



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Νοσοκομειακή εγκατάσταση  
σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΕΡΑΤΣΑΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑ

**Επιβλέπων :** Κουτσούρης Διονύσιος - Δημήτριος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2016

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

## **Νοσοκομειακή εγκατάσταση σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΠΕΡΑΤΣΑΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑ**

**Επιβλέπων :** Κουτσούρης Διονύσιος - Δημήτριος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18<sup>η</sup> Ιουλίου 2016.

Κουτσούρης Διονύσιος - Δημήτριος

Τσανάκας Παναγιώτης

Ματσόπουλος Γεώργιος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2016

.....

ΠΕΡΑΤΣΑΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑ

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

Copyright © ΠΕΡΑΤΣΑΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑ – ΚΟΥΤΣΟΥΡΗΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ  
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, 2016

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 τον συγγραφέα.

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

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χρήση της ενέργειας στα Ευρωπαϊκά κτήρια αναπαριστά περίπου το 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρώπη και περίπου το 1/3 των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση των κτηρίων θεσμοθετήθηκε το 2002 με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/EC η οποία αναθεωρήθηκε το 2010 με την Οδηγία 2010/31/EC. Από το 2006 και μετά όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης υιοθέτησαν νομικά πλαίσια και κανονισμούς που θέτουν τις ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των υφιστάμενων κτηρίων αλλά και των καινούργιων κτηρίων με βασική υποχρέωση την έκδοση ενεργειακών πιστοποιητικών για τα κτήρια.

Οι υιοθετούμενες πολιτικές που αποσκοπούν στην μηδενική ή σχεδόν μηδενική κατανάλωση της ενέργειας μέσω κυρίως της εφαρμογής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εντάσσονται στο στρατηγικό σχέδιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2020 που είναι γνωστό ως στόχοι 20-20-20 και το οποίο περιλαμβάνει: την μείωση κατά 20% των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, την αύξηση της χρήσης κατά 20% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την μείωση κατά 20% της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας βελτιώνοντας την ενεργειακή απόδοση μέχρι το 2020.

Η επιτυχής διαχείριση της ενεργειακής κατανάλωσης στα δημόσια κτήρια αποτελεί έναυσμα για τις κυβερνήσεις κάθε χώρας να εστιάσουν σε προσιτά ενεργειακά και περιβαλλοντικά σχέδια με κύριο στόχο μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

Τα νοσοκομεία αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας στον τομέα των κτηρίων. Η μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση που παρατηρείται στα νοσοκομεία οφείλεται στην 24ωρη απαίτηση για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό και ζεστά νερά χρήσης καθώς και λόγω του πλήθους του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται σε αυτά.

### Λέξεις κλειδιά

Κτηριακός αυτοματισμός, Κεντρικά Συστήματα Ελέγχου BMS, Ενεργειακή αποδοτικότητα, Συστήματα θέρμανσης κλιματισμού και αερισμού, Ευρωπαϊκός στόχος 20-20-20

## **ABSTRACT**

The energy usage in European buildings represents approximately 40% of final energy consumption in Europe and about 1/3 of carbon dioxide emissions. Improved energy efficiency in buildings was established in 2002 by the European Directive 2002/91 / EC, which was revised in 2010 by Directive 2010/31 / EC. From 2006 onwards, all member of EU have adopted legal frameworks and regulations that set minimum requirements for the energy performance of existing buildings and for new buildings with basic obligation to issue energy certificates for buildings.

The adopted policies aimed at zero or near-zero energy consumption buildings, mainly through energy renewable sources within the strategic target of the European Union for year 2020 which is known as the 20-20-20 targets, which include: the reduction of 20% greenhouse gas emissions compared to 1990 levels, increasing the use of 20% renewable energy and 20% reduction in primary energy use by improving energy efficiency by 2020.

Successful management of energy consumption in public buildings is an impetus for the governments of each country to focus on affordable energy and environmental projects with the main objective of reducing energy consumption.

Hospitals are the largest consumer of energy per unit area in the building sector. The big amount of energy consumption observed in hospitals is due to the 24-hour requirement for heating, cooling, air conditioning and hot water and because of the multitude of equipment used therein.

## **Keywords**

Building Automation, Building Management System BMS, Energy Efficiency, Heating ventilation and air conditioning systems, European target 20-20-20

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Δ. Κουτσούρη, για την άριστη συνεργασία και την υποστήριξη. Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον Δρ. Τουμπανιάρη Πέτρο για τις διορθώσεις, παρατηρήσεις και προτάσεις του, που συντέλεσαν στην βελτίωση της διπλωματικής.

Αθήνα, Ιούλιος 2016

Ολυμπία – Αναστασία Περατσάκη

**Αφιερώνεται στην μητέρα μου  
Ολυμπία Περατσάκη**



## Περιεχόμενα

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	16
ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	16
2.1 Η Ενεργειακή Κατανάλωση στην Ελλάδα .....	18
2.2 Η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά κτήρια .....	20
2.3 Θεσμικό πλαίσιο για την εξοικονόμηση ενέργειας στην Ελλάδα.....	22
2.4 Μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια-.....	29
Κτήρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	34
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	34
3.1 Συστήματα συνολικής ενεργειακής διαχείρισης .....	35
3.2 Δείκτες αξιολόγησης για τα κτήρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης .....	39
3.3 Κριτήρια επιλογής και εγκατάστασης συστημάτων διαχείρισης ενέργειας .....	41
3.4 Πλεονεκτήματα συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης .....	43
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	45
4.1 Προσδιορισμός του προβλήματος.....	45
4.2 Ενεργειακές Καταναλώσεις στα νοσοκομεία .....	45

4.2.1 Ηλεκτρική κατανάλωση στα νοσοκομεία.....	49
4.2.3 Η θερμική κατανάλωση στα νοσοκομεία .....	51
4.3 Μέτρα αντιμετώπισης.....	53
4.3.1 Γεωθερμική αντλία θερμότητας.....	53
4.3.1.1 Κόστος των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.....	58
4.3.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	59
4.3.2.1 Προσανατολισμός των φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	63
4.3.3 Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών σε κτήριο νοσοκομείου .....	65
4.3.4 Βιοκλιματικός σχεδιασμός-Παθητικά Ηλιακά Συστήματα .....	67
4.3.5 Εξοικονόμηση ενέργειας με ενεργά συστήματα ηλιακής ενέργειας .....	74
4.3.6 Συστήματα κλιματισμού για εξοικονόμηση ενέργειας.....	77
4.3.7 Συστήματα Combi .....	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....	87
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	87
Παραρτήματα.....	93
Παράρτημα Α : Τεχνική Περιγραφή Κεντρικού Συστήματος Ελέγχου (B.M.S.) .....	93
Παράρτημα Β.....	108
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	118

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>Σχήμα 1.1</b> Μέση κατανάλωση ανά τύπο κτηρίου και κλιματική ζώνη [4α]	
<b>Σχήμα 2.1:</b> Κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο στην Ελλάδα τη χρονική περίοδο 1990-2010[10].....	19
<b>Σχήμα 2.2:</b> Σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα στην Ελλάδα[10].....	20
<b>Σχήμα 2.3</b> Ενεργειακό αποθεματικό κτηρίων ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής τους[13]. ....	21
<b>Σχήμα 2.4:</b> Κλιματικές ζώνες της Ελλάδας όπως ορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ[19].....	27
<b>Σχήμα 2.5:</b> Ενεργειακό πιστοποιητικό για κτήρια .....	29
<b>Σχήμα 3.1:</b> Τα κύρια στοιχεία ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης κτηρίου[40].....	39
<b>Σχήμα 4.1:</b> Κατανομή της χρήσης ενέργειας σε ένα νοσοκομείο[57].....	47
<b>Σχήμα 4.2:</b> Τα τρία στοιχεία της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας[72].....	54
<b>Σχήμα 4.3α:</b> Ανοικτού τύπου γεωθερμική αντλία θερμότητας [73] .....	55
<b>Σχήμα 4.3β:</b> Οριζόντιοι επίγειοι εναλλάκτες θερμότητας [73].....	49
<b>Σχήμα 4.4:</b> Κάθετοι συστήματα γεωθερμικών αντλιών [73].....	50
<b>Σχήμα 4.5:</b> Σύστημα φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε κτήριο[76].....	60
<b>Σχήμα 4.6:</b> Μεμονωμένο σύστημα φωτοβολταϊκών [76].....	61
<b>Σχήμα 4.7:</b> Δομή διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος για οικία [77]	63

<b>Σχήμα 4.8:</b> Γωνία κλίσης και αζιμούθιας γωνίας για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία[77] .....	64
<b>Σχήμα 4.9:</b> Δυνατότητες ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών σε κτήριο[79] .....	65
<b>Σχήμα 4.10:</b> Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στη στέγη νοσοκομείου[80] .....	66
<b>Σχήμα 4.11:</b> Σύγκριση φωτοβολταϊκών τεχνολογιών[81] .....	67
<b>Σχήμα 4.12:</b> Παθητικό σύστημα θέρμανσης άμεσου κέρδους[85] .....	71
<b>Σχήμα 4.13:</b> Παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης έμμεσου κέρδους[86] ....	72
<b>Σχήμα 4.14:</b> Παθητικό σύστημα ηλιακής θέρμανσης με επίπεδο ηλιακό συλλέκτη[86] .....	73
<b>Σχήμα 4.15:</b> Ενεργό σύστημα ηλιακής θέρμανσης[88] .....	74
<b>Σχήμα 4.16:</b> Ενεργό σύστημα θέρμανσης [90] .....	76
<b>Σχήμα 4.17:</b> Σύστημα ηλιακού κλιματισμού[26] .....	78
<b>Σχήμα 4.18:</b> Τα κύρια χαρακτηριστικά των ανοικτών και κλειστών συστημάτων ηλιακού κλιματισμού [92] .....	79
<b>Σχήμα 4.19:</b> Σύνοψη των κύριων χαρακτηριστικών εμπορικά διαθέσιμων ηλιακών συλλεκτών που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές του ηλιακού κλιματισμού [92] .....	74
<b>Σχήμα 4.20:</b> Αρχή λειτουργίας ενός ψύκτη απορρόφησης LiBr/H <sub>2</sub> O[96] .....	836
<b>Σχήμα 4.21:</b> Αρχή λειτουργίας ψύκτη προσρόφησης[92, 94, 96] .....	84
<b>Σχήμα 4.22:</b> Τα κύρια μέρη ενός ηλιακού combi συστήματος[98] .....	85

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ραγδαία ανάπτυξη της ενεργειακής κατανάλωσης τις τελευταίες δεκαετίες έχει εγείρει ανησυχίες σχετικά με τη δυσκολία ανεύρεσης ενεργειακών πόρων και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αυτή η κατανάλωση θα επιφέρει. Σύμφωνα με τις προβλέψεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας η αυξανόμενη ενεργειακή κατανάλωση θα συνεχιστεί και προβλέπεται ότι η χρήση της ενέργειας από χώρες με αναπτυσσόμενες οικονομίες θα αυξηθούν μέχρι το 2020 την ενεργειακή τους κατανάλωσης με ένα μέσο ρυθμό 3.2% και θα ξεπεράσουν την ενεργειακή κατανάλωση των αναπτυγμένων χωρών με ένα μέσο ρυθμό ανάπτυξης 1.1% [1].

Η επιτυχής διαχείριση της ενεργειακής κατανάλωσης στα δημόσια κτήρια αποτελεί έναυσμα για τις κυβερνήσεις κάθε χώρας να εστιάσουν σε προσπάθειες ενεργειακά και περιβαλλοντικά σχέδια με κύριο στόχο μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης [2].

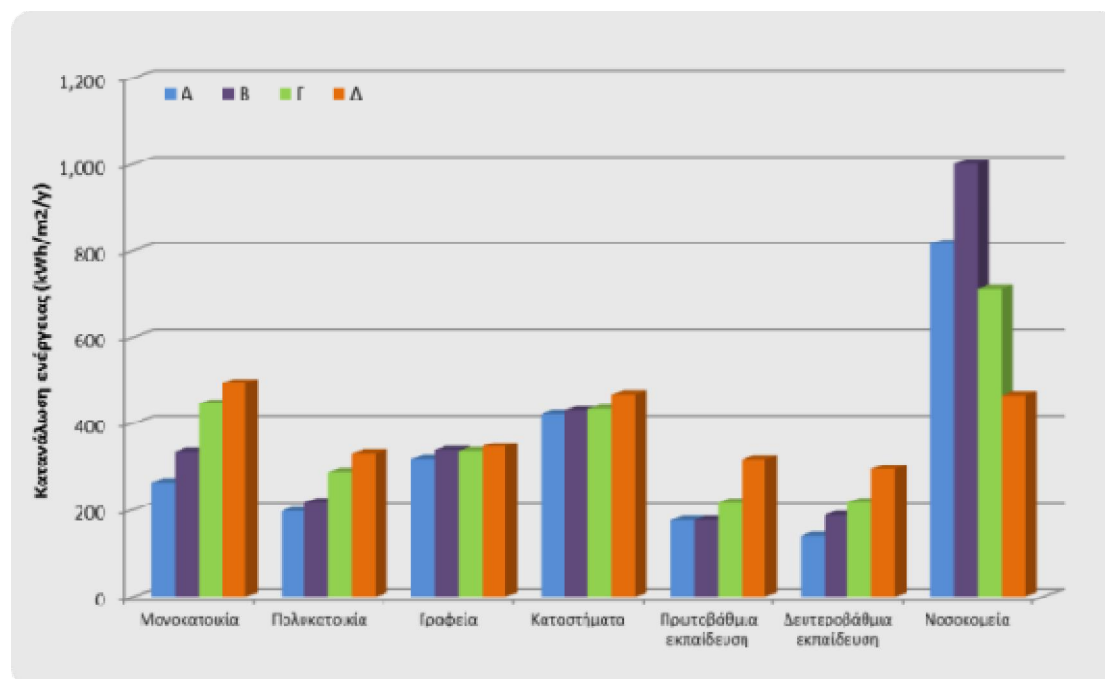
Τα δημόσια κτήρια και δραστηριότητες ορίζονται κυρίως σαν κτήρια που χρησιμοποιούνται για κοινωνικές δραστηριότητες και συνήθως η αναφορά σε αυτά περιλαμβάνει τα σχολεία, τα κτήρια στα οποία στεγάζονται δημόσιες υπηρεσίες, νοσοκομεία, αθλητικά κέντρα κτλ ή σαν δραστηριότητες κοινωνικής ωφέλειας όπως για παράδειγμα είναι τα φώτα στους δρόμους. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτούς τους τομείς μπορεί να έχει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη και να βελτιώσει την οικονομική κατάσταση των κατοίκων της περιοχής μέσω μείωσης φόρων για παράδειγμα ενώ επιπλέον μπορεί να επιφέρει και βελτίωση των δημόσιων υπηρεσιών. Για παράδειγμα η μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε μια πόλη θεωρείται ότι προέρχεται από το δημόσιο φωτισμό [3].

Τα νοσοκομεία αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας στον τομέα των κτηρίων. Η μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση που παρατηρείται στα νοσοκομεία οφείλεται στην 24ωρη

απαίτηση για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό και ζεστά νερά χρήσης καθώς και λόγω του πλήθους του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται σε αυτά [4].

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 υπολογίζονταν πως η μέση ενεργειακή κατανάλωση συνολικής ενέργειας στα ελληνικά νοσοκομεία ήταν η  $407\text{kWh/m}^2$  [4].

Με δεδομένο ότι τα περισσότερα ελληνικά νοσοκομεία με εξαίρεση τα πιο καινούρια δεν είναι πλήρως κλιματιζόμενα η ενεργειακή κατανάλωση παρουσιάζει διακυμάνσεις από κτήριο σε κτήριο (σύμφωνα, με τα επίσημα στοιχεία του υπουργείου υγείας το έτος 2000, από τα 17.886 κρεβάτια των νοσοκομείων της Αττικής κλιματίζονται τα 8.064 (ποσοστό 45%) και από τα 4.920 νοσοκομειακά κρεβάτια της Θεσσαλονίκης τα 2.200 (ποσοστό 44,7%)). Σε μια σύγχρονη νοσοκομειακή εγκατάσταση πλήρως κλιματιζόμενη μπορεί να έχει ετήσια ενεργειακή κατανάλωση που φτάνει τα  $700\text{kWh/m}^2$  ή ακόμα και  $1000\text{kWh/m}^2$  τους θερινούς μήνες για τις περιοχές στις ζώνες Α και Β [4α].



**Σχήμα 1.1** Μέση κατανάλωση ανά τύπο κτηρίου και κλιματική ζώνη [4α].

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η δυνατότητα μετατροπής των νοσοκομειακών εγκαταστάσεων στην Ελλάδα σε νοσοκομειακές εγκαταστάσεις σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα μέτρα ελαχιστοποίησης της καταναλισκόμενης ενέργειας σε νοσοκομειακές εγκαταστάσεις. Στο παράρτημα 2 παρατίθεται μελέτη αναβάθμισης νοσοκομειακής εγκατάστασης 2000τμ και μετατροπής της σε παθητικό κτήριο. Το κόστος είναι περίπου € 220/τμ και ο ποσό αυτό αντιστοιχεί σε εργασίες για την αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης των χώρων των νοσοκομείων σε ποσοστό 70% και μια περίοδο αποπληρωμής του αρχικού κεφαλαίου 7 χρόνια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται η ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στον τομέα των κτηρίων καθώς και το θεσμικό πλαίσιο που αφορά στην ενεργειακή κατανάλωση των ελληνικών κτηρίων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θέμα της ενεργειακής διαχείρισης και τα συστήματα κεντρικής ενεργειακής διαχείρισης που αποτελούν ένα σύστημα αυτοματισμού των κτηρίων που παρέχει πολλά οφέλη ως προς την ενεργειακή διαχείριση και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές τεχνολογίες που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εξοικονόμηση ενέργειας στα νοσοκομεία. Συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στις ενεργειακές καταναλώσεις των νοσοκομείων και αναφέρονται μέτρα αντιμετώπισης της υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης των νοσοκομείων ειδικά για τους τομείς θέρμανσης, ψύξης και ζεστό νερό χρήσης. Παρουσιάζονται εκτενώς οι σχετικές τεχνολογίες και αναφέρονται οι τρόποι διασύνδεσης και κεντρικής επίβλεψης και διαχείρισης. Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο συνοψίζονται τα βασικά συμπεράσματα της συγκεκριμένης εργασίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη συνήθως χωρίζεται σε τρεις κύριους τομείς: τη βιομηχανία τις μεταφορές και τα κτήρια. Τα κτήρια ευθύνονται για το 41% της πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας, και από αυτή το 85% ξοδεύεται για θέρμανση και ψύξη και το 15% για ηλεκτρισμό [4β].

Τα κτήρια στην Ελλάδα υπολογίζεται πως παράγουν λόγω της ενεργειακής κατανάλωσης σχεδόν το 1/3 του παραγόμενου CO<sub>2</sub>. Η παραγωγή του CO<sub>2</sub> από τα κτήρια υπολογίζεται πως αυξάνεται ετησίως κατά 4% ενώ τα ελληνικά νοικοκυριά έχουν την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη. Σύμφωνα με τη Eurostat για το 2010, η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά νοικοκυριό στην Ελλάδα είναι περίπου 61 GJ ή 1,45 Tοe. Σύγκριση ανάμεσα στις μεσογειακές χώρες καταδεικνύει ότι τα ελληνικά νοικοκυριά παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη σχετική κατανάλωση, σχεδόν 30% μεγαλύτερη της Ισπανίας και περίπου διπλάσια της Πορτογαλίας. Ταυτόχρονα, είναι σχεδόν ίση με αυτήν της Ολλανδίας και σημαντικά μεγαλύτερη από χώρες με ψυχρότερο κλίμα όπως το Βέλγιο και η Τσεχία. Διαπιστώνεται επίσης, ότι η ενεργειακή θερμική κατανάλωση στην Ελλάδα είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από χώρες όπως η Δανία, η Γερμανία ή ακόμα και η Βρετανία. [4γ]. Η υψηλή ενεργειακή κατανάλωση έχει σημαντική κοινωνική επίδραση καθώς οι χαμηλού εισοδήματος κάτοικοι που ζουν σε θερμικά απροστάτευτα κτήρια καταναλώνουν τη διπλάσια ενέργεια από τους κατοίκους υψηλού εισοδήματος για θέρμανση και μονάδα επιφάνειας [5].

Για πάνω από 40 χρόνια υπήρχε πλήρης έλλειψη σύγχρονης νομοθεσίας σχετικής με την ενεργειακή και περιβαλλοντική νομοθεσία των κτηρίων η οποία σε συνδυασμό με την ανεπαρκή θερμική προστασία και τον ανεξέλεγκτο περιβαλλοντικά αρχιτεκτονικό σχεδιασμό που επικρατούσε ως τώρα είχε ως αποτέλεσμα τη μαζική επέκταση του ενεργειακού ισοζυγίου [5α].



Μερικοί από τους παράγοντες που ενίσχυσαν την αύξηση του ενεργειακού ισοζυγίου είναι [6]:

1. Η ύπαρξη κτηρίων που κατασκευάστηκαν πριν από το 1980 τα οποία δεν ήταν θερμικά μονωμένα και απαιτούν μεγάλη ποσότητα ενέργειας για να μπορέσουν να καλύψουν τις αποδεκτές συνθήκες άνεσης. Στην κατηγορία αυτή των κτηρίων ανήκουν και πολλά δημόσια κτήρια όπως τα νοσοκομεία που απαιτούν ακόμα μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας για την διασφάλιση συνεχών συνθηκών άνεσης
2. Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού όπως επίσης και η ανάπτυξη της τεχνολογίας που αυξάνει τα συστήματα και τις εφαρμογές που απαιτούν για τη λειτουργία τους την κατανάλωση ενέργειας.
3. Η απαίτηση για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας ανεξάρτητα των κλιματικών συνθηκών. Η ανάγκη αυτή βελτίωσης σχετίζεται κυρίως με τις συνθήκες θερμικής άνεσης ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες γεγονός που οδήγησε στην κατακόρυφη χρήση των κλιματιστικών τα τελευταία χρόνια.

Αυτή η κατάσταση είχε σημαντική επίδραση στην ενέργεια και στο περιβάλλον. Ανάμεσα στις συνέπειες είναι και η επιβάρυνση της οικονομίας των νοικοκυριών, η αύξηση της μέγιστης απαίτησης για ηλεκτρική ενέργεια, η απαίτηση για κατασκευή νέων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως επίσης και η αυξημένη ρύπανση του περιβάλλοντος ιδιαίτερα στα μεγάλα αστικά κέντρα [7].

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα και στα ελληνικά κτήρια ειδικότερα. Περιγράφονται οι επιδράσεις της αυξημένης ενεργειακής κατανάλωσης και η ανάγκη που ωθεί σε υιοθέτηση μέτρων που αφορούν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης ιδιαίτερα στον τομέα των κτηρίων και δίνεται το νομοθετικό πλαίσιο που έχει υιοθετηθεί από την Ελλάδα για την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και τα μέτρα που προτείνονται για την επίτευξη του ενεργειακού στόχου.

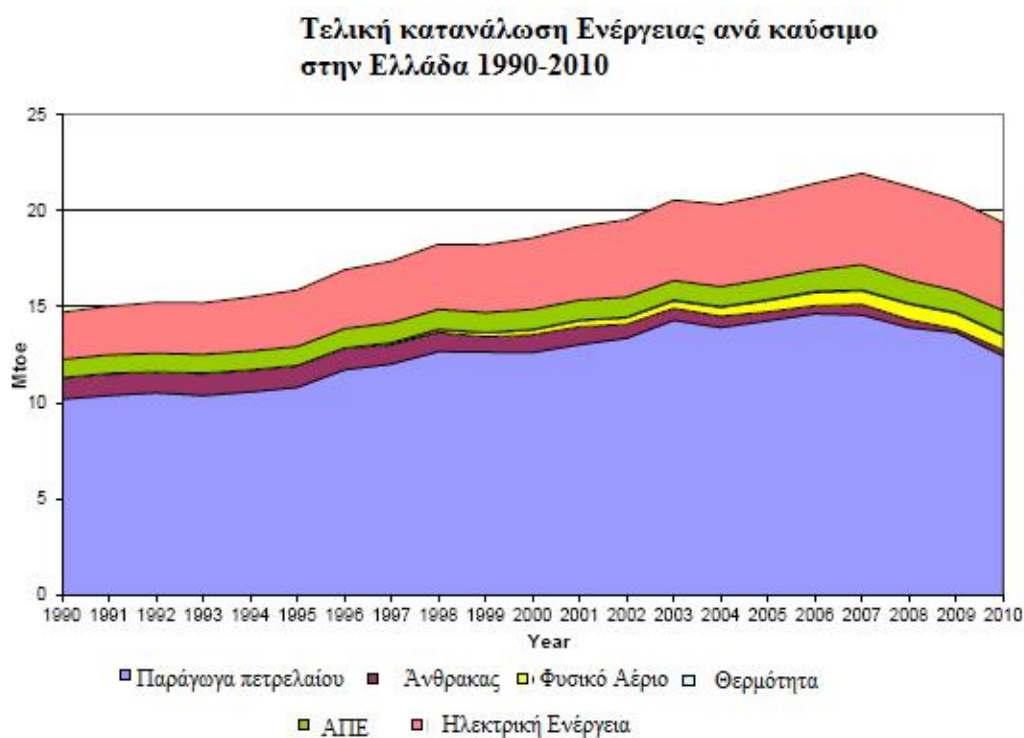
## 2.1 Η Ενεργειακή Κατανάλωση στην Ελλάδα

Τα τελευταία είκοσι χρόνια η οικονομική ανάπτυξη και οι καταναλωτικές συνήθειες των ελλήνων ήταν αυτές που καθόρισαν την αυξανόμενη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας σε όλους τους τομείς κατανάλωσης και καθόρισαν επίσης την ανάπτυξη του ελληνικού ενεργειακού συστήματος [9].

Η κύρια κατανάλωση ενέργειας είναι η ηλεκτρική η οποία παράγεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων και κυρίως του λιγνίτη που η Ελλάδα έχει σε αφθονία ενεργειακού δυναμικού. Η Ελλάδα είναι εξαρτώμενη από την εισαγωγή υδρογονανθράκων, πετρελαϊκών προϊόντων και σε μικρότερο βαθμό από το φυσικό αέριο. Η εξάρτηση αυτή της χώρας από τις εισαγωγές καυσίμων και κατά συνέπεια από τις αυξομειώσεις των τιμών τους έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση στην υιοθέτηση αποτελεσματικών ενεργειακών πολιτικών. Η τάση στην ενεργειακή πολιτική της Ευρώπης προβλέπει τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και γενικώς των αερίων του θερμοκηπίου και την υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργεια φιλικών προς το περιβάλλον. Η τάση αυτή έχει υιοθετηθεί και από την Ελλάδα τόσο ως προς την παραγωγή όσο και ως προς την τελική χρήση της ενέργειας ενώ οι εφαρμοζόμενες πολιτικές τα τελευταία χρόνια στοχεύουν στην εξοικονόμηση της ενέργειας [9].

Από το 1990 και ύστερα η τελική χρήση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα αυξήθηκε κατά 30% φτάνοντας στα 19.4MToe (Million Tons of oil equivalent) το 2010 συνοδευόμενη από μια εκρηκτική άνοδο της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας κατά 86.3% [9α]. Το 1998 εισήχθη ως πηγή ενέργειας στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα το φυσικό αέριο με αποτέλεσμα η τελική κατανάλωση να αυξηθεί στο εξαπλάσιο. Παράλληλα αυξήθηκε και η τελική χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά 29% την τελευταία 20ετία κυρίως εξαιτίας των μέτρων προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε όλους τους τομείς. Παρόλα αυτά η τελική κατανάλωση της ενέργειας μειώθηκε σημαντικά τη διετία 2008-2010 τόσο εξαιτίας της οικονομικής ύφεσης που οδήγησε σε σημαντική μείωση της

κατανάλωσης ενέργειας όσο και εξαιτίας της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στην τελική χρήση της ενέργειας [10].

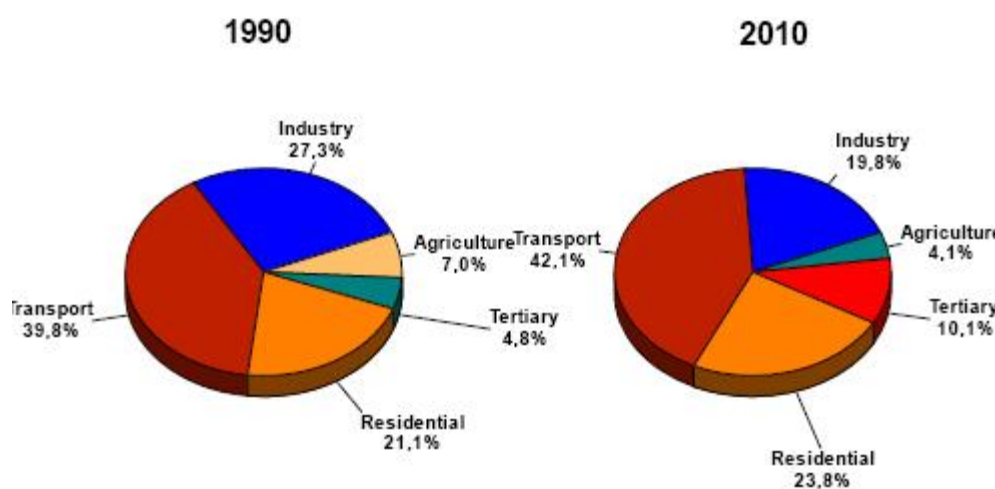


**Σχήμα 2.1:** Κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο στην Ελλάδα τη χρονική περίοδο 1990-2010 [10]

Η χρήση των παραγώγων πετρελαίου μειώθηκε κατά 4.9% το 1990 ωστόσο, το πετρέλαιο παραμένει η κύρια ενεργειακή πηγή για τους τελικούς καταναλωτές στην Ελλάδα. Η μείωση της χρήσης του πετρελαίου οφείλεται κατά κύριο λόγο εξαιτίας της εισόδου του φυσικού αερίου στην αγορά. Παρά το γεγονός πως οι υιοθετούμενες πολιτικές προωθούν τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αυτές έχουν μικρό μερίδιο στην τελική χρήση της ενέργειας ενώ η χρήση του άνθρακα έχει μια σταθερή τάση [10].

Ο κύριος τομέας κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα είναι ο τομέας των μεταφορών ενώ σημαντικό μερίδιο παρουσιάζει και ο οικιακός τομέας στην κατανάλωση ενέργειας. Τα ελληνικά νοικοκυριά το 2010 κατανάλωσαν

4.6ΜΤοε έναντι των 3.1ΜΤοε που καταναλώθηκαν το 1990. Η ενεργειακή κατανάλωση αυξήθηκε σημαντικά στον τριτογενή τομέα ακολουθώντας μια μέση ετήσια αύξηση της τάξης του 6.7% ενώ η κατανάλωση στη βιομηχανία και στον αγροτικό τομέα παρέμεινε σταθερή. Παρόλα αυτά μετά το 2008 παρατηρήθηκε μια σημαντική μείωση στην τελική κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία, στον οικιακό και στον τριτογενή τομέα πιθανότατα επειδή αυτοί οι τομείς πλήγησαν από την οικονομική κρίση άμεσα και επηρεάστηκαν από την αύξηση των τιμών ενέργειας που αυτή επέφερε [10α].



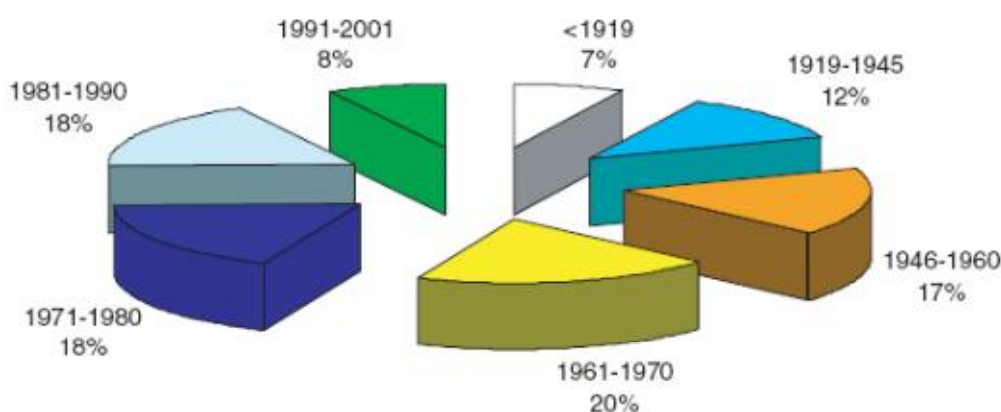
**Σχήμα 2.2:** Σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα στην Ελλάδα [10].

## 2.2 Η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά κτήρια

Το υπάρχον ενεργειακό απόθεμα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπολογίζεται ότι ανέρχεται στο 40% της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης στα κτήρια αποτελεί βασικό παράγοντα για την απεξάρτηση της ΕΕ από τις εισαγωγές καυσίμων και ενισχύεται από τις περιβαλλοντικές πολιτικές που έχουν υιοθετηθεί τα τελευταία χρόνια [11].

Στην Ελλάδα το πρώτο σημαντικό μέτρο για τη διατήρηση της ενέργειας ήταν η Ρύθμιση για τη θερμική μόνωση των κτηρίων που θεσμοθετήθηκε το 1979. Πριν από αυτή τη ρύθμιση τα κτήρια κατασκευάζονταν χωρίς μονώσεις με αποτέλεσμα να υπάρχει ένα σημαντικό πεδίο για την προώθηση της εξοικονόμησης ενέργειας στα ήδη υπάρχοντα κτήρια αφού και μετά από τη ρύθμιση η εφαρμογή της στα κτήρια δεν υιοθετούνταν ευρέως για πολλά χρόνια. Γενικά η χρονολογία κατασκευής ενός κτηρίου είναι σημαντική για το δυναμικό ενέργειας του κτηρίου δεδομένου ότι καθορίζει τα υλικά κατασκευής του κτηρίου τα τεχνικά του χαρακτηριστικά και κατά συνέπεια τις δυνατότητες εφαρμογής μέτρων για την εξοικονόμηση ενέργειας [12].

Τα κτήρια που κατασκευάστηκαν πριν από το 1980 αντιστοιχούν στο 74.6% του συνολικού κτηριακού αποθέματος. Τα κτήρια αυτά δεν ήταν θερμικά μονωμένα και έχουν μικρή ενεργειακή απόδοση ενώ στην πλειοψηφία τους έχουν παλιές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις [13].



**Σχήμα 2.3** Ενεργειακό αποθεματικό κτηρίων ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής τους [13].

Τα κτήρια που δεν είναι κατοικίες αντιστοιχούν στο 25% του συνολικού αριθμού των ελληνικών κτηρίων για το 1990. Οι κύριες κατηγορίες των κτηρίων που δεν ανήκουν στην κατηγορία των κατοικιών ταξινομούνται με βάση τη χρήση των κτηρίων σε γραφεία / εμπορικά κτήρια, σχολεία, ξενοδοχεία και νοσοκομεία. Στα μη κατοικήσιμα κτήρια ανήκουν και οι εκκλησίες τα εργοστάσια, τα αθλητικά κέντρα, οι αποθήκες τα κλειστά

παρκινγκ και συνολικά καλύπτουν το 21.9 % του συνολικού ενεργειακού αποθέματος [13β].

Μια από τις κατηγορίες των μη κατοικήσιμων κτηρίων είναι τα κτήρια που σχετίζονται με την υγεία και στα οποία περιλαμβάνονται τα νοσοκομεία, οι κλινικές, και τα ιατρικά κέντρα [13β]. Το ποσοστό αυτών των κτηρίων αποτελεί το 0.05% του συνολικού κτηριακού αποθέματος στην Ελλάδα ενώ η ενεργειακή τους κατανάλωση είναι η μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα κτήρια που δεν ανήκουν στις κατοικίες. Η μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση σε αυτά τα κτήρια οφείλεται στη συνεχή χρήση του ιατρικού εξοπλισμού ενώ υπάρχει απαίτηση για ζεστό νερό, θέρμανση ψύξη και κλιματισμό όπως επίσης και φωτισμό σε αυτά σε εικοσιτετράωρη βάση. Επιπλέον ο εξοπλισμός των συγκεκριμένων κτηρίων με σύγχρονες μονάδες κλιματισμού αυξάνει περισσότερο την ενεργειακή κατανάλωση. Στα νοσοκομεία υπάρχουν συνήθως περισσότεροι από τέσσερις ορόφους ενώ τα περισσότερα κτήρια αυτής της κατηγορίας τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γκρεμιστεί, ανακαινιστεί ή επεκταθεί προκειμένου να καλύψουν τις αυξημένες ανάγκες που έχουν προκύψει [13].

Τα ελληνικά κτήρια που δεν είναι κατοικίες καταναλώνουν το 7.3% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και καταναλώνουν το 29.7% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στη χώρα όπως επίσης και το 2.1% της συνολικής θερμικής ενέργειας[13]. Η ενέργεια που καταναλώνεται από τα κτήρια που δεν ανήκουν στις κατοικίες αντιστοιχεί στο ¼ σχεδόν της ενέργειας που καταναλώνεται από τα κτήρια.

### **2.3 Θεσμικό πλαίσιο για την εξοικονόμηση ενέργειας στην Ελλάδα**

Η χρήση της ενέργειας στα Ευρωπαϊκά κτήρια αναπαριστά περίπου το 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρώπη και περίπου το 1/3 των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. [14]. Η βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση των κτηρίων θεσμοθετήθηκε το 2002 με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/EC η οποία αναθεωρήθηκε το 2010 με την Οδηγία 2010/31/EC. Από

το 2006 και μετά όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης υιοθέτησαν νομικά πλαίσια και κανονισμούς που θέτουν τις ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των υφιστάμενων κτηρίων αλλά και των καινούργιων κτηρίων με βασική υποχρέωση την έκδοση ενεργειακών πιστοποιητικών για τα κτήρια [15].

Παρά την βασική υποχρέωση των χωρών μελών της ΕΕ για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια δεν μπόρεσαν όλες να ανταποκριθούν σε αυτήν την απαίτηση στα χρονικά πλαίσια που τέθηκαν από τις Ευρωπαϊκές οδηγίες. Η αναθεώρηση του 2010 με την οδηγία 2010/31/EC στη βασική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2002/91/EC για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια ενίσχυσε τις απαιτήσεις για την εξοικονόμηση στα κτήρια και προσπάθησε να μειώσει τις διαφορές που υπήρχαν μεταξύ των κρατών – μελών . Τα βασικά σημεία της αναθεώρησης της ευρωπαϊκής οδηγίας ήταν:

- Όλα τα νέα κτήρια πρέπει να είναι μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης μετά το 2020 ενώ τα υφιστάμενα κτήρια θα πρέπει να μετατραπούν σε μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης μετά το 2018.
- Όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ πρέπει να εφαρμόσουν μια κοινή μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων χρησιμοποιώντας κοινά σημεία αναφοράς για τον υπολογισμό των βέλτιστων και οικονομικότερων επιπέδων ελαχιστοποιώντας το κόστος για ενέργεια στον κύκλο ζωής του κτηρίου.
- Όλα τα ήδη υφιστάμενα κτήρια υποβάλλονται σε σημαντική ανακαίνιση και θα πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις για ελάχιστη ενεργειακή κατανάλωση ενώ η νομοθεσία πρέπει να ενθαρρύνει τη μετατροπή των ανακαινισμένων κτηρίων σε κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.
- Για τα κτήρια που ενοικιάζονται ή τις κτηριακές μονάδες που εκμισθώνονται σε νέους ενοικιαστές θα πρέπει να συνοδεύονται

από ενεργειακά πιστοποιητικά και το ίδιο πρέπει να ισχύει και για τα δημόσια κτήρια με συνολική επιφάνεια πάνω από 500m<sup>2</sup>.

- Όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα πρέπει να εισάγουν ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις για τα τεχνικά χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού θέρμανσης ψύξης κλιματισμού.

Οι υιοθετούμενες πολιτικές που αποσκοπούν στην μηδενική ή σχεδόν μηδενική κατανάλωση της ενέργειας μέσω κυρίως της εφαρμογής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εντάσσονται στο στρατηγικό σχέδιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2020 που είναι γνωστό ως στόχοι 20-20-20[16] και το οποίο περιλαμβάνει: την μείωση κατά 20% των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, την αύξηση της χρήσης κατά 20% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την μείωση κατά 20% της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας βελτιώνοντας την ενεργειακή απόδοση μέχρι το 2020.

Στην Ελλάδα η προσπάθεια για την εθνική ρύθμιση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων πρωτοεισηγήθηκε με κοινή υπουργική απόφαση 21745/4707 [17] μέσω του προσδιορισμού του Κανονισμού Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ). Ο ΚΟΧΕΕ αποσκοπούσε στην εξοικονόμηση της συμβατικής ενέργειας για τη θέρμανση, την ψύξη τον αερισμό, το ζεστό νερό χρήσης και το φωτισμό μέσω συγκεκριμένων κανόνων και διατάξεων που περιορίζουν τις ενεργειακές ανάγκες.

Επιπλέον μέσω του συγκεκριμένου κανονισμού γίνεται πλέον στόχος α) η υποκατάσταση της συμβατικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έτσι ώστε να καλυφθεί μέρος, αν όχι το σύνολο, των αναγκών σε ενέργεια στα κτήρια σε συνδυασμό με την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού, β) η υγιεινή και άνετη διαβίωση των ενοίκων του κτηρίου μέσω της διατήρησης των επιπέδων θερμικής άνεσης καθώς και της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και γ) η εξοικονόμηση στο κόστος κατασκευής και λειτουργίας των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού. Το πρώτο αντίτυπο του ΚΟΧΕΕ ολοκληρώθηκε το 2003 και αναθεωρήθηκε μερικώς το 2004 ενώ μέχρι τις αρχές του 2005 την



εποπτεία για τις σχετικές εργασίες την είχε το πρώην υπουργείο Ανάπτυξης. Ο ΚΟΧΕΕ μετονομάστηκε αργότερα σε ΚΕΝΑΚ.

Ο Νόμος 3661/2008 σχετικός με τα μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις [18] αποτελεί στην ουσία μια μετάφραση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας για την εξοικονόμηση ενέργειας και για αυτό εισάγει τα Ευρωπαϊκά πρότυπα για την εξοικονόμηση της ενέργειας στα κτήρια. Με το συγκεκριμένο νόμο εγκρίθηκε και άρχισε να εφαρμόζεται ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ). Ο ΚΕΝΑΚ καθορίζει τη μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και επιπλέον υιοθετεί τα πρότυπα της ευρωπαϊκής οδηγίας που σχετίζονται με το είδος και το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων το είδος και το χρονικό περιθώριο επανάληψης της διενέργειας ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτηρίων των λεβήτων, των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού καθώς και το περιεχόμενο του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης και τις διαδικασίες έκθεσής του.

Με την υπουργική απόφαση 407/Β/9.4.2010 [19] καθορίστηκε το πλαίσιο αρχών που διέπουν τους όρους και τις προϋποθέσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων εγκρίθηκε ο ΚΕΝΑΚ. Όπως ορίζεται από την υπουργική απόφαση με βάση τον ΚΕΝΑΚ η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων θα πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- ✓ Τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος που καθορίζονται από τη χρήση των κτηρίων
- ✓ Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης του κτηρίου
- ✓ Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηρίου σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων
- ✓ Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους του κτηρίου
- ✓ Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης, της ψύξης και κλιματισμού χώρων.

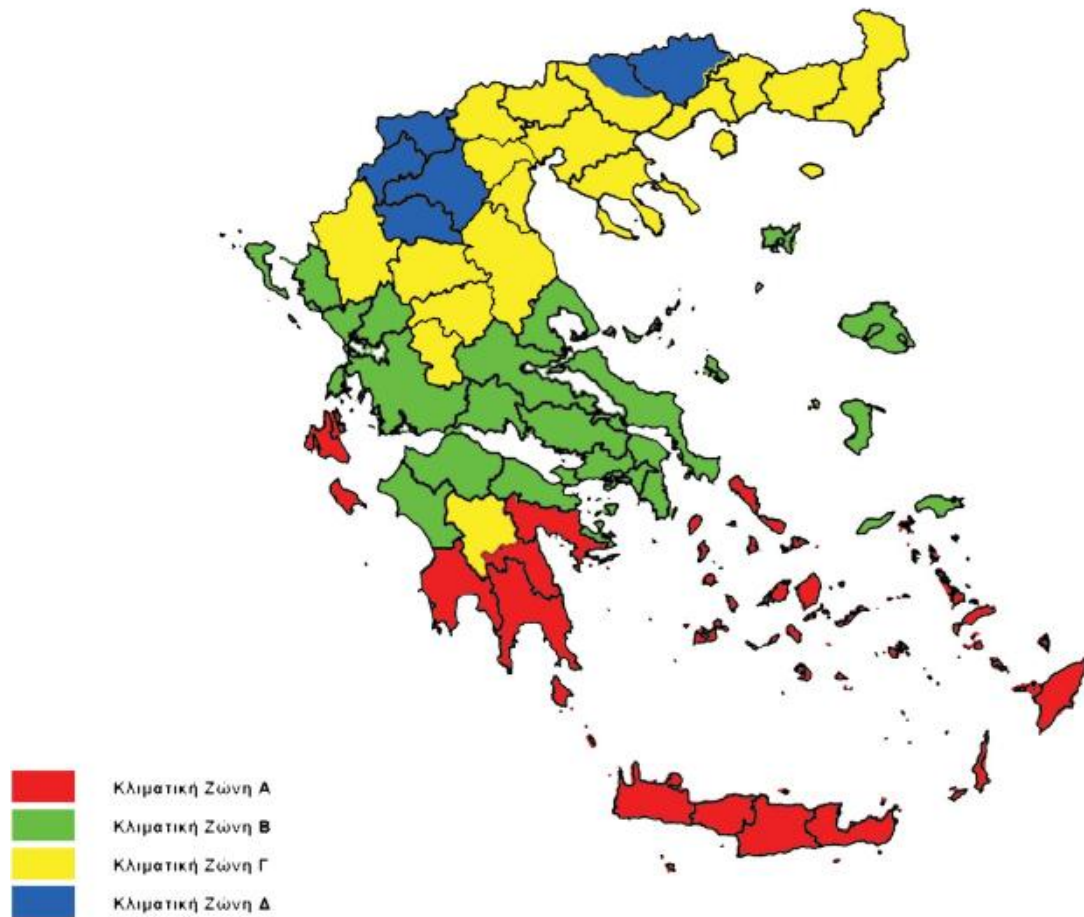
- ✓ Τα χαρακτηριστικά εγκατάστασης μηχανισμού αερισμού και της εγκατάστασης ζεστού νερού χρήσης όπως επίσης και
- ✓ Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού όταν το κτήριο δεν είναι κατοικία καθώς και τα παθητικά ηλιακά συστήματα.

Επιπλέον ο ΚΕΝΑΚ εισάγει τη χρήση ενός κτηρίου αναφοράς με βάση το οποίο γίνεται η αξιολόγηση του εξεταζόμενου κτηρίου, τις απαιτήσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας που βασίζεται σε έναν λογιστικό υπολογισμό για όλους τους τομείς που καταναλώνουν ενέργεια σε ένα κτήριο, τις απαιτήσεις για την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας όπως επίσης και τους περιορισμούς σχετικά με τις αναπτυσσόμενες θερμικές απώλειες [19]. Οι ελάχιστες θερμικές απώλειες σχετίζονται με την εισαγωγή νέων τιμών για το συντελεστή θερμοπερατότητας που εισάγει ο ΚΕΝΑΚ. Οι τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας που εισάγει ο ΚΕΝΑΚ αντικατέστησαν τις τιμές θερμικής μόνωσης [20] που ίσχυαν από το 1979. Οι νέες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας σύμφωνα με το ΚΕΝΑΚ ισχύουν για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες για την Ελλάδα, οι οποίες δημιουργούνται με τις βαθμομέρες θέρμανσης, για τις διαφορετικές περιοχές που βρίσκεται ένα κτήριο[19]. Σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης υπήρχαν τρεις κλιματικές ζώνες ενώ στον ΚΕΝΑΚ προστίθεται μία ακόμη που περιλαμβάνει τις νοτιότερες περιοχές της χώρας. (Σχ. 2.4)´

### *Νομοί της Ελλάδος ανά κλιματική ζώνη*

<b>ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ</b>	<b>ΝΟΜΟΙ</b>
<b>ΖΩΝΗ Α</b>	Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθί, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη
<b>ΖΩΝΗ Β</b>	Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνησία, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα
<b>ΖΩΝΗ Γ</b>	Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Ημαθία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα,

	Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη, Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος
<b>ΖΩΝΗ Δ</b>	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα



**Σχήμα 2.4:** Κλιματικές ζώνες της Ελλάδας όπως ορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ [19].

Η μελέτη ενεργειακού σχεδιασμού για τα νέα κτήρια περιλαμβάνει τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό την επαρκή θερμική μόνωση των κτηρίων τον σχεδιασμό των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και την τελική ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Το κτήριο αναφοράς είναι ένα ακριβές αντίγραφο του εξεταζόμενου κτηρίου αλλά με αυτόματη υιοθέτηση των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων έτσι ώστε να καλύπτονται οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης.

Μετά την έκδοση και την αρχή εφαρμογής του ΚΕΝΑΚ το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας δημιούργησε τέσσερις τεχνικές οδηγίες οι οποίες συμπλήρωσαν τον ΚΕΝΑΚ και βοήθησαν στην εφαρμογή του. Η πρώτη Οδηγία του ΤΕΕ σκιαγραφεί τις σχεδόν μόνιμες μηνιαίες διαδικασίες υπολογισμού για τη μελέτη ενεργειακού σχεδιασμού και για τη διενέργεια των ενεργειακών ελέγχων [21]. Η δεύτερη οδηγία θέτει τις ελάχιστες θερμικές απαιτήσεις για τη μόνωση του κτηρίου και καθορίζει τις διαδικασίες υπολογισμού για την πιστοποίηση, την συμμόρφωση και την επάρκεια της θερμικής ανάπτυξης του κτηρίου [22]. Η Τρίτη οδηγία ορίζει τα κατάλληλα κλιματικά δεδομένα που απαιτούνται στους υπολογισμούς στις τέσσερις εθνικές ζώνες και σε 62 ελληνικές πόλεις [23] ενώ στην τέταρτη οδηγία ορίζεται λεπτομερώς το περιεχόμενο, οι διαδικασίες και η μορφή των προτύπων για τους αποδοτικότερους ενεργειακούς ελέγχους, την δημιουργία του ενεργειακού πιστοποιητικού και την πραγματοποίηση ελέγχων συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού και για την ηλεκτρονική υποβολή των αποτελεσμάτων των ελέγχων στην αρμόδια αρχή [24].

Επίσης στην τέταρτη τεχνική οδηγία του ΤΕΕ καθορίζεται η μορφή του ενεργειακού πιστοποιητικού που εκδίδεται για τα κτήρια. Στην πρώτη σελίδα του ενεργειακού πιστοποιητικού περιλαμβάνονται τα γενικά δεδομένα για το κτήριο, η τάξη του κτηρίου που βασίζεται στην κατανάλωση αρχικής ενέργειας, η υπολογισμένη ετήσια και πραγματική αρχική και τελική ενεργειακή κατανάλωση και οι τελικές απώλειες διοξειδίου ανά μονάδα επιφάνειας και μια εκτίμηση της περιβαλλοντικής ποιότητας στο εσωτερικό για την υποστήριξη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας.

Η δεύτερη σελίδα του ενεργειακού πιστοποιητικού περιλαμβάνει την καταγραφή της συνεισφοράς των διάφορων ενεργειακών πηγών στην τελική κατανάλωση, την ετήσια καταγραφή κατανάλωσης πρωταρχικής μορφής ενέργειας για διάφορες χρήσεις και από μία έως τρεις από τις πιο δαπανηρές απαιτήσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ		ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ																																													
<b>ΧΡΗΣΗ:</b> Κτήριο <input type="checkbox"/> Τμήμα κτηρίου <input type="checkbox"/> Αριθμός ιδιοκτησίας: Κλιματική ζώνη: Διεύθυνση: Τ.Κ.: Πόλη: Έτος κατασκευής: Συνολική επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]: Θερμανόμενη επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]: Όνομα ιδιοκτήτη:		<b>ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Πηγή ενέργειας</th> <th colspan="3">Τελική χρήση</th> <th>Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Ηλεκτρική</td> <td>Θέρμανση Φυακίνας</td> <td>Ψύξη</td> <td>ZHX</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Παράλαση</td> <td>Θέρμανση</td> <td>Ψύξη</td> <td>ZHX</td> </tr> <tr> <td>Φυσικό αέριο</td> <td>Θέρμανση</td> <td>Ψύξη</td> <td>ZHX</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Ορυκτά καύσιμα</td> <td>Άλλοι</td> <td>Θέρμανση</td> <td>Ψύξη</td> <td>ZHX</td> </tr> <tr> <td>Ηλιακή</td> <td>Θέρμανση Φυακίνας</td> <td>Ψύξη</td> <td>ZHX</td> </tr> <tr> <td>Βιομάζα</td> <td>Θέρμανση</td> <td>Ψύξη</td> <td>ZHX</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">ΑΠΕ</td> <td>Γεωθερμία</td> <td>Θέρμανση</td> <td>Ψύξη</td> <td>ZHX</td> </tr> <tr> <td>Άλλοι</td> <td>Θέρμανση Φυακίνας</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Σύνολο</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Πηγή ενέργειας	Τελική χρήση			Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου (%)	Ηλεκτρική	Θέρμανση Φυακίνας	Ψύξη	ZHX		Παράλαση	Θέρμανση	Ψύξη	ZHX	Φυσικό αέριο	Θέρμανση	Ψύξη	ZHX	Ορυκτά καύσιμα	Άλλοι	Θέρμανση	Ψύξη	ZHX	Ηλιακή	Θέρμανση Φυακίνας	Ψύξη	ZHX	Βιομάζα	Θέρμανση	Ψύξη	ZHX	ΑΠΕ	Γεωθερμία	Θέρμανση	Ψύξη	ZHX	Άλλοι	Θέρμανση Φυακίνας			Σύνολο			
Πηγή ενέργειας	Τελική χρήση			Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου (%)																																											
Ηλεκτρική	Θέρμανση Φυακίνας	Ψύξη	ZHX																																												
	Παράλαση	Θέρμανση	Ψύξη	ZHX																																											
	Φυσικό αέριο	Θέρμανση	Ψύξη	ZHX																																											
Ορυκτά καύσιμα	Άλλοι	Θέρμανση	Ψύξη	ZHX																																											
	Ηλιακή	Θέρμανση Φυακίνας	Ψύξη	ZHX																																											
	Βιομάζα	Θέρμανση	Ψύξη	ZHX																																											
ΑΠΕ	Γεωθερμία	Θέρμανση	Ψύξη	ZHX																																											
	Άλλοι	Θέρμανση Φυακίνας																																													
	Σύνολο																																														
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>		<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>																																													
<b>ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ</b> EP ≤ 0,25 kWh/m <sup>2</sup>		<b>Α+</b>																																													
0,25 kWh/m <sup>2</sup> < EP ≤ 0,5 kWh/m <sup>2</sup>		<b>A</b>																																													
0,5 kWh/m <sup>2</sup> < EP ≤ 0,75 kWh/m <sup>2</sup>		<b>B+</b>																																													
0,75 kWh/m <sup>2</sup> < EP ≤ 1,0 kWh/m <sup>2</sup>		<b>B</b>																																													
1,0 kWh/m <sup>2</sup> < EP ≤ 1,41 kWh/m <sup>2</sup>		<b>Γ</b>																																													
1,41 kWh/m <sup>2</sup> < EP ≤ 1,92 kWh/m <sup>2</sup>		<b>Δ</b>																																													
1,92 kWh/m <sup>2</sup> < EP ≤ 2,77 kWh/m <sup>2</sup>		<b>E</b>																																													
2,77 kWh/m <sup>2</sup> < EP ≤ 3,76 kWh/m <sup>2</sup>		<b>Z</b>																																													
3,76 kWh/m <sup>2</sup> < EP		<b>H</b>																																													
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ</b> Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτηρίου αναφοράς [kWh/m <sup>2</sup> ]:		<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>																																													
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [MWh/m <sup>2</sup> ]:																																															
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]:																																															
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ</b> Πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας & Εκπομπές CO <sub>2</sub> :		Θερμική άνεση <input type="checkbox"/>																																													
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m <sup>2</sup> ]:		Οπτική άνεση <input type="checkbox"/>																																													
Καύσιμα [kWh/m <sup>2</sup> ]:		Ακουστική άνεση <input type="checkbox"/>																																													
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:		Ποιότητα αέρα <input type="checkbox"/>																																													
Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]:																																															
<b>ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ [MWh/m<sup>2</sup>]</b>		<b>ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ [MWh/m<sup>2</sup>]</b>																																													
Θέρμανση:		Ψύξη:																																													
Ζεστό Νερό Χρήσης (ZHX):		Φυακίνας:																																													
ΑΠΕ & ZHX: [-]																																															
<b>ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>																																															
1, 2, 3.																																															
Αριθμός σύστασης	Επιμετάθεση σχετικού κόστους επένδυσης [€]	Επιμετάθεση ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και τμήτ. μισθός* [kWh/m <sup>2</sup> ]	Επιμετάθεση ετήσιο μισθός «καταμίσθ» CO <sub>2</sub> * [kg/m <sup>2</sup> ]	Επιμετάθεση περίοδος αποπληρωμής* [έτη]																																											
1																																															
2																																															
3																																															
<small>* Η εξοικονόμηση ενέργειας και τμήτ. μισθός αναφέρονται ανά μέτρο επί μέρους κόστους και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ο μισθός για τη χρήση μισθωτού απορριπτικού δοχείου του δήμου και την παροχή απορριπτικού.</small>																																															
<b>Ημερομηνία έκδοσης ΠΕΑ:</b>		<b>Σφραγίδες:</b>																																													
<b>Όνομα υπεύθυνου Επιθεωρητή:</b>																																															
<b>A.M. Επιθεωρητή:</b>		<b>Υπογραφή:</b>																																													

Σχήμα 2.5: Ενεργειακό πιστοποιητικό για κτήρια

## 2.4 Μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια-

### Κτήρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

Όταν ένα κτήριο αναγνωριστεί ως κτήριο με μικρή ενεργειακή απόδοση αποτελεί προτεραιότητα η υιοθέτηση μέτρων για τη βελτίωση του ενεργειακού ισοζυγίου και τη μείωση της συμβατικής ενεργειακής κατανάλωσης. Στην πραγματικότητα τα περισσότερα αποδοτικά ενεργειακά κτήρια μπορεί να μειώσουν τη χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας βελτιώνοντας την περιβαλλοντική επίδραση και την εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας. Παράλληλα η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τις συνθήκες ζωής αλλά και το κόστος διαβίωσης των κατοίκων ενός κτηρίου.

Η υιοθέτηση μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση ενέργειας έως και 80MToe μέχρι το 2020 ή διαφορετικά σε μείωση κατά 5-6% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρώπη [16].

Η τελική κατανάλωση ενέργειας στα Ελληνικά κτήρια ήταν 7.5MToe ή 34% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας το 2007 [16β]. Με δεδομένο ότι τα ελληνικά κτήρια δεν είναι θερμικά μονωμένα ή έχουν μικρή μόνωση υπάρχει σημαντική ανάγκη για την εξοικονόμηση ενέργειας ιδιαίτερα όσο αφορά στη θέρμανση χώρων. Με την υιοθέτηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας στις ελληνικές κατοικίες το απόθεμα της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας μπορεί να μειωθεί κατά 0.02-1.16 MToe και η απαίτηση για ηλεκτρική ενέργεια κατά 1.32TWh [25].

Στα κτήρια που δεν είναι κατοικίες η απαίτηση για θερμική ενέργεια μπορεί να μειωθεί κατά 2.8-51.9kToe στα γραφεία / εμπορικά κτήρια, κατά 0.9-33.5kToe στα ξενοδοχεία, 0.5-17.6 kToe στα σχολεία και κατά 1.6-16.2kToe στα νοσοκομεία [13]. Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να είναι κατά μέσο όρο 18-682GWh στα γραφεία, 15-407GWh στα ξενοδοχεία, 15-407GWh στα ξενοδοχεία, 5-143GWh στα σχολεία και 16-174GWh στα ξενοδοχεία.

Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτήριο ξεκινούν από το στάδιο της μελέτης και του σχεδιασμού του. Ο σχεδιασμός ενός κτηρίου πρέπει να είναι τέτοιος ώστε η αρχιτεκτονική του να προσαρμόζεται στο κλίμα της περιοχής και να περιορίζονται στο ελάχιστο οι απαιτήσεις του σε ενέργεια για την κάλυψη των βασικών του αναγκών [26].

Τα μέτρα που μπορεί να ληφθούν για την εξοικονόμηση ενέργειας αφορούν τα κτήρια που ταξινομούνται με βάση την ημερομηνία κτήσης τους σε κτήρια πριν από το 1979 και σε κτήρια κατασκευής μετά το 1979.

Στα κτήρια που έχουν κατασκευή πριν από το 1979 υπάρχουν σοβαρές ελλείψεις στη μόνωση του κελύφους του κτηρίου αλλά και στη μόνωση των εγκαταστάσεων των σωληνώσεων θέρμανσης. Στα κτήρια που χτίστηκαν μετά το 1979 για τα οποία εφαρμόζεται ο κανονισμός θερμομόνωσης έχουν έλλειψη επίβλεψης θερμομόνωσης. Τα μέτρα τα οποία μπορεί να ληφθούν για εξοικονόμηση ενέργειας όσον αφορά στη μόνωση των κτηρίων είναι [27]:

- Η κατάλληλη μετατροπή των δομικών στοιχείων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη μόνωση του κτηριακού κελύφους
- Η χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων έτσι ώστε να γίνεται μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας
- Αύξηση της απόδοσης των εγκαταστάσεων θέρμανσης μέσω απλών ελεγκτών και συστημάτων αυτοματισμού
- Αντικατάσταση του καυσίμου στα συστήματα των κεντρικών θερμάνσεων.

Εκτός από τα μέτρα που αφορούν στη μόνωση των κτηρίων θα πρέπει να ληφθούν επίσης μέτρα που αφορούν στην οικονομικότερη χρήση των κλιματιστικών συσκευών και της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για φωτισμό[28]. Μέσα στα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας περιλαμβάνεται η ενημέρωση των πολιτών σχετικά με την ορθολογική χρήση των κλιματιστικών συσκευών, η δυνατότητα άδειας εγκατάστασης των κλιματιστικών συσκευών ανάλογα με το μέγεθος της οικίας. Επιπλέον η ορθολογική χρήση της ενέργειας που απαιτείται για το φωτισμό των κτηρίων μπορεί να επιτευχθεί με την σταδιακή αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως από λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης που δεν θα επηρεάζει όμως την απόδοση του φωτισμού.

Στα δημόσια κτήρια, όπου η κατανάλωση ενέργειας είναι μεγαλύτερη από τις κατοικίες, τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που μπορεί να εφαρμοστούν είναι η επιπλέον μόνωση και εγκατάσταση διπλών παραθύρων, χρήση συστημάτων αυτοματισμού για τον έλεγχο θέρμανσης με αυξημένο βαθμό απόδοσης, αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες φθορισμού, εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης από ηλιακούς συλλέκτες.

Στο χώρο ενός κτηρίου ο όρος «καθαρή ενέργεια» χρησιμοποιείται συχνά προκειμένου να περιγράψει το ισοζύγιο ανάμεσα στην ενέργεια που χρησιμοποιείται από το κτήριο, τους ενοίκους του και τα συστήματα που βρίσκονται σε αυτό και την ενέργεια που παράγεται από τα ανανεώσιμα ενεργειακά συστήματα. Αυτός ο ορισμός αποτελεί και τη βάση ορισμού των

κτηρίων μηδενικής ή θετικής κατανάλωσης. Ένα κτήριο μηδενικής κατανάλωσης ή θετικής κατανάλωσης ορίζεται ως εκείνο το κτήριο που έχει μηδενική ή αρνητική κατανάλωση ενέργειας στη διάρκεια ενός τυπικού έτους[29]. Στα συγκεκριμένα κτήρια η ενεργειακή ζήτηση για θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια είναι μειωμένη και ικανοποιείται σε ετήσια βάση με την εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να προβλέπονται στον αρχικό σχεδιασμό του κτηρίου ή να αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα εφοδιασμού του κτηρίου. Επίσης το δίκτυο που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του κτηρίου με ηλεκτρική ισχύ μπορεί να αναπληρώνει τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας όταν αυτές δεν είναι διαθέσιμες και το κτήριο να δίνει πίσω στο δίκτυο την περίσσεια ηλεκτρική ενέργεια που παράγει.

Ο σχεδιασμός των κτηρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης αποτελεί εξέλιξη των παθητικών κτηρίων και χρησιμοποιεί καινοτόμες τεχνολογίες για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της θερμικής άνεσης των κτηρίων. Για να επιτευχθούν αυτά προβλέπεται η βελτίωση των εσωτερικών υλικών κατασκευής των κτηρίων όπως για παράδειγμα η βελτίωση της μόνωσης, η αύξηση της θερμικής μάζας, η χρήση υλικών ψύξης κτλ., η χρήση σκιάστρων, η χρήση συνδυαστικών συστημάτων θέρμανσης ψύξης όπως για παράδειγμα αντλίες θερμότητας με γεωθερμικές εφαρμογές ή ηλιακούς συλλέκτες, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή και η χρήση αυτόματων συστημάτων διαχείρισης της ενέργειας [30, 31].

Η πρώτη προσπάθεια για να επιτευχθεί μηδενική κατανάλωση ενέργειας αναφέρεται στα ηλιακά σπίτια. Ένα παράδειγμα αποτελεί το 1939 η δημιουργία του MIT Solar House 1 που αποτελούταν από μια μεγάλη περιοχή συλλογής ηλιακής ενέργειας και αποθήκευσης νερού ενώ αργότερα στη δεκαετία του 1970 αναφέρονται προσπάθειες δημιουργίας κτηρίων μηδενικής κατανάλωσης στην Δανία και στην Τσεχία [32].

Η συνήθης πρακτική για τη δημιουργία ενός κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης είναι η χρήση του ηλεκτρικού δικτύου ως πηγή και δεξαμενή ηλεκτρικής ενέργειας αποφεύγοντας με αυτόν τον τρόπο τα συστήματα



αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ο όρος «καθαρή ενέργεια» χρησιμοποιείται στην περίπτωση του δικτύου που συνδέεται στο κτήριο για να ορίσει το ενεργειακό ισοζύγιο της ενέργειας που χρησιμοποιείται και της ενέργειας που πωλείται ξανά στο δίκτυο ενώ ο όρος μηδενική καθαρή ενέργεια χρησιμοποιείται όταν το ισοζύγιο αυτό είναι μηδέν.

Ο στόχος ενός κτηρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης δεν είναι μόνο να ελαχιστοποιείται η ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου με μεθόδους παθητικού σχεδιασμού αλλά επίσης να σχεδιαστεί ένα κτήριο που θα εξισορροπεί τις ενεργειακές απαιτήσεις με μεθόδους ενεργούς παραγωγής ενέργειας και τις ανανεώσιμες τεχνολογίες. Η διαχείριση από πλευράς εφαρμογής περιλαμβάνει τεχνικές βελτιστοποίησης της παραγόμενης ενέργειας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά μέσω της σωστής διαχείρισης ενέργειας. Εάν θέλαμε να περιγράψουμε την διαχείριση ενέργειας σε μία πρόταση θα λέγαμε ότι ουσιαστικά διαχειριζόμαστε την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας με βάση την ζήτηση. Σημαντικό μέρος στην διαχείριση ενέργειας αποτελεί η παρακολούθηση της ενεργειακής κατανάλωσης σε διαφορετικές τελικές χρήσεις ενέργειας μέσω κατάλληλων καταγραφών [33].

Ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα ενεργειακής διαχείρισης περιλαμβάνει σύστημα εκτεταμένων ελέγχων καταγραφών και μετρήσεων στο κέλυφος και στις ενεργειακές κτηριακές εγκαταστάσεις, τον προσδιορισμό των κατάλληλων ορίων ενεργειακής κατανάλωσης, τεχνοοικονομικές μελέτες σκοπιμότητας όπου θα διερευνάται η επιλογή νέων ενεργειακών τεχνολογιών.

Επιπλέον, περιλαμβάνει αρχείο ενεργειακών καταναλώσεων και συνεχή ενημέρωσή του, προβλέπει τη σύνταξη ενεργειακών θεωρήσεων και έλεγχο του προγράμματος ορθολογικής διαχείρισης. Επίσης στο πλαίσιο ενός προγράμματος ενεργειακής διαχείρισης περιλαμβάνεται η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση των χρηστών του κτηρίου σχετικά με τους στόχους και εκπαίδευση του προσωπικού που εμπλέκονται στη συντήρηση και στη λειτουργία του κτηρίου. Για την ορθολογική ενεργειακή διαχείριση ενός κτηρίου επιπλέον, απαιτείται η εξεύρεση τρόπων χρηματοδότησης των ενεργειακών έργων και επίβλεψη της κατασκευής ενεργειακών εφαρμογών και αξιολόγηση της ωφελιμότητάς τους, δηλαδή η αξιολόγηση της επένδυσης και ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης αυτής [34].

### 3.1 Συστήματα συνολικής ενεργειακής διαχείρισης

Όπως ήδη αναφέρθηκε η κατανάλωση της ενέργειας αποτελεί κομμάτι του λειτουργικού κόστους ενός κτηρίου και έχει σημαντικό ρόλο στις συνθήκες άνεσης του κτηρίου. Με τον όρο ενεργειακή διαχείριση εννοείται η συστηματική οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα την οποία αποτελούν διοικητικές, οικονομικές και τεχνικές δράσεις και στοχεύουν στην εξασφάλιση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτηρίου. Οι δράσεις αυτές πραγματοποιούνται με βάση την οικονομική απόδοση και την αύξηση του κέρδους στους διάφορους φορείς διαχείρισης των κτηρίων που προκύπτει από την εξοικονόμηση της ενέργειας, τη βελτίωση της ποιότητας ζωής και την παροχή των υπηρεσιών στα κτήρια, τη βελτίωση του περιβάλλοντος και τον έλεγχο του ενεργειακού κόστους λειτουργίας [35].

Για την απόδοση ενεργειακής ταυτότητας στα κτήρια τις τελευταίες δεκαετίες χρησιμοποιούνται αυτόματα συστήματα μέτρησης και καταγραφής της ενέργειας, συστήματα ασφάλειας των υποδομών των κτηρίων όπως επίσης και συστήματα που ελέγχουν αυτόματα και διαχειρίζονται τις ενεργειακές καταναλώσεις. Τέτοια είναι τα συστήματα BMS (Building Management System ή BEMS Building Energy Management System). Για να είναι αποτελεσματικό ένα σύστημα BEMS πρέπει να μπορεί να διαχειριστεί και να καταγράψει τις καταναλώσεις του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που υπάρχει σε ένα κτήριο και αφορά [36]: θέρμανση, ψύξη και κλιματισμό, ποιότητα του αέρα και υγρασία, εξαερισμό, ζεστά νερά χρήσης, φωτισμό, την εναλλαγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και προτεραιότητα βάσει απόδοσης, τη διαχείριση του νερού και την ασφάλεια του κτηρίου.

Τα συστήματα αυτά πρωτοεμφανίστηκαν με τον αυτοματισμό των συστημάτων θέρμανσης ψύξης κλιματισμού στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Αρχικά οι ελεγκτές που χρησιμοποιούνταν σε αυτά τα συστήματα ήταν πνευματικοί και στη συνέχεια αντικαταστάθηκαν με ηλεκτρικά και αναλογικά ηλεκτρονικά κυκλώματα. Τελικά στο σύστημα ελέγχου εντάχθηκαν μικροεπεξεργαστές συνθέτοντας το άμεσο ψηφιακό σύστημα ελέγχου που

χρησιμοποιείται ευρέως για τους ελεγκτές που χρησιμοποιούνται στον αυτοματισμό των κτηρίων [37].

Η εφαρμογή χρήσης των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης αποτελείται από πολλές επιμέρους διαδικασίες στα διάφορα συστήματα που είναι τόσο διακριτές όσο και συνεχείς. Οι πιο συνήθεις είναι οι διαδικασίες που αφορούν στα συστήματα θέρμανσης ψύξης κλιματισμού αερισμού και ζεστών νερών χρήσης. Με δεδομένο ότι τα συγκεκριμένα συστήματα περιλαμβάνουν μεγάλα θερμικά φορτία οι αλλαγές στα συστήματα αυτά γίνονται βαθμιαία ενώ οι γρήγορες μεταβολές ανιχνεύονται κατά τη βελτιστοποίηση του συστήματος. Με δεδομένο ότι η διαδικασία που αφορά την θέρμανση / ψύξη ενός κτηρίου είναι αργή (λόγω αδράνειας) οι απαιτήσεις χρόνου απόκρισης του συστήματος διαχείρισης είναι μικρές συγκριτικά με τις αντίστοιχες διαδικασίες που αναφέρονται σε βιομηχανικά κτήρια και εφαρμογές. Γι αυτό τον λόγω αναφερόμαστε σε κτηριακό αυτοματισμό και βιομηχανικό αυτοματισμό (όπου έχουμε μεγάλη απαίτηση σε ακρίβεια και γρήγορους χρόνος απόκρισης). Παρά την απουσία γρήγορων αποκρίσεων ο έλεγχος των συστημάτων θέρμανσης ψύξης κλιματισμού σε ένα κτήριο δεν είναι εύκολος δεδομένου ότι υπάρχουν διακυμάνσεις στις αποδόσεις που μεταβάλλονται με το χρόνο και εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες και την πληρότητα του κτηρίου [38].

Τα βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης είναι η αξιοπιστία και η διαθεσιμότητα τα οποία δίνουν στα κτήρια που τα χρησιμοποιούν το συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τις συμβατικές εγκαταστάσεις. Επιπλέον επιθυμητό χαρακτηριστικό των συγκεκριμένων συστημάτων αποτελούν η ασφάλεια κατά τη λειτουργία τους. Η βασική πρόκληση στα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης είναι η κάλυψη της ενεργειακής διαχείρισης στις μεγάλες επιφάνειες και στα πολυώροφα κτίρια. Επιπλέον τα συγκεκριμένα συστήματα πρέπει να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής ενώ παράλληλα για τη λειτουργία τους απαιτούνται εξειδικευμένοι χρήστες που εκπαιδεύονται αντίστοιχα στους κτηριακούς αυτοματισμούς, και συμβάλουν στην ορθότερη διαχείρισή τους [37].

Ο στόχος των αυτόματων συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης στα κτήρια είναι η ικανοποίηση των παρακάτω συνθηκών [39]:

- Η διατήρηση συνθηκών άνεσης που καθορίζεται από το προφίλ χρήσης του κτηρίου (πχ κτήριο σχολείου, νοσοκομείου, γραφείου κλπ)
- Εξοικονόμηση ενέργειας με το συνδυασμό των συνθηκών άνεσης και της στρατηγικής εξοικονόμησης ενέργειας (πχ χρονοπρογράμματα λειτουργίας ή λειτουργία βάσει παρουσίας ατόμων μέσω ανιχνευτών παρουσίας)
- Έλεγχος της ποιότητας αέρα του χώρου και αντίστοιχη διαχείριση / ενεργοποίηση των συστημάτων αερισμού.

Η ικανοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων προϋποθέτει τον έλεγχο των ακόλουθων ενεργοποιητών:

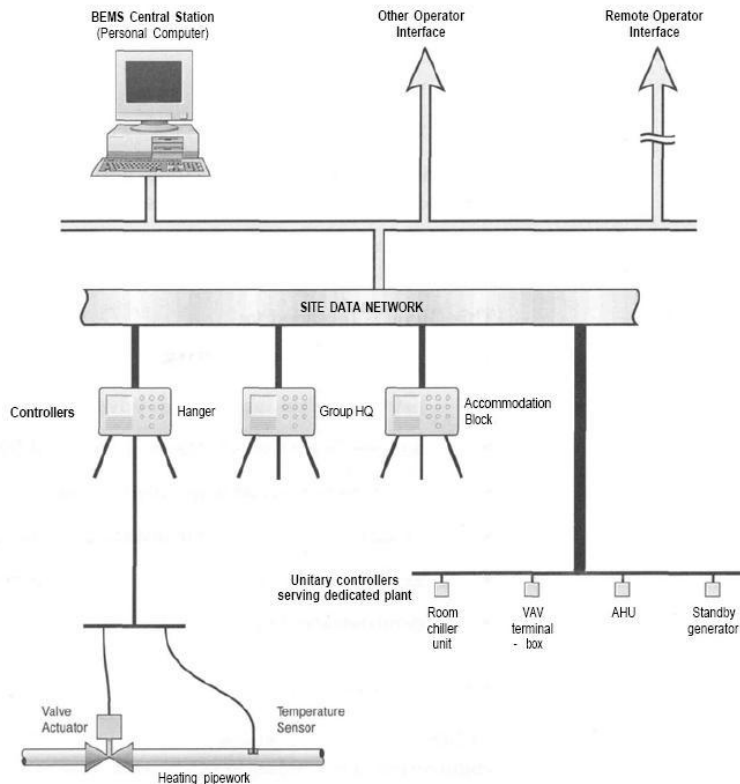
- ✓ Συστήματα σκίασης για τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας και του φυσικού φωτισμού
- ✓ Ανοίγματα στα παράθυρα προκειμένου να επιτευχθεί φυσικός αερισμός ή η χρήση μηχανικών συστημάτων αερισμού για τη ρύθμιση της φυσικής ροής του αέρα και μεταβολή του αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου επηρεάζοντας με αυτόν τον τρόπο τη θερμική άνεση και την εσωτερική ποιότητα του αέρα.
- ✓ Το ηλεκτρικό σύστημα φωτισμού
- ✓ Τα βοηθητικά συστήματα θέρμανσης/ ψύξης

Οι αλληλεπιδράσεις του χρήστη επιδρούν άμεσα στο σύστημα δίνοντας την αίσθηση στο χρήστη πως ελέγχει το δικό του περιβάλλον. Οι χρήστες ενός ηλεκτρικού συστήματος φωτισμού μπορούν να ανάψουν ή να κλείσουν τα φώτα ή ακόμα και να επιλέξουν το επίπεδο φωτισμού. Οι χρήστες του συστήματος θέρμανσης μπορεί να αλλάξουν το επίπεδο της θερμοκρασίας. Η ζήτηση αύξησης της θερμοκρασίας θα επικοινωνηθεί στο σύστημα θέρμανσης μέχρι η θερμοκρασία να φτάσει στο επιθυμητό σημείο.

Η συνδυαστική χρήση των συστημάτων ελέγχου γίνεται μέσω των ελεγκτών όπου έχουν προγραμματιστεί για συγκεκριμένες λειτουργίες. Στα κεντρικά συστήματα ελέγχου δίνεται προτεραιότητα στις μεθόδους παθητικής θέρμανσης και ψύξης με στόχο τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής διαχείρισης και την ταυτόχρονη κάλυψη των προτιμήσεων των ιδιοκτητών για συνθήκες άνεσης. Οι διαφορετικές μέθοδοι ελέγχου του εσωτερικού χώρου των κτηρίων διακρίνονται στις συμβατικές μεθόδους, τις υπολογιστικές μεθόδους και στα ευφυή συστήματα ελέγχου [39].

Τα κύρια στοιχεία ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης περιλαμβάνουν τον κεντρικό σταθμό ελέγχου (ουσιαστικά ένα scada που προγραμματίζεται για το συγκεκριμένο κτήριο), και τους απομακρυσμένους ελεγκτές που αποτελούν τους απομακρυσμένους σταθμούς, και ελέγχουν τα διάφορα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα και τις λειτουργίες του κτηρίου . Οι σταθμοί αυτοί μπορεί να λειτουργούν ανεξάρτητα ή μπορεί να ελέγχονται από τον κεντρικό σταθμό. Η σύνδεση μεταξύ των απομακρυσμένων σταθμών και του κέντρου ελέγχου γίνεται συνήθως μέσω του διαδικτύου ή μέσω κτηριακών πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Ο κεντρικός σταθμός ελέγχου επικοινωνεί με τα απομακρυσμένα κέντρα ή σταθμού (ΑΚΕ – απομακρυσμένα κέντρα ελέγχου) και ελέγχει τις διάφορες λειτουργίες τους ανάλογα με τις απαιτήσεις των χρηστών, δηλαδή ανάλογα με την ζήτηση [40].

Ένα σύστημα BEMS μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει τις λειτουργίες μέσα σε ένα κτήριο ή ταυτόχρονα σε πολλά κτήρια. Η μελέτη των συγκεκριμένων συστημάτων είναι σημαντικό να πραγματοποιείται στα αρχικά στάδια σχεδιασμού του κτηρίου παρά να προστίθενται σε ήδη υφιστάμενα κτήρια έτσι ώστε να είναι πιο αποτελεσματικός ο έλεγχος της λειτουργίας του και αποτελεσματικότερη η διαχείριση της ενέργειας.



**Σχήμα 3.1:** Τα κύρια στοιχεία ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης κτηρίου[40].

### 3.2 Δείκτες αξιολόγησης για τα κτήρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης γίνεται με τη χρήση διαφόρων δεικτών όπως είναι η καθαρή κατανάλωση ενέργειας, τα καθαρά ενεργειακά κόστη ή τις απώλειες σε διοξείδιο του άνθρακα [30].

Ένας δείκτης σχετικός με την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι ο υπολογισμός της Εκτιμώμενης Καθαρής Παραγόμενης Ενέργειας (Estimated Net Energy Produced, ENEP) ο οποίος ορίζεται ως η διαθέσιμη ενέργεια από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα μετά την αφαίρεση της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του κτηρίου στην ίδια χρονική περίοδο [41].

Ένας άλλος δείκτης που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης είναι ο Καθαρός λόγος Ενέργειας (Net Energy Ratio, NER) ο οποίος χρησιμοποιείται, κατά το σχεδιασμό του κτηρίου, για την ενίσχυση της λήψης των αποφάσεων σχετικά με τους χρησιμοποιούμενους μηχανισμούς ως προς τον κύκλο ζωής του κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης ή τις μηδενικές απώλειες διοξειδίου του άνθρακα [32].

Στα κτήρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης υπάρχει ένα πλήθος παραμέτρων οι οποίες δεν μπορούν να προσδιοριστούν από την αρχή και διαφέρουν ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και κυρίως εξαιτίας απρόβλεπτων δράσεων του χρήστη του κτηρίου οι οποίες επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση. Τέτοιες ενέργειες είναι η μη απαραίτητη χρήση του φωτισμού ή του συστήματος κλιματισμού, το άνοιγμα και το κλείσιμο των παραθύρων, η επίδραση των καιρικών συνθηκών στην θερμική συμπεριφορά του κτηρίου. Επίσης παράγοντες που δεν μπορούν να προβλεφθούν από την αρχή στα κτήρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι η πολύπλοκη αλληλεπίδραση των ενεργών και παθητικών εγκαταστημένων συστημάτων και η επίδρασή τους στην ενεργειακή απόδοση όπως επίσης και η διαθέσιμη ενέργεια σε σχέση με τις καιρικές συνθήκες όταν χρησιμοποιούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή ή η αιολική [42].

Όλοι οι προαναφερθέντες δείκτες υπολογίζονται με βάση την παραγόμενη ενέργεια χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι ενεργειακές απαιτήσεις σε τυπικές χειμωνιάτικες και καλοκαιρινές μέρες ή εβδομάδες και χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι αβεβαιότητες που αναφέρθηκαν. Οι δείκτες αυτοί είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι από άποψη εφικτότερης προσέγγισης αλλά όχι πολύ ικανοποιητικοί από την άποψη της πραγματικής απόδοσης κατά την διάρκεια της πραγματικής λειτουργίας. Κατά την πραγματική λειτουργία ενός κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης είναι επιθυμητή η μέτρηση της απόδοσης σε σχέση τόσο με τις ενεργειακές απαιτήσεις όσο και με την παραγόμενη ενέργεια αφού μπορεί να δώσει σημαντικά πλεονεκτήματα. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα είναι ότι η εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας δεν



υπερεκτιμάται / υπερδιαστασιολογείται προκειμένου να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου και οι απαιτήσεις για εσωτερική άνεση και άρα το κόστος επένδυσης είναι το πραγματικό που απαιτείται. Επιπλέον δίνεται η δυνατότητα για τη λήψη αποφάσεων που θα μεγιστοποιούν την παραγόμενη ενέργεια ενώ η πλεονάζουσα ενέργεια που παράγεται σε μια δεδομένη χρονική στιγμή μπορεί είτε να αποθηκευτεί για να καλύψει αυξανόμενη ζήτηση τη συγκεκριμένη περίοδο ή να απορριφθεί ξανά στο δίκτυο. Τέλος η θεώρηση των πραγματικών συνθηκών μπορεί να προβλέψει τις αντίξοες καιρικές συνθήκες σε ετήσια βάση και να οδηγήσει σε μέτρα αντιμετώπισης τέτοιων φαινομένων [42].

### **3.3 Κριτήρια επιλογής και εγκατάστασης συστημάτων διαχείρισης ενέργειας**

Η επιλογή των κατάλληλων συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης μπορεί να γίνει με διάφορα κριτήρια όπως των εγκατεστημένο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, τις απαιτήσεις της χρησιμοποιούμενης ενέργειας, το κόστος των συστημάτων, την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου ή την οπτική άνεση δηλαδή την αισθητική του κτηρίου.

Λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις σε ενέργεια στη βιβλιογραφία αναφέρονται διάφορα κριτήρια όπως:

- ✓ Τα φορτία θέρμανσης και ψύξης για τις δεδομένες συνθήκες των κτηρίων [43]
- ✓ Η κανονικοποιημένη ετήσια κατανάλωση ενέργειας όπως επίσης και η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης [44]
- ✓ Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας [44]
- ✓ Ο δείκτης κατανάλωσης ενέργειας και χρόνο  $u$  [45]
- ✓ Η εξοικονόμηση ενέργειας [46]

Κριτήριο επιλογής μπορεί να αφορά και στο γενικό περιβάλλον του κτηρίου όπως οι ετήσιες απώλειες σε αέρια του θερμοκηπίου που παράγονται από τις διάφορες λειτουργίες [44] ή η μείωση που ένα σύστημα ενεργειακής

διαχείρισης μπορεί να επιφέρει σε αυτά τα αέρια, τον κύκλο ζωής των διάφορων περιβαλλοντικών επιπτώσεων [47] και το χρησιμοποιούμενο νερό.

Με τον όρο ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος και άνεσης ορίζονται μια σειρά από υποκατηγορίες που αφορούν στη θερμική άνεση του κτηρίου, την οπτική άνεση, την εσωτερική ποιότητα του αέρα και την ακουστική άνεση. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στη θερμική άνεση των κτηρίων για την εξασφάλιση της οποίας λαμβάνονται υπόψη διεθνή πρότυπα όπως το ISO 7730. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για τη διασφάλιση της θερμικής άνεσης είναι η υγρή θερμοκρασία [43], η εσωτερική θερμοκρασία και η υγρασία του χώρου, οι ώρες που είναι μεγάλη ζέση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ή πολύ κρύο κατά τους χειμερινούς μήνες, η υπερθέρμανση [44], ο δείκτης ποσοστού μη ικανοποιημένων ατόμων [48] και ο δείκτης καλοκαιρινής θερμικής δυσφορίας που δείχνει το πλεόνασμα της μέσης θερμοκρασίας στη διάρκεια του καλοκαιριού [49].

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό και την επιλογή των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης στα κτήρια είναι η οπτική άνεση του κτηρίου η οποία διασφαλίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη διαθεσιμότητα του ημερήσιου φωτός, τον φωτισμό και την οπτική άνεση, το συντελεστή ημερήσιου φωτός και το δείκτη δυσφορίας στην αντανάκλαση που δείχνει τον ετήσιο βαθμό δυσφορίας που προκύπτει από την υπερβολική αντηλιά [44, 49].

Σημαντικό ρόλο στην επιλογή συστημάτων στα κτήρια έχει και η ποιότητα του εσωτερικού αέρα καθώς και η ακουστική άνεση στο κτήριο. Η ποιότητα του αέρα στο κτήριο διασφαλίζεται μέσω του δείκτη συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα, της μέγιστης αναλογίας της μέσης συγκέντρωσης ενός στοιχείου και της οριακής τιμής του μολυσματικού του ορίου και των ρυθμών εξαερισμού των κτηρίων [50, 51]. Η ακουστική άνεση από την άλλη πλευρά ελέγχεται μέσω του επιπέδου του θορύβου σε dB και του δείκτη ρυθμού θορύβου [44].

Σημαντικός παράγοντας για την επιλογή των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης είναι εκτός όλων των άλλων το κόστος. Οι παράγοντες του κόστους που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης είναι πρώτα και κύρια τα άμεσα κόστη και τα άμεσα κόστη επένδυσης [52]. Η οικονομική διάρκεια ζωής, τα ετήσια μέση κόστη συντήρησης, τα ετήσια τρέχοντα κόστη, η καθαρή παρούσα αξία του συστήματος ενεργειακής διαχείρισης, ο συντελεστής ενεργειακής απόδοσης, το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας, το κόστος του κύκλου ζωής και το κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας αποτελούν τους παράγοντες κόστους που υπολογίζονται κατά την εκτίμηση και την επιλογή των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης [53].

Η λειτουργικότητα ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης επηρεάζεται από την ευκολία της εφαρμογής του υπάρχοντος εξοπλισμού, της επίδρασης στις συνθήκες άνεσης, τις απαιτήσεις του χώρου, την προσαρμογή τους στις υπάρχουσες δομές του κτηρίου και τη χρηστικότητα τους [52, 54].

### **3.4 Πλεονεκτήματα συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης**

Τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης ενισχύουν τις τεχνικές και χρηματοοικονομικές δράσεις της συνολικής ενεργειακής διαχείρισης ενώ αυτοματοποιούν σημαντικά την παρακολούθηση και τους στόχους για αυτήν στα κτήρια. Τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης των συγκεκριμένων συστημάτων είναι [55]:

- ✓ Υπάρχουν πολλές και συχνές καταγεγραμμένες αναφορές ενεργειακής κατανάλωσης και ιστορικά στοιχεία για αξιολόγηση
- ✓ Όλες οι λειτουργίες των συστημάτων που ελέγχονται από τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης ελέγχονται κεντρικά δίνοντας τη δυνατότητα για άμεση επέμβαση στις λειτουργίες συντήρησης και την αποκατάσταση βλαβών.
- ✓ Τα δεδομένα που μετριοούνται μέσω των συγκεκριμένων συστημάτων είναι πλήρη και μπορούν να επεξεργαστούν ταυτόχρονα αν αυτό είναι απαραίτητο. Επιπλέον, τα συστήματα

ενεργειακής διαχείρισης παρέχουν τη δυνατότητα να αναλύονται αυτόματα τα ενεργειακά δεδομένα και να προβλέπεται η ενεργειακή ζήτηση. Τέλος δίνουν προτεραιότητα σε φορτία και βγάζουν άλλα εκτός σε περίπτωση μεγάλης ζήτησης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ**

#### **4.1 Προσδιορισμός του προβλήματος**

Όπως ήδη αναφέρθηκε μια από τις υψηλότερες καταναλώσεις ενέργειας ανήκει στα νοσοκομεία εξαιτίας των μεγάλων θερμικών απαιτήσεων που πρέπει να καλύψουν. Οι αυξημένες θερμικές ανάγκες προέρχονται κυρίως από την ανάγκη για θέρμανση χώρων που στα νοσοκομεία είναι ιδιαίτερα μεγάλοι, την συνεχή ζήτηση ζεστού νερού χρήσης και την ανάγκη κάλυψης των ενεργειακών αναγκών όπως ο κλιματισμός, ο φωτισμός, η λειτουργία των ιατρικών μηχανημάτων κλπ. Επιπλέον η ιδιομορφία των νοσοκομείων που απαιτεί λειτουργία 7 ημέρες την εβδομάδα επί εικοσιτέσσερις ώρες όλη τη διάρκεια του έτους καθώς και τα ειδικά επίπεδα άνεσης τα οποία απαιτούνται για την υγεία των ασθενών αποτελούν τους βασικούς παράγοντες για την υψηλή κατανάλωση ενέργειας [56].

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται η ενεργειακή κατανάλωση των νοσοκομείων και προτείνονται λύσεις για τη μετατροπή τους σε κτήριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης με σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

#### **4.2 Ενεργειακές Καταναλώσεις στα νοσοκομεία**

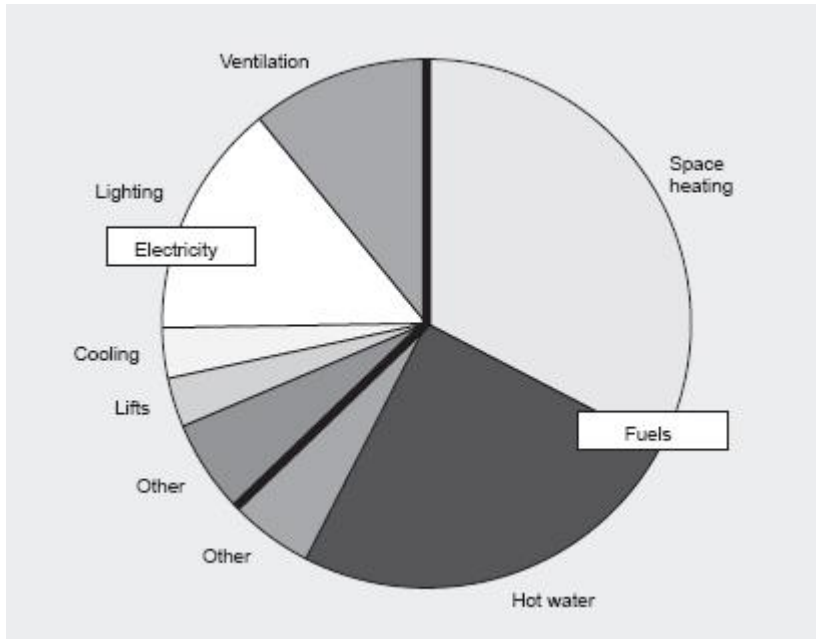
Τα νοσοκομεία είναι κτήρια τα οποία χρησιμοποιούνται για τη νοσηλεία και την ίαση ασθενών και για αυτό λειτουργούν 24 ώρες το 24ωρο κάθε μέρα όλο τον χρόνο. Συνήθως αποτελούνται από πολλά και διαφορετικά κτήρια και η απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο έλεγχος της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό τους για αυτό και στο εσωτερικό τους πραγματοποιείται μεγάλη κατανάλωση θερμικής ενέργειας.

Τα νοσοκομεία ως κτήρια αποτελούνται από διάφορους χώρους που εξυπηρετούν διάφορες ανάγκες αλλά επίσης μπορεί να αποτελούνται από διαφορετικά κτήρια. Κατά συνέπεια το σύστημα παραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας είναι ξεχωριστό και αποτελείται από τρία διαφορετικά μέρη[57]: την παραγωγή, την διανομή και τη χρήση της ενέργειας.

Γενικά στα νοσοκομεία τα ορυκτά καύσιμα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή θερμότητας και μερικές φορές για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Τα διάφορα τμήματα του νοσοκομείου εφοδιάζονται ανάλογα με τις ανάγκες τους [57].

Οι πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στα νοσοκομεία είναι τα καύσιμα, ο ηλεκτρισμός και η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Τα καύσιμα αποτελούν τη βασική πηγή ενέργειας για τη παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και ατμού. Συνήθως χρησιμοποιείται ως καύσιμο στους λέβητες αλλά και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιπτώσεις που απαιτούνται έκτακτα φορτία όπως για παράδειγμα στα χειρουργεία ή στις μονάδες εντατικής θεραπείας. Στα σύγχρονα νοσοκομεία η θέρμανση των χώρων γίνεται με φυσικό αέριο και στα παλαιότερα συχνά ο λέβητας πετρελαίου αντικαθίσταται όπου είναι εφικτό με καυστήρα φυσικού αερίου [58].

Ο ηλεκτρισμός αποτελεί την αποκλειστική πηγή ενέργειας για το φωτισμό των νοσοκομείων και προέρχεται κυρίως από τη ΔΕΗ. Ορισμένες φορές στα νοσοκομεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια για τη χρήση ζεστού νερού και τη θέρμανση χώρου αλλά και ως φυσικού φωτισμού προκειμένου να μειωθεί η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.



**Σχήμα 4.1:** Κατανομή της χρήσης ενέργειας σε ένα νοσοκομείο[57]

Όλα τα νοσοκομεία και τα κτήρια τους έχουν μοναδικό μέγεθος και σχεδιασμό τα οποία προσαρμόζονται στις ειδικές υπηρεσίες που προσφέρουν. Για το σχεδιασμό των τεχνικών τους στοιχείων λαμβάνονται υπόψη προδιαγραφές και οι ανάγκες λειτουργίας κάθε χώρου που το απαρτίζουν. Οι βασικές προδιαγραφές που απαρτίζουν τα τεχνικά στοιχεία ενός νοσοκομείου αφορούν στη θερμική μόνωση, στον αερισμό, στον ηλεκτρισμό, στη θερμοκρασία και στην υγρασία του εσωτερικού αέρα [59].

#### *Θερμική μόνωση:*

Οι θερμικές ιδιότητες του κτηρίου είναι ιδιαίτερης σημασίας με δεδομένο πως ένα νοσοκομείο θα πρέπει να διατηρεί στο εσωτερικό του ελάχιστη θερμοκρασία ίση με 21-22° C όλη τη διάρκεια του χρόνου και πρέπει να περιορίζεται σε μια μέγιστη θερμοκρασία ίση με 26° C τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι κανονισμοί των διαφόρων ευρωπαϊκών και όχι μόνο χωρών περιλαμβάνουν ρυθμίσεις που καθορίζουν τα μέγιστα επίπεδα του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας για το εσωτερικό των κτηρίων στο οποίο συμπεριλαμβάνονται οι τοίχοι, τα παράθυρα και η οροφή του κτηρίου [59].

### Αερισμός:

Στα νοσοκομεία ο ρυθμός αερισμού δεν καθορίζεται μόνο από την περίσσεια θερμικών φορτίων αλλά και από τις συνθήκες υγιεινής που πρέπει να επικρατούν. Ο εσωτερικός αέρας στα νοσοκομεία θα πρέπει να ανανεώνεται μιας και καταναλώνεται από πλήθος κόσμου έτσι ώστε να περιορίζεται η δυνατότητα μετάδοσης μικροβίων.

Τα επίπεδα αερισμού κυμαίνονται στα 35-140m<sup>3</sup> ανά άτομο και ανά ώρα και συσχετίζονται άμεσα με τη χρήση του χώρου. Διαφορετικές ανάγκες αερισμού έχει η αίθουσα αναμονής των ασθενών από την αίθουσα ενός χειρουργείου. Στα τελευταία οι ανάγκες αερισμού είναι μεγαλύτερες και φτάνουν στα 30-55m<sup>3</sup> ανά τετραγωνικό μέτρο και ανά ώρα [59].

Όσον αφορά στο φωτισμό το ιδανικό είναι να αξιοποιείται πλήρως ο φυσικός φωτισμός και για αυτό σε ένα νοσοκομείο οι χώροι που σχετίζονται με τους ασθενείς σχεδιάζονται έτσι ώστε να διαθέτουν μεγάλα παράθυρα, το μέγεθος ο προσανατολισμός και η θέση τους στα δωμάτια θα πρέπει να παρέχουν ικανοποιητικό φωτισμό και να δίνουν στον ασθενή το αίσθημα της επαφής τους με τον έξω κόσμο που αποτελεί βασικό ψυχολογικό παράγοντα για αυτούς. Βέβαια η χρήση των μεγάλων παραθύρων μπορεί να επιφέρει και εκτυφλωτικό φώς και υπερθέρμανση τα οποία αν δεν αποφευχτούν έχουν ως αποτέλεσμα τη μη άνεση των ασθενών και αυξάνουν τις ανάγκες για ψύξη.

Τα επίπεδα άνεσης των ασθενών απαιτούν η εσωτερική θερμοκρασία στα νοσοκομεία να είναι από 1 έως 4° C υψηλότερη σε σχέση με τα άλλα κτήρια. Η τυπική θερμοκρασία είναι 22° C ενώ στους θερμούς μήνες δεν επιτρέπεται από τους κανονισμούς να ξεπερνάει τους 26°C.

Τέλος βασικός παράγοντας που επιδρά στην ενεργειακή απόδοση του νοσοκομείου και λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό του κτηρίου είναι η υγρασία του εσωτερικού αέρα. Η ατμόσφαιρα στο εσωτερικό του νοσοκομείου δεν πρέπει να είναι ιδιαίτερα ξηρή αλλά ούτε πρέπει να έχει μεγάλα επίπεδα



υγρασίας. Τα επίπεδα άνεσης καλύπτουν σχετικές υγρασίες της τάξης του 33-70% σε φυσιολογικές για τα νοσοκομεία συνθήκες θερμοκρασίας [59].

#### **4.2.1 Ηλεκτρική κατανάλωση στα νοσοκομεία**

Όπως ήδη αναφέρθηκε τα νοσοκομεία αποτελούν το μεγαλύτερο καταναλωτή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τα υπόλοιπα δημόσια κτήρια. Η ηλεκτρική κατανάλωση στα νοσοκομεία αποτελείται από επιμέρους ηλεκτρικές καταναλώσεις που αφορούν στο φωτισμό, τους ανελκυστήρες τους ρευματοδότες, στα πλυντήρια ρούχων, στις κουζίνες στον ιατρικό εξοπλισμό και στον κλιματισμό και στον αερισμό.

Ο φωτισμός στα νοσοκομεία αποτελεί την κύρια πηγή κατανάλωσης ενέργειας. Οι απαιτήσεις για φωτισμό στα νοσοκομεία ποικίλουν ανάλογα με τη δραστηριότητα την ώρα της ημέρας και το επίπεδο πληρότητας του χώρου [60]. Ο φωτισμός αποτελεί το 30-50% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης σε ένα νοσοκομείο [60].

Η ποιότητα του φωτισμού καθώς και η ενεργειακή του απόδοση εξαρτώνται από τη χρήση του καθώς και από την απόδοση των χρησιμοποιούμενων λαμπτήρων. Οι χώροι στους οποίους ο φωτισμός σε ένα νοσοκομείο είναι επιβεβλημένος είναι τα δωμάτια των ασθενών, οι χώροι αναμονής και οι χώροι συνάθροισης κλπ [61].

Στην Ελλάδα ο φωτισμός στα νοσοκομεία αποτελεί το 17% της ηλεκτρικής εγκατεστημένης ισχύος και η μέση τάξη ενεργειακής κατανάλωσης για φωτισμό στα νοσοκομεία της Ελλάδος είναι της τάξης των 35 έως 52.1kWh/m<sup>2</sup> [62]. Αξίζει να σημειωθεί πως η ενεργειακή κατανάλωση για φωτισμό στα ελληνικά νοσοκομεία διαφοροποιείται ανάλογα με το έτος κτήσης των νοσοκομείων με αποτέλεσμα για τα νοσοκομεία που έχουν κτιστεί από το 1981 μέχρι το 2001 η ενεργειακή κατανάλωση για φωτισμό να είναι ίση με 40kWh/m<sup>2</sup> ενώ για τα νοσοκομεία που χτίστηκαν μετά το 2001 η ενεργειακή κατανάλωση ανέρχεται στα 45kWh/m<sup>2</sup>.

Οι ανελκυστήρες που υπάρχουν στα ελληνικά νοσοκομεία διακρίνονται σε υδραυλικούς και ηλεκτροκίνητους. Οι ανελκυστήρες στα νοσοκομεία είναι περισσότεροι από ένας και εξυπηρετούν διάφορους στόχους όπως τη μεταφορά ασθενών, φορέων λινών φαγητών κτλ. Το μέγεθος και ο σχεδιασμός τους γίνεται ανάλογα με τη χρήση του και κατά συνέπεια το μεταφερόμενο φορτίο. Οι κινητήρες των ανελκυστήρων μπορεί να αποτελούν το 10% της ηλεκτρικής κατανάλωσης [60]. Στα μεγάλα νοσοκομεία οι ανελκυστήρες λειτουργούν όλο το 24ωρο.

Οι εγκαταστάσεις των πλυντηρίων στα νοσοκομεία αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα θερμικά και ηλεκτρικά φορτία στα νοσοκομεία στα οποία γίνεται και η μεγαλύτερη κατανάλωση νερού [63]. Συνήθως στα νοσοκομεία υπάρχουν μεγάλες εγκαταστάσεις πλυντηρίων, στεγνωτηρίων και μηχανών σιδερώματος. Η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από τον τύπο της συσκευής και τον κατασκευαστή τους.

Σημαντικός καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά νοσοκομεία είναι και οι κουζίνες στις οποίες παρασκευάζεται το φαγητό των ασθενών και του προσωπικού [64]. Ο εξοπλισμός στις κουζίνες των νοσοκομείων συνήθως λειτουργεί με τη χρήση ατμού ή ηλεκτρισμού και η ενεργειακή κατανάλωση είναι αποτέλεσμα των διαφόρων μεγεθών και ειδών των χρησιμοποιούμενων κουζινών.

Άλλη πηγή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα νοσοκομεία είναι ο ιατρικός εξοπλισμός στον οποίο περιλαμβάνονται όλα τα μηχανήματα σύγχρονης τεχνολογίας τα οποία λειτουργούν συνήθως όλο το 24 ωρο. Τα μηχανήματα αυτά δεν μπορούν να καταταχθούν με βάση την ηλεκτρική τους κατανάλωση αφού αυτή δεν είναι εύκολο να υπολογιστεί εξαιτίας της ποικιλίας του εξοπλισμού και την κατανομή της χρήσης του [58].

Σημαντικό φορτίο ηλεκτρικής ενέργειας φέρει και ο κλιματισμός του νοσοκομείου. Με την έννοια του κλιματισμού εννοείται στα νοσοκομεία η διατήρηση των κατάλληλων επιπέδων θερμοκρασίας και υγρασίας στο εσωτερικό του. Ο σωστός κλιματισμός και αερισμός αποτελεί για τα

νοσοκομεία μέρος της θεραπείας των ασθενών όπως επίσης αποτελεί και μέσο για τη διατήρηση αποστειρωμένης ατμόσφαιρας όπου είναι απαραίτητο όπως για παράδειγμα στα χειρουργεία [65].

Ο κλιματισμός στα νοσοκομεία διαφοροποιείται σε σχέση με τον κλιματισμό στα άλλα είδη κτηρίων εξαιτίας ιδιαιτεροτήτων του χώρου. Οι ιδιαιτερότητες αυτές είναι [66]:

- ✓ Προκειμένου να αποφεύγεται η μετάδοση μικροβίων στα νοσοκομεία δεν πρέπει να γίνεται μετακίνηση μαζών αέρα από το ένα τμήμα στο άλλο.
- ✓ Ο αέρας στο εσωτερικό του νοσοκομείου θα πρέπει να είναι φιλτραρισμένος έτσι ώστε να μην υπάρχουν επιβλαβή αέρια και μικροσωματίδια σε αυτόν
- ✓ Η θερμοκρασία και η υγρασία πρέπει να είναι στα επιτρεπτά όρια για κάθε τμήμα του νοσοκομείου

Η θερμοκρασία και η υγρασία κάθε χώρου του νοσοκομείου μαζί με τα χαρακτηριστικά του κτηρίου είναι οι παράγοντες που καθορίζουν το φορτίο ψύξης ενός νοσοκομείου. Για αυτό και το κάθε νοσοκομείο χωρίζεται σε επιμέρους ζώνες που καθορίζονται από τις απαιτήσεις κλιματισμού [66].

### **4.2.3 Η θερμική κατανάλωση στα νοσοκομεία**

Τα θερμικά φορτία που καλύπτουν τις θερμικές απαιτήσεις των κτηρίων των νοσοκομείων είναι το θερμικό φορτίο των πλυντηρίων, τα θερμικά φορτία της κουζίνας, το θερμικό φορτίο που χρησιμοποιείται για την αποστείρωση για το θερμό νερό χρήσης θέρμανσης και ύγρανσης [59].

Το σημαντικότερο θερμικό φορτίο στα νοσοκομεία αποτελούν τα πλυντήρια των οποίων η κατανάλωση θερμικής ενέργειας εξαρτάται όπως και στην περίπτωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τον κατασκευαστή του πλυντηρίου και τα χαρακτηριστικά του. Γενικά η κατανάλωση της θερμικής ενέργειας στα πλυντήρια των νοσοκομείων κυμαίνεται από 2.02 έως 2.89kWh [59].

Σημαντική ποσότητα θερμικής ενέργειας καταναλώνουν και οι κουζίνες των νοσοκομείων οι οποίες διαφέρουν από τις κουζίνες εστιατορίων ξενοδοχείων κλπ εξαιτίας της διαφορετικής λειτουργίας και φόρτου εργασίας τους μεταξύ πρωινού μεσημεριανού και βραδυνού καθώς και μεταξύ των εποχών. Συγκεκριμένα στα νοσοκομεία η προετοιμασία των γευμάτων παρουσιάζει ομοιομορφία και δεν υπάρχουν διακυμάνσεις [67].

Ο κίνδυνος στα νοσοκομεία για μετάδοση μικροβίων αντιμετωπίζεται μέσω αυστηρών προδιαγραφών σχετικά με την αποστείρωση η οποία καλύπτει ένα μικρό ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του νοσοκομείου. Η αποστείρωση πραγματοποιείται με τη βοήθεια κλιβάνων ατμού οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην αποστείρωση ιματισμού και υλικών στα χειρουργεία και στα άλλα τμήματα του νοσοκομείου [68].

Σε κάθε τμήμα του νοσοκομείου επίσης είναι απαραίτητο το ζεστό νερό χρήσης το οποίο μπορεί και να μην είναι πόσιμο αλλά πρέπει να διατηρεί τους κανόνες υγιεινής δεδομένου ότι θα χρησιμοποιηθεί για πλύση. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να μην περιέχει χημικά πρόσθετα και να αποφεύγονται φαινόμενα καθαλάτωσης ενώ η θερμοκρασία αποθήκευσής του διατηρείται στους 55° C [69].

Η θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης κυμαίνεται στους 45° C εκτός από συγκεκριμένους χώρους του νοσοκομείου όπως το ανατομείο για τους οποίους το ζεστό νερό χρήσης πρέπει να φτάνει στους 65° C. Συνήθως η ζήτηση του ζεστού νερού χρήσης καλύπτεται με δύο ατμολέβητες με πίεση μεγαλύτερη από 1atm και η μέση κατανάλωση ενέργειας είναι από 105 έως 135kWh/m<sup>2</sup> [67].

Η ποιότητα του αέρα στα νοσοκομεία επιπλέον δεν πρέπει να είναι ούτε αφυδατωμένος ούτε με μεγάλη υγρασία. Η υγρασία που θεωρείται κατάλληλη στους χώρους του νοσοκομείου είναι από 40 έως 70% και ο αέρας πρέπει να είναι ανανεώσιμος [59].

Στα ελληνικά νοσοκομεία η μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση είναι από 90 έως 145kWh/m<sup>2</sup> και εξαρτάται από τη θερμική ζώνη στην οποία βρίσκεται τοποθετημένο το νοσοκομείο και την χρονολογία κατασκευής του [67].

### **4.3 Μέτρα αντιμετώπισης**

Στα ήδη υπάρχοντα κτήρια νοσοκομείων μπορούν να εφαρμοστούν διάφορα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας προκειμένου να μετατραπούν σε κτήρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Τα μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν είναι εξωτερικά σκίαστρα, η χρήση φωτοβολταϊκών, γεωθερμικής αντλίας και αρχές βιοκλιματικού κλιματισμού. Οι τεχνολογίες που μπορεί να εφαρμοστούν παρουσιάζονται λεπτομερώς στη συνέχεια.

#### **4.3.1 Γεωθερμική αντλία θερμότητας**

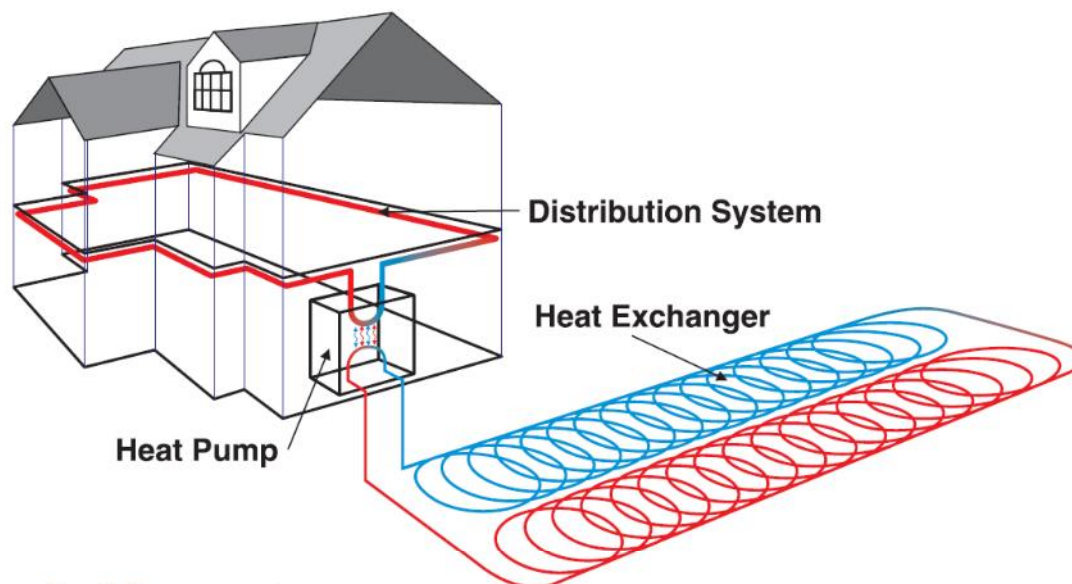
Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας αποτελούν ανανεώσιμα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία θεωρείται πως μπορούν να βοηθήσουν σημαντικά στην απεξάρτηση ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια [70].

Τα συγκεκριμένα συστήματα χρησιμοποιούν τη θερμοκρασία του εδάφους που σε γενικές γραμμές παραμένει σταθερή ως μέσο ανταλλαγής αντί για την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος που χρησιμοποιούν οι αντλίες θερμότητας αέρα [71].

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας συνήθως αποτελούνται από τρία στοιχεία [72]: τον εναλλάκτη θερμότητας που αποτελεί τον επίγειο βρόγχο του συστήματος, την αντλία θερμότητας (μονάδα συμπίκνωσης) και ένα σύστημα διανομής όπως αεραγωγοί ή υποδαπέδιες σωληνώσεις.

Ο εναλλάκτης θερμότητας αποτελεί ένα δίκτυο σωληνώσεων που τοποθετούνται υπόγεια και χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά θερμότητας από το έδαφος στην αντλία θερμότητας. Η αντλία θερμότητας συγκεντρώνει τη θερμότητα στη μονάδα συμπίκνωσης. Το χειμώνα η θερμότητα αυτή

μπορεί να μεταφερθεί μέσω των αεραγωγών ή των επιδαπέδιων σωληνώσεων για τη θέρμανση του νοσοκομείου ενώ το καλοκαίρι η διαδικασία αντιστρέφεται για τη ψύξη του.



**Σχήμα 4.2:** Τα τρία στοιχεία της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας [72]

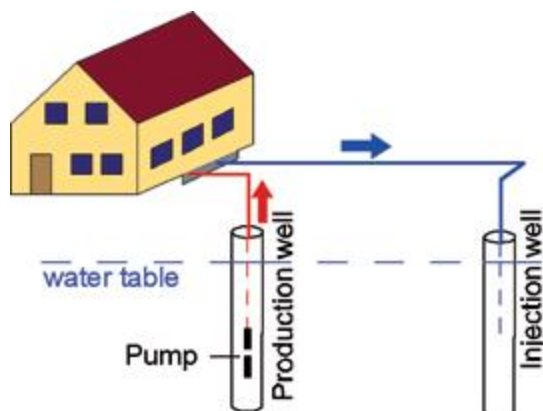
Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η γεωλογία και η υδρολογία του υπεδάφους, η επιφάνεια και η χρήση της επιφάνειας εγκατάστασης η ύπαρξη πηγών θερμότητας καθώς και τα χαρακτηριστικά ψύξης και θέρμανσης του κτηρίου του νοσοκομείου [73]. Στη φάση σχεδιασμού των συγκεκριμένων συστημάτων απαιτούνται πιο λεπτομερή δεδομένα έτσι ώστε η διαστασιολόγηση του συστήματος να μπορεί να αποδώσει τη βέλτιστη απόδοση με το ελάχιστο κόστος.

Οι βασικοί τύποι των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι:

#### *Ανοικτά συστήματα:*

Τα ανοικτού τύπου συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας χαρακτηρίζονται από το γεγονός πως ο κύριος φορέας θερμότητας που είναι το νερό στο έδαφος ρέει ελεύθερα στο υπέδαφος και δρα ταυτόχρονα ως πηγή θερμότητας και ως μέσο ανταλλαγής θερμότητας στο στερεό έδαφος.

Από τεχνικής άποψη τα συγκεκριμένα συστήματα αποτελούνται από δύο υπόγεια φρεάτια τα οποία εξάγουν ή εκχύουν νερό στα υπόγεια στρώματα του εδάφους.



**Σχήμα 4.3α:** Ανοικτού τύπου γεωθερμική αντλία θερμότητας [73]

Τα συστήματα ανοικτού τύπου δίνουν τη δυνατότητα αξιοποίησης δυναμικών πηγών θερμότητας σε συγκριτικά μικρό κόστος. Από την άλλη τα υπόγεια φρεάτια απαιτούν μικρή συντήρηση. Γενικά τα συγκεκριμένα συστήματα είναι ιδανικά για μεγάλες εγκαταστάσεις όπως για παράδειγμα είναι τα νοσοκομεία.

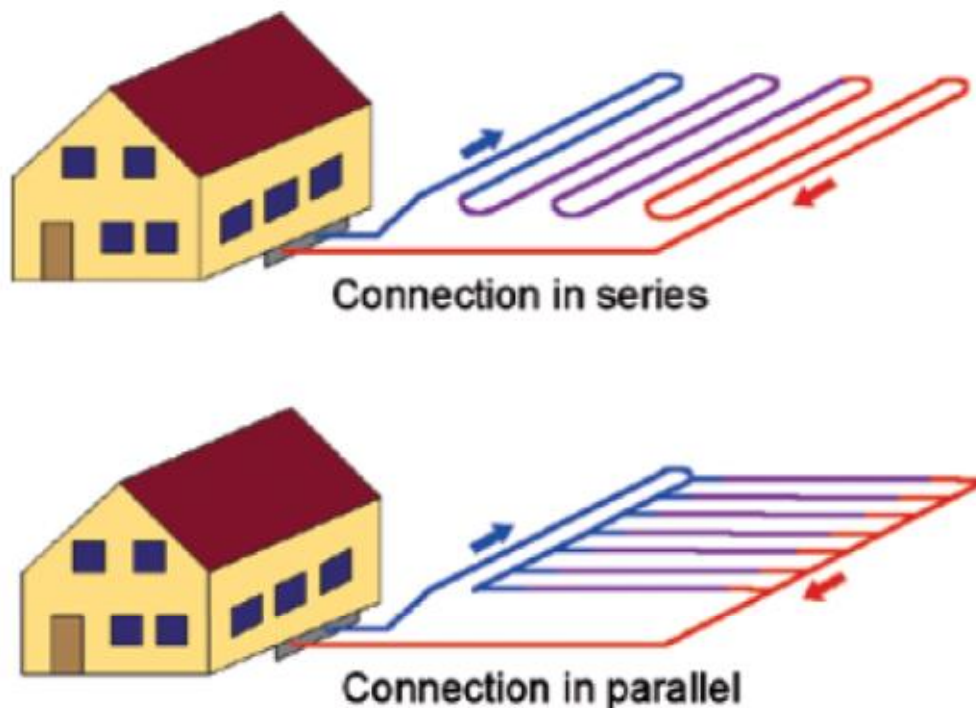
#### *Κλειστά συστήματα*

Τα κλειστά συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας διακρίνονται σε οριζόντια, κάθετα και συνδυαστικά με επίγεια κυκλώματα.

Τα οριζόντια κλειστά συστήματα μπορούν εύκολα να εγκατασταθούν με έναν οριζόντιο εναλλάκτη θερμότητας. Εξαιτίας περιορισμών που μπορεί να υπάρχουν στην περιοχή εγκατάστασης οι ξεχωριστοί σωλήνες που απαιτείται να εγκατασταθούν μπορεί να συνδέονται είτε σε σειρά είτε παράλληλα. Συνήθως για να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη εγκατάσταση μετακινείται το άνω επίπεδο πλήρως τοποθετούνται οι σωληνώσεις και το έδαφος ξανατοποθετείται πάνω από τους σωλήνες.

Η χρήση επίγειων συλλεκτών θερμότητας μπορεί να οδηγήσει στην εξοικονόμηση επιφάνειας όταν αντί για τους συμβατικούς εναλλάκτες

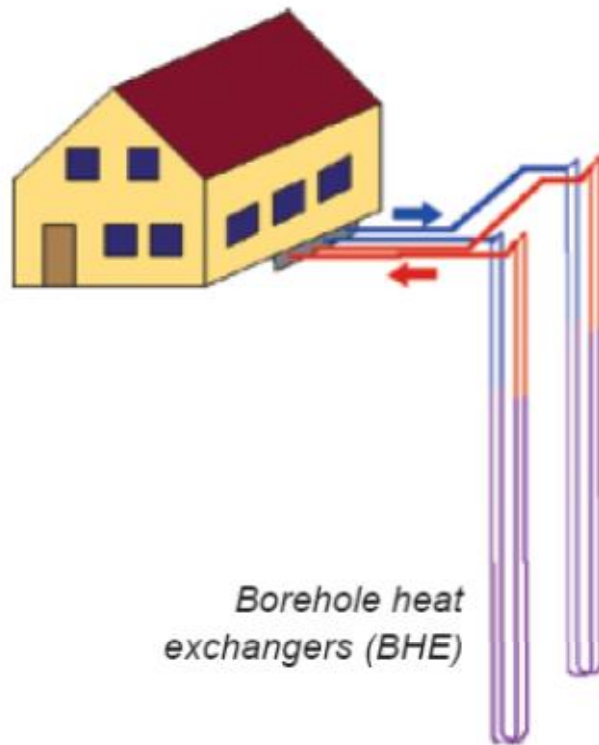
θερμότητας χρησιμοποιηθούν ειδικοί επίγειοι εναλλάκτες [73]. Οι συγκεκριμένοι συλλέκτες χρησιμοποιούν τον ίδιο όγκο σε μικρότερη επιφάνεια και μπορεί να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για τη θέρμανση ή ψύξη των κτηρίων.



**Σχήμα 4.3β:** Οριζόντιοι επίγειοι εναλλάκτες θερμότητας [73]

Στα κάθετα συστήματα έχει αποδειχθεί ότι η θερμοκρασία σε ένα ορισμένο βάθος του εδάφους το οποίο αντιστοιχεί στα 15-20m παραμένει σταθερή όλο το χρόνο. Αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός πως συνήθως απαιτείται η εγκατάσταση μιας αντλίας με ικανοποιητικό ρυθμό ανταλλαγής θερμότητας καθιστά τα συγκεκριμένα συστήματα πιο προσιτά [73].





**Σχήμα 4.4:** Κάθετοι συστήματα γεωθερμικών αντλιών [73]

Οι συνηθέστεροι τύποι εναλλακτών που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές αυτές είναι οι σωλήνες τύπου U και οι ομοαξονικοί σωλήνες. Τα συγκεκριμένα συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν από τα πολύ μικρά κτήρια έως τα πολύ μεγάλα κτήρια τα οποία απαιτούν και μεγάλες περιοχές εγκατάστασης εναλλακτών θερμότητας. Η θερμική πηγή για την ανάκτηση της θερμότητας των κυλινδρικών εναλλακτών θερμότητας είναι η ηλιακή θερμότητα στο πάνω μέρος τους και η γεωθερμική ροή θερμότητας στο χαμηλότερο μέρος τους η οποία επηρεάζεται από τη ροή του υπόγειου νερού. Η επίδραση αυτή του υπόγειου νερού συνήθως είναι μικρή και η κύρια παράμετρος παραμένει η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους [73].

*Κυκλώματα ζεύξης με το έδαφος κλειστών συστημάτων*  
Η οριζόντια γεωθερμική αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και επεκταμένη. Σε αυτήν την περίπτωση το ρευστό λειτουργίας της αντλίας θερμότητας ανακυκλοφορεί μέσω των υπόγειων σωλήνων θερμότητας. Το

πλεονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι η καλύτερη απόδοση δεδομένου ότι παραλείπεται το στάδιο του εναλλάκτη θερμότητας.

#### **4.3.1.1 Κόστος των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας**

Η εφαρμογή των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας μπορεί να γίνει σε δύο ειδών νοσοκομεία [74]:

- ✓ Στα μεμονωμένα κτήρια των νοσοκομείων: οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας θεωρούνται κατάλληλες για εγκατάσταση είτε στο στάδιο κατασκευής του κτηρίου είτε στο στάδιο ανακαίνισής τους και θεωρείται ιδανική λύση όταν η ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση ή ψύξη ή η χρήση του φυσικού αερίου έχει μεγάλο κόστος.
- ✓ Σε νοσοκομεία στα οποία υπάρχουν εφαρμογές τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης. Στα κτήρια αυτά απαιτούνται μεγαλύτερου μεγέθους γεωθερμικές αντλίες για την εξυπηρέτηση περισσότερων κτηρίων και οι οποίες πρέπει να καλύπτουν μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών.

Οι γεωθερμικές αντλίες μπορούν να εφαρμοστούν σε μεγάλο εύρος κλιματικών και γεωγραφικών ζωνών της Ελλάδας και επιπλέον, θα πρέπει η εγκατάστασή τους να πετυχαίνει μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας έτσι ώστε επιτυγχάνεται απόσβεση το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης. Η εξοικονόμηση ενέργειας με αυτά τα συστήματα είναι συνάρτηση των απαιτούμενων φορτίων ψύξης- θέρμανσης όπως επίσης και της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου [74].

Το κόστος του κεφαλαίου που απαιτείται για τα συγκεκριμένα συστήματα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του κτηρίου και τα φορτία θέρμανσης και ψύξης που αυτό απαιτεί όπως επίσης και τον μηχανισμό που τα φορτία αυτά πρέπει να καλύψουν καθώς επίσης και από τους γεωθερμικούς πόρους που διαθέτει η περιοχή εγκατάστασης του νοσοκομείου. Έτσι για παράδειγμα για ένα νοσοκομείο στο κέντρο της Αθήνας ακόμα και αν η γεωθερμική αντλία

φαντάζει ελκυστική επιλογή δεν μπορεί να εφαρμοστεί εξαιτίας του φτωχού εδάφους.

Για τα δημόσια κτήρια όπως είναι τα νοσοκομεία ένα σύστημα γεωθερμικής αντλίας μπορεί να αποτελεί τη φθηνότερη επιλογή σε κάποιες περιπτώσεις ενώ σε κάποιες άλλες μπορεί να έχει το μικρότερο κύκλο ζωής από άποψη κόστους. Γενικά για την επιλογή της γεωθερμικής αντλίας ως μέσο εξοικονόμησης ενέργειας υπάρχουν οι ακόλουθοι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη [74]:

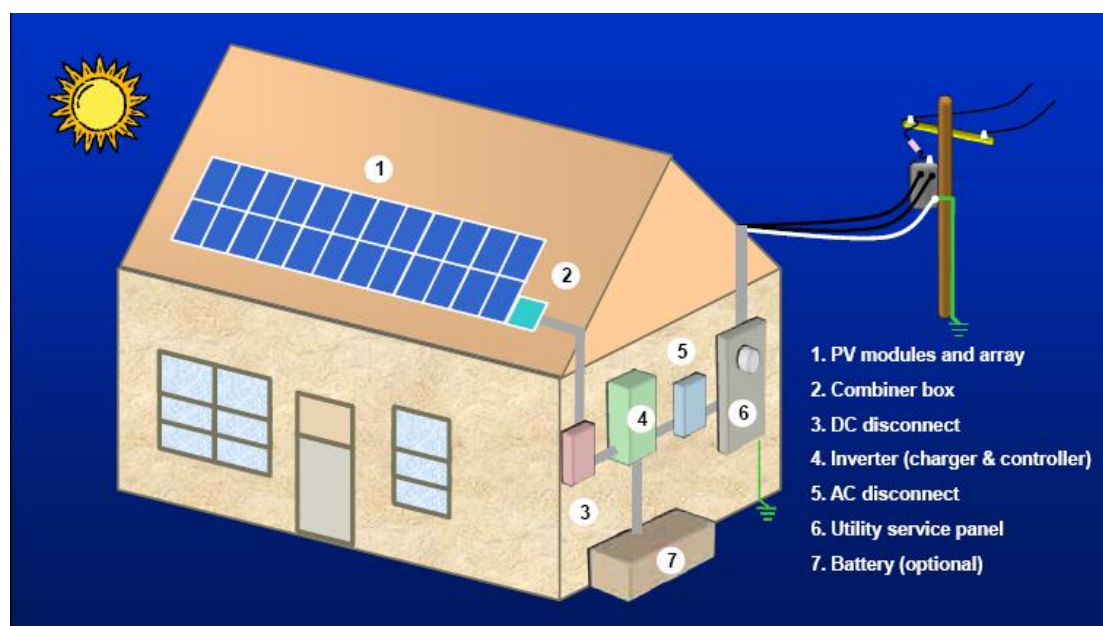
- ✓ Τα φορτία ψύξης και θέρμανσης: Γενικά οι πιο προσιτές εφαρμογές για τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι τα κτήρια που πρέπει να διατηρούν προσιτά επίπεδα άνεσης 20-24° C για περίπου 40 ώρες την εβδομάδα. Εξαιτίας του μεγάλου κόστους εγκατάστασης τους συνδυάζονται με μεγάλα φορτία θέρμανσης το χειμώνα και μεγάλα ψυκτικά φορτία το καλοκαίρι.
- ✓ Τα συγκεκριμένα συστήματα εξοικονομούν ενέργεια στην περίπτωση που αντικαθιστούν παλιότερα και λιγότερο αποδοτικά συστήματα θέρμανσης.
- ✓ Ικανότητα χρήσης της αποβαλλόμενης θερμότητας: η δυνατότητα χρήσης της αποβαλλόμενης θερμότητας που παράγεται από τις διάφορες δραστηριότητες του νοσοκομείου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή στο νοσοκομείο ζεστού νερού χρήσης με μηδαμινό κόστος κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.
- ✓ Τα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας γενικά παρουσιάζουν μικρότερο κόστος συντήρησης σε σχέση με τα συμβατικά μέσα θέρμανσης ψύξης.

#### **4.3.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα**

Τα φωτοβολταϊκά αποτελούν διατάξεις που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική μέσω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο ορίζεται ως το φαινόμενο εκείνο

κατά το οποίο μια μεταλλική επιφάνεια ελευθερώνει ηλεκτρόνια στο περιβάλλον όταν πάνω της προσπίπτει φως [75].

Τα κύρια στοιχεία ενός συστήματος φωτοβολταϊκών είναι τα πλαίσια τα οποία παράγουν συνεχές ρεύμα όταν εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, οι συσκευές διατήρησης ισχύος και οι συσκευές αποθήκευσης ενέργειας. Ως συσκευές διατήρησης της ισχύος μπορεί να θεωρηθούν οι αντιστροφείς (inverters), οι φορτιστές και οι ελεγκτές φορτίων ενώ στις συσκευές αποθήκευσης περιλαμβάνονται κυρίως οι μπαταρίες.

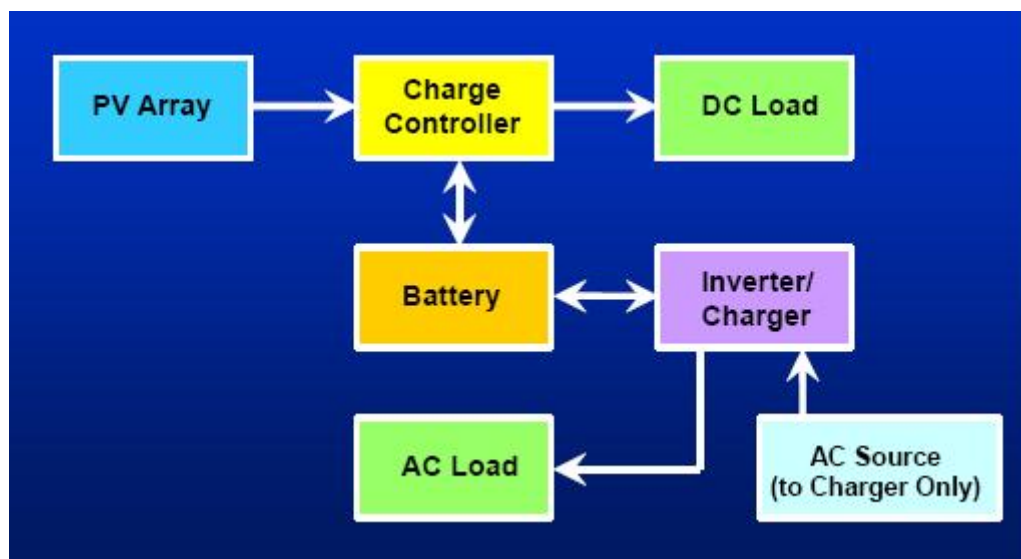


**Σχήμα 4.5:** Σύστημα φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε κτήριο [76]

Τα συνηθισμένα βοηθητικά συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι οι αγωγοί και τα καλώδια σύνδεσης των συστημάτων, αγωγούς, συνδέσεις και συνδυαστικά κουτιά, διακόπτες αποσύνδεσης ασφαλείας, συσκευές γείωσης καθώς και τα στηρίγματα των πλαισίων και τα δομικά στοιχεία του συστήματος [76].

Τα είδη των φωτοβολταϊκών συστημάτων ταξινομούνται ανάλογα με το σχεδιασμό της λειτουργίας τους και τη σύνδεση τους με το δίκτυο του ηλεκτρικού δικτύου και άλλων πηγών. Τα ιδιαίτερα στοιχεία που χρειάζονται εξαρτώνται από το είδος του συστήματος και τις λειτουργικές του παραμέτρους σε αυτόνομα ή διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα [76].

Τα αυτόνομα συστήματα λειτουργούν ανεξάρτητα με τα άλλα ηλεκτρικά συστήματα και συνήθως χρησιμοποιούνται για απομακρυσμένες εφαρμογές παραγωγής ισχύος ή εφαρμογές αποθήκευσης συμπεριλαμβανομένου του φωτισμού, της άντλησης νερού, των συσκευών μεταφοράς επικοινωνίας και πολλές άλλες εφαρμογές. Τα συγκεκριμένα συστήματα μπορούν να παράγουν συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα και κατά πλειοψηφία χρησιμοποιούν μπαταρίες για την αποθήκευση της ενέργειας [76].



**Σχήμα 4.6:** Μεμονωμένο σύστημα φωτοβολταϊκών [76]

Τα διασυνδεδεμένα συστήματα λειτουργούν σε παράλληλη σύνδεση και μπορούν να διασυνδεθούν και να συγχρονιστούν με το ηλεκτρικό δίκτυο. Όταν συνδέονται στα τοπικά συστήματα διανομής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εφαρμογές στα κτήρια. Το εναλλασσόμενο σύστημα που παράγεται από αυτά τα συστήματα είτε εφαρμόζεται σε πλευρικά ηλεκτρικά φορτία ή επανατροφοδοτούνται στο δίκτυο όταν η απόδοση του φωτοβολταϊκού είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη [76].

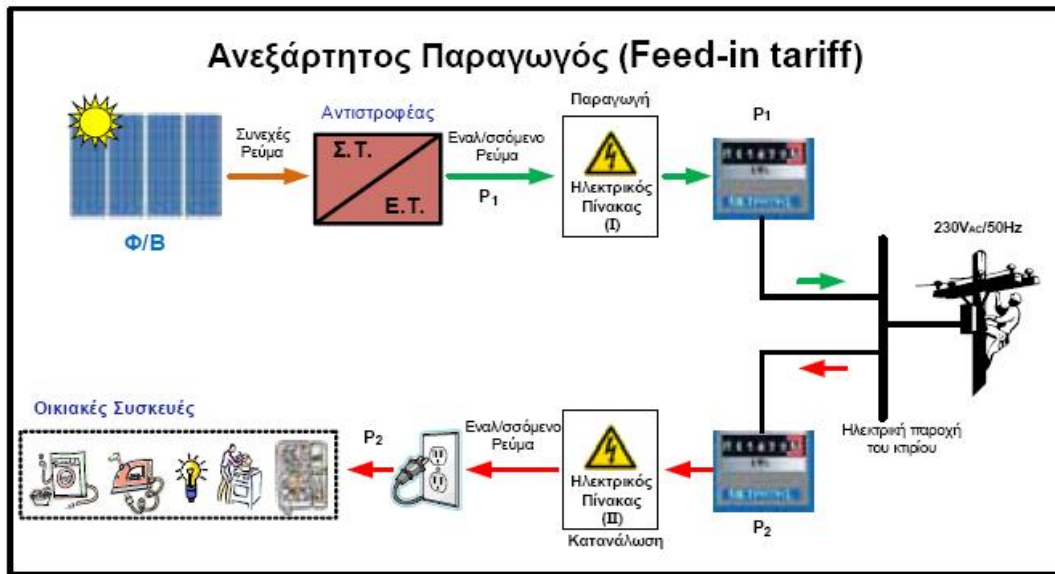
Κάθε διασυνδεδεμένο κτηριακό φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να αναλυθεί σε δύο στοιχεία: τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και τον ηλεκτρονικό μετατροπέα[77]. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια χρησιμοποιούνται για την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενώ ο ηλεκτρονικός μετατροπέας προσαρμόζει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στις

προδιαγραφές του δικτύου χαμηλής τάσης. Ανάλογα με την μέγιστη ισχύ που απαιτείται για το κτήριο καθορίζεται ο αριθμός των πλαισίων που θα χρησιμοποιηθούν. Παράλληλα το είδος και τα χαρακτηριστικά των μετατροπέων που θα χρησιμοποιηθούν καθορίζεται από το αν τα πλαίσια συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα.

Παράλληλη σύνδεση θεωρείται η σύνδεση των  $N$  όμοιων φωτοβολταϊκών στοιχείων που έχει την ίδια τάση ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης της συστοιχίας ισούται με  $N$  φορές το ρεύμα του κάθε στοιχείου. Με τον όρο σύνδεση σε σειρά προκύπτει ένα σύστημα με πολλαπλάσια τάση ανοικτού κυκλώματος ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης ισούται με το ρεύμα ενός στοιχείου. Η λειτουργία της εγκατάστασης απαιτεί τη χρήση βοηθητικών συστημάτων (balance of system, BOS). Τα βοηθητικά στοιχεία διασφαλίζουν την καλή σύνδεση του μετατροπέα με τις γεννήτριες των φωτοβολταϊκών και το ηλεκτρικό δίκτυο όσο και τη στιβαρότητα της εγκατάστασης σε μηχανολογικές καταπονήσεις [76].

Συνήθως στις κτηριακές εγκαταστάσεις και κατά συνέπεια και στα νοσοκομεία χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκά μικρής ισχύος (έως 10kW) τα οποία διακρίνονται στα φωτοβολταϊκά στοιχειοσειράς (string pv systems) και στα φωτοβολταϊκά πολλαπλής στοιχειοσειράς (multi-string pv systems) [77].

Στην Ελλάδα τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά που αφορούν στις κτηριακές εγκαταστάσεις εντάσσονται στο καθεστώς του ανεξάρτητου παραγωγού (feed in tariff). Σύμφωνα με αυτήν την πολιτική το σύνολο της ενέργειας που παράγεται πωλείται στη ΔΕΗ και δεν χρησιμοποιείται για την ιδιοκατανάλωση των κτηρίων. Για να εγκατασταθούν τα φωτοβολταϊκά σε ένα κτήριο απαιτείται η εγκατάσταση δύο ηλεκτρικών πινάκων από τους οποίους ο ένας θα χρησιμοποιηθεί για τις ιδιοκαταναλώσεις του κτηρίου και ο άλλος για την σύνδεση της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας. Αξίζει να σημειωθεί πως τόσο η ενέργεια που αποδίδει ο παραγωγός στο ηλεκτρικό δίκτυο όσο και η ενέργεια που απορροφά από αυτό μεταφέρονται μέσω της ίδιας παροχής [77].



**Σχήμα 4.7:** Δομή διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος για οικία [77]

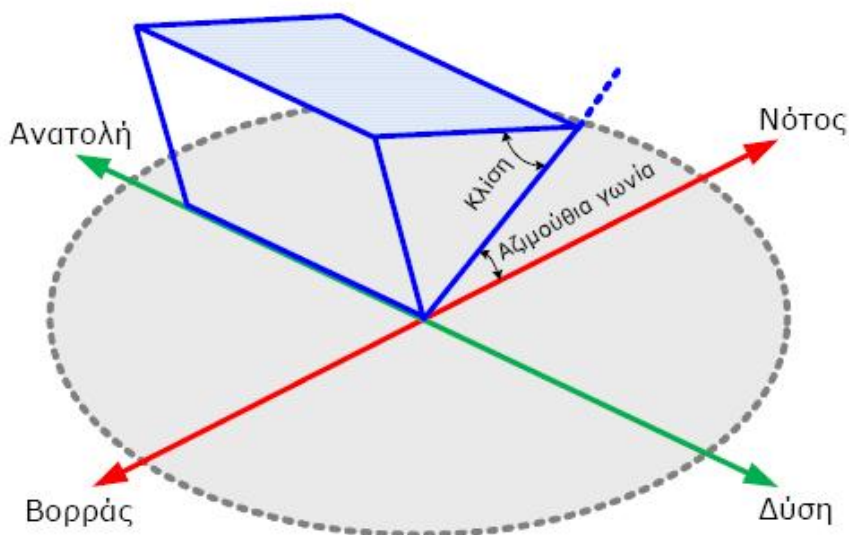
Στα κτήρια που η απαιτούμενη τάση είναι μικρή μέχρι 5kW τα φωτοβολταϊκά συνδέονται σε δίκτυο χαμηλής τάσης μέσω μονοφασικής παροχής. Όταν η απαιτούμενη ισχύς είναι μεγαλύτερη των 5kW όπως στην περίπτωση των νοσοκομείων και κατά συνέπεια είναι μεγαλύτερα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν αυτά συνδέονται με τριφασική παροχή. Στην περίπτωση αυτή σύμφωνα με τη ΔΕΗ πρέπει να υπάρχει το πολύ 20% συμμετρία ανάμεσα στις φάσεις.

#### 4.3.2.1 Προσανατολισμός των φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας τους όταν υιοθετούνται σε κτηριακές εφαρμογές θα πρέπει να τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να αξιοποιείται το σύνολο της ηλιακής ενέργειας που είναι διαθέσιμη στην περιοχή εγκατάστασης. Κατά συνέπεια θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ένα σύνολο παραγόντων που αφορά στον προσανατολισμό τους την τοποθέτησή τους, τη σκίαση και τις καιρικές συνθήκες της περιοχής [78].

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που εγκαθίστανται στα κτήρια συνήθως είναι σταθερά συστήματα και η προσπάθεια που γίνεται είναι η μέση ετήσια γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας να είναι κοντινή στις 90°. Για να επιτευχθεί

αυτό απαιτείται η σωστή επιλογή της αζιμούθιας γωνίας του πλαισίου και της κλίσης του. Η κλίση του πλαισίου ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του φωτοβολταϊκού και του οριζόντιου επιπέδου ενώ η αζιμούθια γωνία είναι η γωνία στο οριζόντιο επίπεδο που σχηματίζεται από την προβολή της κεκλιμένης πλευράς του πλαισίου και τον τοπικό μεσημβρινό βορρά νότου [78].



**Σχήμα 4.8:** Γωνία κλίσης και αζιμούθιας γωνίας για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία [77]

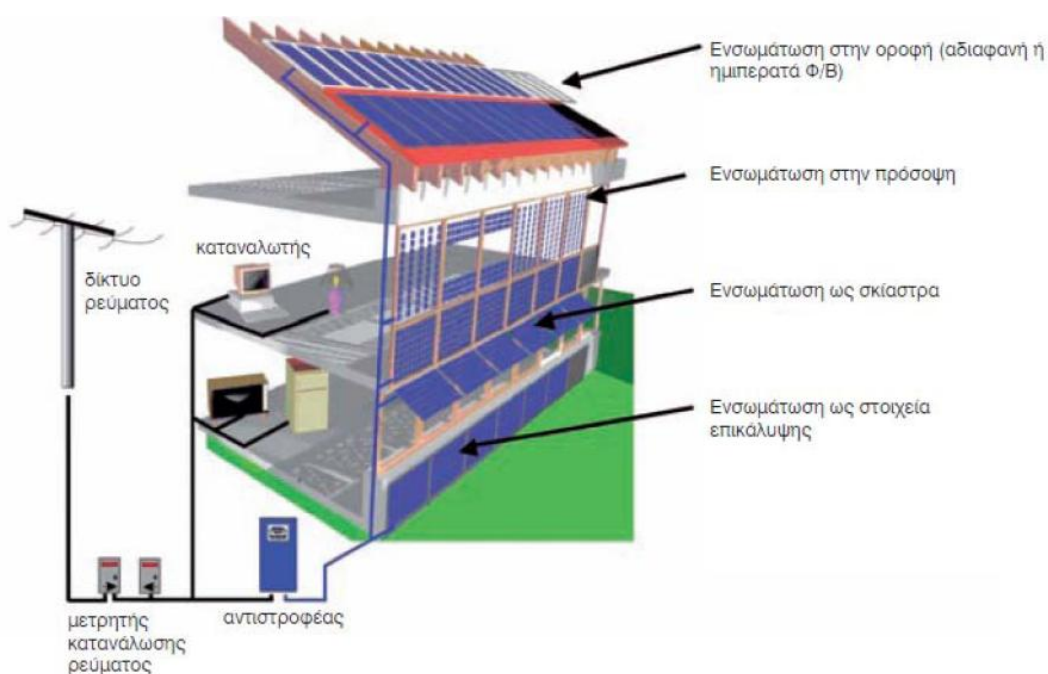
Η επιφάνεια του νοσοκομείου μπορεί να περιορίζει την επίτευξη της κατάλληλης γωνίας κλίσης και αζιμούθιας γωνίας και αυτός είναι ο λόγος που η επιλογή εγκατάστασης γίνεται με βάση την ποσότητα της ακτινοβολίας που είναι διαθέσιμη στην περιοχή εγκατάστασης του συστήματος. Σύμφωνα με τους κανονισμούς η απόκλιση της μέγιστης ηλιακής ακτινοβολίας που επιτυγχάνεται με την βέλτιστη κλίση του πλαισίου και της μείωσης της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να είναι μικρότερη από 10% [77]. Αυτός είναι και ο λόγος που οι επιφάνειες των κτηρίων που επιλέγονται για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών έχουν απόκλιση έως και  $70^\circ$  από την κατεύθυνση του νότου και κλίση από  $0$  έως  $50^\circ$ .



### 4.3.3 Ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών σε κτήριο νοσοκομείου

Για να είναι ένα φωτοβολταϊκό ενσωματωμένο στο νοσοκομείο θα πρέπει να έχει θεωρηθεί ως στοιχείο του κτηρίου κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και να έχει τοποθετηθεί κατά τη δόμησή του. Τα ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά στα κτήρια στην ουσία λειτουργούν ως δομικό στοιχείο του κτηρίου και αποσβένουν το κόστος τους μέσω της παραγωγής ηλιακής ενέργειας από τον ήλιο [79].

Ακόμα όμως και αν δεν έχει προβλεφτεί η χρήση τους στον αρχικό σχεδιασμό του κτηρίου, με δεδομένο ότι τα περισσότερα νοσοκομεία στεγάζονται σε παλιά κτήρια μπορούν να ενσωματωθούν στην πορεία αφού μπορούν να αντικαταστήσουν τις γυάλινες προσόψεις ή τις οροφές των κτηρίων και να αντικαταστήσουν τις παραδοσιακές επιλογές στη σκίαση και στη στεγανοποίηση. Οι δυνατότητες ενσωμάτωσης τους στα κτήρια ικανοποιούν τόσο της λειτουργίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όσο και την απαίτηση της αισθητικής του κτηρίου. Η ενσωμάτωση τους μπορεί να πραγματοποιηθεί στη στέγη στην πρόσοψη ή στα στέγαστρα του νοσοκομείου [79].



**Σχήμα 4.9:** Δυνατότητες ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών σε κτήριο [79]

Η στέγη του νοσοκομείου αποτελεί ιδανική επιφάνεια για την ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών στοιχείων αφού μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για τη συγκεκριμένη χρήση. Η ενσωμάτωση τους είναι εφικτή ανεξάρτητα με το αν η στέγη του νοσοκομείου είναι επίπεδη ή κεκλιμένη [80].

Στην πλειονότητά τους τα ελληνικά νοσοκομεία έχουν επίπεδες στέγες γεγονός που παρέχει στην εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών ένα επιπλέον πλεονέκτημα αυτό της ευκολίας στην πρόσβαση και στην εγκατάσταση. Ο πιο διαδεδομένος τρόπος ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών στην στέγη είναι η απευθείας τοποθέτησή τους πάνω στη στέγη. Ο συγκεκριμένος τρόπος εγκατάστασης ενδείκνυται για την ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών στις ήδη υπάρχουσες στέγες των νοσοκομείων [80].



**Σχήμα 4.10:** Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στη στέγη νοσοκομείου [80]

Τα φωτοβολταϊκά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν στην ενσωμάτωση κτηρίων είναι διαφόρων τεχνολογιών. Η πιο διαδεδομένη λύση σε εφαρμογές σε στέγες είναι τα τυπικά φωτοβολταϊκά πλαίσια γυαλιού-ελασμάτων.

Τα συγκεκριμένα φωτοβολταϊκά είναι πολυστρωματικά. Τα ημιπερατά φωτοβολταϊκά πλαίσια που είναι κρυσταλλικά πλαίσια γυαλιού-γυαλιού μπορεί να χρησιμοποιηθούν και ως μονωτικοί υαλοπίνακες. Στη συγκεκριμένη τεχνολογία στην μπροστινή όψη του γυαλιού –γυαλιού βρίσκεται το τμήμα *ortisol* το οποίο αποτελείται από δύο υαλοπίνακες έναν λευκό και έναν

επίπλευσης, ανάμεσα στους οποίους υπάρχει τοποθετημένη ρητίνη με ενσωματωμένες τις φωτοβολταϊκές κυψέλες [79].

Οι συνηθέστερες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οι λεπτού υμενίου, τα πολυκρυσταλλικά και τα μονοκρυσταλλικά η σύγκριση των οποίων φαίνεται στο Σχήμα 4.11.

Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών			
ΤΥΠΟΣ	'Λεπτού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση ανά μονάδα επιφάνειας	a-Si: 4,5-6,5% μ-Si: 8-9% CIS-CIGS: 6-12% CdTe: 6-11%	11-16%	11-19%
Επιφάνεια ανά kWp	9-25 m <sup>2</sup>	7-9 m <sup>2</sup>	5,5-9 m <sup>2</sup>

Σχήμα 4.11: Σύγκριση φωτοβολταϊκών τεχνολογιών [81]

#### 4.3.4 Βιοκλιματικός σχεδιασμός-Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

Ένα άλλο μέτρο το οποίο μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία ενός ενεργειακού κτηρίου νοσοκομείου σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι η χρήση του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Με τον όρο βιοκλιματικός σχεδιασμός εννοείται ο σχεδιασμός του κτηρίου και των χώρων που το περιβάλλουν είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά με κύριο γνώμονα το κλίμα της περιοχής στο οποίο είναι εγκατεστημένο το νοσοκομείο[82]. Στόχος της εφαρμογής του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η εξασφάλιση των κατάλληλων συνθηκών θερμικής άνεσης στους χώρους του νοσοκομείου. Η

εξασφάλιση αυτή πραγματοποιείται συνήθως με τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών καθώς και με τη χρήση φυσικών κλιματικών φαινομένων.

Το βασικό στοιχείο του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτήρια με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας σε εφαρμογές θέρμανσης, ψύξης και για το φωτισμό των κτηρίων [82].

Η θέρμανση και η ψύξη όπως επίσης και το ζεστό νερό χρήσης αποτελούν ένα μείζον ζήτημα για το σχεδιασμό των κτηρίων αφού αποτελούν πηγές εξοικονόμησης ενέργειας που μπορεί να οδηγήσουν το κτήριο εφαρμογής τους σε μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Τα ηλιακά συστήματα που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα νοσοκομείο χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τη χρήση ή μη μηχανολογικών συστημάτων [83]:

- ✓ τα παθητικά ηλιακά συστήματα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη και δεν χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για τη μεταφορά θερμότητας στο χώρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα βασίζονται στη θερμική ροή της ηλεκτρικής ενέργειας και πραγματοποιούν την αποθήκευση τη θερμότητας και τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας εκμεταλλευόμενοι τα δομικά στοιχεία του κελύφους.
- ✓ Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα όπως αντλίες θερμότητας, εναλλάκτες κτλ για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, τη μεταφορά και την αποθήκευση της θερμότητας. Στην κατηγορία αυτή χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής αποτελεί το σύστημα διανομής στο χώρο με τη χρήση εναλλάκτη θερμότητας.
- ✓ Τα υβριδικά συστήματα που βασίζουν τη λειτουργία τους στην παθητική εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Τα παθητικά συστήματα μπορεί να μετατραπούν σε υβριδικά με την παρεμβολή μηχανικών στοιχείων π.χ την προσθήκη ενός ανεμιστήρα που θα μεταφέρει τη θερμότητα στο πίσω μέρος ενός κτηρίου.

Τα συστήματα θέρμανσης που εφαρμόζονται κυρίως στα κτήρια είναι παθητικά ηλιακά συστήματα και τα κτήρια στα οποία εφαρμόζονται ακολουθούν όπως αναφέρθηκε τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα λειτουργούν με βάση την αρχή του φαινομένου του θερμοκηπίου όσον αφορά στην ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατροπή της θερμότητας και για την αποθήκευσή της και για τον υπολογισμό της μεταφερόμενης θερμότητας από το χώρο συλλογής στην αποθήκη θερμότητας ή στο χώρο που πρόκειται να θερμανθεί χρησιμοποιούνται οι αρχές της κλασσικής θερμοδυναμικής. Σύμφωνα με το φαινόμενο του θερμοκηπίου η ηλιακή ενέργεια προσπίπτει πάνω στο φωτοβολταϊκό και μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία καθώς περνάει μέσα από αυτό και δεσμεύεται με τη μορφή θερμότητας στον εσωτερικό χώρο [83].

Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει πάνω στο φωτοβολταϊκό ένα μέρος της ανακλάται προς το εξωτερικό περιβάλλον, ένα άλλο τμήμα της αυτό που αντιστοιχεί στο ορατό φάσμα της ακτινοβολίας διαπερνά το φωτοβολταϊκό και τέλος ένα άλλο ποσοστό ακτινοβολίας απορροφάται από αυτό. Από το ποσοστό της ακτινοβολίας που απορροφάται από το φωτοβολταϊκό ένα μέρος ανακλάται στο εξωτερικό περιβάλλον, ένα μέρος περνάει στον εσωτερικό χώρο και ένα μέρος της μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία.

Η ηλιακή ακτινοβολία που θα εισέλθει στο εσωτερικό του νοσοκομείου είναι μικρού μήκους κύματος και μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία προσπίπτοντας στα αντικείμενα του εσωτερικού χώρου και αλλάζοντας το μήκος κύματός της. Το φωτοβολταϊκό σε αυτά τα συστήματα είναι αδιαπέραστο από ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος η θερμική ακτινοβολία δεν μπορεί να το διαπεράσει προς τα έξω με αποτέλεσμα να εγκλωβίζεται στο εσωτερικό και να θερμαίνεται έτσι ο χώρος [83].

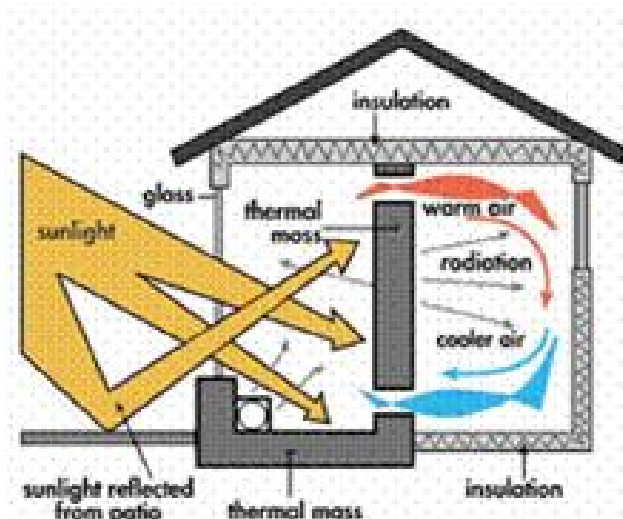
Για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται διαφανή υλικά δηλαδή υλικά που μπορούν να διαπερνώνται από την ηλιακή ακτινοβολία. Η επιλογή των υλικών γίνεται με βάση τις θερμοφυσικές τους ιδιότητες δηλαδή, τη διαπερατότητα, την απορροφητικότητα κτλ., την

αισθητική που προσδίδουν στο κτήριο του νοσοκομείου, την αντοχή τους και το κόστος αγοράς, τοποθέτησης και συντήρησης που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερο. Το συνηθέστερο στοιχείο συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται σε αυτά τα συστήματα είναι ο υαλοπίνακας. Η επιλογή του είναι συνάρτηση των κλιματικών συνθηκών της περιοχής εγκατάστασης τις θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις του κτηρίου καθώς και τις απαιτήσεις για φυσικό φως που όπως ήδη αναφέρθηκε είναι επιθυμητή και επιδιωκόμενη σε ένα νοσοκομείο [83].

Η αποθήκευση της θερμότητας γίνεται με τη βοήθεια υλικών μεγάλης θερμοχωρητικότητας και κυρίως μέσω των οικοδομικών υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένο τόσο το εσωτερικό όσο και το εξωτερικό του νοσοκομείου στο οποίο προβλέπεται η εγκατάσταση του συστήματος.

Για τη θέρμανση του νοσοκομείου μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρία είδη παθητικών ηλιακών συστημάτων [84]: Τα συστήματα άμεσου κέρδους, τα συστήματα έμμεσου κέρδους και τα συστήματα απομονωμένου κέρδους.

Τα παθητικά συστήματα άμεσου κέρδους αποτελούν τον απλούστερο σχεδιασμό παθητικών ηλιακών συστημάτων σύμφωνα με τον οποίο θεωρείται πως η ηλιακή θερμότητα πέφτει απευθείας πάνω στο κτήριο και η θερμότητα μπορεί να αποθηκευτεί στη θερμική μάζα του κτηρίου όπως στο σκυρόδεμα ή στις πέτρινες πλάκες του δαπέδου [85]. Τα συστήματα άμεσου κέρδους περιλαμβάνουν νότια παράθυρα και μια μεγάλη πλάκα που βοηθάει στη λήψη του μεγαλύτερου μέρους της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις ψυχρές μέρες και την ελάχιστη ηλιακή ακτινοβολία κατά τις πολύ ζεστές ημέρες. Σε αυτό το είδος συστημάτων η ηλιακή ακτινοβολία περνάει μέσα από τα παράθυρα και παγιδεύεται στη θερμική μάζα του χώρου.



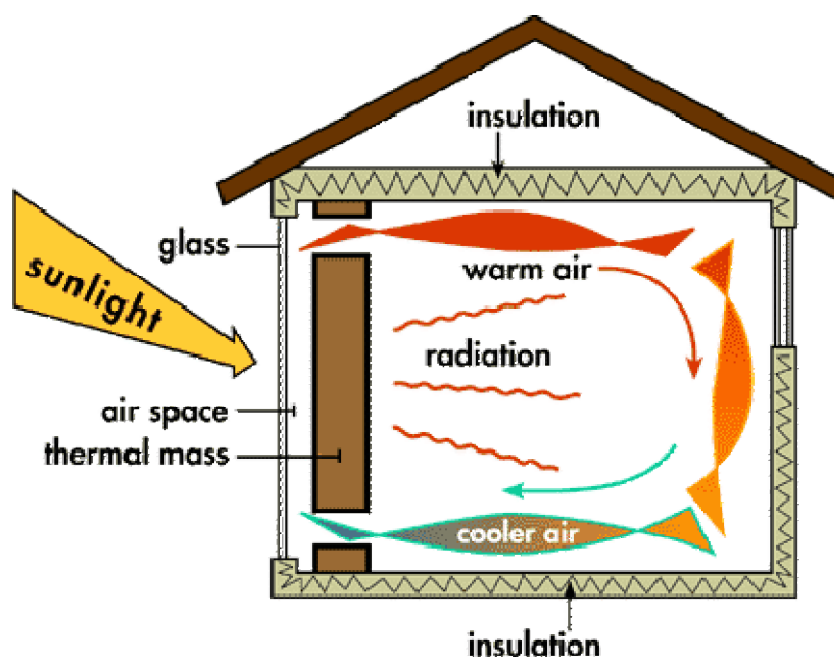
**Σχήμα 4.12:** Παθητικό σύστημα θέρμανσης άμεσου κέρδους [85]

Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να επιτευχθεί αποτελεσματικότητα σε όρους θερμικής μάζας θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από μεγάλη πυκνότητα και βάρος. Βασική ιδιότητα αυτών των υλικών είναι η διατήρηση της θερμότητας ακόμα και όταν οι καιρικές συνθήκες στην περιοχή του νοσοκομείου δεν επιτρέπουν την πρόσπτωση της άμεσης ακτινοβολίας. Επίσης έχει ιδιαίτερη σημασία τα δομικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στο εσωτερικό του νοσοκομείου να είναι μεγάλης απορροφητικότητας ώστε να είναι ικανοποιητική η απολαβή του ηλιακού κέρδους και να επιτυγχάνεται καλύτερη απορρόφηση θερμότητας[45]. Η χρήση τέτοιου είδους υλικών είναι και η βασική αιτία διαφοράς των συστημάτων παθητικής θέρμανσης από τα συμβατικά και η ειδοποιός διαφορά για τα συστήματα μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Τα συστήματα έμμεσου κέρδους έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας και χρησιμοποιούν τα ίδια υλικά με τα συστήματα άμεσου κέρδους αλλά θέτουν τη θερμική μάζα ανάμεσα στον ήλιο και στο χώρο του νοσοκομείου που πρόκειται να θερμανθεί [86].

Η ηλιακή θερμότητα συλλέγεται και παγιδεύεται σε έναν στενό χώρο ανάμεσα στο παράθυρο και στο πάχος του τοιχώματος το οποίο αποτελεί τη θερμική μάζα, αφού πρώτα περάσει μέσα από τα παράθυρα. Με αυτόν τον

τρόπο θερμαίνεται ο αέρας που διαχέεται μέσα στο χώρο από τους αεραγωγούς προς την οροφή του χώρου. Στη συνέχεια ψυχρός αέρας κινείται από τους αεραγωγούς προς το πάτωμα. Ο θερμαινόμενος αέρας επανακυκλοφορεί μέσα στο δωμάτιο με συναγωγή και η θερμική μάζα συνεχίζει να απορροφά και να αποθηκεύει θερμότητα που την αποδίδει ξανά πίσω στο χώρο όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία. Προκειμένου να αποφευχθεί η διαφυγή του θερμού αέρα από τους αεραγωγούς κατά τη διάρκεια της νύκτας μπορούν αυτοί να καλυφθούν με ειδικά διαφράγματα[86].



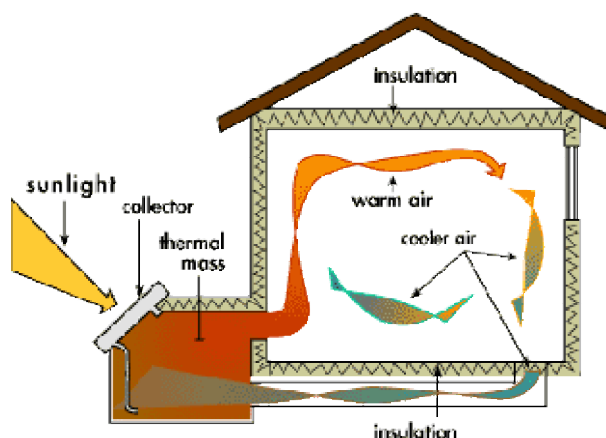
**Σχήμα 4.13:** Παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης έμμεσου κέρδους [86]

Η τρίτη κατηγορία παθητικού συστήματος θέρμανσης είναι τα συστήματα απομονωμένου κέρδους τα οποία συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια σε ένα μέρος και τη χρησιμοποιούν σε ένα άλλο. Η πιο κοινή κατηγορία ηλιακού συστήματος θέρμανσης απομονωμένου κέρδους είναι οι ηλιακοί χώροι που χρησιμοποιούν θερμική μάζα όπως τοίχους ή πατώματα για την απορρόφηση της θερμότητας και βρίσκονται νότια στο κτήριο. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας σε αυτούς τους χώρους γίνεται με τη βοήθεια παραθύρων χαμηλής εκπομπής ή κάθετων παραθύρων χωρίς τζάμια. Οι συγκεκριμένοι χώροι έχουν πολύ καλή μόνωση και θερμαίνονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας και τη νύχτα η θερμότητα μπορεί



να διαχέεται μέσα στο σπίτι μέσω αεραγωγών στο δάπεδο ή στους τοίχους, παραθύρων ή πορτών ή μέσω ενός κοινού τοίχου με το μηχανισμό της αγωγής θερμότητας [87]. Στη διάρκεια του καλοκαιριού η διαδικασία στο σύστημα έμμεσου κέρδους αντιστρέφεται και η θερμική μάζα αποτρέπεται από τη λήψη της άμεσης ακτινοβολίας ενώ απορροφά θερμότητα από το δωμάτιο βοηθώντας τη θερμοκρασία να διατηρείται ψυχρότερη.

Τα παθητικά συστήματα έμμεσου κέρδους μπορεί να συνδυαστούν με επίπεδα φωτοβολταϊκά τα οποία χρησιμοποιούνται στα ενεργά ηλιακά συστήματα θέρμανσης. Η τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών γίνεται πάντα πάνω από τη δεξαμενή αποθήκευσης της θερμικής μάζας έτσι ώστε να εκμεταλλεύεται τη φυσική κίνηση της θερμότητας του ζεστού αέρα που ανυψώνεται και του ψυχρού αέρα που κατεβαίνει.



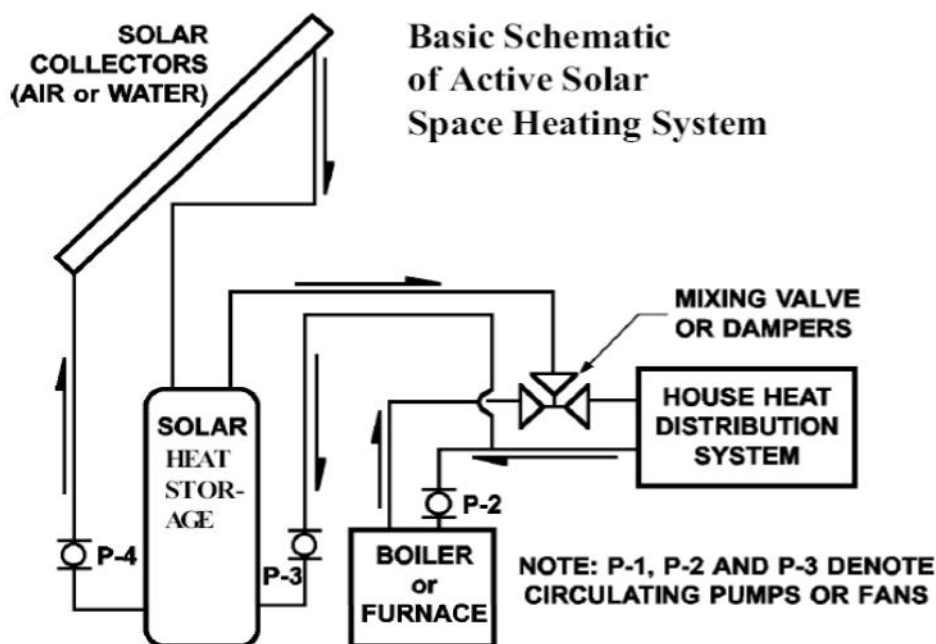
**Σχήμα 4.14:** Παθητικό σύστημα ηλιακής θέρμανσης με επίπεδο ηλιακό συλλέκτη[86]

Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το φωτοβολταϊκό και η θερμότητα μεταφέρεται στη θερμική μάζα. Καθώς ο αέρας στο φωτοβολταϊκό και η θερμική μάζα θερμαίνεται, ανεβαίνει προς τα πάνω και εισέρχεται μέσα στο χώρο από τους αεραγωγούς. Καθώς ο αέρας ψύχεται κατεβαίνει προς τα κάτω εισέρχεται στους αγωγούς επιστροφής που θα τον φέρει πίσω για να αναθερμανθεί. Το σύστημα αυτό μερικές φορές αναφέρεται ως θερμοσίφωνα αλλά στην ουσία είναι ένα σύστημα συναγωγής [86].

Ένα άλλο σύστημα παθητικής ηλιακής θέρμανσης το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης ενός νοσοκομείου είναι το τοίχωμα Trombe που είναι ένα μαύρο τοίχωμα ή σκυρόδεμα με νότιο προσανατολισμό και πάχος μισού μέτρου που λειτουργεί ως ηλιακός συλλέκτης (φωτοβολταϊκό) [86β] .

#### 4.3.5 Εξοικονόμηση ενέργειας με ενεργά συστήματα ηλιακής ενέργειας

Σε αντίθεση με τα παθητικά συστήματα ηλιακής θέρμανσης που χρησιμοποιούν τα δομικά στοιχεία του κτηρίου για τη συλλογή και την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας τα ενεργά ηλιακά συστήματα βασίζονται στην τοποθέτηση φωτοβολταϊκών (ηλιακών συλλεκτών) για τη συλλογή και τη διανομή θερμότητας. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν αέρα ή υγρό που θερμαίνεται στους ηλιακούς συλλέκτες και στη συνέχεια μεταφέρεται με τη βοήθεια μικρών ηλεκτρικών ανεμιστήρων ή αντλιών αντίστοιχα ή με φαινόμενα θερμοσίφωνα για να αποθηκευτούν. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί σε δεξαμενές νερού ή σε πέτρινους κάδους προκειμένου να αποδοθεί στο κτήριο του νοσοκομείου όταν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια [88].



Σχήμα 4.15: Ενεργό σύστημα ηλιακής θέρμανσης [88]

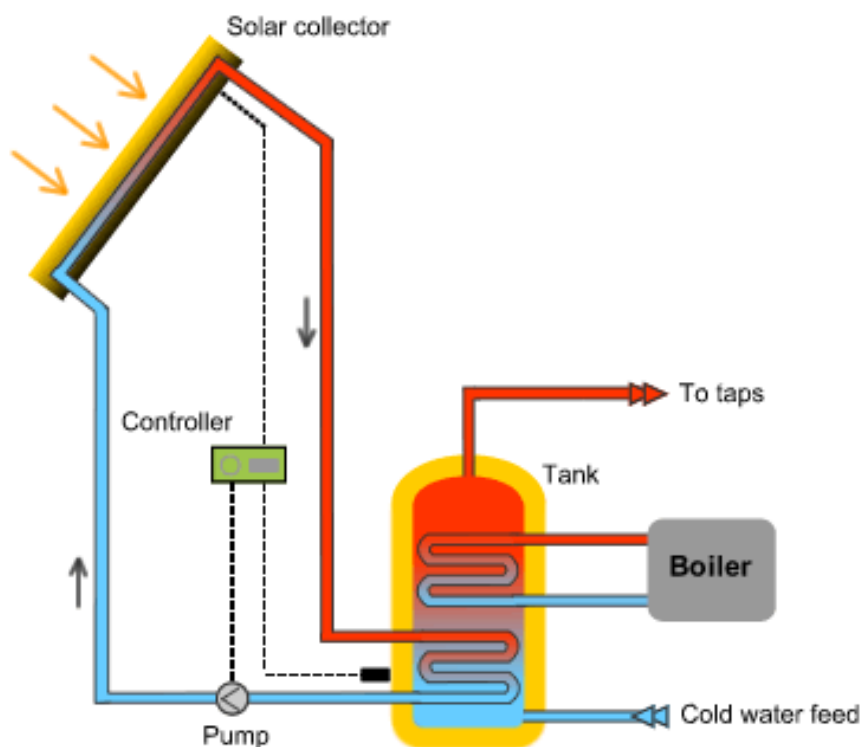
Τα ενεργά ηλιακά συστήματα θέρμανσης αν επιλεγούν ως σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να καλύπτεται το 40-80% των ετήσιων αναγκών σε θερμότητα του νοσοκομείου.

Επειδή τα νοσοκομεία αποτελούνται από μεγάλους χώρους και έχουν όπως ήδη αναφέρθηκε μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση είναι πολύ πιθανό να μην καλύπτεται ενεργειακά από ένα ενεργητικό σύστημα ηλιακής θέρμανσης. Στην περίπτωση αυτή με γνώμονα το κόστος υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο σύστημα σε συνδυασμό με βοηθητικά ή άλλα αποθηκευτικά συστήματα που θα αποδίδουν την υπολειπόμενη θερμότητα [89].

Οι ηλιακοί συλλέκτες που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα ενεργό ηλιακό σύστημα θέρμανσης σε ένα νοσοκομείο μπορεί να λειτουργήσουν με ρευστό ή με αέρα. Οι ηλιακοί συλλέκτες ρευστού μπορούν να χρησιμοποιηθούν κυρίως για εφαρμογές κεντρικής θέρμανσης. Είναι οι ίδιοι με τους ηλιακούς συλλέκτες που χρησιμοποιούνται για συστήματα θέρμανσης νερού και οι πιο συνηθισμένοι που συναντώνται σε αυτές τις εφαρμογές είναι οι επίπεδοι συλλέκτες χωρίς να αποκλείεται η χρήση και άλλων τύπων συλλεκτών. Στους συλλέκτες αυτούς ένα ρευστό όπως το νερό θα απορροφά την ηλιακή θερμότητα και σε δεδομένο χρόνο ένας ελεγκτής θα τίθεται σε λειτουργία μια αντλία επανακυκλοφορίας που θα κινεί το ρευστό μέσα στο συλλέκτη [89]. Το ρευστό ρέει είτε σε μια δεξαμενή αποθήκευσης είτε σε έναν εναλλάκτη θερμότητας με μεγάλη ταχύτητα και η αύξηση της θερμοκρασίας που παρατηρείται είναι από 5.6-11° C στο εσωτερικό του συλλέκτη. [89]

Οι συλλέκτες που λειτουργούν με αέρα μπορούν να εγκατασταθούν στο εξωτερικό τοίχωμα ή στην οροφή για τη θέρμανση ενός ή περισσότερων χώρων. Ο συλλέκτης αποτελείται από έναν αεροστεγή μεταλλικό σκελετό και μια μαύρη επίπεδη πλάκα μεταλλική η οποία χρησιμεύει για την απορρόφηση της θερμότητας και υαλοπίνακες στο πάνω μέρος του. Η πλάκα θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και θερμαίνει τον αέρα στο συλλέκτη. Ο αέρας από το εσωτερικό του χώρου μεταφέρεται στο συλλέκτη μέσω ενός ανεμιστήρα ή ενός φουσητήρα και στη συνέχεια, ξαναωθείται μέσα στο χώρο.

Οι συλλέκτες που τοποθετούνται στην οροφή συνοδεύονται από αγωγούς για τη μεταφορά του αέρα μεταξύ του δωματίου και του συλλέκτη. Οι συλλέκτες που τοποθετούνται στους τοίχους τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό και η είσοδος και η έξοδος του αέρα γίνεται μέσω ανοιγμάτων [50].



**Σχήμα 4.16:** Ενεργό σύστημα θέρμανσης [90]

Τα ενεργά συστήματα ηλιακής θέρμανσης θεωρούνται πιο αποδοτικά από άποψη κόστους αν το νοσοκομείο είναι εγκατεστημένο σε περιοχές με ψυχρό κλίμα και καλές ηλιακές πηγές όταν αντικαθιστούν τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης όπως τα καύσιμα, την ηλεκτρική ενέργεια και το πετρέλαιο. Το κόστος ενός τέτοιου συστήματος εξαρτάται από το κτήριο στο οποίο πρόκειται να εγκατασταθεί. Το πλεονέκτημα τους είναι πως οι εμπορικά διαθέσιμοι συλλέκτες παρέχουν εγγύηση για μια δεκαετία και μπορεί να λειτουργήσουν για πολλές ακόμα δεκαετίες. Τα συστήματα αυτά είναι ακόμα πιο αποδοτικά αν συνδυαστούν και για τη θέρμανση του νερού [91].

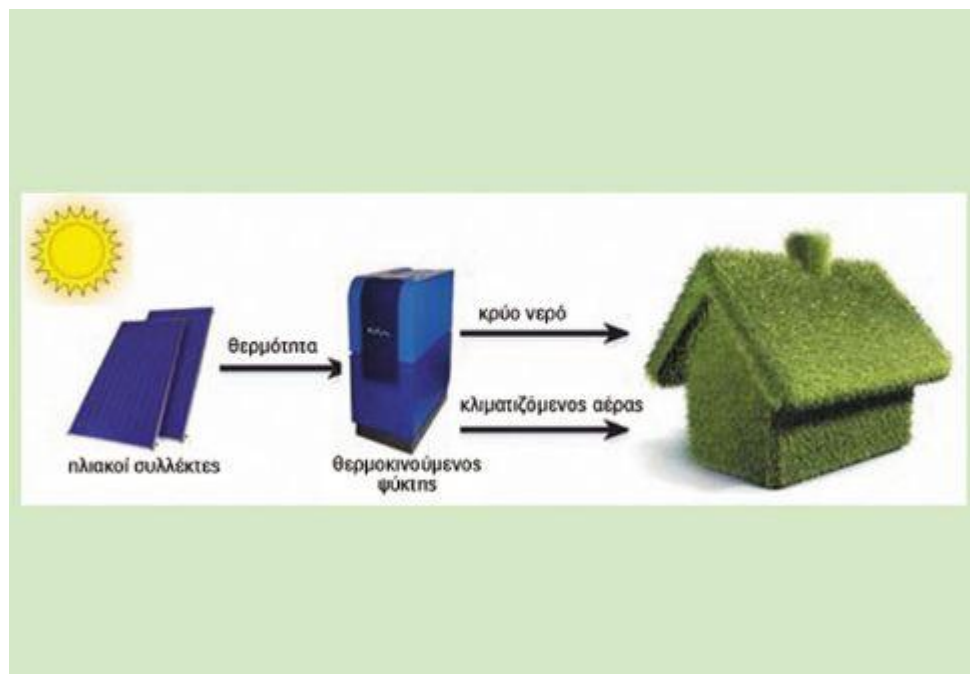
Ο σχεδιασμός εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η τοποθεσία εγκατάστασης και οι απαιτήσεις που πρέπει να καλύψει. Το κλίμα στην περιοχή εγκατάστασης όπως και το είδος και το μέγεθος του επιλεγμένου ηλιακού συλλέκτη θα καθορίσουν την θερμική απόδοση του συστήματος. Όπως ήδη αναφέρθηκε είναι πιο αποδοτικός ο σχεδιασμός των συστημάτων αυτών να γίνεται με σκοπό την κάλυψη του 40-80% των απαιτούμενων αναγκών. Συστήματα μικρότερης απόδοσης από το 40% είναι ασύμφορα εκτός αν χρησιμοποιούν ηλιακούς συλλέκτες θερμαινόμενου αέρα ή αποσκοπούν στη θέρμανση μικρών χώρων[89].

#### **4.3.6 Συστήματα κλιματισμού για εξοικονόμηση ενέργειας**

Το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια αυξάνονται οι απαιτήσεις της θερμικής άνεσης σε συνδυασμό με την εμφάνιση υψηλότερων θερμοκρασιών οδήγησαν σε αύξηση των απαιτήσεων κλιματισμού γεγονός από το οποίο δεν εξαιρούνται τα νοσοκομεία. Τα συστήματα ηλιακής ψύξης αποτελούν μια ελκυστική επιλογή δεδομένου ότι το ψυκτικό φορτίο συμπορεύεται με τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ενέργειας με αποτέλεσμα να απαιτείται η ψύξη ενός κτηρίου όταν υπάρχει μέγιστη ακτινοβολία [92]. Αν η ηλιακή ψύξη μπορεί να συνδυαστεί με την ηλιακή θέρμανση τότε τα ηλιακά συστήματα θα παρουσιάζουν μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη, ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρουν και επομένως τον περιορισμό των δαπανών. Παρόλα αυτά τα ηλιακά συστήματα ψύξης από μόνα τους δεν είναι και τόσο οικονομικά ως προς την αγορά τους [93].

Όπως και στην περίπτωση των συστημάτων θέρμανσης τα ηλιακά συστήματα ψύξης διακρίνονται σε παθητικά και ενεργά με τα ενεργά συστήματα να εμφανίζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για πρακτικές εφαρμογές. Οι πιο σημαντικές προσεγγίσεις των ενεργών συστημάτων είναι τα ψυκτικά ηλιακά συστήματα απορρόφησης, τα ηλιακά ψυκτικά συστήματα που βασίζονται στον κύκλο Rankine και τα συστήματα ανοικτού εξαμιστικού κύκλου (dessicant) [92, 93].

Η τυπική δομή ενός ηλιακού συστήματος ψύξης αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, τη δεξαμενή αποθήκευσης τη μονάδα ελέγχου, τις σωληνώσεις, τις αντλίες και ένα θερμικά κινούμενο ψύκτη [94].







**Σχήμα 4.17:** Σύστημα ηλιακού κλιματισμού [26]

Η ηλιακή ακτινοβολία κτυπάει πάνω στους ηλιακούς συλλέκτες προκειμένου να παράγει υγρό το οποίο συνήθως είναι το νερό και το οποίο βρίσκεται στη δεξαμενή. Το θερμό υγρό που παράγεται αξιοποιείται από τον ψύκτη προκειμένου να παραχθεί το ψυχρό υγρό το οποίο θα χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε τυπική εγκατάσταση κλιματισμού. Η ύπαρξη της θερμικής δεξαμενής θα βελτιστοποιεί τη θερμική απορρόφηση κατά τις ώρες της ηλιακής ακτινοβολίας και του δροσισμού οι οποίες μπορεί να είναι διαφορετικές [94].

Τα ψυκτικά ηλιακά συστήματα μπορεί να είναι είτε ανοικτά είτε κλειστά[92]. Τα ανοικτά συστήματα παρέχουν πλήρη κλιματισμό μέσω ψυχρού και ξηρού αέρα ικανοποιώντας τις απαιτήσεις για θερμική άνεση. Σε αυτά τα συστήματα ως ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται το νερό και αποτελούν συστήματα ανοικτού εξατμιστικού κύκλου. Ο θερμικά κινούμενος κύκλος μπορεί να εξατμίζει και να αφυγράνει τον αέρα μέσω αφυγραντικών υλικών.

Αφού έχει πραγματοποιηθεί η ψύξη του χώρου το ψυκτικό μέσο απορρίπτεται και η κυκλική διαδικασία συνεχίζεται με την αντικατάστασή του. Στα συστήματα αυτά η αφύγρανση πραγματοποιείται με τη χρήση τροχού αφύγρανσης από silica gel ή χλωριούχο λίθιο στη θέση του ροφητικού υλικού [93].

Ως κλειστά ηλιακά συστήματα κλιματισμού χαρακτηρίζονται τα συστήματα που παρέχουν ψυχρό νερό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες είτε μπορεί να διανεμηθεί μέσω ειδικού δικτύου σε συγκεκριμένους χώρους και να ενεργοποιήσει τις εκεί μονάδες ψύξης. Εμπορικά διαθέσιμα συστήματα αυτού του είδους αποτελούν οι ψύκτες προσρόφησης και οι ψύκτες απορρόφησης [92].

Μέθοδος	Κλειστού Κύκλου		Ανοικτού Κύκλου	
Ψυκτικός κύκλος	Κλειστός ψυκτικός κύκλος		Ψυκτικό μέσο (νερό) είναι σε επαφή με τον αέρα	
Αρχή	Ψυχρό νερό υπό εξάτμιση		Αφύγρανση του αέρα και ψύξη με εξάτμιση	
Φάση υλικού ρόφησης	Στερεό	Υγρό	Στερεό	Υγρό
				
Τυπικά ζεύγη υλικών	νερό - silica gel	νερό - βρωμιούχο λίθιο αμμωνία - νερό	νερό - silica gel νερό - χλωριούχο ασβέστιο	νερό - χλωριούχο ασβέστιο, νερό - χλωριούχο λίθιο
Τεχνολογία διαθέσιμη στην αγορά	Ψύκτης προσρόφησης	Ψύκτης απορρόφησης	DEC	Κοντά στην εισαγωγή στην αγορά
Τυπική ψυκτική ικανότητα(kW)	50 - 430 kW	15 kW - 5 MW	20 kW - 350 kW (ανά μονάδα)	
Τυπικό COP	0,5 - 0,7	0,6 - 0,75 (απλής βαθμίδας)	0,5 - > 1	> 1
Θερμοκρασία αναγέννησης	60 - 90 °C	80 - 110 °C	45 - 95 °C	45 - 70 °C
Ηλιακοί συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Συλλέκτες κενού, επίπεδοι συλλέκτες	Επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρος	Επίπεδοι συλλέκτες, συλλέκτες αέρος

**Σχήμα 4.18:** Τα κύρια χαρακτηριστικά των ανοικτών και κλειστών συστημάτων ηλιακού κλιματισμού [92].

Ο σχεδιασμός των ηλιακών συστημάτων κλιματισμού καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την επιλογή του ψύκτη η οποία εξαρτάται από τις

θερμοκρασίες λειτουργίας του και τους συντελεστές απόδοσής του (COP). Ειδικά ο δείκτης απόδοσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία λειτουργίας και από το σύστημα διανομής της θέρμανσης. Η επιλογή του συλλέκτη πραγματοποιείται με βάση τη θερμοκρασία λειτουργίας του ψύκτη απορρόφησης [94].





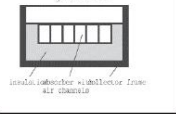
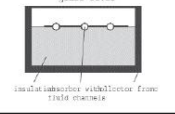
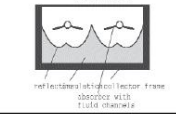
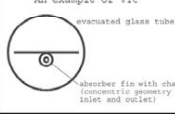
Στα συστήματα ανοικτού εξαμιστικού κύκλου η θερμοκρασία αναγέννησης μπορεί να φτάσει μέχρι τους 90° C τη στιγμή που για τους θερμοκίνητους ψύκτες είναι συνήθως πάνω από 80° C. Με αυτή τη διαφορά ως δεδομένο και σε συνδυασμό με το γεγονός πως οι παροχές στο κύκλωμα θέρμανσης είναι ιδιαίτερα υψηλές είναι δύσκολη η επίτευξη τόσο της ιδανικής στρωμάτωσης στην αποθήκευση του ζεστού νερού όσο και της θερμοκρασίας επιστροφής στον ηλιακό συλλέκτη δημιουργώντας έτσι περιορισμούς στην επιλογή του τύπου των συλλεκτών [92].

Οι εμπορικά διαθέσιμοι επίπεδοι συλλέκτες όπως και οι ηλιακοί συλλέκτες με αέρα αποδίδουν το μέγιστο όταν χρησιμοποιούνται στα συστήματα ανοικτού εξαμιστικού κύκλου. Τα συστήματα με ψύκτη προσρόφησης ή απορρόφησης μπορούν να εγκατασταθούν με επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες επιλεκτικής επιφάνειας στις περιοχές με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία ενώ στις υπόλοιπες περιοχές χρησιμοποιούνται ηλιακοί συλλέκτες με σωλήνες κενού [92].

Οι ψύκτες αποτελούν βασικό χαρακτηριστικό των εγκαταστάσεων ηλιακού κλιματισμού αφού στην ουσία αυτοί παράγουν την απαιτούμενη ψύξη με χρήση του θερμού νερού που λαμβάνουν από τους ηλιακούς συλλέκτες. Οι ψύκτες διακρίνονται σε προσρόφησης και απορρόφησης. Οι ψύκτες απορρόφησης είναι θερμικά κινούμενοι ψύκτες που χαρακτηρίζονται από τρία διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας[93]: το υψηλό το χαμηλό και το μέσο επίπεδο. Στο υψηλό θερμοκρασιακό επίπεδο πραγματοποιείται η διεργασία της ρόφησης ενώ στο χαμηλό η διεργασία της ψύξης. Η θερμότητα αναγέννησης που παράγεται όπως επίσης και η απορριπτόμενη θερμότητα από τον κύκλο του ψυχρού νερού απομακρύνονται στο μέσο επίπεδο θερμοκρασίας σε πύργους ψύξης υγρού τύπου. Με τον όρο αναγέννηση θερμότητας εννοείται η



ανάκτηση της θερμότητας του θερμού ρεύματος μιας παραγωγικής διαδικασίας που απαιτεί ψύξη για την θέρμανση ενός άλλου ψυχρού ρεύματος της ίδιας διαδικασίας που πρέπει να θερμανθεί πριν υποστεί περαιτέρω κατεργασία [93].

Τύπος συλλεκτών	Ηλιακός συλλέκτης αέρα	Επίπεδος συλλέκτης	Σταθερός παραβολικός σύνθετος συλλέκτης	Συλλέκτης Σωλήνων Κενού
Σύντμηση	(Solar Air Collector) SAC	(Flat-Plate Collector) FPC	(Stationary Parabolic Compound Collector) CPC	Evacuated Tube Collector ETC: 1. Evacuated Tube with Heat Pipe EHP (με σωλήνα θερμότητας) 2. Evacuated Tube with Direct Flow EDF (απ'ευθείας ροής) 3. Sydney-type Evacuated Tube with Concentrator Reflector SYC (τύπος Sydney με συγκεντρωτικό ανακλαστήρα)
				
				
Αρχή λειτουργίας	Άμεση θέρμανση του αέρα	Θέρμανση υγρού (νερό, νερό-γλυκόλη) Συγκέντρωση ακτινοβολίας χωρίς παρακολούθηση	Θέρμανση υγρού (νερό, νερό-γλυκόλη)	Γυάλινος σωλήνας κενού για μείωση των θερμικών απωλειών
Κύρια εφαρμογή	Προθέρμανση του αέρα προσαγωγής	Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης	Παραγωγή ζεστού νερού οικιακής και βιομηχανικής χρήσης	Παραγωγή ζεστού νερού οικιακής και βιομηχανικής χρήσης
Κύρια εφαρμογή στον ηλιακό κλιματισμό	Ανοικτά συστήματα ψύξης, π.χ. συστήματα ψύξης DEC	Συστήματα ψύξης DEC θερμοκίνητοι ψύκτες μιας βαθμίδας	Θερμοκίνητοι ψύκτες μιας βαθμίδας	Θερμοκίνητοι ψύκτες μιας βαθμίδας θερμοκίνητοι ψύκτες διπλής βαθμίδας (SYC)

**Σχήμα 4.19:** Σύνοψη των κύριων χαρακτηριστικών εμπορικά διαθέσιμων ηλιακών συλλεκτών που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές του ηλιακού κλιματισμού [92]

Οι συνηθέστεροι ψύκτες απορρόφησης που μπορεί να χρησιμοποιηθούν είναι οι ψύκτες  $H_2O-LiBr$  και σε μικρότερη έκταση οι ψύκτες  $NH_3-H_2O$ . Οι μεν πρώτοι χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με υδρόψυκτους συμπυκνωτές οι δε δεύτεροι με αερόψυκτους [95].

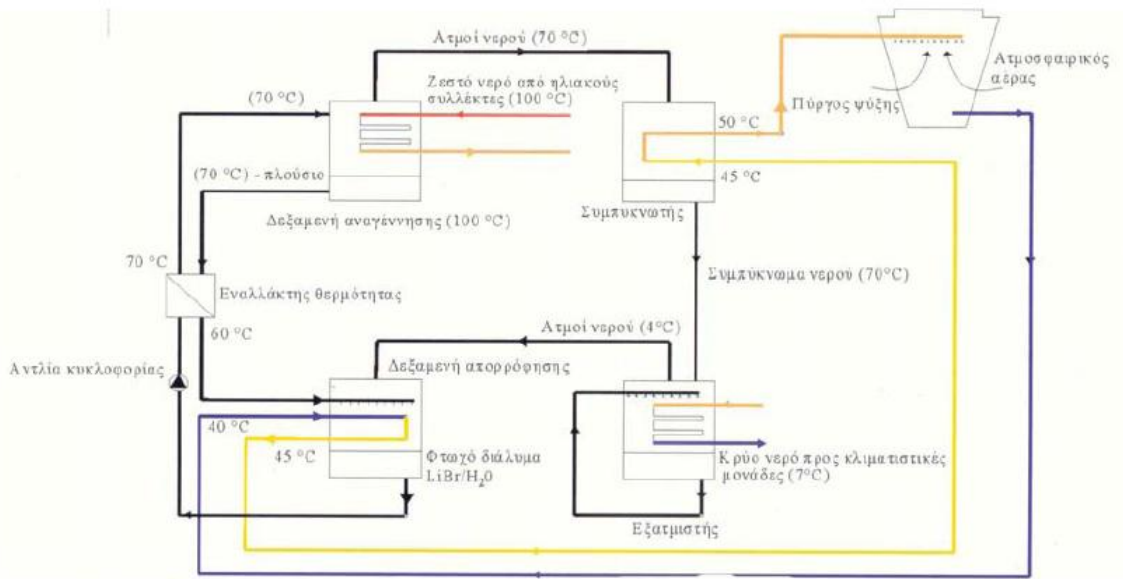
Ως συστήματα ηλιακού κλιματισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι θερμοκίνητοι ψύκτες  $H_2O-LiBr$  οι οποίοι ανάλογα με τον τρόπο θέρμανσης της ατμογεννήτριας διακρίνονται σε άμεσης και έμμεσης θέρμανσης ανάλογα με το αν η τροφοδότηση της κύριας ατμογεννήτριας θα γίνει από δεξαμενή ατμού ή ζεστού νερού ή αν η τροφοδότηση θα γίνει μέσω της καύσης υγρών ή αερίων καυσίμων αντίστοιχα.

Ανάλογα με τον αριθμό των ατμογεννητριών που έχει η κάθε μονάδα ψύξης μπορεί να είναι μονοβάθμια ή πολυβάθμια. Η μονοβάθμια μονάδα ψύξης έχει μια ατμογεννήτρια ενώ η πολυβάθμια έχει μια κύρια και μία ή περισσότερες δευτερεύουσες ατμογεννήτριες [95].

Η αποτελεσματικότητα του κύκλου προσρόφησης είναι άμεση συνάρτηση του ψυκτικού και του απορροφητικού μέσου. Το απορροφητικό μέσο σε αυτούς τους ψύκτες είναι υγρό και δεν έχει σχέση με το ψυκτικό μέσο το οποίο πρέπει να είναι πιο πτητικό από τον απορροφητή ώστε να διαχωρίζεται πιο εύκολα από αυτό και να έχει μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα. Τόσο το απορροφητικό όσο και το ψυκτικό υλικό θα πρέπει να είναι χημικά σταθερά και να είναι ανθεκτικά ως προς τη διάβρωση έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μεγάλη διάρκεια ζωής τους και να μην είναι τοξικά για λόγους ασφαλείας [96].

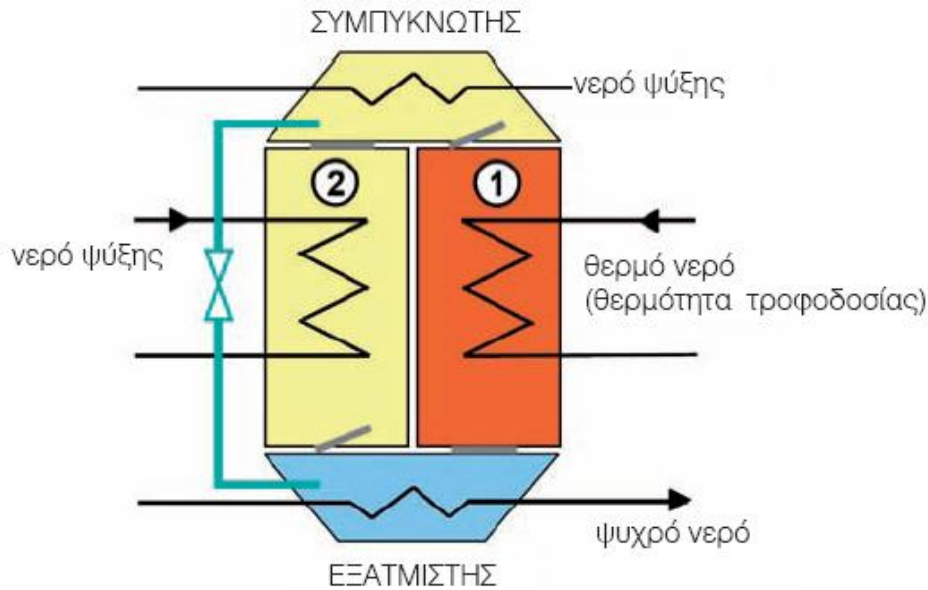
Η αρχή λειτουργίας του συγκεκριμένου ψύκτη είναι η ακόλουθη[92-94, 96]: Το νερό που είναι το ψυκτικό μέσο εξατμίζεται και απορροφάται από τον απορροφητή αραιώνοντας το διάλυμα  $H_2O/LiBr$ .

Η γεννήτρια ατμού αντλεί συνεχώς διάλυμα και μέσω θερμότητας πραγματοποιείται η αναγέννηση του διαλύματος. Στη συνέχεια το ψυκτικό μέσο συμπυκνώνεται στο συμπυκνωτή και μέσω βαλβίδας γυρνάει στον εξατμιστή. Ο βαθμός θερμικής απόδοσης (COP) των συγκεκριμένων ψυκτών είναι από 0.6 έως 0.8 ενώ για τους ψύκτες διπλής βαθμίδας μπορεί να φτάσει μέχρι και το 1,2.



**Σχήμα 4.20:** Αρχή λειτουργίας ενός ψύκτη απορρόφησης LiBr/H<sub>2</sub>O[96]

Οι ψύκτες προσρόφησης χρησιμοποιούν στη θέση του υγρού ψυκτικού στερεά πορώδη ροφητικά υλικά με κύριο τη silica gel. Οι συγκεκριμένοι ψύκτες έχουν δύο χώρους με ροφητικό υλικό έναν εξατμιστή και ένα συμπυκνωτή. Στον έναν χώρο γίνεται η αναγέννηση του ροφητικού υλικού μέσω ζεστού νερού από τον ηλιακό συλλέκτη και στον άλλο το ροφητικό υλικό προσροφά τους υδρατμούς από τον εξατμιστή. Στον εξατμιστή το νερό θερμαίνεται από εξωτερικό κύκλωμα και γίνεται αέριο. Ο εξατμιστής αποτελεί τον παραγωγό της χρήσιμης ψυκτικής ισχύος. Στην περίπτωση της πλήρωσης του ροφητικού υλικού στο χώρο προσρόφησης η λειτουργία των χώρων αντιστρέφεται. Οι συγκεκριμένοι ψύκτες δεν χρησιμοποιούνται παρά το πλεονέκτημα της απλότητας κατασκευής τους. Ο συντελεστής θερμικής απόδοσης σε αυτούς τους ψύκτες είναι 0.6 στους 80° C και η ψυκτική τους ικανότητα μπορεί να είναι από 50-500kW [92, 94, 96].



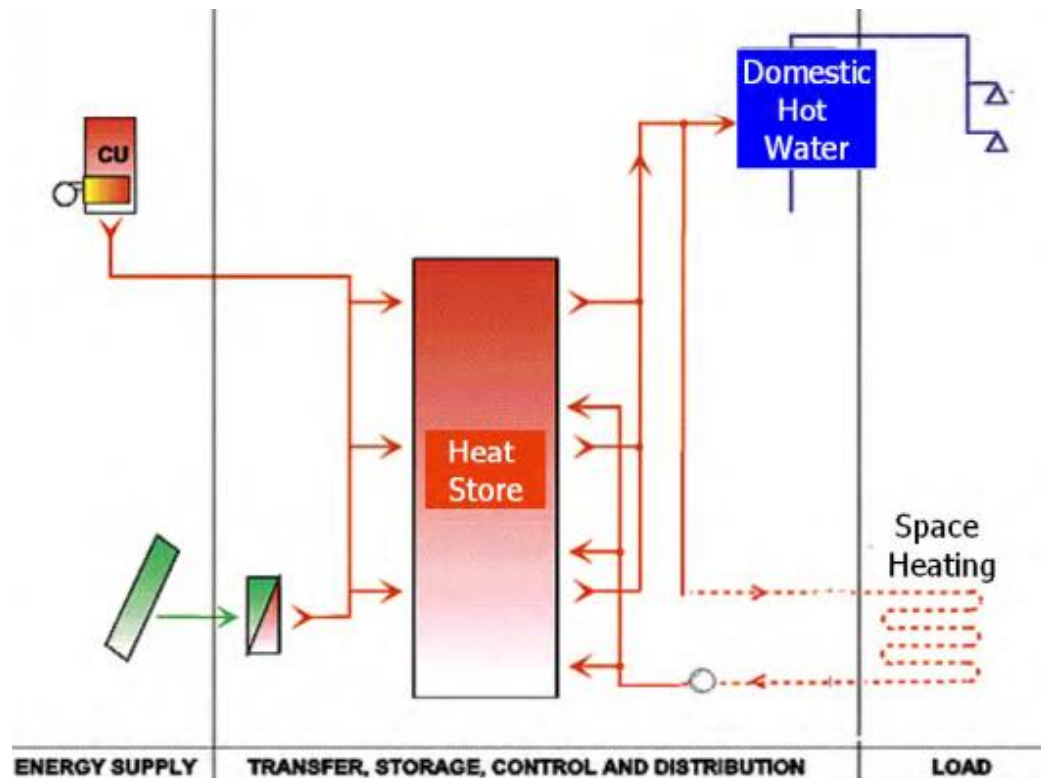
**Σχήμα 4.21:** Αρχή λειτουργίας ψύκτη προσρόφησης[92, 94, 96]

#### 4.3.7 Συστήματα Combi

Μια άλλη σύγχρονη τεχνολογία που μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα νοσοκομείο για την ταυτόχρονη θέρμανση του χώρου και του νερού είναι τα συστήματα Combi [97].

Τα συγκεκριμένα συστήματα θέρμανσης combi μπορούν να θερμάνουν το χώρο και το νερό ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας δύο πηγές ενέργειας την ηλιακή και οποιοδήποτε άλλο είδος ενέργειας η οποία χαρακτηρίζεται ως βοηθητική.

Τα συγκεκριμένα συστήματα έχουν την τυπική δομή ηλιακού συστήματος και αποτελούνται από ηλιακούς συλλέκτες, ηλιακούς εναλλάκτες θερμότητας, δεξαμενή αποθήκευσης θερμότητας (heat store) ή θερμοδοχείο combi, βοηθητικό σύστημα θέρμανσης (auxiliary heating system) σύστημα προετοιμασίας ζεστού νερού χρήσης (Domestic Hot Water preparation, DHW), σύστημα θέρμανσης χώρου (SH) και ελεγκτή του συνολικού συστήματος (controller) [98].



**Σχήμα 4.22:** Τα κύρια μέρη ενός ηλιακού combi συστήματος[98]

Το θερμοδοχείο combi θα πρέπει να είναι καλά μονωμένο και να βοηθά στη διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας του νερού στο εσωτερικό του η οποία δημιουργείται από το γεγονός πως το θερμό νερό έχει μικρότερη θερμότητα από το ψυχρό δημιουργώντας ζώνες διαφορετικής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του. Όσο καλύτερη είναι η δημιουργούμενη διαστρωμάτωση στο εσωτερικό της δεξαμενής θερμότητας τόσο μεγαλύτερη θα είναι η απόδοση του συστήματος και τόσο μεγαλύτερη θα είναι η συλλογή ενέργειας από τους ηλιακούς συλλέκτες. Η διαστρωμάτωση θα πρέπει να διατηρείται σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας για αυτό και πρέπει ο σχεδιασμός της δεξαμενής να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε αυτό να διασφαλίζεται.

Η φόρτιση του θερμοδοχείου πραγματοποιείται με έναν ηλιακό εναλλάκτη θερμότητας στον οποίο το νερό που θερμαίνεται ανυψώνεται και αναμιγνύεται με το νερό πάνω από τον εναλλάκτη.

Αυτό εξυπηρετεί στη μεταφορά της θερμότητας σε μεγάλο όγκο νερού και κατά συνέπεια, στη δημιουργία μιας ζώνης ίδιας θερμοκρασίας στο πάνω μέρος του εναλλάκτη. Στο εσωτερικό του θερμοδοχείου η θερμοκρασία μεταβάλλεται βαθμωτά στο νερό που βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τον εναλλάκτη[99].

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί σε μια δεξαμενή νερού από την οποία το ζεστό νερό τροφοδοτείται κατευθείαν από τη δεξαμενή στις διάφορες δραστηριότητες του νοσοκομείου ή στη δεξαμενή θέρμανσης χώρου. Μεταξύ της δεξαμενής του νερού και του ζεστού νερού οικιακής χρήσης παρεμβάλλεται ένας εναλλάκτης θερμότητας [99].

Σημαντικό επίσης ρόλο στα combi συστήματα έχει και το βοηθητικό σύστημα ενέργειας. Επειδή το νερό από τη βοηθητική πηγή ενέργειας στο θερμοδοχείο είναι η ροή με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία σε όλο το σύστημα θα πρέπει να βρίσκεται στο υψηλότερο επίπεδο του θερμοδοχείου[100]. Το σημείο εξόδου θα πρέπει να βρίσκεται πάνω από το δοχείο ζεστού νερού για χρήση και κάτω από το σύστημα θέρμανσης προκειμένου το σύστημα να μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες και για θέρμανση του νερού και για θέρμανση του χώρου. Όμως η έξοδος θα πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο πάνω και για να παραμένει αρκετός όγκος νερού για εκμετάλλευση του από τον ήλιο.

Τα συστήματα combi επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες και για αυτό δεν είναι εύκολη η εμπορική διάθεση ενός «πακέτου» όλων των απαραίτητων στοιχείων που θα μπορούν να εφαρμοστούν στην πλειονότητα των εγκαταστάσεων. Για αυτό σε κάθε περίπτωση απαιτείται ο λεπτομερής σχεδιασμός τους που βασίζεται στον προσδιορισμό του ζεστού νερού χρήσης στον προσδιορισμό του φορτίου θέρμανσης αλλά και στον προσδιορισμό του διαθέσιμου χώρου για τους ηλιακούς συλλέκτες και τα δοχεία αποθήκευσης [101].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η δυνατότητα μετατροπής ενός νοσοκομείου σε κτήριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Με την έννοια κτήριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης θεωρείται το κτήριο που εκμεταλλεύεται πλήρως τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική έτσι ώστε οι ενεργειακές του απαιτήσεις να ελαχιστοποιούνται ενώ η ενέργεια που λαμβάνεται από το δίκτυο να είναι ίση με την εξερχόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια ενός έτους.

Ο στόχος για ένα κτήριο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι η ποσότητα που πρέπει να εισέρχεται στο κτήριο θα πρέπει να παράγεται από σταθμούς της γύρω περιοχής που βρίσκεται το κτήριο και να είναι και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας στα νοσοκομεία προέρχεται από το γεγονός της ιδιαιτερότητας του χώρου. Τα νοσοκομεία καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας επειδή λειτουργούν 24 ώρες το 24ωρο για 365 ημέρες το χρόνο.

Τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε έναν τέτοιο χώρο και τη μετατροπή ενός νοσοκομείου σε κτήριο μηδενικής ή σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης θα πρέπει να αποσκοπούν σε:

- Στην μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας χωρίς να επιβαρύνονται οι συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης που απαιτούνται για τους ασθενείς και το προσωπικό του νοσοκομείου.
- Στη μείωση της συνεισφοράς στο φαινόμενο του θερμοκηπίου μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και γενικότερα εφαρμογών φιλικών προς το περιβάλλον.

- Στη μείωση του κόστους συντήρησης και λειτουργίας του εξοπλισμού αλλά και στην ταυτόχρονη βελτίωση της διαχείρισης των συστημάτων του νοσοκομείου και
- Στην βελτίωση του περιβάλλοντος στο εσωτερικό του νοσοκομείου.

Η κατανάλωση ενέργειας στα νοσοκομεία όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία πραγματοποιείται:

- Στα συστήματα θέρμανσης ψύξης και στα συστήματα ζεστού νερού που είναι και οι βασικές λειτουργίες που είναι απαραίτητες σε ένα νοσοκομείο όλο το εικοσιτετράωρο.
- Στις ποικίλες υπηρεσίες που απαιτούνται για την παροχή υπηρεσιών στους ασθενείς όπως είναι τα χειρουργεία, τα εξεταστήρια, οι κουζίνες και τα πλυντήρια.
- Στον ιατρικό εξοπλισμό που συνήθως είναι ποικίλος στα νοσοκομεία και απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας.

Τα συστήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα νοσοκομείο για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας τα φωτοβολταϊκά, τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα καθώς και τα συνδυαστικά συστήματα Combi. Φυσικά όλα τα παραπάνω θα επιβλέπονται από ένα Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου, Building Energy Management System, το οποίο θα διαχειρίζεται με τον βέλτιστο τρόπο την ενέργεια αφενός που παράγεται από τα συστήματα και φυσικά που καταναλώνεται στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.

Η οποιαδήποτε εφαρμογή που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία ακολουθεί τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού εξυπηρετώντας εκτός από τη θερμική άνεση και την οπτική άνεση του κτηρίου. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αποτελεί από μια οπτική άποψη μια νέα θεώρηση της αρχιτεκτονικής που σχετίζεται περισσότερο με την περιβαλλοντική διάσταση του κτηρίου παρά με την ενεργειακή.



Η εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού μπορεί να δημιουργήσει κτήρια ενεργειακής εξοικονόμησης εξαιτίας της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και των συνολικών δομικών στοιχείων που χρησιμοποιείται στην κατασκευή και στην ανακαίνιση του κτηρίου. Η χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα κτήρια τα οποία ακολουθούν τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού οδηγεί σε ικανοποιητική κάλυψη αν όχι όλων του μεγαλύτερου μέρους των θερμικών απαιτήσεων των κτιρίων. Επιπλέον η εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού δημιουργούν τις απαραίτητες συνθήκες θερμικής άνεσης και περιορίζει τη χρήση θερμοστατών για τη ρύθμιση τους και τέλος, διευκολύνει τη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα στα κατάλληλα επίπεδα ανάλογα με την εποχή.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εφαρμόζεται με κύριο κριτήριο την απλότητα της χρήσης των εφαρμογών και την αποφυγή των πολύπλοκων παθητικών συστημάτων και τεχνικών, τον περιορισμό της παρέμβασης του ανθρώπινου παράγοντα στη λειτουργία των διαφόρων συστημάτων του νοσοκομείου και την χρήση ενεργειακών τεχνολογιών που είναι αποδοτικές ως προς την τεχνοοικονομική τους άποψη.

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια οποιασδήποτε χρήσης και στα νοσοκομεία που εξετάζονται στη συγκεκριμένη εργασία, είναι τα ηλιακά συστήματα τα οποία διακρίνονται σε ενεργητικά και παθητικά. Το πλεονέκτημα των ηλιακών συστημάτων για χρήση στα νοσοκομεία αλλά και στα υπόλοιπα κτήρια είναι πως εκμεταλλεύονται με ισχυρά ικανοποιητική απόδοση την ηλιακή ενέργεια η οποία εκτός από καθαρή μορφή ενέργειας είναι και άφθονη στην Ελλάδα.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα συλλέγουν τη θερμότητα του ήλιου χωρίς τη χρήση μηχανικών συστημάτων σε αντίθεση με τα ενεργητικά που χρησιμοποιούν μηχανικά στοιχεία για την παγίδευση της ηλιακής ενέργειας και τη μετέπειτα μετατροπή της σε θερμική. Τα ενεργητικά συστήματα παρέχουν μεγαλύτερες αποδόσεις συνήθως στη θέρμανση των κτηρίων αλλά έχουν σημαντικά μεγαλύτερο κόστος από τα παθητικά ηλιακά συστήματα και για αυτό τα δεύτερα χρησιμοποιούνται περισσότερο.

Το βασικό χαρακτηριστικό των παθητικών ηλιακών συστημάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα νοσοκομείο είναι ότι αποτελούν μέρος του παθητικού σχεδιασμού του κτηρίου και κατά συνέπεια χρησιμοποιούν τα δομικά χαρακτηριστικά του κτηρίου για την παραγωγή και απελευθέρωση θερμότητας. Αξίζει να σημειωθεί πως παρά το γεγονός πως τα παθητικά ηλιακά συστήματα μπορεί να μην καλύπτουν πλήρως τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου μπορούν να εξοικονομήσουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας.

Η απόδοση των ηλιακών συστημάτων που μπορεί να εφαρμοστούν σε ένα νοσοκομείο για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι συνάρτηση εκτός των χαρακτηριστικών του κτηρίου του νοσοκομείου και της γεωγραφικής του θέσης. Άμεση συνάρτηση της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας του χώρου που είναι εγκατεστημένο το νοσοκομείο είναι η θερμική και ηλεκτρική απόδοση του συστήματος.

Εκτός από τα ηλιακά συστήματα στη συγκεκριμένη εργασία με βάση τις αναφορές στη βιβλιογραφία προτείνεται και η χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας που θα αξιοποιεί τη θερμική ενέργεια του εδάφους για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού σε ένα νοσοκομείο. Η χρήση του συγκεκριμένου συστήματος μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας μέχρι και 70% και ενδείκνυνται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης στα νοσοκομεία. Το συγκεκριμένο σύστημα μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη διατήρηση της κατάλληλης ποιότητας του αέρα και εξαιτίας της δομής του περιορίζει τη μετάδοση μικροβίων στο νερό χρήσης. Και για αυτό το σύστημα όμως καθοριστικός παράγοντας είναι η μορφολογία και η καταλληλότητα του εδάφους στο χώρο εγκατάστασης του νοσοκομείου.

Σε κάθε περίπτωση καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή του συστήματος που θα εγκατασταθεί σε ένα νοσοκομείο είναι το κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης του συγκεκριμένου συστήματος σε συνδυασμό με την απόδοση του και το χρόνο απόσβεσής του. Το συνολικό κόστος ενός συστήματος εξαρτάται από το χώρο εγκατάστασης του και τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό. Σε κάθε περίπτωση η απόσβεση του κόστους

είναι σίγουρη λαμβάνοντας υπόψη την εξοικονόμηση ενέργειας και τα περιβαλλοντικά οφέλη ενός κτηρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

***Ενδεικτική λίστα ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που θα ελέγξουμε και θα διαχειριστούμε μέσω ενός Κεντρικού Συστήματος Ελέγχου ώστε να πετύχουμε την βέλτιστη ενεργειακή κατανάλωση***

1. Σύστημα γεωθερμίας
2. Σύστημα φωτοβολταϊκών
3. Σύστημα ηλιακών
4. Ψυχοστάσιο / Ψύκτες
5. Λεβητοστάσιο / Λέβητες
6. Παραγωγή ζεστού νερού από ηλιακά, από boiler, κλπ
7. Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες για την θέρμανση, ψύξη και αερισμό των χώρων
8. Ανεμιστήρες ανακυκλοφορίας αέρα
9. Φωτισμός και ζώνες φωτισμού για τους διαφορετικούς χώρους
10. Θερμοκρασία στους χώρους του νοσοκομείου (δωμάτια, χώροι αναμονής και επισκεπτών, γραφεία γιατρών κλπ)
11. Θερμοκρασία στους κρίσιμους χώρους του νοσοκομείου όπως χειρουργεία, εργαστήρια, κλπ
12. Θερμοκρασία σε χώρους αποθήκευσης τροφίμων ή φαρμάκων
13. Ανελκυστήρες
14. Ηλεκτροζεύγος και UPS
15. Δεξαμενές νερού
16. Πυροσβεστικό συγκρότημα
17. Πιεστικό συγκρότημα
18. Ψυκτικοί θάλαμοι
19. Αντλιοστάσια ακαθάρτων
20. Αντλιοστάσια ομβρίων  
κλπ

Μέσω του Κεντρικού Συστήματος ελέγχου θα γίνει η βέλτιστη διαχείριση και παρακολούθηση όλων των παραπάνω συστημάτων και χώρων.

Επίσης, καθοριστικής σημασίας είναι η άμεση ενημέρωση πιθανών βλαβών ώστε να επέμβουμε το συντομότερο δυνατό, καθώς και η δυνατότητα ενεργειακών καταγραφών ώστε να αξιολογήσουμε τις καταναλώσεις μας και να επέμβουμε σε σημεία όπου βλέπουμε αποκλίσεις από τα αναμενόμενα.

## Παραρτήματα

### Παράρτημα Α : Τεχνική Περιγραφή Κεντρικού Συστήματος

#### Ελέγχου (B.M.S.)

Το κτήριο θα κατασκευαστεί σύμφωνα με τις τελευταίες οδηγίες για εξοικονόμηση ενέργειας. Στο πλαίσιο αυτό, το κεντρικό σύστημα ελέγχου πρέπει να είναι εφοδιασμένο με όλους τους απαραίτητους αλγόριθμους για την βέλτιστη ενεργειακή διαχείριση του κτηρίου.

Το πρότυπο EN15232:2012 θα εφαρμοστεί σαν βάση για την εξοικονόμηση ενέργειας. Ο προμηθευτής του συστήματος θα προσκομίσει τα ανάλογα πιστοποιητικά για το ότι το προσφερόμενο σύστημα πληρεί τις προϋποθέσεις αυτές. Οι προδιαγραφές του Κεντρικού Συστήματος Ελέγχου δημιουργήθηκαν βασισμένες στη ενεργειακή κλάση Α.

Η ρύθμιση των επιμέρους αλληλουχιών θα είναι συντονισμένες με την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου. Ο ανάλογος έλεγχος θα πραγματοποιηθεί στην διάρκεια αποδοχής του συστήματος.

Για τη λειτουργία του τεχνικού εξοπλισμού του κτηρίου, θα εγκατασταθεί Κεντρικό Σύστημα Επιτήρησης και Ελέγχου με συσκευές (ελεγκτές) τεχνολογίας Άμεσου Ψηφιακού Ελέγχου (Direct Digital Control – DDC). Το σύστημα θα είναι σε θέση να διενεργεί εκτεταμένες λειτουργίες μετρήσεων, παρακολούθησης, ελέγχου, και βελτιστοποίησης των λειτουργιών των εγκαταστάσεων. Όλες οι εφαρμογές που θα περιέχει πρέπει να έχουν δοκιμαστεί και να υπάρχει σχετική τεκμηρίωση για την λειτουργία τους. Ο ελεύθερος προγραμματισμός των ελεγκτών θα εξασφαλίζει τις δυνατότητες προσαρμογής των λειτουργιών στις ανάγκες των χρηστών του κτηρίου.

Όλα τα υλικά που θα προσφερθούν πρέπει να είναι τελευταίας τεχνολογίας, και να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη συνέχεια στην επεκτασιμότητα του συστήματος.

Κατά την διάρκεια οποιασδήποτε επέκτασης του συστήματος, οι νέες συσκευές θα μπορούν να ενσωματωθούν στο υπάρχον σύστημα χωρίς καμία δυσκολία.

Απαραίτητο για το κεντρικό σύστημα είναι να διαθέτει την βασική αρχιτεκτονική των τριών επιπέδων.

- Επίπεδο διαχείρισης.
- Επίπεδο αυτοματισμού (ελεγκτές εγκαταστάσεων/ελεγκτές δωματίων).
- Επίπεδο συλλογής πληροφοριών και εντολοδότησης συσκευών (είσοδοι / έξοδοι, περιφερειακά υλικά).

Τα τρία επίπεδα του συστήματος θα επικοινωνούν και θα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Το σύστημα που θα προσφερθεί θα πρέπει να παρέχει υψηλή αξιοπιστία και διαθεσιμότητα. Για το λόγο αυτό θα μπορεί να λειτουργεί με εκτεταμένη αποκέντρωση των λειτουργιών του. Στο επίπεδο αυτοματισμού του συστήματος θα βρίσκονται αυτόνομοι ψηφιακοί ελεγκτές ώστε να μπορούν να εκτελούν τις διεργασίες τους ανεξάρτητα από το σύνολο των συσκευών του κεντρικού συστήματος ελέγχου.

Για να επιτευχθεί η υψηλή απόδοση διασύνδεσης του συστήματος με τρίτα προς αυτό συστήματα, θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να ενσωματώσει αυτά τα συστήματα στο επίπεδο αυτοματισμού και στο επίπεδο διαχείρισης. Οι ενσωμάτωση αυτών των συσκευών θα πρέπει να επιτυγχάνεται με ευκολία και μικρή προσπάθεια. Όλο το υλικό και λογισμικό που απαιτείται για την ένταξη των τρίτων συστημάτων, καθώς και όλες οι απαιτούμενες υπηρεσίες, διευκρινήσεις, τεχνικές επικοινωνίας, δοκιμές διασύνδεσης και μετάδοσης δεδομένων, παραγωγή ειδικού λογισμικού, δημιουργία γραφικών κ.λ.π. θα πρέπει να περιλαμβάνονται στο κόστος.

Για να υπάρχει ένα υποστηριζόμενο περιβάλλον και για την μελλοντική επεκτασιμότητα του συστήματος, ο προμηθευτής θα πρέπει να αποδείξει ότι το προσφερόμενο υλικό και λογισμικό αναπτύχθηκαν σαν μια ολοκληρωμένη λύση από έναν και μόνο κατασκευαστή.

Το κεντρικό σύστημα πρέπει να είναι εύκολα κατανοητό και συνεκτικό για να διασφαλίσει την δυνατότητα μελλοντικών επεκτάσεων. Μετά την ένταξη όλων των απαιτούμενων σημείων ελέγχου αυτά θα παρέχονται αυτόματα για ανάγνωση στις μονάδες χειρισμού του συστήματος και στον Η/Υ του επιπέδου διαχείρισης.

#### Διασυνδέσεις

Προσβλέποντας στην μακροπρόθεσμη λειτουργία του συστήματος, το σύστημα ελέγχου των κτηριακών εγκαταστάσεων θα πρέπει να παρέχει όλους του τρόπους διασύνδεσης με τρίτα προς αυτό συστήματα, μέσω των κοινών (ανοιχτών) επικοινωνιών που διαθέτει η αγορά σήμερα.

#### Υλοποίηση μέσω BACnet

Προεπιλεγμένα πρωτόκολλα και υλικά μέσων επικοινωνίας (πρότυπο ISO) θα εξασφαλίζουν την επικοινωνία του συστήματος. Τρίτα συστήματα θα ενσωματώνονται στο κεντρικό σύστημα των εγκαταστάσεων σε πρωτόκολλο BACnet. Αυτά θα παρέχουν μόνο τα δεδομένα που απαιτούνται για την αποτελεσματική και οικονομική λειτουργία των εγκαταστάσεων αυτών.

#### Διασύνδεση συστήματος ελέγχου και διαχείρισης φωτισμού EIB/KNX

Θα υπάρχει πλήρης διασύνδεση του συστήματος ελέγχου και διαχείρισης φωτισμού, καθώς και του δικτύου των ελεγκτών των μονάδων Fan Coil με το κεντρικό σύστημα ελέγχου. Συσκευές και συστήματα KNX με S-mode θα συνδέονται στο κεντρικό σύστημα με αμφίδρομη επικοινωνία σε ψηφιακό

ελεγκτή με πρωτόκολλο BACnet για την ενσωμάτωση των υψηλότερου επιπέδου λειτουργιών EIB/KNX π.χ. έλεγχο λειτουργιών δωματίων, ομαδοποίηση ενεργειακής ζήτησης, προγραμματισμός ελέγχου, και λειτουργίες συστήματος (π.χ. ορισμός χρονοπρογραμμάτων, μεταγωγή χειμώνα-θέρος κ.α.). Η διασύνδεση θα είναι άμεση και χωρίς μετατροπή. Τα ελεγχόμενα σημεία του KNX συστήματος θα αντιστοιχούν σε σημεία εισόδου / εξόδου πρωτοκόλλου BACnet στο κεντρικό σύστημα του κτηρίου και θα είναι διαθέσιμα για τις περαιτέρω λειτουργίες και διεργασίες του κεντρικού συστήματος. π.χ. για:

- Αναγγελία συναγερμών και διαχείρισής τους.
- Παράκαμψη και ιεράρχηση ελέγχου, και εντολοδότηση κεντρικών λειτουργιών.
- Ομαδοποιήσεις.
- Χρονικός προγραμματισμός των λειτουργιών τους.
- Καταγραφή των μεγεθών τους.

Για την εξασφάλιση της εύκολης και απρόσκοπτης διασύνδεσης μεταξύ των δύο συστημάτων, τα συστήματα αυτά θα πρέπει να προέρχονται από τον ίδιο κατασκευαστή. Επίσης, κατά τη φάση της προσφοράς, ο προσφέρων θα πρέπει να καταθέσει λίστα εκτελεσμένων έργων στα οποία έχει υλοποιηθεί αντίστοιχη διασύνδεση.

**Διασύνδεση συστημάτων πυρανίχνευσης - Σύστημα πυρανίχνευσης με πρωτόκολλο BACnet**

Συστήματα ανίχνευσης πυρκαγιάς πρωτοκόλλου BACnet που υποστηρίζουν BACnet BIBB AE-LS-B, καθώς και αντικείμενα LifeSafetyPoint και LifeSafetyZone σύμφωνα με το PICS (Protocol Implementation Conformance Statement) έγγραφο, πρέπει να έχουν τη δυνατότητα ένταξης στο σύστημα, για την καλύτερη ανάπτυξη και λειτουργία του κεντρικού συστήματος των κτηριακών εγκαταστάσεων. Οι ακόλουθες λειτουργίες θα υποστηρίζονται:

- Συναγερμοί και συμβάντα από το σύστημα ανίχνευσης πυρκαγιάς θα είναι σαφή και με αδιαμφισβήτητο προσδιορισμό.
- Σηματοδοσίες και αναφορές των συσκευών θα εμφανίζονται σύμφωνα με τον πρότυπο BACnet.
- Κείμενα και οδηγίες θα μπορούν να προστεθούν σε ανιχνευτές και ζώνες.
- Κατόψεις και άλλοι τρόποι προσδιορισμού, καθώς και δυναμικά σύμβολα θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απεικόνιση.
- Η τεχνική ιεραρχία του κτηρίου, π.χ. κτήριο, μέρος κτηρίου, ζώνη, ανιχνευτής, θα παρέχονται στον χρήστη για την εύχρηστη λειτουργία του συστήματος.

**Διασύνδεση συσκευών Modbus**

Συσκευές με πρωτόκολλο Modbus θα συνδέονται με αμφίδρομη επικοινωνία στο κεντρικό σύστημα μέσω απομακρυσμένης μονάδας διασύνδεσης που είναι ενσωματωμένη σε ψηφιακό ελεγκτή με πρωτόκολλο

BACnet. Ο ψηφιακός ελεγκτής θα παρέχει τουλάχιστον τις ακόλουθες λειτουργίες

- Επικοινωνία βάσει προκαθορισμένων συμβάντων.
- Peer-to-peer επικοινωνία (αμφίδρομη επικοινωνία).
- Επεξεργασία συναγερμών και μηνυμάτων, και διανομή τους στις μονάδες χειρισμών και ελέγχου, και στον σταθμό διαχείρισης του συστήματος.
- Δημιουργία ημερήσιων και εβδομαδιαίων χρονοπρογραμμάτων.
- Λειτουργίες ετήσιων προγραμμάτων.
- Τοπική καταγραφή φυσικών μεγεθών στη μνήμη του ελεγκτή (long-term trend).

#### Διασύνδεση συσκευών M-Bus

Συσκευές με πρωτόκολλο M-Bus θα συνδέονται με αμφίδρομη επικοινωνία στο κεντρικό σύστημα μέσω απομακρυσμένης μονάδας διασύνδεσης που είναι ενσωματωμένη σε ψηφιακό ελεγκτή με πρωτόκολλο BACnet. Ο ψηφιακός ελεγκτής θα παρέχει τουλάχιστον τις ακόλουθες λειτουργίες

- Επικοινωνία βάσει προκαθορισμένων συμβάντων.
- Peer-to-peer επικοινωνία (αμφίδρομη επικοινωνία).
- Επεξεργασία συναγερμών και μηνυμάτων, και διανομή τους στις μονάδες χειρισμών και ελέγχου, και στον σταθμό διαχείρισης του συστήματος.
- Δημιουργία ημερήσιων και εβδομαδιαίων χρονοπρογραμμάτων.
- Λειτουργίες ετήσιων προγραμμάτων.
- Τοπική καταγραφή φυσικών μεγεθών στη μνήμη του ελεγκτή (long-term trend).

#### Περίπτωση Διακοπής Ρεύματος

Οι συσκευές του επιπέδου αυτοματισμού και του επιπέδου διαχείρισης θα τροφοδοτούνται από το δίκτυο Αδιαλείπτως Τροφοδοσίας Ρεύματος (UPS).

Όλες οι πληροφορίες και τα δεδομένα θα αποθηκεύονται για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε περιπτώσεις διακοπής ρεύματος ή επεκτάσεων του συστήματος ή την απομάκρυνση / μεταφορά των ψηφιακών ελεγκτών. Οι λειτουργίες και όλες οι παράμετροι του συστήματος (ρυθμίσεις μεγεθών, χρονοπρογράμματα, κ.λ.π.) θα αποθηκεύονται. Οι συναγερμοί, καταγραφές μεγεθών, κ.α. θα αποθηκεύονται στους ψηφιακούς ελεγκτές για τουλάχιστον 3 ημέρες χωρίς μπαταρία. Για τον λόγο αυτό, σε κανονικές συνθήκες, θα υπάρχει συνεχής παρακολούθηση των μπαταριών των ψηφιακών ελεγκτών, και θα υπάρχει σχετική αναγγελία μηνύματος σε περίπτωση που υπάρχει χαμηλή τάση στη μπαταρία.

Σε περίπτωση διακοπής και επαναφοράς της ηλεκτρικής τροφοδοσίας των εγκαταστάσεων και των ψηφιακών ελεγκτών, το κεντρικό σύστημα θα πρέπει να επαναφέρει τις εγκαταστάσεις στην προηγούμενη κατάστασή τους.



Αυτό πρέπει να επιτευχθεί με την απαραίτητη χρονική καθυστέρηση μεταξύ της επαναφοράς κάθε εγκατάστασης, ώστε να αποφευχθούν φορτία αιχμής κατά την μεταβατική περίοδο. Οι ψηφιακοί ελεγκτές θα κρατούν στη μνήμη τους όλα τα στοιχεία (εντολές, μετρήσεις, ρυθμίσεις κ.λ.π.), ώστε να είναι δυνατή η παραπάνω λειτουργία.

Ωρα συστήματος, αυτοπαρακολούθηση και αυτοδιάγνωση

Το σύστημα θα διαθέτει ενιαίο σύστημα χρονισμού, με έναν ψηφιακό ελεγκτή να ορίζεται ως χρονιστής του συστήματος. Αυτός θα πρέπει να υποστηρίζει τα BACnet BIBB DM-TS-A σύμφωνα με το έγγραφο συμμόρφωσης PICS. Ο χρονιστής του συστήματος θα μπορεί να λαμβάνει την ώρα και ημερομηνία μέσω DCF277 σήματος, και να την μεταβιβάζει στους υπόλοιπους ψηφιακούς ελεγκτές του συστήματος.

Ο συγχρονισμός θα επιτυγχάνεται με τη χρήση των Windows ή BACnet υπηρεσιών.

- Ο χρονιστής του συστήματος θα λαμβάνει την ώρα από Internet διακομιστή χρόνου ή από υπηρεσίες ασύρματου συγχρονισμού ώρας (Υπηρεσία Windows)
- Ο Κεντρικός σταθμός επιτήρησης και ελέγχου θα συγχρονίζει όλους τους ψηφιακούς ελεγκτές του συστήματος με τη χρήση υπηρεσιών BACnet.

Οι ψηφιακοί ελεγκτές θα λειτουργούν με το δικό τους ρολόι πραγματικού χρόνου σε περίπτωση αστοχίας του συγχρονιστή του συστήματος, και θα επανασυγχρονίζονται με την επαναφορά του συγχρονιστή.

Για την ενημέρωση της τρέχουσας κατάστασης ολόκληρου του συστήματος, το σύστημα θα πρέπει να ενεργεί συνεχή αυτοπαρακολούθηση όλων των συσκευών του. Δυσλειτουργία οποιασδήποτε συσκευής του συστήματος, θα κοινοποιείται.

Θα πραγματοποιείται αυτοδιαγνωστικός έλεγχος για την γρήγορη ανίχνευση και απεικόνιση προβλημάτων ή/και την προσέγγιση των ορίων που τυχόν δημιουργήσουν προβλήματα.

Γενικές λειτουργίες εγκαταστάσεων.

Θα υπάρχουν τέσσερις λειτουργίες υψηλότερου επιπέδου για όλες τις εγκαταστάσεις:

- Τοπική χειροκίνητη λειτουργία με τη λειτουργία του ψηφιακού ελεγκτή.
- Χειροκίνητη λειτουργία μέσω του κεντρικού σταθμού επιτήρησης και ελέγχου (εφόσον οι λειτουργίες των εγκαταστάσεων στους ψηφιακούς ελεγκτές / πίνακες αυτοματισμού είναι στο αυτόματο).
- Χρονοπρογράμματα με την προϋπόθεση ότι όλες οι λειτουργίες των εγκαταστάσεων στους ψηφιακούς ελεγκτές / πίνακες

- αυτοματισμού είναι στο αυτόματο.
- Αυτόματη λειτουργία.

Όλες οι ελεγχόμενες λειτουργίες των ψηφιακών ελεγκτών θα παραμένουν στο αυτόματο για την μέγιστη διαθεσιμότητα των εγκαταστάσεων από το σύστημα. Μόνο σε μεμονωμένες περιπτώσεις θα πρέπει να αλλάζει λειτουργία από αυτόματο (π.χ. σε περίπτωση αστοχίας των εγκαταστάσεων, σε περιπτώσεις εφεδρικών συστημάτων, κ.λ.π.).

Όλες οι λειτουργίες ασφάλειας και μανδαλώσεων θα λαμβάνουν απόλυτη προτεραιότητα στις λειτουργίες των εγκαταστάσεων, ανεξαρτήτως από τον προγραμματισμένο τρόπο λειτουργίας.

#### Αυτόματη λειτουργία

Οι εγκαταστάσεις του κτηρίου θα ενεργοποιούνται/απενεργοποιούνται αυτόματα, ή από κάποιο συμβάν ή χρονοπρόγραμμα. Οι ακόλουθες λειτουργίες θα πρέπει να εγγυώνται: Οι αλγόριθμοι ελέγχου, οι αλγόριθμοι ασφάλειας και μανδαλώσεων θα λειτουργούν ανεξαρτήτως από τον προγραμματισμένο τρόπο λειτουργίας.

#### Έλεγχος μέσω χρονοπρογραμμάτων

Οι ελεγχόμενες εγκαταστάσεις θα ενεργοποιούνται/απενεργοποιούνται από ετήσια/εβδομαδιαία/ ημερήσια χρονοπρογράμματα που θα ρυθμίζει ο χρήστης του συστήματος. Η λειτουργία αυτή προϋποθέτει ότι όλες οι ελεγχόμενες εγκαταστάσεις είναι στο αυτόματο.

#### Χειροκίνητη λειτουργία

Απαιτούνται διάφορες επιλογές για την χειροκίνητη λειτουργία.

- Χειροκίνητη λειτουργία μέσω του επιπέδου διαχείρισης (απομακρυσμένη λειτουργία).
- Χειροκίνητη λειτουργία μέσω τοπικού χειριστηρίου ή laptop συνδεδεμένο απευθείας στον πίνακα αυτοματισμού.
- Χειροκίνητη λειτουργία μέσω δικτυακής μονάδας χειρισμού ή απευθείας από τον πίνακα αυτοματισμού.

Γενικά οι παραπάνω χειροκίνητες λειτουργίες είναι επιλογές που βρίσκονται στους ψηφιακούς ελεγκτές. Η χειροκίνητη λειτουργία επιτρέπει την παράκαμψη της προγραμματισμένης λειτουργίας των εγκαταστάσεων για λόγους της προσωρινής διαφοροποίησης των αναγκών του κτηρίου. Οι εγκαταστάσεις που λειτουργούν βάσει κάποιας αυτόματης λειτουργίας (χρονοπρόγραμμα, ζήτηση κ.α.), θα μπορούν να ενεργοποιούνται / απενεργοποιούνται από το σύστημα με τις χειροκίνητες επιλογές. Ο έλεγχος της χειροκίνητης λειτουργίας κάποιας εγκατάστασης θα αντιστοιχεί στον έλεγχο της αυτόματης λειτουργίας της (ρυθμίσεις, κ.λ.π.).

## Επίπεδο διαχείρισης

### Γενικά

Όλες οι πληροφορίες συγκεντρώνονται στο επίπεδο διαχείρισης όπου βρίσκεται και ο κεντρικός σταθμός επιτήρησης και ελέγχου. Ο κεντρικός σταθμός περιέχει την γραφική απεικόνιση των εγκαταστάσεων με την οποία ο χρήστης του συστήματος αλληλεπιδρά με τους ψηφιακούς ελεγκτές, και κατά συνέπεια με τις εγκαταστάσεις που είναι συνδεδεμένες σε αυτούς.

Ο χρήστης θα έχει την δυνατότητα να εμφανίζει, αναζητά, επεξεργάζεται, αντιγράφει, εκτυπώνει οποιαδήποτε πληροφορία σχετίζεται με τις ελεγχόμενες εγκαταστάσεις. Η λειτουργία του συστήματος θα είναι εύκολη (ο χρήστης θα καθοδηγείται μέσω παραθύρων διαλόγου). Οι εγκαταστάσεις θα παρουσιάζονται συνοπτικά, και θα υπάρχει δυναμική απεικόνιση των τιμών και καταστάσεων. Ειδικές εφαρμογές θα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των υψηλότερων διεργασιών, όπως βελτιστοποίηση των εγκαταστάσεων, χρόνοι συντήρησης, και ενεργειακή διαχείριση.

### Λειτουργικό σύστημα κεντρικού σταθμού

Όλοι οι διακομιστές δεδομένων, σταθμοί χειρισμού, κ.λ.π. του συστήματος, θα είναι συμβατοί με το τρέχων λειτουργικό σύστημα των Windows. Είναι επομένως σημαντικό να υποστηρίζεται η εγκατάστασή τους σε νέες εκδόσεις των Windows (με διαφορά 6 μηνών μετά την έκδοσή τους από την Microsoft), καθώς και η προηγούμενη έκδοση. Η χρήση της υποδομής των δικτύων του πελάτη είναι επιθυμητή, ώστε το σύστημα να μπορεί να εγκατασταθεί σε ένα τυποποιημένο περιβάλλον.

### Απαιτήσεις υλικού

Ελάχιστη απαίτηση για τον σταθμό διαχείρισης (ως σταθμός εργασίας), με SQL Server Express, και εγκατάσταση του έργου τοπικά στον υπολογιστή:

- 20 GB ελεύθερο χώρο στο δίσκο
- 4096 MB RAM
- Microsoft Windows 7 64-bit Professional
- Core Duo 2 στα 2.3 GHz (ή ισοδύναμο)
- Οθόνη TFT ή LED 19"
- DVD-ROM

### Επισκόπηση εγκαταστάσεων

Ο κεντρικό σταθμός επιτήρησης θα διαθέτει την δυνατότητα καθορισμού των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτηρίου στα οποία θα μπορεί κάποιος χρήστης να επέμβει. Ο προγραμματισμός αυτών θα μπορεί να γίνεται είτε βάσει των περιοχών του κτηρίου, είτε βάσει των οργανωτικών δικαιωμάτων που έχει ο κάθε χρήστης στο κτήριο.

## Γραφικά

Στον κεντρικό σταθμό επιτήρησης θα υιοθετηθεί ένα ενοποιημένο γραφικό περιβάλλον με εργονομικά γραφικά για την λειτουργία, παρακολούθηση, βελτιστοποίηση, και καταγραφή όλων των διασυνδεδεμένων συστημάτων αυτοματισμού.

Οι κοινοποιήσεις του συστήματος θα εμφανίζονται και αξιολογούνται στον κεντρικό σταθμό επιτήρησης και ελέγχου.

Τα γραφικά του κεντρικού σταθμού επιτήρησης θα πληρούν τις απαιτήσεις των χρηστών, ώστε η λειτουργία του συστήματος να είναι εύκολη, και ο χρήστης να μην χρειάζεται ειδικές γνώσεις υπολογιστών. Τα σύμβολα που θα χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία των γραφικών θα είναι σύμφωνα με τους κανόνες των HVAC συμβόλων (DIN 19227).

Τα γραφικά του κεντρικού σταθμού θα αποτελούνται από δυναμικές παραστάσεις υψηλής ανάλυσης. Θα είναι δομημένο έτσι ώστε να είναι δυνατή η παράθεση όλων των υποσυστημάτων των εγκαταστάσεων. Κάθε σύμβολο / αντικείμενο θα μπορεί να εμφανίζει πολλά στοιχεία του συστήματος / υποσυστήματος. Διάφορα παράθυρα με γραφικές παραστάσεις θα μπορούν να είναι ταυτόχρονα ανοιχτά, και όλα τα παράθυρα να ενημερώνονται δυναμικά.

Μετρούμενα μεγέθη, επιθυμητές τιμές, ρυθμίσεις χρηστών, και συναγερμοί θα εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο. Οι αλλαγές θα εμφανίζονται μέσω συμβόλων π.χ. κίνηση, αλλαγή χρώματος, παρουσίαση γραφικού, κείμενο, κα.

## Λειτουργίες μέτρησης ενέργειας

Εκτεταμένες αναλύσεις και αξιολογήσεις της ηλεκτρικής ενέργειας του κτηρίου θα πρέπει να υπάρχει στο επίπεδο διαχείρισης. Μετά την εξέταση των δεδομένων θα πρέπει να είναι εμφανές ποια από τα ηλεκτρομηχανολογικά μέρη του κτηρίου λειτουργούν αναποτελεσματικά ως προς την ενεργειακή κατανάλωση, ώστε εύκολα ο χειριστής να μπορεί να κάνει τις απαραίτητες αλλαγές που τυχόν απαιτηθούν.

## Χρονοπρογράμματα

Κατά ελάχιστον οκτώ διαφοροποιήσεις ρυθμίσεων θα μπορούν να προγραμματιστούν στο τοπικό επίπεδο ή στο επίπεδο διαχείρισης. Θα υποστηρίζονται οι ακόλουθοι τύποι χρονοπρογραμμάτων:

Διαδικά: π.χ. Εκκίνησης / Στάσης (**On/Off**)

- Αναλογικά: π.χ. προφίλ ρυθμίσεων
- Πολλαπλών καταστάσεων: π.χ. συνθήκες άνεσης/οικονομικής λειτουργίας/προστασίας.

Θα υπάρχει η δυνατότητα προγραμματισμού ειδικών ημερών στο επίπεδο διαχείρισης μέσω του:

- Ημερολογίου του συστήματος.
- Ειδικής καταχώρησης στο χρονοπρόγραμμα της εγκατάστασης.

Θα είναι δυνατή η πρόσβαση στα χρονοπρογράμματα των Η/Μ εγκαταστάσεων από την τρέχουσα σελίδα γραφικών. Τα χρονοπρογράμματα θα εμφανίζονται με σχηματικό τρόπο και θα είναι εύκολα στη χρήση τους.

Οι εξαιρέσεις των χρονοπρογραμμάτων μέσω του ημερολογίου θα παρακάμπτουν το εβδομαδιαίο χρονοπρόγραμμα. Ο χρήστης θα αναθέτει τις απαιτούμενες προτεραιότητες για την αποφυγή επικάλυψης λειτουργιών. Επίσης όλα τα παραπάνω θα μπορούν να πραγματοποιηθούν από οποιαδήποτε μονάδα χειρισμού.

## Ασφάλεια

Η πρόσβαση στις λειτουργίες του προγράμματος και κατά επέκταση στις λειτουργίες των ελεγχόμενων εγκαταστάσεων θα είναι ελεγχόμενη. Για όποια αλλαγή παραμέτρου, από το πρόγραμμα επιτήρησης, θα υπάρχει έλεγχος πρόσβασης με την έννοια της πληκτρολόγηση ενός κωδικού αριθμού για κάθε χρήστη ή τεχνικό. Ο κωδικός αριθμός θα κατατάσσει αυτόματα τον χρήστη σε μία κατηγορία πρόσβασης. Η ανώτερη κατηγορία θα επιτρέπει πρόσβαση στα πάντα. Θα πρέπει να υπάρχουν οι παρακάτω τέσσερις κατηγορίες:

- Διαχειριστής
- Παραμετροποίηση προγραμμάτων και γραφικών
- Λειτουργίες αλλαγής και προσαρμογής ρυθμίσεων
- Guest

Ο κεντρικός σταθμός θα πρέπει να εκπληρώνει και τις απαιτήσεις του τμήματος πληροφορικής του πελάτη, και ειδικότερα την ασφάλεια και τους κωδικούς πρόσβασης σε αυτόν. Οι ισχύουσες πολιτικές του πελάτη στον τομέα πληροφορικής θα ισχύουν, και η πρόσβαση στον κεντρικό σταθμό θα μπορεί να αξιοποιήσει τις λειτουργίες και χαρακτηριστικά των Windows Authentication.

## Χειρισμοί συναγερμών

Οι ψηφιακοί ελεγκτές περιέχουν όλα τα φυσικά σημεία της εγκατάστασης. Σε κάθε φυσικό σημείο θα δύναται να τεθούν όρια συναγερμών. Η παραμετροποίηση των ορίων θα μπορεί να επιτυγχάνεται μέσω των μονάδων χειρισμού. Οι συναγερμοί θα παραμετροποιούνται για την απαίτηση αναγνώρισης από τον χρήστη, για την μη απαίτηση αναγνώρισης από τον χρήστη, ή για την απαίτηση αναγνώρισης και επαναφοράς από τον χρήστη.

Οι κοινοποιήσεις των συναγερμών θα εμφανίζονται άμεσα στις μονάδες χειρισμού. Οι χρήστες θα μπορούν να αναγνωρίσουν ή/και επαναφέρουν τους συναγερμούς, ανάλογα με τα δικαιώματά τους. Χρονικές καθυστερήσεις (π.χ. για την επιτήρηση λειτουργίας, την εποπτεία, την ενεργοποίηση των πρεσοστατών και των φίλτρων κάποιας εγκατάστασης) θα δύναται να τροποποιηθούν μέσω της μονάδας χειρισμού.

Θα υποστηρίζονται δύο τύποι συναγερμών στο επίπεδο διαχείρισης (της εγγενούς αναφοράς, και της αλγοριθμικής αναφοράς) σαν παραλήπτες. Οι συναγερμοί από τους ψηφιακούς ελεγκτές θα λαμβάνονται στο επίπεδο

διαχείρισης, από τον σταθμό διαχείρισης, αλλά δεν θα δημιουργούνται βάσει της αλλαγής τιμής, ή της αλλαγής κατάστασης στο σταθμό διαχείρισης. Όλοι οι συναγερμοί θα εμφανίζονται στον σταθμό διαχείρισης με την εκκίνησή αυτού.

- Εγγενής: Κάθε σημείο BACnet θα είναι σε θέση να δημιουργήσει κοινοποίηση συναγερμού.
- Αλγοριθμική: Εποπτεία ορίων.

Ανάλογα με τα ατομικά δικαιώματα πρόσβασης, οι χρήστες θα μπορούν να αναγνωρίσουν όλες τις κοινοποιήσεις του συστήματος (συναγερμοί, συμβάντα, βλάβες, κ.λ.π.), από οποιονδήποτε σταθμό επιτήρησης ανεξαρτήτου τοποθεσίας αυτού. Για τις ανάγκες των καταγραφών, ο χρόνος (ημερομηνία και ώρα) και η προέλευση (ποιος και από που) θα αναγράφεται στο συμβάν αναγνώρισης.

Οι τοποθεσίες περιλαμβάνουν:

- Η επί τόπου αναγνώριση (στον ψηφιακό ελεγκτή).
- Η αναγνώριση στο επίπεδο διαχείρισης (κεντρικός σταθμός επιτήρησης)
- Η απομακρυσμένη αναγνώριση (απομακρυσμένος σταθμός επιτήρησης)

Για την εύκολη ερμηνεία των συναγερμών, αυτοί θα κατατάσσονται σε κατηγορίες βάσει χρώματος. Η ακολουθία, η λειτουργία, και η προτεραιότητα θα διακρίνονται εύκολα και γρήγορα. Το παράθυρο εποπτείας συναγερμών, θα εμφανίζεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πελάτη.

Από το κείμενο κοινοποίησης των συναγερμών - συμβάντων, θα αναφέρονται όλες οι σχετικές προς αυτό πληροφορίες για τον εύκολο και γρήγορο εντοπισμό της εγκατάστασης που τελεί υπό συναγερμό. Κατ' ελάχιστο θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- Σαφές κείμενο.
- Όνομα πίνακα ελέγχου (ψηφιακός ελεγκτής).
- Όνομα εγκατάστασης.
- Προτεραιότητα (min. 16 διαφορετικές προτεραιότητες).
- Ώρα και ημερομηνία.
- Κατάσταση (αναγνωρισμένο ή μη αναγνωρισμένο).
- Πληροφορίες σχετικά με τις απαιτούμενες ενέργειες για τη άρση του περιστατικού..

Το κεντρικό σύστημα ελέγχου θα προσφέρει την δυνατότητα φιλτραρίσματος των συναγερμών. Το φιλτράρισμα θα παράγεται από τις λίστες των συναγερμών ή τις προτεραιότητές τους. Οι συναγερμοί θα εμφανίζονται σε αναδυόμενα παράθυρα, και οι σχετικές οδηγίες που θα βρίσκονται εκεί είναι το μέσο για την βοήθεια προς τον χρήστη να βρει την λύση του προβλήματος.

## Γραφήματα δεδομένων

Οι τοπικές μονάδες χειρισμού θα επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν προσωρινά γραφήματα δεδομένων όλων των μεταβλητών, και την καταγραφή τους στον πίνακα αυτοματισμού, για διαγνωστικούς σκοπούς.

Για την βελτιστοποίηση των λειτουργιών της εγκατάστασης, ο κεντρικός σταθμός θα μπορεί να εμφανίζει πολλαπλές μεταβλητές - σε κοινό παράθυρο - σε μορφή γραφήματος. Τα συστήματα μεσαίας και υψηλής πολυπλοκότητας όπως αυτά που θα χρησιμοποιηθούν στο έργο απαιτούν έως και δέκα (10) μεταβλητές στο ίδιο παράθυρο. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητο ο κεντρικός σταθμός να μπορεί να καταγράφει πολλαπλές μεταβλητές σε μορφή γραφήματος ταυτόχρονα.

Για την μεγαλύτερη ευελιξία του συστήματος, οι χρήστες θα μπορούν να αντιστοιχίσουν μεταβλητές σε γραφήματα και έτσι να καταγράψουν ιστορικά δεδομένα τουλάχιστον 4 πρόσθετων σημείων, ξεχωριστά για κάθε εγκατάσταση. Η αντιστοίχιση θα γίνεται στον κεντρικό σταθμό διαχείρισης.

Μεταβλητές ζωτικής σημασίας για τις εγκαταστάσεις θα αποθηκεύονται. Ο χρόνος καταγραφής των μεταβλητών θα επιλέγεται με βάση τον τύπο του σήματος, δηλ. οι αναλογικές τιμές θα καταγράφονται κυκλικά, ενώ οι δυαδικές τιμές και οι τιμές πολλαπλών επιλογών θα καταγράφονται βάσει συμβάντων (αλλαγής τιμής).

Οι τιμές των γραφημάτων συλλέγονται από τους τοπικούς ψηφιακούς ελεγκτές και στη συνέχεια μεταφέρονται στον κεντρικό σταθμό διαχείρισης των εγκαταστάσεων. Η μεταφορά θα γίνεται μετά την λήξη ορίου χρόνου, ή του αριθμού των εγγραφών που έχει επιλεγεί από τον χρήστη. Οι τιμές των γραφημάτων δεν θα χάνονται σε περίπτωση προσωρινής διακοπής του κεντρικού σταθμού διαχείρισης.

## Επίπεδο αυτοματισμού

### Ψηφιακοί ελεγκτές

Οι ψηφιακοί ελεγκτές θα διαθέτουν ενσωματωμένη ευφυΐα, θα είναι ικανοί να λειτουργούν αυτόνομα, και θα έχουν σχεδιαστεί για εφαρμογές Αποκεντρωμένου Άμεσου Ψηφιακού Ελέγχου (Decentralized Direct Digital Control), σχετικά με ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Θα είναι ελεύθερα προγραμματιζόμενος χρησιμοποιώντας αντικείμενα και αλγορίθμους ειδικά σχεδιασμένους για τον αυτοματισμό των Η/Μ εγκαταστάσεων του κτηρίου. Τα προγράμματα αυτά θα έχουν την ικανότητα να εκτελούν λειτουργίες όπως: Ρυθμίσεις, Ελέγχους, Μετρήσεις, Κοινοποιήσεις, Παρακολουθήσεις, Καταγραφές, Χρονοπρογραμματισμούς, Αποθήκευση δεδομένων, Καταγραφές συμβάντων κ.α. σύμφωνα με το πρότυπο DIN EN ISO 16484-5. Ο ανάδοχος θα πρέπει να επισυνάψει πιστοποιητικά BACnet για τους ψηφιακούς ελεγκτές.

Οι ψηφιακοί ελεγκτές θα έχουν επικοινωνία που βασίζεται στο πρότυπο BACnet, θα είναι πιστοποιημένοι από εργαστήρια δοκιμών BACnet, και θα φέρουν το λογότυπο BTL. Ο ενσωματωμένος επεξεργαστής θα πρέπει να είναι εξοπλισμένος για αυτόνομη λειτουργία. Η επικοινωνία θα πραγματοποιείται βάσει του DIN ISO 16484-5 και BACnet Rev. 1.5

Οι αυτόνομοι ψηφιακοί ελεγκτές θα είναι εφοδιασμένοι με όλα τα απαραίτητα υλικά για επικοινωνία μέσω LonTalk (BACnet over Lon), και θα συνδέονται με καλώδιο UTP cat 5e σε ελεύθερη τοπολογία με μέγιστο συνολικό μήκος καλωδίου 900μ. Ταυτόχρονα, θα είναι εφικτή και η διασύνδεσή του στο δίκτυο Ethernet / IP μέσω της υπάρχουσας εγκατάστασης της δομημένης καλωδίωσης του κτηρίου. Απαραίτητη προϋπόθεση της επικοινωνίας Ethernet / IP είναι η υποστήριξη του πρωτοκόλλου επικοινωνίας IPv6.

#### Λειτουργίες στο επίπεδο αυτοματισμού

Η τοπική λειτουργία με πρόσβαση στον αντίστοιχο ψηφιακό ελεγκτή, ή η λειτουργία μέσω του BACnet δικτύου σε όλους τους ψηφιακούς ελεγκτές, ή η απλή λειτουργία χειριστηρίων χώρου θα είναι διαθέσιμη.

#### Κάρτες εισόδων / εξόδων

Οι μεγάλες και πολύπλοκες εγκαταστάσεις καθιστούν αναγκαία την μεγάλη ευελιξία σε κάρτες εισόδων / εξόδων (I/O modules). Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να είναι εφικτή η σύνθεση των καρτών ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε εγκατάστασης. Θα είναι διαμορφωμένες για ποικίλους τύπους σημάτων, θα ομαδοποιούνται αναφορές τύπου κάρτας, θα φέρουν κατάλληλη ετικέτα με τα σημεία που ελέγχουν.

Η χρήση αποκεντρωμένων καρτών εισόδων / εξόδων απαιτείται, για την μείωση του μήκους καλωδίων, τον περιορισμένο χώρο των πινάκων, την μείωση των ψηφιακών ελεγκτών, κ.λ.π. Οι κάρτες θα μπορούν να τοποθετούνται έως και 200 μ. από τους ψηφιακούς ελεγκτές. Ο μέγιστος αριθμός των καρτών θα περιορίζεται μόνο από τον μέγιστο αριθμό καρτών / σημείων που μπορεί να ελέγξει ο αντίστοιχος ψηφιακός ελεγκτής.

Θα είναι δυνατός ο διαχωρισμός του ηλεκτρονικού μέρους των καρτών από την βάση καλωδίωσης για την απλοποίηση των δοκιμών των εγκαταστάσεων. Κατά συνέπεια, θα είναι εφικτό να γίνουν οι δοκιμές των εγκαταστάσεων χωρίς την επιρροή των καρτών. Οι κάρτες εισόδων / εξόδων θα διαθέτουν και τερματισμούς σύνδεσης των καλωδίων. Αν αυτό δεν είναι εφικτό, τότε όλες οι εισοδοί και έξοδοι θα πρέπει να καλωδιωθούν μέσω τερμάτων απομόνωσης, το κόστος των οποίων θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στη προσφορά.

#### Συνδέσεις

Τα όργανα πεδίου θα μπορούν να συνδεθούν στις κάρτες συλλογής του συστήματος χωρίς ενδιάμεσο υλικό. Σε περίπτωση εσφαλμένης σύνδεσης, οι κάρτες συλλογής και τα όργανα πεδίου θα προστατεύονται από



βραχυκύκλωμα των AC/DC 24V. Τυχόν διαταραχές στα όργανα πεδίου (βραχυκύκλωμα, ανοιχτό κύκλωμα, εσφαλμένο υλικό, κ.λ.π.) θα κοινοποιούνται και θα εμφανίζονται, ώστε να είναι άμεσα ανιχνεύσιμα.

Ο σχεδιασμός των απαραίτητων αλληλεπιδράσεων και μηνυμάτων ασφαλείας για την επιτήρηση των καλωδίων (ανοιχτό κύκλωμα, χαλαρές συνδέσεις, κλπ) σύμφωνα με κανόνες κλειστών κυκλωμάτων απαιτείται. Δηλαδή, ο ψηφιακός ελεγκτής επιτηρεί τα κυκλώματά του, και θεωρεί κανονική λειτουργία την κλειστή επαφή, ενώ σφάλμα την ανοιχτή επαφή.

#### Σύνδεση περιφερειακού υλικού

Ο ψηφιακός ελεγκτής με τα αντίστοιχα σημεία εισόδων και εξόδων του θα υποστηρίζει όλα τα κυκλώματα μετρήσεων, (αισθητήρια) και ενεργοποιητών (κινητήρων βανών / διαφραγμάτων) που υπάρχουν στην αγορά (0-10Vdc, 0/4-20ma, Resistor elements, κ.λ.π.), χωρίς να απαιτείται επιπλέον υλικό. Ο ανάδοχος θα πρέπει να τεκμηριώσει ότι οι προσφερόμενες συσκευές και περιφερειακό υλικό έχουν δοκιμαστεί και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του συνόλου του προσφερόμενου συστήματος.

#### Αναβαθμίσεις

Οι ψηφιακοί ελεγκτές θα επιτρέπουν αλλαγές στα προγράμματά τους χωρίς να είναι απαραίτητη η απενεργοποίηση των ελεγχόμενων από αυτούς Η/Μ εγκαταστάσεων, και χωρίς να χάνουν τις προεγκατεστημένες ρυθμίσεις τους.

Η ενημέρωση των προγραμμάτων του ψηφιακού ελεγκτή, δεν θα διακόπτει τη λειτουργία του.

Με τα κατάλληλα δικαιώματα, οι χρήστες θα μπορούν να αλλάξουν τις μεταβλητές όπως χρονοπρογράμματα, ρυθμίσεις θερμοκρασιών, κ.λ.π. σε οποιοδήποτε ψηφιακό ελεγκτή, μέσω του δικτύου του συστήματος.

#### Περιγραφή λειτουργίας ελεγχόμενων εγκαταστάσεων

##### Μονάδες Fan Coil

Για τον έλεγχο των μονάδων Fan Coil θα εγκατασταθούν σε όλους τους χώρους, πλην των τουαλετών και των κοινόχρηστων χώρων εντοιχισμένοι θερμοστάτες – ελεγκτές με ενσωματωμένες εφαρμογές ελέγχου και δυνατότητα επικοινωνίας σε πρωτόκολλο EIB/KNX.

Στους χώρους των τουαλετών και τους κοινόχρηστους χώρους, στους οποίους δεν υπάρχει απαίτηση για τοπικό χειρισμό, θα εγκατασταθούν τοπικοί ελεγκτές με δυνατότητα τοποθέτησης σε ψευδοροφή ή σε ράγα με ενσωματωμένες εφαρμογές ελέγχου και δυνατότητα επικοινωνίας σε πρωτόκολλο EIB/KNX.

Στους χώρους στους οποίους υπάρχουν περισσότερες από μία μονάδες Fan Coil, θα δίνεται σε αυτές κοινή εντολή ενεργοποίησης ή ρύθμισης παραμέτρων, είτε τοπικά, είτε από το σύστημα BMS.

Το σενάριο λειτουργίας των μονάδων fan coil στους διάφορους χώρους πρόκειται να καταρτιστεί με άξονα τη βέλτιστη ενεργειακή αποδοτικότητα, σε συνδυασμό με τη διατήρηση των συνθηκών άνεσης στους χώρους. Κάθε χώρος θα περιλαμβάνει τρεις διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας, ανάλογα με το είδος και το χρονοπρόγραμμα χρήσης του. Οι καταστάσεις λειτουργίας αυτές είναι οι εξής:

- Λειτουργία άνεσης:  
Κανονική λειτουργία με χρήση της επιθυμητής τιμής θερμοκρασίας για άνεση. Οι χώροι θα βρίσκονται σε λειτουργία άνεσης όταν το χρονοπρόγραμμα λειτουργίας τους είναι ενεργό, είτε όταν δωθεί η αντίστοιχη εντολή από το Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου (B.M.S.) για περιπτώσεις λειτουργίας εκτός χρονοπρογράμματος.
- Λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας:  
Λειτουργία μειωμένης άνεσης με χρήση μειωμένης επιθυμητής θερμοκρασίας, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας. Οι χώροι θα βρίσκονται σε λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας στην περίπτωση που βρίσκονται εκτός του κανονικού χρονοπρογράμματος λειτουργίας τους, αλλά οι χώροι βρίσκονται σε φάση αναμονής για είσοδο στη λειτουργία άνεσης.
- Λειτουργία προστασίας:  
Λειτουργία κατά την οποία η μονάδα θα λειτουργεί μόνο σε περίπτωση ανάγκης αντιπαγετικής προστασίας, συμπεριλαμβανομένων και όλων των απαραίτητων λειτουργιών προστασίας της βάνας και των στοιχείων της μονάδας. Οι χώροι θα βρίσκονται εκτός λειτουργίας, είτε η απαίτηση θέρμανσης – ψύξης θα καλύπτεται από τους αντίστοιχους εναλλάκτες VAM.

Ο έλεγχος της μονάδας Fan Coil από τον θερμοστάτη χώρου ή τον ελεγκτή θα αφορά τα ακόλουθα:

- Ενεργοποίηση/απενεργοποίηση μονάδας ή ομάδας μονάδων τοπικά ή κεντρικά από το σύστημα BMS.
- Ρύθμιση της βάνας on-off της μονάδας fan coil.
- Ρύθμιση της επιθυμητής θερμοκρασίας κάθε χώρου κεντρικά από το σύστημα BMS.
- Ρύθμιση της επιθυμητής θερμοκρασίας κάθε χώρου τοπικά από τη μονάδα χώρου στα οριζόμενα από τον κεντρικό σταθμό ελέγχου όρια.
- Ρύθμιση της ταχύτητας του ανεμιστήρα τριών ταχυτήτων κάθε μονάδας ή ομάδας μονάδων κεντρικά από το σύστημα BMS, είτε τοπικά από το χειριστήριο χώρου.
- Ορισμός χρονοπρογράμματος λειτουργίας συνολικά για το κτήριο ή ανά ελεγχόμενο χώρο.

Ο ελεγκτής θα λαμβάνει τα δεδομένα πραγματικού χρόνου από το ρολόι πραγματικού χρόνου του ελεγκτή συστήματος, για την διασφάλιση της συνοχής του δικτύου. Κάθε ελεγκτής θα περιλαμβάνει αλγορίθμους που ενσωματώνουν

έλεγχο PI, ή/και PID, με τιμές που απαιτούνται από την εφαρμογή. Όλες οι επιθυμητές τιμές και παράμετροι θα είναι ρυθμιζόμενες από τους χρήστες, μέσω αντίστοιχου προγράμματος.

Οι ελεγκτές θα λειτουργούν κανονικά σε συνθήκες θερμοκρασίας 0 - 50 °C και έως 85% r.h. (non-condensing). Εφόσον απαιτείται, θα διατίθεται για κάθε ελεγκτή κατάλληλο περίβλημα ή κάλυμμα, για την προστασία του ηλεκτρονικού του κυκλώματος. Το περίβλημα ή κάλυμμα θα πρέπει να έχει βαθμό προστασίας IP30 κατ' ελάχιστο.

Οι ελεγκτές θα τροφοδοτούνται από 230 VAC και θα λειτουργούν κανονικά με απόκλιση της τροφοδοσίας τους έως  $\pm 20\%$ , επιτρέποντας αυξομειώσεις και βυθίσεις της τροφοδοσίας. Το τροφοδοτικό του ελεγκτή θα προστατεύεται από εσωτερική θερμική ασφάλεια. Η μέγιστη κατανάλωση ισχύος συμπεριλαμβανομένου και των συσκευών επέκτασης και των περιφερειακών υλικών θα είναι 12VA.

Το ανοιχτό πρωτόκολλο KNX/EIB απαιτείται για την επικοινωνία του δευτεροβάθμιου επιπέδου.

Το μέγιστο όριο KNX/EIB ελεγκτών που θα μπορούν να συνδεθούν σε κάθε υποδίκτυο KNX/EIB είναι 45 για την εξασφάλιση μικρών χρόνων απόκρισης των δεδομένων υψηλότερου επιπέδου και των συναγεμμένων.

Οι εντοιχισμένοι θερμοστάτες για τον έλεγχο των μονάδων fan coil θα πρέπει να έχουν κατ' ελάχιστο τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Επιλογή τρόπου λειτουργίας comfort, energy saving και protection.
- Έλεγχος δύο βανών On-off ή μία προοδευτικής λειτουργίας 3 θέσεων.
- Αυτόματος ή χειροκίνητος επιλογέας ταχυτήτων.
- 2 Είσοδοι πολλαπλών λειτουργιών.
- Αυτόματη ή χειροκίνητη εναλλαγή χειμώνα – θέρος.
- Κλειδώμα ελάχιστης και μέγιστης επιθυμητής τιμής.
- Φωτιζόμενη οθόνη LCD.
- Τοποθέτηση σε κουτί 86 x86 x 47 mm με απόσταση στήριξης 60.3 mm (BS 4662 / IEC 60670).

Εφαρμογές :

- Δισωλήνιο fan coil
- Δισωλήνιο με ηλεκτρική αντίσταση
- Τετρασωλήνιο fan coil

Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες

Κάθε κλιματιστική μονάδα αποτελείται από:

- Ανεμιστήρα προσαγωγής.

- Ανεμιστήρα επιστροφής.
- Κοινό στοιχείο θέρμανσης - ψύξης.
- Στοιχείο.μεταθέρμανσης.
- Εναλλάκτη ανάκτησης ενέργειας αέρα – αέρα.
- Διάφραγμα κιβώτιου μίξης.
- Διάφραγμα παράκαμψης εναλλάκτη.
- Προφίλτρο προσαγωγής αέρα.
- Σακόφιλτρο προσαγωγής αέρα.
- Υγραντή τύπου ψεκασμού.

Τα σημεία ελέγχου της κλιματιστικής μονάδας είναι:

- Εντολή λειτουργίας κινητήρα προσαγωγής.
- Εντολή λειτουργίας κινητήρα επιστροφής.
- Ένδειξη λειτουργίας ανεμιστήρα προσαγωγής.
- Ένδειξη λειτουργίας ανεμιστήρα επιστροφής.
- Ένδειξη βλάβης από θερμικό ανεμιστήρα προσαγωγής.
- Ένδειξη βλάβης από θερμικό ανεμιστήρα επιστροφής.
- Ένδειξη ρυπαρότητας προφίλτρο προσαγωγής.
- Ένδειξη ρυπαρότητας σακοφίλτρο προσαγωγής.
- Μέτρηση θερμοκρασίας αέρα προσαγωγής.
- Μέτρηση θερμοκρασίας αέρα επιστροφής.
- Μέτρηση υγρασίας αέρα επιστροφής.
- Μέτρηση ποιότητας αέρα (CO<sub>2</sub>)
- Ρύθμιση κινητήρα βάνας κοινού θερμού-ψυχρού στοιχείου.
- Ρύθμιση κινητήρα βάνας μεταθερμαντικού στοιχείου.
- Ρύθμιση κινητήρα διαφράγματος κιβωτίου μίξης.
- Ρύθμιση κινητήρα διαφράγματος παράκαμψης εναλλάκτη.

Ξεκινώντας την κλιματιστική μονάδα, το σύστημα BMS ξεκινά πρώτα τον έλεγχο του διαφράγματος του κιβωτίου μίξης. Στην συνέχεια, έπειτα από χρονικό διάστημα ξεκινούν συγχρόνως ο ανεμιστήρας της προσαγωγής και ο ανεμιστήρας της επιστροφής. Μετά την εκκίνηση των ανεμιστήρων και την επιβεβαίωση της ροής αέρα από τους αισθητήρες διαφορικής πίεσης των ανεμιστήρων, ξεκινά ο έλεγχος της θερμοκρασίας. Το σύστημα BMS ελέγχει την θερμοκρασία προσαγωγής με τον έλεγχο PID σύμφωνα με τις επιθυμητές τιμές της θερμοκρασίας χώρου που έχει ορίσει ο χρήστης και ρυθμίζει αντίστοιχα αναλογικά τον κινητήρα της βάνας του θερμού-ψυχρού στοιχείου. Οι προρυθμισμένες επιθυμητές τιμές για τη θερμοκρασία χώρου είναι 23oC για τη λειτουργία ψύξης και 21oC για τη λειτουργία θέρμανσης.

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας γίνεται με την μέθοδο cascade control. Αυτό σημαίνει ότι ο χειριστής ορίζει τις επιθυμητές τιμές για ψύξη και θέρμανση που θέλει να έχει ο χώρος, το σύστημα τις συγκρίνει με την θερμοκρασία της επιστροφής και ο αλγόριθμος PID ορίζει μία ελεγχόμενη θερμοκρασία για την προσαγωγή. Ο αλγόριθμος PID για την βάνα δέχεται σαν επιθυμητή τιμή την τιμή που ορίζει ο παραπάνω ελεγκτής και την συγκρίνει με την τρέχουσα θερμοκρασία προσαγωγής, το αποτέλεσμα της σύγκρισης ρυθμίζει την κάθε βάνα.

Όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι έως και 2°C μικρότερη της θερμοκρασίας του χώρου, τότε ο ελεγκτής του cascade control ενεργοποιεί το σενάριο του free cooling. Σε αυτή την περίπτωση ο θερμοκρασιακός έλεγχος του χώρου γίνεται με έλεγχο του διαφράγματος νωπού αέρα με παράμετρο τη θερμοκρασία προσαγωγής του αέρα.

Εάν υπάρχει υπέρβαση της επιθυμητής μέγιστης υγρασίας του χώρου στην περίοδο ψύξης, ανοίγει η βάνα του ψυχρού για να γίνει η λειτουργία αφύγρανσης με είσοδο 100% νωπού αέρα. Στην περίοδο θέρμανσης, εάν το κάτω όριο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος το επιτρέπει, κλείνει η βάνα του στοιχείου θερμού και ανοίγει το διάφραγμα νωπού. Στην περίπτωση της αφύγρανσης, το μεταθερμαντικό στοιχείο αναλαμβάνει τη μεταθέρμανση του αέρα με αναλογικό έλεγχο της βάνας του. Οι προρυθμισμένες επιθυμητές τιμές για τη υγρασία χώρου είναι άνω όριο 60% για την εκκίνηση της διαδικασίας αφύγρανσης.

Ο έλεγχος του διαφράγματος του κιβωτίου μίξης ρυθμίζεται σύμφωνα με τις επιθυμητές τιμές της ποιότητας αέρα του χώρου τις οποίες έχει ορίσει ο χειριστής. Η προρυθμισμένη τιμή για την επιθυμητή ποιότητα αέρα των χώρων και στις ΚΚΜ είναι 800ppm.

Το διάφραγμα του κιβωτίου μίξης είναι κατ' ελάχιστο ανοιχτό σε ποσοστό 30%, ώστε να επιτυγχάνεται η ανανέωση του αέρα του χώρου, με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει καμία απαίτηση για αφύγρανση, για free cooling ή από το αισθητήριο ποιότητας αέρα. Σε κάθε άλλη περίπτωση, το κάτω όριο του ποσοστού ανοίγματος του διαφράγματος ορίζεται από την απαίτηση της ελάχιστης τιμής ποιότητας αέρα. Η απαίτηση για αφύγρανση καταργεί όλες τις υπόλοιπες συνθήκες και δίνει εντολή στο διάφραγμα να ανοίξει 100%. Γενικά, η ιεραρχία ελέγχου του διαφράγματος είναι, κατά σειρά προτεραιότητας: αφύγρανση - ποιότητα αέρα – θερμοκρασία προσαγωγής.

Σταματώντας την κλιματιστική μονάδα το σύστημα σταματά άμεσα τους ανεμιστήρες, τον έλεγχο της θερμοκρασίας και τον έλεγχο του ντάμπερ του κιβωτίου μίξης.

Στην κατάσταση λειτουργίας αντιπαγετικής προστασίας, όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από 3°C σταματάει η λειτουργία της ΚΚΜ και οι βάνες των στοιχείων ανοίγουν σε ποσοστό 70% και τα διαφράγματα νωπού κλείνουν. Όταν η θερμοκρασία ανέβει πάνω από τους 5°C απενεργοποιείται η λειτουργία της αντιπαγετικής προστασίας.

Στην κατάσταση λειτουργίας του σεναρίου φωτιάς, έπειτα από επιβεβαίωση ενεργοποίησης του σεναρίου πυρκαγιάς από τον σταθμό εργασίας στο δωμάτιο ελέγχου, κλείνουν οι ΚΚΜ και οι αντίστοιχοι ανεμιστήρες εξαερισμού των χώρων.

Κατά την διάρκεια της λειτουργίας η κλιματιστική μονάδα μπορεί να σταματήσει για τους εξής λόγους:

- Διακοπή της τροφοδοσίας του ανεμιστήρα προσαγωγής ή επιστροφής από θερμικό.

Τα παραπάνω ενημερώνουν με συναγερμό τον χρήστη.

Με συναγερμό επίσης ενημερώνεται ο χρήστης και για τους παρακάτω λόγους:

- Ένδειξη ρυπαρότητας φίλτρων (προφίλτρο, σακόφιλτρο) αέρα προσαγωγής.
- Ένδειξη έλλειψης ροής αέρα του ανεμιστήρα προσαγωγής ή επιστροφής (πιθανή βλάβη ιμάντα).
- Βλάβη αισθητηρίου (ανοικτό καλώδιο, βραχυκυκλωμένο καλώδιο).

## Λέβητες

Η ενεργοποίηση των λεβήτων γίνεται μέσω του χρονοπρογράμματος λειτουργίας το οποίο καθορίζει ο χρήστης. Κατά την εκκίνηση των λεβήτων, ανάλογα με την ένδειξη της θερμοκρασίας στους συλλέκτες προσαγωγής σε σχέση με την επιθυμητή τιμή, εκκινεί μόνο ο ένας λέβητας είτε γίνεται παραλληλισμός και των δύο λεβήτων. Πρώτα ξεκινά η αντλία του λέβητα και εάν δεν έχουμε κάποιο συναγερμό βλάβης της αντλίας, εκκινεί άμεσα ο καυστήρας. Σε περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει την αυτόματη λειτουργία και στους δύο λέβητες, τότε οι λέβητες λειτουργούν με κυκλική εναλλαγή διάρκειας 48 ωρών. Εάν κάποιος από τους λέβητες παρουσιάσει βλάβη, τότε αυτόματα ο λέβητας ο οποίος δεν βρισκόταν σε λειτουργία εκκινεί.

Στους συλλέκτες προσαγωγής και επιστροφής θα μετράται η θερμοκρασία, μέσω εμβαπτιζόμενου αισθητηρίου θερμοκρασίας, καθώς και η πίεση μέσω του εμβαπτιζόμενου αισθητηρίου απόλυτης πίεσης.

Όταν η θερμοκρασία στον συλλέκτη προσαγωγής φθάσει την επιθυμητή τιμή, τότε σταματά ο λέβητας, ενώ η αντλία του θα κλείσει μετά από μια χρονική καθυστέρηση 10 min, ώστε το σύστημα να εκμεταλλευτεί την θερμική ενέργεια που έχει ο λέβητας.

Εάν η θερμοκρασία του νερού στον συλλέκτη προσαγωγής του λέβητα πέσει περισσότερο από  $40^{\circ}\text{C}$  σε σχέση με την επιθυμητή τιμή, ο λέβητας εκκινεί.

Η θερμική κατανάλωση κάθε λέβητα θα λαμβάνεται και θα αρχικοποιείται στο Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου με τη χρήση θερμοδομετρητών με έξοδο παλμών, ονομαστικής παροχής ίσης με την παροχή κάθε λέβητα.

Παράλληλα, παρακολουθείται το άνω όριο της θερμοκρασίας του λέβητα, ώστε εάν αυτό ξεπεραστεί, ο λέβητας να κλείσει.

Για να είναι διαθέσιμος ένας λέβητας θα πρέπει:

- Ο διακόπτης του καυστήρα να είναι στο αυτόματο.
- Ο διακόπτης της αντλίας να είναι στο αυτόματο.
- Η κατάσταση του θερμικού του καυστήρα να είναι κανονική.

Με συναγερμό θα ενημερώνεται ο χρήστης και για τους παρακάτω λόγους:

- Βλάβη αισθητηρίου θερμοκρασίας (ανοικτό καλώδιο, βραχυκυκλωμένο καλώδιο, άνω ή κάτω όριο θερμοκρασίας).
- Βλάβη του καυστήρα.
- Έλλειψη ροής στον κλάδο προσαγωγής του λέβητα.
- Χαμηλή ή υψηλή πίεση συλλέκτη .
- Άνω όριο θερμοκρασίας λέβητα.

## Ψύκτες

Οι ψύκτες διασυνδέονται με το κεντρικό σύστημα ελέγχου μέσω κατάλληλου πρωτοκόλλου επικοινωνίας (LONWorks). Η εκκίνηση και η παύση του ψύκτη θα γίνεται αυτόματα σύμφωνα με το χρονοπρόγραμμα που θα ορισθεί, ή χειροκίνητα, κατόπιν ενεργοποίησης από τον χειριστή της αντίστοιχης επιλογής από το Κέντρο Διαχείρισης. Σε περίπτωση βλάβης του ψύκτη θα εμφανίζεται μήνυμα συναγερμού στο Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου.

Όλα τα κρίσιμα για τη λειτουργία του ψύκτη μεγέθη (θερμοκρασίες, πιέσεις, ροές κλπ.) θα επιτηρούνται από τον ίδιο τον ψύκτη και θα μεταφέρονται ως ενδείξεις στο Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου.

Η θερμική κατανάλωση κάθε ψύκτη θα λαμβάνεται και θα αρχικοποιείται στο Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου με τη χρήση θερμοδομετρητών με έξοδο παλμών, ονομαστικής παροχής ίσης με την παροχή κάθε ψύκτη.

## Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Η ενεργοποίηση των αντλιών θερμότητας γίνεται μέσω του χρονοπρογράμματος λειτουργίας το οποίο καθορίζει ο χρήστης. Κατά την εκκίνηση των αντλιών, ανάλογα με την ένδειξη της θερμοκρασίας προσαγωγής σε σχέση με την επιθυμητή τιμή, εκκινεί μόνο η μία αντλία είτε γίνεται παραλληλισμός και των δύο αντλιών. Η ρύθμιση της επιθυμητής θερμοκρασίας προσαγωγής κάθε αντλίας γίνεται με αναλογική ρύθμιση των ζόδων βανών προσαγωγής και επιστροφής κάθε αντλίας.

Στους συλλέκτες προσαγωγής και επιστροφής θα μετράται η θερμοκρασία, μέσω εμβαπτιζόμενου αισθητηρίου θερμοκρασίας.

Όταν η θερμοκρασία στον συλλέκτη προσαγωγής φθάσει την επιθυμητή τιμή, τότε σταματά η αντλία.

Εάν η θερμοκρασία του νερού στον συλλέκτη προσαγωγής της αντλίας πέσει περισσότερο από 4οC σε σχέση με την επιθυμητή τιμή, η αντλία εκκινεί.

Παράλληλα, παρακολουθείται το άνω και κάτω όριο της θερμοκρασίας προσαγωγής και επιστροφής της αντλίας, ώστε εάν αυτό ξεπεραστεί, η αντλία να κλείσει.

Για να είναι διαθέσιμη μία αντλία θα πρέπει:

- Ο διακόπτης της να είναι στο αυτόματο.
- Η κατάσταση του θερμικού της αντλίας να είναι κανονική.

Με συναγερμό θα ενημερώνεται ο χρήστης και για τους παρακάτω λόγους:

- Βλάβη αισθητηρίου θερμοκρασίας (ανοικτό καλώδιο, βραχυκυκλωμένο καλώδιο, άνω ή κάτω όριο θερμοκρασίας).
- Βλάβη της αντλίας.
- Άνω/κάτω όριο θερμοκρασίας αντλίας.

## Boiler

Η εκκίνηση και η στάση της αντλίας του boiler θα γίνεται αυτόματα

σύμφωνα με το χρονοπρόγραμμα που θα ορισθεί, ή χειροκίνητα, κατόπιν ενεργοποίησης από τον χειριστή της αντίστοιχης επιλογής από το Κέντρο Διαχείρισης. Θα γίνεται μέτρηση της θερμοκρασίας στο boiler (μέσω του αισθητηρίου θερμοκρασίας εμβαπτίσεως) καθώς και ρύθμιση της θέσης της 3-οδης βαλβίδας σύμφωνα με το setpoint της θερμοκρασίας.

### Ανεμιστήρες

Η εκκίνηση και η στάση των ανεμιστήρων θα γίνεται αυτόματα σύμφωνα με το χρονοπρόγραμμα που θα ορισθεί, ή χειροκίνητα, κατόπιν ενεργοποίησης από τον χειριστή της αντίστοιχης επιλογής από το Κέντρο Διαχείρισης. Η επιβεβαίωση της λειτουργίας θα δίνεται από τους διακόπτες διαφορικής πίεσης. Σε περίπτωση βλάβης του ανεμιστήρα (από το θερμικό του ανεμιστήρα) θα εμφανίζεται μήνυμα αλάρμ στο Κεντρικό Διαχείρισης.

### Μονάδες V.A.M. (Εναλλάκτες)

Οι μονάδες V.A.M. (εναλλάκτες) αναλαμβάνουν την προετοιμασία των συνθηκών των χώρων διατηρώντας τη βέλτιστη ενεργειακή αποδοτικότητα.

Με βάση το χρονοπρόγραμμα του κτηρίου ή κάθε χώρου ή ομάδας χώρων, γίνεται εκκίνηση του αντίστοιχου εναλλάκτη. Το σύστημα καθορίζει τη βέλτιστη ταχύτητα του ανεμιστήρα του εναλλάκτη με βάση τις ενδείξεις θερμοκρασίας του αέρα προσαγωγής και επιστροφής του εναλλάκτη. Για την περίπτωση ανάγκης λειτουργίας του εναλλάκτη εκτός του ορισμένου χρονοπρογράμματος, θα υπάρχει και η δυνατότητα χειροκίνητης λειτουργίας κάθε εναλλάκτη από το Κέντρο Διαχείρισης.

Η λειτουργία κάθε εναλλάκτη ρυθμίζεται με βάση την επιθυμητή θερμοκρασία σε κάθε χώρο, σε συνάρτηση με την αντιστάθμιση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

Η διάρκεια λειτουργίας κάθε εναλλάκτη θα ορίζεται από τον συνολικό αναγκαίο αριθμό εναλλαγών αέρα σε κάθε χώρο ή ομάδα χώρων.

Σε περίπτωση βλάβης της μονάδας του εναλλάκτη θα εμφανίζεται μήνυμα συναγερμού στο Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου.

### Φρεάτια λυμάτων

Τα σημεία που παρακολουθεί και ελέγχει το σύστημα BMS για κάθε φρεάτιο είναι:

- Ένδειξη λειτουργίας αντλιών φρεατίου.
- Ένδειξη βλάβης αντλιών φρεατίου.
- Άνω στάθμη συναγερμού φρεατίου.

Οι αντλίες λειτουργούν παίρνοντας εντολή από τους αντίστοιχους δείκτες στάθμης των φρεατίων. Κάθε φορά που κάποια αντλία βρίσκεται σε λειτουργία, εμφανίζεται η αντίστοιχη ένδειξη. Εάν υπάρχει πτώση θερμικού σε κάποια



αντλία, τότε ενεργοποιείται η αντίστοιχη ένδειξη και εμφανίζεται ο σχετικός συναγερμός. Εάν υπάρχει ένδειξη συναγερμού άνω στάθμης του φρεατίου, τότε ενεργοποιείται η αντίστοιχη ένδειξη και εμφανίζεται ο αντίστοιχος συναγερμός στο Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου.

### Κυκλοφορητές

Κάθε κυκλοφορητής εκκινεί με την εμφάνιση απαίτησης θέρμανσης ή ψύξης από τον αντίστοιχο κλάδο, είτε βάσει του χρονοπρογράμματος του χώρου.

Μόλις ξεκινήσει κάποιος κυκλοφορητής, λαμβάνουμε την επιβεβαίωση ύπαρξης ροής νερού από την αντίστοιχη επαφή στην πλακέτα ελέγχου του. Εάν δεν πάρουμε επιβεβαίωση ροής, τότε η λειτουργία του κυκλοφορητή σταματάει και εμφανίζεται αντίστοιχος συναγερμός. Επίσης, έχουμε κατάσταση συναγερμού και παύση του κυκλοφορητή όταν έχουμε πτώση του αντίστοιχου θερμικού.

Βάσει του αναλογικού σήματος από το αισθητήριο διαφορικής πίεσης του κυκλοφορητή, το Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου ρυθμίζει αντίστοιχα αναλογικά τον ρυθμιστή στροφών (inverter) του κυκλοφορητή.

Ο χειριστής μπορεί να επιλέξει χειροκίνητη ή αυτόματη λειτουργία του κυκλοφορητή από το Κέντρο Διαχείρισης.

Στην περίπτωση της ενεργοποίησης της λειτουργίας αντιπαγετικής προστασίας, οι κυκλοφορητές ενεργοποιούνται ανεξαρτήτως της θερμοκρασίας νερού στους συλλέκτες.

### Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης – Πίνακας H/Z

Στον Γ.Π.Χ.Τ. θα γίνεται επιτήρηση της θέσης των διακοπών, ενώ παράλληλα θα επιτηρούνται, καταγράφονται και αρχικοποιούνται τα ηλεκτρικά μεγέθη και οι καταναλώσεις του πίνακα, με τη χρήση πολυοργάνου μέτρησης ηλεκτρικών μεγεθών.

Αντίστοιχα, στο πεδίο H/Z, επιπλέον των παραπάνω, θα επιτηρούνται η θέση του διακόπτη μεταγωγής ΔΕΗ-H/Z, η τάση των συσσωρευτών του H/Z, καθώς και η στάθμη της δεξαμενής καυσίμου του H/Z.

### Χώρος Μ/Σ

Παρακολουθούνται οι συναγερμοί των Μ/Σ, καθώς και η θερμοκρασία του χώρου. Σε περίπτωση υπέρβασης της επιθυμητής θερμοκρασίας του χώρου, ενεργοποιείται ο αντίστοιχος ανεμιστήρας εξαερισμού.

## Παράρτημα Β

### Ευρωπαϊκή Νομοθεσία

Σύμφωνα με την πρόσφατη οδηγία που εξέδωσε η Ε.Ε. (2010/31/EU) όλα τα κτίρια που πρόκειται να κατασκευαστούν αλλά και τα υφιστάμενα κτίρια θα πρέπει να ακολουθήσουν τα νέα πρότυπα κατασκευής μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η οδηγία αναφέρεται σε όλα τα κτίρια και θα αρχίσει να εφαρμόζεται από το 2018 στα Δημόσια κτίρια και από το 2020 σε όλα τα ιδιωτικά. Επίσης όλα τα κτίρια θα πρέπει να παράγουν και την δική τους ενέργεια.

Επίσης σύντομα θα ολοκληρωθεί η εναρμόνιση του ελληνικού Δικαίου με την Κοινοτική Οδηγία 35/2004 περί περιβαλλοντικής ευθύνης και εφαρμογής της αρχής «ο ρυπαίνων όχι μόνο πληρώνει, αλλά επιπλέον αποκαθιστά» Η εναρμόνιση αυτή θα δημιουργήσει, ανάμεσα στα άλλα, και νέες συνθήκες αλλά και δυνατότητες δραστηριοποίησης, αφού όλοι θα αναγκαστούμε να βελτιώσουμε και να πιστοποιήσουμε την δράση μας σε ότι αφορά τη περιβαλλοντική μας ευθύνη.



## Ευρωπαϊκή Νομοθεσία

Σύμφωνα με την πρόσφατη οδηγία που εξέδωσε η Ε.Ε. (2010/31/EU) όλα τα κτίρια που πρόκειται να κατασκευαστούν αλλά και τα υφιστάμενα κτίρια θα πρέπει να ακολουθήσουν τα νέα πρότυπα κατασκευής μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η οδηγία αναφέρεται σε όλα τα κτίρια και θα αρχίσει να εφαρμόζεται από το 2018 στα Δημόσια κτίρια και από το 2020 σε όλα τα ιδιωτικά. Επίσης όλα τα κτίρια θα πρέπει να παράγουν και την δική τους ενέργεια.

Επίσης σύντομα θα ολοκληρωθεί η εναρμόνιση του ελληνικού Δικαίου με την Κοινοτική Οδηγία 35/2004 περί περιβαλλοντικής ευθύνης και εφαρμογής της αρχής «ο ρυπαίνων όχι μόνο πληρώνει, αλλά επιπλέον αποκαθιστά» Η εναρμόνιση αυτή θα δημιουργήσει, ανάμεσα στα άλλα, και νέες συνθήκες αλλά και δυνατότητες δραστηριοποίησης, αφού όλοι θα αναγκαστούμε να βελτιώσουμε και να πιστοποιήσουμε την δράση μας σε ότι αφορά τη περιβαλλοντική μας ευθύνη.



[www.plusenergylab.com](http://www.plusenergylab.com) | [contact@plusenergylab.com](mailto:contact@plusenergylab.com) | T. 2117708899

## Γενική υφιστάμενη κατάσταση

Η υφιστάμενη ενεργειακή απόδοση των νοσοκομείων στην Ελλάδα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως πολύ φτωχή. Η ίδια χαμηλή απόδοση χαρακτηρίζει και την πλειοψηφία των νοσοκομείων στην Ευρώπη. Υπάρχουν όμως μέθοδοι οι οποίες θα μπορούσαν με την εφαρμογή τους, να μειώσουν δραστικά την ενεργειακή κατανάλωση κυρίως σε ότι αφορά τη ψύξη και τη θέρμανση, με σημαντικά οφέλη οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά τα οποία είναι μετρήσιμα σε ετήσια βάση.

### Μέθοδος

Η μέθοδος που εφαρμόζουμε είναι το πρότυπο Passive House ([www.passivhaus.de](http://www.passivhaus.de)). Το πρότυπο αυτό είναι αναγνωρισμένο παγκοσμίως ως το ανώτερο πρότυπο εξοικονόμησης ενέργειας, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε είδους κτίριο υπό κατασκευή ή υπό ανακαίνιση - αναβάθμιση. Το πρότυπο του Παθητικού Κτιρίου (Passive House) αφορά αποκλειστικά σε οφέλη που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας με επεμβάσεις κυρίως σε θέματα ψύξης και θέρμανσης. Τα οικονομικά οφέλη είναι άμεσα εμφανή όπως σύντομο είναι και το διάστημα αποπληρωμής του κεφαλαίου που επενδύεται από την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

Παραθέτουμε τον συγκριτικό πίνακα, με την υφιστάμενες καταναλώσεις και τις καταναλώσεις που προκύπτουν μετά την εφαρμογή του προτύπου Passive House.



[www.plusenergylab.com](http://www.plusenergylab.com) | [contact@plusenergylab.com](mailto:contact@plusenergylab.com) | T. 2117708899

### Συντελεστές Κατανάλωσης

Στον πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές κατανάλωσης για τα νοσοκομεία στη Ελλάδα. Στον ίδιο πίνακα καταγράφονται οι τιμές που προκύπτουν μετά την εφαρμογή του προτύπου Passive House.

<b>Μέση Τιμή Ενεργειακής Κατανάλωσης στην Ελλάδα</b>					
	Ψύξη (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Φωτισμός (kWh/m <sup>2</sup> .a)	Εξοπλισμός (kWh/m <sup>2</sup> .a)	<b>Σύνολο</b> (kWh/m <sup>2</sup> .a)
Νοσοκομείο <sup>1</sup>	3	299	52	53	407
Νοσοκομείο Passive House	11	10	40	53	114
Σημείωση: 1. Μ.Σανταμούρης, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυσικής <a href="http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm">http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm</a>					



### Ανάλυση Κόστους

Η επένδυση για τη αναβάθμιση ενός νοσοκομείου σε σχέση με την περίοδο αποπληρωμής διαφέρει ανάλογα με την υφιστάμενη κατάσταση του, τη θέση του, το κλίμα και το μικροκλίμα της περιοχής και άλλους παράγοντες. Για το λόγο αυτό, σε αυτή την ανάλυση δεν είναι εφικτό να υπολογίσουμε με ακρίβεια το απαιτούμενο κεφάλαιο επένδυσης και την περίοδο αποπληρωμής.

Ένας μέσος όρος κεφαλαίου, ώστε να επιτύχουμε σε εύλογο χρονικό διάστημα την αποπληρωμή αυτού (ROI), είναι περίπου € 220/τμ. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί σε εργασίες για την αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης των χώρων των νοσοκομείων σε ποσοστό 70% και μια περίοδο αποπληρωμής του αρχικού κεφαλαίου 7 χρόνια.

Ως παράδειγμα, για ένα νοσοκομείο υπό ανακαίνιση (αναβάθμιση) με συνολικό εμβαδό 2.000 τμ., το κόστος της αναβάθμισης δεν θα υπερβεί τις €440.000. Το κεφάλαιο αυτό θα χρησιμοποιηθεί για όλες τις απαραίτητες εργασίες με σκοπό την εξάλειψη της απώλειας ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται με την αναβάθμιση της θερμομόνωσης και της αεροστεγανότητας στο κτίριο και μειώνοντας της ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα από και προς το κτίριο. Η αναβάθμιση γίνεται με βάση τα αποτελέσματα που μας δίνει η μελέτη που εκπονείται, χρησιμοποιώντας έγκυρο λογισμικό για τα θερμά κλίματα.

**Παράδειγμα\*** Σε νοσοκομείο 2.000 τμ με κατανάλωση όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα.

$2.000\text{m}^2 * 407$  (πίνακας 1) \*  $0.11$  [€/ kWh (ΔΕΗ)] = €89.540 Υφιστάμενη κατάσταση.

$2.000\text{m}^2 * 126$  (πίνακας 1) \*  $0.11$  [€/ kWh (ΔΕΗ)] = €27.720 Με την αναβάθμιση.

**Ετήσια εξοικονόμηση** €61.820. Η περίοδος αποπληρωμής κεφαλαίου για την αναβάθμιση είναι 7 χρόνια.

*Στο παράδειγμα η αναβάθμιση αφορά μόνο την ψύξη και τη θέρμανση.*

*Δεν υπολογίστηκαν αναβαθμίσεις σε θέματα φωτισμού και εξοπλισμού.*



www.plusenergylab.com | contact@plusenergylab.com | T. 2117708899



Alice Corovessi  
Managing Director

Ciaran O'Leary MEng, BEng  
Πολιτικός Μηχανικός, Project Manager,  
Passive House Designer

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Lombard, L.P., Ortiz, J., Pout,C., *A review on buildings energy consumption information*. Energy and Buildings, 2008. **40**: p. 394-398.
2. Radulovic D, S.S., Kirincic V., *Energy efficiency public lighting management in the cities*. Energy 2011. **36**(4): p. 1908-1915.
3. Fiaschi, D., Bandinelli, R., Conti, S., *A case study for energy issues of public buildings and utilities in a small municipality: Investigation of possible improvements and integration with renewables*. Applied Energy, 2012. **97**: p. 101-114.
4. C.A. Balaras, E.D., A. Gaglia, *HVAC and indoor thermal conditions in hospital operating rooms*. Energy and Buildings, 2007. **39**: p. 454-470.
- 4α EnergyHUBforAll <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>
- 4β <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.1.html>
- 4γ <http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=228104>
5. M. Santamouris, K.K., D. Korres, I. Livada, C. Pavlou and M.N. Assimakopoulos *On the relation between the energy and social characteristics of the residential sector*. Energy and Buildings, 2007. **39**: p. 833-905.
- 5α [http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi\\_thermomonomosi.htm](http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_thermomonomosi.htm)
6. M. Santamouris, K.P., A. Synnefa, K. Niachou, D. Kolokotsa,, *Recent progress on passive cooling techniques. Advanced technological developments to improve survivability levels in low-income households*. Energy and Buildings, 2007. **39**: p. 859-866.
7. M. Santamouris, N.P., I. Livada, I. Koronakis, C. Georgakis, A.Argiriou, D.N. Assimakopoulos,, *On the impact of urban climate to the energy consumption of buildings*., Solar Energy, 2001. **70**: p. 201-216.
8. C. Cartalis, A.S., M. Proedrou, A. Tsangrassoulis, M. Santamouris,, *Modifications in energy demand in urban areas as a result of climate changes: an assessment for the southeast Mediterranean region*., Journal of Energy Conversion and Management, 2001. **42**(14): p. 1647-1656.
9. ΥΠΕΧΩΔΕ, *Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός Οδικός Χάρτης για το 2050*. [http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2012/04/EnPlan-RoadMap-2050\\_24april2012.pdf](http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2012/04/EnPlan-RoadMap-2050_24april2012.pdf), 2012.
- 9<sup>α</sup> [http://www.cres.gr/kape/pdf/download/Energy\\_Outlook\\_2009\\_EL%20.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/download/Energy_Outlook_2009_EL%20.pdf)

10. Iatridis, M., Karamani, F., *Monitoring of EU and national energy efficiency targets*. Energy Efficiency Policies and Measures in Greece in 2012, CRES available at: [http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/greece\\_nr.pdf](http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/greece_nr.pdf), 2012.
- 10α. [http://www.energia.gr/article.asp?art\\_id=81387](http://www.energia.gr/article.asp?art_id=81387)
11. European Commission, *Energy performance of buildings. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council*. Official Journal of the European Communities available at <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0065:EN:PDF>, 2002.
12. Theodoridou, I., Papadopoulos, A.M., Hegger, M., *A typological classification of the Greek residential building stock*. Energy and Buildings, 2011. **43**: p. 2779-2787.
13. Gaglia, A.G., Balaras, C.A., Mirasgedis, S., Georgopoulou, E., Sarafidis, Y., Lalas, D.P., *Empirical assessment of the Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings*. Energy Conversion and Management, 2007. 48: p. 1160-1175.
- 13β. [http://library.tee.gr/digital/m2414/m2414\\_balaras.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2414/m2414_balaras.pdf)
14. European Commission, *European Union energy and transport figures—Statistical pocket-book*. Directorate General for Energy and Transport available at [www.bookshop.europa.eu](http://www.bookshop.europa.eu), 2010.
15. Andaloro, A.P.F., Salomona, R., Ioppolo, G., Andaloro, L., *Energy certification of buildings: A comparative analysis of progress towards implementation in European countries*. Energy Policy, 2010. **39**: p. 5840-5866.
16. Commission, E., *Europe 2020—Integrated Guidelines for the Economic and Employment Policies of the Member States*. Recommendation for a Council Recommendation available at <http://ec.europa.eu/eu2020/pdf/Brochure%20Integrated%20Guidelines.pdf>, 2010.
- 16β. <http://docplayer.gr/602788-Katanalosi-energeias-ynamiko-exoikonomisis-energeias-sta-ellinika-ktiria.html>17. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, *Υπουργική απόφαση για τον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα με τον καθορισμό μέτρων και όρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων*. ΦΕΚ 880 Τεύχος δεύτερο [http://www.elinyae.gr/el/lib\\_file\\_upload/b880\\_1998.1129880169513.pdf](http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/b880_1998.1129880169513.pdf), 1998.
18. Εφημερίδα της Κυβέρνησης, *Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις*. ΦΕΚ 98, Τεύχος Πρώτο,

available at <http://www.enforce-een.eu/wp/gre/wp-content/uploads/2011/10/N3661-2008.pdf>, 2008.

19. Κυβέρνησης, Ε.τ., *Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων*. ΦΕΚ 407 Τεύχος Δεύτερο available at <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=u2VM2IzaXIc%3D&tabid=508>, 2010.
20. Κυβέρνησης, Ε.τ., *Περί εγκρίσεως κανονισμού δια την θερμομόνωση των κτηρίων*. ΦΕΚ 362 Τεύχος Τέταρτον available at [http://www.elinyae.gr/el/lib\\_file\\_upload/362d\\_79.1317112513734.pdf](http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/362d_79.1317112513734.pdf), 1979.
21. ΤΕΕ, *Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον υπολογισμό ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης*. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, TOTEE 20701-1/2010, 2010.
22. ΤΕΕ, *Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων*. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, TOTEE 20701-2/2010, 2010.
23. ΤΕΕ, *Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών*. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, TOTEE 20701-3/2010, 2010.
24. ΤΕΕ, *Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων λεβητών και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων εξοπλισμού*. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, TOTEE 20701-4/2010, 2010.
25. Balaras, C.A., Daskalaki, E.G., *European Efforts Towards NZEBs and Energy Conservation in Hellenic Buildings*. ASHRAE Transactions, 2011. **117**(1): p. 290-297.
26. Nielsen, T.R., *Simple tool to evaluate energy demand and indoor environment in the early stages of building design*. Solar Energy, 2005. **78**: p. 73-83.
27. Υπουργείο, Εμπορίας, Βιομηχανίας και Τουρισμού, *Οδηγός θερμομόνωσης κτηρίων*. [http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/6E84927174274B7AC22575AD002C8BB7/\\$file/ODIGOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRIWN%202H%20EKDOSI\\_%20PINAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/6E84927174274B7AC22575AD002C8BB7/$file/ODIGOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRIWN%202H%20EKDOSI_%20PINAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf), 2010.
28. Γεωργόπουλος, Α., *Γη, ένας μικρός και εύθραυστος πλανήτης*. Εκδόσεις Gutenberg, 1998.
29. Wang, L., Gwilliam, J., Jones, P., *Case study of zero energy house design in UK*. Energy and Buildings, 2009. **41**(11): p. 1215-1222.



30. Tsoutsos, T., Aloumpi, E., Gkouskos, Z., Karagiorgas, M., *Design of a solar absorption cooling system in a Greek hospital*. Energy and Buildings, 2010. **42**: p. 265-272.
31. Koutroulis, E., Kalaitzakis, K., *Design of a maximum power tracking system for wind-energy-conversion applications*. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2006. **53**: p. 486-494.
32. Hernandez, P., Kenny, P., *From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB)*. Energy and Buildings, 2010. **42**: p. 815-821.
33. Santamouris M., B.C.A., Dascalaki E., Argiriou A., Gaglia A., *Energy conservation and retrofitting potential in Hellenic hotels*. Energy and Buildings, 1996. **24**: p. 65-75.
34. Helcke G. A., C.F., Daniotti B., Peckham R. J, *A detailed comparison of energy audits carried out by four separate companies on the same set of buildings*. Energy buildings, 1990. **14**: p. 153-164.
35. *Ενεργειακή Διαχείριση Κτιρίων*.  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/energeiaki\\_diaxeirisi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/energeiaki_diaxeirisi.htm).
36. *ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ*.  
[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/arxia\\_diafora/energeiaki%20apodosi%20ktiriwn/TEXNIKES\\_PRODIAGRAFES\\_SYSTIMATON\\_ENERGEIAKIS\\_DIAXIRISIS\\_.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/arxia_diafora/energeiaki%20apodosi%20ktiriwn/TEXNIKES_PRODIAGRAFES_SYSTIMATON_ENERGEIAKIS_DIAXIRISIS_.pdf).
37. Kastner, W., Neugschwandtner, G., Soucek, S., Newman, M.H, *Communication Systems for Building Automation and Control*. PROCEEDINGS OF THE IEEE available at [ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Redes%20Industriales/Articulos/comunicaciones\\_para\\_automatizacion\\_de\\_edificios.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Redes%20Industriales/Articulos/comunicaciones_para_automatizacion_de_edificios.pdf), 2005. **9**(6): p. 1178-1203.
38. Underwood, C.P., *HVAC Control Systems: Modeling, Analysis and Design*. London, U.K., Routledge, 1999.
39. Dounis, A.I., Caraiscos, C., *Advanced control systems engineering for energy and comfort management in a building environment—A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009. **13**(6-7): p. 1246-1261.
40. Climatech, *Building Energy Management Systems (BEMS)*.  
<http://climatetechwiki.org/technology/jiqweb-bems>.
41. Parker, D.S., *Very low energy homes in the United States: perspectives on performance from measured data*. Energy and Buildings, 2009. **41**: p. 512-520.

42. Kolokotsa, D., Rovas, D., Kosmatopoulos, E., Kalaitzakis, K, *A roadmap towards intelligent net zero- and positive-energy buildings*. Solar Energy, 2011. **85**(12): p. 3067-3089.
43. Bouchlaghem, N., *'Optimising the design of building envelopes for thermal performance*. Automation in Construction, 2000. **10**(1): p. 101-112.
44. Rey, E., *Office building retrofitting strategies: multicriteria approach of an architectural and technical issue*. Energy and Buildings, 2004. **36**: p. 367-372.
45. Chen, Z., Clements-Croome, D., Hong, J., Li, H. ,Xu, Q, *multi-criteria lifespan energy efficiency approach to intelligent building assessment*. Energy Buildings, 2006. **38**: p. 393-409.
46. Gholap, A.K.a.K., J. A., *Design and multi-objective optimization of heat exchangers for refrigerators*. Applied Energy, 2007. **84**: p. 1226-1239.
47. Wang, W., Zmeureanu, R. and Rivard, H., *Applying multi-objective genetic algorithms in green building design optimization*. Building and Environment, 2005. **40**: p. 1512-1525.
48. Rutman, E., Inard, C., Bailly, A. and Allard, F., *A global approach of indoor environment in an air-conditioned office room*. Building and Environment, 2005. **40**: p. 29-37.
49. Becker, R., Goldberger, I. and Paciuk, M., *Improving energy performance of school buildings while ensuring indoor air quality ventilation*. Building and Environment, 2007. **42**: p. 3261-3276.
50. Blondeau, P., Sperandio, M., Allard, F., *Multi-criteria analysis of ventilation in summer period*. Building and Environment, 2002. **37**: p. 165-176.
51. Doukas, H., Patlizianas, K.D., Iatropoulos, K., Psarras, J., *Intelligent building energy management system using rule sets*. Building and Environment, 2007. **42**: p. 3562-3569.
52. Rosenfeld, Y., Shohet, I. M., *Decision support model for semi-automated selection of renovation alternatives*. Automation in Construction, 1999. **8**: p. 503-510.
53. Martinaitis, V., Kazakevicius, E., Vitkauskas, A., *A two-factor method for appraising building renovation and energy efficiency improvement projects*. Energy Policy, 2007. **35**: p. 192-201.
54. Homoud Al, M.S., *Computer-aided building energy analysis techniques*. Building and Environment, 2001. **36**: p. 421-433.
55. Kolokotsa D., K.K., Antonidakis E., Stavrakakis G., *Interconnecting smart card system with PLC controller in a local operating network to form a*

- distributed energy management and control system for buildings*. Energy Conversion and Management, 2002. **43**: p. 119-134.
56. Σωφρόνης, Η., *Κατανάλωση Ενέργειας στα Δημόσια Νοσοκομεία*. Εκθεση προγράμματος "Development of a Monitoring and Targeting Mechanism for the Public Hospital Sector" (SA/122/94), 1994.
  57. Caddet, *Saving energy with Energy Efficiency in Hospitals*. [http://www.fire-italia.it/eell/ospedali/energy\\_efficiency\\_in\\_hospitals\\_maxi\\_brochure\\_5\\_CAD\\_DET.pdf](http://www.fire-italia.it/eell/ospedali/energy_efficiency_in_hospitals_maxi_brochure_5_CAD_DET.pdf), 2005.
  58. Jakelius S., *Learning from experience with Energy Savings in Hospitals*. <http://www.caddet.org/>, 1996.
  59. Durand, E., *Energy Efficiency In Hospitals and Clinics*. Commission of the European Communities Directorate-General for Energy (DG XVII) available at: <http://bookshop.europa.eu/en/energy-efficiency-in-hospitals-and-clinics-pbCS1898526/>, 1999.
  60. *Energy Efficiency in Hospitals, Best Practice Guide*. <http://www.eco3.org/downloads/003a-Existing-Buildings/Hospital%20Energy%20Efficiency-Best%20Practices%20Guide.pdf>, 2009.
  61. CarbonTrust, *Hospitals, Healthy budgets through energy efficiency*. [http://www.carbontrust.com/media/39216/ctv024\\_hospitals.pdf](http://www.carbontrust.com/media/39216/ctv024_hospitals.pdf).
  62. Σωφρόνης, Η., Μαργογιαννάκης, Γ., *Κατανάλωση Ενέργειας στα Δημόσια Νοσοκομεία*. <http://www.thelcon.gr/pdfs/publication%20hospitals.pdf>.
  63. CarbonTrust, *Industrial Energy Efficiency Accelerator - Guide to the laundries sector*. <http://www.carbontrust.com/media/206508/ctg064-laundries-industrial-energy-efficiency.pdf>.
  64. NHS Estates, *Catering Department - Health Building Note 10*. The Stationery Office, Crown, London, 1997.
  65. Balaras, C.A., Daskalaki, E.G., Gaglia, A, *HVAC and indoor thermal conditions in hospital operating rooms*. Energy and Buildings, 2007. **39**: p. 454-470.
  66. ΤΕΕ, "Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Κλιματισμός κτηριακών χώρων". ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2423/86, , 2002.
  67. Κατσάνης, Ι.Σ., *Μια προσέγγιση των θερμικών φορτίων σε ελληνικά νοσοκομεία για τον προσδιορισμό του συστήματος συμπαραγωγής*. Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, 2009.

68. ANSI, *Comprehensive guide to steam sterilization and sterility assurance in health care facilities, Amendment 2*.  
<http://marketplace.aami.org/eseries/PDFDocs/ST79a1109.pdf>.
69. Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας, *Προδιαγραφές Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων Νοσοκομείων*. Γενική Διεύθυνση Διοικητικής Υποστήριξης και Τεχνικών Υποδομών, Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών, Τμήμα Μελετών και Προδιαγραφών, Γ' Έκδοση, 2001.
70. <http://energy.gov/energysaver/articles/geothermal-heat-pumps>.
71. Wu, R., *Energy Efficiency Technologies – Air Source Heat Pump vs. Ground Source Heat Pump*. Journal of Sustainable Development, 2009. 2: p. 14-24.
72. Pedersen, C., *Ground Source Heat Pumps*.  
<http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ageng/structu/ae1483.pdf>, 2010.
73. EGEC, *Geothermal Heat pumps -Ground source Heat pumps*.  
<http://egec.info/wp-content/uploads/2011/01/EGEC-Brochure-GSHP-2009.pdf>.
74. US Department of Energy, *Ground Source Heat Pumps: Weighing the Value to Hospitals*.  
[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/alliances/hea\\_gshp\\_fs.pdf](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/alliances/hea_gshp_fs.pdf).
75. ΤΟ ΦΩΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ.  
<http://www.teicrete.gr/physics/lab/fdm/eppa/mk/fotohlektriko.pdf>.
76. NABCEP, *Photovoltaic (PV) Installer Resource Guide*.  
<http://www.nabcep.org/wp-content/uploads/2012/08/NABCEP-PV-Installer-Resource-Guide-August-2012-v.5.3.pdf>, 2012.
77. ΚΑΠΕ, *Οδηγίες για την εγκατάσταση φ/β συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις*. [http://www.cres.gr/kape/pdf/odigos\\_pv\\_systematon.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/odigos_pv_systematon.pdf), 2009.
78. Energy, U.D.o., *Renewables Make a Powerful Case as Hospital Energy Source*.  
[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/alliances/hea\\_renewables\\_fs.pdf](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/alliances/hea_renewables_fs.pdf).
79. Τσούτσος, Θ., *Φωτοβολταϊκά Συστήματα ενσωματωμένα σε κτήρια: Τεχνικός Οδηγός και παραδείγματα βέλτιστων πρακτικών*.  
[http://www.cea.org.cy/TOPICS/Renewable%20Energy/PURE\\_TECHNICAL.PDF](http://www.cea.org.cy/TOPICS/Renewable%20Energy/PURE_TECHNICAL.PDF).
80. Τσούτσος, Θ., Τουρνάκη, Σ., *Φωτοβολταϊκά ενσωματωμένα σε κτήρια. Τεχνικές Σελίδες* <http://ktirio.gr/innet/UsersFiles/sa/documents/articles/2011-02-101.pdf>, 2011.

81. φωτοβολταϊκών, Σ.ε., *Φωτοβολταϊκά Ένας πρακτικός τεχνικός οδηγός*. [http://www.helapco.gr/ims/file/installers/pv\\_guide\\_jan11.pdf](http://www.helapco.gr/ims/file/installers/pv_guide_jan11.pdf), 2011.
82. Λάζαρη, Ε., *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής*. [http://www.cres.gr/kape/education/bioclimate\\_brochure.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/bioclimate_brochure.pdf), 2002.
83. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., 3. *Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης*. <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>.
84. *Παθητικά ηλιακά συστήματα και η απόδοσή τους στην Ελλάδα*. [http://www.ecoarchitects.gr/images/FINAL/Pathitika\\_Hliaka\\_Systemata.pdf](http://www.ecoarchitects.gr/images/FINAL/Pathitika_Hliaka_Systemata.pdf).
85. *Passive Solar* [http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web\\_sites/01-02/RE\\_info/passive\\_solar.htm](http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/01-02/RE_info/passive_solar.htm).
86. *Indirect solar energy*. <http://www.consumerenergycenter.org/home/construction/solardesign/indirect.html>.
- 86β. [www.nrel.gov/docs/fy04osti/36277.pdf](http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36277.pdf)
87. *Isolated Solar Gain*. <http://solar.calfinder.com/library/thermal/space-heating/passive-thermal-heat/isolated-gain/>.
88. North Carolina Solar System, *Space Heating with Active Solar Energy Systems*. <http://ncsc.ncsu.edu/wp-content/uploads/20acsph.pdf>.
89. Gov., E., *Active Solar Heating*. <http://energy.gov/energysaver/articles/active-solar-heating>, 2012.
90. *active solar energy system*. [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/AE\\_active\\_solar\\_energy\\_system.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/AE_active_solar_energy_system.html).
91. *active solar energy system*. [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/AE\\_active\\_solar\\_energy\\_system.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/AE_active_solar_energy_system.html).
92. Τσούτσος, Θ., Κορμά, Ε., Καράγιωργα, Μ., Δρόσου, Β., Αηδόνη, Α., *Οδηγός Ηλιακού Κλιματισμού*. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών ΚΑΠΕ, [http://www.cres.gr/kape/education/solar\\_cooling\\_brochure-SMALL.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/solar_cooling_brochure-SMALL.pdf).
93. Guyer, J.P., *Introduction to Solar Cooling Systems*. CED Engineering.com Course No R02-002 available at <http://www.cedengineering.com/upload/Intro%20To%20Solar%20Cooling%20Systems.pdf>, 2010.

94. Κορογιαννάκης, Π., Τσούτσος, Θ., Γκούτσος, Ζ, *Ηλιακός Κλιματισμός* [http://www.solcoproject.net/docs/SOLCO\\_SolarCooling\\_guide\\_Greek.pdf](http://www.solcoproject.net/docs/SOLCO_SolarCooling_guide_Greek.pdf), 2009.
95. Cooper, I., *Comfort and Energy Conservation: A Need for Reconciliation ?* Energy and Buildings, 1982. **5**: p. 83-87.
96. Καραγιώργας, Μ., *Τεχνολογίες παραγωγής ψύξης και κλιματισμού με τη χρήση ηλιακής ενέργειας και παραδείγματα εφαρμογών*. Σεμινάριο EBHE, Bonair Building Services and HVAC Engineering Consultant, 2008.
97. Χασάπης, Δ., *Κυκλώματα Θέρμανσης Χώρων*. [http://www.enforce-eeen.eu/wp/gre/wp-content/uploads/2011/10/Solar\\_5.pdf](http://www.enforce-eeen.eu/wp/gre/wp-content/uploads/2011/10/Solar_5.pdf).
98. Thur, A., *Compact Solar Combisystem High Efficiency by Minimizing Temperatures* PhD Thesis, Department of Civil Engineering Technical University of Denmark <http://www.byg.dtu.dk/upload/institutter/byg/publications/rapporter/byg-r160.pdf>, 2007.
99. Andersen, E., *Solar Combi Systems*. PhD Thesis, Department of Civil Engineering Technical University of Denmark <http://www.byg.dtu.dk/upload/institutter/byg/publications/rapporter/byg-r156.pdf>, 2007.
100. *Θερμοδοχείο Combi*. <http://thermansis.blogspot.gr/p/blog-page.html>.
101. Χασάπης, Δ., *Συστήματα θέρμανσης οικιακών εφαρμογών* Σεμινάριο EBHE, <http://www.koubarakis.gr/pdf/home-solar-collectors.pdf>