

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Αργυρώ **ΔΗΜΟΥΔΗ**, MSc, PhD,
Λέκτορας

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Πολυτεχνική Σχολή,
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος,
Εργαστήριο Περιβαλλοντικού και Ενεργειακού Σχεδιασμού

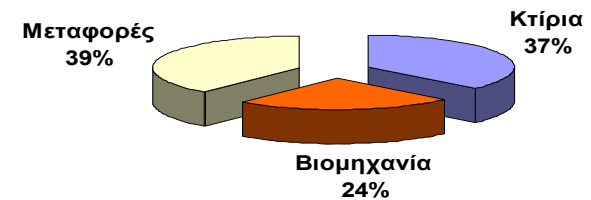
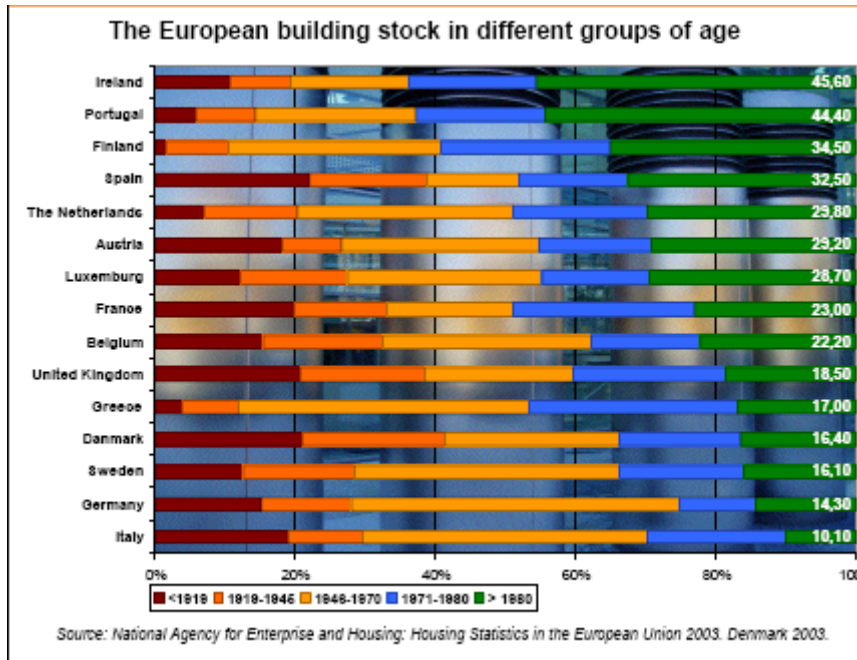
Ξάνθη, 2008

Σκοπός και απαιτήσεις της ενεργειακής επιθεώρησης

Ο όρος «**ενεργειακή επιθεώρηση**» χρησιμοποιείται γενικά για την περιγραφή μιας συστηματικής διαδικασίας που στοχεύει στην απόκτηση επαρκούς γνώσης γύρω από το προφίλ της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου ή μιας βιομηχανικής μονάδας.

Αυτή έχει, επίσης, στόχο τον προσδιορισμό και την αξιολόγηση των οικονομικά αποδοτικών δυνατοτήτων για εξοικονόμηση ενέργειας στην εν λόγω μονάδα.

Έτσι, οι ενεργειακές επιθεωρήσεις είναι αποφασιστικής σημασίας για την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και για την εξασφάλιση των στόχων της Ενεργειακής Διαχείρισης.



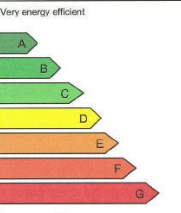
Κατανομή τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα (2000)

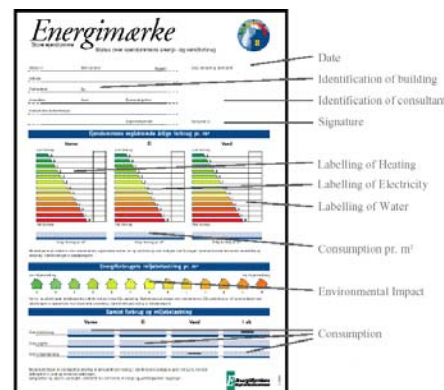
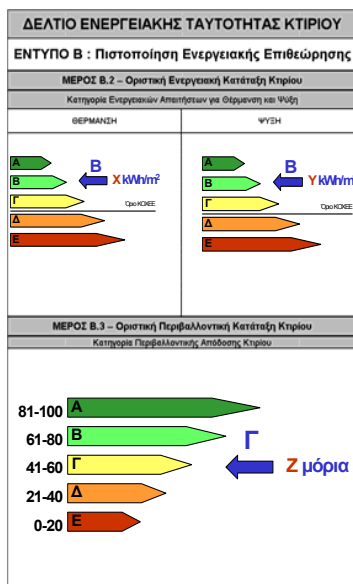
Σε μία ενεργειακή επιθεώρηση:

- κύριος στόχος είναι η εξοικονόμηση ενέργειας,
- το σημείο ενδιαφέροντος είναι η κατανάλωση της ενέργειας και οι αντίστοιχες δυνατότητες εξοικονόμησης,
- μπορεί να υπάρχουν και άλλες πτυχές προς θεώρηση (κατάσταση εξοπλισμού, περιβάλλον) αλλά το ενδιαφέρον εστιάζεται κυρίως στα ενεργειακά κέρδη,
- παράγονται αναφορές σχετικά με τα δυνατά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας,
- το έργο που εκτελείται μπορεί να καλύψει όλες τις ενεργειακές χρήσεις μιας εγκατάστασης ή συγκεκριμένα περιορισμένα τμήματα (συστήματα, εξοπλισμός) πολλών εγκαταστάσεων (οριζόντια επιθεώρηση).

Εξάλλου, σε πολλές περιπτώσεις, μπορεί η όλη διαδικασία να ονομάζεται διαφορετικά (για παράδειγμα ενεργειακή σήμανση, ενεργειακή αποτίμηση, κ.λπ.), αλλά παράλληλα να ικανοποιεί τα ίδια κριτήρια με την ενεργειακή επιθεώρηση. Τέλος, αναφέρεται ότι η ενεργειακή επιθεώρηση δεν είναι μια συνεχόμενη δράση, αλλά θα πρέπει να επαναλαμβάνεται περιοδικά.

Example 2 with two ratings

Energy certificate	Building Energy Performance		As built	In use
	Space to make reference to the certification scheme used		Asset rating	Operational rating
	Very energy efficient 		C	D
	Not energy efficient		calculated	measured
Name of the indicator used		unit	130	170
Space to include additional information on building energy use				
Administrative information: address of the building, conditioned area date of validity certifier name and signature...				



Οφέλη από τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στις βιομηχανίες και τα κτίρια

Η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας (E.A.), σε κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μπορεί να αποδώσει οφέλη στα τρία παρακάτω διακριτά επίπεδα:

⇒ **Οικονομικά οφέλη**, τα οποία συμβάλλουν στη μείωση των λειτουργικών εξόδων ή στην αύξηση των κερδών της επιχείρησης.

Αυτά πρέπει να αξιολογηθούν με βάση το κόστος της εφαρμογής των μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας.

⇒ **Λειτουργικά οφέλη**, τα οποία βοηθούν τη διαχείριση μιας βιομηχανικής μονάδας ή ενός κτιρίου να βελτιώσει τα επίπεδα άνεσης, ασφάλειας και αποδοτικότητας των εργαζομένων της (ή των ενοίκων του κτιρίου) ή, διαφορετικά, να βελτιώσει τη γενικότερη λειτουργία της.

⇒ **Περιβαλλοντικά οφέλη:**

- αυτά αφορούν κυρίως τη μείωση των εκπομπών του CO₂ ή/και άλλων ρύπων (αέρια θερμοκηπίου),
- τη μείωση των ενεργειακών αναγκών σε εθνικό επίπεδο και
- τη διατήρηση των φυσικών πόρων.

Το καθένα από τα παραπάνω οφέλη αναμένεται να εκπληρωθεί σταδιακά και να έχει αθροιστική επίπτωση.

Τα **κύρια οφέλη** μπορεί να γίνουν:

- άμεσα αισθητά, προερχόμενα από μέτρα μηδενικού κόστους, ή
- μετά από μία εύλογη περίοδο, απαιτούμενη για την αποπληρωμή των όποιων επενδύσεων.

Κάποια άλλα οφέλη μπορεί να γίνουν αισθητά αρκετά αργότερα, μετά από την υλοποίηση κάποιων μακροπρόθεσμων μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας (E.A.).

Θεσμικό πλαίσιο

Η Ελλάδα, έχει ήδη δεσμευθεί, από τις αρχές της δεκαετίας του '90, για την προώθηση σχετικών θεσμικών, διοικητικών και οργανωτικών μέτρων, καθώς και των ενεργειακά αποδοτικών και περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών, μέσω της συμμετοχής της στις συμφωνίες, τις διακηρύξεις και τα προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Παγκόσμια Διάσκεψη Ρίο, Ευρωπαϊκά Προγράμματα SAVE, THERMIE, ALTENER, Εθνικό Επιχειρησιακό Πρόγραμμα 'ΕΝΕΡΓΕΙΑ' του Υπουργείου Ανάπτυξης, στα πλαίσια του Β' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης (Β' Κ.Π.Σ.), Επιχειρησιακό Πρόγραμμα 'Ανταγωνιστικότητα' του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης (Γ' Κ.Π.Σ.), Σχέδιο Δράσης του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. 'ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2001', Κοινοτική Οδηγία 91/2002/ΕΚ για την 'Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων', κ.ά.).

Στα πλαίσια αυτών των δεσμεύσεων έχει εκδοθεί ο 'Κανονισμός Ενεργειακών Επιθεωρήσεων' (ΦΕΚ 1526B/27.07.99), ο οποίος είναι ένας αναλυτικός κανονισμός για ενεργειακές επιθεωρήσεις σε κτίρια και στη βιομηχανία.

Στα πλαίσια της μεταφοράς της Κοινοτικής Οδηγίας 91/2002/ΕΚ για την 'Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων' στην Ελληνική νομοθεσία, θα δημιουργηθεί και ο Κανονισμός για το 'Μητρώο Ενεργειακών Επιθεωρητών'.

Τύποι ενεργειακών επιθεωρήσεων

Αναλόγως της πληρότητας των συλλεγόμενων στοιχείων, οι ενεργειακές επιθεωρήσεις διακρίνονται σε δύο τύπους, τις:

- Συνοπτικές ενεργειακές επιθεωρήσεις και
- Εκτενείς – διαγνωστικές ενεργειακές επιθεωρήσεις

Στις **συνοπτικές ενεργειακές επιθεωρήσεις** αποτιμάται η ενεργειακή κατανάλωση και τα σχετικά κόστη με βάση τους ενεργειακούς λογαριασμούς - τιμολόγια και μιας σύντομης αυτοψίας του χώρου.

Καθορίζονται αρχικά κάποια μέτρα νοικοκυρέματος ή/και μέτρα ελάχιστου κόστους με βραχυπρόθεσμη αποπληρωμή, καθώς επίσης προτείνεται ένας κατάλογος με άλλες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες συχνά απαιτούν σημαντικές επενδύσεις κεφαλαίου, στη βάση του κόστους - οφέλους.

Οι **εκτενείς ενεργειακές επιθεωρήσεις** απαιτούν την λεπτομερέστερη καταγραφή και ανάλυση των στοιχείων ενεργειακής κατανάλωσης και άλλων συναφών στοιχείων της επιθεωρούμενης μονάδας.

Η ενεργειακή κατανάλωση αναλύεται στις επιμέρους τελικές χρήσεις της (π.χ. θέρμανση, ψύξη, διάφορες διεργασίες, φωτισμός, κ.λπ.) και παρουσιάζονται και αναλύονται οι διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν αυτές τις τελικές χρήσεις (π.χ. παραγωγική ικανότητα ή ικανότητα παροχής υπηρεσιών, κλιματικές συνθήκες, χαρακτηριστικά πρώτων υλών, κ.λπ.).

Με αυτόν το τρόπο, προσδιορίζονται τόσο τα συνολικά οφέλη όσο και το αναλογούν κόστος των πιθανών επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας που ικανοποιούν τα κριτήρια και τις απαιτήσεις των διαχειριστών της μονάδας. Παράλληλα, συντάσσεται ένας κατάλογος με τις δυνατές επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που απαιτούν την επένδυση σημαντικού κεφαλαίου για να πραγματοποιηθούν, αλλά και πληρέστερη συλλογή και επεξεργασία σχετικών στοιχείων, μαζί με μια αναλυτική εκτίμηση οφέλους κόστους γι αυτές.

Γενική διαδικασία μιας ενεργειακής επιθεώρησης

Η ενεργειακή επιθεώρηση βασίζεται στη δυνατότητα διακριτής εξέτασης των επιμέρους ενεργειακών εγκαταστάσεων - συστημάτων, αλλά και του κτιριακού κελύφους.

Η πλήρης διαδικασία μπορεί να περιγραφεί στα ακόλουθα τρία στάδια καταγραφής και διάγνωσης:

1ο Στάδιο: *Σχεδιασμός ενεργειακής επιθεώρησης - Συλλογή πρωτογενών στοιχείων και προκαταρκτική ανάλυση ενεργειακών δεδομένων*

Στο στάδιο αυτό θα πρέπει αρχικά να συλλεχθούν πληροφορίες και δεδομένα σχετικά :

- με την υφιστάμενη και παρελθούσα ενεργειακή εικόνα,
- την κατασκευή και
- τη χρήση του κάθε κτιρίου-μονάδας.

Τα δεδομένα αυτά μπορούν να συλλεχθούν με τη βοήθεια ενός δομημένου συνοπτικού εντύπου-ερωτηματολογίου, το οποίο συμπληρώνεται μετά την πρώτη επαφή του Υπεύθυνου για την εκτέλεση της ενεργειακής επιθεώρησης με τον υπεύθυνο διαχειριστή ή τεχνικό ή τη διοικητική αρχή του κτιρίου-μονάδας, για την ανάθεση της εκτέλεσης της επιθεώρησης.

Βάση για τη συμπλήρωση του εντύπου αυτού αποτελούν :

- οι πληροφορίες που προέρχονται από τους τεχνικούς και διοικητικούς υπευθύνους του κτιρίου-μονάδας, καθώς
- και τα υπάρχοντα σχετικά στοιχεία (λογαριασμοί και τιμολόγια καυσίμων, σχέδια, μελέτες και κατάλογοι αρχείου, καταγραφές μετρήσεων και ενδείξεων κ.λπ.).

Η προκαταρκτική ανάλυση των συλλεχθέντων δεδομένων θα πρέπει να οδηγήσει

- στον προσδιορισμό της διαχρονικής τάσης και της μηνιαίας διακύμανσης της συνολικής κατανάλωσης και
- του κόστους ενέργειας στο εξεταζόμενο κτίριο-μονάδα, τα οποία αρχικά υποδηλώνουν το **ενεργειακό προφίλ του κτιρίου**.

Τα πρώτα αυτά ενεργειακά δεδομένα που συλλέγονται θα πρέπει, επίσης, να οδηγήσουν στην πρώτη προσέγγιση του επιμερισμού της ενεργειακής κατανάλωσης σε κάθε περιοχή και υποσύστημα του κτιρίου-μονάδας. Έτσι, τελικά, εκφράζεται για πρώτη φορά το γενικό **ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου-μονάδας**.

Στο τέλος του σταδίου αυτού, ο Υπεύθυνος για την εκτέλεση της ενεργειακής επιθεώρησης μπορεί να συντάξει ένα πρώτο **κατάλογο** με τις πιθανές για το συγκεκριμένο κτίριο-μονάδα **δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας**, με βάση και τις απαιτήσεις της ιδιοκτησίας-διαχείρισής του για τυχόν κατηγορίες επεμβάσεων ή εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας που πρέπει να εξαιρεθούν.

2ο Στάδιο: *Επιτόπια συνοπτική Ενεργειακή Επιθεώρηση*

Το στάδιο αυτό συνίσταται στον επιτόπιο :

⇒ ποιοτικό, κυρίως, έλεγχο :

- του κελύφους και
- των Η/Μ εγκαταστάσεων του κτιρίου,

καθώς και

⇒ στην καταγραφή των :

- κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των δομικών κατασκευών,
- λειτουργικών χαρακτηριστικών των δομικών κατασκευών και
- λειτουργικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού των εγκαταστάσεων

σε ειδικό έντυπο.

Η καταγραφή αυτή, σε συνδυασμό με ενδεικτικές στιγμιαίες μετρήσεις, βοηθά στον καλύτερο **επιμερισμό των ενεργειακών χρήσεων** και, επομένως, προσδιορισμό του **ενεργειακού ισοζυγίου του κτιρίου**.

Η διαδικασία αυτή, σε συνδυασμό με τις προτάσεις του προηγούμενου σταδίου, συνεπάγεται τον **τελικό προσδιορισμό των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας** με μέτρα νοικοκυρέματος, καθώς και με επεμβάσεις χαμηλού κόστους και άμεσης εφαρμογής, που δεν απαιτούν ειδική οικονομική αξιολόγηση μέσω σχετικών ενεργειακών μελετών.

Επίσης, συνεπάγεται τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας σε επιμέρους περιοχές και συστήματα, για περαιτέρω διερεύνηση αυτών σε επόμενη φάση από ειδικούς συμβούλους ή από τα ίδια τα στελέχη διαχείρισης της μονάδας, εάν αυτό είναι εφικτό.

Αυτές οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας θα πρέπει να χωρισθούν σε τρεις ομάδες, ανάλογα με το ενεργειακό τους δυναμικό για το συγκεκριμένο κτίριο (υψηλό, μέσο, χαμηλό).

3ο Στάδιο: *Επιτόπια λεπτομερής Ενεργειακή Επιθεώρηση*

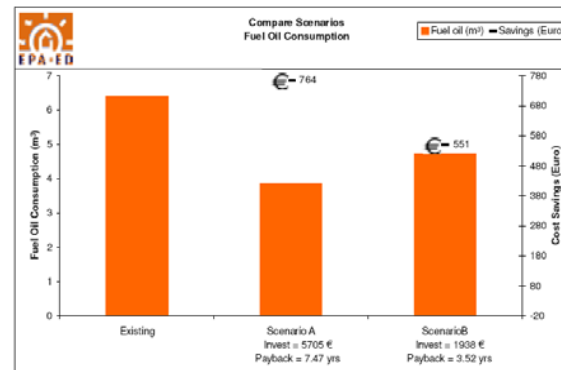
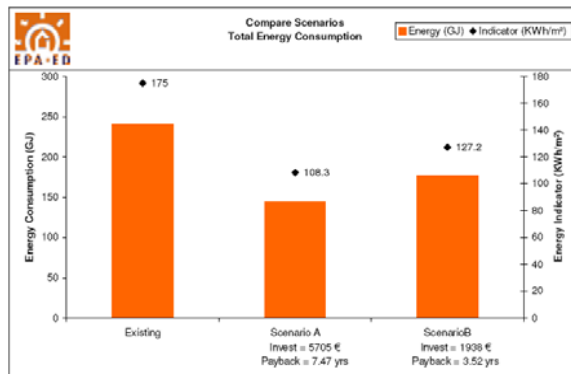
Αποτελείται από :

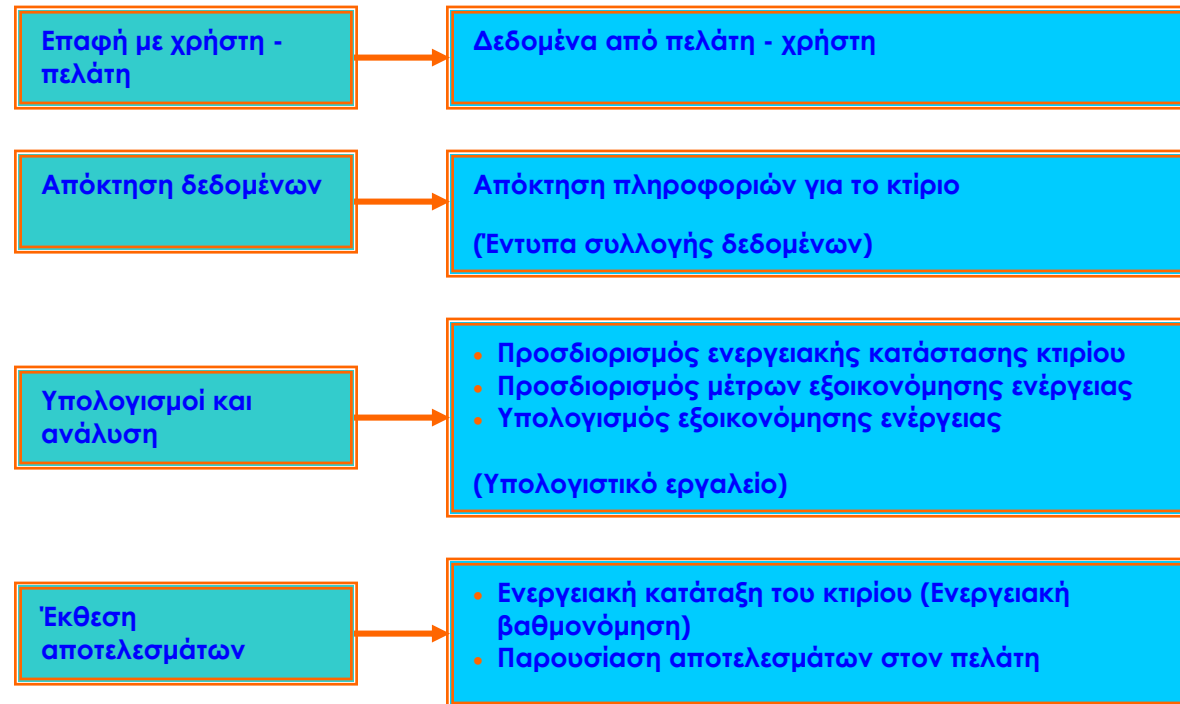
- τη συλλογή (μέσω επιτόπιων αναλυτικών μετρήσεων),
- την ανάλυση των απαραίτητων δεδομένων, καθώς και
- την πλήρη εξέταση τμημάτων των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου - μονάδας,

Αυτή η διαδικασία:

- επιτρέπει τη σύνταξη του πλήρους τελικού ενεργειακού ισοζυγίου του κτιρίου.
- Θα επιτρέψει, επίσης, την ορθή τεchnοοικονομική αξιολόγηση μιας ή περισσοτέρων επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, με επενδύσεις μέσου και υψηλού αρχικού κόστους, σε συγκεκριμένο ενεργειακό υποσύστημα, κατόπιν ειδικής σχετικής μελέτης.

Η διαδικασία της Ενεργειακής Επιθεώρησης ολοκληρώνεται με την παρουσίαση όλων των προτάσεων για εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο ή την μονάδα, υπό τη μορφή μιας **συνοπτικής τεχνοικονομικής έκθεσης**.





Σχηματική απεικόνιση διαδικασίας ενεργειακής βαθμονόμησης

Τυπικά εργαλεία και χρονοδιαγράμματα ενεργειακών επιθεωρήσεων

Σε γενικές γραμμές, οι τυπικές απαιτήσεις για τη διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- ⇒ προσωπικό με σχετική γνώση και εμπειρία στο αντικείμενο,
- ⇒ διάθεση χρόνου για τη διενέργεια των δράσεων που απαιτούνται,
- ⇒ τεχνικός εξοπλισμός για τις απαραίτητες μετρήσεις,
- ⇒ τεχνικές και λειτουργικές πληροφορίες για τα κτίρια, τις εγκαταστάσεις ή τις παρεχόμενες υπηρεσίες.

Ο **χρόνος** που απαιτείται για τη διενέργεια μίας ενεργειακής επιθεώρησης εξαρτάται από :

- τη διαθεσιμότητα ή μη των ενεργειακών στοιχείων,
- το μέγεθος της εγκατάστασης και
- την πολυπλοκότητα των συστημάτων-εξοπλισμού.

Μία συνοπτική επιθεώρηση μπορεί να ολοκληρωθεί μέσα σε λίγες μόνο ώρες για μια απλή εγκατάσταση για την οποία υπάρχουν άμεσα διαθέσιμα στοιχεία. Η συνοπτική επιθεώρηση ενός μικρού κτιρίου μπορεί να ολοκληρωθεί κατά τη διάρκεια μίας ημέρας από ένα μόνο άτομο.

Σε πιο περίπλοκες περιπτώσεις, μπορεί να χρειαστεί μία εβδομάδα (ή και παραπάνω) μόνο για την ανάλυση των λογαριασμών και των άλλων στοιχείων.

Δεν υπάρχουν συγκεκριμένες οδηγίες για τον καθορισμό του χρόνου που θα πρέπει να διαρκέσει μία επιτόπια επιθεώρηση - ο χρόνος θα πρέπει να ανταποκρίνεται στην πολυπλοκότητα του χώρου, στη διαθεσιμότητα των στοιχείων και στο κόστος που μπορεί να δικαιολογηθεί. Μία εκτίμηση μπορεί να γίνει εάν ληφθούν υπόψη τα επιμέρους στοιχεία που χρειάζεται να εξεταστούν. Για τις μεγαλύτερες μονάδες αυτού του είδους μπορεί να απαιτηθεί το ισοδύναμο ενός ανθρωπο-έτους για να επιθεωρηθούν εκτενώς ή, κατά προτίμηση, μία μικρή ομάδα επιθεωρητών, για την επίτευξη μικρότερης περιόδου επιθεώρησης.

Είναι απαραίτητη η διαθεσιμότητα χρόνου τόσο σε αυτούς που διενεργούν την επιθεώρηση, όσο και σε αυτούς που συμβάλλουν στην ενεργειακή επιθεώρηση με άλλους τρόπους, είτε με την παροχή πληροφοριών είτε απλά έχοντας το ρόλο του συνοδού.

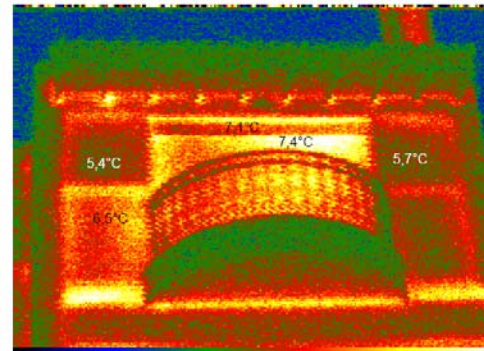
Ακόμη και στην περίπτωση ύπαρξης εξωτερικής βοήθειας, η παρουσία στελεχών της υπό επιθεώρηση εγκατάστασης είναι πάντα απαραίτητη. Όσο καλύτερη είναι η συνεργασία μεταξύ αυτών, τόσο καλύτερη θα είναι η ποιότητα της επιθεώρησης.

Ως εκ τούτου, το προσωπικό της επιχείρησης ή/και των ενοίκων του κτιρίου θα πρέπει να ενθαρρύνεται για την όσο το δυνατόν θετικότερη συνεισφορά του.

Όσον αφορά τον **μετρητικό εξοπλισμό**, θα πρέπει να τονιστεί ότι οι μετρήσεις είναι θεμελιώδεις για την κατανόηση των ενεργειακών ροών.



Σχήμα 3.2. Θερμογραφική κάμερα



ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΟΨΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ



Σχήμα 3.3. Ανάλυση καλωσίων

Η χρήση των μετρήσεων και του σχετικού εξοπλισμού επιτρέπει τη διενέργεια μίας ποσοτικής ανάλυσης αφενός της ενεργειακής χρήσης, αφετέρου της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Με την ευχέρεια στην εφαρμογή και την εμπειρία στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων, αποκτώνται πολύ περισσότερες πληροφορίες σε σύγκριση με την απλή παρατήρηση των χώρων.

Προσοχή επιβάλλεται στη χρήση σωστά βαθμονομημένων οργάνων για την λήψη αξιόπιστων πληροφοριών.

Μπορεί να αποκτηθεί άμεσα ή να ενοικιαστεί προσωρινός δοκιμαστικός εξοπλισμός για τις περισσότερες εφαρμογές, όπου υπάρχει σαφής και διαπιστωμένη ανάγκη για ακριβείς μετρήσεις. Μάλιστα, αυτός θα πρέπει να χρησιμοποιείται όσο είναι απαραίτητο για την εξαγωγή σαφών συμπερασμάτων. Μία σωστή σε εκτέλεση δοκιμή βοηθάει στην αποφυγή παραγωγής μη αναγκαίων δεδομένων προς επεξεργασία, που μπορεί να προέρχονται είτε από υπερβολικό αριθμό μετρήσεων, είτε από υπερβολικά μεγάλο χρονικό διάστημα λήψης μετρήσεων.

Οι μετρήσεις που συνήθως απαιτούνται αφορούν:

- τις συνθήκες του περιβάλλοντος χώρου,
- τις θερμικές συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου,
- την ηλεκτρική ενέργεια,
- τη διαχείριση του αέρα,
- το σύστημα σωληνώσεων,
- τις συνθήκες στο λεβητοστάσιο και
- την κατάσταση της εγκατάστασης κλιματισμού.

Μία συνοπτική επιθεώρηση μπορεί να απαιτήσει τον ελάχιστο δυνατό μετρητικό εξοπλισμό. Αντιθέτως, υπό κανονικές συνθήκες, οι εκτενείς επιθεωρήσεις αναμένεται να περιλαμβάνουν μετρήσεις των κύριων ενεργειακών ροών και αποτίμηση της αποδοτικότητας των κύριων εγκαταστάσεων. Εξάλλου, για μια λεπτομερή αξιολόγηση αυτού του είδους, είναι επίσης απαραίτητες οι αξιόπιστες μετρήσεις των επιφανειών και των όγκων των κτιρίων.

Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις μπορούν να διακριθούν, σε δύο κατηγορίες, λαμβάνοντας υπόψη το είδος των υπό επιθεώρηση συστημάτων και του εξοπλισμού, καθώς και τα αντίστοιχα ενεργειακά φορτία :

- **Θερμικές Ενεργειακές Επιθεωρήσεις**, του εξοπλισμού ή των συστημάτων που παράγουν, μετατρέπουν, μεταφέρουν, διανέμουν ή καταναλώνουν θερμική ενέργεια, ή για την επιθεώρηση θερμικών φορτίων.
- **Ηλεκτρικές Ενεργειακές Επιθεωρήσεις**, του εξοπλισμού ή των συστημάτων που παράγουν, μετατρέπουν, μεταφέρουν, διανέμουν ή καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια ή για την επιθεώρηση ηλεκτρικών φορτίων.

Οι επιθεωρήσεις μπορούν, επίσης, να χωριστούν σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος της συνολικής ηλεκτρικής ή θερμικής ισχύος της υπό επιθεώρηση εγκατάστασης.

Όσον αφορά, στο πρώτο στάδιο της Ενεργειακής Επιθεώρησης ενός κτιρίου ή μονάδας, είναι απαραίτητη η συλλογή προκαταρκτικών δεδομένων που σχετίζονται με την ενεργειακή συμπεριφορά του. Είναι σκόπιμο να συμπληρωθεί ένα έντυπο – ερωτηματολόγιο με τα εξής στοιχεία:

A) Γενικές πληροφορίες για το κτίριο

- τύπος κτιρίου,
- έτος κατασκευής,
- είδος χρήσης και παρεχόμενων υπηρεσιών,
- ιδιοκτησιακό καθεστώς,
- υπεύθυνος εκπρόσωπος,
- πιθανές προσθήκες - ανακαινίσεις στο κέλυφος και τις εγκαταστάσεις,
- όγκοι και επιφάνειες χώρων,
- πλήθος ατόμων, προϊόντων και σχετικού εξοπλισμού
- υποστήριξης υπηρεσιών,
- καθεστώς λειτουργίας,

- σκαρίφημα τυπικού ορόφου
- B. **Στοιχεία κατανάλωσης και κόστους ενέργειας** των τελευταίων πέντε (5) ετών
- ετήσια εξέλιξη κατανάλωσης καυσίμων και ηλεκτρισμού,
 - μηνιαία διακύμανση καταναλώσεων έτους ελέγχου.
- Γ. **Καθεστώς Ενεργειακής Διαχείρισης** και τυχόν υπάρχοντα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

Συλλογή στοιχείων

Ακόμα και στις περιπτώσεις διαθεσιμότητας πλήρων αρχείων, όταν για παράδειγμα υπάρχουν μηνιαίοι λογαριασμοί ηλεκτρικού ρεύματος, στην ανάλυση της ενεργειακής χρήσης, των απωλειών ή/ και των κερδών μπορεί να βοηθήσουν πολύ και κάποιες **εβδομαδιαίες ή ημερήσιες μετρήσεις** που λαμβάνονται ανεξάρτητα.

Εξάλλου, όταν συντάσσεται ένα ενεργειακό ισοζύγιο, τα λεπτομερή στοιχεία για τις επιμέρους καταναλώσεις βοηθούν στην ποσοτικοποίηση των ενεργειακών ροών, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό την ακρίβεια του ισοζυγίου.

Επιπλέον, πρέπει να συλλεχθούν τα ακόλουθα υποστηρικτικά στοιχεία :

- Λογαριασμοί και τιμολόγια αγοράς ενέργειας (ηλεκτρικού, καυσίμων) για την περίοδο ελέγχου και για τα 4 προηγούμενα (ή/ και επόμενα) έτη.
- Σχέδια και μελέτες για το κτίριο και τις Η/Μ ενεργειακές εγκαταστάσεις
- Κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του βασικού εξοπλισμού.
- Κλιματικά δεδομένα περιόδων ενεργειακής ανάλυσης για την περιοχή.
- Τυχόν υπάρχοντα έγγραφα αρχείου με καταγραφές από υπάρχοντες μετρητές ή
- Θεωρητικές εκτιμήσεις της ενεργειακής κατανάλωσης στο κτίριο.

Η συμπλήρωση του εντύπου και η συλλογή των υποστηρικτικών στοιχείων γίνονται από το σχετικό υπεύθυνο για το κτίριο -μονάδα σε συνεργασία με τον υπεύθυνο για την εκτέλεση της Ενεργειακής Επιθεώρησης. Επίσης, όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία για το κτίριο - μονάδα μπορούν να εισαχθούν σε μία βάση δεδομένων για μελλοντική επεξεργασία, σε περιπτώσεις ενεργειακής ανάλυσης δείγματος ομοειδών κτιρίων ή εγκαταστάσεων.

Σε γενικές γραμμές, το έργο μιας ενεργειακής επιθεώρησης μπορεί να περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- (α) Το αντικείμενο, τους στόχους και τα κριτήρια της επιθεώρησης.
- (β) Την οριοθέτηση των μονάδων, των εγκαταστάσεων και των κτιρίων του προς επιθεώρηση συγκροτήματος.
- (γ) Την περιγραφή των καθηκόντων και των σταδίων της επιθεώρησης.
- (δ) Τον προσδιορισμό εκείνων των μονάδων ή τμημάτων του φορέα που θεωρούνται υψηλότερης προτεραιότητας.
- (ε) Τον προσδιορισμό των μεθόδων που θα χρησιμοποιηθούν στην επιθεώρηση.
- (στ) Τον καθορισμό των τμημάτων ή των ατόμων του φορέα που θα συνεργαστούν με τον επιθεωρητή για τη διενέργεια της επιθεώρησης.
- (ζ) Τον προσδιορισμό μελετών, στοιχείων και πηγών για τη συλλογή των δεδομένων αναφοράς.
- (η) Την ανάλυση του χρόνου εκτέλεσης των καθηκόντων της επιθεώρησης.
- (θ) Τον προσδιορισμό των μελών της ομάδας του επιθεωρητή.
- (ι) Τις όποιες απαιτήσεις εμπιστευτικότητας.

Μεθοδολογία εκτίμησης παραμέτρων

Η εκτίμηση των ενεργειακών ή παραγωγικών παραμέτρων γίνεται με βάση κυρίως μετρητικές μεθόδους. Για κάθε υπό εκτίμηση παράμετρο επιλέγεται μια κατάλληλη μετρητική μέθοδος η οποία δύναται να περιλάβει μια ή περισσότερες μετρήσεις του ίδιου ή διαφορετικών φυσικών μεγεθών.

Παραδείγματος χάριν, για την εκτίμηση της ροής ενέργειας των καυσαερίων ενός λέβητα απαιτείται κατ' ελάχιστο η μέτρηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων, της σύστασης σε O_2 , ή CO_2 , της σύστασης σε CO και υδρατμούς καθώς και της παροχής τους.

Ο επιθεωρητής είναι δυνατόν να κάνει χρήση ισοζυγίων μάζας και ενέργειας, προκειμένου να απλοποιεί κατά το δυνατόν τις απαιτούμενες μετρήσεις, χωρίς να μειώνεται η απαιτούμενη ακρίβεια. Για παράδειγμα, αντί της μέτρησης της παροχής των καυσαερίων, είναι δυνατόν να επιλέγεται η μέτρηση της παροχής καυσίμου και να εκτιμάται εμμέσως η πρώτη με βάση τον ισολογισμό μάζας του καυσίμου και του αέρα.

Επίσης, σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως κατά την εκτίμηση των θερμικών απωλειών τοιχωμάτων, δεν είναι πάντα δυνατή η απευθείας μέτρηση. Στις περιπτώσεις αυτές συνήθως μετράται κάποιο άλλο μέγεθος (π.χ. η θερμοκρασία τοιχωμάτων), ενώ το ζητούμενο μέγεθος (απώλεια θερμότητας), προκύπτει εμμέσως βάσει προτύπου.

Οι μετρήσεις αυτές θα πρέπει να επαναληφθούν για τουλάχιστον 3 φορές προκειμένου να ληφθούν υπόψη τυχόν φαινόμενα έλλειψης θερμοδυναμικής ισορροπίας ή σφάλματος μέτρησης. Η μέτρηση μιας παραμέτρου θα πρέπει να επαναλαμβάνεται για όλες τις τυπικές συνθήκες υπό τις οποίες αναμένεται να λειτουργεί η εγκατάσταση.

Γι' αυτό, παράλληλα με τη μέτρηση, ο επιθεωρητής θα πρέπει να προσδιορίζει και τους καθοριστικούς παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν το βαθμό απόδοσης και την ειδική κατανάλωση ενέργειας.

Τόσο η διαδικασία μέτρησης, συμπεριλαμβανομένων των προδιαγραφών των οργάνων και της βαθμονόμησής τους, όσο και η διαδικασία εκτίμησης θα πρέπει να γίνεται με βάση τα σχετικά εθνικά πρότυπα (ΕΛΟΤ), εφ' όσον υπάρχουν τέτοια ή τα διεθνή πρότυπα (π.χ. CEN, ISO). Αλλιώς ο επιθεωρητής αναφέρει σαφώς το φυσικό νόμο ή το τυχόν διεθνές πρότυπο, βάσει του οποίου γίνεται η εκτίμηση.

Εφόσον κρίνεται αναγκαίο, ο επιθεωρητής δύναται να χρησιμοποιεί νομογραφήματα, υπολογιστικές μεθόδους και κώδικες Η/Υ αναγνωρισμένου κύρους και ευρείας εφαρμογής (π.χ. χρήση κωδικών για την εκτίμηση των απωλειών ενέργειας μέσω θερμών τοιχωμάτων ή καυσαερίων, βάσει μετρήσεων θερμοκρασίας). Τα μεθοδολογικά αυτά εργαλεία, οι πηγές τους και ο αναμενόμενος βαθμός ακρίβειάς τους, θα πρέπει να αναφέρονται σαφώς από τον επιθεωρητή.

Φορητά όργανα μέτρησης

Για την εκτίμηση και την μέτρηση των ζητούμενων παραμέτρων, απαιτούνται ακριβή και πλήρη δεδομένα για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Στην πράξη, διαπιστώνεται ότι σπανίως είναι διαθέσιμα τέτοια στοιχεία.

Επίσης, πολλές φορές τα διαθέσιμα μετρητικά όργανα δεν έχουν υποστεί τις προβλεπόμενες διαδικασίες συντήρησης και βαθμονόμησης, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν χαμηλό βαθμό αξιοπιστίας. Ο επιθεωρητής διερευνά το καθεστώς λειτουργίας και συντήρησης των εγκατεστημένων οργάνων και προβαίνει σε εκτιμήσεις για το πιθανόν μετρητικό τους σφάλμα.

Με βάση τις απαιτήσεις και τα κριτήρια της επιθεώρησης, ο επιθεωρητής καταστρώνει ένα πρόγραμμα μετρήσεων, αξιοποιώντας τόσο τα εγκατεστημένα μετρητικά όργανα όσο και τα φορητά. Το πρόγραμμα των μετρήσεων καταστρώνεται κατά την διάρκεια της επιθεώρησης και, επομένως, είναι κατά κανόνα σύντομης διάρκειας.

- ⇒ Για τον λόγο αυτό οι μετρήσεις της επιθεώρησης γίνονται σε στιγμιαία και όχι σε εποχιακή ή ετήσια βάση.
- ⇒ Οι μετρήσεις με τα φορητά όργανα κατά τη διάρκεια της αυτοψίας δεν δύνανται να δώσουν ευθέως την πλήρη εικόνα για τη μηνιαία ή ετήσια κατανάλωση ενέργειας εφόσον και δεν μετράται ευθέως ο χρόνος.
- ⇒ Αντίθετα, με τις μετρήσεις αυτές διαπιστώνεται ο βαθμός απόδοσης των ενεργειακών εγκαταστάσεων. Επίσης ελέγχεται η ακρίβεια των εγκατεστημένων οργάνων μέτρησης.

Οι πλέον συνήθεις μετρήσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης περιλαμβάνουν τα ακόλουθα μεγέθη:

- Παροχές υγρών ή αερίων καυσίμων.
- Ηλεκτρικές μετρήσεις (τάση, ένταση, ισχύς, συντελεστής ισχύος).
- Θερμοκρασίες ρευστών (αέρα, νερού) και στερεών επιφανειών.
- Πιέσεις ρευστών σε σωλήνες, κάμινους ή δοχεία.
- Εκπομπές καυσαερίων (CO₂, CO, O₂, καπνός).
- Σχετική Υγρασία.
- Εντάσεις φωτισμού.

Ο επιθεωρητής πρέπει να προσδιορίζει εξ' αρχής τον κατάλογο των διατιθέμενων προς χρήση φορητών οργάνων ή των οργάνων που ενδεχομένως θα απαιτηθούν για την ολοκλήρωση της επιθεώρησης.

Πρόγραμμα Μετρήσεων και Διαπίστευσης (Μ&Δ) - Αξιολόγηση ενεργειακών επεμβάσεων

Σε περίπτωση όπου κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχουν μετρήσεις ή δεν είναι δυνατόν να καλυφθούν οι απαιτήσεις ακριβείας λόγω χρονικών, μετρητικών, τεχνικών ή άλλων περιορισμών, οι οποίες δεν είχαν προβλεφθεί κατά τον σχεδιασμό της επιθεώρησης, τότε ο επιθεωρητής καταστρώνει ένα αναλυτικό πρόγραμμα Μετρήσεων και Διαπίστευσης (Μ & Δ).

Ένα πρόγραμμα Μ & Δ περιλαμβάνει αναλυτική περιγραφή των **i)** απαιτούμενων οργάνων, **ii)** των απαιτούμενων μετρήσεων, **iii)** των τυπικών συνθηκών λειτουργίας και **iv)** των μεθόδων ανάλυσης των μετρητικών δεδομένων.

Σκοπός του προγράμματος Μ & Δ είναι να διαπιστευθεί και τεκμηριωθεί τις μετρήσεις και τις εκτιμήσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης, τόσο για την κατανάλωση αναφοράς όσο και για τα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας. Επίσης, αποσκοπεί στη δημιουργία ενός αντικειμενικού συστήματος για τον έλεγχο της εξοικονόμησης ενέργειας που πραγματοποιείται μετά τη λήψη των σχετικών μέτρων.

Εφόσον απαιτηθεί, το πρόγραμμα Μ & Δ περιλαμβάνει επίσης την εγκατάσταση ωρομετρητών για τη μέτρηση της διάρκειας λειτουργίας μιας εγκατάστασης. Στην πράξη, ο επιθεωρητής θα πρέπει να προτείνει ένα σύστημα Μ & Δ για κάθε προτεινόμενο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας.

Η διάρκεια ενός τέτοιου προγράμματος Μ & Δ πρέπει να είναι αρκετή ώστε να εξασφαλίζεται μια ακριβής απεικόνιση της μέσης κατανάλωσης ενέργειας σε μία εγκατάσταση πριν και μετά τη λήψη μέτρων εξοικονόμησης. Η διάρκεια αυτή εξαρτάται από τη φύση του έργου εξοικονόμησης.

Εξάλλου, η διαδικασία της «**ενεργειακής παρακολούθησης**» (monitoring) απαιτεί τη συνεχή ή τακτική καταμέτρηση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου, συγκροτήματος κτιρίων ή βιομηχανικής μονάδας πριν και, κυρίως, μετά την εφαρμογή επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο κέλυφος και στις ενεργειακές εγκαταστάσεις. Συνεπώς, αποτελεί το μέσο εκτίμησης της αποδοτικότητας των τυχόν επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, μέσω της σύγκρισης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου - μονάδας πριν και μετά την εφαρμογή τους.

Τα ακόλουθα συστήματα ενεργειακής παρακολούθησης (Ε.Π.) διαφέρουν ως προς το **επίπεδο κάλυψης των ενεργειακών μετρήσεων**:

- Σύστημα που καλύπτει το κτίριο ως γενικό σύνολο (**μοναδική περιοχή μετρήσεων**) με βάση υφιστάμενους γενικούς μετρητές, λογαριασμούς και τιμολόγια αγοράς ηλεκτρισμού και καυσίμων (ένα κέντρο ενεργειακής μέτρησης).
- Σύστημα που καλύπτει το κτίριο ως γενικό σύνολο (**μοναδική περιοχή μετρήσεων**) με βάση πολλές επιμέρους μετρήσεις (πολλά κέντρα ενεργειακής μέτρησης).
- Σύστημα που καλύπτει ξεχωριστά κάποια ή κάθε ενεργειακή εγκατάσταση ενός κτιρίου (**πολλές περιοχές μετρήσεων**) με βάση υφιστάμενους γενικούς μετρητές, λογαριασμούς και τιμολόγια αγοράς ηλεκτρισμού και καυσίμων (ένα κέντρο ενεργειακής μέτρησης).
- Σύστημα που καλύπτει ξεχωριστά κάποια ή κάθε ενεργειακή εγκατάσταση ενός κτιρίου (**πολλές περιοχές μετρήσεων**) με βάση πολλές επιμέρους υπομετρήσεις (πολλά κέντρα ενεργειακής μέτρησης) για το κάθε ενεργειακό σύστημα-περιοχή καταμέτρησης.

Ανάλογα, με το κατά πόσο **αυτοματοποιημένες** είναι οι **ενεργειακές μετρήσεις**, τα συστήματα ενεργειακής παρακολούθησης διακρίνονται σε:

- Χειροκίνητο σύστημα

Ανάγνωση ενδείξεων μετρητών από αρμόδιο χειριστή - Συλλογή δεδομένων από λογαριασμούς και τιμολόγια - Παρουσίαση δεδομένων υπό μορφή πινάκων σε έντυπο υπολογισμών - Θεωρητικός υπολογισμός ενεργειακής συμπεριφοράς περιοχής μέτρησης - Παραγωγή χειρόγραφης αναφοράς.

- Ημιαυτόματο σύστημα

Ανάγνωση ενδείξεων μετρητών από αρμόδιο άνθρωπο-χειριστή - Εισαγωγή δεδομένων από το χειριστή σε Η/Υ μέσω πληκτρολογίου - Αυτόματη επεξεργασία δεδομένων και υπολογισμός ενεργειακής συμπεριφοράς περιοχής μέτρησης μέσω κατάλληλου αλγορίθμου - Παραγωγή έντυπης μηχανογραφημένης αναφοράς από Η/Υ.

- Αυτόματο σύστημα

Σύνδεση μετρητών με Η/Υ - Αυτόματη εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων μέσω κατάλληλου εξοπλισμού και λογισμικού - Χρήση ηλεκτρονικών ευφυών συστημάτων με τεχνολογία αιχμής και σύνδεση με άλλα

πληροφοριακά συστήματα (περίπτωση κεντρικού αυτόματου συστήματος ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων - BEMS)

Τυπικές μετρήσεις και όργανα

Μέτρηση θερμοκρασίας

Οι συνήθεις τεχνολογίες μέτρησης της θερμοκρασίας περιλαμβάνουν:

α) *Θερμοκρασιακούς Ανιχνευτές Αντιστάσεως* (Resistance Thermometer Detectors - RTD). Είναι από τα πλέον εξελιγμένα τεχνολογικά όργανα. Διαθέτουν εσωτερικά σήματα βαθμονόμησης και μηδενισμού. Είναι μεγάλης ακρίβειας με ευρεία χρήση στις περιπτώσεις μονίμων μετρητών.



Wire-Wound and Metal Film Pt100 Resistors



β) **Θερμοστοιχεία** (Thermocouples). Αποτελούν την πλέον συνήθη τεχνολογία και είναι σχετικά χαμηλού κόστους. Καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, από μερικούς βαθμούς έως και 1000 βαθμούς Κελσίου και είναι κατάλληλοι ως φορητά όργανα. Χρειάζονται τακτική βαθμονόμηση με ειδικά όργανα. Το κύριο τους μειονέκτημα είναι ότι έχουν ασθενές σήμα το οποίο είναι ευάλωτο στον βιομηχανικό θόρυβο.



γ) **Θερμοκρασιακούς αισθητήρες ημιαγωγών** (Thermistors). Χρησιμοποιούνται ως μόνιμοι μετρητές χαμηλού κόστους. Εμφανίζουν ισχυρό, γραμμικό με τη θερμοκρασία, σήμα και έχουν δυνατότητα αυτόματου μηδενισμού. Πάντως οι μετρητές αυτοί, όπως και τα θερμοστοιχεία, δεν συναντώνται συχνά σε διατάξεις Μ&Δ.



Leaded Thermistors



Probes



Surface Mount Thermistors

δ) **Θερμόμετρα υπερώδους ακτινοβολίας (ή Πυρόμετρα ακτινοβολίας).** Μετρούν εξ αποστάσεως τη θερμοκρασία μέσω ανίχνευσης των θερμικών ακτινοβολιών των σωμάτων. Ανιχνεύουν 'καυτά' σημεία και εντοπίζουν προβλήματα της μόνωσης. Είναι φορητά και εύκολα στη χρήση. Έχουν περιορισμένη ακρίβεια και απαιτούν τη γνώση του συντελεστή θερμοεκπομπής της επιφάνειας.



ε) *Κλασσικά απλά θερμομέτρα πλήρωσης* (π.χ. θερμομέτρα υδραργύρου), τα οποία έχουν καλή σχετικά ακρίβεια και μπορούν να χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που απαιτούνται μεμονωμένες μετρήσεις.



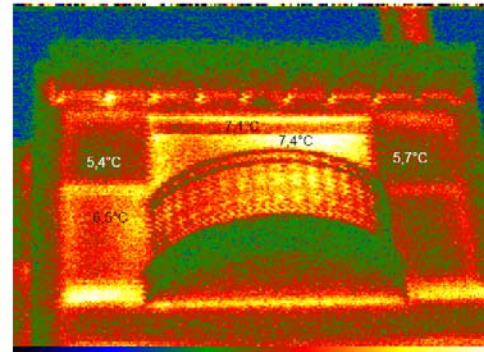
στ) Ηλεκτρονικά θερμομέτρα



η) **Θερμογραφική κάμερα** (thermographic camera), η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη διαδικασία της επιθεώρησης.



Σχήμα 3.2. Θερμογραφική κάμερα



ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΟΨΗ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Η θερμοφωτογράφιση ή θερμοδιάγνωση χρησιμοποιείται ως μέθοδος για τον εντοπισμό των σημείων θερμικής απώλειας στα κτίρια. Οι θερμικές απώλειες στα κτίρια μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- απώλειες από το περίβλημα του κτιρίου,
- απώλειες από ανοίγματα που προκαλούν αερισμό,
- απώλειες από αποθήκες και δίκτυα μεταφοράς ρευστών (νερού, αέρα, ατμού κ.λπ.).

Η αρχή της θερμογραφίας στηρίζεται στο γεγονός ότι κάθε σώμα, λόγω της θερμοκρασίας του, εκπέμπει θερμική (υπέρυθρη) ακτινοβολία, η οποία εξαρτάται αποκλειστικά από τη θερμοκρασία του σώματος και από το συντελεστή εκπομπής (emmissivity) της επιφάνειάς του.

Η θερμογραφική κάμερα διαθέτει υπέρυθρο ανιχνευτή, ο οποίος μετατρέπει τη θερμική ακτινοβολία σε διαφορά δυναμικού και, στη συνέχεια, μέσω κατάλληλου λογισμικού, σε εικόνα χρώματος αντίστοιχου της ακτινοβολίας.

Σε κάθε χρώμα αντιστοιχεί ένα καθορισμένο πεδίο θερμοκρασιών, επιτρέποντας έτσι την απευθείας διάγνωσή τους. Η ένδειξη της θερμοκρασίας του σώματος εξαρτάται από ορισμένους συντελεστές της κάμερας, αλλά και από το συντελεστή εκπομπής της επιφάνειας του σώματος και το χρωματισμό του.

Πριν τη θερμογράφιση εξοπλισμού παραγωγής θερμότητας (π.χ. λέβητες), θα πρέπει αυτοί να λειτουργούν στις συνήθεις θερμοκρασίες, έτσι ώστε οι μετρήσεις να είναι κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτικές. Η θερμογραφική κάμερα θα πρέπει να λειτουργήσει για 5 περίπου λεπτά πριν από τη θερμογράφιση, για να γίνει αυτόματα η βαθμονόμησή της.

Για τη θερμογράφιση του κελύφους θα πρέπει η εσωτερική θερμοκρασία των χώρων να είναι αρκετά μεγαλύτερη από την εξωτερική, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να εντοπιστούν οι απώλειες θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου, καθώς και τα σημεία όπου η υπάρχουσα μόνωση είναι υποβαθμισμένη.

Βασικά σημεία μετρήσεων θερμοκρασίας

Προτείνονται τα ακόλουθα για τη διεξαγωγή των επιτόπιων μετρήσεων:

- **Βαθμονόμηση:** τα θερμόμετρα πρέπει να βαθμονομούνται πάντοτε πριν χρησιμοποιηθούν για πρώτη φορά, αλλά και αργότερα, σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- **Μέτρηση της επιφανειακής θερμοκρασίας:** ο αισθητήρας πρέπει να προστατεύεται από την επαφή με τον αέρα με ένα μονωτικό κάλυμμα. Ο αισθητήρας δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή με πηγές ακτινοβολίας, όπως είναι ο ήλιος, διάφοροι ακτινοβολητές ή τα παράθυρα, ενώ πρέπει να αποφεύγεται η τοποθέτησή τους κοντά σε εισόδους ή εξόδους αέρα και σε ρεύματα. Εάν απαιτείται μια αντιπροσωπευτική ή μέση θερμοκρασία, πρέπει να αποφευχθεί η τοποθέτηση του αισθητήρα σε μη αντιπροσωπευτικά μέρη, όπως πάνω από θερμικές γέφυρες. Ως εναλλακτική λύση, μπορεί να γίνουν πολλές μετρήσεις σε περισσότερες από μια αντιπροσωπευτικές περιοχές και να

υπολογιστεί ο μέσος όρος των τιμών τους. Για τη μέτρηση της επιφανειακής θερμοκρασίας μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν και αισθητήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας ή/και κάμερες.

- **Μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα:** όπως και στις μετρήσεις της επιφανειακής θερμοκρασίας, το αισθητήριο πρέπει να προστατεύεται από πηγές ακτινοβολίας, θερμαντικά σώματα, παράθυρα κ.λ.π. Οι μετρήσεις σε ένα χώρο πρέπει να γίνονται σε τρία τουλάχιστον ύψη (διαστρωμάτωση) και στο κέντρο του χώρου, ώστε να αποφεύγονται κατά το δυνατό οι επιδράσεις από τις περιβάλλουσες επιφάνειες.

Μέτρηση παροχής

Για την εκτίμηση της ροής θερμότητας μέσω κάποιου ρευστού, απαιτείται συνήθως η μέτρηση της παροχής (μάζας ή όγκου). Τυπικές μετρήσεις περιλαμβάνουν μετρήσεις παροχής υγρών και αερίων καυσίμων, ατμού και θερμού-ψυχρού νερού ή αέρα.

Η εγκατάσταση μετρητών καυσίμου επιβάλλεται σε όλους τους μεγάλους λέβητες και κάμινους. Η εγκατάσταση μετρητών παροχής, επίσης, ενδείκνυται στα δίκτυα ατμού ή στις παροχές νερού διεργασιών και λεβητοστασιών. Σε συνδυασμό με μέτρηση της διαφοράς θερμοκρασίας, η μέτρηση της παροχής επιτρέπει την θερμιδομέτρηση ρευμάτων και ροών ενέργειας.

Η επιλογή του μετρητή πρέπει να γίνεται προσεκτικά με βάση το είδος του ρευστού, τις προσμίξεις και τις διαβρωτικές ουσίες, το εύρος διακύμανσης των ταχυτήτων και τα διαθέσιμα κονδύλια.

Οι συνήθεις αισθητήρες παροχής μπορούν να καταταχθούν ως ακολούθως:

α) **Μετρητές διαφορικής πίεσης** (τύπου διάτρητου διαφράγματος, σωλήνα Venturi ή σωλήνα Pilot).

β) **Παρεμβαλλόμενοι μετρητές** (τύπου μεταβλητής διατομής, θετικής μετατόπισης, στροβίλου ή δινομετρητή).

γ) **Μη παρεμβαλλόμενοι μετρητές** (τύπου υπερήχων, μαγνητικού μετρητή).

δ) **Μετρητές μάζας** (τύπου μετρητές μάζας Coriolis ή στροφορμής).

Ως φορητοί μετρητές συνήθως χρησιμοποιούνται οι σωλήνες Pilot και οι μη παρεμβαλλόμενοι μετρητές. Οι σωλήνες Pilot συνοδεύονται και από ηλεκτρικό μανόμετρο για τη μέτρηση της ταχύτητας. Οι μετρητές υπερήχων έχουν εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό, επιτρέποντας ακρίβεια μέτρησης της τάξης του 1 με 2%. Απαιτούν σχετικά καθαρά ρευστά και είναι εύκολα στη χρήση. Τοποθετούνται με δαγκάνες επί των σωληνώσεων της μετρούμενης ροής.

Οι πλέον συνήθεις μετρητές για τη μόνιμη μέτρηση της ροής θερμότητας είναι οι μετρητές τύπου στροβίλου και οι δινομετρητές (vortex meters).

Οι μετρήσεις παροχής θα πρέπει να ακολουθούν πιστά τις οδηγίες του κατασκευαστή των οργάνων. Είναι από τις πλέον δύσκολες και απαιτούν την τακτική βαθμονόμηση των μετρητών, στην οποία πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή.

Μέτρηση υγρασίας του αέρα

Οι μετρήσεις υγρασίας γίνονται κατά κανόνα με θερμόμετρα ξηρού και υγρού βολβού. Είναι ιδιαίτερα χρονοβόρες και απαιτούν προσοχή κατά την προετοιμασία. Πρόσφατα έχουν αναπτυχθεί ηλεκτρονικοί μετρητές οι οποίοι έχουν μεν ταχεία απόκριση, περιορίζονται δε σε θερμοκρασίες μέχρι 60 °C.

Πιο συγκεκριμένα, σήμερα χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα όργανα:

α. Ψυχρόμετρο.

Το ψυχρόμετρο ή θερμόμετρο ξηρού και υγρού βολβού, είναι το πιο συνηθισμένο όργανο και αποτελείται από δύο αισθητήρες θερμοκρασίας, εκ των οποίων ο ένας έχει βαμβακερή επένδυση που έχει υγρανθεί με αποστειρωμένο νερό. Ο αισθητήρας αυτός καταγράφει μία θερμοκρασία κοντά στη θερμοδυναμική θερμοκρασία υγρού βολβού. Γνωρίζοντας τις θερμοκρασίες του υγρού και ξηρού βολβού και τη βαρομετρική πίεση,

μπορεί να καθοριστεί η σχετική υγρασία. Τα ψυχρόμετρα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι κάτω από 0 °C. Χρειάζονται συχνό καθάρισμα και αντικατάσταση της βαμβακερής επένδυσης. Εάν συντηρούνται κανονικά, η ακρίβειά τους είναι περίπου 0.5 K, όταν η σχετική υγρασία είναι πάνω από 20%.

β. Κυψέλη χλωριούχου λιθίου

Η κυψέλη χλωριούχου λιθίου αποτελεί μια λύση εναλλακτική του ψυχρόμετρου. Είναι ένα απλό και σχετικά φθηνό όργανο, με όρια λειτουργίας από -29 έως 70 °C και με ακρίβεια 2K. Ταχύτητες αέρα πάνω από 10 m/s μπορεί να μετατοπίσουν τη βαθμονόμηση, παρόλο που η έκθεση σε υψηλό βαθμό υγρασίας με ταυτόχρονη απώλεια της ισχύος, π.χ. εξαιτίας πτώσης της τάσης, μπορεί να διαλύσει τα άλατα και να καταστήσει αναγκαία την αναμόρφωση του οργάνου.

γ. Υγρασιόμετρο με αισθητήρα ρητίνης εναλλαγής ιόντων (rope type)

Είναι ένα άλλο σχετικά φθηνό υγρασιόμετρο. Ο τύπος αισθητήρα που περιέχει, εξαιτίας της γρήγορης απόκρισής του και της δυνατότητας διαρκούς μέτρησης, βρίσκεται συχνά σε υγρόμετρα για τη μέτρηση της σχετικής υγρασίας των σχετικά συνεχών ρευμάτων θερμοκρασίας αέρα. Ο αισθητήρας 'rope type' περιορίζεται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 75 °C και είναι πολύ ευαίσθητος σε οργανικούς διαλύτες (π.χ. ατμό λαδιού) και τα συγκολλητικά πολυστερίνης. Μερικοί αισθητήρες είναι εξοπλισμένοι με ένα μεταλλικό φίλτρο για να προστατεύεται ο αισθητήρας από τα διάφορα σωματίδια που βρίσκονται στον αέρα. Η έκθεση σε υψηλούς βαθμούς υγρασίας για πολλά λεπτά της ώρας μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της βαθμονόμησης ή ακόμα και την απώλεια του ίδιου του αισθητήρα.

δ. Ψηφιακό Υγρασιόμετρο

Το φορητό ψηφιακό μηχάνημα μέτρησης της υγρασίας δείχνει την υγρασία χώρων και την υγρασία που περιέχεται σε μεγάλη ποικιλία δομικών υλικών, όπως τούβλα, ξυλεία, επίχρισμα, άμμος κ.ά. Το μηχάνημα δεν δίνει το ποσοστό υγρασίας που περιέχεται στα υλικά, αλλά μια ένδειξη του βαθμού ή του επιπέδου υγρασίας στο υλικό. Η μέτρηση μπορεί να επηρεασθεί από υλικά ή επιφάνειες ακριβείας, όταν η σχετική υγρασία του αέρα είναι υψηλή ή όταν η επιφάνεια που μετράται είναι εμφανώς υγρή. Αποτελείται από την κυρίως συσκευή και το αισθητήριο της υγρασίας. Η χρήση του είναι απλή και όμοια με αυτή των ηλεκτρονικών θερμομέτρων.



ε. Θέρμο-υγραγράφος

Χρησιμοποιείται για την καταμέτρηση και καταγραφή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα. Το στοιχείο της θερμοκρασίας αποτελείται από διμεταλλική λωρίδα, κατάλληλα επεξεργασμένη, έτσι ώστε να παρέχει σταθερότητα κατά τη λειτουργία της. Η διαστολή και συστολή του διμεταλλικού στοιχείου μεταφέρονται στο βραχίονα της γραφίδας μέσω ειδικού συστήματος. Το στοιχείο της υγρασίας αποτελείται από δέσμη τριχών ανθρώπου. Η αλλαγή που επέρχεται στο μήκος των τριχών, λόγω αλλαγής της υγρασίας, μεταδίδεται με ειδικό σύστημα στην κάτω γραφίδα. Ένα διαφανές κάλυμμα επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση. Η δυνατότητα μέτρησης είναι από -15 έως +65 °C για τη θερμοκρασία και από 0 έως 100% για την υγρασία.



Μετρήσεις καυσαερίων

Αυτού του είδους οι μετρήσεις απαιτούνται για την ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης της καύσης σε λέβητες, καμίνους και καυστήρες, καθώς και ανάλυση καυσαερίων. Περιλαμβάνουν τη μέτρηση του CO₂, CO, των οξειδίων του θείου και του αζώτου, την περιεκτικότητα σε αιθάλη και τη θερμοκρασία.

Παραδοσιακά οι μετρήσεις αυτές γίνονται με όργανα φορητά, χαμηλής αξίας.

Σήμερα είναι διαθέσιμοι ηλεκτρονικοί αναλυτές καυσαερίων οι οποίοι επιτρέπουν την ταχεία μέτρηση όλων των ανωτέρω παραμέτρων, υπολογίζοντας ταυτόχρονα και το βαθμό απόδοσης της καύσης. Οι μετρητές αυτοί διαθέτουν σύστημα αυτόματου μηδενισμού και βαθμονόμησης.



Αναλυτής καυσαερίων

Οι αναλυτές καυσαερίων που χρησιμοποιούνται σήμερα για τη μέτρηση της απόδοσης των λέβητων είναι ηλεκτρονικά όργανα πλήρως αυτοματοποιημένα. Εφ' όσον επιτευχθεί η σωστή δειγματοληψία, τα καυσαέρια αναλύονται από τον αναλυτή καυσαερίων και υπολογίζεται, μέσω ενσωματωμένων αλγορίθμων, η απόδοση καύσης του εξοπλισμού καθώς και η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO, CO₂, O₂, SO₂, NO_x, C_xH_x.

Ο αναλυτής καυσαερίων έχει τη δυνατότητα να δίνει στιγμιαίες μετρήσεις, όπως επίσης και τη μέση τιμή των μετρήσεων για το χρονικό διάστημα που θα παραμείνει συνδεδεμένος με το λέβητα.

Οι αναλυτές καυσαερίων που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του δείκτη αιθάλης των καυσαερίων είναι ηλεκτρονικά όργανα πλήρως αυτοματοποιημένα οπότε, τοποθετώντας το ειδικό χάρτινο φίλτρο στο ακροστοιχείο δειγματοληψίας του αναλυτή καυσαερίων, λαμβάνεται κατευθείαν η μέτρηση του δείκτη αιθάλης. Οι μετρήσεις προσδιορισμού του

δείκτη αιθάλης των καυσαερίων αξιολογούνται οπτικά, τοποθετώντας το χάρτινο ειδικό φίλτρο κάτω από την κλίμακα σύγκρισης του δείκτη αιθάλης (κλίμακα Bacharach), έτσι ώστε η κηλίδα της αιθάλης να καλύπτει τελείως μια οπή της κλίμακας σύγκρισης. Η πλησιέστερη σε βαθμό μαυρίσματος προς την κηλίδα της αιθάλης επιφάνεια της κλίμακας σύγκρισης, δίνει το δείκτη αιθάλης.

Σύγκριση μετρήσεων

Προσοχή πρέπει να δίνεται κατά τη σύγκριση των ηλεκτρονικών αναλυτών με τους συμβατικούς μετρητές. Οι τελευταίοι μετρούν σε συνθήκες ξηρού καυσαερίου σε αντίθεση με τους ηλεκτρονικούς οι οποίοι μετρούν τη σύσταση του καυσαερίου σε συνεχή βάση και σε πραγματικές συνθήκες. Επίσης, πριν από τη λήψη μετρήσεων, θα πρέπει ο λέβητας να λειτουργήσει για κάποιο χρόνο, ώστε να φτάσει στη θερμοκρασία λειτουργίας του.

Μέτρηση του χρόνου λειτουργίας

Σε πολλές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η συνεχής μέτρηση των ωρών λειτουργίας καθώς και των χρονικών περιόδων λειτουργίας μιας συσκευής ή εγκατάστασης. Στη δεύτερη περίπτωση απαιτείται και η χρήση καταγραφικού. Η μέτρηση αυτή γίνεται για λόγους κυρίως προσδιορισμού της εξοικονομούμενης ενέργειας.

Άλλες μετρήσεις

Άλλες συνήθεις μετρήσεις που πραγματοποιούνται κατά το στάδιο της επιθεώρησης είναι:

α) **Μετρήσεις της έντασης φωτισμού**, με σκοπό τον εντοπισμό υπερβάσεων φωτισμού από τα ενδεδειγμένα όρια. Ένας μετρητής φωτεινότητας ενσωματώνει έναν αισθητήρα φωτός καθώς και μια διάταξη διόρθωσης του χρώματος και της γωνίας του φωτός. Στην καλύτερη περίπτωση, ο αισθητήρας θα πρέπει να συνδέεται μέσω εύκαμπτου καλωδίου με μία αναλογική ή ψηφιακή οθόνη.



Στη περίπτωση μέτρηση τεχνητού φωτισμού, η μέτρηση πρέπει να γίνεται υπό σταθερές συνθήκες (πρέπει να επιτραπεί κάποιος χρόνος προθέρμανσης των λαμπτήρων).

β) **Μετρήσεις των Συνολικά Διαλυμένων Στερεών** (Total Dissolved Solids - TDS) στο νερό του λέβητα, με σκοπό την ανίχνευση της κατάστασης του συστήματος κατεργασίας νερού και την βελτιστοποίηση της ποσότητας του εκτονωνούμενου νερού στρατσώνας (Blow-down water).

γ) **Μετρήσεις πίεσης** (στατικής ή ολικής) **των ρευστών**, με σκοπό τη διαπίστωση της κατάστασης λειτουργίας μιας συσκευής (π.χ. οι μετρήσεις πίεσης καυσαερίων στην έξοδο του λέβητα) ή τον έλεγχο των περιθωρίων για εισαγωγή εναλλακτών ανάκτησης θερμότητας.

δ) **Μετρήσεις για την ανίχνευση της κατάστασης των ατμοπαγίδων**, με σκοπό τον εντοπισμό και την αντικατάσταση ή επιδιόρθωση των ελαττωματικών συσκευών.

Ε) Τέλος, υπάρχουν **μετρήσεις** που χρειάζονται **για τον ακριβή προσδιορισμό των ενεργειακών απωλειών**, οι οποίες όμως αρκετά συχνά δεν γίνονται κατά την διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης, όπως είναι οι ακόλουθες:

α) **Μέτρηση συντελεστή θερμοπερατότητας**, η οποία γίνεται με τη βοήθεια μονάδας που αποτελείται από την κυρίως συσκευή, από τα αισθητήρια θερμοκρασίας χώρου και επιφανείας και από το αισθητήριο θερμικής ροής, για τον καθορισμό της πυκνότητας θερμικής ροής q ($q = Q / F$). Η συσκευή υπολογίζει την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας επιλύοντας τη βασική σχέση $Q = k \cdot F \cdot \Delta T$.



β) **Μετρήσεις απωλειών αερισμού**, η ποσότητα αερισμού ενός χώρου είναι δύσκολο να υπολογιστεί αναλυτικά, γιατί εξαρτάται από την αεροπερατότητα του κελύφους, τη διάταξη των χωρισμάτων, τη διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας, τη διεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου, το είδος και την ποιότητα της κατασκευής, καθώς και από άλλες παραμέτρους.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο μέθοδοι μέτρησης του αερισμού των κτιρίων:

- **Μέθοδος αερίων δεικτών** (tracer gas method), κατά την οποία δεν επηρεάζονται οι συνθήκες μέσα και έξω από τον υπό μέτρηση χώρο. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της ποσότητας αερισμού σε χώρους μικρών και μεσαίων διαστάσεων, με σαφώς καθορισμένο περίβλημα.

Για την εφαρμογή της μεθόδου, είναι απαραίτητο: οι συγκεντρώσεις του αερίου στο χώρο να είναι ομοιογενείς, η ατμοσφαιρική πίεση να είναι

σταθερή, η εισροή του αερίου δείκτη να μην επιφέρει αλλαγές στην πυκνότητα του αέρα και η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα και, επομένως, η πυκνότητα του αέρα να μην παρουσιάζει διακυμάνσεις.

- **Μέθοδος εφαρμογής πίεσης** στον μετρούμενο χώρο (pressure method), η οποία χρησιμεύει στη μέτρηση της αεροστεγανότητας του κελύφους ενός κτιρίου. Είναι μέθοδος σχετικά σύντομη και αξιόπιστη, που συνίσταται στη με μηχανικά μέσα δημιουργία υπερπίεσης ή υποπίεσης στο εσωτερικό του υπό μέτρηση χώρου. Ο βασικός εξοπλισμός που απαιτείται για την εφαρμογή της μεθόδου περιλαμβάνει έναν ανεμιστήρα για τη δημιουργία διαφοράς πίεσης μεταξύ του προς μέτρηση χώρου και του περιβάλλοντος, ένα μανόμετρο για τη μέτρηση της διαφοράς πίεσης και ένα ροόμετρο για τη μέτρηση του αέρα που, λόγω της διαφοράς πίεσης, ρέει από το κέλυφος του χώρου.

Τέλος, σε ειδικές περιπτώσεις ενεργειακών έργων, και ειδικότερα σε εκείνα που αφορούν τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), απαιτούνται ειδικές μετρητικές διατάξεις προκειμένου να εκτιμηθεί με ακρίβεια τόσο η παραγόμενη ενέργεια όσο και ο βαθμός απόδοσης του συστήματος ΑΠΕ. Οι απαιτούμενες μετρητικές διατάξεις εξαρτώνται από τη φύση της ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, καθώς και από το είδος της τεχνολογίας του έργου. Συνήθως μετρώνται τόσο η ένταση της πηγής ενέργειας όσο και τα συναφή μετεωρολογικά δεδομένα, τα οποία επηρεάζουν την απόδοση της συγκεκριμένης μονάδας ΑΠΕ.

Οι βασικότερες μετρήσεις στον τομέα αυτό περιλαμβάνουν:

- **Μετρήσεις της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας** (άμεσης και διάχυτης) ή μόνο της άμεσης, οι οποίες γίνονται με τα πυρανόμετρα (για την προσπίπτουσα ολική ηλιακή ακτινοβολία) ή/και τα πυρηλιόμετρα (μόνο για την άμεση ακτινοβολία). Το πυρανόμετρο μετρά τη στιγμιαία, αλλά και τη συνολική ηλιακή ακτινοβολία.



- **Ανεμολογικές μετρήσεις**, οι οποίες απαιτούνται πρακτικά σε όλες τις εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας, ενώ δύναται να απαιτηθούν και σε άλλες εγκαταστάσεις ΑΠΕ, π.χ. παθητικών ηλιακών συστημάτων, και αφορούν στην ταχύτητα του ανέμου σε ένα συγκεκριμένο ύψος από την επιφάνεια του εδάφους (ανεμόμετρο) καθώς και στη διεύθυνσή του (ανεμοδείκτης).

- Μετρήσεις ταχύτητας αέρα σε εσωτερικούς χώρους, κυρίως για αξιολόγηση των συνθηκών θερμικής άνεσης. Ως μόνιμοι ή/και φορητοί μετρητές ταχύτητας χρησιμοποιούνται οι μετρητές τύπου θερμού σύρματος (hot wire anemometers).



Μέτρηση ηλεκτρικών παραμέτρων

Για τις μετρήσεις των ηλεκτρικών παραμέτρων απαιτούνται τα ακόλουθα όργανα:

- ⇒ **Αμπερόμετρο**: Μετρά το ρεύμα που 'τραβάνε' συσκευές και κινητήρες.
- ⇒ **Βολτόμετρο**: Μετρά την τάση ή την πτώση τάσης στο δίκτυο ή ηλεκτρικά κυκλώματα.
- ⇒ **Βατόμετρο**: Μετρά τη στιγμιαία ζήτηση ισχύος σε κινητήρες - συσκευές ή την απόδοση ισχύος από τις ηλεκτρογεννήτριες.
- ⇒ **Μετρητής συνφ**: Μετρά το συντελεστή ισχύος ή ελέγχει τα συστήματα διόρθωσης.
- ⇒ **Πολύμετρο**: Μετρά όλα τα ανωτέρω.

Όλα τα ανωτέρω όργανα είναι συνήθως φορητά. Τοποθετούνται με δαγκάνες πάνω στα καλώδια και δύναται να διαθέτουν καταγραφικό.

Μετρήσεις καταναλώσεων ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας θα πρέπει να γίνεται σε όλα τα ενεργοβόρα τμήματα και εγκαταστάσεις. Δεδομένου ότι οι μετρητές αυτοί είναι φθηνοί, θα πρέπει να εξετάζεται η εγκατάσταση μονίμων μετρητών στις ανωτέρω περιπτώσεις.

Κατά τη μέτρηση των ηλεκτρικών μεγεθών θα πρέπει να γίνεται σαφής διάκριση μεταξύ της συνολικής ισχύος (μετρούμενη σε kVA) και της ενεργούς ισχύος (συνήθως σε kW) καθώς και του συντελ. ισχύος (συνφ).

Επίσης, θα πρέπει να δίνεται προσοχή στις περιπτώσεις ηλεκτρικών φορτίων που δεν αναμένεται να εμφανίζουν ημιτονοειδείς κυματομορφές, όπως είναι οι κινητήρες μεταβλητών στροφών και τα συστήματα αδιάλειπτης παροχής ισχύος. Τα συνήθη μετρητικά όργανα τα οποία στηρίζονται στην υπόθεση της ημιτονοειδούς μορφής, δίνουν εσφαλμένες μετρήσεις. Εδώ θα πρέπει να γίνεται χρήση μετρητών αληθινού RMS (Root-Mean-Square ή ρίζας του μέσου των τετραγώνων της κυματομορφής). Τα όργανα αυτά στηρίζονται στην αρχή της ψηφιακής δειγματοληψίας και επομένως δύναται να υποκατασταθούν από μετρητικές διατάξεις βάση Η/Υ.

Οι μετρήσεις των ηλεκτρικών μεγεθών μπορούν να διεξαχθούν με τη χρήση ενός σύνθετου οργάνου, του **αναλυτή ηλεκτρικής ισχύος**.

Εφ' όσον επιτευχθεί η σωστή συνδεσμολογία του αναλυτή ηλεκτρικής ισχύος στον ηλεκτρικό πίνακα, οι μετρήσεις διαβάζονται στην οθόνη του οργάνου.

Αυτές περιλαμβάνουν στιγμιαίες και προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις ανά φάση και στο σύνολο της τάσης, έντασης, φαινόμενης αέργου και ενεργού ισχύος, του συντελεστή ισχύος (συνφ) και της ενέργειας. Οι στιγμιαίες μετρήσεις ανανεώνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα (συνήθως κάθε 20 δευτερόλεπτα) αλλά υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των μετρήσεων στη μνήμη (memory rack) για μεγάλο χρονικό διάστημα.



Αναλυτής ηλεκτρικής ισχύος

Η συνδεσμολογία του αναλυτή ηλεκτρικής ισχύος σε έναν ηλεκτρικό πίνακα περιγράφεται συνήθως στο εγχειρίδιο του οργάνου. Σημαντικό είναι να γίνεται σωστή σύνδεση του οργάνου ώστε οι μετρήσεις να είναι αντιπροσωπευτικές. Ο έλεγχος της σωστής συνδεσμολογίας γίνεται αυτόματα από τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας, (στην περίπτωση αυτή ο αναλυτής αναγράφει στην οθόνη Ο.Κ.). Θα πρέπει να διακόπτεται προσωρινά η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, εάν αυτό είναι δυνατόν, και η σύνδεση του οργάνου να γίνεται, από τον αρμόδιο ηλεκτρολόγο, σε συνεργασία με τον εκτελούντα τη μέτρηση.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων υφίστανται επεξεργασία με ένα λογισμικό πακέτο και δημιουργούνται γραφήματα που απεικονίζουν την απορρόφηση ισχύος κατά τη χρονική περίοδο των μετρήσεων, καθώς και τη διακύμανση του συνφ, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (σε kWh) του μετρούμενου μηχανήματος, για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, καθώς και την άεργο ισχύ, ανά φάση και στο σύνολο των τριών φάσεων.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Οι καταναλισκόμενες ποσότητες ενέργειας σε ένα κτίριο ή μια βιομηχανική μονάδα εκφράζονται με βάση τις φυσικές μονάδες μέτρησής τους (π.χ. kg, ton, lit, m³, kWh κ.λπ.).

Επίσης, οι διαφορετικές μορφές καταναλισκόμενης ενέργειας μπορούν να εκφραστούν σε μια ενιαία μονάδα ενέργειας, το GJ, με βάση τους συντελεστές μετατροπής.

	kJoule	Btu	kcal	kWh	ΤΙΠ
kJoule	1	0,9478	0,2388	0,000278	$2,38 \cdot 10^{-9}$
Btu	1,0551	1	0,252	0,000293	$2,52 \cdot 10^{-9}$
kcal	4,187	3,9683	1	0,001163	$1 \cdot 10^{-7}$
kWh	3.600	3.411	859,84	1	0,000086
ΤΙΠ	$4,187 \cdot 10^7$	$3,9683 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$	11.630	1

Η **Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα** Ηυ των καυσίμων που κυρίως χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα είναι:

- Πετρέλαιο Diesel (1 lt = 0,85 kg)
= 42.700 kJoule/kg = 10.200 kcal/kg = 12kWh/kg = 10kWh/lit
- Καυσόξυλα
= 20.100 kJoule/kg = 4.800 kcal/kg = 5,6 kWh/kg
- Φυσ. Αέριο (Ρωσίας)
= 36.000 kJoule/m³ = 8.600 kcal/m³ = 10 kWh/m³
- Υγραέριο (CO+H₂)
= 10.600 kJoule/m³ = 2.530 kcal/m³ = 3 kWh/m³
- Φωταέριο (Νάφθας)
= 34.700 kJoule/m³ = 8.300 kcal/m³ = 9,7 kWh/m³
- Προπάνιο (C₃H₈)
= 46.400 kJoule/kg = 11.100 kcal/kg = 12,8 kWh/kg

Για την έκφραση της κατανάλωσης ενέργειας σε μηνιαία βάση, και αν δεν υπάρχει η σχετική πληροφορία, θα πρέπει να γίνεται χρονικός καταμερισμός των ποσοτήτων ενέργειας που αναγράφονται στα τιμολόγια προμήθειάς της (της ΔΕΗ, για πετρέλαιο, υγραέριο κ.λπ.).

Αυτός μπορεί να γίνεται :

- i) είτε με απλή μέθοδο (γραμμική παρεμβολή ή προέκταση),
- ii) είτε με συναρτήσεις χρονολογικής συσχέτισης της καταναλισκόμενης ενέργειας με άλλες χρονοσειρές, όπως το μέγεθος παραγωγής, η εξωτερική θερμοκρασία κ.λπ.

Ο ενεργειακός επιθεωρητής πρέπει να επιλέγει τη μέθοδο χρονικού καταμερισμού που θα χρησιμοποιήσει μετά από κατάλληλη αιτιολόγηση.

Χρονολογικά διαγράμματα της Ενέργειας

Η επεξεργασία των ενεργειακών στοιχείων που συλλέγονται κατά το πρώτο στάδιο της ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου ή της βιομηχανικής μονάδας επιτρέπει την προκαταρκτική ανάλυση της ενεργειακής του/της συμπεριφοράς. Έτσι, κατά την επιτόπια αποτύπωση των ειδικών χαρακτηριστικών των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων, διαμορφώνεται ήδη μια πρώτη εικόνα της διαχρονικής και εποχιακής συμπεριφοράς τους σε σχέση με τη χρήση ενέργειας. Με βάση, λοιπόν, τα πρωτογενή στοιχεία είναι δυνατόν να προσδιορισθούν τα χρονολογικά διαγράμματα ενέργειας.

Το χρονολογικό διάγραμμα κατανάλωσης ενέργειας από μία βιομηχανική μονάδα ή ένα κτιριακό συγκρότημα **παριστάνει γραφικά την ισχύ μιας μορφής ενέργειας ως συνάρτηση του χρόνου, για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο**. Κατασκευάζεται με βάση τα στοιχεία που καταγράφονται στους μετρητές παροχής (ηλεκτρικής ενέργειας, πετρελαίου, καυσίμων αερίων, κ.λπ.).

Παρέχει άμεση πληροφόρηση και επιτρέπει κάποιες πρώτες εκτιμήσεις για τον τρόπο και τους κύριους τομείς χρήσης της ενέργειας, σε ωριαία, ημερήσια, μηνιαία, αλλά και εποχιακή βάση.

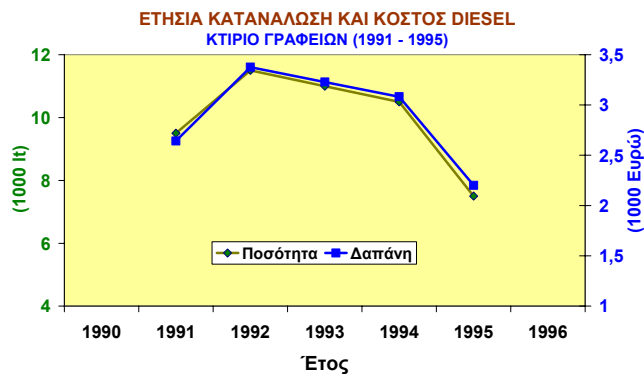
Κατά τη διάρκεια των εκτεταμένων επιθεωρήσεων θα πρέπει να κατασκευάζονται χρονοδιαγράμματα κατανάλωσης ενέργειας για όλους τους διαθέσιμους μετρητές και τουλάχιστον για τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ωριαία βάση,
- την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ημερήσια βάση,
- την κατανάλωση καυσίμων σε ημερήσια βάση.

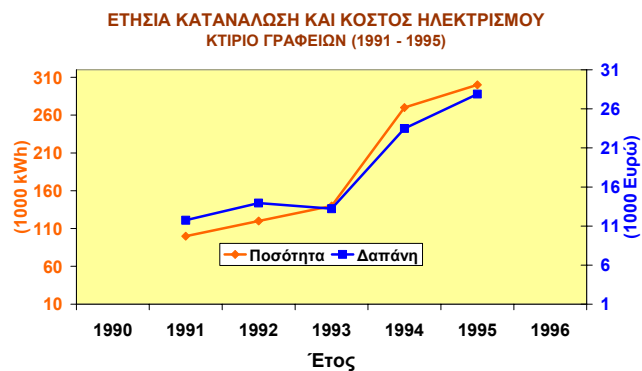
Όταν η επιθεώρηση αποσκοπεί στον εντοπισμό των δυνατοτήτων μείωσης των **αιχμών κατανάλωσης** της μονάδας, κρίνεται σκόπιμη η κατασκευή του χρονο-διαγράμματος του τυπικού ημερήσιου (ή μηνιαίου) συντελεστή φορτίου, ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του γινομένου του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής επί το σύνολο των ωρών της μέρας (ή του μήνα) προς την αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας.

Παραδείγματα εφαρμογής των παραπάνω σε κτίριο του τριτογενούς τομέα.

- Η διαχρονική πορεία-τάση του κόστους και της ποσότητας της καταναλισκόμενης ενέργειας.

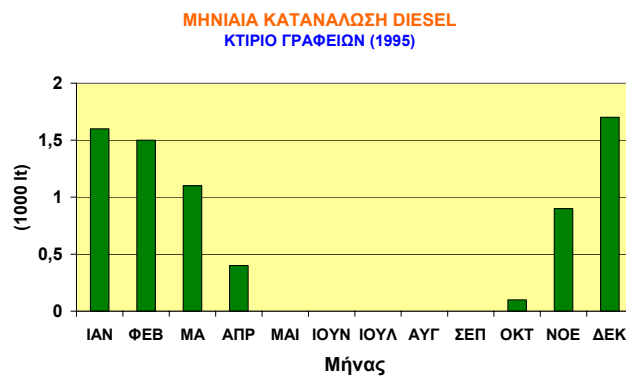


Σχήμα 1. Εξέλιξη ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου.

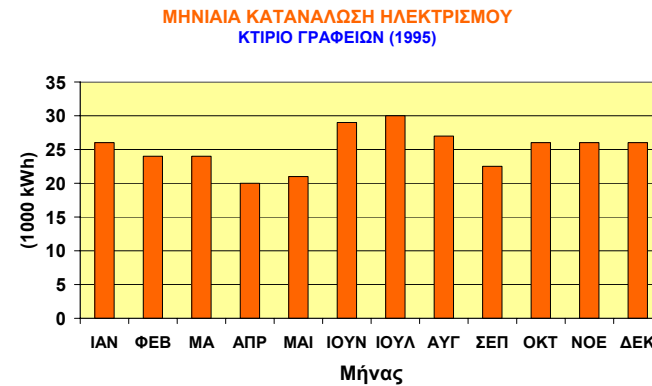


Σχήμα 2. Εξέλιξη ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρισμού.

- Η αναλυτική μηνιαία διακύμανση της κατανάλωσης ενέργειας ενός έτους (συνήθως του τελευταίου έτους).

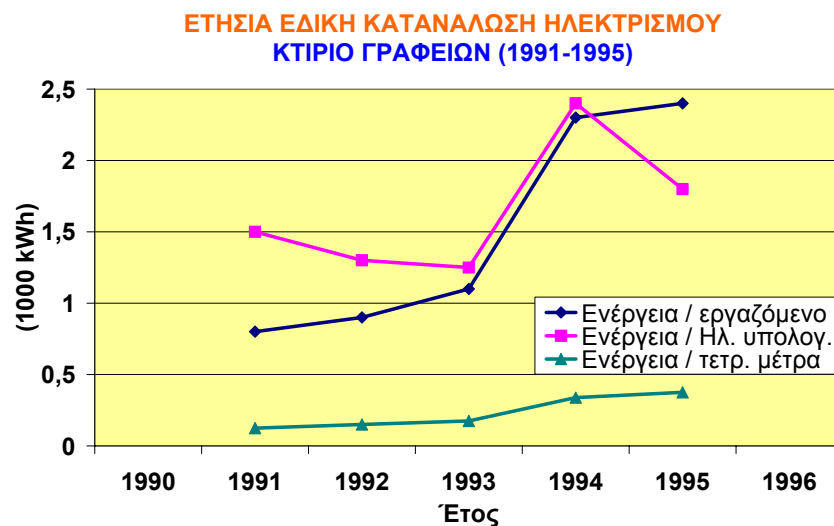


Σχήμα 3. Διακύμανση μηνιαίας κατανάλωσης καυσίμου.



Σχήμα 4. Διακύμανση μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρισμού.

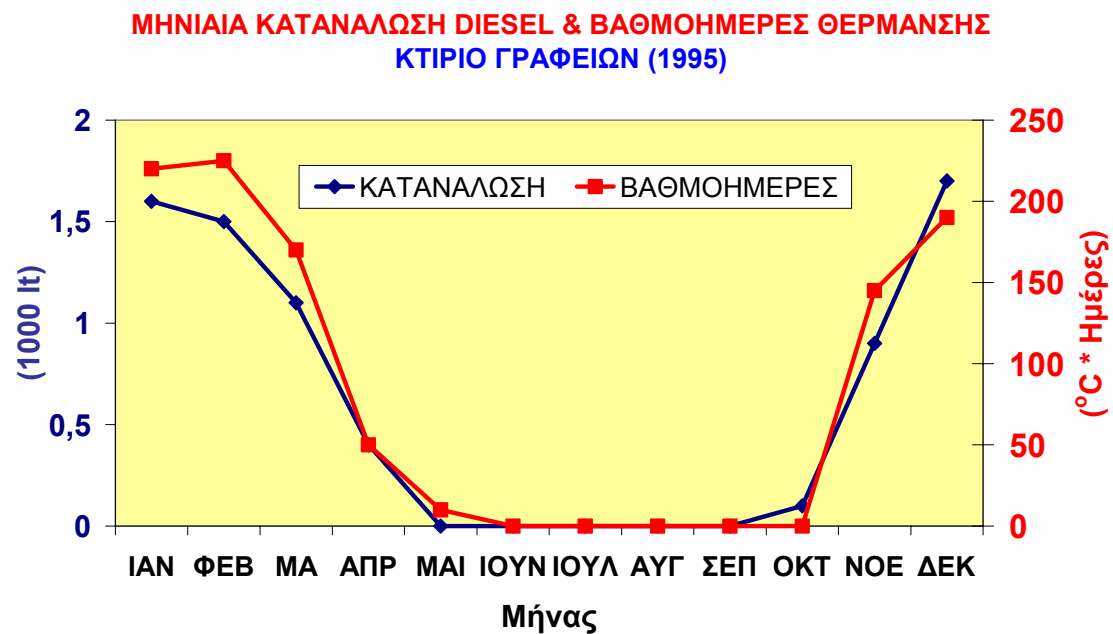
- Οι ειδικές καταναλώσεις καυσίμων και ηλεκτρισμού - ενεργειακοί δείκτες κτιρίου, στη μορφή kWh ανά m² ή m³ ωφέλιμου χώρου, kWh ανά μονάδα προϊόντος - παρεχόμενης υπηρεσίας (μελέτες γραφείου, πωλούμενες συσκευές, τυπικό γεύμα) ή ανά μονάδα εξοπλισμού υποστήριξής της (κρεβάτι, τραπέζι, Η/Υ), kWh/άτομο (κάτοικο, εργαζόμενο).



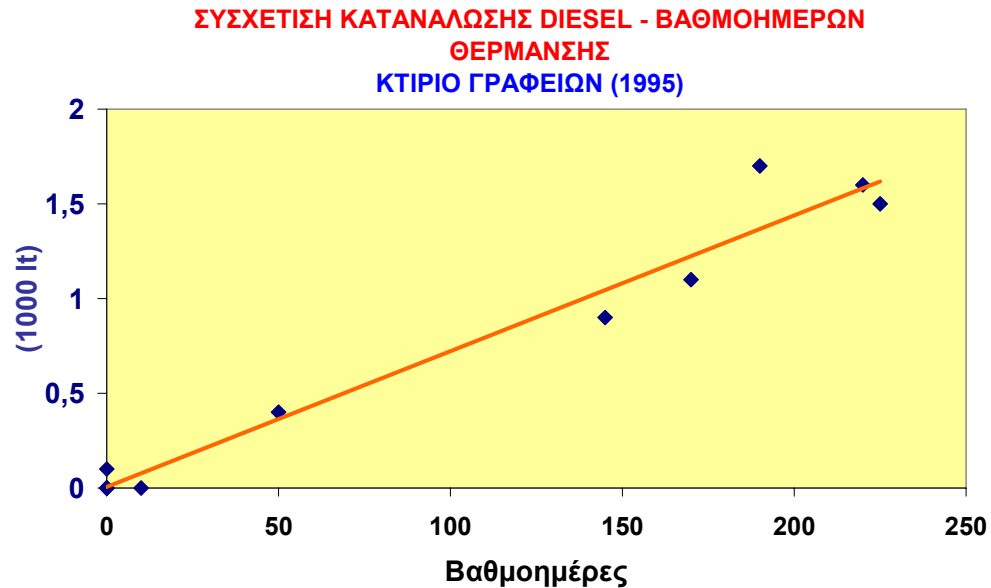
Σχήμα 5. Εξέλιξη ετήσιας ειδικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού.

Στη συνέχεια πρέπει να πραγματοποιηθούν οι ακόλουθες εργασίες:

- Σύγκριση των ενεργειακών δεικτών με ενεργειακούς στόχους - δείκτες ομοειδών κτιρίων πρότυπης κατασκευής και/ή ορθολογικής χρήσης της ενέργειας, όπως αυτοί έχουν προκύψει από μετρήσεις ή θεωρητικούς υπολογισμούς για δείγμα κτιρίων διαφόρων κατηγοριών.
- Συσχέτιση των μηνιαίων ενεργειακών καταναλώσεων με αντίστοιχες παραμέτρους κλίματος (π.χ. Βαθμοημέρες) ή/και το καταγεγραμμένο μηνιαίο πλήθος προϊόντων παροχής υπηρεσιών (Σχήματα 6 και 7).



Σχήμα 6. Μηνιαία κατανάλωση καυσίμου και βαθμοημέρες θέρμανσης.

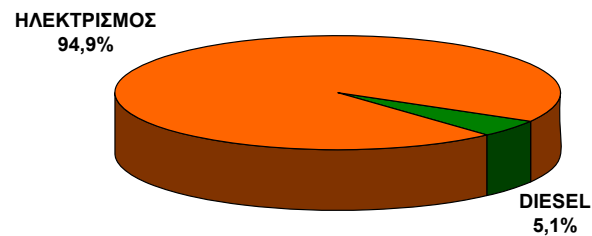


Σχήμα 7. Συσχετισμός κατανάλωσης καυσίμου - Βαθμοημερών θέρμανσης.

- Η συσχέτιση αυτή θα επιτρέψει καταρχάς τη θεωρητική πρόβλεψη των καταναλώσεων με δεδομένα στοιχεία κλίματος και χρήσης του κτιρίου και, στη συνέχεια, τη σύγκριση αυτών των προβλέψεων με τις καταγεγραμμένες μελλοντικά τιμές της κατανάλωσης.

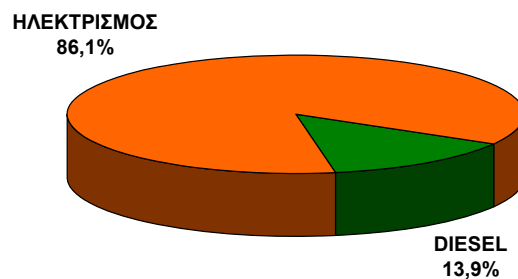
- Κατανομή του ενεργειακού κόστους ανά καύσιμο και σύγκριση του συνολικού ενεργειακού κόστους με άλλες ετήσιες δαπάνες στο κτίριο/μονάδα (Σχήματα 7, 8 και 9).

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΤΗΣΙΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ
ΚΤΙΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ (1995)



Σχήμα 7. Κατανομή ετήσιας κατανάλωσης ανά καύσιμο.

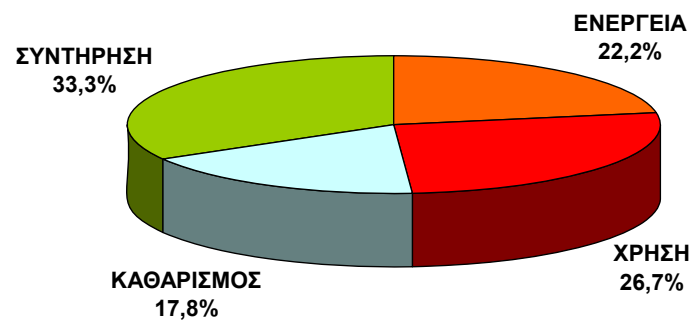
**ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΤΗΣΙΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ
ΚΤΙΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ (1995)**



ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΝΕΡΓ. ΚΟΣΤΟΣ=104.784.300 ΕΥΡΩ

Σχήμα 8. Κατανομή ενεργειακού κόστους ανά καύσιμο.

**ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ
ΚΤΙΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ (1995)**



ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΚΤΙΡΙΟΥ = 472.001.351 ΕΥΡΩ

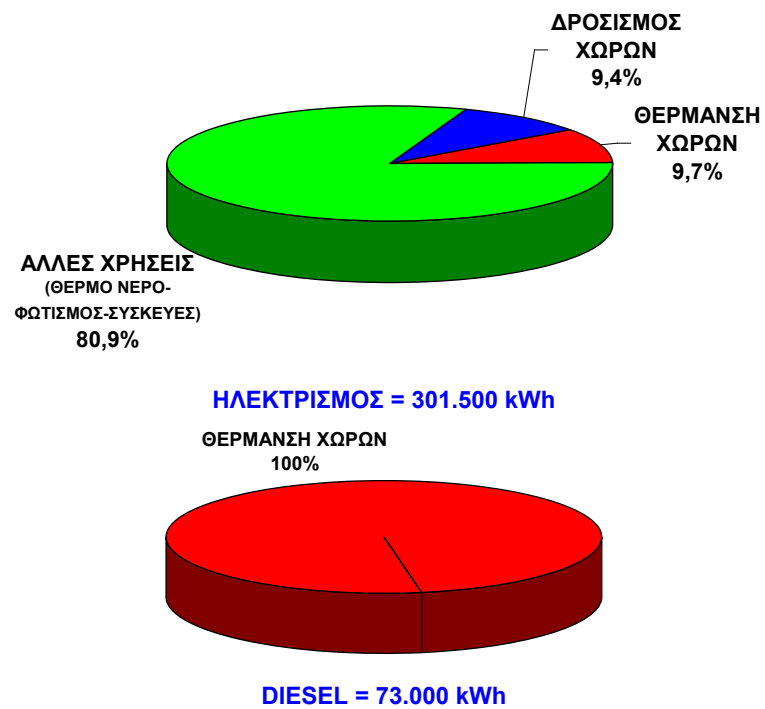
Σχήμα 9. Συμμετοχή ενεργειακού κόστους στις συνολικές ενεργειακές δαπάνες.

Με βάση την εποπτική παρατήρηση του μηνιαίου προφίλ της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου ή συγκροτήματος (Σχήματα 3 και 4), είναι δυνατό να προσδιορισθούν καταρχάς τα διάφορα φορτία της κατανάλωσης, άρα και τα φορτία βάσης και αιχμής, δηλαδή:

- Τα ανεξάρτητα των κλιματολογικών συνθηκών (σταθερά στο χρόνο) φορτία (π.χ. τα φορτία ανελκυστήρων, αντλιών σταθερού όγκου, εξοπλισμού γραφείου, μαγειρικής και του ζεστού νερού χρήσης).
- Τα εξαρτώμενα από τις κλιματολογικές συνθήκες φορτία (π.χ. τα φορτία θέρμανσης και κλιματισμού χώρων).
- Τα εξαρτώμενα από χρονικές στιγμές και ιδιαιτερότητες χρήσης του κτιρίου φορτία (π.χ. φορτία που σχετίζονται με το άνοιγμα των παραθύρων, την απόκριση του συστήματος θέρμανσης/κλιματισμού σε αλλαγές των συνθηκών κατοίκησης, τον προγραμματισμό λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων).

Μετά τις ενεργειακές καταγραφές που θα ακολουθήσουν στο στάδιο της επιτόπιας ενεργειακής επιθεώρησης, μπορούν να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου και η κατανομή της ενέργειας ανά χρήση (π.χ. ενεργειακή χρήση για ζεστό νερό, φωτισμό, συσκευές).

**ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ
ΚΤΙΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ (1995)**



Σχήμα 10. Κατανομή ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρισμού και καυσίμων ανά χρήση.

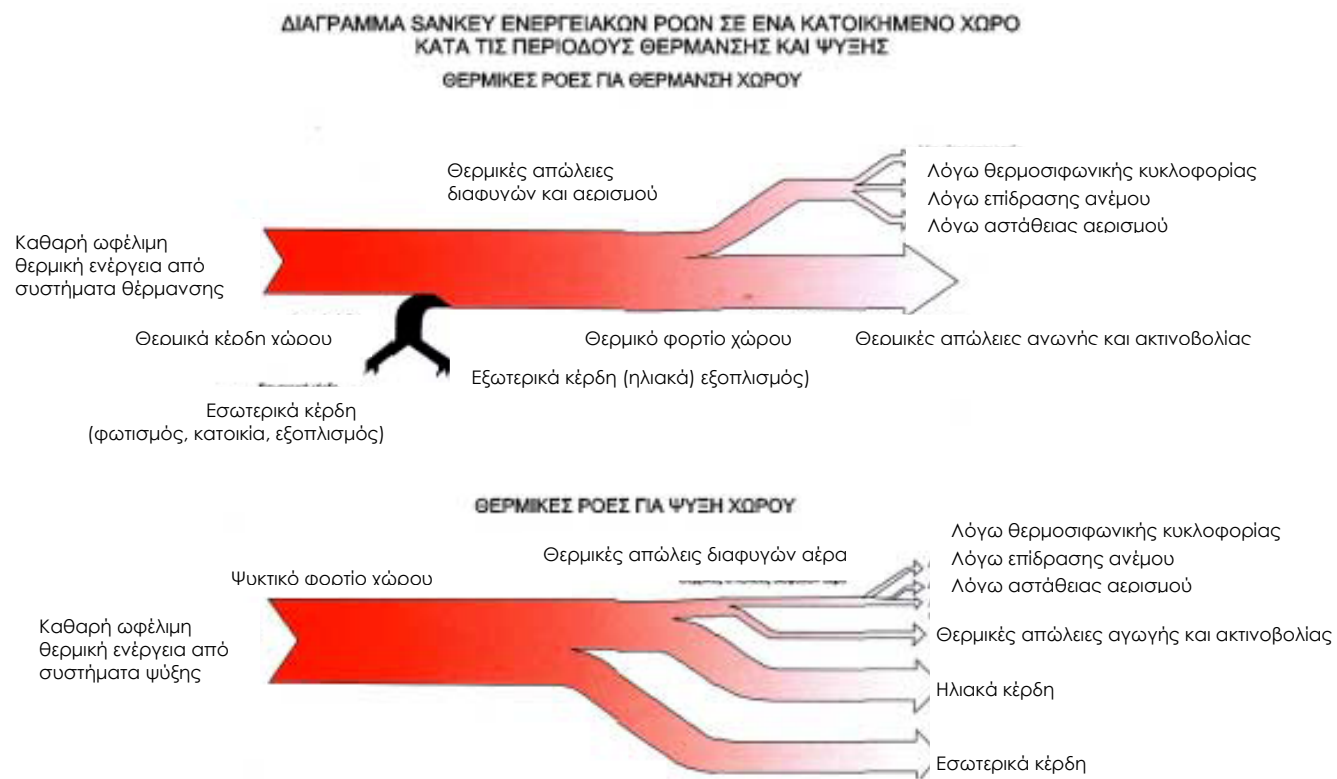
Ισολογισμοί ενέργειας - Διαγράμματα Sankey Ενεργειακών Ροών

⇒ Η ροή της ενέργειας σε ένα κτίριο/εγκατάσταση, από τη διανομή της σε αυτό έως την τελική ωφέλιμη κατανάλωση ανά χρήση και ενεργειακό σύστημα, κατανοείται άμεσα μέσω της εποπτικής παρουσίασης του ενεργειακού ισοζυγίου του κάθε συστήματος με ένα **διάγραμμα Sankey**.

⇒ Στα διαγράμματα αυτά **απεικονίζονται ποσοτικά και αναλογικά**, σε σχέση με το σύνολο της εισροής ενέργειας, οι ενεργειακές απώλειες-εκροές, τα ενεργειακά κέρδη-εισροές, καθώς και η παραμένουσα ωφέλιμη ενεργειακή χρήση σε κάθε ενεργειακό σύστημα του κτιρίου, βάσει των υπάρχοντων στοιχείων από λογαριασμούς και τιμολόγια, από υπολογιστικές εκτιμήσεις και επιτόπιες μετρήσεις. **Η εποπτική παρουσίαση των ενεργειακών ροών μέσω διαγραμμάτων Sankey βοηθά στη διαπίστωση των κρισιμότερων περιοχών κατανάλωσης σε ένα κτίριο, μονάδα ή συγκρότημα και, ταυτόχρονα, των αιτίων των διαφόρων ενεργειακών απωλειών σε αυτό. Αυτή η διαπίστωση οδηγεί στην ορθή αξιολόγηση της συμπεριφοράς του κάθε εξεταζόμενου συστήματος, αλλά και στην καλύτερη ιεράρχηση των προτεινόμενων επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.**

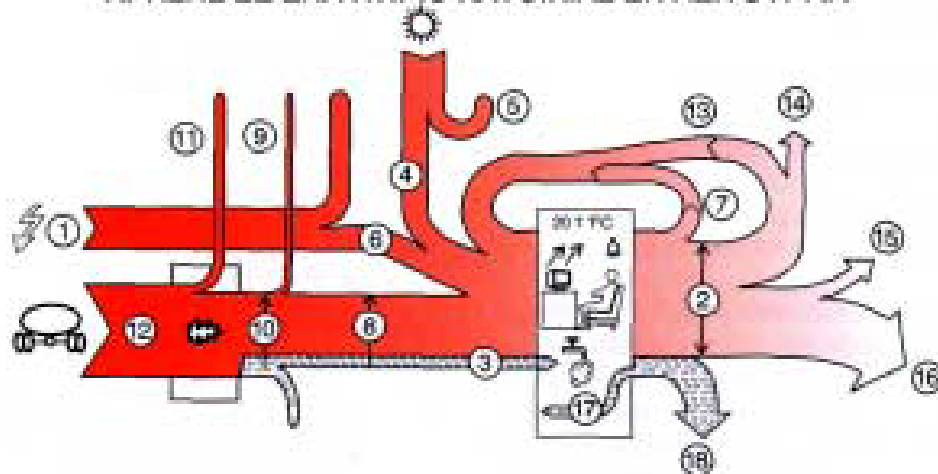
Θερμικό ισοζύγιο κελύφους κτιρίου

Το διάγραμμα Sankey που παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα εκφράζει τη ροή της πρωτογενούς ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων και του νερού χρήσης σε ένα κτίριο κατοικίας. Στο κτίριο χρησιμοποιείται καύσιμο πετρέλαιο για τη θέρμανση χώρων και του νερού χρήσης, καθώς και ένα ηλεκτρικά τροφοδοτούμενο σύστημα για την κάλυψη μέρους του φορτίου θέρμανσης των χώρων που δεν καλύπτεται από το σύστημα καύσης του πετρελαίου. Στο κτίριο υπάρχει επίσης σύστημα εναλλαγής θερμότητας, με το οποίο ανακτάται θερμότητα από το ρεύμα του θερμού αέρα που απάγεται μηχανικά από το κτίριο.



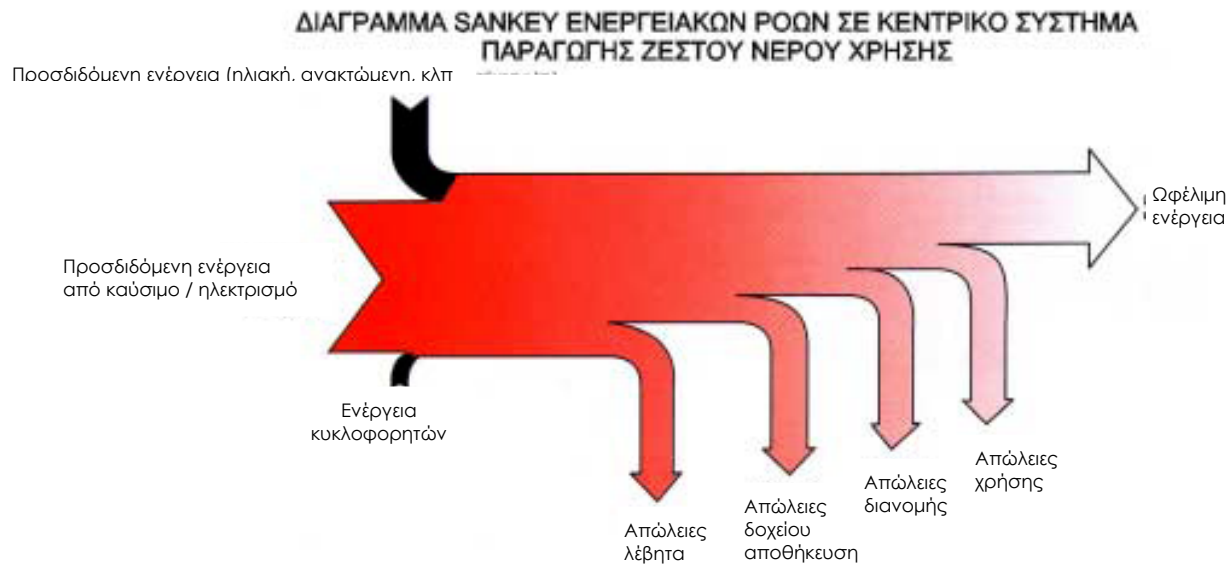
Σχήμα. Θερμικές ροές σε κλιματιζόμενο χώρο (θέρμανση και δροσισμός)

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΑΝΚΕΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΡΟΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΑΙ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΣΕ ΕΝΑ ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΕΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ



- | | |
|---|--|
| 1. Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας | 10. Αποδιδόμενη θερμική ενέργεια |
| 2. Ωφέλιμη ενέργεια θέρμανσης | 11. Θερμικές απώλειες καύσης |
| 3. Ωφέλιμη ενέργεια θερμού νερού χρήσης | 12. Παροχή ενέργειας καυσίμου |
| 4. Ηλιακό κέρδος | 13. Ανάκτηση θερμότητας απορριπτόμενου αέρα |
| 5. Ηλιακές θερμικές απώλειες | 14. Θερμικές απώλειες αερισμού |
| 6. Αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια | 15. Θερμικές απώλειες λόγω διαφυγών θερμού αέρα |
| 7. Ενέργεια αέρα ανακύκλωσης | 16. Θερμικές απώλειες κελύφους (αγωγής και ακτινοβολίας) |
| 8. Αποδιδόμενη θερμική ενέργεια για θέρμανση χώρων και νερού χρήσης | 17. Απώλειες ψυχρού αέρα |
| 9. Θερμικές απώλειες δικτύου διανομής θερμού νερού | 18. Θερμικές απώλειες αποχετευόμενου θερμού νερού χρήσης |

Σχήμα. Ενεργειακές ροές για τη θέρμανση χώρων κατοικίας



Σχήμα. Ενεργειακές ροές σε σύστημα παροχής ζεστού νερού χρήσης