



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Μελέτη Υλοποίησης Διαδραστικού Πληροφοριακού
Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας και Λειτουργικής
Παραλαβής Κτιρίων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ευστράτιος Κ. Παρασκευαΐδης

Υπεύθυνος Καθηγητής: Λούμος Βασίλειος

**Καθηγητής Τομέα Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής
& Συστημάτων Πληροφορικής**

**Επιβλέπων Εργασίας: Νικολόπουλος Βασίλειος
Υποψήφιος Διδάκτορας ΕΜΠ**

Αθήνα, Οκτώβρης 2009



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μελέτη Υλοποίησης Διαδραστικού Πληροφοριακού Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας και Λειτουργικής Παραλαβής Κτιρίων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ευστράτιος Κ. Παρασκευαΐδης

Υπεύθυνος Καθηγητής: Λούμος Βασίλειος

Καθηγητής Τομέα Επικοινωνιών,
Ηλεκτρονικής & Συστημάτων
Πληροφορικής

Επιβλέπων Εργασίας: Νικολόπουλος Βασίλειος
Υποψήφιος Διδάκτορας ΕΜΠ

.....
Λούμος Βασίλειος
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Θεολόγου Μιχαήλ
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Καγιάφας Ελευθέριος
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβρης 2009

.....
Ευστράτιος Κ. Παρασκευαΐδης

**Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός
Υπολογιστών Ε.Μ.Π.**

Copyright © Ευστράτιος Κ. Παρασκευαΐδης
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Η ραγδαία αύξηση του, ιδιαιτέρως ενεργοβόρου, κτιριακού τομέα σε συνδυασμό με την ανάγκη για οικονομική βελτιστοποίηση της λειτουργίας των κτιρίων, των αυξημένων απαιτήσεων λειτουργίας των κτιρίων και την οικολογική κρίση από την οποία διέρχεται ο πλανήτης, επιβάλλουν την εφαρμογή ειδικών μεθόδων ρύθμισης και διαχείρισης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων. Τόσο στο σχεδιαστικό-διαδικαστικό όσο και στο καθαρά λειτουργικό κομμάτι τα περιθώρια βελτίωσης είναι τεράστια, όπως τεράστια είναι και τα οφέλη που προκύπτουν από αυτά, χωρίς να κρίνονται οικονομικά απαγορευτικά. Η εφαρμογή γενικών μεθόδων μέτρησης και παρακολούθησης στόχων σε πρώτο επίπεδο αλλά και διαδικασιών commissioning σε ένα δεύτερο επίπεδο, είναι ικανή να βγάλει τον κτιριακό τομέα από το δυσάρεστη θέση να είναι σπάταλος, δυσλειτουργικός και αντιοικολογικός. Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται κάποια βασικά κομμάτια αυτών των μεθόδων καθώς και μια πρόταση υλοποίησης ενός τέτοιου πληροφοριακού συστήματος.

Στο Κεφάλαιο 1 αναλύεται το μετρητικό σύστημα, κυρίως από πλευράς σχεδιασμού. Γίνεται μια προσπάθεια λεπτομερούς καταγραφής και ανάλυσης των δομικών στοιχείων από τα οποία αυτό συνίσταται. Ο κύριος στόχος της προσέγγισης που παρουσιάζεται είναι να δοθούν τα εφόδια στην τεχνική υποδομή ώστε να μπορεί να στηρίξει ένα πλήρες και ευέλικτο σύστημα καταγραφής όλων των μεταβλητών δεικτών του κτιρίου.

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μια αναλυτική περιγραφή της λειτουργικής παραλαβής κτιρίων (building commissioning). Αναλύεται ενδελεχώς η αναγκαιότητα της εφαρμογής της καθώς και τα θετικά που μπορεί να προσφέρει στο σύνολό της στο κτίριο. Επιπροσθέτως περιγράφονται λεπτομερώς οι διαχειριστικές διεργασίες που συνθέτουν τη λειτουργική παραλαβή καθώς και το ανθρώπινο δυναμικό που απαιτείται για την εφαρμογή της.

Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται αναλυτικά η πρόταση υλοποίησης ενός πληροφοριακού συστήματος διαγνωστικής παρακολούθησης και διαχείρισης ενεργειακών μεγεθών σε κτιριακά συγκροτήματα. Αρχικά αναλύεται το μοντέλο καταγραφής των κτιριακών χαρακτηριστικών σε συνδυασμό με το μετρητικό σύστημα. Τέλος περιγράφεται η μοντελοποίηση που υλοποιεί το επεκτάσιμο σύστημα στόχων καθώς και τις υπηρεσίες που παρέχονται.

Στο Κεφάλαιο 4 δίνεται η αναλυτική περιγραφή ενός αλγορίθμου από αυτούς που μπορούν να ενσωματωθούν στο πληροφοριακό σύστημα. Συγκεκριμένα περιγράφεται πλήρως η αλγοριθμική διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων. Τέλος δίνεται και εξηγείται και ο τρόπος με τον οποίο αρχικοποιείται ο αλγόριθμος αυτός στο πληροφοριακό, σύμφωνα με τη δοθείσα μοντελοποίηση.

Λέξεις Κλειδιά

Λειτουργική Παραλαβή, διαχείριση ενέργειας κτιρίων, βελτιστοποίηση λειτουργίας κτιρίων, Αυτόματη ανάγνωση μέτρησης, πληροφοριακό ενεργειακό σύστημα, βαθμομημέρες.

Abstract

The rapid growth of the ,particularly energy intensive, building sector, coupled with the need for economic optimization of the operation of buildings, the increased operational requirements of buildings and the ecological crisis that the planet is going through, require the application of specific methods of regulation and management of energy behavior of buildings. Both in structural-procedural and in purely operational aspects, there is plenty of room for optimization. This optimization comes together with great advantages and in a reasonable cost. The application of general methods of monitoring and targeting and then, for more advanced approaches, building commissioning, is capable of setting the building sector free of being wasteful, malfunctioning and ecologically-harmful. Some basic components of these approaches, as well as a proposal for an energy information system (EIS) are presented in this study.

Chapter 1 explains the metering system and emphasizes especially in its design. There is an effort to describe in full detail all the components of such a system. The main objective is to provide a system that can be useful, economical, complete and easily expandable.

Chapter 2 is a detailed presentation of building commissioning. The necessity and the advantages of implementing commissioning methods to a building is analyzed. In addition there is an analysis of the procedures that commissioning is consisted of, and of the people that are take part in commissioning.

Chapter 3 contains a full implementation analysis of the proposed energy information and diagnostic monitoring system for building complexes. We present the components that the system needs to fully describe and operate the building. Such are: the building architectural structure, the metering system, the targets method, the services that can be provided and the user system that will operate it.

Chapter 4 gives the detailed description of an example algorithm for degree days use, that can be integrated and used by our system.

Keywords

Building Commissioning, building energy management (BEMS), building optimization, Automatic Meter Reading (AMR), Energy Information System (EIS), Degree Days

Περιεχόμενα

1 Μέτρηση.....	6
1.1 Σχεδιασμός.....	6
1.1.1 Στρατηγική.....	6
1.1.1.1 Ανάλυση.....	8
1.1.1.1.1 Σκοπός Λειτουργίας.....	8
1.1.1.1.2 Χώρος Κατανάλωσης.....	9
1.1.1.1.3 Τρόπος Μέτρησης.....	9
1.1.1.1.4 Καταναλωτικές Συνήθειες.....	13
1.1.1.1.5 Δομή Συστήματος Διανομής Ενέργειας.....	13
1.1.1.2 Εκτίμηση.....	14
1.1.1.3 Επικύρωση.....	17
1.1.2 Μετρήσεις.....	19
1.1.2.1 Φορέας της Μέτρησης.....	19
1.1.2.2 Συχνότητα της Μέτρησης.....	19
1.1.2.3 Τόπος Συγκομιδής Μέτρησης.....	20
1.1.2.4 Τρόπος Συγκομιδής Μέτρησης.....	20
1.1.3 Μετρητές.....	21
1.2 Άμεσα Αποτελέσματα.....	21
1.2.1 Ενημέρωση.....	21
1.2.2 Εξοικονόμηση.....	22
1.2.2.1 Κατανάλωση.....	22
1.2.2.2 Τιμολόγηση.....	22
1.2.3 Ασφάλεια.....	23
2 Commissioning – Λειτουργική Παραλαβή.....	25
2.1 Ορισμοί.....	25
2.1.1 Λειτουργική Παραλαβή (Commissioning).....	25
2.1.2 Αποδοχή (Acceptance).....	25
2.1.3 Βάση Σχεδιασμού (Basis Of Design).....	25
2.1.4 Λίστες Ελέγχου (Checklists).....	26
2.1.5 Υπεύθυνος Λειτουργικής Παραλαβής (Commissioning Authority).....	26
2.1.6 Πλάνο Λειτουργικής Παραλαβής (Commissioning Plan).....	26
2.1.7 Αναφορά προόδου Λειτουργικής Παραλαβής (Commissioning Process Progress Report)	
.....	26
2.1.8 Αναφορά Λειτουργικής Παραλαβής (Commissioning Report).....	26
2.1.9 Ομάδα Λειτουργικής Παραλαβής (Commissioning Team).....	26
2.1.10 Λίστα Ελέγχου Κατασκευών (Construction Checklist).....	26
2.1.11 Εγχειρίδια Κατασκευών (Construction Documents).....	26
2.1.12 Έγγραφα Συμβολαίων (Contract Documents).....	26
2.1.13 Συνεχιζόμενες διεργασίες λειτουργικής παραλαβής (Continuous Commissioning	
Process).....	27
2.1.14 Σχεδιαγράμματα Διάταξης (Coordination Drawings).....	27
2.1.15 Τεκμηρίωση Στόχων Σχεδίασης (Design Intent Documentation - DID).....	27
2.1.16 Πρακτικά Προβλημάτων (Issues Log).....	27
2.1.17 Ομαδικές Διαδικασίες Απόφασης (Nominal Group Technique).....	27
2.1.18 Διαρκείς Διεργασίες Λειτουργικής Παραλαβής (Ongoing Commissioning Process).....	27
2.1.19 Απαιτήσεις Ιδιοκτήτη (Owner’s Project Requirements).....	27
2.1.20 Επανεφαρμογή Λειτουργικής Παραλαβής (Re-Commissioning).....	28
2.1.21 Λειτουργική Παραλαβή Ανακαινιζομένων Συστημάτων (Retro-Commissioning).....	28

2.1.22	Εγχειρίδια Συστημάτων (Systems Manual).....	28
2.1.23	Διαδικασία Ελέγχου (Test Procedure).....	28
2.1.24	Πλάνο Εκπαίδευσης (Training Plan).....	28
2.1.25	Επαλήθευση (Verification).....	28
2.2	Πλεονεκτήματα - Αναγκαιότητα Λειτουργικής Παραλαβής	28
2.2.1	Αναγκαιότητα	29
2.2.1.1	Ποιότητα Αέρα Εσωτερικών Χώρων (IAQ)	29
2.2.2	Πλεονεκτήματα	30
2.2.2.1	Λειτουργικά	30
2.2.2.1.1	Χρήση	30
2.2.2.1.2	Συντήρηση	31
2.2.2.1.3	Εργατικό Δυναμικό	31
2.2.2.2	Βελτίωση Συνθηκών	31
2.2.2.2.1	Ποιότητα Αέρα Εσωτερικών Χώρων	32
2.2.2.2.2	Θερμοκρασία και Υγρασία	32
2.2.2.2.3	Φωτισμός και Επίπεδα Θορύβου	32
2.2.2.3	Κατανάλωση - Οικονομικά	32
2.3	Επηρεαζόμενα Συστήματα.....	34
2.3.1	Αρχιτεκτονική Κτιρίου.....	35
2.3.2	Υδραυλικά Συστήματα.....	35
2.3.3	Ηλεκτρικά Συστήματα.....	36
2.3.4	Συστήματα Μεταφοράς.....	36
2.3.5	HVAC.....	36
2.3.6	Συστήματα Επικοινωνιών.....	37
2.3.7	Συστήματα Προστασίας.....	37
2.3.8	Συστήματα Ασφαλείας.....	37
2.3.9	Συστήματα Συναγερμών.....	38
2.4	Ένταση και Διάρκεια Λειτουργικής Παραλαβής	38
2.4.1	Ένταση.....	38
2.4.1.1	Πολυπλοκότητα	38
2.4.1.2	Μέγεθος	38
2.4.1.3	Τύπος	39
2.4.1.4	Χρήση και Προσωπικό	39
2.4.1.5	Είδος Έργου	39
2.4.1.6	Στόχοι Ιδιοκτήτη	39
2.4.1.7	Οικονομική Κατάσταση	39
2.4.2	Διάρκεια	40
2.5	Ανθρώπινο Δυναμικό.....	41
2.5.1	Διαχωρισμός κατά DOE.....	41
2.5.1.1	Ιδιοκτήτης.....	41
2.5.1.2	Αρχή commissioning.....	42
2.5.1.2.1	Επιλογή.....	43
2.5.1.2.1.1	Σχεδιαστής Συστημάτων.....	43
2.5.1.2.1.2	Μηχανικός εγκατάστασης.....	43
2.5.1.2.1.3	Ανεξάρτητη Αρχή Commissioning.....	43
2.5.1.2.2	Αρμοδιότητες.....	44
2.5.1.2.2.1	Υλοποίηση.....	44
2.5.1.2.2.2	Συντονισμός.....	44
2.5.1.3	Σχεδιαστής.....	44
2.5.1.4	Τεχνικοί Εγκατάστασης και Εκπρόσωποι Κατασκευαστών.....	45

2.5.1.5 Χειριστές Κτιρίου.....	45
2.5.1.6 Ειδικοί Ελέγχων.....	45
2.5.1.7 Εκπρόσωπος Εξωτερικού Φορέα.....	46
2.5.2 Διαχωρισμός κατά GSA.....	46
2.5.2.1 Πίνακες Αρμοδιοτήτων.....	46
2.6 Διαδικασίες Commissioning	49
2.6.1 Commissioning Υπαρχόντων Συστημάτων	50
2.6.1.1 Προγραμματισμός	51
2.6.1.1.1 Λειτουργικές	51
2.6.1.1.2 Βελτίωση Συνθηκών	52
2.6.1.2 Έρευνα	52
2.6.1.2.1 Μελέτη και Ενημέρωση Documentation	53
2.6.1.2.2 Δημιουργία Πλάνου Λειτουργικής Παραλαβής	53
2.6.1.2.3 Διαμοιρασμός Ρόλων	53
2.6.1.2.4 Επιτόπιος Έλεγχος	53
2.6.1.2.5 Βασική Λίστα - Master List	54
2.6.1.2.6 Έλεγχοι Απόδοσης και Διαγνωστικής Παρακολούθησης	54
2.6.1.2.7 Λειτουργικά Τεστ	54
2.6.1.3 Υλοποίηση	55
2.6.1.3.1 Ανάλυση και Επιλογή Δράσεων	55
2.6.1.3.2 Υλοποίηση Αλλαγών και Βελτιώσεων	55
2.6.1.3.3 Επανεέλεγχος και Παρακολούθηση	55
2.6.1.4 Παράδοση	55
2.6.1.4.1 Αναγνώριση Μελλοντικών Βελτιώσεων	56
2.6.1.4.2 Παράδοση Τελικής αναφοράς Commissioning	56
2.6.2 Retro commissioning	56
2.6.2.1 Στρατηγικός Σχεδιασμός	59
2.6.2.2 Σχεδιασμός Συστημάτων	59
2.6.2.2.1 Έλεγχος Προσφορών-Προδιαγραφών και Ενσωμάτωση Λειτουργικής Παραλαβής	59
2.6.2.2.2 Έλεγχος Documentation Τάσης Σχεδιασμού Συστημάτων	59
2.6.2.2.3 Προσδιορισμός Στόχων Commissioning	60
2.6.2.2.4 Συνάντηση Ομάδας και Δημιουργία Πλάνου	60
2.6.2.3 Εγκατάσταση	61
2.6.2.4 Αποδοχή	61
2.6.2.4.1 Δημιουργία και υλοποίηση λειτουργικών τεστ και πλάνων διαγνωστικής παρακολούθησης	61
2.6.2.4.2 Αποδοχή Λειτουργίας	62
2.6.2.5 Παράδοση	62
2.6.2.5.1 Δημιουργία τελικής αναφοράς	62
2.6.2.5.2 Διεξαγωγή ειδικών ελέγχων	62
2.6.2.5.3 Δημιουργία σχεδίου επανάληψης λειτουργικής παραλαβής	63
3 Ανάλυση Δικτυακής Πύλης.....	64
3.1 Σύστημα Χρηστών.....	64
3.1.1 Γενικός Διαχωρισμός.....	64
3.1.1.1 Ασφάλεια.....	64
3.1.1.2 Ιδιωτικότητα.....	64
3.1.1.3 Χρηστικότητα.....	65
3.1.2 Ανάλυση Χρηστών.....	65
3.1.2.1 Ιδιοκτητής.....	66

3.1.2.2 Υπεύθυνος Προσωπικού.....	66
3.1.2.3 Υπεύθυνος Αρχιτεκτονικής.....	67
3.1.2.4 Υπεύθυνος Μετρητικού Συστήματος.....	67
3.1.2.5 Υπεύθυνος Λειτουργικής Παραλαβής.....	68
3.1.2.6 Εισαγωγέας Δεδομένων.....	69
3.1.2.7 Παρατηρητής Δεδομένων.....	70
3.1.3 Συνεργασία.....	70
3.1.4 Αρχικοποίηση	71
3.2 Κτίριο.....	74
3.2.1 Αρχιτεκτονική Δομή.....	74
3.2.1.1 Εξωτερικοί Χώροι.....	75
3.2.1.2 Αίθρια.....	75
3.2.1.3 Εσωτερικοί Χώροι.....	75
3.2.2 Περιγραφικά Στοιχεία.....	75
3.3 Μετρητές.....	76
3.3.1 Φιλοσοφία	76
3.3.2 Μοντελοποίηση	76
3.3.2.1 Όργανο Μέτρησης	77
3.3.2.2 Μέτρηση	78
3.3.2.3 Δεδομένα	78
3.4 Σύστημα Στόχων.....	80
3.4.1 Δομή	81
3.4.1.1 Στόχοι	82
3.4.1.2 Εξαρτήσεις	82
3.4.1.3 Συνάρτηση	82
3.4.1.4 Κριτήρια.....	82
3.5 Υπηρεσίες	83
3.5.1 Υπηρεσίες Πραγματικού Χρόνου	83
3.5.1.1 Παρακολούθηση Κατανάλωσης	83
3.5.1.2 Δυσλειτουργίες	84
3.5.1.3 Ασφάλεια	84
3.5.2 Συγκεντρωτικές Υπηρεσίες	84
3.5.2.1 Προφίλ Λειτουργίας	85
3.5.2.2 Υπερφόρτωση Γραμμής	85
3.5.2.3 Ανίχνευση Αιχμών	85
3.5.2.4 Ανάλυση Βαθμοημερών	85
3.5.3 Προτάσεις Βελτίωσης	85
4 Αλγόριθμοι.....	86
4.1 Βαθμοημέρες	86
4.1.1 Παράμετροι Βαθμοημερών	87
4.1.1.1 Θερμοκρασία Βάσης	87
4.1.1.2 Παθητική Θέρμανση	88
4.1.1.3 Ζώνη Άνεσης	88
4.1.1.4 Έξυπνος Υπολογισμός	88
4.1.1.4.1 Αναλυτικός Υπολογισμός.....	90
4.1.1.4.2 Υπολογισμός Μέσων Ημερησίων Θερμοκρασιών.....	90
4.1.1.4.3 Τύπος του Hitchin.....	90
4.1.2 Τρόπος Εκμετάλλευσης	91
4.1.2.1 Φορτίο Βάσης	91
4.1.2.2 Ενεργειακή Απόδοση	92

4.1.2.3 Χαρακτηριστική Καμπύλη Κτιρίου	92
4.1.2.3.1 Αναγνώριση βλαβών	92
4.1.2.3.1.1 Άμεσα.....	93
4.1.2.3.1.2 Μακροσκοπικά	94
4.1.2.3.2 Ανίχνευση Σπατάλης	94
4.1.2.3.3 Πρόβλεψη Κατανάλωσης.....	101
4.1.2.3.4 Ορισμός Στόχου.....	101
4.1.3 Ενσωμάτωση Στο Σύστημα.....	102
4.1.3.1 Στόχοι.....	102
4.1.3.2 Εξαρτήσεις Δεδομένων.....	103
4.1.3.3 Συναρτήσεις.....	103
4.1.3.4 Κριτήρια.....	103
5 Μελλοντικές Εφαρμογές.....	104
6 Βιβλιογραφία.....	105

1 Μέτρηση

Από τις πρώτες ενέργειες που γίνονται κατά τη λειτουργική παραλαβή ενός κτιρίου είναι ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση ενός μετρητικού συστήματος που θα παρέχει τις πληροφορίες που απαιτούνται για τη σωστή μελέτη του κτιρίου. Οι ενέργειες αυτές, ομαδοποιημένες υπό τον όρο “μέτρηση”, αν και αποτελούν το πρώτο στάδιο της όλης διαδικασίας της λειτουργικής παραλαβής, είναι από τα πιο σημαντικά. Αφενός ο σωστός σχεδιασμός της μέτρησης είναι αναγκαίος ώστε να γίνει δυνατό να αναδειχθούν οι ιδιαιτερότητες της ενεργειακής συμπεριφοράς, και αφετέρου η ίδια η μέτρηση, σαν συστηματική διαδικασία, είναι που τελικά θα αποτελεί την πρώτη ύλη στο εφαρμοσμένο σύστημα αποφάσεων που θα λειτουργεί στο μέλλον. Φυσικά το μετρητικό σύστημα μπορεί ήδη να υπάρχει και η παρακάτω ανάλυση να περιοριστεί απλώς σε κάποιες παρεμβατικές και προσθετικές ενέργειες. Πέραν των “μακροσκοπικών” ωφελειών της μέτρησης (μέσα από τις πλήρεις διεργασίες της λειτουργικής παραλαβής), υπάρχουν και μείζονος σημασίας άμεσα αποτελέσματα και οφέλη. Αυτά μπορούν να θεωρηθούν και ως ένα πρώτο δείγμα των δυνατοτήτων της υπηρεσίας. Η υλοποίηση ενός συστήματος μέτρησης, σε συνδυασμό με ένα σύστημα καθορισμού στόχων (Monitoring and Targeting), μπορεί να θεωρηθεί ως ένα πρώτο, εμβρυακό, σύστημα λειτουργικής παραλαβής.

Ο σχεδιασμός της μέτρησης ουσιαστικά περιγράφει τα κριτήρια που πρέπει να πληροί ο μετρητικός μηχανισμός ώστε να συνδυάζει βέλτιστα τρεις παράγοντες: ευκολία στη μέτρηση, οικονομική υλοποίηση και επαρκή μετρητικά αποτελέσματα.

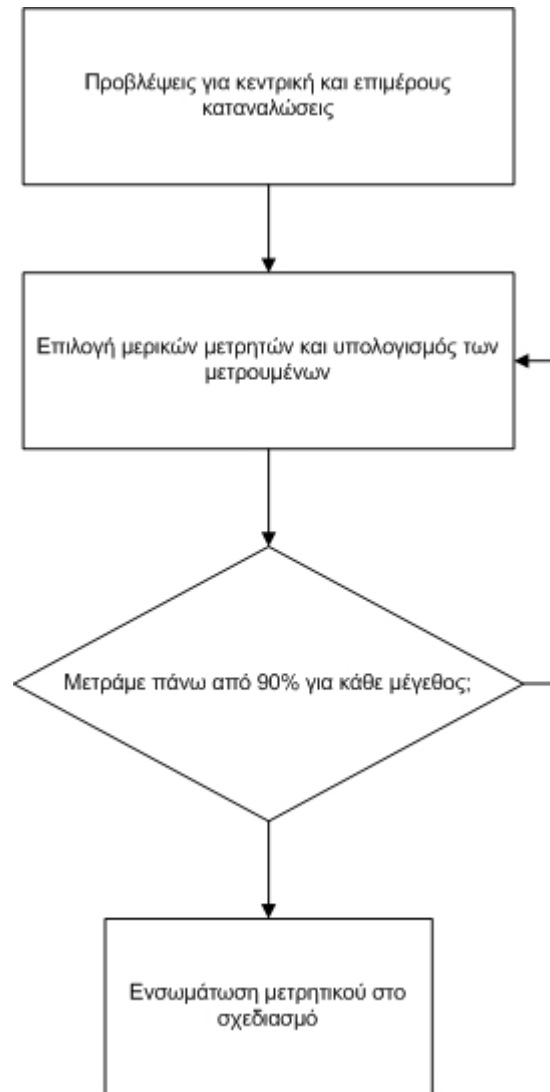
Πέραν των μακροπρόθεσμων συνεπειών που επιφέρει η ανάλυση της πληροφορίας που εξάγεται από το μετρητικό σύστημα, υπάρχουν και πολύ σημαντικά άμεσα οφέλη. Η ύπαρξη ενός σωστά δομημένου και λειτουργικού μετρητικού συστήματος μπορεί να διαμορφώσει άμεσα, και σε σημαντικό βαθμό την καταναλωτική συμπεριφορά αλλά και την “ευφυΐα” του κτιρίου. Συγκεκριμένα, μπορεί να εξαχθεί άμεσα πληροφορία ενεργειακής κατανάλωσης με την οποία να κατανοήσουμε πλήρως τη διανομή της κατανάλωσης στο κτίριο. Επίσης μπορούν να αναδειχθούν άμεσα βελτιώσεις στην κατανάλωση και καταναλωτική συμπεριφορά του κτιρίου. Τέλος μπορούμε να εισάγουμε ένα επιπλέον επίπεδο στο σύστημα ασφάλειας και αυτοπροστασίας του κτιρίου.

1.1 Σχεδιασμός

Για την εγκατάσταση ενός συστήματος μέτρησης χρειάζεται να έχει προηγηθεί μια καλή και λεπτομερής μελέτη ώστε να είμαστε σίγουροι ότι το σύστημά μας θα λειτουργεί με τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η διαδικασία του σχεδιασμού αποτελείται από την ανάλυση της στρατηγικής που θα ακολουθηθεί κατά το σχεδιασμό του συστήματος, από την εύρεση των καταλλήλων μετρητών για το σύστημα και από την ανάπτυξη της συγκεκριμένης πολιτικής μέτρησης.

1.1.1 Στρατηγική

Ο όρος “στρατηγική” ομαδοποιεί τα χαρακτηριστικά του μετρητικού συστήματος από το σχεδιασμό του έως και την πλήρη λειτουργία του. Αρχίζοντας από το σχεδιασμό, εξετάζεται το τι ακριβώς πρέπει να μετρηθεί, ενώ γίνεται και μια αναλυτική εκτίμηση της αναμενόμενης μέτρησης. Επίσης εξετάζεται το πώς θα μετρηθεί η εκάστοτε κατανάλωση. Στις παραπάνω διαδικασίες γίνεται μια λεπτομερής ρύθμιση (fine tuning), μέχρις ότου να φτάσει το μετρητικό σύστημα να πληροί συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Αυτή η επαναλαμβανόμενη ρύθμιση ωθεί το σύστημα σε μια διαρκώς αυξανόμενη λεπτομέρεια στην ανάλυση της κατανάλωσης.[1]



Σχήμα 1: Γενική Μέθοδος Οργάνωσης Μετρητικού Συστήματος

1.1.1.1 Ανάλυση

Για να μετρήσουμε σωστά και αποδοτικά την κατανάλωση ενός κτιρίου πρέπει να σχεδιάσουμε το μετρητικό σύστημα έτσι ώστε να είναι “πλήρες”, εύχρηστο και οικονομικό.

Το πρώτο βήμα του σχεδιασμού του μετρητικού συστήματος είναι η κατάτμηση της ενεργειακής κατανάλωσης ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη πηγή ενέργειας. Έπειτα γίνεται ένας επιπλέον διαχωρισμός με βάση κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατανάλωσης. Τέλος υπολογίζεται η προβλεπόμενη κατανάλωση βάσει της προηγούμενης ανάλυσης.[2]

Οι πιθανές πηγές ενέργειας είναι:

- Ηλεκτρισμός
- Πετρέλαιο
- Φυσικό αέριο

Όπου φυσικά μπορεί να υπάρξει και περαιτέρω ανάλυση (πχ να αναλυθεί ξεχωριστά το υγραέριο από το φυσικό αέριο ή ο ηλεκτρισμός από τοπικές ΑΠΕ από αυτόν του δικτύου) ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες. Η διαμέριση με βάση την ενεργειακή πρώτη ύλη είναι μια φυσική απόρροια του γεγονότος ότι εξ αρχής η μέτρηση της κατανάλωσης διαφορετικών ενεργειακών τύπων γίνεται με διαφορετικούς μετρητές. Οποιαδήποτε σχέση ή αλληλεξάρτηση από καταναλώσεις διαφορετικών ενεργειών (πχ θέρμανση με πετρέλαιο και εξαερισμός με ηλεκτρικό ρεύμα) θα προσεγγιστεί σε μετέπειτα στάδια με αλγοριθμικές διαδικασίες, μέσω της ανάλυσης των δεδομένων. Στις χρησιμοποιούμενες μορφές ενέργειας πολλές φορές συμπεριλαμβάνουμε και το νερό που καταναλώνεται από έναν χώρο. Αυτό γίνεται αφενός γιατί και εκεί υπάρχουν έντονες δυνατότητες εξοικονόμησης και αφετέρου γιατί πολλές φορές αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του γενικού συστήματος.

Οι περαιτέρω διαχωρισμοί της κατανάλωσης είναι κάπως πιο χαλαροί και καθορίζονται από κάποια γενικά κριτήρια. Η σχετική βαρύτητα αυτών των κριτηρίων διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση. Συγκεκριμένα, τέτοιου είδους κριτήρια είναι:

- η δομή του συστήματος διανομής ενέργειας
- ο σκοπός λειτουργίας
- ο χώρος της κατανάλωσης
- οι πιθανοί τρόποι μέτρησης
- οι διαφορετικές καταναλωτικές συνήθειες

1.1.1.1.1 Σκοπός Λειτουργίας

Ο σκοπός λειτουργίας είναι από τα σημαντικότερα κριτήρια διαχωρισμού της κατανάλωσης. Συσκευές που λειτουργούν για έναν ενιαίο σκοπό έχουν την τάση να παρουσιάζουν ίδια συμπεριφορά λειτουργίας σε πολλούς τομείς. Έτσι η ομαδοποίησή τους διευκολύνει κατά πολύ την επεξεργασία των δεδομένων αλλά και τον πιθανό έλεγχο. Μερικοί κλασικοί σκοποί λειτουργίας φαίνονται παρακάτω:

- Φωτισμός
- Ζεστό νερό χρήσης (DHW)
- Θέρμανση

- Κλιματισμός
- Εξαερισμός
- Κινούμενα Μέρη
- Εξοπλισμός Γραφείου
- Εξοπλισμός Κουζίνας
- Συστήματα Ασφαλείας
- Καταναλώσεις παραγωγής
- Καταναλώσεις συντήρησης
- Ειδικές Καταναλώσεις

Στα παραπάνω, πολλές φορές συναντάμε ένα ενιαίο σύστημα θέρμανσης, κλιματισμού και εξαερισμού (HVAC, Heating Ventilation and Air Condition). Χρησιμοποιώντας τη διαμέριση της κατανάλωσης με βάση το σκοπό χρήσης μπορούμε να βγάλουμε πιο εύκολα εξαιρετικά χρήσιμα αποτελέσματα που αφορούν στο κάθε σύστημα ξεχωριστά, χωρίς αυτό να σημαίνει πολύπλοκες αλγοριθμικές διαδικασίες. Αυτό συμβάλλει τελικά και στη γρήγορη ανίχνευση δυσλειτουργιών, καθιστώντας το σύστημά μας τελικά πιο εύρωστο.

1.1.1.1.2 Χώρος Κατανάλωσης

Ο χώρος της κατανάλωσης ως κριτήριο στην κατάτμηση του φορτίου συνήθως παίζει πολύ μεγάλο ρόλο σε ό,τι αφορά στο κόστος της εγκατάστασης. Αυτό συμβαίνει διότι, κατά την κατασκευή του χώρου, οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις (αυτές συνήθως εμφανίζουν και τη μεγαλύτερη διασπορά και το μεγαλύτερο κατακερματισμό) σχεδιάζονται έτσι ώστε το σύστημα να είναι αρκετά κατανεμημένο και το κόστος καλωδίωσης να μην είναι υπέρογκο. Πρακτικά κάθε μεγάλο κτίριο έχει πολλούς πίνακες και υποπίνακες οι οποίοι είναι διεσπαρμένοι σε όλη την κατασκευή. Είναι προφανές ότι για να μετρηθεί αυτό το σύστημα με μια αξιοπρεπή λεπτομέρεια στο τι μετράται, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν αρκετοί μικρότεροι μετρητές στις επιμέρους θέσεις και καταναλώσεις. Ένας μετρητής για κάθε υποπίνακα ή και ακόμα για κάθε γραμμή δεν είναι κάτι υπερβολικό σε πολλές περιπτώσεις, αναλόγως πάντα και το τι χρειάζεται ο κάθε πίνακας. (πχ ένας πίνακας που έχει δέκα γραμμές φωτισμού μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα μετρητή για αυτές τις γραμμές, ενώ αν είχε 5 γραμμές φωτισμού και 2 γραμμές για εξαερισμό θα έπρεπε να χρησιμοποιήσει δύο). Από την άλλη μεριά όμως, αν οι καταναλώσεις δεν είναι καλά ομαδοποιημένες υπάρχει πάντα η πιθανότητα να αναγκαστούμε να χρησιμοποιήσουμε ακόμα και ξεχωριστούς μετρητές για κάποιες συσκευές. Ο χώρος του υπό μέτρηση συστήματος παίζει τεράστιο ρόλο στο σχεδιασμό του μετρητικού, κυρίως σε συνδυασμό με τη δομή των εγκαταστάσεων, όπως θα δούμε και παρακάτω.

1.1.1.1.3 Τρόπος Μέτρησης

Οι πιθανοί τρόποι μέτρησης παίζουν και αυτοί ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο, καθώς επί της ουσίας καθορίζουν την ακρίβεια του μετρητικού συστήματός μας, την ευχρηστία του αλλά και το κόστος του. Στο τεχνικό κομμάτι μπορούμε να διακρίνουμε τρεις βασικές κατηγορίες τρόπων μέτρησης, την άμεση μέτρηση, την έμμεση μέτρηση και την εκτίμηση μέτρησης. Αναλύοντας περαιτέρω τις εναλλακτικές μας, έχουμε να διαλέξουμε ανάμεσα σε πέντε ειδών τακτικές που έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά ακρίβειας, αξιοπιστίας, κόστους και ευχρηστίας. Αυτό φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2: Είδη Μεθόδων Μέτρησης

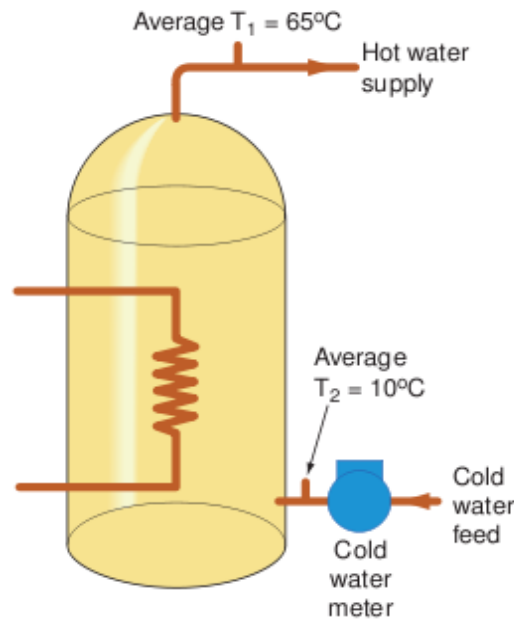
- Άμεση μέτρηση του ζητούμενου μεγέθους
- Εκτίμηση μέσω γνωστής απόδοσης και ώρας λειτουργίας
- Εκτίμηση κατανάλωσης μικρών συσκευών γραφείου
- Μέτρηση ενός εξαρτώμενου μεγέθους
- Υπολογισμός μέσω της διαφοράς δυο μετρήσεων.

Η άμεση μέτρηση είναι η μέθοδος κατά την οποία μετράμε απ' ευθείας το ζητούμενο μέγεθος. Είναι η πιο αξιόπιστη και έγκυρη μέθοδος. Το βασικό μειονέκτημά της είναι το κόστος που έχει τόσο κατά τη σχεδίαση όσο και κατά την υλοποίηση. Συνήθως χρησιμοποιείται σε απρόβλεπτα φορτία, ή σε καταναλώσεις που είναι αρκετά σημαντικές για να προσεγγιστούν με μειωμένη αξιοπιστία.

Οι εκτιμήσεις έχουν το βασικό πλεονέκτημα του μικρού κόστους λειτουργίας. Είναι μια ομάδα μεθόδων που δεν χρειάζονται κάποιο όργανο μέτρησης και άρα δεν έχουν να αντιμετωπίσουν καθόλου τα κόστη που είναι συνυφασμένα με αυτά. Η περίπτωση της εκτίμησης μέσω γνωστής απόδοσης και ώρας λειτουργίας έχει πολύ καλή ακρίβεια αρκεί να έχει γίνει σωστή αρχική εκτίμηση. Συνήθως προτιμούμε αυτήν τη μέθοδο όταν έχουμε να μετρήσουμε συσκευές με μικρές

παρεκκλίσεις στην απόδοσή τους. Τέτοιες “συσκευές” μπορούν να είναι οι ανεμιστήρες, ο κεντρικά ελεγχόμενος φωτισμός και άλλα. Η μάλλον χειρότερη τακτική, από πλευράς αξιοπιστίας και ποιότητας, από όλες είναι η εκτίμηση κατανάλωσης μικρών συσκευών. Σε αυτή την περίπτωση η μέτρηση αντικαθίσταται από μια στατική εκτίμηση κατανάλωσης, που συνήθως προκύπτει με θεωρητικές μεθόδους. Το μοναδικό πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι το ανύπαρκτο κόστος. Η βασική περίπτωση που χρησιμοποιείται είναι όταν έχουμε πολλά μικρά φορτία σε κάποιους χώρους και πρακτικά δεν αξίζει από πλευράς κόστους κάποια άλλη προσέγγιση.

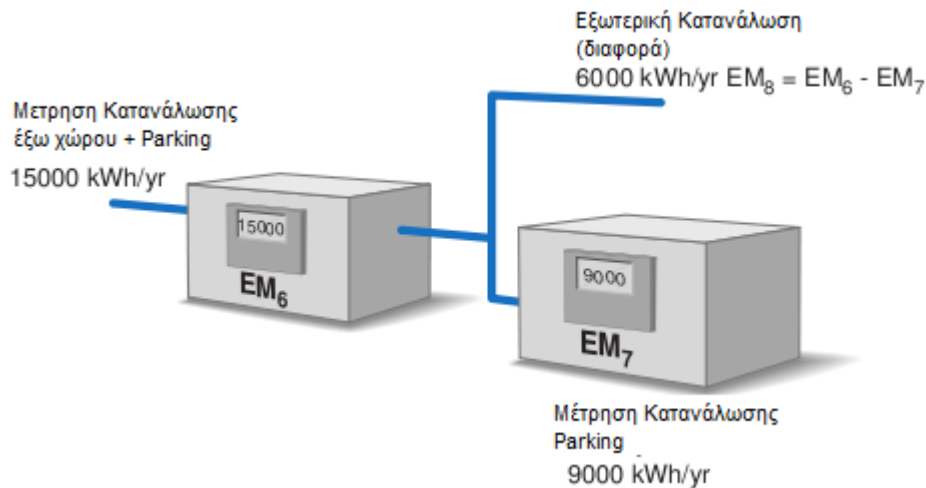
Οι έμμεσες μετρήσεις συνήθως αποτελούν τη μέση λύση στο πρόβλημα κόστους προς απόδοση. Είναι γενικά αξιόπιστες και σχετικά ακριβείς ενώ δεν χρειάζεται να είναι ιδιαίτερα ακριβές. Διακρίνονται σε δυο αρκετά διαφορετικές κατηγορίες αναλόγως με τη σχέση που έχει το μετρούμενο μέγεθος με την ουσιαστική μέτρηση. Υπάρχουν οι μετρήσεις όπου για να αντιληφθούμε την κατανάλωση στο πρωτογενές μέγεθος μετράμε το αποτέλεσμα του σε ένα πιο εύκολα μετρήσιμο μέγεθος. Αυτό ουσιαστικά αποτελεί έναν συνδυασμό άμεσης και εκτιμητικής μεθόδου καθώς αφενός υπάρχει κυριολεκτικά δειγματοληψία, αφετέρου όμως αυτή δεν αποτελεί παρά μόνο την είσοδο σε ένα υπολογιστικό μοντέλο. Τυπικότατο παράδειγμα ομάδας συσκευών που είθισται να μετρούνται έτσι είναι οι συσκευές θέρμανσης ύδατος. Εδώ ξέρουμε την απόδοση του βραστήρα, τις θερμοκρασίες εισερχομένου και εξερχομένου ύδατος και το θερμικό συντελεστή που απαιτείται για τη μετάβαση από τη μια στην άλλη. Μετράμε λοιπόν απλώς τον όγκο του εισερχομένου ύδατος και υπολογίζουμε την ηλεκτρική (και όχι αποκλειστικά) κατανάλωση του συστήματος. Αυτή η προσέγγιση είναι ιδανική όταν υπάρχει πιθανότητα αντικατάστασης του εξοπλισμού με άλλον, με διαφορετικού είδους πηγή ενέργειας, καθώς αρκεί “απλά” η διόρθωση των συντελεστών στο μοντέλο. Επίσης έχει σχετικά καλή ακρίβεια και κόστος. Η ακρίβειά της πρακτικά εξαρτάται από την ευστοχία της μελέτης για την εκάστοτε συσκευή (Σχήμα 3).



$$\begin{aligned} \text{Estimated consumption} &= \frac{\text{metered feed water (litres/yr)} \times \text{Temp Diff (T}_1 - \text{T}_2) \times 4.185}{\text{boiler efficiency } 75\% \times 3600} \\ &= \frac{844,574 \times (65 - 10) \times 4.185}{0.75 \times 3600} = 72,000 \text{ kWh/yr} \end{aligned}$$

Σχήμα 3: Έμμεση μέτρηση κατανάλωσης βραστήρα μέσω του όγκου που θερμαίνεται

Η άλλη κατηγορία έμμεσης μέτρησης, κατά την οποία μετράμε ένα ίδιου τύπου μέγεθος, είναι η μέτρηση ενός μεγέθους ως τη διαφορά κάποιων άλλων από έναν γενικό μετρητή. Η μέθοδος αυτή είναι σχετικά αμφίβολη καθώς δεν έχει ιδιαίτερα καλή ακρίβεια. Αυτό συμβαίνει διότι συνήθως οι μετρητές της συνολικής κατανάλωσης, λόγω του ότι πρέπει να διαχειριστούν πολύ μεγαλύτερα μεγέθη, έχουν σφάλματα διαφορετικής τάξης μεγέθους, με αποτέλεσμα πολλές φορές η τελική μέτρηση να κρίνεται αναξιόπιστη. Σχήμα 4.



Σχήμα 4: Μέτρηση ηλεκτρικής κατανάλωσης ως διαφορά δυο μετρήσεων

1.1.1.1.4 Καταναλωτικές Συνήθειες

Οι καταναλωτικές συνήθειες παίζουν και αυτές σημαντικό ρόλο στην κατανομή της κατανάλωσης. Αν υπάρχει κεντρικός έλεγχος, είναι προτιμότερο πολλές φορές να κινηθούμε με βάση την ήδη υπάρχουσα διαμέριση για να μην περιπλέξουμε το σύστημα περαιτέρω αλλά και γιατί με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να έχουμε και άμεση εποπτεία του ελέγχου μας. Επιγραμματικά μπορούμε να πούμε ότι οι καταναλώσεις χωρίζονται, βάσει των καταναλωτικών συνηθειών σε:

- καταναλώσεις προγραμματισμένου αυτόματου χειρισμού
- καταναλώσεις δυναμικού αυτόματου χειρισμού
- καταναλώσεις εξαρτώμενες από φυσικές συνθήκες
- καταναλώσεις ελεγχόμενες από ανθρώπους
- καταναλώσεις εξαρτώμενες από εξωτερικούς παράγοντες
- κοινά ελεγχόμενες καταναλώσεις

Γενικότερα είναι καλό να μετράμε μαζί φορτία τα οποία αφενός σε γενικές γραμμές λειτουργούν μαζί και αφετέρου η εξατομικευμένη μέτρησή τους δεν μας προσφέρει κάποια σημαντική πληροφορία. Για παράδειγμα μπορούμε να μετράμε μαζί όλα τα φώτα ενός ορόφου, που λειτουργούν συγκεκριμένες ώρες της μέρας (προγραμματισμένος – στατικός αυτόματος έλεγχος) αλλά ξεχωριστά κάποια φώτα που λειτουργούν με διακόπτες αντίληψης κίνησης (δυναμικός αυτόματος χειρισμός). Αυτό το κάνουμε γιατί η μεν πρώτη ομάδα είναι μια ομάδα σταθερού προφίλ κατανάλωσης η δε δεύτερη είναι μια ομάδα πρακτικά στοχαστικού προφίλ. Σε ένα άλλο παράδειγμα, είναι λογικό να μετράμε ξεχωριστά την κατανάλωση των ανεμιστήρων που ελέγχονται από τη θερμοκρασία (φυσικές συνθήκες), από αυτούς που ελέγχονται μέσω ανθρώπου και θερμοστάτη (ελεγχόμενοι δυναμικά, αυτόματα και από ανθρώπους). Με διαμερίσεις αυτού του προσανατολισμού μπορούμε τελικά να λαμβάνουμε πιο ποιοτικές μετρήσεις, μετρήσεις που είναι κατάλληλες για ευκολότερη περαιτέρω εξόρυξη πληροφορίας.

1.1.1.1.5 Δομή Συστήματος Διανομής Ενέργειας

Η διαδρομή που ακολουθεί η ενέργεια για να φτάσει στο σημείο κατανάλωσης καθορίζεται από

τη δομή του συστήματος διανομής. Για την ηλεκτρική ενέργεια συγκεκριμένα (καθώς αυτή παρουσιάζει και τη μέγιστη διασπορά και πολυπλοκότητα) το σύστημα διανομής περιλαμβάνει το πλήρες φυσικό στρώμα, από τους πίνακες μέχρι τους διακόπτες και την καλωδίωση. Η άμεση μέτρηση στην ηλεκτρική ενέργεια μετράει πάντα μια γραμμή, είτε αυτή είναι μια γραμμή πίνακα είτε είναι μια γραμμή τροφοδοσίας ενός μηχανήματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πλήρη εξάρτησή μας από το σχεδιασμό του υπάρχοντος συστήματος (που συνήθως έχει γίνει παλαιότερα και από κάποιον άλλον). Αν το σύστημα είχε σχεδιαστεί με γνώμονα το ελάχιστο κόστος, το πιο πιθανό είναι ότι οι καταναλώσεις θα είναι τόσο περιπλεγμένες στις γραμμές που πρακτικά μας επιβάλλει είτε να μετρήσουμε πολύ διαφορετικά φορτία μαζί (ρίχνοντας την ποιότητά του μετρητικού) είτε να μετρήσουμε ξεχωριστά το κάθε φορτίο ανεβάζοντας το κόστος και την πολυπλοκότητα του μετρητικού.

Είναι προφανές ότι όταν ένα σύστημα διανομής έχει σχεδιαστεί με τα παραπάνω κριτήρια που ετέθησαν για το μετρητικό, είναι αρκετά εύκολο να μπει και ένα ολοκληρωμένο μετρητικό πάνω του. Δυστυχώς στην πλειονότητα των περιπτώσεων καλούμαστε να κάνουμε διάφορους συμβιβασμούς, ώστε να πετύχουμε τον επιθυμητό μας στόχο.

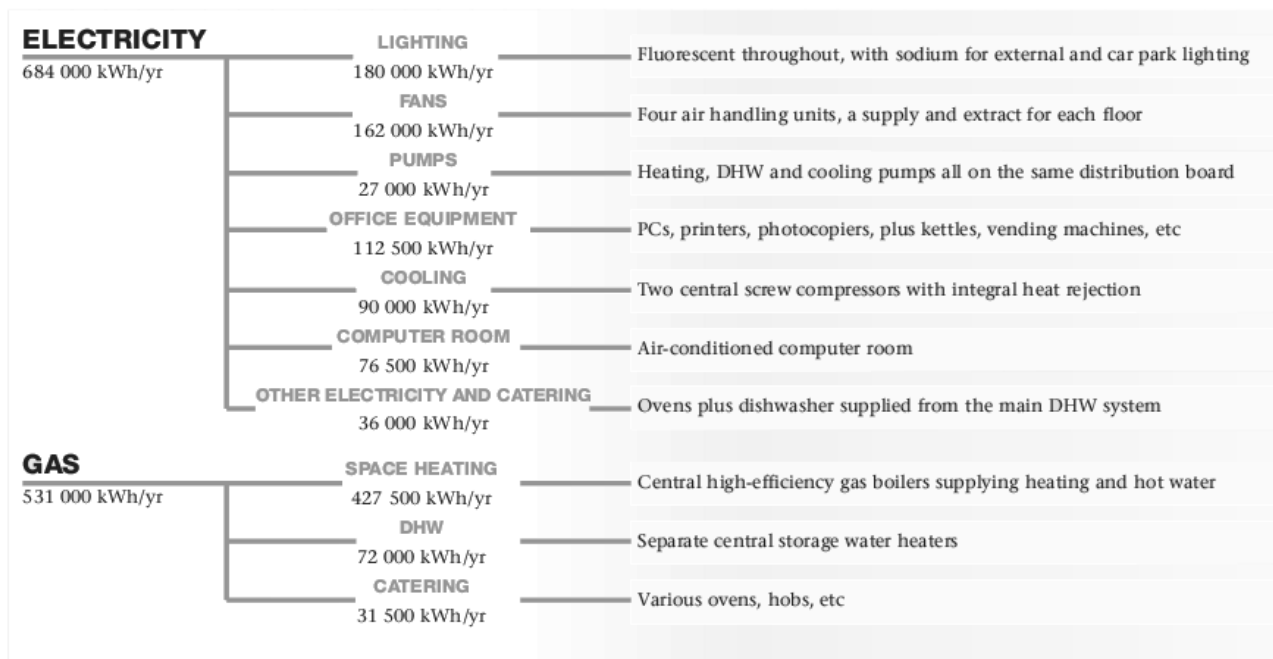
Οι τέσσερις παραπάνω προτάσεις είναι θεμιτό να ακολουθούνται όσο αυτό είναι δυνατό. Αν κάτι τέτοιο είναι εφικτό, τότε είμαστε σε θέση να έχουμε ένα μετρητικό σύστημα που μπορεί να λειτουργεί στη χρυσή τομή κόστους, ακρίβειας και πληρότητας. Δυστυχώς για να μπορούν να εφαρμοστούν τα παραπάνω πρέπει να μας διευκολύνει, ή έστω να μας το επιτρέπει, το σύστημα διανομής. Εναλλακτικά μπορούμε να θεωρήσουμε το σύστημα διανομής ως μια έξτρα παράμετρο την οποία όμως μπορούμε μεν να μεταβάλλουμε με μεγάλη δυσκολία, μπορεί όμως να δώσει και το γενικό πλάνο σε πρώτο στάδιο, υποδεικνύοντας μια πρώτη καταμέριση στα φορτία.

Τα πέντε προαναφερθέντα κριτήρια, σε συνδυασμό με την αρχική διαμέριση βάσει ενεργειακής πρώτης ύλης, είναι ικανά να δώσουν στο μετρητικό σύστημα τρομερή ευελιξία. Δημιουργούν ένα σύστημα με το οποίο μπορούμε να έχουμε πλήρη και δομημένη γνώση για το κτίριό μας συνολικά. Αυτό όπως θα δούμε παρακάτω μπορεί να είναι η αρχή για έναν έλεγχο πολύ υψηλού επιπέδου ο οποίος τελικά να συντελέσει σε μια τεράστια βελτιστοποίηση στον τομέα της κατανάλωσης.

1.1.1.2 Εκτίμηση

Η εικόνα της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου είναι μια ομάδα παραγόντων για τους οποίους λαμβάνουμε γνώση σε αρκετά και διαχωρισμένα βήματα, τα οποία συνήθως γίνονται παράλληλα. Η ανάλυση που προηγήθηκε αφορούσε ουσιαστικά σε μια κατηγορία από αυτά τα βήματα. Μια άλλη ομάδα βημάτων η οποία έχει και αυτή τεράστια σημασία είναι η εκτίμηση των προς μέτρηση καταναλώσεων. Επίσης πρέπει να έχουμε σαφή εικόνα του για ποιο σκοπό ακριβώς χρησιμοποιείται το κάθε καύσιμο σε όλο το σύστημά μας. Αυτό μπορεί να φαίνεται σχετικά προφανές για μικρές εγκαταστάσεις αλλά σε μεγαλύτερα κτίρια είναι πολύ πιθανό να υπάρχουν συστήματα που αλληλεπιδρούν και συνεργάζονται με έναν όχι και τόσο προφανή τρόπο.

Για να μπορέσουμε να σχεδιάσουμε σωστά το μετρητικό μας σύστημα πρέπει να είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε κάποια στοιχεία σχετικά με το μέγεθος των φορτίων μας. Πρέπει να ξέρουμε λεπτομερώς ποια φορτία υπάρχουν στο σύστημά μας, τι καταναλώνουν και πόσο. Έχοντας αυτές τις πληροφορίες μπορούμε να σχεδιάσουμε τη συνολική κατανάλωση σαν ένα δέντρο με αρχικούς κλάδους τις διαφορετικές πηγές ενέργειας και μετέπειτα κλάδους τους διαφορετικούς σκοπούς χρήσης (όπως αυτοί περιγράφονται παραπάνω). Με αυτό το σχεδιάγραμμα έχουμε ένα πρώτο, ποιοτικό, σκαρίφημα της συνολικής κατανάλωσης. Σχήμα 5.



Σχήμα 5: Πλήρης ανάλυση καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου

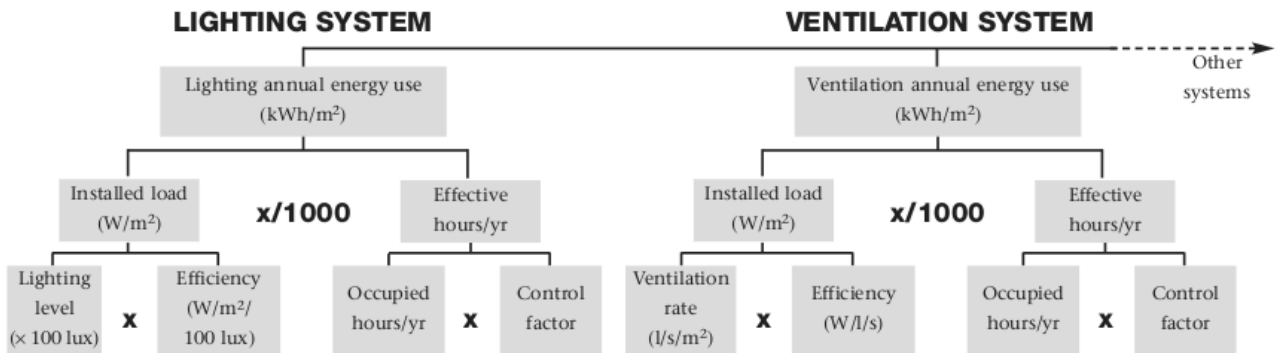
Το επόμενο βήμα είναι να αρχίσουμε να καταγράφουμε ποσοτικά την κατανάλωση των επιμέρους συστημάτων. Αρχικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κάποια υπάρχοντα μετρητικά συστήματα (αν υπάρχουν φυσικά) ή ακόμα και τις θεωρητικές τιμές της κάθε συσκευής. Εδώ με τον όρο καταγραφή δεν ακούμαστε συνήθως σε μια “απλή” καταγραφή της κατανάλωσης ενέργειας, αλλά αναλύουμε την κάθε λειτουργική μονάδα στις επιμέρους συνιστώσες που συνιστούν τελικά τη συνολική κατανάλωση. Για παράδειγμα για να υπολογιστεί η κατανάλωση ενός συστήματος φωτισμού δεν θα ήταν ιδανικό να πούμε ότι είναι x κιλοβατώρες ανά έτος. Το ιδανικό είναι να μπορούμε να καταλήξουμε στην κατανάλωση σε ενέργεια συνθέτοντας τα πρωτογενή μεγέθη

- επίπεδο φωτισμού (σε lux)
- κατανάλωση ανά lux
- ώρες λειτουργίας
- συντελεστής ελέγχου

ή αντίστοιχα για ένα σύστημα εξαερισμού με απλούς ανεμιστήρες:

- απόδοση ανεμιστήρων
- ώρες λειτουργίας
- συντελεστής ελέγχου

ακολουθώντας λοιπόν αυτήν την τακτική σε όλα τα συστήματα προκύπτει ένα σχήμα με το οποίο μπορούμε πλέον να έχουμε, δομημένα και τεκμηριωμένα, όλη την κατανάλωση του χώρου. Σχήμα 6



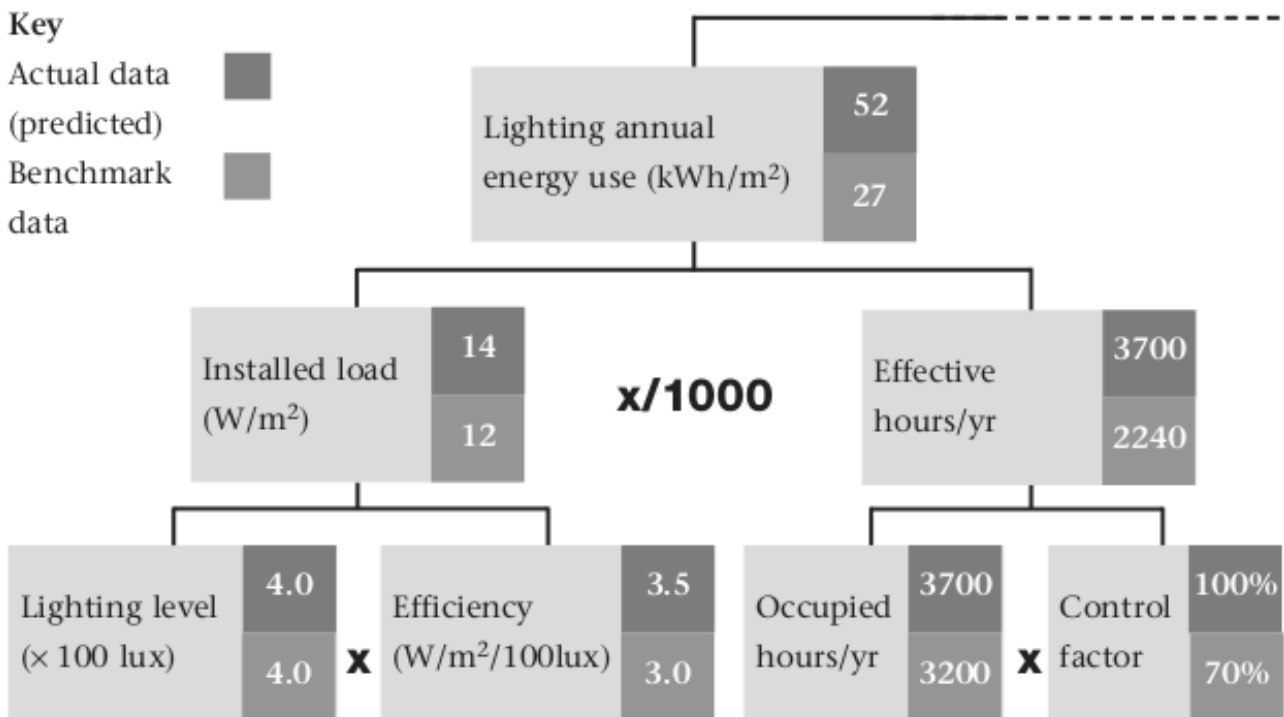
Σχήμα 6: Δομή ανάλυσης συστήματος φωτισμού και θέρμανσης σε επιμέρους συνιστώσες

Εδώ αξίζει να αναφέρουμε ότι συνήθως δεν αρκούμαστε ούτε σε αυτή την ανάλυση διότι παραμένει ανεξάρτητη των διαφόρων συνθηκών και παραμέτρων και άρα δεν μπορεί να δώσει κάποιο αξιόπιστο συγκριτικό δείκτη. Η ύπαρξη τέτοιων δεικτών είναι απολύτως αναγκαία καθώς με τους κατάλληλους δείκτες μπορούμε να συσχετίσουμε διαφορετικά κτίρια, διαφορετικές περιοχές και (κυρίως) το ίδιο κτίριο πριν και μετά από μεγάλες παρεμβατικές ενέργειες. Για την αντιμετώπιση αυτής της αδυναμίας, η διαδικασία της εκτίμησης της κατανάλωσης έχει πρακτικά τρία στάδια πριν θεωρηθεί ότι έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα και τελειώσει.

- Αρχικά γίνεται μια κανονικοποίηση των ενεργειακών μεγεθών στο εμβαδόν του κτιρίου, αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε έναν έγκυρο δείκτη που να μπορεί να δώσει αποτελέσματα ανάμεσα σε κτίρια, ανεξαρτήτως των μεγεθών τους.
- Σε δεύτερο στάδιο εισάγουμε κάποιες πιο σύνθετες παραμέτρους με τις οποίες συσχετίζουμε την κατανάλωση με τα θερμοκρασιακά δεδομένα, τις ώρες λειτουργίας αλλά και το μέγεθος του ανθρωπίνου δυναμικού. Έτσι μας δίνεται πρακτικά η δυνατότητα να έχουμε μια ρεαλιστική εικόνα του κτιρίου που πλέον εμπεριέχει ο,τι παράμετρο μπορεί να επηρεάσει την τελική κατανάλωση.
- Η τρίτη και τελευταία φάση είναι η ενοποίηση των παραπάνω αποτελεσμάτων και αναλύσεων σε ένα γενικό πίνακα όπου έχουμε πλήρως καταγεγραμμένη την κατανάλωση του όλου κτιρίου.

Με αυτού του είδους την αναλυτική εκτίμηση της κατανάλωσης είναι δυνατόν να τεστάρουμε το σύστημά μας πλήρως. Και να διαγνώσουμε με λεπτομέρεια που οφείλονται πιθανές δυσλειτουργίες και σπατάλες. Σχήμα 7

LIGHTING SYSTEM



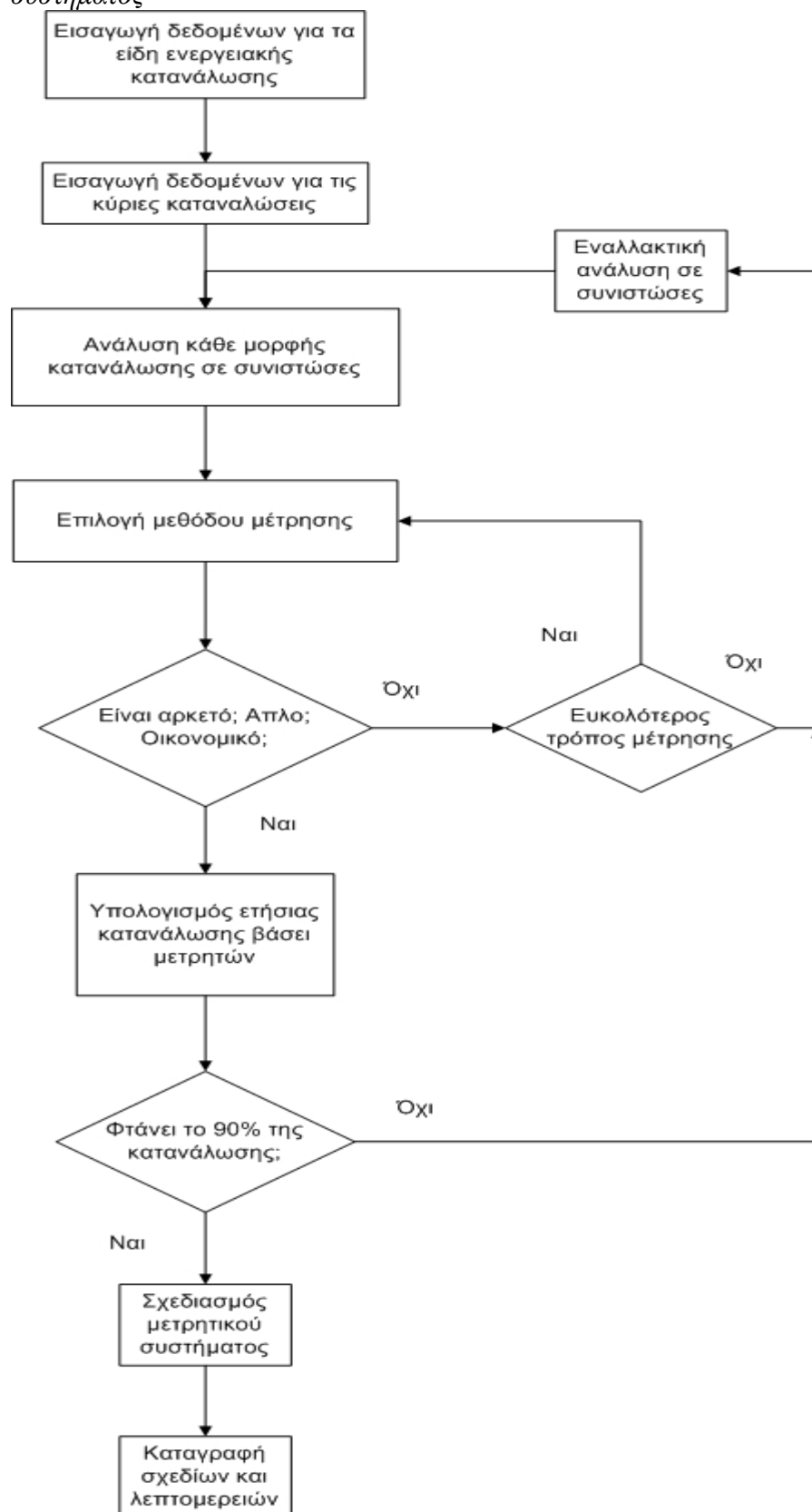
Σχήμα 7: Παράδειγμα σύγκρισης πρόβλεψης και πραγματικών δεδομένων στο χαμηλότερο επίπεδο

Ένα σύστημα που έχει αναλυθεί με τέτοια λεπτομέρεια είναι δυνατό να αποτελέσει μια πολύ γερή βάση για μελλοντικά συστήματα αποφάσεων. Είτε μιλάμε για απλό καθορισμό στόχων (targeting) είτε για συστήματα πλήρους λειτουργικής παραλαβής (commissioning), πάντα χρειαζόμαστε ένα αξιόπιστο και πλήρες μετρητικό σύστημα για να ανιχνευτούν οι ατέλειες, να υποδειχθούν οι λύσεις και να επαληθευτούν οι παρεμβάσεις.

1.1.1.3 Επικύρωση

Όπως αναφέραμε και πιο πριν, είναι πολύ σημαντικό να ξέρουμε ως ποιο σημείο πρέπει να προχωρήσουμε με την ανάλυση και που μπορεί να σταματήσει η διαδικασία χαρακτηριζόμενη ως επιτυχής και πλήρης. Μια αρκετά ικανοποιητική τακτική είναι το να προσπαθούμε να μετρήσουμε το 90% της συνολικής κατανάλωσης (Σχήμα 8). Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα αρχίζουμε να μετράμε το σύστημά μας αυξάνοντας σταδιακά τη λεπτομέρεια έως ότου αυτή να φτάσει στο επιθυμητό σημείο. Η διαδικασία αυτή γίνεται παράλληλα με τις δυο προηγούμενες και πρακτικά αποτελεί τον ελεγκτή που θα δώσει το σήμα λήξης στην ανάλυση του συστήματος. Αποτελεί ουσιαστικά την ανάδραση που παίρνουμε για να ελέγξουμε το μέγεθος του μετρητικού μας. Σε συνδυασμό με την εκτίμηση, μπορούμε να έχουμε μια πλήρη χαρτογράφηση της τυπικής ενεργειακής ταυτότητας του κτιρίου. Αυτό είναι ιδιαίτερος σημαντικό. Αποτελεί πρακτικά το πρώτο βήμα, το πρώτο αποτέλεσμα, που παίρνουμε από το μετρητικό και αφορά στην έναρξη της συνειδητοποίησης της κατανομής ενέργειας, κάτι το οποίο θα συντελέσει και στην οργάνωση της εξοικονόμησης.

Σχήμα 8: Δομικός αλγόριθμος διαδικασίας ανάλυσης μετρητικού συστήματος



1.1.2 Μετρήσεις

Το κομμάτι της συγκομιδής των μετρήσεων από τους επιμέρους μετρητές είναι και αυτό ένα κομμάτι που είναι καίριο για την ορθή και ομαλή λειτουργία του συστήματος. Μια καλά οργανωμένη στρατηγική, ή μέθοδος συγκομιδής, μπορεί να απογειώσει την ευχρηστία του μετρητικού, ενώ μια κακή μέθοδος μπορεί να το καταστήσει πρακτικά μη εφαρμόσιμο. Εδώ εξετάζουμε κατά κύριο λόγο τέσσερα ερωτήματα:

- Ποιος;
- Πότε;
- Από πού;
- Πώς;

Οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά, είναι ικανές να περιγράψουν πλήρως τις διαδικασίες και πολιτικές που ακολουθούνται κατά τη μέτρηση. Η ουσία τους είναι να μας βοηθήσουν να αποφασίσουμε τη μεθοδολογία που θα εφαρμόσουμε κατά τη λειτουργία του συστήματος, έτσι ώστε να σχεδιαστεί κατάλληλα.

1.1.2.1 Φορέας της Μέτρησης

Η πρώτη ερώτηση είναι ίσως και η σημαντικότερη καθώς από το είδος της απάντησής της καθορίζεται και η βαρύτητα των υπολοίπων ερωτημάτων. Η βασική επιλογή που έχουμε να κάνουμε είναι αν θα προσεγγίσουμε το κομμάτι της συγκομιδής της μέτρησης με αυτοματοποιημένο τρόπο ή πιο χειροκίνητα, μέσω κάποιου φυσικού προσώπου. Γενικότερα το πιο μακροπρόθεσμα ορθό είναι να έχουμε όσο το δυνατόν περισσότερους αυτοματισμούς έτσι ώστε να μπορούμε να είμαστε ανεξάρτητοι από τον ανθρώπινο παράγοντα. Η προσέγγιση αυτή όμως έχει και τα αρνητικά της. Πολλές φορές υπάρχουν μετρήσεις για τις οποίες το όφελος ενός τόσο αυτοματοποιημένου συστήματος είναι αρκετά μικρό. Είτε αυτό γίνεται λόγω της απόστασης του μετρητή, είτε λόγω της συχνότητας της μέτρησης είτε λόγω του είδους του μετρητή. Επίσης το κόστος συνήθως δρα ως τροχοπέδη στην υπέρμετρη ανάπτυξη του αυτοματισμού. Αρκετά συχνά επιλέγεται συνολικά ένας συνδυασμός αυτοματισμών και ανθρώπινου δυναμικού έτσι ώστε να έχουμε ένα σχετικά βέλτιστο συνδυασμό χρηστικότητας και κόστους.

1.1.2.2 Συχνότητα της Μέτρησης

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στο κομμάτι του σχεδιασμού, τα διαφορετικά είδη μετρήσεων έχουν και διαφορετικές ανάγκες ως προς τη συχνότητά τους. Δυο ακραία παραδείγματα μπορούν να είναι, οι μετρήσεις νερού και οι μετρήσεις θερμοκρασίας. Για τις πρώτες συνήθως αρκεί το να μετράμε μια φορά τη μέρα, ενώ για τις δεύτερες είναι αναγκαία η σχεδόν συνεχής μέτρηση, ειδικά όταν μιλάμε για τον έλεγχο των συνθηκών κλίματος.

Πρέπει λοιπόν να εισάγουμε στο σχεδιασμό του μετρητικού μας και την παράμετρο της συχνότητας της δειγματοληψίας. Πρέπει να καθορίσουμε επί της ουσίας το “πότε” θα μετράμε το κάθε μέγεθος. Η απάντηση σε αυτό μπορεί να βρεθεί και από το επίπεδο ακριβείας που χρειάζεται το μετέπειτα πληροφοριακό σύστημα για να παράγει τα κατάλληλα αποτελέσματα. Αυτός ο διαχωρισμός, σε πολύ μεγάλο ποσοστό θα μας καταδείξει και το “ποιος” πρέπει να κάνει την καταγραφή, καθώς σε μεγέθη που απαιτείται πολύ συχνή παρακολούθηση, καθίσταται αδύνατο το να το αναλάβει ένας άνθρωπος (ή και περισσότεροι). Ένα καλό παράδειγμα τέτοιου μεγέθους είναι η ηλεκτρική ένταση. Η ένταση του ρεύματος είναι ένα μέγεθος με το οποίο μπορούμε να καταλήξουμε σε πληθώρα συμπερασμάτων, με την προϋπόθεση ότι μετράμε συχνότατα (ακόμα και πολλές φορές το λεπτό). Είναι επομένως προφανές, πως σε ένα τέτοιο μέγεθος δεν μπορεί να παρεμβάλλεται ο ανθρώπινος παράγοντας, αλλά χρειάζεται μια αυτοματοποιημένη διαδικασία που

να μπορεί να ανταποκριθεί σωστά στην εντατικότητα που απαιτείται.

1.1.2.3 Τόπος Συγκομιδής Μέτρησης

Οι μετρητές ενός πολύπλοκου και μεγάλου μετρητικού συστήματος είναι πολύ πιθανό να βρίσκονται σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους. Όπως για παράδειγμα είναι μέχρι και σήμερα οι οικιακοί μετρητές της ΔΕΗ. Αυτή η απόσταση πολλές φορές αποτελεί το πιο σημαντικό πρόβλημα στο σχεδιασμό μετρητικού συστήματος τόσο σαν φυσική κατασκευή όσο και σαν σύνολο μεθοδολογιών για τη συγκομιδή των μετρήσεων. Εδώ η λύση του πλήρως αυτοματοποιημένου συστήματος δεν είναι τόσο προφανώς προτιμητέα καθώς το κόστος υλοποίησης μπορεί να την καθιστά αδύνατη. Σε τέτοιες περιπτώσεις υπάρχει και πάλι το τυπικό ερώτημα του αν η συγκομιδή θα γίνει από άνθρωπο ή από το σύστημα το ίδιο, αλλά αυτές οι δυο επιλογές εμφανίζουν αρκετά μεγάλη ποικιλομορφία στο εσωτερικό τους.

Οι δυο ακραίες λύσεις είναι και πάλι αφενός, να γίνει η καταγραφή στο μετρητή και να μεταφερθεί “κάπως” στο σύστημα και αφετέρου, να γίνει η καταγραφή αυτομάτως από το σύστημα το ίδιο. Τεράστιο ρόλο στον τόπο της καταγραφής φυσικά παίζει και η τοποθεσία του μετρητή. Παραδείγματος χάριν, συνήθως είναι προτιμότερο οι μετρήσεις να γίνονται σε ένα σημείο που μπορούν να γίνουν όλες μαζί, από το να γίνουν στον ακριβή τόπο κατανάλωσης.

1.1.2.4 Τρόπος Συγκομιδής Μέτρησης

Το τελευταίο σε σειρά αλλά όχι και σε σημαντικότητα θέμα που έχουμε, είναι να αποφασίσουμε το “πώς” θα συλλέγεται η μέτρηση στο μετρητικό σύστημα. Δηλαδή το ποια ακριβώς θα είναι η διαδικασία που θα οδηγήσει από τα δεδομένα από την ένδειξη του μετρητή στην βάση δεδομένων του μετρητικού συστήματος. Αυτό αφορά και στη δομή δεδομένων αλλά και στον τρόπο μεταφοράς. Φυσικά, έχουμε διαθέσιμο ένα αρκετά ευρύ φάσμα στο εύρος του αυτοματισμού, βλέποντας το αντίστοιχο αντίκτυπο στην ευχρηστία, την ευκολία στην υλοποίηση, το κόστος και την επεκτασιμότητα.

Το πρώτο στάδιο σε αυτή την απόφαση είναι η μορφή των δεδομένων. Μπορεί να έχουμε μετρητές που απλά “δείχνουν” τη μέτρηση, οπότε απαιτείται και κάποιος ή κάτι επιπλέον για να φέρει τη μέτρηση σε ηλεκτρονική μορφή (παραδείγματα τέτοιων μετρητών είναι οι μετρητές που δίνουν τη μέτρηση σε μορφή οπτικών παλμών). Μπορεί όμως να έχουμε και μετρητές που έχουν τη δυνατότητα να εξάγουν τη μέτρηση όπως εμείς θέλουμε. Το επόμενο στάδιο είναι να καθορίσουμε τον τρόπο επικοινωνίας της συσκευής μέτρησης με το κεντρικό σύστημα. Αυτή η διαδικασία τείνει να γίνεται όλο και πιο ανεξάρτητη από τον ανθρώπινο παράγοντα. Υπάρχει πληθώρα τεχνικών και τεχνολογιών που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε, με μια μεγάλη γκάμα κόστους και τεχνικών χαρακτηριστικών.

Υπάρχουν οι δυνατότητες της ενσύρματης και της ασύρματης μετάδοσης. Για την ασύρματη μετάδοση έχουμε στη διάθεσή μας, αναλόγως και την απόσταση αλλά και τη μυστικότητα των δεδομένων, αρκετές εναλλακτικές λύσεις. Μερικές από αυτές είναι:

- η χρήση ραδιοφωνικών συχνοτήτων (RF),
- η χρήση τοπικών δικτύων (wi fi) για μικρές αποστάσεις και
- η χρήση του δικτύου κινητής τηλεφωνίας (GPRS, 3G) ή άλλες τεχνολογίες για πολύ μεγάλες αποστάσεις (πχ δορυφορικό internet).

Στην ενσύρματη μετάδοση έχουμε αρκετές εναλλακτικές. Μπορούμε είτε να στήσουμε ένα τοπικό δίκτυο (βασισμένο στο ethernet) ή να χρησιμοποιήσουμε τις γραμμές τροφοδοσίας και να επικοινωνήσουμε μέσω PLCs. Επίσης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και το τηλεφωνικό δίκτυο και να έχουμε πρόσβαση μέσω modem, όπως και γίνεται σε αρκετά απομακρυσμένα μετρητικά

συστήματα.

Τα παραπάνω τέσσερα σημεία, όπως είδαμε, δεν αποτελούν ανεξάρτητα κριτήρια. Είναι ίσως μια ομάδα παράλληλων και αλληλοεξαρτώμενων κριτηρίων, τα οποία μετά από μια ομαδική απόφαση είναι σε θέση να μας αναδείξουν σημαντικές ιδιαιτερότητες του μετρητικού που υλοποιούμε.

1.1.3 Μετρητές

Οι μετρητές είναι η ραχοκοκκαλιά του μετρητικού συστήματος. Όλα τα παραπάνω που αναφέρθηκαν στο κομμάτι του σχεδιασμού, καθορίζουν είτε λίγο είτε πολύ το είδος των μετρητών που θα χρησιμοποιηθούν. Εδώ δεν μας ενδιαφέρει τόσο η τεχνολογία του μετρητή όσο αφορά στον τρόπο υπολογισμού της μέτρησης ή λειτουργίας (πχ ηλεκτρονικός ή αναλογικός). Αυτά που μας ενδιαφέρουν πιο πολύ είναι η ακρίβεια των μετρήσεων, η εγκυρότητα, ο τρόπος σύνδεσης στο γενικότερο σύστημα και οι διάφοροι άλλοι αυτοματισμοί που μπορούν να υπάρξουν.

Η ακρίβεια και η εγκυρότητα των δεδομένων είναι μεγάλης σημασίας διότι οδηγούν σε ποιοτικότερα συστήματα, με ποιοτικότερες μετρήσεις. Κάτι το οποίο είναι εντελώς αναγκαίο για τα στάδια επεξεργασίας των δεδομένων που συνήθως ακολουθούν. Φυσικά, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ποιότητα των δεδομένων του συστήματος δεν είναι παρά μια από τις παραμέτρους που καθορίζουν το γενικότερο σχεδιασμό του μετρητικού συστήματος.

1.2 Άμεσα Αποτελέσματα

Τα θετικά επακόλουθα της δομημένης “μέτρησης” αρχίζουν να φαίνονται από αρκετά νωρίς και χωρίς ιδιαίτερα πολύπλοκες αναλύσεις. Μπορούμε σχετικά άμεσα να είμαστε σε θέση να καταλαβαίνουμε καλύτερα την ενεργειακή λειτουργία του κτιρίου, να εξοικονομήσουμε ενέργεια σε μερικά συγκεκριμένα και “προφανή” σημεία και τέλος να δημιουργήσουμε ένα πρόσθετο επίπεδο στο σύστημα ασφάλειας και αυτοπροστασίας. Τα άμεσα αποτελέσματα μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρία βασικά μέρη:

- Ενημέρωση
- Εξοικονόμηση
- Ασφάλεια

Σε κάθε μια από αυτές τις ομάδες, τα αποτελέσματα του μετρητικού, μέσω μιας στοιχειώδους ανάλυσης, συμβάλλουν αναλόγως στην ποιοτικότερη λειτουργία του κτιρίου.

1.2.1 Ενημέρωση

Από την πρώτη στιγμή λειτουργίας του μετρητικού συστήματος είμαστε σε θέση να έχουμε μια γενική εποπτεία της πραγματικής (και σε πραγματικό χρόνο) κατανομής της κατανάλωσης ενέργειας. Με αυτό σαν βάση και με τη συστηματική παρακολούθηση και καταγραφή μπορούμε σε αρκετά μικρό χρονικό διάστημα να δημιουργήσουμε έναν “χάρτη κατανάλωσης”, με τον οποίο να αντιληφθούμε ακριβώς το πως καταναλώνεται η ενέργεια στο κτίριό μας. Σταδιακά, αρχίζει να αποσαφηνίζεται η ενεργειακή δομή του κτιρίου και να αποκαλύπτονται οι διάφορες ιδιαιτερότητες αλλά και δυσλειτουργίες, κάτι το οποίο θα οδηγήσει στα επόμενα στάδια σε καλύτερη εξοικονόμηση τόσο με την εξομάλυνση της υπερκατανάλωσης όσο και με την βελτιστοποίηση της χρέωσης.

Ένα κτίριο με εγκατεστημένο μετρητικό σύστημα, είναι φυσικό να προσπαθεί να θέτει και να ακολουθεί κάποιους στόχους, όσον αφορά στην βελτίωση της κατανάλωσής του. Σε αυτή τη

διαδικασία το μετρητικό μπορεί να δίνει την τεκμηρίωση για τη λήψη ή μη παρεμβατικών ενεργειών. Επίσης μπορεί να παρέχει άμεσα και την επαλήθευση ή την αποτυχία αυτών, αλλά και όλων, των ενεργειών με βάση τα δεδομένα του. Το καίριο σημείο αυτής της διαδικασίας είναι ότι μπορεί να γίνει σε πραγματικά άμεσο χρόνο, και δεν χρειάζεται σημαντική πάροδος χρόνου για να μελετηθεί εκ νέου το σύστημα. Υπάρχουν τα δεδομένα και οι κατάλληλοι δείκτες και με βάση αυτό, γίνεται και η άμεση αποτίμηση των στόχων.

1.2.2 Εξοικονόμηση

Η μάλλον πιο δυνατή ομάδα άμεσων αποτελεσμάτων του μετρητικού συστήματος είναι η εξοικονόμηση. Η αρχή είναι ότι με απλές ενέργειες, τόσο στη συμπεριφορά χρήσης όσο και στην τακτική τιμολόγησης, μπορούν να προκύψουν, άμεσα, σημαντικά οφέλη. Η εξοικονόμηση μπορεί να χωριστεί σε δυο βασικές κατηγορίες, εξοικονόμηση ενέργειας και εξοικονόμηση χρημάτων (ή αλλιώς περιβαλλοντική συνείδηση και οικονομική βελτιστοποίηση). Η τελική εξοικονόμηση είναι πρακτικά ο συνδυασμός των δυο παραπάνω και η φιλοσοφία που έχουν τα διάφορα συστήματα εξοικονόμησης βασίζεται ακριβώς σε αυτό. Γίνεται μια συνδυασμένη προσπάθεια αφενός να καταναλώνουμε λιγότερο και αφετέρου να πληρώνουμε λιγότερο ανά ενεργειακή μονάδα.

1.2.2.1 Κατανάλωση

Ίσως το πρώτο αποτέλεσμα που έχει να δώσει ένα μετρητικό σύστημα είναι η ανάδειξη άσκοπων καταναλώσεων. Είναι εξαιρετικά απλό, με τη συνεχή παρακολούθηση της καταμερισμένης κατανάλωσης, να αναδειχθούν συνδυασμοί σημείων, ωρών και εξοπλισμού που λειτουργούν χωρίς να υπάρχει αναγκαιότητα.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιας σπατάλης μπορούν να είναι:

- Εξωτερικά φώτα που λειτουργούν σε λάθος ώρες,
- Φώτα χώρων που χρησιμοποιούνται σπάνια (πχ αποθήκες) αλλά λειτουργούν συνεχώς,
- Εξοπλισμός γραφείου που ξεχνιέται αναμμένος (πχ ηλεκτρονικοί υπολογιστές),
- Χειροκίνητα ελεγχόμενα συστήματα HVAC που ξεχνιούνται αναμμένα,
- Μηχανικά μέρη που λειτουργούν συνεχώς (πχ ηλεκτρικές σκάλες),
- Μηχανήματα που λειτουργούν στο "stand by" χωρίς λόγο,
- Διαρροές συστημάτων διανομής

Οι διαρροές συστημάτων διανομής είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος στην κατανάλωση. Με τη συνεχή μέτρηση μπορούμε να ανιχνεύσουμε "ενέργεια" που χάνεται χωρίς προφανή λόγο. Σε άμεσο επίπεδο κάτι τέτοιο είναι εφικτό μόνο για τις μετρήσεις μεγεθών που μετριοούνται με μετρητές "ροής" (νερό, αέριο), καθώς εκεί υπάρχουν οι κυριολεκτικές διαρροές, οι οποίες και φαίνονται χωρίς αλγοριθμική επεξεργασία. Σε μετέπειτα επίπεδο, και αφού έχουν υπολογιστεί οι παράμετροι των διαφόρων αλγορίθμων, θα μπορεί να γίνεται άμεσος εντοπισμός των "διαρροών" που θα προκύπτουν, όχι στο βασικό μέγεθος αλλά στο αποτέλεσμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο υπολογισμός της απώλειας θερμότητας στις σωληνώσεις του συστήματος διανομής θερμότητας.

1.2.2.2 Τιμολόγηση

Σε συνδυασμό με τη μείωση της ποσότητας της καταναλισκόμενης ενέργειας, τεράστιο ρόλο στην οικονομική πλευράς της εξοικονόμησης, παίζει και η μείωση της τιμής της ενεργειακής μονάδας. Για αυτό το λόγο πάντα προσπαθούμε να πετυχαίνουμε το καλύτερο δυνατό συμβόλαιο

στην αγορά της ενέργειας. Έχοντας γνώση του ενεργειακού και καταναλωτικού μας προφίλ, μπορούμε να διαπραγματευτούμε ένα πιο ευνοϊκό συμβόλαιο που θα ταιριάζει πιο σωστά και στο προφίλ κατανάλωσής μας. Εννοείται βεβαίως πως για να υπάρξει τέτοιου είδους προσέγγιση, θα πρέπει να το επιτρέπει και η συγκεκριμένη αγορά στην οποία εντάσσεται το κτίριο. Η ανάδειξη του προφίλ αυτού προκύπτει από τη συγκέντρωση των ενεργειακών δεδομένων από το μετρητικό σύστημα. Όπως είναι φυσικό, και εδώ υπάρχουν διαβαθμίσεις στην αμεσότητα των αποτελεσμάτων και των δράσεων.

Σε πρώτο στάδιο μπορούμε να έχουμε επιλογή του συμβολαίου ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, με βάση τη γνώση για το προφίλ κατανάλωσης. Αυτή η τακτική είναι συμφέρουσα και για τον καταναλωτή αλλά και για το γενικότερο δίκτυο καθώς προκύπτει πιο ομαλή ζήτηση ενέργειας ανάμεσα στους παρόχους.

Σε επόμενο στάδιο, και αφού έχει γίνει μια σχετική μελέτη σχετικά με το προφίλ κατανάλωσης, μπορούμε να διαπραγματευθούμε ένα καλύτερο μακροπρόθεσμο συμβόλαιο ενέργειας, συσχετισμένο με τις ιδιαιτερότητες της κατανάλωσης του χώρου μας. Επίσης είναι εφικτό να γίνει και αναπροσαρμογή του τρόπου λειτουργίας του κτιρίου (συνήθως αλλαγή στο χρονικό προγραμματισμό) έτσι ώστε να μπορεί να μετριαστεί και το κόστος της ενέργειας κατανάλωσης. Σε αυτό το σκεπτικό υπάρχουν και άλλες δράσεις που δεν αφορούν αποκλειστικά στην αναπροσαρμογή του προγραμματισμού της παραγωγής. Ένα καλό παράδειγμα σε αυτή την κατεύθυνση είναι η αλλαγή των ωρών συντήρησης των διαφόρων συστημάτων έκτακτης ανάγκης. Ένα εργοστάσιο παραδείγματος χάριν που πρέπει να λειτουργεί και τις γεννήτριές του σε τακτά χρονικά διαστήματα για λόγους συντήρησης, μπορεί να προγραμματίσει το πρόγραμμα συντήρησης έτσι ώστε αυτή η λειτουργία να γίνεται στις ώρες "αιχμής", να γίνεται δηλαδή όταν το κόστος της ενεργειακής μονάδας είναι υψηλό.

Επίσης υπάρχει πιθανότητα να αναδειχθούν άμεσα και άλλες ιδιοτροπίες του προφίλ κατανάλωσης. Ίσως η πιο σημαντική από αυτές είναι η πιθανή αναγκαιότητα για χρήση συστημάτων συμπαραγωγής, αντί για το κλασικό μοντέλο προμηθευτή - καταναλωτή. Με τη συμπαραγωγή ένας καταναλωτής πληρώνει αντί για ηλεκτρικό ρεύμα πετρέλαιο, και παράγει (κάποιο από) το ρεύμα που χρησιμοποιεί ενώ ταυτόχρονα εκμεταλλεύεται το θερμικό φορτίο που προκύπτει από την παραγωγή για τη θέρμανση του χώρου του.

1.2.3 Ασφάλεια

Στον τομέα της ασφάλειας, μπορεί με βάση το μετρητικό σύστημα να λειτουργήσει ένας εξελιγμένος μηχανισμός παρακολούθησης του κτιρίου, όσον αφορά στην ορθή λειτουργία του αλλά και όσον αφορά στην κυριολεκτική του ασφάλεια. Μπορούμε με το μετρητικό σύστημα και φυσικά κάποια επεξεργασία των δεδομένων να βλέπουμε:

- ύποπτες θερμοκρασίες που μπορεί να οδηγήσουν σε φωτιά,
- υγρασίες που μπορεί να οδηγήσουν σε βλάβες ή και βραχυκυκλώματα,
- "περίεργες" καταναλώσεις σε χώρους που επισήμως δεν χρησιμοποιούνται,
- καταναλώσεις που συνεπάγονται επικίνδυνη λειτουργία για το μηχάνημα, για το προσωπικό ή για το προϊόν,
- καταναλώσεις που συνεπάγονται βλάβη στον εξοπλισμό

Γενικότερα, η παρακολούθηση των διαφόρων δεικτών του κτιρίου μπορεί να μας παρέχει τόσο την κατάλληλη πρόληψη όσο και την έγκαιρη ειδοποίηση σε περίπτωση δυσλειτουργίας ή και βλάβης.

Όπως θα δούμε και παρακάτω, αυτές οι τεχνικές ασφαλείας τελειοποιούνται με τη λειτουργική

παραλαβή, που πρακτικά αποτελεί το “επόμενο βήμα” ή αλλιώς τη μετεξέλιξη ενός έξυπνου μετρητικού συστήματος σε ένα πλήρες σύστημα παρακολούθησης και διαχείρισης του πολύπλοκου και πολυσύνθετου συστήματος που ονομάζεται κτίριο.

2 Commissioning – Λειτουργική Παραλαβή

Ιστορικά ο όρος commissioning ανήκει στη ναυτική πολεμική βιομηχανία και αναφερόταν στις διαδικασίες ελέγχου και βελτίωσης ενός καινούργιου πλοίου, πριν αυτό κριθεί πλήρως ετοιμοπόλεμο. Από το 1975 και μετά άρχισε να εμφανίζεται σιγά σιγά και στον τομέα της κατασκευής κτιρίων και συστημάτων κτιρίων. Οι πρώτες εμφανίσεις των διαδικασιών commissioning στα κτίρια αναφέρονταν στις διαδικασίες με τις οποίες τα συστήματα HVAC (συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και ψύξης) ενός κτιρίου ελέγχονταν και ρυθμιζόταν, με βάση κάποιες προδιαγραφές ποιότητας λειτουργίας, πριν την αποδοχή του έργου από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου. Η σημερινή χρήση του όρου αναγνωρίζει την ολοκληρωμένη και αλληλοεξαρτώμενη φύση και απόδοση όλων των συστημάτων που λειτουργούν στο κτίριο και που καθορίζουν την παραγωγικότητα, την ασφάλεια των εργαζομένων, τη γενικότερη ασφαλή λειτουργία και τελικά τη συνολική αξία και ποιότητα λειτουργίας του κτιρίου.

Ο στόχος του commissioning είναι να παρέχει τεκμηριωμένα τη διαβεβαίωση ότι μια εγκατάσταση πληροί τις λειτουργικές απαιτήσεις και τις απαιτήσεις επίδοσης που ορίζουν οι προδιαγραφές καλής λειτουργίας των αρμοδίων φορέων, των ιδιοκτητών της εγκατάστασης και των χειριστών-παρευρισκομένων σε αυτές. Για να γίνει αυτό, θα πρέπει αρχικά να καταγραφούν, αναλυθούν και αποσαφηνιστούν πλήρως τα ζητούμενα κομμάτια του έργου, έτσι ώστε να μπορέσει να δημιουργηθεί το κατάλληλο σύστημα στόχων. Επίσης πρέπει καθ' όλη τη διάρκεια του commissioning (αλλά και μετά την παράδοση του κτιρίου) να γίνεται συνεχώς έλεγχος για τη σύμπτωση των δράσεων με την επίτευξη των στόχων.

Η λειτουργική παραλαβή μπορεί να καλύψει την ανάγκη που υπάρχει για ένα μέσο πιστοποίησης της ποιότητας λειτουργίας των συνεχώς πολυπλοκότερων σύγχρονων κτιρίων. Τα αμιγώς οικονομικά οφέλη που μπορεί να φέρει, από τον έγκαιρο εντοπισμό σχεδιαστικών λαθών, μπορούν συνήθως από μόνα τους να δικαιολογήσουν την εφαρμογή της λειτουργικής παραλαβής στο κτίριο. Επιπροσθέτως, η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί από τη μια μεριά να μειώσει σημαντικά το χρόνο απόσβεσης της επένδυσης, αλλά από την άλλη δεν πρέπει να λογίζεται ως ο βασικός στόχος του commissioning, είτε μιλάμε για commissioning στη φάση κατασκευής του κτιρίου είτε για retro-commissioning. Τα ουσιαστικά οφέλη του commissioning φαίνονται κυρίως με τη σταθερά καλή απόδοση του κτιρίου στην πάροδο του χρόνου.[3][4][5]

2.1 Ορισμοί

Πριν γίνει εκτενής αναφορά στη λειτουργική παραλαβή, κρίνεται αναγκαίο να αναφερθούμε στους ορισμούς κάποιων βασικών όρων που θα μας απασχολήσουν στη συνέχεια.[6]

2.1.1 Λειτουργική Παραλαβή (Commissioning)

Ο ορισμός της λειτουργικής παραλαβής δίνεται στην εισαγωγή του κεφαλαίου.

2.1.2 Αποδοχή (Acceptance)

Είναι η επίσημη ενέργεια κατά την οποία ένα κατάλληλα εξουσιοδοτημένο άτομο (όχι κατ' ανάγκην προσδιοριζόμενο από κάποιο συμβόλαιο), γνωστοποιεί ότι ένα κομμάτι του έργου έχει υλοποιηθεί με βάση τα συμφωνηθέντα, έτσι ώστε το έργο να μπορέσει να περάσει σε επόμενο στάδιο.

2.1.3 Βάση Σχεδιασμού (Basis Of Design)

Είναι μια ομάδα εγγράφων που καταγράφουν όλες τις διαδικασίες, υπολογισμούς, αποφάσεις και

επιλογές προϊόντων που θα χρησιμοποιηθούν για να πληρούνται τα κριτήρια που έχει θέσει ο ιδιοκτήτης (ή ο αντιπρόσωπός του), οι κατά περίπτωση κανονισμοί και οι προδιαγραφές για την καλή λειτουργία των συστημάτων. Περιέχει και τη λεκτική περιγραφή του σχεδιασμού αλλά και την τεχνική ανάλυση.

2.1.4 Λίστες Ελέγχου (Checklists)

Πρόκειται για αναλυτικές λίστες των επιμέρους διαδικασιών που πρέπει να περατωθούν κατά τη διάρκεια της λειτουργικής παραλαβής. Χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερη ευκολία στον έλεγχο της προόδου του έργου.

2.1.5 Υπεύθυνος Λειτουργικής Παραλαβής (Commissioning Authority)

Είναι ο άνθρωπος που έχει οριστεί από τον ιδιοκτήτη να σχεδιάζει, να οδηγεί, και να συντονίζει της ομάδα της λειτουργικής παραλαβής για την υλοποίηση του έργου.

2.1.6 Πλάνο Λειτουργικής Παραλαβής (Commissioning Plan)

Είναι ένα σύνολο δεδομένων που προσδιορίζει την οργάνωση, το σχεδιασμό, την κατανομή πόρων και τις απαιτήσεις για την τεκμηρίωση της διαδικασίας της λειτουργικής παραλαβής.

2.1.7 Αναφορά προόδου Λειτουργικής Παραλαβής (Commissioning Process Progress Report)

Συνεχώς ανανεώσιμη γραπτή αναφορά των ενεργειών της λειτουργικής παραλαβής που έχουν περαιωθεί, καθώς και των αποτελεσμάτων τους αλλά και των παρατηρήσεων που προκύπτουν. Συνήθως προστίθεται στο πλάνο λειτουργικής παραλαβής.

2.1.8 Αναφορά Λειτουργικής Παραλαβής (Commissioning Report)

Τελική αναφορά που περιέχει όλα τα αποτελέσματα των διαδικασιών. Συνήθως σχηματίζεται από το πλάνο λειτουργικής παραλαβής όπως αυτό έχει διαμορφωθεί κατά την υλοποίηση του έργου.

2.1.9 Ομάδα Λειτουργικής Παραλαβής (Commissioning Team)

Είναι το σύνολο του ανθρωπίνου δυναμικού που λαμβάνει μέρος στις διαδικασίες της λειτουργικής παραλαβής.

2.1.10 Λίστα Ελέγχου Κατασκευών (Construction Checklist)

Η λίστα ελέγχου που έχει ο κατασκευαστής για να επιβεβαιώνει την καταλληλότητα και ετοιμότητα της εγκατάστασής του.

2.1.11 Εγχειρίδια Κατασκευών (Construction Documents)

Είναι το σύνολο των εγχειριδίων που περιγράφουν το υλοποιημένο έργο, από τεχνικής απόψεως. Η σύνθεσή τους μπορεί να ποικίλει σε μεγάλο βαθμό από έργο σε έργο καθώς εξαρτάται από τις ανάγκες του ιδιοκτήτη καθώς και τους κανονισμούς και τους νόμους που διέπουν το έργο.

2.1.12 Έγγραφα Συμβολαίων (Contract Documents)

Και αυτά τα έγγραφα παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία από περίπτωση σε περίπτωση. Το

βασικό τους αντικείμενο είναι η πλήρης περιγραφή των συμφωνηθέντων μεταξύ του ιδιοκτήτη και όλων των τρίτων μερών που συμμετέχουν στο έργο. Περιγράφουν επακριβώς τις υποχρεώσεις της κάθε πλευράς και ορίζουν σαφώς το χρονοδιάγραμμα των επιμέρους έργων. Πρακτικά περιγράφουν πλήρως τη σχέση έργου μεταξύ του εργοδότη και του εργολήπτη. Κομμάτι αυτών των εγγράφων είναι και τα εγχειρίδια κατασκευών.

2.1.13 Συνεχιζόμενες διεργασίες λειτουργικής παραλαβής (Continuous Commissioning Process)

Πρόκειται για την ομάδα των διαδικασιών και δράσεων της λειτουργικής παραλαβής που δεν σταματάνε μετά την ολοκλήρωση του βασικού έργου, αλλά συνεχίζουν να υλοποιούνται για κάποιο χρονικό διάστημα. Μέσω αυτών των διαδικασιών πιστοποιείται η καλή λειτουργία του κτιρίου και η σύμπτωση της πραγματικής λειτουργίας με τους στόχους που είχαν οριστεί.

2.1.14 Σχεδιαγράμματα Διάταξης (Coordination Drawings)

Με αυτά περιγράφεται επακριβώς η θέση των συστημάτων, έτσι ώστε να μπορεί να μελετηθεί σωστά η τοπολογία των εγκαταστάσεων, με βασικό γνώμονα την εύρεση της σωστής θέσης για κάθε σύστημα έτσι ώστε να μην υποβαθμίζεται σε καμία περίπτωση η λειτουργικότητα του εκάστοτε συστήματος.

2.1.15 Τεκμηρίωση Στόχων Σχεδίασης (Design Intent Documentation - DID)

Είναι ένας όρος, που συνήθως χρησιμοποιείται για να περιγράψει την επιθυμητή λειτουργία των συστημάτων κατά την κανονική λειτουργία του κτιρίου. Μπορούμε να πούμε ότι αναφέρεται στα τεχνικά κριτήρια-στόχους που η λειτουργική παραλαβή προσπαθεί να πληρεί μακροπρόθεσμα.

2.1.16 Πρακτικά Προβλημάτων (Issues Log)

Είναι τα έγγραφα όπου επισήμως καταγράφονται όλα τα προβλήματα που εμφανίστηκαν στην υλοποίηση του έργου, αλλά και οι παρεκκλίσεις από τις αρχικές βλέψεις της σχεδίασης.

2.1.17 Ομαδικές Διαδικασίες Απόφασης (Nominal Group Technique)

Το NGT είναι ένας τρόπος ομαδικής απόφασης. Όλοι οι συμμετέχοντες υποβάλλουν από μια λύση με μια σύντομη τεκμηρίωση. Στη συνέχεια και αφού αφαιρεθούν οι κοινές λύσεις, ο κάθε ένας ταξινομεί τις δυνατές λύσεις σύμφωνα με τη σειρά προτίμησης. Στο τέλος υιοθετείται ως ενδεδειγμένη η λύση που έχει συγκεντρώσει την πιο καλή κατάταξη. Η μέθοδος αυτή είναι εναλλακτική του κλασικού brainstorming, βασικό της πλεονέκτημα είναι το ότι απαιτεί πληθώρα προτάσεων και δεν περιορίζεται από την ενδεχόμενη χειραγώγηση μιας πρότασης.

2.1.18 Διαρκείς Διεργασίες Λειτουργικής Παραλαβής (Ongoing Commissioning Process)

Είναι τα κομμάτια της λειτουργικής παραλαβής που δεν σταματάνε ποτέ να εφαρμόζονται. Μαζί με τις συνεχιζόμενες διεργασίες έχουν βασικό στόχο να πιστοποιούν την ορθή λειτουργία και ταυτόχρονα να ελέγχουν συνεχώς το κτίριο για αστάθειες στην απόδοση που μπορεί να οφείλονται στην ανάγκη για εκ νέου εφαρμογή της λειτουργικής παραλαβής.

2.1.19 Απαιτήσεις Ιδιοκτήτη (Owner's Project Requirements)

Οι απαιτήσεις του ιδιοκτήτη είναι το σύνολο των παραμέτρων που ο ιδιοκτήτης ορίζει σαν στόχους της λειτουργικής παραλαβής. Τέτοιοι στόχοι μπορεί να αφορούν σε θέματα

λειτουργικότητας, σε θέματα συγκεκριμένης θεμιτής απόδοσης, σε διάφορα μετρήσιμα κριτήρια επίδοσης των συστημάτων και σε οικονομικά κριτήρια. Επίσης μπορεί να αφορούν ακόμα και σε προδιαγραφές συντήρησης. Πρακτικά περιγράφουν πλήρως τις προσδοκίες του ιδιοκτήτη από τον βασικό εργολήπτη της λειτουργικής παραλαβής.

2.1.20 Επανεφαρμογή Λειτουργικής Παραλαβής (Re-Commissioning)

Είναι η διαδικασία κατά την οποία ένα κτίριο που έχει υποστεί λειτουργική παραλαβή στο παρελθόν επανεισέρχεται σε μια διαδικασία αξιολόγησης-αποτίμησης. Αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα είτε κάποιων διαρκών ή συνεχιζόμενων διαδικασιών λειτουργικής παραλαβής, είτε κάποιας σοβαρής διαταραχής στις απαιτήσεις ή στα χαρακτηριστικά του κτιρίου.

2.1.21 Λειτουργική Παραλαβή Ανακαινιζόμενων Συστημάτων (Retro-Commissioning)

Πρόκειται για τη λειτουργική παραλαβή ενός κτιρίου που είναι ή θα μπει σε διαδικασία ολικής ανακαίνισης.

2.1.22 Εγχειρίδια Συστημάτων (Systems Manual)

Είναι το σύνολο των τεχνικών εγχειριδίων και πρακτικών που προκύπτει από τη διαδικασία της λειτουργικής παραλαβής.

2.1.23 Διαδικασία Ελέγχου (Test Procedure)

Πρόκειται για ένα γραπτό πρωτόκολλο βάσει του οποίου ορίζονται επακριβώς οι προσδοκίες, οι μέθοδοι ελέγχου και οι ελεγκτές όλων των συστημάτων και εξοπλισμών που έχουν εμπλακεί στη λειτουργική παραλαβή.

2.1.24 Πλάνο Εκπαίδευσης (Training Plan)

Είναι οι γραπτές προδιαγραφές που περιγράφουν επακριβώς οποιαδήποτε διαδικασία εκπαίδευσης και κατάρτισης που μπορεί να χρειαστεί για την εξοικείωση του εργατικού δυναμικού με τα νέα δεδομένα εξοπλισμού, συντήρησης και υπηρεσιών που συνεπάγεται η λειτουργική παραλαβή. Εδώ περιγράφεται η εκπαιδευτική διαδικασία και από άποψη χρονοδιαγράμματος αλλά και από άποψη υλικοτεχνικής υποδομής. Τέλος οι προδιαγραφές ορίζουν και τις υποχρεώσεις του φορέα λειτουργικής παραλαβής σε ό,τι αφορά την εκπαιδευτική διαδικασία.

2.1.25 Επαλήθευση (Verification)

Είναι η διαδικασία στην οποία ελέγχεται πλήρως η σύμπτωση των συμφωνηθέντων με τα παραδοτέα. Οι έλεγχοι αφορούν τόσο σε επίπεδο τεκμηρίωσης όσο και σε επίπεδο υλοποίησης.

2.2 Πλεονεκτήματα - Αναγκαιότητα Λειτουργικής Παραλαβής

Η λειτουργική παραλαβή κτιρίων (building commissioning), όπως ξέρουμε, είναι ένα σύνολο από συστηματικές διαδικασίες με τελικό στόχο την βέλτιστη λειτουργία του κτιρίου. Ως βέλτιστη λειτουργία, μπορούμε να ορίσουμε την οικονομικό-ενεργειακή ευρωστία σε συνδυασμό με την (εγγυημένη) ύπαρξη των ορθών συνθηκών εσωτερικού περιβάλλοντος.

Το κόστος λειτουργίας του κτιρίου είναι αρκετά σημαντικό στα συνολικά έξοδα μια εταιρείας. Κατά μια προσέγγιση, το κόστος λειτουργίας ενός κτιρίου είναι όλα τα έξοδα που έχουν σχέση με τη συντήρηση και λειτουργία του καθώς και το κόστος της εργασίας που παράγεται εκεί από το

εργατικό δυναμικό. Σαν κόστος λειτουργίας επηρεαζόμενο από το κτίριο μπορούμε να ορίσουμε λοιπόν το άθροισμα των εξής παραγόντων

- Ενοίκιο
- Κόστος συντήρησης
- Μισθοί εργαζομένων
- Κόστος ενέργειας

Πέραν αυτής της προσέγγισης η λειτουργική παραλαβή συμβάλλει ουσιαστικά και στην πιο εύρυθμη λειτουργία του κτιρίου σαν σύστημα. [7]

2.2.1 Αναγκαιότητα

Η αναγκαιότητα της λειτουργικής παραλαβής μπορεί να φανεί και σαν οικονομική αναγκαιότητα αλλά και σαν βελτίωση της λειτουργίας ενός κτιρίου.

Κάθε κτίριο έχει συνήθως ανάγκη να μειώσει τα κόστη του βελτιώνοντας την απόδοσή του. Αν και ξοδεύεται ένα αρκετά σημαντικό κεφάλαιο στην εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση διαφόρων αυτομάτων συστημάτων παρακολούθησης και ελέγχου (EMCS), συνήθως δεν παράγονται τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε κακό σχεδιασμό, κακό χειρισμό του συστήματος και σε κακή λειτουργική κατάσταση του συστήματος.

Η κακή κατάσταση του εξοπλισμού συνήθως συνεπάγεται μεγαλύτερα κόστη επισκευών και συντήρησης, μικρότερη απόδοση εξοπλισμού, χαμένο χρόνο εργαζομένου, είτε λόγω μη λειτουργίας του εξοπλισμού, είτε λόγω αναδιάρθρωσης του χρόνου του ώστε να φτιάξει το πρόβλημα.

Όλα αυτά (και ακόμα παραπάνω) μπορούν να καταπολεμηθούν με την εφαρμογή των διαδικασιών commissioning σε ένα κτίριο.

2.2.1.1 Ποιότητα Αέρα Εσωτερικών Χώρων (IAQ)

"Κάθε κτίριο πρέπει να φροντίζει να παρέχει ένα σωστό εργασιακό περιβάλλον για το προσωπικό που δουλεύει σε αυτό."

Οι λόγοι δεν είναι μόνο ηθικοί. Ένας εργαζόμενος που δουλεύει σε ένα ανθυγιεινό περιβάλλον δεν μπορεί παρά να αποδίδει ένα κλάσμα μόνο των δυνατοτήτων του, με αποτέλεσμα, χωρίς δικιά του ευθύνη, να καθίσταται οικονομικά δυσμενέστερος για τον εργοδότη.

Οι παράγοντες που συντελούν στο κακό και ανθυγιεινό περιβάλλον είναι ο κακός φωτισμός, η ηχορύπανση, η κακή θερμοκρασία και άλλα. Αυτό που πραγματικά όμως μπορεί να συντελέσει σε πραγματικά δυσμενείς καταστάσεις είναι η κακή ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων (Indoor Air Quality). Η κακή IAQ είναι κάτι που προέρχεται κυρίως από κακή λειτουργία και συντήρηση του ενοποιημένου συστήματος ψύξης-θέρμανσης-εξαερισμού (Heating Ventilation Air Condition). Σύμφωνα με μελέτη στις ΗΠΑ έχει βρεθεί ότι 20-30 % του κτιριακού στόλου εκεί (πόσο μάλλον εδώ) υποφέρουν από κακή IAQ, πάσχουν από αυτό που ονομάζεται "σύνδρομο αρρώστου κτιρίου" - "Sick Building Syndrome" (SBS). Η κακή IAQ έχει κριθεί υπεύθυνη για διάφορα συμπτώματα - ασθένειες που μόνο ως αρνητικά μπορούν να λογιστούν, καθώς μέσω του ανθρωπίνου δυναμικού πλήττουν την αποδοτικότητα της εκάστοτε επιχείρησης στη ρίζα της. Τα κυριότερα από αυτά είναι οι συχνοί και έντονοι πονοκέφαλοι, η διαρκής κόπωση, οι αλλεργίες καθώς και η "νόσος των λεγεωνάριων"!

Οι υπάλληλοι ενός κτιρίου όπου η ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων είναι κακή δουλεύουν λιγότερη ώρα. Αυτό γίνεται γιατί περνούν κάποια από την (αμειβόμενη) ώρα τους στο να διαμαρτύρονται (δικαίως φυσικά), γιατί περνούν κάποια ώρα προσπαθώντας να ρυθμίσουν οι ίδιοι

τις συνθήκες (χωρίς να έχουν την απαιτούμενη ειδίκευση), ενώ τέλος απουσιάζουν συχνότερα λόγω ασθενειών. Φυσικά, τα πράγματα γίνονται ακόμα πιο δυσμενή όταν εργαζόμενοι αναγκάζονται σε αποχώρηση - παραίτηση καθώς η επιχείρηση χρεώνεται: τις υπερωρίες των υπολοίπων μέχρι να βρεθεί αντικαταστάτης, την εκπαίδευση του αντικαταστάτη και τη μειωμένη "αρχική" απόδοσή του. Εκεί που όμως η κατάσταση γίνεται πραγματικά δυσμενή για την ιδιοκτήτρια εταιρεία, είναι όταν ζητηθούν από αυτή και οι νομικές ευθύνες που της αναλογούν για την επιβάρυνση της υγείας των εργαζομένων της. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι ιδιοκτήτες βρίσκονται αντιμέτωποι με χρηματικές αποζημιώσεις, οι οποίες σπρώχνουν περαιτέρω τους ισολογισμούς τους προς τα αρνητικά.

Συγκεντρωτικά μπορούμε να πούμε ότι, για μια ακόμα φορά, η πρόληψη είναι πολύ πιο αποτελεσματική από την καταπολέμηση. Μια μετρίου μεγέθους επένδυση για την βελτίωση της IAQ και της γενικότερης ποιότητας των εσωτερικών χώρων, μεσοπρόθεσμα μπορεί όχι μόνο να προλάβει τα δεινά που προαναφέρθηκαν αλλά και να τονώσει την αποδοτικότητα του κτιρίου. [8]

2.2.2 Πλεονεκτήματα

Η διάκριση μεταξύ αναγκαιότητας και πλεονεκτημάτων της λειτουργικής παραλαβής δεν είναι καθόλου σαφής στις περισσότερες των περιπτώσεων καθώς τα θετικά που μπορεί να προκύψουν αποτελούν ένα υπερσύνολο των αναγκαιοτήτων που ενδέχεται να καλύψει το commissioning. Παρακάτω περιγράφονται μια σειρά θετικών που μπορεί η λειτουργική παραλαβή να επιφέρει στο κτίριο. Τα θετικά αυτά χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Λειτουργικά (Χρήση, Συντήρηση και Εργατικό δυναμικό)
- Συνθήκες
- Οικονομικά και Κατανάλωση

Φυσικά με τον έναν ή με τον άλλον τρόπο όλα τα οφέλη καταλήγουν να θεωρούνται και οικονομικά καθώς άμεσα ή έμμεσα, γρήγορα ή στο μέλλον θα μεταφραστούν σε μείωση κόστους. Είτε σαν βελτίωση απόδοσης είτε σαν προσαύξηση στην αγοραστική αξία του κτιρίου.

2.2.2.1 Λειτουργικά

Σαν λειτουργικά πλεονεκτήματα του commissioning ορίζουμε το σύνολο των αλλαγών που αυτό επιφέρει στον τρόπο χρήσης και συντήρησης του εξοπλισμού και των συστημάτων, τόσο από μηχανικής απόψεως όσο και από την άποψη της κατανομής και σωστής χρήσης των πόρων του ανθρώπινου δυναμικού.

2.2.2.1.1 Χρήση

Στο κομμάτι της λειτουργικότητας και χρήσης του εξοπλισμού η λειτουργική παραλαβή έχει να μας προσφέρει πολλά. Αρχικά μας εγγυάται ότι μέσα από τις διαδικασίες της τελικά παρατείνεται ο χρόνος ζωής του εξοπλισμού και των συστημάτων. Μεγαλύτερος χρόνος ζωής σημαίνει λιγότερες αλλαγές και μακροπρόθεσμα λιγότερα έξοδα. Εκτός της μακροζωίας, και μάλλον αίτιο αυτής είναι η καλή λειτουργία των μηχανημάτων. Οι διαδικασίες του commissioning έχουν σαν πρώτο στόχο να βελτιστοποιήσουν την απόδοση των συστημάτων, έτσι ώστε να μπορούν να λειτουργούν όπως οφείλουν και για το μέγιστο δυνατό διάστημα. Επίσης ένα σημαντικότατο αποτέλεσμα του commissioning είναι η μείωση των τεχνικών προβλημάτων μέσω της ορθότερης χρήσης και της σωστής παρακολούθησης του εξοπλισμού. Αυτή η μείωση έχει σαν άμεσο επακόλουθο και τη μείωση των χαμένων εργατοωρών του εργατικού δυναμικού. Εξαλείφεται συν τοις άλλοις πλήρως και το φαινόμενο, που παρατηρείται συχνά, κατά το οποίο μη εξειδικευμένοι εργαζόμενοι σπαταλούν ώρες που θα μπορούσαν να είναι ώρες παραγωγικής εργασίας για να εκτελέσουν

συντηρήσεις, ρυθμίσεις και επισκευές κάτι το οποίο αφενός δεν εμπίπτει στις αρμοδιότητές τους και αφετέρου μπορεί να προκαλέσει κάποιο εργατικό ατύχημα με καταστροφικές συνέπειες τόσο στον εξοπλισμό όσο (και κυρίως) στον εργαζόμενο. Τέλος, οι διαδικασίες του commissioning κληροδοτούν στο κτίριο ένα αναλυτικότατο και πλήρες (κατά το δυνατόν) πακέτο γνώσης για τη λειτουργία του, με βάση το οποίο οι μελλοντικοί χειριστές μπορούν (συνήθως) να αντιμετωπίσουν τις έκτακτες καταστάσεις που προκύπτουν.

2.2.2.1.2 Συντήρηση

Ένα κτίριο που έχει ολοκληρώσει τις διαδικασίες λειτουργικής παραλαβής, έχει αναπτύξει μια πολύ συγκεκριμένη πολιτική και μεθοδολογία για ο,τι αφορά στις διαδικασίες συντήρησης του εξοπλισμού και των συστημάτων του. Συγκεκριμένα υπάρχει ένα σαφές πλάνο προληπτικής συντήρησης το οποίο αποσκοπεί στο να ελέγχει και να εντοπίζει τα προβλήματα πριν καν αυτά εμφανιστούν. Αυτού του είδους η πρόληψη είναι δυνατό να συντελέσει μακροπρόθεσμα σε λιγότερες επισκευές, καθώς πιθανές δυσλειτουργίες που μπορεί να προκαλέσουν βλάβη ανιχνεύονται και ρυθμίζονται κατάλληλα. Επίσης, λόγω της μείωσης των βλαβών προκύπτει ότι μειώνεται και ο αριθμός των αλλαγών που γίνεται στα μηχανήματα. Τέλος εξαλείφονται αρκετά και οι συνήθεις καθυστερήσεις στην παραγωγή λόγω βλάβης σε κάποιο καίριο σύστημα.

Μέρος της οργάνωσης των συντηρήσεων είναι και η θέσπιση και εφαρμογή των διαφόρων πρωτοκόλλων που διασφαλίζουν την ισχύ των εγγυήσεων του εξοπλισμού. Είναι πάρα πολύ συχνό φαινόμενο σε κτίρια με μη οργανωμένες συντηρήσεις να ακυρώνονται εγγυήσεις μηχανημάτων, με τις καταστροφικές οικονομικές συνέπειες που αυτό μπορεί να επιφέρει, επειδή αυτά είτε ρυθμίστηκαν είτε επιδιορθώθηκαν από κάποιον μη εξουσιοδοτημένο. Με την ολοκλήρωση του commissioning, ο ιδιοκτήτης του κτιρίου μπορεί να διασφαλίσει (όσο είναι εφικτό) το ότι θα κληθεί να αναλάβει μόνο τα έξοδα αντικατάστασης που είναι άκρως αναπόφευκτα και προγραμματισμένα.

2.2.2.1.3 Εργατικό Δυναμικό

Οι θετικές επιδράσεις της λειτουργικής παραλαβής στο κτίριο περνάνε και στο επίπεδο του εργατικού δυναμικού. Κάθε χειριστής συστημάτων του κτιρίου λαμβάνει μέρος σε μια εκπαιδευτική διαδικασία που σκοπό έχει να τον εξοικειώσει με τις νέες λειτουργίες και διαδικασίες του κτιρίου. Η εκπαίδευση αυτή του τεχνικού προσωπικού είναι ένας από τους τρόπους με τους οποίους παρέχεται η εξασφάλιση στον ιδιοκτήτη ότι οι διαρκείς διαδικασίες του commissioning θα συνεχίσουν να εφαρμόζονται ενώ επίσης θα συνεχίσει να υπάρχει η γενικότερη φιλοσοφία του commissioning, μετά την παράδοση του έργου.

Εκτός του τεχνικού προσωπικού, οι θετικές επιρροές της λειτουργικής παραλαβής επηρεάζουν και το υπόλοιπο εργατικό δυναμικό του κτιρίου. Λόγω των καλύτερων συνθηκών και της πιο εύρυθμης λειτουργίας του κτιρίου και των συστημάτων, είναι αρκετά πιθανό να βελτιωθεί κατά πολύ η γενικότερη απόδοση των εργαζομένων, τόσο από πλευράς ψυχολογίας και άνεσης όσο και επειδή δεν θα χάνει πολύτιμο χρόνο λόγω κακής λειτουργίας κάποιου συστήματος.

2.2.2.2 Βελτίωση Συνθηκών

Ο τομέας των συνθηκών εκφράζει πρακτικά την αναβάθμιση της ποιότητας λειτουργίας που έχει το κτίριο για τους παρευρισκόμενους σε αυτό. Οι συνθήκες του κτιρίου είναι εσωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες και συνθήκες άνεσης και λειτουργικότητας.

Η ποιότητα των εσωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών (Indoor Environmental Quality) είναι καίριας σημασίας για την εύρυθμη λειτουργία του προσωπικού του κτιρίου. Οι διαδικασίες του commissioning συμβάλλουν στη δημιουργία και διατήρηση των καταλλήλων εσωτερικών συνθηκών έτσι, ώστε να υφίσταται ένα κατάλληλο και υγιεινό κλίμα για τους εργαζόμενους.

Με τον όρο εσωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες συμπεριλαμβάνουμε τα εξής:

- Ποιότητα Αέρα Εσωτερικών Χώρων
- Σωστή Θερμοκρασία και Υγρασία

2.2.2.2.1 Ποιότητα Αέρα Εσωτερικών Χώρων

Η καλή ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων (Indoor Air Quality) είναι αναγκαία για ένα μεγάλο κτίριο (όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο). Με τις διαδικασίες της λειτουργικής παραλαβής μπορούμε να έχουμε τη διαβεβαίωση ότι θα έχουμε ικανοποιητικές συνθήκες υγείας και υγιεινής. Μέσω του σωστότερου εξαερισμού θα υπάρχουν φυσιολογικά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα. Επίσης μέσω της καλύτερης διαχείρισης της υγρασίας στα συστήματα HVAC, θα αποφεύγεται και η δημιουργία βακτηρίων και η επακόλουθη εξάπλωση ασθενειών στους εργαζομένους.

2.2.2.2.2 Θερμοκρασία και Υγρασία

Εκτός του σωστού και υγιεινού εξαερισμού, ένα κτίριο οφείλει να διατηρεί και τη θερμοκρασία του σε κάποια σωστά επίπεδα. Συνήθως υπάρχει μια ζώνη θερμοκρασίας στην οποία επιλέγεται να κυμαίνεται το κτίριο, η "ζώνη άνεσης". Επιπροσθέτως υπάρχουν και κάποια στάνταρ και για τα επίπεδα υγρασίας των εσωτερικών χώρων. Ο βασικός στόχος της διαμόρφωσης των εσωτερικών συνθηκών είναι να δημιουργείται ένας βέλτιστος εργασιακός χώρος, στον οποίο ο εργαζόμενος αλλά και τα μηχανήματα να μπορούν να λειτουργούν όσο καλύτερα μπορούν.

Ειδικά σε κτίρια όπως είναι τα νοσοκομεία, αυτά τα θετικά του commissioning είναι απολύτως αναγκαία, καθώς πρέπει να δημιουργούν ένα ιδανικό κλίμα, ώστε αφενός να επιταχύνεται η ανάρρωση των ασθενών και αφετέρου να αποτρέπεται η ανάπτυξη επιπλέον βλαβερών συνθηκών.

2.2.2.2.3 Φωτισμός και Επίπεδα Θορύβου

Ένα από τα μάλλον πιο εύκολα συστήματα που μπορούν να περιληφθούν στο commissioning είναι αυτό του συστήματος φωτισμού. Η βελτιστοποίηση σε αυτό το σύστημα είναι και από την πλευρά της κατανάλωσης και από την πλευρά της λειτουργικότητας. Αρχικά διασφαλίζεται ότι ένα κτίριο, μετά από λειτουργική παραλαβή θα λειτουργεί με τα κατάλληλα επίπεδα φωτισμού. Ούτε πολύ έντονος φωτισμός, ούτε πολύ αδύναμος. Σε ένα δεύτερο επίπεδο εξετάζονται οι επιπλέον παράμετροι που θα οδηγήσουν στην υλοποίηση με τη λιγότερη κατανάλωση, χωρίς να πέφτει όμως η ποιότητα της παροχής. Εδώ συνήθως γίνεται πολύ καλή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού αντί για τη μόνιμη χρήση ηλεκτρικών λαμπτήρων. Επίσης, εισάγονται κυκλώματα αυτόματης διαχείρισης των διακοπών, είτε με ανιχνευτές κίνησης είτε με ανιχνευτές του επιπέδου του φωτός. Τέλος, προτείνεται και η χρήση λιγότερο ενεργοβόρων λαμπτήρων.

Τα επίπεδα θορύβου στους εργασιακούς χώρους πολλές φορές είναι τέτοια που όχι μόνο δεν επιτρέπουν στους εργαζομένους να αποδώσουν στο μέγιστο δυνατό των δυνατοτήτων τους αλλά προκαλούν και άλλες παρενέργειες όπως δυνατούς πονοκεφάλους, κόπωση και στρες. Η συμβολή της λειτουργικής παραλαβής στο πρόβλημα αυτό είναι η ανάδειξη και η πιστοποιημένη μείωση αυτών των επιπέδων θορύβου.

2.2.2.3 Κατανάλωση - Οικονομικά

Αν και όλα τα προηγούμενα θετικά του commissioning μπορούν να αναχθούν σε οικονομικά οφέλη, υπάρχουν και ορισμένα πλεονεκτήματα που ανεβάζουν την οικονομική ευρωστία του κτιρίου, είτε άμεσα, είτε μέσω της κατανάλωσης.

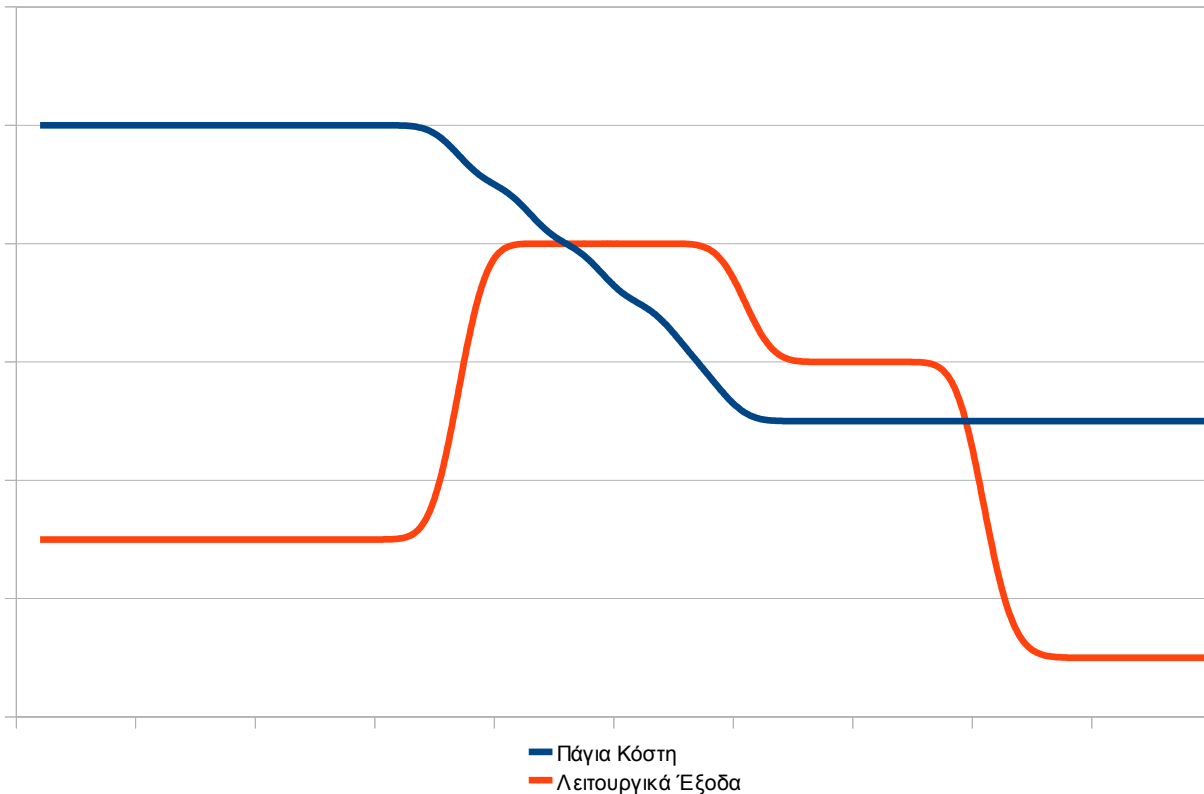
Η βελτιστοποίηση στην κατανάλωση πρακτικά συνεπάγεται το τέλος μιας άσκοπης απώλειας χρημάτων. Το κτίριο πλέον θα καίει μόνο ότι του χρειάζεται μετά τη λειτουργική παραλαβή. Αυτό είναι από μόνο του ένα σημαντικότερο κίνητρο για την εφαρμογή της λειτουργικής παραλαβής καθώς αφενός τα ενεργειακά έξοδα ενός κτιρίου ανέρχονται στο 30% των εξόδων του και αφετέρου η αναμενόμενη εξοικονόμηση (σύμφωνα με προηγούμενες εφαρμογές) είναι της τάξης του 8%-20%. Επίσης σε συνδυασμό με τον προληπτικό έλεγχο μειώνεται αρκετά και το κόστος συντήρησης. Αυτά συνεπάγονται, μεταξύ άλλων, και την καλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου (το οποίο πλέον μπορεί και να σημαίνει αποφυγή προστίμου). Τέλος, η μείωση στην κατανάλωση πολλές φορές χρησιμοποιείται και σαν επιχείρημα του μάρκετινγκ για την καλή εταιρική εικόνα και την ένταξη της επιχείρησης στις green business, κάτι το οποίο δρα απολύτως θετικά για τις δημόσιες σχέσεις της εταιρίας.

Όπως θα δούμε και παρακάτω, μέσω του commissioning, μπορούμε να λάβουμε πλήρη και δομημένη γνώση για τα χαρακτηριστικά των λειτουργιών του κτιρίου και άρα και για την κατανάλωσή του. Αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να μπορούμε να διαπραγματευτούμε καλύτερα συμβόλαια ενέργειας αλλά και να διαχειριστούμε με πιο σωστό και αποδοτικό τρόπο τις προμήθειες ενέργειας.

Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι να ανεβαίνει τελικά η συνολική αξία του κτιρίου. Το κτίριο πλέον έχει πολύ καλύτερη αντιστοιχία κόστους κατασκευής προς τελική αξία κάτι το οποίο του προσδίδει και μια επιπλέον αξιοπιστία με βάση την οποία αποκτά και μεγαλύτερη σταθερότητα ενοικιαστών σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται απ' ευθείας από τον ιδιοκτήτη.

Τέλος πολλές φορές το commissioning αποτελεί και μια μέθοδο αύξησης της αγοραστικής τιμής ενός κτιρίου (και κατ' επέκταση μιας επιχείρησης). Η εφαρμογή του commissioning σημαίνει ένα προσωρινό ανέβασμα στα λειτουργικά έξοδα. Μετά το πέρας του όμως το κτίριο έχει βελτιστοποιηθεί από πλευράς κατανάλωσης, ενώ επιφέρει και καλύτερα κέρδη λόγω της ποιοτικής βελτίωσης που έχει γνωρίσει. Αν σε αυτή τη φάση ο ιδιοκτήτης σταματήσει και τις διαρκείς-συνεχιζόμενες διαδικασίες θα παρουσιάσει μια οικονομική εικόνα κατά την οποία θα έχει ελάχιστα λειτουργικά έξοδα, σωστό εξοπλισμό και βέλτιστα κέρδη. Η οποία αφενός είναι και η ιδανική εικόνα για κάποιον υποψήφιο αγοραστή και αφετέρου είναι η ιδανική κατάσταση για να πιάσει στην αγορά την καλύτερη τιμή.

Κόστη κτιρίου



Διάγραμμα 1: Πάγια και Λειτουργικά κόστη κτιρίου

Στο διάγραμμα 2.1 φαίνεται το κτίριο σε 4 φάσεις:

- Πριν τη λειτουργική παραλαβή (αυξημένα πάγια κόστη και χαμηλά λειτουργικά έξοδα)
- κατά τη λειτουργική παραλαβή (αυξημένα λειτουργικά και φθίνοντα πάγια)
- μετά τη λειτουργική παραλαβή (μειωμένα λειτουργικά και πάγια)
- διακοπή διαρκών υπηρεσιών (ελάχιστα λειτουργικά και μειωμένα πάγια)

2.3 Επηρεαζόμενα Συστήματα

Όπως έχει προαναφερθεί, η λειτουργική παραλαβή είναι στην κανονική της μορφή ένα σύνολο διαδικασιών που αναφέρεται σε όλο το κτίριο και όχι σε μια συγκεκριμένη επιλογή κάποιων εκ των συστημάτων του. Το κτίριο, σαν οντότητα, είναι ένα μεγάλο σύστημα του οποίου η συνολική λειτουργία καθορίζεται από τα συστήματα που το αποτελούν, είναι λοιπόν φυσικό το ότι όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος της εφαρμογής του commissioning στο κτίριο, τόσο περισσότερα είναι και τα λειτουργικά οφέλη. Ο παράγοντας ο οποίος συνήθως περιορίζει την έκταση του commissioning είναι το κόστος της διαδικασίας. Πολλές φορές κρίνεται μη συμφέρουσα η πλήρης λειτουργική παραλαβή και οι ιδιοκτήτες αρκούνται στο commissioning συγκεκριμένων συστημάτων. Κάτι τέτοιο, όπως είναι αναμενόμενο, δεν οδηγεί στην ιδανική λειτουργία του κτιρίου, αλλά φέρνει το κτίριο μερικά βήματα πιο κοντά σε αυτή. Αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμα και αν κάποια συστήματα κριθεί ότι είναι οικονομικά ασύμφορο να περάσουν από commissioning, αυτό σπάνια σημαίνει ότι μακροπρόθεσμα δεν θα αποσβεσθεί η επένδυση. Συνήθως, ερμηνεύεται

ως αδυναμία να δεσμευτεί το συγκεκριμένο κεφάλαιο τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Παρακάτω εξηγούνται τα επιμέρους συστήματα τα οποία συμμετέχουν στη λειτουργική παραλαβή.

Ακολουθούν αναλυτικοί πίνακες με τα περιεχόμενα κάθε συστήματος για τη λειτουργική παραλαβή.[3]

2.3.1 Αρχιτεκτονική Κτιρίου

Σύστημα	Αντικείμενα Συστήματος
Αρχιτεκτονική	Φάκελος Κτιρίου (Μόνωση, στεγανότητα, παράθυρα, πόρτες, οροφή)
	Εσωτερικοί Χώροι
	Δίοδοι Διαφυγής
	Εξωτερικό Κτιρίου (Σκίαστρα, Μόνωση, Απορρόφηση ηλιακής ενέργειας)

2.3.2 Υδραυλικά Συστήματα

Σύστημα	Αντικείμενα Συστήματος
Υδραυλικά Συστήματα	Συστήματα Διαφυγής Νερού Χρήσης
	Συστήματα Διαφυγής Νερού Βροχοπτώσεων
	Συστήματα Διαφυγής και Καθαρισμού Νερού Αποχετευτικού Συστήματος
	Συστήματα Διαφυγής και Καθαρισμού Νερού Εργαστηριακής Χρήσης
	Θερμόμετρα και Μετρητές
	Συστήματα Άντλησης Υδάτων
	Αποτροπείς Αναρρόφησης υδάτων
	Συσκευές θέρμανσης / ψύξης νερού
	Συσκευές Αύξησης Πίεσης
	Απομόνωση Ταλαντώσεων
	Εξουδετέρωση Αποβλήτων Εργαστηρίων
	Συστήματα Κενού Αέρος
	Συστήματα Πεπιεσμένου Αέρα
	Ντους Έκτακτης Ανάγκης
	Συστήματα Απιονισμένου Νερού
	Συστήματα υγρών καυσίμων και υγραερίου
	Συστήματα Άρδευσης
	Φίλτρα Νερού
Βάνες	

2.3.3 Ηλεκτρικά Συστήματα

Σύστημα	Αντικείμενα Συστήματος
Ηλεκτρικά Συστήματα	Διακόπτες
	Σύστημα Εφεδρικής Τροφοδοσίας
	Γεννήτριες
	Έλεγχος Φωτισμού (αισθητήρες και χρονοδιακόπτες)
	Ελεγκτές Φυσικού Φωτός
	Ηλεκτρικοί Πίνακες
	Δίκτυο Διανομής
	Μετασχηματιστές
	Κέντρα Ελέγχου Μηχανών
	Μέτρηση και Παρακολούθηση Ενέργειας
	Εξομάλυνση Τάσης
	Συστήματα Ελέγχου Συχνότητας
	Γειώσεις
	Συστήματα Προστασίας Από Υπερεντάσεις
	Καλωδιώσεις
	Έλεγχος Θερμότητας Κυκλωμάτων
Λευκός Θόρυβος	

2.3.4 Συστήματα Μεταφοράς

Σύστημα	Αντικείμενα Συστήματος
Συστήματα Μεταφοράς	Ανελκυστήρες
	Κινούμενοι Διάδρομοι
	Αυτόματες Σκάλες
	Αυτόματες Πόρτες

2.3.5 HVAC

Σύστημα	Αντικείμενα Συστήματος
HVAC	Θερμόμετρα και Μετρητές
	Απομόνωση Ταλαντώσεων
	Συστήματα Συμπύκνωσης
	Συστήματα Θέρμανσης Νερού

	Κλιματισμός Data Centers
	Συστήματα Διαχείρισης Επιμολυσμένου Νερού
	Chillers
	Υψικάμινι
	Σύστημα Συμπύκνωσης Υδρατμών
	Συστήματα Κρύου Νερού
	Ελεγκτές Ροής Αέρα
	Εφυγραντές
	Αγωγοί
	Δίκτυο Διανομής Αέρα
	Σύστημα Αποβολής Ρύπων
	Σύστημα Αποβολής Καπνού

2.3.6 Συστήματα Επικοινωνιών

Σύστημα	Αντικείμενα Συστήματος
Συστήματα Επικοινωνιών	Δομημένη Καλωδίωση
	Προσβάσεις
	Τερματικός Εξοπλισμός
	Ασφάλεια Δικτύων

2.3.7 Συστήματα Προστασίας

Σύστημα	Αντικείμενα Συστήματος
Συστήματα Προστασίας	Συστήματα Ανίχνευσης Φωτιάς
	Ανίχνευση Καπνού
	Αυτόματο Σύστημα Πυρόσβεσης
	Δίοδοι Διαφυγής
	Φώτα Έκτακτης Ανάγκης
	Ασφάλεια Ανελκυστήρων

2.3.8 Συστήματα Ασφαλείας

Σύστημα	Αντικείμενα Συστήματος
Συστήματα Ασφαλείας	Έλεγχος Πρόσβασης
	Παρακολούθηση Συστημάτων Συναγερμών
	Παρακολούθηση Κτιρίου

2.3.9 Συστήματα Συναγερμών

Σύστημα	Αντικείμενα Συστήματος
Συστήματα Συναγερμών	Αναγνώριση Δυσλειτουργιών
	Έλεγχος Μηχανημάτων
	Ανίχνευση Διαρροών

2.4 Ένταση και Διάρκεια Λειτουργικής Παραλαβής

2.4.1 Ένταση

Η πλήρης λειτουργική παραλαβή των κτιρίων, σπανίως κρίνεται αναγκαία ή οικονομικά συμφέρουσα. Συνήθως οι υπεύθυνοι καλούνται να βρουν την κατάλληλη "ποσότητα" λειτουργικής παραλαβής που θα εφαρμόσουν, ώστε να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία του κτιρίου σε συνδυασμό με μια εύλογη οικονομική επένδυση. Για τη λήψη αυτής της απόφασης υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο. Μερικοί από αυτούς είναι:

- Πολυπλοκότητα του κτιρίου
- Τύπος κτιρίου
- Χρήση κτιρίου
- Μέγεθος κτιρίου
- Είδος έργου (retrofit ή commissioning υπαρχόντων συστημάτων)
- Οικονομική κατάσταση
- Σύσταση του προσωπικού του κτιρίου
- Στόχοι ιδιοκτήτη

2.4.1.1 Πολυπλοκότητα

Η πολυπλοκότητα των συστημάτων ενός κτιρίου παίζει καθοριστικό ρόλο στην απόφαση του αν και τι commissioning θα γίνει. Όσο πιο πολύπλοκα είναι τα συστήματα ενός κτιρίου, τόσο πιο αναγκαία είναι η εφαρμογή του commissioning για την εγγύηση της ποιότητας υπηρεσιών μετά το έργο. Με τον όρο πολύπλοκα, συνήθως εννοούμε συστήματα που έχουν αυξημένη διαδραστικότητα και αλληλεπίδραση με τα υπόλοιπα, συστήματα που ελέγχονται από περίπλοκους αλγορίθμους ελέγχου ή με αρκετά εξειδικευμένες διαδικασίες και τέλος συστήματα των οποίων η λειτουργία είναι αρκετά σύνθετη.

2.4.1.2 Μέγεθος

Το μέγεθος του κτιρίου είναι μια παράμετρος που μπορεί από μόνη της να χαρακτηρίσει το κτιριακό σύστημα ως πολύπλοκο. Στην ακραία περίπτωση μπορεί ένα πολύ μεγάλο κτίριο με σχετικά απλές λειτουργίες, λόγω του όγκου των εργασιών να κρίνεται ως ικανοποιητικά πολύπλοκο ώστε να περάσει από διαδικασίες λειτουργικής παραλαβής.

2.4.1.3 Τύπος

Ο Τύπος του κτιρίου σαν παράγοντας πολυπλοκότητας έχει να κάνει πιο πολύ με τα ειδικά αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά που μπορεί αυτό να παρουσιάζει. Τέτοιες ιδιαιτερότητες μπορεί να είναι η ύπαρξη κάποιας γυάλινης οροφής ή η ύπαρξη μεγάλων αίθριων. Η επίδραση που έχει στην απόφαση για λειτουργική παραλαβή ή μη, συνήθως δρα με το σκεπτικό ότι "ειδικές απαιτήσεις απαιτούν ειδικά μέτρα". Δηλαδή αναγνωρίζεται το κτίριο ως ιδιάζουσα περίπτωση το οποίο αυτόματα σημαίνει περισσότερη πολυπλοκότητα στην επίλυση των προβλημάτων, το οποίο πρακτικά σημαίνει commissioning.

2.4.1.4 Χρήση και Προσωπικό

Η χρήση του κτιρίου όπως είναι λογικό επηρεάζει κι αυτή την απόφαση για τη λειτουργική παραλαβή. Κτίρια με διαφορετικές χρήσεις έχουν και διαφορετικές ανάγκες. Σε κάθε κτίριο, σαν μοναδική περίπτωση, μας ενδιαφέρει μια συγκεκριμένη ομάδα των διαδικασιών και των θετικών του commissioning. Εκτός αυτού, κάθε ομάδα κτιρίων έχει διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσιών. Επίσης στον όρο χρήση μπορούμε να συμπεριλάβουμε και τη σύνθεση-είδος αυτών που παρευρίσκονται στο χώρο. Κλασικό παράδειγμα διαφοροποίησης είναι η αντίθεση νοσοκομείων και κτιρίων γραφείων. Μπορεί και τα δυο να θέλουν να έχουν οπωσδήποτε καλή ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος (IEQ), αλλά διαφέρουν κατά πολύ στην ποιότητα λειτουργίας που απαιτούν. Σε ένα νοσοκομείο, μπορεί να αποβεί μοιραία η ανάπτυξη μικροβίων στο σύστημα εξαερισμού, ενώ σε ένα κτίριο γραφείων είναι κάτι που υπό φυσιολογικές συνθήκες προσπαθούν να αποφεύγουν.

2.4.1.5 Είδος Έργου

Το είδος του έργου που μελετάται να υλοποιηθεί παίζει κι αυτό το ρόλο του στο πόσο commissioning θα γίνει. Όταν μιλάμε για μικρά έργα βελτιστοποίησης υπάρχοντος εξοπλισμού, τότε συνήθως μιλάμε για μικρό ή μηδενικό commissioning. Αν, απεναντίας, μιλάμε για ένα πλήρες πρόγραμμα ανακαίνισης ή ένα πρόγραμμα που θα συμπεριλάβει αρκετά πολύπλοκα συστήματα, τότε η ενσωμάτωση της λειτουργικής παραλαβής στο έργο κρίνεται απαραίτητη.

2.4.1.6 Στόχοι Ιδιοκτήτη

Ανεξαρτήτως από τα παραπάνω, υπάρχει πάντα και η βούληση του εκάστοτε ιδιοκτήτη για το πως θέλει να λειτουργεί το κτίριό του. Η λίστα στόχων που έχει αναπτύξει πρακτικά ορίζει την ποσότητα του commissioning που θα υιοθετήσει το πλήρες έργο.

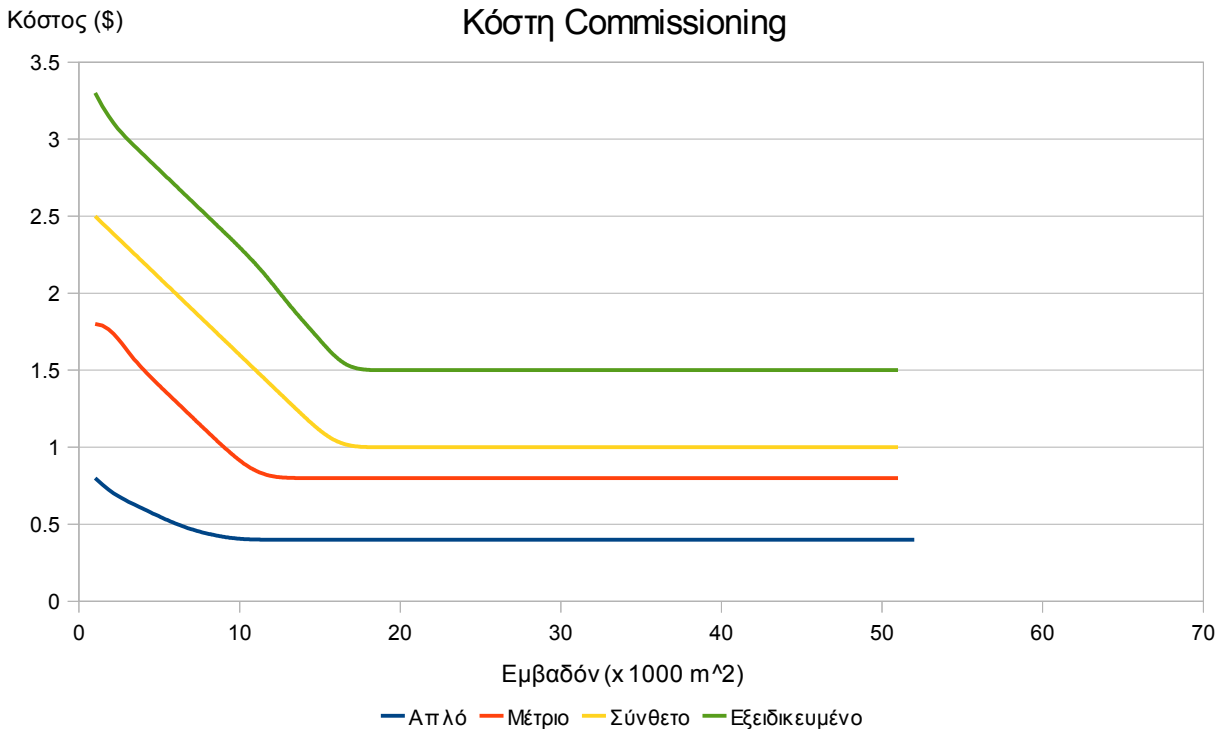
2.4.1.7 Οικονομική Κατάσταση

Τέλος, αυτό που τελικά καθορίζει τα ακριβή μεγέθη του commissioning, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, αλλά και τα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη έργου, είναι ο διαθέσιμος προϋπολογισμός. Αναλόγως με τα χρήματα που μπορούν να διατεθούν ορίζεται και η ένταση αλλά και το είδος του commissioning που θα γίνει. Συγκεκριμένα υπάρχει μια διαφοροποίηση σε 4 είδη commissioning κάθε ένα από τα οποία καλύπτει και διαφορετικές ανάγκες έντασης:

Απλό	Κτίρια γραφείων, εκπαίδευσης, συνηθισμένα συστήματα και μικρό μέγεθος
Μέτριο	Πιο σύνθετα κτίρια γραφείων, αίθουσες εκπαίδευσης με εργαστήρια, αυτοματισμοί κτιρίων, στρατηγικές ελέγχου, περισσότερα συστήματα.
Σύνθετο	Η πλειονότητα των χώρων είναι ειδικοί χώροι (νοσοκομεία, εργαστήρια,

	αποστειρωμένες αίθουσες.
Ειδικευμένο	Εξαιρετικά ειδικοί χώροι (πχ ειδικά εργαστήρια)

Το κόστος της λειτουργικής παραλαβής, έχει εκτιμηθεί (U.S. D.O.E.) στο 1,25% - 2,25% του συνολικού κόστους του έργου. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα το κόστος του commissioning ανά μονάδα επιφάνειας αν και υψηλό για μικρά κτίρια, από ένα μέγεθος και πάνω σταθεροποιείται σε κάποιο χαμηλότερο σημείο.



Διάγραμμα 2: Ενδεικτικά κόστη Commissioning ανά τετραγωνικό μέτρο

Έρευνες (PECI DOE) έχουν δείξει ότι τα κτίρια που έχουν περάσει από λειτουργική παραλαβή παρουσιάζουν μια μείωση στα λειτουργικά έξοδα της τάξης του 8% με 20% σε σχέση με τα κτίρια που δεν έχουν εφαρμόσει αυτές τις διαδικασίες. Στην ίδια έρευνα επισημαίνεται ότι η μείωση της κατανάλωσης είναι 20% με 50%, ενώ τα κόστη συντήρησης πέφτουν κατά 15% ως 35% αντιστοίχως.

2.4.2 Διάρκεια

Η λειτουργική παραλαβή μπορεί να θεωρηθεί ότι διασφαλίζει την ποιότητα λειτουργίας του κτιρίου, για όσο χρόνο εφαρμόζεται. Αυτό δε σημαίνει αναγκαστικά ότι το κτίριο δεν πρέπει να βγαίνει ποτέ από τις διαδικασίες του commissioning. Σημαίνει όμως ότι το commissioning δεν είναι μια διαδικασία που εφαρμόζεται μια και έξω, δεν είναι αγορά ενός κλειστού κουτιού. Συνήθως μετά την κύρια φάση του commissioning, παραμένουν ορισμένες διαδικασίες που είτε σταματάνε μετά από λίγο καιρό (συνεχιζόμενες διεργασίες commissioning) είτε δε σταματάνε ποτέ (διαρκείς

διαδικασίες commissioning). Στόχος αυτών των διαδικασιών είναι να παρέχουν την "λεπτομερή ρύθμιση" (fine tuning) που απαιτείται στο ήδη "σχεδόν βελτιστοποιημένο" κτίριο. Επίσης, με αυτή τη συνεχή παρακολούθηση, γίνεται πιο εύκολα αντιληπτό και το πότε χρειάζεται να ξαναμπει το κτίριο σε διαδικασίες λειτουργικής παραλαβής. Συνήθως κάθε δυο με τρία χρόνια κάποια από τα συστήματα του κτιρίου επιλέγονται και περνάνε εκ νέου από τις διαδικασίες του commissioning. Φυσικά κατά τις περιόδους που δεν γίνεται commissioning, το προσωπικό του κτιρίου (ή τρίτοι) εκτελεί τις συντηρήσεις και τους ελέγχους με βάση τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί κατά το commissioning.

2.5 Ανθρώπινο Δυναμικό

Το σύνολο των διαδικασιών του commissioning διεκπεραιώνονται από μια ομάδα ανθρώπων με διακριτές αρμοδιότητες. Στην ομάδα αυτή συμμετέχουν αρκετά διαφορετικές ειδικότητες που όλες μαζί συνεργάζονται αρμονικά προς τη συμπλήρωση των ενιαίων στόχων που έχουν θεσπιστεί στην αρχή της διαδικασίας, αλλά και αυτών που προκύπτουν δυναμικά κατά την υλοποίηση. Το πλήθος των διαφορετικών ρόλων-ειδικοτήτων μπορεί να διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση καθώς αλλάζουν τα δεδομένα του έργου.

2.5.1 Διαχωρισμός κατά DOE

Σε μια αρκετά γενική περίπτωση μπορούμε να διακρίνουμε (σύμφωνα με το πρότυπο του υπουργείου ενέργειας των ηνωμένων πολιτειών) επτά διαφορετικές εμπλεκόμενες λειτουργικές ομάδες.[7]

- Ιδιοκτήτης
- Σχεδιαστής
- Υπεύθυνος Commissioning (CxA)
- Τεχνικοί Εγκατάστασης – Εκπρόσωποι Κατασκευαστών
- Χειριστές Κτιρίου
- Ειδικοί Ελέγχων
- Εκπρόσωποι Εξωτερικών Φορέων

2.5.1.1 Ιδιοκτήτης

Με τον όρο "ιδιοκτήτης" αναφερόμαστε σε ένα φυσικό πρόσωπο που είτε είναι ο κυριολεκτικός ιδιοκτήτης του κτιρίου, είτε είναι ένας άνθρωπος στον οποίο έχει ανατεθεί να φέρει εις πέρας το πλήρες έργο του commissioning. Και στις δυο αυτές περιπτώσεις νοείται ως ο φορέας στον οποίο δίνεται η τελική αναφορά από τη λοιπή ομάδα του commissioning.

Η "πρώτη" ενέργεια που έχει να κάνει ο ιδιοκτήτης είναι να προσλάβει την υπεύθυνη αρχή του commissioning. Για να γίνει αυτό πρέπει να σχηματίσει μια λίστα προδιαγραφών "CAQC" (Commissioning Authority Qualifications Checklist) που απαιτείται να πληροί ο υποψήφιος υπεύθυνος για την ανάληψη του commissioning. Η λίστα αυτή πρακτικά περιγράφει όλες τις προδιαγραφές που χρειάζονται για να μπορεί να θεωρηθεί ο πιθανός αναλήπτης ικανοποιητικά αξιόπιστος ώστε να μπορέσει να αναλάβει τη λειτουργική παραλαβή. Η λίστα CAQC δημιουργείται έπειτα από αίτηση του ιδιοκτήτη σε κάποια (ή κάποιες) μεγάλες εταιρείες του χώρου (Request For Qualifications). Οι εταιρείες αυτές λαμβάνουν το ρόλο ενός ειδικού broker δρώντας συμβουλευτικά στην έρευνα αγοράς του commissioning. Μετά από αυτό ο ιδιοκτήτης πρακτικά βρίσκει πιθανές ενδιαφερόμενες εταιρείες και τους αποστέλλει μια ανταγωνιστική "αίτηση για πρόταση" (Request

For Proposal). Με βάση αυτό το ανταγωνιστικό RFP οι εταιρείες που έχουν κριθεί ότι ικανοποιούν τα κριτήρια του CAQC αποστέλλουν τις προσφορές τους στον ιδιοκτήτη ο οποίος τελικά επιλέγει το ποιον θα χρήσει υπεύθυνο λειτουργικής παραλαβής.

Από τη στιγμή που η αρχή του commissioning έχει στελεχωθεί, ο ιδιοκτήτης αρχίζει σε συνεργασία με αυτήν, να μελετά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου. Στην αρχή αυτό γίνεται σαν μια αόριστη ομάδα στόχων που πιο πολύ περιγράφουν τη φιλοσοφία των αλλαγών που επιθυμεί ο ιδιοκτήτης. Με βάση τη φιλοσοφία του συγκεκριμένου commissioning σιγά σιγά σχηματίζεται και ο προϋπολογισμός του όλου έργου.

Τα επόμενα τρία στάδια αφορούν κυρίως στο σχεδιασμό και χρονοπρογραμματισμό του έργου. Ο ιδιοκτήτης, σε συνεργασία πάντα με την αρχή του commissioning, διευκρινίζει το ποιοι είναι οι ακριβείς στόχοι αλλά και ποιες είναι οι ακριβείς απαιτήσεις λειτουργίας του κτιρίου μετά την εφαρμογή του commissioning. Εδώ είναι επίσης η στιγμή όπου το έργο θα αναλυθεί πλήρως και θα συνταχθεί και το ανάλογο χρονοδιάγραμμα.

Πλέον υπάρχει μια σαφής εικόνα στον ιδιοκτήτη και την αρχή της λειτουργικής παραλαβής για όλες τις απαιτήσεις του έργου, οπότε ο ιδιοκτήτης μπορεί να προβεί στις κατάλληλες προσλήψεις προσωπικού αλλά και στις απαιτούμενες μεταβολές στις αρμοδιότητες του ήδη υπάρχοντος ανθρώπινου δυναμικού, ώστε να στελεχωθεί πλήρως το έργο και να μπορέσει να εκκινήσει η πρακτική του υλοποίησης.

Από την άποψη του σχεδιασμού ο ιδιοκτήτης έχει συμπληρώσει, εκτός απροόπτου, τον κύκλο εργασιών του. Οι αρμοδιότητές του τώρα περνάνε πιο πολύ σε εποπτικές. Όταν τελειώσουν επιτυχώς τα προηγούμενα στάδια δίνει το σύνθημα έναρξης των εργασιών. Ενώ όταν έρθει η κατάλληλη στιγμή δίνει το σύνθημα τέλους της όλης διαδικασίας. Φυσικά στο ενδιάμεσο, όπως θα δούμε και παρακάτω, συνήθως καλείται να συμμετάσχει και αυτός στις εκπαιδευτικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα για να εξοικειωθεί το εργατικό δυναμικό με τον καινούργιο τρόπο λειτουργίας των κτιρίων.

2.5.1.2 Αρχή commissioning

Με τον όρο “αρχή commissioning” (Commissioning Authority – CxA) αναφερόμαστε στο φορέα που θα αναλάβει να οργανώσει την πλήρη διαδικασία λειτουργικής παραλαβής του κτιρίου. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η επιλογή του γίνεται με βάση ένα ανταγωνιστικό RFP βάσει συγκεκριμένου CAQC. Το CAQC είναι ένας φορμαλιστικός τρόπος περιγραφής των διαπιστευτηρίων των υποψηφίων αρχών. Συνήθως τα CAQC περιέχουν πληροφορίες σχετικά με τις ικανότητες της αρχής commissioning. Για να επιλεγεί κάποιος σαν υπεύθυνος λειτουργικής παραλαβής πρέπει να έχει ικανοποιητική εμπειρία σε διάφορα θέματα που θα χρειαστούν κατά το έργο. Συγκεκριμένα θεωρείται ιδανικό να έχει εμπειρία σε:

- διάγνωση προβλημάτων
- συστήματα παρακολούθησης συστημάτων (monitoring)
- προ λειτουργικούς ελέγχους (prefunctional)
- λειτουργικούς ελέγχους (functional)
- επιτήρηση εργασιών

Και οι πέντε παραπάνω τομείς είναι ιδιαίτερης σημασίας καθώς αποτελούν τον βασικό σκελετό στον οποίο θα πατήσει το commissioning στα στάδια της πρακτικής υλοποίησης. Τα πρώτα τέσσερα ασχολούνται με το κομμάτι της αναγνώρισης των προβλημάτων διαβεβαιώνοντας την ορθότητα των ελέγχων ενώ το τελευταίο αφορά στην ποιότητα των παρεχομένων υπηρεσιών προς το κτίριο. m²

2.5.1.2.1 Επιλογή

Υπάρχει μια σχετική ευελιξία όσον αφορά το ποιος μπορεί να είναι τελικά ο υπεύθυνος της λειτουργικής παραλαβής. Συγκεκριμένα υπάρχουν τρεις υποψηφίες κατηγορίες, ο σχεδιαστής των συστημάτων, ο μηχανικός εγκατάστασης και τέλος μια εντελώς ανεξάρτητη αρχή commissioning. Όπως θα δούμε, κάθε μια μπορεί να δίνει ειδική βαρύτητα σε διαφορετικά σημεία από την προαναφερθείσα πεντάδα. Αυτό δεν είναι κάτι αρνητικό καθώς και τα διαφορετικά έργα commissioning εμφανίζουν και αυτά από μόνα τους μεγάλη ποικιλομορφία στους συντελεστές βαρύτητας των προϋποθέσεων που αναφέρθηκαν.

2.5.1.2.1.1 Σχεδιαστής Συστημάτων

Ο σχεδιαστής των συστημάτων συνήθως προτιμάται στα μεγάλα έργα retro-commissioning, στα έργα δηλαδή που υιοθετείται το commissioning ως μέρος μιας μεγαλύτερης διαδικασίας ανακαίνισης-αναβάθμισης του κτιρίου. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι αρκετά βαρύνουσας σημασίας το βασικό πλεονέκτημα της πολύ καλής εξοικείωσης με τα εγκαθιστώμενα συστήματα έναντι οποιουδήποτε άλλου υποψηφίου. Η υιοθέτηση του υπεύθυνου σχεδίασης των συστημάτων για τη θέση του υπευθύνου λειτουργικής παραλαβής προσφέρει ένα αρκετά μειωμένο φόρτο στο management του commissioning, καθώς υπάρχει ένας λιγότερος ανεξάρτητος θεσμικός ρόλος που πρέπει να συνεργαστεί με τους υπολοίπους. Τέλος, η ταύτιση των δυο ρόλων μειώνει τα έξοδα του έργου καθώς τα έξοδα του commissioning ενσωματώνονται στα έξοδα της σχεδίασης των συστημάτων. Ένα αρνητικό που συναντά ο σχεδιαστής των συστημάτων ως CxA είναι το ότι κατά τη γενική περίπτωση δεν εμφανίζει πολύ υψηλού επιπέδου εξοικείωση με το απόλυτα τεχνικό κομμάτι του commissioning. Ένα άλλο και μάλλον βασικότερο αρνητικό είναι ότι μπορεί να εμφανίζει, για διάφορους λόγους, κάποια ιδιαίτερη προσκόλληση σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σχεδίασης που τελικά δεν ταιριάζουν απόλυτα στο συγκεκριμένο έργο, εξαφανίζοντας έτσι έναν από τους μεγαλύτερους παράγοντες ανάδρασης του commissioning, την αλλαγή λόγω ακαταλληλότητας των εγκαθιστωμένων συστημάτων.

2.5.1.2.1.2 Μηχανικός εγκατάστασης

Ο μηχανικός εγκατάστασης των συστημάτων, αν και είναι η πιο ευάλωτη κατηγορία, μπορεί και αυτός να αποτελέσει τη λύση για τον υπεύθυνο commissioning υπό ορισμένες αρκετά σαφείς προϋποθέσεις. Συνήθως μια τέτοια λύση προτιμάται σε αρκετά περιορισμένου μεγέθους έργα λειτουργικής παραλαβής κτιρίων και στην πλειονότητα των περιπτώσεων όταν έχει αναλάβει συγχρόνως την αναβάθμιση όλου του κτιρίου. Ο μηχανικός εγκατάστασης μπορεί να λάβει το ρόλο του CxA όταν το συνολικό commissioning έχει αποσαφηνιστεί πλήρως και άρα έχει αναχθεί σε μια “απλή” τεχνική υλοποίηση. Ένα βασικό μειονέκτημα της συγκεκριμένης επιλογής είναι η ενδεχόμενη ακαταλληλότητα του μηχανικού για το έργο. Μέρος αυτής της ακαταλληλότητας, σε πλήρη αντιστοιχία με το σχεδιαστή, μπορεί να είναι και η ανεπάρκεια του μηχανικού στο κομμάτι της σχεδίασης. Το κυριότερο όμως μειονέκτημα που εμφανίζεται και εδώ αλλά και στο σχεδιαστή είναι το γεγονός ότι και οι δυο καλούνται τελικά ως CxA να κρίνουν τη δουλειά τους ως μηχανικοί εγκατάστασης ή σχεδιαστές αντίστοιχα. Αυτό δυστυχώς προσδίδει έναν τεράστιο παράγοντα υποκειμενικότητας στην τελική βελτιστοποίηση και μπορεί να συντελέσει ακόμα και σε ένα αποτυχημένο commissioning.

2.5.1.2.1.3 Ανεξάρτητη Αρχή Commissioning

Η τρίτη επιλογή που παρέχεται είναι η επιλογή για υπεύθυνο του commissioning ενός τρίτου, ανεξάρτητου φορέα. Στα μεγάλα έργα αυτό είναι αναγκαίο καθώς οι υπόλοιπες βαθμίδες του έργου αφενός έχουν ήδη ένα τεράστιο φόρτο και αφετέρου το commissioning γίνεται αρκετά πιο περίπλοκο και απαιτητικό. Η επιλογή του ανεξάρτητου φορέα παρέχει την βεβαιότητα ότι το έργο

θα κινηθεί προς τη σωστή κατεύθυνση, καθώς η λειτουργικότητα των συστημάτων αξιολογείται από έναν αντικειμενικό παρατηρητή. Επίσης η επιλογή αυτή έχει το θετικό ότι προσδίδει στα συστήματα και ένα “τρίτο μάτι” που μπορεί να ανιχνεύσει κάποια σημεία που είναι πρακτικά αόρατα στους υπολοίπους της ομάδας του commissioning.

2.5.1.2.2 Αρμοδιότητες

Οι γενικές αρμοδιότητες του υπεύθυνου της λειτουργικής παραλαβής συνοψίζονται εν μέρει στη γενική εποπτεία του έργου. Συγκεκριμένα μπορούν να αναλυθούν σε εργασίες υλοποίησης και σε εργασίες συντονισμού.

2.5.1.2.2.1 Υλοποίηση

Αρχίζοντας τις διαδικασίες του commissioning η υπεύθυνη αρχή της λειτουργικής παραλαβής αναλαμβάνει, σε συνεργασία με τον ιδιοκτήτη, να συντάξει τους πλήρεις και λεπτομερείς στόχους όλου του commissioning. Η απόφαση αυτή στην αρχή του έργου δεν είναι πάγια. Πολλές φορές αυτοί οι στόχοι αναπροσαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες που προκύπτουν δυναμικά στο χώρο. Ο CxA είναι ο αρμόδιος για να βρει τα κατάλληλα στελέχη στις υπόλοιπες θέσεις στην ομάδα του commissioning. Αφού οι διαδικασίες έχουν αρχίσει, ο CxA είναι αυτός που θα συγκεντρώσει και θα μελετήσει όλη την τεκμηρίωση (documentation) για τα συστήματα του κτιρίου. Μαζί με αυτό συμπληρώνει ό,τι κρίνει ότι λείπει από την υπάρχουσα τεκμηρίωση, καθώς και από τα νέα συστήματα-διαδικασίες, έτσι ώστε σε επόμενο στάδιο να μπορεί να εγγυηθεί ότι το συνολικό documentation του κτιρίου (ως σύνολο υλικό αλλά και διαδικαστικό) είναι πλήρες και αξιόπιστο. Στη συνέχεια ο CxA κάνει μια εκτεταμένη εκτίμηση όλων των τακτικών λειτουργίας αλλά και συντήρησης για όλα τα υπάρχοντα και μελλοντικά συστήματα και διαδικασίες. Στο τελικό κομμάτι των αρμοδιοτήτων υλοποίησης βρίσκεται η δημιουργία των διαφόρων διαγνωστικών και λειτουργικών ελέγχων, αλλά και όλων των ελέγχων απόδοσης, για όλες τις παραμέτρους που πρέπει να ελεγχθούν κατά τη διάρκεια του commissioning (Αυτά φυσικά γίνονται και με τη συμβολή της υπόλοιπης ομάδας κατά περίπτωση). Κατά τη διάρκεια του commissioning έχει την υποχρέωση να συντάσσει κατανοητές αναφορές προόδου στον ιδιοκτήτη, έτσι ώστε να λαμβάνει και την αντίστοιχη ανάδραση για τους θεσπισμένους στόχους. Στο τέλος των “εργασιών” δημιουργεί μια πλήρη και εκτενή αναφορά σχετικά με τα υλοποιηθέντα, τα συμπεράσματα που εξήχθησαν αλλά και το τι μέλλει γενέσθαι από εκεί και στο εξής στο κτίριο.

2.5.1.2.2.2 Συντονισμός

Στο συντονιστικό κομμάτι ο υπεύθυνος του commissioning έχει πρακτικά το ρόλο και του σχεδιαστή αλλά και του γενικού ελεγκτή. Μετά την πλήρη αποσαφήνιση των στόχων αρχίζει να δημιουργεί το πλάνο της λειτουργικής παραλαβής. Αναλύει δηλαδή όλον το χρονοπρογραμματισμό του έργου, έτσι ώστε να μπορέσει να βελτιστοποιηθεί και το έργο το ίδιο.

Η ευθύνη για το γενικότερο συντονισμό και τη σωστή συνεργασία μεταξύ της ομάδας επιβάλει στον υπεύθυνο του commissioning να ελέγχει ότι το κάθε μέλος της ομάδας κάνει αυτό που οφείλει και με το σωστό τρόπο, ενώ τέλος καθίσταται υπεύθυνος για την αρμονική συνεργασία της ομάδας ως σύνολο.

2.5.1.3 Σχεδιαστής

Ο ειδικευμένος στη σχεδίαση μπορεί συνήθως να χρησιμοποιείται στα μεγάλα retro-commissioning ή στα commissioning κατά την κατασκευή του κτιρίου, αλλά σπανίως λαμβάνει μέρος στο commissioning υπαρχόντων συστημάτων. Πρόκειται συνήθως για έναν μηχανικό ή αρχιτέκτονα που ειδικεύεται στο σχεδιασμό μεγάλων ηλεκτρομηχανικών συστημάτων. Η βασική

του αρμοδιότητα είναι να αξιολογεί με σκοπό την έγκριση ή την απόρριψη το όλο documentation του έργου. Σε περίπτωση απουσίας του, οι δράσεις αυτές επιβαρύνουν την αρχή της λειτουργικής παραλαβής, οπότε είναι λογικό η παρουσία του να κρίνεται απαραίτητη για μεγαλύτερα έργα, ώστε να μπορεί η CxA να αφοσιωθεί παραπάνω στις συντονιστικές αρμοδιότητες. Ως μέλος της ομάδας του commissioning ο σχεδιαστής μπορεί να αναλάβει τις εξής αρμοδιότητες (δίνοντας παραπάνω ελευθερία κινήσεων στον CxA):

- Αξιολόγηση πλάνου commissioning
- Αξιολόγηση λειτουργικών ελέγχων και ελέγχων απόδοσης
- Τεκμηρίωση όλων των νέων συστημάτων και μηχανισμών ελέγχου
- Επίβλεψη εγκαταστάσεων
- Συμμετοχή στους λειτουργικούς ελέγχους

2.5.1.4 Τεχνικοί Εγκατάστασης και Εκπρόσωποι Κατασκευαστών

Οι τεχνικοί εγκατάστασης (ή οι εκπρόσωποι των κατασκευαστών) είναι επιφορτισμένοι με μια σειρά οργανωτικών αλλά κυρίως τεχνικών αρμοδιοτήτων κατά τη λειτουργική παραλαβή. Αρχικά συνδράμουν στη δημιουργία του πλάνου και χρονοπρογραμματισμού της λειτουργικής παραλαβής του κτιρίου, καθώς παρέχουν στον υπεύθυνο του commissioning την ενημέρωση για τα απολύτως τεχνικά δεδομένα του έργου. Μετά από αυτό, στα πιο τεχνικά, είναι υπεύθυνοι για τη ρύθμιση των συστημάτων του κτιρίου αλλά και τη δημιουργία του πλήρους documentation και εγχειριδίων χρήσης για την εκκίνηση, τη λειτουργία και τις διαδικασίες ελέγχου τους. Σε πλήρη συνεργασία με την υπεύθυνη αρχή του commissioning δημιουργούν τα διάφορα τεστ απόδοσης και λειτουργίας. Σε ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό των περιπτώσεων οι εγγυήσεις των συστημάτων προϋποθέτουν οι διαγνωστικοί έλεγχοι να γίνονται από τους εκπροσώπους των κατασκευαστών. Έτσι κατά τις διαδικασίες του commissioning πρέπει αυτοί και μόνον αυτοί να ασχολούνται με τον εξοπλισμό έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η περίπτωση της ακύρωσης της εγγύησης. Μετά αλλά και κατά τη διάρκεια των διαφόρων εργασιών εγκατάστασης και ελέγχων οι τεχνικοί και εκπρόσωποι αναλαμβάνουν να εκπαιδεύσουν κατάλληλα και τους μελλοντικούς χειριστές του κτιρίου έτσι ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν από μόνοι τους στην πλειονότητα των αναγκών που θα προκύψουν μετά το πέρας της λειτουργικής παραλαβής, χωρίς να μετριάζεται η ποιότητα της υπηρεσίας.

2.5.1.5 Χειριστές Κτιρίου

Η βασική υποχρέωση των χειριστών του κτιρίου είναι να συμμετέχουν όσο πιο πολύ μπορούν στους διάφορους ελέγχους που γίνονται στο κτίριο κατά το commissioning έτσι ώστε να μπορούν μετά τη λήξη του να το χειριστούν διατηρώντας μια σταθερά υψηλή ποιότητα λειτουργίας. Η σωστή εξοικείωσή τους με τα συστήματα και τις διαδικασίες του commissioning έχει απώτερο σκοπό να διευκολύνει τις διάφορες συνεχιζόμενες διαδικασίες λειτουργικής παραλαβής. Παρέχει δηλαδή την εγγύηση ότι το commissioning θα συνεχιστεί και μετά το τυπικό πέρας των αρχικών διαδικασιών.

2.5.1.6 Ειδικό Ελέγχων

Υπάρχουν περιπτώσεις συστημάτων που οι διαγνωστικοί και λειτουργικοί έλεγχοί τους, είτε λόγω ειδικών συνθηκών είτε λόγω εξαιρετικής πολυπλοκότητας, δεν είναι καθόλου προφανείς και εύκολοι, ώστε να μπορούν να σχεδιαστούν και να υλοποιηθούν από τις προηγούμενες ομάδες. Εκεί χρειάζεται να αναμιχθούν ειδικοί ελεγκτές οι οποίοι παρεμβαίνουν στο σχεδιασμό, τους καθ' εαυτώ ελέγχους, το documentation και τελικά στις εκπαιδευτικές διαδικασίες του προσωπικού.

2.5.1.7 Εκπρόσωπος Εξωτερικού Φορέα

Πολλές φορές το commissioning μπορεί να θεωρείται κομμάτι ενός ευρύτερου έργου ή να περιέχει ένα μικρότερο έργο για το οποίο είναι υπεύθυνος κάποιος εντελώς ανεξάρτητος. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο υπεύθυνος αυτού του έργου ή έστω κάποιος αντιπρόσωπός του πρέπει να συμμετέχει στην ομάδα του commissioning έτσι ώστε να γίνεται σωστά η συνεργασία των δυο μερών.

2.5.2 Διαχωρισμός κατά GSA

Εναλλακτικά μπορούμε να διακρίνουμε τους ρόλους της ομάδας commissioning σύμφωνα με το πρότυπο της GSA (General Services Administration). Οι διαφοροποιήσεις δεν είναι μεγάλες αλλά δείχνουν μια κάπως διαφορετική φιλοσοφία στην προσέγγιση. Εδώ υπάρχει επιπλέον ένας γενικός project manager που αποφορτίζει σημαντικά το φόρτο εργασίας του Commissioning Agent αλλά και του ιδιοκτήτη. Παρακάτω φαίνεται η αναλυτική διάκριση των ειδικοτήτων.[3]

- Project Manager (Γενικός υπεύθυνος)
- Χειριστές
- Εκπρόσωπος Ιδιοκτήτη
- Εξειδικευμένο Τεχνικό Προσωπικό
- Υπεύθυνος Κατασκευών
- Εργολήπτες Κατασκευών
- Commissioning Agent (CxA)
- Αρχιτέκτονας ή Μηχανικός

2.5.2.1 Πίνακες Αρμοδιοτήτων

Ακολουθεί μια προτεινόμενη κατανομή των αρμοδιοτήτων στις υπάρχουσες ειδικότητες, ανάλογα με τη φάση του commissioning κατά την GSA.

Παρακάτω εξηγούνται οι ακριβείς αρμοδιότητες που χρησιμοποιούνται στην κωδικοποίηση των πινάκων:

- Lead (L) διεύθυνση και πλήρης ευθύνη
- Support (S) παροχή υποστήριξης
- Approve (A) επίσημη ή και ανεπίσημη έγκριση
- Participate (P) συμμετοχή στη δράση
- Inform (I) ενημέρωση για το συγκεκριμένο γεγονός
- Verify (V) Επιβεβαίωση για την ορθή εκτέλεση

Πίνακας 1: Φάση Προγραμματισμού

	Γενικός Υπεύθυνος	Χειριστές	Εκπρόσωπος Ιδιοκτήτη	Εξειδικευμένο Τεχνικό Προσωπικό	Υπεύθυνος Κατασκευών	Εργολήπτες Κατασκευών	CxA	Αρχιτέκτονας ή Μηχανικός
Δημιουργία ομάδας commissioning	L/A	S	S	P/S				
Δημιουργία προδιαγραφών έργου ιδιοκτήτη	L/A	S	S	S				
Προσδιορισμός αρχικής διάρκειας commissioning	L	S	S	P/S				
Δημιουργία αρχικού σχεδίου commissioning	L	S	S	S				
Προϋπολογισμός έργου	L	S	S	S				
Χρονική αναδιάταξη κατασκευής για ενσωμάτωση Cx	L	I	I	I				
Ενσωμάτωση commissioning στις παραδοτέες υπηρεσίες	L/A	S		S				

Πίνακας 2: Φάση Σχεδίασης

	Γενικός Υπεύθυνος	Χειριστές	Εκπρόσωπος Ιδιοκτήτη	Εξειδικευμένο Τεχνικό Προσωπικό	Υπεύθυνος Κατασκευών	Εργολήπτες Κατασκευών	CxA	Αρχιτέκτονας ή Μηχανικός
Υπογραφή Συμβολαίου commissioning	L/A	P	P	P	L			
Meetings φάσης σχεδίασης	P	P	P	P	P		L	P
Αναγνώριση διακεκριμένων αρμοδιοτήτων	L	P	P	S	S		P	P
Έλεγχος πληρότητας/ορθότητας προδιαγραφών ιδιοκτήτη	S	S	I		I		L	I
Δημιουργία Βάσης Σχεδιασμού	A	P	P	S/A	I		I	L
Στοχευμένοι Cx έλεγχοι σχεδίων και προδιαγραφών	P	P		P	S		L	S
Έλεγχοι υλοποιησιμότητας	P			I/P	L		I/S	S
Αλλαγές στις προδιαγραφές (βάση των ελέγχων)	A	P	P	I	I		I	L
Αλλαγές απαιτήσεων ιδιοκτήτη (βάση των ελέγχων)	A	P	P	S	I		L	S
Προδιαγραφές Cx + πρωτόκολλα ελέγχων	I	I	I	P/S	S		L	S
Ενσωμάτωση Cx στο σχεδιασμό της κατασκευής	A	I	I	I	L		S	I
Συντονισμός αλληλεπίδρασης συστημάτων	A	I	I	P/S	S		V	L
Ανανέωση σχεδίου commissioning	A	I	I	I	S		L	I
Ενσωμάτωση προδιαγραφών Cx στις προδιαγραφές κατασκευής	A			I	L		S	S

Πίνακας 3: Φάση Κατασκευής

	Γενικός Υπεύθυνος	Χειριστές	Εκπρόσωπος Ιδιοκτήτη	Εξειδικευμένο Τεχνικό Προσωπικό	Υπεύθυνος Κατασκευών	Εργολήπτες Κατασκευών	CxA	Αρχιτέκτονας ή Μηχανικός
Αναθεώρηση πλάνου commissioning (αν χρειάζεται)	A	I	I	I	I	S	I	L
Έλεγχος προτάσεων εξοπλισμού - συστημάτων	I			P	A	S	S	L
Έλεγχος προδιαγραφών ποιότητας κατασκευής και συμμόρφωσης προδιαγραφών με το πλάνο	I			I/P	A	L	S	V
Δημιουργία διαδικασιών και τεκμηρίωσης ελέγχου για τα συστήματα που γίνονται commission	A	I	I	S/A	S	S	I	L
Ενσωμάτωση διαδικασιών Cx σε όλες τις αγορές - συμφωνίες	A					A	L	V
Δημιουργία λιστών ελέγχου κατασκευής μηχανημάτων - συστημάτων	A			P	I	I	I	L
Εγκατάσταση συστημάτων	I	I	I		A	A	L	V
Έλεγχος επίδοσης και πιθανών αλλαγών Cx	A	I	I	I/S	S	L	S	V
Επίδειξη λειτουργίας συστημάτων	I		P/I		I	P	L	V
Τελείωμα λιστών ελέγχου κατασκευής	I	I		I	I	S	L	A
Συνεχής ενημέρωση των records και υποβολή τους ως τεκμηρίωση	A	S			I	S	L	V
Συντονισμός λειτουργικών ελέγχων για όλα τα συστήματα	I	I	I	P/A	I	S	S	L/A
Εφαρμογή ελέγχων ποιότητας	I			I/P		L	S	P/I
Διατήρηση αρχείων λειτουργικών ελέγχων	I	I	I	I/P	I	S	S	L
Ετοιμασία αναφορών commissioning	A	I	I	I/P	I	P	S	L
Cx meetings φάσης κατασκευής	P	P	P	P	P	P	P	L
Διατήρηση αρχείου βασικών προβλημάτων	I	I	I	I	I	S	I	L
Ανασκόπηση εγγυήσεων εξοπλισμού - συστημάτων	I	I				S	S	L
Εκπαιδευτικές διαδικασίες χειριστών	I	P	P	I/S	P	S	S	L
Συμπλήρωση και παράδοση πακέτου Cx	A	A			S	S	L	S/V
Παράδοση πρακτικών commissioning	A	P	P	I	S	S	S	L

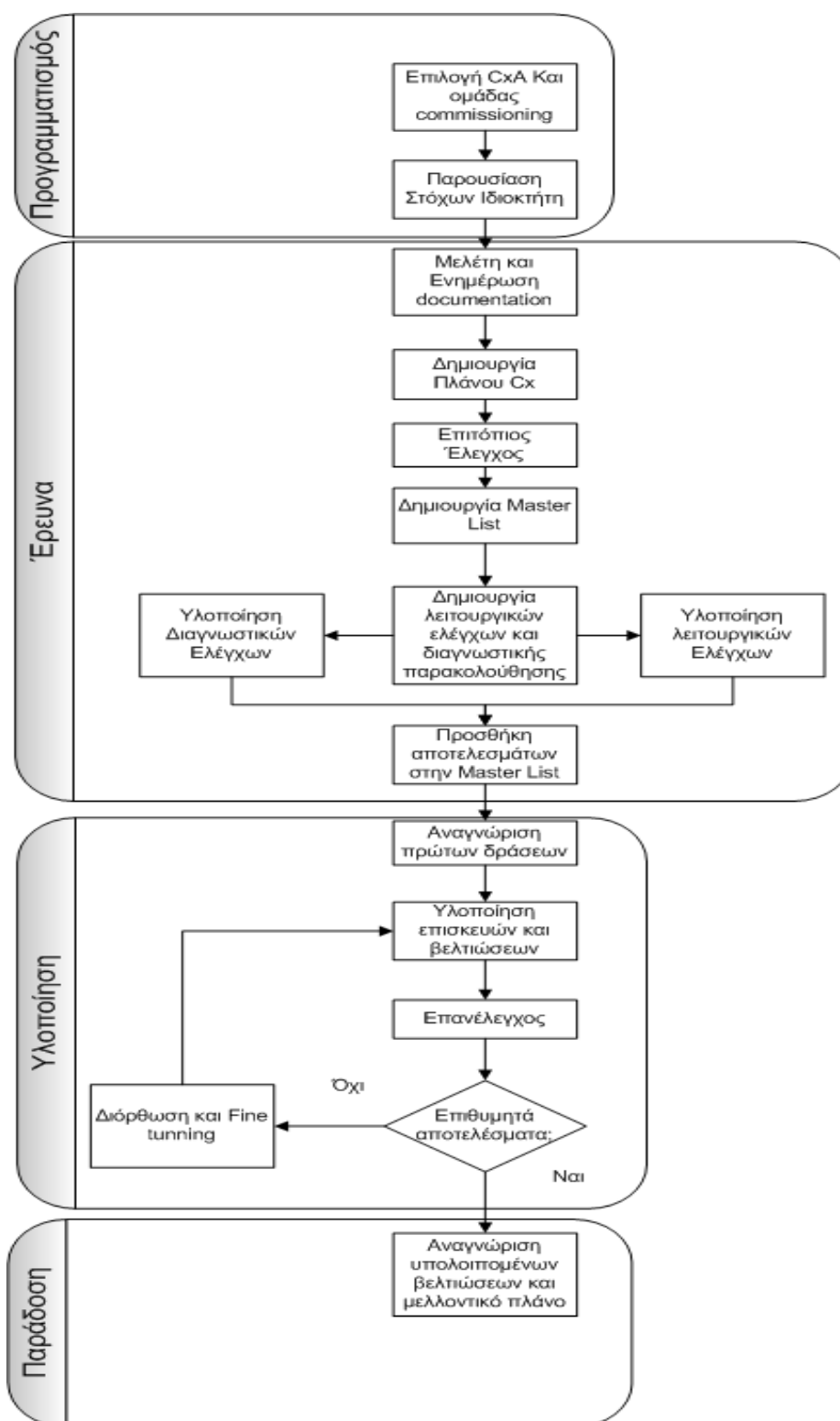
Πίνακας 4: Μετα-Κατασκευαστική Φάση

	Γενικός Υπεύθυνος	Χειριστές	Εκπρόσωπος Ιδιοκτήτη	Εξειδικευμένο Τεχνικό Προσωπικό	Υπεύθυνος Κατασκευών	Εργολήπτες Κατασκευών	CxA	Αρχιτέκτονας ή Μηχανικός
Συντονισμός και επίβλεψη διορθώσεων “αστοχιών”	A	P		I	I/S	L	S	I
Συντονισμός και επίβλεψη εποχιακών ελέγχων	A	P		I		S		I
Ανάδειξη βέλτιστων λειτουργιών	A	P		I	I/S	S	S	I
Επανελέγχος του κτιρίου σε εύλογο (και εντός εγγύησης) διάστημα	A	P		I	S	S		I
Καταγραφή υποδείξεων από τους χρήστες του κτιρίου	A	P		I	S	S	S	S
Συμπλήρωση τελικής αναφοράς commissioning	A	P			I/P	I		I
Διενέργεια ελέγχου αποτίμησης ενεργειών	A	S		S		S		S
Re-commission σε μερικά χρόνια (3-5)	L	P		L	P			

2.6 Διαδικασίες Commissioning

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες λειτουργικής παραλαβής. Η πρώτη κατηγορία αφορά στα έργα όπου η λειτουργική παραλαβή ενσωματώνεται στην κατασκευή ενός κτιρίου, η δεύτερη στα έργα όπου το commissioning αποτελεί μέρος μιας ριζικής ανακαίνισης (retro-commissioning) και τέλος η τρίτη στα έργα που έχουν ως αυτοσκοπό της εφαρμογή των διαδικασιών του commissioning στα υπάρχοντα συστήματα. Σε αυτή την εργασία θα ασχοληθούμε με τις δυο τελευταίες κατηγορίες καθώς αυτές είναι που εφαρμόζονται στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων. Αυτό γίνεται διότι η αγορά δεν έχει αντιληφθεί ακόμα τα τεράστια οφέλη από τις διαδικασίες αυτές ώστε να τις θεωρεί αναγκαίες σε ένα κτίριο που κατασκευάζεται τώρα. Οι μεθοδολογίες που ακολουθούνται στις δυο περιπτώσεις είναι αρκετά παρεμφερείς απλά παρουσιάζουν κάποιες διαφοροποιήσεις καθώς είναι και μέρη διαφορετικών ειδών έργων.

2.6.1 Commissioning Υπαρχόντων Συστημάτων



Σχήμα 9: Αλγόριθμος commissioning υπαρχόντων συστημάτων

Η λειτουργική παραλαβή υπαρχόντων συστημάτων είναι ίσως η πιο "απλή" από τις τρεις διαφοροποιήσεις. Αναφέρεται σε έργα που έχουν ως σκοπό να βελτιστοποιήσουν τη συνολική λειτουργία του κτιρίου, ως σύνολο συστημικών, μηχανικών και διαδικαστικών αλληλεξαρτήσεων, με την ελάχιστη δυνατή αλλαγή στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται. Συνήθως αποσκοπεί γενικά στην βελτίωση της λειτουργίας του κτιρίου, σε συνδυασμό με εκτεταμένους διαγνωστικούς και λειτουργικούς ελέγχους αλλά και με βελτιστοποίηση των πολιτικών συντήρησης του εξοπλισμού. Αποτελείται από τέσσερις βασικές φάσεις, το σχεδιασμό, την έρευνα, την υλοποίηση και την παράδοση.

2.6.1.1 Προγραμματισμός

- Επιλογή CxA
- Δημιουργία Ομάδας
- Κατάθεση Προοπτικών Ιδιοκτήτη

Το πρώτο βήμα κατά τον προγραμματισμό του Commissioning είναι η επιλογή του υπευθύνου της λειτουργικής παραλαβής (Commissioning Authority - CxA). Υπεύθυνος για αυτό είναι ο ιδιοκτήτης (είτε αυτοπροσώπως είτε μέσω εκπροσώπου του). Για την επιλογή αυτή ο "ιδιοκτήτης", μέσω των διαδικασιών που περιγράφονται παρακάτω, και με την βοήθεια των RFQ, CAQC και competitive RFP, επιλέγει την κατάλληλη CxA. Το επόμενο βήμα είναι ο ιδιοκτήτης μαζί με τον αρχηγό του commissioning να σχηματίσουν την ομάδα της λειτουργικής παραλαβής επιλέγοντας τους κατάλληλους ανθρώπους από τις κατάλληλες ειδικότητες.

Από τη στιγμή που η ομάδα commissioning έχει στελεχωθεί, ο ιδιοκτήτης περιγράφει στον CxA τους βασικούς στόχους - τις προσδοκίες που έχει από το όλο έργο. Οι προσδοκίες αυτές ποικίλουν από περίπτωση σε περίπτωση αλλά συνήθως κατηγοριοποιούνται σε λειτουργικές και βελτίωσης συνθηκών. Οι δυο αυτές κατηγορίες δεν είναι πάντα απολύτως διακριτές καθώς συνήθως ένας παράγοντας βελτίωσης μπορεί να έχει πολλά αποτελέσματα στη συνολική συμπεριφορά του κτιρίου.

2.6.1.1.1 Λειτουργικές

Προσβασιμότητα	Πρόσβαση και χρήση από παιδιά, ηλικιωμένους και άτομα με ειδικές ανάγκες
Επικοινωνίες	Δυνατότητα παροχής τηλεπικοινωνιακής υποδομής για ένδο και έξω επικοινωνία
Υλοποιησιμότητα	Πρόσβαση στο χώρο, ασφάλεια κατά την κατασκευή και αξιολόγηση κατασκευής
Βελτιστοποίηση Σχεδιασμού	Παρεμβάσεις που θα τελειοποιήσουν το σχεδιασμό
Χρόνος Ζωής	Παράταση του χρόνου ζωής των μηχανημάτων
Ενέργεια	Καλύτερη ενεργειακή απόδοση κτιρίου, πιθανώς και για την τήρηση συγκεκριμένων κριτηρίων
Ασφάλεια και Πυρασφάλεια	Συστήματα πυρασφάλειας και ασφάλειας προσωπικού
Ασφάλεια Χώρου	Ασφάλεια από εξωτερικούς κινδύνους

Επεκτασιμότητα	Για πιθανές βελτιώσεις ή επεκτάσεις της κατασκευής
“Πράσινο Κτίριο”	Πλήρωση συγκεκριμένων στοχευμένων κριτηρίων ενεργειακής απόδοσης
Ενημέρωση	Κατανόηση της λειτουργίας του κτιρίου
Φωτισμός	Τεχνητός αλλά και φυσικός
Συντηρήσεις	Ανεπαρκές προσωπικό ή ιδιαίτερος πολύπλοκες μέθοδοι
Τήρηση Προδιαγραφών	Τήρηση προδιαγραφών λειτουργίας σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις
Δομική Ασφάλεια	Αντοχή σε σεισμούς και σε λοιπά ακραία φαινόμενα
Ποιότητα Λειτουργίας	Διαγνωστικός και λειτουργικός έλεγχος

2.6.1.1.2 Βελτίωση Συνθηκών

Επίπεδα θορύβου	Μείωση εσωτερικού και εξωτερικού επιπέδου θορύβου
Άνεση	Αναγνώριση, καταγραφή και βελτίωση των προβλημάτων άνεσης του χώρου. (κατανομή αέρα, κακές θερμοκρασίες, υγρασία)
Υγεία και Υγιεινή	Προστασία από παράγοντες μόλυνσης
Ποιότητα Εσωτερικών Χώρων	Βελτίωση εσωτερικών συνθηκών (υγρασία, εξαερισμός κτλ)

Οι παραπάνω προοπτικές του ιδιοκτήτη αποτελούν την πρώτη γενική κατεύθυνση στην οποία πρέπει να κινηθεί ο υπεύθυνος της λειτουργικής παραλαβής. Οι προσδοκίες αυτές πρώτα θα περάσουν από μια διαδικασία ανάδρασης τόσο από τον CxA όσο και από τους χρήστες και χειριστές του κτιρίου ώστε να μπορέσουν να μετουσιωθούν σε ρεαλιστικούς πλέον στόχους και να λάβουν τη μορφή του πρώτου προγραμματιστικού πλάνου του commissioning.

2.6.1.2 Έρευνα

Εδώ η ομάδα πρακτικά μπαίνει στη φιλοσοφία των αλλαγών, στόχων, διαδικασιών και μέτρων που χρειάζονται για να πληρωθούν οι γενικές προσδοκίες του ιδιοκτήτη του κτιρίου. Η φάση της έρευνας μπορεί να αναλυθεί στις εξής επτά ομάδες δράσεων:

- Μελέτη και Ενημέρωση Documentation
- Δημιουργία πλάνου commissioning
- Συνάντηση Μελών Ομάδας Λειτουργικής Παραλαβής
- Επιτόπια Εκτίμηση Λειτουργίας και Συντήρησης
- Δημιουργία Βασικής Λίστας Δράσεων (σημαντικότερα στοιχεία-βελτιώσεις σε λειτουργία και συντήρηση) - Master List
- Σχεδιασμός Ελέγχων Απόδοσης και Διαγνωστικής Παρακολούθησης

- Λειτουργικά Τεστ σε Εξοπλισμό και Συστήματα

2.6.1.2.1 Μελέτη και Ενημέρωση Documentation

Η επιτυχία των διαδικασιών του commissioning, όπως έχει ήδη αναφερθεί και στο πρώτο κεφάλαιο, στηρίζεται σε τεράστιο βαθμό στη σωστή εξόρυξη και διαχείριση της γνώσης που περιγράφει γενικευμένο σύστημα που ονομάζουμε κτίριο. Είναι άκρως απαραίτητο να σε ένα έργο λειτουργικής παραλαβής υπάρχοντος εξοπλισμού να ξέρουμε όσο το δυνατόν περισσότερα για τον εξοπλισμό αυτό. Οι διαδικασίες ενημέρωσης και μελέτης ξεκινάνε από τον ιδιοκτήτη, ο οποίος είναι επιφορτισμένος με την ευθύνη της συγκομιδής και παράδοσης στην ομάδα του commissioning ενός πακέτου που περιέχει όλο το απαιτούμενο documentation για το κτίριό του.

Με βάση αυτό το πακέτο περιγραφής και τεκμηρίωσης των συστημάτων του κτιρίου, η ομάδα αρχίζει να ενημερώνεται θεωρητικά για τον τρόπο λειτουργίας της κτιριακής οντότητας. Η ενημέρωση - εκπαίδευση αυτή αποτελείται από όλα τα στοιχεία που ενδέχεται να χρειαστεί η ομάδα για την έρευνά της σχετικά με τις δράσεις του commissioning. Για το απολύτως θεωρητικό κομμάτι μελετώνται πλήρως τα σχεδιαγράμματα των συστημάτων του κτιρίου σε συνδυασμό με τα εγχειρίδια χρήσης τους αλλά και με τις ακριβείς λίστες του εξοπλισμού του κτιρίου. Εν συνεχεία αναλύονται οι διάφορες αναφορές για τις διαδικασίες των συστημάτων ελέγχου (ακολουθίες διαδικασιών, διαγράμματα ελέγχου) και τα logs των διαγνωστικών ή προληπτικών ελέγχων. Η έρευνα συνεχίζεται με την ανάλυση των τεχνικών εξοικονόμησης. Η ομάδα λειτουργικής παραλαβής μελετά τις στρατηγικές εξοικονόμησης, τις αναλυτικές μετρήσεις των ενεργειακών μελετών (σε αντιπαράθεση με τις προκύπτουσες μειώσεις κόστους) και τέλος τις αναφορές από τις μεθόδους TAB (Testing Adjusting Balancing – πρακτικά Monitoring & Targeting) που εφαρμόζονται στο κτίριο.

2.6.1.2.2 Δημιουργία Πλάνου Λειτουργικής Παραλαβής

Μετά τη διαδικασία της μελέτης η ομάδα είναι έτοιμη πλέον να συντάξει ένα πρώτο πλάνο λειτουργικής παραλαβής. Στο πλάνο λειτουργικής παραλαβής γίνεται ο ακριβής σχεδιασμός και χρονοπρογραμματισμός των δράσεων του commissioning. Σε αυτό περιγράφονται με ακρίβεια (και όχι εν είδη γενικών προσδοκιών) οι στόχοι που καλείται να επιτύχει το commissioning καθώς και η προς σχηματισμό λίστα αποτελεσμάτων. Καθορίζεται επίσης το εύρος των ελέγχων και των δοκιμών που θα γίνουν στο κτίριο κατά τη λειτουργική παραλαβή αλλά και το ποια ακριβώς συστήματα θα συμπεριληφθούν στις διαδικασίες αυτές και στο σύστημα στόχων. Συμπληρωματικά στο πλάνο γίνεται και μια πλήρης περιγραφή του συστήματος παρακολούθησης και ελέγχου ενέργειας (EMCS) που θα χρησιμοποιηθεί για την τεχνική εποπτεία του κτιρίου.

2.6.1.2.3 Διαμοιρασμός Ρόλων

Με τη συμπλήρωση του προγράμματος λειτουργικής παραλαβής αρχίζει η πρακτική δουλειά. Πρώτο στάδιο είναι η πλήρης στελέχωση ή έστω ο χρονοπρογραμματισμός των προσλήψεων των ανθρώπων που θα χρειαστούν στο έργο. Παράλληλα γίνεται η ακριβής ανάθεση των αρμοδιοτήτων στις επιμέρους ειδικότητες της ομάδας commissioning.

2.6.1.2.4 Επιτόπιος Έλεγχος

Μετά τη συμπλήρωση των πιο θεωρητικών κομματιών, αρχίζει το πιο πρακτικό κομμάτι των διαδικασιών. Γίνεται εξονυχιστικός επιτόπιος έλεγχος και καταγράφονται τα πραγματικά χαρακτηριστικά λειτουργίας και συντήρησης. Στόχος αυτών των ελέγχων είναι η πλήρης και ουσιαστική κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του κτιρίου με σκοπό να δοθεί ανάδραση στο πλάνο της λειτουργικής παραλαβής, έτσι ώστε να είναι ρεαλιστικό. Κατά τους ελέγχους αυτούς

εξετάζεται η κατάσταση του εξοπλισμού, ο σκοπός χρήσης του και οι πραγματικές ακολουθίες ελέγχου του αναδυκνείοντα έτσι κάποια μεγάλα προβλήματα στη λειτουργία που δεν φαίνονται στο documentation. Εκτός του εξοπλισμού ελέγχονται και οι διαδικασίες των χειριστών του κτιρίου με σκοπό αφενός να αποσαφηνιστεί το πραγματικό πρόγραμμα λειτουργίας και αφετέρου να εντοπιστούν είτε σοβαρά λάθη στις ενέργειές τους είτε σοβαρές παραλείψεις στον τομέα της άνεσης των παρευρισκομένων στο χώρο (συμπεριλαμβανομένης και της ποιότητας εσωτερικού χώρου). Στο στάδιο αυτό είναι δυνατό να γίνουν και οι πρώτες μικρο παρεμβάσεις στο χώρο (μέτρα μηδενικού κόστους, πρώτης προσέγγισης).

Με την ολοκλήρωση αυτής της φάσης τελειώνει ο πρώτος γύρος της μελέτης του κτιρίου, σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο.

2.6.1.2.5 Βασική Λίστα - Master List

Ο υπεύθυνος της λειτουργικής παραλαβής έχει πλέον στα χέρια του την πλήρη ανάλυση του κτιρίου (για την προ commissioned εποχή) και το σαφές σύστημα στόχων. Με αυτά τα δυο προχωράει πλέον στη δημιουργία της Βασικής Λίστας (Master List) στην οποία περιγράφονται πλήρως μια προς μια όλες οι διαδικασίες που πρέπει να γίνουν σε πρώτο στάδιο και αποτελεί μετεξέλιξη του συνόλου στόχων που έχει θεσπιστεί. Η λίστα αυτή περιέχει καταχωρήσεις της μορφής:

όνομα συστήματος ή εξοπλισμού	περιγραφή προβλήματος	πιθανές λύσεις	κατάσταση επιδιόρθωσης
-------------------------------	-----------------------	----------------	------------------------

που περιγράφουν όλα τα ευρήματα που συνθέτουν το αντικείμενο των δράσεων του commissioning.

Η Master List αποτελεί το πρώτο βήμα για το λεπτομερή σχεδιασμό (ο χονδρικός σχεδιασμός υπάρχει ήδη!) της όλης λειτουργικής παραλαβής. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της είναι ο δυναμικός της χαρακτήρας, καθώς καθ' όλη τη διάρκεια του commissioning προστίθενται ή μεταβάλλονται τα στοιχεία της με βάση τα νεότερα δεδομένα που προκύπτουν.

2.6.1.2.6 Έλεγχοι Απόδοσης και Διαγνωστικής Παρακολούθησης

Ο σκοπός της δημιουργίας και εφαρμογής ενός σχεδίου διαγνωστικής παρακολούθησης είναι να συγκεντρωθούν παραπάνω πληροφορίες για το "πώς" και το "πότε" λειτουργούν πραγματικά τα διάφορα συστήματα και μηχανήματα του κτιρίου. Η διαγνωστική παρακολούθηση βοηθάει στην ανάλυση των στοιχείων που βρίσκονται στην Master List. Επίσης συλλέγει έξτρα δεδομένα που είτε επιβεβαιώνουν είτε αναιρούν τα προηγούμενα μέρη του ελέγχου του κτιρίου. Το σύστημα παρακολούθησης μπορεί είτε να είναι κάτι επιπλέον που εγκαθίσταται κατά το commissioning είτε το υπάρχον σύστημα του κτιρίου (EMCS), αρκεί το τελευταίο να έχει κριθεί αξιόπιστο. Συνήθως το σύστημα καταγράφει δεδομένα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (2 βδομάδες + 1 τυπικό σαββατοκύριακο). Τα δεδομένα αυτά συγκρίνονται με τα δεδομένα της θεωρητικής μελέτης και της επιτόπιας έρευνας και εξάγονται τα αντίστοιχα συμπεράσματα τα οποία ενδεχομένως να μεταβάλλουν και την Master List.

2.6.1.2.7 Λειτουργικά Τεστ

Μερικές φορές χρειάζεται να γίνει και λειτουργικός έλεγχος των συστημάτων και του εξοπλισμού σε αυτή τη φάση. Με τον όρο λειτουργικός έλεγχος εννοούμε μια σαφώς δομημένη διαδικασία ελέγχου που αποτελείται από ανεξάρτητα και διακριτά βήματα με βάση τα οποία μπορεί να αναλυθεί πλήρως η λειτουργία της εξεταζομένου συστήματος και να αναδειχθούν τυχούσες δυσλειτουργίες. Οι έλεγχοι αυτοί μπορούν να δρουν συμπληρωματικά με το σύστημα διαγνωστικής

παρακολούθησης (για περισσότερη λεπτομέρεια) ή και αντί αυτού σε περιπτώσεις που κρίνεται αναξιόπιστο. Τα λειτουργικά τεστ συνήθως δεν είναι ιδιαίτεως αυτοματοποιημένα με αποτέλεσμα να προτιμάται η διαγνωστική παρακολούθηση στην πλειονότητα των περιπτώσεων.

2.6.1.3 Υλοποίηση

Μετά τη λήξη της φάσης της έρευνας, μπορεί να αρχίσει πλέον η φάση της υλοποίησης των βελτιώσεων της λειτουργικής παραλαβής. Η φάση αυτή έχει τρεις επιμέρους διαχωρισμούς:

- Ανάλυση και επιλογή των αλλαγών και βελτιώσεων που προέχουν
- Υλοποίηση αλλαγών και βελτιώσεων
- Επανελέγχος και παρακολούθηση

2.6.1.3.1 Ανάλυση και Επιλογή Δράσεων

Σύμφωνα με την Master List που έχει σχηματιστεί, ο υπεύθυνος της λειτουργικής παραλαβής, σε συνεργασία με τον ιδιοκτήτη αποφασίζουν το ποιες θα είναι οι αλλαγές και οι βελτιώσεις που προέχουν για την καλύτερη ροή του έργου. Εδώ είναι αρκετά πιθανό να χρειαστεί και η συμβολή κάποιου μηχανικού, έτσι ώστε να αναδειχθούν οι δράσεις αυτές που θα επιφέρουν και το μεγαλύτερο άμεσο αποτέλεσμα συνδυαζόμενο με το μικρότερο κόστος υλοποίησης. Μια απόσβεση της τάξης των 18 μηνών συνήθως είναι ικανοποιητική.

2.6.1.3.2 Υλοποίηση Αλλαγών και Βελτιώσεων

Η όλη φιλοσοφία του commissioning είναι η υλοποίηση βελτιώσεων που θα αποφέρουν άμεσα ή μελλοντικά οικονομικά οφέλη. Μέχρι να εφαρμοστούν αυτά τα μέτρα η λειτουργική παραλαβή παραμένει ανολοκλήρωτη. Αναλόγως με τις ικανότητες του προσωπικού του κτιρίου, οι αλλαγές αυτές μπορεί είτε να γίνουν από το προσωπικό αυτό είτε από επιπλέον προσωπικό. Συνήθως τα συστήματα ελέγχου είναι αυτά που το προσωπικό του κτιρίου δεν μπορεί να βελτιώσει από μόνο του. Οι αλλαγές στα συστήματα και τον εξοπλισμό, τις πιο πολλές φορές συνίστανται σε μεταβολές των λανθασμένων ακολουθιών λειτουργίας σε συνδυασμό με στρατηγικές λειτουργίας με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας.

Παράλληλα με τις εργασίες, το προσωπικό του κτιρίου εκπαιδεύεται και στη νέα λειτουργία των συστημάτων, σύμφωνα με τις υποδείξεις του υπεύθυνου της λειτουργικής παραλαβής.

2.6.1.3.3 Επανελέγχος και Παρακολούθηση

Ανεξαρτήτως του αν η καθ' εαυτώ υλοποίηση γίνει από τρίτο ή από τους τεχνικούς του κτιρίου, είναι καλό ο υπεύθυνος του commissioning να είναι παρόν, για να επιβλέπει τις διαδικασίες και να διασφαλίσει ότι όλα θα γίνουν όπως πρέπει. Εκτός της επίβλεψης, σε αυτό το στάδιο είναι εξαιρετικά χρήσιμο να γίνει και ένας επανελέγχος των (καινούργιων πλέον) συστημάτων έτσι ώστε να διασφαλιστεί η σωστή τους λειτουργία, τόσο σε μεμονωμένο επίπεδο όσο και συνδυαστικά με τα υπόλοιπα συστήματα. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να είναι είτε με τη μορφή απλού ελέγχου είτε με την επανεφαρμογή του monitoring που έγινε και σε προηγούμενα στάδια. Με αυτό τον τρόπο επιβεβαιώνεται επίσης και η ευστοχία των παρεμβάσεων της λειτουργικής παραλαβής.

2.6.1.4 Παράδοση

Η φάση της παράδοσης είναι η τελευταία φάση του commissioning. Αν και όλες οι υλοποιήσεις έχουν περατωθεί ως τώρα, ο CxA παραμένει στο έργο για να τελειώσει και κάποιες επιπλέον διαδικασίες και να μεταλαμπαδεύσει και τη γνώση που έχει αποκτηθεί στους καθημερινούς

χειριστές του κτιρίου.

2.6.1.4.1 Αναγνώριση Μελλοντικών Βελτιώσεων

Το commissioning υπαρχόντων συστημάτων στηρίζεται κυρίως σε εφαρμογή αλλαγών μικρού κόστους. Παρ' όλα αυτά κατά τη διάρκειά του εξάγεται από το κτίριο γνώση για τα συστήματα και τις λειτουργίες του ικανή να στηρίξει και αρκετά πιο πολύπλοκες, βαριές και ακριβότερες βελτιώσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η λειτουργική παραλαβή υπαρχόντων συστημάτων πολλές φορές να αποτελεί την αρχή ενός πολύ μεγαλύτερου προγράμματος βελτίωσης του κτιρίου (ίσως και ένα μεγάλο retro-commissioning) παρέχοντας ένα καλό δείκτη αναγκαιότητας. Με αυτό το σκεπτικό ο CxA σχηματίζει μια εκτενή αναφορά στην οποία περιγράφονται όλες οι δυνατές επιθυμητές (ή και αναγκαίες) μελλοντικές βελτιώσεις στο κτίριο.

2.6.1.4.2 Παράδοση Τελικής αναφοράς Commissioning

Το τελευταίο που έχει να κάνει ο υπεύθυνος της λειτουργικής παραλαβής είναι να συντάξει για τον ιδιοκτήτη ή τον project manager την τελική αναφορά του commissioning. Σε αυτή συνήθως περιέχονται τα εξής:

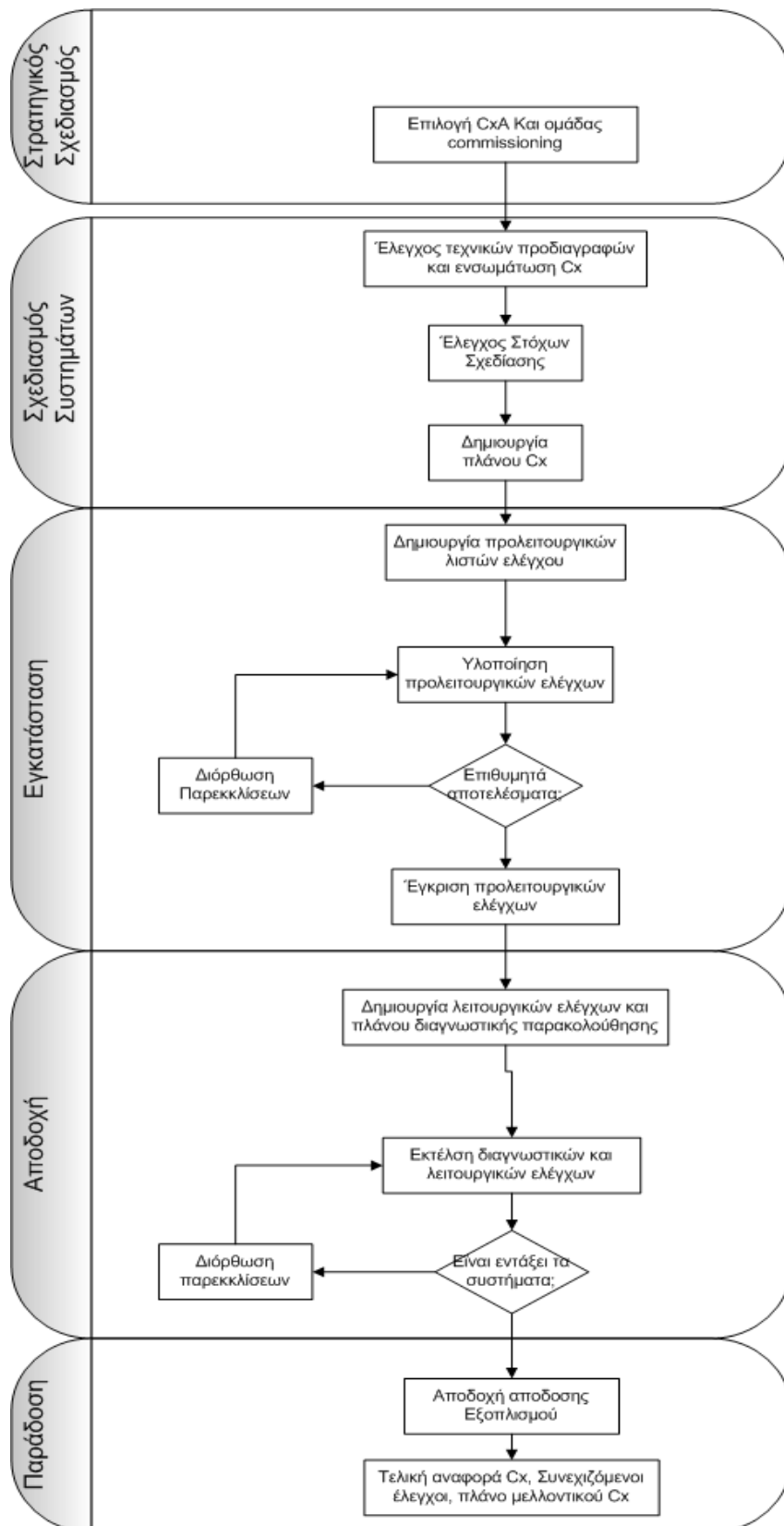
- Περιγραφή του έργου
- Περιγραφή του κτιρίου και των συστημάτων του
- Λίστα των δυσλειτουργιών μαζί με τις λύσεις τους
- Το πλάνο της λειτουργικής παραλαβής
- Η Master List των βελτιώσεων που έγιναν
- Οι βελτιώσεις που έγιναν και το αντίκτυπό τους
- Περιγραφή των συστημάτων παρακολούθησης-ελέγχου του κτιρίου (EMCS)
- Οι αλγόριθμοι των ελέγχων που εφαρμόστηκαν και τα αποτελέσματά τους
- Λίστα προτεινομένων βασικών αλλαγών

2.6.2 Retro commissioning

Η λειτουργική παραλαβή ανακαινιζόμενων συστημάτων, ή αλλιώς retro commissioning, είναι σαφώς πιο πολύπλοκη από το commissioning υπαρχόντων συστημάτων. Αυτό συμβαίνει επειδή το retro commissioning πρακτικά είναι η λειτουργική παραλαβή των υπαρχόντων συστημάτων που δεν ανακαινίζονται συνδυαζόμενη με τη λειτουργική παραλαβή ως ενσωματωμένη διαδικασία στο έργο της ανακαίνισης. Οι διαδικασίες της λειτουργικής παραλαβής πρέπει να είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν παράλληλα με το πρόγραμμα ανακαίνισης προκαλώντας τα βέλτιστα αποτελέσματα. Ο υπεύθυνος του commissioning είναι που έχει την αρμοδιότητα να ενσωματώσει τις υπηρεσίες της λειτουργικής παραλαβής στην όλη ροή του έργου. Γενικά μπορούμε να διακρίνουμε 5 φάσεις του όλου έργου:

- Στρατηγικός Σχεδιασμός
- Σχεδιασμός Συστημάτων
- Εγκατάσταση
- Αποδοχή
- Παράδοση

Σχήμα 10: Αλγόριθμος Retro-Commissioning



Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται και μια γενική αντιστοίχιση των διαδικασιών του commissioning με τις αντίστοιχες φάσεις της ανακαίνισης.

Έργο Ανακαίνισης	Commissioning
Στρατηγικός Σχεδιασμός	
<ul style="list-style-type: none"> Επιλογή ομάδας σχεδίασης και υλοποίησης ανακαίνισης 	<ul style="list-style-type: none"> Πρόσληψη CxA και ομάδας commissioning
Σχεδιασμός Συστημάτων	
<ul style="list-style-type: none"> Σχεδιασμός και τεχνικές προδιαγραφές 	<ul style="list-style-type: none"> Έλεγχος τεχνικών προδιαγραφών και ενσωμάτωση προδιαγραφών Cx Έλεγχος στόχων σχεδίασης Συνάντηση με σκοπό τον προσδιορισμό του εύρους του commissioning Δημιουργία πλάνου λειτουργικής παραλαβής
Εγκατάσταση	
<ul style="list-style-type: none"> Εγκατάσταση Εξοπλισμού Εκκίνηση Εξοπλισμού 	<ul style="list-style-type: none"> Δημιουργία προ λειτουργικών λιστών ελέγχου Υλοποίηση προ λειτουργικών ελέγχων Διόρθωση παραλείψεων Έγκριση προ λειτουργικών ελέγχων
Αποδοχή	
<ul style="list-style-type: none"> Υποβολή τεκμηρίωσης εξοπλισμού Εκπαίδευση προσωπικού Παράδοση ανακαινισμένου κτιρίου 	<ul style="list-style-type: none"> Δημιουργία λειτουργικών ελέγχων και πλάνων διαγνωστικής παρακολούθησης Υλοποίηση λειτουργικών και διαγνωστικών ελέγχων Διόρθωση παραλείψεων Αποδοχή λειτουργίας εξοπλισμού
Παράδοση	
<ul style="list-style-type: none"> Υλοποίηση υπολειπομένων διαδικασιών Συντηρήσεις Re-Commission 	<ul style="list-style-type: none"> Δημιουργία τελικής αναφοράς commissioning Υλοποίηση ελέγχων σε συστήματα που έχουν μεταβληθεί Δημιουργία πλάνου για μελλοντικό commissioning

2.6.2.1 Στρατηγικός Σχεδιασμός

Η φάση του Στρατηγικού Σχεδιασμού σε ένα έργο ανακαίνισης, είναι μάλλον η ιδανική στιγμή για την ενσωμάτωση των διαδικασιών λειτουργικής παραλαβής σε αυτό. Ο Ιδιοκτήτης κοινοποιεί τις προθέσεις του στην ομάδα σχεδίασης και υλοποίησης του έργου. Τα μέλη της ομάδας πλέον θεωρούν τη λειτουργική παραλαβή αναπόσπαστο κομμάτι του έργου και εξοικειώνονται με αυτό. Συνήθως ζητείται από αρκετά μέλη της ομάδας να λάβουν και επιπλέον αρμοδιότητες, σχετιζόμενες ε το commissioning.

Σε αυτή τη φάση, ο ιδιοκτήτης προσλαμβάνει το γενικό υπεύθυνο του commissioning (σύμφωνα με τις διαδικασίες που έχουν ήδη αναφερθεί) και σχηματίζει την ομάδα λειτουργικής παραλαβής. Όσο πιο νωρίς γίνει η στελέχωση τόσο πιο εύκολο είναι να χρησιμοποιηθούν στο commissioning και τα μέλη της γενικής ανακαίνισης (με ότι αυτό συνεπάγεται σχετικά με την ενδεχόμενη ασυμβατότητα των ρόλων). Όσο πιο νωρίς ληφθεί η απόφαση και οριστεί ο υπεύθυνος του commissioning, τόσο πιο εύκολη είναι και η ενσωμάτωση των διαδικασιών του στο γενικότερο έργο.

2.6.2.2 Σχεδιασμός Συστημάτων

Ο βασικός στόχος της λειτουργικής παραλαβής, κατά τη διάρκεια της φάσης του σχεδιασμού των συστημάτων, είναι το να διασφαλίσει ότι θα συμπεριληφθούν στη σχεδίαση το σύνολο των προδιαγραφών λειτουργικότητας και απόδοσης των συστημάτων του κτιρίου. Επίσης σε αυτή τη φάση γίνεται ο πρώτος προγραμματισμός της λειτουργικής παραλαβής.

2.6.2.2.1 Έλεγχος Προσφορών-Προδιαγραφών και Ενσωμάτωση Λειτουργικής Παραλαβής

Από τη στιγμή που αρχίσει η διαδικασία σχεδίασης των συστημάτων ξεκινάει και η γενική εποπτεία της λειτουργικής παραλαβής. Στην παρούσα φάση, της σχεδίασης, αυτό που πρέπει να διασφαλίσει το commissioning είναι η καταλληλότητα και η επάρκεια του υποψηφίου εξοπλισμού. Αρχικά ελέγχεται (βάσει προδιαγραφών) αν ο εξοπλισμός που επιλέχθηκε στη σχεδίαση τηρεί τις προδιαγραφές που επιβάλλει τόσο η επιθυμητή συμπεριφορά όσο και η ποιότητα υπηρεσίας του commissioning. Για την ακρίβεια εξετάζεται το κατά πόσο η προσφορά που είναι προς επιλογή:

- καλύπτει τις λειτουργικές ανάγκες,
- καλύπτει τις ανάγκες ελέγχου και διαγνωστικής παρακολούθησης,
- έχει ευνοϊκούς όρους ως προς εγγυήσεις, συντηρήσεις, εγκατάσταση και ευθύνη σωστής λειτουργίας και
- ενσωματώνει τις ανάγκες της λειτουργικής παραλαβής.

Σε περίπτωση που κάποιο από αυτά τα στοιχεία είτε απουσιάζει είτε κρίνεται ανεπαρκές, γίνεται προσπάθεια για μεταβολή των προδιαγραφών της προσφοράς.

2.6.2.2.2 Έλεγχος Documentation Τάσης Σχεδιασμού Συστημάτων

Το documentation της τάσης σχεδιασμού συστημάτων, αποτελεί μια ομάδα εγγράφων που έχει ως σκοπό να αποσαφηνίσει το όλο σκεπτικό του έργου, χωρίς να μπαίνει κατ' ανάγκη σε απολύτως τεχνικές λεπτομέρειες. Από πλευράς περιεχομένου θυμίζει αρκετά τη λίστα στόχων του ιδιοκτήτη που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Συνήθως καλύπτει τους εξής τομείς:

- Γενική περιγραφή συστήματος,
- στόχοι και λειτουργικότητα συστημάτων, εξοπλισμού και εγκαταστάσεων,

- ποιότητα υλικών και κατασκευής,
- απαιτήσεις χρηστικότητα,
- Ποιότητα Εσωτερικών Χώρων (Indoor environmental quality) (θερμοκρασία, υγρασία, ποιότητα αέρα, επίπεδα θορύβου, φωτισμός κτλ),
- Κριτήρια απόδοσης (Γενική επίδοση συστημάτων, Εξοικονόμηση Ενέργειας κτλ),
- Περιορισμοί προϋπολογισμού και
- Περιορισμοί των συστημάτων των εγκαταστάσεων.

Με τη χρήση του παραπάνω πακέτου πληροφοριών είναι εφικτό πλέον η ομάδα λειτουργικής παραλαβής να μπορεί να σχηματίσει μια καλή γνώμη σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας του κτιρίου και των συστημάτων του, εξηγώντας πλήρως την επιλογή του κάθε συστήματος. Επίσης παρέχει την ασφάλεια ότι το commissioning θα κινηθεί σύμφωνα με τα πρότυπα που θέλει ο ιδιοκτήτης.

2.6.2.2.3 Προσδιορισμός Στόχων Commissioning

Μετά τη μελέτη του πακέτου πληροφοριών, είναι πολύ πιθανό κάποιοι από τους αρχικούς στόχους να έχουν μεταβληθεί. Για αυτό το λόγο, γίνεται μια γενική αναθεώρηση (αν χρειάζεται) του συστήματος και τελικά συντάσσεται το πλήρες και τελικό σύστημα στόχων του έργου. Φυσικά (όπως έχει ήδη αναφερθεί) η λειτουργική παραλαβή είναι μια αρκετά δυναμική διαδικασία. Αυτό της το χαρακτηριστικό περνάει και στο σύστημα στόχων, όπου εφαρμόζεται μια συνεχής ανανέωση με σκοπό τη δημιουργία των βέλτιστων προδιαγραφών.

2.6.2.2.4 Συνάντηση Ομάδας και Δημιουργία Πλάνου

Έχοντας πλέον τη μελέτη του κτιρίου, ο υπεύθυνος της λειτουργικής παραλαβής συγκαλεί τη συνάντηση όλων των μελών της ομάδας έτσι ώστε να συζητηθούν τα δεδομένα του έργου. Σε αυτή τη συνάντηση αποφασίζονται πλήρως το εύρος της λειτουργικής παραλαβής, δηλαδή το ποια συστήματα θα λάβουν μέρος στο commissioning και με τι ένταση. Επίσης με βάση το υπάρχον γενικό σύστημα στόχων δημιουργούνται οι ακριβείς τεχνικοί στόχοι που θα αποτελέσουν τις τεχνικές προδιαγραφές του commissioning.

Πλέον όλα είναι έτοιμα για τη σύνταξη του πλάνου του commissioning στο οποίο θα περιγράφεται το έργο με κάθε λεπτομέρεια. Στο πλάνο αυτό περιέχονται:

- Ένταση λειτουργικής παραλαβής
- Χρονοδιάγραμμα
- Αναλυτικές Ευθύνες
- Καθορισμός Διαδικασιών Επικοινωνίας
- Ανάγκες Τεκμηρίωσης
- Ένταση Ελέγχων
- Ένταση Παρακολούθησης
- Πρόταση Εκπαίδευσης

2.6.2.3 Εγκατάσταση

Στη φάση της εγκατάστασης γίνονται όλες οι δράσεις του commissioning. Ειδικά για το retro commissioning αυτές συνίστανται στην ενασχόληση με τα θέματα των διαδικασιών ελέγχου των υπό εγκατάσταση συστημάτων. Για την ακρίβεια έχουμε τέσσερις διακριτές διαδικασίες.

- Ανάπτυξη Προ λειτουργικών Λιστών Ελέγχου
- Υλοποίηση προ λειτουργικών ελέγχων
- Διόρθωση Σφαλμάτων
- Έγκριση Προ λειτουργικών Ελέγχων

Η ομάδα του commissioning είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη και υλοποίηση των διαφόρων προ λειτουργικών ελέγχων. Με τους ελέγχους αυτούς μπορούμε να εντοπίζουμε τις ελλείψεις που θα προκαλούσαν προβλήματα στη συνέχεια της κατασκευής ή της λειτουργίας. Πολλές φορές η υλοποίηση των ελέγχων γίνεται μαζί με τους ελέγχους εκκίνησης των συστημάτων. Τα αποτελέσματα των ελέγχων αυτών προωθούνται στον ιδιοκτήτη από τον υπεύθυνο της λειτουργικής παραλαβής. Οι αλλαγές που προκύπτουν από αυτούς τους ελέγχους πρέπει να γίνουν πριν από τη φάση αποδοχής του έργου.

Τέλος, πρέπει να δοθεί η έγκριση των ελέγχων και των διαδικασιών από τον υπεύθυνο λειτουργικής παραλαβής ώστε πλέον να μπορούν να ενσωματωθούν στις συστηματικές διαδικασίες συντήρησης και διαγνωστικής παρακολούθησης του κτιρίου.

2.6.2.4 Αποδοχή

Στη φάση της αποδοχής του έργου, η ομάδα λειτουργικής παραλαβής κάνει τις εξής διαδικασίες για την επιβεβαίωση της παραδιδόμενης ποιότητας υπηρεσιών.

- Υλοποίηση λειτουργικών τεστ και πλάνων διαγνωστικής παρακολούθησης
- Εφαρμογή λειτουργικών τεστ και διαγνωστικής παρακολούθησης
- Αποδοχή απόδοσης εξοπλισμού

2.6.2.4.1 Δημιουργία και υλοποίηση λειτουργικών τεστ και πλάνων διαγνωστικής παρακολούθησης

Τα λειτουργικά τεστ και η διαγνωστική παρακολούθηση υλοποιούνται σε αυτή τη φάση. Έχουν ως σκοπό να βεβαιώσουν ότι το κτίριο λειτουργεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τα κριτήρια που έχει θέσει ο ιδιοκτήτης. Είναι προτιμητέο σε αυτές τις διαδικασίες τουλάχιστον να συμμετέχουν οι χειριστές του κτιρίου έτσι ώστε να αποκτούν και την κατάλληλη εξοικείωση με τα συστήματα και τις λειτουργίες τους.

Οι έλεγχοι σε αυτή τη φάση τροποποιούνται αν κριθεί απαραίτητο για να συμβαδίζουν με τις αλλαγές που πιθανώς έχουν προκύψει στον εξοπλισμό. Η τελική υλοποίηση των ελέγχων πολλές φορές είναι προτιμότερο να συντονίζεται από τους κατασκευαστές ή τους υπεύθυνους εγκατάστασης, καθώς έτσι προστατεύεται η όλη διαδικασία από πιθανές ακυρώσεις εγγυήσεων. Ο έλεγχος εξετάζει κάθε δυνατή κατάσταση λειτουργίας και έχει σκοπό να αναδείξει τις επιπλέον ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν ώστε τα συστήματα να λειτουργούν όπως ακριβώς οφείλουν σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έχουν προσδιοριστεί.

2.6.2.4.2 Αποδοχή Λειτουργίας

Μετά το πέρας των ελέγχων και το διόρθωμα όλων των παραλήψεων που έχουν βρεθεί, ο υπεύθυνος της λειτουργικής παραλαβής εγκρίνει τα τεστ που έγιναν και δίνει μια αναφορά στον ιδιοκτήτη. Ο ιδιοκτήτης είναι αυτός που τελικά θα κρίνει αν το έργο έχει υλοποιηθεί (ώστε να το παραλάβει) ή αν χρειάζεται επιπλέον ελέγχους και διορθώσεις.

Η ομάδα σχεδιασμού και κατασκευής παραδίδει σταδιακά τα συστήματα του κτιρίου στους χειριστές τους. Μέρος αυτής της παράδοσης είναι και η εκπαίδευση του προσωπικού σχετικά με το χειρισμό και τη λειτουργικότητα των νέων συστημάτων, συνήθως αυτοί που αναλαμβάνουν να διεξάγουν αυτή την εκπαιδευτική διαδικασία είναι οι εργολάβοι εγκατάστασης ή οι εκπρόσωποι των κατασκευαστών. Η υπεύθυνη αρχή του commissioning έχει το ρόλο του επιβλέποντα σε αυτές τις διαδικασίες. Συγχρόνως συμπληρώνει το documentation με θέματα που προκύπτουν ακόμα και κατά την εκπαίδευση έτσι ώστε να παραδοθεί όσο πιο πλήρες γίνεται και ταυτόχρονα να είναι όσο πιο λειτουργικό γίνεται.

2.6.2.5 Παράδοση

Μετά την αποδοχή του έργου από τον ιδιοκτήτη το κτίριο είναι πρακτικά στα δικά του χέρια, αλλά και των χειριστών του. Αν και το έργο θεωρείται λήξαν, υπάρχουν ακόμα διάφορες διαδικασίες λειτουργικής παραλαβής οι οποίες συνεχίζονται ακόμα (Διαρκείς διαδικασίες commissioning) και θα συνεχίζονται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του έργου. Οι διαδικασίες αυτές πρακτικά είναι διαδικασίες διαγνωστικής παρακολούθησης με τις οποίες ελέγχεται συνεχώς η σωστή λειτουργία των μηχανημάτων. Επίσης έχουν μείνει (ως διαρκείς διαδικασίες) και οι διαδικασίες που εκτελούνται για να καταγράψουν τις ενδεχόμενες αλλαγές τόσο στο υλικό του κτιρίου όσο και στις λειτουργίες του. Για αυτό το λόγο πολλές φορές συνεχίζεται η συνεργασία με την αρχή της λειτουργικής παραλαβής. Συγκεκριμένα κατά την παράδοση, ο CxA έχει τρεις βασικές αρμοδιότητες, που πρακτικά είναι και οι τελευταίες που θα έχει στο έργο.

- Δημιουργία τελικής αναφοράς
- Διεξαγωγή ειδικών ελέγχων
- Δημιουργία σχεδίου επανάληψης λειτουργικής παραλαβής

2.6.2.5.1 Δημιουργία τελικής αναφοράς

Μετά το πέρας των ελέγχων, η υπεύθυνη αρχή του commissioning μπορεί πλέον να συντάξει την πλήρη αναφορά της λειτουργικής παραλαβής, την οποία και υποβάλλει στον ιδιοκτήτη. Σε αυτή την αναφορά περιέχεται όλο το documentation του έργου, τόσο από πλευράς συστημάτων και μηχανημάτων, όσο και από πλευράς τεκμηρίωσης ειδικών διαδικασιών του κτιρίου. Είναι πρακτικά ένας αναλυτικός οδηγός ο οποίος λειτουργεί πλέον σαν το εγχειρίδιο χρήσης όλου του κτιρίου. Η αναφορά αυτή μπορεί να δέχεται και επιπλέον προσθήκες όταν αυτό είναι αναγκαίο.

2.6.2.5.2 Διεξαγωγή ειδικών ελέγχων

Κατά τη διάρκεια της λειτουργικής παραλαβής, είναι πολύ πιθανό να μη μπορούσαν να γίνουν όλοι οι απαιτούμενοι έλεγχοι. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα είναι οι έλεγχοι απόδοσης του συστήματος θέρμανσης – ψύξης σε ακραίες συνθήκες. Είναι μάλλον απίθανο το κτίριο να είναι τόσο καιρό σε ανακαίνιση με έτοιμο το σύστημα HVAC ώστε να μπορέσει να μετρήσει έναν ολόκληρο κλιματικό κύκλο. Επίσης είναι πολύ πιθανό το κτίριο να έχει σχεδιαστεί και με βάση κάποια ακραία καιρικά φαινόμενα (πχ υπερβολική χιονόπτωση), τα οποία αναγκαστικά πρέπει να

υπάρξουν για να ελεγχθεί η απόδοση. Για αυτό το λόγο μια από τις διαρκείς διαδικασίες της λειτουργικής παραλαβής στοχεύει στο διαρκή έλεγχο συγκεκριμένων συστημάτων κατά τις περιόδους ειδικών συνθηκών. Για τις διαδικασίες αυτές κρατιέται επαφή με τον υπεύθυνο της λειτουργικής παραλαβής ώστε όταν γίνει εφικτό να βελτιστοποιηθεί εκ νέου το σύστημα.

Αυτοί οι έλεγχοι όταν τελικά γίνουν εισάγονται στην “τελική” αναφορά commissioning, διασφαλίζοντας έτσι την πληρότητά της.

2.6.2.5.3 Δημιουργία σχεδίου επανάληψης λειτουργικής παραλαβής

Μετά την τελική παράδοση του έργου παραδίδεται στην τελική αναφορά και μια μελέτη για το τι παραπάνω μπορεί να γίνει σε μελλοντική φάση. Ο υπεύθυνος του commissioning αναγνωρίζει τα εναπομείναντα προβλήματα και παρέχει μια εκτενή αναφορά περιγράφοντας το ποιες θα μπορούσαν να είναι οι μελλοντικές δράσεις πάνω στο κτίριο. Η αναφορά αυτή ενσωματώνεται στην τελική αναφορά λειτουργικής παραλαβής και αποτελεί την βάση για το επόμενο commissioning (αν αυτό γίνει).

3 Ανάλυση Δικτυακής Πύλης

3.1 Σύστημα Χρηστών

Ένα από τα πιο σημαντικά σημεία ενός portal διαχείρισης ενεργειακών δεδομένων είναι η δομή των χρηστών του. Με μια σωστή δομή χρηστών μπορούμε να έχουμε πλήρη και δομημένο έλεγχο της πληροφορίας που θα έχει ο καθένας. Γενικότερα ισχύει ο κανόνας ότι διαφορετικές αρμοδιότητες απαιτούν και διαφορετικά δικαιώματα, τόσο στην εισαγωγή όσο και στην εξαγωγή αλλά και στην προβολή των δεδομένων. Ειδικότερα όταν έχουμε να κάνουμε με διαχείριση μεγάλων φορέων, η διαβάθμιση των δικαιωμάτων αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία καθώς αφενός είναι πιθανόν το μέγεθος της συνολικής πληροφορίας και δυνατοτήτων να καθιστά δυσλειτουργική την εφαρμογή και αφετέρου είναι σχεδόν απίθανο να θέλουμε να επιτρέπουμε την προβολή όλων των δεδομένων σε όλους, κυρίως για λόγους ασφαλείας και ιδιωτικότητας. Έτσι, θα μπορούσαμε να αιτιολογήσουμε το διαχωρισμό των χρηστών με τα τρία διαφορετικά σκεπτικά που αναφέρθηκαν παραπάνω, τη χρηστικότητα, την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα. Η λειτουργικότητα της διαδικτυακής πύλης είναι επιβεβλημένο πλέον να διασπαστεί σε ομάδες λειτουργιών οι οποίες να αντιστοιχούν και να εκφράζουν τα δικαιώματα των χρηστών στην εφαρμογή. Έτσι πλέον θα έχουμε ένα σύστημα όπου ομάδες χρηστών θα αντιστοιχίζονται σε ομάδες λειτουργιών, χωρίς αυτή η αντιστοιχία να είναι κατ' ανάγκην "1-1".

3.1.1 Γενικός Διαχωρισμός

3.1.1.1 Ασφάλεια

Ο διαχωρισμός των χρηστών σε ομάδες εισάγει μια πρόσθετη δικλείδα ασφαλείας στο σύστημά μας. Η ασφάλεια ως παράγοντας διαχωρισμού των χρηστών είναι κατά το μεγαλύτερο ποσοστό της συνδυασμένη με την προστασία των δεδομένων. Με τον όρο δεδομένα βεβαίως μπορούμε να εννοούμε αφενός τα αποτελέσματα των διαφόρων μετρήσεων και αλγορίθμων και αφετέρου τα στοιχεία που περιγράφουν τη δομή του προς εξέταση φορέα. Η σωστή ασφάλεια της δικτυακής πύλης, επιβάλλει στον κάθε ηλεκτρονικό χρήστη να μην έχει παραπάνω δικαιώματα από αυτά που αντιστοιχούν στο φυσικό πρόσωπο που αυτός εκφράζει. Αυτό, αν εξαιρέσουμε φυσικά τον κίνδυνο από κακόβουλες ενέργειες, μπορεί να μας εγγυηθεί ότι οι ενέργειες που θα γίνονται πάνω στο ευαίσθητο κομμάτι της εφαρμογής, που ονομάζεται "δεδομένα", θα γίνονται μόνο από εξειδικευμένους χρήστες με αρκετά περιορισμένες πιθανότητες λάθους. Μόνο ένας εξουσιοδοτημένος χρήστης μπορεί να κάνει μια ριζική παρεμβατική ενέργεια στα δεδομένα που χρησιμοποιούνται. Αντίστοιχα μπορούν να υπάρχουν χρήστες οι οποίοι να εκμεταλλεύονται τη λειτουργικότητα της εφαρμογής χωρίς να τίθεται θέμα κακών ή και κακόβουλων χειρισμών που μπορεί να συντελέσουν σε μερική ή και ολική απώλεια των δεδομένων. Φυσικά, για να μπορούμε να είμαστε πιο ασφαλείς δεν αρκεί ο απλός διαχωρισμός των δυνατοτήτων των χρηστών. Συνήθως καταφεύγουμε και σε συμπληρωματικούς ελέγχους των ενεργειών των χρηστών. Αυτό μπορεί να γίνεται είτε αυτοματοποιημένα είτε (πιο σπάνια, αλλά και για παρεμβάσεις μεγαλύτερης εμβέλειας) χειροκίνητα από κάποιο διαχειριστή του συστήματος.

3.1.1.2 Ιδιωτικότητα

Όσο η εφαρμογή γίνεται μεγαλύτερη και όσο παραπάνω δεδομένα διαφορετικών φορέων εισάγονται στο σύστημα, τόσο μεγαλύτερη σημασία αποκτάει η έννοια της ιδιωτικότητας των δεδομένων. Ειδικότερα σε μια διαδικτυακή πύλη διαχείρισης ενέργειας (που είναι αναπόσπαστο κομμάτι της λειτουργικής παραλαβής) η έννοια της ιδιωτικότητας αποκτά πολύ μεγαλύτερη

βαρύτητα. Αυτό συμβαίνει γιατί η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να αποτελέσει εξαιρετική πηγή για αρκετά ακριβή συμπεράσματα που αφορούν σε πολύ μεγάλο βαθμό στην ιδιωτική ζωή του καταναλωτή και σε επιχειρηματικές στρατηγικές για οικιακού και βιομηχανικού τύπου καταναλωτές αντίστοιχα. Εδώ προκύπτει και ένα παραπάνω θέμα ασφαλείας. Αυτή τη φορά δεν αφορά στην ασφάλεια της εφαρμογής αλλά στην ασφάλεια των χρηστών. Είναι εφικτό χρησιμοποιώντας τα ίδια εργαλεία αλλά και τα ίδια συμπεράσματα που υπό άλλες συνθήκες (και με άλλους σκοπούς) θα μπορούσαμε να έχουμε μια πλήρη ανάλυση των ιδιαιτεροτήτων του χώρου, κάποιος "άλλος" να εξορύξει από εκεί και τα διάφορα κενά ασφαλείας του προς μελέτη χώρου. Ο λόγος είναι απλός, δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολο να εξαχθούν "λεπτομερώς", βάσει των μετρήσεων, οι συνήθειες των ανθρώπων που βρίσκονται στο μετρούμενο χώρο.

3.1.1.3 Χρηστικότητα

Η καλή χρηστικότητα της δικτυακής πύλης επιβάλλει να μπορεί να υπάρχει μια προσωποποίηση στο τι μπορεί να κάνει ο κάθε χρήστης με την εφαρμογή. Αυτός ο διαχωρισμός μπορεί να αφορά στην προβολή των πρωτογενών δεδομένων, στις επιτρεπόμενες διαδικασίες που μπορεί να εκκινήσει και στις μεταβολές που μπορεί να προκαλέσει στο σύστημα. Μπορεί για μια μικρή εφαρμογή ή ακόμα και για έναν μικρό φορέα που είναι μέρος μιας μεγάλης εφαρμογής αυτό να μην φαίνεται αναγκαίο, αλλά όταν μιλάμε για μεγάλους φορείς, των οποίων η διαχείριση και οι δυνατότητες είναι τεράστιες, ο διαχωρισμός των καθηκόντων και πρακτικά ο περιορισμός στις δυνατότητες μεμονωμένων χρηστών αποκτά μια ιδιαίτερως βαρύνουσα σημασία.

3.1.2 Ανάλυση Χρηστών

Για μια εφαρμογή διαδικτυακής λειτουργικής παραλαβής κτιρίων (e-commissioning), μπορούμε να αναγνωρίσουμε σχετικά εύκολα κάποιες κατηγορίες χρηστών σχετικά με τη λειτουργικότητά τους. Αρχικά έχουμε μια βασική διάκριση που αφορά στο αν ο χρήστης εισάγει δεδομένα ή όχι. Αυτή η διάκριση είναι ίσως η βασικότερη καθώς ένας χρήστης που δεν εισάγει δεδομένα στο σύστημα δεν χρειάζεται και δεν πρέπει να έχει πρόσβαση για εγγραφή στην βάση δεδομένων. Τόσο σε επίπεδο frontend (user interface), όσο και σε επίπεδο backend (επιτρέπει και δικαιώματα στην βάση δεδομένων). Από εκεί και έπειτα μπορούμε να διαχωρίσουμε τους χρήστες σύμφωνα με το τι θέλουμε να βλέπει ο καθένας καθώς και με τη χρονική περίοδο στην οποία παρεμβαίνει στο σύστημα.

Η περίπτωση μας όμως δεν είναι απλά μια ηλεκτρονική πύλη διαχείρισης δεδομένων. Έχουμε να κάνουμε με μια δικτυακή πύλη παρακολούθησης και διαχείρισης ηλεκτρομηχανικών δεικτών κτιρίων ή αλλιώς μια διαδικτυακή πύλη ηλεκτρονικής λειτουργικής παραλαβής κτιρίων (e-commissioning). Επομένως πρέπει να ενσωματώσουμε στη δομή των χρηστών και όλες τις ειδικότητες με τη λειτουργικότητά τους, που θα λάβουν μέρος στη διαδικασία από την αρχή της ως και τη φάση που το έργο έχει μεν τελειώσει αλλά εξακολουθεί να παρακολουθείται το κτίριο για επαλήθευση και τις μετά την παράδοση διαδικασίες. Μπορούμε να έχουμε τις παρακάτω κατηγορίες χρηστών.

- Ιδιοκτήτης
- Υπεύθυνος Προσωπικού
- Υπεύθυνος Αρχιτεκτονικής
- Υπεύθυνος Μετρητικού
- Υπεύθυνος Λειτουργικής Παραλαβής
- Εισαγωγέας Δεδομένων

- Παρατηρητής Δεδομένων

Η κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες έχει συγκεκριμένες και διαφοροποιημένες αρμοδιότητες στη διαμόρφωση και διαχείριση των δεδομένων. Μερικές από αυτές είναι πρακτικά ενεργές κατά την εισαγωγή του κτιρίου στο σύστημα, άλλες για το διάστημα παρακολούθησης και άλλες σε όλη τη ζωή του έργου.

3.1.2.1 Ιδιοκτήτης

Ο ιδιοκτήτης του κτιρίου έχει αρμοδιότητες που χωρίζονται σε δυο μεγάλες και διακριτές ομάδες, τις προπαρασκευαστικές και τις συνεχιζόμενες αρμοδιότητες. Οι προπαρασκευαστικές είναι οι αρμοδιότητες οι οποίες είναι αναγκαίες κατά την έναρξη της λειτουργικής παραλαβής, κατά την εισαγωγή δηλαδή του κτιρίου στο πληροφοριακό σύστημα, ενώ οι συνεχιζόμενες αφορούν σε διαδικασίες είτε συντήρησης, είτε παρακολούθησης της ροής του προγράμματος, όταν αυτό θα βρίσκεται σε κανονική λειτουργία.

Στο πρώτο στάδιο, που γίνεται πριν από οτιδήποτε ο ιδιοκτήτης είναι υπεύθυνος για την εισαγωγή του κτιρίου στο σύστημα. Δεν βάζει κάποιες τεχνικές λεπτομέρειες, απλά καταχωρεί το συγκεκριμένο κτίριο για να αρχίσει να χτίζει πάνω σε αυτό τις αντίστοιχες υπηρεσίες. Συνεχίζει με τον ορισμό της ακριβούς υπηρεσίας στην οποία συμμετέχει στο σύστημα. Αυτός είναι που θα θέσει τις ακριβείς προοπτικές και τους αναλυτικούς στόχους που πρέπει να επιτευχθούν από τη λειτουργική παραλαβή. Σε φυσικό επίπεδο αυτό γίνεται σε πρώτο στάδιο με τη σύνταξη του CAQC και σε τελικό με την έγκριση του αντίστοιχου τεχνικού δελτίου, αλλά σε ηλεκτρονικό επίπεδο αυτό ισοδυναμεί με την επιλογή των καταλλήλων υπηρεσιών από τις διαθέσιμες της πύλης. Μετά από αυτό ο ιδιοκτήτης πρέπει να ορίσει του χρήστες (τουλάχιστον έναν) που θα αποτελέσουν τους υπευθύνους του ανθρωπίνου δυναμικού. Εδώ κάπου σταματάνε οι αρχικές αρμοδιότητες του ιδιοκτήτη. Αν και η συνολική προετοιμασία του κτιρίου για το πληροφοριακό σύστημα είναι ακόμα σε εμβρυακό επίπεδο, ο ιδιοκτήτης δεν έχει να κάνει κάτι άλλο. Οι διεργασίες και ενέργειες που υπολείπονται, από εδώ και στο εξής θα εκτελεστούν από τις αντίστοιχες αρμοδιότητες που θα δημιουργηθούν.

Μετά από τις αρχικές ενέργειες, ο ιδιοκτήτης πρακτικά μετατρέπεται σε ενός είδους γενικό παρατηρητή. Επιβλέπει το αν οι προς υλοποίηση στόχοι υλοποιούνται σύμφωνα με τα αντίστοιχα χρονοδιαγράμματα. Επίσης λαμβάνει κάποιες απλουστευμένες (μη τεχνικές) αναφορές σχετικά με την απόδοση του κτιρίου αλλά και με τη γενική πρόοδο του συστήματος. Εδώ είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι ο ιδιοκτήτης στη γενική περίπτωση δεν είναι τεχνικά καταρτισμένος ώστε να διαχειριστεί τα τεχνικά αποτελέσματα από μόνα τους, για αυτή τη δουλειά υπάρχει ο υπεύθυνος της λειτουργικής παραλαβής. Τέλος διατηρεί τη δυνατότητα να αγοράζει καινούργιες υπηρεσίες και να εντάσσει το κτίριο σε νέες διαδικασίες κατά βούληση, αν αυτό κρίνεται αναγκαίο από το τεχνικό τμήμα και το τμήμα επιχειρηματικού σχεδιασμού.

3.1.2.2 Υπεύθυνος Προσωπικού

Ο Υπεύθυνος Προσωπικού έχει την βασική αρμοδιότητα να κατασκευάζει όλους τους υπόλοιπους χρήστες εκτός του ιδιοκτήτη. Συγκεκριμένα είναι ο χρήστης που θα δημιουργήσει τον κάθε χρήστη της εφαρμογής και θα του εκχωρήσει και τις αντίστοιχες αναλυτικές αρμοδιότητες. Οι αρμοδιότητες αυτές εκχωρούνται με μια διαστρωματομένη λογική. Αρχικά επιλέγεται ο τύπος του χρήστη που θα δημιουργηθεί (σύμφωνα με τις προαναφερθείσες κατηγορίες), στη συνέχεια εισάγονται κάποια βασικά στοιχεία που αφορούν στα στοιχεία του φυσικού προσώπου του χρήστη. Τέλος αρχίζει η ουσιαστική παραμετροποίηση κατά την οποία περιγράφεται πλήρως η δικαιοδοσία του κάθε ενός. Δηλαδή ορίζεται επακριβώς σε ποια κτίρια, χώρους, μετρητές, συστήματα και αποτελέσματα έχει πρόσβαση ή δυνατότητα παρεμβολής ο κάθε ένας. Για τον υπεύθυνο

προσωπικού συγκεκριμένα η βασική διάκριση είναι το για ποια κτίρια θα μπορεί να δημιουργήσει την ιεραρχία χρηστών.

3.1.2.3 Υπεύθυνος Αρχιτεκτονικής

Ο Υπεύθυνος Αρχιτεκτονικής είναι υπεύθυνος για το κτίριο ως οντότητα. Η βασική του αρμοδιότητα είναι να εκτελέσει τη μετάβαση από το αρχιτεκτονικό πρότυπο στη λεπτομερή περιγραφή σύμφωνα με τους κανόνες του πληροφοριακού συστήματος. Το πληροφοριακό σύστημα μπορεί να δέχεται τη δομή του κτιρίου με μια ποικιλία μορφών, από ένα "απλό" XML μέχρι ένα πλήρες σχέδιο CAD. Στην περιγραφή του κτιρίου πρέπει να περιέχονται αναλυτικά οι όροφοι και τα δωμάτια του συγκροτήματος, τα μεγέθη αυτών (εμβαδόν και όγκος) καθώς και αναλυτικά κατηγοριοποιημένα το είδος των χώρων. Επίσης πρέπει να περιγράφονται πλήρως οι υπαίθριοι και ημιυπαίθριοι χώροι καθώς και οι χώροι στάθμευσης. Σε δεύτερο στάδιο ο υπεύθυνος αρχιτεκτονικής πρέπει να βρει και να δώσει στο πληροφοριακό και όλους τους δείκτες και τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη λειτουργία του κτιρίου ή παίζουν ρόλο στους υπολογισμούς της αποδοτικότητας. Αναφορικά τέτοιες παράμετροι και δείκτες μπορεί να είναι:

- εμβαδόν ειδικών χώρων
- προσανατολισμός κτιρίου
- μετρήσεις σκιάς και ηλιοφάνειας
- μέτρηση εμβαδού ή ποσοστών υαλοκρυστάλλων
- εκτιμήσεις μόνωσης
- κέλυφος μόνωσης
- ανθρώπινο δυναμικό
- ώρες λειτουργίας κτιρίου

Τέλος πρέπει να γίνει και μια πλήρης καταγραφή των διαφόρων μηχανημάτων και μηχανισμών που ανήκουν στον βασικό εξοπλισμό του κτιρίου και δεν έχουν άμεση σχέση ούτε με τη διαμόρφωση του μικροκλίματος, ούτε με την παραγωγή. Τέτοια συστήματα μπορούν να είναι οι διάφοροι μηχανικοί αυτοματισμοί ελέγχου πρόσβασης, όπως οι ηλεκτρικές πόρτες, ή διευκόλυνσης πρόσβασης, όπως παραδείγματος χάριν οι κυλιόμενες σκάλες και οι ανελκυστήρες.

Μπορούμε να πούμε ότι ο αρχιτεκτονικός υπεύθυνος κάνει το πρώτο ουσιαστικό στάδιο του auditing του κτιρίου, το οποίο θα συνεχίσει ο υπεύθυνος του μετρητικού αναλύοντας πλήρως όλη την ενεργειακή δομή του και θα τελειώσει ο υπεύθυνος της λειτουργικής παραλαβής εφαρμόζοντας τους αντίστοιχους αλγορίθμους και βγάζοντας τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

Οι αρμοδιότητες του υπευθύνου αρχιτεκτονικής σε μετέπειτα στάδια είναι και να καταγράφει και να εισάγει εκ νέου, τις παρεμβάσεις που γίνονται στο κτίριο. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να απλοποιηθεί κατά πολύ και η παρακολούθηση κάποιων στόχων. Επίσης ανά πάσα στιγμή το σύστημα είναι ενημερωμένο και δεν χρειάζεται να ρυθμιστούν οι δείκτες απόδοσης.

3.1.2.4 Υπεύθυνος Μετρητικού Συστήματος

Ο Υπεύθυνος του μετρητικού συστήματος, είναι υπεύθυνος για την πλήρη ψηφιοποίηση του μετρητικού συστήματος. Όπως και οι αρμοδιότητες του υπευθύνου αρχιτεκτονικής έτσι και οι αρμοδιότητες του υπευθύνου του μετρητικού συστήματος υφίστανται κυρίως κατά την έναρξη της ηλεκτρονικής λειτουργικής παραλαβής, καθώς αφορούν κυρίως στην αρχική παραμετροποίηση του πληροφοριακού συστήματος. Μετά από την εισαγωγή του κτιρίου στην εφαρμογή ο ρόλος τους πρακτικά καταλήγει στο να είναι υπεύθυνοι για τις ενημερώσεις που ενδεχομένως να χρειαστεί το

σύστημα είτε μετά από αναβαθμίσεις του, είτε μετά από συγκεκριμένες αλλαγές στο κτίριο.

Το μετρητικό φυσικά μπορεί να υπάρχει και μπορεί και να μη υπάρχει. Η πρώτη περίπτωση είναι η απλή περίπτωση, καθώς απλά πρέπει να γίνει η μετάβαση από τη φυσική δομή των καταναλώσεων και των μετρητών που χρησιμοποιούνται ήδη, στις λογικές οντότητες του πληροφοριακού συστήματος. Το σύστημα από τη μεριά του είναι έτοιμο να δεχτεί αρκετά ελεύθερη παραμετροποίηση ώστε να είναι ικανό να περιγράψει ό,τι ειδική κατανάλωση και μεθοδολογία μέτρησης μπορεί να χρησιμοποιείται από το φυσικό μετρητικό σύστημα. Αναλυτικά, πρέπει να περιγραφούν σύμφωνα με τη μοντελοποίηση της εφαρμογής, όλοι οι μετρητές με τα στοιχεία που χρειάζονται. Για κάθε μετρητή χρειαζόμαστε για το δομικό κομμάτι

- το είδος του μεγέθους που μετράει (ρεύμα, αέριο, υγρά καύσιμα, νερό κτλ),
- τα μεγέθη που μετράει (όγκος νερού, ηλεκτρική ισχύς, θερμοκρασία κτλ),
- τη συχνότητα με την οποία μετράει,
- τον τρόπο συγκομιδής της μέτρησης,
- την ακριβή τοποθεσία του μετρητή,
- το τι ακριβώς μετράει, είτε ως τοποθεσία είτε ως κύκλωμα,

και άλλα.

Επίσης χρειαζόμαστε κάποια πληροφοριακά στοιχεία που δεν αφορούν τόσο πολύ στα μετρούμενα μεγέθη αλλά πιο πολύ στα στοιχεία των μετρητών. Τέτοιου είδους στοιχεία μπορούν να είναι ο σειριακός αριθμός του μετρητή καθώς και οι διάφορες πληροφορίες τεχνικής υποστήριξης, συντήρησης αλλά και εγγυήσεων.

Σε περίπτωση που το μετρητικό σύστημα δεν υπάρχει ακόμα, ο υπεύθυνος μηχανικός οφείλει να σχεδιάσει το σύστημα από την αρχή. Αυτό μπορεί να είναι και αρνητικό αλλά και θετικό. Είναι αρνητικό διότι αυξάνεται το κόστος και η διάρκεια του έργου της ψηφιοποίησης. Από την άλλη όμως μπορεί να χαρακτηριστεί και ως θετικό καθώς η νέα σχεδίαση μπορεί να γίνει λαμβάνοντας υπόψη και τυχούσες ιδιοτροπίες στη μοντελοποίηση του πληροφοριακού συστήματος, με αποτέλεσμα τελικά να λειτουργεί χωρίς καθόλου συμβιβασμούς και τη μικρότερη δυνατή διαφοροποίηση στο πληροφοριακό. Η σχεδίαση φυσικά θα πρέπει να γίνει με γνώμονα όλα αυτά τα κριτήρια διαμέρισης και μεθοδολογίας που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

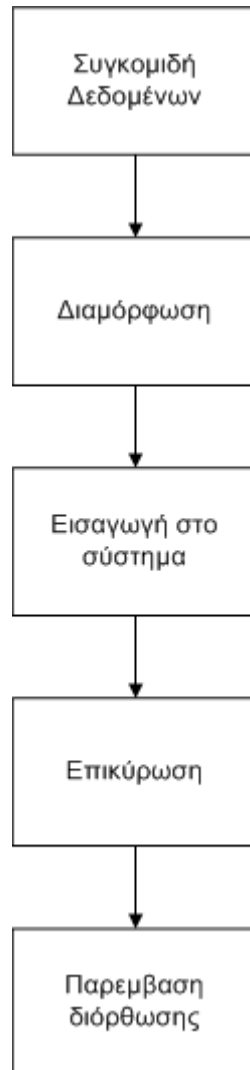
3.1.2.5 Υπεύθυνος Λειτουργικής Παραλαβής

Ο Υπεύθυνος Λειτουργικής Παραλαβής (commissioner) είναι ο ρόλος κλειδί στο πληροφοριακό σύστημα. Ο χρήστης αυτός πρακτικά λειτουργεί σαν ένας γενικός παρατηρητής και ρυθμιστής της λειτουργίας του πληροφοριακού συστήματος. Είναι υπεύθυνος για τη θέσπιση όλων των στόχων σε τεχνοοικονομικό επίπεδο και τη συνεχή εποπτεία της πορείας προς την υλοποίησή τους. Επίσης είναι αυτός που θα πάρει την απόφαση για κάποια μετέπειτα ρύθμιση στις απαιτήσεις των στόχων, υπό τη μορφή της ανάδρασης. Πιο συγκεκριμένα και πιο πρακτικά, ο υπεύθυνος της λειτουργικής παραλαβής μπορεί να δίνει εντολή στο σύστημα να εκτελέσει τις διάφορες ειδικές διεργασίες υπολογισμών από τις οποίες προκύπτει μια ομάδα προχωρημένων αποτελεσμάτων βάσει της οποίας γίνεται και η αποτίμηση αλλά και η τεκμηρίωση της προόδου στη λειτουργική παραλαβή. Αυτοί οι αλγόριθμοι είναι που ουσιαστικά αναδεικνύουν τις ιδιαιτερότητες του χώρου και τα περιθώρια βελτίωσης.

3.1.2.6 Εισαγωγέας Δεδομένων

Ο Εισαγωγέας Δεδομένων είναι ένας χρήστης που ασχολείται με το πως εισάγονται τα δεδομένα στο πληροφοριακό σύστημα. Οι αρμοδιότητές του διακρίνονται σε μερικές βασικές κατηγορίες:

- συγκομιδή των δεδομένων,
- διαμόρφωση των δεδομένων,
- εισαγωγή των δεδομένων,
- επικύρωση των δεδομένων και
- παρεμβατικές ενέργειες διόρθωσης



*Σχήμα 11:
Λειτουργίες
Εισαγωγή
Δεδομένων*

Η βασική διάκριση που ορίζει και πολλά από αυτά που έχει να κάνει, εξαρτάται (και πάλι) το

είδος του μετρητικού (αν αυτό, φυσικά, υπάρχει)

Μέσα σε ένα κτίριο είναι πιθανό το μετρητικό σύστημα να εμφανίζει διαφορετική πληρότητα ως προς τα παραπάνω, από μέτρηση σε μέτρηση. Παραδείγματος χάριν, μπορεί να είναι πλήρως αυτοματοποιημένο σε κάποια μεγέθη και σημεία, και σε άλλα να χρειάζεται ακόμα και χειροκίνητη καταγραφή των δεδομένων από κάποιον τεχνικό. Με βάση αυτό, οι αρμοδιότητες του συγκεκριμένου χρήστη μπορούν να κυμαίνονται από την "απλή" εποπτεία της μεταφοράς δεδομένων, μέχρι την πλήρη καταγραφή τους με το χέρι.

Σε περιπτώσεις που στο κτίριο δεν υπάρχει εγκατεστημένο κάποιο ικανοποιητικό αυτοματοποιημένο σύστημα καταχώρησης των δεδομένων από το καθαρά μετρητικό κομμάτι (πχ BEMS ή SCADA) στο κομμάτι της αποθήκευσης, ο εισαγωγέας δεδομένων αναλαμβάνει να συμπληρώσει το κενό. Συγκεκριμένα εκτελεί χειροκίνητα τη μεταφορά των δεδομένων από το ένα σύστημα στο άλλο, φροντίζοντας πάντα για την ορθότητα των δεδομένων αλλά και για τη συμβατότητα των συστημάτων. Σε πιο ακραίες περιπτώσεις που μπορεί για ειδικές καταναλώσεις να μην υπάρχει καθόλου αυτοματοποιημένο σύστημα, είναι αυτός υπεύθυνος και για την καταγραφή των δεδομένων, εκτός της καταχώρησης. Αυτό συμβαίνει είτε σε αρκετά απομακρυσμένα σημεία, που κρίνεται αντιοικονομική η χρήση διασυνδεδεμένου μετρητή, είτε σε καταναλώσεις με πολύ μικρή συχνότητα μέτρησης.

Στην περίπτωση που υπάρχει ήδη ένα αυτοματοποιημένο σύστημα καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων (Automatic Meter Reading) ο ρόλος του εισαγωγέα δεδομένων περιορίζεται στα τελευταία επίπεδα, στο να επιβλέπει τη σωστή μετάβαση από το AMR στο πληροφοριακό μας σύστημα λαμβάνοντας μέρος στην επικύρωση των δεδομένων. Φυσικά τέτοιου είδους έλεγχοι γίνονται σε μεγάλο βαθμό και από τον αποδέκτη των δεδομένων. Τέλος, ο συγκεκριμένος χρήστης αποτελεί το "ανθρώπινο" μάτι που θα ειδοποιηθεί για να πάρει μια πιο σύνθετη απόφαση, ή για να κάνει μια πιο εξεζητημένη παρέμβαση στη λειτουργία της επικοινωνίας του πληροφοριακού με το μετρητικό, πάντα σε συνεργασία με τους υπευθύνους του μετρητικού συστήματος. Ειδικά για τις παρεμβατικές ενέργειες μεγάλης κλίμακας, οι δράσεις που θα γίνουν, αποφασίζονται μετά από συμφωνία και έγκριση και του υπευθύνου του μετρητικού συστήματος. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να εγγυηθούμε ότι οι αλλαγές γίνονται όντως προς τη σωστή κατεύθυνση και με το σωστό τρόπο.

3.1.2.7 Παρατηρητής Δεδομένων

Ο παρατηρητής δεδομένων είναι το τελευταίο επίπεδο χρήστη. Σε αυτό το επίπεδο μπορούν να εντάσσονται όλοι όσοι να βλέπουν κάποια δεδομένα του συστήματος. Φυσικά, μέσω του υπευθύνου χρηστών, ο κάθε παρατηρητής μπορεί να βλέπει συγκεκριμένα πράγματα. Συγκεκριμένα δεδομένα, συγκεκριμένα κτίρια, συγκεκριμένα δωμάτια, συγκεκριμένα ενεργειακά μεγέθη, για συγκεκριμένους μετρητές και για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Κοινώς έχουμε ένα πλήρως ευέλικτο σύστημα που μας επιτρέπει να προσωποποιήσουμε όσο θέλουμε (ή όσο χρειάζεται) την πρόσβαση στη λειτουργικότητά του.

3.1.3 Συνεργασία

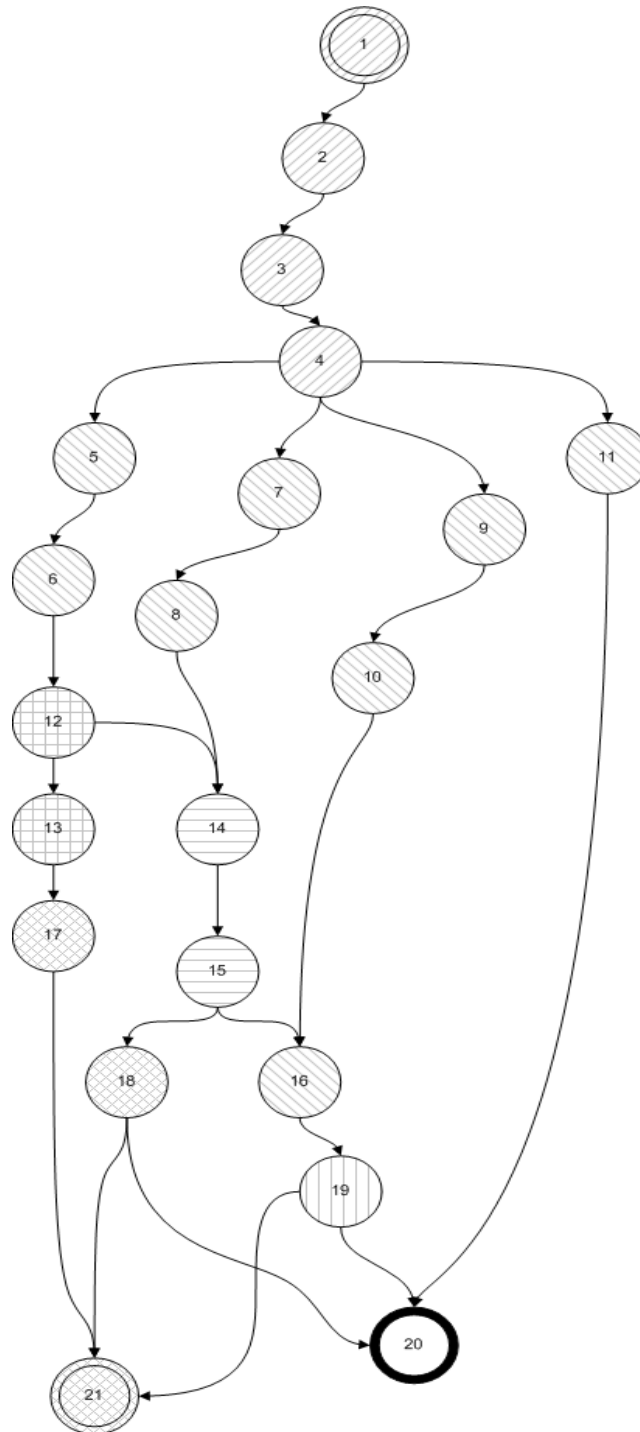
Κάθε μια από τις παραπάνω ομάδες χρηστών έχει ορισμένες αποκλειστικές αρμοδιότητες και άλλες που είναι από κοινού με άλλες ομάδες. Αυτό γίνεται για τρεις λόγους. Αρχικά διότι οι ομάδες είναι αρκετά γενικές (όσο αφορά τις αρμοδιότητες) ώστε να μην υπάρχει μεγάλη σύγχυση λόγω κατακερματισμού των επιμέρους αρμοδιοτήτων σε απόλυτα διακριτές ομάδες. Έπειτα για να υπάρχει και μια "δεύτερη γνώμη" σε θέματα που κρίνονται αρκετά σημαντικά για τη ροή της εφαρμογής. Και τέλος γιατί υπάρχουν θέματα που πρακτικά είναι στο συνδυαστικό γνωστικό αντικείμενο ή τομέα ευθύνης παραπάνω από μιας ομάδας.

3.1.4 Αρχικοποίηση

Στα παραπάνω περιγράφηκαν οι αρμοδιότητες των διαφόρων χρηστών. Λόγω της συνθετότητας και της αλληλεξάρτησης των αρμοδιοτήτων, η αρχικοποίηση των χρηστών στο σύστημα δεν είναι μια ιδιαίτερα απλή διαδικασία. Κάθε βαθμίδα εξαρτάται από την περάτωση κάποιων άλλων. Παρακάτω ακολουθούν ένας αναλυτικός πίνακας που περιγράφει τις εξαρτήσεις και το αντίστοιχο διάγραμμα.

Βήμα	Εξάρτηση	Χρήστης	Διεργασία
1	-	admin	δημιουργία domain
2	1	admin	δημιουργία κτιρίου (ή κτιρίων)
3	2	admin	δημιουργία user manager(s)
4	3	admin	αντιστοίχιση user manager(s) σε κτίρια
5	4	user manager	δημιουργία building manager(s)
6	5	user manager	αντιστοίχιση building manager(s) σε κτίρια
7	4	user manager	δημιουργία commission manager(s)
8	7	user manager	αντιστοίχιση commission manager(s) σε κτίρια
9	4	user manager	δημιουργία data enterer(s)
10	9	user manager	αντιστοίχιση data enterer(s) σε κτίρια
11	4	user manager	δημιουργία viewer(s)
12	6	building manager	προσδιορισμός στοιχείων κτιρίου(όροφοι, δωμάτια, κήποι)
13	12	building manager	προσδιορισμός meta-data κτιρίου
14	12,8	meters manager	δημιουργία μετρητών (meter instruments, meter details)
15	14	meters manager	προσδιορισμός μετρήσεων (measurements)
16	15,10	user manager	αντιστοίχιση μετρήσεων σε data enterer
17	13	commission manager	προσδιορισμός commission meta data
18	15	commission manager	Αρχικοποίηση συστήματος στόχων
19	16	data enterer	εισαγωγή δεδομένων
20	18,11	viewer	πλοήγηση και παρουσίαση αποτελεσμάτων
21	19,18,17	commission manager	εξαγωγή ειδικών αποτελεσμάτων

Σχήμα 12: Εξαρτήσεις Ενεργειών Αρχικοποίησης Συστήματος



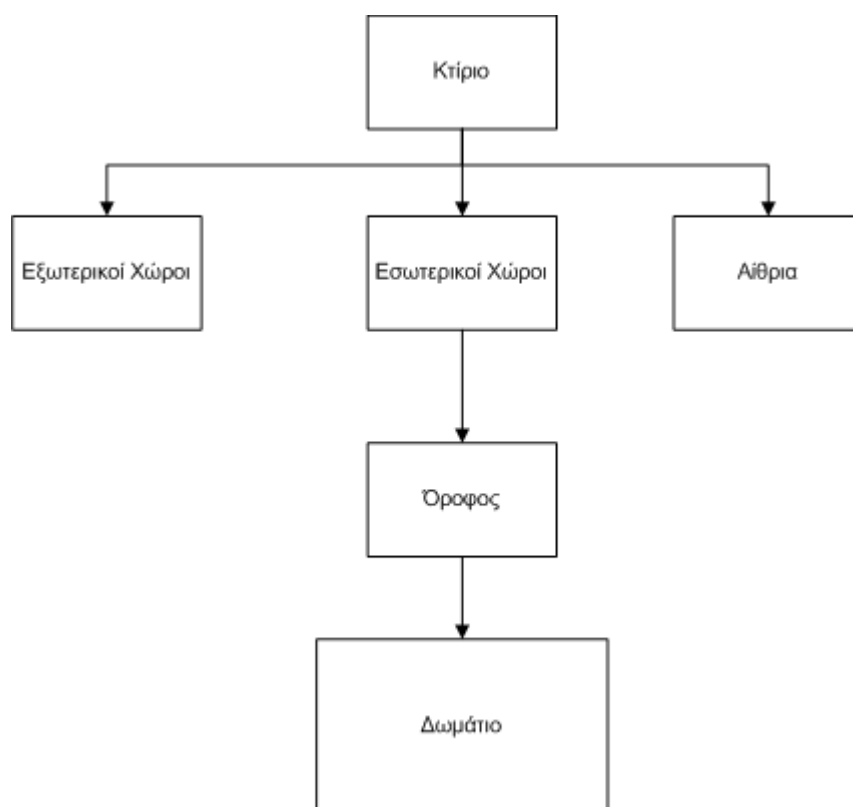
3.2 Κτίριο

Η έξυπνη διαχείριση ενέργειας σε ένα κτίριο, απαιτεί να υπάρχει και μια αναλυτική και δομημένη γνώση για το κτίριο το ίδιο. Πρέπει πρακτικά να βλέπει η εφαρμογή το κτίριο σαν μια οντότητα, έτσι ώστε να μπορεί και να διαχειριστεί κατάλληλα τις πληροφορίες που εισάγονται σε αυτήν. Για την ανάλυση του κτιρίου και την πλήρη περιγραφή του, χρειαζόμαστε δύο πράγματα: αφενός την αρχιτεκτονική του ανάλυση, δηλαδή μιας μορφής σχέδιο, και αφετέρου ένα πλήθος περιγραφικών στοιχείων που συμπληρώνουν το δομικό σχέδιο.

3.2.1 Αρχιτεκτονική Δομή

Η αναλυτική αρχιτεκτονική δομή του κτιρίου μπορεί να δώσει στο πληροφοριακό σύστημα, σε ένα αρκετά μεγάλο βαθμό, την απαιτούμενη πληροφορία που αυτό χρειάζεται ώστε να εκτελεί τις διάφορες συσχετίσεις. Οι συσχετίσεις αυτές είναι που πρακτικά αποτελούν την βάση για το "έξυπνο" κομμάτι της εφαρμογής. Ένα κτίριο χωρίζεται σε αρκετά επίπεδα, που με τη σειρά τους, είτε χωρίζονται και αυτά σε άλλα κομμάτια, είτε διαφοροποιούνται ανάλογα με τα ειδικά χαρακτηριστικά τους.

Ο διαχωρισμός που προτείνεται εδώ, χωρίς αυτό να αποτελεί φυσικά κάποια δέσμευση, έχει βάθος δυο επιπέδων για την περιγραφή του κτιρίου. Αρχικά το κτίριο χωρίζεται σε εσωτερικούς χώρους, εξωτερικούς χώρους και αίθρια.



Σχήμα 13: Μοντέλο Κτιρίου

3.2.1.1 Εξωτερικοί Χώροι

Οι εξωτερικοί χώροι ενός κτιρίου συνήθως είναι είτε χώροι στάθμευσης είτε περιέχουν κάποια στοιχεία κήπων. Σε κάθε περίπτωση μας ενδιαφέρουν πολύ συγκεκριμένα δομικά χαρακτηριστικά όπως είναι το εμβαδόν και ο συντελεστής κάλυψης.

3.2.1.2 Αίθρια

Τα αίθρια ενός κτιρίου είναι από τους λεγόμενους "ειδικούς χώρους" καθώς η διαχείριση των περιβαλλοντικών συνθηκών που χρειάζονται συνήθως απαιτεί πιο ειδική μελέτη συγκριτικά με τους απολύτως εσωτερικούς χώρους. Σε αυτά μας ενδιαφέρουν για καταγραφή χαρακτηριστικά όπως:

- Εμβαδόν
- Όροφος
- Ύψος
- Ποσοστό κάλυψης τοίχων από παράθυρα

3.2.1.3 Εσωτερικοί Χώροι

Οι εσωτερικοί χώροι πρακτικά αποτελούν το κύριο σημείο ενδιαφέροντος, από την πλευρά της διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου. Εδώ η διαμέριση που προτείνεται περιλαμβάνει το διαχωρισμό του κτιρίου σε ορόφους και εν συνεχεία σε "διακριτούς χώρους". Ο όροφος πρακτικά δεν έχει κάποια φυσική σημασία, απλά αποτελεί ένα στοιχείο ομαδοποίησης των διακριτών χώρων. Με την έννοια διακριτός χώρος εννοούμε κάθε χώρο που μπορεί ή πρέπει να εξεταστεί ανεξάρτητα από τους διπλανούς του, χωρίς να προϋποθέτει αναγκαία το φυσικό διαχωρισμό τους. Εκτός των κλασικών δωματίων όπου ο διαχωρισμός είναι προφανής ως διακριτούς χώρους μπορούμε να ορίσουμε και χώρους όπου διαφοροποιούνται κάποια χαρακτηριστικά. Σε ένα super market ένας χώρος που περιέχει προϊόντα που διατηρούνται σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες, μπορεί να μην χωρίζεται με κάποιο τοίχο από το υπόλοιπο "δωμάτιο" αλλά να χρησιμοποιεί κάποια "αεροκουρτίνα" και να έχει πολύ διαφορετική θερμοκρασία από αυτό. Ένας χώρος όπου έχει διαφορετικό ύψος από τους περιβάλλοντες μπορεί και αυτός να μελετηθεί σαν διακριτός.

Στους διακριτούς χώρους μας ενδιαφέρουν σε αρχικό στάδιο πληροφορίες όπως το εμβαδόν του χώρου, το ύψος του και το είδος χρήσης τους. Σε μετέπειτα στάδιο μπαίνουμε σε πιο αναλυτική καταγραφή των στοιχείων τους.

3.2.2 Περιγραφικά Στοιχεία

Για την πλήρη κατανόηση της δομής του κτιρίου χρειαζόμαστε και αρκετά ακόμα επιπλέον στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά περιγράφουν όχι μόνο ειδικά χαρακτηριστικά του κτιρίου αλλά δίνουν και αρκετές πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας του.

- Προσανατολισμός Κτιρίου
- Σχήμα Κτιρίου
- Σκίαση Από Φυσικά Εμπόδια
- Κλιματική Ζώνη
- Εύρος Θεμιτής Θερμοκρασίας
- Επίπεδα Θορύβου

- Παλαιότητα
- Αριθμός Εργαζομένων
- Ώρες Λειτουργίας
- Ανάλυση κατανάλωσης ενέργειας
- ΑΠΕ

3.3 Μετρητές

Η βασική πηγή πληροφοριών σε ένα portal διαχείρισης ενέργειας είναι οι μετρήσεις που προκύπτουν από το μετρητικό σύστημα. Οι μετρήσεις αυτές πρέπει να λαμβάνονται από τους μετρητές και να εισάγονται στο σύστημα με ένα σωστά δομημένο τρόπο ώστε να διευκολύνεται σημαντικά και ο χειρισμός τους. Η μελέτη που παρουσιάστηκε στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφει τη διαδικασία σχεδίασης του φυσικού συστήματος του μετρητικού πλέγματος, απομένει τώρα να αναλυθεί και η σχεδίασή του σε επίπεδο πληροφοριακού συστήματος.

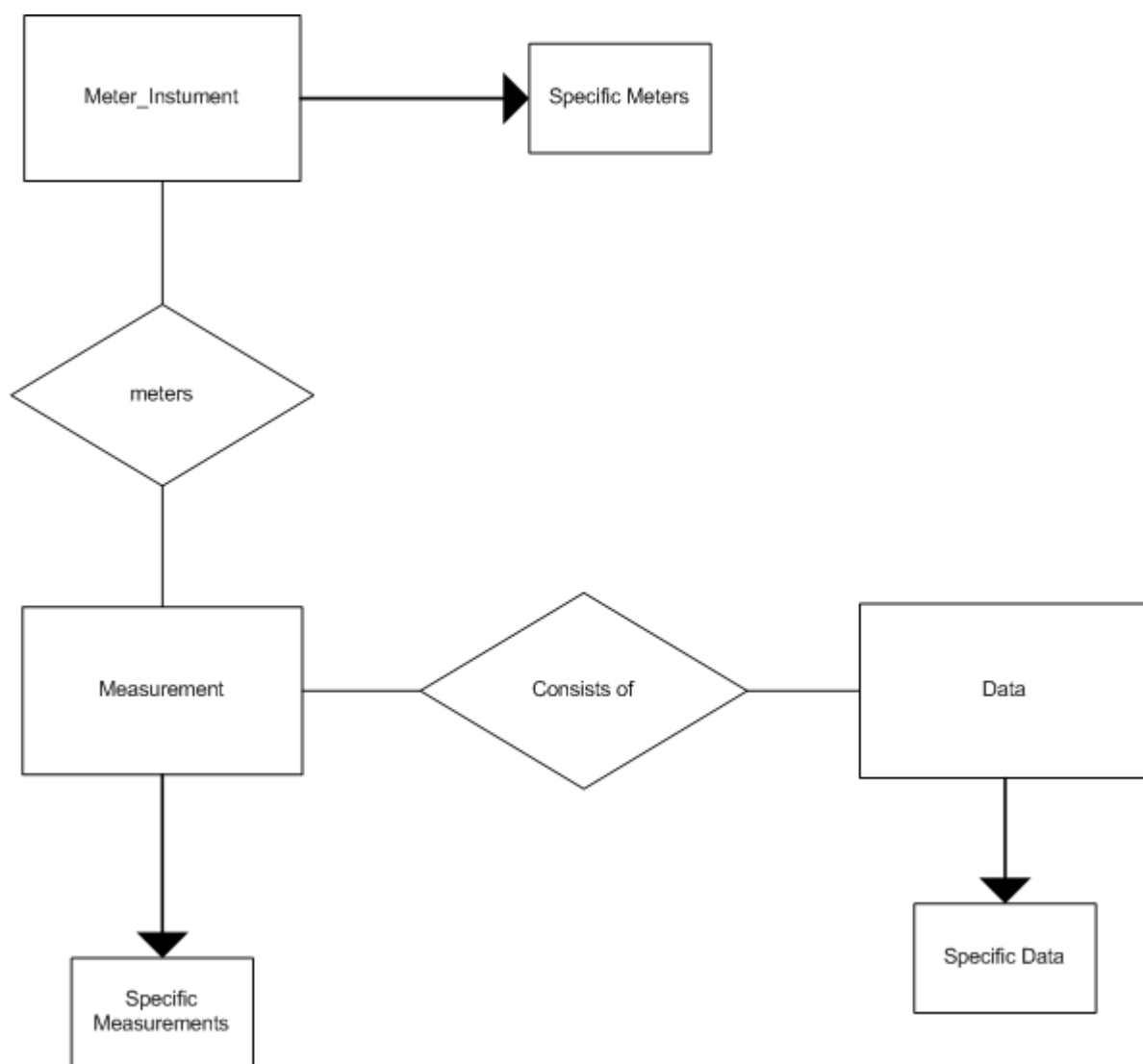
3.3.1 Φιλοσοφία

Η γενικότερη φιλοσοφία στη μοντελοποίηση του μετρητικού συστήματος είναι να μην χάνεται πληροφορία από τη λεπτομέρεια του μετρητικού συστήματος, να μπορεί ταυτόχρονα να είναι άνετα επεκτάσιμο και τέλος να παρέχει έναν έξυπνο τρόπο διαχείρισης της πληροφορίας. Το πρώτο κομμάτι, που αφορά στην ακεραιότητα της πληροφορίας, είναι αναγκαίο καθώς αφενός διασφαλίζει την ποιότητα της πληροφορίας που συλλέγεται και αφετέρου η απουσία του πρακτικά σημαίνει ότι χάνεται η δουλειά που έγινε στην ανάλυση του μετρητικού συστήματος, έχουμε δηλαδή αυξημένο κόστος χωρίς καλύτερη υπηρεσία. Το κομμάτι της επεκτασιμότητας οφείλει να υπάρχει καθώς το πληροφοριακό σύστημα πρέπει να μπορεί να καλύψει και μελλοντικές ανάγκες, χωρίς αυτό να σημαίνει μια μεγάλη και οικονομικά ασύμφορη αναθεώρηση. Τέλος το τελευταίο κομμάτι πρακτικά μπορεί να διευκολύνει πολύ τη διαχείριση του τεράστιου όγκου της πληροφορίας που διακινείται.

3.3.2 Μοντελοποίηση

Η μοντελοποίηση του μετρητικού συστήματος βασίζεται στο διαχωρισμό του σε τρία διαφορετικά στοιχεία:

- Όργανο Μέτρησης (Meter_Instrument)
- Μέτρηση (Measurement)
- Δεδομένα (Data)



Σχήμα 14: Μοντέλο Μετρητικού Συστήματος

3.3.2.1 Όργανο Μέτρησης

Η γενική κλάση `Meter_Instrument` μοντελοποιεί όλους τους πιθανούς μετρητές που μπορεί να χρησιμοποιούμε ή να χρησιμοποιήσουμε στο μέλλον. Η κλάση αυτή διαχωρίζεται αναλόγως με το είδος του μετρούμενου μεγέθους (πχ ηλεκτρική κατανάλωση, μετρητής ροής αερίου, θερμόμετρο κτλ). Επίσης ο μετρητής συνδέεται άμεσα με το κτίριο καθώς πρέπει να ξέρουμε σε ποιο σημείο αυτός βρίσκεται, ποιος είναι δηλαδή ο χώρος μέτρησης. Εν συνεχεία οι δημιουργηθείσες κλάσεις - παιδιά μπορεί να διαχωριστούν περαιτέρω αναλόγως με τις εκάστοτε ανάγκες. Μια τέτοια περίπτωση είναι ένας μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας ο οποίος μπορεί να μετράει πολλά ηλεκτρικά μεγέθη ταυτόχρονα. Τέλος μέσα στις κλάσεις παιδιά ορίζονται κάποιες σημαντικές παράμετροι που περιγράφουν και τις λεπτομέρειες του οργάνου μέτρησης όπως παραδείγματος χάριν η συχνότητα μέτρησης.

3.3.2.2 Μέτρηση

Πολλές φορές είναι πιθανό ένας μετρητής να μετράει πάνω από ένα φυσικά μεγέθη. Επίσης είναι πιθανό, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 1, μια μέτρηση να μη γίνεται απ' ευθείας και να προκύπτει είτε ως επεξεργασία ενός άλλου μετρούμενου μεγέθους που είναι ισοδύναμο, είτε ως συνδυασμός κάποιων μεγεθών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα έμμεσης μέτρησης είναι η κατανάλωση ενός συστήματος θέρμανσης νερού. Στην περίπτωση αυτή, αντί να μετρήσουμε ηλεκτρική κατανάλωση ή κατανάλωση αερίου, μετράμε τη ροή του νερού που περνάει στο σύστημα και με δεδομένη τη διαφορά της θερμοκρασίας και την απόδοση, υπολογίζουμε την κατανάλωση. Η περίπτωση της συνδυαστικής μέτρησης εφαρμόζεται πολύ συχνά στις ηλεκτρικές καταναλώσεις. Πολλές φορές μετράμε την κατανάλωση μιας γραμμής ως τη διαφορά μιας γενικής παροχής και της μίας εκ των δύο επί μέρους καταναλώσεις.

Αυτή η προσέγγιση σημαίνει για το μοντέλο μας ότι πρέπει να υπάρχει κάποιο ενδιάμεσο στάδιο που θα φιλτράρει και θα ομαδοποιήσει ή θα διαχωρίσει κατάλληλα τον όγκο των δεδομένων που παρέχουν οι μετρητές. Αυτόν ακριβώς το ρόλο αναλαμβάνουν η κλάση και οι υποκλάσεις της "Μέτρησης". Παρέχουν μια σύνδεση μεταξύ της αφηρημένης έννοιας των δεδομένων με την πρακτική τους σημασία. Η ύπαρξη ενός τέτοιου μεσάζοντα στο σύστημα, αν και προσθέτει κάποια πολυπλοκότητα είναι αρκετά χρήσιμη καθώς μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε άμεση πρόσβαση στα μετρούμενα μεγέθη που θέλουμε χωρίς να χρειάζεται επεξεργασία εκείνη την ώρα. Πρακτικά μας παρέχει ένα εργαλείο με το οποίο μπορούμε να χειριζόμαστε τα δεδομένα με την ουσιαστική τους σημασία και όχι με την προέλευσή τους.

Φυσικά αυτά τα θετικά μπορούν να υπάρξουν και χωρίς αυτή την ενδιάμεση διαδικασία. Τα σημαντικά θετικά μιας τέτοιας προσέγγισης όμως είναι αφενός η καλή επεκτασιμότητα του συστήματος και αφετέρου η διαχείρισή τους στο πιο άμεσο στάδιο. Με την παρούσα πρόταση το φιλτράρισμα των δεδομένων γίνεται άμεσα και έτσι μπορούμε να έχουμε σωστή κατηγοριοποίηση από την αρχή. Πέραν αυτού ο δυναμικός χαρακτήρας της διαχείρισης των δεδομένων μας παρέχει τη δυνατότητα να έχουμε μια ομαδοποιημένη και όσο αναλυτική θέλουμε, διαδικασία αποπολύπλεξης των δεδομένων. Τέλος, η επέκταση του συστήματος γίνεται πιο απλή καθώς αρκεί μια προσθήκη στην "Μέτρηση" για να χειριστούμε πλήρως ένα καινούργιο μέγεθος είτε αυτό προέρχεται από κάποιον υπάρχοντα μετρητή είτε όχι.

Στο στάδιο της μέτρησης πρέπει οπωσδήποτε να κάνουμε και την αντιστοίχιση με το μετρούμενο χώρο. Για αυτό χρησιμοποιούμε τη μοντελοποίηση του κτιρίου που προαναφέρθηκε. Τελικά προκύπτουμε με ένα σύνολο μετρήσεων για τις οποίες ξέρουμε χωροταξικά τι ακριβώς μετράνε, διευκολύνοντας έτσι ακόμα παραπάνω τις διαδικασίες ανάλυσης της πληροφορίας.

3.3.2.3 Δεδομένα

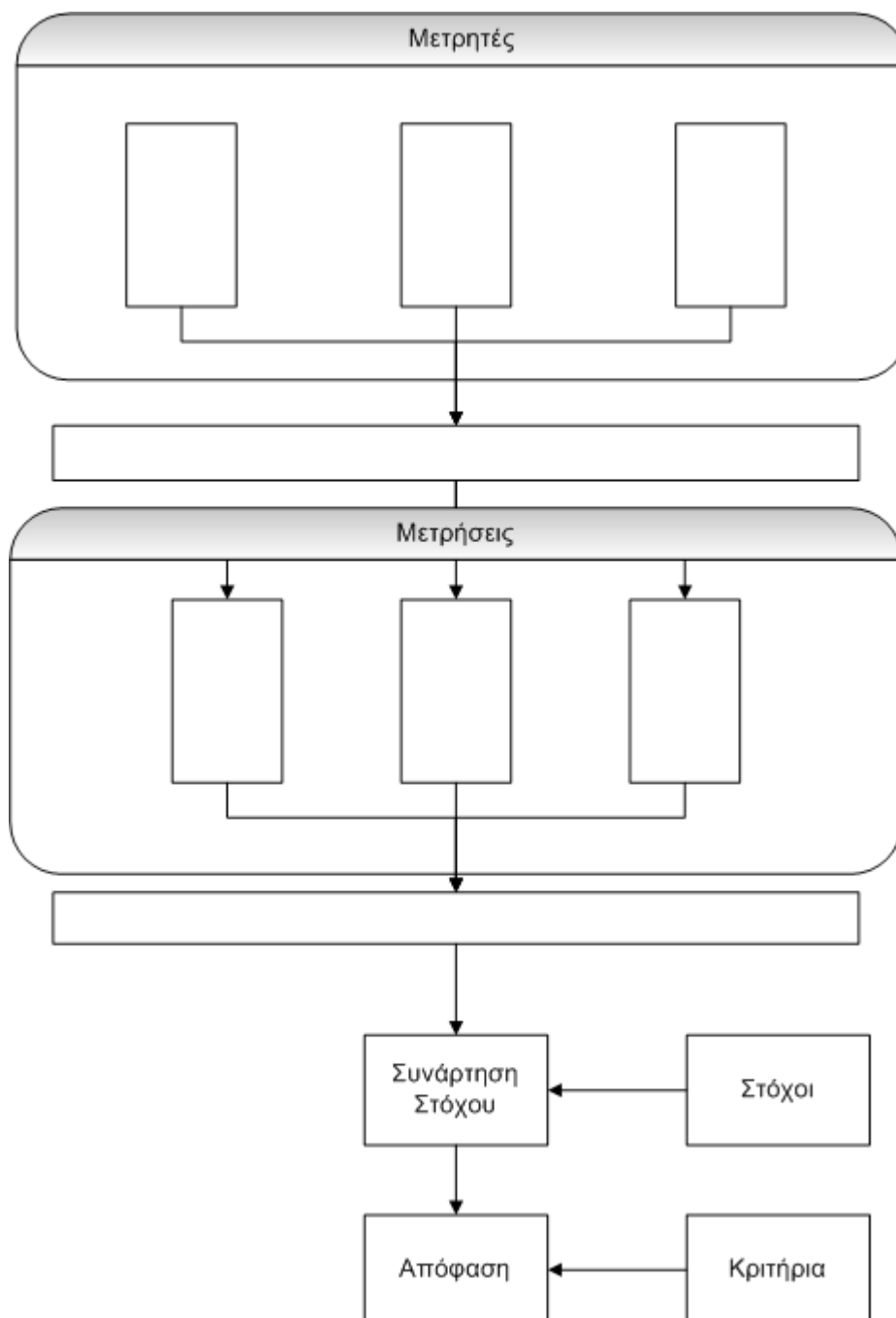
Το κομμάτι των δεδομένων περιέχει την αποθήκη όλων των μετρήσεων. Εδώ υπάρχουν δομημένα καταλλήλως όλα τα μετρούμενα μεγέθη που καταγράφει το σύστημα. Η κλάση των δεδομένων σπάει σε διάφορες υποκλάσεις οι οποίες εξυπηρετούν τις διαφορετικές προδιαγραφές των διαφόρων μεγεθών που παρακολουθούνται. Η γενική μορφή των κλάσεων αυτών περιέχει στοιχεία που αφορούν στο χρόνο λήψης της μέτρησης και την ταυτότητα της μέτρησης. Τα καθ' εαυτώ δεδομένα ορίζονται στις υποκλάσεις των "δεδομένων". Με βάση αυτή την προσέγγιση υλοποιείται στην βάση δεδομένων μια ομάδα πινάκων κάθε ένας από τους οποίους εξυπηρετεί κάποια ομάδα μετρήσεων.

Η διάσπαση αυτή της βάσης δεδομένων σε πολλά κομμάτια βοηθάει στην πιο ομαλή λειτουργία της εφαρμογής. Επίσης παρέχει πιο εύκολη διαχείριση προσβάσεων καθώς ο διαχωρισμός των προσβάσεων γίνεται, σε ένα πρώτο επίπεδο τουλάχιστον, σε επίπεδο πίνακα βάσης.

Ο τρόπος με τον οποίο θα διασπαστούν τα δεδομένα σε κατηγορίες μπορεί να ποικίλει από περίπτωση σε περίπτωση. Αρχικά γίνεται μια διάκριση ανάλογα με τον τύπο του μεγέθους που μετράται (πχ επίπεδα πετρελαίου, θερμοκρασία, ηλεκτρική κατανάλωση). Σε δεύτερο επίπεδο μπορεί να υπάρξει διαφοροποίηση ανάλογα με τον αριθμό των μεγεθών που αντιστοιχούν σε μια μέτρηση. Για παράδειγμα οι μετρήσεις πάνω σε τριφασικό ρεύμα είναι λογικό να ομαδοποιούν από την αρχή τις τρεις φάσεις και να δίνουν μια εγγραφή που να περιέχει τρία ρεύματα και τρεις τάσεις. Από την άλλη μεριά η μέτρηση της θερμοκρασίας έξω από το κτίριο είναι λογικό να είναι μια ομάδα μόνη της. Οι συσχετίσεις αυτές κρίνονται κατά περίπτωση.

3.4 Σύστημα Στόχων

Για να μπορέσει να λειτουργήσει το κομμάτι της ευφυΐας σε ένα πληροφοριακό σύστημα είναι αναγκαίο να έχει δοθεί ένα σύστημα στόχων. Σε αυτό δίνονται κάποιοι ποσοτικοί κανόνες που συνδέουν τα δεδομένα μεταξύ τους. Κατά τη λειτουργία του πληροφοριακού γίνεται τακτικός έλεγχος για την ισχύ ή όχι των κανόνων αυτών και δίνονται οι κατάλληλες αναφορές στους ενδιαφερόμενους.



Σχήμα 15: Επικοινωνία Μετρητικού και συστήματος στόχων

Η λογική θέση του συστήματος στόχων, όπως φαίνεται και παρακάτω, είναι να είναι σε μια

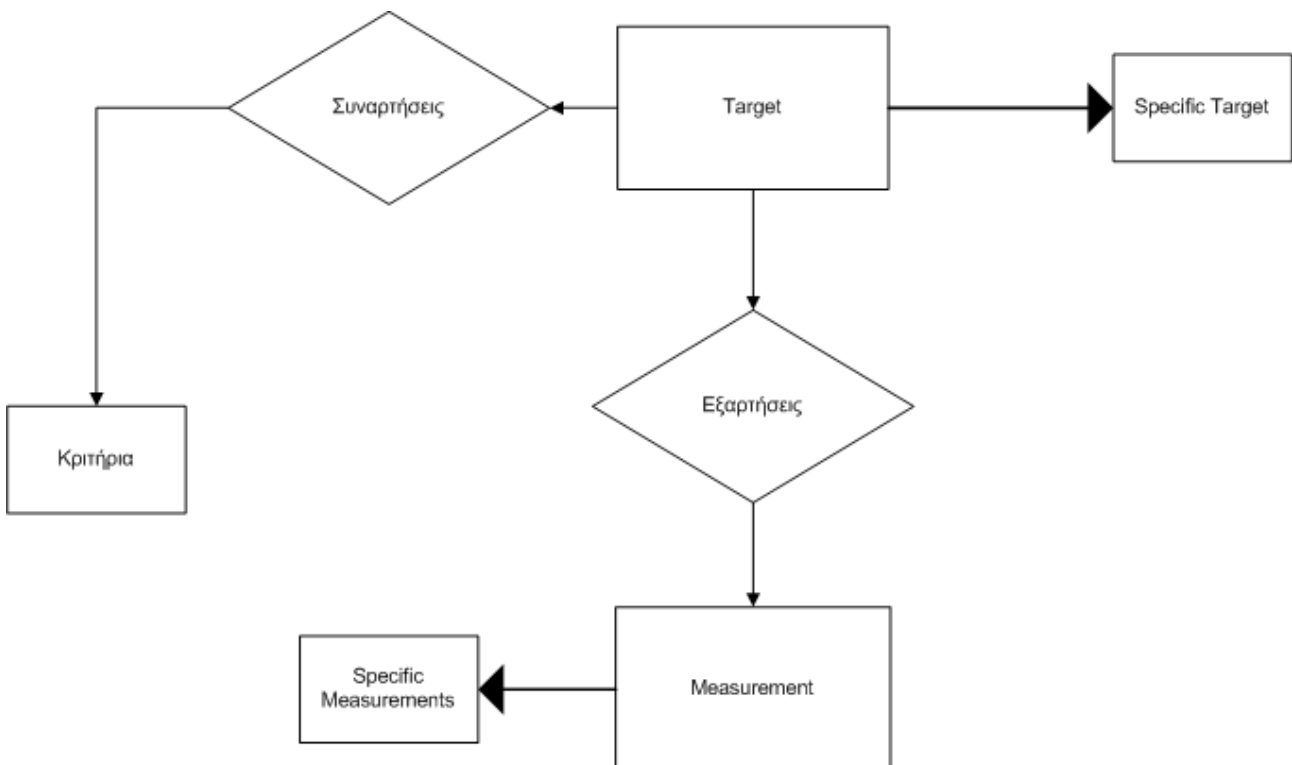
"παράλληλη" θέση σχετικά με τη ροή των δεδομένων. Δεν χρειάζεται δηλαδή να λειτουργεί σαν ένα επιπλέον φίλτρο στην καταχώρηση των δεδομένων, αλλά απεναντίας, είναι καλύτερο να χειρίζεται το σύνολο των δεδομένων που έχουν καταχωρηθεί. Φυσικά χάρη σε διάφορες βελτιστοποιήσεις μπορεί να κριθεί σκόπιμο να έχει και κάποια κομμάτια του συνδεδεμένα με την καταχώρηση των δεδομένων.

3.4.1 Δομή

Το σύστημα στόχων αποτελείται από διάφορα επιμέρους στοιχεία. Αρχικά πρέπει να υπάρχει μια αναλυτική λίστα στόχων. Μετά από αυτό είναι απαραίτητος ένας μηχανισμός να αντιστοιχίζονται οι στόχοι με τις αντίστοιχες μετρήσεις, έχουμε δηλαδή να μοντελοποιήσουμε μια σχέση "πολλά προς πολλά". Επίσης πρέπει να υπάρχει ένας άλλος μηχανισμός που θα περιγράφει το είδος του στόχου, θα περιέχει δηλαδή πληροφορίες σχετικά με τη συνάρτηση που εφαρμόζεται πάνω στα δεδομένα για να παράξει το δείκτη που θα καθορίσει το αποτέλεσμα του κριτηρίου. Αυτό το στάδιο είναι πιο φυσικό να μην περιέχει μέσα την πρακτική υλοποίηση αλλά μόνο κάποια αναφορά στη μέθοδο που απαιτείται, σε συνδυασμό με μια ομάδα απαιτούμενων παραμέτρων. Πέραν αυτών θα πρέπει να υπάρχει και ένας πίνακας στον οποίο θα καταχωρούνται τα κριτήρια ανοχής του κάθε στόχου έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται η τελική αξιολόγηση αλλά και να αλλάζει-επεκτείνεται ευέλικτα το όλο σύστημα. Τέλος είναι αναγκαίος και ένας τελικός μηχανισμός που θα αξιολογεί, βάσει των δοθέντων ζωνών ανοχής και των αποτελεσμάτων των κριτηρίων, την τελική έκβαση του ελέγχου.

Οι έλεγχοι αυτοί μπορεί να είναι είτε σε πραγματικό χρόνο (real time monitoring) είτε να εκτελούνται σε δεδομένα ιστορικού αναλόγως πάντα με την περίπτωση.

Η παραπάνω ανάλυση γίνεται με βασικό κριτήριο την εύκολη και απλή επεκτασιμότητα του μοντέλου σε νέους στόχους, πού είτε δεν έχουν προβλεφθεί είτε δεν υπάρχει σε πρώτη φάση η κατάλληλη τεχνική υποδομή ή θέληση για την παρακολούθησή τους.



Σχήμα 16: Σύστημα Στόχων

3.4.1.1 Στόχοι

Πρώτα από όλα, και όχι μόνο τυπικά, πρέπει να υπάρχει μια σαφής λίστα στόχων. Αυτή η λίστα περιέχει κάποιες γενικές πληροφορίες για τον εκάστοτε στόχο. Οι πληροφορίες είναι τέτοιες ώστε να διευκολύνουν τη λειτουργία του πληροφοριακού συστήματος. Παραδείγματα τέτοιων πληροφοριών είναι:

- το αναγνωριστικό όνομα του στόχου,
- ο αριθμός των μετρήσεων που θα επηρεάζουν το στόχο,
- το αν είναι πραγματικού χρόνου ή όχι,
- τη σχέση που έχει με το κριτήριο ελέγχου.

Τα κριτήρια αυτά είναι ικανά να μας δώσουν ένα ευέλικτο και άκρως επεκτάσιμο σύστημα στόχων. Η σχέση με το κριτήριο ελέγχου, που προαναφέρθηκε, υπάρχει για να αποσαφηνίσει με έναν δομημένο τρόπο το τι είδους είναι οι προδιαγραφές ελέγχου που πρέπει να πληροί ο στόχος. Τέτοιες σχέσεις μπορεί να είναι σχέσεις ισότητας ή ανισότητας με μια τιμή και σχέσεις που να ορίζουν ένα επιτρεπτό διάστημα είτε με ακραίες τιμές, είτε με μια τιμή και ποσοστά απόκλισης είτε με την απόκλιση από μια συνάρτηση.

3.4.1.2 Εξαρτήσεις

Οι εξαρτήσεις είναι μια ομάδα σχέσεων "πολλά προς πολλά" που σκοπό έχουν να ομαδοποιήσουν διαφορετικές μετρήσεις σε ομάδες που αποσκοπούν σε συγκεκριμένους στόχους. Εδώ γίνεται η ποιοτική ταξινόμηση των μετρούμενων μεγεθών. Κάθε μέτρηση μπορεί φυσικά να ανήκει σε αρκετές ομάδες καθώς μπορεί να επηρεάζει παραπάνω από ένα στόχο. Οι εξαρτήσεις μπορούν να νοηθούν σαν ένα δεύτερο και τελικό επίπεδο πολύπλεξης στο μετρητικό σύστημα. Από την πρωτογενή μορφή των δεδομένων, που είναι οι μετρητές, περνάμε στο επόμενο επίπεδο, που είναι η αναγνώριση της μέτρησης, και μετά στο επόμενο και τελικό, που είναι η μετάφραση των μετρούμενων σε σαφείς δείκτες απόδοσης. Η πορεία αυτή της πληροφορίας προσδίδει σε αυτή και μια ολοένα αυξανόμενη σημαντικότητα καθώς κάθε στάδιο αποτελεί και ένα παραπάνω επίπεδο ανάλυσης.

3.4.1.3 Συνάρτηση

Η συνάρτηση παραγωγής του δείκτη περιέχει όλη την πληροφορία επεξεργασίας των δεδομένων. Οι συναρτήσεις που χρησιμοποιούμε στο πληροφοριακό σύστημα για τον έλεγχο των δεδομένων μπορεί να είναι από πολύ απλές (τύπου διαφορά δυο μετρήσεων) έως αρκετά πολύπλοκες διαδικασίες. Αναλόγως με την υπολογιστική πολυπλοκότητα μπορεί είτε να δίνεται μέσα στην βάση η συνάρτηση είτε να δίνεται μια αναφορά για κάποιο αρχείο που να υλοποιεί την επεξεργασία. Επίσης σε αυτό το στάδιο αρχικοποιούνται και λαμβάνονται υπόψιν και οι διάφορες παράμετροι που χρησιμοποιούνται στο υπολογιστικό κομμάτι.

3.4.1.4 Κριτήρια

Τελευταίο κομμάτι της όλης αποτίμησης των στόχων αποτελεί η σύγκρισή τους με τις τιμές αναφοράς. Εδώ σε συνδυασμό με το είδος του κριτηρίου, που ορίστηκε στη λίστα των στόχων γίνεται ο έλεγχος για την επίτευξη ή όχι του στόχου. Όπως έχουμε προαναφέρει τα κριτήρια είναι είτε ισότητας - ανισότητας είτε περιοχής τιμών.

Εδώ πρακτικά τελειώνει και το κομμάτι της ανάλυσης της πληροφορίας. Η πληροφορία έχει περάσει και από το τελευταίο της στάδιο και έχει μεταλλαχθεί σε συμπέρασμα πολύ πιο χρήσιμο από την αρχική του μορφή.

Σαν ένα παράδειγμα σε αυτό μπορούμε να πούμε ότι μας ενδιαφέρει ελάχιστα το πόσο καταναλώνει η κάθε λάμπα ενός χώρου, μας ενδιαφέρει κάπως παραπάνω το πόσο καταναλώνουν όλες μαζί και τελικά μας ενδιαφέρει πάρα πολύ το αν αυτό το άθροισμα είναι μέσα στους στόχους που έχουμε ορίσει.

Αντίστοιχο παράδειγμα κλιμακούμενου ενδιαφέροντος αλλά σαφώς πιο βαρύνουσας σημασίας είναι η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Αρχικά μετράμε την κατανάλωση kWh του καυστήρα, ένα πολύ σημαντικό ποσό που επιδρά άμεσα στα οικονομικά του κτιρίου. Στη συνέχεια υπολογίζουμε τις βαθμοημέρες θέρμανσης, με τα δυο αυτά μεγέθη δημιουργούμε έναν δείκτη κατανάλωσης-βαθμοημερών. Έχοντας αυτόν το δείκτη, μπορούμε πλέον να αξιολογήσουμε όχι μόνον το κατά πόσο η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου στον τομέα της θέρμανσης είναι "καλή", αλλά και το τι γίνεται συγκριτικά με άλλες φορές. Στην τελευταία περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτό σαν ένας τρόπος αποτίμησης παρεμβατικών ενεργειών στο κτίριο ή και σαν ανίχνευση δυσλειτουργιών στον εξοπλισμό ή κακής χρήσης.

3.5 Υπηρεσίες

Όλη η προηγούμενη ανάλυση έχει ως βασικό σκοπό να υποστηρίξει συγκεκριμένες ενεργειακές υπηρεσίες του πληροφοριακού συστήματος. Μέσω της λεπτομερούς ανάλυσης του κτιρίου, του συστήματος μέτρησης και του συστήματος στόχων, παρέχεται η κατάλληλη βάση ώστε το πληροφοριακό σύστημα να κάνει τη μετάβαση από μια "απλή" αποθήκη δεδομένων σε ένα ευφύες σύστημα που είναι ικανό να διαχειριστεί πλήρως τον όγκο της μετρούμενης πληροφορίας. Οι ενεργειακές υπηρεσίες που μπορεί να μας παρέχει το σύστημα έχουν τη δυνατότητα να είναι και σε πραγματικό χρόνο αλλά και σαν υπηρεσίες συνολικής αποτίμησης. Η γενικότερη φιλοσοφία που διέπει τα ζητούμενα του ενεργειακού portal είναι να μπορούν να δίνονται, μέσω των καταλλήλων δεικτών, σαφείς εικόνες και συμπεράσματα των λεπτομερειών της κατανάλωσης.

3.5.1 Υπηρεσίες Πραγματικού Χρόνου

Οι υπηρεσίες πραγματικού χρόνου είναι υπηρεσίες που μπορούν να παρέχουν άμεση ανταπόκριση στο χρήστη. Κυρίως είναι διαγνωστικές υπηρεσίες από τις οποίες μπορούν να βγουν πολύ χρήσιμες πληροφορίες.

- Παρακολούθηση γενική κατανάλωσης
- Παρακολούθηση ειδικών καταναλώσεων
- Παρακολούθηση στόχων πραγματικού χρόνου
- Ανίχνευση άσκοπων καταναλώσεων
- Ανίχνευση υπερεντάσεων
- Ανίχνευση δυσλειτουργιών
- Υπηρεσίες ασφάλειας

3.5.1.1 Παρακολούθηση Κατανάλωσης

Η πρώτη κατηγορία ενεργειακών υπηρεσιών και βάση όλων όλων των υπολοίπων, είναι η παρακολούθηση της κατανάλωσης. Αφενός σε συγκεντρωτικό επίπεδο μπορούμε να έχουμε ανα πάσα στιγμή εικόνα για τη συνολική λειτουργία του χώρου και αφετέρου μπορούμε να ενημερωνόμαστε συνεχώς για όλες τις επιμέρους καταναλώσεις που μας αφορούν. Η παρακολούθηση των επιμέρους καταναλώσεων μπορεί να αναδείξει διάφορες ανισορροπίες στα μετρούμενα μεγέθη που χάνονται με τη γενική μέτρηση. Η άμεση και λεπτομερής μέτρηση μπορεί

να δώσει την απαιτούμενη πληροφορία για την εφαρμογή ορισμένων αλγορίθμων παρακολούθησης στόχων πραγματικού χρόνου. Τέτοιου είδους στόχοι είναι η συγκράτηση της κατανάλωσης ή του συντελεστή ισχύος σε συγκεκριμένα όρια ή προφίλ λειτουργίας. Τυπικά παραδείγματα είναι ο έλεγχος για πιθανώς επικίνδυνες υπερκαταναλώσεις συγκεκριμένων φορτίων, ο έλεγχος για πολύ χαμηλή παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (και άρα η ανάγκη έναρξης κάποιου βοηθητικού κυκλώματος παροχής), η κακή τιμή του συντελεστή ισχύος (και άρα η ανάγκη παρεμβολής μιας πυκνωτικής διάταξης) και άλλα.

3.5.1.2 Δυσλειτουργίες

Όπως είναι φυσικό με τη συνεχή παρακολούθηση προκύπτουν και επιπλέον ευκολίες οι οποίες μπορούν να αποκτήσουν τεράστια βαρύτητα. Οι υπηρεσίες πραγματικού χρόνου έχουν αρκετά μεγάλη εφαρμογή σε διαφόρων ειδών ανιχνεύσεις δυσλειτουργιών.

Αρχικά μπορούμε να ανακαλύπτουμε άσκοπες καταναλώσεις τις οποίες και είναι εύκολο να αντιμετωπίσουμε άμεσα. Τυπικά παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων είναι ξεχασμένα φώτα, θερμάνσεις και γενικότερα η αδυναμία των χειριστών να ελέγξουν στοιχειωδώς την κατανάλωση στους χώρους τους. Επίσης μπορούμε να ελέγχουμε σχετικά εύκολα και το σύστημά μας για διάφορες επικίνδυνες καταστάσεις όπως υπερεντάσεις έτσι ώστε να βελτιώσουμε τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων, κάνοντάς τα πιο ασφαλή και για την υλικοτεχνική υποδομή και για το προσωπικό.

Σε ένα πιο σύνθετο επίπεδο ανάλυσης είναι εφικτό το σύστημα στόχων να έχει φτάσει σε τέτοιο σημείο ωριμότητας που να μπορούμε να ανιχνεύουμε τεχνικές βλάβες ή "περίεργες συνθήκες λειτουργίας" για συγκεκριμένα συστήματα. Για αυτές τις υπηρεσίες παίζει πολύ μεγάλο και η διάρκεια λειτουργίας του συστήματος καθώς ένα σύστημα που λειτουργεί για αρκετό καιρό έχει βελτιστοποιήσει και καλύτερα το σύστημα στόχων του ώστε να πιάνει τέτοιου είδους "ανωμαλίες" πιο αποδοτικά.

3.5.1.3 Ασφάλεια

Στο κομμάτι της ασφάλειας η συνεχής παρακολούθηση έχει να προσφέρει πολλά. Μας παρέχει ένα επιπλέον επίπεδο στην έγκαιρη ανίχνευση παρείσακτων στους χώρους που ελέγχουμε. Τα τυπικά συστήματα συναγερμού είναι δυνατόν να "ξεγελαστούν" αλλά από τη στιγμή που υπάρξει διακύμανση στην κατανάλωση το πληροφοριακό σύστημα γνωρίζει ότι ένας αστάθμητος παράγοντας έχει προκαλέσει την αλλαγή και μπορεί να δώσει αυτό την κατάλληλη ειδοποίηση στους υπεύθυνους ασφαλείας.

3.5.2 Συγκεντρωτικές Υπηρεσίες

Οι συγκεντρωτικές υπηρεσίες ενός ενεργειακού πληροφοριακού συστήματος είναι εκεί όπου δίνεται το περισσότερο αλγοριθμικό βάρος. Έξυπνοι αλγόριθμοι τρέχουν πάνω στα συγκεντρωτικά δεδομένα και παράγουν ειδικευμένη γνώση γύρω από τη συμπεριφορά του κτιρίου. Οι αναλύσεις αυτές αναλόγως την περίπτωση μπορεί να χρειάζονται δεδομένα μέχρι και ενός χρόνου για να δώσουν σωστά αποτελέσματα.

Ενδεικτικά αναφέρονται τέσσερις διαφορετικές υπηρεσίες που λειτουργούν πάνω σε συγκεντρωτικά δεδομένα.

- Προσδιορισμός προφίλ κανονικής λειτουργίας
- Ανίχνευση υπερφορτωμένων γραμμών
- Ανίχνευση αιχμών

- Ανάλυση βαθμοημερών

3.5.2.1 Προφίλ Λειτουργίας

Ίσως η πρώτη ενεργειακή υπηρεσία που μπορούμε να έχουμε από ένα πληροφοριακό σύστημα είναι η εξαγωγή των διαφόρων καταναλωτικών προφίλ. Συγκεκριμένα μπορούμε να βγάλουμε ένα προφίλ συμπεριφοράς για κάθε τι που μετράμε είτε αυτό είναι γενική κατανάλωση είτε είναι κάποιο συγκεκριμένο σημείο. Η εξαγωγή των διαφόρων προφίλ μας βοηθάει αρκετά διότι αφενός μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του συστήματος και αφετέρου μπορούμε να εντοπίζουμε και πιο εύκολα τις διαφορές αποκλίσεις από αυτά.

3.5.2.2 Υπερφόρτωση Γραμμής

Τα συγκεντρωτικά στοιχεία γύρω από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε μια γραμμή μπορούν να δώσουν μια αρκετά σαφή εικόνα για το αν η γραμμή αυτή λειτουργεί σε σωστά επίπεδα. Είναι πολύ πιθανό ο σχεδιασμός να έχει γίνει έτσι ώστε να μην υπάρχει σωστή κατανομή φορτίου. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν γραμμές που λειτουργούν κανονικά σε υψηλότερα ρεύματα από ότι είναι θεμιτό και άρα χρειάζονται μεγαλύτερες ασφάλειες κάτι το οποίο μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα σε συστήματα που δεν έχουν ιδιαίτερη ανοχή σε υπερεντάσεις.

3.5.2.3 Ανίχνευση Αιχμών

Ένα αρκετά συνηθισμένο πρόβλημα στις ηλεκτρικές καταναλώσεις είναι η ύπαρξη αιχμών. Αιχμή έχουμε όταν η κατανάλωση σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή είναι πολύ μεγαλύτερη από τις γειτονικές της. Η ύπαρξη των αιχμών μπορεί να προκαλέσει αρκετά προβλήματα στη λειτουργία του συστήματος αρχικά με το ρίξιμο μιας ασφάλειας και κυριότερα λόγω της πιθανότητας να καεί κάποιο μηχάνημα. Μέσω της αναλυτικής καταγραφή και επεξεργασίας των δεδομένων μπορούμε να εντοπίσουμε συγκεκριμένες περιοδικότητες στην ύπαρξη των αιχμών και να αποκτήσουμε μια σαφή εικόνα για το προφίλ τους. Η σαφής αυτή εικόνα είναι που θα μας βοηθήσει τελικά να λάβουμε και τα αντίστοιχα μέτρα αν αυτό κριθεί απαραίτητο.

3.5.2.4 Ανάλυση Βαθμοημερών

Οι βαθμοημέρες θέρμανσης (αντίστοιχα ψύξης) είναι ένα μέγεθος που εκφράζει την ποσότητα της ανάγκης για θέρμανση (αντίστοιχα ψύξη). Με τη χρήση των βαθμοημερών μπορούμε να έχουμε μια αντικειμενική αξιολόγηση της ποσότητας της θερμοκρασιακής μεταβολής που χρειάστηκε να προκαλέσουμε στο κτίριο. Με βάση αυτό το μέγεθος μπορούμε, καταγράφοντας και τους ενεργειακούς πόρους που καταναλώθηκαν, να αξιολογήσουμε την επίδοση των συστημάτων θέρμανσης-ψύξης. Τα συμπεράσματα που μπορούμε να εξάγουμε από μια τέτοια ανάλυση είναι τεράστια.

- Μπορούμε να αξιολογήσουμε το κατά πόσο βοήθησαν οι διάφορες βελτιωτικές ενέργειες στις οποίες προβήκαμε,
- μπορούμε να συμπεράνουμε το κατά πόσο τηρούνται οι σωστές συνθήκες λειτουργίας και
- μπορούμε να ανιχνεύσουμε τις πιθανές βλάβες πριν αυτές γίνουν αντιληπτές από τους συντηρητές.

3.5.3 Προτάσεις Βελτίωσης

Με βάση όλα τα παραπάνω μπορεί να τροφοδοτηθεί ένα σύστημα λήψης αποφάσεων που να υποδεικνύει ποικίλες βελτιωτικές δράσεις σε επίπεδο κατανάλωσης, λειτουργίας και διαχείρισης.

Η πρώτη υπηρεσία που μπορεί να δοθεί, και μάλιστα αρκετά άμεσα, είναι η σύγκριση της κατανάλωσης με τη χρεωμένη κατανάλωση και εν συνεχεία η ακριβής πρόβλεψη χρέωσης για τον επόμενο λογαριασμό. Κάτι τέτοιο είναι αρκετά σημαντικό καθώς μπορεί να υπάρξει πιο λεπτομερής προγραμματισμός των οικονομικών της εταιρίας.

Με βάση το προφίλ κατανάλωσης και τη γνώση των τιμολογιακών πολιτικών των διαφόρων παρόχων ενέργειας μπορεί το σύστημα να επιλέγει το βέλτιστο ενεργειακό συμβόλαιο έτσι ώστε να μειώνεται και το ανά μονάδα ενέργειας κόστος χωρίς να υπάρχει καμία υποβάθμιση της παροχής. Κάτι τέτοιο μπορεί να γίνεται ακόμα και σε πραγματικό χρόνο.

Η χρέωση στις μεγάλες καταναλώσεις γίνεται και με βάση το μέγεθος της ισχύος που καταναλώνεται. Η ανάλυση της καθημερινής ενεργειακής ταυτότητας του χώρου ίσως φέρει στην επιφάνεια κάποιου είδους ακριβές και αναστρέψιμες υπερκαταναλώσεις ισχύος. Μπορεί το σύστημα αναγνωρίζοντας αυτές τις υπερκαταναλώσεις να προτείνει κάποια χρονική ανακατανομή φορτίου έτσι ώστε να μη μπαίνει η κατανάλωση στις ζώνες της υψηλής χρέωσης. Εναλλακτικά μπορούν να προταθούν και άλλες μέθοδοι, όπως είναι η χρησιμοποίηση ενέργειας επιτόπιας παραγωγής για τις ώρες αιχμής, μειώνοντας πρακτικά την παρεχόμενη από το δίκτυο ενέργεια. Τέτοιες δράσεις πρακτικά δεν επηρεάζουν την παραγωγικότητα του κτιρίου αλλά μπορούν να επηρεάσουν σημαντικότερα τα οικονομικά του.

Στο ίδιο επίπεδο κυμαίνονται και οι έλεγχοι για το συντελεστή ισχύος. Τα κτίρια με αρκετά μεγάλες καταναλώσεις πολύ συχνά εμφανίζουν σημαντικά ποσά επαγωγικών φορτίων τα οποία αφενός καταπονούν περισσότερο το σύστημα και αφετέρου χρεώνονται με αρκετά δυσμενείς όρους από τον πάροχο. Η μακροπρόθεσμη ανάλυση του προφίλ του συντελεστή ισχύος μπορεί να δώσει τις κατάλληλες πληροφορίες για την πρόταση εγκατάστασης της κατάλληλης συστοιχίας πυκνωτών αντιστάθμισης.

4 Αλγόριθμοι

4.1 Βαθμομημέρες

Οι βαθμομημέρες θέρμανσης (αντίστοιχα ψύξης) είναι ένα μέγεθος “τύπου ορμής” που μπορεί να ποσοτικοποιήσει το πόσο “σχετικό κρύο” (σχετική ζέστη) έκανε σε μια περιοχή και για πόσο χρονικό διάστημα. Η χρησιμότητα ενός τέτοιου μεγέθους είναι πολύ μεγάλη όταν χρειάζεται να δείξουμε ένα ποσοτικό αποτέλεσμα που εξαρτάται άμεσα από τις θερμοκρασιακές συνθήκες, καθώς προσφέρει μια τάξη ακρίβειας η οποία δεν είναι δυνατόν να βρεθεί σε κλασικές μετρήσεις μέσης θερμοκρασίας.

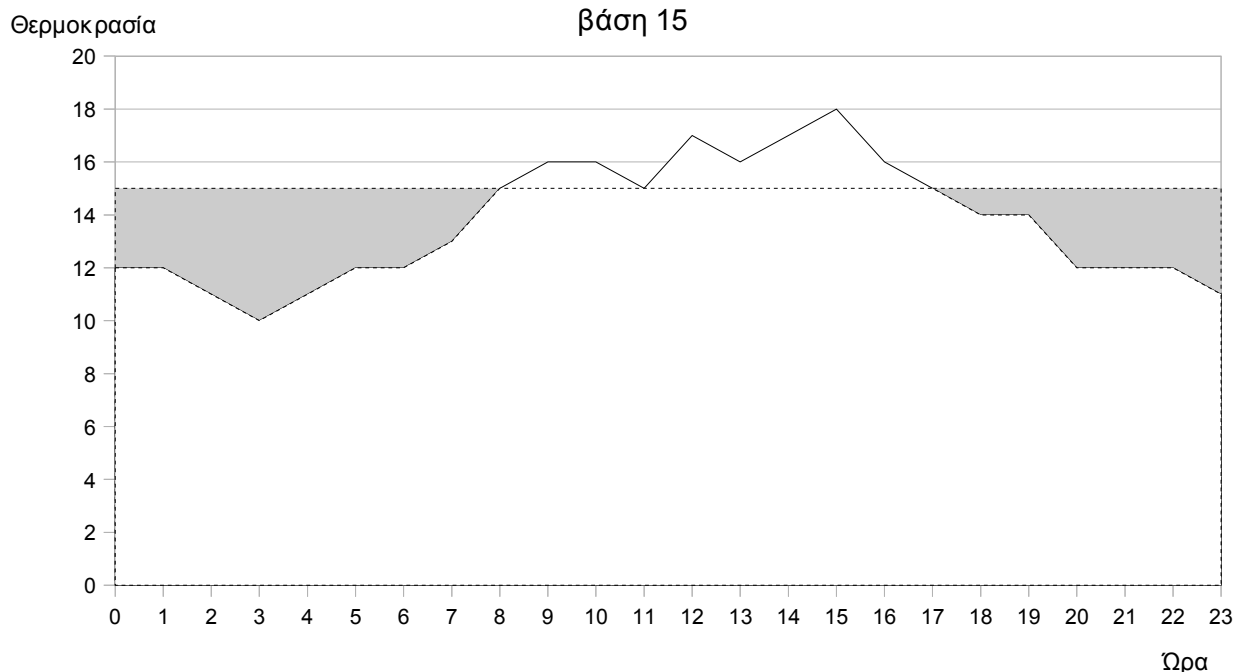
Από τη μια πλευρά, η μέση θερμοκρασία είναι ικανή να μας δώσει λεπτομέρειες για τη χρονική διάρκεια του “επιπέδου ψύχους (ζέστης)”, αν έχει υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη, αναλυτικά, τις επιμέρους διάρκειες της κάθε θερμοκρασίας στο χρονικό ορίζοντα που εξετάζουμε και όχι σαν ένα ημίθροισμα ακραίων τιμών. Από την άλλη όμως δίνει απάντηση με ένα μέγεθος (βαθμοί Κελσίου) που πρακτικά δεν είναι ιδιαίτερα χρήσιμο. Οι βαθμομημέρες από την άλλη πλευρά εκφράζουν, για μια χρονική διάρκεια, το πόσο απείχε η θερμοκρασία από μια θερμοκρασία βάσης και για πόση ώρα. Ορίζοντας λοιπόν τη θερμοκρασία βάσης ως τη θερμοκρασία από την οποία και κάτω (πάνω) απαιτείται να ενεργοποιηθεί η θέρμανση (ψύξη) ενός κτιρίου, έχουμε ένα μέγεθος που περιγράφει ποσοτικά την “ανάγκη για θέρμανση (ψύξη)” στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ερμηνευτικά λοιπόν μπορούμε να θεωρούμε τις βαθμομημέρες ως την ποσοτικοποίηση της “ανάγκης για επέμβαση στη θερμοκρασία του κτιρίου”.

4.1.1 Παράμετροι Βαθμομημερών

Οι βαθμομημέρες μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου είναι ουσιαστικά ένα εμβαδόν θερμοκρασίας και χρονικής διάρκειας. Υπολογιστικά, με μια απλουστευτική προσέγγιση, μπορούν να υπολογιστούν ως η διαφορά δυο εμβαδών (διάγραμμα 1: γκρι περιοχή): του εμβαδού που καλύπτεται από την καμπύλη που ορίζεται από το ελάχιστο της μετρούμενης θερμοκρασίας και μιας θερμοκρασίας βάσης, αφαιρουμένου από το εμβαδόν που καλύπτεται από τη θερμοκρασία βάσης κατά τη χρονική αυτή περίοδο.

Βαθμομέρες Θέρμανσης

βάση 15



Διάγραμμα 3: Υπολογισμός βαθμομερών μιας ημέρας με βάση τους 15 βαθμούς Κελσίου

Η διαφορά που έχει αυτή η προσέγγιση από τον υπολογισμό των εμβαδών μέσω της μέσης τιμής της θερμοκρασίας είναι ουσιαστικά το ότι λαμβάνει πιο ποιοτικά δεδομένα καθώς εξαιρεί τις θερμοκρασίες που είναι πάνω από τη θερμοκρασία βάσης και για τις οποίες δεν απαιτείται θέρμανση.

4.1.1.1 Θερμοκρασία Βάσης

Η αξιοπιστία των βαθμομερών ως μέτρηση της ανάγκης θέρμανσης (ψύξης) εξαρτάται κατά πολύ από τη σωστή επιλογή της θερμοκρασίας βάσης. Η θερμοκρασία βάσης όπως αναφέρθηκε εκφράζει το κατώφλι της εξωτερικής θερμοκρασίας κάτω (πάνω) από το οποίο απαιτείται ενεργή δράση για τη διαχείριση της θερμοκρασίας. Ο προσδιορισμός αυτού του κατωφλίου πρέπει να λαμβάνει υπόψη συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του εκάστοτε, υπό μελέτη, κτιρίου. Αρχικά κάθε κτίριο μπορεί να έχει διαφορετικές απαιτήσεις θέρμανσης (ψύξης), ή αλλιώς να στοχεύει σε διαφορετική εσωτερική θερμοκρασία. Για παράδειγμα ένα κτίριο γραφείων μπορεί να λειτουργεί στους 20° C ενώ ένα νοσοκομείο στους 25° C, αυτό πρακτικά σημαίνει μια μετακίνηση προς τα πάνω (κάτω) της θερμοκρασίας βάσης, καθώς για εξωτερικές θερμοκρασίες που τα γραφεία (νοσοκομεία) δεν χρειάζονται θέρμανση (ψύξη), τα νοσοκομεία (γραφεία) εξακολουθούν να χρειάζονται.

4.1.1.2 Παθητική Θέρμανση

Διαφορετικά κτίρια μπορεί να έχουν διαφορετικά επίπεδα “παθητικής θέρμανσης”. Παθητική θέρμανση είναι η θέρμανση που κερδίζει ένα κτίριο χωρίς την κατανάλωση ενέργειας για αυτό το σκοπό. Τέτοιου είδους θέρμανση μπορεί να προσδίδει η ηλιοφάνεια σε συνδυασμό με καλά

μελετημένο κέλυφος, που επιτρέπει καλή ή ελεγχόμενη πρόσληψη θερμότητας. Επίσης παθητική θέρμανση είναι και η θερμότητα που εκλύεται από τη λειτουργία ενός κτιρίου. Τα μηχανήματα (υπολογιστές, εκτυπωτές, μηχανές παραγωγής κτλ) καθώς και το ανθρώπινο δυναμικό με τη λειτουργία τους και ύπαρξή τους στο χώρο αντίστοιχα, εκλύουν θερμότητα και εν τέλει συνδράμουν στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας. Παραδείγματος χάριν, ένα χαμηλοτάβανο κτίριο με μεγάλη πυκνότητα και πλήθος ανθρώπων και υπολογιστών (πχ call center) κερδίζει περισσότερη θερμότητα από ότι ένα ψηλοτάβανο κτίριο με λίγους ανθρώπους (πχ software development company). Παθητική θέρμανση θα μπορούσε επίσης να θεωρηθεί και κάθε μέθοδος “δωρεάν” πρόσληψης θερμότητας, πχ γεωθερμία ή ακόμα και συμπαραγωγή. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η θερμοκρασία βάσης μπορεί να επηρεαστεί θετικά (αρνητικά) ακόμα και κατά 3 με 4 βαθμούς Κελσίου.

4.1.1.3 Ζώνη Άνεσης

Το ζήτημα της θερμοκρασίας βάσης γίνεται ακόμα πιο σύνθετο όταν έχουμε και πιθανότητα θέρμανσης και πιθανότητα ψύξης. Σε αυτή την περίπτωση θέλουμε πάση θυσία να αποφύγουμε την ταυτόχρονη λειτουργία των δυο συστημάτων, καθώς το ένα ωθεί το άλλο σε μεγαλύτερη κατανάλωση. Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου, ορίζουμε ένα θερμοκρασιακό εύρος ως αδρανή ζώνη. Εκεί το κτίριο δεν χρειάζεται ούτε θέρμανση ούτε ψύξη. Παραδείγματος χάριν, σε ένα κτίριο η παθητική θέρμανση έχει υπολογιστεί σε 3,5 βαθμούς Κελσίου και θέλουμε να έχουμε σταθερή θερμοκρασία 22 βαθμών. Αυτό σημαίνει ότι θα έχουμε θερμοκρασία βάσης θέρμανσης στους 18,5 βαθμούς. Για την ψύξη τώρα με το ίδιο σκεπτικό θα έπρεπε επίσης να είχαμε θερμοκρασία βάσης ψύξης στους 18,5 (από κει και πάνω ενεργοποιείται η ψύξη). Η ύπαρξη ενός κοινού ορίου στις δυο αντίθετες συνιστώσες θα έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει μια, εξαιρετικά ενεργοβόρα, άσκοπη ταλάντωση γύρω από την επιθυμητή θερμοκρασία λόγω της υπερπήδησης που θα έχει το σύστημα μέχρι να ισορροπήσει. Λύση σε αυτό το ζήτημα μπορεί να δώσει μια διαφορετική προσέγγιση στις θερμοκρασίες βάσης. Αντί να επιβάλουμε τους 22 βαθμούς ως θερμοκρασία, μπορούμε εναλλακτικά να αφήσουμε μεν τη θερμοκρασία βάσης θέρμανσης στους 18,5, να μεταβάλουμε δε τη θερμοκρασία βάσης ψύξης σε ένα μεγαλύτερο νούμερο πχ 24 βαθμούς. Έτσι δημιουργούμε πρακτικά μια ζώνη άνετης θερμοκρασίας (comfort zone) 22-24 βαθμών Κελσίου για το κτίριο. Ειδικά για τους καλοκαιρινούς και χειμερινούς μήνες όπου η απόφαση ψύξης/θέρμανσης είναι δεδομένη, μπορεί το ένα σύστημα να μένει αδρανοποιημένο και να ενεργοποιείται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις.

4.1.1.4 Έξυπνος Υπολογισμός

Σπάνια είναι όμως η περίπτωση που το υπό μελέτη κτίριο λειτουργεί 24 ώρες τη μέρα και 7 μέρες την εβδομάδα σε πλήρη λειτουργία. Άρα τελικά, βρισκόμαστε να συμπεριλαμβάνουμε στις βαθμομημέρες και χρονικές περιόδους-θερμοκρασίες που πρακτικά μας είναι αδιάφορες. Κάτι τέτοιο τελικά προκαλεί αποτελέσματα που, αν και για συγκρίσεις για το ίδιο κτίριο δεν εμφανίζουν πρόβλημα (καθώς είναι κανονικοποιημένα), σε δια κτιριακές συγκρίσεις παράγουν λάθος αποτελέσματα. Επίσης σε απόλυτα μεγέθη δείχνουν σαφώς πιο μικρή κατανάλωση από ότι πραγματικά συμβαίνει. Λύση σε κάτι τέτοιο είναι να έχουμε αναλυτικές θερμοκρασίες και να εξάγουμε μόνοι μας τις βαθμομημέρες ακριβώς για το χρονικό διάστημα που υπήρχε η κατανάλωση. Σε περίπτωση που δεν μπορούμε να έχουμε στην κατοχή μας τις αναλυτικές θερμοκρασίες του κτιρίου μπορούμε να υπολογίσουμε τις βαθμομημέρες αξιόπιστα χρησιμοποιώντας διάφορα υπολογιστικά μοντέλα.

4.1.1.4.1 Αναλυτικός Υπολογισμός

Σε περίπτωση που έχουμε διαθέσιμες τις μετρήσεις θερμοκρασίας που χρειαζόμαστε, ο βασικός τρόπος υπολογισμού των βαθμοημερών είναι μέσω του ορισμού τους. Όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι ένα βαθμό κάτω από τη θερμοκρασία βάσης για μια μέρα τότε έχουμε μια βαθμοημέρα. Ισχύει γενικά ο παρακάτω τύπος:

$$dd = \begin{cases} |T - T_0| \cdot t & T < T_0 \\ 0 & T \geq T_0 \end{cases}$$

όπου t είναι ο χρόνος της εκάστοτε μέτρησης σε μέρες. Σε περίπτωση που έχουμε δειγματοληψία μεγαλύτερη της μέρας, το t ισούται με το κλάσμα της μέρας για το οποίο ισχύει η μέτρηση. Η τελική τιμή των βαθμοημερών είναι το άθροισμα όλων των επιμέρους t που προσθετικά μας δίνουν το σύνολο της χρονικής διάρκειας που εξετάζουμε.

4.1.1.4.2 Υπολογισμός Μέσων Ημερησίων Θερμοκρασιών

Σε περιπτώσεις που δεν έχουμε αναλυτικές θερμοκρασίες, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συγκεκριμένα μοντέλα υπολογισμού. Σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο μπορούμε να παράγουμε τα ημερήσια δεδομένα από συγκεντρωτικά δεδομένα γεωγραφικής περιοχής [9].

$$T(D) = A + B \sin(D \cdot 360/365 - f)$$

όπου

D ο αριθμός της ημέρας του έτους,

A η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής,

B το πλάτος της θερμοκρασιακής διακύμανσης

και f η διαφορά φάσης

εξαρτώνται πλήρως από τη γεωγραφική περιοχή και την κλιματική ζώνη που βρίσκεται ο υπό μελέτη χώρος.

4.1.1.4.3 Τύπος του Hitchin

Σε μια άλλη προσέγγιση μπορούμε να υπολογίσουμε τις βαθμοημέρες θέρμανσης με βάση τον τύπο του Hitchin. Ο Τύπος αυτός χρησιμοποιεί τη μέση μηνιαία θερμοκρασία καθώς και τη θερμοκρασιακή διακύμανση και μπορεί να παράγει αρκετά ποιοτικά αποτελέσματα βαθμοημερών [10]:

$$dd = \frac{N_m \cdot (\theta_b - \bar{\theta}_{0,m})}{1 - e^{-k \cdot (\theta_b - \bar{\theta}_{0,m})}}$$

όπου

N_m ο αριθμός των ημερών που θέλουμε

θ_b η θερμοκρασία βάσης που έχουμε επιλέξει

$\bar{\theta}_{0,m}$ η μέση μηνιαία θερμοκρασία

και k η σταθερά του Hitchin

Η σταθερά k εξαρτάται από την περιοχή και δίνεται από τον τύπο

$$k = 2.5 / \sigma_0$$

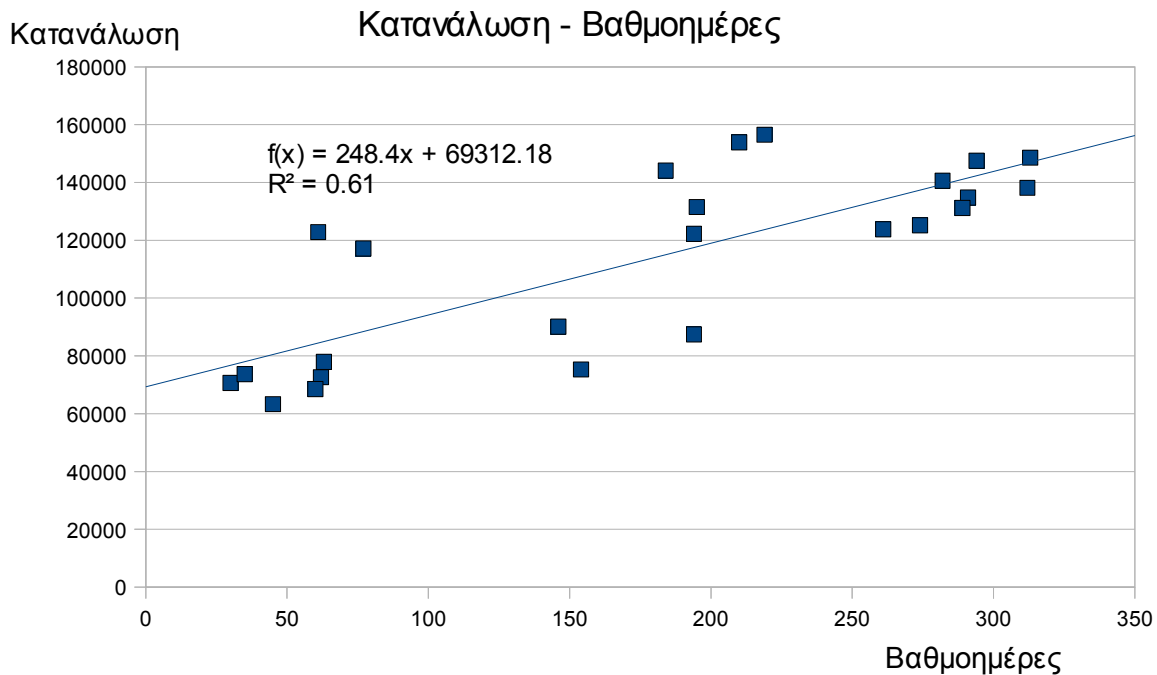
όπου σ_0 η τυπική απόκλιση της θερμοκρασίας μέσα στο μήνα. Η τυπική απόκλιση είναι δύσκολο να είναι διαθέσιμη, αλλά υπάρχουν κάποιες τυπικές τιμές βάση των οποίων υπολογίζουμε και αξιόπιστα k.

4.1.2 Τρόπος Εκμετάλλευσης

Παρακάτω αναλύονται μερικές μέθοδοι εκμετάλλευσης των βαθμοημερών.

4.1.2.1 Φορτίο Βάσης

Ως τώρα έχουμε προσδιορίσει τον τρόπο μέτρησης της “ανάγκης”. Για να μπορούμε όμως να αναλύσουμε σωστά τα ενεργειακά δεδομένα θα πρέπει να είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε επαρκώς και σωστά, ποιο κομμάτι από αυτά αναφέρεται σε θέρμανση (ψύξη) και ποιο όχι. Σε περίπτωση που το σύστημα μέτρησης είναι αφοσιωμένο στη μέτρηση αυτή και δεν είναι μετρητής γενικής κατανάλωσης, δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα καθώς η μετρούμενη ενέργεια αφορά στην κατανάλωση που θέλουμε και άρα οι υπολογισμοί μας μπορούν να είναι ακριβείς. Αν όμως θέλουμε να κάνουμε ανάλυση με χρήση γενικών μετρητών θα πρέπει με κάποιο τρόπο να μπορούμε να εξάγουμε το κομμάτι της θέρμανσης/ψύξης από το φορτίο βάσης. Ένας τρόπος για να γίνει αυτό είναι να χρησιμοποιήσουμε την προσεγγιστική καμπύλη ενέργειας - βαθμοημερών και να βρούμε την τομή με τον άξονα των y. Εκεί το μόνο φορτίο που θα υπάρχει θα είναι το φορτίο βάσης καθώς για θέρμανση/ψύξη λόγω της μηδενικής “ανάγκης” θα υπάρχει και μηδενική κατανάλωση. Αυτή η μέθοδος μπορεί να οδηγήσει σε τραγικά λάθη σε περίπτωση που χρησιμοποιήσουμε λανθασμένες βαθμοημέρες (είτε με διαφορετικές θερμοκρασίες βάσης από τις δικές μας είτε από διαφορετική περιοχή). Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο καθώς χάνεται πλέον η ουσιαστική “εξάρτηση” των δεδομένων και μένει απλά ένα μαθηματικό μοντέλο το οποίο με είσοδο κάλπικα δεδομένα είναι ελεύθερο να παράγει κάλπικα αποτελέσματα. Για αυτό το λόγο και πρέπει οι βαθμοημέρες να εξάγονται με πάρα πολλή προσοχή και σύμφωνα με πολύ αυστηρούς κανόνες.



Διάγραμμα 4: Σχέση κατανάλωσης - βαθμοημερών και ευθεία παρεμβολής

4.1.2.2 Ενεργειακή Απόδοση

Έχοντας τώρα στα χέρια μας την ποσοτικοποιημένη “ανάγκη για θέρμανση (ψύξη)” μπορούμε να κανονικοποιήσουμε ως προς αυτήν και την κατανάλωση ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούμε έναν έγκυρο δείκτη kWh/dd που δείχνει την κατανάλωση ενέργειας ανά βαθμομέρα ή αλλιώς την κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα “ανάγκης”. Αυτός ο δείκτης μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης επίδοσης για περαιτέρω συγκρίσεις με άλλες χρονικές περιόδους ή και κτίρια, με την εγγύηση ότι συγκρίνουμε μεγέθη που είναι ορθώς συγκρίσιμα. Ειδικά για διακτιριακές συγκρίσεις χρειάζονται φυσικά και άλλες κανονικοποιήσεις ώστε να συμπεριληφθούν και παράγοντες όπως πχ το πλήθος του ανθρωπίνου δυναμικού και το μέγεθος του κτιρίου.

Ένα αρκετά τυπικό πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι γενικά είναι δύσκολη η απόδειξη ότι συγκεκριμένες παρεμβατικές ενέργειες στο κέλυφος του κτιρίου ή στον εξοπλισμό του είχαν αποτελέσματα. Προκύπτει αρκετά συχνά το πρόβλημα ότι οι χρονιές που συγκρίνουμε έχουν αρκετά διαφορετικά κλιματικά χαρακτηριστικά που μπορούν να υπερκαλύψουν την επίδραση των παρεμβάσεων με μια πρώτη ματιά. Σε ένα κτίριο η κανονικοποιημένη με βαθμομέρες κατανάλωση μπορεί να μας δώσει άμεσα απαντήσεις για την αξιολόγηση διαφόρων παρεμβατικών αναγκών. Καθώς προκύπτει ένας δείκτης απόδοσης που ήδη έχει λάβει υπόψη την επίδραση των κλιματικών διαφοροποιήσεων.

4.1.2.3 Χαρακτηριστική Καμπύλη Κτιρίου

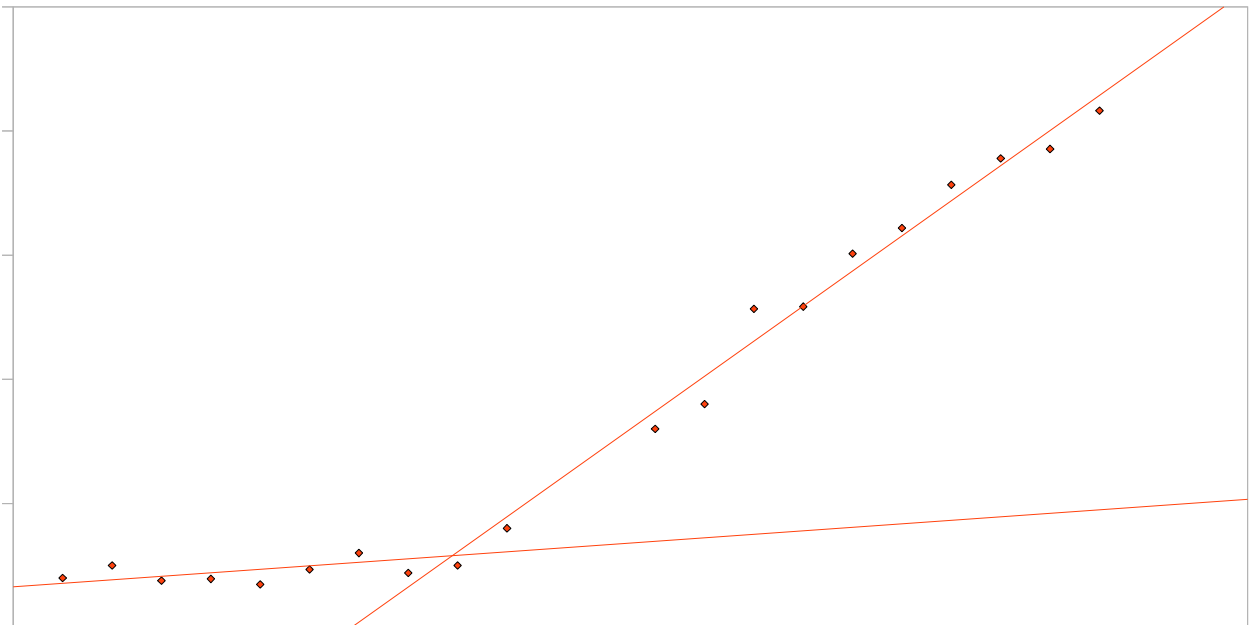
Το διάγραμμα που είδαμε πιο πριν για τον υπολογισμό του φορτίου βάσης κρύβει πολλά παραπάνω στοιχεία. Πρακτικά περιέχει την περιγραφή της καταναλωτικής συμπεριφοράς του κτιρίου σε σχέση με τα θερμοκρασιακά δεδομένα. Μπορεί δηλαδή να θεωρηθεί μια μοντελοποίηση του κτιρίου. Η προσεγγιστική καμπύλη που σχεδιάστηκε για να περιγράψει τα δεδομένα είναι γνωστή ως “χαρακτηριστική καμπύλη κτιρίου”. Η γραμμή αυτή δεν είναι κατ' ανάγκην ευθεία αλλά είναι αύξουσα. Μπορεί ανάλογα με τις περιπτώσεις να είναι ευθεία, τεθλασμένη και καμπύλη με τα κοίλα προς τα κάτω.

4.1.2.3.1 Αναγνώριση βλαβών

Ένα από τα πρώτα συμπεράσματα που μπορεί να βγει από την ανάλυση της χαρακτηριστικής καμπύλης κτιρίου αφορά στην αξιολόγηση της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης ψύξης. Μπορούμε από τη μορφή της καμπύλης να εξάγουμε χρήσιμα και έγκυρα αποτελέσματα.

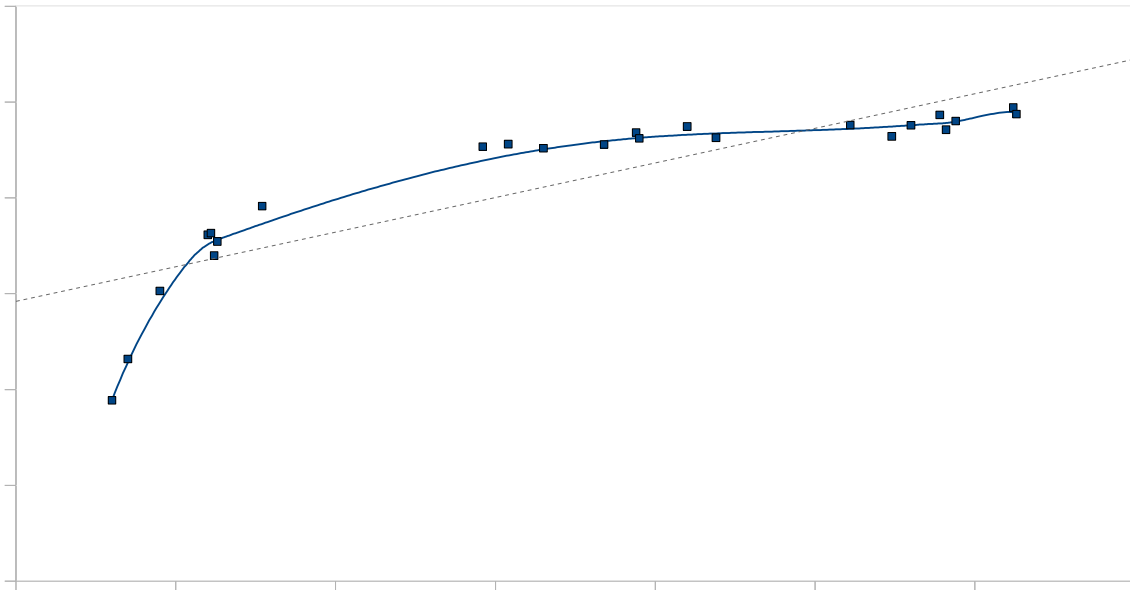
4.1.2.3.1.1 Άμεσα

Σε περίπτωση που η καμπύλη μας είναι όπως στο παρακάτω σχήμα τεθλασμένη, μπορούμε αυτομάτως να βγάλουμε μια ομάδα συμπερασμάτων. Το ότι για χαμηλές βαθμομημέρες η κατανάλωση είναι σταθερά ελάχιστη μπορεί να σημαίνει ότι το κτίριο έχει αρκετά καλές μονώσεις και μπορεί να λειτουργεί στη ζώνη άνεσης χωρίς τη συμβολή του συστήματος θέρμανσης. Αυτό μπορεί να ακούγεται θαυμάσιο για το κτίριο αλλά είναι μάλλον δυσάρεστο για τον τρόπο που εξήχθησαν οι βαθμομημέρες! Όπως έχουμε πει προηγουμένως οι βαθμομημέρες εκφράζουν ανάγκη για θέρμανση, οπότε η ύπαρξη ανάγκης χωρίς τη συνεπαγωγή δράσης οδηγεί σε δυο περιπτώσεις. Είτε υπολογίζεται λάθος η ανάγκη (πχ λάθος θερμοκρασιακά δεδομένα ή θερμοκρασία βάσης) είτε δεν γίνεται σωστός έλεγχος στο σύστημα θέρμανσης, με αποτέλεσμα αυτό να μην ενεργοποιείται για μικρές μεταβολές, παρά μόνο για μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Και οι δυο περιπτώσεις είναι αρκετά κακές για το κτίριο, η πρώτη πρακτικά αποπλίζει το μαθηματικό μοντέλο ενώ η δεύτερη δείχνει κακή λειτουργία. Φυσικά και στις δυο περιπτώσεις μπορούν να ληφθούν άμεσες δράσεις προς αποκατάσταση της ορθής λειτουργίας.



Διάγραμμα 5: Παράδειγμα τεθλασμένης γραμμικής σχέσης κατανάλωσης - βαθμομημερών

Η περίπτωση που φαίνεται στο επόμενο σχήμα, όπου η χαρακτηριστική καμπύλη είναι αρχικά σχεδόν γραμμική αλλά τελικά σαφώς μη γραμμική, δείχνει ότι η κατανάλωση συναρτήσεως των βαθμομημερών τείνει να συγκλίνει σε ένα επίπεδο. Αυτό πρακτικά μπορεί να σημαίνει δύο πράγματα. Το πρώτο είναι ότι ενδέχεται να υπάρχει μεγάλο πρόβλημα ελέγχου στο σύστημα ελέγχου της θέρμανσης. Αυτό δε σημαίνει κατ' ανάγκη βλάβη στον εξοπλισμό, αλλά μπορεί να εξηγείται και ως αυθαιρεσίες του προσωπικού. Κλασικό παράδειγμα είναι το φαινόμενο κατά το οποίο στις κρύες μέρες δουλεύει η θέρμανση συνεχώς με αποτέλεσμα να ξεπερνιέται το άνω όριο άνεσης και οι παρευρισκομένοι να αναγκάζονται να ανοίξουν παράθυρα. Κάτι το οποίο αυξάνει επιπλέον την κατανάλωση του συστήματος. Το δεύτερο υποψήφιο συμπέρασμα είναι ότι το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί στα όριά του και από κάποιο σημείο και πέρα δεν μπορεί να ανταπεξέλθει και λειτουργεί μονίμως στο μέγιστο. Αυτό είναι πιθανό να οφείλεται είτε σε ακαταλληλότητα του εξοπλισμού είτε σε κακή συντήρησή του.



Διάγραμμα 6: Παράδειγμα μη γραμμικής σχέσης κατανάλωσης - βαθμομερών

4.1.2.3.1.2 Μακροσκοπικά

Από τη στιγμή που το σύστημά μας θα λειτουργήσει για αρκετό καιρό μπορούμε να βλέπουμε τις μεταβολές στην προσεγγιστική καμπύλη και από εκεί να εξάγουμε συμπεράσματα. Οι μεταβολές που θέλουμε να βλέπουμε είναι μειώσεις στην κλίση της γραμμής και κατακόρυφες μετατοπίσεις προς τα κάτω.

Η μείωση της κλίσης σημαίνει ότι εφαρμόζεται καλύτερος έλεγχος στο σύστημα και αυτό καταλήγει να είναι πιο αποδοτικό στις μεγάλες τιμές βαθμομερών (που είναι και πιο σημαντική η διαφορά). Εναλλακτικά μπορεί να ερμηνευτεί ως εφαρμογή σωστότερης “ενεργειακής συμπεριφοράς” του ανθρωπίνου δυναμικού. Τέλος μπορεί να σημαίνει ότι κάποιες ειδικές παρεμβατικές ενέργειες που έγιναν στο κτίριο έχουν αρχίσει να αποδίδουν.

Η κατακόρυφη μετατόπιση προς τα κάτω σημαίνει κυρίως ότι το σύστημα έχει βελτιωμένη απόδοση σε όλο το φάσμα της λειτουργίας του κάτι το οποίο ισοδυναμεί συνήθως με μεγάλες αλλαγές στο κέλυφος του κτιρίου ή με μεγάλης κλίμακας συντήρηση του συστήματος.

4.1.2.3.2 Ανίχνευση Σπατάλης

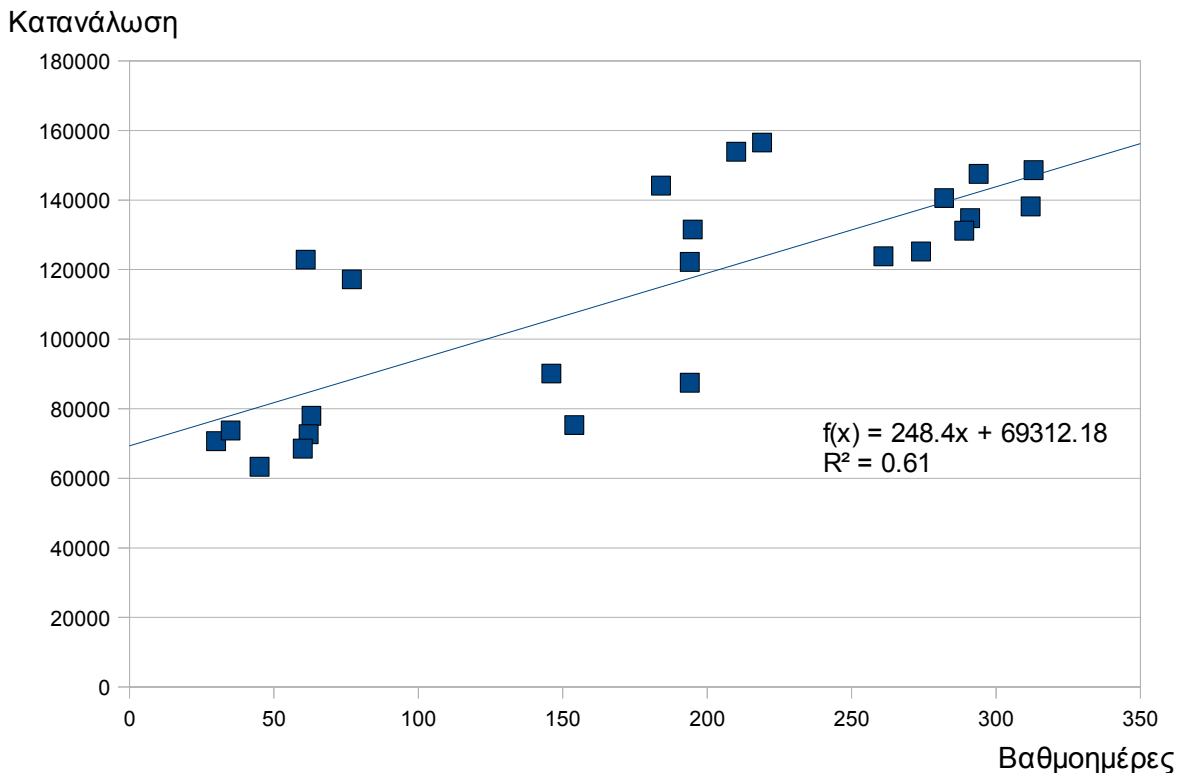
Η γραφική επεξεργασία δίνει μια πρώτη προσέγγιση στη συμπεριφορά του κτιρίου. Μπορούμε να εξάγουμε ακόμα πιο χρήσιμα αποτελέσματα που αφορούν πιο πολύ στην κατανάλωση και την εξοικονόμηση.

Αρχικά περνάμε τα δεδομένα κατανάλωσης και βαθμομερών (διάρκειας 24 μηνών) σε ένα πίνακα και υπολογίζουμε την παρεμβολή τους. Με βάση την παρεμβολή βρίσκουμε την πρόβλεψη, τη διαφορά της από τη μετρούμενη κατανάλωση και ένα γενικό άθροισμα αυτής.

Μήνας	Βαθμομημέρες	kWh	Πρόβλεψη	Διαφορά	CuSum
1	313	148586	147061	1525	1525

Μήνας	Βαθμομέρες	kWh	Πρόβλεψη	Διαφορά	CuSum
2	291	134792	141597	-6805	-5280
3	261	123792	134145	-10353	-15633
4	194	122228	117502	4726	-10906
5	146	90126	105579	-15453	-26359
6	63	77947	84961	-7014	-33373
7	30	70639	76764	-6125	-39498
8	45	63332	80490	-17158	-56657
9	77	117177	88439	28738	-27919
10	195	131535	117750	13785	-14134
11	210	153893	121476	32417	18283
12	294	147520	142342	5178	23461
13	312	138191	146813	-8622	14839
14	289	131200	141100	-9900	4939
15	274	125180	137374	-12194	-7254
16	194	87453	117502	-30049	-37303
17	154	75320	107566	-32246	-69549
18	62	72640	84713	-12073	-81622
19	60	68548	84216	-15668	-97290
20	35	73723	78006	-4283	-101573
21	61	122851	84465	38386	-63187
22	184	144145	115018	29127	-34060
23	219	156542	123712	32830	-1229
24	282	140584	139361	1223	-6

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται το σύνολο των δεδομένων με τη γραμμική παρεμβολή που τα περιγράφει. Η $f(x)$ είναι η γραμμική παρεμβολή.

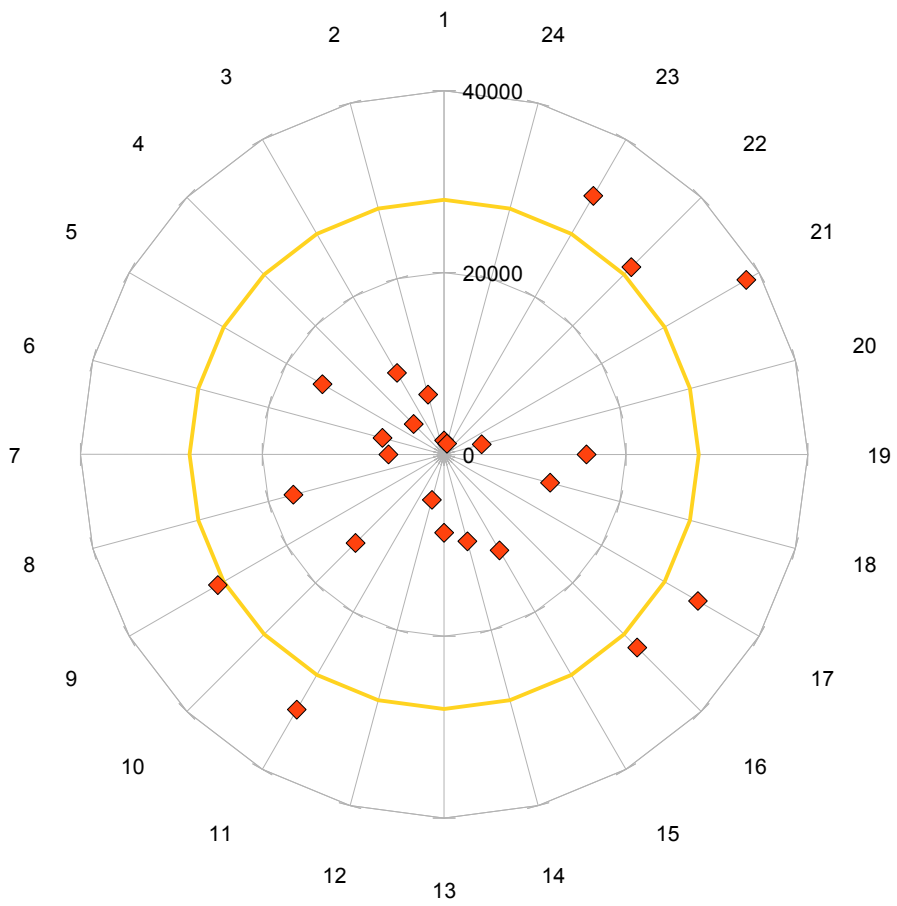


Διάγραμμα 7: Σχέση κατανάλωσης - βαθμοημερών και ευθεία παρεμβολής

Η προσέγγιση της γραμμικής παρεμβολής δεν είναι ιδιαίτερος καλή, καθώς υπάρχουν σημεία που απέχουν αρκετά από αυτήν. Όπως φαίνεται και στο επόμενο διάγραμμα τα δεδομένα κατηγοριοποιούνται σε δυο ομάδες ανάλογα με την απόλυτη απόσταση που έχουν από την προσεγγιστική ευθεία. Παρατηρούμε ότι μπορούμε να θέσουμε ένα κατώφλι στα 28000 περίπου το οποίο να διαχωρίζει την “φυσιολογική” λειτουργία από τις διάφορες ειδικές καταστάσεις. Η θετική απόκλιση από την προσέγγιση σημαίνει παραπάνω κατανάλωση από το προβλεπόμενο, ενώ η αρνητική απόκλιση σημαίνει μεγαλύτερη εξοικονόμηση.

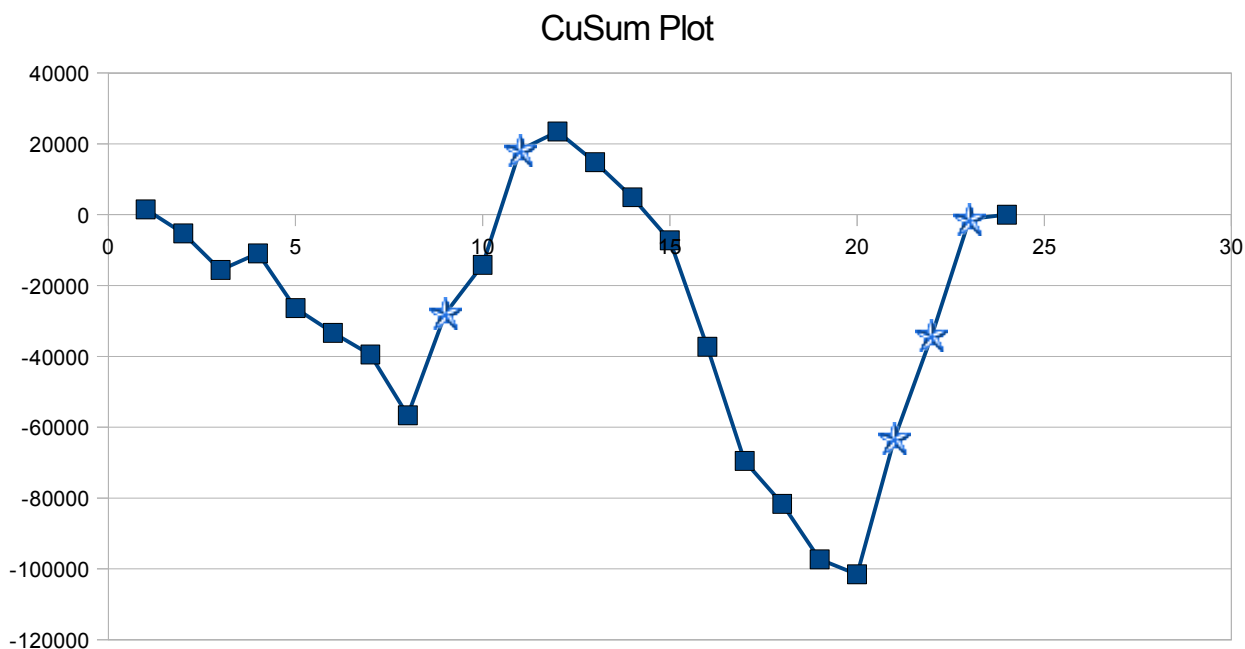
Φαίνεται ξεκάθαρα ότι τα σημεία 9, 11, 16, 17, 21, 22 και 23 μπορούν να θεωρηθούν ακραίες καταστάσεις σχετικά με την προβλεπόμενη συμπεριφορά του κτιρίου. Επειδή ο βασικός μας στόχος είναι η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι μετρήσεις με τη μεγάλη αρνητική απόκλιση είναι αποδεκτές στο σύστημά μας. Αντίστοιχα οι μετρήσεις με τη μεγάλη θετική απόκλιση δεν πρέπει να μπουν μέσα στο μοντέλο του κτιρίου καθώς αποτελούν κατάσταση προς αποφυγή.

Ομάδες Σημείων



Διάγραμμα 8: Διαχωρισμός σημείων σε ομάδες αποστάσεων

Εκτός αυτής της μεθόδου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και το διάγραμμα CuSum για να εντοπίσουμε τις μεγάλες αποκλίσεις από το μοντέλο μας. Στο διάγραμμα αυτό δεν παίζει τόσο πολύ ρόλο το αν τα σημεία είναι πάνω ή κάτω από τον άξονα των x αλλά πιο πολύ οι μεμονωμένες μεταβολές της καμπύλης. Όπως φαίνεται και παρακάτω τα σημεία που έχουμε διαλέξει σπρώχνουν ολόένα την καμπύλη προς τα θετικά.



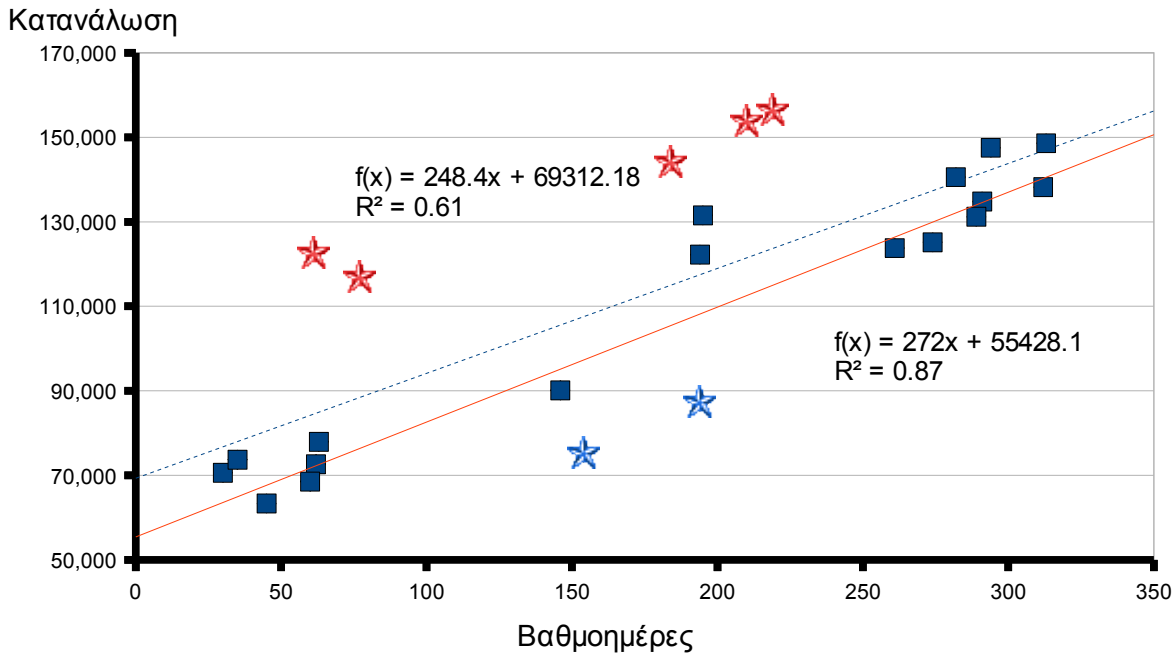
Διάγραμμα 9: Διάγραμμα CuSum πρωτογενούς πρόβλεψης, σημειώνονται τα προς αφαίρεση σημεία

Αφαιρούμε από το μοντέλο μας τα πέντε σημεία μεγάλης θετικής απόκλισης και κρατάμε τα υπόλοιπα 19. Τώρα πλέον μπορούμε να υπολογίσουμε εκ νέου την προσεγγιστική ευθεία με πιο καλές προοπτικές. Προκύπτει λοιπόν ο ακόλουθος πίνακας σημείων.

Μήνας	Βαθμομημέρες	kWh	Πρόβλεψη	Διαφορά	CuSum
1	313	148586	142172	6414	6414
2	291	134792	136087	-1295	5120
3	261	123792	127789	-3997	1123
4	194	122228	109256	12972	14095
5	146	90126	95980	-5854	8241
6	63	77947	73022	4925	13167
7	30	70639	63894	6745	19912

Μήνας	Βαθμοημέρες	kWh	Πρόβλεψη	Διαφορά	CuSum
8	45	63332	68043	-4711	15201
10	195	131535	109533	22002	37203
12	294	147520	136916	10604	47807
13	312	138191	141895	-3704	44103
14	289	131200	135533	-4333	39769
15	274	125180	131384	-6204	33565
16	194	87453	109256	-21803	11762
17	154	75320	98192	-22872	-11111
18	62	72640	72745	-105	-11216
19	60	68548	72192	-3644	-14860
20	35	73723	65277	8446	-6413
24	282	140584	133597	6987	573

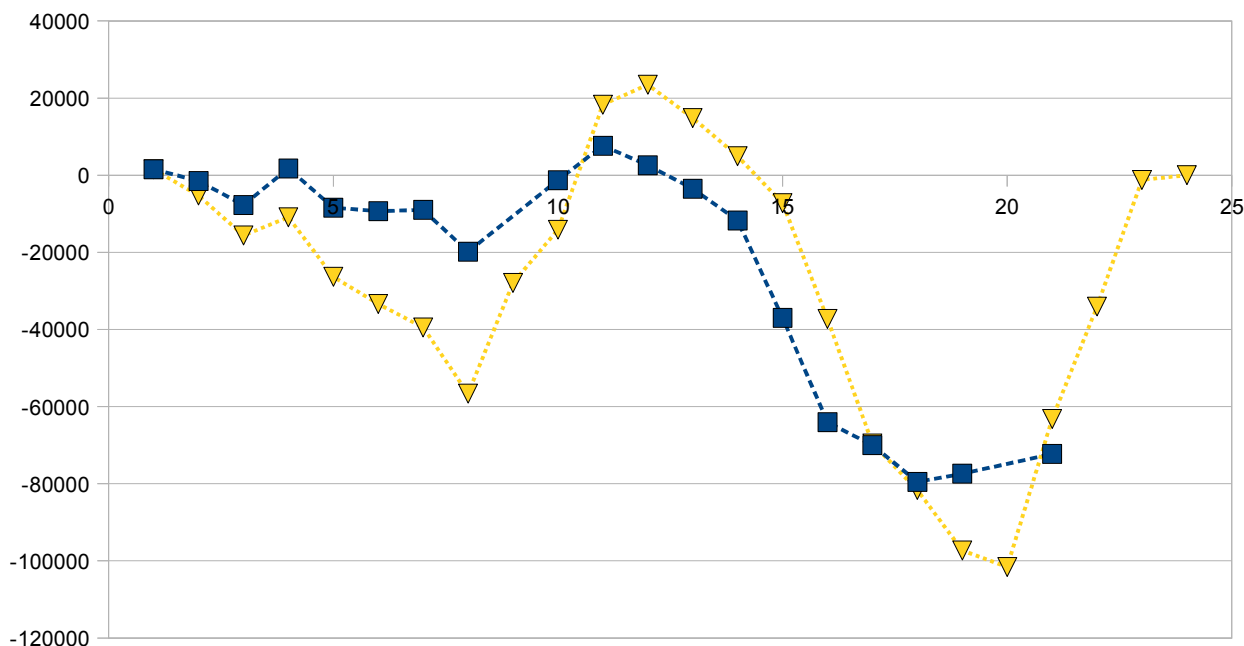
Η νέα προσέγγιση φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα. Σε αυτό υπάρχουν ακόμα όλα τα σημεία καθώς και η παλιά προσέγγιση με διακεκομμένη γραμμή. Όπως μπορούμε να δούμε από το συντελεστή αυτοσυσχέτισης R, το τετράγωνό του έχει αυξηθεί από 0.61 σε 0.87, κάτι το οποίο δείχνει το ότι η προσέγγισή μας είναι πλέον καλύτερη.



Διάγραμμα 10: Δεδομένα και γραμμική παρεμβολή για την αρχική και την τελική πρόβλεψη, σημειώνονται τα ειδικά σημεία

Την επίδραση που έχει η αφαίρεση των παραπάνω σημείων μπορούμε να τη δούμε καλύτερα και πιο παραστατικά και στο παρακάτω διάγραμμα αθροιστικής απόκλισης (CuSum) για τις περιπτώσεις:

- αρχικών δεδομένων με την πρώτη προσέγγιση (τρίγωνα)
- τελικών δεδομένων με τη δεύτερη προσέγγιση (τετράγωνα)



Διάγραμμα 11: Διαγράμματα CuSum για αρχική και τελική προσέγγιση

Όπως μπορούμε να δούμε η δεύτερη προσέγγιση έχει και πολύ λιγότερες διακυμάνσεις αλλά και ορίζει πιο ενεργειακά αποδοτική συμπεριφορά για το κτίριο.

4.1.2.3.3 Πρόβλεψη Κατανάλωσης

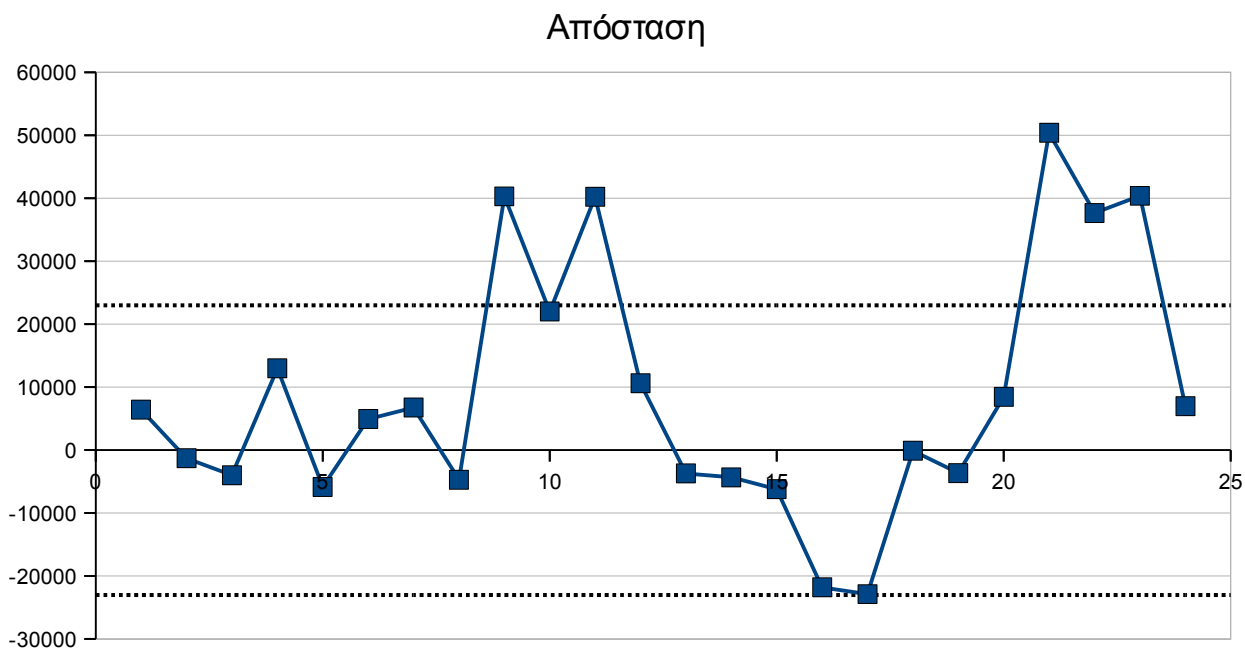
Μέσω της χαρακτηριστικής καμπύλης του κτιρίου μπορούμε να έχουμε και μια αρκετά αξιόπιστη πρόβλεψη της κατανάλωσης που θα έχουμε, αν έχουμε μια έστω και γενική πρόβλεψη των καιρικών φαινομένων. Επί παραδείγματι αν κάποια μετεωρολογική υπηρεσία προβλέψει ότι ο επόμενος χειμώνας θα είναι γενικά πιο κρύος ξέρουμε περίπου που θα κινηθεί η κατανάλωση του κτιρίου. Εδώ φυσικά χρειάζεται πολύ μεγάλη προσοχή όταν επεκτείνουμε την πρόβλεψη σε διαστήματα αρκετά κοντά ή και πέρα από τα άκρα των δεδομένων που έχουν παράγει το μοντέλο μας.

4.1.2.3.4 Ορισμός Στόχου

Με την αλλαγή στα δεδομένα και τη δημιουργία της νέας προσεγγιστικής καμπύλης έχουμε ορίσει το στόχο μας για τη μελλοντική κατανάλωση του κτιρίου. Πλέον το κτίριο θα συγκρίνεται και θα επαναπροσδιορίζει το συγκεκριμένο μοντέλο.

Δίνοντας ένα διάγραμμα απόστασης από την “ιδεατή” συμπεριφορά μπορούμε πλέον να έχουμε και πιο εποπτική εικόνα σχετικά με την εξοικονόμηση ή τη σπατάλη. Τα όρια που έχουμε ορίσει στο διάγραμμα έχουν επιλεγεί έτσι ώστε να μένει στο μοντέλο μας η μέγιστη εξοικονόμηση.

Πρακτικά αυτό το διάγραμμα υλοποιεί και όλο το σύστημα στόχων μας καθώς προσπαθούμε η συμπεριφορά του κτιρίου να μείνει μέσα στα επιτρεπτά όρια. Μια πιο επιθετική προσέγγιση μπορεί να είναι η εφαρμογή ασύμμετρων ορίων στα κατώφλια. Το θετικό κατώφλι μπορεί να τίθεται σε κάποιο ποσοστό του αρνητικού έτσι ώστε να σπρώχνουμε συνεχώς το σύστημα προς τα κάτω.



Διάγραμμα 12: Τελικό κριτήριο επιθυμητής λειτουργίας

4.1.3 Ενσωμάτωση Στο Σύστημα

Η παραπάνω ανάλυση μπορεί να ενσωματωθεί στο πληροφοριακό σύστημα που έχει περιγραφεί πιο πάνω. Για να γίνει κάτι τέτοιο, πρέπει να αναλυθεί σε μερικά βασικά στοιχεία σύμφωνα με τη μοντελοποίηση που προτάθηκε στο κεφάλαιο 3.

Παρακάτω δίνεται η ανάλυση για ένα παράδειγμα αποτίμησης παρεμβατικών εργασιών στη μόνωση του κτιρίου. Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνεται η μετάφραση της αλγοριθμικής διαδικασίας στη γλώσσα του πληροφοριακού συστήματος

4.1.3.1 Στόχοι

Ανάλυση Βαθμομερών	Πληροφοριακό Σύστημα
Αποτίμηση Παρεμβατικών Ενεργειών	Μετρήσεις Βαθμομερών
	Μετρήσεις Κατανάλωσης
	Συγκεντρωτικού Τύπου
	Ανισοτική Σχέση με Συνάρτηση

4.1.3.2 Εξαρτήσεις Δεδομένων

Ανάλυση Βαθμομερών	Πληροφοριακό Σύστημα
Μετρήσεις Κατανάλωσης	Μετρητές Κατανάλωσης
	Μέτρηση Κατανάλωσης
Μετρήσεις Βαθμομερών	Θερμόμετρο
	Παράμετροι Λειτουργίας Κτιρίου
	Μέτρηση Βαθμομερών

4.1.3.3 Συναρτήσεις

Ανάλυση Βαθμομερών	Πληροφοριακό Σύστημα
Εξαγωγή Χαρακτηριστικής Καμπύλης Κτιρίου	Υπολογισμός απόστασης από τη συνάρτηση στόχο
	Γραμμική Παρεμβολή Δεδομένων
	Παραγωγή Παραμέτρων για μελλοντική χρήση

4.1.3.4 Κριτήρια

Ανάλυση Βαθμομερών	Πληροφοριακό Σύστημα
Αποτίμηση Δράσης	σύγκριση απόστασης από τη συνάρτηση στόχο
	Αποθήκευση συμπεράσματος για μελλοντική χρήση

Με παρόμοιο τρόπο μπορούν να μοντελοποιηθούν και οι υπόλοιπες υπηρεσίες των βαθμομερών.

5 Μελλοντικές Εφαρμογές

Στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια να προσεγγιστεί η έξυπνη ενεργειακή διαχείριση κτιρίων. Η διαχείριση στο σύνολό της δεν μπορεί να μείνει στην ανάλυση των κεφαλαίων ένα και τρία όπου περιγράφεται το μετρητικό σύστημα και μια ενδεικτική μοντελοποίηση για τη διαχείρισή του. Είναι αναγκαίο να επεκταθεί και στο κομμάτι του αυτοματισμού και στις διαδικασίες λειτουργικής παραλαβής που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο δύο.

Στο κομμάτι του αυτοματισμού μπορούν να αναπτυχθούν τεχνικές αυτοματοποιημένης καταγραφής των δεδομένων του κτιριακού συστήματος. Στον όρο κτιριακό σύστημα συμπεριλαμβάνουμε το αρχιτεκτονικό κομμάτι, το κομμάτι των υποδομών (ενεργειακές, τηλεπικοινωνιακές, σύστημα ύδρευσης, αποχέτευσης) και το κομμάτι της λειτουργικότητας. Σε μια μελλοντική και πιο γενική προσέγγιση θα μπορούσε να μελετηθεί και υλοποιηθεί ένα σύστημα αυτόματης καταγραφής όλων αυτών των στοιχείων σε ένα πληροφοριακό σύστημα διαχείρισης. Το σύστημα αυτό θα ήταν σε θέση να παρακολουθεί και να ελέγχει την πλήρη λειτουργία του κτιρίου. Ειδικότερα στο κομμάτι του ελέγχου, εισάγοντας ένα έμπειρο σύστημα αποφάσεων μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα γενικότατο σύστημα ελέγχου διαχείρισης κτιρίου (BEMS), το οποίο θα αναγνωρίζει καταστάσεις και θα λαμβάνει αποφάσεις για τη σωστότερη λειτουργία πριν καν γίνει αντιληπτή η ανάγκη για αυτές.

Αναγκαία ίσως συνέχεια της παρούσας μελέτης είναι και η ενσωμάτωση των τεχνικών και των μεθολογιών της λειτουργικής παραλαβής στο πληροφοριακό σύστημα. Αυτό μπορεί να γίνει εξάγοντας ένα γενικό μοντέλο commissioning στο οποίο να μπορούν να περιγραφούν όλες οι διαδικασίες στις οποίες αναλύεται σε συνδυασμό με τις καταστάσεις που μπορούν να υπάρξουν. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση ένα κτίριο που μπαίνει σε διαδικασίες λειτουργικής παραλαβής εισάγεται στο σύστημα και το σύστημα αρχίζει να τροφοδοτείται με πληροφορίες σχετικά με τη ροή της διαδικασίας αλλά και με τα συμπεράσματα που προκύπτουν σιγά σιγά. Αυτό εκτός από την προφανή διευκόλυνση που παρέχει σχετικά με τα έγγραφα που διακινούνται, ως ηλεκτρονική υπηρεσία, είναι ικανό να βελτιστοποιήσει και την ίδια τη διαδικασία βελτιστοποίησης! Οι χρήστες του συστήματος θα εισέρχονται σε αυτό και θα καταγράφουν όλα τα δεδομένα του commissioning στο σύστημα. Έτσι το σύστημα και ο κεντρικός συντονιστής θα έχει μονίμως πλήρη γνώση για την εξέλιξη του έργου και θα τη συντονίζει πολύ πιο εύκολα. Επιπροσθέτως θα μπορεί το σύστημα να ανιχνεύει ειδικές καταστάσεις για τις οποίες θα δίνει και τις ανάλογες προτάσεις δράσης.

Σαν συνέχεια έπεται η δημιουργία ενός δια κτιριακού συστήματος έξυπνης διαχείρισης και ηλεκτρονικής λειτουργικής παραλαβής. Ένα δια κτιριακό σύστημα θα μπορεί να εφαρμόζει (μέσω καταλλήλων συσχετίσεων) τη γνώση που αποκτά από τα κτίριά του σε όλα τα υπόλοιπα. Αυτό σε συνδυασμό με ένα έξυπνο σύστημα λήψης αποφάσεων το οποίο θα λειτουργεί στο παρασκήνιο, είναι ικανό να φτάσει να ισοδυναμεί με την "εμπειρία" που έχει ο υπεύθυνος μηχανικός στη λήψη αποφάσεων και ακόμα και να την ξεπεράσει.

6 Βιβλιογραφία

- [1] SEI, Buildings Energy Manager's Resource Guide
- [2] SEI, Metering energy use in new non-domestic buildings
- [3] The Building Commissioning Guide, GSA Public Buildings Service
- [4] The Building Commissioning Association, Best Practices in Commissioning Existing Buildings
- [5] Natasa Djuric, Vojislav Novakovic, Review of possibilities and necessities for building lifetime commissioning
- [6] ASHRAE Guideline 0-2005, COMMISSIONING DEFINITIONS
- [7] US DOE, Building Commissioning The Key to Quality Assurance
- [8] Στράτος Παρασκευαΐδης, Ποιότητα Αέρα Εσωτερικού Χώρου (Indoor Air Quality)
- [9] Αχ. Κωστούλας, Ν. Θεοδωρόπουλος, Γ. Βόκας, Υπολογισμός βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης για ελληνικές πόλεις με τη χρήση διαφόρων μεθοδολογιών
- [10] Degree Days: Theory and applications, CIBSE TM41: 2006