

### **3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ – ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΩΝ - ΖΝΧ**

Σ' ένα κτιριακό συγκρότημα, ανάλογα με το είδος και τη χρήση του (π.χ. κατοικία, γραφεία, ξενοδοχείο, βιομηχανία), η θερμική ενέργεια που παράγεται από την καύση του καυσίμου (ή των καυσίμων) μπορεί να καταναλωθεί – ως ωφέλιμη ενέργεια – για διάφορες χρήσεις, όπως ενδεικτικά οι παρακάτω αναφερόμενες :

- Θέρμανση δωματίων και / ή κοινόχρηστων χώρων
- Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ), για ανάγκες ατομικής καθαριότητας.
- Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης για τις ανάγκες της κουζίνας (συνήθης χρήση σε ξενοδοχεία).
- Παραγωγή ατμού για διάφορες χρήσεις (π.χ. εναλλάκτες σε βιομηχανία, ξενοδοχεία, αλλά και θερμικά δίκτυα σε νοσοκομεία κλπ).
- Θέρμανση πισίνας.

Βέβαια, η (τελική) ενέργεια του καυσίμου καταναλίσκεται και σε κάθε μορφής απώλειες ενεργειακών μετατροπών, που είναι κυρίως :

- Απώλειες καυσαερίων, περιβλήματος λέβητα, παραμονής σε στάση κλπ.
- Απώλειες των θερμικών δικτύων μεταφοράς, δεξαμενών αποθήκευσης κλπ.

Ο υπολογισμός των επιμέρους ενεργειακών / θερμικών απαιτήσεων και των αντίστοιχων καταναλώσεων (επιμερισμός) γίνεται:

**α)** είτε με βάση τις αναλυτικές ενδείξεις μετρητικών οργάνων, εφόσον βέβαια είναι εγκατεστημένοι αξιόπιστοι μετρητές ενέργειας και υπάρχουν δεδομένα για μια σημαντική χρονική περίοδο.

**β)** είτε με βάση τις δόκιμες αναλυτικές - υπολογιστικές μεθόδους που αναφέρονται στον «Κανονισμό Ενεργειακών Επιθεωρήσεων» ΚΥΑ Δ6/Β/οικ.11038 (ΦΕΚ 1526/Β/27-7-99), παρ. 7.5.

**γ)** είτε με βάση επίσης δόκιμες υπολογιστικές μεθόδους τις οποίες αποφασίζει να χρησιμοποιήσει ο μελετητής / επιθεωρητής, και οι οποίες κατά την κρίση του, ανταποκρίνονται καλύτερα στη συγκεκριμένη περίπτωση κτιρίου που εξετάζει.

Στην τελευταία αυτή περίπτωση ο επιμερισμός των διαφόρων καταναλώσεων της θερμικής ενέργειας, γίνεται με τη βοήθεια κάποιων γνωστών σχέσεων, αλλά και ορισμένων παραδοχών οι οποίες προκύπτουν :

- είτε από βιβλιογραφικές αναφορές
- είτε από τη γνώση και την εμπειρία του μελετητή
- είτε από παρατηρήσεις – στοιχεία – υποδείξεις κλπ, που μας δίδονται από τους υπευθύνους για τη λειτουργία, χρήση και συντήρηση των εγκαταστάσεων.

Οι παραδοχές αυτές θεωρούνται, προφανώς, σταθερές κατά τη διάρκεια της περιόδου καταγραφής που αφορά η ενεργειακή επιθεώρηση (π.χ. τελευταία τριετία).

### **3.2.1. Θέρμανση χώρων - Ενεργειακή απαίτηση για θέρμανση κτιρίων**

Εκτός από τις μεθόδους και τα υπολογιστικά εργαλεία, που χρησιμοποιούν μοντέλα προσομοίωσης των κτιρίων προκειμένου να υπολογισθεί η ενεργειακή κατανάλωση για την θέρμανση κτιριακών συγκροτημάτων (βλ. παρ. 3.1), έχουν αναπτυχθεί και αρκετές απλές προσεγγιστικές μέθοδοι, δύο από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω :

#### **A) ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΩΝ**

- **Θερμικές απώλειες και πραγματική ενεργειακή απαίτηση θέρμανσης.**

Αν ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου είναι  $K$ , η επιφάνειά του  $F$ , και στις δυο πλευρές επικρατεί, επί χρονικό διάστημα  $\Delta t$ , σταθερή θερμοκρασιακή διαφορά  $\theta_i - \theta_o$  τότε η ενεργειακή απώλεια θα είναι :

$$E = K \cdot F \cdot (\theta_i - \theta_o) \cdot \Delta t \quad (4-1)$$

Κατά τη συνήθη διαδικασία υπολογισμού των θερμικών απωλειών ενός κτιρίου (κατά DIN 4071/1983), θεωρείται ότι επικρατεί μόνιμη θερμική κατάσταση, όπως την καθορίζουν οι επιλεγμένες δυσμενέστερες συνθήκες σχεδιασμού (δηλ. σταθερή μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία, σταθερή θερμοκρασία χώρων κλπ). Έτσι, οι θερμικές απώλειες που προκύπτουν, χρειάζονται για να γνωρίζουμε την θερμική ισχύ που θα πρέπει να προσδίδεται ανά χώρο (π.χ. για να γίνει κατάλληλη επιλογή θερμαντικών σωμάτων) αλλά και στο

σύνολο του κτιρίου και να προσδιοριστεί έτσι το μέγεθος του αντίστοιχου εξοπλισμού (π.χ. ο κατάλληλος λέβητας, ο υπολογισμός δικτύου σωληνώσεων κλπ).

Ωστόσο, επειδή στην πραγματικότητα οι εξωτερικές συνθήκες μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, είναι προφανές ότι και η εγκατάσταση θέρμανσης δεν θα εργάζεται διαρκώς «υπό πλήρες φορτίο» (πέραν του ότι συνήθως διακόπτεται περιοδικά). Επομένως, η κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση του κτιρίου (ή ορισμένων χώρων του) δεν είναι σωστό να υπολογισθεί με βάση τις προδιαγραφόμενες συνθήκες σχεδιασμού, δηλαδή δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί η παραπάνω σχέση για κάποιο χρονικό διάστημα  $t$  (και πόσο θα είναι αυτό;). Η εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης πρέπει να βασιστεί στις πραγματικές θερμικές απώλειες, που θα υπάρξουν λόγω της μεταβλητής εξωτερικής θερμοκρασίας, καθ' όλη την περίοδο θέρμανσης

- Βαθμομέρες Θέρμανσης (BHΘ ή DD<sub>h</sub>)

Μια καλή εκτίμηση (ή και πρόβλεψη) των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση, μπορεί να προκύψει, λαμβάνοντας υπόψη τις βαθμομέρες θέρμανσης, όπως παρακάτω:

Ορίζεται μία θερμοκρασία βάσης  $\theta_b$  η οποία λαμβάνεται συνήθως μικρότερη κατά  $1 \div 3^\circ\text{C}$  από την επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία  $\theta_i$ . Κι αυτό γιατί θεωρείται ότι, δίδοντας στο κτίριο θερμική ενέργεια υπολογισμένη γι' αυτή τη θερμοκρασία βάσης (ή ισοζυγίου)  $\theta_b$ , η θερμοκρασία μέσα σ' αυτό θα φθάσει την επιθυμητή  $\theta_i$ , επειδή στην πραγματικότητα προσδίδεται στους χώρους και πρόσθετη ενέργεια από εσωτερικά θερμικά κέρδη (συσσκευές, φωτισμό, άτομα κ.λπ.) αλλά και από απορρόφηση ηλιακής ενέργειας από τα οικοδομικά στοιχεία του κτιρίου.

Το κτίριο θα απαιτεί θέρμανση εφ' όσον η θερμοκρασιακή διαφορά  $\theta_b - \theta_o$  είναι θετική. Από τα μετεωρολογικά δεδομένα του τόπου, μπορεί να υπολογισθούν οι θετικές θερμοκρασιακές διαφορές  $\theta_b - \theta_o$  (περίοδος θέρμανσης), να αθροισθούν ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα  $\Delta t$  (συνήθως 1h) και να υπολογισθούν τα γινόμενα  $(\theta_b - \theta_o) \cdot \Delta t$ . Αν αυτά υπολογισθούν ανά

ημέρα και αθροισθούν για διάστημα ενός μηνός, προκύπτουν οι βαθμοημέρες θέρμανσης  $DD_h$  του αντίστοιχου μήνα ( $^{\circ}C \cdot days = K \cdot d$ ).

$$DD_h = \sum_{i=1}^N (\theta_b - \theta_o) \quad (4-2)$$

όπου  $N$  οι ημέρες του μήνα.

Τιμές για τις βαθμοημέρες θέρμανσης, για διάφορες πόλεις της Ελλάδας, υπάρχουν σε σχετικό Πίνακα στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ΤΕΕ – Επιστημονικό Τμήμα Μηχανολόγων, Αθήνα 1980).

Ο πίνακας αυτός περιέχει τα παρακάτω στοιχεία για μερικές πόλεις της Κρήτης.

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύν.
Ηράκλειο	188	156	143	104	9	9	50	123	782
Ιεράπετρα	165	140	143	56	6	5	39	120	674
Σητεία	172	147	131	78	0	10	52	130	720
Τυμπάκι	203	168	151	69	0	10	69	160	830

Πίνακας 3.1 : Βαθμοημέρες θέρμανσης με βάση τους  $18^{\circ}C$

Αν είναι γνωστές οι  $DD_h$  τότε η ολική ενεργειακή απώλεια  $E_j$  (π.χ. σε kcal) ενός δομικού στοιχείου με συντελεστή θερμοπερατότητας  $K_j$ , επιφάνειας  $F_j$ , κατά τον αντίστοιχο μήνα, δίνεται από τη σχέση :

$$E_j = K_j \cdot F_j \cdot DD_h \cdot 24 \quad (4-3)$$

Επεκτείνοντας τα παραπάνω σε ένα κτίριο που εμφανίζει μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας  $K_m$  με συνολική επιφάνεια  $F$  (που περικλείει το θερμαινόμενο / κατοικούμενο τμήμα του κτιρίου), μπορεί να υπολογισθεί η ενεργειακή απώλεια και συνεπώς η ενεργειακή απαίτηση του κτιρίου κατά μήνα, από την παρόμοια σχέση :

$$E_m = K_m \cdot F \cdot DD_h \cdot 24 \quad (4-4)$$

Είναι προφανές ότι με άθροιση κατά μήνα (ή χρησιμοποιώντας τις  $DD_h$  για ολόκληρο το έτος) μπορεί να προκύψει η ετήσια ενεργειακή απαίτηση για το δομικό στοιχείο ή για ολόκληρο το κτίριο.

- **Πραγματική απαίτηση θέρμανσης λόγω αερισμού**

Όπως είναι γνωστό μια εγκατάσταση θέρμανσης δεν θα καλύψει μόνο τις απώλειες λόγω αγωγιμότητας, αλλά και τις απώλειες αερισμού  $Q_a$ .

Οι ενεργειακές απώλειες αερισμού μπορούν να προκύψουν είτε προσεγγιστικά από διάφορους εμπειρικούς τύπους είτε με καλύτερη ακρίβεια από τη σχέση:

$$E_a = C_p \cdot \rho \cdot V \cdot (\theta_i - \theta_o) \cdot \Delta t \quad (4-5)$$

όπου:

$\theta_i$  η επιθυμητή σταθερή θερμοκρασία χώρου

$\theta_o$  η θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος, επί χρονικό διάστημα  $\Delta t$ ,

$C_p$  η ειδική θερμότητα του αέρα (σταθερή για μέση τιμή των  $\theta_i, \theta_o \approx 0,24 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C} \approx 1 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ ).

$\rho$  η πυκνότητα του αέρα (σταθερή για μέση τιμή των  $\theta_i, \theta_o \approx 1,15 \text{ kg/m}^3$ )

$V$  η παροχή όγκου του εισερχόμενου εξωτερικού αέρα ( $\text{m}^3/\text{h}$  ή  $\text{Lt/s}$  κλπ.)

Το μέγεθος που χρειάζεται προσεκτικό υπολογισμό, είναι η εισερχόμενη παροχή αέρα  $V$ , γιατί εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Με διάφορες μεθόδους είναι δυνατό να υπολογισθεί με αρκετά καλή προσέγγιση της πραγματικότητας, στα διάφορα είδη των κτιρίων.

Ωστόσο, για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν στις απώλειες θερμοπερατότητας, η πραγματική ενεργειακή απώλεια  $E_a$  (π.χ. σε kcal) λόγω αερισμού ενός θερμαινόμενου χώρου ή για όλο το κτίριο, κατά τον αντίστοιχο μήνα, θα πρέπει να υπολογισθεί από τη σχέση :

$$E_a = C_p \cdot \rho \cdot V \cdot DD_h \cdot 24 \quad (4-6)$$

Και πάλι, με άθροιση κατά μήνα μπορεί να προκύψει η ετήσια ενεργειακή απώλεια αερισμού κατά χώρο ή για ολόκληρο το κτίριο

Σημείωση 1 : Αν από τους υπολογισμούς απωλειών θέρμανσης είναι γνωστές οι απώλειες αερισμού  $Q_a$  - ως θερμική ισχύς (π.χ. kcal/h) - μπορούμε να υπολογίσουμε την  $E_a$ , με χρήση της σχέσης :

$$E_a = \frac{Q_a \cdot DD_h \cdot 24}{\Delta\theta} \quad (4-7)$$

όπου  $\Delta\theta$  η θερμοκρασιακή διαφορά σχεδιασμού, με την οποία υπολογίστηκαν οι θερμικές απώλειες, δηλ. η  $(\theta_{εσ} - \theta_{εξ})$

Σημείωση 2 : Κατά μία άλλη μεθοδολογία (βλ. ΚΑΠΕ-ΟΔΗΓΟΣ2 : ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ), η πρόσθετη απαίτηση θερμικής ενέργειας λόγω αερισμού συνυπολογίζεται διορθώνοντας στον συντελεστή  $K_m \cdot F$  του κτιρίου, είτε με χρήση πρακτικών κανόνων είτε με απευθείας μετρήσεις (συντελεστής φορτίου του κτιρίου – BLC).

- **Συνολική απαίτηση ενέργειας για θέρμανση**

Ανά μήνα, η απαιτούμενη για τη θέρμανση του κτιρίου ενέργεια θα προκύπτει από τον τύπο :

$$E_{\Theta,i} = (E_m + E_a)_i \cdot f_1 \cdot f_{2i} \quad (4-8)$$

όπου οι συντελεστές  $f_1$  και  $f_2$  τίθενται για ρεαλιστικότερη συσχέτιση των αποτελεσμάτων της μεθόδου με την πραγματική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση.

$f_1$  : Ο συντελεστής ημερήσιας χρήσης του κτιρίου. Ορίζεται για συνεχή λειτουργία  $f_1=1$ , ενώ για διακοπή λειτουργίας 8 έως 6 h/d σε  $f_1 = 0,85 \dots 0,70$  αντίστοιχα.

$f_{2i}$  : Ο συντελεστής μηνιαίας χρήσης του κτιρίου. Προσδιορίζεται (περίπου) από το πηλίκο του αριθμού ημερών λειτουργίας της θέρμανσης του κτιρίου προς το σύνολο των ημερών του εξεταζόμενου μήνα.

- **Κέρδη θερμότητας**

Αν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη του κτιρίου από συσκευές, φωτισμό, άτομα κλπ ή από απορρόφηση ηλιακής ενέργειας από τα οικοδομικά στοιχεία του κτιρίου είναι αξιόλογου μεγέθους και μπορούν να υπολογισθούν με σχετική ακρίβεια (όπως π.χ. από υπολογισμούς βιοκλιματικών κατασκευών ή παρεμβάσεων), τότε αυτά θα πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Αν αυτά υπολογισθούν για τον συγκεκριμένο μήνα και είναι συνολικά  $E_g$ , τότε η απαιτούμενη για τη θέρμανση του κτιρίου ενέργεια θα είναι λιγότερη και θα προκύπτει από τον τύπο :

$$E_{\Theta,i} = (E_m + E_a - E_g) \cdot f_1 \cdot f_{2i} \quad (4-9)$$

Σ' αυτή την περίπτωση, αλλά και σε άλλες περιπτώσεις ή ειδικές εφαρμογές, η θερμοκρασία βάσης για το υπολογισμό των βαθμομερών απαιτείται να είναι διαφορετική των 18°C, τότε ο αριθμός βαθμομερών  $D_{\Theta}$  ανά μήνα υπολογίζεται προσεγγιστικά από την ακόλουθη σχέση (Βαζαίος) :

$$D_{\Theta} = N \cdot \Delta T_{\Theta} + (0,744 + 0,00387 \cdot D_a - 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D_a^2) \cdot N \cdot \exp - [(\Delta T_{\Theta} + 11,11) / 9,02]^2$$

(μόνο θετικές τιμές γίνονται δεκτές) (4-10)

όπου :

$N$  : αριθμός ημερών του μήνα

$\Delta T_{\Theta}$  : διαφορά της νέας θερμοκρασίας αναφοράς από τη μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος του μήνα.

$D_a$  : ετήσιες βαθμομέρες με βάση τους 18°C

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :** Η μέθοδος των βαθμομερών δίνει μια ικανοποιητική προσέγγιση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση κτιρίου, προκειμένου να καλυφθούν οι απώλειες θερμότητας μέσω του κελύφους και της διείσδυσης εξωτ. αέρα. Παρά το ότι δεν λαμβάνει υπόψη τη χρονική μεταβολή της θερμικής ισορροπίας του κτιρίου, παρέχει καλή ακρίβεια, ιδιαίτερα σε κτίρια με μεγάλες απώλειες από το κέλυφος.

Η ίδια μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί και για τον καθορισμό του ψυκτικού φορτίου (βαθμομέρες την περίοδο δροσισμού), χωρίς όμως να είναι ακριβής. Αυτό οφείλεται σε αστάθμητους παράγοντες, όπως είναι οι υψηλές μεταβολές στη διείσδυση αέρα ή και τον αερισμό, η σημαντική επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας κ.α.

## B) ΕΜΜΕΣΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Σύμφωνα με τον «Κανονισμό Ενεργειακών Επιθεωρήσεων», παρ. 7.3.3, προκειμένου να διαμορφώσουμε ένα δείκτη για την κατανάλωση θερμότητας στους χώρους ενός κτιριακού συγκροτήματος, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας :

- Την επιφάνεια των θερμαινόμενων χώρων  $A$ , σε  $m^2$
- Τις βαθμομέρες θέρμανσης του χρονικού διαστήματος αναφοράς, για τον τόπο του κτιρίου και, τέλος,

ο Το φορτίο θέρμανσης χώρων  $\Phi_{\Theta X}$ , (π.χ σε kJ), δηλ. την κατανάλωση τελικής ενέργειας (καυσίμου), που απαιτείται για να καλυφθούν οι ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου.

Με βάση τα παραπάνω ο δείκτης ειδικής κατανάλωσης θερμότητας για τη θέρμανση χώρων  $\epsilon_{\Theta X}$ , διαμορφώνεται ως εξής :

$$\epsilon_{\Theta X} = \frac{\Phi_{\Theta X}}{A \cdot BH\Theta_{\Delta} \cdot 24} \quad (\text{σε } W/m^2K) \quad (4-11)$$

Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται με βάση τα ιστορικά στοιχεία για την μηνιαία κατανάλωση καυσίμων και δίδει ένα μέτρο για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας της χρήσης της θερμικής ενέργειας στο ίδιο κτίριο, χωρίς σημαντικές μεταβολές στον τρόπο χρήσης του κτιρίου και ειδικότερα στο ωράριο λειτουργίας. Συσχετίζει την κατανάλωση θερμικής ενέργειας με το εμβαδόν (εξυπηρετούμενη επιφάνεια) -ή τον όγκο- των θερμαινόμενων χώρων, αλλά είναι δυνατόν να συναρτάται και από κάποιο δείκτη παραγωγικής δραστηριότητας. Επομένως, μπορεί να αποτελέσει ένα πρώτο πρότυπο για τον έλεγχο των επιπτώσεων των λαμβανομένων μέτρων επί της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Αν ο δείκτης  $\epsilon_{\Theta X}$  είναι γνωστός, τότε μπορεί να υπολογισθεί και να κατανεμηθεί η καταναλισκόμενη για τη θέρμανση του κτιρίου ενέργεια, για τον κάθε μήνα  $i$ , αντίστροφα από τον τύπο :

$$\Phi_{\Theta X, i} = \epsilon_{\Theta X} \cdot A \cdot (BH\Theta)_i \cdot 24 \quad (4-12)$$

Σημείωση 1 : Η ενέργεια  $\Phi_{\Theta X, i}$  διαφέρει (είναι μεγαλύτερη) από την  $E_{\Theta, i}$ , κατά το ότι έχει προκύψει απ' ευθείας από την κατανάλωση καυσίμου (ή ηλεκτρισμού) για την θέρμανση του κτιρίου και επομένως συμπεριλαμβάνονται σ' αυτήν όλες οι απώλειες της εγκατάστασης. Επομένως, η κατανάλωση π.χ. καυσίμου  $m_K$  που αντιστοιχεί για να παραχθεί αυτή θα είναι απλώς :

$$m_K = \frac{\Phi_{\Theta X, i}}{\Theta_K} \quad (4-13)$$

Σημείωση 2 : Εναλλακτικά για τον υπολογισμό (και την χρήση) του δείκτη  $\epsilon_{\Theta X}$  μπορεί να ληφθεί ο όγκος των θερμαινόμενων χώρων – αν αυτό θεωρηθεί αντιπροσωπευτικότερο.

### 3.2.2 Απώλειες δικτύων διανομής θερμού/ψυχρού νερού

Για την εκτίμηση των απωλειών, θερμικών ή ψυκτικών, σ' ένα δίκτυο (είτε ΖΝΧ, είτε θέρμανσης/κλιματισμού χώρων) πρέπει να γνωρίζουμε ορισμένα δεδομένα και να χρησιμοποιήσουμε τις αντίστοιχες σχέσεις υπολογισμού όπως αυτές που δίδονται παρακάτω.

Δεδομένα τα οποία πρέπει να γνωρίζουμε (έστω να προσεγγίσουμε ή να εκτιμήσουμε) είναι :

- Συνολικό μήκος σωληνώσεων του δικτύου
- Μια «αντιπροσωπευτική» ή μέση τιμή διαμέτρου σωλήνα, την οποία θα θεωρήσουμε ότι χρησιμοποιείται στο δίκτυο (η αναλυτική καταγραφή των διαφόρων διαμέτρων που έχουν χρησιμοποιηθεί στο δίκτυο είναι από δύσκολη έως αδύνατη).
- Άλλες χαρακτηριστικές ιδιότητες του «αντιπροσωπευτικού» τύπου σωλήνα, όπως το υλικό κατασκευής του, το είδος και το πάχος της μόνωσης κ.α.
- Τη μέση θερμοκρασία του ρευστού στο δίκτυο.
- Τη μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- Υπολογισμός απωλειών σε σωληνώσεις

Σε τεχνικά βιβλία και φυλλάδια υπάρχουν διάφορες προσεγγιστικές σχέσεις ή διαγράμματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές συγκεκριμένες περιπτώσεις για να εκτιμηθούν οι απώλειες στα δίκτυα (π.χ. για ορισμένου τύπου σωλήνες και για συγκεκριμένα μονωτικά υλικά, για ορισμένες περιοχές θερμοκρασιών),

Γενικότερα, όμως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω μεθοδολογία υπολογισμού απωλειών σε σωλήνες, μέσα στους οποίους κυκλοφορεί νερό με βεβιασμένη κυκλοφορία (σε περιβάλλον σχετικά ήρεμου αέρα).

Αν τεθεί :

$d$	Εξωτερική διάμετρος αμόνωτου σωλήνα
$e$	Πάχος μόνωσης
$D = d + 2e$	Εξωτερική διάμετρος μονωμένου σωλήνα
$t_i$	Θερμοκρασία ρευστού (μέση)
$t_a$	Θερμοκρασία περιβάλλοντος (μέση)

Τότε ισχύουν παρακάτω σχέσεις :

$$q = \frac{\pi(t_i - t_a)}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{h_e \cdot D}} \quad \text{Θερμοροή μονωμένου σωλήνα (W/m)} \quad (4-14)$$

$$h_c = 1,31 \cdot \sqrt[4]{\frac{t_{se} - t_a}{d + 2e}} \quad \text{Συντ. θερμ. μετάβασης με συναγωγή (W/m^2K)} \quad (4-15)$$

$$h_r = 5,3 \cdot \frac{\left(\frac{T_{se}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_a}{100}\right)^4}{T_{se} - T_a} \quad \text{Συντελ. θερμικής μετάβασης με ακτινοβολία (W/m^2K)} \quad (4-16)$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ : Η σταθερά 5,3 ισχύει για συνήθη υλικά επικάλυψης της μόνωσης, όπως βαφές, γύψος, πλαστικό κλπ. Για μη οξειδωμένες μεταλλικές επικαλύψεις (π.χ. λαμαρίνες) θα είναι 4,6, ενώ για σχετικά στιλπνές επιφάνειες (π.χ. αλουμινόφυλλο) θα ληφθεί γύρω στο 4.

$$h_e = h_c + h_r \quad \text{(Ολικός) συντελεστής θερμικής μετάβασης (W/m^2K)} \quad (4-17)$$

$$t_{se} = t_a + \frac{t_i - t_a}{\frac{h_e \cdot D}{2\lambda} \cdot \ln \frac{D}{d} + 1} \quad \text{Επιφανειακή θερμοκρ. μόνωσης (°C)} \quad (4-18)$$

Η θερμοροή (απώλειες) θα προκύψει με επίλυση των σχέσεων αυτών με τη μέθοδο των διαδοχικών προσεγγίσεων. Ως πρώτη προσέγγιση για μονωμένα τοιχώματα οποιασδήποτε μορφής μπορούμε να δεχτούμε τον τύπο :

$$t_{se} = t_a + \frac{t_i - t_a}{20} \quad (°C) \quad (4-19)$$

Με βάση αυτή τη θερμοκρασία υπολογίζονται οι συντελεστές  $h_c$ ,  $h_r$  και  $h_e$ , οπότε προκύπτει η  $t_{se}$ , η οποία πρέπει να συμφωνεί με την επιλεγείσα. Αν όχι, οι υπολογισμοί επαναλαμβάνονται μέχρι να προκύψει η σωστή  $t_{se}$ . Η θερμοροή  $q$  υπολογίζεται τότε από την πρώτη σχέση.

- **Συνολικές ενεργειακές απώλειες δικτύου**

Αν το εν λόγω δίκτυο έχει συνολικό μήκος  $l$  και λειτουργεί επί  $\Omega$  ώρες/ημέρα, τότε η ημερήσια καταναλισκόμενη ενέργεια για τις απώλειες του δικτύου ανέρχεται σε :

$$E_{d,AD} = q \cdot l \cdot \Omega \quad (4-20)$$

Και η μηνιαία ενέργεια λόγω απωλειών για το μήνα  $i$ , που το δίκτυο λειτουργεί επί  $N_i$  ημέρες, θα είναι :

$$E_{AD,i} = q \cdot l \cdot \Omega \cdot N_i \quad (4-21)$$

### 3.2.3 Θέρμανση Ζεστού Νερού Χρήσης

- Υπολογισμός απαιτούμενης θερμικής ενέργειας για θέρμανση ZNX

Η σχέση την οποία χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ποσότητας θερμότητας για την θέρμανση ZNX είναι η γνωστή :

$$E_{zi} = \rho \cdot V_i \cdot C \cdot \Delta\theta_i \quad (4-22)$$

όπου :

$E_{zi}$  = η απαιτούμενη θερμική ενέργεια (σε kJ ή kcal) για τη θέρμανση συγκεκριμένης ποσότητας νερού χρήσης ( $m_i = \rho \cdot V_i$ ) κατά  $\Delta\theta_i$ .

$\rho$  = η πυκνότητα του νερού, λαμβάνεται συνήθως σταθερή 1 kg /L.

$V_i$  = η απαιτούμενη ποσότητα νερού σε L.

$C$  = η ειδική θερμότητα του νερού, λαμβάνεται συνήθως σταθερή 4,18 kJ/kg.K.

$\Delta\theta_i$  = η θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στην τελική θερμοκρασία αποθήκευσης (ή χρήσης) του ZNX και στο εισερχόμενο στο σύστημα κρύο νερό, σε °C.

Οι παραδοχές (ή εκτιμήσεις) που συνήθως απαιτούνται για τους παραπάνω υπολογισμούς, προκύπτουν είτε από βιβλιογραφικές αναφορές, είτε από εμπειρία από παρόμοιες περιπτώσεις, είτε από επιτόπια έρευνα, καταγραφή, παρατηρήσεις αλλά και μετρήσεις. Συγκεκριμένα :

- Σε σχετικούς πίνακες της βιβλιογραφίας, δίδεται η (μέση) απαιτούμενη ποσότητα ZNX, για διάφορες κατηγορίες κτιρίων και χρήσεις (κατοικίες,

ξενοδοχεία, κτίρια γραφείων, εστιατόρια κλπ), συνήθως ανηγμένη ανά άτομο ή γεύμα ή κλίνη ή προϊόν κ.ο.κ. Οπότε προκύπτει εύκολα η ημερήσια απαιτούμενη ποσότητα ZNX, ( $V_{d,i}$ ) και, συνεπώς, η  $V_i = V_{d,i} \cdot N_i$ , όπου  $N_i$  ο αριθμός ημερών του μήνα, για τις οποίες υπάρχει απαίτηση ZNX στο κτίριο.

Είναι προφανές ότι η  $V_i$  μπορεί να λαμβάνεται και από μετρήσεις.

- Η θερμοκρασία αποθήκευσης ή χρήσης του ZNX εξαρτάται από τη συγκεκριμένη χρήση του, αλλά συνήθως λαμβάνεται :
  - 45 ως 50°C για χρήση ατομικής καθαριότητας (κατοικίες, δωμ. ξενοδοχείων κλπ)
  - 55 ως 60°C για χρήση σε κουζίνες κλπ.
- Η (μέση) θερμοκρασία εισόδου του κρύου νερού στο σύστημα εξαρτάται από τον τρόπο και την πηγή τροφοδοσίας του (απευθείας από δίκτυο ύδρευσης, δεξαμενή, γεώτρηση κλπ), αλλά και από τον μήνα και, φυσικά, τον τόπο. Ενδεικτικές (μέσες) τιμές θερμοκρασίας νερού δικτύου για διάφορους μήνες και πόλεις δίνουν πολλοί πίνακες της βιβλιογραφίας.

### 3.2.4 Επιμερισμός κατανάλωσης θερμικής ενέργειας (καυσίμου)

Με βάση τις υπολογισμένες απαιτήσεις θερμικής ενέργειας και εφόσον αυτές καλύπτονται με καύση καυσίμων, μπορεί να γίνει υπολογισμός των ποσοτήτων καυσίμου  $m_k$  που απαιτούνται για να «παραχθούν» τα παραπάνω ποσά θερμικής ενέργειας, ανά χρήση (ενεργειακός επιμερισμός).

Θα χρησιμοποιηθεί η σχέση :

$$m_k = \frac{E}{n \cdot \Theta_k} \quad \text{ή} \quad V_k = \frac{E}{\rho_k \cdot n \cdot \Theta_k} \quad (4-23)$$

όπου :

$m_k$  : Η απαιτούμενη ποσότητα (σε kg) του καυσίμου

$V_k$  : Η απαιτούμενη ποσότητα (σε L) του καυσίμου

$\rho_k$  : Η πυκνότητα του καυσίμου (Βλέπε «Κανονισμό Ενεργειακών Επιθεωρήσεων»).

$\Theta_k$  : Η (κατωτέρα) θερμογόνο δύναμη του καυσίμου (Βλέπε «Κανονισμό Ενεργειακών Επιθεωρήσεων»).

$E$  : Η απαίτηση θερμικής ενέργειας (μηνιαία ή ετήσια) για τη συγκεκριμένη χρήση.

$\eta$  : Ο βαθμός απόδοσης εξοπλισμού θέρμανσης, ο οποίος θεωρείται σταθερός κατά την εξεταζόμενη περίοδο.

Επισήμανση : Ο  $\eta$  θα είναι ο βαθμός απόδοσης του λέβητα, μόνο αν οι απώλειες αποθήκευσης και διανομής της θερμικής ενέργειας έχουν υπολογισθεί όπως προηγουμένως και προκύψει και γι' αυτές μια αντίστοιχη κατανάλωση καυσίμου. Διαφορετικά, πρέπει ο  $\eta$  να ληφθεί ως συνολικός βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης θέρμανσης, δηλαδή λίγο ή αρκετά μικρότερος.