

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 10

## 1. (10.9.3.3.) Εφαρμογή 1

**Υπολογισμός για την κάλυψη αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) κτιρίου**

Η εφαρμογή αναφέρεται σε κτίριο που βρίσκεται σε περιοχή της Θεσσαλονίκης με γεωγραφικό πλάτος  $40,65^\circ$  και αφορά την ενεργειακή απαίτηση και κατανάλωση για ζεστό νερό χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) και για κάθε μήνα του έτους.

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 33 του παραρτήματος πινάκων II και για θερμοκρασία (Ζ.Ν.Χ.)  $45^\circ\text{C}$  έχουμε:

- Κτίριο για φιλοξενία 10 ατόμων (μικρή ξενοδοχειακή μονάδα)  $100 \text{ (λίτρα/άτομο/ημέρα)} \times 10 \text{ άτομα}$ ,  $V_d = 1000 \text{ l / day}$
- Η μέση θερμοκρασία του (Ζ.Ν.Χ.) λαμβάνεται  $\theta_{w,t} = 50^\circ\text{C}$
- Οι μέσες θερμοκρασίες νερού δικτύου ύδρευσης για την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης με βάση τα στοιχεία του πίνακα 10.10. είναι αυτές που σημειώνονται στον πίνακα 10.10.1. Επομένως για το μήνα Ιανουάριο  $\theta_{w,i} = 8,2^\circ\text{C}$

Πίνακας 10.10.1. Μέση θερμοκρασία δικτύου νερού σε  $^\circ\text{C}$  σύμφωνα με ΕΛΟΤ 1291

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Θερμοκρασία νερού	8,2	7,9	9,2	12,8	16,8	20,2	21,5	22,8	22,1	19,4	15,7	11,0

Πίνακας 10.11. Μέση μηνιαία θερμοκρασία 24ώρου σε  $^\circ\text{C}$  για την περιοχή Θεσσαλονίκης

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
5,3	6,8	9,8	14,3	19,7	24,5	26,8	26,2	21,9	16,3	11,1	6,9

Πίνακας 10.11.1. Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας (μέση θερμοκρασία για την περίοδο ηλιοφάνειας της ημέρας) σε  $^\circ\text{C}$ , για την Θεσσαλονίκη.

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
6,5	8,1	11,2	15,8	21,1	25,9	28,2	27,7	23,5	17,8	12,4	8,1

- Ο αριθμός ημερών για το μήνα Ιανουάριο λαμβάνεται  $N_{day,w} = 31$
- Η πυκνότητα του νερού λαμβάνεται  $\rho = 1 \text{ kg / l}$
- Η ειδική θερμότητα του νερού λαμβάνεται  $c = 4,18 \text{ kJ / kg} \cdot \text{K}$

Το φορτίο (ημερήσια ενεργειακή απαίτηση) για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης θα είναι:

$$Q_d = V_d \cdot \frac{\rho \cdot c}{3600} (\theta_{w,t} - \theta_{w,i}) = 1000 \cdot \frac{1 \cdot 4,18}{3600} \cdot (50 - 8,2) = 48,53 \text{ kWh}$$

Το φορτίο (μηνιαία ενεργειακή απαίτηση) για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης θα είναι:

$$Q_w = N_{day,w} \cdot Q_d = 31 \cdot 48,53 = 1504,43 \text{ kWh}$$

Η θερμική ισχύς ενός **τοπικού θερμαντήρα** παραγωγής (Ζ.Ν.Χ.), για μέσο χρόνο απόδοσης  $t=5$  ώρες θα είναι:

$$P_n = \frac{Q_d}{t} = \frac{48,53}{5} = 9,706 kW \text{ και } P'_n = P_n + 20\% P_n = 11,65 kW \approx 12,00 kW$$

**Σημείωση:** Σύμφωνα με την παρ. 4.8.2. ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 για μονάδες με λέβητα και κεντρικό δίκτυο διανομής θερμού νερού για την τροφοδότηση **τοπικών θερμαντήρων** (Ζ.Ν.Χ.), για τον υπολογισμό της ονομαστικής θερμικής ισχύος του θερμαντήρα λαμβάνεται προσάυξηση 20% για την επιτάχυνση ενάρξεως λειτουργίας, την κάλυψη των θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής κ.α.

Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία συμπληρώνουμε τα στοιχεία του πίνακα 10.12. για το μέσο ημερήσιο θερμικό φορτίο και τα στοιχεία του πίνακα 10.13. για το μηνιαίο φορτίο για (Ζ.Ν.Χ.).

Πίνακας 10.12. Μέσο ημερήσιο θερμικό φορτίο για (Ζ.Ν.Χ.) κατοικιών

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Μέσο ημερήσιο θερμικό φορτίο για (Ζ.Ν.Χ.) σε kWh/ημέρα	49	49	47	43	38	35	33	32	32	35	40	45

Πίνακας 10.13. Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Ζ.Ν.Χ.) κατοικιών

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Ζ.Ν.Χ.) σε kWh/μήνα	1504	1372	1457	1290	1178	1050	1023	992	960	1085	1200	1395

Για την κάλυψη των αναγκών για (Ζ.Ν.Χ.), θα εγκατασταθεί στο υπόγειο στο χώρο του αντλιοστασίου θερμαντήρας νερού χρήσης (μπόιλερ) τριπλής ενέργειας που θα τροφοδοτείται από ανεξάρτητη μονάδα λέβητα-καυστήρα φυσικού αερίου με τεχνολογία συμπύκνωσης, από συστοιχία ηλιακών συλλεκτών που θα τοποθετηθεί στο δώμα του κτιρίου και από εφεδρική ηλεκτρική αντίσταση που θα ελέγχεται από κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας (βλέπε παρ. 10.7. και σχήμα 10.4.). Η κύρια πηγή ενέργειας θα είναι η συστοιχία των ηλιακών συλλεκτών.

Θα τοποθετηθεί επίτοιχος λέβητας-καυστήρας φυσικού αερίου με τεχνολογία συμπύκνωσης, με μέγιστη ονομαστική ισχύ 14,0kW και βαθμό απόδοσης 97,5% (βλέπε κεφάλαιο 6 του βιβλίου)

Στο αντλιοστάσιο του κτιρίου θα υπάρχει συλλέκτης παροχής ζεστού νερού με γραμμή παροχής και γραμμή ανακυκλοφορίας που θα τροφοδοτεί τον κάθε επιμέρους χώρο του κτιρίου. Το δίκτυο διανομής ζεστού νερού χρήσης θα διέρχεται μέσα από εσωτερικούς χώρους και θα φέρει θερμομόνωση με ελάχιστο πάχος 9mm.

**Σημείωση:** Η θερμομόνωση των σωληνώσεων πρέπει να καλύπτει τις απαιτήσεις του άρθρου 8 του ΚΕΝΑΚ και τα οριζόμενα στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (πίνακας 4.7). Η απόδοση του λέβητα-καυστήρα πρέπει να καλύπτει τα οριζόμενα στον πίνακα (4.1) της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 και τουλάχιστον ίδιο με την απόδοση του κτιρίου αναφοράς.

Οι βασικές παράμετροι για τη θέση εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών είναι ο προσανατολισμός τους ως προς το νότο, η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο και ο συντελεστής σκίασης.

Ο βέλτιστος προσανατολισμός για τους ηλιακούς συλλέκτες είναι ο νότιος με μικρή απόκλιση  $\pm 5^\circ$ .

Η βέλτιστη κλίση ( $\beta$ ) εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών εξαρτάται από μία σειρά παραμέτρων όπως η εποχική χρήση, η τοποθεσία (γεωγραφικό πλάτος) κλπ. Για την Ελλάδα οι ενδεικτικές τιμές είναι:

- Για ετήσια χρήση  $\beta$ =γεωγραφικό πλάτος του τόπου  $\pm 5^\circ$
- Για χειμερινή χρήση  $\beta$ =γεωγραφικό πλάτος του τόπου  $+15^\circ$
- Για θερινή χρήση  $\beta$ =γεωγραφικό πλάτος του τόπου  $-20^\circ$

Ο συντελεστής σκίασης που είναι ένας διορθωτικός συντελεστής για τη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που προκαλείται από τον περιβάλλοντα χώρο στην επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών. Ο συντελεστής έχει τιμή 1 όταν δεν υπάρχει καθόλου σκίαση και τιμή 0 όταν υπάρχει πλήρης σκίαση των ηλιακών συλλεκτών.

Η ολική ηλιακή ακτινοβολία για παράδειγμα στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης, που δέχεται επίπεδο με κλίση  $45^\circ$  ως προς το οριζόντιο επίπεδο, από τους σχετικούς πίνακες, για το μήνα Δεκέμβριο συνολικά (δυσμενέστερη περίπτωση), είναι περίπου  $52 \text{ kWh/m}^2$  και ημερησίως  $1,67 \text{ kWh/m}^2$ . Για την ίδια γωνία κλίσης η ετήσια ολική ηλιακή ενέργεια είναι περίπου  $1500 \text{ kWh/m}^2$  και ο μέσος όρος της ημερήσιας ολικής ηλιακής ενέργειας  $4,11 \text{ kWh/m}^2$ .

Η ενέργεια που μας δίνει ένας ηλιακός συλλέκτης εξαρτάται από το ποσοστό αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας, που ορίζεται ως το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε θερμική και αξιοποιείται τελικά για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Η μέση ετήσια απόδοση μιας εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών εξαρτάται από:

- Τον τύπο των ηλιακών συλλεκτών (συλλέκτες κενού, επίπεδοι με επιλεκτική επιφάνεια, απλοί επίπεδοι κ.α.
- Τη χρήση των ηλιακών συλλεκτών (για ζεστό νερό χρήσης, για θέρμανση χώρων, για ζεστό νερό χρήσης και θέρμανση χώρων κ.α.
- Τις απώλειες της εγκατάστασης λόγω παλαιότητας, φθοράς, κακής συντήρησης κ.α.

**Σημείωση:** Όταν δεν υπάρχει μελέτη διαστασιολόγησης (σχεδιασμού) του συστήματος ηλιακών συλλεκτών, σύμφωνα με την παρ. 5.3.1.2. της TOTEE 20701-1/2010, το ποσοστό αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης λαμβάνεται από τους πίνακες 5.8. και 5.9. της παραπάνω Τεχνικής Οδηγίας.

Η απόδοση του συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης σε σχέση με την ζήτηση του φορτίου θα γίνει με τη προσεγγιστική μέθοδο των καμπυλών  $f$  σύμφωνα με όσα αναφέρονται στην παράγραφο 10.9.3.1. αυτού του κεφαλαίου. Ο μακροχρόνιος βαθμός απόδοσης ή συντελεστής κάλυψης ( $f$ ) αναφέρεται στο ποσό απαιτούμενης ενέργειας που μπορεί να καλύψει ο συλλέκτης, σε μία δεδομένη περιοχή, και για ορισμένη χρονική διάρκεια.

Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου θα υπολογιστεί από τη γνωστή σχέση:

$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3$  με τα  $X$  και  $Y$  να παίρνουν τιμές ανάμεσα στα διαστήματα  $0 < X < 18$  και  $0 < Y < 3$ .

Ο συντελεστής  $X$  εκφράζει το ποσό των ενεργειακών απωλειών προς το συνολικό θερμικό φορτίο του μήνα και υπολογίζεται από τη σχέση (10.5.) της παρ. 10.9.3.1.

Ο συντελεστής  $Y$  εκφράζει το ποσό της ενέργειας που μπορεί να αξιοποιήσει ο ηλιακός συλλέκτης προς το συνολικό θερμικό φορτίο του μήνα και υπολογίζεται από τη σχέση (10.6.) της παρ. 10.9.3.1.

$L$  το μέσο μηνιαίο φορτίο (σε Joule) για την παραγωγή ΖΝΧ. Για τον Ιανουάριο (πίνακας 10.13)  
 $L = 1504 \text{ kWh} = 1504 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ Joule}$

$A_c$  η επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών σε  $\text{m}^2$ . Η συνήθης πρακτική είναι η εγκατάσταση  $1 \text{ m}^2$  απλού επιπέδου ηλιακού συλλέκτη για κάθε άτομο για την κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης (ΖΝΧ). Η συλλεκτική επιφάνεια για 10 άτομα θα είναι:  $A_c = 10 \cdot 1 = 10 \text{ m}^2$

**Σημείωση:** Για ηλιοθερμικές εγκαταστάσεις η χωρητικότητα του θερμαντήρα παραγωγής και αποθήκευσης (Ζ.Ν.Χ.) μπορεί να είναι μέχρι 75 λίτρα για κάθε  $\text{m}^2$  επιφάνειας ηλιακού συλλέκτη. Επομένως για θερμαντήρα χωρητικότητας 1000 λίτρα μπορούμε να τοποθετήσουμε έως  $14 \text{ m}^2$  συλλεκτική επιφάνεια. Επιλέγουμε  $A_c = 14 \text{ m}^2$

$F_R \cdot U = 5,00 W / m^2 / ^\circ C$  για συλλέκτη με μαύρο απορροφητήρα και δύο τζάμια (πίνακας 10.8.)

$F_R \cdot (\tau \cdot \alpha)_n = 0,75$  για κοινό συλλέκτη με μαύρο απορροφητήρα και δύο τζάμια (πίνακας 10.8.)

$\frac{F'_R}{F_R} = 0,80$  (διορθωτικός συντελεστής λόγω παρεμβολής συλλέκτη- εναλλάκτη στο κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών)

$T_{αναφ} = 100^\circ C$  είναι η θερμοκρασία αναφοράς

$T_a = 6,5^\circ C$  η μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας (πίνακας 10.11.1.)

$\Delta t = 31 \cdot 24 \cdot 3600 = 2678400$  s η χρονική περίοδος κάθε μήνα (σε sec)

Ο διορθωτικός παράγοντας  $\frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n}$  υπολογίζεται από τη σχέση (10.10) της παρ. 10.9.3.1. για συλλέκτη με διπλό τζάμι.

Η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας  $\theta$  κατά την ηλιακή μεσημβρία την τυπική ημέρα του Ιανουαρίου θα είναι:

Τυπική ημέρα το μήνα Ιανουάριο είναι η 17<sup>η</sup>, επομένως  $v=17$  και για την απόκλιση  $\delta$  θα έχουμε:

$$\delta = 23,45^\circ \eta \mu \left( 360 \frac{284 + v}{365} \right) = 23,45^\circ \eta \mu \left( 360 \frac{284 + 17}{365} \right) = 23,45^\circ (-0,89198) = -20,916^\circ$$

Επειδή ο συλλέκτης είναι προσανατολισμένος νότια ( $\gamma=0$ ) και έχει κλίση  $\beta=45^\circ$  ως προς το οριζόντιο επίπεδο, έχουμε:

$$\sin \theta = \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta + \eta \mu(\varphi - \beta) \cdot \eta \mu \delta$$

Κατά την ηλιακή μεσημβρία ( $\omega=0$ ) και η παραπάνω σχέση γίνεται:

$$\sin \theta = \sin[(\varphi - \beta) - \delta] \text{ και } \theta = (\varphi - \beta) - \delta$$

Για την περιοχή Θεσσαλονίκης όπου βρίσκεται το ακίνητο έχουμε γεωγραφικό πλάτος  $\varphi=40,65^\circ$ .

$$\text{Επομένως } \theta = (\varphi - \beta) - \delta = (40,65^\circ - 45^\circ) - (-20,916^\circ) = 16,57^\circ$$

$$\frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 0,99065 - 0,000567 \cdot \theta + 8,2488 \cdot 10^{-5} \cdot \theta^2 - 2,26787 \cdot 10^{-6} \cdot \theta^3 \Rightarrow$$

$$\frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 0,99065 - 0,000567 \cdot 16,57 + 8,2488 \cdot 10^{-5} \cdot 16,57^2 - 2,26787 \cdot 10^{-6} \cdot 16,57^3 \Rightarrow$$

$$\frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 0,99358$$

Η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο επίπεδο του συλλέκτη ανά μονάδα επιφανείας (από τους σχετικούς πίνακες του Παραρτήματος Β της ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010), για την πόλη της Θεσσαλονίκης, για τον μήνα Ιανουάριο για κλίση  $45^\circ$  και προσανατολισμό νότιο, είναι:

$$\overline{H}_\beta = 91 kWh / m^2 = 91 \cdot 3,6 \cdot 10^6 J / m^2$$

Η χωρητικότητα της δεξαμενής θα είναι 1000 λίτρα. Ο ανηγμένος όγκος της δεξαμενής θα είναι:

$$M = 1000 \text{ l} / 14 \text{ m}^2 = 71,428 \text{ l} / \text{m}^2 \text{ και } k_1 = \left[ \frac{75}{M} \right]^{0,25} = \left[ \frac{75}{71,428} \right]^{0,25} = 1,012$$

Επειδή έχουμε μόνο τη θέρμανση (Ζ.Ν.Χ.) ο διορθωτικός συντελεστής ζεστού νερού θα είναι:

$$k_2 = \frac{1,16 + 1,18 \cdot T_{\text{ZNX}} + 3,86 \cdot T_k - 2,32 \cdot T_a}{100 - T_a} = \frac{1,16 + 1,18 \cdot 50 + 3,86 \cdot 8,2 - 2,32 \cdot 5,3}{100 - 5,3} = 0,839$$

όπου, επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού  $T_{\text{ZNX}} = 50^\circ \text{C}$ , θερμοκρασία νερού δικτύου  $T_k = 8,2^\circ \text{C}$  (στοιχεία από πίνακα 10.10.1.), μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος  $T_a = 5,3^\circ \text{C}$  (στοιχεία από πίνακα 10.11).

Για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, ο διορθωτικός συντελεστής παίρνει τιμή  $k_3 = 1$  επειδή δεν παρεμβάλλεται εναλλάκτης φορτίου.

Με βάση τα παραπάνω για τον συντελεστή X θα έχουμε:

$$X = \left( \frac{A_c}{L} \right) \cdot F_R \cdot U_L \cdot \left( \frac{F'_R}{F_R} \right) \cdot (T_{\text{αναφ}} - \bar{T}_a) \cdot \Delta t \cdot k_1 \cdot k_2 \Rightarrow$$

$$X = \left( \frac{14}{1504 \cdot 3,6 \cdot 10^6} \right) \cdot 5,0 \cdot 0,80 \cdot (100 - 6,5) \cdot 2678400 \cdot 1,012 \cdot 0,839 = 2,199$$

Με βάση τα παραπάνω για τον συντελεστή Y θα έχουμε:

$$Y = \left( \frac{A_c}{L} \right) \cdot F_R \cdot (\tau \cdot \alpha)_n \cdot \left( \frac{F'_R}{F_R} \right) \cdot \left( \frac{\overline{\tau \cdot \alpha}}{(\tau \cdot \alpha)_n} \right) \cdot \bar{H}_\beta \cdot k_3 \Rightarrow$$

$$Y = \left( \frac{14}{1504 \cdot 3,6 \cdot 10^6} \right) \cdot 0,75 \cdot 0,80 \cdot 0,99358 \cdot 91 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \cdot 1 = 0,505$$

### 1. Το ποσοστό κάλυψης f του μηνιαίου θερμικού φορτίου ( Ιανουάριος) θα είναι:

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3 \Rightarrow$$

$$f = 1,029 \cdot 0,505 - 0,065 \cdot 2,199 - 0,245 \cdot 0,505^2 + 0,0018 \cdot 2,199^2 + 0,0215 \cdot 0,505^3 \Rightarrow f = 0,3257$$

### Κάλυψη μηνιαίου φορτίου 32,57%

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι ίση με το γινόμενο του f επί το μέσο μηνιαίο θερμικό φορτίο L για κάθε μήνα.

$$\text{Επομένως } F_1 = f_1 \cdot L_1 = 0,3257 \cdot 1504 = 489,852 \text{ kWh}$$

### 2. Το ποσοστό κάλυψης για το μήνα Φεβρουάριο θα είναι:

Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας  $T_a = 8,1^\circ \text{C}$

Χρονική περίοδος  $\Delta t = 28 \cdot 24 \cdot 3600 = 2419200 \text{ s}$

Τυπική ημέρα η 16<sup>η</sup>, επομένως  $v=47$ . Για την απόκλιση έχουμε

$$\delta = -12,9546^\circ \text{ και για τη γωνία πρόσπτωσης } \theta = 8,6046^\circ \text{ και } \frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 0,9904$$

Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία  $\bar{H}_\beta = 95 \text{ kWh} / \text{m}^2 = 95 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} / \text{m}^2$

Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Z.N.X.) το Φεβρουάριο  $L = 1372 kWh = 1372 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ Joule}$

Συντελεστής  $k_1 = 1,012$ , Συντελεστής  $k_2 = 0,803$ , Συντελεστής  $k_3 = 1$

Συντελεστής  $X = 2,048$ , συντελεστής  $Y = 0,576$

Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου είναι  $f = 0,3689$

### **Κάλυψη μηνιαίου φορτίου 36,89%**

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι:  $F_\Phi = f_\Phi \cdot L_\Phi = 0,3689 \cdot 1372 = 506,130 kWh$

### **3. Το ποσοστό κάλυψης για το μήνα Μάρτιο θα είναι:**

Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας  $T_a = 11,2^\circ C$

Χρονική περίοδος για το μήνα Μάρτιο  $\Delta t = 31 \cdot 24 \cdot 3600 = 2678400 \text{ s}$

Τυπική ημέρα το μήνα Μάρτιο η 16<sup>η</sup>, επομένως  $v=75$  και για την απόκλιση έχουμε :

$$\delta = -2,4177^\circ, \theta = -1,9323^\circ, \frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 0,99207$$

$$\overline{H}_\beta = 120 kWh / m^2 = 120 \cdot 3,6 \cdot 10^6 J / m^2$$

Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Z.N.X.) τον Μάρτιο  $L = 1457 kWh = 1457 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ Joule}$

Συντελεστής  $k_1 = 1,012$ , Συντελεστής  $k_2 = 0,808$ , Συντελεστής  $k_3 = 1$

Συντελεστής  $X = 2,076$ , συντελεστής  $Y = 0,686$

Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου είναι  $f = 0,4703$

### **Κάλυψη μηνιαίου φορτίου 47,03%**

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι:

$$F_{Map} = f_{Map} \cdot L_{Map} = 0,4703 \cdot 1457 = 685,227 kWh$$

### **4. Το ποσοστό κάλυψης για το μήνα Απρίλιο θα είναι:**

Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας  $T_a = 15,8^\circ C$

Χρονική περίοδος  $\Delta t = 30 \cdot 24 \cdot 3600 = 2592000 \text{ s}$

Τυπική ημέρα η 15<sup>η</sup>, επομένως  $v=105$ . Για την απόκλιση έχουμε

$$\delta = 9,4148^\circ \text{ και για τη γωνία πρόσπτωσης } \theta = -13,7648^\circ \text{ και } \frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 1,01999$$

$$\overline{H}_\beta = 140 kWh / m^2 = 140 \cdot 3,6 \cdot 10^6 J / m^2$$

Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Z.N.X.) τον Απρίλιο  $L = 1290 kWh = 1290 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ Joule}$

Συντελεστής  $k_1 = 1,012$  , Συντελεστής  $k_2 = 0,891$  , Συντελεστής  $k_3 = 1$

Συντελεστής  $X = 2,373$  , συντελεστής  $Y = 0,9298$

Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου είναι  $f = 0,6181$

#### **Κάλυψη μηνιαίου φορτίου 61,81%**

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι:

$$F_{\Lambda\pi\rho} = f_{\Lambda\pi\rho} \cdot L_{\Lambda\pi\rho} = 0,6181 \cdot 1290 = 797,349 \text{ kWh}$$

#### **5. Το ποσοστό κάλυψης για το μήνα Μάιο θα είναι:**

Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας  $T_a = 21,1^\circ \text{C}$

Χρονική περίοδος  $\Delta t = 31 \cdot 24 \cdot 3600 = 2678400 \text{ s}$

Τυπική ημέρα η  $15^{\text{η}}$  , επομένως  $n=135$ . Για την απόκλιση έχουμε

$$\delta = 18,7919^\circ \text{ και για τη γωνία πρόσπτωσης } \theta = -23,1419^\circ \text{ και } \frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 1,0760$$

Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία  $\overline{H}_\beta = 160 \text{ kWh} / \text{m}^2 = 160 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} / \text{m}^2$

Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Z.N.X.) τον Μάιο  $L = 1178 \text{ kWh} = 1178 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ Joule}$

Συντελεστής  $k_1 = 1,012$  , Συντελεστής  $k_2 = 0,987$  , Συντελεστής  $k_3 = 1$

Συντελεστής  $X = 2,787$  , συντελεστής  $Y = 1,2276$

Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου είναι  $f = 0,7665$

#### **Κάλυψη μηνιαίου φορτίου 76,65% (υπερκάλυψη)**

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι:

$$F_{\text{Μαι}} = f_{\text{Μαι}} \cdot L_{\text{Μαι}} = 0,7665 \cdot 1178 = 902,937 \text{ kWh}$$

#### **6. Το ποσοστό κάλυψης για το μήνα Ιούνιο θα είναι:**

Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας  $T_a = 25,9^\circ \text{C}$

Χρονική περίοδος  $\Delta t = 30 \cdot 24 \cdot 3600 = 2592000 \text{ s}$

Τυπική ημέρα η  $11^{\text{η}}$  , επομένως  $n=162$ . Για την απόκλιση έχουμε

$$\delta = 23,0859^\circ \text{ και για τη γωνία πρόσπτωσης } \theta = -27,4359^\circ \text{ και } \frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 1,115$$

Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία  $\overline{H}_\beta = 169 \text{ kWh} / \text{m}^2 = 169 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} / \text{m}^2$

Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Z.N.X.) τον Μάιο  $L = 1050 \text{ kWh} = 1050 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ Joule}$

Συντελεστής  $k_1 = 1,012$  , Συντελεστής  $k_2 = 1,076$  , Συντελεστής  $k_3 = 1$

Συντελεστής  $X = 3,098$  , συντελεστής  $Y = 1,507$

Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου είναι  $f = 0,8837$

### **Κάλυψη μηνιαίου φορτίου 88,37%**

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι:

$$F_{\text{IouV}} = f_{\text{IouV}} \cdot L_{\text{IouV}} = 0,8837 \cdot 1050 = 927,885 \text{ kWh}$$

#### **7. Το ποσοστό κάλυψης για το μήνα Ιούλιο θα είναι:**

Η μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας θα είναι  $T_a = 28,2^\circ \text{C}$

Η χρονική περίοδος είναι  $\Delta t = 31 \cdot 24 \cdot 3600 = 2678400 \text{ s}$

Τυπική ημέρα το μήνα Ιούλιο είναι η 17<sup>η</sup> , επομένως  $n=198$  και για την απόκλιση έχουμε :

$$\delta = 21,1836^\circ, \theta = -25,533^\circ \text{ και } \frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 1,096$$

$$\overline{H}_\beta = 182 \text{ kWh} / \text{m}^2 = 182 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} / \text{m}^2$$

Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Z.N.X.) τον Ιούλιο  $L = 1023 \text{ kWh} = 1023 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ Joule}$

Συντελεστής  $k_1 = 1,012$  , Συντελεστής  $k_2 = 1,106$  , Συντελεστής  $k_3 = 1$

Συντελεστής  $X = 3,273$  , συντελεστής  $Y = 1,638$

Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου είναι  $f = 0,9292$

### **Κάλυψη μηνιαίου φορτίου 92,92%**

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι:

$$F_{\text{IouI}} = f_{\text{IouI}} \cdot L_{\text{IouI}} = 0,9292 \cdot 1023 = 950,571 \text{ kWh}$$

#### **8. Το ποσοστό κάλυψης για το μήνα Αύγουστο θα είναι:**

Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας  $T_a = 27,7^\circ \text{C}$

Χρονική περίοδος  $\Delta t = 31 \cdot 24 \cdot 3600 = 2678400 \text{ s}$

Τυπική ημέρα η 16<sup>η</sup> , επομένως  $n=228$ . Για την απόκλιση έχουμε

$$\delta = 13,4549^\circ \text{ και για τη γωνία πρόσπτωσης } \theta = -17,8049^\circ \text{ και } \frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 1,0397$$

$$\overline{H}_\beta = 176 \text{ kWh} / \text{m}^2 = 176 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} / \text{m}^2$$

Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Z.N.X.) τον Αύγουστο  $L = 992 \text{ kWh} = 992 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ Joule}$

Συντελεστής  $k_1 = 1,012$  , Συντελεστής  $k_2 = 1,184$  , Συντελεστής  $k_3 = 1$

Συντελεστής  $X = 3,638$  , συντελεστής  $Y = 1,5495$



Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου είναι  $f = 0,8735$

### **Κάλυψη μηνιαίου φορτίου 87,35%**

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι:

$$F_{\text{Avg}} = f_{\text{Avg}} \cdot L_{\text{Avg}} = 0,8735 \cdot 992 = 866,512 \text{ kWh}$$

#### **9. Το ποσοστό κάλυψης για το μήνα Σεπτέμβριο θα είναι:**

Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας  $T_a = 23,5^\circ \text{C}$

Χρονική περίοδος  $\Delta t = 30 \cdot 24 \cdot 3600 = 2592000 \text{ s}$

Τυπική ημέρα η 15<sup>η</sup>, επομένως  $n=258$ . Για την απόκλιση έχουμε

$$\delta = 2,2168^\circ \text{ και για τη γωνία πρόσπτωσης } \theta = -6,5668^\circ \text{ και } \frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 0,99857$$

Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία  $\overline{H}_\beta = 152 \text{ kWh} / \text{m}^2 = 152 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} / \text{m}^2$

Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Z.N.X.) τον Σεπτέμβριο  $L = 960 \text{ kWh} = 960 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ Joule}$

Συντελεστής  $k_1 = 1,012$ , Συντελεστής  $k_2 = 1,212$ , Συντελεστής  $k_3 = 1$

Συντελεστής  $X = 3,941$ , συντελεστής  $Y = 1,328$

Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου είναι  $f = 0,7565$

### **Κάλυψη μηνιαίου φορτίου 75,65%**

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι:  $F_\Sigma = f_\Sigma \cdot L_\Sigma = 0,7565 \cdot 960 = 726,24 \text{ kWh}$

#### **10. Το ποσοστό κάλυψης για το μήνα Οκτώβριο θα είναι:**

Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας  $T_a = 17,8^\circ \text{C}$

Χρονική περίοδος  $\Delta t = 31 \cdot 24 \cdot 3600 = 2678400 \text{ s}$

Τυπική ημέρα η 15<sup>η</sup>, επομένως  $n=288$ . Για την απόκλιση έχουμε

$$\delta = -9,5993^\circ \text{ και για τη γωνία πρόσπτωσης } \theta = 5,2493^\circ \text{ και } \frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 0,9896$$

Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία  $\overline{H}_\beta = 123 \text{ kWh} / \text{m}^2 = 123 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} / \text{m}^2$

Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Z.N.X.) τον Οκτώβριο  $L = 1085 \text{ kWh} = 1085 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ Joule}$

Συντελεστής  $k_1 = 1,012$ , Συντελεστής  $k_2 = 1,161$ , Συντελεστής  $k_3 = 1$

Συντελεστής  $X = 3,7086$ , συντελεστής  $Y = 0,9423$

Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου είναι  $f = 0,5537$

### **Κάλυψη μηνιαίου φορτίου 55,37%**

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι:  $F_O = f_O \cdot L_O = 0,5537 \cdot 1085 = 600,764 kWh$

#### 11. Το ποσοστό κάλυψης για το μήνα Νοέμβριο θα είναι:

Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας  $T_a = 12,4^\circ C$

Χρονική περίοδος  $\Delta t = 30 \cdot 24 \cdot 3600 = 2592000 s$

Τυπική ημέρα η  $14^{\eta}$ , επομένως  $n=318$ . Για την απόκλιση έχουμε

$$\delta = -18,9119^\circ \text{ και για τη γωνία πρόσπτωσης } \theta = 14,5619^\circ \text{ και } \frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 0,9929$$

Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία  $\overline{H}_\beta = 94 kWh / m^2 = 94 \cdot 3,6 \cdot 10^6 J / m^2$

Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Ζ.Ν.Χ.) τον Σεπτέμβριο  $L = 1200 kWh = 1200 \cdot 3,6 \cdot 10^6 Joule$

Συντελεστής  $k_1 = 1,106$ , Συντελεστής  $k_2 = 1,069$ , Συντελεστής  $k_3 = 1$

Συντελεστής  $X = 3,184$ , συντελεστής  $Y = 0,653$

Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου είναι  $f = 0,3847$

#### Κάλυψη μηνιαίου φορτίου 38,47%

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι:  $F_N = f_N \cdot L_N = 0,3847 \cdot 1200 = 461,64 kWh$

#### 12. Το ποσοστό κάλυψης για το μήνα Δεκέμβριο θα είναι:

Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας  $T_a = 8,1^\circ C$

Χρονική περίοδος  $\Delta t = 31 \cdot 24 \cdot 3600 = 2678400 s$

Τυπική ημέρα η  $10^{\eta}$ , επομένως  $n=344$ . Για την απόκλιση έχουμε

$$\delta = -23,0496^\circ \text{ και για τη γωνία πρόσπτωσης } \theta = 18,6996^\circ \text{ και } \frac{(\overline{\tau \cdot \alpha})}{(\tau \cdot \alpha)_n} = 0,994$$

Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία  $\overline{H}_\beta = 85 kWh / m^2 = 85 \cdot 3,6 \cdot 10^6 J / m^2$

Μηνιαίο θερμικό φορτίο για (Ζ.Ν.Χ.) τον Σεπτέμβριο  $L = 1395 kWh = 1395 \cdot 3,6 \cdot 10^6 Joule$

Συντελεστής  $k_1 = 1,012$ , Συντελεστής  $k_2 = 0,930$ , Συντελεστής  $k_3 = 1$

Συντελεστής  $X = 2,583$ , συντελεστής  $Y = 0,5087$

Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου είναι  $f = 0,3070$

#### Κάλυψη μηνιαίου φορτίου 30,70%

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι:  $Q_\Delta = f_\Delta \cdot L_\Delta = 0,307 \cdot 1395 = 428,265 kWh$

Η μέση ετήσια κάλυψη, είναι το πηλίκο του αθροίσματος των τιμών της μέσης μηνιαίας ωφέλιμης ενέργειας προς το μέσο ετήσιο φορτίο και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$F_{\epsilon\tau} = \frac{\sum(f_i \cdot L_i)}{\sum(L_i)} = \frac{f_1 \cdot L_1 + f_{\Phi} \cdot L_{\Phi} + f_{M\alpha\rho} \cdot L_{M\alpha\rho} + f_{\Lambda\pi\rho} \cdot L_{\Lambda\pi\rho} + f_{M\alpha i} \cdot L_{M\alpha i} + f_{\iota\sigma\nu\nu} \cdot L_{\iota\sigma\nu\nu} + f_{\iota\sigma\lambda} \cdot L_{\iota\sigma\lambda} + f_{\Lambda\nu\gamma} \cdot L_{\Lambda\nu\gamma} + f_{\Sigma} \cdot L_{\Sigma} + f_O \cdot L_O + f_N \cdot L_N + f_{\Delta} \cdot L_{\Delta}}{L_1 + L_{\Phi} + L_{M\alpha\rho} + L_{\Lambda\pi\rho} + L_{M\alpha i} + L_{\iota\sigma\nu\nu} + L_{\iota\sigma\lambda} + f_{\Lambda\nu\gamma} \cdot L_{\Lambda\nu\gamma} + L_{\Sigma} + L_O + L_N + L_{\Delta}} =$$

$$= \frac{489,852 + 506,130 + 685,227 + 797,349 + 902,937 + 927,885 + 1504 + 1372 + 1457 + 1290 + 1178 + 1050 + 950,571 + 866,512 + 726,240 + 600,764 + 461,640 + 428,265}{14506} = \frac{8343,372}{14506} = 0,5751$$

Επομένως **μέση ετήσια κάλυψη 57,61%**

Ο συντελεστής αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας για την παραγωγή του ζεστού νερού χρήσης είναι:

$$n = \frac{\sum(f_i \cdot L_i)}{\sum(A_c \cdot H_i)} = \frac{\sum(f_i \cdot L_i)}{A_c (H_1 + H_{\Phi} + H_M + H_A + H_M + H_1 + H_1 + H_A + H_{\Sigma} + H_O + H_N + H_{\Delta})} =$$

$$= \frac{8343,372}{14(91 + 95 + 120 + 140 + 160 + 169 + 182 + 176 + 152 + 123 + 94 + 85)} = \frac{8343,372}{22218} = 0,3755$$

## 2. (10.9.3.5.1.) Εφαρμογή 2

Σε μία εγκατάσταση αγροτουρισμού, που συντηρείται από μία πενταμελή οικογένεια, συνολικής έκτασης κτιρίων 300m<sup>2</sup>, στην οποία έχουμε μέση κάλυψη 15 κρατήσεις ημερησίως, με δύο γεύματα και 5 πλύσεις του πλυντηρίου πιάτων ημερησίως, θα έχουμε:

Ανάγκες οικογένειας 5 x 60 lt = 300 lt / ημέρα

Ανάγκες φιλοξενούμενων 15 x 50 lt = 750 lt / ημέρα

Κουζίνα 30 x 10 lt = 300 lt / ημέρα

Πλυντήριο πιάτων 5 x 20 lt = 100 lt / ημέρα

Σύνολο 1450 lt / ημέρα

Η ενέργεια που απαιτείται είναι:

$$E_{ZNX} = m \cdot C_p \cdot \Delta t \quad (10.19)$$

όπου,  $E_{ZNX}$  η απαιτούμενη ενέργεια για τις ημερήσιες ανάγκες σε ζεστό νερό σε Wh/ημέρα,  $m$  η μάζα του νερού σε λίτρα,  $C_p$  η θερμοχωρητικότητα του νερού σε wh /kg.°C,  $\Delta t$  η επιθυμητή αύξηση της θερμοκρασίας του νερού σε °C

**Σημείωση:**  $C_p=4180$  J/kg.°C = 4180/3600 Wh/kg.°C = 1,16 Wh/kg.°C. Για επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης  $T_{ZNX} = 45^\circ C$  και θερμοκρασία κρύου νερού  $T_k = 10^\circ C$ , έχουμε  $\Delta t = T_{ZNX} - T_k = 45 - 10 = 35^\circ C$

Επομένως:  $E_{ZNX} = m \cdot C_p \cdot \Delta t = 1450 \cdot 1,16 \cdot 35 (lt) (Wh / kg \cdot ^\circ C) (^\circ C) = 58870 Wh = 58,87 kWh / ημέρα$

**Σημείωση:** Θεωρούμε ότι το ειδικό βάρος του νερού στην συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ίσο με 1.

Η ολική απαιτούμενη ενέργεια είναι το άθροισμα της ενέργειας για ZNX και της ενέργειας για θέρμανση:

$$E_{\sigma\lambda} = E_{ZNX} + E_{\Theta} \quad (10.20)$$

όπου,  $E_{\Theta}$  από μελέτη κεντρικής θέρμανσης ή κατά προσέγγιση 0,5-0,6 kWh/m<sup>2</sup>/ημέρα

Επομένως:  $E_{\text{ολ}} = E_{\text{ZNX}} + E_{\Theta} = 58,87 + 0,6 \cdot 300 = 58,87 + 180 = 238,87 \text{ kWh} / \text{ημέρα}$

- **Υπολογισμός συλλεκτικού πεδίου για κάλυψη του 100% των αναγκών σε ZNX και του 20% για θέρμανση χώρων**

Η απαιτούμενη επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A_c = \frac{(E_{\text{ZNX}} + 0,2E_{\Theta})}{E_c} \quad (10.21)$$

όπου,  $A_c$  η επιφάνεια των ηλιακών σε  $\text{m}^2$  και  $E_c$  η ενέργεια του συλλέκτη σε  $\text{Kwh/m}^2/\text{ημέρα}$  (για την περίπτωση μας λαμβάνουμε  $E_c = 1,12 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{ημέρα}$ )

**Σημείωση:** Η ολική ηλιακή ακτινοβολία για παράδειγμα στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης, που δέχεται επίπεδο με κλίση  $45^\circ$  ως προς το οριζόντιο επίπεδο και προσανατολισμό νότιο, από τους σχετικούς πίνακες (Παράρτημα πινάκων B, TOTEE 20701-3/2010) για το μήνα Δεκέμβριο συνολικά (δυσμενέστερη περίπτωση) είναι  $85 \text{ kWh/m}^2$  και ημερησίως  $2,74 \text{ kWh/m}^2$ . Για την ίδια γωνία κλίσης η ετήσια ολική ηλιακή ενέργεια είναι  $1587 \text{ kWh/m}^2$  και ο μέσος όρος της ημερήσιας ολικής ηλιακής ενέργειας  $4,34 \text{ kWh/m}^2$ . Ο συντελεστής αξιοποίησης, για επιλεκτικό συλλέκτη με γωνία κλίσης  $45^\circ$  και προσανατολισμό νότιο, από τα στοιχεία του πίνακα 5.8 της TOTEE 20701-1/2010, για την Θεσσαλονίκη είναι  $n=0,332$ . Επομένως  $E_c = 0,332 \cdot 4,34 = 1,44 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{ημέρα}$

$$A_c = \frac{(E_{\text{ZNX}} + 0,2E_{\Theta})}{E_c} = \frac{(58,87 + 0,2 \cdot 180)}{1,12} = 84,70 \text{ m}^2$$

Ο χώρος που απαιτείται για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών είναι:

$$A_{\text{χώρου}} = 1,5 \cdot A_c = 1,5 \cdot 84,7 = 127,05 \text{ m}^2$$

Ο υπολογισμός των θερμοδοχείων γίνεται από τις σχέσεις:

Όγκος αποθήκευσης ZNZ: 1 έως 1,5 φορές τον όγκο του ZNX που απαιτείται (για την περίπτωση μας λαμβάνουμε 1,25 φορές)

Επομένως:  $V_{\text{ZNX}} = (1 \div 1,5) \cdot m \quad (10.22)$  και λαμβάνουμε  $V_{\text{ZNX}} = 1,25 \cdot m \quad (10.23)$

$$\text{και } V_{\text{ZNX}} = 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 1450 = 1812,5 \text{ lt} = 1,812 \text{ m}^3$$

Επιλέγουμε τυποποιημένο μέγεθος θερμοδοχείου 2000 lt

Όγκος ζεστού νερού θέρμανσης: : 1 έως 1,5 φορές τον όγκο του νερού που περισσεύει (για την περίπτωση μας λαμβάνουμε 1 φορά τον όγκο)

$$\text{Επομένως: } V_{\text{ZNΘ}} = \frac{(E_{\text{col}} - E_{\text{ZNX}})}{C_p \cdot \Delta t} \quad (10.24) \text{ και } E_{\text{col}} = A_c \cdot E_c \quad (10.25)$$

όπου,  $V_{\text{ZNΘ}}$  ο όγκος ζεστού νερού θέρμανσης σε lt,  $E_{\text{col}}$  η ενέργεια των συλλεκτών σε kWh,  $E_{\text{ZNX}}$  η ενέργεια του ZNX σε kWh,  $C_p$  η θερμοχωρητικότητα του νερού σε  $\text{kWh/kg} \cdot ^\circ\text{C}$  ( $C_p=0,00116 \text{ kWh/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ .) και  $\Delta t = 7 \div 10 ^\circ\text{C}$

$$V_{\text{ZNΘ}} = \frac{(E_{\text{col}} - E_{\text{ZNX}})}{C_p \cdot \Delta t} = \frac{(84,5 \cdot 1,12 - 58,87)}{0,00116 \cdot 10} = 3083,62 \text{ lt} = 3,083 \text{ m}^3$$

Επιλέγουμε τυποποιημένο μέγεθος θερμοδοχείου 3000 lt

**Σημείωση:** Θεωρούμε ότι το ειδικό βάρος του νερού στην συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ίσο με 1.

- Υπολογισμός συλλεκτικού πεδίου για κάλυψη μόνο του 60% των αναγκών σε ZNX

Η απαιτούμενη επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A_c = \frac{0,6 \cdot E_{ZNX}}{E_c} = \frac{0,6 \cdot 58,87}{1,12} = 31,54 \text{ m}^2$$

Ο χώρος που απαιτείται για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών είναι:

$$A_{\chi\acute{o}\rho\omicron\upsilon} = 1,5 \cdot A_c = 1,5 \cdot 31,54 = 47,31 \text{ m}^2$$

Όγκος αποθήκευσης ZNZ: 1 έως 1,5 φορές τον όγκο του ZNX που απαιτείται (για την περίπτωση μας λαμβάνουμε 1,25 φορές)

$$V_{ZNX} = 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 1450 = 1812,5 \text{ lt} = 1,812 \text{ m}^3$$

Επιλέγουμε τυποποιημένο μέγεθος θερμοδοχείου 2000 lt με κάλυψη 60% από τους ηλιακούς συλλέκτες και 40% από την βοηθητική πηγή (λέβητας ή ηλεκτρική αντίσταση)

**Προσοχή:** Για λεπτομερείς υπολογισμούς πρέπει να ακολουθήσουμε την διαδικασία με τη μέθοδο των καμπυλών.