό)	-	-	-	-	-	794	1901	1853	292	-	-	-
Αθήνα (Φιλαδέλφεια)	-	-	-	-	13	1209	2162	1787	363	-	-	-
Αγρίνιο	-	-	-	-	16	909	1535	1488	248	-	-	-
Αγχίαλος	-	-	-	-	-	552	1281	1042	34	-	-	-
Αλεξανδρούπολη	-	-	-	-	-	152	917	808	-	-	-	-
Ανδραβίδα	-	-	-	-	-	324	799	1065	109	-	-	-
Αργος (Πυργέλα)	-	-	-	-	-	945	1813	1572	372	-	-	-
Αργοστόλι	-	-	-	-	-	59	626	873	-	-	-	-
Άρτα	-	-	-	-	-	675	1290	1297	137	-	-	-
Ηράκλειο	-	-	-	-	-	12	694	610	18	-	-	-
Θεσσαλονίκη	-	-	-	-	-	526	1211	1058	-	-	-	-
Ιωάννινα	-	-	-	-	-	219	800	675	-	-	-	-
Καλαμάτα	-	-	-	-	-	461	1146	1130	187	-	-	-
Καστοριά	-	-	-	-	-	55	505	369	-	-	-	-
Κέρκυρα	-	-	-	-	-	391	1122	1236	1	-	-	-
Κόρινθος (Βέλο)	-	-	-	-	-	844	1698	1560	236	-	-	-
Λαμία	-	-	-	-	-	921	1496	1181	181	-	-	-
Λάρισα	-	-	-	-	-	951	1563	1221	121	-	-	-
Νάξος	-	-	-	-	-	-	166	100	-	-	-	-
Πύργος	-	-	-	-	-	486	1246	1440	217	-	-	-
Ρόδος	-	-	-	-	-	158	870	1046	161	-	-	-
Σάμος	-	-	-	-	-	771	1867	1782	212	-	-	-
Σέρρες	-	-	-	-	-	688	1344	1158	59	-	-	-
Σητεία	-	-	-	-	-	-	408	350	-	-	-	-
Σκύρος	-	-	-	-	-	-	363	218	-	-	-	-
Σούδα	-	-	-	-	-	497	1276	1051	157	-	-	-
Τανάγρα	-	-	-	-	-	753	1557	1235	128	-	-	-
Τρίκαλα Ημαθ.	-	-	-	-	-	591	1027	830	9	-	-	-
Τυμπάκι	-	-	-	-	-	376	1476	1512	267	-	-	-
Χρυσούπολη	-	-	-	-	-	49	674	559	-	-	-	-

Πίνακας 10.3: Συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε κατοικίες. (Πηγή: TOTEE 20701-1/2010)

Πόλεις της Ελλάδας	Τύπος ηλιακού συλλέκτη								
	Απλός			Επιλεκτικός			Κενού		
	Γωνία κλίσης εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών (°)								
	15 ^ο	45 ^ο	65 ^ο	15 ^ο	45 ^ο	65 ^ο	15 ^ο	45 ^ο	65 ^ο
Αλεξαν/πολη	0,318	0,325	0,329	0,341	0,353	0,350	0,360	0,367	0,369
Αθήνα	0,338	0,344	0,351	0,359	0,369	0,369	0,374	0,381	0,383
Ηράκλειο	0,333	0,339	0,343	0,355	0,364	0,361	0,370	0,375	0,378
Καστοριά	0,307	0,314	0,316	0,333	0,344	0,340	0,356	0,363	0,363
Λάρισα	0,327	0,334	0,341	0,350	0,360	0,360	0,369	0,376	0,378
Λήμνος	0,319	0,327	0,331	0,343	0,354	0,352	0,360	0,368	0,370
Νάξος	0,332	0,340	0,344	0,355	0,365	0,363	0,372	0,378	0,381
Πάτρα	0,335	0,342	0,348	0,357	0,366	0,366	0,373	0,381	0,382
Θεσσαλονίκη	0,325	0,332	0,337	0,348	0,358	0,358	0,368	0,375	0,376
Τρίπολη	0,317	0,324	0,327	0,340	0,349	0,347	0,363	0,369	0,370
Μέσος όρος	0,325	0,332	0,337	0,348	0,358	0,357	0,366	0,373	0,375

Πίνακας 10.4: Συντελεστής εκπομπής αερίων για διάφορα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στον κτιριακό τομέα. (Πηγή: TOTEE 20701-1/2010)

Καύσιμο	Κατώτερη θερμογόνος δύναμη	CO ₂	SO ₂	NO _x
	[kWh/kg]	[g/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]
Πετρέλαιο θέρμανσης	11,92	263,6	0,1	200,0
Υγραέριο	12,73	238,0	0,0	165,1
Φυσικό αέριο	13,83	196,3	0,0	152,0
Λιγνίτης		1320,0	1,2	1,0
Ηλεκτρισμός (περιοχές που είναι διασυνδεδεμένες με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο)		850,0	15,5	1,2
Ηλεκτρισμός (νησιά που δεν είναι διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο)		1062,5	19,4	1,5
Θερμική ενέργεια από τηλεθέρμανση		346,6	1,5	0,6

Θερμοδυναμική

$$\text{COP}_R = \frac{T_C}{T_H - T_C} \quad \text{Απόδοση ψύξης Carnot}$$

$$\text{COP}_H = \frac{T_H}{T_H - T_C} \quad \text{Απόδοση θέρμανσης Carnot}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H} \quad \text{Απόδοση Carnot}$$

Ηλιακά Θερμικά

$$L_w = m \cdot C_p \cdot (T_d - T_s) \quad \text{Ενέργεια θέρμανσης}$$

$$\dot{L} = (UA)_h \cdot (T_d - T_s) \quad \text{Ισχύς απωλειών} \\ \text{δεξαμενής}$$

$$\dot{L} = S \cdot U_p \quad \text{Ισχύς απωλειών σε} \\ \text{σωλήνες}$$

Φωτοβολταϊκά

$$E_p = n_p \cdot n_t \cdot n_{pv} \cdot E_{sun} \cdot A \quad \text{Ενέργεια από φ/β}$$

$$P_p = n_p \cdot n_t \cdot n_{pv} \cdot P_{sun} \cdot A \quad \text{Ισχύς από φ/β}$$

Αιολική ενέργεια

$$P = 1/2 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Ισχύς ανέμου

Ισχύς

$$P_n = c_p \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

ανέμογεννήτριας

Ηλεκτρική ισχύς

$$P_{el} = n_{mech-el} \cdot c_p \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

ανεμογεννήτριας

Συντελεστής

$$C_f = \frac{E_t}{P_n \cdot \Delta_t}$$

χρησιμοποίησης

ανεμογεννήτριας

Γεωθερμία

$$Q = K \frac{\Delta\theta}{\Delta z}$$

Γεωθερμική βαθμίδα