

ΔΠΜΣ: «Τεχνοοικονομικά Συστήματα» Διαχείριση Ενεργειακών Πόρων

5. Μεθοδολογία Ενεργειακής Επιθεώρησης

Καθηγητής Ιωάννης Ψαρράς

e-mail: john@epu.ntua.gr

Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων & Διοίκησης - Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών

Γρ. 0.2.7. Ισόγειο Σχολής Ηλεκτρολόγων - Τηλέφωνο: 210-7723551, 210-7723583

Αναπληρωτής Καθηγητής Αλέξανδρος Φλάμος

e-mail: aflamos@unipi.gr

Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας – Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Κεντρικό κτήριο 3^{ος} Όροφος, Γραφείο: 312 – Τηλέφωνο: 210-414 2460

<http://academics.epu.ntua.gr/>

<http://www.tex.unipi.gr/dep/flamos/main.htm>



Περιεχόμενα

- ❑ Έλεγχος – Check-listing.
- ❑ Ενεργειακή Επιθεώρηση:
 - Πλεονεκτήματα,
 - Είδη,
 - Στάδια.
- ❑ Συσχέτιση Κατανάλωσης Ενέργειας – Παραγωγής.
- ❑ Δείκτες Απόδοσης.
- ❑ Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.



Διαδικασίες Ενεργειακής Διαχείρισης

□ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

- Αποτελεί ισχυρό τεχνικό εργαλείο για την αναγνώριση δράσεων ενεργειακής βελτίωσης
- Παρέχει πληροφορίες για το πόσο και πού καταναλώνεται η ενέργεια και για το πού υπάρχουν τυχόν απώλειες ενέργειας

□ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΘΕΣΠΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ

- Διαρκής μέτρηση καταναλισκόμενης ενέργειας και των παραμέτρων που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας
- Συσχέτιση καταναλισκόμενης ενέργειας με τους παράγοντες που την επηρεάζουν
- Αναφορά ενεργειακής απόδοσης παρακολουθούμενων συστημάτων συναρτήσει ενεργειακών στόχων
- Ανάλυση διορθωτικών ενεργειών βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης



Έλεγχος – Check-listing

- ☐ Περιοδικός έλεγχος των σημείων κατανάλωσης ενέργειας για πιθανές απώλειες
- ☐ Αποτελεί περισσότερο ποιοτική παρά ποσοτική καταγραφή
- ☐ Είναι συνήθως το πρώτο στάδιο της ενεργειακής καταγραφής



Έλεγχος – Check-listing

Παράδειγμα

Περιοχή

Λέβητες

Σωληνώσεις

Βαλβίδες Ατμού

Εξαερισμός

Φωτισμός

Αέρας υπό πίεση

Μετασχηματιστές

Μηχανές



Σημεία Ελέγχου

Απόδοση του Λέβητα

Μόνωση και Διαρροές

Σωστή Λειτουργία

Υπερβολική Λειτουργία

Απόδοση και μείωση της λειτουργίας

Διαρροές

Φορτίο, Θερμοκρασία

Θερμοκρασία, συσ/τα ελέγχου



Ενεργειακή Επιθεώρηση

Διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας σε ένα ενεργειακό σύστημα, των παραγόντων που τις επηρεάζουν καθώς και των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας.

Απάντηση στα ερωτήματα:

- ❑ Πόση ενέργεια από κάθε διαθέσιμο είδος χρησιμοποιείται και πόσο κοστίζει?
- ❑ Για ποιο σκοπό χρησιμοποιείται η ενέργεια αυτή?
- ❑ Τι επιλογές υπάρχουν (και πόσο κοστίζουν), για να μειωθεί η χρήση της ενέργειας
- ❑ Ποια είναι τα οικονομικώς αποδοτικότερα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας?



Ενεργειακή Επιθεώρηση

Ο τρόπος διενέργειας καθορίζεται από την απόφαση:

Δ6/Β/οικ.11038, ΦΕΚ 1526/Β/27.07.1999 «Διαδικασίες, απαιτήσεις και κατευθύνσεις για την διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων».



- ❑ Αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς μιας μονάδας.
- ❑ Αναγνώριση των δυνατοτήτων για δράσεις ενεργειακής βελτίωσης και συνεπώς εξοικονόμηση ενέργειας.



Προσδιορισμός συγκεκριμένων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας



Ενεργειακή Επιθεώρηση

Πλεονεκτήματα

Ισχυρό τεχνικό εργαλείο για τον εντοπισμό ελκυστικών έργων εξοικονόμησης ενέργειας



Είδη Ενεργειακής Επιθεώρησης

Ενεργειακή Επιθεώρηση

Συνοπτική
Preliminary Energy Audit (PEA)

Αναλυτική
Detailed Energy Audit (DEA)



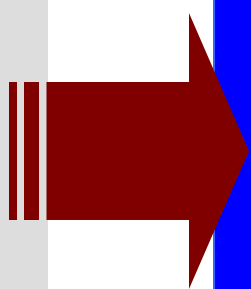
Στάδια Ενεργειακής Επιθεώρησης



Συνοπτική Ενεργειακή Επιθεώρηση

(Preliminary Energy Audit)

- ❑ Αρχική προσπάθεια καταγραφής στοιχείων
- ❑ Χρησιμοποιεί μόνο ήδη υπάρχοντα στοιχεία
- ❑ Δεν απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού
- ❑ Πραγματοποιείται μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα
- ❑ Προετοιμάζει μία ενδεχόμενη Αναλυτική Επιθεώρηση



«Μία σειρά από γενικές προτάσεις χαμηλού κόστους οι οποίες θα συνεισφέρουν στην άμεση και χωρίς επένδυση εξοικονόμηση της ενέργειας»



Αναλυτική Ενεργειακή Επιθεώρηση

(Detailed Energy Audit)

- ❑ Καταγραφή όλου του εξοπλισμού που καταναλώνει ενέργεια.
- ❑ Καταγραφή των διαδικασιών και ενεργειακών ροών όλων των συστημάτων.
- ❑ Μέτρηση της ενεργειακής κατανάλωσης με χρήση οργάνων.
- ❑ Δεν αποτελεί ακριβή και μεθοδική επιστήμη.
- ❑ Απαραίτητη είναι η εμπειρία των επιθεωρητών για τη συλλογή και αξιολόγηση των δεδομένων.
- ❑ Μία βιομηχανική μονάδα που χρησιμοποιεί 5,000 τ.ι.π το χρόνο, απαιτεί 6-9 άνθρωπο-εβδομάδες για DEA.



Αναλυτική Ενεργειακή Επιθεώρηση

(Διαδικασία – 1/2)

1. Καταγραφή των διαδικασιών παραγωγής και των συστημάτων κατανάλωσης ενέργειας.
2. Συλλογή βασικών στοιχείων κατανάλωσης ενέργειας και παραγωγής.
3. Εκτέλεση καταλλήλων δοκιμαστικών λειτουργιών και αντιστοίχων μετρήσεων.
4. Υπολογισμός ενεργειακών καταναλώσεων και δεικτών για όλα τα επιμέρους μηχανήματα, όπως επίσης και για την εγκατάσταση.



Αναλυτική Ενεργειακή Επιθεώρηση

(Διαδικασία – 2/2)

5. Εντοπισμός δυνατοτήτων δράσεων ενεργειακής βελτίωσης που απαιτούν κεφάλαιο.
6. Καθορισμός του εξοπλισμού που πρέπει να αντικατασταθεί ή βελτιωθεί με υπολογισμό κόστους και εξοικονόμησης της ενέργειας.
7. Προετοιμασία αναλυτικής έκθεσης που θα περιλαμβάνει:
 - α. Τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης,
 - β. Τις προτάσεις προς βελτίωση και εξοικονόμηση ενέργειας,
 - γ. Το σχέδιο πραγματοποίησης των ενεργειακών δράσεων.



Κτίρια - Degree Days

- Ενδεικτική μέτρηση - σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση χώρου.
- Σχέση κατανάλωσης ενέργειας μεταξύ διαφόρων περιόδων λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές θερμοκρασίας

$$\text{Degree Days} = 18^{\circ} \text{C} - [\text{Μέση Θερμοκρασία Ημέρας}]$$

↑
Θερμοκρασία βάσης



Heating Degree Days

"Heating degree days", ή "HDD"

τρόπος μέτρησης του:

➡ «πόσο» (σε degrees)

➡ και για “ποια διάρκεια” (σε μέρες)

η εξωτερική θερμοκρασία ήταν χαμηλότερη από μια συγκεκριμένη «θερμοκρασία βάσης”.

Χρησιμοποιείται για υπολογισμός οι οποίοι σχετίζονται με την ενεργειακή κατανάλωση για την θέρμανση κτηρίων.



HeatingDegree Days

«Cooling degree days", ή "CDD"

τρόπος μέτρησης του:

➡ «πόσο» (σε degrees)

➡ και για "ποια διάρκεια" (σε μέρες)

η εξωτερική θερμοκρασία ήταν υψηλότερη από μια συγκεκριμένη «θερμοκρασία βάσης».

Χρησιμοποιείται για υπολογισμός οι οποίοι σχετίζονται με την ενεργειακή κατανάλωση για τον κλιματισμό κτιρίων.

kWh per degree day

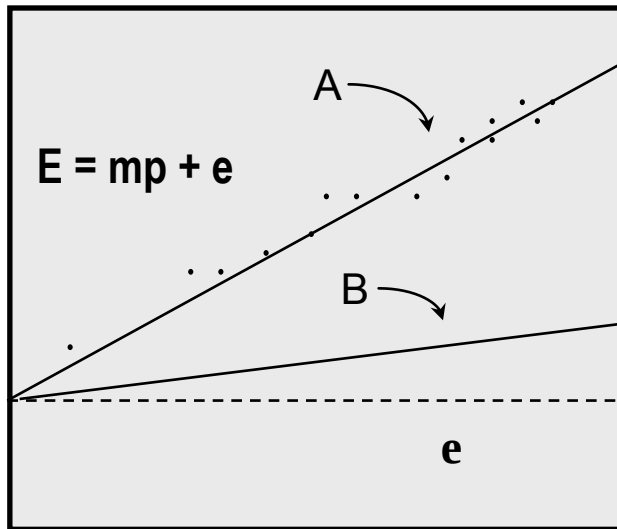


Κατανάλωση Ενέργειας - Παραγωγή

Τυπική Σχέση

Ημερήσια
Κατανάλωση
Ενέργειας

E



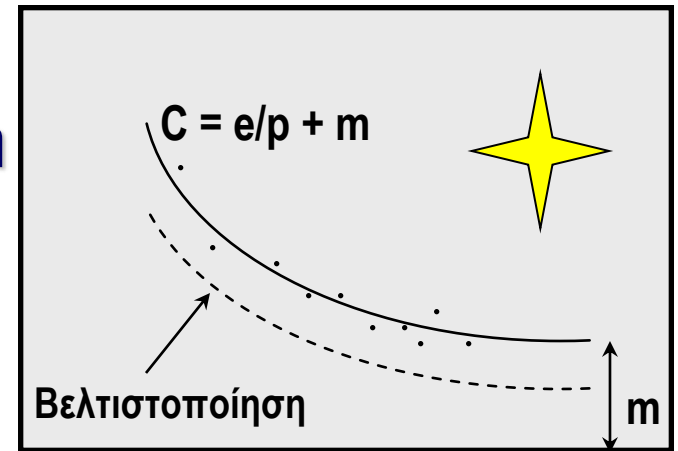
Ημερήσια Παραγωγή, p

Ειδική
Κατανάλωση
Ενέργειας
 $C = E/p$

$E = mp + e$

A diagram showing a red ramp with two red blocks on it, one above the other, with the label p below them.

Τυπική Σχέση



Ημερήσια Παραγωγή, p



Δείκτες Απόδοσης Κτιρίων

(Performance Indicators)

Δηλώνουν εάν η ενεργειακή κατανάλωση είναι υψηλή ή χαμηλή σε σχέση με παρόμοια κτίρια

Καλός	Λειτουργία (Μονή Βάρδια, Μέρες/ Εβδομάδα)	Δείκτης Λειτουργίας (GJ/m ²)				
		Καλός	Ικανοποιητικός	Μέτριος	Χαμηλός	Πολύ Χαμηλός
Γραφείο	5	< 0.7	0.7 - 0.8	0.8 - 1.0	1.0 - 1.2	> 1.2
Εργοστάσιο	5-6	<0.8	0.8 - 1.0	1.0 - 1.2	1.2 - 1.5	> 1.5
Αποθήκη	5-6	<0.7	0.7 - 0.8	0.8 - 0.9	0.9 - 1.2	> 1.2
Σχολείο	5	<0.7	0.7 - 0.8	0.8 - 1.0	1.0 - 1.2	> 1.2
Μαγαζί	6	<0.7	0.7 - 0.8	0.8 - 1.0	1.0 - 1.2	> 1.2
Ξενοδοχείο	7	<1.3	1.3 - 1.5	1.5 - 1.8	1.8 - 2.2	> 2.2

Ενδεικτικές τιμές χρησιμοποιούμενες στην Αγγλία



Δείκτες Απόδοσης Κτιρίων

Παράδειγμα (Γραφείο) 1,850 m²

Πηγή Ενέργειας	Ετήσια Κατανάλωση	Συντελεστής	Αντίστοιχη Ενέργεια	Κόστος
Ηλεκτρισμός	176.640 kWh	3,6 MJ/kWh	635,9 GJ	13,406 \$
Φυσικό Αέριο	22.797 m ³	38,56 MJ/m ³	879 GJ	3,095 \$
Σύνολο			1.514,9 GJ	16,501 \$

$$\text{Δείκτης Απόδοσης: } \frac{1.514,9 \text{ GJ}}{1.850 \text{ m}^2} = 0.82 \text{ GJ / m}^2 > 0.7 \text{ GJ / m}^2$$

Τιμή Δείκτη 0.82 GJ / m²

Στόχος (“Καλός”) 0.7 GJ / m²

Εξοικονόμηση 0.12 GJ / m²
(14.5%)



Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

Λειτουργικός εξορθολογισμός

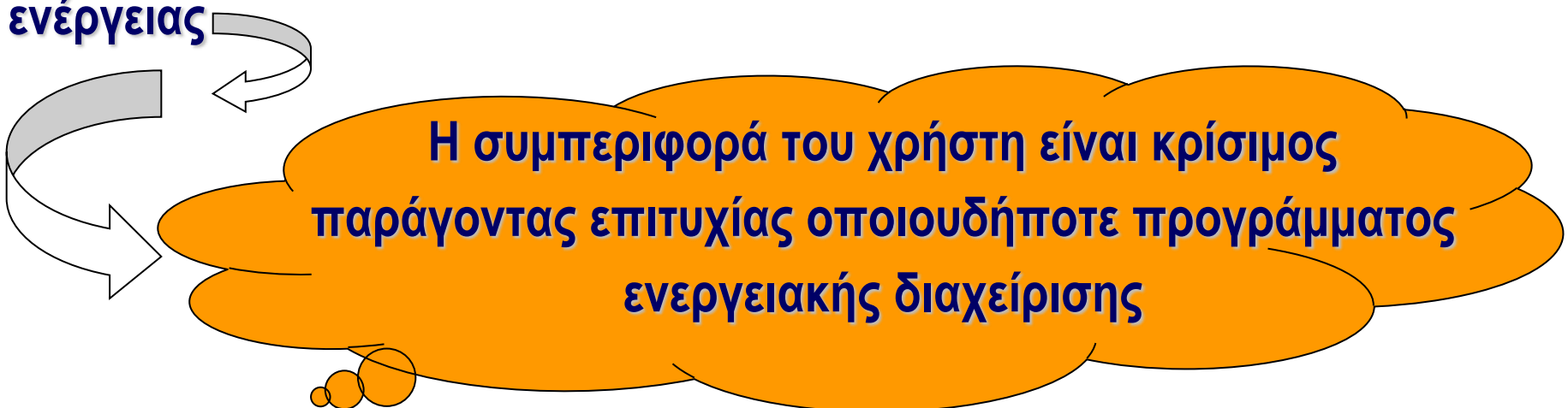
- ❑ Βελτιστοποίηση των εκκινήσεων και των διακοπών λειτουργίας του εξοπλισμού
- ❑ Διακοπή λειτουργίας του εξοπλισμού στις χρονικές περιόδους χαμηλής ζήτησης και κατά συνέπεια χαμηλής απόδοσης
- ❑ Κλιμακωτή εκκίνηση εξοπλισμού ώστε να αποφεύγονται οι αιχμές
- ❑ Απόφαση για το σημείο λειτουργίας λαμβάνοντας υπόψη: χρονοδιάγραμμα εργασιών, βάρδιες, εξωτερική θερμοκρασία
- ❑ Μείωση των αιχμών κατανάλωσης με την επιλεκτική διακοπή της λειτουργίας των συστημάτων όταν υπερβαίνεται το μέγιστο επίπεδο



Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

Χαμηλού ή μηδενικού αρχικού κόστους

- ❑ Διακοπή λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού όταν δεν είναι απαραίτητα (π.χ. συστήματα αυτόματης διακοπής σε δωμάτια ξενοδοχείων, γραφεία)
- ❑ Κινητοποίηση και εκπαίδευση χρηστών για αποδοτική χρήση της ενέργειας



Η συμπεριφορά του χρήστη είναι κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας οποιουδήποτε προγράμματος ενεργειακής διαχείρισης

Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

Σημαντική αρχική επένδυση

- ❑ Εισαγωγή ολοκληρωμένου συστήματος ελέγχου και κεντρικής ενεργειακής διαχείρισης
- ❑ Βελτιώσεις στο κτίριο (μόνωση, σχεδιασμός - διαρρύθμιση, κλπ.)
- ❑ Βελτιώσεις σε κλιματισμό, φωτισμό
- ❑ Χρήση συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας
- ❑ Εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας



Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

Κρίσιμοι παράγοντες

- ❑ Αναμενόμενο όφελος (ενεργειακό, περιβαλλοντικό) → οικονομικό
- ❑ Επένδυση κεφαλαίου, χρόνος απόσβεσης και πιθανοί κίνδυνοι
- ❑ Αξιολόγηση του επιπέδου ενόχλησης που θα προκληθεί για την υλοποίηση του σχετικού μέτρου → προσδιορισμός σχετικού κόστους
- ❑ Απαιτούμενο επίπεδο τεχνικών γνώσεων για την εγκατάσταση, την λειτουργία και την συντήρηση εξοπλισμού και σχετικών συστημάτων → προσδιορισμός σχετικού κόστους



Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

Πρόγραμμα δράσης ενεργειακής διαχείρισης

✦ Βελτιστοποίηση χρήσης οικονομικών πόρων

Μόνο σε περίπτωση που
αποδεικνύεται η οικονομική τους
βιωσιμότητα

Μέτρα αυξημένου κόστους

Υλοποίηση απλών μέτρων εξοικονόμησης – σωστή συντήρηση

Ενεργειακή επιθεώρηση για την εκτίμηση της τρέχουσας κατάστασης

