



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ
ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΟΔΗΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ (EPBD)
ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ**

ΓΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ
Αριθμός Μητρώου: 45434

ΧΑΝΝΑ ΜΑΡΙΟ
Αριθμός Μητρώου: 45174

Επιβλέπων Καθηγήτρια
Ατανάσοβα - Νικολαΐδου Γιάννα, ΕΔΙΠ, PhD

Αθήνα , ΙΟΥΛΙΟΣ / 2024

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνονται οι σπουδές μας στο προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών « Πολιτικός Μηχανικός Δομοστατικών Έργων » του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες σε όλους όσοι συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Πρώτα και κύρια, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την επιβλέποντα καθηγήτριά μας, Δρ. Ατανάσοβα - Νικολαΐδου Γιάννα, για την αμέριστη υποστήριξη, την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές της καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας και συγγραφής αυτής της εργασίας. Θα θέλαμε επίσης να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη μας στους καθηγητές και στις οικογένειές μας για την συνεχή υποστήριξη, την κατανόηση και την υπομονή που έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας. Χωρίς την αγάπη και την πίστη τους, η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας δεν θα ήταν εφικτή. Τέλος, ευχαριστούμε όλους όσοι συμμετείχαν στην έρευνα, προσφέροντας πολύτιμα δεδομένα και πληροφορίες, καθώς και όσους με οποιονδήποτε τρόπο συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Η Επιβλέπουσα Καθηγήτρια		
Ατανάσοβα - Νικολαΐδου Γιάννα	Εξαρχάκος Γεώργιος	Μακρυγιάννης Παναγιώτης
ΕΔΙΠ, PhD	ΕΔΙΠ. PhD	ΕΔΙΠ, PhD

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο υπογράφων Γάκης Ευάγγελος του Κωνσταντίνου, με αριθμό μητρώου 45434 φοιτητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολιτεχνικής Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

08/07/2024

Ο Δηλών



ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο υπογράφων Χάννα Μάριο του Ασράφ, με αριθμό μητρώου 45174 φοιτητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολιτεχνικής Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

08/07/2024

Ο Δηλών



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στην ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενου κτιρίου με στόχο την εξοικονόμηση της ενέργειας που θα οδηγήσει σε οικονομικό όφελος και αύξηση της θερμικής άνεσης των κατοίκων καθώς και σε σημαντικό όφελος για το περιβάλλον.

Αρχικά, πραγματοποιείται βιβλιογραφική διερεύνηση και παρουσίαση στοιχείων σχετικά με το κτιριακό απόθεμα στη χώρα μας, τις βασικές ευρωπαϊκές οδηγίες για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων και τους ελληνικούς κανονισμούς θερμομόνωσης και ενεργειακής απόδοσης, όπως έχουν εξελιχθεί στο πέρασμα του χρόνου. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες και αρχές που σχετίζονται με την ενεργειακή επιθεώρηση και αναβάθμιση των κτιρίων καθώς και οι κλιματικές ζώνες της χώρας μας.

Για την επίτευξη της ενεργειακής αναβάθμισης και της αύξησης της ενεργειακής κλάσης των κτιρίων αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία αλλά και στην αγορά διάφορες μέθοδοι. Παρουσιάζονται αναλυτικά οι πιο αποδοτικές παρεμβάσεις που μπορούν να υλοποιηθούν και αντιπροσωπευτικά παραδείγματα ριζικά αναβαθμισμένων ενεργειακά κτιρίων.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση του προς αναβάθμιση κτιρίου με παρουσίαση σχεδίων, φωτογραφιών και σύντομη περιγραφή της κατάστασής του. Με βάση την υφιστάμενη κατάσταση προτείνονται παρεμβάσεις για την ενεργειακή του αναβάθμιση που περιλαμβάνουν αντικατάσταση κουφωμάτων, τοποθέτηση αντλίας θέρμανσης, κατασκευή θερμοπρόσοψης και ανεστραμμένης μόνωσης στην ταράτσα, εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα και Φ/Β συστήματος.

Τέλος, παρουσιάζονται σύντομα τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας.

Λέξεις Κλειδιά: κτιριακό απόθεμα, ενεργειακή απόδοση, ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίου, θερμομόνωση, Φ/Β

ABSTRACT

The present thesis deals with the energy upgrade of an existing building with the aim of saving energy which will lead to economic benefit and an increase in the thermal comfort of the residents as well as a significant benefit for the environment.

Firstly, a literature review and presentation of data regarding the building stock in our country, the basic European directives for the energy upgrading of buildings and the Greek thermal insulation and energy efficiency regulations, as they have evolved over time, are carried out. Then, the basic concepts and principles related to the energy inspection and upgrading of buildings as well as the climatic zones of our country are presented.

In order to achieve the energy upgrade and increase the energy class of the buildings, various methods are mentioned in the international literature as well as in the market. The most efficient interventions that can be implemented and representative examples of radically upgraded energy buildings are presented in detail.

Then, the current state of the building to be upgraded is presented with a presentation of plans, photos and a brief description of its state. Based on the existing situation, interventions are proposed for its energy upgrade, which include replacement of frames, installation of a heating pump, construction of a thermal facade and inverted insulation on the roof, installation of a solar water heater and PV system.

Finally, the conclusions of the thesis are briefly presented.

Keywords: building stock, energy efficiency, energy upgrade, thermal insulation, PV

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	7
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	9
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	11
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
1.1. Γενικά.....	12
1.2. Διάρθρωση εργασίας.....	13
2. ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΑΠΟΘΕΜΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ	14
2.1. Το κτιριακό απόθεμα στην Ελλάδα	14
2.2. Βασικές Ευρωπαϊκές Οδηγίες για την ενεργειακή αναβάθμιση	21
2.3. Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής ανακαίνισης κτιρίων	22
2.4. Ελληνικοί Κανονισμοί	23
2.4.1. Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων – ΚΘΚ.....	23
2.4.2. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – ΚΕΝΑΚ.....	23
3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ/ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ.....	29
3.1. Ενεργειακή κατάσταση των κτιρίων στην Ελλάδα.....	29
3.2. Κλιματικές Ζώνες στην Ελλάδα.....	33
3.3. Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων	36
4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	38
4.1. Γενικά.....	38
4.1.1. Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους	39
4.1.2. Αντικατάσταση κουφωμάτων.....	41
4.1.3. Αντικατάσταση υαλοπινάκων και πλαισίου	41
4.1.4. Τοποθέτηση σκιάστρων.....	41
4.1.5. Φ/Β συστήματα.....	44
4.1.6. Ηλιοθερμικά συστήματα	58
4.1.7. Φυτεμένα δώματα.....	60
4.1.8. Ενεργειακή αναβάθμιση εγκατάστασης θέρμανσης κτιρίου.....	63
4.1.9. Ενεργειακή αναβάθμιση εγκατάστασης ψύξης κτιρίου	66
4.1.10. Αντικατάσταση λαμπτήρων	67
4.1.11. Τεχνητός αερισμός.....	68
4.1.12. Υλικά Αλλαγής Φάσης (Phase Change Material - PCM).....	69
4.2. Ευρωπαϊκά πρότυπα για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων	72
4.3. Παραδείγματα	75
4.3.1. "Etrium" (Κολωνία) - Πράσινες Στέγες και Οικολογική Ενέργεια.....	75
4.3.2. Οι πύργοι του Κέντρου Εμπορίου του Μπαχρέιν (Bahrain World Trade Center towers).....	76
5. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	77
5.1. Γενικά στοιχεία και ιστορικό κτιρίου.....	77
5.2. Γενική περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης	84
5.3. Ενεργειακή κατάσταση υφιστάμενης κατάστασης	95
6. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΑΡΑΜΒΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ.....	96
6.1. Αντικατάσταση κουφωμάτων	96
6.2. Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης.....	100
6.3. Θερμοπρόσοψη – εξωτερική θερμομόνωση	103
6.4. Θερμομόνωση ταράτσας	108

6.5. Τοποθέτηση ηλιακών θερμοσίφωνων για παραγωγή ζεστού νερού	111
6.6. Τοποθέτηση Φ/Β συστήματος για ενεργειακό συμψηφισμό και εξοικονόμηση ενέργειας	112
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	114
Αναφορές – Πηγές	116

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2-1: Κανονικές κατοικίες κατά περίοδο κατασκευής και τύπο κτιρίου στην Ελλάδα (ΕΛΣΤΑΤ, 2011).....	15
Σχήμα 2-2: Κανονικές κατοικίες κατά κατάσταση και περίοδο κατασκευής τους στην Ελλάδα (ΕΛΣΤΑΤ, 2011).....	16
Σχήμα 2-3: Σύγκριση ΚΘΚ και ΚΕΝΑΚ [63].....	24
Σχήμα 2-4: Ενδεικτικό ΠΕΑ – σελ. 1 [62]	26
Σχήμα 2-5: Ενδεικτικό ΠΕΑ – σελ. 2 [62]	27
Σχήμα 3-1: Κατανομή κατοικιών με βάση την περίοδο κατασκευής (επιφάνεια, τμ) [4],[8]	30
Σχήμα 3-2: Αναλυτικά στοιχεία των αποτελεσμάτων ΠΕΑ για τη χρονική περίοδο 2011-2018.....	31
Σχήμα 3-3: Κατανάλωση ανά χρήση στον οικιακό τομέα [90].....	31
Σχήμα 3-4: Κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά καύσιμο [90]	32
Σχήμα 3-5: Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας [13]	33
Σχήμα 3-6: Κατοικίες ανά κλιματική ζώνη [90]	35
Σχήμα 3-7: Απώλειες θερμικής ενέργειας σε κατοικίες [90]	36
Σχήμα 4-1: Συνδυασμός υλικών εξωτερικής θερμοπρόσοψης με χρήση λευκής διογκωμένης πολυστερίνης, όπου: (1) Υπόστρωμα – τοιχοποιία, (2) Συγκολλητικό υλικό, (3) Θερμομονωτική πλάκα, (4) Μηχανική στερέωση, (5) Βασική στρώση, (6) Υαλόπλεγμα οπλισμού, (7) Έγχρωμο αστάρι, (8) Τελικό έγχρωμο επίχρισμα [35]	39
Σχήμα 4-2: Σύστημα εξωτερικής θερμοπρόσοψης από πετροβάμβακα [29]	40
Σχήμα 4-3: Κούφωμα αλουμινίου με θερμοδιακοπή, το οποίο εμποδίζει τη μεταφορά θερμότητας από το εξωτερικό προς το εσωτερικό του σπιτιού και αντίστροφα [91].....	41
Σχήμα 4-4: Σχηματική αναπαράσταση εγκατάστασης Φ/Β συστήματος σε στέγη κατοικίας [59]	44
Σχήμα 4-5: Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκού συστήματος Net Metering, το οποίο εφαρμόζεται κατά βάση σε κτίρια (σπίτια, επαγγελματικά κτίρια πάσης φύσεως, ξενοδοχεία, βιομηχανικά κτίρια, αποθήκες χονδρικής και logistics κλπ). Το Net Metering είναι μια μέθοδος ενεργειακού συμψηφισμού μεταξύ της ενέργειας που παράγει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα που έχει εγκατασταθεί σε κάποιο κτήριο κατοικίας ή επιχείρησης και της ενέργειας που καταναλώνεται από τις εγκαταστάσεις του συγκεκριμένου κτηρίου. [33]	47
Σχήμα 4-6: Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα και φωτοβολταϊκό σύστημα Net Metering συνδεδεμένο με το δίκτυο κοινής ωφέλειας [66].....	50
Σχήμα 4-7: Χρήση Φ/Β συστημάτων ως δομικά στοιχεία των κτιρίων [79].....	52
Σχήμα 4-8: Πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων [58]	54
Σχήμα 4-9: Μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων [58]	56
Σχήμα 4-10: Ηλιοθερμικό σύστημα εγκατεστημένο σε κατοικία, το οποίο αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, τον ταμιευτήρα ηλιακής θέρμανσης (buffer) και τους ηλιακούς ελεγκτές (solar station) [73]	58
Σχήμα 4-11: Ηλιοθερμικό σύστημα συνδεδεμένο με δεξαμενές για ΖΝΧ ([3],[28])....	59
Σχήμα 4-12: Επίπεδα φυτεμένου δώματος ([11],[18]).....	60
Σχήμα 4-13: Τυπική τομή ενδοδαπέδιου συστήματος σε σκαρίφημα [31]	64
Σχήμα 4-14: Τυπικό σκαρίφημα αντλίας θερμότητας [67]	65

Σχήμα 4-15: Διαμέρισμα που εφοδιάζεται με αντλία θερμότητας ενδοδαπέδιας θέρμανσης ζεστού νερού και πηγής αέρα με το σύστημα κεντρικής θέρμανσης ως πηγή θέρμανσης της ενέργειας [97].....	65
Σχήμα 4-16: Σύστημα διαιρούμενου τύπου split [85].....	66
Σχήμα 4-17: Λειτουργία τεχνητού αερισμού [40]	68
Σχήμα 4-18: (α) Σύγκριση της ικανότητας αποθήκευσης θερμότητας μιας επιλογής εμπορικών PCM με τυπικά δομικά υλικά [22] (β) Σύγκριση πάχους μεταξύ πλινθοδομής, τοίχου από σκυρόδεμα και σοβά με τοίχο PCM που έχει την ίδια θερμική αποθήκευση θερμότητας [17]	70
Σχήμα 4-19: Σχηματική απεικόνιση ενεργητικού συστήματος στέγης [1]	71
Σχήμα 5-1: Κάτοψη α' ορόφου.....	82
Σχήμα 5-2: Ξυλότυπος οροφής α' ορόφου	83
Σχήμα 6-1: Προτεινόμενα θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα [92].....	99
Σχήμα 6-2: Αντλία θερμότητας τύπου MonoBlock [30]	101
Σχήμα 6-3: Αντλία θερμότητας τύπου Split [30]	102
Σχήμα 6-4: Ενδεικτικό εξωτερικό σύστημα θερμομόνωσης [94]	104
Σχήμα 6-5: Ενδεικτικό σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης με διογκωμένη πολυστερίνη όπως προτείνεται από κατασκευαστή.[81]	105
Σχήμα 6-6: Ενδεικτικό σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης με εξηλασμένη πολυστερίνη όπως προτείνεται από κατασκευαστή [82]	106
Σχήμα 6-7: Ενδεικτική ανεστραμμένη θερμομόνωση [96]	108
Σχήμα 6-8: Ενδεικτική φωτογραφία ηλιακού θερμοσίφωνα φυσικής ροής που προτείνεται να τοποθετηθεί στο κτίριο.....	111

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i>Εικόνα 4-1: Τοποθέτηση σκιάστρων σε κτίριο [37]</i>	<i>42</i>
<i>Εικόνα 4-2: Οι τέντες αποτελούν την πιο παλιά, απλή και γνωστή μέθοδο σκίασης, με χαμηλό κόστος και ευκολία χειρισμού [29]</i>	<i>42</i>
<i>Εικόνα 4-3: Φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγες κατοικιών [43]</i>	<i>45</i>
<i>Εικόνα 4-4: Φωτοβολταϊκά συστήματα σε δώμα κτιρίου στην Κολωνία [54]</i>	<i>45</i>
<i>Εικόνα 4-5: Φωτοβολταϊκά συστήματα σε δώμα νοσοκομειακού κτιρίου στην πόλη Μούρθια της Ισπανίας [75]</i>	<i>46</i>
<i>Εικόνα 4-6: Φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγη ξενοδοχείου στην πόλη Γκάντια της Ισπανίας [76]</i>	<i>46</i>
<i>Εικόνα 4-7: Οικίες με εγκατεστημένα Φ/Β συστήματα στις στέγες τους [74] Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.</i>	<i>47</i>
<i>Εικόνα 4-8: Εγκατάσταση Φ/Β συστήματος σε σκάφος [86]</i>	<i>50</i>
<i>Εικόνα 4-9: Χρήση Φ/Β συστημάτων ως δομικά στοιχεία των κτιρίων [66].....</i>	<i>52</i>
<i>Εικόνα 4-10: Αυτόνομη πολυτελής κατοικία «ZERO ENERGY», με Φ/Β συστήματα εγκατεστημένα στη στέγη [51]</i>	<i>53</i>
<i>Εικόνα 4-11: Πολυώροφο κτίριο, αυτόνομο ενεργειακά, όπου τα φωτοβολταϊκά πάνελ δεν έχουν τοποθετηθεί στο δώμα αλλά αποτελούν δομικά στοιχεία του κτιρίου [89] ...</i>	<i>57</i>
<i>Εικόνα 4-12: Αυτόνομη «ZERO ENERGY» κατοικία στη Γερμανία, από βιώσιμα και ανακυκλωμένα υλικά, με εγκατεστημένα Φ/Β συστήματα με σκοπό τη μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον [89]</i>	<i>57</i>
<i>Εικόνα 4-13: Αυτόνομες ενεργειακά κατοικίες στη Σουηδία, με εγκατεστημένα ηλιοθερμικά συστήματα στις στέγες για τη μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον [89]</i>	<i>59</i>
<i>Εικόνα 4-14: Φυτεμένο δώμα του Δημαρχείου Αμαρουσίου [53]</i>	<i>61</i>
<i>Εικόνα 4-15: Φυτεμένα δώματα του κτιρίου Rockefeller, Νέα Υόρκη [56]</i>	<i>61</i>
<i>Εικόνα 4-16: Οφέλη φυτεμένου δώματος [77]</i>	<i>62</i>
<i>Εικόνα 4-17: Φυτεμένα δώματα με ταυτόχρονα εγκατεστημένα Φ/Β/ στη συστήματα [89]</i>	<i>62</i>
<i>Εικόνα 4-18: Σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης [84]</i>	<i>63</i>
<i>Εικόνα 4-19: Λαμπτήρες και προβολείς LED, τελευταία τεχνολογίας ([10],[72])</i>	<i>67</i>
<i>Εικόνα 4-20: Καινοτόμο παράδειγμα κτιρίου [55].....</i>	<i>75</i>
<i>Εικόνα 4-21: (α) Σκαρίφημα και (β) γενική άποψη από το έδαφος του Κέντρου Εμπορίου του Μπαχρέιν ([21],[27])</i>	<i>76</i>
<i>Εικόνα 5-1: Αεροφωτογραφία με τη θέση του οικοπέδου (Πηγή: Google Earth).....</i>	<i>77</i>
<i>Εικόνα 5-2: Εμπρόσθια όψη του υπό μελέτη κτιρίου.....</i>	<i>78</i>
<i>Εικόνα 5-3: Πίσω αυλή του κτιρίου με κτίσματα της δεκαετίας του '20, τα οποία κρίνονται κατεδαφιστέα.....</i>	<i>79</i>
<i>Εικόνα 5-4: Πίσω αυλή του κτιρίου με κτίσματα της δεκαετίας του '20. Στο βάθος διαφαίνεται η πίσω όψη του υπό μελέτη κτιρίου.....</i>	<i>79</i>
<i>Εικόνα 5-5: Η πίσω αυλή του κτιρίου</i>	<i>80</i>
<i>Εικόνα 5-6: Κάτοψη της πίσω αυλής, με τα κτίσματα της δεκαετίας του 1920. Με κόκκινη διακεκομμένη γραμμή σημειώνεται το όριο του οικοπέδου.....</i>	<i>80</i>
<i>Εικόνα 5-7: Κατεδαφιστέα κτίσματα της πίσω αυλής που τώρα χρησιμοποιούνται ως αποθήκες</i>	<i>81</i>
<i>Εικόνα 5-8: Κουφώματα ισογείου – εμπρόσθια όψη</i>	<i>84</i>
<i>Εικόνα 5-9: Είσοδος κτιρίου</i>	<i>85</i>

<i>Εικόνα 5-10: Είσοδος οικίας ισογείου</i>	<i>85</i>
<i>Εικόνα 5-11: Καθίζηση τοίχου στην κεντρική είσοδο του κτιρίου</i>	<i>86</i>
<i>Εικόνα 5-12: Προβλήματα υγρασίας στο κλιμακοστάσιο</i>	<i>86</i>
<i>Εικόνα 5-13: Οπίσθια όψη του υπό μελέτη κτιρίου</i>	<i>87</i>
<i>Εικόνα 5-14: Κουφώματα ισογείου – οπίσθια όψη</i>	<i>87</i>
<i>Εικόνα 5-15: Κουφώματα ισογείου – εμπρόσθια όψη</i>	<i>88</i>
<i>Εικόνα 5-16: Κλιμακοστάσιο. Τα παράθυρα του κλιμακοστασίου είναι επίσης μεγάλης παλαιότητας</i>	<i>88</i>
<i>Εικόνα 5-17: Είσοδος οικίας α' ορόφου</i>	<i>89</i>
<i>Εικόνα 5-18: Είσοδος οικίας β' ορόφου</i>	<i>89</i>
<i>Εικόνα 5-19: Έξοδος προς την ταράτσα του κτιρίου. Το ξεφλούδισμα του χρώματος των τοίχων οφείλεται στη χρήση κόλλας πλακιδίων ως επίχρισμα, αντί ασταριού.</i>	<i>90</i>
<i>Εικόνα 5-20: Παλιό παράθυρο του κλιμακοστασίου, σε κακή κατάσταση.....</i>	<i>90</i>
<i>Εικόνα 5-21: Ταράτσα κτιρίου</i>	<i>91</i>
<i>Εικόνα 5-22: Οικίσκος απόληξης του κλιμακοστασίου</i>	<i>91</i>
<i>Εικόνα 5-23: Προβλήματα υγρασίας και μούχλας στο στηθαίο και γενικότερα στο χώρο της ταράτσας του κτιρίου</i>	<i>92</i>
<i>Εικόνα 5-24: Προβλήματα υγρασίας στο χώρο της ταράτσας του κτιρίου.....</i>	<i>92</i>
<i>Εικόνα 5-25: Πάνελ του ηλιακού θερμοσίφωνα του 1^{ου} ορόφου</i>	<i>93</i>
<i>Εικόνα 5-26: Φθορά και πτώση υλικών από την μαρκίζα του εξώστη του β' ορόφου..</i>	<i>94</i>
<i>Εικόνα 5-27: Φθαρμένα στοιχεία που χρήζουν αντικατάστασης (σωληνώσεις, καλώδια, κεραία τηλεόρασης κλπ)</i>	<i>94</i>
<i>Εικόνα 6-1: Φωτογραφία διογκωμένης πολυστερίνης [95]</i>	<i>106</i>
<i>Εικόνα 6-2: Φωτογραφία εξηλασμένης πολυστερίνης [95]</i>	<i>107</i>
<i>Εικόνα 6-3: Φωτογραφία εφαρμογής ανεστραμμένης θερμομόνωσης με πλήρη βατότητα και χρήση [96]</i>	<i>109</i>
<i>Εικόνα 6-4: Φωτογραφία εξηλασμένης πολυστερίνης σε ταράτσα, η οποία προτείνεται για την ενεργειακή αναβάθμιση του εξεταζόμενου κτιρίου [95].....</i>	<i>110</i>
<i>Εικόνα 6-5: Φωτογραφία από Φ/Β σε κήπο οικίας [48].....</i>	<i>113</i>

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Πίνακας 2-1 Κατοικίες κατά είδος και κατάσταση και κατά Περιφέρεια (ΕΛΣΤΑΤ, 2011)</i>	<i>14</i>
<i>Πίνακας 2-2 Κανονικές κατοικίες σύμφωνα με την περίοδο κατασκευής τους και την κατάσταση κατοικίας (ΕΛΣΤΑΤ, 2011)</i>	<i>17</i>
<i>Πίνακας 2-3 Συνολικός αριθμός κτιρίων ανά χρήση για το έτος 2015</i>	<i>19</i>
<i>Πίνακας 2-4: Κτίρια που στεγάζουν δημόσιες υπηρεσίες [45]</i>	<i>19</i>
<i>Πίνακας 3-1: Κλιματικές Ζώνες [68]</i>	<i>33</i>
<i>Πίνακας 3-2: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας ανά δομικό στοιχείο και κλιματική ζώνη [69]</i>	<i>34</i>
<i>Πίνακας 4-1 : Πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κατοικίες ([49],[51],[52], [57],[60],[98]).....</i>	<i>48</i>
<i>Πίνακας 4-2 : Ευρωπαϊκά πρότυπα για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων [13].....</i>	<i>72</i>

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Τα τελευταία χρόνια η συζήτηση αναφορικά με την εξοικονόμηση ενέργειας, τις επιπτώσεις από τη χρήση ορυκτών καυσίμων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, την προώθηση χρήσης φιλικών – ήπιων μορφών ενέργειας και την ενεργειακή αναβάθμιση ιδιωτικών και δημόσιων κτιρίων γίνεται όλο και πιο έντονη. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή άλλωστε έχει αναλάβει τη δέσμευση να ακολουθήσει πολιτικές που θα συμβάλουν στη φιλοδοξία της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας για επίτευξη ουδέτερου ισοζυγίου άνθρακα έως το 2050.

Με βάση τα στοιχεία που παρουσιάζονται στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΝ, τα κτίρια στην Ευρωπαϊκή Ένωση ευθύνονται για το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και στην Ελλάδα για το 43% και καταναλώνουν το μεγαλύτερο μερίδιο ενέργειας, έχοντας παράλληλα το μεγαλύτερο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Για τον λόγο αυτό τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα προωθούνται αλλά και χρηματοδοτούνται δράσεις για ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα μπορεί να επιτευχθεί με την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων ενώ παράλληλα η εγκατάσταση και χρήση φιλικών – ήπιων μορφών ενέργειας θα συμβάλει στη μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου.

Στα κτίρια η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί είτε με μικρές απλές αλλαγές, όπως η αντικατάσταση των παλιών λαμπτήρων φθορισμού με σύγχρονους λαμπτήρες led χαμηλής κατανάλωσης και την αγορά ηλεκτρικών συσκευών με πολύ χαμηλή κατανάλωση, είτε με ευρείας κλίμακας παρεμβάσεις στο κέλυφος, την αντικατάσταση ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και την αντικατάσταση των κουφωμάτων. Η δεύτερη κατηγορία, δηλαδή, οι δομικές παρεμβάσεις είναι εκείνες που οδηγούν σε μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας έως και 50% και ουσιαστικά αναβαθμίζουν ενεργειακά το κτίριο.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζονται στοιχεία αναφορικά με το κτιριακό απόθεμα και την ενεργειακή του κατάσταση στη χώρα μας, τις οδηγίες και τους κανονισμούς σχετικά με την ενεργειακή πολιτική και τη θερμομόνωση σε Ελλάδα και Ευρώπη, τις παρεμβάσεις που συστήνεται να πραγματοποιηθούν στα κτίρια για την ενεργειακή τους αναβάθμιση και τέλος παρουσιάζεται μια μελέτη περίπτωσης κτιρίου.

1.2. Διάρθρωση εργασίας

Η διάρθρωση της Διπλωματικής Εργασίας είναι η ακόλουθη:

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή – Γίνεται εισαγωγή στο αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας.

Κεφάλαιο 2. Κτιριακό απόθεμα και ενεργειακή πολιτική. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συνοπτικά στοιχεία που αφορούν στο υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα της χώρας μας με έμφαση στις κατοικίες. Παρουσιάζονται στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ με βάση την απογραφή του 2011 και στοιχεία από την Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής ανακαίνισης κτιρίων του 2015. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι βασικές οδηγίες που αφορούν στην ανακαίνιση και ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων και τους κανονισμούς που εφαρμόζονται στην Ελλάδα με σύντομη ιστορική αναδρομή.

Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή επιθεώρηση & αναβάθμιση – βασικές έννοιες και αρχές. Παρουσιάζονται οι βασικοί ορισμοί που σχετίζονται με την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων και οι βασικοί στόχοι της. Γίνεται ανάλυση της ενεργειακής κατάστασης των υφιστάμενων κτιρίων στη χώρα μας και αναφορά στις κλιματικές ζώνες.

Κεφάλαιο 4. Μέθοδοι Ενεργειακής Αναβάθμισης Υφιστάμενων Κτιρίων. Παρουσιάζονται αναλυτικά με βάση τη βιβλιογραφία οι μέθοδοι και οι τρόποι που μπορεί να επιτευχθεί η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, είτε με δομικές παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου, είτε με αντικατάσταση ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού είτε με απλές παρεμβάσεις.

Κεφάλαιο 5. Υφιστάμενη Κατάσταση Κτιρίου Μελέτης Περίπτωσης. Παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση της κατοικίας – μελέτης περίπτωσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Κεφάλαιο 6. Προτεινόμενες Παρεμβάσεις Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίου Μελέτης Περίπτωσης. Παρουσιάζονται οι προτεινόμενες παρεμβάσεις που μπορούν να εφαρμοστούν στην υπό μελέτη κατοικία ώστε να επιτευχθεί η ενεργειακή της αναβάθμιση.

Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα. Παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας.

2. ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΑΠΟΘΕΜΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

2.1. Το κτιριακό απόθεμα στην Ελλάδα

Το κτιριακό απόθεμα, δηλ. το σύνολο των υφιστάμενων κτιρίων, είναι αναμφισβήτητα ένας πολύ σημαντικός τομέας που επιδρά στο φυσικό περιβάλλον και έχει μεγάλο αποτύπωμα στον ενεργειακό τομέα καθώς σχετίζεται άμεσα με τις απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, κτλ.

Όσον αφορά στην υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα, στοιχεία σχετικά με το κτιριακό απόθεμα της χώρας μπορεί να αναζητήσει κάποιος στην Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, η οποία ως υπεύθυνος φορέας πραγματοποιεί στατιστική έρευνα κάθε 10 έτη. Σημειώνεται ότι με βάση τα στοιχεία της ιστοσελίδας της ΕΛΣΤΑΤ απογραφή κτιρίων πραγματοποιήθηκε και το 2021 αλλά δεν υπάρχουν μέχρι στιγμής δημοσιευμένα αποτελέσματα. Για τον λόγο αυτό, στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της Απογραφής του 2011.

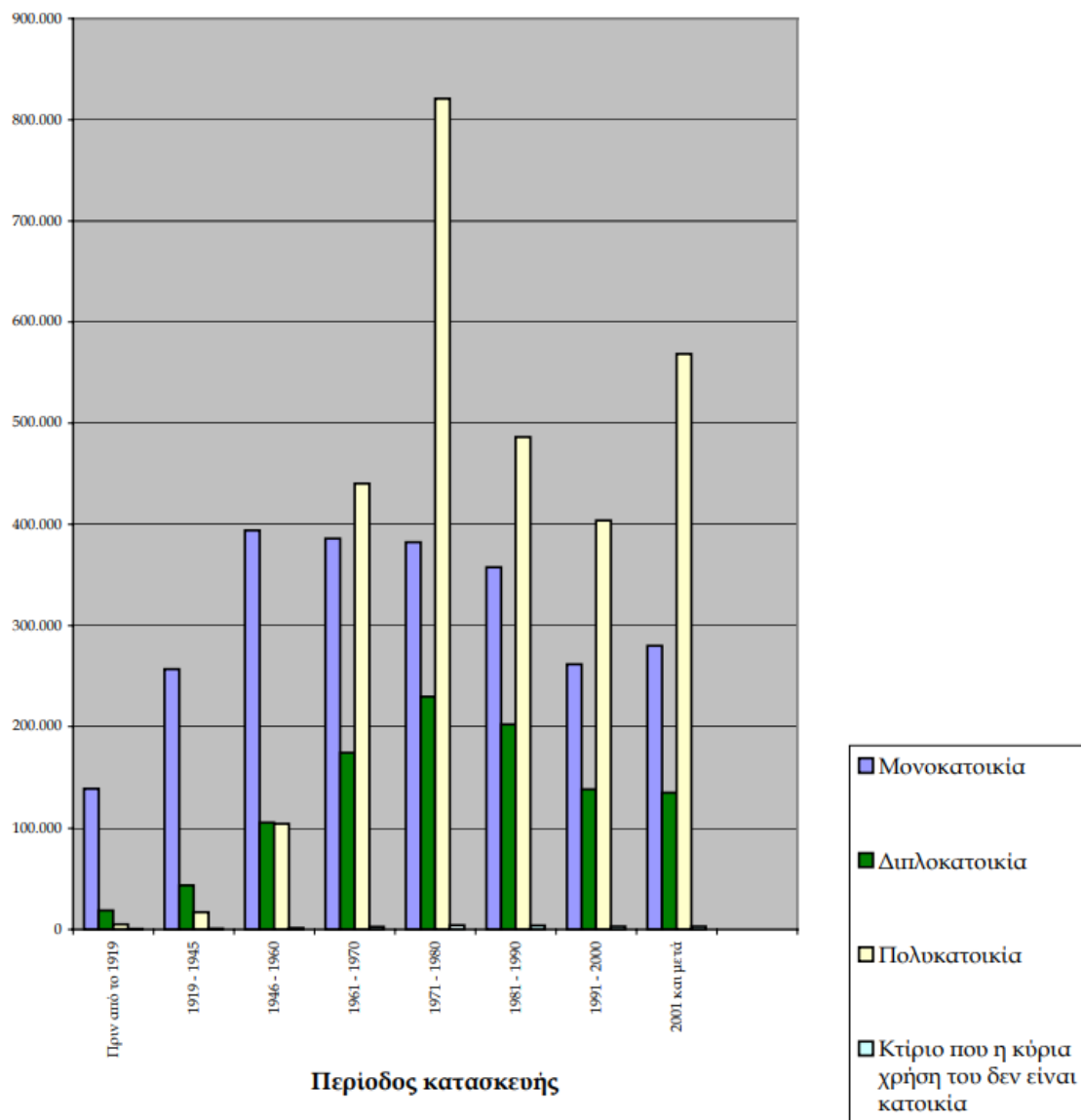
Πίνακας 2-1 Κατοικίες κατά είδος και κατάσταση και κατά Περιφέρεια (ΕΛΣΤΑΤ, 2011)

Περιφέρεια	Σύνολο κατοικιών	Κανονικές κατοικίες								Μη κανονικές κατοικίες
		Σύνολο κανονικών κατοικιών	Κατοικ ούμενες	Κενές						
				Σύνολο κενών κατοικιών	για ενοικί αση	για πώληση	εξοχικές	δευτερε ύοοοοες	για άλλο λόγο	
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	6.384.353	6.371.901	4.122.088	2.249.813	453.901	88.996	729.964	621.881	355.071	12.452
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ	340.682	340.085	234.752	105.333	16.336	4.206	28.636	36.228	19.927	597
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	1.076.148	1.074.242	713.252	360.990	92.134	19.476	109.282	91.013	49.085	1.906
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	159.409	159.230	103.936	55.294	9.279	1.123	10.545	23.542	10.805	179
ΗΠΕΙΡΟΥ	204.948	204.577	128.017	76.560	9.462	1.014	25.550	28.132	12.402	371
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	397.301	395.842	263.093	132.749	17.434	3.614	47.119	40.772	23.810	1.459
ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	359.236	357.934	199.700	158.234	25.262	3.692	78.691	36.633	13.956	1.302
ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ	160.298	160.106	80.515	79.591	25.036	2.373	24.331	19.508	8.343	192
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	390.609	388.791	240.541	148.250	24.995	3.497	58.131	42.810	18.817	1.818
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ	411.462	410.109	211.723	198.386	25.774	4.463	93.214	55.025	19.910	1.353
ΑΤΤΙΚΗΣ	2.121.155	2.118.743	1.509.685	609.058	144.096	35.947	135.654	159.524	133.837	2.412
ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ	151.449	151.332	79.347	71.985	9.074	2.894	30.634	19.958	9.425	117
ΝΟΤΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ	229.919	229.667	116.383	113.284	21.142	3.366	50.707	24.550	13.519	252
ΚΡΗΤΗΣ	381.737	381.243	241.144	140.099	33.877	3.331	37.470	44.186	21.235	494

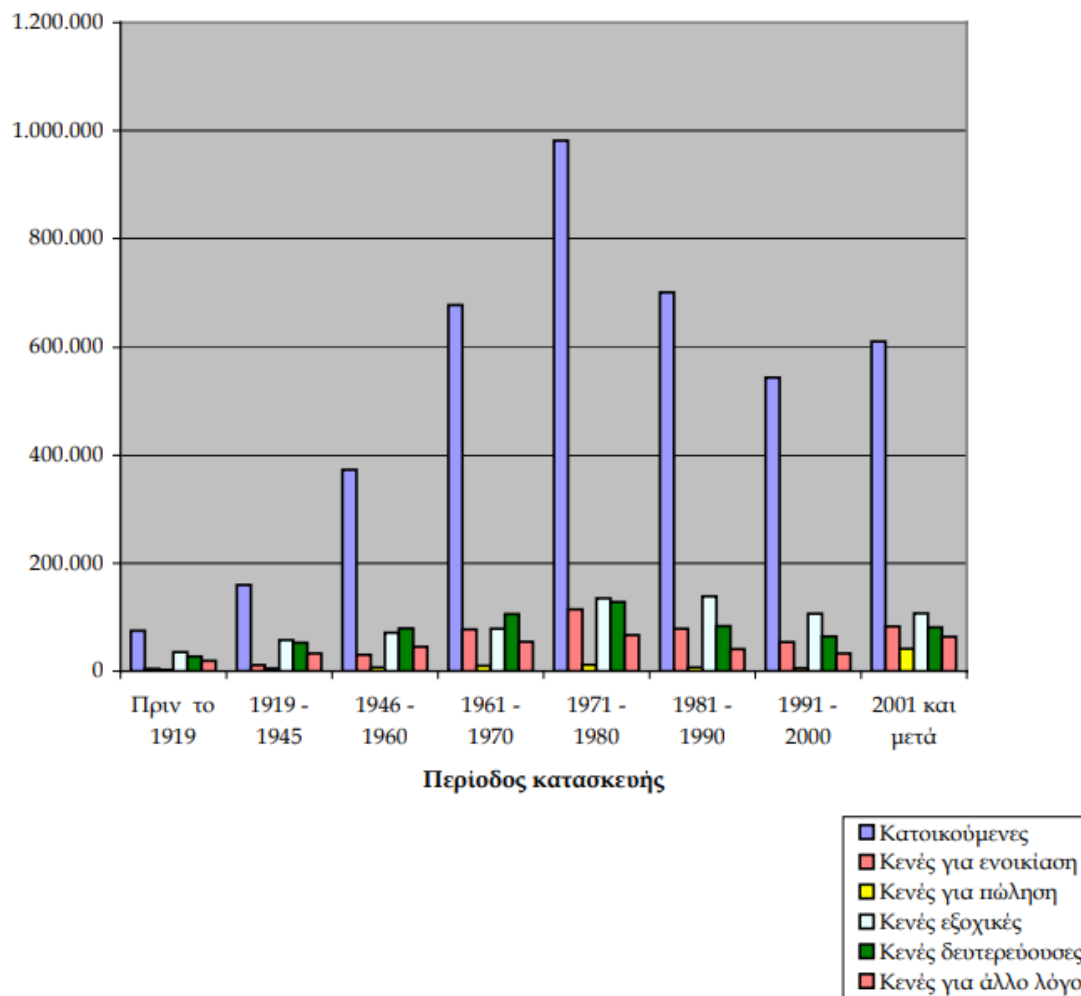
Σύμφωνα με τα επίσημα αποτελέσματα της Απογραφής Πληθυσμού - Κατοικιών το 2011 [80], ο αριθμός των κτιρίων της Χώρας μας ανήλθε σε 4.105.637. Στα κτίρια αυτά συναντώνται 6.384.353 κατοικίες από τις οποίες 6.371.901 ορίζονται ως κανονικές κατοικίες (ποσοστό 99,8%) και 12.452 ως μη κανονικές κατοικίες

(ποσοστό μόλις 0,2%). Σύμφωνα με τον ορισμό της ΕΛΣΤΑΤ “ως κανονική κατοικία εννοείται η μόνιμη και ανεξάρτητη κατασκευή, η οποία προορίζεται να χρησιμοποιηθεί ως κατοικία ενός νοικοκυριού για τουλάχιστον ένα έτος”. Στον Πίνακα 2-1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα στοιχεία των κατοικιών κατά είδος και κατάσταση και κατά Περιφέρεια [83].

Στο Σχήμα 2-1 απεικονίζονται οι κανονικές κατοικίες κατά περίοδο κατασκευής και τύπο κτιρίου, ενώ στο Σχήμα 2-2 παρουσιάζονται οι κανονικές κατοικίες σύμφωνα με την περίοδο κατασκευής τους και την κατάσταση κατοικίας.



Σχήμα 2-1: Κανονικές κατοικίες κατά περίοδο κατασκευής και τύπο κτιρίου στην Ελλάδα (ΕΛΣΤΑΤ, 2011)



Σχήμα 2-2: Κανονικές κατοικίες κατά κατάσταση και περίοδο κατασκευής τους στην Ελλάδα (ΕΛΣΤΑΤ, 2011)

Επίσης, στον Πίνακα 2-2 παρουσιάζονται οι κανονικές κατοικίες σύμφωνα με την περίοδο κατασκευής τους και την κατάσταση κατοικίας, όπου επισημαίνεται με πράσινο χρώμα η δεκαετία όπου είχε τον μέγιστο αριθμό κατοικιών που κατασκευάστηκαν καθώς και κάποια στατιστικά δεδομένα.

Πίνακας 2-2 Κανονικές κατοικίες σύμφωνα με την περίοδο κατασκευής τους και την κατάσταση κατοικίας (ΕΛΣΤΑΤ, 2011)

Περίοδος κατασκευής	Κανονικές κατοικίες							
	Σύνολο	Κατοικούμενες	Κενές					
			Σύνολο	για ενοικίαση	για πώληση	εξοχικές	δευτερεύουσες	για άλλο λόγο
Πριν το 1919	163759	74905	88854	4623	2562	35203	27294	19172
1919 - 1945	318372	159675	158697	11267	4821	57509	52522	32578
1946 - 1960	605693	372963	232730	30543	6765	71292	79150	44980
1961 - 1970	1002902	676960	325942	77140	9954	78810	105764	54274
1971 - 1980	1437424	981653	455771	114484	11530	135116	127969	66672
1981 - 1990	1049931	700819	349112	78888	6576	138913	83827	40908
1991 - 2000	806977	544076	262901	53782	5529	106354	64247	32989
2001 και μετά	986843	611037	375806	83174	41259	106767	81108	63498
ΣΥΝΟΛΟ	6371901	4122088	2249813	453901	88996	729964	621881	355071

max	1437424	981653	455771	114484	41259	138913	127969	66672
Κατοικίες προ 1981 (αριθμός)	3528150	2266156	1261994	238057	35632	377930	392699	217676
Κατοικίες προ 1981 (ποσοστό επί του συνόλου)	55%	55%	56%	52%	40%	52%	63%	61%
Κατοικίες προ 1991 (ποσοστό επί του συνόλου)	72%	72%	72%	70%	47%	71%	77%	73%

Από τα παραπάνω Σχήματα και τους Πίνακες προκύπτουν τα εξής πολύ χρήσιμα συμπεράσματα:

- Από τη σύγκριση των διαθέσιμων στοιχείων, για όσες δεκαετίες υπάρχουν δεδομένα, παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη ανοικοδόμηση – κατασκευή πραγματοποιήθηκε τη δεκαετία 1971-1980.
- Το περίπου 55% του συνόλου του κτιριακού αποθέματος των κατοικιών έχουν κατασκευαστεί πριν από το 1981.
- Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο 1^{ος} κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων (ΚΘΚ) τέθηκε σε ισχύ στη χώρα μόλις το 1979 με το «Π.Δ. της 1.6/1979 (ΦΕΚ 362/Δ' 4.7.1979): Περί εγκρίσεως Κανονισμού για τη θερμομόνωση των κτιρίων», πρακτικά παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των υφιστάμενων κτιρίων δεν διαθέτουν καμία μορφή θερμομόνωσης, και κατά συνέπεια, έχουν μεγάλες ενεργειακές ανάγκες για την κάλυψη της θέρμανσης. Σημειώνεται ότι ο ΚΘΚ (1979) σε μεγάλο βαθμό στηρίχτηκε στον αντίστοιχο γερμανικό κανονισμό, και έθετε βασικά μέγιστα όρια για τη θερμοπερατότητα στοιχείων (παράθυρα, τοίχοι, οροφή) και για το κέλυφος των κτιρίων.
- Επίσης, μελέτες δείχνουν ότι αν και ο ΚΘΚ τέθηκε σε εφαρμογή από το 1979, η πρώτη δεκαετία εφαρμογής του ήταν αποσπασματική χωρίς καθολική εφαρμογή και τηρώντας μόνο τις ελάχιστες απαιτήσεις [41]. Κατά συνέπεια, το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων (περίπου το 72%) δεν διαθέτουν ικανοποιητική θερμομόνωση.
- Τα κτίρια που μπορούμε να πούμε ότι διαθέτουν ικανοποιητικό βαθμό θερμομόνωσης είναι όσα κατασκευάστηκαν μετά το 2010 όπου τέθηκε σε εφαρμογή η Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Υ.Α. Δ6/Β/οικ. 5825/2010 - ΦΕΚ 407/Β' 9.4.2010).
- Γίνεται εμφανές ότι η εξοικονόμηση ενέργειας και η ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων που μπορεί να επιτευχθεί είναι ιδιαίτερα υψηλή εφαρμόζοντας τεχνολογίες όπως η θερμική θωράκιση του κελύφους και η εγκατάσταση τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και αναβάθμισης ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων.

Για λόγους πληρότητας παρουσιάζονται επίσης στοιχεία για το κτιριακό απόθεμα της χώρας, όπως αυτά περιλαμβάνονται αυτούσια στην Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής ανακαίνισης κτιρίων [44].

Στον Πίνακα 2-3 παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός κτιρίων και η χρήση για το έτος 2015. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά το 95,4% του κτιριακού αποθέματος είναι κατοικίες και το υπόλοιπο 4,6% κτίρια του τριτογενούς τομέα. Συνεπώς, είναι εμφανής η σημασία της ενεργειακής αναβάθμισης των κατοικιών.

Πίνακας 2-3 Συνολικός αριθμός κτιρίων ανά χρήση για το έτος 2015

ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ – ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ	
Κατοικίες	4.631.528
ΤΡΙΤΟΓΕΝΗΣ ΤΟΜΕΑΣ	
Ξενοδοχεία και εστιατόρια	24,109
Σχολεία και εκπαιδευτικά ιδρύματα	19,167
Γραφεία και άλλα κτίρια	53,064
Νοσοκομεία και κλινικές	38,664
Εμπορικά καταστήματα	65,957
Αποθήκες	20,374
Ψυκτικές αποθήκες	308
Τριτογενής τομέας	221,643
ΣΥΝΟΛΟ	4.853.172

Πηγή: EU BSO και ίδιες εκτιμήσεις

Σημειώνεται ότι τα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες υπηρεσίες είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα και δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για το πλήθος τους και την ενεργειακή τους κατανάλωση. Στον Πίνακα 2-4 παρουσιάζονται διαθέσιμα στοιχεία για τα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες υπηρεσίες.

Πίνακας 2-4: Κτίρια που στεγάζουν δημόσιες υπηρεσίες [45]

ΦΟΡΕΑΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΙΡΙΩΝ	ΦΟΡΕΑΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ		
		ΔΗΜΟΣΙΟ	ΙΔΙΩΤΗΣ	ΚΑΙ ΟΙ ΔΥΟ
Κεντρική / Αποκεντρωμένη Διοίκηση	4,141	3,449	631	61
ΟΤΑ και φορείς τους	31,167	28,791	2,111	265
Άλλα Ν.Π.Δ.Δ.	57,959	55,838	1,876	245
Άλλα Ν.Π.Ι.Δ.	18,789	4,772	12,958	1,059

Πηγή: Εθνικό Σχέδιο Αύξησης του Αριθμού των Κτιρίων με Σχεδόν Μηδενική Κατανάλωση Ενέργειας (ΥΠΕΝ, 2017)

Με βάση τα στοιχεία που παρουσιάζονται στην ιστοσελίδα του ΥΠΕΝ, τα κτίρια στην Ευρωπαϊκή Ένωση ευθύνονται για το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και στην Ελλάδα για το 43% και καταναλώνουν το μεγαλύτερο μερίδιο ενέργειας, έχοντας παράλληλα το μεγαλύτερο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα μπορεί να επιτευχθεί με την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων ενώ παράλληλα η εγκατάσταση και χρήση φιλικών – ήπιων μορφών ενέργειας θα συμβάλει στη μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου [87].

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με την πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στόχος είναι η εξοικονόμηση σε επίπεδο ευρωζώνης του 20% της προβλεπόμενης κατανάλωσης ενέργειας έως το 2020 και του 32,5% έως το 2030. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων αποτελεί βασικό εργαλείο για την επίτευξη αυτών των στόχων.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι το κτιριακό απόθεμα στη χώρα μας είναι ενεργοβόρο καθώς η πλειοψηφία των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν από το 1979 και δεν διαθέτουν καθόλου θερμομόνωση.

2.2. Βασικές Ευρωπαϊκές Οδηγίες για την ενεργειακή αναβάθμιση

Τα σημαντικότερα έγγραφα που πρέπει να μελετήσει και να λάβει κάποιος υπόψη του αναφορικά με τα κτίρια όσον αφορά στην επίδραση του κτιριακού αποθέματος στο περιβάλλον και ειδικότερα στην επίδραση του στην κατανάλωση ενέργειας είναι τα ακόλουθα:

- Η βασική νομοθεσία - Ευρωπαϊκή Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (ΟΕΑΚ – 2010/31/ΕΕ), όπως τροποποιήθηκε από την Ευρωπαϊκή Οδηγία (ΕΕ) 2018/844.
- Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/125/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.
- Ο Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 2017/1369 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.
- Η Σύσταση (ΕΕ) 2019/786 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την ανακαίνιση των κτιρίων.
- Η Σύσταση 2019/1019 της 7ης Ιουνίου 2019 για την ανακαίνιση κτιρίων.

Η ΟΕΑΚ έχει δύο συμπληρωματικούς στόχους: την επιτάχυνση της ανακαίνισης των υφιστάμενων κτιρίων έως το 2050 και τη στήριξη του εκσυγχρονισμού όλων των κτιρίων με έξυπνες τεχνολογίες και την καλύτερη σύνδεση με την καθαρή κινητικότητα.

Σημειώνεται επίσης ότι σύμφωνα με την προτεινόμενη αναθεώρηση της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (EPBD), η Ευρώπη στοχεύει να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και την κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα της ΕΕ έως το 2030 και να καταστήσει τον τομέα κλιματικά ουδέτερο έως το 2050. Στόχος είναι επίσης να αυξηθεί το ποσοστό ανακαίνισης των ενεργειακά μη αποδοτικών κτιρίων, Από το 2028 όλα τα καινούρια κτίρια πρέπει να έχουν μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, δηλ. να είναι κλιματικά ουδέτερα ενώ για τα δημόσια κτίρια η προθεσμία είναι το 2026. Όλα τα νέα κτίρια πρέπει να είναι εξοπλισμένα με τεχνολογίες συλλογής ηλιακής ενέργειας έως το 2028, εφόσον αυτό είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτό, ενώ τα κτίρια κατοικιών που υποβάλλονται σε μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση θα έχουν προθεσμία έως το 2032 [50].

2.3. Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής ανακαίνισης κτιρίων

Στο πλαίσιο εναρμόνισης της χώρας μας με τη βασική νομοθεσία - Ευρωπαϊκή Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (ΟΕΑΚ – 2010/31/ΕΕ), εκδόθηκε στη χώρα μας η Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/20334/148/01.03.2021 (ΦΕΚ Β' 974) - Μακροπρόθεσμη Στρατηγική για την Ανακαίνιση του Κτιριακού Αποθέματος.

Η Μακροπρόθεσμη Στρατηγική Ανακαίνισης του Κτιριακού Αποθέματος αποτελεί συνέχεια των δύο Εκθέσεων Μακροπρόθεσμης Στρατηγικής «για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος», οι οποίες εκπονήθηκαν το 2014 και 2018, στο πλαίσιο εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση (2012/27/ΕΕ) [88].

Σύμφωνα με την ανωτέρω έκθεση, η ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα της χώρας αυξήθηκε σημαντικά το 2012, σε σχέση με το 1990.

Συγκεκριμένα, το 2012 τα νοικοκυριά παρουσίασαν αύξηση της κατανάλωσης κατά 64.8% σε σύγκριση με το 1990 [39].

Επισημαίνεται ότι σύμφωνα με την Έκθεση:

- Ο στόχος του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων είναι 12% - 15% του κτιριακού αποθέματος εντός της δεκαετίας 2021-2030.
- Μέχρι το 2050 το κτιριακό απόθεμα πρέπει να πλησιάσει το μηδενικό ισοζύγιο ενέργειας.
- Πρέπει να εφαρμοσθούν αυστηρές προδιαγραφές για τα νέα κτίρια αναφορικά με την ενεργειακή επίδοση του κελύφους.
- Πρέπει να γίνουν μεγάλης έκτασης ενεργειακές αναβαθμίσεις των παλαιών κτιρίων.

2.4. Ελληνικοί Κανονισμοί

2.4.1. Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων – ΚΘΚ

Μέχρι το 1979, τα νεοεγειρόμενα κτίρια στη χώρα μας δεν είχαν καμία υποχρέωση τοποθέτησης θερμομόνωσης. Το 1979, ως αποτέλεσμα των ενεργειακών κρίσεων, για πρώτη φορά στην Ελλάδα θεσπίστηκε η υποχρεωτική εφαρμογή θερμομόνωσης σε νεοανεγειρόμενα κτίρια με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων – ΚΘΚ.

Για την εποχή του ο ΚΘΚ θεωρήθηκε πρωτοποριακός. Ωστόσο, ο βασικός στόχος του ΚΘΚ ήταν να μειωθούν οι θερμικές απώλειες κατά τη διάρκεια του χειμώνα ώστε να επιτευχθεί ικανοποιητική θερμομόνωση, χωρίς ωστόσο να υπάρχει καμία μέριμνα για άλλες ανάγκες όπως η παροχή ζεστού νερού και η κάλυψη των αναγκών για κλιματισμό. Ο ΚΘΚ επιχείρησε να θέσει όρια ώστε να μειωθεί το θερμικό ισοζύγιο με την τοποθέτηση μόνωσης στο εξωτερικό κέλυφος (Τοίχοι, Δώματα – Στέγες - Δάπεδα), λαμβάνοντας υπόψη αποκλειστικά τα δομικά στοιχεία του κτιρίου (τοίχοι, δάπεδα, οροφές, κουφώματα, πλάκες, δοκάρια, κτλ.) χωρίς να λαμβάνεται μέριμνα για τις Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις.

Ο ΚΘΚ σε γενικές γραμμές απαιτούσε από το κτίριο να ικανοποιεί, ανάλογα βέβαια με τη γεωγραφική περιοχή που ανήκει, να ικανοποιεί ένα μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας U (περίπου $0,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) για ολόκληρο το κτίριο αλλά και ανά μέλος [90]. Επίσης, με την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979 έγινε υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια.

Αναφέρεται ενδεικτικά ότι ένα αντιπροσωπευτικό μη θερμομονωμένο ελληνικό κτίριο της δεκαετίας του 1970, στη Βόρεια Ελλάδα, εκτιμάται ότι καταναλώνει κατά μέσο όρο $180 \text{ KWh}/\text{m}^2$ τον χρόνο, μόνο για θέρμανση. Δηλ. ένα κτίριο που έχει κατασκευαστεί πριν από την εφαρμογή του ΚΘΚ. Ένα αντίστοιχο κτίριο κατασκευασμένο σύμφωνα με τον ΚΘΚ εκτιμάται ότι καταναλώνει από 80 έως $180 \text{ KWh}/\text{m}^2$ [71].

2.4.2. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – ΚΕΝΑΚ

Μετά από τον ΚΘΚ, ο οποίος εφαρμόστηκε για πολλά χρόνια στη χώρα μας, εγκρίθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – ΚΕΝΑΚ (ΦΕΚ Β' 407/09.04.10) εκδόθηκε βάσει του νόμου 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 89), με τον οποίο ενσωματώθηκε στο εθνικό μας δίκαιο η Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Δεκεμβρίου 2002, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (ΕΕ L1/4-1-2003).

Ο ΚΕΝΑΚ τέθηκε σε εφαρμογή τον Οκτώβριο του 2010 και καθορίζει τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις και τεχνικές προδιαγραφές του κτιριακού κελύφους και των Ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων για τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτήρια, με στόχο τη μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια, δηλ. στοχεύει στην εξοικονόμηση ενέργειας.

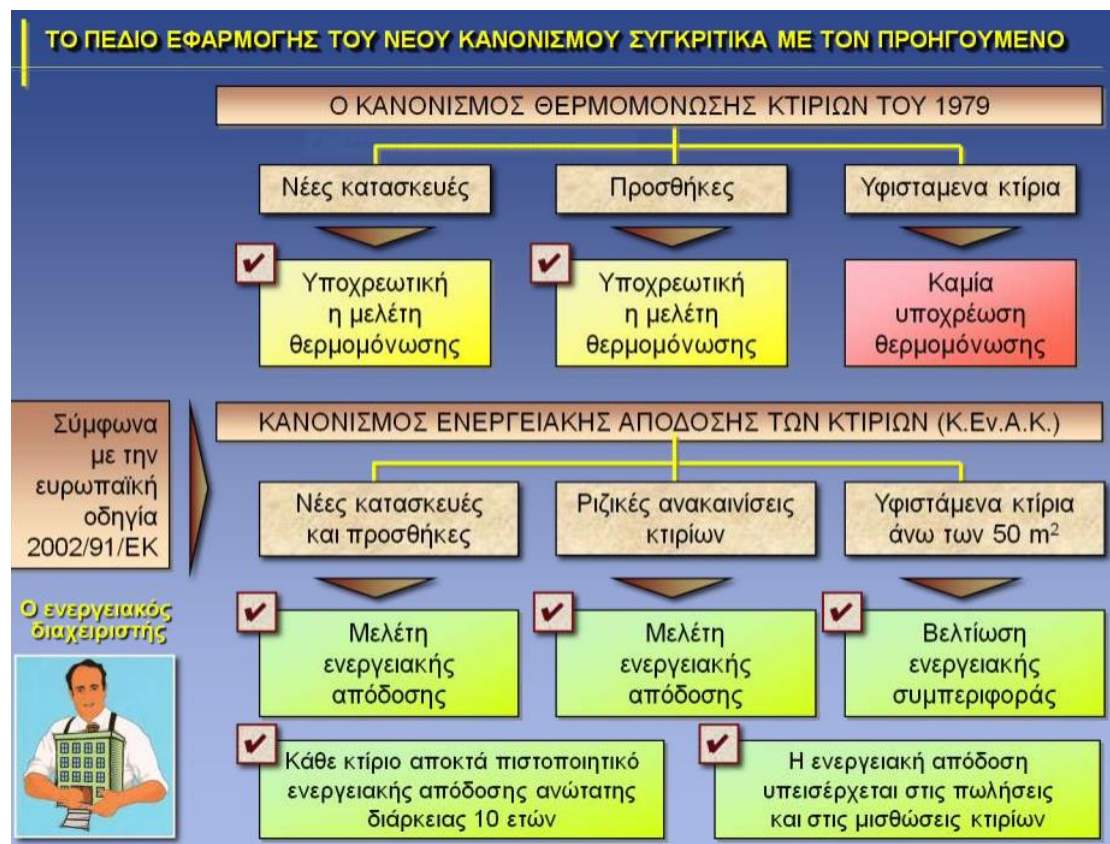
Επίσης, σημειώνεται ότι σύμφωνα με τον Ν. 3851/2010, άρθρο 10, στα κτίρια για τα οποία κατατίθεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία αίτηση χορήγησης οικοδομικής άδειας μετά την 1.1.2011 είναι υποχρεωτική η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα. Το ελάχιστο ποσοστό του ηλιακού μεριδίου σε ετήσια βάση καθορίζεται σε 60%.

Ο ΚΕΝΑΚ, πολύ εξελιγμένος σε σχέση με τον ΚΘΚ, εισήγαγε μια νέα φιλοσοφία στη μελέτη της θερμομόνωσης, υπολογίζοντας τη συνολική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου αλλά και ανά μέλος. Μεγάλη καινοτομία αποτελεί ότι λαμβάνονται υπόψη και οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου, όπως η απόδοση και οι αυτοματισμοί του συστήματος θέρμανσης, οι ηλιακοί συλλέκτες και το σύστημα ψύξης - κλιματισμού.

Επίσης, αξίζει να επισημανθεί η υποχρεωτικότητα της εφαρμογής του ΚΕΝΑΚ όχι μόνο στα νέα αλλά και στα ριζικώς ανακαινισμένα κτίρια.

Με βάση τον ΚΕΝΑΚ, γίνεται αποτύπωση του κτιρίου, ενεργειακοί υπολογισμοί – ενεργειακή μελέτη με την οποία προσδιορίζεται η ενεργειακή κλάση της υφιστάμενης ιδιοκτησίας, και εκδίδεται πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ) και στη συνέχεια προτείνονται παρεμβάσεις σε περίπτωση ενεργειακής αναβάθμισης και εκδίδεται νέο ΠΕΑ λαμβάνοντας υπόψη τις παρεμβάσεις προς υλοποίηση.

Στο Σχήμα 2-3 παρουσιάζονται συγκριτικά τα βασικά σημεία και οι διαφοροποιήσεις μεταξύ ΚΘΚ και ΚΕΝΑΚ.



Σχήμα 2-3: Σύγκριση ΚΘΚ και ΚΕΝΑΚ [63]

Σημειώνεται ότι πλέον υποχρέωση έκδοσης ΠΕΑ έχουν και ιδιοκτησίες με εμβαδόν μικρότερο των 50 τ.μ.

Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ οι ενεργειακές κλάσεις στις οποίες κατατάσσονται τα κτίρια ή οι κτιριακές μονάδες είναι 9 (Α+, Α, Β+, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η, όπου Α+ η καλύτερα ενεργειακά κλάση). Η ενεργειακή κλάση προκύπτει από τη σύγκριση της ετήσιας εκτιμώμενης ενέργειας που καταναλώνει το κτίριο σε σχέση με ένα κτίριο αναφοράς. Ως “κτίριο αναφοράς” χρησιμοποιείται το υπό θεώρηση κτίριο, αλλά με συγκεκριμένες προδιαγραφές και ιδεατά τεχνικά χαρακτηριστικά, όπως μόνωση του κτιρίου, η κατανάλωση ενέργειας, ο τρόπος θέρμανσης ή ψύξης, η χρήση ηλιακής ενέργειας ή άλλων ανανεώσιμων πηγών κ.λπ. [90].

Στα παρακάτω Σχήματα παρουσιάζεται η εικόνα ενός ΠΕΑ.

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΠΕΑ)			
Αρ. Πρωτοκόλλου:		Αρ. Ασφαλείας:	
Ημερομηνία Έκδοσης:		Ημερομηνία Ισχύος:	
<small>• Ελέγξτε την εγκυρότητα του ΕΙΕΑ: https://www.burotop.gr/pt/pt-checkCertView</small>			
Τίτλος Κτηριακής Μονάδας:			
Χρήση:	Πολυκατοικία		
Κλιματική Ζώνη:	Γ		
Συνολική Επιφάνεια:			
Ωφέλιμη Επιφάνεια:			
Ενεργειακή κατηγορία:		Υφιστάμενη	Δινητική
Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης:			
$EP \leq 0,33 R_{eH}$	A+		
$0,33 R_{eH} < EP \leq 0,50 R_{eH}$	A		
$0,50 R_{eH} < EP \leq 0,75 R_{eH}$	B+		B+
$0,75 R_{eH} < EP \leq 1,00 R_{eH}$	B		
$1,00 R_{eH} < EP \leq 1,41 R_{eH}$	Γ		Γ
$1,41 R_{eH} < EP \leq 1,82 R_{eH}$	Δ		
$1,82 R_{eH} < EP \leq 2,27 R_{eH}$	E		
$2,27 R_{eH} < EP \leq 2,73 R_{eH}$	Z		
$2,73 R_{eH} < EP$	H		
<small>• Μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης σύμφωνα με τη βέλτιστη (14) σύσταση</small>			
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας			
Κτηρίου αναφοράς [kWh/m ²]:			96,9
Επιθεωρούμενου κτηρίου [kWh/m ²]:			109,9
Πραγματική Ετήσια Κατανάλωση Επιθεωρούμενου Κτηρίου:			
Ηλεκτρικής ενέργειας [kWh/m ²]:			----
Θερμικής ενέργειας (καύσιμα) [kWh/m ²]:			----
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:			----
Ετήσιες εκπομπές CO2 επιθεωρούμενου κτηρίου			
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO2 [kg /m ²]:			37,5
Πραγματικές ετήσιες εκπομπές CO2 [kg /m ²]:			----
Θερμική άνεση <input checked="" type="checkbox"/>	Οπτική άνεση <input checked="" type="checkbox"/>	Ακουστική άνεση <input checked="" type="checkbox"/>	Ποιότητα εσωτερικού αέρα <input checked="" type="checkbox"/>
<small>• Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου προσδιορίζεται βάσει της υπολογιζόμενης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών που συνδέονται με τη χρήση του ώστε να κατασκευαστούν συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης.</small>			

Σχήμα 2-4: Ενδεικτικό ΠΕΑ – σελ. 1 [62]

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΠΕΑ)

Αρ. Πρωτοκόλλου: _____ Αρ. Ασφαλείας: _____

Υπολογιζόμενη ετήσια ενεργειακή απαίτηση ανά τελική χρήση [kWh/m ²]				
	Θέρμανση	Ψύξη	ΖΝΧ	Φωτισμός
Κτήριο αναφοράς	50.2	23.3	19.2	---
Επιθεωρούμενο κτήριο	52.4	22.3	19.2	---

Υπολογιζόμενη Ετήσια Κατανάλωση Τελικής Ενέργειας ανά Πηγή Ενέργειας & Τελική Χρήση [kWh/m ²]						
Πηγή ενέργειας	Θέρμανση	Ψύξη	ΖΝΧ	Φωτισμός	Συνολική	Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου (%)
Ηλεκτρική	30.0	5.2	2.7	0.0	38.4	100
Πετρέλαιο	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Φυσικό Αέριο	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Άλλα Ορυκτά Καύσιμα	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Ηλιακή	---	---	---	---	22.5	58.68
Βιομάζα	---	---	---	---	0.0	0
Γεωθερμία	---	---	---	---	0.0	0
Άλλη ΑΠΕ	---	---	---	---	0.0	0
Σύνολο	30	5.2	2.7	0	37.9	100.0

Χρησιμοποιήστε το ΠΕΑ για να:

- συγκρίνετε την ενεργειακή απόδοση κτηρίων ίδιας χρήσης βάσει της κατάταξής τους σε ενεργειακή κατηγορία,
- πληροφορηθείτε για εξοικονόμηση ενέργειας και χρεώσεων μέσω παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

1.
2. -----
3. -----

Σύσταση	Εκτιμώμενο Αρχικό Κόστος Επένδυσης [€]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας & τμημ. μονάδας			Εκτιμώμενη απλή περίοδος αποπληρωμής (έτη)	Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO ₂ [kg/m ²]	Ενεργειακή κατηγορία
		[kWh/m ²]	[%]	[€/kWh]			
1.	0.0	52.0	47.3	0.0	0.0	17.75	B+
2.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	??
3.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	??

Οι ανατάξεις είναι περιορισμένες σε σχέση με το κόστος – ενεργειακό όφελος που προκύπτει. Η εξοικονόμηση ενέργειας και τμημ. μονάδας αφορά την κάθε επί μέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Οφέλιμο για την ετήσια μείωση εκπομπών CO₂ και την περίοδο αποπληρωμής.

* Η απλή περίοδος αποπληρωμής υπολογίζεται με βάση την τελική ενεργειακή κατανάλωση και όχι την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Ονοματεπώνυμο Ενεργειακού Επιθεωρητή:	Σφραγίδα
Α.Μ. Ενεργειακού Επιθεωρητή:	Υπογραφή

Σχήμα 2-5: Ενδεικτικό ΠΕΑ – σελ. 2 [62]

Αναφέρουμε εδώ για λόγους σύγκρισης πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας που υπολογίζεται σε μπατικό τοίχο χωρίς μόνωση είναι $2,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, με τον ΚΘΚ $0,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ και με τον ΚΕΝΑΚ $0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Συνεπώς, γίνεται φανερή η σημασία της εφαρμογής του ΚΕΝΑΚ [90].

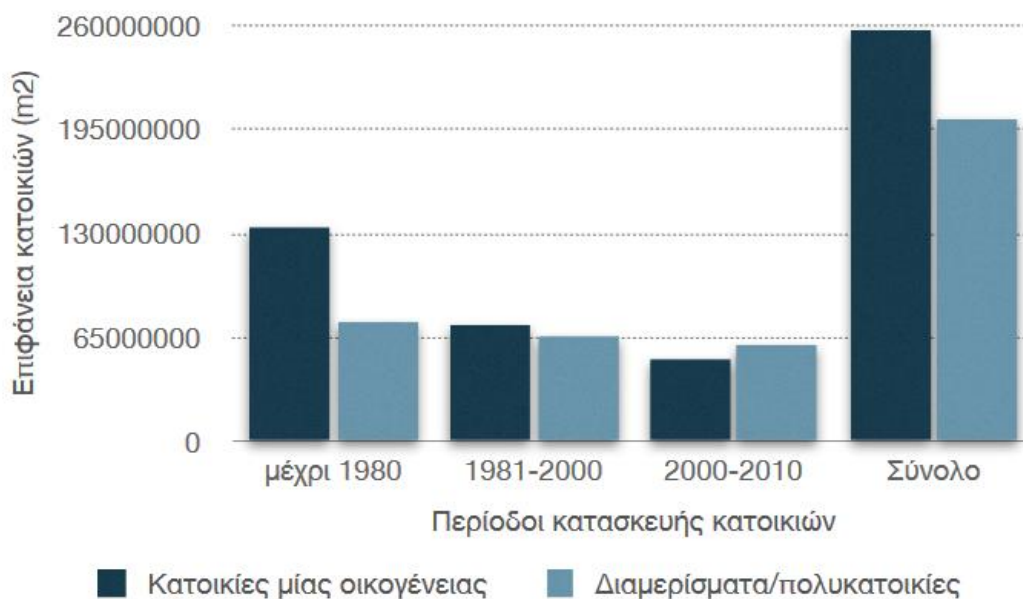
3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ/ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ

3.1. Ενεργειακή κατάσταση των κτιρίων στην Ελλάδα

Η πλειοψηφία των κτιρίων στον Ελλαδικό χώρο χαρακτηρίζονται ως «παλαιά», με αποτέλεσμα να κρίνεται απαραίτητη η ενεργειακή τους αναβάθμιση. Τα κτίρια στην Ελλάδα κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την περίοδο κατά την οποία κατασκευάστηκαν, το νομοθετικό πλαίσιο που ίσχυε κατά την αντίστοιχη περίοδο και με βάση τις τεχνολογίες που έχουν εφαρμοστεί στο κέλυφος και στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι παρακάτω [8]:

1. Κτίρια που έχουν κατασκευασθεί έως το 1980, θεωρούνται θερμικά μη προστατευμένα, ενώ δεν υπήρχε σχετική νομοθεσία .
2. Κτίρια που έχουν κατασκευασθεί εντός του διαστήματος 1981 έως 2000, όπου αρχίζει και η εφαρμογή των θερμομονωτικών συστημάτων (ΚΘΚ).
3. Κτίρια που έχουν κατασκευασθεί εντός του διαστήματος 2001 έως 2010, όπου αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν νέες τεχνολογίες και νέα προϊόντα.
4. Κτίρια που έχουν κατασκευασθεί από το 2011 και μετά, από τη χρονολογία, δηλαδή που τέθηκε σε εφαρμογή ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ).

Η ΕΛΣΤΑΤ πραγματοποίησε για πρώτη φορά την Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα Νοικοκυριά, κατά το χρονικό διάστημα Οκτωβρίου 2011 - Σεπτεμβρίου 2012. Κατά την έρευνα αυτή συλλέχθηκαν στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση (π.χ. μαγείρεμα, φωτισμός, θέρμανση - ψύξη χώρων κ.λπ.) και, γενικότερα, σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, το 63,7% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανά νοικοκυριό αφορά στη θέρμανση χώρων [4].



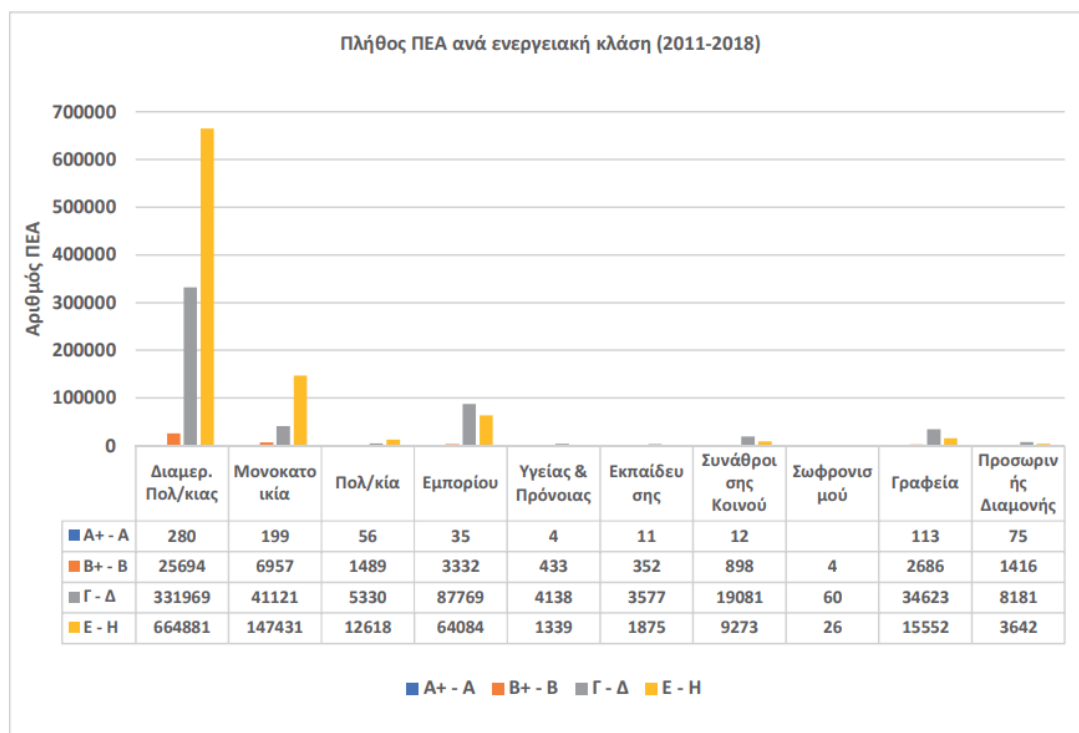
Σχήμα 3-1: Κατανομή κατοικιών με βάση την περίοδο κατασκευής (επιφάνεια, τμ) [4],[8]

Σύμφωνα με την έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής ανακαίνισης κτιρίων τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν από το 1980, δηλαδή πριν από την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης, τα κτίρια εντάσσονται στην ενεργειακή κλάση Η, δηλ. στη χαμηλότερη ενεργειακή κλάση. Στη συνέχεια, από το 1908 μέχρι το 2009, δηλ. πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, παρουσιάζονται μια σταδιακή ενεργειακή αποδοτικότητα και τα περισσότερα κτίρια κατατάσσονται στις ενεργειακές κλάσεις Δ και Γ. Μετά το 2010, και την εφαρμογή του νέου κανονισμού παρουσιάζεται σημαντική αύξηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων τα οποία πλέον κατατάσσονται στις κλάσεις Γ και Β.

Λαμβάνοντας ως δείκτη αξιολόγησης τα εκδοθέντα ΠΕΑ εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα για την ενεργειακή κατάσταση των κτιρίων στην Ελλάδα [90]:

- Την περίοδο 2011-2018 εκδόθηκαν συνολικά 1.500.613 ΠΕΑ όπου το 82,5% αφορά σε κατοικίες και το υπόλοιπο ποσοστό τα κτίρια του τριτογενούς τομέα.
- Τα εκδοθέντα ΠΕΑ αφορούν σχεδόν καθολικά (99,47%) κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν από το 2009, άρα πριν από την εφαρμογή του νέου κανονισμού.
- Με βάση τα στοιχεία των ΠΕΑ, το 61,36% των κτιρίων κατατάσσονται στις κατηγορίες Ε και Η, το 35,71% στις κατηγορίες Γ και Δ και μόλις το 2,94% στις κατηγορίες Α και Β.
- Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας καταναλώνεται για ανάγκες θέρμανσης.

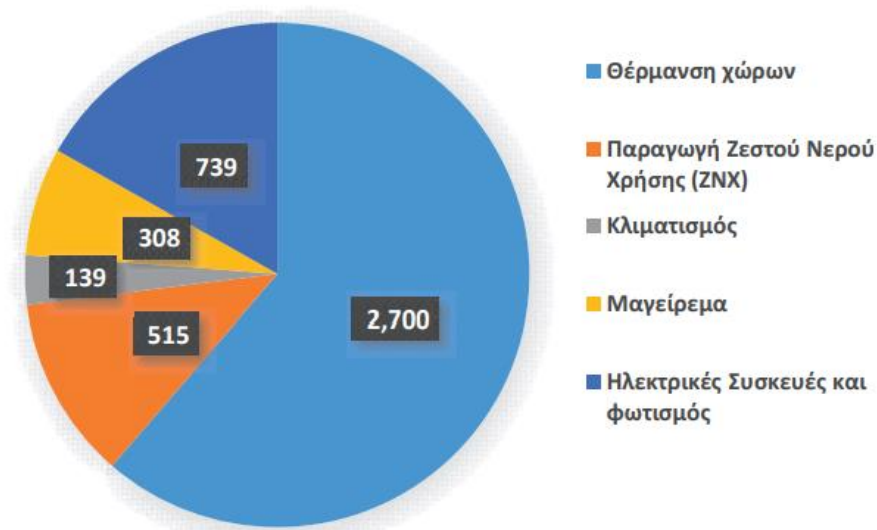
Στο Σχήμα 3-2 παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία των αποτελεσμάτων ΠΕΑ για τη χρονική περίοδο 2011-2018.



Σχήμα 3-2: Αναλυτικά στοιχεία των αποτελεσμάτων ΠΕΑ για τη χρονική περίοδο 2011-2018

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η τελική κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στον οικιακό τομέα. Είναι εμφανές ότι το συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας καταναλώνεται για τη θέρμανση και, στη συνέχεια, ακολουθούν οι ηλεκτρικές κατασκευές.

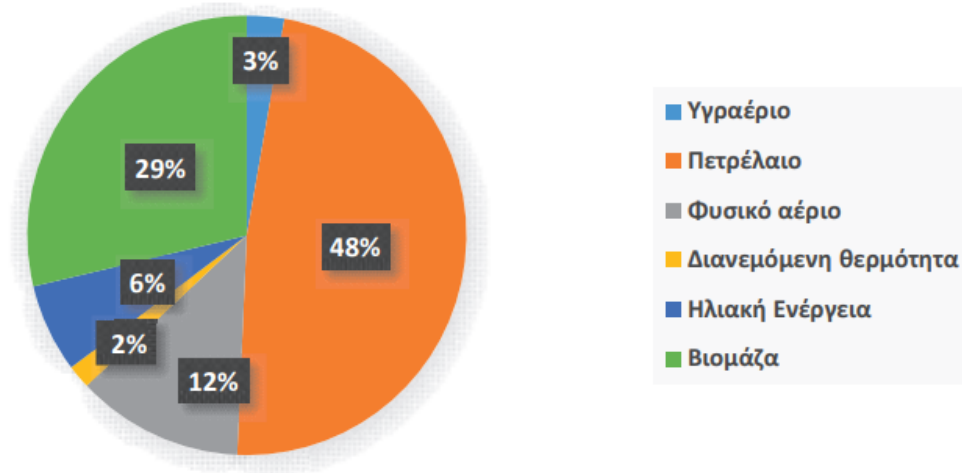
Τελική κατανάλωση ανά χρήση στον οικιακό τομέα (ktoe) (2015)



Σχήμα 3-3: Κατανάλωση ανά χρήση στον οικιακό τομέα [90]

Από το παρακάτω σχήμα προκύπτει επίσης ένα πολύ σημαντικό συμπέρασμα. Παρατηρούμε ότι το 48% της θερμικής ενέργειας παράγεται από πετρέλαιο.

Τελική κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά καύσιμο στον οικιακό τομέα για το 2015 (%)

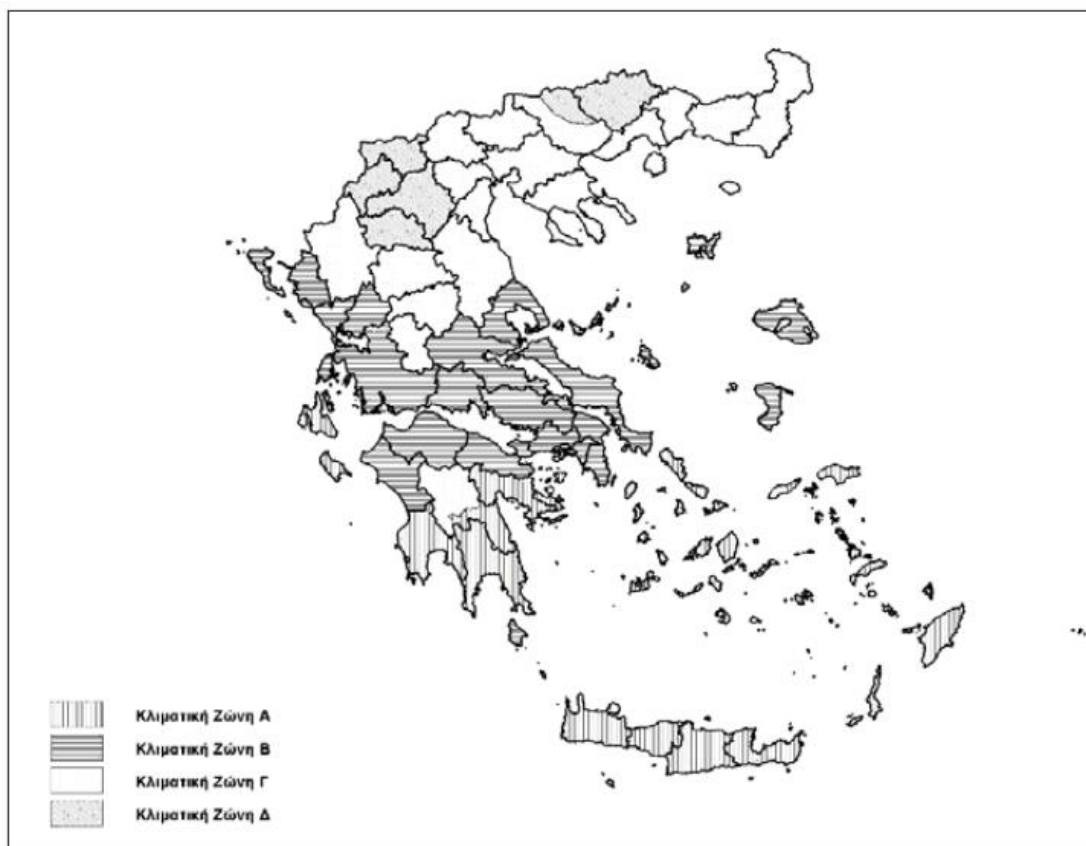


Πηγή: EUROSTAT

Σχήμα 3-4: Κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά καύσιμο [90]

3.2. Κλιματικές Ζώνες στην Ελλάδα

Οι κλιματικές ζώνες αφορούν στον διαχωρισμό της ελληνικής επικράτειας σε κατηγορίες με βάση τις θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν. Με βάση τον ισχύοντα κανονισμό ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η χώρα μας χωρίζεται σε 4 κλιματικές ζώνες (βλ. Σχήμα 3-5), όπου με Α χαρακτηρίζεται η θερμότερη Ζώνη και με Δ η ψυχρότερη Ζώνη.



Σχήμα 3-5: Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας [13]

Πίνακας 3-1: Κλιματικές Ζώνες [68]

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

Η κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται ένα κτίριο είναι πολύ σημαντική καθώς σε συνδυασμό με τη διατομή ενός δομικού στοιχείου, προκύπτει με βάση τον ισχύοντα κανονισμό, συγκεκριμένα όρια για τις τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας τα οποία πρέπει να τηρούνται. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-1.

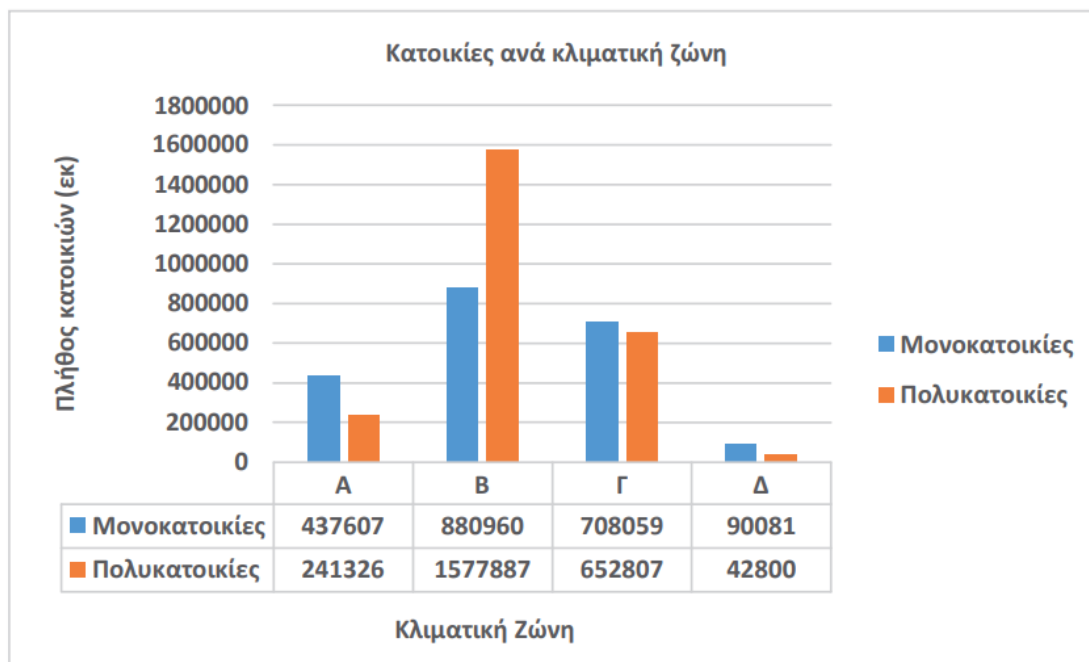
Πίνακας 3-2: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας ανά δομικό στοιχείο και κλιματική ζώνη [69]

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² K)]			
		Κλιματική Ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U _R	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _T	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί χώροι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U _{TU}	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U _{TB}	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U _{FU}	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U _{FB}	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U _W	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U _{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Στο παρακάτω Σχήμα παρουσιάζονται οι κατοικίες ανά κλιματική ζώνη. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσοστό κατοικιών βρίσκονται στις ενδιάμεσες κλιματικές ζώνης Β και Γ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όσον αφορά στις κατοικίες:

- Τα πιο ενεργοβόρα κτίρια είναι οι μονοκατοικίες.
- Τα πιο ενεργοβόρα κτίρια είναι όσα ανήκουν στις κλιματικές ζώνες Γ και Δ.
- Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση επιτυγχάνεται σε αυτά τα κτίρια, με την εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης.



Πηγή: Ίδιες εκτιμήσεις βάσει EU BSO και TABULA

Σχήμα 3-6: Κατοικίες ανά κλιματική ζώνη [90]

3.3. Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων

Με τον όρο ενεργειακή αναβάθμιση αναφερόμαστε σε όλες τις παρεμβάσεις που μπορούν να γίνουν σε ένα κτίριο με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι γενικοί στόχοι του ενεργειακού σχεδιασμού και της ενεργειακής αναβάθμισης των υφιστάμενων κτιρίων συνοψίζονται ως εξής [10]:

- **Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων**, δηλαδή μείωση της καταναλισκόμενης ποσότητας ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό, φωτισμό και παροχή ζεστού νερού.
- **Περιορισμό των εκπομπών αέριων ρύπων** (π.χ. CO₂) για την προστασία του περιβάλλοντος (π.χ. μείωση συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου).
- **Αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ)** και κυρίως της ηλιακής ενέργειας (φωτοβολταϊκά συστήματα) για τη θέρμανση, ψύξη, φυσικό φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού.
- **Χρήση φιλικών προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο υλικών**, για την παραγωγή των οποίων η απαιτούμενη ενέργεια παραγωγής είναι περιορισμένη και τα οποία δεν εκπέμπουν τοξικές ουσίες κατά τον κύκλο ζωής τους.
- **Σύγκλιση των κτιριακών προτύπων προς αυτά των κρατών – μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης**, που έχουν ήδη υψηλά επίπεδα απαιτήσεων.

Το μεγαλύτερο μέρος ενέργειας που καταναλώνεται σε μία οικία είναι για θέρμανση και ψύξη. Για τον λόγο αυτό είναι σημαντικό να εντοπίζονται τα σημεία των θερμικών απωλειών, ώστε να γίνονται και οι απαραίτητες παρεμβάσεις. Στο Σχήμα 3-7 παρουσιάζονται ενδεικτικά τα ποσοστά απωλειών στις κατοικίες.



Σχήμα 3-7: Απώλειες θερμικής ενέργειας σε κατοικίες [90]

Οι θερμικές απώλειες δημιουργούνται λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των εσωτερικών χώρων και του εξωτερικού περιβάλλοντος καθώς και λόγω της εισαγωγής αέρα από το περιβάλλον στο κτίριο. Έτσι κατά τους χειμερινούς μήνες,

παρατηρείται ροή θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον αυξάνοντας τις απαιτήσεις για θέρμανση, και αντιστρόφως το καλοκαίρι εισέρχεται θερμότητα και έχουμε απαιτήσεις για ψύξη.

Τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο γενικές κατηγορίες:

- Τις παρεμβάσεις στα θερμικά χαρακτηριστικά των υλικών του κελύφους και των ανοιγμάτων του κτιρίου όπως είναι η εξωτερική μόνωση, η μόνωση ταράτσας, η αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων πορτών & παραθύρων με άλλα ενεργειακά πιο αποδοτικά, η εξωτερική σκίαση κ.λπ.
- Τις παρεμβάσεις που αφορούν στην αναβάθμιση του εξοπλισμού των κτιρίων όπως η ενεργειακή αναβάθμιση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, όπως η αντικατάσταση λεβήτων παλαιάς τεχνολογίας, η αντικατάσταση μη αποδοτικών κλιματιστικών μονάδων, η μόνωση των σωληνώσεων, η εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων όπως φωτοβολταϊκά συστήματα ή ηλιακά συστήματα ζεστού νερού χρήσης.

Οι μελέτες έχουν δείξει ότι η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων είναι μια επένδυση που θα μπορούσε να εξοικονομήσει ενέργεια έως και 60%. Ειδικότερα:

Μέσω των παρεμβάσεων που μπορούν να εφαρμοστούν μπορούν να επιτευχθούν τα ακόλουθα [38]:

- Έως 70% εξοικονόμηση ενέργειας στα παλαιά κτίρια με την ενεργειακή αναβάθμιση του κελύφους και των εγκαταστάσεων.
- Με τη θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων: 29-42%.
- Με τη θερμομόνωση της οροφής: 3-10%.
- Με τη θερμομόνωση του δαπέδου: 8-10%.
- Με την τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων: 5-19%.
- Με τη μείωση της διείσδυσης του αέρα: 7-20%.
- Με τη μόνωση των σωληνώσεων: 2%.

Επίσης, εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται και με πιο εξελιγμένα αποδοτικά Η/Μ συστήματα. Έτσι, εκτιμάται ότι μπορούν να επιτευχθούν τα εξής ποσοστά εξοικονόμησης [38]:

- Με την τοποθέτηση νέων λέβητων: 20%.
- Με την εγκατάσταση θερμοστατικών βαλβίδων: 20%.

Σημαντική παρέμβαση για την ενεργειακή αναβάθμιση είναι και η εγκατάσταση και χρήση νέων φιλικών μορφών ενέργειας όπως τα φωτοβολταϊκά και τα ηλιοθερμικά συστήματα. Με τα συστήματα καλύπτονται και οι ανάγκες για ZNX. Αναλυτικά στοιχεία, παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4.

4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

4.1. Γενικά

Η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους που περιλαμβάνουν παρεμβάσεις στο κέλυφος του ίδιου του κτιρίου, αναβαθμίσεις ενεργοβόρων εγκαταστάσεων όπως τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης και αντικαταστάσεις κουφωμάτων. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά οι πιο ευρέως διαδεδομένες επεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων.

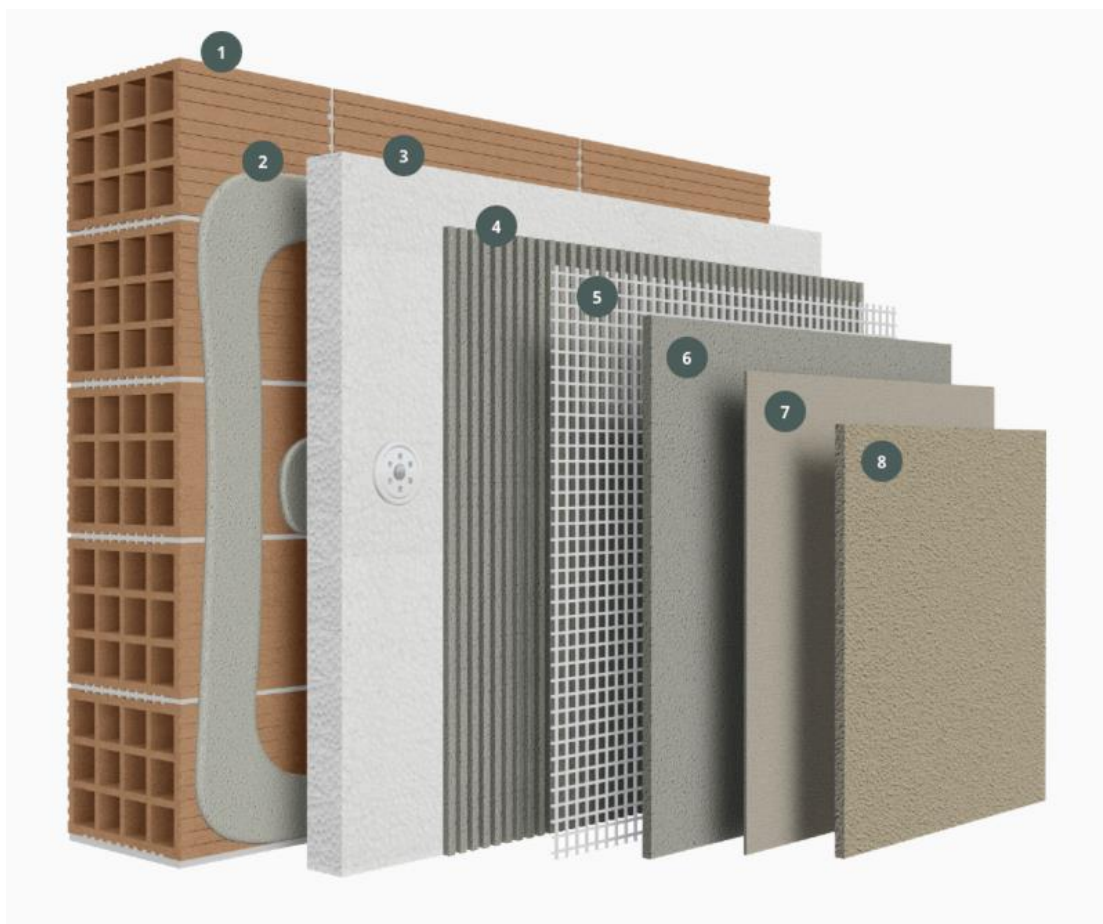


4.1.1. Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους

Η θερμομόνωση αποτελεί μια παρέμβαση μεγάλης κλίμακας σε ένα κτίριο με σημαντικό κόστος επένδυσης όμως θεωρείται ταυτόχρονα μια επένδυση που οδηγεί σε μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.

Το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης μπορεί να αποτελείται από τη γνωστή θερμοπρόσοψη (δηλ. τη θερμομόνωση της τοιχοποιίας), τη θερμομόνωση της ταράτσας και τη θερμομόνωση της πιλοτής. Επίσης, συχνά συναντάται και η θερμομόνωση εσωτερικά της τοιχοποιίας. Και στις 2 περιπτώσεις το πάχος είναι περίπου 10 cm.

Στο Σχήμα 4-1 παρουσιάζεται ένας συνήθης συνδυασμός υλικών εξωτερικής θερμοπρόσοψης, με χρήση λευκής διογκωμένης πολυστερίνης [35].



Σχήμα 4-1: Συνδυασμός υλικών εξωτερικής θερμοπρόσοψης με χρήση λευκής διογκωμένης πολυστερίνης, όπου: (1) Υπόστρωμα – τοιχοποιία, (2) Συγκολλητικό υλικό, (3) Θερμομονωτική πλάκα, (4) Μηχανική στερέωση, (5) Βασική στρώση, (6) Υαλόπλεγμα οπλισμού, (7) Έγχρωμο αστάρι, (8) Τελικό έγχρωμο επίχρισμα [35]

Το σύστημα εξωτερικής θερμοπρόσοψης αποτελείται από θερμομονωτικό υλικό, το οποίο είναι συνήθως η διογκωμένη πολυστερίνη, ο πετροβάμβακας ή η εξηλασμένη πολυστερίνη. Με την υλοποίηση της θερμομόνωσης οι θερμικές απώλειες

ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες του κτιρίου και η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί αν φτάσει έως 65%.



Σχήμα 4-2: Σύστημα εξωτερικής θερμοπρόσοψης από εξηλασμένη πολυστερίνη [29]

Η θερμομόνωση της ταράτσας επίσης θεωρείται μία από τις πιο αποτελεσματικές παρεμβάσεις. Στις ταράτσες συνήθως χρησιμοποιείται ως θερμομονωτικό υλικό εξηλασμένη πολυστερίνη λόγω της υψηλής αντοχής της σε συμπίεση, σε εφελκυσμό και της μηδενικής απορρόφησης νερού, τσιμεντοκονία ή περλομπετόν ή αφρομπετόν και τοποθέτηση ασφαλτόπανου ψηφίδας στην τελική επίστρωση. Σε περίπτωση δώματος με απουσία κλίσεων συστήνεται η μελέτη εφαρμογής επικλινής εξηλασμένης πολυστερίνης με κλίση 1%. Αυτό αποτελεί την κλασική περίπτωση θερμομόνωσης δώματος.

Ωστόσο, μπορεί να τοποθετηθεί και «Ανεστραμμένη μόνωση» στην οποία, η θερμομονωτική στρώση βρίσκεται σε υπερκείμενη θέση από τη στεγανοποιητική. Η θερμομονωτική στρώση τοποθετείται ελεύθερα χωρίς κάποιο συνδετικό υλικό. Ο τύπος εξηλασμένης πολυστερίνης που εφαρμόζεται είναι με πατούρα, για να απομακρύνονται τα νερά που διέρχονται ανάμεσα από τις θερμομονωτικές πλάκες με μεγαλύτερη ευκολία. Η τελική επίστρωση είναι υποχρεωτική για την προστασία της μόνωσης από εξωγενείς παράγοντες, συνήθως με πλάκες πεζοδρομίου ή βότσαλα με στρογγυλεμένα άκρα.

Η μόνωση της πλοτής συντελεί ευεργετικά στην κατοικία, γιατί εγκλωβίζει την θερμική ενέργεια μέσα στο διαμέρισμα και δεν εξέρχεται στο περιβάλλον.

4.1.2. Αντικατάσταση κουφωμάτων

Η αντικατάσταση των κουφωμάτων είναι μια σημαντική παρέμβαση για την εξοικονόμηση ενέργειας. Τα παλαιότερης τεχνολογίας κουφώματα που δεν τηρούνται σύγχρονα πρότυπα ευθύνονται σε πολύ μεγάλο βαθμό για τις απώλειες ενέργειας. Η αντικατάσταση των παλαιών με σύγχρονα, πιστοποιημένα και ενεργειακά αποδοτικά κουφώματα που διαθέτουν ενεργειακά τζάμια μικρής θερμοχωρητικότητας και, γενικότερα, προηγμένα υλικά, τα οποία εξασφαλίζουν την εξοικονόμηση ενέργειας.



Σχήμα 4-3: Κούφωμα αλουμινίου με θερμοδιακοπή, το οποίο εμποδίζει τη μεταφορά θερμότητας από το εξωτερικό προς το εσωτερικό του σπιτιού και αντίστροφα [91]

4.1.3. Αντικατάσταση υαλοπινάκων και πλαισίου

Σύμφωνα με την Πανελλήνια Ομοσπονδία Βιοτεχνών Αλουμινοσιδηροκατασκευαστών (Π.Ο.Β.Α.Σ.), η αντικατάσταση μόνο των υαλοπινάκων δεν επαρκεί να εξοικονομήσει σημαντικά ποσοστά ενέργειας.

Αντιθέτως η αντικατάσταση ολόκληρου του κουφώματος (συμπεριλαμβανομένου και του πλαισίου) προσφέρει την μέγιστη βελτίωση της θερμικής άνεσης σε ένα κτίριο.

4.1.4. Τοποθέτηση σκιάστρων

Μία απλή επέμβαση που μπορεί να συνεισφέρει στην καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων είναι η τοποθέτηση κατάλληλων σκιάστρων περιμετρικά ή εσωτερικά του κτιρίου. Τα σκιάστρα μπορεί να είναι σταθερά ή κινητά και περιλαμβάνουν διάφορα είδη όπως στέγαστρα, τέντες, περσίδες και διάτρητα πανέλα, προσφέροντας πληθώρα πλεονεκτημάτων όπως:

- Οικονομία σε θέρμανση και ψύξη.
- Προστασία του κτιρίου και εξωτερική συντήρηση του σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.
- Μείωση της έκθεσης του κτιρίου στην ηλιακή ακτινοβολία.
- Απομάκρυνση της ηλιακής ενέργειας από το κέλυφος του κτιρίου, η οποία μετατρέπεται σε θερμική.
- Υπεραξία και αισθητική αναβάθμιση του κτιρίου.



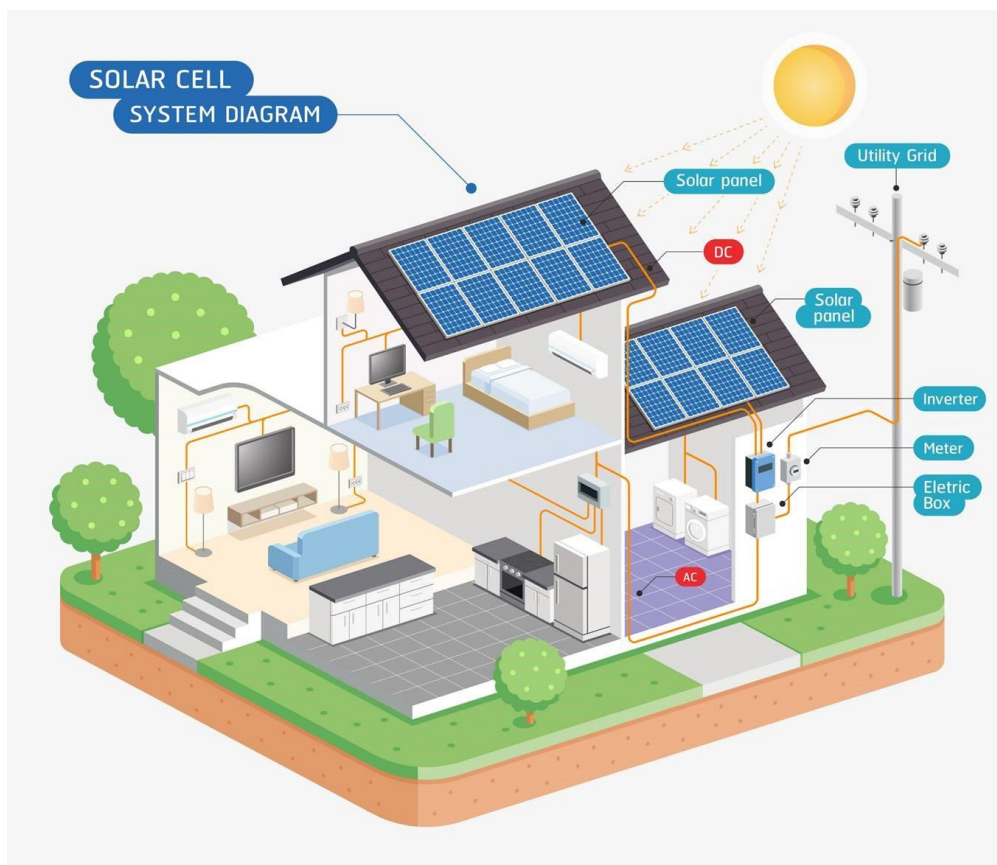
Εικόνα 4-1: Τοποθέτηση σκιάστρων σε κτίριο [37]



Εικόνα 4-2: Οι τέντες αποτελούν την πιο παλιά, απλή και γνωστή μέθοδο σκίασης, με χαμηλό κόστος και ευκολία χειρισμού [29]

4.1.5. Φ/Β συστήματα

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια από τις πιο άφθονες και διαθέσιμες μορφές ανανεώσιμης ενέργειας. Η εξάρτηση από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να μειωθεί και η καθαρή μηδενική ενέργεια να επιτευχθεί με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκού ρεύματος στα κτίρια.



Σχήμα 4-4: Σχηματική αναπαράσταση εγκατάστασης Φ/Β συστήματος σε στέγη κατοικίας [59]

Τα φωτοβολταϊκά (PV) συστήματα χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με στόχο την αξιοποίηση ήπιων μορφών ενέργειας και κατά συνέπεια τη μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Αποτελούν μια ασφαλή και αξιόπιστη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, ειδικά σε θερμοκρασίες της τάξης των 25°.

Διάφοροι ερευνητές έχουν ασχοληθεί με την αξιολόγηση της αποδοτικότητας αυτής της παρέμβασης στα κτίρια. Για παράδειγμα, ο Qadourah (2022) [24] διενήργησε μια έρευνα για τα κτίρια της Ιορδανίας. Ειδικότερα, πρόβη σε αξιολόγηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων με διαφορετικές γωνίες κλίσης και σε διαφορετικές περιοχές με διαφορετικές κλιματικές συνθήκες στην Ιορδανία και έκανε μια τεχνικοοικονομική συγκριτική αξιολόγηση αυτής της επένδυσης.

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της μελέτης, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι τοποθετημένα στις ταράτσες πολυκατοικιών ποικίλλει ανάλογα με την κλιματική περιοχή, τη γωνία αζιμουθίου και τη γωνία κλίσης. Τα κύρια ευρήματα αυτής της μελέτης ήταν τα ακόλουθα:

- Τα φωτοβολταϊκά πάνελ μπορούν να παράγουν μεταξύ 40% και 87% των σημερινών αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια και μεταξύ 14% και 29% των μελλοντικών τους αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια ζωής του φωτοβολταϊκού συστήματος.
- Η εκτιμώμενη περίοδος απόσβεσης εκτιμήθηκε μεταξύ 3,4 και 5,6 ετών, η οποία θεωρείται γενικά αποδεκτή περίοδος για την απόδοση της επένδυσης.

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται περιπτώσεις κτιρίων με φωτοβολταϊκά συστήματα εγκατεστημένα στα δώματα ή στις στέγες τους.



Εικόνα 4-3: Φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγες κατοικιών [43]



Εικόνα 4-4: Φωτοβολταϊκά συστήματα σε δώμα κτιρίου στην Κολωνία [54]



Εικόνα 4-5: Φωτοβολταϊκά συστήματα σε δάμα νοσοκομειακού κτιρίου στην πόλη Μούρθια της Ισπανίας [75]



Εικόνα 4-6: Φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγη ξενοδοχείου στην πόλη Γκάντια της Ισπανίας [76]



Σχήμα 4-5: Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκού συστήματος Net Metering, το οποίο εφαρμόζεται κατά βάση σε κτίρια (σπίτια, επαγγελματικά κτίρια πάσης φύσεως, ξενοδοχεία, βιομηχανικά κτίρια, αποθήκες χονδρικής και logistics κλπ). Το Net Metering είναι μια μέθοδος ενεργειακού συμψηφισμού μεταξύ της ενέργειας που παράγει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα που έχει εγκατασταθεί σε κάποιο κτήριο κατοικίας ή επιχείρησης και της ενέργειας που καταναλίσκεται από τις εγκαταστάσεις του συγκεκριμένου κτηρίου. [33]



Εικόνα 4-7: Οικίες με εγκατεστημένα Φ/Β συστήματα στις στέγες τους [74]

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

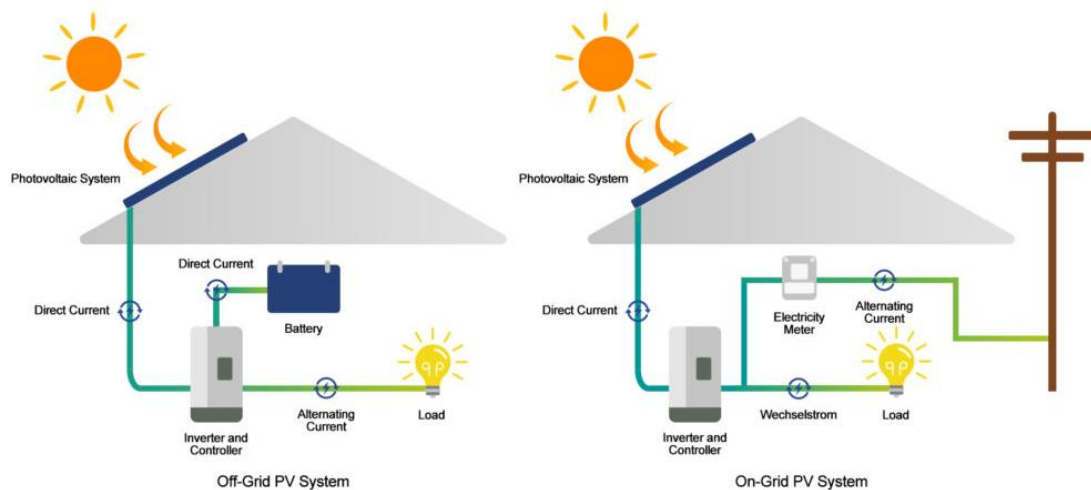
Πίνακας 4-1 : Πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κατοικίες ([49],[51],[52], [57],[60],[98])

<i>a/a</i>	<i>Πλεονεκτήματα</i>	<i>Μειονεκτήματα</i>
1	<i>Μείωση της χρήσης μη ανανεώσιμων πόρων</i>	<i>Υψηλό αρχικό κόστος (εγκατάσταση)</i>
2	<i>Μειώνει τον λογαριασμό ρεύματος</i>	<i>Εξαρτώμενα από την ηλιακή ακτινοβολία</i>
3	<i>Ενεργειακή αυτονομία</i>	<i>Περιορισμός-κατάληψη-απαίτηση σημαντικού χώρου</i>
4	<i>Δίνουν τη δυνατότητα τροφοδοσίας ακόμα και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές</i>	<i>Περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διαδικασία της παραγωγής τους</i>
5	<i>Πολλαπλές χρήσεις</i>	<i>Δυσκολία εγκατάστασης</i>
6	<i>Μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση</i>	<i>Έλλειψη και μειωμένη διαθεσιμότητα των υλικών κατασκευής τους</i>
7	<i>Απόσβεση σε σύντομο χρονικό διάστημα</i>	<i>Περιορισμένες δυνατότητες ανακύκλωσης ή/και απόρριψη των υλικών τους</i>
8	<i>Χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης</i>	<i>Η αποθήκευση ηλιακής ενέργειας είναι ακριβή</i>
9	<i>Μείωση απωλειών μεταφοράς</i>	<i>Δεν είναι όλα τα πάνελ υψηλής ποιότητας</i>
10	<i>Όφελος για την κοινότητα</i>	
11	<i>Οι τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος αυξάνονται</i>	
12	<i>Η τεχνολογία τους εξελίσσεται ταχέως, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους τους</i>	
13	<i>Μεγάλη διάρκεια ζωής και λειτουργίας</i>	
14	<i>Αθόρυβη λειτουργία καθώς δεν έχουν κάποιο κινούμενο μέρος</i>	

<i>a/a</i>	<i>Πλεονεκτήματα</i>	<i>Μειονεκτήματα</i>
15	<i>Δεν χρειάζονται κάποιο χειριστή για την λειτουργία τους και ούτε καταναλώνουν κάποιο είδος καυσίμου</i>	
16	<i>Χρήση ως δομικά υλικά – μείωση κόστους κτιρίου</i>	
17	<i>Το ακίνητο παίρνει υπεραξία, επειδή αναβαθμίζεται η ενεργειακή του ταυτότητα</i>	

Τα πλεονεκτήματα των Φ/Β συστημάτων περιγράφονται αναλυτικότερα παρακάτω ([49],[51],[52],[98]):

- Μείωση της χρήσης μη ανανεώσιμων πόρων και θετικό αποτύπωση στο περιβάλλον: Δεδομένου ότι η προσφορά των ορυκτών καυσίμων μειώνεται, ενώ παράλληλα με την καύση αυτών για την παραγωγή ενέργειας, απελευθερώνονται επιβλαβείς ουσίες στην ατμόσφαιρα, ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των Φ/Β συστημάτων, ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, είναι η ελαχιστοποίηση της χρήσης ορυκτών καυσίμων και των αρνητικών τους επιπτώσεων στο περιβάλλον (μείωση αποτυπώματος άνθρακα).
- Μείωση του λογαριασμού του ρεύματος: Με την αύξηση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας, οι καταναλωτές μπορούν να εξοικονομήσουν ένα σημαντικό ποσό στους μηνιαίους λογαριασμούς ρεύματος, μεταβαίνοντας στην ηλιακή ως εναλλακτική πηγή ενέργειας ή χρησιμοποιώντας την συμπληρωματικά.
- Ενεργειακή αυτονομία: Ένα σπίτι που εξαρτάται εξ ολοκλήρου από την ηλιακή ενέργεια δύναται να λειτουργεί εξ ολοκλήρου εκτός δικτύου, ειδικά όταν συμπληρώνεται από σύστημα μπαταρίας (συσσωρευτή) για τη διατήρηση της ισχύος κατά τη διάρκεια της νύχτας, αλλά και ως εφεδρεία για την περίπτωση διακοπής ρεύματος. Επιπλέον, το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι ανά πάσα στιγμή επεκτάσιμο. Εάν οι απαιτούμενες από το χρήστη καταναλώσεις αυξηθούν, υπάρχει ανά πάσα στιγμή η δυνατότητα αναβάθμισης του συστήματος με προσθήκη την πάνελ, ρυθμιστών φόρτισης, αντιστροφέων, μπαταριών. Με λίγα λόγια, τα Φ/Β συστήματα δίνουν τη δυνατότητα επεκτασιμότητας της ισχύος και αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, εξασφαλίζοντας έτσι ευελιξία και την αυτονομία.



Σχήμα 4-6: Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα και φωτοβολταϊκό σύστημα Net Metering συνδεδεμένο με το δίκτυο κοινής ωφέλειας [66]

- Δυνατότητα τροφοδοσίας ακόμα και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές – Πολλαπλές χρήσεις: Καθώς η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του ηλιακού φωτός και όχι από την ύπαρξη δικτύου, τα Φ/Β συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν και να είναι λειτουργικά σε οποιαδήποτε τοποθεσία. Τα Φ/Β συστήματα είναι εξαιρετικά ευέλικτα και μπορούν να παρέχουν ενέργεια όχι μόνο στα σπίτια και τις συσκευές μας, αλλά και σε μέρη όπου η διοχέτευση ενέργειας από ένα δίκτυο δεν είναι πρακτική ή είναι αδύνατη, όπως απομακρυσμένες περιοχές εκτός δικτύου, ακόμα και σε δορυφόρους και σκάφη (βλ. Εικόνα 4-8).

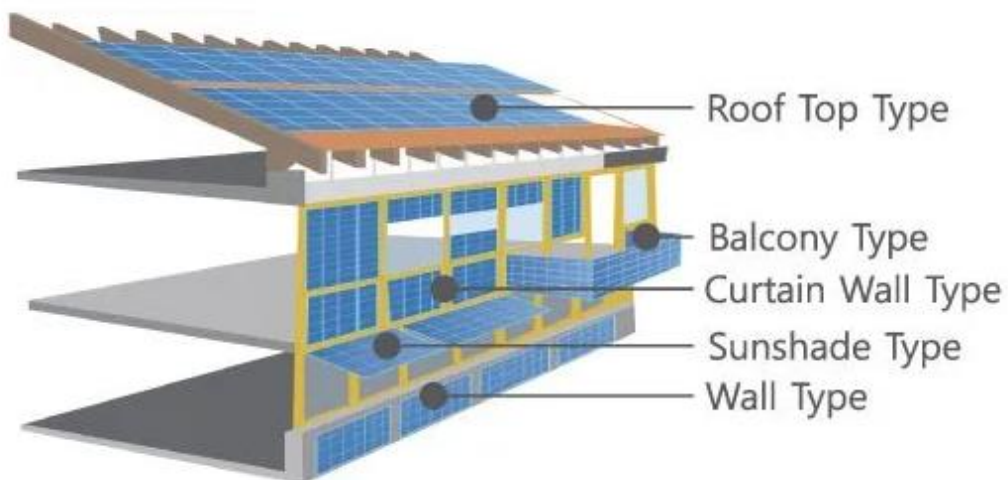


Εικόνα 4-8: Εγκατάσταση Φ/Β συστήματος σε σκάφος [86]

- Μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση και απόσβεση σε σύντομο χρονικό διάστημα: Το αρχικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας ενός Φ/Β συστήματος είναι αρκετά υψηλό αλλά αποσβένεται πολύ πριν το Φ/Β σύστημα χρειαστεί αντικατάσταση, επισκευή ή σημαντική συντήρηση. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι τα Φ/Β συστήματα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας τους, γίνονται όλο και πιο προσιτά οικονομικά, με τις τιμές τους να είναι σημαντικά μειωμένες σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία. Επιπλέον, κατά καιρούς το κράτος επιδοτεί τέτοιες ενέργειες μέσω προγραμμάτων (π.χ. πρόγραμμα ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ – ΑΥΤΟΝΟΜΩ για τις κατοικίες).
- Χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης: Ένα Φ/Β σύστημα έχει χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης εφόσον παραμένει ανεπηρέαστο από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Εάν τα πάνελ διατηρούνται καθαρά (καθαρισμός μία με δύο φορές το χρόνο), θα πρέπει να συνεχίσουν να λειτουργούν, χωρίς καμία πρόσθετη ενέργεια από τον καταναλωτή, για πολλά χρόνια (μέση διάρκεια ζωής 25 χρόνια).
- Μείωση απωλειών μεταφοράς: Δεδομένου ότι η παραγωγή και κατανάλωση του ενέργειας γίνονται τοπικά από το Φ/Β σύστημα, αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας.
- Όφελος για την κοινότητα: Με τη διαδικασία του ενεργειακού συμψηφισμού (Net Metering) (βλ. Σχήμα 4-5) οι καταναλωτές έχουν τη δυνατότητα να πουλήσουν την περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν στον οργανισμό κοινής ωφέλειας. Κάτι τέτοιο μπορεί επίσης να συντελέσει στη μείωση της εξάρτησης μιας κοινότητας από ορυκτά καύσιμα.
- Εξοικονόμηση καθώς οι τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος αυξάνονται: Η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος βρίσκεται σε άνοδο τα τελευταία δέκα χρόνια και κρίνεται δύσκολο το να μειωθεί στο εγγύς μέλλον. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να βοηθήσει τους καταναλωτές να κρατήσουν χαμηλούς σε κόστους τους λογαριασμούς τους, ενώ με τη χρήση του net metering μπορούν ακόμα και να πουλήσουν την επιπλέον ενέργεια στον οργανισμό κοινής ωφέλειας, εκμεταλλευόμενοι και τις αυξανόμενες τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Εξελισσόμενη τεχνολογία με ταχείς ρυθμούς - Μεγάλη διάρκεια ζωής και λειτουργίας: Η τεχνολογία των Φ/Β συστημάτων εξελίσσεται με ταχείς ρυθμούς, με αποτέλεσμα να είναι πιο αποδοτικά. Τα Φ/Β συστήματα είναι επίσης ελκυστικά ως λύση λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής και λειτουργίας τους.
- Αθόρυβη λειτουργία: Τα Φ/Β συστήματα λειτουργούν αθόρυβα καθώς δεν έχουν κάποιο κινούμενο μέρος και συνεπώς η όχληση από την έκθεση σε θόρυβο μηδενίζεται.
- Ευκολία χειρισμού: Τα Φ/Β συστήματα δεν χρειάζονται κάποιο χειριστή για την λειτουργία τους, ούτε καταναλώνουν κάποιο είδος καυσίμου.



Εικόνα 4-9: Χρήση Φ/Β συστημάτων ως δομικά στοιχεία των κτιρίων [66]



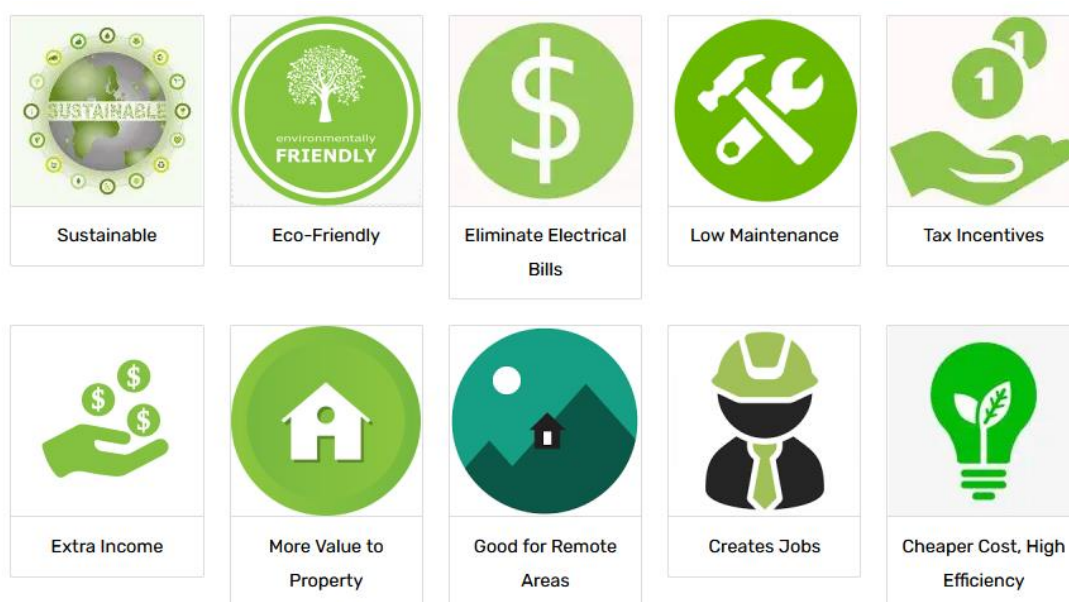
Σχήμα 4-7: Χρήση Φ/Β συστημάτων ως δομικά στοιχεία των κτιρίων [79]

- Μείωση κόστους κατασκευής των κτιρίων – χρήση ως δομικά υλικά: Τα Φ/Β συστήματα μπορούν ακόμα και να συμβάλλουν στη μείωση του κόστους κατασκευής ενός κτιρίου, αν χρησιμοποιηθούν ως δομικά υλικά στο πλαίσιο καινοτόμων αρχιτεκτονικών σχεδιασμών. Μπορούν να αντικαταστήσουν δομικά υλικά όπως κεραμοσκεπές, υαλοστάσια κ.λπ. (βλ. Εικόνα 4-9, Εικόνα 4-11 και Σχήμα 4-7). Στην περίπτωση μάλιστα των υαλοστασίων, μπορούμε να τα συναντήσουμε σε προσόψεις κτιρίων, με θερμομονωτικές ιδιότητες αντίστοιχες με αυτές των υαλοστασίων χαμηλής εκπεψιμότητας (low-e), τα οποία επιτυγχάνουν (πέραν της ηλεκτροπαραγωγής) και εξοικονόμηση ενέργειας 15-30% σε σχέση με ένα κτήριο με συμβατικά απλά υαλοστάσια [49].
- Υπεραξία στο ακίνητο: Το ακίνητο που διαθέτει αυτονομία ή έναν βαθμό ανεξαρτησίας λόγω της εγκατάστασης Φ/Β συστήματος σε αυτό, παίρνει υπεραξία καθώς αναβαθμίζεται η ενεργειακή του ταυτότητα.



Εικόνα 4-10: Αυτόνομη πολυτελής κατοικία «ZERO ENERGY», με Φ/Β συστήματα εγκατεστημένα στη στέγη [51]

Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων συνοψίζονται επίσης στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4-8: Πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων [58]

Όσον αφορά στα μειονεκτήματα των Φ/Β συστημάτων, αυτά είναι περιορισμένα και αναλύονται παρακάτω ([51],[57],[60]):

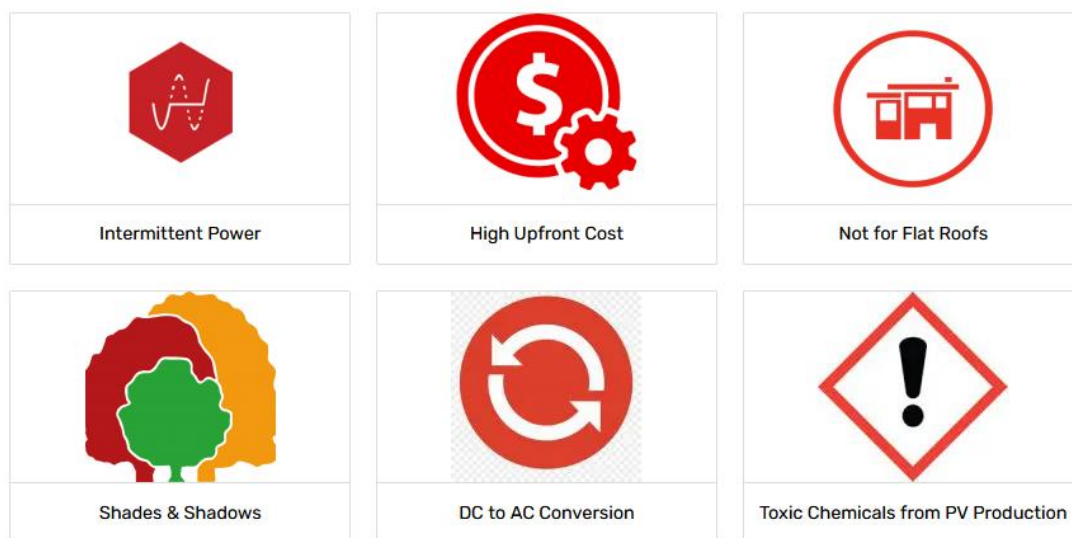
- Υψηλό αρχικό κόστος: Παρά τις μειώσεις στο κόστος των ηλιακών συλλεκτών τα τελευταία δέκα χρόνια, ένα πλήρες Φ/Β σύστημα εξακολουθεί να έχει ένα σημαντικό αρχικό κόστος εγκατάστασης.
- Εξαρτώμενα από την ηλιακή ακτινοβολία και τον καιρό: Τα ηλιακά πάνελ δεν λειτουργούν τη νύχτα ούτε με όλες τις καιρικές συνθήκες όμως, σε πολλές περιπτώσεις, δεν είναι ρεαλιστική ή εφικτή η πλήρης αυτονόμηση ενός καταναλωτή από το δίκτυο. Παρόλο που όλο και περισσότερες εταιρείες επικεντρώνονται πλέον στην προσφορά αυτόνομων φωτοβολταϊκών τα οποία λειτουργούν με μπαταρίες (συσσωρευτές), η συγκεκριμένη λύση δεν είναι ακόμη αρκετά διαδεδομένη. Συνήθως, η φωτοβολταϊκή ενέργεια λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο και οποιοδήποτε «περίσσευμα» αποθηκεύεται στο δίκτυο. Τα νοικοκυριά βασίζονται στους παρόχους ρεύματος κατά τη διάρκεια της νύχτας και όταν υπάρχει περιορισμένη ηλιοφάνεια [60].
- Περιορισμός-κατάληψη-απαίτηση σημαντικού χώρου: Τα ηλιακά πάνελ και η καλωδίωσή τους καταλαμβάνουν σημαντικό χώρο, ο οποίος δεν είναι πάντα εύκολα διαθέσιμος, όπως στην περίπτωση μικρών σκεπών ή σκεπών με εμπόδια. Η εύρεση του απαιτούμενου χώρου, με επαρκή έκθεση των ηλιακών συλλεκτών

που απαιτούνται, μπορεί να είναι δύσκολη ανά περίπτωση, ειδικά σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Ωστόσο, η τεχνολογία των Φ/Β συστημάτων εξελίσσεται συνεχώς και γίνονται προσπάθειες προκειμένου αυτά να καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο και να είναι πιο «διακριτικά» και καλαίσθητα.

- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διαδικασία της παραγωγής, μεταφοράς και εγκατάστασής τους: Τα φωτοβολταϊκά πάνελ είναι ένα βιομηχανικό προϊόν, για την κατασκευή του οποίου χρησιμοποιούνται χημικά που έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον. Παράλληλα, η διαδικασία μεταφοράς και εγκατάστασής τους έχει επίσης συνδεθεί με την έκλυση αερίων του θερμοκηπίου. Ωστόσο, θεωρείται ότι τα οφέλη που θα αποκομίσει το περιβάλλον μακροπρόθεσμα είναι περισσότερα από το περιβαλλοντικό κόστος της κατασκευής των πάνελ.
- Δυσκολία εγκατάστασης: Αν και τα περισσότερα απαιτούμενα εξαρτήματα για την εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών είναι σχετικά απλά, η εγκατάσταση ηλιακών πάνελ μπορεί να είναι περίπλοκη, ανάλογα και με την επιθυμητή θέση τοποθέτησής τους. Σε κάθε περίπτωση, η εγκατάσταση και οι συνδέσεις των καλωδιώσεων θα πρέπει να γίνονται από εξειδικευμένους επαγγελματίες
- Έλλειψη και μειωμένη διαθεσιμότητα των υλικών κατασκευής τους: Το φως του ηλίου είναι απεριόριστο αλλά η διαθεσιμότητα των πρώτων υλών που απαιτούνται για την παραγωγή των Φ/Β συστημάτων είναι περιορισμένα και ίσως ανεπαρκή για να καλύψουν τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση στο μέλλον. Ταυτόχρονα, η εξόρυξη τέτοιων υλών ίσως να έχει σημαντικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο.
- Περιορισμένες δυνατότητες ανακύκλωσης ή/και απόρριψη των υλικών τους: Η τεχνολογία των Φ/Β συστημάτων περιλαμβάνει κάποιες επιβλαβείς για το περιβάλλον ουσίες που περιέχονται και σε πολλά ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης και για το λόγο αυτό η σωστή απόρριψη τους κρίνεται ζωτικής σημασίας για το περιβάλλον. Ωστόσο, προς το παρόν οι επιλογές και οι δυνατότητες ανακύκλωσης για τους ηλιακούς συλλέκτες παραμένουν περιορισμένες.
- Η αποθήκευση ηλιακής ενέργειας είναι ακριβή: Η ηλιακή ενέργεια πρέπει να χρησιμοποιηθεί αμέσως, διαφορετικά θα πρέπει να αποθηκευτεί σε μεγάλες μπαταρίες. Αυτές οι μπαταρίες μπορούν να φορτιστούν κατά τη διάρκεια της ημέρας, έτσι ώστε η ενέργεια να χρησιμοποιηθεί κατά την διάρκεια της νύχτας. Αυτή είναι η λύση ωστόσο είναι αρκετά ακριβή. Όπως προαναφέρθηκε, στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πιο συμφέρον η ηλιακή ενέργεια να χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της ημέρας και κατά τη διάρκεια της νύχτας να λαμβάνεται ενέργεια από το δίκτυο. Άλλωστε, η κατανάλωση ενέργειας είναι σημαντικά υψηλότερη κατά τη διάρκεια της ημέρας.

- Δεν είναι όλα τα πάνελ υψηλής ποιότητας: Η αποδοτικότητα των διαθέσιμων στην αγορά ηλιακών πάνελ μπορεί να ποικίλει, ενώ ανομοιομορφία μπορεί να υπάρχει και ως προς την ανθεκτικότητα και την αξιοπιστία. Για το λόγο αυτό, η επιλογή δεν πρέπει να γίνεται με βάση το χαμηλό κόστος, αλλά να συναξιολογούνται τα συνολικά και μακροπρόθεσμα οφέλη και η αποδοτικότητα γενικότερα. Θα πρέπει πάντα να πραγματοποιείται διεξοδική έρευνα αγοράς και να αγοράζονται πάνελ υψηλής ποιότητας, καθώς πρόκειται για μια επένδυση διάρκειας σχεδόν τριακονταετίας.

Τα μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων συνοψίζονται επίσης στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4-9: Μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων [58]

Με βάση τα παραπάνω, τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι μια από τις πιο αποδοτικές και βιώσιμες λύσεις για την παραγωγή καθαρής ενέργειας και, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, η επένδυση στην ηλιακή ενέργεια αξίζει το κόστος. Ωστόσο, απαιτείται η κατάλληλη διερεύνηση ανά περίπτωση καθώς υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι η τοποθεσία της οικίας (κλιματολογικές συνθήκες), οι φορολογικές εκπτώσεις και τα κίνητρα που παρέχονται από την πολιτεία και την ενεργειακή της πολιτική και τη δυνατότητα ενεργειακού συμψηφισμού (Net Metering) (βλ. επίσης Σχήμα 4-5). Ενώ τα πλεονεκτήματα της ηλιακής ενέργειας επικρατούν σε σχέση με τα μειονεκτήματα, η σκοπιμότητα μιας τέτοιας επένδυσης μπορεί να διαφέρει, ανάλογα με τα οικονομικά μέσα του καταναλωτή και τους διάφορους περιορισμούς (π.χ. χώρου) [51].



Εικόνα 4-11: Πολυώροφο κτίριο, αυτόνομο ενεργειακά, όπου τα φωτοβολταϊκά πάνελ δεν έχουν τοποθετηθεί στο δώμα αλλά αποτελούν δομικά στοιχεία του κτιρίου [89]



Εικόνα 4-12: Αυτόνομη «ZERO ENERGY» κατοικία στη Γερμανία, από βιώσιμα και ανακυκλωμένα υλικά, με εγκατεστημένα Φ/Β συστήματα με σκοπό τη μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον [89]

4.1.6. Ηλιοθερμικά συστήματα

Τα ηλιοθερμικά συστήματα βασίζονται στην αρχή της ηλιοθερμίας, σύμφωνα με την οποία η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται και μετατρέπεται σε θερμική. Αυτή είναι και η βασική διαφορά των συστημάτων αυτών σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Επίσης, θεωρούνται πιο αποδοτικά σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά.



Σχήμα 4-10: Ηλιοθερμικό σύστημα εγκατεστημένο σε κατοικία, το οποίο αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, τον ταμιευτήρα ηλιακής θέρμανσης (buffer) και τους ηλιακούς ελεγκτές (solar station) [73]

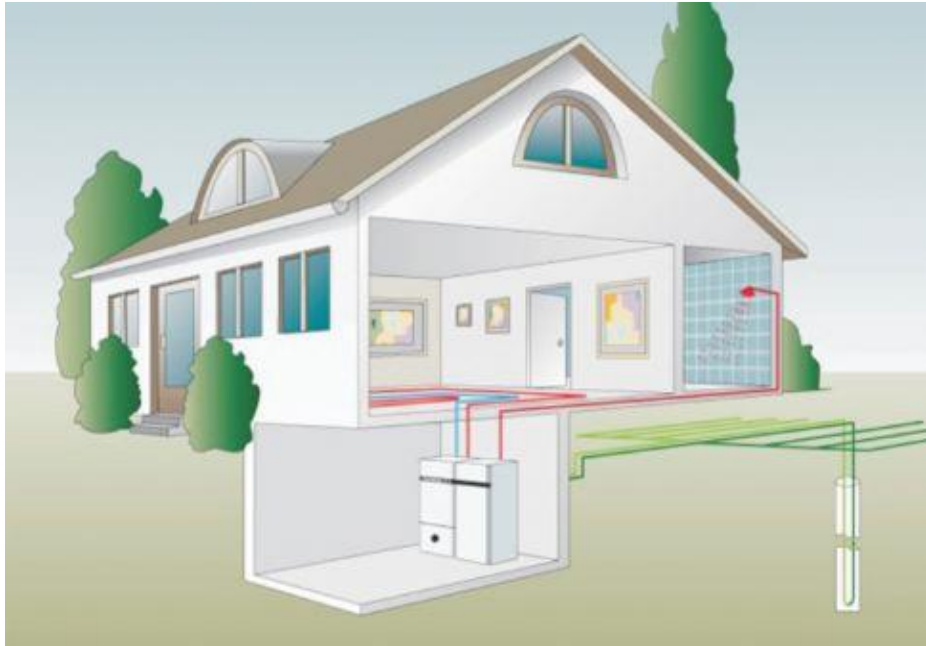
Υπάρχουν διάφορα είδη ηλιοθερμικών συστημάτων και η διαφορά τους έγκειται στον βαθμό θερμότητας που μπορούν να παραγάγουν. Χωρίζονται σε χαμηλής, μέσης ή υψηλής θερμοκρασίας συλλέκτες.

Η χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας συλλέκτες είναι επίπεδες πλάκες που παγιδεύουν την ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιώντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου για να ζεστάνουν νερό μέσα στο πλαίσιο. Αυτά τα συστήματα δεν παράγουν ηλεκτρισμό αλλά ζεστό νερό για οικιακή ή βιομηχανική χρήση. Γνωστό παράδειγμα είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες.

Αντίθετα, οι υψηλής θερμοκρασίας συλλέκτες συγκεντρώνουν την ηλιακή ενέργεια με κάτοπτρα ή φακούς σε ένα νεπόζιτο νερού μετατρέποντας το σε ατμό, ο οποίος στη συνέχεια κινεί ατμογεννήτρια, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Για να λειτουργήσουν αποδοτικά, τα ηλιοθερμικά συστήματα χρειάζονται άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στους συλλέκτες ή τα κάτοπτρα. Εάν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια η απόδοσή τους μειώνεται αισθητά.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα ενός ηλιοθερμικού συστήματος είναι η δυνατότητα του να καλύψει μέχρι και το 100% των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης έως και 60%, πετυχαίνοντας έτσι σημαντική μείωση της κατανάλωσης σε πετρέλαιο. Άλλα σημαντικά οφέλη είναι η μείωση των εκπομπών CO₂, συμβάλλοντας έτσι στην προστασία του περιβάλλοντος καθώς και η δυνατότητα συνδυασμού με σύστημα γεωθερμίας ή αντλία θερμότητας Αέρα – Νερού [73].

Ένα παράδειγμα ηλιοθερμικού συστήματος, συνδεδεμένου με δεξαμενές για ζεστό νερό χρήσης, παρουσιάζεται στο παρακάτω Σχήμα 4-11.



Σχήμα 4-11: Ηλιοθερμικό σύστημα συνδεδεμένο με δεξαμενές για ΖΝΧ ([3],[28])

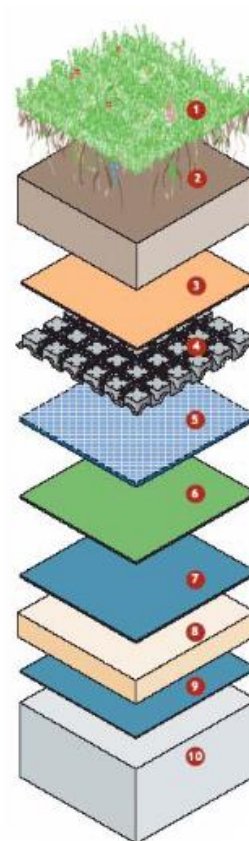


Εικόνα 4-13: Αυτόνομες ενεργειακά κατοικίες στη Σουηδία, με εγκατεστημένα ηλιοθερμικά συστήματα στις στέγες για τη μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον [89]

4.1.7. Φυτεμένα δώματα

Με τον όρο φυτεμένο δώμα, πράσινη στέγη, πράσινη οροφή ή οροφόκηπος (Roof Garden) αναφερόμαστε στην επιφάνεια του δώματος ενός κτιρίου, όπου τοποθετείται εγκατάσταση βλάστησης, με σκοπό την ολιστική αναβάθμιση του σημείου. Το φυτεμένο δώμα είναι ένα σύστημα πολυεπίπεδης διαστρωμάτωσης εξειδικευμένων υλικών, υποστρώματος ανάπτυξης φυτών, αρδευτικού συστήματος, και βλάστησης. Οι στρώσεις που αποτελούν ένα τυπικό φυτεμένο δώμα παρουσιάζονται στο Σχήμα 4-12.

1. Φυτικό υλικό
2. Υπόστρωμα ανάπτυξης
3. Επίπεδο διαχωριστικού φίλτρου
4. Επίπεδο συγκράτησης ύδατος και αποστράγγισης
5. Επίπεδο συγκράτησης ύδατος και προστασίας μόνωσης
6. Επίπεδο προστασίας από διείσδυση ριζών
7. Στεγανωτικό επίπεδο
8. Θερμομονωτικό επίπεδο
9. Φράγμα υδρατμών
10. Δώμα κτιρίου με διαχωριστική στρώση



Σχήμα 4-12: Επίπεδα φυτεμένου δώματος ([11],[18])

Με την εγκατάσταση ενός φυτεμένου δώματος στον τελευταίο όροφο ενός κτιρίου επιτυγχάνονται πολλαπλά οφέλη μεταξύ των οποίων και η βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου που επιτυγχάνεται μέσω της άμεσης σκίασης της οροφής, της εξατμισοδιαπνοής και της βελτιωμένης συμπεριφοράς του κτιρίου ως προς τη μόνωση.

Στην Εικόνα 4-14 παρουσιάζεται το φυτεμένο δώμα του Δημαρχείου Αμαρουσίου στο πλαίσιο εφαρμογής μέτρων για μείωση κατανάλωσης ενέργειας και ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου.



Εικόνα 4-14: Φυτεμένο δώμα του Δημαρχείου Αμαρουσίου [53]



Εικόνα 4-15: Φυτεμένα δώματα του κτιρίου Rockefeller, Νέα Υόρκη [56]



Εικόνα 4-16: Οφέλη φυτεμένου δώματος [77]



Εικόνα 4-17: Φυτεμένα δώματα με ταυτόχρονα εγκατεστημένα Φ/Β/ στη συστήματα [89]

4.1.8. Ενεργειακή αναβάθμιση εγκατάστασης θέρμανσης κτιρίου

Αναμφισβήτητα το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται σε ένα κτίριο, αφορά στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση και ψύξη. Η αναβάθμιση των συστημάτων αυτών είτε κεντρικά είτε αυτόνομα, θεωρείται μια από τις σημαντικές ενεργειακές παρεμβάσεις.

Τα παλαιότερα συστήματα θεωρούνται πλέον εξαιρετικά ενεργοβόρα. Τα συμβατικά παλαιότερα συστήματα θέρμανσης αποτελούνται από τον λέβητα - καυστήρα (συνήθως πετρελαίου ή φυσικού αερίου αν αναφερόμαστε σε πιο σύγχρονες εγκαταστάσεις), τις σωληνώσεις, τον κυκλοφορητή και τα θερμαντικά σώματα. Στις περιπτώσεις μάλιστα που μιλάμε για αρκετά πιο παλιά κτίρια τα συστήματα είναι κεντρικής θέρμανσης και δεν διαθέτουν αυτονομία.

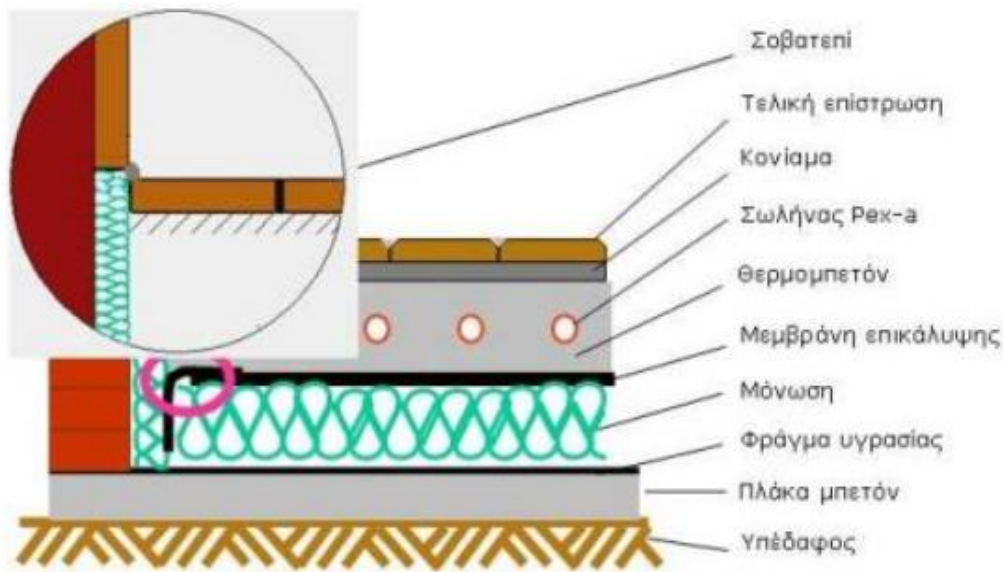
Σήμερα πλέον έχει εγκαταλειφθεί η επιλογή της εγκατάστασης λέβητα πετρελαίου και η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας ή λέβητα φυσικού αερίου θεωρούνται ενεργειακά πιο αποδοτικές και παράλληλα πιο φιλικές προς το περιβάλλον.

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 4.1.6, τα ηλιοθερμικά συστήματα συνδυασμένης λειτουργίας για παραγωγή ΖΝΧ (ζεστών νερών χρήσης) και θέρμανσης χώρων, μπορούν να καλύψουν σε μεγάλο ποσοστό τις ανάγκες των κτιρίων.

Επίσης, η πρόοδος στον τρόπο κατασκευής των κτιρίων όπως η ενδοδαπέδια θέρμανση με υψηλή μόνωση των σωληνώσεων και τοποθέτηση θερμοστάτη σε κάθε χώρο ακόμα και εντός ενός διαμερίσματος μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 4-18: Σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης [84]



Σχήμα 4-13: Τυπική τομή ενδοδαπέδιου συστήματος σε σκαρίφημα [31]

Επίσης, οι αυτοματισμοί βοηθούν στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Για παράδειγμα, τοποθέτηση έξυπνων ηλεκτρονικών θερμοστατών χώρου, με χρονοπρογράμματα υψηλής και μειωμένης περιόδου θέρμανσης, κτλ.

Ελεγκτές αντιστάθμισης θέρμανσης βάσει εξωτερικής θερμοκρασίας με τη χρήση αισθητηρίου, για έλεγχο βανών ανάμειξης σε συνδυασμό με υφιστάμενους λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών συμβατικής τεχνολογίας ή για απευθείας συνδυασμό με λέβητες τεχνολογίας συμπύκνωσης.

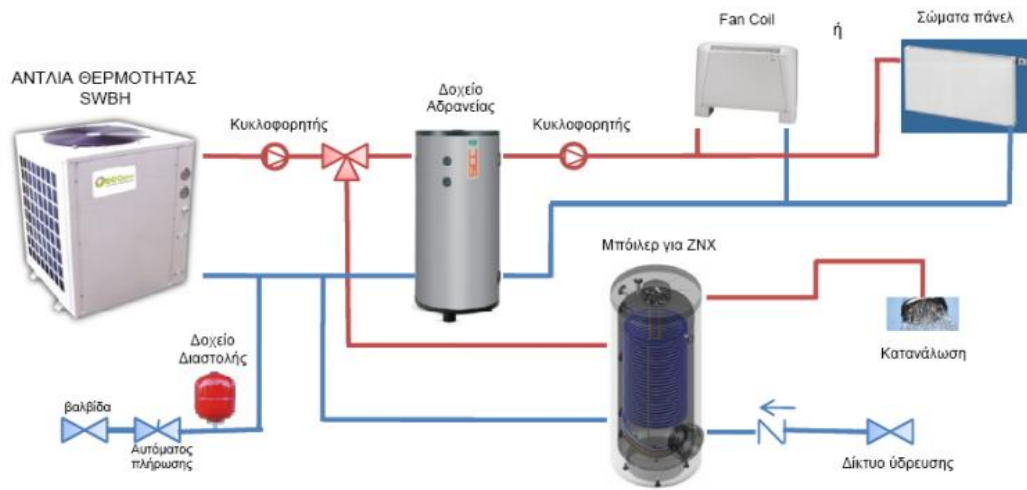
Κεντρικό σύστημα ελέγχου κτιρίου (B.M.S.), το οποίο αποτελεί και το πιο ολοκληρωμένο σύστημα ενεργειακής αποδοτικότητας.

Με την αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης μπορεί να επιτευχθούν τα ακόλουθα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας με βάση τους προμηθευτές:

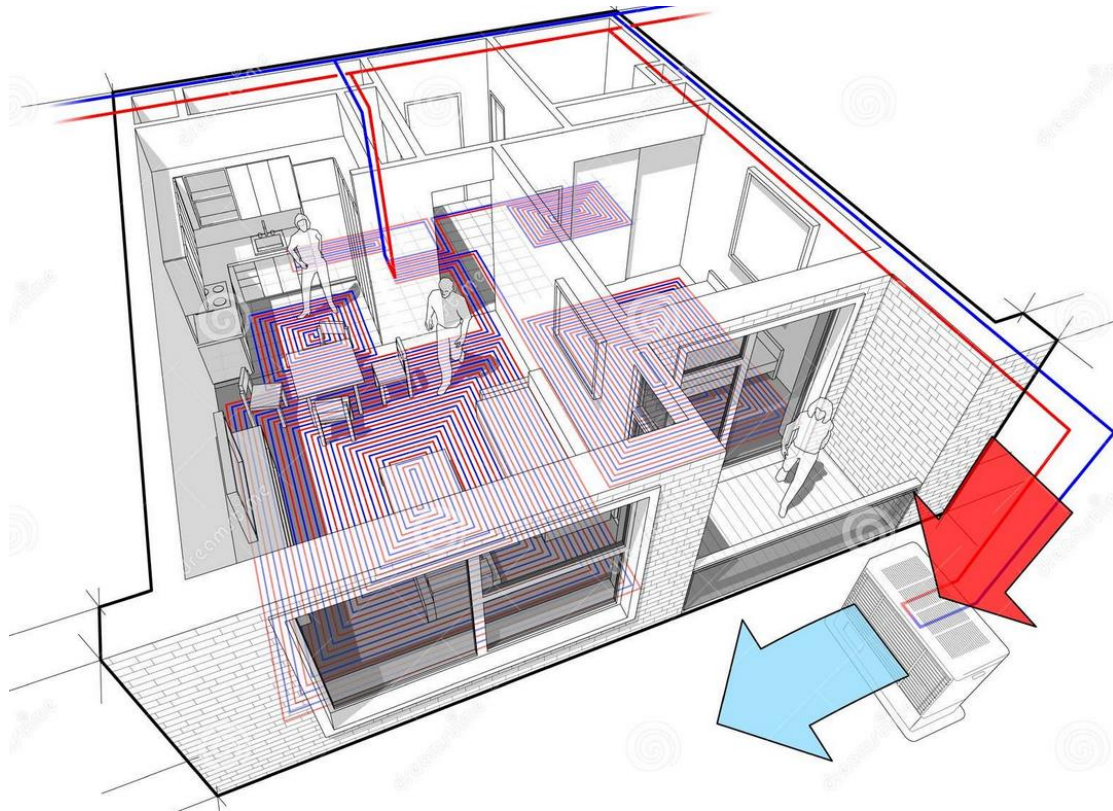
Στην περίπτωση αντικατάστασης λέβητα παλαιάς τεχνολογίας με αντλίες θερμότητας η απόδοση μπορεί να αυξηθεί κατά 3,5 φορές.

Στην περίπτωση αντικατάστασης λέβητα πετρελαίου με λέβητα αερίου τεχνολογίας συμπύκνωσης των υδρατμών των καυσαερίων μπορεί να επιτευχθεί μεγιστοποίηση του βαθμού απόδοσης που φθάνει το 109%.

Με την τοποθέτηση αυτοματισμών και κεντρικών ελεγκτών ενεργειακής διαχείρισης των συστημάτων θέρμανσης μπορεί να εξοικονομηθεί μέχρι και 20% της ενέργειας [65].



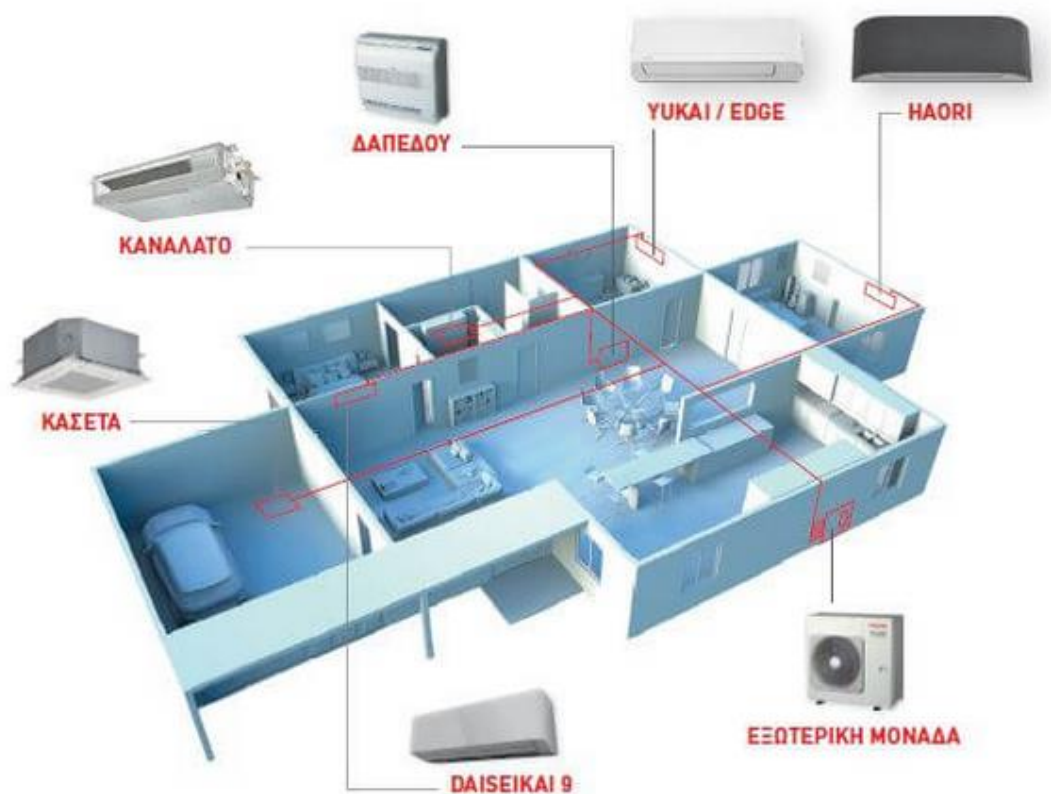
Σχήμα 4-14: Τοπικό σκαρίφημα αντλίας θερμότητας [67]



Σχήμα 4-15: Διαμέρισμα που εφοδιάζεται με αντλία θερμότητας ενδοδαπέδιας θέρμανσης ζεστού νερού και πηγής αέρα με το σύστημα κεντρικής θέρμανσης ως πηγή θέρμανσης της ενέργειας [97]

4.1.9. Ενεργειακή αναβάθμιση εγκατάστασης ψύξης κτιρίου

Για την ενεργειακή αναβάθμιση των εγκαταστάσεων ψύξης μπορούν να τοποθετηθούν αυτοματισμοί ελέγχου και ρύθμισης της λειτουργίας ψύξης, αντικατασταθούν τα συστήματα ψύξης με νέα πιο αποδοτικά ενεργειακά, συστήματα κεντρικού κλιματισμού, όπως VRV, αντλίες θερμότητας, που εξυπηρετούν τόσο τον κλιματισμό ενός χώρου, όσο και την παραγωγή ζεστού νερού εκτός από τη θέρμανση και συστήματα διαιρούμενου τύπου split units.



Σχήμα 4-16: Σύστημα διαιρούμενου τύπου split [85]

4.1.10. Αντικατάσταση λαμπτήρων

Μία εύκολη και αποδοτική μικρής κλίμακας παρέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια είναι η αντικατάσταση των λαμπτήρων τεχνητού φωτισμού με λαμπτήρες χαμηλότερης ενεργειακής κατανάλωσης.

Σύμφωνα με την Τζανακάκη (ΚΑΠΕ) ο φωτισμός καταναλώνει το 14% της συνολικής ενέργειας του κτιριακού τομέα. Με τη χρήση πιο αποδοτικών εξαρτημάτων και συστημάτων ελέγχου και με την ενσωμάτωση τεχνικών φυσικού φωτισμού και άλλων τεχνολογιών μπορεί να έχουμε εξοικονόμηση 30%-50% [12].



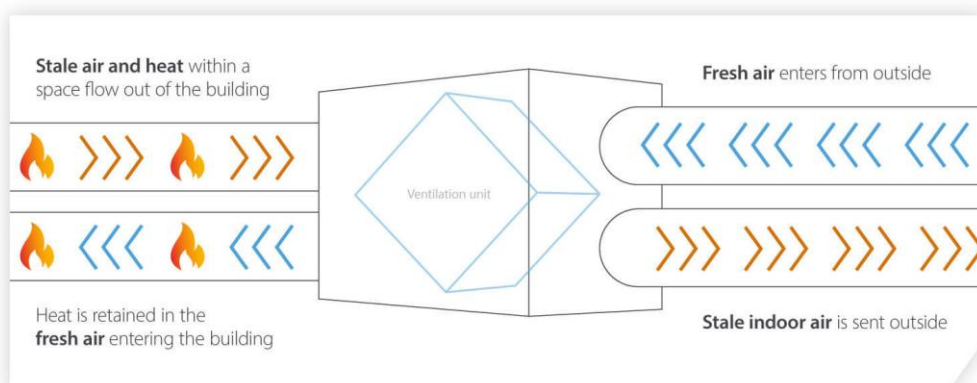
Εικόνα 4-19: Λαμπτήρες και προβολείς LED, τελευταία τεχνολογίας ([10],[72])

4.1.11. Τεχνητός αερισμός

Το μικροκλίμα και η θερμική άνεση στους εσωτερικούς χώρους είναι άμεσα συνδεδεμένα με το πόσο καλά αερίζεται ένας χώρος. Καθώς τα σπίτια τείνουν να κατασκευάζονται όσο το δυνατόν πιο «αδιαπέρατα» ώστε να είναι πιο στεγανά για να διατηρούν τη θερμοκρασία τους, έχουν σήμερα λιγότερες ευκαιρίες φυσικού αερισμού και κατά συνέπεια οι απαιτήσεις για μηχανικό/τεχνητό αερισμό είναι μεγαλύτερες από ποτέ.

Ένα καλό παράδειγμα τεχνητού αερισμού είναι η ανάκτηση θερμότητας που ήδη υπάρχει σε έναν χώρο, μειώνοντας την ανάγκη προσθήκης περισσότερης θερμότητας σε αυτόν καταναλώνοντας ενέργεια. Αντί να διαφεύγει ο ζεστός, μπαγιάτικος αέρας από το κτίριο και να εισέρχεται κρύος, φρέσκος αέρας, η θερμική ενέργεια μεταφέρεται από το ένα ρεύμα αέρα στο άλλο για να βοηθήσει στη διατήρηση μιας σταθερής θερμοκρασίας σε εσωτερικούς χώρους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-17 [40].

Heat recovery ventilation: **How it works**



Σχήμα 4-17: Λειτουργία τεχνητού αερισμού [40]

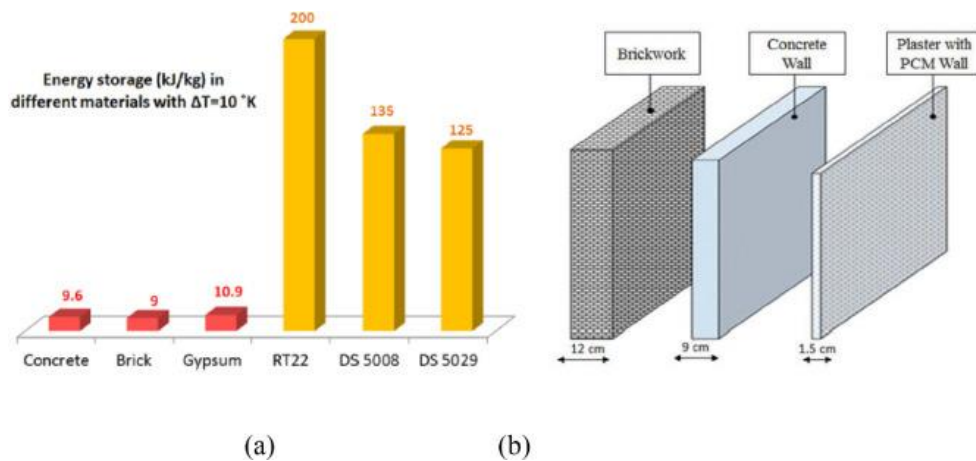
4.1.12. Υλικά Αλλαγής Φάσης (Phase Change Material - PCM)

Τα υλικά αλλαγής φάσης, τα οποία είναι ευρέως γνωστά ως PCM, είναι υλικά τα οποία μπορούν να αποθηκεύουν θερμική ενέργεια με τη μορφή λανθάνουσας θερμότητας. Αυτό σημαίνει ότι όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, τα υλικά αυτά αλλάζουν τη φάση τους σε σχεδόν σταθερή θερμοκρασία ή σε ένα στενό εύρος θερμοκρασίας στερεοποίησης και τήξης. Αρχικά, η θερμοκρασία των PCM ανεβαίνει στο σημείο τήξης τους, χωρίς καμία αλλαγή φάσης, προκαλώντας ευαίσθητη αποθήκευση θερμότητας. Όταν η θερμοκρασία φτάσει στο σημείο τήξης τους, οι χημικοί δεσμοί αρχίζουν να σπάνε μαζί με την ενδόθερμη διαδικασία αναγκάζοντας τα PCM να απορροφούν ενέργεια. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, τα PCM υφίστανται μία μετάβαση φάσης στερεού - υγρού σε σχεδόν σταθερή θερμοκρασία. Περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας θα αυξήσει μόνο τη θερμοκρασία των PCM. Όταν η θερμοκρασία των PCM πέσουν στο σημείο πήξης, οι χημικοί δεσμοί αναγεννώνται μαζί με την εξώθερμη διαδικασία που προκαλεί την απελευθέρωση ενέργειας. Λόγω αυτού του γεγονότος, τα PCM υφίστανται μια μετάβαση φάσης από υγρό σε στερεό. Αυτή η διαδικασία φόρτισης (κέρδος θερμότητας) και εκφόρτισης (απώλεια θερμότητας) μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές. Έτσι μπορούμε να πούμε ότι τα PCM μπορεί να λειτουργήσουν ως θερμική δεξαμενή (Rathore et al. 2022) [25].

Χάρη σε αυτές τις ιδιότητες τα υλικά PCM μπορούν να αποθηκεύσουν 5-14 φορές περισσότερη θερμότητα σε λανθάνουσα μορφή σε σύγκριση με τα ευαίσθητα υλικά αποθήκευσης θερμικής ενέργειας (Soares et al., 2013). [26]. Αυτή η ιδιότητα των PCM έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών και επιστημόνων με στόχο να τα χρησιμοποιήσουν για διάφορες εφαρμογές αποθήκευσης θερμότητας.

Μία από τις ευρείες εφαρμογές των υλικών PCM είναι ο τομέας των κατασκευών καθώς συνεισφέρουν στην καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά και απόδοση των κτιρίων. Τα υλικά αυτά μπορούν να ενσωματωθούν είτε στο κέλυφος του κτιρίου είτε μέσω τεχνικών άμεσης ενσωμάτωσης είτε μέσω τεχνικών έμμεσης ενσωμάτωσης. Η τεχνική άμεσης ενσωμάτωσης είναι η απλούστερη και οικονομική μέθοδος κατά την οποία τα PCM αναμιγνύονται απευθείας με τα δομικά υλικά όπως το τσιμέντο, το σκυρόδεμα και οι σανίδες τοίχου κατά τη φάση της παραγωγής των υλικών (Feldman et al., 1991). [19].

Δομικά στοιχεία/ή δομικά υλικά όπως τα τούβλα, οι τσιμεντόλιθοι, τα κονιάματα, οι σανίδες τοίχου, το ξύλο κ.λπ. σχεδιάζονται κυρίως με βάση τη φέρουσα ικανότητά τους και την ασφάλεια του κτιρίου. Οι θερμικές ιδιότητες δεν λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό δομικών στοιχείων. Τα PCM παρουσιάζουν πολύ καλύτερη θερμική απόδοση σε σύγκριση με τα συμβατικά δομικά υλικά, όπως παρουσίασαν στη μελέτη τους οι Rathore et al. [25]. Στο Σχήμα 4-18 απεικονίζεται μια συγκριτική ανάλυση του συμβατικά χρησιμοποιούμενου πάχους οικοδομικού υλικού για το ίδιο επίπεδο αποθήκευσης θερμικής ενέργειας σε σύγκριση με τα PCM. Παρατηρείται σαφώς ότι η ενσωμάτωση των PCM στα δομικά υλικά εξασφαλίζει τη βελτιωμένη θερμική απόδοση του κελύφους του κτιρίου.



Σχήμα 4-18: (α) Σύγκριση της ικανότητας αποθήκευσης θερμότητας μιας επιλογής εμπορικών PCM με τυπικά δομικά υλικά [22] (β) Σύγκριση πάχους μεταξύ πλινθοδομής, τοίχου από σκυρόδεμα και σοβά με τοίχο PCM που έχει την ίδια θερμική αποθήκευση θερμότητας [17]

Γενικά τα PCM μπορούν να ενσωματωθούν στα τούβλα, στο σκυρόδεμα, στις σανίδες και σε πολλά άλλα δομικά στοιχεία προσφέροντας καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά.

Επίσης, στη βιβλιογραφία βρίσκουμε ότι τα PCM μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα κτίρια ως εξής για την εξοικονόμηση ενέργειας:

- Συστήματα Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης

Οι Lin et al. (2005) [23] παρουσίασαν ένα νέο είδος ενδοδαπέδιου συστήματος ηλεκτρικής θέρμανσης με πλάκες υλικού αλλαγής φάσης σταθεροποιημένου σχήματος (PCM), το οποίο μπορεί να φορτίσει τη θερμότητα χρησιμοποιώντας φθινό νυχτερινό ηλεκτρικό ρεύμα και να εκφορτίσει τη θερμότητα που αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στην έρευνα που έκαναν δημιούργησαν ένα πρωτότυπο δωμάτιο με αυτό το σύστημα στο Πεκίνο για να πιστοποιήσουν τη θερμική του απόδοση και τη σκοπιμότητα αυτού του τρόπου θέρμανσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η θερμοκρασία της άνω επιφάνειας των πλακών PCM μπορεί να διατηρηθεί κοντά στη θερμοκρασία μετάβασης φάσης καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και μπορεί να χρησιμοποιήσει ηλεκτρική ενέργεια εκτός αιχμής για θέρμανση χώρου αντί να χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια περιόδου αιχμής, γεγονός που προφανώς μειώνει το τιμολόγιο ηλεκτρικής ενέργειας.

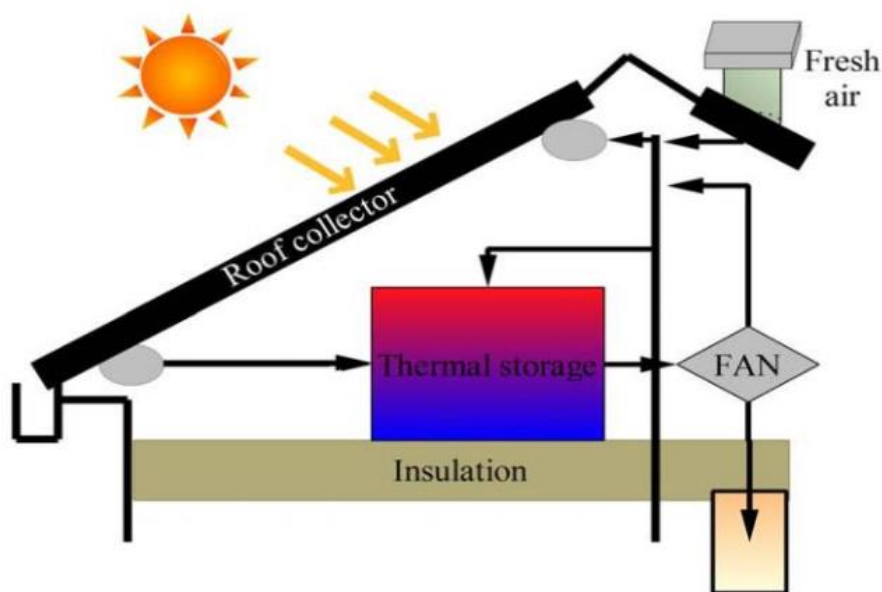
- Ενεργειακά Αποδοτικά Παράθυρα

Τα PCM μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή παραθύρων με καλύτερη ενεργειακή απόδοση. Τα PCM μπορούν να τοποθετηθούν στις εξωτερικές επιφάνειες των παραθύρων με αποτέλεσμα κατά τη διάρκεια της ημέρας, τα παντζούρια να παραμένουν ανοιχτά έτσι ώστε η εξωτερική τους πλευρά να είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία, και τα υλικά να απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και να την αποθηκεύουν ως θερμότητα αλλαγής φάσης ενώ τήκενται. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν τα παραθυρόφυλλα είναι κλειστά και τα παράθυρα ανοιχτά, η αποθηκευμένη θερμότητα αποδίδεται στο χώρο. Στη μελέτη που πραγματοποίησαν οι Gutherz και Schiller (1991) [20] διαπίστωσαν ότι με την εφαρμογή αυτού του

συστήματος αποθήκευσης ενέργειας, μπορεί να μειώσει η θερμοκρασία του δωματίου έως και 2°C.

Επίσης, όπως παρουσίασε στην εργασία της η Γενεράλη (2014) [2], τα PCM μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε ένα πλήθος ενεργητικών συστημάτων κτιρίων όπως είναι τα ενεργητικά πάνελ οροφής, οι οροφές για ενεργητική θέρμανση και ψύξη, η μορφή κλιματισμού «Free cooling», τα συνδυασμένα συστήματα ψύξης – θέρμανσης, τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης αέρα και τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού.

Σε εγκατάσταση αποθήκευσης θερμότητας (PCM) μέσω ενεργητικού συστήματος στέγης, σε συνθήκη με ηλιοφάνεια και ανάγκη θέρμανσης του χώρου ο αέρας περνάει μέσα από τον συλλέκτη πριν φτάσει στο χώρο. Ο συλλέκτης αποθηκεύει την θερμότητα που δεν έχει χρησιμοποιηθεί, για χρήση της σε περίοδο χωρίς ηλιοφάνεια. Όταν ο συλλέκτης δεν έχει την απαιτούμενη θερμοκρασία, αυτή παράγεται από έναν βοηθητικό θερμαντήρα αερίου. Στο Σχήμα 4-19 απεικονίζεται μια εγκατάσταση αποθήκευσης θερμότητας μέσω ενεργητικού συστήματος στέγης.



Σχήμα 4-19: Σχηματική απεικόνιση ενεργητικού συστήματος στέγης [1]

4.2. Ευρωπαϊκά πρότυπα για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων

Πίνακας 4-2 : Ευρωπαϊκά πρότυπα για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων [13]

Υπολογισμός ενεργειακής ζήτησης κτηρίου για θέρμανση και ψύξη (μηνιαία μέθοδος)		
2. ΕΛΟΤ EN ISO 13790 E2 13790 E2 (2009)	Ενεργειακή απόδοση κτηρίων - Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων.	Υπολογισμός της ενεργειακής ζήτησης του κτηριακού κελύφους με τη μέθοδο ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος.
ΕΛΟΤ EN ISO 13789 E2 (2009)	Θερμική απόδοση κτηρίων - Συντελεστές μεταφοράς θερμότητας σχετικά με μετάδοση και αερισμό - Μέθοδος υπολογισμού.	Υπολογισμός των απωλειών θερμότητας κτηρίου προς το περιβάλλον μέσω των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων, καθώς και μέσω του αερισμού του κτηρίου (διείσδυσης αέρα, φυσικού ή μηχανικού αερισμού).
ΕΛΟΤ EN ISO 6946 E2 (2009)	Κτηριακά μέρη και στοιχεία - Θερμική αντίσταση και θερμοπερατότητα - Μέθοδος υπολογισμού.	
ΕΛΟΤ EN ISO 13370 E2 (2009)	Θερμικές επιδόσεις κτηρίων - Μετάδοση θερμότητας μέσω του εδάφους - Μέθοδοι υπολογισμού.	
ΕΛΟΤ EN ISO 14683 (2009)	Θερμογέφυρες σε κτηριακές κατασκευές - Γραμμική θερμική μετάδοση - Απλοποιημένες μέθοδοι και τιμές προεπιλογής.	
ΕΛΟΤ EN ISO 10211 (2009)	Θερμογέφυρες στις κτηριακές κατασκευές - Ροές θερμότητας και επιφανειακές θερμοκρασίες - Λεπτομερείς υπολογισμοί.	
EN ISO 10077-1 (2006)	Θερμική απόδοση παραθύρων, θυρών και εξωφύλλων - Υπολογισμός θερμικής μετάδοσης - Μέρος 1: Απλοποιημένη μέθοδος.	
ΕΛΟΤ EN ISO 12631	Θερμική απόδοση τοιχοπετασμάτων - Υπολογισμός της θερμικής μετάδοσης (2014).	
ΕΛΟΤ EN 15241 (2008)	Αερισμός κτηρίων - Μέθοδοι υπολογισμού ενεργειακών απωλειών σε εμπορικής χρήσης κτήρια λόγω αερισμού και διήθησης.	
ΕΛΟΤ EN ISO 15927.01 (2004)	Υγροθερμικές επιδόσεις κτηρίων - Υπολογισμός και παρουσίαση κλιματικών δεδομένων - Μέρος 1: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές μετεωρολογικών στοιχείων	Παραδοχές και υπολογισμοί για κλιματικά δεδομένα.
ΕΛΟΤ EN 15193 (2008)	Ενεργειακή απόδοση κτηρίων - Ενεργειακές απαιτήσεις για φωτισμό.	Υπολογισμός εσωτερικών κερδών από φωτισμό.

Πίνακας 4-2 (συνέχεια): Ευρωπαϊκά πρότυπα για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων. [13]

Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης κτηρίου για θέρμανση και ψύξη - Μελέτη ενεργειακής απόδοσης (μηνιαία μέθοδος)		
ΕΛΟΤ EN ΕΛΟΤ EN ISO 13790 E2 13790 E2 (2009)	Ενεργειακή απόδοση κτηρίων - Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων.	Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη βάσει της ενεργειακής ζήτησης του κτηριακού κελύφους και των αποδόσεων των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.
ΕΛΟΤ EN 15316.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρους 1: Γενικά.	Υπολογισμός της απόδοσης του συστήματος θέρμανσης.
ΕΛΟΤ EN 15316.02.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων - Μέρους 2-1: Συστήματα εκπομπών θέρμανσης χώρων.	
ΕΛΟΤ EN 15316.02.03 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρους 2-3: Συστήματα διανομής για τη θέρμανση χώρων.	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρους 4-1: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Συστήματα καύσης (λέβητες).	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.02 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων - Μέρους 4-2: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων, συστήματα αντλιών θερμότητας.	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.03 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων - Μέρους 4-3: Συστήματα παραγωγής θερμότητας, θερμικά ηλιακά.	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.04 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρους 4-4: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Συστήματα συμπαραγωγής, ενσωματωμένα στο κτήριο.	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.05 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρους 4-5: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Απόδοση και ποιότητα συστημάτων τηλεθέρμανσης και συστημάτων μεγάλου όγκου.	

Πίνακας 4-2 (συνέχεια): Ευρωπαϊκά πρότυπα για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων. [13]

ΕΛΟΤ EN 15316.04.06 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 4-6: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Φωτοβολταϊκά συστήματα.	
ΕΛΟΤ EN 15316.04.07 (2010)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοσης συστημάτων - Μέρος 4-7: Συστήματα παραγωγής θερμότητας χώρων, συστήματα καύσης βιομάζας.	
ΕΛΟΤ EN 15243 (2008)	Αερισμός κτηρίων - Υπολογισμός θερμοκρασίας χώρου και του φορτίου και της ενέργειας κτηρίων εξοπλισμένων με σύστημα κλιματισμού.	Υπολογισμός απόδοσης συστήματος ψύξης.
ΕΛΟΤ EN 15232 (2007)	Ενεργειακή λειτουργία των κτηρίων – Επίδραση του αυτοματισμού κτηρίων, των συσκευών ελέγχου και της διαχείρισης κτηρίων.	Υπολογισμός εξοικονομούμενης ενέργειας από διατάξεις αυτομάτου ελέγχου.
ΕΛΟΤ EN 15378:2007	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια – Επιθεώρηση λεβήτων και συστημάτων θέρμανσης	Υπολογισμός/εκτίμηση εποχιακού βαθμού απόδοσης της θέρμανσης
ΕΛΟΤ EN 15239 2007	Αερισμός σε κτήρια – Ενεργειακή απόδοση κτηρίων – Οδηγίες επιθεώρησης συστημάτων αερισμού	Εκτίμηση απόδοσης της ψύξης των συστημάτων αερισμού
ΕΛΟΤ EN 15240 2007	Αερισμός σε κτήρια – Ενεργειακή απόδοση κτηρίων – Οδηγίες επιθεώρησης συστημάτων κλιματισμού	Υπολογισμός/εκτίμηση εποχιακού βαθμού απόδοσης της ψύξης
Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης κτηρίου για ζεστό νερό χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) και φωτισμό		
ΕΛΟΤ EN 15316.03.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 3-1: Συστήματα ζεστού νερού χρήσης. Χαρακτηρισμός αναγκών (απαιτήσεις άντλησης).	Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης (Ζ.Ν.Χ.).
ΕΛΟΤ EN 15316.03.02 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 3-2: Συστήματα ζεστού νερού χρήσης, διανομή.	
ΕΛΟΤ EN 15316.03.03 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτήρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 3-3: Συστήματα ζεστού νερού χρήσης, παραγωγή.	
ΕΛΟΤ EN 15193 (2008)	Ενεργειακή απόδοση κτηρίων - Ενεργειακές απαιτήσεις για φωτισμό.	Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας για τεχνητό φωτισμό κτηρίων.
ΕΛΟΤ EN 12464-1 (2011)	Φως και φωτισμός - Φωτισμός χώρων εργασίας - Μέρος 1: Εσωτερικοί χώροι εργασίας	Καθορισμός των απαραίτητων επιπέδων τεχνητού φωτισμού
ΕΛΟΤ EN 12193 E2 (2009)	Φως και φωτισμός - Φωτισμός χώρων αθλοπαιδιών	

4.3. Παραδείγματα

4.3.1. "Etrium" (Κολωνία) - Πράσινες Στέγες και Οικολογική Ενέργεια

Στην Κολωνία συναντάμε την κατασκευή ενός εμβληματικού κτιρίου τόσο από άποψη αρχιτεκτονικής όσο και από άποψη ενεργειακής απόδοσης, το γνωστό "ETRIUM". Ο όρος "etrium" αποτελεί συνδυασμό των όρων της ενεργειακής απόδοσης (energy efficiency) και του αίθριου (atrium).

Κατά τον σχεδιασμό δόθηκε βάση στις βιώσιμες αλλά και στις οικονομικοτεχνικές πτυχές του κτιρίου. Ενεργειακά αποτελεί ένα καινοτόμο υπόδειγμα μελέτης καθώς απαιτεί περίπου 80% λιγότερη ενέργεια για τη θέρμανση και 70% λιγότερη ενέργεια για την κάλυψη πρωτογενών ενεργειακών αναγκών, σε σχέση με ένα συμβατικό κτίριο γραφείων ανάλογου μεγέθους.

Όσον αφορά στο κέλυφος κτιρίου και τη μόνωση έχει εγκατασταθεί ένας υψηλής ποιότητας εξωτερικός τοίχος με μόνωση (28 εκ. πάχος), ο οποίος μειώνει σημαντικά τις απώλειες. Επίσης, η γενικότερη χωροθέτηση του κτιρίου έχει ως αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ο φυσικός αερισμός. Ο αέρας ρέει μέσα στο αίθριο από τα γραφεία και το ίδιο το αίθριο λειτουργεί ως η «κεντρική εξάτμιση» του κτιρίου.

Τα τριπλά ενεργειακά των παραθύρων προστίθεται σε συνδυασμό με τη σκίαση αποτρέπουν την ανεπιθύμητη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι και τις αντανάκλασεις. Επίσης, έχει εγκατασταθεί ένα φωτοβολταϊκό σύστημα 32 kW στη οροφή του κτιρίου το οποίο παράγει περίπου 30.000 kWh ηλεκτρικής ενέργειας το έτος.

Στην οροφή τα εξαρτήματα των πάνελ είναι ενσωματωμένα στην πράσινη κατασκευή της οροφής και χρησιμοποιούν το βάρος του υποστρώματος βλάστησης ως «έρμα» για τη σταθερή προσήλωσή τους στο κτίριο. Η κατασκευή της πράσινης στέγης επίσης, προωθεί την απαγωγή της θερμότητας. Οι δύο τελευταίοι παράγοντες συμβάλλουν και στην αύξηση της αποδοτικότητας των ηλιακών συλλεκτών στις πιο υψηλές θερμοκρασίες.

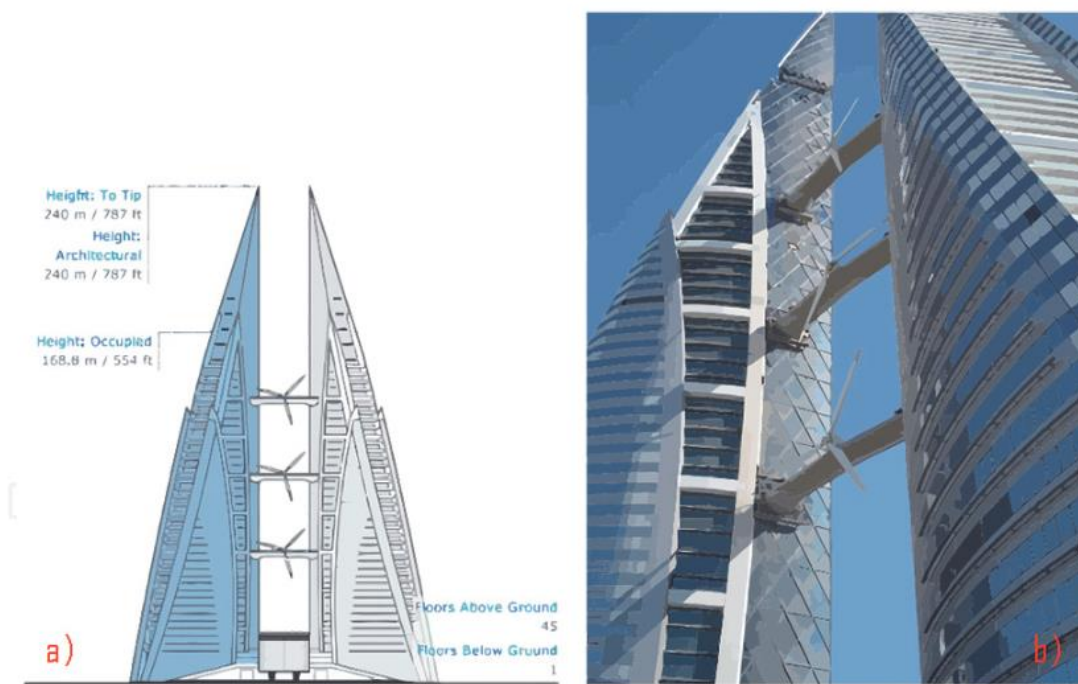


Εικόνα 4-20: Καινοτόμο παράδειγμα κτιρίου [55]

4.3.2. Οι πύργοι του Κέντρου Εμπορίου του Μπαχρέιν (Bahrain World Trade Center towers)

Η περίπτωση των πύργων του Κέντρου Εμπορίου του Μπαχρέιν (Bahrain World Trade Center towers) είναι μια μεγάλης κλίμακας αλλά πολύ χαρακτηριστική περίπτωση οικολογικού σχεδιασμού, που έχει μάλιστα βραβευθεί ως πρότυπο βιώσιμου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Ένα από τα σημαντικότερα και πιο διάσημα παγκοσμίως αρχιτεκτονικά βραβεία, το οποίο έχει απονεμηθεί στο συγκεκριμένο κτίριο, είναι τα βραβεία LEAF (Leading European Architects Forum).

Συγκεκριμένα, το 2006 απονεμήθηκε στο Κέντρο Εμπορίου του Μπαχρέιν το πρώτο βραβείο «πράσινης αρχιτεκτονικής» (Green Building Award Winner -LEAF Awards 2006) [34]. Το κτιριακό συγκρότημα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι ενεργειακά αυτόνομο, καθώς διαθέτει τρεις γεννήτριες αιολικής ενέργειας, συνολικής δυναμικότητας 675 kW, μειώνοντας έτσι σε πολύ σημαντικό βαθμό τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

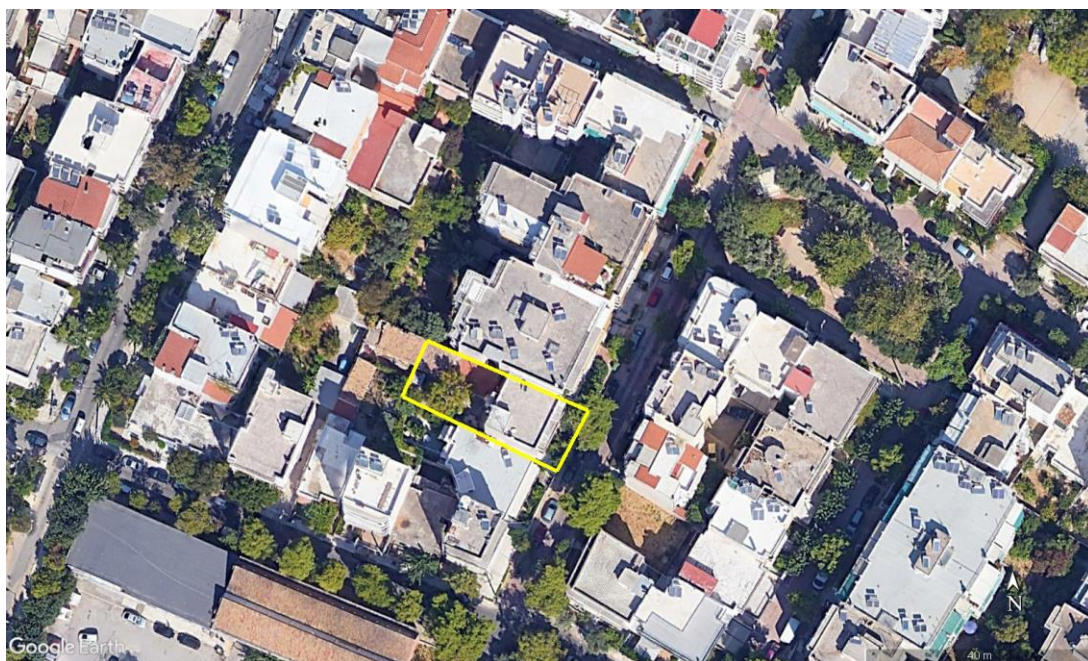


Εικόνα 4-21: (α) Σκαρίφημα και (β) γενική άποψη από το έδαφος του Κέντρου Εμπορίου του Μπαχρέιν ([21],[27])

5. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

5.1. Γενικά στοιχεία και ιστορικό κτιρίου

Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται στην περιοχή της Νέας Χαλκηδόνας, επί της οδού Περικλέους, αριθμός 7. Στην Εικόνα 5-1 παρουσιάζεται η θέση και το περίγραμμα του οικοπέδου.



Εικόνα 5-1: Αεροφωτογραφία με τη θέση του οικοπέδου (Πηγή: Google Earth)

Πρόκειται για δώροφο κτίριο, με τους ορόφους να έχουν κτιστεί σε διαφορετικά στάδια, σε οικόπεδο 370,00 m². Το κτίριο εφάπτεται πλευρικά με τα διπλανά κτίρια, στην μπροστινή του πλευρά υπάρχει πρασιά ενώ στο πίσω μέρος υπάρχει ακάλυπτος χώρος. Η μπροστινή όψη του οικοπέδου παρουσιάζεται στην Εικόνα 5-2.

Το ισόγειο του κτιρίου έχει κατασκευαστεί με φέρουσα τοιχοποιία, ενώ οι όροφοι α' και β' από οπλισμένο σκυρόδεμα.

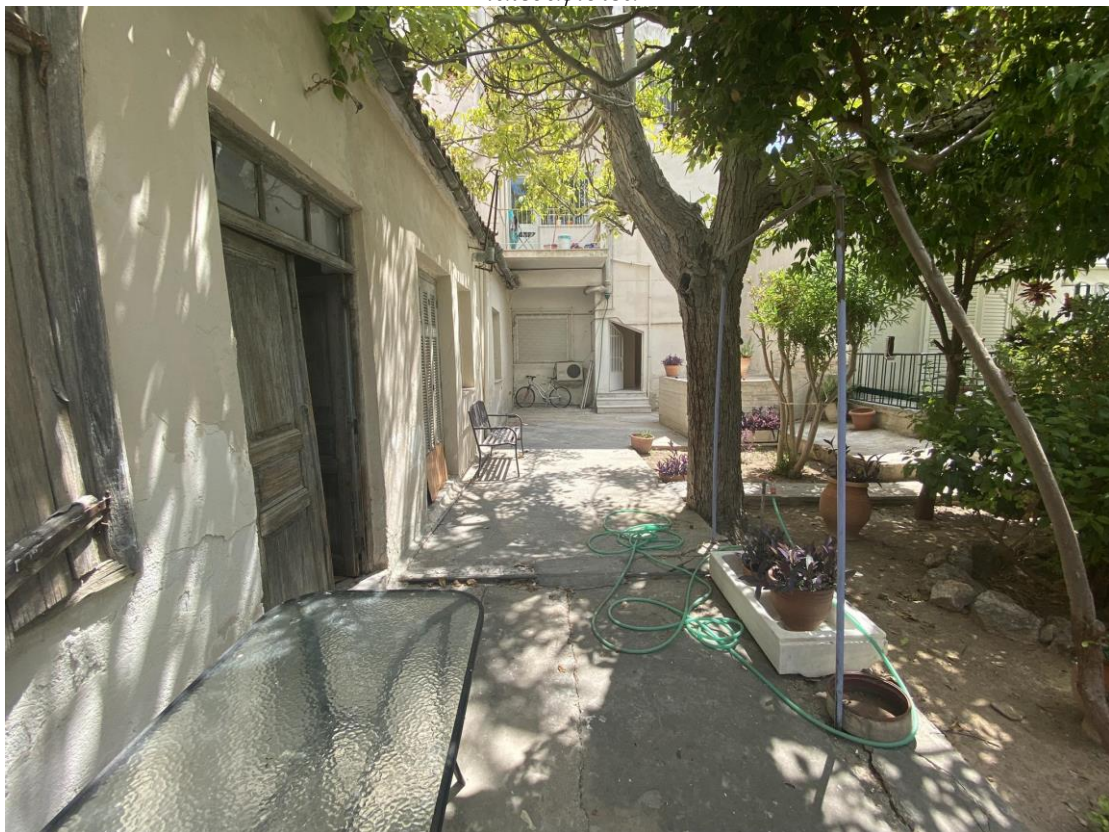


Εικόνα 5-2: Εμπρόσθια όψη του υπό μελέτη κτιρίου

Το οικόπεδο οικοδομήθηκε για πρώτη φορά κατά τη δεκαετία του '20, με την εγκατάσταση την έλευση των προσφύγων από την Μικρά Ασία. Τμήμα αυτό των προσφυγικών κτισμάτων, στην πίσω αυλή του κτιρίου, διασώζεται μέχρι σήμερα. Τα κτίσματα αυτά χρησιμοποιούνται στην υφιστάμενη κατάσταση ως αποθήκες. Ωστόσο, όπως φαίνεται και από τις παρακάτω Εικόνες, βρίσκονται σε κακή κατάσταση και κρίνονται κατεδαφιστέα.



Εικόνα 5-3: Πίσω αυλή του κτιρίου με κτίσματα της δεκαετίας του '20, τα οποία κρίνονται κατεδαφιστέα



Εικόνα 5-4: Πίσω αυλή του κτιρίου με κτίσματα της δεκαετίας του '20. Στο βάθος διαφαίνεται η πίσω όψη του υπό μελέτη κτιρίου



Εικόνα 5-5: Η πίσω αυλή του κτιρίου



Εικόνα 5-6: Κάτοψη της πίσω αυλής, με τα κτίσματα της δεκαετίας του 1920. Με κόκκινη διακεκομμένη γραμμή σημειώνεται το όριο του οικοπέδου



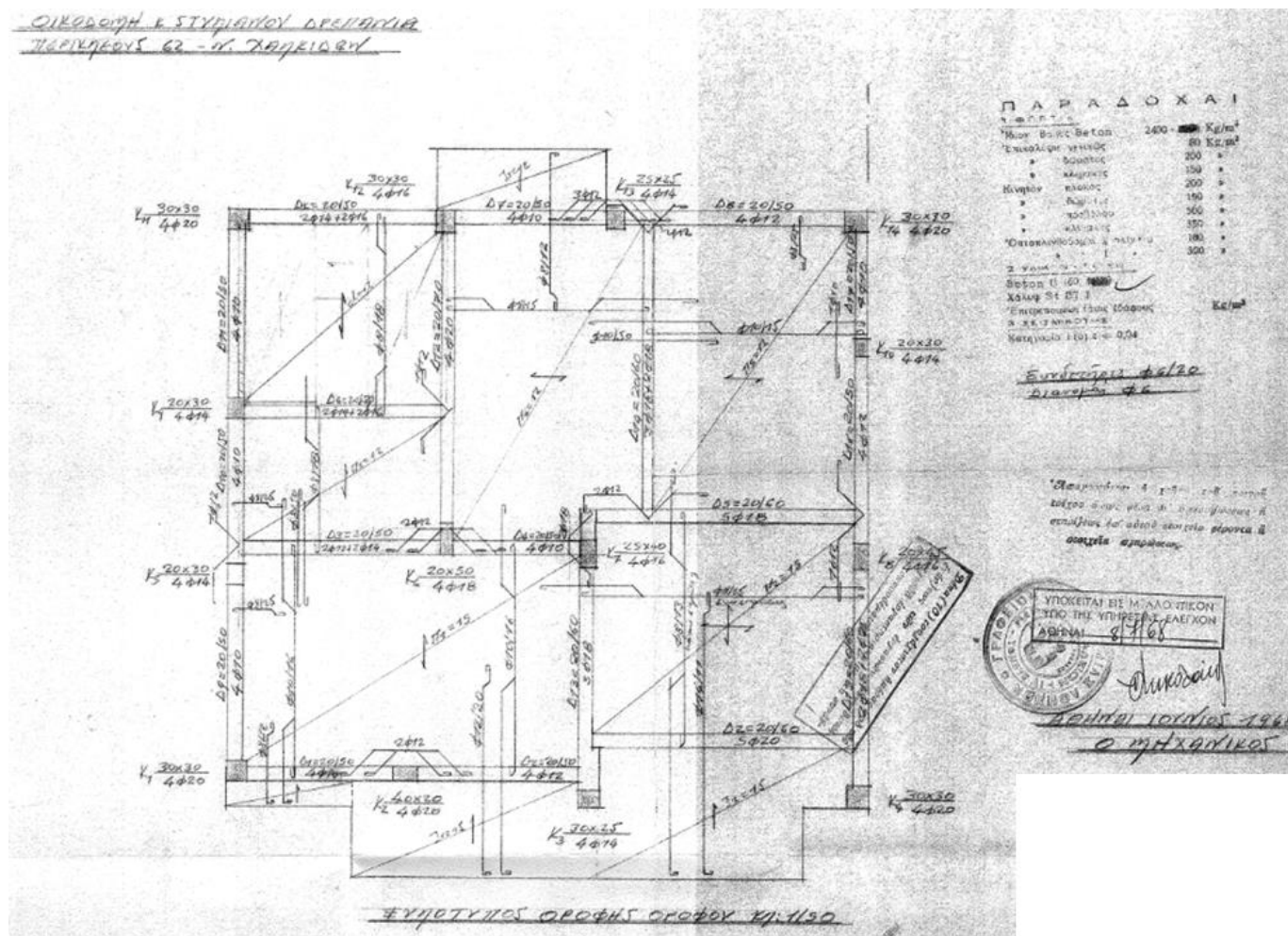
Εικόνα 5-7: Κατεδαφιστέα κτίσματα της πίσω αυλής που τώρα χρησιμοποιούνται ως αποθήκες

Για την οικοδόμηση του οικοπέδου δόθηκε πρώτη φορά άδεια «περιτοιχώσεως» το 1948 (αρ. αδείας 5681/48), από το Πολεοδομικό Γραφείο Αθηνών-Προαστείων του Υπουργείου Συγκοινωνιών και Δημοσίων έργων, του Βασιλείου της Ελλάδος, όταν ακόμα η συγκεκριμένη οδός ονομαζόταν Γεωργίου Α' και Διαδ. Παύλου.

Το 1960, στο υπάρχον ισόγειο κτίριο έγινε προσθήκη και επέκταση, σύμφωνα με την με αρ. 1343/60 οικοδομική άδεια του Πολεοδομικού Γραφείου του Υπουργείου Συγκοινωνιών και Δημοσίων έργων, του Βασιλείου της Ελλάδος, ενώ το 1967 χορηγήθηκε οικοδομική άδεια επιπλέον επέκτασης του ισογείου (αρ. αδείας Ε' 2193/67) από το Γραφείο Πολεοδομίας του Υπουργείου Δημοσίων Έργων του Βασιλείου της Ελλάδος. Το 1968 χορηγήθηκε η με αρ. 9058/68 οικοδομική άδεια προσθήκης α' ορόφου στο κτίριο, ενώ το 1969 η με αρ. 2258/69 οικοδομική άδεια προσθήκης β' ορόφου.

Ενδεικτικά, στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται (σε στρεβλωμένη κλίμακα) η κάτοψη του α' ορόφου και ο αντίστοιχος ξυλότυπος οροφής του α' ορόφου.

ΟΙΚΟΔΟΜΗ Κ. ΣΥΓΓΡΑΜΜΟΥ ΔΡΕΜΙΛΑΡΙΑ
 ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ 62 - Π. ΖΑΧΑΡΙΔΟΥ



Σχήμα 5-2: Ευλότυπος οροφής α' ορόφου

5.2. Γενική περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης

Οι τελευταίες προσθήκες στο υπό μελέτη κτίριο ολοκληρώθηκαν στα τέλη της δεκαετίας το '60. Λόγω παλαιότητας το κτίριο παρουσιάζει σημαντικές απώλειες ενέργειας. Οι πλευρές του και η ταράτσα είναι ανεπαρκώς μονωμένες, ενώ τα κουφώματα είναι παλαιάς τεχνολογίας, γεγονός που τα καθιστά μη αποδοτικά ενεργειακά. Επιπλέον, σε όλο το κτίριο παρατηρούνται προβλήματα υγρασίας.

Στην Εικόνα 5-8α παρουσιάζονται τα κουφώματα της μπροστινής όψης του κτιρίου, τα οποία διαθέτουν ξύλινα ρολά ως εξώφυλλα και τα οποία είναι σημαντικής παλαιότητας, με μεγάλες απώλειες θερμότητας. Στην ίδια εικόνα φαίνονται επίσης, ενδεικτικά, τα προβλήματα υγρασίας που παρουσιάζει το κτίριο.



(α)

(β)

Εικόνα 5-8: Κουφώματα ισογείου – εμπρόσθια όψη

Στην Εικόνα 5-9 παρουσιάζεται η είσοδος του κτιρίου, με επίσης εμφανή τα προβλήματα υγρασίας. Η πόρτα εισόδου είναι ξύλινη και σημαντικής παλαιότητας.

Σημειώνεται ότι ο δεξιός τοίχος κατά την είσοδο στο κτίριο (βλ. Εικόνα 5-9α) είχε, με τα χρόνια υποστεί μικρή καθίζηση, ώσπου, κατά το σεισμό του 1999 στην Αθήνα, υπέστη ζημιές και η καθίζησή του εντάθηκε. Ο τοίχος επισκευάστηκε, ωστόσο εξακολουθεί να υπάρχει μικρή ασυνέχεια ανάμεσα σε αυτόν και την πλάκα οροφής, η οποία φαίνεται στην Εικόνα 5-11.



(α)

(β)

Εικόνα 5-9: Είσοδος κτιρίου



Εικόνα 5-10: Είσοδος οικίας ισογείου



Εικόνα 5-11: Καθίζηση τοίχου στην κεντρική είσοδο του κτιρίου



Εικόνα 5-12: Προβλήματα υγρασίας στο κλιμακοστάσιο



Εικόνα 5-13: Οπίσθια όψη του υπό μελέτη κτιρίου

Στην πίσω όψη του κτιρίου, τα κουφώματα του ισογείου είναι επίσης παλιάς τεχνολογίας



Εικόνα 5-14: Κουφώματα ισογείου – οπίσθια όψη



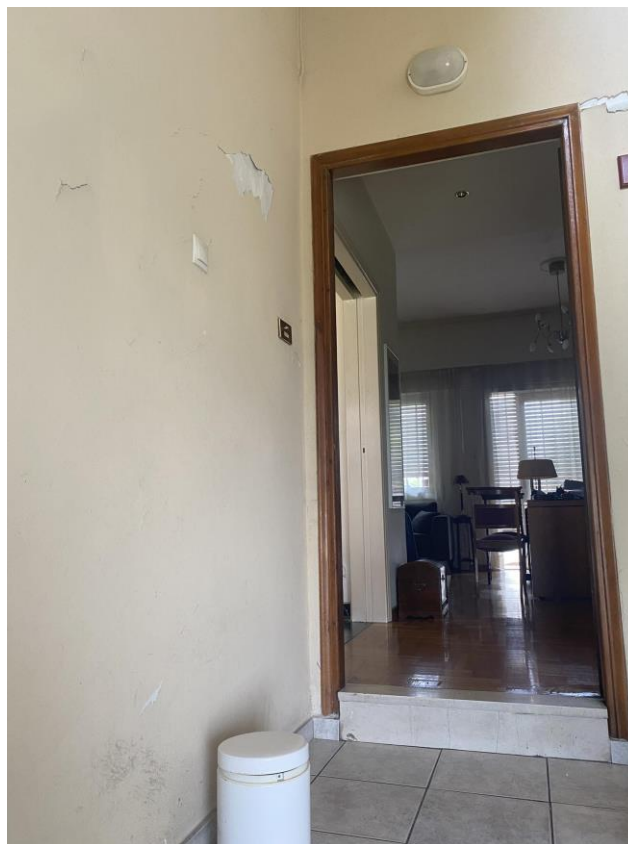
Εικόνα 5-15: Κουφώματα ισογείου – εμπρόσθια όψη



Εικόνα 5-16: Κλιμακοστάσιο. Τα παράθυρα του κλιμακοστασίου είναι επίσης μεγάλης παλαιότητας.



Εικόνα 5-17: Είσοδος οικίας α' ορόφου



Εικόνα 5-18: Είσοδος οικίας β' ορόφου



Εικόνα 5-19: Έξοδος προς την ταράτσα του κτιρίου. Το ξεφλούδισμα του χρώματος των τοίχων οφείλεται στη χρήση κόλλας πλακιδίων ως επίχρισμα, αντί ασταριού.



Εικόνα 5-20: Παλιό παράθυρο του κλιμακοστασίου, σε κακή κατάσταση



Εικόνα 5-21: Ταράτσα κτιρίου



Εικόνα 5-22: Οικίσκος απόληξης του κλιμακοστασίου



Εικόνα 5-23: Προβλήματα υγρασίας και μούχλας στο στηθαίο και γενικότερα στο χώρο της ταράτσας του κτιρίου



Εικόνα 5-24: Προβλήματα υγρασίας στο χώρο της ταράτσας του κτιρίου

Όπως φαίνεται και από τις Εικόνες, η ταράτσα του κτιρίου παρουσιάζει προβλήματα υγρασίας και μούχλας σε όλη της την έκταση. Επιπλέον, λόγω της παλαιότητας της μόνωσης που είχε εφαρμοστεί σε αυτή, θεωρείται πρακτικά μη μονωμένη.

Ο μόνος όροφος του κτιρίου που διαθέτει ηλιακό θερμοσίφωνα είναι ο πρώτος όροφος. Ωστόσο, πρόκειται για παλιό θερμοσίφωνα, χαμηλής απόδοσης, ο οποίος απεικονίζεται στην Εικόνα 5-25.



Εικόνα 5-25: Πάνελ του ηλιακού θερμοσίφωνα του 1^{ου} ορόφου

Σημειώνεται επίσης ότι στο κτίριο υπάρχουν φθορές που χρήζουν επισκευής καθώς επιφέρουν κίνδυνο τραυματισμού. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η μαρκίζα του εξώστη του β' ορόφου, από την οποία έχουν κατά καιρούς αποκολληθεί υλικά που με την πτώση τους θα μπορούσαν να έχουν τραυματίσει ή να τραυματίσουν ενοίκους του κτιρίου ή ακόμα και διερχόμενους από το δρόμο.



Εικόνα 5-26: Φθορά και πτώση υλικών από την μαρκίζα του εξώστη του β' ορόφου



Εικόνα 5-27: Φθαρμένα στοιχεία που χρήζουν αντικατάστασης (σωληνώσεις, καλώδια, κεραία τηλεόρασης κλπ)

5.3. Ενεργειακή κατάσταση υφιστάμενης κατάστασης

Το εξεταζόμενο κτίριο είναι σημαντικής παλαιότητας, καθώς κατασκευάστηκε σε φάσεις, από τη δεκαετία του '40 έως και του '60, οπότε και οι απαιτήσεις θερμομόνωσης ήταν χαμηλές. Αποτελεί «ενεργοβόρο» κτίριο, το οποίο χαρακτηρίζεται δηλαδή από χαμηλή ενεργειακή απόδοση, και χρήζει ενεργειακής αναβάθμισης αλλά και επισκευών.

Για τις προτεινόμενες παρεμβάσεις με στόχο την ενεργειακή του αναβάθμιση, οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο, σημειώνονται τα παρακάτω στοιχεία.

- Η εμπρόσθια και οπίσθια όψη του κτιρίου είναι εκτεθειμένες, ενώ στη δεξιά πλευρά του το κτίριο έρχεται σε άμεση επαφή με όμορο κτίριο. Η αριστερή πλευρά έρχεται επίσης σε άμεση επαφή με όμορο κτίριο, αλλά μόνο στο ύψος του ισόγειου. Δηλαδή, οι α' και β' όροφοι είναι εκτεθειμένοι από αριστερά και θα πρέπει σε αυτούς να εφαρμοστεί εξωτερική θερμομόνωση.
- Η οροφή του κτιρίου είναι συμβατικού τύπου δώμα, με πολλά προβλήματα υγρασίας, φθορών και απουσία θερμομόνωσης.
- Στην υφιστάμενη κατάστασή του, το κτίριο διαθέτει παλαιούς θερμοσυσσωρευτές.
- Τα κουφώματα του κτιρίου είναι παλαιά, χωρίς θερμοδιακοπή, με παλαιούς, μονούς υαλοπίνακες και, συνεπώς υψηλές απώλειες.
- Οι θερμικές απώλειες του κελύφους του κτιρίου, δηλαδή της ταράτσας και των περιμετρικών τοίχων, είναι σημαντικές.
- Ηλιακό θερμοσίφωνα, σημαντικής παλαιότητας, διαθέτει μόνο ο α' όροφος.
- Κρίνονται απαραίτητες οι παρεμβάσεις θερμομόνωσης και θερμοπρόσοψης, η αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης και η τοποθέτηση ηλιακού θερμοσίφωνα.
- Απαιτούνται επίσης εργασίες για την αντιμετώπιση της υγρασίας του κτιρίου αλλά και για την επισκευή βλαβών (βλ. πχ Εικόνα 5-26) που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τους ένοικους και τους περίοικους. Επίσης, οι σωληνώσεις του κτιρίου είναι παλαιές και χρήζουν αντικατάστασης.
- Τα κατεδαφιστέα κτίσματα θα πρέπει να γκρεμιστούν και να αξιοποιηθεί ο χώρος, ενδεχομένως, για την τοποθέτηση Φ/Β συστήματος για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών του κτιρίου.
- Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί ότι κατοικούνται οι όροφοι α' και β', ενώ το ισόγειο είναι κενό.

6. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΑΡΑΜΒΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Όπως παρουσιάστηκε και στο θεωρητικό – βιβλιογραφικό τμήμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, υπάρχουν πολλές παρεμβάσεις που μπορούν να γίνουν για την επίτευξη της ενεργειακής αναβάθμισης του υφιστάμενου κτιρίου. Για το προς μελέτη κτίριο προτείνονται συνοπτικά οι ακόλουθες παρεμβάσεις που θα παρουσιαστούν ακολούθως στο παρόν κεφάλαιο:

- Αντικατάσταση κουφωμάτων
- Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης
- Θερμοπρόσοψη – εξωτερική θερμομόνωση
- Θερμομόνωση ταράτσας
- Τοποθέτηση ηλιακών θερμοσίφωνων για παραγωγή ζεστού νερού
- Τοποθέτηση Φ/Β συστήματος για ενεργειακό συμψηφισμό και εξοικονόμηση ενέργειας

6.1. Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης

Το πρώτο βήμα για την έκδοση ΠΕΑ είναι η επικοινωνία με έναν μηχανικό ενεργειακό επιθεωρητή, ώστε να του αναδεθεί η ενεργειακή επιθεώρηση υστέρα από δικό μας αίτημα ενεργειακή αναβάθμισης.

Στον μηχανικό θα πρέπει να δοθούν τα:

- Αντίγραφο τίτλου ιδιοκτήτη
- Κάτοψη των χωρών που θα γίνει η ενεργειακή αναβάθμιση
- Αντίγραφο ΚΑΕΚ (αριθμός κτηματολογίου)
- Τοπογραφικό διάγραμμα
- Τα στοιχεία του ιδιοκτήτη (ΑΦΜ, ΔΟΥ, τηλέφωνο, διεύθυνση)
- Λογαριασμό ΔΕΗ (προαιρετικό)
- Άδεια οικοδόμησης (προαιρετικά για το συγκεκριμένο ακίνητο γιατί είναι κατασκευής προ του 1983)
- Φύλλο συντήρησης λέβητα και κλιματιστικού(μόνο στην περίπτωση που υπάρχει)
- Μελέτη θερμομόνωσης (δεν χρειάζεται γιατί το ακίνητο είναι προ του 1980)

Μετά την έκδοση του αριθμού πρωτοκόλλου της ενεργειακής αναβάθμισης, ο μηχανικός θα κάνει επιθεώρηση του κτιρίου συλλέγοντας τα κατάλληλα δεδομένα που χρειάζεται για τον υπολογισμό της τωρινής ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Στην δικιά μας περίπτωση το κτίριο εκτιμάτε ότι είναι ενεργειακής κλάσης 'H' λόγω παλαιότητας της κατασκευής, παλαιότητας των μέσων ψύξης και θέρμανσης, απουσία ηλιακού, παλιών μη ενεργειακών κουφωμάτων και απουσία θερμομόνωσης σε όλα τα τμήματα του κτηρίου επιθεωρητή.

Με την βοήθεια του μηχανικού και τις βελτιώσεις που θα προτείνει το κτήριο θα έχει την δυνατότητα να φτάσει ενεργειακή κλάση απο 'Γ' έως και 'B' με βασικές παρεμβάσεις όπως σκίαστρα, αλλαγή κουφωμάτων, τοποθέτηση θερμοσίφωνα, αντλία θερμότητας και θερμομόνωση σε όλο το κέλυφος του κτιρίου. Μένει ανοιχτό και το ενδεχόμενο να αναβαθμιστεί σε ενεργειακή κλάση 'B+', αλλά αυτό εξαρτάται και απο την γεωγραφική θέση του κτηρίου. Αν επιλέξουμε να μετάβουμε σε πιο κοστοβόρες ενεργειακές αναβαθμίσεις όπως τοποθέτηση φωτοβολταϊκών και άλλων μέσων εκμετάλλευσης εξωτερικών πόρων παραγωγής ενέργειας θα ήταν εφικτό το ακίνητο να εκτιμηθεί μέχρι και ενεργειακής κλάσης 'A'. Ο μόνος τρόπος για να επιτευχθεί το απόλυτο της ενεργειακής κλάσης 'A+' είναι να διαμορφωθεί απο εκεί και πέρα η όψη του κτηρίου ως προς την γεωγραφική του θέση.

Στην περίπτωση που το κτήριο έχει αυθαιρεσίες θα πρέπει να υπολογιστούν κι αυτές με ενιαία λειτουργία ως προς του υπολοίπους χώρους του κτιρίου για την έκδοση του ΠΕΑ, χωρίς να είναι υποχρεωτική η τακτοποίηση τους. Βέβαια για να ξεκινήσουν οι εργασίες της ενεργειακής αναβάθμισης θα πρέπει να έχουν τακτοποιηθεί όποιες τυχών αυθαιρεσίες.

Η διαδικασία έκδοσης του ΠΕΑ διαρκεί έως και 10 ημέρες και το κόστος καθορίζεται απόλυτα από τον μηχανικό επιθεωρητή, οπότε θα ήταν ωφέλιμο για εμάς να έρθουμε σε επαφή με περισσότερους από έναν μηχανικό ώστε να βρούμε την καλύτερη δυνατή σχέση κόστους και ποιότητας εργασίας στην αγορά.

Το δεύτερο βήμα είναι η επιθεώρηση του κτιρίου απο έναν ενεργειακό επιθεωρητή ώστε να εγκριθεί το ΠΕΑ και σε δεύτερο χρόνο η επιδότηση του κράτους που δικαιούμαστε σύμφωνα με την χρήση της κατοικίας και τα οικονομικά κριτήρια που δηλώθηκαν. Κατά την επιθεώρηση θα ελεγχθούν:

- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου (κατασκευή, εμβαδόν, ύψος)
- Τα συστήματα ψύξης, θέρμανσης και παροχής ΖΝΧ
- Η τωρινή ενεργειακή κλάση του κτιρίου (δεν χρειάζεται έλεγχος της εκτιμώμενης καθώς προκύπτει από την εφαρμογή του ΤΕΕ σύμφωνα με τις παρεμβάσεις που δήλωσε ο μηχανικός ότι θα γίνουν)

Τέλος η έγκριση του ΠΕΑ θα έχει ισχύ για δέκα χρόνια. Κατά την χρονική αυτή περίοδο άμα γίνουν σημαντικές παρεμβάσεις στην κατάσταση του κτιρίου πριν την ολοκλήρωση της δεκαετίας, όπως ανακαίνιση, το ΠΕΑ θα σταματήσει να ισχύει με την ολοκλήρωση των παρεμβάσεων και πρέπει να προβούμε στην έκδοση νέου ακολουθώντας την ίδια διαδικασία.

6.2. Αντικατάσταση κουφωμάτων

Όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 5 τα κουφώματα του κτιρίου είναι παλιάς τεχνολογίας καθώς αποτελούνται από μονούς υαλοπίνακες και απλά ξύλινα ρολά. Τα κουφώματα (ανοίγματα των κτιρίων) αποτελούν ένα «τρωτό» σημείο των κατασκευών καθώς έχουν πολύ μεγάλες απώλειες ενέργειας. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η αντικατάσταση των κουφωμάτων με σύγχρονα μεγάλης ενεργειακής απόδοσης κουφώματα που περιορίζουν τις απώλειες ενέργειας.

Υπάρχουν δύο συνήθεις τύποι κουφωμάτων: συρόμενα –επάλληλα και ανοιγόμενα. Προτείνεται για το συγκεκριμένο κτίριο η αντικατάσταση των παλιών κουφωμάτων με σύγχρονα θερμομονωτικά κουφώματα αλουμινίου ανοιγόμενα.

Με την αντικατάσταση των κουφωμάτων θα επιτευχθεί αύξηση της θερμικής άνεσης χειμώνα και καλοκαίρι, μείωση του λειτουργικού κόστους ενέργειας και του κόστους συντήρησης.

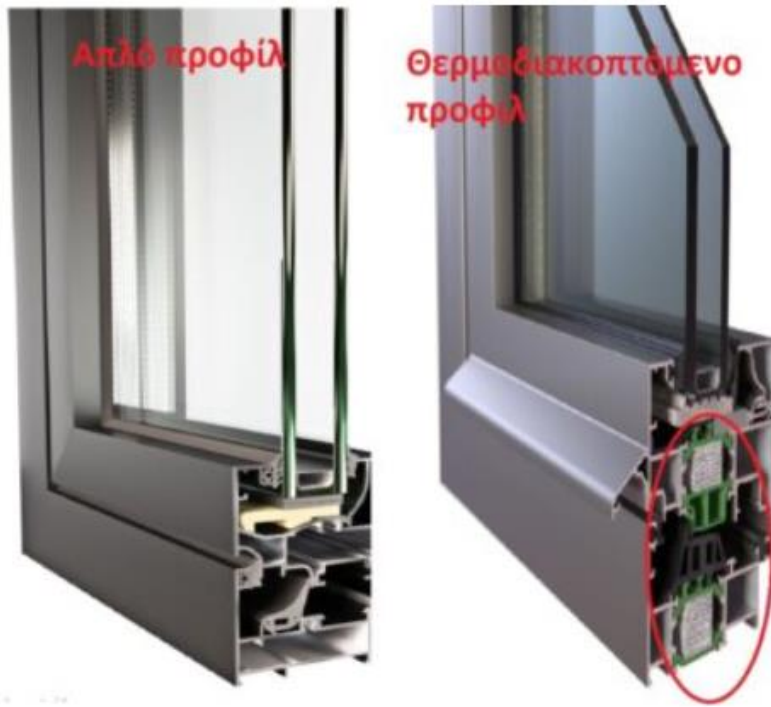
Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης με την αντικατάσταση κουφωμάτων σε υφιστάμενα κτήρια με νέα υψηλής ενεργειακής απόδοσης συστήματα αλουμινίου μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Ειδικότερα, η μελέτη δείχνει ότι μπορεί να επιτευχθεί μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη από 19.6% έως και 30.4%, ενώ η θερμική άνεση μπορεί να παρουσιάσει αύξηση της τάξης του 21% έως 27%. Τα ποσοστά αυτά εξαρτώνται πάντα από τη ζώνη και τον τύπο του συστήματος αλουμινίου.

Παράλληλα με τα οφέλη αυτά, τα νέα κουφώματα θα συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων, στη βελτίωση της ακουστικής άνεσης και στην αισθητική και λειτουργική αναβάθμιση των κατοικιών, που αντικατοπτρίζεται και στην εμπορική του αξία.

Τα κουφώματα θα είναι θερμοδιακοπτόμενα με διπλούς υαλοπίνακες [90].

Τα θερμοδιακοπτόμενα κουφώματα είναι τα πιο αποδοτικά ως προς τη θερμομόνωση και την ηχομόνωση διότι έχουν στο εσωτερικό των προφίλ τους μονωτικά υλικά (πολυαμίδιο ,θερμομονωτικές μπάρες, ρητίνη κλπ.) που αυξάνει θεαματικά την θερμομόνωση – θερμοπερατότητα και ηχομόνωση των κουφωμάτων αλουμινίου.

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται ενδεικτικά κουφώματα και η σύγκριση με τα απλά κουφώματα αλουμινίου.



Σχήμα 6-1: Προτεινόμενα θερμοδιακοπόμενα κουφώματα [92]

6.3. Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης

Το σύστημα θέρμανσης στην υφιστάμενη κατάσταση αποτελείται από θερμοσυσσωρευτές, οι οποίοι είναι παλιάς τεχνολογίας και έχουν μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας.

Για τον λόγο αυτό προτείνεται στο πλαίσιο της ενεργειακής αναβάθμισης η αντικατάστασή τους με αντλία θερμότητας.

Με τον όρο αντλία θερμότητας αναφερόμαστε σε συσκευές που έχουν την ικανότητα να «αντλούν» υπάρχουσα ενέργεια από έναν χώρο και να την μεταφέρουν σε έναν άλλον. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές συσκευές παραγωγής ενέργειας (π.χ. θερμοσυσσωρευτές και λέβητες πετρελαίου) όπου πληρώνουμε την παραγωγή ενέργειας, στις αντλίες θερμότητας συλλέγουμε και εκμεταλλευόμαστε ενέργεια που ήδη υπάρχει στο περιβάλλον, την μεταφέρουμε στον χώρο μας, και πληρώνουμε το κόστος μεταφοράς. Το κόστος αυτό είναι συγκριτικά μικρότερο από το κόστος παραγωγής ενέργειας.

Η λειτουργία της αντλίας θερμότητας στηρίζεται στην άντληση και τη μεταφορά της ενέργειας. Κατά τη χειμερινή λειτουργία αντλεί θερμότητα από το ψυχρό περιβάλλον και την μεταφέρει στο σπίτι μας για να το θερμάνει, και το καλοκαίρι αντλεί θερμότητα από το θερμό σπίτι μας και την αποβάλλει στο περιβάλλον για να δροσίσει τον χώρο μας.

Το κόστος αγοράς μιας αντλίας θερμότητας εξαρτάται από τον τύπο της αντλίας (monoblock, split ή High temperature που θα δούμε παρακάτω), την ισχύ του και τον κατασκευαστή.

Με βάση τις εταιρείες που τις εμπορεύονται, οι τιμές των αντλιών θερμότητας ξεκινούν από 2.500 € και μπορεί να φθάσουν και τις 10.000€ για τα ακριβότερα μοντέλα υψηλών θερμοκρασιών και μεγάλης ισχύος των κορυφαίων κατασκευαστών.

Η τιμή της εγκατάστασης επίσης ποικίλει ανάλογα με τον τύπο της αντλίας, τη γεωμετρία του σπιτιού και τις εφαρμογές με το φθηνότερο κόστος εγκατάστασης να αντιστοιχεί στις αντλίες θερμότητας monoblock, ειδικά όταν τις συνδέουμε μόνο στο δίκτυο θέρμανσης. Το κόστος αυτό κυμαίνεται ανάμεσα στα 700 και 1000€ ανάλογα με το σημείο τοποθέτησης της αντλίας και την απόσταση της από τους συλλέκτες του σπιτιού.

Το κόστος εγκατάστασης των αντλιών θερμότητας τύπου split και high temperature είναι μεγαλύτερο γιατί προστίθεται το κόστος κατασκευής της ψυκτικής σωλήνας που συνδέει το εξωτερικό μηχάνημα με την εσωτερική υδραυλική μονάδα. Το επιπλέον αυτό κόστος εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής μονάδας και κυμαίνεται ανάμεσα στα 400 και τα 900€.

Για να αξιοποιήσουμε τη λειτουργία θέρμανσης ζεστού νερού χρήσης, θα πρέπει σε όλες τις περιπτώσεις να προστεθεί ένα δοχείο θέρμανσης ζεστού νερού χρήσης και μια τρίοδη βάνα μεταγωγής που έχουν κόστος από 700 μέχρι και 1500 ευρώ ανάλογα με το μέγεθος του δοχείου και την δυσκολία εγκατάστασης.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της αντλίας θερμότητας σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες συσκευές θέρμανσης είναι η πολύ χαμηλή κατανάλωση κατά τη λειτουργία της.

Η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί είναι της τάξης του 50%.

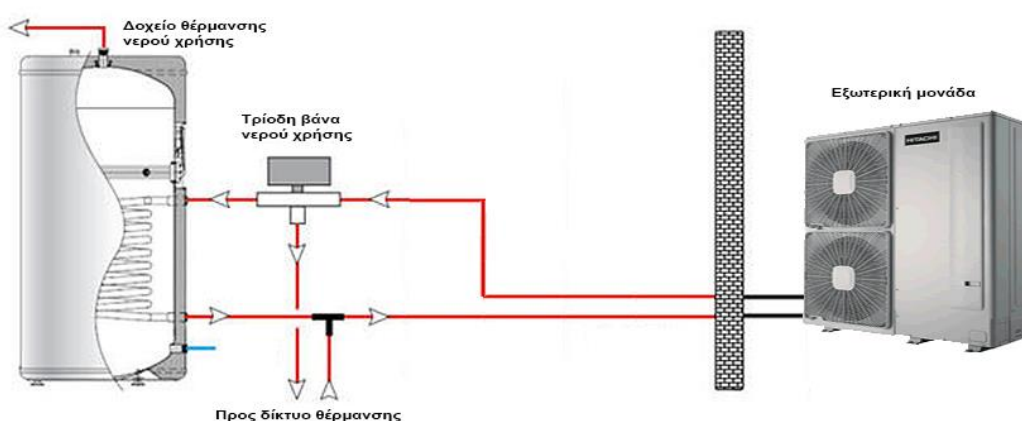
Εκτός της εξοικονόμησης ενέργειας, για το κτίριο της μελέτης περίπτωσης μας η τοποθέτηση της αντλίας θεωρείται η ιδανική λύση καθώς δεν απαιτείται χώρος λεβητοστασίου και απαιτεί ελάχιστη συντήρηση.

Οι αντλίες θερμότητας είναι συσκευές οι οποίες είναι ακριβές στην αγορά τους αλλά πολύ οικονομικές στη λειτουργία τους.

Σύμφωνα με μελέτη του Εθνικού Μετσόβειου Πολυτεχνείου η απόσβεση του επιπλέον κόστους αγοράς μιας αντλίας θερμότητας αποσβάζεται κατά μέσο όρο σε 5 χρόνια περίπου. Μετά την πάροδο του χρόνου απόσβεσης, ο καταναλωτής απολαμβάνει υψηλής ποιότητας θέρμανση με πολύ λίγα έξοδα.

Σε όλους σχεδόν τους κατασκευαστές, υπάρχουν διαθέσιμα τα ακόλουθα μοντέλα:

- Αντλίες θερμότητας τύπου MonoBlock
- Αντλίες θερμότητας τύπου Split
- Αντλίες θερμότητας Υψηλών θερμοκρασιών (High temperature)

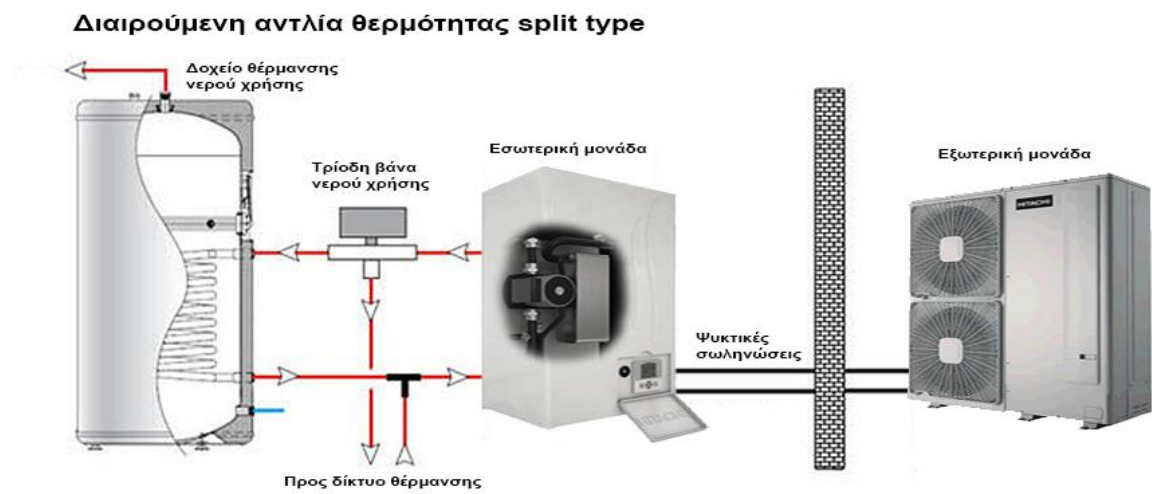


Σχήμα 6-2: Αντλία θερμότητας τύπου MonoBlock [30]

Ο όρος monoblock χρησιμοποιείται για να περιγράψει μηχανήματα στα οποία όλα τα μέρη της συσκευής βρίσκονται εγκατεστημένα σε ένα ενιαίο κέλυφος, το οποίο μοιάζει με μεγάλο μεγέθους εξωτερική μονάδα κλιματιστικού.

Στις αντλίες monoblock συνδέονται απ' ευθείας οι σωλήνες νερού που κυκλοφορούν το νερό στα θερμαντικά σώματα, τα fan coils ή το δίκτυο της ενδοδαπέδιας θέρμανσης, χωρίς να παρεμβάλεται άλλο στοιχείο. [30]

Για το κτίριο μελέτης προτείνεται τοποθέτηση διαιρούμενης αντλίας θερμότητας split type.



Σχήμα 6-3: Αντλία θερμότητας τύπου Split [30]

Οι αντλίες θερμότητας θα τοποθετηθούν στον κοινόχρηστο χώρο.

6.4. Θερμοπρόσοψη – εξωτερική θερμομόνωση

Ένα μεγάλο ποσοστό απωλειών ενέργειας οφείλεται στο κέλυφος (δηλαδή στην τοιχοποιία, τα δοκάρια και τα υποστρώματα). Το υφιστάμενο κτίριο είναι πολύ παλιό και πρακτικά δεν έχει καμία προστασία (θερμομόνωση – υγρασιμόνωση). Για τον λόγο αυτό προτείνεται η κατασκευή εξωτερικής θερμομόνωσης – θερμοπρόσοψης, η οποία θα αναβαθμίσει ενεργειακά το κτίριο, μειώνοντας τη συνολική κατανάλωσή του σε ενέργεια.

Η εξωτερική θερμομόνωση εφαρμόζεται ως ένας συνδυασμός θερμομονωτικού υλικού επικολλημένου σε ολόκληρη την εξωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας του κτιρίου, χωρίς κενά και επιχρίσματα που εφαρμόζεται επάνω στην θερμομονωτική στρώση. Είναι ένα σύστημα από διάφορα υλικά και εξαρτήματα τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους και ονομάζονται Εξωτερικά Θερμομονωτικά Σύνθετα Συστήματα.

Με την τοποθέτηση της θερμοπρόσοψης θα δημιουργηθεί ένα «προστατευτικό περίβλημα» του κελύφους ώστε τον χειμώνα να μειωθεί ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα διαφεύγει από το κτίριο και το καλοκαίρι να μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα εισάγεται σε αυτό. [93]

Τα πιο συνηθισμένα θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν τη ροή θερμότητας από και προς το κτίριο, επειδή περιέχουν στο εσωτερικό τους ακίνητο αέρα παγιδευμένο είτε σε ίνες (π.χ. υαλοβάμβακας) είτε σε κλειστές κυψελίδες (π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη). Η θερμομονωτική ικανότητα κάθε υλικού είναι διαφορετική.

Με την εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης εκτός από τη θερμομόνωση θα επιτευχθεί παράλληλα και αντιμετώπιση των προβλημάτων υγρασιμόνωσης και μούχλας που αντιμετωπίζει το υφιστάμενο κτίριο. Αυτό θα συμβεί καθώς το σύστημα της εξωτερικής θερμομόνωσης περιλαμβάνει και τοποθέτηση υγρασιμόνωσης, η οποία προστατεύει από την εξωτερική υγρασία, το νερό της βροχής, την εσωτερική υγρασία και δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μούχλας και μικροοργανισμών.

Στο Σχήμα 6-4 παρουσιάζεται το ενδεικτικό σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης που προτείνεται να τοποθετηθεί στην τοιχοποιία του κτιρίου και ειδικότερα στους εξωτερικούς τοίχους.

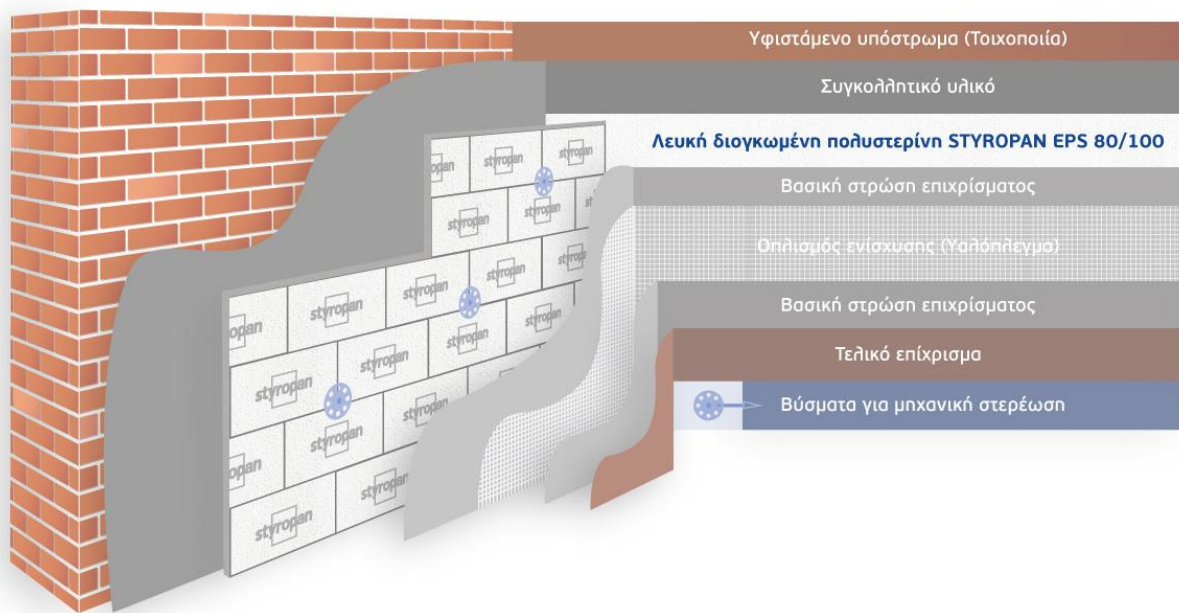


Σχήμα 6-4: Ενδεικτικό εξωτερικό σύστημα θερμομόνωσης [94]

Το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο υλικό στη χώρα μας για εξωτερική θερμομόνωση είναι η διογκωμένη ή η εξηλασμένη πολυστερίνη. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και πετροβάμβακας.

Η Διογκωμένη πολυστερίνη ή EPS (Expanded Polystyrene) είναι ένα ελαφρύ δύσκαμπτο μονωτικό υλικό πλαστικού αφρού, το οποίο παράγεται από συμπαγείς κόκκους πολυστερίνης. Το συγκεκριμένο υλικό έχει πολλά πλεονεκτήματα. Μεταξύ άλλων είναι φιλικό προς το περιβάλλον (eco-friendly), έχει άριστες θερμομονωτικές ιδιότητες, πολύ μικρό ίδιο βάρος, δομική σταθερότητα και δεν αποσυντίθεται. Επίσης, έχει μικρές τιμές συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ, και έχει την ιδιότητα να "αναπνέει" αποτρέποντας το φαινόμενο σχηματισμού συμπύκνωσης υδρατμών. Επίσης, είναι συμβατό με τα περισσότερα οικοδομικά υλικά (τσιμέντο, γύψος, ανυδρίτης, οργανικά και ανόργανα κονιάματα) και, συνεπώς, συνδέεται καλά. Επίσης, η τοποθέτηση αυτού του υλικού συμβάλλει στην ακουστική μόνωση τόσο των αερόφερτων όσο και των κτυπογενών ήχων.

Στο Σχήμα 6-5 παρουσιάζεται ενδεικτικό σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης με διογκωμένη πολυστερίνη όπως προτείνεται από έναν κατασκευαστή.



Σχήμα 6-5: Ενδεικτικό σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης με διογκωμένη πολυστερίνη όπως προτείνεται από κατασκευαστή.[81]

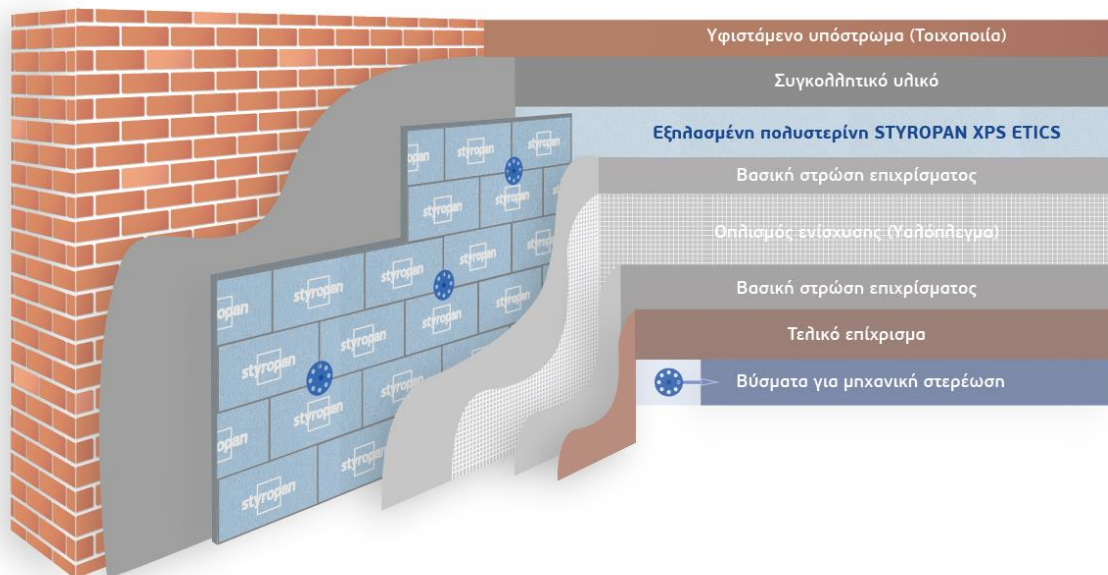
Η εξηλασμένη πολυστερίνη XPS είναι ένα άλλο υλικό που χρησιμοποιείται για εξωτερική θερμομόνωση. Είναι ένα αφρώδες συνθετικό υλικό. Είναι «κλειστής κυψελικής δομής», το οποίο με διαδικασία πολυμερισμού και διαρκούς εξέλασης παίρνει τη μορφή θερμομονωτικών πλακών.

Το συγκριτικά πλεονεκτήματά της είναι: φιλική προς το περιβάλλον, πολύ υψηλή μηχανική αντοχή, υψηλή φέρουσα ικανότητα, πολύ χαμηλή απορρόφηση νερού, πολύ χαμηλή τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, που εξασφαλίζει την ελαχιστοποίηση στις ροές θερμότητας μεταξύ του κελύφους του κτιρίου και του περιβάλλοντος, επιτυγχάνοντας θερμική άνεση με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας.



Εικόνα 6-1: Φωτογραφία διογκωμένης πολυστερίνης [95]

Στο Σχήμα 6-6 παρουσιάζεται ενδεικτικό σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης με εξηλασμένη πολυστερίνη όπως προτείνεται από έναν κατασκευαστή.



Σχήμα 6-6: Ενδεικτικό σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης με εξηλασμένη πολυστερίνη όπως προτείνεται από κατασκευαστή [82]



Εικόνα 6-2: Φωτογραφία εξηλασμένης πολυστερίνης [95]

Με το σύστημα της θερμοπρόσοψης μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας έως και 60%.

Η τιμή της θερμοπρόσοψης ποικίλει ανάλογα του υλικού που θα επιλεγεί, της περιοχής και του κόστους των εργατικών. Ενδεικτικά, αναφέρουμε ότι η μέση τιμή της θερμοπρόσοψης κυμαίνεται περίπου στα 35 € και ποικίλει ανάλογα με την ποιότητα και ποσότητα των υλικών θερμομόνωσης που θα χρησιμοποιηθούν. [64]

Άλλος κατασκευαστής αναφέρει ότι ανάλογα με τη μέθοδο και τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην εξωτερική θερμομόνωση, το κόστος της κυμαίνεται από 33 € έως 43 € ανά τετραγωνικό μέτρο (τ.μ.). Σε αυτό το εύρος τιμών συμπεριλαμβάνονται τα υλικά της θερμομόνωσης, όπως και τα εργατικά. [61]

Άρα, θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε αντιπροσωπευτικό ένα κόστος της τάξης του 35-40 ανά τετραγωνικό μέτρο (τ.μ.).

Προτείνεται για το κτίριο μελέτης η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης πάχους περίπου 8-10 εκατοστών με διογκωμένη πολυστερίνη, καθώς είναι ένα συνηθισμένο και με καλές ιδιότητες υλικό το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στη χώρα μας και οι κατασκευαστές έχουν εμπειρία.

Σημειώνεται ότι αρχικά θα γίνει έλεγχος του υφιστάμενου υποστρώματος της τοιχοποιίας του κτιρίου και θα αποξηλωθούν - απομακρυνθούν τα σαθρά σημεία, τα οποία θα αποκατασταθούν με τσιμεντοειδές επισκευαστικό κονίαμα - βασική στρώση με αστάρι.

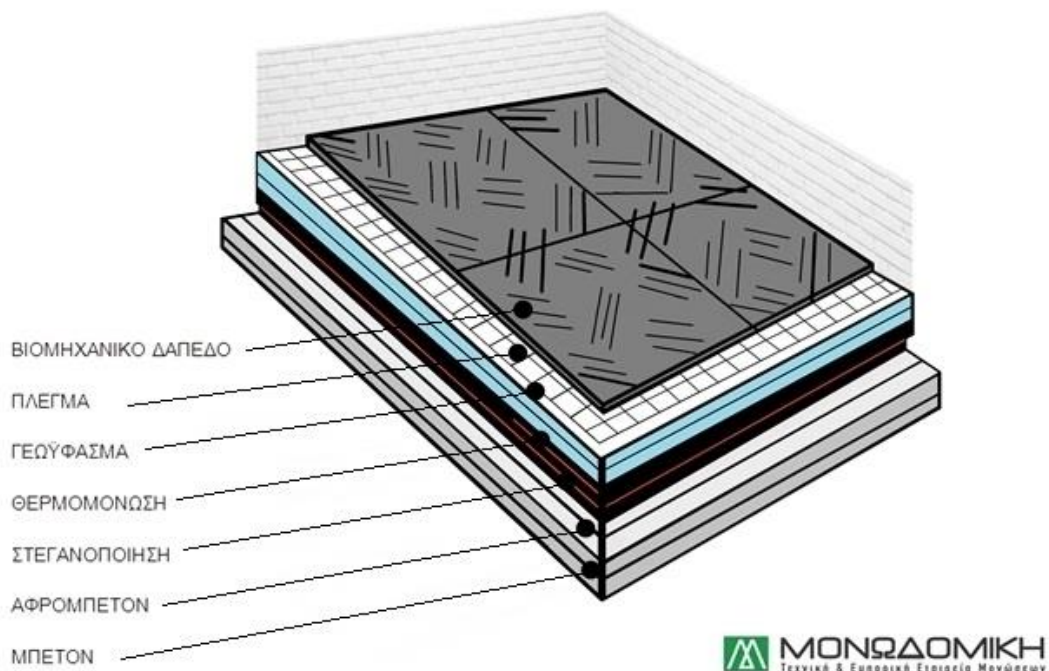
6.5. Θερμομόνωση ταράτσας

Όπως και στην περίπτωση της μόνωσης της τοιχοποιίας έτσι και η θερμομόνωση της ταράτσας συμβάλλει καθοριστικά στη μείωση των απωλειών και την εξοικονόμησης ενέργειας.

Στις μονώσεις ταρατσών περιλαμβάνονται οι έννοιες της θερμομόνωσης, της στεγανοποίησης και της διόρθωσης των κλίσεων της επιφάνειας.

Για τη μόνωση της ταράτσας έχουμε δύο τύπους που μπορούμε να εφαρμόσουμε την κλασσική θερμομόνωση και την ανεστραμμένη μόνωση.

Για την περίπτωση του υφιστάμενου υπό μελέτη κτιρίου προτείνουμε την τοποθέτηση ανεστραμμένης θερμομόνωσης πάχους περίπου 5 cm με βάση τη βιβλιογραφία και τους κατασκευαστές. Μία ενδεικτική τομή ανεστραμμένης θερμομόνωσης παρουσιάζεται στην επόμενη εικόνα.



Σχήμα 6-7: Ενδεικτική ανεστραμμένη θερμομόνωση [96]

Στην ανεστραμμένη θερμομόνωση η θερμομονωτική στρώση μπαίνει πάνω από τη στεγανοποίηση και έτσι κατά κάποιο τρόπο την προστατεύει. Για αυτό ονομάζεται ανεστραμμένη. Λόγω της τοποθέτησης της θερμομόνωσης πάνω από τη στεγανοποίηση ως θερμομονωτικό υλικό προτείνεται η εξηλασμένη πολυστερίνη διότι έχει μεγάλη αντοχή στην υγρασία.

Το κόστος του συστήματος κυμαίνεται ως εξής [96]:

- Ανεστραμμένη Μόνωση Ταράτσας (χωρίς δημιουργία κλίσεων) από 29,00 €/m²
- Ανεστραμμένη Μόνωση Ταράτσας (με δημιουργία κλίσεων) από 45,00 €/m²

Σύμφωνα με άλλον κατασκευαστή η τιμή ανέρχεται έως $\approx 52,5$ €/m² [70].

Στη συνέχεια παρουσιάζεται φωτογραφία από εφαρμογή από ανεστραμμένη θερμομόνωση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση εξασφαλίζεται πλήρης χρήση και βατότητα. Πανόμοια θα είναι και η κατασκευή στο υπό μελέτη κτίριο.



Εικόνα 6-3: Φωτογραφία εφαρμογής ανεστραμμένης θερμομόνωσης με πλήρη βατότητα και χρήση [96]



***Εικόνα 6-4:** Φωτογραφία εξηλασμένης πολυστερίνης σε ταράτσα, η οποία προτείνεται για την ενεργειακή αναβάθμιση του εξεταζόμενου κτιρίου [95]*

6.6. Τοποθέτηση ηλιακών θερμοσίφωνων για παραγωγή ζεστού νερού

Για την πλήρη κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό θα τοποθετηθούν ηλιακοί θερμοσίφωνες στον κοινόχρηστο χώρο (2 πάνελ ανά σπίτι). Θα τοποθετηθούν ηλιακοί θερμοσίφωνες 160 L που μπορούν να εξυπηρετήσουν 3-4 άτομα.

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες κάνουν απόσβεση σε 3-4 χρόνια.



Σχήμα 6-8: Ενδεικτική φωτογραφία ηλιακού θερμοσίφωνα φυσικής ροής που προτείνεται να τοποθετηθεί στο κτίριο

6.7. Τοποθέτηση Φ/Β συστήματος για ενεργειακό συμψηφισμό και εξοικονόμηση ενέργειας

Για την εξοικονόμηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για διάφορες χρήσεις στο κτίριο προτείνεται η τοποθέτηση Φ/Β συστήματος στον ακάλυπτο χώρο για κάλυψη αναγκών και ενεργειακό συμψηφισμό.

Με την εγκατάσταση του Φ/Β οι ιδιοκτήτες ουσιαστικά μετατρέπονται σε αυτοπαραγωγούς ενέργειας με ενεργειακό συμψηφισμό (Net Metering). Δηλαδή τα Φ/Β συνδέονται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και κατά συνέπεια όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση, η περίσσεια ενέργεια αποθηκεύεται στο δίκτυο για να χρησιμοποιηθεί αργότερα. Με αυτόν τον τρόπο η ενέργεια που παράγεται, συμψηφίζεται με την ενέργεια που καταναλώνεται.

Τα Φ/Β θα τοποθετηθούν στον ακάλυπτο με προσανατολισμό πλαισίων με νότια κατεύθυνση. Ο αξιοποιήσιμος ακάλυπτος χώρος στην υφιστάμενη κατάσταση θα επεκταθεί μετά την κατεδάφιση των κατεδαφιστέων (προσφυγικών) κτισμάτων που κατασκευάστηκαν κατά τη δεκαετία του '20.

Η αρχή λειτουργίας των φωτοβολταϊκών στηρίζεται στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Αποτελούν πρακτικά γεννήτριες μετατροπής που αποτελούνται από φωτοβολταϊκά πάνελ, συστήματα στήριξης, συσσωρευτές, αντιστροφείς τάσης, μετρητές ενέργειας και ρυθμιστές φόρτισης. Τα φωτοβολταϊκά ανήκουν στην κατηγορία των ΑΠΕ (Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας).

Απαιτείται εξειδικευμένη μελέτη για τη διαστασιολόγηση ενός Φ/Β συστήματος. Ωστόσο, με βάση μια γενική χονδροειδή εκτίμηση για ένα σπίτι με μέση κατανάλωση (180 - 200 ευρώ λογαριασμό ηλεκτρικής ενέργειας ανά δίμηνο) προτείνεται ένα σύστημα 3 kWp (αποτελούμενο από 10 φωτοβολταϊκά πλαίσια). Ένα τέτοιο σύστημα προτείνεται να τοποθετηθεί στον ακάλυπτο χώρο του κτιρίου. [36]

Για ένα τέτοιο μικρό οικιακό φωτοβολταϊκό πάνελ των 3 kwp που εγκαθίσταται χωρίς καμία επιδότηση ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης φτάνει σήμερα στα 8 χρόνια. Αντίθετα, με μια επιδότηση της τάξης του 30% ο χρόνος αποπληρωμής μειώνεται στα 4 χρόνια. [47]

Με βάση το site προμηθευτή η τιμή για ένα τέτοιο Φ/Β (εξοπλισμός χωρίς εγκατάσταση) ανέρχεται σε 3.800 ευρώ + ΦΠΑ. [78]



Εικόνα 6-5: Φωτογραφία από Φ/Β σε κήπο οικίας [48]

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με δεδομένο ότι οι φυσικοί πόροι δεν είναι ανεξάντλητοι και λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη επίτευξης των στόχων της ευρωπαϊκής επιτροπής που έχει αναλάβει τη δέσμευση να ακολουθήσει πολιτικές που θα συμβάλουν στη φιλοδοξία της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας για επίτευξη ουδέτερου ισοζυγίου άνθρακα έως το 2050 και την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης, η συζήτηση σχετικά με την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων βρίσκεται στο επίκεντρο.

Στο πλαίσιο αυτό, στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε αναλυτική αναζήτηση και παρουσίαση στοιχείων αναφορικά με το κτιριακό απόθεμα στη χώρα μας και την ενεργειακή του κατάσταση. Από την επεξεργασία των στοιχείων προέκυψε ότι το 55% του συνόλου του κτιριακού αποθέματος των κατοικιών έχουν κατασκευαστεί πριν από το 1981, δλδ. στην πλειοψηφία τους δεν έχουν καμία προστασία θερμομόνωσης καθώς ο ο 1^{ος} κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων (ΚΘΚ) τέθηκε σε ισχύ στη χώρα μόλις το 1979 με το «Π.Δ. της 1.6/1979 (ΦΕΚ 362/Δ' 4.7.1979).

Ένα τέτοιο κτίριο αποτελεί και η μελέτη περίπτωσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται στην περιοχή της Νέας Χαλκηδόνας, επί της οδού Περικλέους, αριθμός 7. Το οικοπέδο οικοδομήθηκε για πρώτη φορά κατά τη δεκαετία του '20 ενώ το κτίριο έχει υποστεί διάφορες προσθήκες μέχρι το 1960. Λόγω παλαιότητας το κτίριο παρουσιάζει σημαντικές απώλειες ενέργειας. Οι πλευρές του και η ταράτσα είναι ανεπαρκώς μονωμένες, ενώ τα κουφώματα είναι παλαιάς τεχνολογίας, γεγονός που τα καθιστά μη αποδοτικά ενεργειακά. Επιπλέον, σε όλο το κτίριο παρατηρούνται προβλήματα υγρασίας, τα κουφώματα της μπροστινής όψης του κτιρίου, τα οποία διαθέτουν ξύλινα ρολά ως εξώφυλλα και τα οποία είναι σημαντικής παλαιότητας, με μεγάλες απώλειες. η ταράτσα του κτιρίου παρουσιάζει προβλήματα υγρασίας και μούχλας σε όλη της την έκταση. Επιπλέον, λόγω της παλαιότητας της μόνωσης που είχε εφαρμοστεί σε αυτή, θεωρείται πρακτικά μη μονωμένη. Ο μόνος όροφος του κτιρίου που διαθέτει ηλιακό θερμοσίφωνα είναι ο πρώτος όροφος. Ωστόσο, πρόκειται για παλαιό θερμοσίφωνα, χαμηλής απόδοσης.

Με βάση την εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης και τις παρεμβάσεις που προτείνονται από τη διεθνή βιβλιογραφία και τους κατασκευαστές, για την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας και της ενεργειακής αναβάθμισης του συγκεκριμένου κτιρίου προτείνονται οι εξής παρεμβάσεις:

- Αντικατάσταση των παλιών ξύλινων κουφωμάτων με μονό υαλοπίνακα με νέα σύγχρονα ενεργειακά αποδοτικά θερμοδιακοπόμενα ανοιγόμενα κουφώματα αλουμινίου με διπλό υαλοπίνακα.
- Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης. Ειδικότερα προτείνεται τοποθέτηση διαιρούμενης αντλίας θερμότητας split type στον κοινόχρηστο χώρο.
- Θερμοπρόσοψη – εξωτερική θερμομόνωση. Προτείνεται για το κτίριο μελέτης η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης πάχους περίπου 8-10 εκατοστών με διογκωμένη πολυστερίνη, καθώς είναι ένα συνηθισμένο και με καλές ιδιότητες υλικό το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στη χώρα μας και οι κατασκευαστές έχουν εμπειρία.
- Θερμομόνωση ταράτσας. Προτείνεται η τοποθέτηση ανεστραμμένης θερμομόνωσης πάχους περίπου 5 cm. Η ταράτσα θα είναι πλήρως βαθτή.

- Τοποθέτηση ηλιακών θερμοσίφωνων για παραγωγή ζεστού νερού για όλους τους ορόφους. Για την πλήρη κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό θα τοποθετηθούν ηλιακοί θερμοσίφωνες στον κοινόχρηστο χώρο (2 πάνελ ανά σπίτι). Θα τοποθετηθούν ηλιακοί θερμοσίφωνες 160 lt που μπορούν να εξυπηρετήσουν 3-4 άτομα.
- Τοποθέτηση Φ/Β συστήματος για ενεργειακό συμψηφισμό και εξοικονόμηση ενέργειας. Με βάση μια χονδροειδή εκτίμηση για ένα σπίτι με μέση κατανάλωση (180 - 200 ευρώ λογαριασμό ηλεκτρικής ενέργειας ανά δίμηνο) προτείνεται ένα σύστημα 3 kWp (αποτελούμενο από 10 φωτοβολταϊκά πλαίσια). Ένα τέτοιο σύστημα προτείνεται να τοποθετηθεί στον ακάλυπτο χώρο του κτιρίου, αφού γίνει κατεδάφιση των κατεδαφιστέων κτισμάτων.

Αναφορές – Πηγές

Ελληνική βιβλιογραφία

- [1] Αναστασόπουλος, Δ., & Φράγκος, Π.: «Υλικά αλλαγής φάσης (PCM) και πως χρησιμοποιούνται στη θερμική ενεργειακή αποθήκευση στα κτίρια». Πτυχιακή Εργασία, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε., Αθήνα, 2018.
- [2] Γενεράλη, Β.: «Χρήση Υλικών Αλλαγής Φάσης (PCM) σε εσωτερικούς τοίχους, με συναλλαγή θερμότητας εκατέρωθεν και ηλιακή φόρτιση από μία ή δύο κατευθύνσεις.», Διπλωματική εργασία, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2014.
- [3] Δημαράκης, Β.Ε.: «Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η ενεργειακή αναβάθμιση στον κτιριακό τομέα». Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Βόλος, 2020.
- [4] «Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος», Αθήνα , Δεκέμβριος 2014.
- [5] Ελληνική Στατιστική Αρχή, <https://www.statistics.gr/statistics/env>.
- [6] ΕΛΣΤΑΤ (2013): Έρευνα Κατανάλωσης Ενέργειας στα νοικοκυριά, 2011-2012.
- [7] ΕΛΣΤΑΤ (2014): Απογραφή πληθυσμού - κατοικιών 2011, Κατοικίες Χαρακτηριστικά και ανέσεις.
- [8] Θεοδωρόπουλος Θ. (2021): «Ενεργειακή αναβάθμιση σε υφιστάμενο κτήριο (Μονοκατοικία) με άδεια πριν ΚΕΝΑΚ με επεμβάσεις στο κέλυφος με πιστοποιημένα υψηλών προδιαγραφών θερμομονωτικά και υγρομονωτικά υλικά.», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- [9] Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/kenak/>.
- [10] Μοσχονησιώτης Ν. (2021): «Ενεργειακή αναβάθμιση σε υφιστάμενο δημόσιο κτήριο (βρεφονηπιακός σταθμός) με επεμβάσεις στο κέλυφος με πιστοποιημένα υψηλών προδιαγραφών θερμομονωτικά υλικά. Οικονομοτεχνική μελέτη και χρόνος απόσβεσης με ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- [11] Περγιαλιώτη, Ν.: «Διερεύνηση της επίδρασης του είδους και του βάθους του υποστρώματος καθώς και της συχνότητας άρδευσης στην ανάπτυξη των ξηροφυτικών ειδών *helichrysum italicum* και *helichrysum orientale* σε συνθήκες φυτοδώματος». Μεταπτυχιακή εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Κατεύθυνση Αρχιτεκτονικής Τοπίου, 2010.
- [12] Τζανακάκη, Ε.: «Ολοκληρωμένος σχεδιασμός κτιρίων και παρεμβάσεις στην κατεύθυνση της (σχεδόν) μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας». Ημερίδα: «Κτίρια σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας». Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), Δεκ. 2012 (http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/aida/2_Tzanakaki.pdf).

- [13] TOTEE 20701-1/2017: «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Αθήνα, Σεπτέμβριος 2017.
- [14] TOTEE 20701-2/2017: «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων», Αθήνα Σεπτέμβριος 2017.
- [15] TOTEE 20701-3/2014: «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών περιοχών», Αθήνα, Νοέμβριος 2017.
- [16] TOTEE 20701-4/2017: «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων, συστημάτων θέρμανσης και συστημάτων κλιματισμού», Αθήνα, Σεπτέμβριος 2017.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- [17] Akeiber, H., Nejat, P., Majid, M. Z. A., Wahid, M. A., Jomehzadeh, F., Famileh, I. Z., ... & Zaki, S. A. (2016): «A review on phase change material (PCM) for sustainable passive cooling in building envelopes». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1470-1497.
- [18] Caudrey, D.: «Green Roof Systems Acknowledging the Potential». Degree of Bachelor of Science with Honour in Architecture, Architecture, Scott Sutherland School, 2005.
- [19] Feldman, D., Banu, D., Hawes, D., & Ghanbari, E. (1991): «Obtaining an energy storing building material by direct incorporation of an organic phase change material in gypsum wallboard». *Solar energy materials*, 22(2-3), 231-242.
- [20] Guthertz, J. M., & Schiler, M. E. (1991): «A passive solar heating system for the perimeter zone of office buildings. *Energy Sources*», 13(1), 39-54.
- [21] Karadag, I., & Yuksek, I. (2020): «Wind turbine integration to tall buildings». *Resources, Challenges and Applications*, 397.
- [22] Krese, G., Butala, V., & Stritih, U. (2018): «Thermochemical seasonal solar energy storage for heating and cooling of buildings». *Energy and Buildings*, 164, 239-253.
- [23] Lin, K., Zhang, Y., Xu, X., Di, H., Yang, R., & Qin, P. (2005). «Experimental study of under-floor electric heating system with shape-stabilized PCM plates». *Energy and buildings*, 37(3), 215-220.
- [24] Qadourah, J. A. (2022): «Energy and economic potential for photovoltaic systems installed on the rooftop of apartment buildings in Jordan». *Results in Engineering*, 16, 100642.
- [25] Rathore, P. K. S., Gupta, N. K., Yadav, D., Shukla, S. K., & Kaul, S. (2022): «Thermal performance of the building envelope integrated with phase change material for thermal energy storage: an updated review». *Sustainable Cities and Society*, 79, 103690.
- [26] Soares, N., Costa, J. J., Gaspar, A. R., & Santos, P. (2013): «Review of passive PCM latent heat thermal energy storage systems towards buildings' energy efficiency». *Energy and buildings*, 59, 82-103.
- [27] Stathopoulos, T., Alrawashdeh, H., Al-Quraan, A., Blocken, B., Dilimulati, A., Paraschivoiu, M., & Pilay, P. (2018): «Urban wind energy: Some views on potential and challenges». *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 179, 146-157.

- [28] <https://www.4green.gr/news/data/diafora/90062.asp>
- [29] https://www.4green.gr/news/data/g-ebuildings/Energeiakoi-%C2%ABfylakes%C2%BB--gia-to-spiti-sas_110603.asp
- [30] <https://www.aenaos-sa.gr/antlies-thermotitas-alpha-omega>
- [31] https://www.aenaos-sa.gr/endodapedia_thermansia
- [32] <https://agrolisi.gr/ti-einai-i-energeiaki-klasi-vathmides-p/>
- [33] <https://anadrasi.com/fotovoltaika-net-metering.php>
- [34] <https://bahrainwtc.com/architecture-design-awards/>
- [35] <https://bioclima.gr/systimata-bioclima/climawallr>
- [36] <https://www.brief.com.cy/energeia/fotovoltaika-poso-kostizoyn-kai-posa-hreiazetai-na-topothesiseis>
- [37] <https://buildinggreen.gr/i-skiasi-stis-epileximes-parembaseis-tou-exikonomisi-kat-oikon/>
- [38] http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/aida/2_Tzanakaki.pdf
- [39] <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>
- [40] <https://www.danthermgroup.com/en-gb/dantherm/enhancing-a-buildings-energy-efficiency-with-heat-recovery-ventilation>
- [41] <https://eclass.teiwm.gr/modules/document/file.php/BSMM123/DE1-Eisagogi%20stin%20energeia-final.pdf>
- [42] <https://ecopress.gr/i-yperdiastasiologisi-sti-monosi-ton/>
- [43] <https://energeiaka-ktiria.gr/articles/show/fotovoltaika-netmetering-73>
- [44] https://energy.ec.europa.eu/system/files/2015-10/20142207.78-93_0.pdf
- [45] <https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-02/2020%20LTRS%20EL.pdf>
- [46] <https://ecopress.gr/i-yperdiastasiologisi-sti-monosi-ton/>
- [47] <https://ecopress.gr/fotovoltaika-stegis-to-kostos-kai-to-o/>
- [48] <https://www.energysage.com/solar/alternatives-to-rooftop-solar/ground-mounted-solar/>
- [49] <http://www.epaggelmaties.com/anthis/photovoltaic.html>
- [50] https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0068_EL.pdf
- [51] <https://www.forbes.com/home-improvement/solar/solar-energy-pros-and-cons/>
- [52] <https://www.fotovoltaika-systems.gr/fotovoltaika-pleonektimata/>
- [53] <https://www.georythmiki.gr/posts/energeiaki-anavathmisi-ton-yfistamenon-dimotikon-ktirion-praksi-eksoikonomisi-energeias-amaroysioy>
- [54] <https://www.georythmiki.gr/posts/etrium-kolonia-prasines-steges-kai-oikologiki-energeia>
- [55] <https://www.georythmiki.gr/posts/etrium-kolonia-prasines-steges-kai-oikologiki-energeia>, Αναδημοσίευση από τον Christian Welzel, Technical Engineer (Ecostream Germany GmbH) -Κείμενο από Πρακτικά – Παγκόσμιου Συνεδρίου Πράσινων Στεγών 2009 “Bringing Nature Back To Town”.
- [56] <https://www.greenroofs.com/projects/rockefeller-center-roof-gardens/>
- [57] <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2014/08/5-advantages-and-5-disadvantages-of-solar-energy>
- [58] <https://www.heisolar.com/photovoltaic-cells-advantages-and-disadvantages-2020/>
- [59] <https://house2home.ie/solar-panels/>
- [60] <https://www.ioniki.net/autonomous/enimerosi/pleonektimata-meionektimata-fotovoltaikon/>
- [61] <https://kaxirismonotika.gr/blog/poso-kostizei-i-exoteriki-thermomonosi>

- [62] <https://www.kenak.gr/pea.htm>
- [63] <https://kenakteetdk.files.wordpress.com/2011/01/ceb8ceb5cf81cebcbcfcebcceb fcebdcf89cf83ceb71.pdf>
- [64] <https://www.kentromonoseon.gr/thermoprosopsi/>
- [65] <https://ktirioservice.gr/uperesies/energeiake-anabathmise-sustematos.html>
- [66] <https://www.maysunsolar.com/bipv-in-one-article/>
- [67] <https://www.mgavrielatos.gr/Antlies-Thermotitas-eco.html>
- [68] <https://www.monodomiki.gr/ell/blog-details/klimatikes-zones-kai-oria-syntelesti-thermoperatotitas>
- [69] <https://www.monodomiki.gr/ell/blog-details/klimatikes-zones-kai-oria-syntelesti-thermoperatotitas>
- [70] <https://www.monosistaratson.gr/anestrameni-monosi/>
- [71] https://nikopoulos-chris.blogspot.com/2010/01/blog-post_31.html
- [72] <https://www.oleng.eu/>
- [73] <http://www.rms.gr/index.php/iliothermika-systimata>
- [74] <https://skyfireenergy.com/increase-the-value-of-your-home-with-solar-pv/>
- [75] <https://www.solsureste.com/en/morales-meseguer-hospital-in-murcia/>
- [76] <https://www.solsureste.com/en/safari-hotel-gandia/>
- [77] <https://www.soils.org/about-soils/green-roofs/>
- [78] <https://www.solaire.gr/prosfora.html>
- [79] <https://solarfunda.com/building-integrated-photovoltaics/>
- [80] <https://www.statistics.gr/el/2011-census-pop-hous>
- [81] <https://www.styropan.gr/proionta/thermomonotika/diogkomeni-polisterini/ti-einai>
- [82] <https://www.styropan.gr/proionta/thermomonotika/eksilasmeni-polisterini/ti-einai>
- [83] https://www.statistics.gr/el/statistics?p_p_id=documents_WAR_publicationsportlet_INSTANCE_qDQ8fBKKo4IN&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=4&p_p_col_pos=1&documents_WAR_publicationsportlet_INSTANCE_qDQ8fBKKo4IN_javax.faces.resource=document&documents_WAR_publicationsportlet_INSTANCE_qDQ8fBKKo4IN_in=downloadResources&documents_WAR_publicationsportlet_INSTANCE_qDQ8fBKKo4IN_documentID=138590&documents_WAR_publicationsportlet_INSTANCE_qDQ8fBKKo4IN_locale=el
- [84] <https://techcg.gr/services/endodapedia-thermansi/>
- [85] <https://toshiba-aircon.gr/product/polydiairoymena-systimata/>
- [86] <https://uk.boats.com/reviews/solar-power-ingenious-solutions-for-boaters/>
- [87] <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/ltrs/>
- [88] <https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/ltrs/>
- [89] <https://westcoastsolarenergy.com/unique-solar-homes/>
- [90] <https://www.pikrakis.com.gr/el/%CE%B5%CE%BE%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82-%CE%B1%CF%80%CF%8C-%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%AC/>
- [91] <https://larinhouse.gr/%cf%84%ce%b9-%ce%b5%ce%af%ce%bd%ce%b1%ce%b9-%ce%b7-%ce%b8%ce%b5%cf%81%ce%bc%ce%bf%ce%b4%ce%b9%ce%b1%ce%ba>

- [%ce%bf%cf%80%ce%ae-%cf%83%cf%84%ce%b1-%ce%ba%ce%bf%cf%85%cf%86%cf%8e%ce%bc%ce%b1%cf%84%ce%b1/](https://fenestral.gr/%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B1-%CE%BA%CE%BF%CF%85%CF%86%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%85%CE%BC%CE%B9%CE%BD%CE%B9%CE%BF%CF%85/)
- [92] <https://fenestral.gr/%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B1-%CE%BA%CE%BF%CF%85%CF%86%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%85%CE%BC%CE%B9%CE%BD%CE%B9%CE%BF%CF%85/>
- [93] https://www.upatras.gr/wp-content/uploads/2023/03/04_%CE%A4%CE%95%CE%A7%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%95%CE%A3-%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%94%CE%99%CE%91%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%A6%CE%95%CE%A3-%CE%9A%CE%A4%CE%99%CE%A1%CE%99%CE%9F%CE%A5-%CE%91-03-12-2021-signed.pdf
- [94] <http://repository.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3707/%CE%A4%CE%95%CE%A7%CE%9D%CE%99%CE%9F%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%9D%CE%9F%CE%9C%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%9C%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%A4%CE%97%20%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%97%CE%A3%20%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%92%CE%91%CE%98%CE%9C%CE%99%CE%A3%CE%97%CE%A3%20%CE%9A%CE%A4%CE%99%CE%A1%CE%99%CE%9F%CE%A5..pdf>
- [95] <http://repository.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3707/%CE%A4%CE%95%CE%A7%CE%9D%CE%99%CE%9F%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%9D%CE%9F%CE%9C%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%9C%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%A4%CE%97%20%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%97%CE%A3%20%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%92%CE%91%CE%98%CE%9C%CE%99%CE%A3%CE%97%CE%A3%20%CE%9A%CE%A4%CE%99%CE%A1%CE%99%CE%9F%CE%A5..pdf>
- [96] <https://www.monodomiki.gr/ell/categories/Anestrammeni-monosi#:~:text=%CE%91%CE%BD%CE%B5%CF%83%CF%84%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B7%20%CE%BC%CF%8C%CE%BD%CF%89%CF%83%CE%B7%3A%20%CE%A3%CF%84%CE%B7%20%CF%83%CF%85%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CE%BA%CF%81%CE%B9%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B7%20%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%BA%CE%B5%CF%85%CE%AE%20%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%BF%CF%8D%CE%BC%CE%B5%20%CF%84%CE%B7%20%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CE%BD%CF%89%CF%83%CE%B7,%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CF%80%CF%84%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CF%8C%CF%80%CE%BF%CF%85%20%CF%84%CE%BF%20%CE%B4%CF%8E%CE%BC%CE%B1%20%CE%B4%CE%B5%CE%BD%20%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9%20%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CE%BA%CE%AD%CF%88%CE%B9%CE%BC%CE%BF%20%28%CF%87%CE%B1%CE%B%CE%AF%CE%BA%CE%B9%29.>

[97] <https://gr.dreamstime.com/%CE%B1%CF%80%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%B7-%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CE%B3%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%B1-%CE%B9%CE%B1%CE%BC%CE%B5%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%BC%CE%B5-%CF%84%CE%B7%CE%BD-underfloor-%CE%B8%CE%AD%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B1%CE%BD%CF%84-%CE%AF%CE%B1-image74256993>

[98] <https://www.mp-energy.gr/blog/4/%CF%80%CE%BB%CE%B5%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CF%89%CE%BD-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CF%89%CE%BD.html>

[99]