



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Εργαστήριο Ατμοκινητήρων & Λεβήτων

Τομέας Θερμότητας της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*«Δέσμες μέτρων για την ενεργειακή
αναβάθμιση των κτιρίων»*

Του Φοιτητή

Παπαγεωργίου Ιωάννη

Επιβλέπων

Καρέλλας Σωτήριος, Επίκουρος Καθηγητής,
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2014

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος “Ατμοπαραγωγή Ι” στον τομέα Θερμότητας της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κύριο Σωτήριο Καρέλλα για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, δίνοντας μου την δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα της σύγχρονης εποχής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην μελετητική και κατασκευαστική εταιρία “TECHNOΙΚΟ” για την παροχή υλικοτεχνικής υποδομής αλλά και χρησιμότητας πληροφοριών σχετικά με την λειτουργία και την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων.

Η εργασία αφιερώνεται στην οικογένεια μου.

Περίληψη

Η διαρκώς αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας αλλά και η κλιματική αλλαγή αποτελούν σημαντικότερα θέματα που απασχολούν την παγκόσμια κοινότητα. Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας έχει γίνει πλέον αντιληπτή και αποτελεί κύριο μέσο για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (και ειδικότερα του διοξειδίου του άνθρακα) και την περαιτέρω βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών. Ο κτιριακός τομέας είναι από τους βασικούς υπευθύνους για την σπατάλη ενέργειας, καθώς ευθύνεται για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Απόλυτα φυσιολογικά λοιπόν η παγκόσμια κοινότητα στράφηκε σε αυτόν αναζητώντας τρόπους βελτίωσης της ενεργειακής του απόδοσης.

Στην Ευρώπη υπάρχει πλέον ενιαίο νομοθετικό πλαίσιο με επίκεντρο τον κτιριακό τομέα, το οποίο αποβλέπει στο να καθοριστούν σταθερές συνεννόησης μεταξύ των κρατών και να επιβληθούν κοινές μεθοδολογίες. Στην παρούσα φάση το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, το οποίο εναρμονίζεται με την ευρωπαϊκή οδηγία 2002/91, προσανατολίζεται κυρίως στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε νεόδμητα κτίρια. Ωστόσο η σπατάλη ενέργειας οφείλεται πρωτίστως στα υφιστάμενα κτίρια. Για το λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε νέα οδηγία (2010/31/ΕΕ) και πρόσφατα νέο κανονισμό (244/2012) που δίνει ιδιαίτερη έμφαση σε ανακαινίσεις παλαιών κτιρίων με παράλληλη προώθηση βιοκλιματικών μεθόδων με πολλαπλά περιβαλλοντικά οφέλη, ώστε τα ανακαινισμένα κτίρια να πληρούν τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις.

Απώτερος στόχος των νομοθετικών διατάξεων είναι η επίτευξη κτιρίων Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (ZEB). Τα κτίρια αυτά αναμένεται να διαδραματίσουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς έχουν μεγάλες δυνατότητες να προσφέρουν πολύ σημαντική βοήθεια στην εξάλειψη των προβλημάτων που σχετίζονται με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος και την εξάντληση των διαθέσιμων πηγών ενέργειας.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας γίνεται μία προσπάθεια σταδιακής αναβάθμισης ορισμένων συμβατικών κτιρίων σε κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Αρχικά εξετάζεται η περίπτωση μίας πολυκατοικίας στην περιοχή της Αθήνας (κλιματική ζώνη Β), στη συνέχεια μίας μονοκατοικίας στην περιοχή της Καστοριάς (κλιματική ζώνη Δ) και τέλος ενός κτιρίου του τριτογενή τομέα, και συγκεκριμένα ενός κτιρίου γραφείων, στην περιοχή της Θεσσαλονίκης (κλιματική ζώνη Γ). Αναλύονται όλες οι πιθανές παρεμβάσεις, όπως και οι οικονομικές δυσκολίες οι οποίες συναντώνται στην εφαρμογή τους, με στόχο είναι η επισήμανση των βέλτιστων λύσεων που συνδυάζουν υψηλά ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη με ανεκτή οικονομική επιβάρυνση των ιδιοκτητών. Τέλος, πραγματοποιείται προσπάθεια εύρεσης δέσμης μέτρων για την μετατροπή κάθε κτιρίου σε μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και εξετάζεται κατά πόσο αυτή είναι ρεαλιστική με βάση τον υπολογιζόμενο χρόνο αποπληρωμής της επένδυσης.

Συμπερασματικά η παρούσα διπλωματική εργασία συνεισφέρει στην προώθηση παλαιών και νέων ενεργειακών επεμβάσεων στα υφιστάμενα κτίρια, μέσω της μελέτης κάθε κτιρίου ξεχωριστά ώστε να καθοριστούν με ακρίβεια οι ενεργειακές του ανάγκες, με σκοπό την σταδιακή μετατροπή του σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	1
Περίληψη	2
Περιεχόμενα	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 Ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη και στον κόσμο	5
1.2 Κτιριακός τομέας στην Ευρώπη	7
1.3 Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την εξοικονόμηση ενέργειας.....	8
1.4 Κτιριακός τομέας στην Ελλάδα.....	12
1.5 Εγγώρια νομοθεσία για την εξοικονόμηση ενέργειας.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΚΤΙΡΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	19
2.1 Εισαγωγή - Ορισμοί	19
2.2 Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα	21
2.3 Δέσμες μέτρων για την υλοποίηση κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης	23
2.3.1 Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός	23
2.3.2 Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας	25
2.3.3 Παροχή ενέργειας στο κτίριο	36
2.4 Παραδείγματα αναβάθμισης κτιρίων σε χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης	43
2.4.1 Ανακαίνιση πολυκατοικίας στην Αυστρία (Κάπφενμπεργκ)	43
2.4.2 Ανακαίνιση κτιρίου γραφείων στην Αυστρία (Βιέννη)	46
2.4.3 Ανακαίνιση συγκροτήματος τεσσάρων πολυκατοικιών στην Ελλάδα (Αγία Βαρβάρα)	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ & ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑΣ.....	56
4.1 Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου.....	56
4.2 Ενεργειακά αποτελέσματα υφιστάμενης πολυκατοικίας	59
4.3 Μεμονωμένες παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης πολυκατοικίας	60
4.4 Συμπεράσματα μεμονωμένων παρεμβάσεων	76
4.5 Δέσμες μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης πρότυπης πολυκατοικίας	81
4.6 Συμπεράσματα συνδυασμένων παρεμβάσεων	88
4.7 Δέσμες μέτρων για τη μετατροπή της πολυκατοικίας σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης	95

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	100
5.1 Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου.....	100
5.2 Ενεργειακά αποτελέσματα υφιστάμενης μονοκατοικίας	105
5.3 Μεμονωμένες παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης μονοκατοικίας	106
5.4 Συμπεράσματα μεμονωμένων παρεμβάσεων	114
5.5 Δέσμες μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης πρότυπης μονοκατοικίας	121
5.6 Συμπεράσματα συνδυασμένων παρεμβάσεων	126
5.7 Δέσμες μέτρων για τη μετατροπή της μονοκατοικίας σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης	132
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ.....	138
6.1 Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου.....	138
6.2 Ενεργειακά αποτελέσματα υφιστάμενου κτιρίου γραφείων	142
6.3 Μεμονωμένες παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίου γραφείων	144
6.4 Συμπεράσματα μεμονωμένων παρεμβάσεων	151
6.5 Δέσμες μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης πρότυπου κτιρίου γραφείων.....	156
6.6 Συμπεράσματα συνδυασμένων παρεμβάσεων	161
6.7 Δέσμες μέτρων για τη μετατροπή του κτιρίου γραφείων σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης	165
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	170
7.1 Συμπεράσματα	170
7.2 Προοπτικές	172
Πηγές – Βιβλιογραφία	173

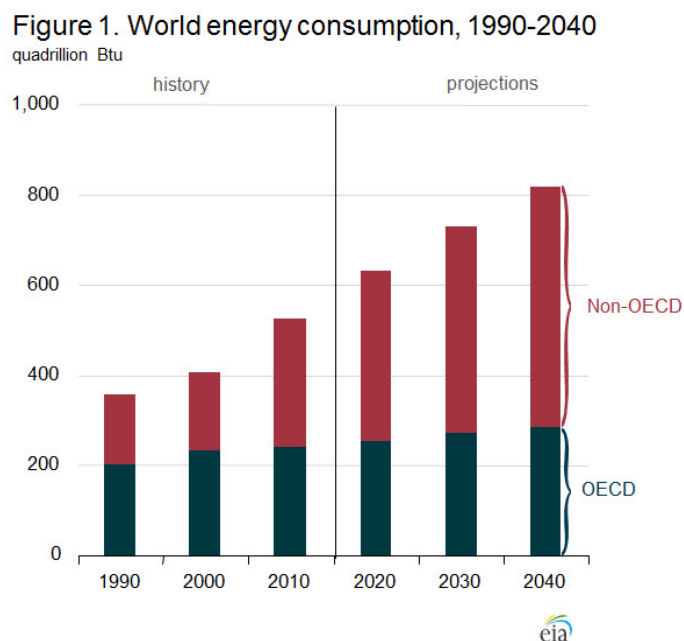
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη και στον κόσμο

Η ενεργειακή ζήτηση είναι ένα σημαντικό και πολύπλευρο πρόβλημα που απασχολεί πολύ την παγκόσμια κοινότητα. Καθώς το βιοτικό επίπεδο των ανθρώπων συνεχώς βελτιώνεται στις υποανάπτυκτες αλλά και στις αναπτυγμένες χώρες, ενώ παράλληλα η συνεχής αύξηση του πληθυσμού της γης είναι δεδομένη, είναι προφανές ότι η αύξηση της ζήτησης ενέργειας είναι μία μη αναστρέψιμη κατάσταση. Η συνεχής αυτή αύξηση της ζήτησης ενέργειας σε συνδυασμό με τα περιορισμένα αποθέματα συμβατικής ενέργειας είναι οι κύριοι παράγοντες που συντελούν στην δημιουργία του ενεργειακού προβλήματος.

Η εξασφάλιση του ενεργειακού μέλλοντος του πλανήτη εν μέσω των κλιματικών αλλαγών αποτελεί μείζον θέμα στις μέρες που διανύουμε. Η αναζήτηση νέων τρόπων δράσης για τη διατήρηση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων και η έρευνα γύρω από καινοτόμες και ορθολογιστικές μεθόδους χρησιμοποίησής τους, είναι πλέον πρωταρχικοί στόχοι στην ατζέντα της ενεργειακής πολιτικής όλων των αναπτυγμένων κρατών. Άλλωστε είναι γενικώς αποδεκτό ότι ο τομέας της ενέργειας είναι ένας τομέας στρατηγικής σημασίας και από πολιτικής αλλά και από οικονομικής άποψης.

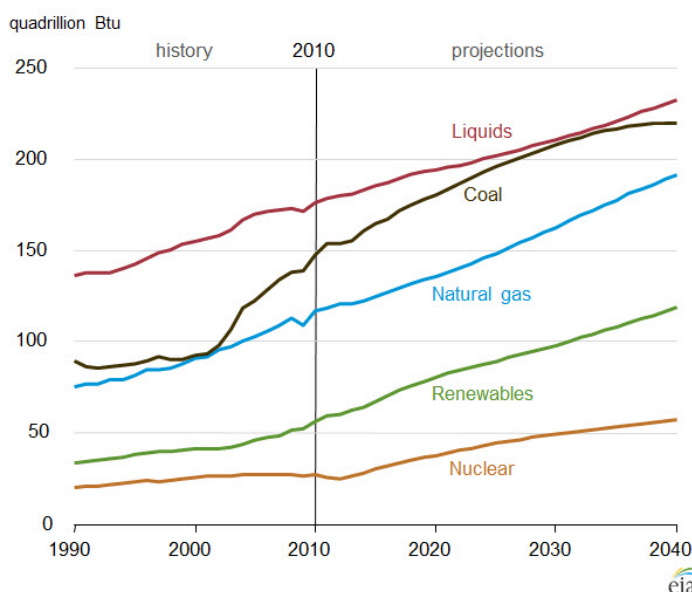
Σύμφωνα με την εκτίμηση του U.S Energy Information Administration [1] στην τελευταία δημοσίευση του [Σχήμα 1.1], η συνολική κατανάλωση ενέργειας παγκοσμίως αναμένεται ότι θα αυξηθεί κατά 56%, από το 2010 έως το 2040. Συγκεκριμένα από 524 τετράκις εκατομμύρια Btu το 2010, σε 630 τετράκις εκατομμύρια Btu το 2020 και σε 820 τετράκις εκατομμύρια Btu το 2040. Μικρότερη αύξηση στην ενεργειακή κατανάλωση, κοντά στο 17% αναμένεται να έχουν οι χώρες που βρίσκονται εντός του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD) και πολύ μεγαλύτερη, κοντά στο 90% οι χώρες που βρίσκονται εκτός (Non-OECD).



Σχήμα 1.1: Εκτίμηση EIA για την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ως το 2040. [1]

Στην ίδια δημοσίευση δίνεται μία εκτίμηση της κατανάλωσης διαφόρων τύπων καυσίμου [Σχήμα 1.2]. Τα ορυκτά καύσιμα αναμένεται να συνεχίσουν να πρωταγωνιστούν στην παραγωγή ενέργειας, προκαλώντας ακόμα μεγαλύτερη αύξηση των εκπομπών CO₂, οι οποίες ευθύνονται για τις κλιματικές αλλαγές. Το παρήγορο είναι ότι η EIA εκτιμά ότι το ποσοστό της παγκόσμια καταναλισκόμενης ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας από 11% το 2011, αναμένεται να φτάσει το 15% το 2040. Αντίστοιχα το ποσοστό της παγκόσμια καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενη από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας από 21% το 2011, αναμένεται να φτάσει το 25% το 2040. Προφανώς οι σχετικά υψηλές τιμές του πετρελαίου σε συνδυασμό με την περιβαλλοντική επιβάρυνση που υφίσταται ο πλανήτης, θα αποτελέσουν ισχυρά κίνητρα για πολλές κυβερνήσεις ανά τον κόσμο, ώστε να αυξήσουν το ποσοστό διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ενεργειακό ισοζύγιο τους.

Figure 2. World energy consumption by fuel type, 1990-2040



Σχήμα 1.2: Εκτίμηση EIA για την παγκόσμια κατανάλωση καυσίμου. [1]

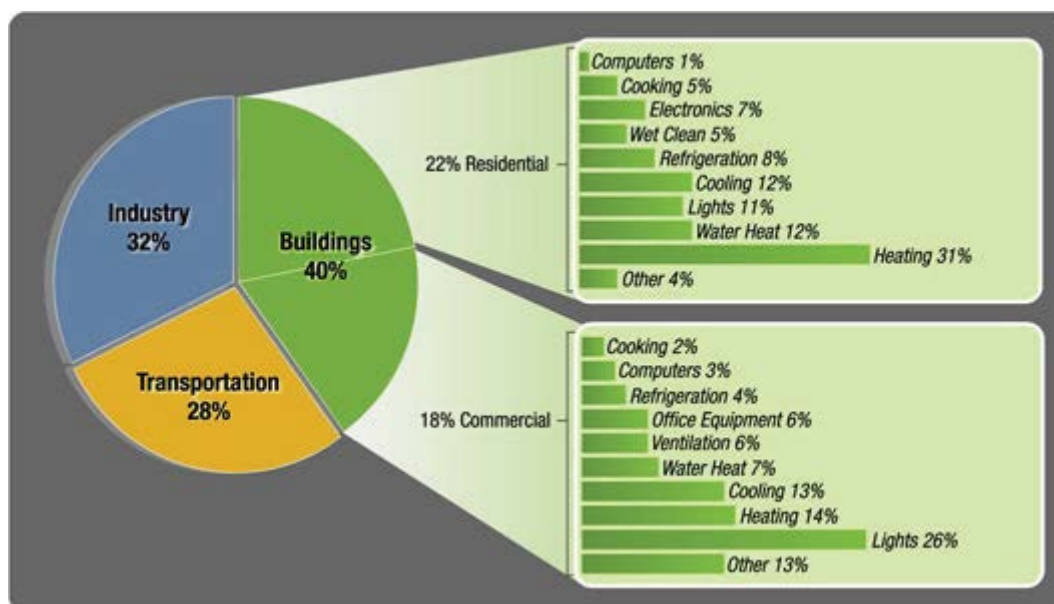
Στην Ευρώπη η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας τις τελευταίες δεκαετίες, έχει προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στην ισορροπία του περιβάλλοντος. Τα διογκούμενα επιστημονικά στοιχεία για την κλιματική αλλαγή, οι υψηλές τιμές της ενέργειας, η αυξανόμενη εξάρτηση από εισαγόμενη ενέργεια και οι πιθανές γεωπολιτικές επιπτώσεις από την εξάρτηση αυτή, ανάγκασαν την Ευρωπαϊκή Ένωση να υιοθετήσει δραστικά μέτρα.

Τα τελευταία 20 χρόνια έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση τόσο των απαιτήσεων πρωτογενούς ενέργειας όσο και των ηλεκτρικών αναγκών. Συγκεκριμένα τα κράτη-μέλη καλύπτουν τις ενεργειακές τους ανάγκες σε ποσοστό 50% από τα εισαγόμενα προϊόντα και αν δεν είχαν πραγματοποιηθεί σχετικές ενέργειες, το ποσοστό μέχρι το 2020 θα έφτανε το 70%. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι ότι οι ενεργειακές εισαγωγές αντιπροσωπεύουν το 6% των συνολικών εισαγωγών και αναλογούν σε ποσοστό 45% εισαγωγής πετρελαίου από την Μέση Ανατολή και σε ποσοστό 40% εισαγωγής φυσικού αερίου από την Ρωσία. Για τους παραπάνω λόγους η Ευρωπαϊκή Ένωση επικεντρώθηκε σε μέτρα για την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, την αύξηση της παραγωγής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και επομένως την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Ένας από τους σημαντικότερους καταναλωτές ενέργειας είναι τα κτίρια, τα οποία καταναλώνουν ένα μεγάλο ποσοστό ενέργειας για τη λειτουργία τους. Εκτός όμως από την ενέργεια που καταναλώνεται για τη λειτουργία ενός κτιρίου, υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις υπάρχουν και κατά την εξόρυξη, την επεξεργασία, τη μεταφορά των οικοδομικών υλικών, την κατασκευή του κτιρίου και τον παροπλισμό του.

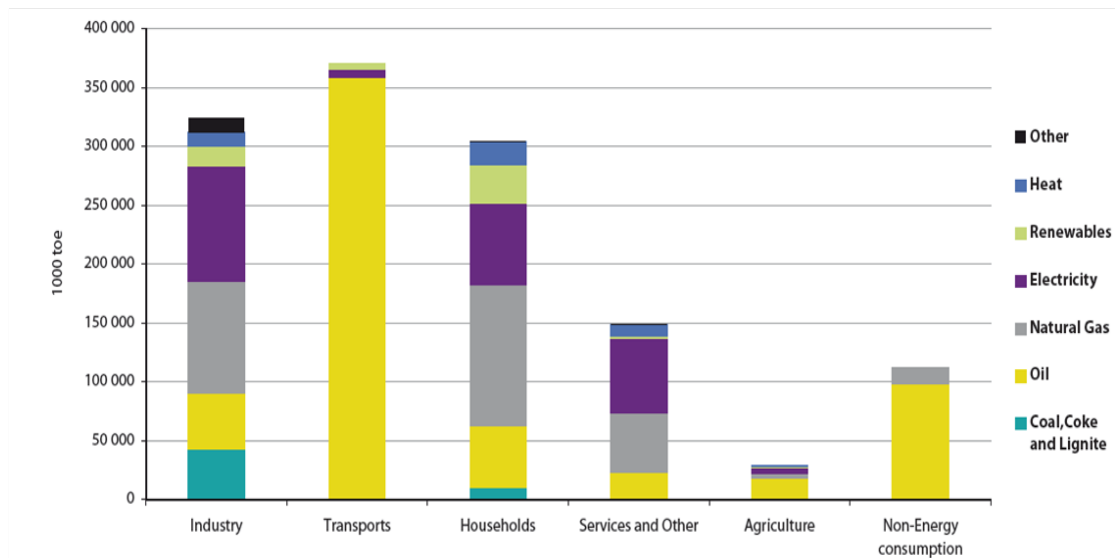
1.2 Κτιριακός τομέας στην Ευρώπη

Ο κτιριακός τομέας στην Ευρώπη είναι ο μεγαλύτερος χρήστης ενέργειας και η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καθώς ευθύνεται περίπου για το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης [Σχήμα 1.3] και το 40% των συνολικών εκπομπών CO₂. Η κακή ποιότητα του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος είναι αδιαμφισβήτητος ένας από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες στη διαμόρφωση αυτής της ενεργειακής σπατάλης. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα υπήρξε μεγάλη αύξηση των κτιρίων στην Ευρώπη και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι ρυθμοί απόσυρσης παλαιών κτιρίων είναι πολύ χαμηλοί, το πρόβλημα γίνεται ολοένα και πιο έντονο.



Σχήμα 1.3: Κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση ανά τομέα. [2]

Οι επεμβάσεις στον κτιριακό τομέα με σκοπό την ελάττωση της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι πλέον ξεκάθαρος στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς εκτός των προφανών οικονομικών και περιβαλλοντικών ωφελειών, παράλληλα βελτιώνεται και το εσωτερικό κλίμα που είναι βασικός παράγοντας για την ποιότητας ζωής των χρηστών του. Σε σχέση με τους υπόλοιπους τομείς, ο οικιακός έχει το πλεονέκτημα ότι η ενέργεια που απαιτείται για τα κτίρια προέρχεται από ποικίλες μορφές (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ηλεκτρική ενέργεια κ.α.), όπως αποτυπώνεται στο Σχήμα 1.4, με συνέπεια οι επιλογές για επεμβάσεις είναι περισσότερες.



Source: Eurostat

Σχήμα 1.4: Κατανάλωση ειδών καυσίμου στην Ευρωπαϊκή Ένωση ανά τομέα. [3]

Η συνεχής άνοδος που παρατηρείται στην ενεργειακή κατανάλωση και κυρίως στη χρησιμοποίηση συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, λιγνίτης, κτλ) που εκλύουν τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα έχει συμβάλει δυστυχώς τα μέγιστα στην αλλαγή του κλίματος και στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα οφείλεται κυρίως στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μάλιστα ο οικιακός τομέας από μόνος του ευθύνεται για το 13% περίπου των συνολικών εκπομπών του CO₂ από ανθρωπογενείς παράγοντες.

Το ενθαρρυντικό είναι ότι ο κτιριακός τομέας ευτυχώς έχει πολλά περιθώρια βελτίωσης και με τα κατάλληλα μέτρα, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας το 2020 αναμένεται να φτάσει το 11%. Έτσι θα γίνει ένα βήμα για να είναι δυνατή η επίτευξη του απώτερου στόχου της μείωσης της ενέργειας και των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Δεν πρέπει φυσικά να παραβλεφθεί το γεγονός ότι οι σχετικές με τον τομέα των κτιρίων δραστηριότητες αποτελούν σημαντικό μέρος της οικονομίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς αφορούν περίπου το 9% του ΑΕΠ της και το 7-8% της εργασιακής απασχόλησης. Συνεπώς, εκτός από τα περιβαλλοντικά οφέλη, η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων θα αποφέρει και νέες θέσεις εργασίας και αξιόλογα κοινωνικά και οικονομικά οφέλη. Για τους παραπάνω λόγους, η Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισε οδηγίες για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα, έτσι ώστε να δώσει την κύρια ώθηση στα κράτη-μέλη.

1.3 Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την εξοικονόμηση ενέργειας

Η Ευρωπαϊκή Ένωση αναλογιζόμενη τις καταστροφικές συνέπειες από την ενεργειακή σπατάλη αναγκάστηκε να εντάξει στην πολιτική της οδηγίες και κανονισμούς που αποβλέπουν στη λήψη μέτρων για την σταδιακή μείωση της, αλλά και την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Ειδικότερα στον κτιριακό τομέα, ο οποίος όπως αναφέρθηκε είναι από τους κύριους υπευθύνους της συνολικής κατανάλωσης, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προχώρησε σε μια σειρά από μέτρα για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων τα οποία είναι:

A. Οδηγία 2002/91/EK [Ενεργειακή επίδοση κτιρίων]

Η αρχή έγινε με την κοινοτική οδηγία που εκδόθηκε από την επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στις 16 Δεκεμβρίου 2002, γνωστή ως EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) [4]. Η EPBD ήταν ένα πρώτο μεγάλο βήμα προς την εξοικονόμηση ενέργειας και αφορούσε την κτιριακή ενεργειακή επίδοση. Η οδηγία αυτή αποτέλεσε το νομικό εργαλείο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας με στόχο την ορθολογική της χρήση στον κτιριακό τομέα και οι διατάξεις της καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX), ψύξης, αερισμού και φωτισμού σε νέα αλλά και σε υφιστάμενα κτίρια.

Πολύ σημαντικό να αναφερθεί είναι ότι η συγκεκριμένη κοινοτική οδηγία, δεν καθορίζει τα επίπεδα και την νομοθεσία για το κάθε μέλος της, αλλά τα μέλη πρέπει να θεσπίσουν μόνα τους τους αντίστοιχους μηχανισμούς καθώς και τις απαιτήσεις, λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές κλιματολογικές, οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες. Το θετικό είναι ότι η EPBD έχει ενσωματωθεί στο πολιτικό θεματολόγιο, στους πολεοδομικούς νόμους στην πλειοψηφία των κρατών-μελών, ενώ επίσης πολύ θετική είναι και η ανταπόκριση που υπάρχει από τους πολίτες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

Τα κύρια σημεία της EPBD είναι:

- Θέσπιση κανονισμών όσον αφορά στα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης των νέων και υφιστάμενων κτιρίων.
- Επιβάλλει την ενεργειακή πιστοποίηση των δημοσίων κτιρίων, εφόσον αυτά υπερβαίνουν τα 1000 τ.μ., και τη δημοσιοποίηση αυτών των πιστοποιητικών.
- Θέσπιση ελάχιστων ορίων για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων, αλλά και αυτών που πρόκειται να υποστούν σημαντική ανακαίνιση (πάνω από το 25 % της αξίας τους ή/και πάνω από 25 % της συνολικής έκτασης τους).
- Επιβάλλει την ενεργειακή πιστοποίηση νέων κτιρίων αλλά και αυτών που πρόκειται να υποστούν σημαντική ανακαίνιση, εφόσον αυτά υπερβαίνουν τα 1000 τ.μ.
- Επιβάλλει την ταχτική επιθεώρηση στους λέβητες και στην κεντρική κλιματιστική μονάδα σε νέα και υφιστάμενα κτίρια, καθώς και αξιολόγηση για τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, σε κτίρια που το σύστημα τους υφίσταται περισσότερο από 15 χρόνια.
- Θεσμοθετεί μία νέα επαγγελματική ειδικότητα, αυτή του ενεργειακού επιθεωρητή, που στην ουσία είναι ειδικευμένοι και διαπιστευμένοι ανεξάρτητοι εμπειρογνώμονες μηχανικοί.

Το πεδίο δράσης της Οδηγίας Ενεργειακής Επίδοσης Κτιρίων είναι οι κατοικίες και ο τριτογενής τομέας (γραφεία, δημόσια κτίρια κλπ). Από την οδηγία αυτή εξαιρούνται τα κτίρια που είναι μικρότερα από 50 τ.μ., αλλά και τα κτίρια με ιστορική σημασία, αυτά που δεν είναι μόνιμες κατοικίες, αυτά που έχουν μικρή κατανάλωση ενέργειας, τα εργοτάξια και οι χώροι λατρείας.

Τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης είναι απαραίτητο να είναι διαθέσιμα όταν τα κτίρια κατασκευαστούν, πουληθούν ή ενοικιαστούν. Επίσης η οδηγία αναφέρει ότι οι χρήστες των κτιρίων πρέπει να είναι ενήμεροι ώστε να μπορούν να ρυθμίσουν την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και ZNX, σε τέτοιο βαθμό ώστε να είναι οικονομικά συμφέρουσα.

B. Οδηγία 2010/31/ΕΕ [Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων-Αναθεώρηση]

Η οδηγία [5] που εκδόθηκε από την επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις 19 Μαΐου 2010, είναι ουσιαστικά μια αναθεώρηση αυτής του 2002 και ήρθε για να καλύψει κάποια κενά και να αποσαφηνίσει κάποιες έννοιες.

Τα βασικότερα σημεία στα οποία η νέα οδηγία καινοτομεί έναντι της προηγούμενης είναι τα εξής:

- Επιβάλλει την ενεργειακή πιστοποίηση όλων των νέων κτιρίων.
- Επιβάλλει την ενεργειακή πιστοποίηση για ανακαινίσεις όλων των υφιστάμενων κτιρίων, ανεξαρτήτου τετραγωνικών μέτρων.
- Επιβάλλει την ενεργειακή πιστοποίηση σε δημόσια κτίρια εφόσον αυτά υπερβαίνουν τα 500 τ.μ.
- Εισάγει μία νέα έννοια, αυτή των κτιρίων με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση, προτρέποντας τα κράτη-μέλη ώστε έως το τέλος του 2020 όλα τα νέα κτίρια να χαρακτηρίζονται κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, όπως επίσης και τα νέα δημόσια κτίρια ως το τέλος του 2018.

Σε γενικές γραμμές αναφέρει ότι τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα πρέπει να υιοθετήσουν είτε σε εθνικό είτε σε τοπικό επίπεδο, μια μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ενεργειακής επίδοσης των κτιρίων η οποία θα λαμβάνει υπόψη τα παρακάτω:

- Τα θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου (μόνωση, θερμοχωρητικότητα κ.α.)
- Μόνωση του συστήματος θέρμανσης και του συστήματος ΖΝΧ.
- Τις εγκαταστάσεις κλιματισμού.
- Τις εγκαταστάσεις φωτισμού.
- Τις εσωτερικές κλιματολογικές συνθήκες.
- Τη θετική επίδραση της έκθεσης του κτιρίου σε κατάλληλο προσανατολισμό για την επίδραση ηλιοφάνειας.
- Την παραγωγή ηλεκτρισμού από συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού - θερμότητας (ΣΗΘ).

Όσον αφορά τα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, η οδηγία αναφέρει ότι τα κράτη-μέλη πρέπει να εφαρμόσουν εθνικά σχέδια με σκοπό:

- Την εφαρμογή καθώς και τον ακριβή ορισμό του όρου “Zero Energy Building”.
- Την δημιουργία ενδιάμεσων στόχων για την βελτίωση της ενεργειακής επίδοσης των νέων κτιρίων ως το 2015.
- Την παροχή πληροφοριών για τις πολιτικές καθώς και για τα οικονομικά μέτρα που πρέπει να παρθούν. Τα κράτη μέλη πρέπει να θεσπίσουν μια λίστα με ήδη υπάρχοντες οργανισμούς που να προωθούν την βελτίωση της ενεργειακής επίδοσης των κτιρίων και αυτή η λίστα πρέπει να ανανεώνεται κάθε τρία χρόνια.

Κάθε κράτος-μέλος όφειλε να συμμορφωθεί με τις οδηγίες διαμέσου εθνικών νόμων προσαρμοσμένων στα δεδομένα του Εθνικού νομικού πλαισίου ενώ έπρεπε να είχαν συμμορφωθεί ως τις 4 Ιανουαρίου 2006 με την EPBD και ως τις 9 Ιουλίου 2012 με την νέα αναθεωρημένη οδηγία 2010/31/ΕΕ. Έτσι κάθε κράτος-μέλος όρισε τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις που πρέπει να εμφανίζει ένα κτίριο καθώς και μεθοδολογία που θέτει την οικονομικά βέλτιστη λύση για την εφαρμογή της οδηγίας.

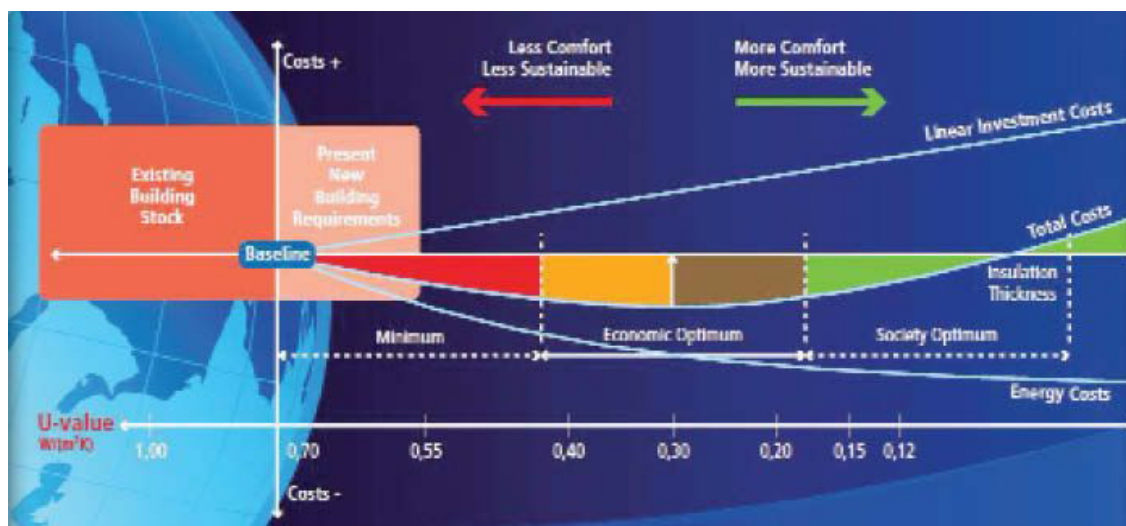
Γ. Κανονισμός 244/2012/ΕΕ [Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων-Αναθεώρηση]

Ο κανονισμός [6] που εκδόθηκε από την επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις 16 Ιανουαρίου 2012, είναι ουσιαστικά μια συμπλήρωση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων με τον καθορισμό συγκριτικού μεθοδολογικού πλαισίου για τον υπολογισμό των επιπέδων βέλτιστου κόστους των ελαχίστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και των δομικών στοιχείων.

Το πλαίσιο συγκριτικής μεθοδολογίας επιτρέπει στην αρμόδια αρχή να προσδιορίζει την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και των στοιχείων του κτιρίου και τις οικονομικές πιυχές των σχετικών με την ενεργειακή απόδοση μέτρων και να τις συνδέει μεταξύ τους, με στόχο τον καθορισμό του βέλτιστου από πλευράς κόστους επιπέδου. Επίσης, το πλαίσιο συγκριτικής μεθοδολογίας επιτρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τρόποι χρήσης, οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, το επενδυτικό κόστος, η κατηγορία κτιρίου, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας (περιλαμβανομένου του ενεργειακού κόστους και της εξοικονόμησης ενέργειας), το κέρδος από την παραγόμενη ενέργεια, εφόσον υπάρχει, και το κόστος διάθεσης, εφόσον υπάρχει. Θα πρέπει να βασίζεται στα σχετικά ευρωπαϊκά πρότυπα που συνδέονται με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ.

Η αρμόδια αρχή εκτιμά τη σχέση κόστους-απόδοσης των διάφορων επιπέδων ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης, με τον υπολογισμό του κόστους των μέτρων ενεργειακής απόδοσης κατά τον αναμενόμενο οικονομικό κύκλο ζωής. Αυτό επιτρέπει τον προσδιορισμό των βέλτιστων από πλευράς κόστους επιπέδων των απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης.

Βάση του κανονισμού 244/2012/ΕΕ, κάθε χώρα υποχρεούνταν, μέχρι τον Ιανουάριο 2013 για τα δημόσια κτίρια και μέχρι τον Ιούλιο 2013 για τα ιδιωτικά, να υποβάλει προς έγκριση μελέτη προσδιορισμού των βέλτιστων τιμών στα μεγέθη των δομικών στοιχείων, υποχρέωση που δυστυχώς η χώρα μας δεν έχει εκπληρώσει μέχρι στιγμής. Η ανωτέρω προσέγγιση αποτυπώνεται στο Σχήμα 1.5, στο οποίο περιγράφεται η μεθοδολογία υπολογισμού της βέλτιστης μόνωσης.



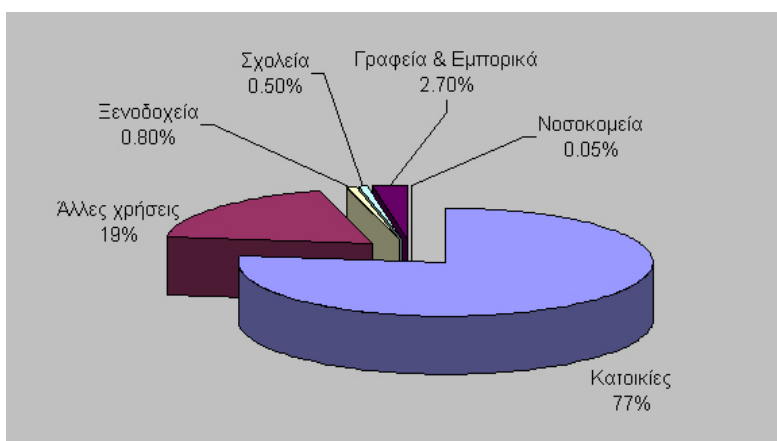
Σχήμα 1.5: Προσδιορισμός βέλτιστων τιμών δομικών στοιχείων. [7]

Στη συνέχεια και με βάση τα αποτελέσματα της προαναφερθείσας μελέτης θα πρέπει κάθε χώρα να υποβάλει τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιρίου “σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης”. Ο λόγος που οδήγησε την Ευρωπαϊκή Ένωση σε αυτήν

την απόφαση είναι ότι, έπειτα από ανάλυση των μελετών των χωρών με βάση τον κανονισμό 244/2012, δεν προκύπτει μείωση της κατανάλωσης ενέργειας ικανή για την κάλυψη του στόχου 20% και συνεπώς θα πρέπει τα κτίρια να γίνουν λιγότερο ενεργοβόρα.

1.4 Κτιριακός τομέας στην Ελλάδα

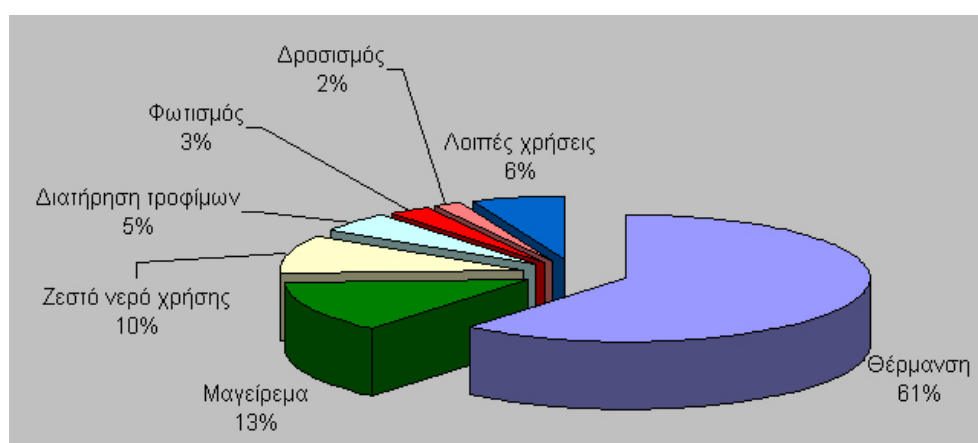
Η πλειοψηφία των κτιρίων στην Ελλάδα, σε ποσοστό 77%, ανήκουν στον οικιακό τομέα (μονοκατοικίες, πολυκατοικίες) και το 23% στον τριτογενή τομέα (καταστήματα, γραφεία, αθλητικές εγκαταστάσεις, νοσοκομεία, σχολεία κ.τ.λ.) [8].



Σχήμα 1.6: Κατανομή ελληνικών κτιρίων ανά χρήση. [8]

Ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα, ακολουθεί τον ευρωπαϊκό κανόνα και ευθύνεται για το 40% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, η μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας των κατοικιών είναι 126 kWh/m² ενώ στον τριτογενή τομέα είναι 145 kWh/m² και η συνολική κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα είναι 167 kWh/m² ενώ στον τριτογενή τομέα 251 kWh/m². Τα κτίρια κατοικιών έχουν μεν χαμηλότερο ενεργειακό δείκτη συγκριτικά με τα κτίρια του τριτογενή τομέα, αλλά αν ληφθεί υπόψη ο μεγάλος αριθμός των κατοικιών γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι η συμμετοχή τους στην κατανάλωση ενέργειας είναι πάρα πολύ μεγάλη. Μάλιστα οι ενεργειακοί δείκτες των κατοικιών αναμένεται να αυξηθούν ακόμη περισσότερο με τη συνεχή αύξηση της χρήσης κλιματιστικών συστημάτων.

Στις κατοικίες το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας (61%) καταναλώνεται για τις ανάγκες θέρμανσης, ενώ σημαντική κατανάλωση ενέργειας υπάρχει στο μαγείρεμα (13%). [8]



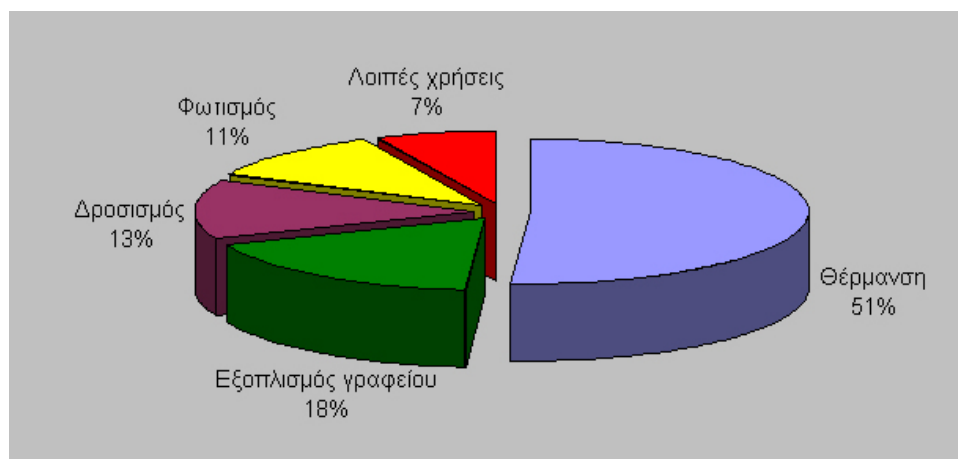
Σχήμα 1.7: Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στον οικιακό τομέα. [8]

Από πλευράς τύπου χρησιμοποιούμενου καυσίμου ο οικιακός τομέας προτιμά το πετρέλαιο (44,1%) και δευτερευόντως τον ηλεκτρισμό (26,8%) [9]. Ιδιαίτερη αύξηση παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στην κατανάλωση καυσόξυλων (17,4%), λόγω της οικονομικής κρίσης και της μεγάλης αύξησης στην τιμή του πετρελαίου.

Πίνακας 1.1: Κατανάλωση ενέργειας ανά τύπου καυσίμου στον οικιακό τομέα. [9]

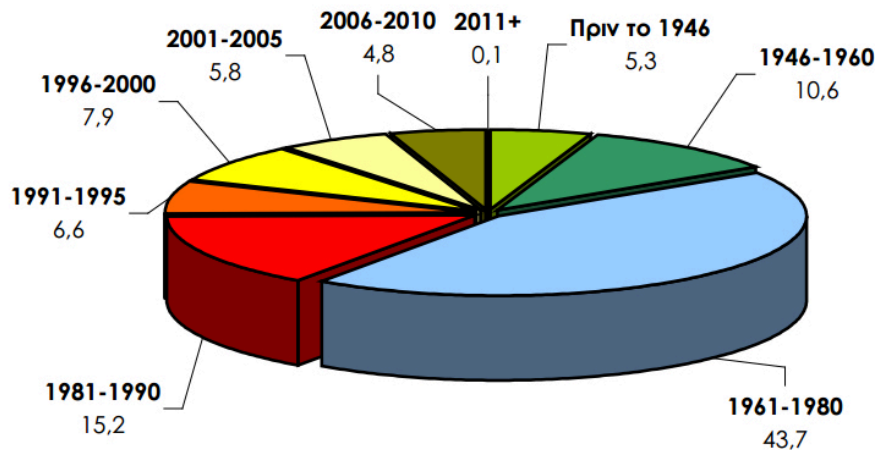
ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου	
Πετρέλαιο Θέρμανσης	44,1
Φυσικό αέριο	5,4
Τηλεθέρμανση	0,5
Κηροζίνη	0,3
Πυρήνας	0,3
Υγραέριο	1,8
Καυσόξυλα	17,4
Πελλέτες (Συσσωματώματα ξύλου)	0,5
Θερμική Ενέργεια (από Θερμικά Ηλιακά Συστήματα)	2,9
Ηλεκτρισμός	26,8
Σύνολο	100,0

Στα κτίρια του τριτογενή τομέα το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας (51%) επίσης χρησιμοποιείται για την θέρμανση των χώρων. Η μεγάλη διαφορά είναι ότι στον τριτογενή τομέα υπάρχει πολύ μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού (11%). [Σχήμα 1.8]



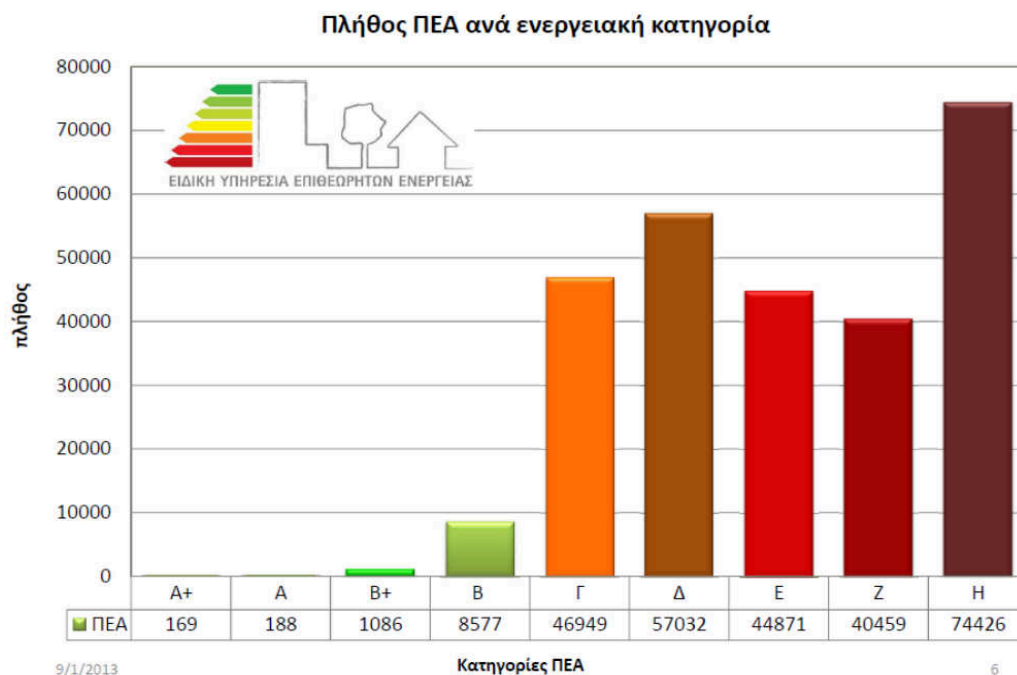
Σχήμα 1.8: Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στον τριτογενή τομέα [8]

Το μεγάλο πρόβλημα της ενεργειακής σπατάλης στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από την ελλιπή ή ανύπαρκτη θερμομόνωση των κτιρίων. Το έτος κατασκευής της πλειονότητας αυτών είναι πριν το 1981 [Σχήμα 1.9], όπου άρχισε να ισχύει ο κανονισμός της θερμομόνωσης, με αποτέλεσμα να καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Μάλιστα σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΕΚΑ ως το 2001 το 70% των κτιρίων ήταν αμόνωτο, το 20% είχε ελλιπή μόνωση και μόλις το 10% ήταν επαρκώς μονωμένο.



Σχήμα 1.9: Κατανομή κτιρίων στην Ελλάδα με βάση το έτος κτίσης τους. [9]

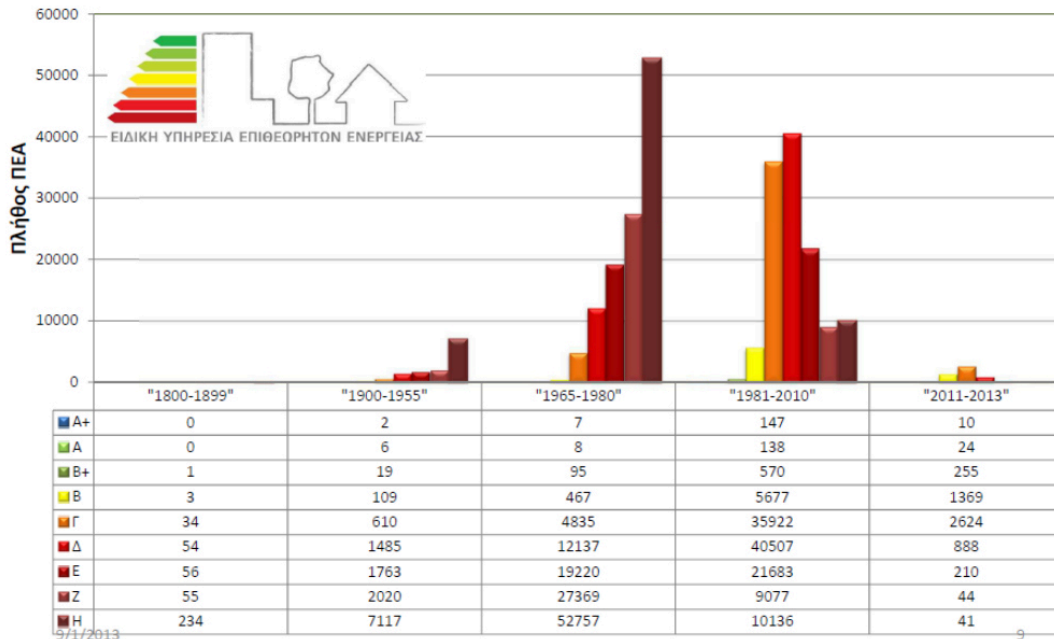
Χρησιμοποιώντας τα εκδοθέντα ενεργειακά πιστοποιητικά ως το τέλος του 2012, το ΥΠΕΚΑ [10] δημοσίευσε συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την κατάσταση των ελληνικών κτιρίων, τα οποία ήταν απογοητευτικά. Σύμφωνα με τα στοιχεία, όπως αυτά παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.10, 1 στα 3 κτίρια παρουσιάζει “ενεργειακή τρύπα”, αφού κατατάχθηκε στην τελευταία ενεργειακή κλάση. Επίσης το 96,3% του κτιριακού δυναμικού υπολείπεται του κτιρίου αναφοράς, πράγμα που υποδεικνύει τις τεράστιες δυνατότητες εξοικονόμησης από τα κτίρια.



Σχήμα 1.10: Ενεργειακές κατηγορίες εκδοθέντων ΠΕΑ ως το τέλος του 2012. [10]

Στο Σχήμα 1.11 αποτυπώνεται το πλήθος των εκδοθέντων ενεργειακών πιστοποιητικών ανά ενεργειακή κατηγορία για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους κατασκευής των κτιρίων. Από το σχήμα αυτό είναι εμφανές ότι τα περισσότερα κτίρια που είναι κατασκευασμένα πριν τον Κανονισμό της Θερμομόνωσης κατατάσσονται στην τελευταία ενεργειακή κλάση, ενώ τα χτισμένα μετά το 1980 η επικρατούσα ενεργειακή κατηγορία είναι η “Δ”.

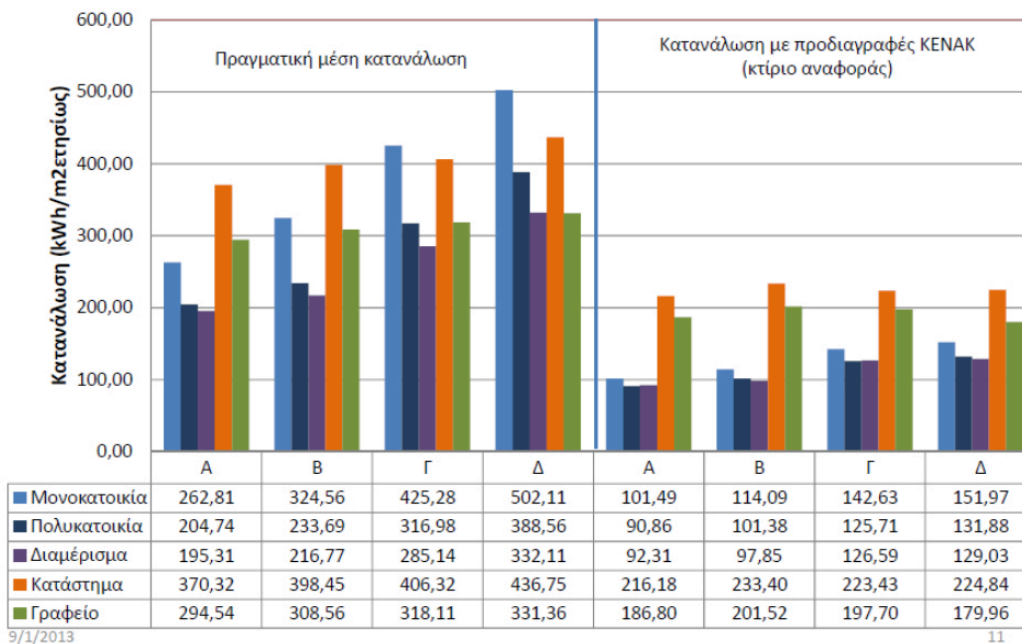
Πλήθος ΠΕΑ ανά ενεργειακή κατηγορία για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους κατασκευής των κτιρίων



Σχήμα 1.11: Κατηγορίες ΠΕΑ ανά χρονική περίοδο κατασκευής

Με βάση το αποτυπωμένο κτιριακό απόθεμα (274.000 κτίρια, 31.062.000 τ.μ.) η μέση υπολογιζόμενη κατανάλωση ενέργειας είναι 293 kWh/m² ετησίως, ενώ αν αυτά τα κτίρια ήταν κατασκευασμένα με τις σύγχρονες προδιαγραφές του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) θα κατανάλωναν κατά μέσο όρο 141 kWh/m² ετησίως (ποσοστό εξοικονόμησης 48%) [Σχήμα 1.12]

Πραγματική μέση κατανάλωση και κατανάλωση με προδιαγραφές ΚΕΝΑΚ για τις πιο συνήθεις χρήσεις κτιρίου ανά θερμική ζώνη (Α έως Δ)



Σχήμα 1.12: Πραγματική μέση κατανάλωση και κατανάλωση με προδιαγραφές ΚΕΝΑΚ [10]

1.5 Εγχώρια νομοθεσία για την εξοικονόμηση ενέργειας

Η πρώτη ουσιαστική προσπάθεια της Ελλάδας για εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα εμφανίστηκε το 1979 με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) και στη συνέχεια με την σύσταση του Κανονισμού Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ).

Ο Κανονισμός της Θερμομόνωσης [11] είχε κύριο στόχο τη μείωση των απωλειών θερμότητας από το κτιριακό κέλυφος, έτσι ώστε οι απαιτήσεις θέρμανσης του κτιρίου να ελαχιστοποιούνται. Ήταν υποχρεωτική η εφαρμογή του στα νέα κτίρια, χωρίς όμως να διατυπώνει απαιτήσεις για τα υφιστάμενα.

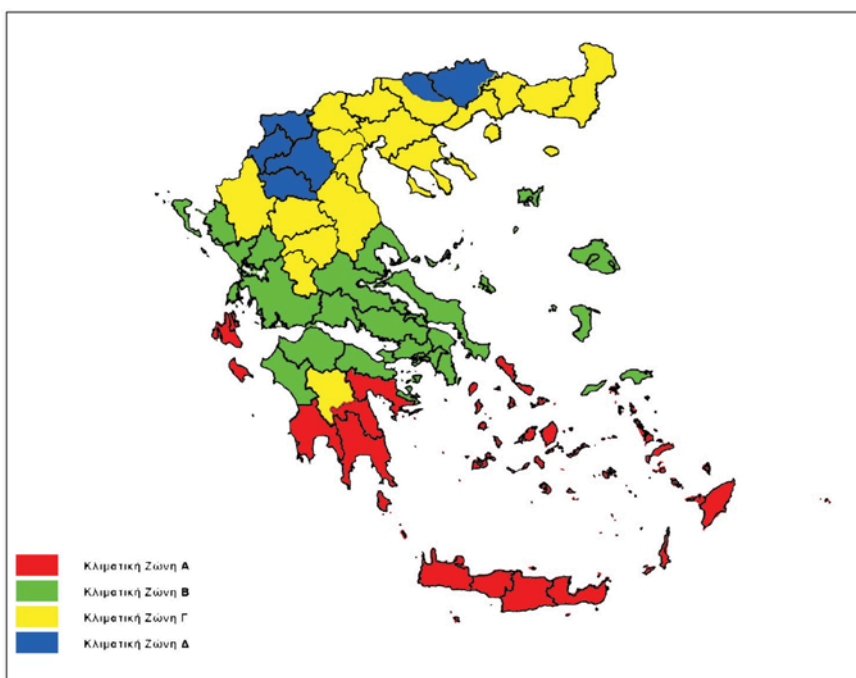
Ο ΚΟΧΕΕ [12] προσανατολιζόταν στον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Περιείχε μέτρα πολιτικής για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και του μικροκλίματος και εισήγαγε έννοιες και θεσμούς για προαγωγή της ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης των ενεργειακών πόρων και της χρήσης των ΑΠΕ, τη βελτίωση της ποιότητας κατασκευής κλπ, που εντάσσονται στις αρχές του αειφόρου σχεδιασμού και της οικολογικής δόμησης.

Αργότερα η Ελλάδα, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όφειλε να εναρμονιστεί με τις νέες οδηγίες και να συμμετέχει στην αναβάθμιση του κτιριακού τομέα με σκοπό την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έκανε σαφές ότι τα κράτη-μέλη οφείλουν να θεσπίσουν τις δικές τους οδηγίες λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές κλιματολογικές, οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες και έτσι το 2010 συστάθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK).

Ο KENAK [13] είναι η πρώτη ολοκληρωμένη προσπάθεια από ελληνικής πλευράς όσον αφορά τον καθορισμό όλων των παραμέτρων που επιδρούν στην ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου. Ειδικότερα εστιάζεται στον προσδιορισμό της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Αναφέρεται σε τεχνικές όπως ο Ενεργειακός Σχεδιασμός του Κελύφους, τα αποδοτικά δομικά υλικά που πρέπει να χρησιμοποιούνται, τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και την συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).

Με τον KENAK η επικράτεια χωρίστηκε πλέον 4 κλιματικές ζώνες, όπως αποτυπώνεται στο σχήμα 1.13. Ανάλογα με την κλιματική ζώνη ορίστηκαν οι μέγιστοι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων [Πίνακας 1.2] αλλά και ο μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας [Πίνακα 1.3].

Η καινοτομία του KENAK όμως ήταν ότι ασχολήθηκε και με τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις (Η/Μ) για τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια απαιτώντας να τηρούνται ορισμένες βασικές προϋποθέσεις. Με τον τρόπο αυτό εξασφάλισε την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων σε σχέση με τα υφιστάμενα, θέτοντας τα θεμέλια για την επίτευξη κτιρίων που θα καταναλώνουν όσο το δυνατό λιγότερη ενέργεια.



Σχήμα 1.13: Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών με βάση τον ΚΕΝΑΚ. [13]

Πίνακας 1.2: Μέγιστοι επιτρεπόμενοι Συντελεστές Θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη [13]

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	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 _{v,ρ}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	U _{v,w}	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλωτή).	U _{v,ρL}	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	U _{v,ε}	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους χώρους.	U _{v,we}	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.ά.)	U _{v,F}	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες.	U _{v,gF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 1.3: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη [13]

A/V (m ⁻¹)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (U _m) σε [W/m ² .K]			
	Ζώνη A	Ζώνη B	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

Στις 19 Φεβρουαρίου 2013 δημοσιεύθηκε στην εφημερίδα της Κυβερνήσεως ο νόμος 4122/2013, ο οποίος ουσιαστικά αναπροσαρμόζει το υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο στις απαιτήσεις της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ και του Κανονισμού 244/2012/ΕΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο νόμος αυτός ασχολείται με τον υπολογισμό των βέλτιστων από πλευράς κόστους επιπέδων των ελαχίστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης.

Ο Νόμος 4122/2013 [14] επίσης δίνει βασικές κατευθύνσεις σε ότι αφορά στην έκδοση των πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ), ενώ παράλληλα αναφέρεται στις επιθεωρήσεις των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού. Το σπουδαιότερο όμως είναι ότι υποχρεώνει από το 2021 όλα τα νέα κτίρια να είναι κτίρια “σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας” και να καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), ενώ για τα δημόσια κτίρια αυτό θα ισχύει από το 2019.

ΧΡΗΣΗ:		ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	
Κτίριο <input type="checkbox"/>	Τρίτο κτίριο <input type="checkbox"/>	Πηγή ενέργειας	Τελική χρήση
Αριθμός ιδιοκτησίας:		Ηλεκτρική	Θέρμανση Φωτισμός
Κλιματική Ζώνη:		Θερμικά κούτσουρα	Φυσικό αέριο
Διεύθυνση:		Άλλοι:	Θέρμανση Φύση ΖΗΧ
Τ.Κ.:		Ηλιακή	Θέρμανση Φωτισμός Φύση ΖΗΧ
Πύλη:		Βιοαέρι	Θέρμανση Φύση ΖΗΧ
Έτος κατασκευής:		Γεωθερμία	Θέρμανση Φύση ΖΗΧ
Συνολική επιφάνεια [m ²]:		Άλλοι:	Θέρμανση Φωτισμός Φύση ΖΗΧ
Θερμότητα μεταφοράς [m ²]:		Σύνολο	
Όνομα ιδιοκτήτη:			
ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ		ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ [kWh/m²]	
ΜΗΔΕΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ		Θέρμανση: Ψύξη:	
EP ≤ 0,25 kWh/m ² A+		Ζεστό Νερό Χρήσης (ΖΗΧ): Φωτισμός:	
0,25 kWh/m ² < EP ≤ 0,5 kWh/m ² A		ΑΠΕ & ΣΗΘ: (-)	
0,5 kWh/m ² < EP ≤ 0,75 kWh/m ² B+		ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
0,75 kWh/m ² < EP ≤ 1,0 kWh/m ² B		1.	
1,0 kWh/m ² < EP ≤ 1,41 kWh/m ² Γ		2.	
1,41 kWh/m ² < EP ≤ 1,82 kWh/m ² Δ		3.	
1,82 kWh/m ² < EP ≤ 2,27 kWh/m ² E		Αριθμός συστοιχίας	
2,27 kWh/m ² < EP ≤ 2,73 kWh/m ² Z		Εκτιμώμενο αρχικό κόστος επένδυσης [€]	
2,73 kWh/m ² < EP H		Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και θερμότητας* [kWh/m ²]	
		[%]	
		[€/kWh]	
		Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO ₂ * [kg/m ²]	
		Εκτιμώμενη πρόβλεψη αποπληρωμής* [€]	
		*	
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ		Ημερομηνία έκδοσης ΠΕΑ:	
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m ²]:		Ονοματεπώνυμο Επιθεωρητή:	
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:		Α.Μ. Επιθεωρητή:	
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO ₂ [kgCO ₂ /m ²]:		Σφραγίδα:	
Προγραμματισμένη κατανάλωση ενέργειας & Εκπομπές CO₂		Υπογραφή:	
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m ²]:	Κόστος [kWh/m ²]:	Θερμική άνεση <input type="checkbox"/>	
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]:	Λοιπών άνεση <input type="checkbox"/>	Οπτική άνεση <input type="checkbox"/>	
Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO ₂ [kg/m ²]:	Παύση αέρα <input type="checkbox"/>		

Σχήμα 1.14: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) [13]

Σημαντικό βήμα στη δημιουργία κινήτρων για την κατασκευή κτιρίων με ιδιαίτερα χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση έγινε στον Νέο Οικοδομικό Κανονισμό [15]. Συγκεκριμένα στο άρθρο 25 ο ΝΟΚ προβλέπει ότι στην περίπτωση όπου το κτίριο κατατάσσεται, σύμφωνα με την ενεργειακή του μελέτη βάση ΚΕΝΑΚ, στην ανώτερη ενεργειακή κατηγορία “A+” και σύμφωνα με τον ενεργειακό σχεδιασμό του απαιτείται η ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας μέσω συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και μονάδων Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Αποδοτικότητας (ΣΗΘΥΑ), καθώς και συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τότε δίνεται κίνητρο αύξησης του συντελεστή δόμησης κατά 5%. Επίσης προβλέπει ειδική αύξηση του συντελεστή δόμησης κατά 10% σε κτίρια ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης που παρουσιάζουν παράλληλα εξαιρετική περιβαλλοντική απόδοση. Η προϋπόθεση είναι τα κτίρια αυτά να παρουσιάζουν ετήσια πρωτογενή ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, κλιματισμό, φωτισμό, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης χαμηλότερη των 10 kWh/m²/έτος.

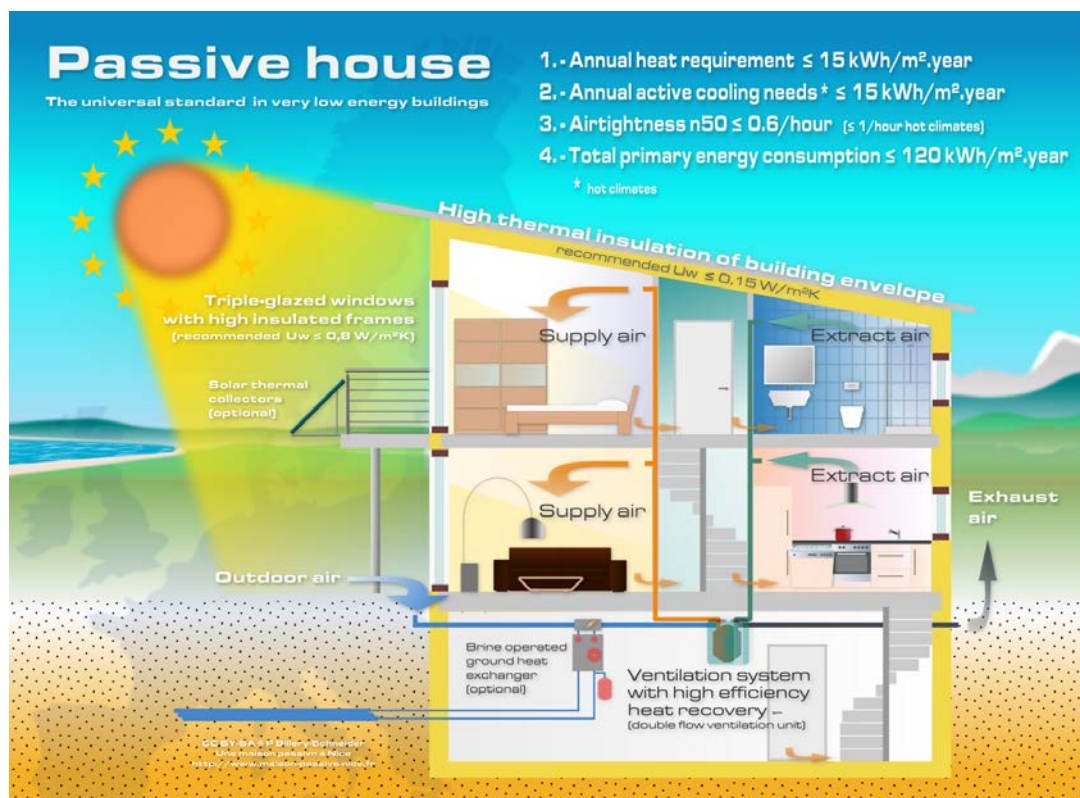
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΚΤΙΡΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

2.1 Εισαγωγή - Ορισμοί

Ο κτιριακός τομέας είναι από τους πλέον δαπανηρούς σε κατανάλωση ενέργειας αλλά παράλληλα έχει τεράστιο περιθώριο εξοικονόμησης με κατάλληλα μέτρα, χωρίς να υπάρξει καμία απώλεια της ποιότητας των ανέσεων στο εσωτερικό περιβάλλον. Η ευρωπαϊκή νομοθεσία, με την οποία οφείλει να συμμορφωθεί και η ελληνική νομοθεσία, επιβάλλει τα κτίρια του μέλλοντος να είναι ιδιαίτερα χαμηλών ενεργειακών απαιτήσεων, αλλά και παράλληλα τα υφιστάμενα να μετατραπούν και αυτά σε χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.

Γενικά υπάρχουν τρεις τέτοιοι τύποι κτιρίων, ο ορισμός των οποίων όμως δεν είναι κοινώς σε όλες τις χώρες αλλά διαφέρει σύμφωνα με την εκάστοτε κρατική νομοθεσία. Αυτοί οι τύποι κτιρίων είναι τα “Παθητικά Κτίρια”, τα “Κτίρια Χαμηλής Ενεργειακής Κατανάλωσης” και τα “Κτίρια Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης”.

Για το “Παθητικό Κτίριο” στην Ελλάδα ακολουθήθηκε ο ορισμός της Γερμανίας, ο οποίος το ορίζει ως το κτίριο που έχει μέγιστη ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη 15 kWh/m^2 το χρόνο και λιγότερο από 120 kWh/m^2 το χρόνο για θέρμανση, ψύξη, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και για όλες τις ηλεκτρικές συσκευές. Ο όρος προήλθε από τον καθηγητή Wolfgang Feist και την ομάδα του σε ένα Πολυτεχνείο στη Γερμανία. Το Παθητικό Κτίριο (Passive House στα αγγλικά, Passiv Haus στα γερμανικά) είναι ένα πρότυπο κτιρίου το οποίο προσφέρει ταυτόχρονα υψηλή ενεργειακή απόδοση, άνεση, οικονομία και είναι φιλικό προς το περιβάλλον.



Σχήμα 2.1: Αρχές κατασκευής Παθητικού κτιρίου [16]

Ανεξάρτητα από το κλίμα ή την περιοχή τα κτίρια αυτά διατηρούν όλο το χρόνο μία άνετη και ευχάριστη θερμοκρασία με ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις. Τα κτίρια θερμαίνονται παθητικά, δηλαδή κάνουν αποτελεσματική χρήση του ήλιου, των εσωτερικών πηγών θερμότητας και της ανάκτησης θερμότητας, με αποτέλεσμα τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης να μην είναι απαραίτητα ακόμα και τις πιο κρύες ημέρες του χειμώνα. Τους θερινούς μήνες το Παθητικό Κτίριο χρησιμοποιεί παθητικές τεχνικές ψύξης, όπως είναι ο σωστός σχεδιασμός σκίασης και νυχτερινού φυσικού αερισμού, προκειμένου να διατηρείται δροσερό. Σε κάθε περίπτωση τα εξαιρετικής ποιότητας και τεχνολογίας υλικά και ο προσεκτικός σχεδιασμός εγγυώνται ότι οι θερμοκρασίες παραμένουν όλο το χρόνο σε σταθερά και επιθυμητά για τους χρήστες επίπεδα.

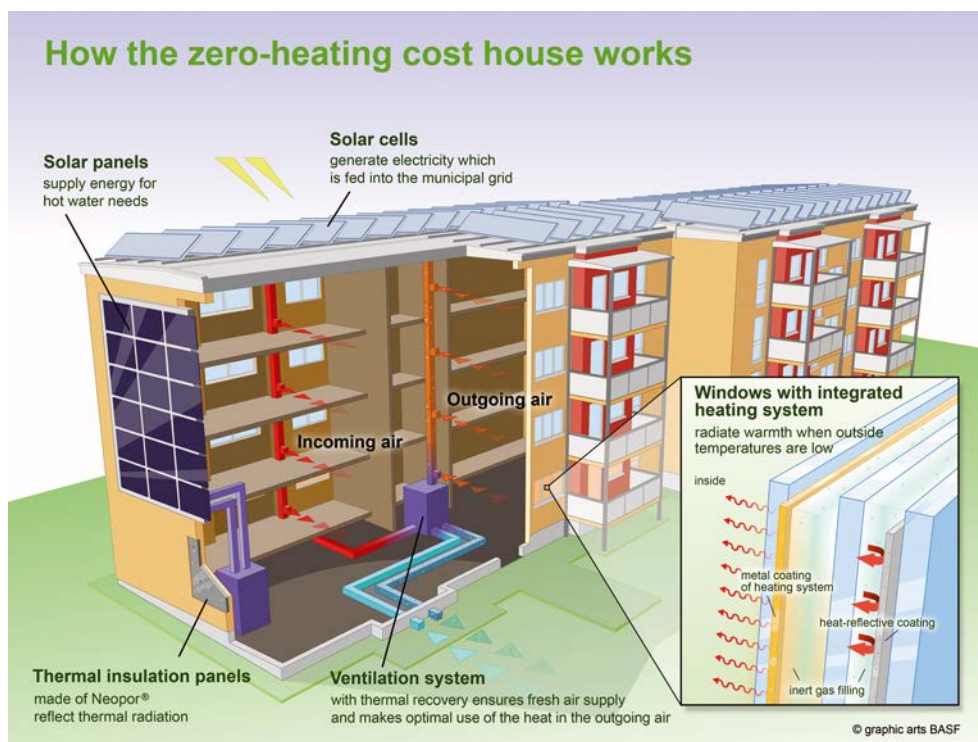
Εκτός από τα Παθητικά, υπάρχουν και τα Κτίρια Χαμηλής και Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης. Αν και δεν υπάρχει ακόμα σαφής ορισμός των δύο εννοιών, η κεντρική ιδέα είναι ότι ο όρος “Κτίριο Χαμηλής Ενεργειακής Κατανάλωσης”, ή “nZEB”, αναφέρεται σε ένα τύπο κτιρίου που εξασφαλίζει μέγιστη άνεση στους χρήστες, τόσο και τη διάρκεια του χειμώνα, όσο και του καλοκαιριού, με ελάχιστη ή μηδενική συμβατική θέρμανση και χωρίς ενεργή ψύξη. Αντίστοιχα ως “Κτίριο Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης”, ή “NZEB” ή απλά “ZEB”, ορίζονται τα κτίρια που επιτυγχάνουν μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο. Ένα κτίριο μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου έχει τη δυνατότητα να εξασφαλίζει την ενέργεια που χρειάζεται κατά τη διάρκεια ενός ολόκληρου έτους, μέσα από ανανεώσιμες πηγές. Εξακολουθεί να είναι δηλαδή ένα κτίριο συνδεδεμένο στο δίκτυο, παρέχοντας ενέργεια σε αυτό όταν έχει αποθέματα και αντλώντας ενέργεια από αυτό όταν οι ανάγκες του για κατανάλωση ενέργειας είναι μεγαλύτερες από αυτές που τα συστήματά του μπορούν να παράξουν. Η επάρκεια ενός κτιρίου σε ενέργεια εξαρτάται από τη χρήση την οποία θα φιλοξενεί (κατοικία, γραφεία, βιομηχανία), από το κόστος των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν, το κλίμα της περιοχής, τις διαθέσιμες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς και τις προθέσεις των ιδιοκτητών.



Σχήμα 2.2: Συγκρότημα κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης στο Beddington (Μεγάλη Βρετανία). [17]

Τα κτίρια αυτά είναι εφοδιασμένα συνήθως με αποδοτικές κτιριακές τεχνολογίες και συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τις περισσότερες φορές αυτό σημαίνει την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, μέσω της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πάνελ για τις ανάγκες ηλεκτροδότησης και θέρμανσης τόσο των εσωτερικών χώρων,

όσο και του νερού. Χρειάζεται, ωστόσο, κατά την κατασκευή να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως ο παθητικός ηλιακός σχεδιασμός καθώς και ο φυσικός δροσισμός και αερισμός, που θα ελαχιστοποιήσουν τις ανάγκες της κατασκευής για ενέργεια, ενώ καθοριστικό ρόλο παίζει κάθε φορά και το μικροκλίμα της εκάστοτε περιοχής. Αν τα συγκεκριμένα αντιμετωπιστούν και λυθούν κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας, κυρίως για τα μικρά κτίρια μπορούν να καλυφθούν σχετικά εύκολα στη συνέχεια. Ο πιο οικονομικός τρόπος για να επιτευχθεί αυτό στη σημερινή εποχή είναι με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ ή μιας μικρής ανεμογεννήτριας. Ωστόσο, σχεδόν μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο σε κτίρια κατοικιών μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να επιτευχθεί μόνο με τη χρήση υπέρ-αποδοτικών κατασκευαστικών τεχνολογιών και χωρίς τη χρήση επιτόπιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στα κτίρια αυτά η σχεδόν μηδενική, ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου θα πρέπει να προέρχονται σε πολύ μεγάλο ποσοστό, εάν δύναται και εξ' ολοκλήρου, από επιτόπιες ή παρακείμενες πλησίον του κτιρίου Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Δηλαδή, η καταναλισκόμενη ενέργεια που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου κατά την διάρκεια ενός τυπικού έτους πρέπει να είναι μηδενική.



Σχήμα 2.3: Τρόπος επίτευξης ενός κτιρίου ZEB. [18]

2.2 Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα

Η κατασκευή νέων κτιρίων υψηλής ενεργειακής απόδοσης, αλλά και η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των υφιστάμενων έχει προφανώς σημαντικότερα πλεονεκτήματα αλλά και ορισμένα μειονεκτήματα που δημιουργούν προβληματισμούς.

Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα είναι τα εξής:

- Εξοικονόμηση χρημάτων που απαιτούνται για τη λειτουργία, μέσω μείωσης των λογαριασμών ενέργειας. Παράλληλα σε νεόδμητα κτίρια γίνεται εξοικονόμηση χρημάτων που απαιτούνται για εξοπλισμό θέρμανσης σε σχέση με τα συμβατικά. Στα

κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης η εξοικονόμηση κόστους από τη συντήρηση των συστημάτων αυτών μπορεί να καλύψει μεγάλο μέρος από τα επιπλέον έξοδα του κτιρίου. Ακόμη και στα υφιστάμενα τα έξοδα συντήρησης και τα τέλη σύνδεσης μειώνονται με τη χρήση τέτοιων συστημάτων.

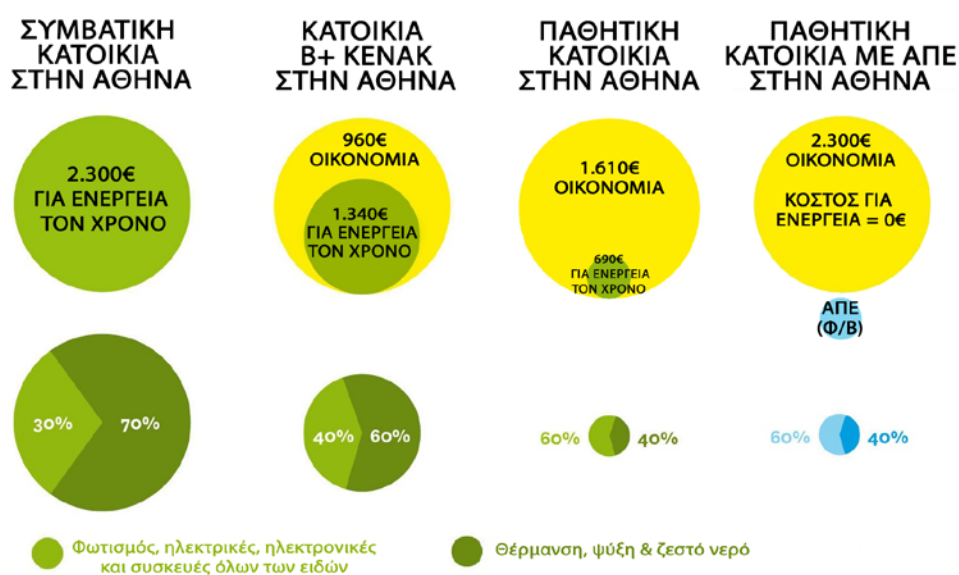
- Βελτίωση των συνθηκών άνεσης στους χώρους κατοικίας και εργασίας, κατά συνέπεια πρόοδος στο επίπεδο διαβίωσης μεγάλου μεριδίου ανθρώπων. Τα κτίρια αυτά διατηρούν την υγρασία σε πολύ χαμηλά επίπεδα και αποτρέπουν την εμφάνιση μυκήτων και μούχλας που επιβαρύνουν τον οργανισμό. Με τις νέες συνθήκες υπάρχει μείωση των κρυολογημάτων και των αναπνευστικών προβλημάτων και κατά συνέπεια λιγότερες επισκέψεις σε γιατρούς, μείωση των εξόδων για νοσηλείες αλλά και μικρότερη πιθανότητα απουσίας των κατοίκων από τις δουλειές τους ή το σχολείο τους.

- Μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, αλλά και λοιπών ρύπων, που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Με το 40% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση να προέρχεται από τον κτιριακό τομέα, όπως και το 40% των συνολικών εκπομπών CO₂ γίνεται αμέσως αντιληπτή η ανακούφιση που θα προκαλέσει στο περιβάλλον η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων.

- Βελτίωση της οικονομίας των χωρών και σταδιακή απεξάρτηση από τρίτες χώρες, λόγω περιορισμού στις εισαγωγές καυσίμων. Περίπου το 80% της ενέργειας της Ευρώπης σήμερα προέρχεται από τα ορυκτά καύσιμα, ένα σημαντικό πλεονέκτημα στη μείωση των συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων είναι η μείωση της εξάρτησης από τις χώρες που παρέχουν τα ορυκτά καύσιμα. Πολλές από αυτές τις χώρες είναι σε περιοχές με πολιτική αστάθεια, γεγονός το οποίο έχει δραματική επίδραση στη διαθεσιμότητα των καυσίμων και στο κόστος τους τα τελευταία 40 χρόνια, και όπως όλα δείχνουν αυτό θα συνεχιστεί και στο μέλλον.

- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στους τομείς που ασχολούνται με την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων. Επιπλέον διαδικασία αναβάθμισης θα δώσει ώθηση στον οικοδομικό κλάδο, ο οποίος είναι σε κρίση τα τελευταία χρόνια, αλλά και στις αγορές των υλικών, όπως των μονωτικών, των κουφωμάτων κ.τ.λ.

- Σε περίπτωση οικοδομής υπό ανέγερση, εκμετάλλευση της παροχής επιπλέον συντελεστή δόμησης για δημιουργία κτιρίου ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης, που συνεπάγεται αύξηση της επιφάνειας του κτιρίου και των εσόδων από την πώληση των μεγαλύτερων διαμερισμάτων.



Σχήμα 2.4 Κατανάλωση ενέργειας και κόστος σε σχέση με την ενεργειακή αναβάθμιση μιας κατοικίας στην Αθήνα. [19]

Παράλληλα με τις σπουδαίες ωφέλειες, η ενεργειακή αναβάθμιση έχει και ορισμένα μειονεκτήματα, κυρίως από τεχνοοικονομικής πλευράς, που είναι τα εξής:

- Η δυσκολία εφαρμογής ορισμένων επεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης σε υφιστάμενα κτίρια, ειδικά στον αστικό ιστό.
- Η μεγάλη οικονομική επιβάρυνση για την εγκατάσταση νέων τεχνολογιών στα κτίρια. Για αυτό το λόγο οι ιδιοκτήτες συνηθίζεται να προτιμούν επενδύσεις ενέργειας οι οποίες είναι σχετικά μικρής ενεργειακής απόδοσης αλλά έχουν χαμηλό αρχικό κόστος.
- Ο μεγάλος χρόνος οικονομικής απόσβεσης που λειτουργεί σαν αποτρεπτικός παράγοντας για την εφαρμογή νέων τεχνολογιών, ειδικά με την παρούσα οικονομική συγκυρία. Οι επενδύσεις για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων παρουσιάζουν περίοδο αποπληρωμής μεγαλύτερη από αυτή άλλων συνηθισμένων επενδύσεων με αποτέλεσμα να θεωρούνται επενδύσεις χαμηλής προτεραιότητας.

2.3 Δέσμες μέτρων για την υλοποίηση κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

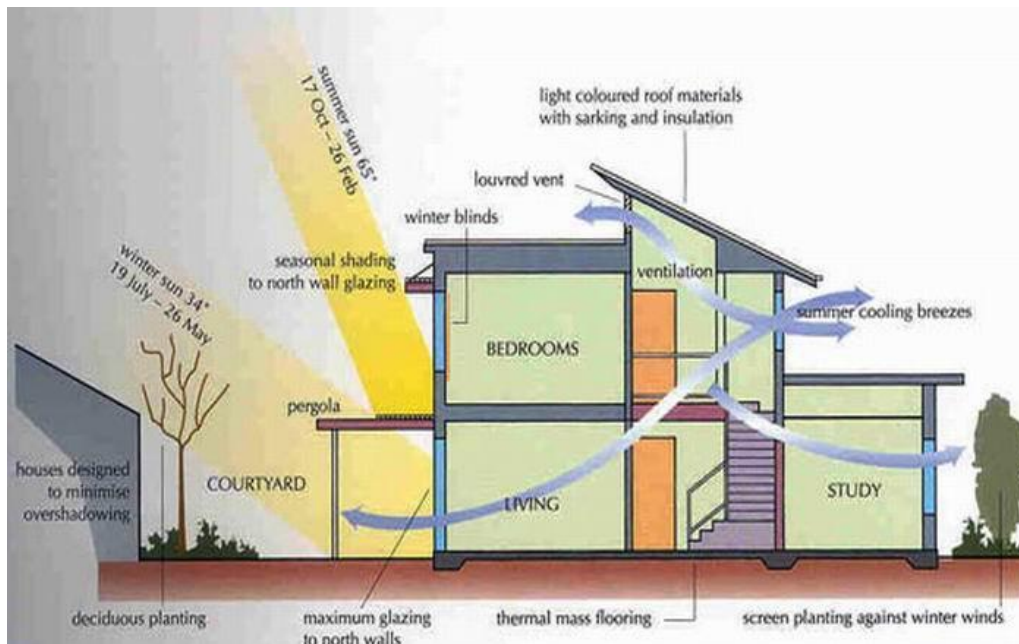
Η δημιουργία ενός κτιρίου χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης δεν είναι απλή υπόθεση και απαιτεί δέσμη μέτρων για να επιτευχθεί. Όσον αφορά την κατασκευή νέων κτιρίων τα πράγματα είναι σαφώς πολύ ευκολότερα από την περίπτωση της αναβάθμισης υφιστάμενων, καθώς πολύ σημαντικό ρόλο παίζει ο σχεδιασμός του κτιρίου ώστε να βοηθά στην εφαρμογή παθητικών συστημάτων. Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των πιθανών μέτρων και παρεμβάσεων για την επίτευξη ενός χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου, συνοδευόμενη με οικονομικά στοιχεία αλλά και ενδεχόμενα προβλήματα στην εφαρμογή τους.

2.3.1 Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός

Στην περίπτωση της κατασκευής νέων κτιρίων δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στην επιλογή της θέσης, του προσανατολισμού και της γεωμετρίας έτσι ώστε αυτό να εκμεταλλεύεται πλήρως το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται. Τα μέτρα που αναλύονται στη συνέχεια έχουν κυρίως εφαρμογή στα υπό κατασκευή κτίρια.

- **Προσανατολισμός κτιρίου**

Ο προσανατολισμός και το σχήμα του υπό κατασκευή κτιρίου καθορίζεται με βάση τους ηλιακούς χάρτες, όπου φαίνεται η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών σε κάθε τόπο, για κάθε εποχή και την κάθε ώρα της ημέρας. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι το κτίριο να συλλέγει τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και να την αποφεύγει όταν αυτή είναι ανεπιθύμητη, δηλαδή το καλοκαίρι. Ο προσανατολισμός γενικά πρέπει να είναι νότιος, ή έστω να αποκλίνει λίγο από αυτόν (έως 30°). Η επιλογή του νότιου προσανατολισμού με το μεγαλύτερο μέρος του κελύφους να κοιτάει στον νότο βοηθά ώστε να έχουμε μεγαλύτερο κέρδος φυσικού φωτισμού. Από πλευράς γεωμετρίας, το καλύτερο σχήμα για το κλίμα της Ελλάδας είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής-δύσης γιατί προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο.



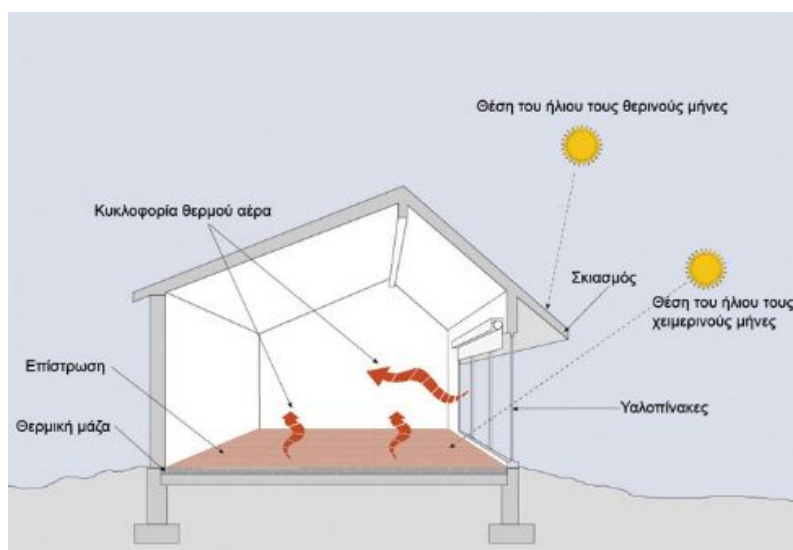
Σχήμα 2.5: Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός κτιρίου χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης [20]

- **Διάταξη ανοιγμάτων**

Η διάταξη των ανοιγμάτων του κτιρίου επίσης παίζει σημαντικό ρόλο. Γενικά κατά το σχεδιασμό των ανοιγμάτων το ζητούμενο είναι η κατασκευή μεγάλων νότιων ανοιγμάτων για την εκμετάλλευση του ήλιου, μετρίου μεγέθους στην ανατολική και δυτική πλευρά και πολύ μικρότερων στην ψυχρή βορινή, ώστε να μην επιβαρύνονται οι θερμικές απώλειες. Καλό είναι, αν είναι δυνατόν, να προβλέπονται ανοίγματα και στις τέσσερις πλευρές του κτιρίου για την διασφάλιση όχι μόνο φυσικού φωτισμού αλλά και αερισμού το καλοκαίρι.

- **Σχεδιασμός προβόλων**

Για την μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών το χειμώνα χωρίς να επιβαρύνονται τα απαιτούμενα ψυκτικά φορτία του κτιρίου τους θερινούς μήνες, είναι απαραίτητος ο σωστός σχεδιασμός των οριζόντιων προβόλων, ειδικά στο νότιο προσανατολισμό που διαθέτει τα μεγαλύτερα ανοίγματα. Το σχήμα 2.6 είναι ενδεικτικό της κατάλληλης κατασκευής προβόλων για ένα σπίτι χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.



Σχήμα 2.6 Σχεδιασμός προβόλου για σωστή εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας χειμώνα-καλοκαίρι. [21]

- **Φυσικός αερισμός**

Ο φυσικός δροσισμός και αερισμός των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου έχει τη δυνατότητα να συνεισφέρει, στη βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών και της ποιότητας του αέρα καθώς και στην ελαχιστοποίηση της χρονικής περιόδου όπου απαιτείται η μηχανική υποστήριξη για ψύξη. Για να επιτευχθεί αυτό, είναι απαραίτητη η προστασία του κτιρίου, ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο τα ηλιακά κέρδη και συνεπώς η θερμότητα που επιβαρύνει το εσωτερικό του κατά τη θερινή περίοδο καθώς και η δυνατότητα απόρριψης της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου με φυσικό τρόπο.

Παραδοσιακά στον ελλαδικό χώρο ο φυσικός αερισμός κατά τη διάρκεια της νύχτας τους θερινούς μήνες, είναι ένας από τους πλέον αποτελεσματικούς τρόπους καταπολέμησης της θερμότητας που επιβαρύνει τα κτίρια κατά τη διάρκεια της ημέρας. Σημαντικό ρόλο παίζει ο σχεδιασμός του κτιρίου, με την κατάλληλη διάταξη των ανοιγμάτων και των εσωτερικών χώρων, ώστε να βελτιστοποιείται η ροή του αέρα στο εσωτερικό του.

- **Χρωματισμός εξωτερικών επιφανειών**

Το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου επηρεάζει την ποσότητα της θερμότητας που μπαίνει μέσα στο κτίριο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στα ζεστά κλίματα οι εξωτερικές επιφάνειες που αντιμετωπίζουν την έντονη ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να βάφονται σε χρώματα ανοιχτά, που απορροφούν λιγότερη θερμική ενέργεια. Αντίθετα στην περίπτωση των ψυχρών κλιμάτων ενδείκνυται οι επιφάνειες να βάφονται σε σκούρες αποχρώσεις ώστε να απορροφούν μεγαλύτερα ποσά ηλιακής θερμικής ακτινοβολίας.

2.3.2 Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός δημιουργεί τις προϋποθέσεις για να είναι ευκολότερη η κατασκευή ενός κτιρίου χαμηλής κατανάλωσης. Η σπατάλη ενέργειας ωστόσο πραγματοποιείται από το υπάρχον κτιριακό δυναμικό, το οποίο στην περίπτωση της Ελλάδας είναι φοβερά ενεργοβόρο. Επειδή μάλιστα το 92% των υφιστάμενων κτιρίων του 2005 αναμένεται να εξακολουθεί να χρησιμοποιείται το 2050, είναι προφανές πόσο σημαντική είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του. Τα μέτρα που μπορούν να παρθούν για αυτήν την αναβάθμιση είναι τα ακόλουθα.

- **Θερμομόνωση κελύφους, δαπέδου, δώματος**

Η θερμική μόνωση στην τοιχοποιία, τα δάπεδα, τις οροφές/στέγες, είναι το πρώτο και βασικό μέτρο που πρέπει να εφαρμοστεί για την επίτευξη ενός κτιρίου χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Βοηθά στην εξισορρόπηση των αλλαγών θερμοκρασίας και επιτρέπει στο κτίριο να έχει τη σωστή θερμοκρασία και υγρασία και να είναι πιο επαρκές ενεργειακά. Ο στόχος πρέπει να είναι πρακτικά η επίτευξη όσο το δυνατόν καλύτερης θερμομόνωσης.

Στην Ελλάδα ο Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) δημιουργήθηκε μόλις το 1979 και επομένως τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν από αυτόν είναι αμόνωτα, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων ιδιοκτητών που έκαναν μετέπειτα ενεργειακές παρεμβάσεις. Αυτό έχει σαν επακόλουθο τα κτίρια πριν το 1980, σύμφωνα με επίσημα στοιχεία του ΥΠΕΚΑ, να ταξινομούνται σε συντριπτικό ποσοστό στις 2 τελευταίες ενεργειακές κατηγορίες, “Ζ” και “Η”. Αλλά ακόμα και μετά το 1980, η αλήθεια είναι οι κατασκευαστές, κυρίως λόγω ανύπαρκτων ελέγχων από το κράτος, δεν εφάρμοζαν ως όφειλαν τις μελέτες θερμομόνωσης και τοποθετούσαν μονωτικά

μικρότερου πάχους από το προβλεπόμενο, με αποτέλεσμα και πιο σύγχρονα κτίρια να έχουν ελλιπή θερμομονωτική προστασία.

Στα υφιστάμενα κτίρια ο επικρατέστερος και πρακτικότερος τρόπος μόνωσης είναι η εξωτερική θερμομόνωση. Η εξωτερική τοποθέτηση μάλιστα είναι και ο καλύτερος ενεργειακά τρόπος μόνωσης, μιας και περιορίζει στο ελάχιστο τις θερμογέφυρες, τα αδύνατα σημεία δηλαδή του κτιρίου από τα οποία υπάρχει ροή θερμότητας, αλλά και προστατεύει το περίβλημα από υγρασιές και εμφάνιση υγρασίας και μούχλας.

Το κόστος τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης επηρεάζεται προφανώς από το είδος και την ποιότητα του μονωτικού που θα χρησιμοποιηθεί, το πάχος της μόνωσης αλλά και από τη μορφή του κτιρίου. Στην περίπτωση ενός δώματος η τοποθέτηση είναι αρκετά εύκολη και το κόστος περιορίζεται. Αντίθετα αν χρειαστεί να τοποθετηθούν εξωτερικά ικριώματα (σκαλωσιές) το κόστος ανεβαίνει αισθητά, καθώς, εκτός του κόστους της τοποθέτησης των ικριωμάτων, απαιτείται η έκδοση άδειας μικρής κλίμακας στην Πολεοδομία.

Ωστόσο υπάρχουν ορισμένα προβλήματα στην εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης. Ο πρώτος παρουσιάστηκε προηγουμένως και είναι η αύξηση του κόστους σε περίπτωση χρήσης σκαλωσιών. Επιπλέον αν πρόκειται για ένα μεμονωμένο διαμέρισμα που επιθυμεί ενεργειακή αναβάθμιση είναι πιθανό να μην υπάρχει συναίνεση των υπόλοιπων ιδιοκτητών της πολυκατοικίας με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί η εργασία. Μία ακόμα περίπτωση στην οποία υπάρχει αδυναμία εφαρμογής είναι της εξωτερικής τοιχοποιίας που βρίσκεται στο όριο του οικοπέδου και κατά συνέπεια δεν επιτρέπεται να προστεθεί οτιδήποτε εξωτερικά από αυτήν. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η εξωτερική θερμομόνωση δεν έχει καμία αξία στην περίπτωση ύπαρξης συρόμενων κουφωμάτων, μιας και τοποθετείται πριν από το κενό αέρα και επομένως οι επιφάνειες αυτές παραμένουν αμόνωτες.



Σχήμα 2.7: Εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης κελύφους.

Ένας εναλλακτικός τρόπος τοποθέτησης της θερμομόνωσης είναι εσωτερικά. Η εσωτερική θερμομόνωση είναι μονόδρομος όταν υπάρχουν τα προβλήματα που αναφέρθηκαν, καθώς για την τοποθέτηση της δεν απαιτούνται εγκρίσεις και

ικριώματα. Ένα ακόμα πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι το κόστος της εργασίας είναι πολύ πιο περιορισμένο. Τα μειονεκτήματα της είναι αφενός το γεγονός ότι είναι λιγότερο αποδοτική ενεργειακά, μιας και οι θερμογέφυρες είναι πολύ περισσότερες, και αφετέρου υπάρχει αδυναμία αντιμετώπισης της υγρασίας μιας και τα δομικά στοιχεία παραμένουν απροστάτευτα.

Με την υπόθεση τοποθέτησης ενός μονωτικού με αρκετά καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031 \text{ W/m}^2\text{K}$ πάχους 5 cm κάποια ενδεικτικά κόστη είναι τα εξής:

- Εξωτερική θερμομόνωση δώματος: 40 €/m².
- Εξωτερική θερμομόνωση δαπέδου: 30 €/m².
- Εξωτερική θερμομόνωση κελύφους: 50 €/m².
- Εσωτερική θερμομόνωση κελύφους: 25 €/m².

• **Ενεργειακά κουφώματα**

Τα ανοίγματα αποτελούν το πιο ευάλωτο σημείο μεταφοράς θερμότητας σε μία κατασκευή, καθώς καταλαμβάνουν συνήθως μεγάλο ποσοστό των όψεων και η θερμομονωτική ικανότητα τους υστερεί σημαντικά συγκριτικά με αυτή της τοιχοποιίας. Έτσι το είδος των ανοιγμάτων ενός κτιρίου επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις θερμικές του απώλειες και τα απαιτούμενα ψυκτικά φορτία. Ο δείκτης που αναδεικνύει την ενεργειακή ποιότητα κάθε κουφώματος είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_w , ο οποίος επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες όπως το υλικό του πλαισίου (αλουμινίου, ξύλινα, PVC), το πλάτος του και η θερμοδιακοπή που ενδεχομένως έχει, το είδος του τζαμιού (μονό, διπλό, τριπλό) και το είδος του αερίου με το οποίο γίνεται η πλήρωση στο διάκενο των υαλοπινάκων (αέρας, αργό, κρυπτό). Για την επίτευξη ενός σπιτιού χαμηλής κατανάλωσης είναι απαραίτητο τα κουφώματα να έχουν θερμοδιακοπή και τουλάχιστον διπλό τζάμι.

Πίνακας 2.1: Εξοικονόμηση ενέργειας από αντικατάσταση κουφωμάτων με ενεργειακά. [22]

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ/ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΤΥΠΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΙΠΛΩΝ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ ΣΕ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ			
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΤΥΠΟΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Εξοικονόμηση πετρελαίου (λίτρα)
ΦΛΩΡΙΝΑ	Διπλός 4-6-4	12.216	1.222
	Διπλός 4-12-4	14.381	1.438
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	16.421	1.642
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	Διπλός 4-6-4	8.551	855
	Διπλός 4-12-4	10.007	1.001
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	11.604	1.160
ΑΘΗΝΑ	Διπλός 4-6-4	5.192	519
	Διπλός 4-12-4	6.016	602
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό	7.473	747
ΧΑΝΙΑ	Διπλός 4-6-4	4.191	419
	Διπλός 4-12-4	4.449	445
	Διπλός-χαμηλής εκπομπής με αργό 4-12-4	5.491	549

ΠΗΓΗ: ΚΑΠΕ, Έργο " Double Glazing in Southern Countries " XVII /4.1031/99-33, Τελική Έκθεση, Δεκέμβριος 2000, Πρόγραμμα SAVE , της DG XVII -Γενικής Διεύθυνσης για την Ενέργεια, της Ευρωπαϊκής Επιτροπής

ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

Η εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει από τα τζάμια καθώς και από τη βελτίωση της ποιότητας των κουφωμάτων που συνεπάγεται την εξάλειψη των διαρροών του αέρα από χαραμάδες.

Γενικά στην περίπτωση ύπαρξης ανοιγόμενων ή σταθερών κουφωμάτων δεν υπάρχει κανένας περιορισμός στην επιλογή του νέου, που θα τοποθετηθεί στη θέση τους. Στην περίπτωση όμως συρόμενων κουφωμάτων, υπάρχει ο περιορισμός του υφιστάμενου ανοίγματος της τοιχοποιίας και επομένως οι επιλογές μειώνονται, ενώ η χρησιμοποίηση τριπλού τζαμιού είναι σχεδόν αδύνατη.

Από οικονομικής πλευράς είναι προφανές ότι το κόστος τοποθέτησης κουφωμάτων ποικίλει ανάλογα με το είδος που θα επιλεγεί. Ενδεικτικά αναφέρονται ορισμένες τιμές:

- Κούφωμα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή με διπλό τζάμι: 200 €/m².
- Κούφωμα αλουμινίου με θερμοδιακοπή με διπλό τζάμι: 250-280 €/m².
- Κούφωμα PVC με θερμοδιακοπή με διπλό τζάμι: 200 €/m².
- Κούφωμα PVC με θερμοδιακοπή με τριπλό τζάμι: 240 €/m².

• **Εξωτερικά συστήματα σκίασης**

Τα συστήματα σκίασης αποτελούν μέρος του βιοκλιματικού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Εμπειριστατωμένες μελέτες έδειξαν ότι η θερμοκρασία των δομημένων χώρων μπορεί να μειωθεί από 5 μέχρι 15 °C με την εφαρμογή τέτοιων εξωτερικών συστημάτων. Τα συστήματα εξωτερικής σκίασης έχουν τη δυνατότητα απορρόφησης/αντανάκλασης έως και 80% της ηλιακής ακτινοβολίας προσφέροντας εξοικονόμηση ενέργειας από τη μείωση του κόστους κλιματισμού έως και 40%. Η μέγιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού με ταυτόχρονη προστασία από την αντηλιά φροντίζει όχι μόνο για ιδανικές συνθήκες εργασίας αλλά δημιουργεί επίσης ένα μοναδικά ευχάριστο περιβάλλον.

Εκτός του πλέον διαδεδομένου συστήματος σκίασης που είναι η τοποθέτηση τεντών, άλλες μέθοδοι είναι οι εξωτερικές περσίδες είτε με στόρια, είτε με πτερύγια και οι εξωτερικές ρολοκουρτίνες. Όλες αυτές οι μέθοδοι είναι εύκολα πραγματοποιήσιμες, εκτός της περίπτωσης δημιουργίας μόνιμης κατασκευής σκίασης που απαιτεί άδεια μικρής κλίμακας από τη Πολεοδομία με αποτέλεσμα το κόστος να ανεβαίνει σημαντικά. Ο κανόνας είναι ότι για τον νότιο προσανατολισμό τα πιο κατάλληλα είναι τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά σκίαστρα και για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό κατάλληλα είναι τα κατακόρυφα συστήματα σκίασης. Για το νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό τα συστήματα σκίασης πρέπει να είναι συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων στοιχείων.

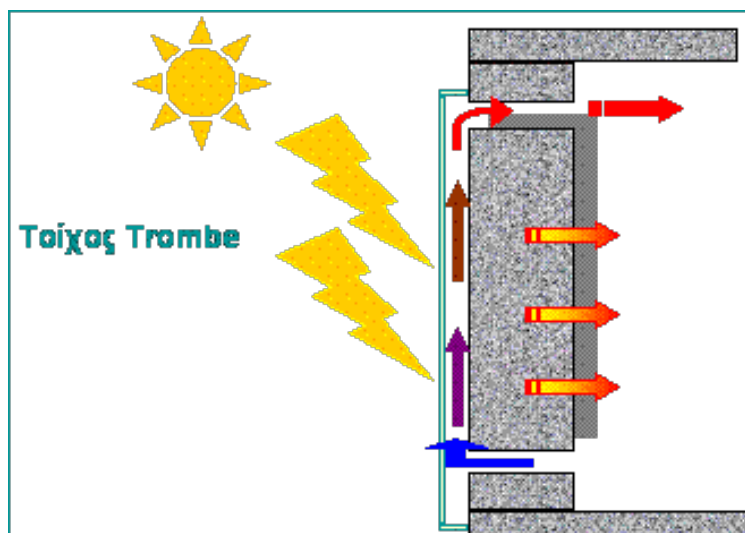
Συνήθως η τοποθέτηση μιας τέντας με βραχίονες κοστολογείται περίπου 35 €/m², ενώ με αντιρίδες 22 €/m².

• **Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης**

Σημαντική συνεισφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση ενός κτιρίου αποτελεί η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας με τεχνικές στο κτιριακό κέλυφος. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων τον χειμώνα. Αποτελούν δομικά στοιχεία του κτιρίου, αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στον χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του δομικού υλικού.

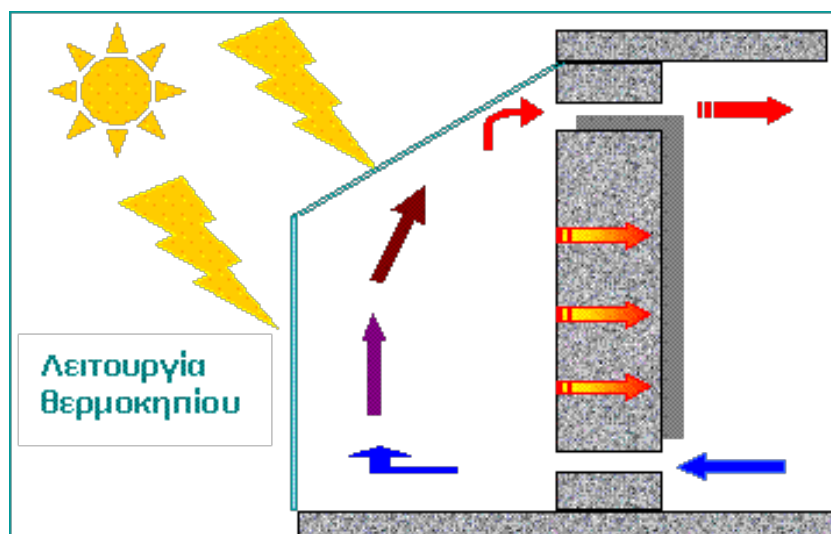
Το πιο απλό παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης είναι αυτό του άμεσου κέρδους, όπου με τον σχεδιασμό παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού και μεγέθους, έχουμε άμεσα εισερχόμενη ακτινοβολία. Άλλα ηλιακά συστήματα θέρμανσης είναι αυτά του έμμεσου κέρδους, όπως οι τοίχοι Trombe, τα θερμοκήπια και τα ηλιακά αίθρια.

Ο τοίχος Trombe έχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως το χαμηλό κόστος κατασκευής, την υψηλή ενεργειακή του απόδοση καθώς και την εύκολη κατασκευή του. Επιπλέον, μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα σε ήδη υπάρχοντα κτίρια. Το μοναδικό του μειονέκτημα εντοπίζεται στην πιθανή δημιουργία υπερθέρμανσης στο χώρο κυρίως εάν η επιφάνεια του είναι πολύ μεγάλη. Αυτό θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί βέβαια τοποθετώντας εξωτερικά σκίαστρα στο τζάμι, ώστε να εμποδιστεί η προσπίπτουσα ακτινοβολία αλλά με αυτό τον τρόπο ανεβαίνει και το κόστος κατασκευής.



Σχήμα 2.8: Αρχή λειτουργίας τοίχου Trombe [22]

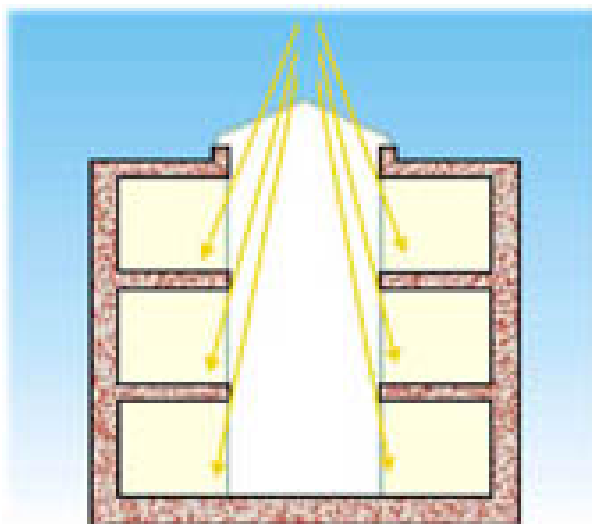
Τα θερμοκήπια στα κτίρια είναι κλειστοί χώροι που προσαρμόζονται στη νότια πλευρά τους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους, συνήθως, μίας κατοικίας μέσω ανοιγμάτων ή διαπερνώντας τον τοίχο. Ο προσανατολισμός του, το μέγεθος του, η κλίση του υαλοστασίου και τα υλικά κατασκευής τους επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος. Για να αποφεύγονται υψηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια του καλοκαιριού πρέπει να προβλέπονται ανοίγματα στην οροφή του θερμοκηπίου, καλός αερισμός και ηλιοπροστασία του χώρου με κινητά ή σταθερά στόρια.



Σχήμα 2.9: Αρχή λειτουργίας ηλιακού χώρου (θερμοκήπιο) [22]

Το ηλιακό αίθριο έχει την ίδια αρχή λειτουργίας με το θερμοκήπιο και εφαρμόζεται σε συγκροτήματα κατοικιών. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της

οροφής, συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αίθριου και μέρος της μεταφέρεται στους παρακείμενους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου ή των κτιρίων μέσω των ανοιγμάτων τους, ενώ μέρος αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης. Κατά τη θερινή περίοδο όμως, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αίθριου με το άνοιγμα της γυάλινης οροφής. Τα αίθρια στο εσωτερικό των κτιριακών συγκροτημάτων συμβάλλουν στην εξοικονόμηση της ενέργειας από τις παρακείμενες κατοικίες, μειώνοντας τις θερμικές τους απώλειες και αυξάνοντας τα ηλιακά κέρδη. Επίσης, συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας, καθώς παρέχουν διάχυτο φως στο εσωτερικό τους συντελώντας στην ομοιόμορφη κατανομή του.



Σχήμα 2.10: Αρχή λειτουργίας ηλιακού αίθριου. [22]

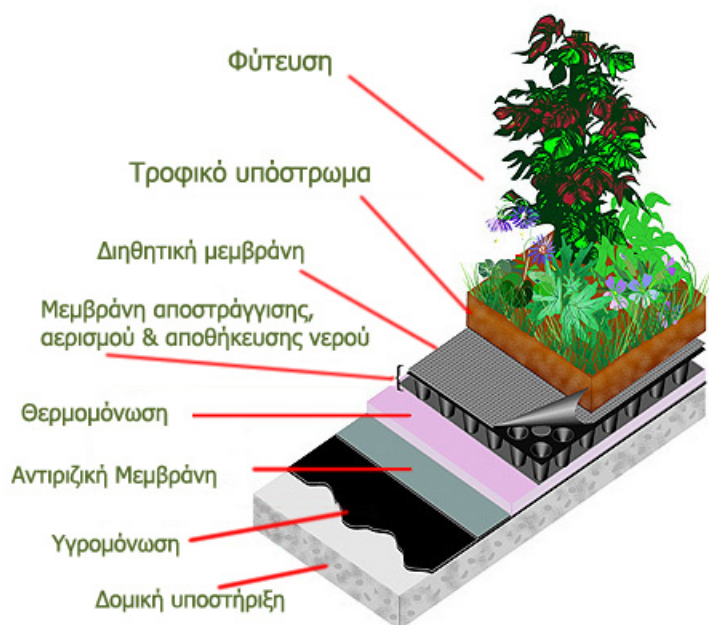
Από οικονομικής πλευράς το κόστος μετατροπής ενός τοίχου σε τοίχο Trombe είναι περίπου 170 €/m², ενώ η δημιουργία ηλιακού χώρου (θερμοκηπίου) πλησίον του κτιρίου έχει κόστος 500 €/m². Ηλιακά αίθρια δεν είναι εφικτό να τοποθετηθούν σε υφιστάμενα κτίρια και εφαρμόζονται κυρίως σε υπό κατασκευή οικοδομές.

- **Παθητικά συστήματα δροσισμού**

Οι εναλλακτικές τεχνικές παθητικού δροσισμού των κτιρίων βασίζονται στην αυξημένη θερμική προστασία του κελύφους και στην αφαίρεση της πλεονάζουσας θερμότητας που αναπτύσσεται στους εσωτερικούς χώρους. Οι τεχνικές προστασίας του κτιρίου εμπεριέχουν παρεμβάσεις όπως η διαμόρφωση του μικροκλίματος της περιοχής.

Ένας τρόπος προστασίας του κτιρίου είναι η χρήση της βλάστησης. Η βλάστηση συμβάλλει στη μείωση των θερμοκρασιών του αέρα και των επιφανειών απορροφώντας θερμότητα από την ατμόσφαιρα και αποδίδοντας υγρασία. Όταν η βλάστηση χρησιμοποιείται στις δυτικές και ανατολικές πλευρές των κτιρίων για ηλιοπροστασία, μπορεί να μειωθεί το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου, απορροφώντας την ηλιακή ακτινοβολία και δημιουργώντας έναν προστατευτικό μανδύα που περιορίζει τις υψηλές θερμοκρασίες των θερμών περιόδων. Παρόμοιο αποτέλεσμα έχουν τα αναρριχώμενα φυτά πάνω στους τοίχους των κτιρίων, που μπορούν να μειώσουν μέχρι και 50% τα ηλιακά κέρδη της επιφάνειας. Τέλος, τα φυλλοβόλα δέντρα στην νότια πλευρά είναι η πιο επιθυμητή βλάστηση, καθώς τους καλοκαιρινούς μήνες κάνουν σκιασμό, ενώ το χειμώνα που τα φύλλα τους πέφτουν δεν εμποδίζουν τον ήλιο να ζεστώνει το κτίριο.

Άλλος ένας τρόπος προστασίας του κτιρίου είναι το φυτεμένο δώμα, ή αλλιώς πράσινη στέγη, η οποία είναι μια τεχνική για την ηλιοπροστασία της οροφής και έχει σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες για το καλοκαίρι.



Σχήμα 2.11: Στρωματική διάρθρωση φυτεμένου δώματος. [23]

Η συγκεκριμένη κατασκευή αποτελεί φράγμα για την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο δώμα αντανακλώντας το 20% έως και 30% και επομένως μειώνει αισθητά τη μεγάλη ζήτηση για ψυκτικά φορτία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, αφού παρουσιάζεται έντονη διείσδυση θερμότητας από τις οροφές των κτιρίων. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην παραδοχή της αναγκαιότητας για την χρήση τέτοιου είδους εγκαταστάσεων κυρίως στις μεγάλες πόλεις, αφού προσφέρουν αξιόλογα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη, όπως για παράδειγμα τη καταπολέμηση του φαινομένου της αστικής νησίδας θερμότητας, αξιοποιώντας μάλιστα αχρησιμοποίητους χώρους όπως οι ταράτσες, ενώ παράλληλα βελτιώνει την εικόνα της πόλης.

Το κόστος μετατροπής μίας οροφής σε φυτεμένο δώμα δεν είναι ιδιαίτερα ακριβή και κοστολογείται περίπου 120 €/m². Βασική προϋπόθεση ωστόσο για να είναι εφικτή αυτή η αναβάθμιση είναι να ελεγχθεί η στατική αντοχή και στεγανότητα του κτιρίου από πολιτικό μηχανικό, οπότε πρέπει να συνυπολογιστεί στο τελικό κόστος και η μελέτη αυτή.

- **Ανεμιστήρες οροφής**

Η χρήση ανεμιστήρων οροφής μπορεί με σχετικά μικρή κατανάλωση ενέργειας να βελτιώσει τα επίπεδα θερμικής άνεσης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Παρόλο που δε μεταβάλλουν τη θερμοκρασία του αέρα, η κίνηση και η ροή που δημιουργούν, βελτιώνει τη θερμική άνεση. Τις περισσότερες φορές η εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής στοχεύει στην εκμετάλλευση του δροσερού ρεύματος αέρα εντός των δωματίων την καλοκαιρινή περίοδο. Ωστόσο, συμβάλλουν και στην καλύτερη κυκλοφορία του αέρα, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί όλες τις εποχές.

Όσο αφορά την ψύξη, οι ανεμιστήρες οροφής μπορεί να μη μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα, ωστόσο το ρεύμα αέρα που δημιουργούν συμβάλει στην αύξηση των επιπέδων θερμικής άνεσης, αντίστοιχα με 1-3°C χαμηλότερης

θερμοκρασίας. Με αυτόν τον τρόπο καθυστερούν σημαντικά τη λειτουργία των μονάδων κλιματισμού, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και παράλληλα με τις μονάδες κλιματισμού με αύξηση του θερμοστάτη τους κατά 1-3°C αντίστοιχα. Έτσι, οι μονάδες γίνονται πιο αποδοτικές και μειώνεται σημαντικά η ενεργειακή τους κατανάλωση. Όμως οι ανεμιστήρες οροφής μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνεισφέροντας στο σύστημα θέρμανσης μιας και ο θερμός αέρας συσσωρεύεται στην οροφή των εσωτερικών χώρων και με τη λειτουργία τον επαναφέρουν στα χαμηλότερα επίπεδα δημιουργώντας ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας στο χώρο. Η κυκλοφορία του θερμού αέρα εντός των εσωτερικών χώρων μειώνει σημαντικά την ενέργεια για θέρμανση. [Σχήμα 2.12]



Σχήμα 2.12: Κυκλοφορία ροής αέρα από ανεμιστήρα οροφής το καλοκαίρι και το χειμώνα.

Το κόστος αγοράς ενός ανεμιστήρα οροφής ξεκινά από 50€ αλλά μπορεί να φτάσει και τα 500€, εξαρτώμενο κυρίως από το είδος του φωτιστικού που συνήθως τον συνοδεύει.

- **Βελτίωση συστημάτων θέρμανσης**

Τα παθητικά ή μηδενικής κατανάλωσης κτίρια έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί έτσι ώστε οι θερμικές τους απώλειες να είναι ιδιαίτερα μικρές και επομένως οι απαιτήσεις για θέρμανση είναι περιορισμένες. Η κατάσταση όμως είναι πολύ διαφορετική στο υπάρχον κτιριακό δυναμικό, στο οποίο υπάρχουν μεγάλες απαιτήσεις για θερμικά φορτία και παράλληλα παλιός εξοπλισμός, συνήθως κακοσυντηρημένος. Τα μέτρα που μπορούν να παρθούν όσον αφορά τα συστήματα θέρμανσης είναι τα ακόλουθα:

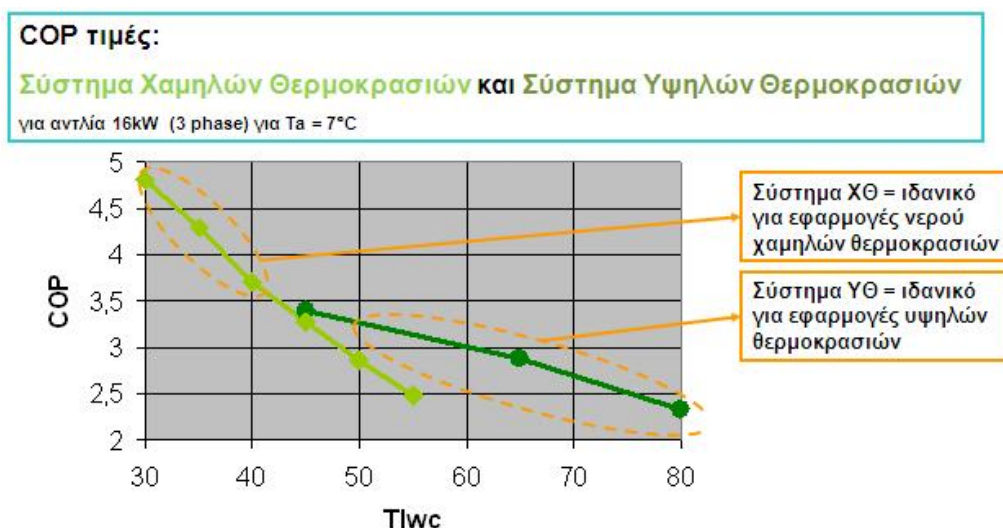
- Αντικατάσταση του παλιού λέβητα με νέο υψηλότερης απόδοσης, πετρελαίου ή φυσικού αερίου αν υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης, μονοβάθμιο ή πολυβάθμιο για αποδοτικότερη λειτουργία και σε μερικά φορτία. Μάλιστα η επιλογή ενός λέβητα συμπύκνωσης είναι η προτιμότερη λύση μιας και εξασφαλίζει βελτίωση της απόδοσης έως 15% σε σχέση με τους υπόλοιπους λέβητες.

Το μεγάλο πρόβλημα στο θέμα του φυσικού αερίου είναι ότι δεν είναι διαθέσιμο σε πολλές αστικές περιοχές αλλά και στη συντριπτική πλειοψηφία της επαρχίας. Σε περίπτωση πάντως ύπαρξης δικτύου φυσικού αερίου, μία ακόμα λύση που βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου είναι η εγκατάσταση ατομικών λεβήτων αερίου, ένα για κάθε κατοικία. Οι επίτοιχοι αυτοί λέβητες έχουν καλό βαθμό απόδοσης, πολύ περισσότερο αν είναι συμπυκνώσεως, και έχουν το πλεονέκτημα της αυτόνομης χρήσης. Το μειονέκτημα αυτής της λύσης είναι ότι πρέπει να γίνει νέα συνδεσμολογία

με τα υπάρχοντα σώματα, πράγμα αρκετά δύσκολο και δαπανηρό, ενώ παράλληλα θα χρειαστεί μελέτη και κατασκευή δικτύου σωληνώσεων φυσικού αερίου και νέας καμινάδας που θα μεγαλώσει το κόστος.

Το κόστος αγοράς ενός λέβητα εξαρτάται από την ισχύ του. Ενδεικτικές τιμές αγοράς ενός συμβατικού λέβητα κεντρικής θέρμανσης 100 kW είναι 2.000 € ενώ ο αντίστοιχος συμπυκνώσεως είναι κατά περίπου 1.000 € ακριβότερος. Οι επίτοιχοι λέβητες φυσικού αερίου των 28 kW, που συνήθως χρησιμοποιούνται, κοστίζουν από 1.000 έως 1.500 €, χωρίς να υπολογίζονται φυσικά η μελέτη και κατασκευή της σωλήνωσης τροφοδοσίας και τα τέλη σύνδεσης.

- Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας στην υφιστάμενη εγκατάσταση. Οι αντλίες θερμότητας, ειδικά αυτές των χαμηλών θερμοκρασιών, έχουν πλέον πολύ υψηλούς βαθμούς απόδοσης (COP) και μπορούν να αναβαθμίσουν ενεργειακά το κτίριο αντικαθιστώντας τον υπάρχοντα λέβητα ή ακόμα και να λειτουργήσουν συμπληρωματικά με αυτόν.



Σχήμα 2.13: Μεταβολή COP αντλιών θερμότητας με τη θερμοκρασία λειτουργίας. [24]

Δύο είναι τα μεγάλα μειονεκτήματα των αντλιών θερμότητας. Το πρώτο είναι ότι έχουν μειωμένη απόδοση σε ακραίες συνθήκες (θερμοκρασίες κάτω του μηδενός) και αυτός είναι ο λόγος που συνήθως διατηρείται ο υπάρχον λέβητας πετρελαίου ώστε να βοηθά συμπληρωματικά σε τέτοιες περιπτώσεις. Το δεύτερο είναι ότι η αντλία θερμότητας για μία πολυκατοικία απαιτεί μεγάλο ρεύμα λειτουργίας και επομένως θα χρειαστεί διαδικασία επαύξησης ηλεκτρικού φορτίου, ανεβάζοντας αρκετά το κόστος. Ένα μειονέκτημα ακόμα είναι ότι οι αντλίες χαμηλών θερμοκρασιών, που έχουν πολύ υψηλούς βαθμούς απόδοσης COP, ανεβάζουν τη θερμοκρασία του νερού έως 55°C ενώ η υπάρχουσα εγκατάσταση έχει σχεδιαστεί για υψηλές θερμοκρασίες $\sim 80^\circ\text{C}$. Επειδή όμως στις περισσότερες υπάρχουσες κατοικίες τα θερμαντικά σώματα είναι υπερδιαστασιολογημένα σημαντικά και παράλληλα με ενδεχόμενες εργασίες θερμομόνωσης οι ανάγκες θέρμανσης θα μειωθούν, θα μπορούσε να λειτουργήσει αντλία χαμηλών θερμοκρασιών σε σύστημα θέρμανσης με κλασικά καλοριφέρ.

Το κόστος αγοράς μιας αντλίας θερμότητας ισχύος 16 kW κυμαίνεται από 6.000 έως 10.000 € και σε αυτό πρέπει να προστεθεί το κόστος της εγκατάστασης και, αν απαιτείται, το κόστος επαύξησης φορτίου από την εταιρία παροχής ρεύματος.

- Αντικατάσταση του παλιού λέβητα με λέβητα βιομάζας. Η βιομάζα που χρησιμοποιείται για καύση είναι κυρίως πέλλετ (pellets), αλλά μπορούν να

χρησιμοποιηθούν και ξύλα, κάρβουνα, πυρηνόξυλα και λοιπά κοκκοποιημένα στερεά καύσιμα. Τα πέλλετ είναι το μοναδικό καύσιμο με μηδενικό ισοζύγιο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς το CO₂ που εκλύεται κατά την καύση τους απορροφάται από τα φυτά στη διαδικασία ανάπτυξης τους.



Σχήμα 2.14 Καύσιμο πέλλετ

Η χρησιμοποίηση λέβητα πέλλετ είναι αποδοτική ενεργειακά αλλά έχει ορισμένα μειονεκτήματα, όπως την ανάγκη συνεχούς ελέγχου και τροφοδοσίας με καύσιμο, ο ταχτικός καθαρισμός και το υψηλό κόστος συντήρησης αν χρησιμοποιηθούν πέλλετ χαμηλής ποιότητας.

Από πλευράς κόστους, η αγορά και εγκατάσταση ενός συστήματος λέβητα-καυστήρα πέλλετ κυμαίνεται μεταξύ 5.000 και 10.000 €. Ωστόσο, θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι το πέλλετ σαν καύσιμο είναι αρκετά φθηνό και βοηθά ώστε να γίνει γρήγορη απόσβεση του κόστους του συστήματος.

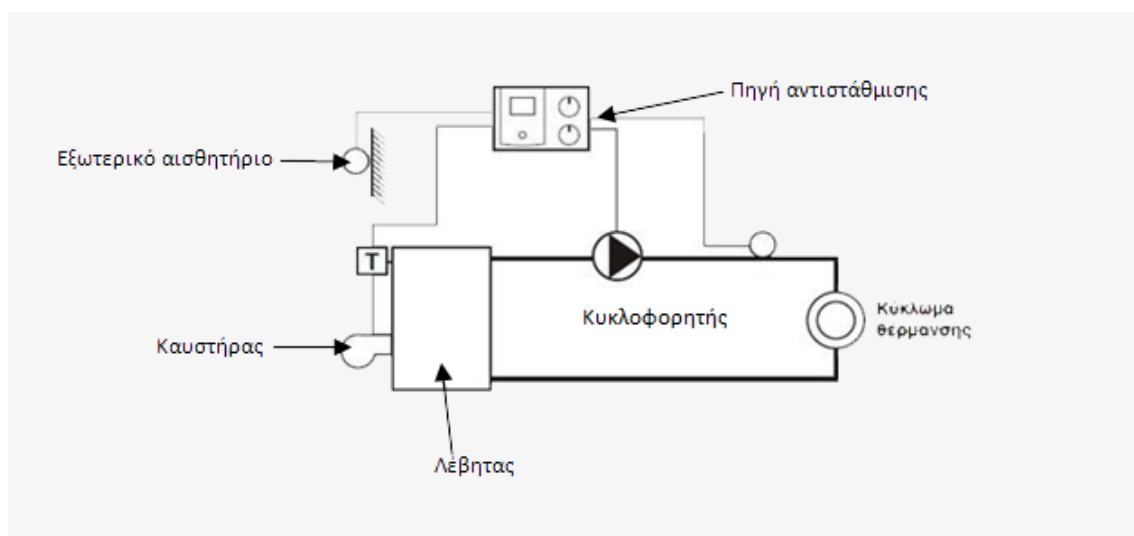
- Θερμομόνωση του δικτύου διανομής της θέρμανσης. Σύμφωνα με τον ισχύοντα Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων (KENAK) στα νέα κτίρια είναι υποχρεωτική η θερμομόνωση των σωληνώσεων διανομής με πάχος μονωτικού ίσο με τη διάμετρο της σωλήνας και αν ο κανόνας αυτός ακολουθηθεί για τα υφιστάμενα κτίρια θα υπάρξει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με ένα αμόνωτο σύστημα διανομής.

- Τοποθέτηση ή αναβάθμιση των διατάξεων αυτομάτου ελέγχου στο σύστημα θέρμανσης, όπως διατάξεις θερμοκρασιακής ή υδραυλικής αντιστάθμισης, χρονοδιακόπτες, θερμοστάτες χώρων, θερμοστατικές κεφαλές στα σώματα, ρυθμιστές στροφών (inverter) κ.α.

Σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις με μονοσωλήνιο δίκτυο ο έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης μπορεί να γίνει με εγκατάσταση χειροκίνητης ή θερμοστατικής βαλβίδας στα θερμομαντικά σώματα. Η θερμοστατική κεφαλή ρυθμίζει την κυκλοφορία του ζεστού νερού στο καλοριφέρ, μέσω του διακόπτη, και έτσι προσαρμόζεται η λειτουργία του ανάλογα με την επιθυμητή θερμοκρασία και τα πιθανά ηλιακά θερμικά κέρδη.

Επίσης, τα διάφορα συστήματα αντιστάθμισης έχουν σαν αποστολή την αυξομείωση της ισχύος των θερμομαντικών σωμάτων ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες του περιβάλλοντος. Σε μία αντισταθμισμένη εγκατάσταση η θερμοκρασία του νερού

προσαγωγής (δηλαδή του νερού που αποστέλλεται στα θερμαντικά σώματα) ρυθμίζεται ανάλογα με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, έτσι ώστε όταν έχει "πολύ κρύο" η θερμοκρασία στα σώματα να είναι υψηλή ενώ όταν έχει "καλό καιρό" η θερμοκρασία στα σώματα είναι σχετικά χαμηλή (κυκλοφορεί χλιαρό νερό).



Σχήμα 2.15: Λειτουργία αντιστάθμισης με έλεγχο της λειτουργίας του καυστήρα. [25]

Όπως για κάθε σύστημα, έτσι και για την αντιστάθμιση το κόστος εξαρτάται από την εφαρμογή. Ενδεικτικά το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης ξεκινά από τα 700€ και προσαρμόζεται ανάλογα με την κάθε περίπτωση. Λαμβάνοντας υπόψη το κόστος καυσίμων την σημερινή εποχή η οικονομία στο κόστος λειτουργίας λόγω της αντιστάθμισης, βάση εργαστηριακών μετρήσεων, μπορεί να φτάσει το 35%.

- **Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης φωτισμού**

Η κατανάλωση για φωτισμό αντιστοιχεί περίπου στο 20% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού παγκοσμίως και αυξάνεται με ρυθμό (2005-2010) περίπου 2,4% το χρόνο. Στην Ελλάδα, η κατανάλωση για φωτισμό σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης αντιπροσωπεύει το 4% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα και 18% στον τριτογενή, και μάλιστα στα κτίρια γραφείων ο φωτισμός αποτελεί το 28% της τελικής ηλεκτρικής κατανάλωσης.

Σε επίπεδο αρχικού σχεδιασμού ενός κτιρίου πρέπει να γίνεται μελέτη για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού αλλά και τον σωστό σχεδιασμό του τεχνητού. Στα υφιστάμενα κτίρια, η χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, η επιλογή κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων και η σωστή συντήρησή τους αποτελούν μερικά μόνο μέτρα για εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης, η εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού σε χώρους όπου δεν χρειάζεται μόνιμος φωτισμός αποτελεί ένα ακόμα μέτρο για εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς ο αισθητήρας ενεργοποιεί το φωτιστικό ώστε να λειτουργεί μόνο όταν υπάρχει κίνηση και για χρόνο τον οποίο μπορεί να καθορίσει ο χρήστης. Ακόμα υπάρχει η επιλογή των αισθητήρων φωτισμού με φωτοκύτταρα που ανάβουν και σβήνουν τα φώτα ανάλογα με τη διαθέσιμη ποσότητα φωτός ημέρας καθώς και οι χρονοδιακόπτες, που ρυθμίζουν το άναμμα και σβήσιμο των φώτων ανάλογα με τη χρήση των χώρων. Σε κάθε περίπτωση πάντως, τον καλύτερο τρόπο εξοικονόμησης ενέργειας στο φωτισμό αποτελεί η μέγιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού και η ορθολογική χρήση του τεχνητού φωτισμού αναλόγως του χώρου και των αναγκών μας.

Από οικονομικής πλευράς, το κόστος για αντικατάσταση των υφιστάμενων συμβατικών λαμπτήρων ενός κτιρίου με λαμπτήρες υψηλής ενεργειακής απόδοσης αποσβένεται σε διάστημα μόλις λίγων μηνών.

2.3.3 Παροχή ενέργειας στο κτίριο

Εκτός από τα απαραίτητα μέτρα που θα περιορίσουν τις καταναλώσεις, ένα κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης οφείλει να παράγει από μόνο του ενέργεια. Άλλωστε ο στόχος είναι να υπάρξει εξισορρόπηση μεταξύ της ενέργειας που παράγεται και αυτής που δαπανάται ώστε το κτίριο να γίνει μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Συστήματα που μπορούν να προσφέρουν ενέργεια σε ένα κτίριο είναι τα ακόλουθα.

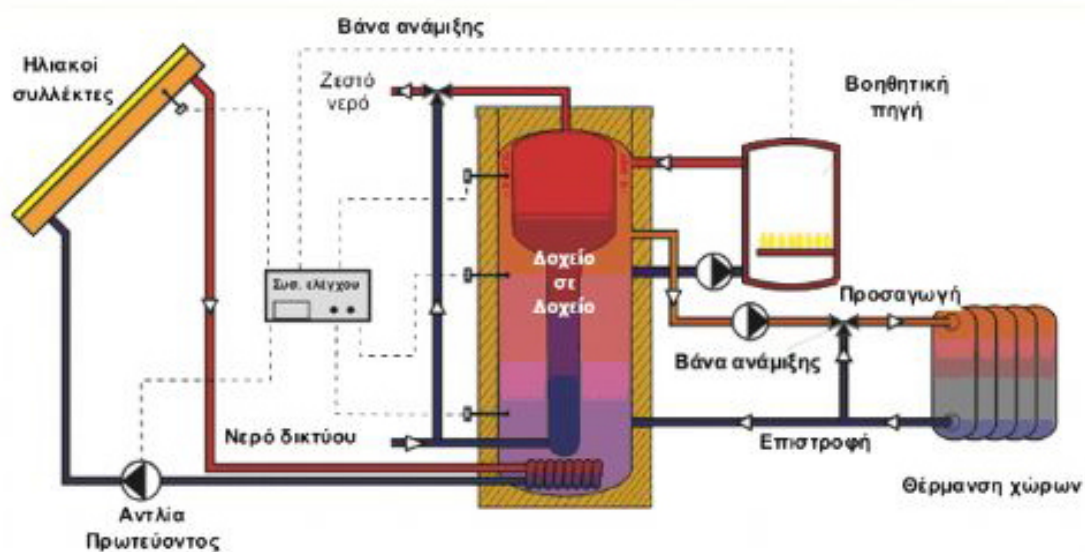
- **Ενεργητικά ηλιακά συστήματα**

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα ονομάζονται τα συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών.

Το πιο απλό και διαδεδομένο ηλιακό ενεργητικό σύστημα είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας. Η αρχή λειτουργίας του είναι απλή και βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου που αναπτύσσεται στο χώρο ανάμεσα στην πλάκα απορρόφησης και τη γυάλινη επικάλυψη. Οι ηλιακοί θερμαντήρες νερού μπορούν να καλύψουν ένα μεγάλο μέρος των νοικοκυριών σε ζεστό νερό, μειώνοντας έτσι τις οικιακές δαπάνες σε ενέργεια. Η εγκατάσταση τους στις υφιστάμενες κατοικίες αποτελεί το πλέον εύκολο και οικονομικό μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας.

Το κόστος εγκατάστασης ενός ηλιακού θερμοσίφωνα με απλό συλλέκτη (~650 kWh/m²/έτος) ανέρχεται περίπου σε 300-350 €/m² συλλέκτη και λόγω της υψηλής ηλιοφάνειας της χώρας μας κάνει απόσβεση σε αρκετά σύντομο χρονικό διάστημα. Για υψηλότερες αποδόσεις απορρόφησης υπάρχει η δυνατότητα επιλογής επιλεκτικών συλλεκτών (~700 kWh/m²/έτος) ή ακόμα περισσότερο συλλεκτών κενού (~850 kWh/m²/έτος), με μικρή περαιτέρω επιβάρυνση.

Πέρα από την παραγωγή νερού οικιακής χρήσης, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές που απαιτείται θερμότητα υψηλής ή χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Η ιδιαιτερότητα των ηλιοθερμικών είναι ότι λειτουργούν συνεισφέροντας στη θέρμανση που παράγεται με τη χρήση άλλων καυσίμων και όχι καταργώντας την. Μπορούν να συνδυαστούν με οποιαδήποτε συμβατική πηγή ενέργειας (καυστήρες πετρελαίου ή φυσικού αερίου) ή ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (καυστήρες βιομάζας), ενώ ενσωματώνονται και σε υφιστάμενο σύστημα, αρκεί να υπάρχει διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση των συλλεκτών και των δοχείων αποθήκευσης ζεστού νερού. Επίσης, μπορούν να συνδυαστούν με οποιοδήποτε μέσο θέρμανσης, αλλά είναι προτιμότερη η χρήση τους με μέσα θέρμανσης χαμηλών θερμοκρασιών, όπως είναι τα fan-coils ή η ενδοδαπέδια θέρμανση. Αυτό συμβαίνει γιατί το νερό ως μέσο θέρμανσης κυκλοφορεί σε χαμηλές θερμοκρασίες, τέτοιες που ακόμα και με ελάχιστη ηλιοφάνεια είναι εύκολο να επιτευχθούν. Το σύστημα φροντίζει κατά προτεραιότητα για την πλήρη κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης και στη συνέχεια, εάν υπάρχει περίσσεια ενέργεια, ζεσταίνει το νερό θέρμανσης χώρου. Αν η περίσσεια ενέργεια δεν επαρκεί, το ηλιακό σύστημα παρακάμπτεται και η θέρμανση του χώρου γίνεται από τον καυστήρα, όπως στα συμβατικά συστήματα θέρμανσης.



Σχήμα 2.16: Ηλιακό σύστημα θέρμανσης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. [26]

Ο προσδιορισμός του μεγέθους του συστήματος, δηλαδή της ολικής συλλεκτικής επιφάνειας και του όγκου της δεξαμενής αποθήκευσης νερού που απαιτείται για τη κάλυψη των οικιακών αναγκών υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη, τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, το υψόμετρο, τη γεωγραφική θέση, την ηλιοφάνεια και άλλους παράγοντες. Μία ηλιοθερμική εγκατάσταση, εφόσον διαστασιοποιηθεί σωστά, μπορεί να καλύψει έως 40% των συνολικών αναγκών για τη θέρμανση μιας κατοικίας καθώς και 100% των αναγκών για θέρμανση νερού χρήσης. Σύμφωνα με οικονομοτεχνικές μελέτες, η ιδανική σχέση κόστους-απόδοσης είναι η επίτευξη μιας κάλυψης της τάξης του 40-60% του συνολικού θερμικού φορτίου (ΖΝΧ και ΘΧ).

Ένα ενδεικτικό κόστος ενός συστήματος 20 τ.μ. είναι περίπου 10.000-12.000 ευρώ. Το κόστος αυτό φαντάζει μεγάλο αλλά αποσβένεται σε σύντομο χρονικό διάστημα, ειδικά με την αύξηση των τιμών στο πετρέλαιο θέρμανσης, καθώς μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση πετρελαίου περίπου 1,3 τόνων ετησίως.

Εκτός από την παράγωγή ζεστού νερού χρήσης και την συνεισφορά στην εγκατάσταση θέρμανσης, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ψύξη χώρων, με τις κατάλληλες τεχνολογίες (ψυκτικές μηχανές τύπου απορρόφησης). Επίσης συνεισφέρουν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης (όπως στη θέρμανση νερού πισίνας, στα συστήματα αφαλάτωσης νερού, κ.ο.κ).

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που υπάρχει στην ευρεία εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων είναι ο περιορισμένος διαθέσιμος χώρος στα δώματα και στις στέγες, ειδικά σε περιπτώσεις πολυκατοικιών εντός πόλεως. Και φυσικά στις πόλεις υπάρχει και ο κίνδυνος σκιασμού μεγάλου μέρους των οροφών, ακόμα και του συνόλου τους, από διπλανά ψηλότερα κτίρια, που καθιστούν ανέφικτες τέτοιες ηλιοθερμικές εγκαταστάσεις.

- **Γεωθερμικά συστήματα**

Στα κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης η θέρμανση των κτιρίων επιτυγχάνεται κατά βάση με πλήρη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Ένα κτίριο στο οποίο έχουν εφαρμοστεί οι τεχνολογίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως έχει αν όχι μηδενικές, ελάχιστες θερμικές απώλειες και επομένως η συμβατική θέρμανση, που

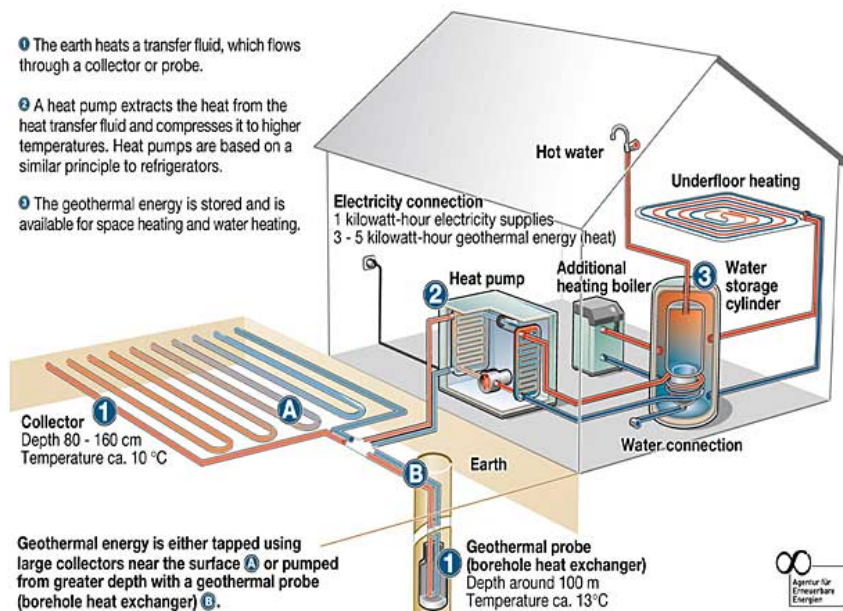
εκμεταλλεύεται καύσιμα όπως φυσικό αέριο ή ακόμη χειρότερα πετρέλαιο καθίσταται αχρείαστη. Ωστόσο υπάρχουν ελάχιστες περιπτώσεις όπου η θέρμανση με εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας δεν είναι αρκετή ή δεν υπάρχει ο απαραίτητος χώρος για την τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να χρησιμοποιούνται συστήματα θέρμανσης πολύ υψηλής απόδοσης τα οποία δεν σχετίζονται με την ηλιακή ακτινοβολία όπως η εκμετάλλευση της θερμότητας του εδάφους ή αλλιώς της γεωθερμίας.

Ως γεωθερμία ορίζεται η εκμετάλλευση της ενέργειας από το εσωτερικό της γης από όπου με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας επιτρέπεται η μεταφορά θερμότητας από και προς το έδαφος για παραγωγή ψύξης, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης για οικιακές αλλά και ευρύτερης κλίμακας εφαρμογές. Τα γεωθερμικά συστήματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα κατακόρυφα και τα οριζόντια.

Στα οριζόντια γεωθερμικά συστήματα οι γεωεναλλάκτες τοποθετούνται σε οριζόντια στρώση μέσα σε τάφρο ή κάθετα σε ορύγματα. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η εύκολη εγκατάσταση και το χαμηλότερο αρχικό κόστος ενώ τα μειονεκτήματά της είναι η χρήση χώρου μεγάλης έκτασης και η χαμηλή απόδοση λόγω της επίδρασης των εξωτερικών καιρικών συνθηκών με αποτέλεσμα να αυξάνεται το λειτουργικό κόστος.

Στα κατακόρυφα συστήματα οι γεωεναλλάκτες τοποθετούνται σε γεωτρήσεις βάθους 80-120μ. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η υψηλή απόδοση του γεωθερμικού συστήματος, το χαμηλό λειτουργικό κόστος, η σταθερή απόδοση του συστήματος στο μέγιστο χωρίς να εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες ή την υδροφορία της περιοχής. Τα μειονεκτήματα είναι το μεγάλο αρχικό κόστος το οποίο όμως αποσβένεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

Η λειτουργία ενός γεωθερμικού συστήματος, είτε οριζόντιου (Α) είτε κατακόρυφου (Β), απεικονίζεται εξαιρετικά στο Σχήμα 2.17.



Σχήμα 2.17: Τρόπος λειτουργίας γεωθερμικού συστήματος. [27]

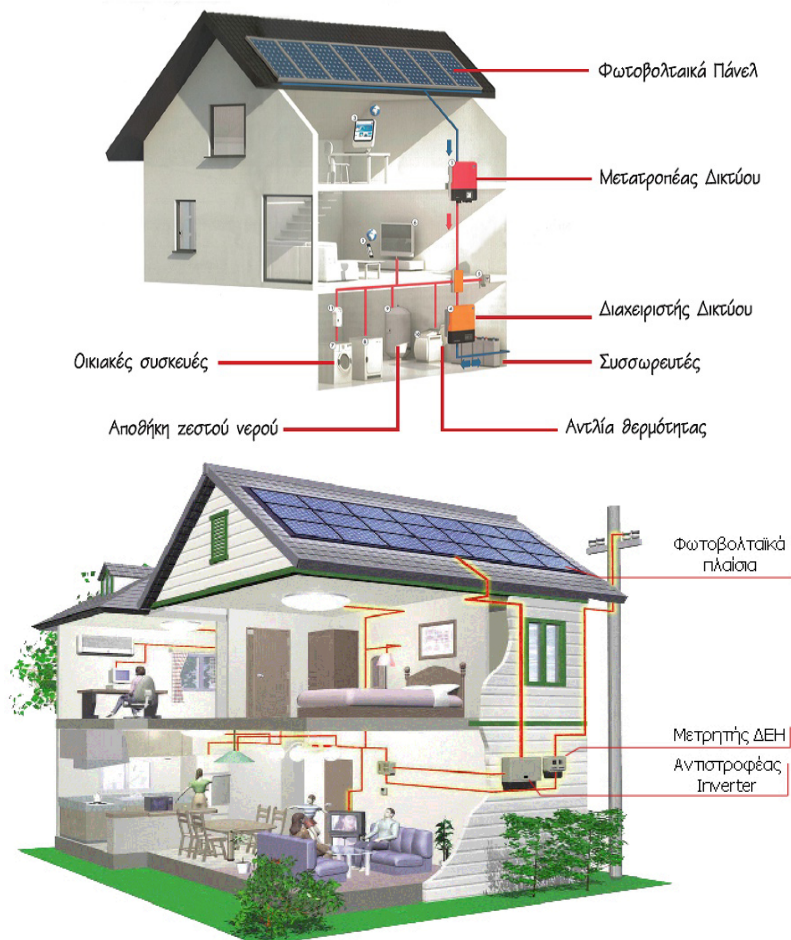
Η εγκατάσταση εκπομπής θέρμανσης και ψύξης, δεν διαφέρει σε τίποτα από τις γνωστές εγκαταστάσεις. Οι προτιμότερες επιλογές είναι να χρησιμοποιηθεί ενδοδαπέδιο ή ενδοτοιχείο σύστημα θέρμανσης και δροσισμού ή σύστημα fan-coils για θέρμανση και ψύξη. Το σύστημα βέβαια μπορεί να λειτουργήσει και με τα κλασσικά θερμαντικά σώματα, απλά λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών του νερού ενδέχεται να είναι πολύ μεγάλα σε μέγεθος.

Από άποψη κόστους, σύμφωνα με έρευνα του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας), το ποσό για την εγκατάσταση ενός συστήματος οριζόντιας γεωθερμίας σε μία κατοικία 150 m² φθάνει τα 10.000 ευρώ περίπου, ποσό στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η αγορά, η εγκατάσταση του εξοπλισμού και η εκσκαφή για την τοποθέτηση των υπόγειων σωλήνων. Συγκριτικά με ένα συμβατικό σύστημα ψύξης με ηλεκτρισμό και θέρμανσης με πετρέλαιο, η απόσβεση της αρχικής επένδυσης υπολογίζεται ότι θα γίνει στα 5 χρόνια, χρόνος που αυξάνεται κατά μία διετία περίπου αν συγκριθεί με ένα συμβατικό σύστημα που χρησιμοποιεί λέβητα φυσικού αερίου.

- **Φωτοβολταϊκά συστήματα**

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι πολύ χρήσιμη για ένα δημιουργήσουμε ένα κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και απαραίτητη για την επίτευξη ενός μηδενικής κατανάλωσης. Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο για την κάλυψη μέρους του ηλεκτρικού του φορτίου, αλλά και για την εξαγωγή ενέργειας στο δίκτυο. Όπως ειπώθηκε και στον ορισμό του ZEB, η εξαγόμενη ενέργεια είναι απαραίτητη έτσι ώστε να αντισταθμιστεί η χρήση ενέργειας από άλλες μορφές ενέργειας.

Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες ή ακόμα και σε προσόψεις κτιρίων. Υπάρχουν δύο τρόποι αξιοποίησής τους, ανάλογα με το αν είναι ανεξάρτητα από το δίκτυο της ΔΕΗ ή σε συνεργασία με αυτό. Αν το σύστημα είναι αυτόνομο μπορεί να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου ή μιας επαγγελματικής χρήσης. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή, η εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας. Αν το σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το δίκτυο της ΔΕΗ (διασυνδεδεμένο σύστημα) το κτίριο καταναλώνει ρεύμα από το δίκτυο όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν επαρκεί, όπως όταν έχει συννεφιά ή κατά τη διάρκεια της νύχτας, και δίνει ενέργεια στο δίκτυο όταν η παραγωγή υπερκαλύπτει τις ανάγκες του, όπως τις ηλιόλουστες ημέρες ή όταν απουσιάζουν οι χρήστες και δεν υπάρχει κατανάλωση. Στο Σχήμα 2.18 παρουσιάζονται οι δύο τρόποι αξιοποίησης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος σε ένα κτίριο.



Σχήμα 2.18 Λειτουργία αυτόνομου και διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος. [28]

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται αποκλειστικά σε μία σίγουρη και ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, τον ήλιο, και τα πλεονεκτήματά τους είναι σημαντικά. Εκτός της οικονομίας σε ηλεκτρικό ρεύμα, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής με σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης και είναι φιλικότατα προς το περιβάλλον, καθώς δεν δημιουργούν ρύπους. Τα μειονεκτήματά τους είναι δύο. Πρώτον η απαιτούμενη επιφάνεια για την τοποθέτηση των ηλιακών πάνελ, που δεν είναι αρκετή σε περιπτώσεις εντός πόλεων, και δεύτερον το μεγάλο αρχικό κόστος της επένδυσης. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 2.700 € ανά εγκατεστημένο kW ηλεκτρικής ισχύος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση απαιτεί από 1,5 έως 3,5 kW, το κόστος της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο. Το ποσό αυτό, ωστόσο, μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου 5-6 χρόνια και το Φ/Β σύστημα θα συνεχίσει να παράγει δωρεάν ενέργεια για τουλάχιστον άλλα 20 χρόνια.

- **Ανεμογεννήτριες**

Η εγκατάσταση ανεμογεννητριών στις κατάλληλες τοποθεσίες αποτελεί ένα αρκετά αποδοτικό και σχετικά οικονομικό τρόπο παραγωγής ενέργειας ανανεώσιμης μορφής. Στα κτίρια μπορούν να εγκατασταθούν αιολικά συστήματα μικρού μεγέθους, δηλαδή ανεμογεννήτριες με μικρή διάμετρο περιστροφής, οι οποίες όμως παράγουν και σχετικά μειωμένα ποσά ενέργειας, σε σχέση με αυτές που έχουν μεγαλύτερη διάμετρο περιστροφής. Σε γενικές γραμμές η διαχείριση του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται είναι παρόμοια με ενός συστήματος φωτοβολταϊκών ηλιακών συλλεκτών. Άλλωστε συνήθως χρησιμοποιούνται παράλληλα με κάποιο φωτοβολταϊκό σύστημα [Σχήμα 2.19] ώστε να μπορούν να συνεισφέρουν τις ημέρες που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια ή τις βραδινές ώρες.



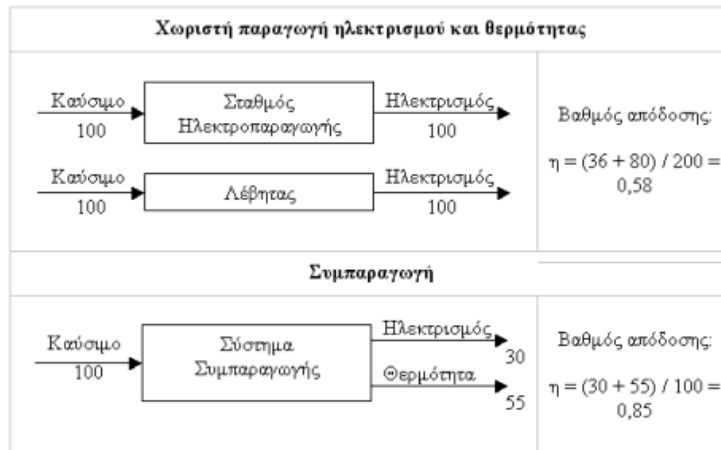
Σχήμα 2.19: Λειτουργία οικιακής ανεμογεννήτριας σε συνδυασμό με φωτοβολταϊκά. [29]

Το κόστος εγκατάστασης αιολικών συστημάτων εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος τους και κατά συνέπεια τη δυνατότητά τους να παράξουν ενέργεια. Για παράδειγμα, το συνολικό κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος ισχύος 2,5 kW, συνδεδεμένο στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτρικού ρεύματος, ανέρχεται σε περίπου 15.000€. Στην περίπτωση που το σύστημα δεν είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά είναι αυτόνομο, απαιτούνται μπαταρίες για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας, ανεβάζοντας το κόστος κατά 25% περίπου. Ωστόσο σε σύγκριση με τα φωτοβολταϊκά, το κόστος παραγωγής μίας κιλοβατώρας ηλεκτρικού ρεύματος από ανεμογεννήτρια είναι 60-80% χαμηλότερο σε σχέση με μία κιλοβατώρα που παράγεται από ένα σύστημα φωτοβολταϊκών ηλιακών συλλεκτών.

Το μειονέκτημα των ανεμογεννητριών είναι ότι τα περιβάλλοντα κτίρια επηρεάζουν σημαντικά τη ροή του αέρα αλλά και την ταχύτητά του, η οποία μπορεί να μειώνεται μέχρι και 25%. Σε μια τέτοια περίπτωση, η εγκατάστασή τους παύει να είναι πια συμφέρουσα οικονομικά. Γενικά χρονική περίοδος για την οικονομική απόσβεση μιας εγκατάστασης ανεμογεννητριών είναι ως 20 χρόνια, εξαρτώμενη σε σημαντικό βαθμό από το μέγεθος του συστήματος αλλά και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής. Συνήθως, τα οικιακά των 2-6 kW, που είναι τα μικρότερα συστήματα, πρέπει να αποσβένουν το πολύ σε 15 χρόνια για να μπορούν να θεωρηθούν αποδοτικά.

- **Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ) και Τριπαράγωγή**

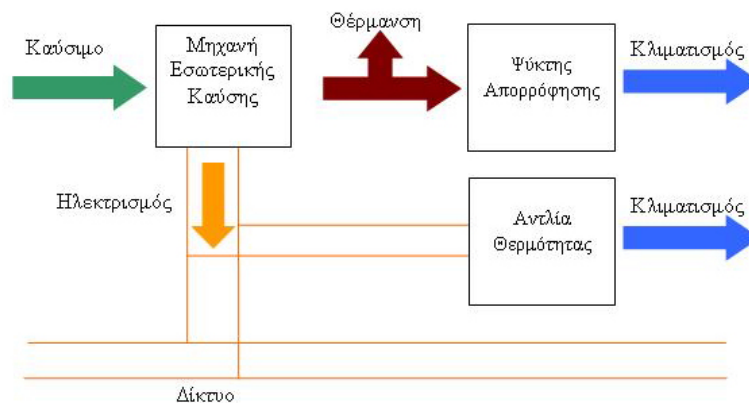
Ένα πολύ αποτελεσματικό μέτρο και ενεργειακά αποδοτικά είναι η εγκατάσταση μονάδας Συμπαράγωγής. Σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 2004/8/EK, αλλά και τον Ν. 3734/09, η ΣΗΘ ορίζεται ως «η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής (ή/και μηχανικής) και χρήσιμης θερμικής/ ψυκτικής ενέργειας από την ίδια αρχική ενέργεια, στο πλαίσιο μόνο μίας διεργασίας». Η ΣΗΘ έχει συνολική απόδοση έως 90%. Αυτό κυμαίνεται περίπου στο 30-40% περισσότερο από την ξεχωριστή παραγωγή των συμβατικών καυσίμων και έτσι προκύπτει μείωση της τάξης του 30-40% στην κατανάλωση πρωτογενών καυσίμων και στις εκπομπές CO₂. Η υψηλή αυτή αποδοτικότητα παρέχει μια οικονομικά ελκυστική τεχνολογία για τους ενεργειακούς καταναλωτές, με ταυτόχρονη ζήτηση τόσο για θερμότητα όσο και για ηλεκτρική ενέργεια.



Σχήμα 2.20: Βαθμός απόδοσης συστήματος συμπαργωγής έναντι συμβατικών συστημάτων. [30]

Στα κτίρια χρησιμοποιούνται διάφορες μηχανές, ανάλογα με την κατηγορία του κτιρίου και τα διαθέσιμα καύσιμα για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Τα καύσιμα τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται, για οικονομικούς αλλά και περιβαλλοντικούς λόγους, είναι το φυσικό αέριο, το βιοαέριο και η βιομάζα. Για να χαρακτηριστεί μια επένδυση βιώσιμη, λαμβάνονται υπόψη ως βασικά στοιχεία για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος προς εγκατάσταση, οι απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη, το κόστος αγοράς, εγκατάστασης και συντήρησης του συστήματος, καθώς και οι ώρες λειτουργίας του. Οι συνηθέστερες μονάδες ΣΗΘ για κτίρια, είναι η Μηχανή Otto (Αεριομηχανή), η Μηχανή Diesel (Πετρελαιομηχανή), ο Αεριοστρόβιλος με λέβητα ανάκτησης θερμότητας, ο Μικροστρόβιλος, η Μηχανή Stirling, η Κυψέλη καυσίμου και ο Ατμοστρόβιλος απομάστευσης, σε ιδιαίτερες περιπτώσεις.

Επειδή η χρονική περίοδος κατά την οποία απαιτείται θέρμανση των κτιρίων στην Ελλάδα είναι σχετικά μικρή, της τάξεως των 5 μηνών, η εφαρμογή της ΣΗΘ στον κτιριακό τομέα αποκλειστικά για κάλυψη των θερμικών φορτίων είναι αντισυμβατική, λόγω των περιορισμένων ετήσιων ωρών λειτουργίας. Η λύση δίνεται με την δυνατότητα παραγωγής και ψύξης από τη θερμότητα ενός σταθμού ΣΗΘ, μέσω των κύκλων απορρόφησης ή προσρόφησης, με μονάδες τριπαργωγής. Τριπαργωγή (Trigeneration) είναι η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρισμού, χρήσιμης θερμότητας και ψύξης από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας. Η μέθοδος της τριπαργωγής ωστόσο βρίσκει εφαρμογή στον κτιριακό τομέα, κυρίως σε νοσοκομεία, ξενοδοχεία, κτίρια γραφείων και εμπορικά κέντρα ή σε συστήματα τηλεθέρμανσης - τηλεψύξης. Γενικά, χρησιμοποιείται σε κτήρια με ταυτόχρονες συνεχείς ανάγκες για ηλεκτρισμό και θέρμανση ή/και ψύξη που υπερβαίνουν τις 4.500-5.000 ώρες ετησίως.



Σχήμα 2.21: Σχεδιάγραμμα συστήματος τριπαργωγής (trigeneration) [31]

Το κόστος εγκατάστασης μιας μονάδας Συμπααραγωγής σε ένα κτίριο ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο της μονάδας που θα χρησιμοποιηθεί. Σε μικρά μεγέθη, χαμηλό κόστος επένδυσης ανά KWe έχουν οι μηχανές εσωτερικής καύσης και οι αεριοστρόβιλοι, με την επένδυση να ξεκινά από 6.000 € και να αυξάνεται ανάλογα με την περίπτωση.

2.4 Παραδείγματα αναβάθμισης κτιρίων σε χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή νέων κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης είναι πλέον ιδιαίτερα διαδεδομένος στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης και τα πάμπολλες οι περιπτώσεις τέτοιων κατασκευών. Αυτό όμως που παρουσιάζει μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι οι περιπτώσεις υφιστάμενων κτιρίων που ανακαινίστηκαν και αναβαθμίστηκαν σε χαμηλής ή ακόμα και μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Μερικά τέτοια παραδείγματα από το εξωτερικό αλλά και από την Ελλάδα παρουσιάζονται ενδεικτικά ακολούθως.

2.4.1 Ανακαίνιση πολυκατοικίας στην Αυστρία (Κάπφενμπεργκ)

Το υπάρχον κτιριακό απόθεμα στην Αυστρία αποτελείται από πολλά κτίρια από την μεταπολεμική περίοδο, τα οποία λόγω της κακής ποιότητας κατασκευής τους καταναλώνουν ένα τεράστιο ποσό ενέργειας για θέρμανση. Στο Κάπφενμπεργκ μία τέτοια πολυκατοικία, κατασκευασμένη το 1961, ανακαινίστηκε το 2013 και μετατράπηκε σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης από την αυστριακή εταιρία "Nussmüller Architects ZT GmbH". Κοινώς, σε ετήσια βάση το κτίριο παράγει περισσότερη ενέργεια από ότι καταναλώνει σε επίπεδο πρωτογενούς ενέργειας, μέσω καινοτόμων μέτρων στη μόνωση και τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η πολυκατοικία [Σχήμα 2.22] έχει εμβαδόν 2756 m² και όγκο 8750 m³ και φιλοξενεί 32 διαμερίσματα με καθαρή επιφάνεια 61-89 m² το καθένα. [32]



Σχήμα 2.22: Αρχική κατάσταση κτιρίου πολυκατοικίας στο Κάπφενμπεργκ [32]

Το υπάρχον κτίριο ανακατασκευάζεται μέσω της ανακαίνισης της πρόσοψης, χρησιμοποιώντας προκατασκευασμένα στοιχεία από ξύλο σε ύψος 39 πόδια. Τα προκατασκευασμένα στοιχεία πρόσοψης έχουν μέγεθος 12 x 3 m² και εγγυώνται μια θερμική μόνωση βασισμένη στο πρότυπο των κτιρίων μηδενικής ενέργειας. Εκτός από μία παθητική σχεδίαση, αυτού του είδους οι προσόψεις δίνουν την δυνατότητα ενσωμάτωσης ενεργητικών στοιχείων στην πολυκατοικία, όπως φωτοβολταϊκών, ηλιακών συλλεκτών ή διαφανής μόνωσης. Οι προκατασκευασμένες προσόψεις που χρησιμοποιήθηκαν [Σχήμα 2.22] κατασκευάζονται από την εταιρία “Kulmer Bau” στην Αυστρία και έχουν σημειώσει μεγάλη άνοδο στη ζήτηση τους παρά το μειονέκτημα της υψηλής τιμής τους. Ωστόσο το κόστος των καινοτόμων στοιχείων πρόσοψης ισοσκελίζεται από το γεγονός ότι αυτές οι μονάδες προσφέρουν πολλά πρόσθετα οφέλη, καθώς είναι ένα δομικό στοιχείο χωρίς θερμογέφυρες, με οικολογικό και αιεφόρο σχεδιασμό, αλλά και εύκολη ανακύκλωση μέσα από το διαχωρισμό των συστατικών και το κυριότερο με δυνατότητα εγκατάστασης σε εξαιρετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, οι μονάδες στη δυτική πρόσοψη του συγκεκριμένου κτιρίου τοποθετήθηκαν σε μόλις 5 ώρες. Η δυνατότητα της ταχείας εγκατάστασης απαλλάσσει από προβλήματα λόγω απρόσμενων καιρικών συνθηκών, μειώνει το χρόνο που δημιουργείται πίεση στους κατοίκους και εξοικονομεί τα χρήματα στον ιδιοκτήτη συντομεύοντας το χρόνο της κατασκευής και εξαλείφοντας την ανάγκη για σκαλωσιές. [34]



Σχήμα 2.23: Σχεδιασμός και τοποθέτηση προκατασκευασμένων προσόψεων. [34]

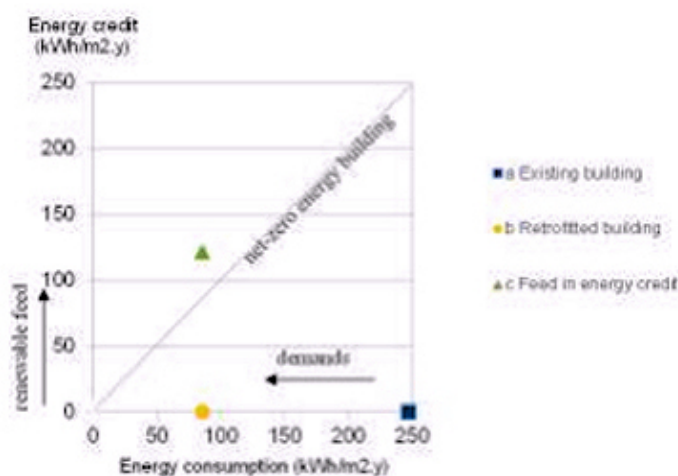
Από άποψη ενεργειακών συντελεστών, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους είναι 0,12 W/K/m², του δαπέδου 0,30 W/K/m², της οροφής 0,10 W/K/m² και των ανοιγμάτων 0,85 W/K/m². Λόγω της μορφής των προσόψεων και της συμπαγής μορφής του κτιρίου, όπως αναφέρθηκε δεν υπάρχουν θερμογέφυρες, ενώ τα τζάμια είναι διπλά με αέριο μεταξύ των υαλοπινάκων. Προκειμένου να αυξηθεί το φως του ήλιου στα διαμερίσματα έγινε ανακατασκευή των υφιστάμενων στηθαίων ώστε να αυξησει το μέγεθος των παραθύρων, και νέα διαμόρφωση των κατόψεων στα παράθυρα που είναι προσανατολισμένα σε ανατολή και δύση. Για τους θερμούς μήνες υπάρχει χειροκίνητο σύστημα προστασίας από τον ήλιο, εγκατεστημένα ηλιακά σκίαστρα και νυχτερινός δροσισμός μέσω των υπαρχόντων τοίχων αποθήκευσης του κτιρίου. Παράλληλα εγκαταστάθηκε μηχανικό σύστημα αερισμού με ανάκτηση θερμότητας με 80% αποδοτικότητα.

Για παραγωγή ενέργειας στο κτίριο λειτουργεί σύστημα ηλιακών συλλεκτών για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, φωτοβολταϊκά και τηλεθέρμανση, τροφοδοτούμενη κατά 60% από φυσικό αέριο και 40% από ενέργεια από τοπικές βιομηχανίες. Στα προκατασκευασμένα στοιχεία της πρόσοψης έχει ενσωματωθεί μία περιοχή συλλεκτών 12 m² ενώ παράλληλα δημιουργήθηκε μια επέκταση με επικλινή πρόσοψη, σε νότιο προσανατολισμό, που είναι εξοπλισμένη με μία επιφάνεια 144 m² ηλιακών συλλεκτών [Σχήμα 2.23]. Το σύνολο της στέγης, η εγκατάσταση στην όψη και ένα μέρος της επικλινούς πρόσοψης, έχουν δεσμευτεί για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, με συνολικό εμβαδόν 630 m². Η αναμενόμενη απόδοση της ενέργειας είναι 39.500 kWh/έτος για το ηλιακό θερμικό σύστημα και 70.000 kWh/έτος για το φωτοβολταϊκό σύστημα. Η θερμότητα που παράγεται πηγαίνει σε 7.500 λίτρων ηλιακή δεξαμενή και σήμερα χρησιμοποιείται αποκλειστικά για θέρμανση και ζεστό νερό στο κτίριο. Στο μέλλον, σχεδιάζεται να παρέχει ζεστό νερό από το ηλιακό σύστημα για θέρμανση και σε γειτονικό κτίριο.



Σχήμα 2.24: Κατασκευή για τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών και φωτοβολταϊκών. [33]

Η πολυκατοικία μετά την ανακαίνιση έχει ετήσιες απαιτήσεις πρωτογενούς ενέργειας 80 kWh/m², τελική κατανάλωση ενέργειας 43 kWh/m² και ετήσιες εκπομπές CO₂ 20 kg/m². Με τα ενεργητικά συστήματα παράγει 120 kWh/m² πρωτογενούς ενέργειας, δημιουργώντας ετήσιο ενεργειακό πλεόνασμα και φυσικά κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία A+. Το συνολικό κόστος της επένδυσης ήταν 3,4 εκατομμύρια ευρώ, δηλαδή 1.234 €/m². [35]



Σχήμα 2.25: Διάγραμμα ενεργειακού ισοζυγίου [αρχικό (μπλε), ανακατασκευασμένο (κίτρινο) και με συστήματα παραγωγής ενέργειας (πράσινο)] [35]



Σχήμα 2.26 Σημερινή εικόνα μετά την αναβάθμιση της πολυκατοικίας στο Κάπφενμπεργκ [33]

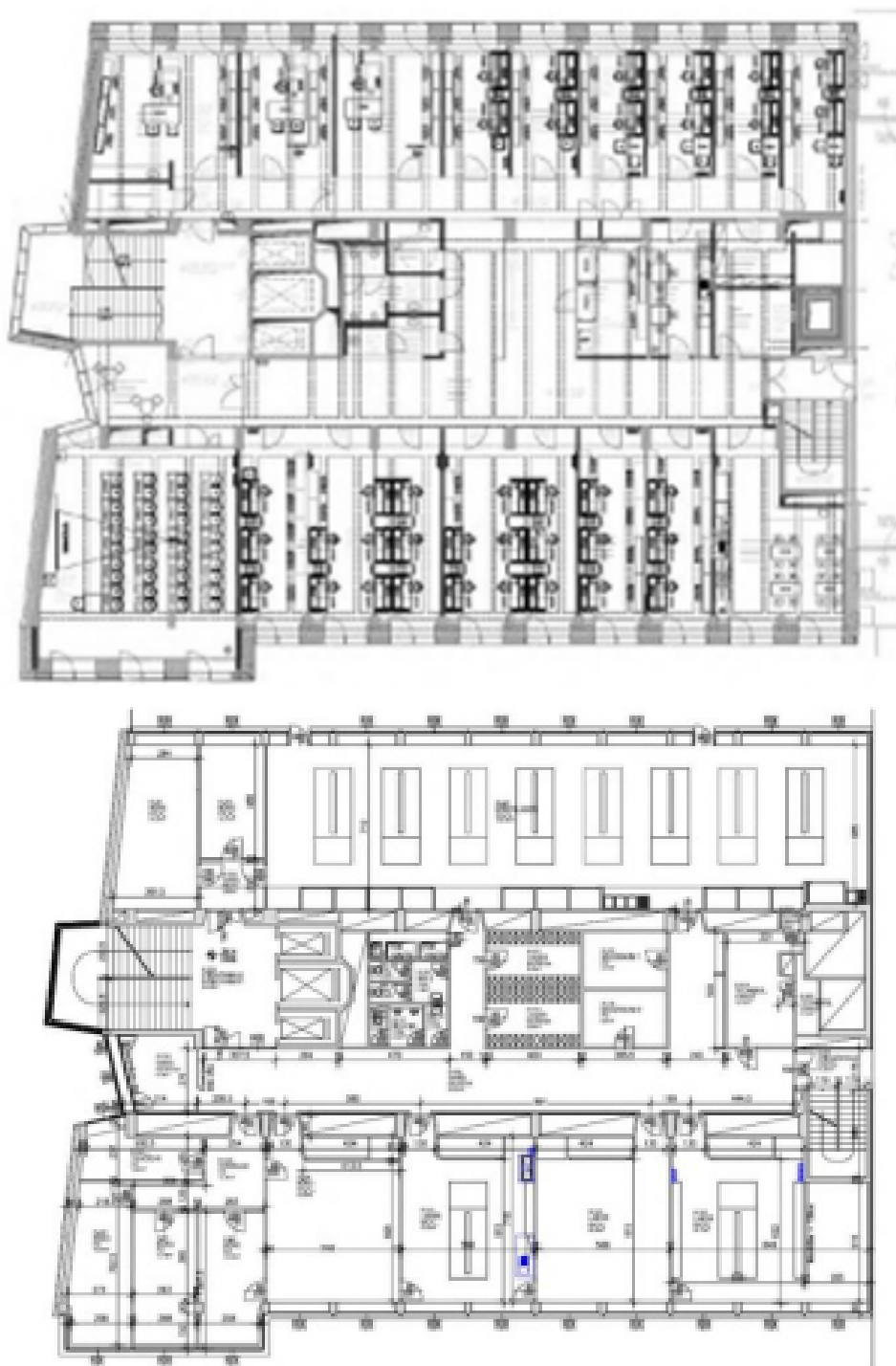
2.4.2 Ανακαίνιση κτιρίου γραφείων στην Αυστρία (Βιέννη)

Στη διάρκεια της ανακαίνισης του Πανεπιστημίου Τεχνολογίας της Βιέννης δημιουργήθηκε το μεγαλύτερο μηδενικής ενέργειας κτίριο γραφείων. Το έργο είχε σκοπό να αναδείξει όχι μόνο την τεχνική, αλλά επιπλέον την επικερδή οικονομική επένδυση σε τέτοιου είδους κτίρια, εξασφαλίζοντας ένα βέλτιστο περιβάλλον για την επιστήμη και τη μελέτη. Η έννοια της μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης εκπληρώνεται με τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας του συνόλου του κτιρίου και την εγκατάσταση της μεγαλύτερης πρόσοψης φωτοβολταϊκών στην Αυστρία.



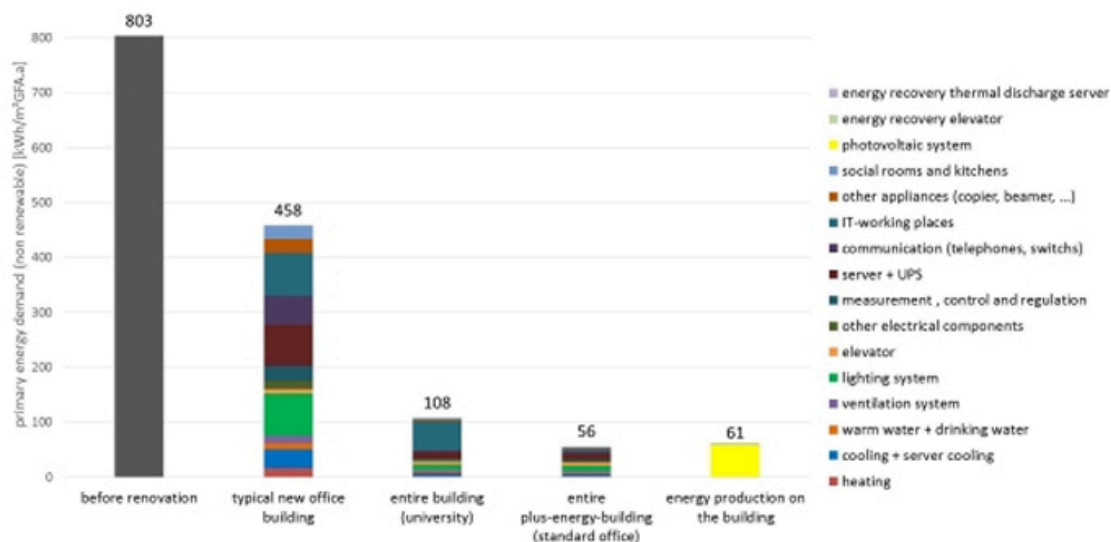
Σχήμα 2.27: Αρχική κατάσταση και τρισδιάστατη απεικόνιση του ανακαινισμένου κτιρίου. [36]

Η ανακαίνιση του κτιρίου γραφείων του Πανεπιστημίου έχει ολοκληρωθεί και η μετεγκατάσταση του προσωπικού αναμενόταν να γίνει τον Αύγουστο του 2014. Το κτίριο έχει 10 ορόφους και ωφέλιμη επιφάνεια 7.670 τ.μ. ενώ διαθέτει πάνω από 700 χώρους εργασίας. Στόχος του έργου ήταν να επιτευχθεί ένα κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης σε πρωτοβάθμιο επίπεδο ενέργειας για όλα τα τμήματα του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων των υπολογιστών των γραφείων και των servers. Η κάλυψη της ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας επιτυγχάνεται με εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος, τη χρήση της θερμικής ενέργειας που παράγεται από τους servers και την ανάκτηση ενέργειας από τους ανελκυστήρες του κτιρίου. [32]



Σχήμα 2.28: Σχέδια κατόψεων ορόφων κτιρίου γραφείων του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου της Βιέννης. [36]

Ο βασικός στόχος που τέθηκε για την επίτευξη της μηδενικής κατανάλωσης του κτιρίου γραφείων ήταν η ελαχιστοποίηση της ενεργειακής ζήτησης για όλα τα τμήματα και εξαρτήματα στο κτίριο, από τη θέρμανση έως την ψύξη, καθώς και για τους υπολογιστές όσο και τα υπόλοιπα ηλεκτρικά εξαρτήματα. Μάλιστα 9.300 εξαρτήματα από 280 κατηγορίες του έργου καταχωρήθηκαν, βελτιστοποιήθηκαν ενεργειακά και εγκρίθηκαν από την επιστημονική ομάδα.



Σχήμα 2.29: Ανάλυση ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίου γραφείων Τεχνολογικού Πανεπιστημίου της Βιέννης. [37]

Οι δέσμες μέτρων που εκτελέστηκαν στο κτίριο γραφείων του Πανεπιστημίου είναι οι ακόλουθες: [36]

α) Βελτιστοποίηση της μόνωσης του κελύφους και των ανοιγμάτων, σύμφωνα με τη θεωρία του παθητικού σπιτιού. Χαρακτηριστική είναι η σύγκριση των συντελεστών θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων πριν και μετά την ανακαίνιση. Συγκεκριμένα στην τοιχοποιία το U-value βελτιώθηκε από 0,70 σε 0,088 W/m²K, στην οροφή από 0,60 σε 0,066 W/m²K, στο δάπεδο από 0,90 σε 0,12 W/m²K και στα ανοίγματα από 2,50 σε 0,62 W/m²K. Τα ανοίγματα, ανοιγόμενα ή σταθερά, έχουν τριπλό υαλοπίνακα και πλήρωση με αργό.

β) Αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με τις εξής εργασίες:

- Κατάλληλη διάταξη χώρων για μεγιστοποίηση του φυσικού φωτισμού.
- Τοποθέτηση λαμπτήρων LED απόδοσης φωτεινότητας 110 lm/W.
- Εγκατάσταση ανιχνευτών κίνησης για ενεργοποίηση φωτισμού.

γ) Ενεργειακή αναβάθμιση των ηλεκτρικών συσκευών:

- Σταδιακή αντικατάσταση στους υπάρχοντες ηλεκτρονικούς υπολογιστές, στις βοηθητικές συσκευές των γραφείων, τους servers αλλά και στις συσκευές κουζίνας.
- Δίκτυο 24V για μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση και διαχείριση της ενέργειας των servers.
- Μεταφορά των κεντρικών υπολογιστών από το χώρο εργασίας στα δωμάτιο ελέγχου των server για μείωση των ψυκτικών φορτίων στους χώρους και αποτελεσματική ψύξη.
- Εγκατάσταση Voice over IP (VoIP) αντί του τηλεφώνου.

δ) Ενεργειακή αναβάθμιση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης:

- Παθητικό σύστημα θέρμανσης της τοιχοποιίας του κτιρίου.

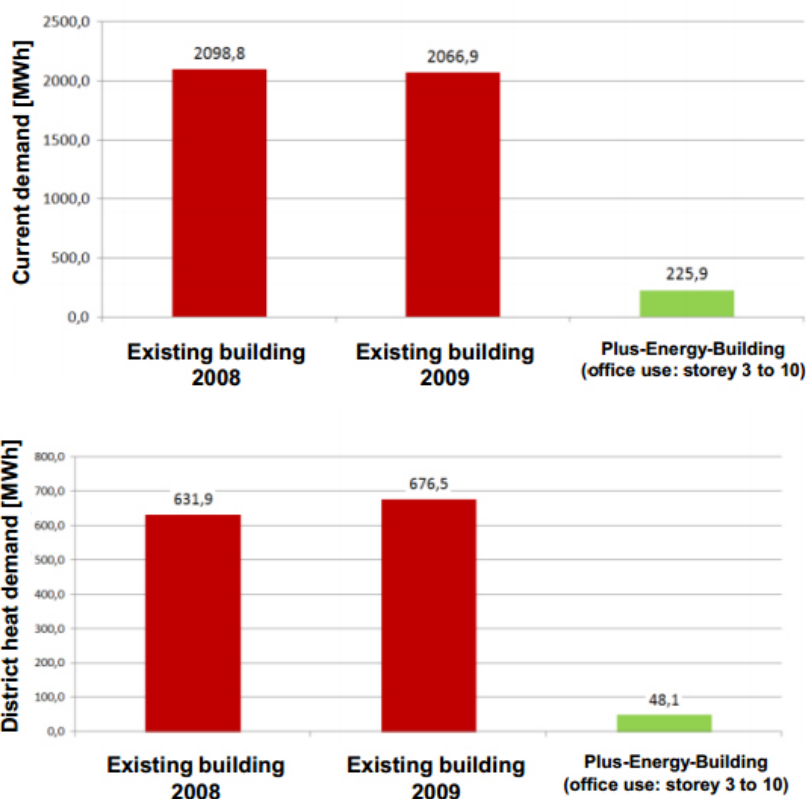
- Παθητικό σύστημα δροσισμού για αυτοματοποιημένο νυχτερινό αερισμό και κατά συνέπεια χαμηλότερη ζήτηση ψύξης.
- Εγκατάσταση τηλεθέρμανσης.
- Εγκατάσταση συστήματος ψύξης με υψηλότατο βαθμό απόδοσης (SEER > 9).
- Υψηλή μόνωση σωληνώσεων διανομής τόσο του συστήματος θέρμανσης όσο και ψύξης.

ε) Βελτίωση συστήματος εξαερισμού:

- Σύστημα εξαερισμού με αυτόματη ρύθμιση ανάλογα με τη ζήτηση.
- Διπλασιασμός των εναλλακτών θερμότητας για την μεγαλύτερη ανάκτηση θερμότητας και για πρόληψη φαινομένων ύγρανσης και αφύγρανσης.
- Σύστημα εξαερισμού και αεραγωγών με ελάχιστη πτώση πίεσης, χωρίς θέρμανση και πηγία ψύξης.

στ) Παραγωγή ενέργειας:

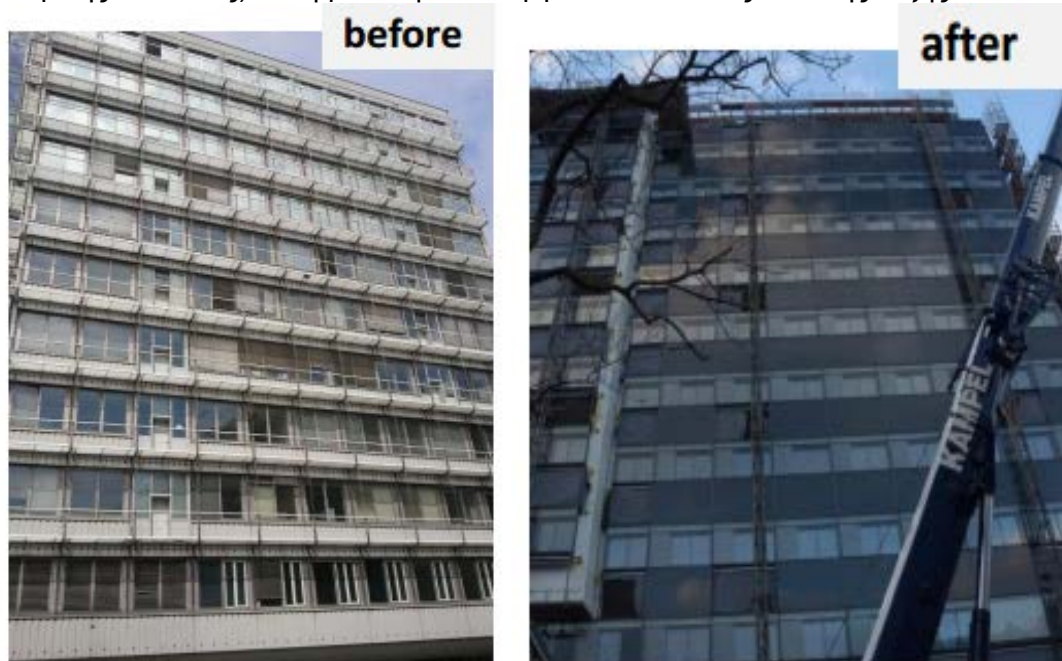
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στη στέγη και στην πρόσοψη συνολικής επιφάνειας 2.250 m² και ισχύος 328,4 kWp (97,8 kWp στη στέγη και 230,6 kWp στην πρόσοψη). Αυτό μάλιστα είναι το μεγαλύτερο κτίριο ολοκληρωμένο φωτοβολταϊκό σύστημα σε πρόσοψη στην Αυστρία.
- Εκμετάλλευση της παραγόμενης θερμικής ενέργειας από τους servers και χρησιμοποίησή της στο σύστημα θέρμανσης. Έτσι καλύπτεται το μεγαλύτερο μέρος της ενεργειακής ζήτησης για θέρμανση του κτιρίου.
- Ανάκτηση ενέργειας κατά τη χρήση νέων ανελκυστήρων ενεργειακής κλάσης A στο κτίριο.



Σχήμα 2.30: Απαιτήσεις ενέργειας και απαιτήσεις θέρμανσης πριν και μετά την αναβάθμιση του κτιρίου γραφείων του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου της Βιέννης. [36]

Με το πέρας των ενεργειακών παρεμβάσεων οι ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου γραφείων είναι 3,4 kWh/m² για θέρμανση, 2,5 kWh/m² για ψύξη, 1,0 kWh/m²

για εξαερισμό και 5,6 kWh/m² για φωτισμό. Το συνολικό κόστος της ανακαίνισης ήταν περίπου 21 εκατομμύρια ευρώ (συμπεριλαμβανόμενης εκτός των γραφείων και της κεντρικής αίθουσας) και η μείωση του ενεργειακού κόστους είναι της τάξης του 90%.



Σχήμα 2.31: Αρχική και τελική όψη του κτιρίου γραφείων του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου της Βιέννης [36]

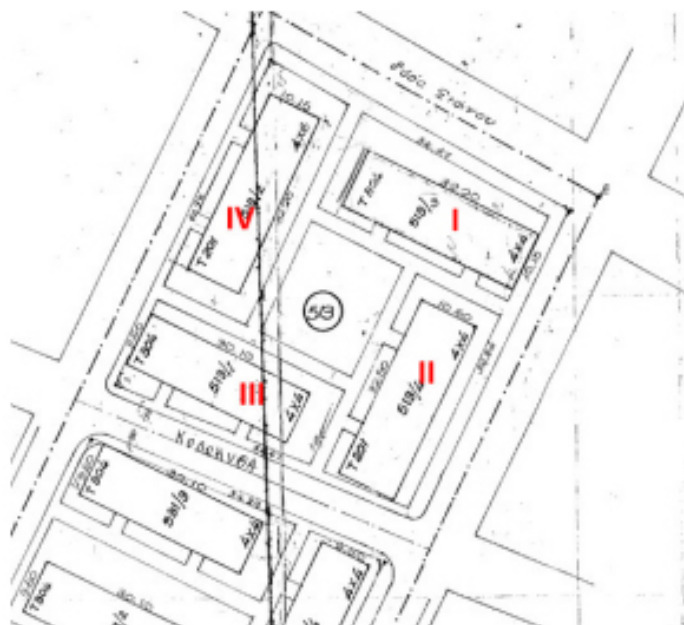
2.4.3 Ανακαίνιση συγκροτήματος 4 πολυκατοικιών στην Ελλάδα (Αγία Βαρβάρα)

Στο πλαίσιο του προγράμματος “Πράσινη πιλοτική αστική γειτονιά” του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) που αποσκοπεί στην μετάλλαξη ενός τυπικού αστικού κυττάρου σε μια γειτονιά “σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας” επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί ενεργειακή ενός συμπλέγματος εργατικών πολυκατοικιών με κτίρια της δεκαετίας του 1960.



Σχήμα 2.32: Αρχική κατάσταση πολυκατοικιών στην Αγία Βαρβάρα. [38]

Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για το οικοδομικό τετράγωνο Ο.Τ. 513 του δήμου Αγίας Βαρβάρας με 4 πολυκατοικίες, 72 διαμερισμάτων, και ένα χώρο υπαίθριο χώρο-πλατεία στον ακάλυπτο χώρο ανάμεσα τους, ο οποίος χρησιμοποιείται ως χώρος αναψυχής, όπως φαίνεται και στο τοπογραφικό διάγραμμα (σχήμα 1.1). Η διάταξή τους και η μεταξύ τους απόσταση (μεγαλύτερη των 10μ.) δεν δημιουργεί εμπόδια στην πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας ή στην ροή του αέρα ενώ τα γειτονικά κτήρια είναι ισούψη και δεν σκιάζουν αισθητά τα 4 κτίρια. [39]



Σχήμα 2.33: Τοπογραφικό διάγραμμα του Ο.Τ. 513 του δήμου Αγίας Βαρβάρας. [39]

Η κατασκευή των κτιρίων είναι ίδια και δεν έχει ληφθεί καμία πρόνοια θερμομονωτικής προστασίας στο κέλυφος, στην οροφή και στο δάπεδο προς το υπόγειο που είναι μη θερμαινόμενος χώρος. Τα κουφώματα των διαμερισμάτων διαφέρουν ανά κατοικία, αλλά στην πλειοψηφία τους έχουν ξύλινα κουφώματα σε κακή κατάσταση και μονό υαλοπίνακα. Από πλευράς σκίασης, σε όλες τις πολυκατοικίες χρησιμοποιούνται τέντες ή μεταλλικά ρολά, τα οποία όμως στην πλειοψηφία τους είναι σε κακή κατάσταση, καθώς οι τέντες παρουσιάζουν σκισμένο ύφασμα και τα ρολά είναι σκουριασμένα και κάποια από αυτά σε αχρηστία. Από πλευράς θέρμανσης μόνο τα δύο κτίρια διαθέτουν κεντρικό σύστημα, ωστόσο ουσιαστικά μόνο στο ένα κτίριο λειτουργεί, μιας και στο άλλο η κεντρική θέρμανση είναι εκτός λειτουργίας τα τελευταία 5 χρόνια. Επίσης σε κάποια διαμερίσματα έχει γίνει εγκατάσταση αυτόνομης θέρμανσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου). Λόγω της απουσίας ενός κεντρικού συστήματος θέρμανσης/ψύξης στα τρία κτίρια και της ενεργοβόρου λειτουργίας του υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης στο τέταρτο, οι κάτοικοι αναζήτησαν μεμονωμένα λύσεις για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε συνάρτηση πάντα με την οικονομική τους δυνατότητα.



Σχήμα 2.34: Ενδεικτική κάτοψη τυπικού ορόφου κτιρίου και όψεις. [39]

Στα πλαίσια του προγράμματος πραγματοποιήθηκε ενεργειακή καταγραφή με σκοπό την αποτύπωση της παρούσας κατάστασης και τον προσδιορισμό των παρεμβάσεων που θα οδηγήσουν σε μια οικιστική ενότητα “μηδενικού ισοζυγίου ενέργειας”. Στην ανακαίνιση του οικοδομικού τετραγώνου πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες εργασίες ενεργειακής αναβάθμισης.

α) Τοποθέτηση θερμομόνωσης σε ολόκληρο το κτιριακό κέλυφος (εξωτερική θερμομόνωση όψεων, οροφών και δαπέδων που είναι σε επαφή με υπόγεια). Αυτό φυσικά είχε σκοπό να οδηγήσει στην ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών και στην σημαντικότερη εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη των διαμερισμάτων. Παράλληλα χρησιμοποιήθηκε ειδικό αυτοκαθαριζόμενο επίχρισμα, προϊόν νανοτεχνολογίας, ώστε να διατηρηθούν τα κτίρια άσπρα, χωρίς εμφανείς σκόνες και καυσαέρια.

β) Αντικατάσταση των υαλοστασίων από νέας τεχνολογίας υαλοστάσια με διπλά τζάμια και θερμοδιακοπτόμενα πλαίσια αλουμινίου για περαιτέρω μείωση των συντελεστών θερμοπερατότητας των κτιρίων και περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας.

γ) Εγκατάσταση ενός ενεργειακά αποδοτικού κεντρικού συστήματος θέρμανσης, με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας και δυνατότητα αυτονόμησης ανά διαμέρισμα ώστε να συμμορφώνεται με τις ανάγκες κάθε νοικοκυριού. Ο στόχος είναι η βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης, χωρίς οικονομική επιβάρυνση, των κατοίκων και η εύρεση λύσης στις δυσκολίες που αυτοί αντιμετώπιζαν είτε λόγω απουσίας συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, είτε λόγω του δυσβάσταχτου οικονομικού κόστους που αυτά συνεπάγονται.

δ) Αντικατάσταση και σωστή τοποθέτηση σκιάστρων που οδηγεί στον έλεγχο των ηλιακών κερδών στο εσωτερικό του κτηρίου και έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της χρήσης του κλιματισμού.

ε) Εγκατάσταση κεντρικού ηλιακού συστήματος, το οποίο εξοικονομεί ενέργεια και δεν επιβαρύνει οικονομικά τους χρήστες. Το σύστημα αυτό θα αποτελέσει τη λύση στην ευρεία χρήση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα που γινόταν για την κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης.

στ) Εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ώστε να εξασφαλιστεί το σχεδόν μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο και συνάμα να βελτιωθεί η οικονομική κατάσταση και η ποιότητα ζωής των κατοίκων.

Οι δράσεις αυτές τέλος συνδυάστηκαν και με την εκπαίδευση των κατοίκων στη ορθή χρήση των τεχνολογιών και των τεχνικών που εφαρμόστηκαν, αλλά και στον τρόπο διαχείρισης του ηλεκτρισμού για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και χρημάτων. Στο εσωτερικό των κατοικιών δεν έγιναν αλλαγές, εκτός από την τοποθέτηση ενός μικρού έξυπνου μετρητή που δίνει σε καθημερινή βάση πληροφορίες στο χρηστή για την κατανάλωση του διαμερίσματός του.



Σχήμα 2.35: Φάση εργασιών (τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης). [40]

Το αποτέλεσμα της αναβάθμισης, εκτός φυσικά της βελτίωσης της ποιότητας ζωής των κατοίκων, είναι η πτώση της ετήσιας ενεργειακής ζήτησης για θέρμανση των πολυκατοικιών σε 32 kWh/m^2 και η ετήσια ενεργειακή ζήτηση για ψύξη σε $17,85 \text{ kWh/m}^2$, σημειώνοντας εξοικονόμηση ενέργειας 76%. Σε απόλυτα νούμερα πραγματοποιήθηκε ετήσια μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 939,84 MWh και ετήσια μείωση εκπομπών CO_2 451,20 tn. Η συνεισφορά της γεωθερμίας, μέσω των αντλιών θερμότητας, είναι 350 kWh ($21,7 \text{ kWh/m}^2$) και των φωτοβολταϊκών συστημάτων 40kWh. Αξίζει να σημειωθεί ότι το συνολικό κόστος του έργου προϋπολογίστηκε σε 7,5 εκατομμύρια ευρώ. [32]



Σχήμα 2.36: Τμήματα των τελικών όψεων των κτιρίων. [32],[41]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ & ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της εργασίας είναι η εξεύρεση δέσμης μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης για τις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις κτιρίων στην ελληνική επικράτεια, εξετάζοντας παράλληλα τις εργασίες αυτές από οικονομικής πλευράς. Αρχικά θα μελετηθούν ενεργειακά τα κτίρια των παραδειγμάτων και θα εντοπιστεί η ενεργειακή τους κατάταξη. Έπειτα θα αναλυθεί κάθε δυνατή παρέμβαση που μπορεί να γίνει σε αυτά, αλλά και οι πιθανοί συνδυασμοί τους, ενώ παράλληλα θα εξετάζεται ο χρόνος που απαιτείται για την οικονομική τους απόσβεση ώστε να αναδειχθεί η βέλτιστη λύση. Τέλος, θα γίνει προσπάθεια να μετατραπούν τα κτίρια σε μηδενικής ή χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, υπολογίζοντας το συνολικό κόστος των απαιτούμενων εργασιών ώστε να εξαχθεί σαν συμπέρασμα αν η μετατροπή έχει οικονομικά προοπτική για τους ιδιοκτήτες των ακινήτων. Όλες οι μελέτες ενεργειακής απόδοσης θα πραγματοποιηθούν με το πρόγραμμα TEE-KENAK.

Το πρώτο παράδειγμα θέλει να προσεγγίσει τις δυνατότητες ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων εντός των πόλεων, όπου η πλειοψηφία του δυναμικού είναι πολυκατοικίες. Έτσι η περίπτωση που θα εξεταστεί είναι μιας τετραώροφης πολυκατοικίας κατασκευασμένης πριν το 1980 στην περιοχή της Αθήνας (κλιματική ζώνη Β).

Η δεύτερη περίπτωση θέλει να προσεγγίσει τη δυσμενέστερη κλιματική ζώνη, την “Δ” (Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα, Δράμα). Στις περιοχές αυτές ο συνηθέστερος τύπος κτιρίου είναι οι μονοκατοικίες, οι οποίες στη συντριπτική τους πλειοψηφία είναι παλιές κατασκευής και κατά συνέπεια καταταγμένες στη χειρότερη ενεργειακή κατηγορία. Επιλέχθηκε να γίνει προσπάθεια ενεργειακής αναβάθμισης μίας μονοκατοικίας στην περιοχή της Καστοριάς.

Στο τελευταίο παράδειγμα, ξεφεύγοντας από τις κατοικίες, θα εξεταστεί ένα κτίριο του τριτογενή τομέα. Επιλέχθηκε ένα εξαόροφο κτίριο γραφείων στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, ώστε να βρίσκεται στην κλιματική ζώνη Γ. Τα περισσότερα κτίρια του τριτογενή τομέα στην Ελλάδα καταναλώνουν υπερβολική ενέργεια για τη λειτουργία τους, κυρίως λόγω των παλιών συστημάτων που διαθέτουν και φυσικά της ανυπαρξίας θερμομονωτικής προστασίας.

Αξίζει να αναφερθεί εξ αρχής ότι οι συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ και την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 [13] είναι οι ακόλουθοι στον ακόλουθο Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και εκλυόμενοι ρύποι ανά καύσιμο. [13]

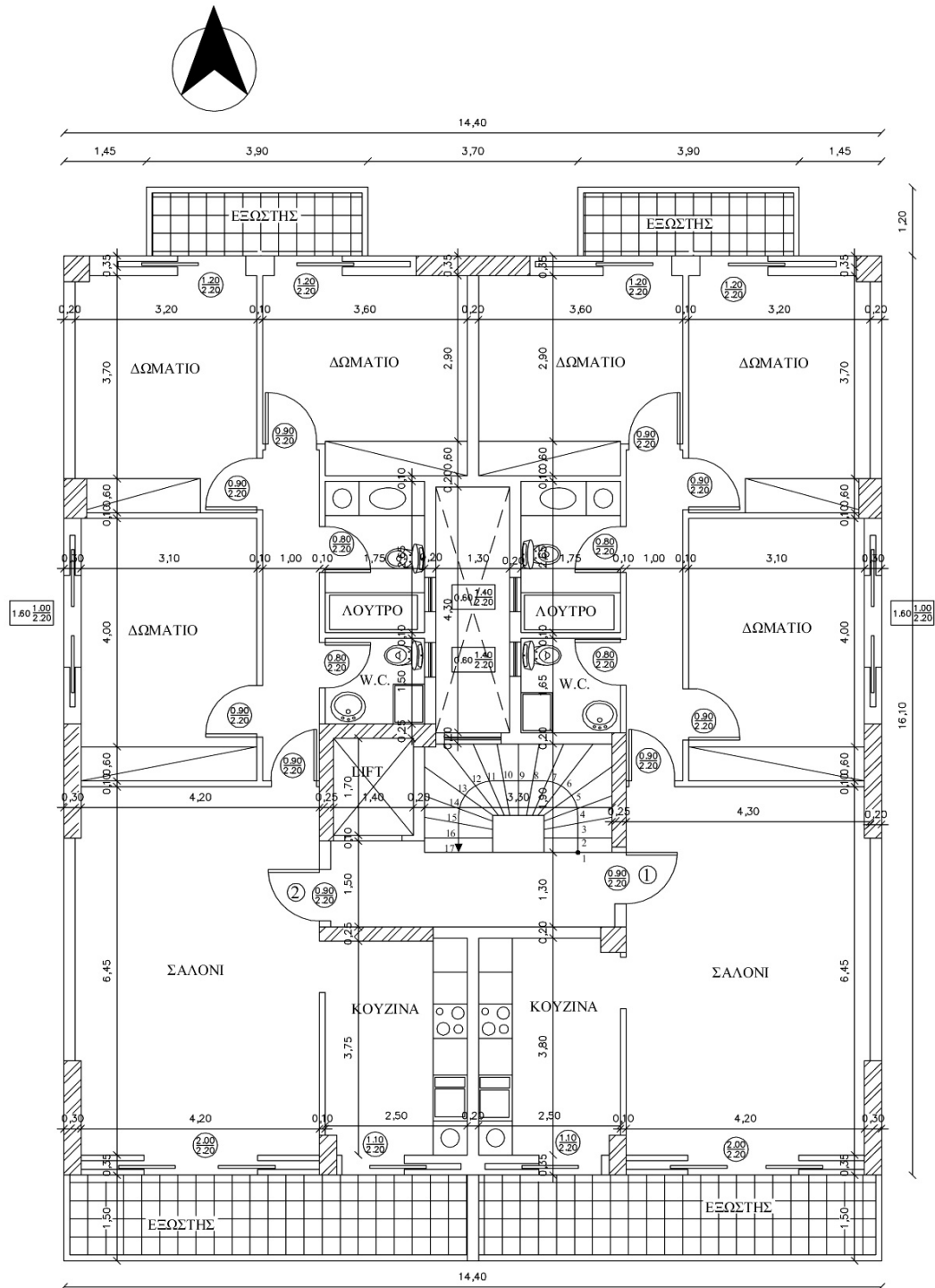
Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /kW)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347

Η αυξημένη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας είναι εμφανές ότι επιβαρύνει σημαντικά την τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο κτήριο, καθώς και την έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής πρωτογενούς ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

4.1 Περιγραφή υπό μελέτη κτιρίου

Η περίπτωση που θα εξεταστεί σε αυτό το κεφάλαιο είναι μίας πολυκατοικίας στην περιοχή της Αθήνας. Το κτίριο έχει 4 τυπικούς ορόφους, οι οποίοι έχουν χρήση “κατοικία” και η κάτοψη τους απεικονίζεται στο Σχήμα 4.1. Σε κάθε όροφο υπάρχουν 2 διαμερίσματα αποτελούμενα από σαλόνι, κουζίνα, 3 υπνοδωμάτια και 2 μπάνια.



Σχήμα 4.1: Κάτοψη τυπικού ορόφου υπό μελέτη πολυκατοικίας.

Τα στοιχεία του υπό μελέτη κτιρίου παρουσιάζονται ακολούθως.

- Η θερμαινόμενη επιφάνεια των 8 διαμερισμάτων του κτιρίου είναι 710,40 m² ενώ το κλιμακοστάσιο, που αποτελεί μη θερμαινόμενο χώρο, έχει εμβαδόν 72,40 m².
- Η πολυκατοικία βρίσκεται στην Αθήνα οπότε βάση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) ανήκει στην κλιματική ζώνη Β.
- Για να υπάρχει όσο το δυνατό μεγαλύτερη γενίκευση, το κτίριο θεωρείται ότι βρίσκεται σε θέση που δεν επηρεάζεται από σκιάσεις γειτονικών κτιριακών κατασκευών, πράγμα βέβαια δύσκολο να συμβεί σε πολυκατοικίες εντός πόλεως. Ο μόνος σκιασμός που λαμβάνεται υπόψη είναι αυτός που προκαλείται από το ίδιο το κτίριο, από τους προβόλους του και τους πλευρικούς τοίχους.
- Στο κτίριο δεν υπάρχει κανένα μέτρο θερμομονωτικής προστασίας, κοινώς το κέλυφος του, το δώμα και το δάπεδο που είναι σε επαφή με την πυλωτή είναι αμόνωτα. Συγκεκριμένα, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων “Πολυκατοικία”

Περιγραφή δομικού στοιχείου	Συντ. θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	1,623
Μπετά σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	3,165
Τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	1,416
Μπετά σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	2,333
Δάπεδο σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	2,750
Οροφή σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	3,050

- Τα ανοίγματα είναι κυρίως συρόμενα, εκτός από αυτά των μπάνιων που είναι ανοιγόμενα, και έχουν απλά κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή (U_f=7,0 W/m²K). Όλα τα κουφώματα έχουν μονό υαλοπίνακα (U_g=5,7 W/m²K). Αναλυτικά τα στοιχεία τους και οι συντελεστές τους παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2: Συντελεστές θερμοπερατότητας ανοιγμάτων “Πολυκατοικία”

Κουφώμα	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Φύλλα	U [W/(m ² K)]
A2	1,80	2,20	2	6,102
A3	0,90	2,20	1	6,078
A4	1,40	1,20	2	6,253
A5	1,30	2,20	1	6,057
A6	0,60	0,80	1	6,231

Η εξώπορτα των διαμερισμάτων είναι ξύλινη, διαστάσεων (1,00x2,20)m με συντελεστή U = 2.20 W/m²K.

- Υπάρχει εγκατεστημένο κεντρικό σύστημα θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου ισχύος 150 kW. Στα διαμερίσματα υπάρχουν κλασσικά θερμαντικά σώματα, ενώ το δίκτυο διανομής του ζεστού νερού από το λέβητα σε αυτά δεν διαθέτει μόνωση. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης, όπως ο τύπος της μονάδας παραγωγής θερμικής ενέργειας, η απόδοσή της, οι απώλειες στο δίκτυο διανομής ζεστού νερού, ο τύπος των θερμαντικών μονάδων, κ.ά. παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 4.3: Δεδομένα συστήματος θέρμανσης “Πολυκατοικία”

Σύστημα θέρμανσης θερμικής ζώνης 1 (Πολυκατοικία)											
Μονάδα παραγωγής θερμότητας: Λέβητας ισχύος 150.0 kW											
Συνολική θερμική απόδοση μονάδας ή COP: 0.850											
Είδος καυσίμου: Πετρέλαιο θέρμανσης											
Πραγματικός βαθμός απόδοσης η_{gm} : 0.850											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%)											
ΙΑΝ	1	ΦΕΒ	1	ΜΑΡ	1	ΑΠΡ	1	ΜΑΙ	0	ΙΟΥΝ	0
ΙΟΥΛ	0	ΑΥΓ	0	ΣΕΠ	0	ΟΚΤ	0	ΝΟΕ	1	ΔΕΚ	1
Δίκτυο διανομής θερμότητας: Χωρίς μόνωση											
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C): 80.00											
Βαθμός θερμικής απόδοσης δικτύου διανομής: 88.0%											
Είδος τερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων Άμεσης απόδοσης σε εξωτερικό τοίχο											
Θερμική απόδοση τερματικών μονάδων: 0.89 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, πίνακας 4.12											

- Για την κάλυψη των αναγκών σε ψύξη της πολυκατοικίας έχουν τοποθετηθεί σε κάθε διαμέρισμα 2 κλιματιστικά ισχύος 3,5 kW, ένα στο σαλόνι και ένα στο διάδρομο για ομαλή ψύξη των υπνοδωματίων. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης ψύξης παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 4.4: Δεδομένα συστήματος ψύξης “Πολυκατοικία”

Σύστημα ψύξης θερμικής ζώνης 1 (Πολυκατοικία)											
Μονάδα παραγωγής ψύξης: Αερόψυκτη Α.Θ. ισχύος 56.0 kW											
Βαθμός απόδοσης EER: 2.000											
Είδος καυσίμου: Ηλεκτρισμός											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%)											
ΙΑΝ	0	ΦΕΒ	0	ΜΑΡ	0	ΑΠΡ	0	ΜΑΙ	0.5	ΙΟΥΝ	0.5
ΙΟΥΛ	0.5	ΑΥΓ	0.5	ΣΕΠ	0.5	ΟΚΤ	0	ΝΟΕ	0	ΔΕΚ	0
Είδος τερματικών μονάδων ψύξης χώρων: Τοπικές αντλίες θερμότητας											
Ψυκτική απόδοση τερματικών μονάδων: 0.93 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, πίνακας 4.14											

- Ως κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών το κτίριο βρίσκεται στην κατηγορία «Δ», καθώς δεν υπάρχει κανένας αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας των τερματικών μονάδων και του δικτύου διανομής.

- Για την κάλυψη των αναγκών των κατοίκων σε ζεστό νερό χρήσης υπάρχουν εγκατεστημένοι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες 120 lt και ισχύος 4 kW, 1 για κάθε διαμέρισμα, τοποθετημένοι στο πατάρι που υπάρχει πάνω από τα μπάνια τους. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παραγωγής ΖΝΧ, όπως ο τύπος της μονάδας παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, η απόδοση της, οι απώλειες του δικτύου διανομής ΖΝΧ, το σύστημα αποθήκευσης κ.ά. παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 4.5: Δεδομένα συστήματος ζεστού νερού χρήσης “Πολυκατοικία”

Σύστημα ζεστού νερού χρήσης ζώνης 1 (Πολυκατοικία)											
Είδος μονάδας παραγωγής ζεστού νερού χρήσης: Τοπικός ηλεκτρικός θερμαντήρας ισχύος 32.0 kW											
Θερμική απόδοση μονάδας ή COP: 1.000											
Είδος καυσίμου: Ηλεκτρισμός											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου για ΖΝΧ από το σύστημα (%)											
ΙΑΝ	1	ΦΕΒ	1	ΜΑΡ	1	ΑΠΡ	1	ΜΑΙ	1	ΙΟΥΝ	1
ΙΟΥΛ	1	ΑΥΓ	1	ΣΕΠ	1	ΟΚΤ	1	ΝΟΕ	1	ΔΕΚ	1
Θερμική απόδοση μονάδας αποθήκευσης ΖΝΧ: 98%											

- Οι ανάγκες αερισμού του κτιρίου καλύπτονται μέσω φυσικού αερισμού των χώρων.
- Δυστυχώς ο ΚΕΝΑΚ δεν λαμβάνει υπόψη στους υπολογισμούς την κατανάλωση ενέργειας από φωτιστικά σώματα και ηλεκτρικές συσκευές σε χώρους κατοικιών. Έτσι δεν μπορεί να διαπιστωθεί η ενεργειακή αναβάθμιση του συγκεκριμένου κτιρίου από μέτρα στον τομέα του φωτισμού.

4.2 Ενεργειακά αποτελέσματα υφιστάμενης πολυκατοικίας

Σύμφωνα με τα δεδομένα που αναλύθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο για την πολυκατοικία του παραδείγματος, διενεργήθηκε ενεργειακή μελέτη σύμφωνα με το πρόγραμμα TEE-KENAK. Τα απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη δίδονται στον Πίνακα 4.6 και σε αυτά περιλαμβάνονται και τα φορτία αερισμού για κάθε εποχή.

Πίνακας 4.6: Απαιτούμενα φορτία θέρμανσης & ψύξης - Πρότυπη πολυκατοικία.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαί.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	26.0	21.0	16.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	19.7	94.5
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	14.1	26.5	25.4	4.0	0.0	0.0	0.0	71.9
Υγρανση	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ΖΝΧ	3.2	2.9	3.0	2.7	2.4	1.9	1.8	1.8	1.9	2.3	2.6	3.0	29.3

Οι αντίστοιχες καταναλώσεις ενέργειας ανά τελική χρήση δίδονται στον πίνακα που ακολουθεί. Στην τελική κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη, περιλαμβάνεται και η ηλεκτρική κατανάλωση από τα βοηθητικά συστήματα της κάθε εγκατάστασης.

Πίνακας 4.7: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση - Πρότυπη πολυκατοικία.

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαί.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	43.2	35.0	28.2	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7	32.7	157.3
Ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση χώρων	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	4.2	7.8	7.5	1.2	0.0	0.0	0.0	21.3
ΖΝΧ	3.2	2.9	3.1	2.7	2.4	2.0	1.8	1.8	1.9	2.4	2.7	3.1	29.9
Ηλεκτρική ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ενέργεια από φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο	46.4	37.9	31.3	7.2	3.0	6.1	9.6	9.3	3.1	2.4	16.4	35.8	208.5

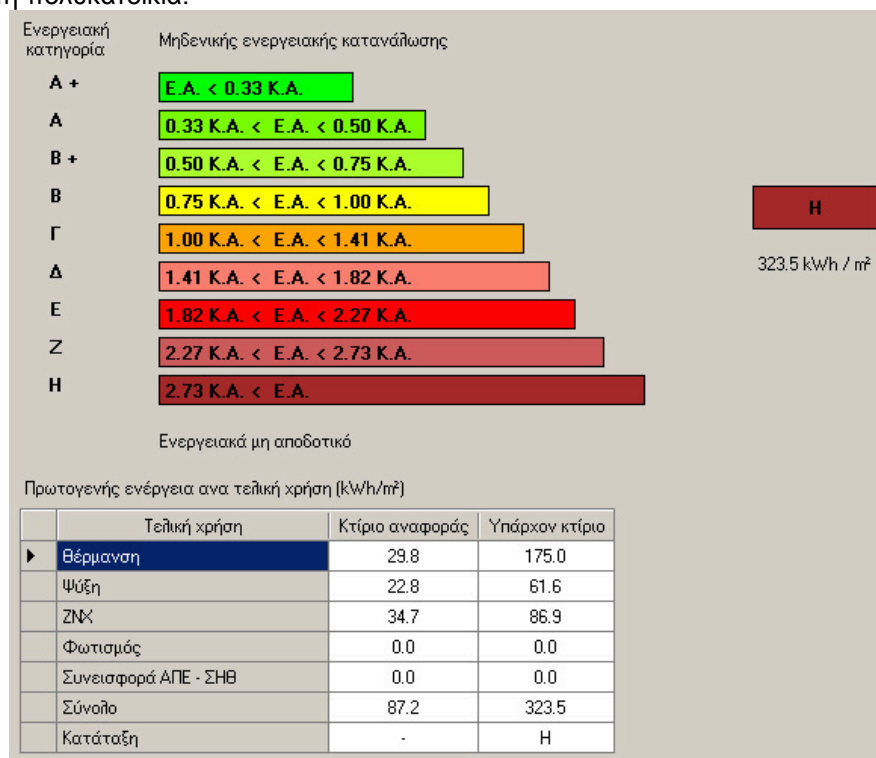
Οι καταναλώσεις καυσίμων στην πρότυπη πολυκατοικία αλλά και οι αντίστοιχες εκλύσεις αερίων ρύπων CO₂ ανά πηγή ενέργειας δίνονται στον Πίνακα 4.8.

Πίνακας 4.8: Κατανάλωση καυσίμων και εκπομπές CO₂ ανά πηγή ενέργειας - Πρότυπη πολυκατοικία.

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
▶ Ηλεκτρισμός	52.3	51.7
Πετρέλαιο	156.2	41.2
Φυσικό αέριο	0.0	0.0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0	0.0
Ηλιακή	0.0	0.0
Βιομάζα	0.0	0.0
Γεωθερμία	0.0	0.0
Άλλο ΑΠΕ	0.0	0.0
Σύνολο	208.5	93.0

Τέλος, οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση του τμήματος του κτιρίου, αλλά και η ενεργειακή κατηγορία που προκύπτει για την πρότυπη πολυκατοικία, δίνονται στον Πίνακα 4.8 που ακολουθεί. Είναι εμφανές ότι το κτίριο κατατάσσεται στην τελευταία ενεργειακή κατηγορία, έχοντας κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 3,7 φορές μεγαλύτερη του κτιρίου αναφοράς.

Πίνακας 4.9: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση - Πρότυπη πολυκατοικία.



Το ετήσιο λειτουργικό κόστος του κτιρίου υπολογίζεται από το πρόγραμμα TEE-KENAK σε 14.272,6 €, ενώ του κτιρίου αναφοράς μόλις 4.139,1€

4.3 Μέτρα για την ενεργειακή αναβάθμιση της πολυκατοικίας

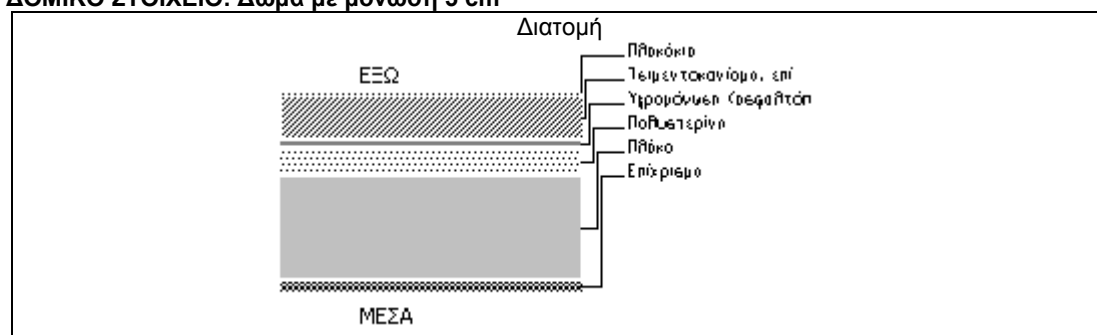
Από τα αποτελέσματα της ενεργειακής μελέτης είναι εμφανές ότι το κτίριο είναι ενεργειακά σε κακή κατάσταση και επιδέχεται πολλές βελτιώσεις στα πλαίσια της αναβάθμισης του. Αρχικά θα πραγματοποιηθούν στο υπό μελέτη κτίριο μεμονωμένες παρεμβάσεις ώστε να υπολογιστεί η εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και εκπομπών CO₂ που επιτυγχάνεται, συνυπολογίζοντας το κόστος και το χρόνο αποπληρωμής της επένδυσης.

1) Εξωτερική θερμομόνωση οροφής.

Το πρώτο μέτρο που θα εξεταστεί είναι η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στην οροφή του πολυκατοικίας. Το δώμα έχει εμβαδόν $177,6 \text{ m}^2$ και σε αυτό τοποθετείται εξιλασμένη πολυστερίνη σαν μονωτικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031 \text{ W/mK}$. Εξετάζονται 3 σενάρια για διαφορετικά πάχη μόνωσης, 5 cm (Σενάριο 1), 7 cm (Σενάριο 2) και 10 cm (Σενάριο 3), ώστε να διαπιστωθεί η διαφορά που προκύπτει στην ενεργειακή κατανάλωση αλλά και η βέλτιστη λύση από οικονομικής πλευράς. Με την προσθήκη του μονωτικού, το δομικό στοιχείο της οροφής έχει την παρακάτω ανάλυση.

Πίνακας 4.10: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου “οροφής” με μονωτικό 5cm.

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Δώμα με μόνωση 5 cm



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/ λ
		kg/m^3	m	$\text{W}/(\text{mK})$	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$
1	Επίχρισμα	1800	0.020	0.870	0.023
2	Πλάκα	2400	0.200	2.500	0.080
3	Πολυστερίνη	20	0.050	0.031	1.613
4	Υδρομόνωση (ασφαλτόπανο)	1000	0.008	0.186	0.043
5	Τσιμεντοκονίαμα	2000	0.080	1.400	0.057
6	Πλακάκια	2000	0.005	1.840	0.003
			$\Sigma d=0.363$		$R_L=1.819$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	0.10
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	1.819
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{o\lambda}$	$(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$	1.959

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	0.511
-------------------------------------	----------	---	--------------

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας σύμφωνα με τον Πίνακα 4.10 της οροφής με μόνωση 5 cm είναι $0,511 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, ενώ ο αντίστοιχος για 7 cm μειώνεται σε $0,384 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ και για 10 cm σε $0,280 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Εκτελώντας την ενεργειακή μελέτη με τους νέους συντελεστή της οροφής, υπάρχει όπως αναμενόταν μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη και κατά συνέπεια εξοικονόμηση σε ηλεκτρισμό και πετρέλαιο.

Η θερμομόνωση του δώματος είναι πολύ σημαντική παρέμβαση αλλά δεν είναι ικανή από μόνη της να “ανεβάσει” ενεργειακή κατηγορία το κτίριο, που παραμένει στην “H” αλλά σαφώς βελτιωμένο σε σύγκριση με το κτίριο αναφοράς, όπως φανερώνει ο Πίνακας 4.11.

Πίνακας 4.11: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση - Θερμομόνωση δώματος Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	157.7	156.8	156.0
	Ψύξη	22.8	61.6	50.7	50.2	49.8
	ZNκ	34.7	86.9	86.9	86.9	86.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	295.3	293.9	292.7
	Κατάταξη	-	H	H	H	H

Το κόστος τοποθέτησης θερμομόνωσης στην οροφή του κτιρίου κοστολογείται με 40 €/m² για τα 5 cm, 43 €/m² για τα 7 cm και 47 €/m² για τα 10 cm. Το πρόγραμμα του ΤΕΕ-KENAK, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.12, υπολογίζει την περίοδο απόσβεσης από 5,4 έως 5,8 έτη, που είναι ένα εύλογο χρονικό διάστημα αποπληρωμής της επένδυσης. Για να μην ανέβει υπερβολικά το κόστος και παράλληλα να υπάρχει αρκετά καλό ενεργειακό αποτέλεσμα επιλέγεται η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης δώματος 7 cm, με περίοδο αποπληρωμής τα 5,5 έτη.

Πίνακας 4.12: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Θερμομόνωση δώματος Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

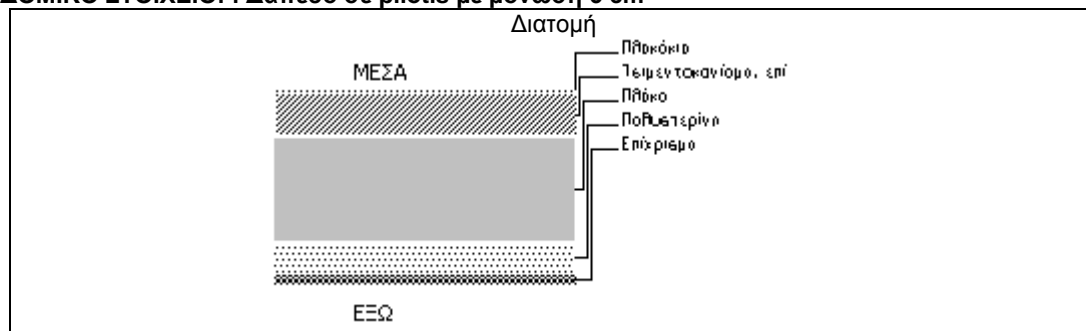
Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	12,958.2	12,889.5	12,833.4
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			7,104.0	7,636.8	8,347.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			28.2	29.6	30.8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			8.7	9.1	9.5
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4	0.4	0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			7.9	8.3	8.6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			5.4	5.5	5.8

2) Θερμομόνωση δαπέδου.

Το δεύτερο μέτρο που θα εξεταστεί είναι η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στο δάπεδο του Α' ορόφου που βρίσκεται σε επαφή με την πυλωτή, δηλαδή με το εξωτερικό περιβάλλον. Το εμβαδόν των δύο διαμερισμάτων του Α' ορόφου είναι 177,6 m² και σε αυτό τοποθετείται από την κάτω πλευρά εξιλασμένη πολυστερίνη σαν μονωτικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ=0,031 W/mK. Εξετάζονται και πάλι 3 σενάρια για διαφορετικά πάχη μόνωσης, 5 cm (Σενάριο 1), 7 cm (Σενάριο 2) και 10 cm (Σενάριο 3). Με την προσθήκη του μονωτικού, το δομικό στοιχείο του δαπέδου έχει την ανάλυση που παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.13.

Πίνακας 4.13: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου “δαπέδου σε πυλωτή” με μονωτικό 5cm.

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: : Δάπεδο σε pilotis με μόνωση 5 cm



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_Λ)

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/W
1	Πλακάκια	2000	0.005	1.047	0.005
2	Τσιμεντοκονίαμα	2000	0.080	1.400	0.057
3	Πλάκα	2400	0.200	2.035	0.098
4	Πολυστερίνη	20	0.050	0.031	1.613
5	Επίχρισμα	1900	0.020	0.872	0.023
			Σd=0.355		R_Λ=1.796

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R _i	(m ² K)/W	0.17
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m ² K)/W	1.796
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R _a	(m ² K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R _{ολ}	(m ² K)/W	2.006

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m²K)	0.498
-------------------------------------	----------	---------------------------	-------

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας, σύμφωνα με τον Πίνακα 4.13, του δαπέδου προς πυλωτή με μόνωση 5 cm είναι 0,498 W/m²K, ενώ ο αντίστοιχος για 7 cm μειώνεται σε 0,377 W/m²K και για 10 cm σε 0,276 W/m²K. Εκτελώντας την ενεργειακή μελέτη με τους νέους συντελεστή δαπέδου τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αυτά της θερμομόνωσης οροφής.

Πίνακας 4.14 Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Θερμομόνωση δαπέδου Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	152.3	151.1	150.1
	Ψύξη	22.8	61.6	60.8	60.7	60.6
	ΖΝΚ	34.7	86.9	86.9	86.9	86.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	299.9	298.7	297.6
	Κατάταξη	-	H	H	H	H

Η εξωτερική θερμομόνωση του δαπέδου προς πυλωτή τιμολογείται περίπου 30 €/m² για τα 5 cm, 33 €/m² για τα 7 cm και 37 €/m² για τα 10 cm. Η απόσβεση γίνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα, από 3,9 έως 4,4 έτη. Και εδώ προτιμάται η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης 7 cm για συνδυασμό οικονομικότερης λύσης με καλό ενεργειακό αποτέλεσμα, με περίοδο αποπληρωμής τα 4,1 έτη.

Πίνακας 4.15: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Θερμομόνωση δαπέδου Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

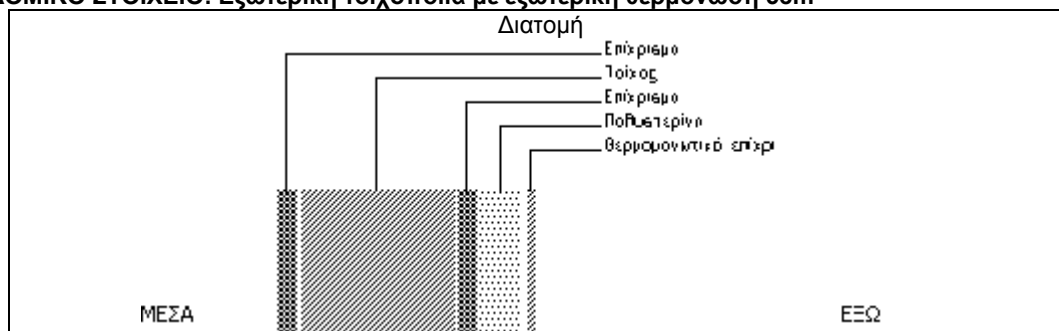
Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
Εξοικονόμηση και κόστη		Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	12,918.3	12,845.7	12,785.2
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			5,328.0	5,860.8	6,571.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			23.6	24.8	25.9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			7.3	7.7	8.0
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.3	0.3	0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			5.7	6.1	6.3
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			3.9	4.1	4.4

3) Θερμομόνωση κελύφους.

Το τελευταίο μέτρο όσον αφορά τη μόνωση της πολυκατοικίας είναι η θερμομόνωση, εξωτερική ή εσωτερική, του κελύφους. Το μονωτικό που χρησιμοποιείται είναι διογκωμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031$ W/mK. Για πρόσθετη προστασία αντί του κλασσικού επιχρίσματος, τοποθετείται στο τέλος θερμοεπίχρισμα με συντελεστή $\lambda=0,100$ W/mK. Και σε αυτήν περίπτωση εξετάζονται 3 σενάρια για διαφορετικά πάχη μόνωσης, 5 cm (Σενάριο 1), 7 cm (Σενάριο 2) και 10 cm (Σενάριο 3). Πλέον οι τοιχοποιίες και τα μπετά έχουν την παρακάτω ανάλυση.

Πίνακας 4.16: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου “εξωτερική τοιχοποιία” με μονωτικό 5cm.

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Εξωτερική τοιχοποιία με εξωτερική θερμομόνωση 5cm



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_Λ)

a/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/W
1	Επίχρισμα	1800	0.020	0.870	0.023
2	Τοίχος	1200	0.180	0.450	0.400
3	Επίχρισμα	1800	0.020	0.870	0.023
4	Πολυστερίνη	20	0.050	0.031	1.613
5	Θερμομονωτικό επίχρισμα	350	0.010	0.100	0.100
			Σd=0.280		R_Λ=2.159

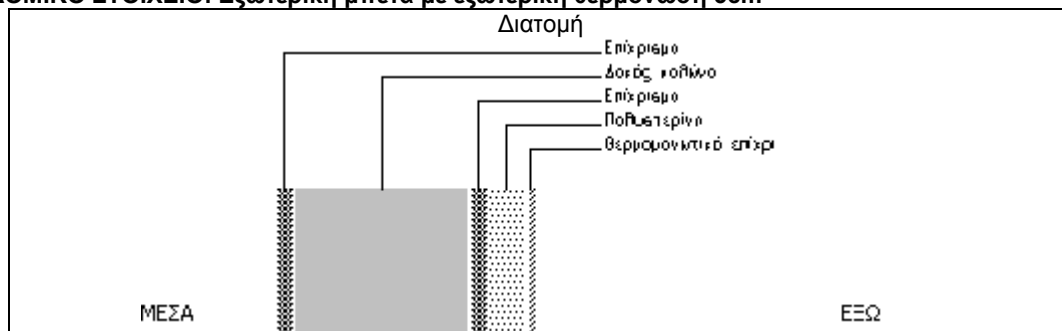
3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R _i	(m ² K)/W	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m ² K)/W	2.159
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R _a	(m ² K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R _{ολ}	(m ² K)/W	2.329

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m²K)	0.429
-------------------------------------	----------	---------------------------	--------------

Πίνακας 4.17: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου “εξωτερικά μπετά” με μονωτικό 5cm.

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Εξωτερική μπετά με εξωτερική θερμομόνωση 5cm



2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

a/a	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/ λ
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/W
1	Επίχρισμα	1800	0.020	0.870	0.023
2	Δοκός κολώνα	2400	0.250	2.500	0.100
3	Επίχρισμα	1800	0.020	0.870	0.023
4	Πολυστερίνη	20	0.050	0.031	1.613
5	Θερμομονωτικό επίχρισμα	350	0.010	0.100	0.100
			$\Sigma d=0.350$		$R_L=1.859$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	(m ² K)/W	0.13
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R	(m ² K)/W	1.859
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_a	(m ² K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας	R_{oL}	(m ² K)/W	2.029

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m²K)	0.493
-------------------------------------	----------	---------------------------	--------------

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας σύμφωνα με τον Πίνακα 4.17 στην τοιχοποιία με μόνωση 5 cm είναι 0,429 W/m²K και στα μπετά 0,493 W/m²K, ενώ οι αντίστοιχοι για 7 cm μειώνονται σε 0,336 και 0,374 W/m²K και για 10 cm σε 0,254 και 0,275 W/m²K. Το αποτέλεσμα της τοποθέτησης αυτού του είδους της θερμομόνωσης στο κτίριο είναι η δραστική μείωση των απωλειών του και επομένως η εξοικονόμηση μεγάλης ποσότητας καυσίμων (ηλεκτρισμού για ψύξη και πετρελαίου για θέρμανση).

Το μόνο πρόβλημα της εξωτερικής θερμομόνωσης στο συγκεκριμένο κτίριο είναι η ύπαρξη συρόμενων ανοιγμάτων, καθώς το μονωτικό που τοποθετείται εξωτερικά στα τμήματα της τοιχοποιίας με κενό συρομένων δεν έχει κανένα ενεργειακό αποτέλεσμα. Ωστόσο παρατηρούμε ότι με την παρέμβαση αυτή το κτίριο ανεβαίνει μία ενεργειακή κατηγορία και πλέον κατατάσσεται στην κατηγορία “Z”, όπως απεικονίζεται στον Πίνακα 4.18.

Πίνακας 4.18: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Θερμομόνωση κελύφους Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	29.8	175.0	112.7	109.2	106.3
	Ψύξη	22.8	61.6	51.6	51.2	50.8
	ZNK	34.7	86.9	86.9	86.9	86.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΒ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	251.2	247.2	243.9
	Κατάταξη	-	H	H	H	H

Η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου είναι αυξημένη οικονομικά δαπάνη μιας και πρόκειται για τετραώροφη πολυκατοικία και χρειάστηκε να καλυφθούν πάνω από 740 m². Η εργασία αυτή κοστίζει περίπου 50 €/m² για τα 5 cm, 53 €/m² για τα 7 cm και 57 €/m² για τα 10 cm, συνυπολογίζοντας την ανάγκη τοποθέτησης ικριωμάτων. Η αποπληρωμή της επένδυσης αναμένεται να γίνει σε 9,4 έως 9,7 έτη. Η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης 7 cm συνδυάζει ιδανικά τη χαμηλότερη περίοδο απόσβεσης με ικανοποιητικό.

Πίνακας 4.19: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Θερμομόνωση κελύφους Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	10,345.6	10,127.9	9,942.3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			36,886.0	39,099.2	42,050.0
	Εξοικονόμηση πρωταγενούς ενέργειας (kWh/m ²)			72.2	76.2	79.6
	Εξοικονόμηση πρωταγενούς ενέργειας (%)			22.3	23.6	24.6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.7	0.7	0.7
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			18.3	19.3	20.2
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			9.4	9.4	9.7

- Για την επίτευξη θερμομόνωσης και στις τοιχοποιίες με κενό συρομένων υπάρχει η λύση της εσωτερικής θερμομόνωσης. Στην περίπτωση που τοποθετηθεί θερμομόνωση 5 cm εσωτερικά (κόστος 25 €/m² και συνολικά 18.579 €) η απόσβεση πραγματοποιείται μόλις σε 3,9 έτη. Η περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης είναι εντυπωσιακά μικρότερη ωστόσο η δυσκολία στην τοποθέτηση της εσωτερικής θερμομόνωσης σε κατοικίες που χρησιμοποιούνται, η μείωση που επέρχεται στην καθαρή επιφάνεια των διαμερισμάτων αλλά και η αδυναμία αντιμετώπισης των υγραποιώσεων εντός του κελύφους αποτρέπουν τους ιδιοκτήτες από την επιλογή αυτής της λύσης.

4) Αντικατάσταση κουφωμάτων.

Μία παρέμβαση που είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη και εύκολη στην εφαρμογή είναι η αντικατάσταση των παλιών κουφωμάτων των κτιρίων. Υπάρχουν δύο κύριες επιλογές όσον αφορά την επιλογή των νέων και εξαρτάται από την ύπαρξη θερμοδιακοπής σε αυτά. Αλλά και στην επιλογή των υαλοπινάκων υπάρχουν αρκετές επιλογές, ανάλογα με το είδος του τζαμιού (διπλό ή τριπλό) και το είδος του αερίου με το οποίο γίνεται η πλήρωση στο διάκενο τους (αέρας, αργό, κρυπτό).

Στο υπάρχον κτίριο θα εξεταστούν 3 σενάρια τοποθέτησης νέων κουφωμάτων. Αρχικά επιλέγεται τα νέα κουφώματα να είναι “ψυχρά” αλουμινίου, δηλαδή να μην έχουν θερμοδιακοπή, οπότε ο συντελεστής U_f είναι 7,0 W/m²K. Το τζάμι συνήθως σε τέτοιες περιπτώσεις επιλέγεται να είναι διπλό με αέρα στο διάκενο, οπότε ο συντελεστής U_g είναι 3,3 W/m²K.

Στην δεύτερη περίπτωση επιλέγεται τα νέα κουφώματα να είναι “θερμά”, δηλαδή να έχουν θερμοδιακοπή. Στα συρόμενα κουφώματα ο συντελεστής U_f είναι 3,5 W/m²K, ενώ τα ανοιγόμενα έχουν δυνατότητα να επιτύχουν ιδιαίτερα χαμηλούς συντελεστές και στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουν συντελεστή U_f=2,8 W/m²K. Το τζάμι τους είναι διπλό με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου και αργό στο διάκενο, οπότε ο συντελεστής U_g είναι 1,4 W/m²K.

Τέλος, στην τρίτη περίπτωση επιλέγονται θερμοδιακοπτόμενα πλαστικά κουφώματα. Το πρόβλημα σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι τα συγκεκριμένα κουφώματα εφαρμόζονται μόνο σε ανοιγόμενα κουφώματα, οπότε πρέπει να εξεταστεί

παράλληλα αν είναι επιθυμητή η λειτουργία των διαμερισμάτων με τέτοιου είδους επιλογή. Τα κουφώματα από PVC έχουν υπερβολικά χαμηλούς συντελεστές και στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέγονται με $U_f=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Το τζάμι τους είναι τριπλό με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων και αργό στο διάκενο, οπότε ο συντελεστής U_g είναι $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Με την τοποθέτηση νέων κουφωμάτων βελτιώνεται η θερμομονωτική προστασία του κτιρίου και η συνολική κατανάλωση. Οι νέες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση είναι οι ακόλουθες.

Πίνακας 4.20: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο – Αντικατάσταση κουφωμάτων Σενάριο 1: Αλουμινίου “ψυχρά”, Σενάριο 2: Αλουμινίου “θερμά”, Σενάριο 3: PVC “θερμά”.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	161.7	155.7	143.7
	Ψύξη	22.8	61.6	58.8	55.9	55.9
	ZHX	34.7	86.9	86.9	86.9	86.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΒ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	307.3	298.4	286.5
	Κατάταξη	-	H	H	H	H

Η υπό εξέταση πολυκατοικία έχει 64 ανοίγματα και επομένως το κόστος αντικατάστασης τους απαιτεί σημαντικό κεφάλαιο. Τα “ψυχρά” κουφώματα φυσικά είναι αρκετά πιο οικονομικά με κόστος 200 €/m^2 από τα κουφώματα με θερμοδιακοπή (280 €/m^2) ενώ τα πλαστικά παρά τους χαμηλούς συντελεστές έχουν σχετικά καλή τιμή, περίπου 240 €/m^2 . Από τον Πίνακα 4.21 προκύπτει ότι παρά την μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας η απόσβεση παραμένει σε αρκετά μακρινό χρονικό διάστημα από 14,4 έτη έως 27,9 έτη.

Πίνακας 4.21: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Αντικατάσταση κουφωμάτων Σενάριο 1: Αλουμινίου “ψυχρά”, Σενάριο 2: Αλουμινίου “θερμά”, Σενάριο 3: PVC “θερμά”.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	13,412.9	12,981.5	12,279.8
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			23,968.0	30,190.4	28,761.6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			16.1	25.1	37.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			5.0	7.8	11.4
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			2.1	1.7	1.1
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			4.2	6.6	9.5
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			27.9	23.4	14.4

Για να μην υπάρξει πρόβλημα στη λειτουργία των διαμερισμάτων λόγω αντικατάστασης των συρόμενων κουφωμάτων με ανοιγόμενα, η καλύτερη επιλογή για τη συγκεκριμένη πολυκατοικία είναι τα κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή, καθώς παρά το γεγονός ότι έχουν αρκετά μεγαλύτερο χρόνο αποπληρωμής του αρχικού κεφαλαίου από τα πλαστικά.

5) Τοποθέτηση κινούμενων σκιάστρων (τεντών).

Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενες παραγράφους, η ύπαρξη σκιάστρων έχει ευεργητικά αποτελέσματα στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Ειδικά η τοποθέτηση τεντών στα ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό θεωρείται απαραίτητη,

αφού το καλοκαίρι προστατεύουν το κτίριο από τον “καυτό” ήλιο και το χειμώνα, όντας μαζεμένες, επιτρέπουν τα θερμικά οφέλη από την ηλιακή ακτινοβολία.

Στο υπό μελέτη κτίριο ο προσανατολισμός του κτιρίου ευνοεί την τοποθέτηση τεντών στα μεγάλα ανοίγματα των σαλονιών και της κουζίνας κάθε διαμερίσματος που έχουν νότιο προσανατολισμό. Παράλληλα εξετάζεται το σενάριο τοποθέτησης τεντών, εκτός από τα νότια και στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα και τέλος σε όλα τα ανοίγματα του κτιρίου. Με τα σενάρια αυτά επιτυγχάνεται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη και συνεπώς της κατανάλωσης ηλεκτρισμού.

Πίνακας 4.22: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο – Τοποθέτηση τεντών Σενάριο 1: Νότια ανοίγματα, Σενάριο 2: Νότια, ανατολικά και δυτικά, Σενάριο 3: Όλα τα ανοίγματα.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	175.0	175.0	175.0
	Ψύξη	22.8	61.6	57.3	53.8	50.0
	ΖΗΚ	34.7	86.9	86.9	86.9	86.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	319.2	315.7	311.9
	Κατάταξη	-	H	H	H	H

Το κόστος τοποθέτησης τεντών με βραχίονες στο κτίριο υπολογίζεται περίπου σε 3.500 € για το πρώτο σενάριο, 4.250 € για το δεύτερο και 6.100 € για το τρίτο, με την οικονομική απόσβεση να υπολογίζεται από 19,0 έως 29,5. Προτιμότερη λύση θεωρείται η τοποθέτηση τεντών στα νότια, ανατολικά και δυτικά ανοίγματα και όχι στα βορινά, κάτι φυσιολογικό μιας και αυτά έχουν πολύ μικρή πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας. Παρά την δυσμενή οικονομικά προσέγγιση, οι τέντες είναι σημαντικό να τοποθετηθούν μιας και συμβάλλουν πολύ στην ποιότητα ζωής των κατοίκων των διαμερισμάτων, δίνοντας τους τη δυνατότητα ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας στα σπίτια τους.

Πίνακας 4.23: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Τοποθέτηση τεντών Σενάριο 1: Νότια ανοίγματα, Σενάριο 2: Νότια, ανατολικά και δυτικά, Σενάριο 3: Όλα τα ανοίγματα.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	14,153.7	14,055.7	13,950.9
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			3,500.0	4,250.0	6,100.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			4.3	7.8	11.6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			1.3	2.4	3.6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1.2	0.8	0.7
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			1.5	2.7	4.0
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			29.5	19.6	19.0

6) Αντικατάσταση κεντρικού λέβητα με νέο υψηλότερης απόδοσης.

Προσδοκώντας σε βελτίωση του υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης ώστε να μειωθούν οι απώλειες ωφέλιμης ενέργειας και η κατανάλωση πετρελαίου, επιλέγεται η αντικατάσταση του υφιστάμενου λέβητα. Εξετάζονται δύο σενάρια, το πρώτο της τοποθέτησης λέβητα με βαθμό απόδοσης 93% και στο δεύτερο λέβητα συμπύκνωσης με απόδοση 100%.

Μετά από ενεργειακή μελέτη, παρατηρείται με το νέο λέβητα μείωση στην κατανάλωση πετρελαίου από 156,2 KWh/m² σε 142,8 KWh/m², στην πρώτη περίπτωση και 121,9 KWh/m² στη δεύτερη, ενώ η κατανάλωση ηλεκτρισμού παραμένει αμετάβλητη. Οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας είναι οι ακόλουθες.

Πίνακας 4.24: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο – Νέος λέβητας πετρελαίου Σενάριο 1: Απλός λέβητας, Σενάριο 2: Λέβητας συμπυκνώσεως.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση [kWh/m ²]					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	160.2	137.3
	Ψύξη	22.8	61.6	61.6	61.6
	ΖΝΧ	34.7	86.9	86.9	86.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	308.7	285.8
	Κατάταξη	-	H	H	H

Η αγορά και εγκατάσταση ενός νέου λέβητα πετρελαίου ισχύος 150 kW, σε συνδυασμό με την αποψίλωση του παλιού, κοστίζει περίπου 5.000 €, ενώ για λέβητα συμπυκνώσεως 6.500 € και βάση αυτών των ποσών η απόσβεση υπολογίζεται σε 5,8 και 2,9 έτη αντίστοιχα.

Πίνακας 4.25: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Νέος λέβητας πετρελαίου Σενάριο 1: Απλός λέβητας, Σενάριο 2: Λέβητας συμπυκνώσεως.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής					
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	13,405.9	12,062.3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			5,000.0	6,500.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m ²]			14.8	37.7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			4.6	11.7
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.5	0.2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			3.5	9.0
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			5.8	2.9

7) Εγκατάσταση λέβητα φυσικού αερίου.

Προφανώς η συγκεκριμένη παρέμβαση μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε περιοχές όπου υπάρχει ενεργό δίκτυο φυσικού αερίου. Με αυτή τη βασική προϋπόθεση, γίνεται αντικατάσταση του υπάρχοντα κεντρικού λέβητα πετρελαίου με νέο λέβητα φυσικού αερίου. Ενδεχομένως θα μπορούσε να γίνει αντικατάσταση μόνο του καυστήρα από πετρελαίου σε φυσικού αερίου αν ο λέβητας ήταν σύγχρονος, όμως συνήθως σε τέτοιας ηλικίας πολυκατοικίες είναι παλιές τεχνολογίας και πιθανότατα θα χρειαστεί να αλλάξει ολόκληρος ο λέβητας.

Το φυσικό αέριο είναι σαν καύσιμο πιο αποδοτικό και πολύ πιο φιλικό προς το περιβάλλον σε σχέση με το πετρέλαιο. Υπάρχουν δύο επιλογές όσον αφορά το νέο λέβητα, ανάλογα με το αν θα είναι συμπυκνώσεως ή όχι. Επίσης υπάρχει η επιλογή τοποθέτησης ατομικών λεβήτων φυσικού αερίου αλλά σε αυτήν την περίπτωση θα χρειαστούν παρεμβάσεις και στο δίκτυο της θέρμανσης για να λειτουργήσει αυτόνομα ανά διαμέρισμα. Πραγματοποιήθηκε ενεργειακή μελέτη και για τις τρεις περιπτώσεις ώστε να εξακριβωθεί η βέλτιστη λύση.

Στην περίπτωση εγκατάστασης απλού λέβητα αερίου, απόδοσης 93%, η κατανάλωση φυσικού αερίου υπολογίζεται σε 142,8 KWh/m², με την συνολική

κατανάλωση καυσίμων να εκτιμάται σε 195,1 kWh/m² ενώ τις εκπομπές CO₂ σε 79,7 kg/m². Αντίστοιχα, όταν ο λέβητας είναι συμπυκνώσεως, με βαθμό απόδοσης 103%, η κατανάλωση φυσικού αερίου μειώνεται στις 118,4 kWh/m², με την συνολική κατανάλωση καυσίμων να εκτιμάται σε 170,7 kWh/m² ενώ τις εκπομπές CO₂ σε 74,9 kg/m². Τέλος, για 8 ατομικούς λέβητες συμπυκνώσεως ισχύος 28 kW, με βαθμό απόδοσης 105%, η κατανάλωση φυσικού αερίου είναι 141,4 kWh/m², με την συνολική κατανάλωση καυσίμων να εκτιμάται σε 162,7 kWh/m² ενώ τις εκπομπές CO₂ σε 48,8 kg/m². Κάνοντας τη σύγκριση με το υπάρχον κτίριο προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα.

Πίνακας 4.26: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο – Λέβητας φυσικού αερίου Σενάριο 1: Απλός λέβητας, Σενάριο 2: Λέβητας συμπυκνώσεως, Σενάριο 3: Ατομικοί λέβητες συμπυκνώσεως.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	153.1	127.4	116.9
	Ψύξη	22.8	61.6	61.6	61.6	61.7
	ZNΧ	34.7	86.9	86.9	86.9	31.5
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	301.5	275.9	210.1
	Κατάταξη	-	H	H	H	Z

Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός απλού λέβητα φυσικού αερίου είναι περίπου 5.000 € ενώ αντίστοιχα ο συμπυκνώσεως είναι κατά 1.500 € ακριβότερος. Για να τροφοδοτηθεί όμως ο λέβητας με φυσικό αέριο θα πρέπει να δημιουργηθεί δίκτυο σωληνώσεων αερίου στην πολυκατοικία, σύμφωνα με τις απαιτούμενες προδιαγραφές μετά από αντίστοιχη μελέτη από μηχανικό. Ένα ενδεικτικό κόστος για τη μελέτη και δημιουργία του δικτύου, που φυσικά ποικίλει ανάλογα με τη μορφολογία του κτιρίου, είναι της τάξεως των 2.000 € που προστίθεται στο κόστος αγοράς και εγκατάστασης του νέου λέβητα. Έτσι το κόστος για τον απλό λέβητα πηγαίνει στα 7.000 € περίπου, ενώ για τον συμπυκνώσεως γύρω στα 8.500 €. Με βάση αυτά τα ποσά ο χρόνος απόσβεσης εκτιμάται σε 2,6 και 2,1 έτη αντίστοιχα. Το κόστος για αγορά και εγκατάσταση των 8 ατομικών λέβητων φυσικού αερίου, είναι 1.500 €, και υπολογίζοντας το κόστος μελέτης και κατασκευής της σωλήνωσης τροφοδοσίας αλλά και των απαραίτητων καμινάδων, το τελικό κόστος της επένδυσης ανεβαίνει αρκετά και φτάνει τα 52.000 €, με την απόσβεση να υπολογίζεται σε 9,9 έτη.

Πίνακας 4.27: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Λέβητας φυσικού αερίου Σενάριο 1: Απλός λέβητας, Σενάριο 2: Λέβητας συμπυκνώσεως, Σενάριο 3: Ατομικοί λέβητες συμπυκνώσεως.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	11,565.7	10,307.3	9,003.7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			7,000.0	8,500.0	52,000.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			21.9	47.5	113.4
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			6.8	14.7	35.0
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4	0.3	0.6
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			13.3	18.0	44.2
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			2.6	2.1	9.9

Επομένως είναι προτιμότερο να επενδυθούν χρήματα στην εγκατάσταση λέβητα συμπύκνωσης, μιας και έχει τη χαμηλότερη περίοδο αποπληρωμής της αρχικής επένδυσης. Ωστόσο η λύση που έχει τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα, μιας και

εξασφαλίζει αυτονομία στη θέρμανση και απεξάρτηση αυτής από τα κοινόχρηστα. Επίσης με τη σύνδεση του λέβητα με το δίκτυο ύδρευσης του διαμερίσματος, δίνεται η δυνατότητα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης απαλλάσσοντας τους κατοίκους από τη χρήση του δαπανηρού ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Τα λειτουργικά πλεονεκτήματα που προσφέρει η αυτόνομη θέρμανση, φυσικά δεν αποτυπώνονται στις ενεργειακές μελέτες και είναι αυτά που οδηγούν τους περισσότερους ιδιοκτήτες στην επιλογή αυτής της λύσης.

8) Αντικατάσταση λέβητα με αντλίες θερμότητας.

Μία ακόμα λύση προκειμένου να αντικατασταθεί ο παλιός και ενεργοβόρος λέβητας πετρελαίου είναι η τοποθέτηση στο λεβητοστάσιο συστοιχίας αντλιών θερμότητας. Υπάρχουν δύο είδη αντλιών θερμότητας, παραγωγής νερού χαμηλών και υψηλών θερμοκρασιών. Στην περίπτωση που ζητείται αντικατάσταση λέβητα πετρελαίου προτιμούνται οι αντλίες υψηλών θερμοκρασιών, ώστε να είναι συμβατές με τις προδιαγραφές σχεδιασμού του υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης. Το πρόβλημα με τις συγκεκριμένες αντλίες είναι ότι για να παράξουν ζεστό νερό υψηλών θερμοκρασιών έχουν χαμηλό συντελεστή COP, κοντά στο 2,50.

Στο υπό εξέταση παράδειγμα, τοποθετούνται συστοιχία αντλιών θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών, συνολικής ισχύος 128 kW, που τροφοδοτούν ένα μεγάλο θερμοδοχείο που διοχετεύει με ζεστό νερό το υφιστάμενο δίκτυο. Πλέον ο ηλεκτρισμός είναι το μόνο καύσιμο που καταναλώνεται στο κτίριο, με την κατανάλωση του να υπολογίζεται σε 106,6 KWh/m². Άλλο ένα μειονέκτημα αυτής της επιλογής είναι ότι ο ηλεκτρισμός έχει υψηλές εκπομπές CO₂, με αποτέλεσμα αυτές να αυξάνονται σε 105,4 kg/m².

Οι αντλίες θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών, όπως αναφέρθηκε, έχουν το μειονέκτημα του χαμηλού συντελεστή COP, σε αντίθεση με τις αντλίες χαμηλών θερμοκρασιών που το COP συνήθως είναι κοντά στο 4,0. Οι χαμηλές θερμοκρασίες του νερού όμως δεν συμφωνούν με τις προδιαγραφές του υπάρχοντος συστήματος θέρμανσης των πολυκατοικιών. Το γεγονός όμως ότι στην πλειοψηφία τους οι κατασκευαστές των πολυκατοικιών αυθαίρετα επέλεξαν να υπερδιαστασιολογήσουν τα θερμαντικά σώματα, ενδεχομένως βοηθά τις αντλίες αυτές να έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Το ιδανικό σενάριο πάντως θα ήταν να συνδυαστεί η εγκατάσταση τους με τοποθέτηση θερμομόνωσης στο κτίριο, ώστε τα κλασσικά θερμαντικά σώματα, λειτουργώντας ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες, να καλύπτουν τις μειωμένες απαιτήσεις θέρμανσης σε σχέση με αυτές για τις οποίες αρχικά τοποθετήθηκαν. Χαρακτηριστική είναι η διαφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας με την αύξηση του συντελεστή COP από 2,50 σε 4,00, με την υπολογιζόμενη κατανάλωση ηλεκτρισμού να μειώνεται στις 83,0 KWh/m².

Πίνακας 4.28: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο – Αντλίες θερμότητας για θέρμανση Σενάριο 1: Χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 2: Υψηλών θερμοκρασιών.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση [kWh/m ²]					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Θέρμανση	29.8	175.0	160.8	92.2
	Ψύξη	22.8	61.6	61.6	61.6
	ZNκ	34.7	86.9	86.9	86.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	309.2	240.7
	Κατάταξη	-	H	H	H

Το σύστημα που θα τοποθετηθεί για να καλύψει τις υπάρχουσες ανάγκες του κτιρίου έχει αρκετά υψηλό κόστος, περίπου 70.000 € για τις 8 αντλίες υψηλών θερμοκρασιών των 16 kW και περίπου 50.000 € για τις 5 αντλίες χαμηλών θερμοκρασιών των 16 kW. Η απόσβεση υπολογίζεται σε 12,8 έτη στην πρώτη περίπτωση και 6,5 έτη στη δεύτερη.

Πίνακας 4.29: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Αντλίες θερμότητας για θέρμανση Σενάριο 1: Χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 2: Υψηλών θερμοκρασιών.

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	8,561.7	6,664.4
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			70,000.0	50,000.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			14.2	82.8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			4.4	25.6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			6.9	0.9
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			-12.6	10.8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			12.3	6.6

Πρέπει να τονιστεί όμως ότι η εγκατάσταση κεντρικού συστήματος αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, χωρίς να εξασφαλιστεί η μείωση των θερμικών απωλειών του κτιρίου μέσω τοποθέτησης θερμομόνωσης, δεν θεωρείται ορθή λύση, καθώς ενδέχεται να είναι αναποτελεσματική στη λειτουργία.

9) Τοποθέτηση λέβητα βιομάζας.

Μία ακόμα λύση για βελτίωση του συστήματος θέρμανσης είναι η τοποθέτηση λέβητα βιομάζας και συγκεκριμένα με καύσιμο πέλλετ. Ο βαθμός απόδοσης του λέβητα είναι περίπου 90% ενώ το σημαντικότερο είναι ότι το πέλλετ είναι ιδιαίτερα οικολογικό καύσιμο, καθώς το CO₂ που εκλύεται κατά την καύση του απορροφάται από τα φυτά στη διαδικασία ανάπτυξης τους. Έτσι οι εκπομπές CO₂ του κτιρίου προέρχονται μόνο από τη χρησιμοποίηση του ηλεκτρισμού και ανέρχονται μόλις σε 51,7 kg/m².

Πίνακας 4.30: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση - Εγκατάσταση λέβητα βιομάζας.

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	150.7
	Ψύξη	22.8	61.6	61.6
	ZNΧ	34.7	86.9	86.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	299.2
	Κατάταξη	-	H	H

Το κόστος ενός συστήματος λέβητα-καυστήρα πέλλετ, ισχύος 150 kW, υπολογίζεται σε 7.000 €. Ο εκτιμώμενος χρόνος αποπληρωμής είναι μόλις 2,5 έτη, επομένως πρόκειται για μία πολύ καλή προοπτική επένδυσης.

Πίνακας 4.31: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Εγκατάσταση λέβητα βιομάζας.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	11,517.0
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			7,000.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			24.3
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			7.5
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			41.2
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			2.5

10) Θερμομόνωση δικτύου διανομής ζεστού νερού θέρμανσης.

Στο πρότυπο κτίριο, όπως και στις περισσότερες πολυκατοικίες ηλικίας άνω των 30 ετών, το σύστημα διανομής του ζεστού νερού της θέρμανσης είναι αμόνωτο, με αποτέλεσμα να γίνεται σπατάλη ενέργειας. Τοποθετώντας μόνωση με ακτίνα ίση με αυτή της σωλήνωσης, όπως απαιτείται πλέον για τα νέα κτίρια βάση του ΚΕΝΑΚ, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση στην κατανάλωση πετρελαίου κατά 14,5 kWh/m², ενώ παράλληλα οι εκπομπές CO₂ μειώνονται κατά 3,8 kg/m².

Πίνακας 4.32: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση - Μόνωση συστήματος διανομής.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	159.0
	Ψύξη	22.8	61.6	61.6
	ΖΝΚ	34.7	86.9	86.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΒ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	307.5
	Κατάταξη	-	H	H

Πρόκειται για μία ιδιαίτερα προσιτή οικονομικά παρέμβαση μιας και δεν έχει μεγάλο κόστος, περίπου 300 €, και ο χρόνος απόσβεσης της είναι μόλις 0,3 έτη.

Πίνακας 4.33: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Μόνωση συστήματος διανομής.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	13,337.8
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			300.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			15.9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			4.9
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.0
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			3.8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			0.3

11) Αντικατάσταση κλιματιστικών.

Στο πρότυπο κτίριο υπάρχουν επίτοιχα κλιματιστικά τα οποία είναι παλαιάς τεχνολογίας, με συνέπεια να έχουν χαμηλό συντελεστή απόδοσης EER. Αντικαθιστώντας τα υπάρχοντα κλιματιστικά με νέα τεχνολογίας inverter και

αντίστοιχης ισχύος 3,5 kW το καθένα, τα οποία έχουν συντελεστή EER 4,50, επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση για ψύξη του κτιρίου, κατά 11,9 kWh/m², και κατά συνέπεια αντίστοιχη εξοικονόμηση στην κατανάλωση ηλεκτρισμού, με τις εκπομπές CO₂ να μειώνονται κατά 11,7 kg/m².

Πίνακας 4.32: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Αντικατάσταση κλιματιστικών.

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	29.8	175.0	175.0
	Ψύξη	22.8	61.6	27.4
	ΖΝΧ	34.7	86.9	86.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	289.2
	Κατάταξη	-	H	H

Το κόστος για την αντικατάσταση του συνόλου των κλιματιστικών εκτιμάται σε 24.000€, περίπου 1.500€ έκαστο. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης είναι υπερβολικά μεγάλος, στα 25,3 έτη με αποτέλεσμα η παρέμβαση αυτή να αποτελεί μία οικονομικά απαγορευτική επένδυση.

Πίνακας 4.33: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Αντικατάσταση κλιματιστικών.

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	13,324.3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			24,000.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			34.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			10.6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1.0
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			11.7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			25.3

12) Τοποθέτηση διατάξεων αυτόματου ελέγχου.

Στο υπάρχον κτίριο δεν υφίσταται κανένας αυτοματισμός στο σύστημα της θέρμανσης και επομένως τοποθετείται στις κατηγορίες διατάξεων και αυτοματισμών στην κατηγορία “Δ”. Εξετάζονται δύο περιπτώσεις αναβάθμισης του συστήματος ελέγχου. Στο πρώτο σενάριο τοποθετείται σύστημα αντιστάθμισης στο λέβητα και θερμοστάτες στα διαμερίσματα αλλά και θερμοδομετρητές για την κατανομή των δαπανών θέρμανσης, με αποτέλεσμα να ανήκει πλέον στην κατηγορία διατάξεων “B”. Στο δεύτερο σενάριο, προστίθεται στα προηγούμενα και θερμοστατικές κεφαλές στα θερμαντικά σώματα για έλεγχο σε επίπεδο χώρου ιδιοκτησίας και έτσι ανεβαίνει η κατηγορία διατάξεων στη “B”. Η κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.34.

Πίνακας 4.34: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση - Τοποθέτηση διατάξεων αυτόματου έλεγχου Σενάριο 1: Κατηγορία “Γ”, Σενάριο 2: Κατηγορία “Β”.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	159.1	136.0
	Ψύξη	22.8	61.6	56.0	49.3
	ΖΝΧ	34.7	86.9	86.9	86.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	302.0	272.2
	Κατάταξη	-	Η	Η	Η

Το εκτιμώμενο κόστος για τις εργασίες αυτές ανέρχεται σε 9.000 € για το Σενάριο 1 και 15.000 € για το Σενάριο 2, με την αποπληρωμή αναμένεται να πραγματοποιηθεί σε 8,4 και 5,7 έτη αντίστοιχα. Προτιμότερη θεωρείται η επένδυση στο δεύτερο σενάριο, της κατηγορίας διατάξεων “Β”, με χρόνο απόσβεσης ικανοποιητικό για την πραγματοποίησή της.

Πίνακας 4.35: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Τοποθέτηση διατάξεων αυτόματου έλεγχου Σενάριο 1: Κατηγορία “Γ”, Σενάριο 2: Κατηγορία “Β”.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής					
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	13,194.8	11,662.6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			9,000.0	15,000.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			21.4	51.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			6.6	15.8
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.6	0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			5.7	13.6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			8.4	5.7

13) Εγκατάσταση ηλιακών θερμοσίφωνων.

Ένας ιδιαίτερα διαδεδομένος τρόπος μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας στα κτίρια είναι η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Για το σκοπό αυτό τοποθετούνται 8 ηλιακοί θερμοσίφωνες, ένας για κάθε διαμέρισμα. Εξετάζονται 3 σενάρια, ανάλογα με το εμβαδόν επιφανείας των συλλεκτών. Στο σενάριο 1 τοποθετούνται 8 θερμοσίφωνες με επιφάνεια συλλεκτών 2 m² έκαστος, στο σενάριο 2 με συλλέκτες 3 m² και στο σενάριο 3 4m². Οι συλλέκτες επιλέγεται να είναι επιλεκτικοί για αύξηση του ποσοστού απορρόφησης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι θερμοσίφωνες τοποθετούνται με κλίση 45° και προσανατολισμένοι στο νότο για βέλτιστα αποτελέσματα.

Το αποτέλεσμα είναι η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού λόγω χαμηλότερης ανάγκης για χρησιμοποίηση του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Στον πίνακα που ακολουθεί είναι εμφανής η διαφορά στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης.

Πίνακας 4.36: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση - Εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων Σενάριο 1: Συλλέκτες 16 m², Σενάριο 2: Συλλέκτες 24 m², Σενάριο 3: Συλλέκτες 32 m².

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	175.0	175.0	175.0
	Ψύξη	22.8	61.6	61.6	61.6	61.6
	ΖΝΧ	34.7	86.9	49.3	31.5	20.0
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	285.9	268.1	256.6
	Κατάταξη	-	H	H	H	H

Το μέσο κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός ηλιακού θερμοσίφωνα 160 lt με συλλέκτες 2 m² είναι 1.000 €, ενώ ενός χωρητικότητας 200 lt με συλλέκτες 3 ή 4 m² είναι 1.300 ή 1.500 € αντίστοιχα. Επομένως για τους 8 που απαιτούνται στο εν λόγω κτίριο απαιτούνται 8.000, 10.400 ή 12.000 € ανά περίπτωση με την περίοδο αποπληρωμής της επένδυσης να υπολογίζεται από 6,5 έως 7,7 έτη. Προφανής επιλογή είναι η εγκατάσταση ηλιακών με συλλέκτες 4 τ.μ. που απαιτούν το χαμηλότερο χρονικό διάστημα για απόσβεση της επένδυσης.

Πίνακας 4.37: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων Σενάριο 1: Συλλέκτες 16 m², Σενάριο 2: Συλλέκτες 24 m², Σενάριο 3: Συλλέκτες 32 m².

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	13,235.5	12,742.0	12,423.6
	Άρχικό κόστος επένδυσης (€)			8,000.0	10,399.9	12,000.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			37.5	55.3	66.8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			11.6	17.1	20.7
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.3	0.3	0.3
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			12.8	18.9	22.8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			7.7	6.8	6.5

Τέλος, θα πρέπει να τονιστούν πως υπάρχουν και άλλα οφέλη, μη ενεργειακά, από την ύπαρξη ηλιακών θερμοσιφώνων στα διαμερίσματα, όπως η παροχή ζεστού νερού άμεσα τις περισσότερες ημέρες του χρόνου που βελτιώνουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων και κάνουν την επένδυση ακόμα πιο ελκυστική. Υπάρχουν όμως και δύο βασικά προβλήματα που ενδέχεται να παρουσιαστούν στην εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων στα δώματα πολυκατοικιών. Το πρώτο είναι ο περιορισμένος χώρος που ενδεχομένως υπάρχει σε αυτά για να καλυφθούν οι απαιτήσεις του συνόλου του κτιρίου και το δεύτερο είναι κακός προσανατολισμός και ενδεχόμενες σκιάσεις από γειτονικά ψηλότερα κτίρια που καθιστούν αδύνατη την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

4.4 Συμπεράσματα μεμονωμένων παρεμβάσεων.

Στην προηγούμενη παράγραφο αναλύθηκαν οι μεμονωμένες παρεμβάσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν στην “πρότυπη πολυκατοικία” του παραδείγματος. Φυσικά υπάρχουν και άλλες ενέργειες που θα επιφέρουν ενεργειακή βελτίωση αλλά δυστυχώς δεν είναι δυνατό να εξεταστούν με το υπάρχον πρόγραμμα του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ. Παραδείγματα τέτοιων ενεργειών είναι η βελτίωση του συστήματος

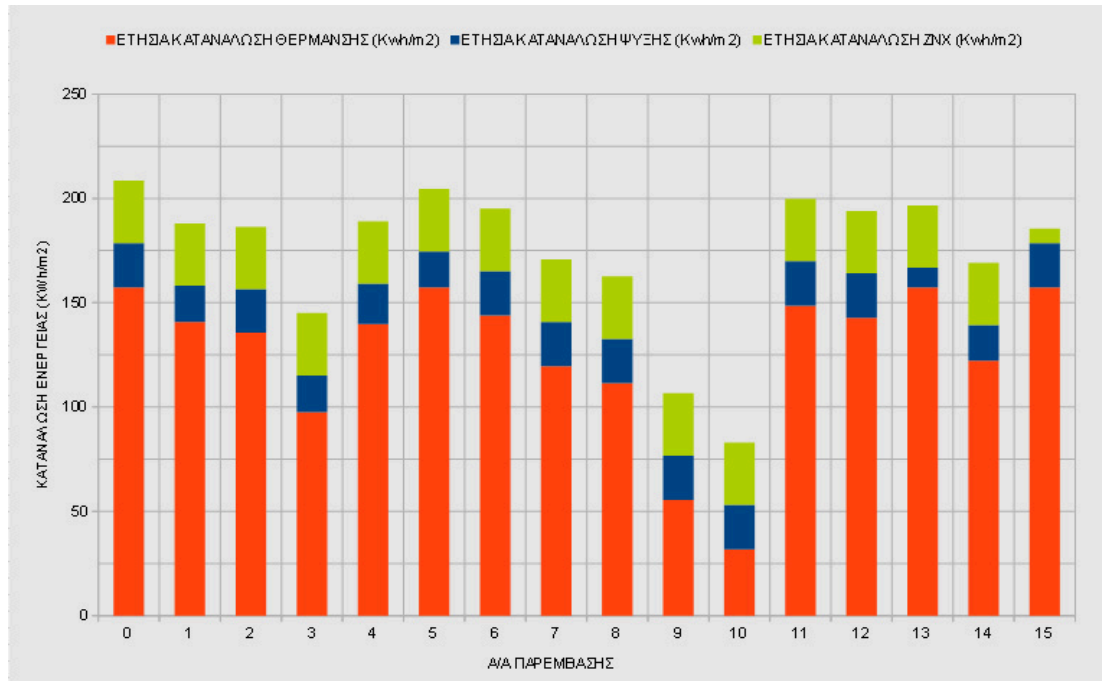
φωτισμού και η εγκατάσταση ηλεκτρικών συσκευών υψηλής ενεργειακής κλάση ή η φύτευση κατάλληλης βλάστησης περιμετρικά του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα των παρεμβάσεων που αναλύθηκαν τοποθετήθηκαν σε ένα πίνακα, ώστε να είναι δυνατή η μεταξύ τους σύγκριση και να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα.

Πίνακας 4.38: Σύνοψη αποτελεσμάτων ενεργειακών παρεμβάσεων σε πολυκατοικία.

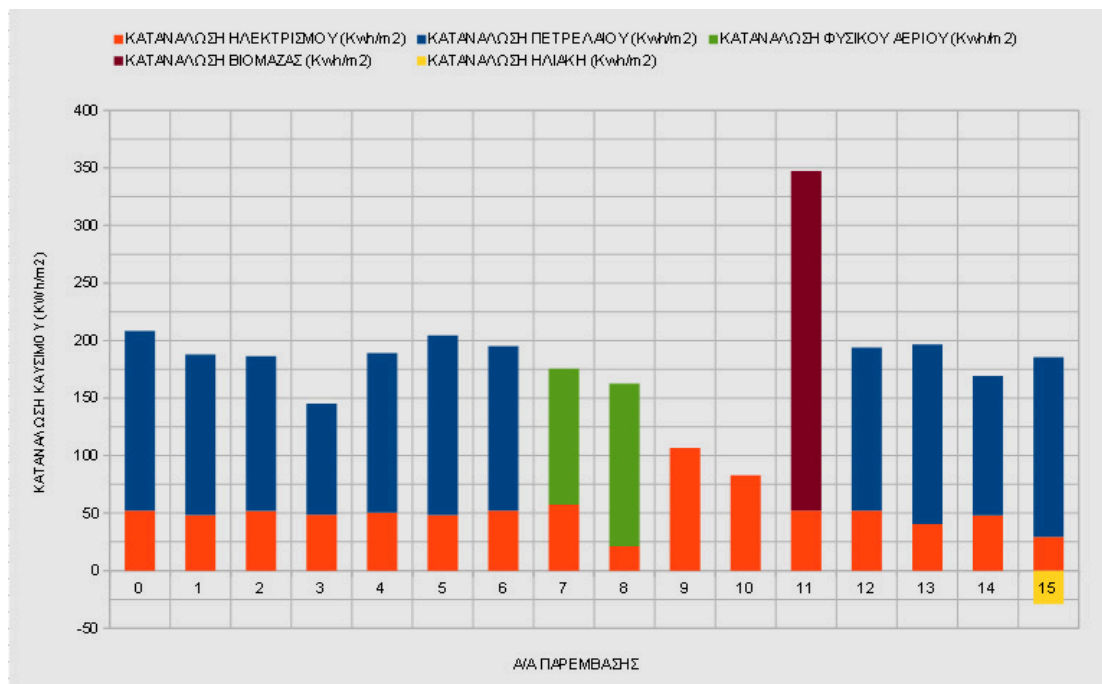
Α/Α ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	ΠΡΟΤΥΠΟ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΔΩΜΑΤΟΣ 7cm	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΔΑΠΕΔΟΥ 7cm	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ 7cm	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΟΜΑΤΩΝ (ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΜΕ ΘΕΡΜΟΔΙΑΚΟΠΗ)	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΕΝΤΩΝ	ΝΕΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΩΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	ΑΤΟΜΙΚΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΩΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΥΨΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΑΜΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ	ΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (ΠΕΛΛΕΤ)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ	ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΞΕΤΧΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β)	ΗΛΙΑΚΟΙ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΕΣ
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	-	7700	5900	39100	30200	6100	5000	8500	52000	70000	50000	7000	300	24000	15000	12000
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ (€/m ²)	-	10.8	8.3	55.0	42.5	8.6	7.0	12.0	73.2	98.5	70.4	9.9	0.4	33.8	21.1	16.9
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	323.5	293.9	298.7	247.2	298.4	311.9	308.7	275.9	210.1	309.2	240.7	299.2	307.5	289.2	272.2	256.6
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤ. ΕΝΕΡ. ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (Kwh/m ²)	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	H	H	H	Z	H	H	H	H	Z	H	Z	H	H	H	H	H
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (Kwh/m ²)	157.3	140.8	135.6	97.5	139.8	157.3	143.9	119.5	111.4	55.4	31.8	148.6	142.8	157.3	122.2	157.3
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΨΥΞΗΣ (Kwh/m ²)	21.3	17.3	20.9	17.6	19.3	17.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	9.4	17.0	21.3
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΖΝΧ (Kwh/m ²)	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	30.0	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	6.9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	52.3	48.3	52	48.7	50.3	48.3	52.3	57.3	21.3	106.6	83.0	52.3	52.3	40.5	47.9	29.2
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (Kwh/m ²)	156.2	139.7	134.5	96.4	138.7	156.2	142.8	-	-	-	-	-	141.7	156.2	121.2	156.2
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	118.4	141.4	-	-	-	-	-	-	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	295.1	-	-	-	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΙΑΚΗ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.1
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Kwh/m ²)	208.5	188	186.4	145.1	189.0	204.5	195.1	170.7	162.7	106.6	83.0	199.8	194.0	196.7	169.1	185.5
ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (Kg/m ²)	93.0	84.6	86.9	73.6	86.4	89.0	89.4	74.9	48.8	105.4	82.1	51.7	89.1	81.3	79.4	70.1
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	-	29.6	24.8	76.2	21.5	11.6	14.8	47.5	113.4	14.2	82.8	24.3	15.9	34.2	51.2	66.8
ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ (Kg/m ²)	-	8.3	6.1	19.3	6.6	4.0	3.5	18.0	44.2	-12.6	10.8	41.2	3.8	11.7	13.6	22.8
ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)	-	5.5	4.1	9.4	23.4	19.0	5.8	2.1	9.9	12.3	6.6	2.5	0.3	25.3	5.7	6.5

Με βάση τον Πίνακα 4.38 δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα του Σχήματος 4.2 και 4.3. Στο πρώτο απεικονίζεται η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, που αθροιστικά δίνουν τη συνολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, ανά παρέμβαση σε σύγκριση με τις καταναλώσεις του υπάρχοντος κτιρίου.



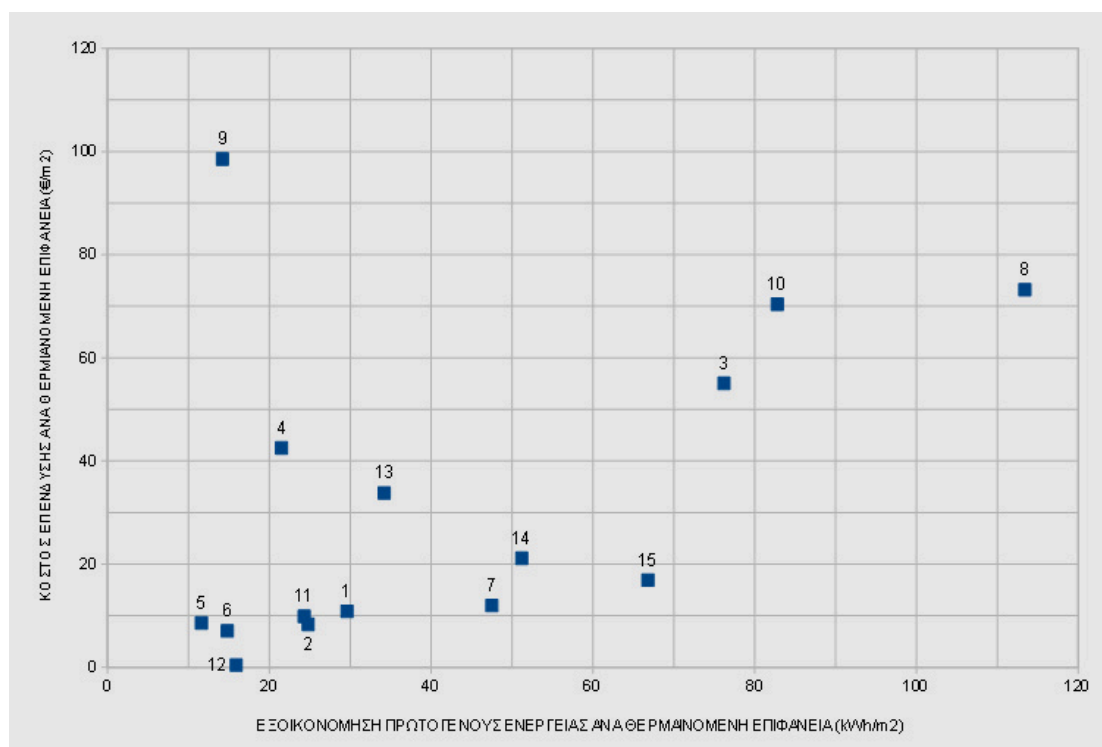
Σχήμα 4.2: Διάγραμμα ετήσιων καταναλώσεων ανά είδος μεμονωμένων παρεμβάσεων σε σύγκριση με το υφιστάμενο κτίριο.

Στο δεύτερο απεικονίζεται η ετήσια κατανάλωση καυσίμου (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, βιομάζα, ηλιακή) ανά παρέμβαση σε σύγκριση με τις καταναλώσεις καυσίμων του υπάρχοντος κτιρίου.



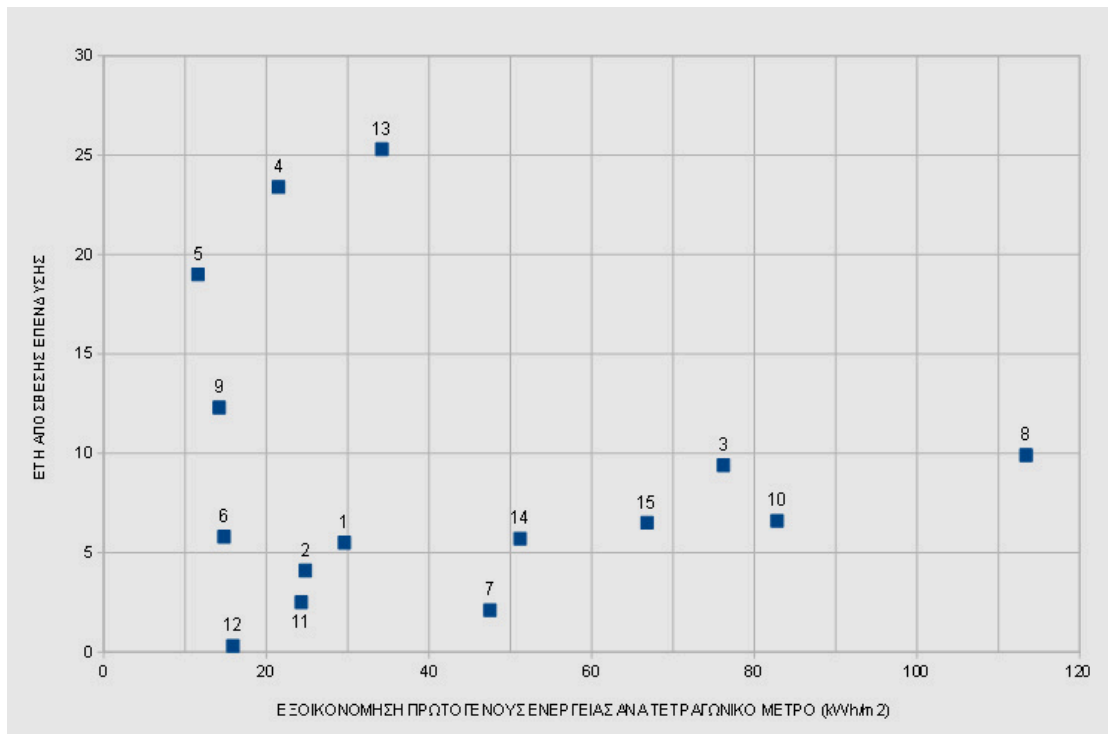
Σχήμα 4.3: Διάγραμμα ετήσιων καταναλώσεων ανά καύσιμο μεμονωμένων παρεμβάσεων σε σύγκριση με το υφιστάμενο κτίριο.

Για να εξαχθούν συμπεράσματα όσον αφορά την εξέταση από οικονομικής πλευράς της εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνεται με κάθε παρέμβαση δημιουργήθηκαν τα ακόλουθα διαγράμματα. Στο πρώτο γράφημα [Σχήμα 4.4] απεικονίζεται η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε σχέση με το απαιτούμενο κόστος της επένδυσης ανά τετραγωνικό μέτρο θερμαινόμενης επιφάνειας. Οι παρεμβάσεις που συνδυάζουν καλύτερα την εξοικονόμηση ενέργειας με σχετικά χαμηλό κόστος επένδυσης ανά m^2 είναι η τοποθέτηση ηλιακών θερμοσίφωνων, η τοποθέτηση συστημάτων αυτοματισμού κατηγορίας “B” στην υφιστάμενη κεντρική θέρμανση και η εγκατάσταση κεντρικού λέβητα συμπυκνώσεως φυσικού αερίου. Ωστόσο και οι περιπτώσεις της εγκατάστασης ατομικών λεβήτων φυσικού αερίου, αν φυσικά υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης, της τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης στο κέλυφος αλλά και η εγκατάσταση κεντρικού συστήματος αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών αποτελούν λύσεις με αρκετά καλή αναλογία, αν και το σχετικά υψηλό αρχικό κόστος αποτελεί ένα ενδεχόμενο πρόβλημα.



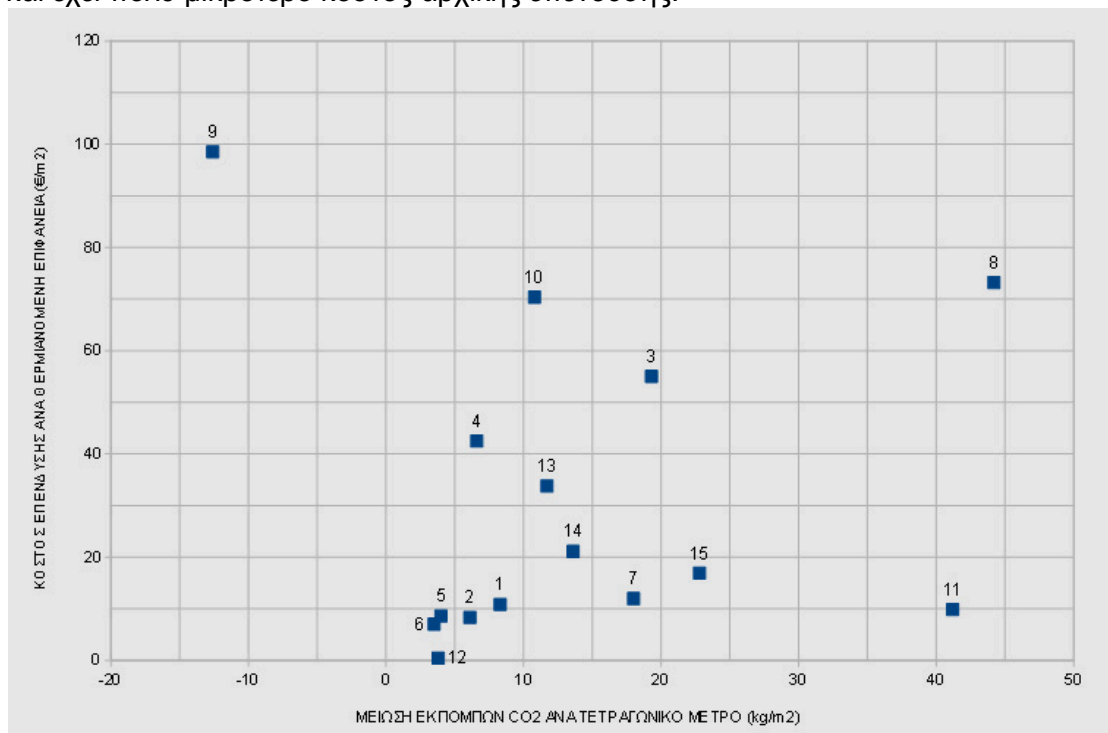
Σχήμα 4.4: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά m^2 συναρτήσεως του κόστους επένδυσης ανά m^2 μεμονωμένης παρέμβασης σε πολυκατοικία.

Στο δεύτερο γράφημα [Σχήμα 4.5] απεικονίζεται η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο θερμαινόμενης επιφάνειας σε σχέση με τον απαιτούμενο χρόνο απόσβεσης. Από το διάγραμμα αυτό είναι εμφανές ότι οι βέλτιστες μεμονωμένες λύσεις ως προς τον χρόνο αποπληρωμής είναι οι ατομικοί λέβητες αερίου, οι αντλίες θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, η εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους και οι ηλιακοί θερμοσίφωνες. Καλή αναλογία επίσης παρουσιάζει ο λέβητας βιομάζας, ο κεντρικός λέβητας φυσικού αερίου και ο αυτοματισμός του συστήματος θέρμανσης.

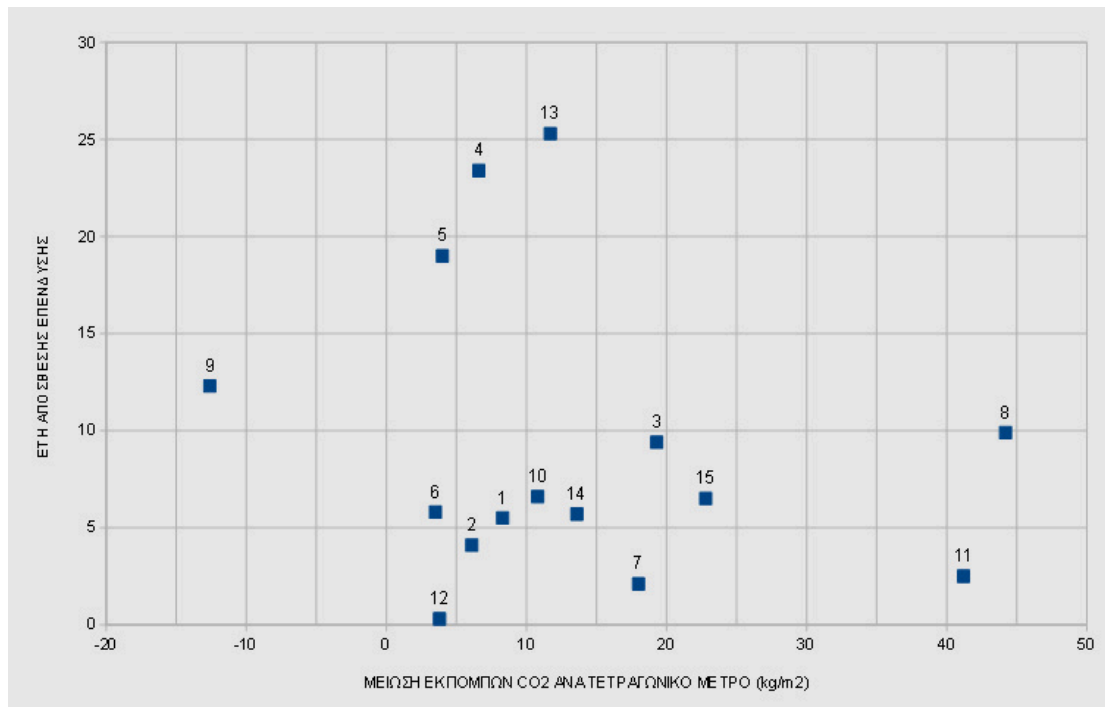


Σχήμα 4.5 Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά m² συναρτήσει του απαιτούμενου χρόνου απόσβεσης της επένδυσης μεμονωμένης παρέμβασης σε πολυκατοικία.

Τέλος, στα επόμενα διαγράμματα απεικονίζεται η μείωση των εκπομπών CO₂ ανά θερμαινόμενη επιφάνεια συναρτήσει του απαιτούμενου κόστους της επένδυσης [Σχήμα 4.6] και του εκτιμώμενου χρόνου αποπληρωμής της επένδυσης [Σχήμα 4.7]. Το συμπέρασμα από τα διαγράμματα αυτά είναι από οικολογικής πλευράς ξεχωρίζουν οι λύσεις της εγκατάστασης λέβητα βιομάζας ή ατομικών λεβήτων φυσικού αερίου. Ειδικά η περίπτωση της βιομάζας θεωρείται η βέλτιστη λύση, μιας και έχει πολύ μικρότερο κόστος αρχικής επένδυσης.



Σχήμα 4.6 Μείωση εκπομπών CO₂ ανά m² συναρτήσει του κόστους επένδυσης ανά m² μεμονωμένης παρέμβασης σε πολυκατοικία.



Σχήμα 4.7 Μείωση εκπομπών CO₂ ανά m² συναρτήσει του απαιτούμενου χρόνου απόσβεσης της επένδυσης μεμονωμένης παρέμβασης σε πολυκατοικία.

4.5 Δέσμες μέτρων για την ενεργειακή αναβάθμιση της πρότυπης πολυκατοικίας

Σπάνια σε μία πολυκατοικία γίνεται μία μεμονωμένη ενεργειακή παρέμβαση, αλλά συνήθως προτιμάται συνδυασμός εργασιών ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι συνηθέστεροι συνδυασμοί παρεμβάσεων ώστε να μελετηθεί η ενεργειακή αναβάθμιση που πραγματοποιείται σε σχέση με το απαιτούμενο κόστος.

1) Εξωτερική θερμομόνωση ολόκληρου του κτιρίου.

Η πρώτη λύση που εξετάζεται είναι η συνολική θερμομόνωση της πολυκατοικίας. Συγκεκριμένα στο κέλυφος, την οροφή και το δάπεδο προς πυλωτή τοποθετείται μόνωση πάχους 7 cm εξωτερικά με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031$ W/mK.

Μετά από ενεργειακή μελέτη σε σύγκριση με το πρότυπο της υφιστάμενης πολυκατοικίας του παραδείγματος, παρατηρείται ότι υπάρχει μείωση στην κατανάλωση πετρελαίου από 156,2 KWh/m² σε 66,8 KWh/m² αλλά και ηλεκτρισμού από 52,3 KWh/m² σε 44,4 KWh/m². Η νέα συνολική κατανάλωση καυσίμων εκτιμάται σε 111,1 KWh/m² ενώ οι εκπομπές CO₂ στα 61,5 kg/m². με το κτίριο πλέον να ταξινομείται στην ενεργειακή κατηγορία “Z”. Οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας φαίνονται στο Σενάριο 1 του Πίνακα 4.39.

Το συνολικό κόστος της εξωτερικής θερμομόνωσης υπολογίζεται σε 74,0 €/m² και βάση αυτού του ποσού η απόσβεση υπολογίζεται σε 8,2 έτη, το οποίο είναι ικανοποιητικό χρονικό διάστημα. Το ετήσιο λειτουργικό κόστος μετά την παρέμβαση αλλά και ο χρόνος αποπληρωμής εμφανίζονται στο Σενάριο 1 του Πίνακα 4.40.

2) Εξωτερική θερμομόνωση κτιρίου και αντικατάσταση κουφωμάτων.

Ο συνδυασμός της εξωτερικής θερμομόνωσης του συνόλου του υπάρχοντος κτιρίου και αντικατάστασης των παλιών κουφωμάτων με θερμοδιακοπτόμενα “θωρακίζει” το κτίριο και μειώνει σημαντικά τις ενεργειακές του απαιτήσεις. Στο κέλυφος, την οροφή και το δάπεδο προς πυλωτή τοποθετείται μόνωση πάχους 7 cm εξωτερικά με μονωτικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031 \text{ W/mK}$ και τα νέα κουφώματα είναι αλουμινίου με θερμοδιακοπή και έχουν συντελεστές $U_f=2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ και U_g είναι $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Μετά από ενεργειακή μελέτη σε σύγκριση με το πρότυπο της υφιστάμενης πολυκατοικίας του παραδείγματος, παρατηρείται μεγάλη μείωση στην κατανάλωση πετρελαίου από $156,2 \text{ kWh/m}^2$ σε $49,6 \text{ kWh/m}^2$ αλλά και ηλεκτρισμού από $52,3 \text{ kWh/m}^2$ σε $42,4 \text{ kWh/m}^2$. Η νέα συνολική κατανάλωση καυσίμων εκτιμάται σε $92,0 \text{ kWh/m}^2$ ενώ οι εκπομπές CO_2 σε $55,0 \text{ kg/m}^2$. Η σημαντική αναβάθμιση που πραγματοποιείται στο κτίριο φαίνεται και από το ότι πλέον ταξινομείται στην ενεργειακή κατηγορία “E”. Οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας παρουσιάζονται στο Σενάριο 2 του Πίνακα 4.39.

Το συνολικό κόστος της επένδυσης για αυτές τις εργασίες είναι $116,6 \text{ €/m}^2$ και βάση αυτού του ποσού η απόσβεση υπολογίζεται να πραγματοποιηθεί σε 10,8 έτη. Το ετήσιο λειτουργικό κόστος μετά την παρέμβαση αλλά και ο χρόνος αποπληρωμής εμφανίζονται στο Σενάριο 2 του Πίνακα 4.40.

3) Εξωτερική θερμομόνωση κτιρίου, αντικατάσταση κουφωμάτων και εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων.

Μία ιδιαίτερα διαδεδομένη λύση, η οποία συναντάται πολύ συχνά στις πολυκατοικίες που επιδοτούνται από το πρόγραμμα “Εξοικονομώ κατ’ οίκον”, είναι ο συνδυασμός της τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης ολόκληρου του κτιρίου, αντικατάστασης των παλιών κουφωμάτων και εγκατάστασης ηλιακών θερμοσιφώνων για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Με τον τρόπο αυτό γίνεται βελτίωση και στους 3 τομείς ενεργειακής κατανάλωσης, δηλαδή σε θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης.

Αν λοιπόν προστεθούν στο προηγούμενο σενάριο και ηλιακοί θερμοσίφωνες συνολικής επιφάνειας συλλεκτών 32 τ.μ., η νέα συνολική κατανάλωση καυσίμων εκτιμάται σε $69,0 \text{ kWh/m}^2$ ενώ οι εκπομπές CO_2 στα $39,3 \text{ kg/m}^2$. Το κτίριο τώρα ταξινομείται στην ενεργειακή κατηγορία “B”. Αυτό σημαίνει ότι πλέον έχει φτάσει να είναι ανταγωνιστικό με τα νεόδμητα κτίρια, τα οποία με βάση τον ΚΕΝΑΚ οφείλουν να είναι τουλάχιστον σε αυτή την κατηγορία ενεργειακά. Οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας φαίνονται στο Σενάριο 3 του Πίνακα 4.39.

Το συνολικό κόστος της επένδυσης για αυτό το συνδυασμό παρεμβάσεων φτάνει τα $133,4 \text{ €/m}^2$ και βάση αυτού του ποσού η απόσβεση υπολογίζεται σε 10,0 έτη. Δηλαδή όταν προστίθενται και οι ηλιακοί θερμοσίφωνες το κόστος προφανώς μεγαλώνει αλλά η απόσβεση γίνεται σε συντομότερο χρονικό διάστημα. Το ετήσιο λειτουργικό κόστος μετά την παρέμβαση αλλά και ο χρόνος αποπληρωμής εμφανίζονται στο Σενάριο 3 του Πίνακα 4.40.

Πίνακας 4.39: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Σενάριο 1: Συνολική θερμομόνωση κτιρίου, Σενάριο 2: Επιπλέον αντικατάσταση κουφωμάτων, Σενάριο 3: Επιπλέον εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	76.6	57.7	57.7
	Ψύξη	22.8	61.6	38.7	33.0	33.0
	ZMX	34.7	86.9	86.9	86.9	20.0
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΒ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	202.1	177.5	110.7
	Κατάταξη	-	H	Z	E	Γ

Πίνακας 4.40: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Σενάριο 1: Συνολική θερμομόνωση κτιρίου, Σενάριο 2: Επιπλέον αντικατάσταση κουφωμάτων, Σενάριο 3: Επιπλέον εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	7,867.5	6,602.5	4,753.4
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			52,596.8	82,787.2	94,787.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			121.4	145.9	212.7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			37.5	45.1	65.8
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.6	0.8	0.6
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			31.4	37.9	60.7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			8.2	10.8	10.0

4) Εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου, αντικατάσταση κουφωμάτων, εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων & βελτίωση συστήματος θέρμανσης.

Στις παρεμβάσεις της προηγούμενης παραγράφου, θα προστεθεί σε κάθε σενάριο μία από τις μεθόδους αντικατάστασης του συστήματος θέρμανσης με διάφορα καύσιμα, όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο, βιομάζα κτλ. Επιπλέον παράλληλα με την αντικατάσταση του υφιστάμενου λέβητα πετρελαίου θα πραγματοποιείται και θερμομόνωση του δικτύου διανομής. Πρέπει να τονιστεί ότι λόγω της ύπαρξης πλέον θερμομόνωσης και νέων κουφωμάτων στο κτίριο ο λέβητας που απαιτείται είναι ισχύος 70 kW, και όχι 150 kW όπως ο υφιστάμενος.

- Στην περίπτωση επιλογής νέου λέβητα συμπυκνώσεως πετρελαίου ισχύος 70 kW, απόδοσης 100%, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ίση με 237,1 kWh/m² ενώ οι εκπομπές CO₂ μειώνονται κατά 66,8 kg/m². Το κτίριο φτάνει την ενεργειακή κατηγορία “B+”, το συνολικό κόστος εκτιμάται σε 101.500 €, δηλαδή 143,0 €/m², και η περίοδος αποπληρωμής είναι 9,3 έτη.

- Με εγκατάσταση κεντρικού λέβητα συμπυκνώσεως φυσικού αερίου ισχύος 70 kW, απόδοσης 103%, επιτυγχάνεται συνολική εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κατά 239,3 kWh/m² ενώ οι εκπομπές CO₂ ελαττώνονται κατά 68,6 kg/m². Το κτίριο επίσης φτάνει την ενεργειακή κατηγορία “B+”, με το συνολικό κόστος εκτιμάται σε 103.500 €, δηλαδή 145,8 €/m², και την περίοδο αποπληρωμής είναι 9,1 έτη.

- Αν αντί για κεντρικό σύστημα θέρμανσης προτιμηθούν 8 ατομικοί λέβητες συμπυκνώσεως φυσικού αερίου ισχύος 24 kW ο καθένας και απόδοσης 105%, επιτυγχάνεται συνολική εξοικονόμηση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατά 255,7 kWh/m² ενώ οι εκπομπές CO₂ ελαττώνονται κατά 75,2 kg/m². Το κτίριο επίσης φτάνει την ενεργειακή κατηγορία “B+”, με το συνολικό κόστος να ανεβαίνει

στις 138.800 €, δηλαδή 195,4 €/m², και την περίοδο αποπληρωμής να κινείται επίσης ανοδικά στα 11,9 έτη.

- Στην περίπτωση επιλογής λέβητα βιομάζας (πέλλετ), ισχύος 70 kW και απόδοσης 90%, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ίση με 234,9 KWh/m² ενώ οι εκπομπές CO₂ μειώνονται κατά 73,8 kg/m². Το κτίριο φτάνει την ενεργειακή κατηγορία “B”, το συνολικό κόστος εκτιμάται σε 100.000 €, δηλαδή 140,8 €/m², και η περίοδος αποπληρωμής είναι 9,0 έτη.

- Με το κτίριο να είναι πλέον επαρκώς θερμομονωμένο, έχει καλή εφαρμογή η περίπτωση της εγκατάστασης κεντρικού συστήματος αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών συνολικής ισχύος 48 kW και συντελεστή COP ίσο με 4,0. Και αυτό συμβαίνει γιατί τα θερμαντικά σώματα που έχουν τοποθετηθεί είναι πλέον υπερδιαστασιολογημένα και επομένως μπορούν να καλύψουν τις θερμικές απώλειες των χώρων ακόμα και λειτουργώντας με χαμηλές θερμοκρασίες ζεστού νερού. Με συντελεστή COP=4,0 επιτυγχάνεται σημαντικότερη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κατά 258,9 KWh/m² ενώ οι εκπομπές CO₂ ελαττώνονται κατά 70,9 kg/m². Το κτίριο ταξινομείται στην ενεργειακή κατηγορία “B+”, με το συνολικό κόστος να εκτιμάται σε 143.000 €, δηλαδή 201,3 €/m², και η περίοδος αποπληρωμής στα 11,5 έτη.

- Τέλος στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου γίνεται τοποθέτηση κατακόρυφου γεωεναλλάκτη για εκμετάλλευση του φαινομένου της γεωθερμίας με αντίστοιχου τύπου αντλίες θερμότητας. Τοποθετούνται σε συστοιχία 3 γεωθερμικές αντλίες θερμότητας των 16 kW με τον συντελεστή COP να φτάνει το 7,00. . Με τον υψηλότερο αυτό συντελεστή επιτυγχάνεται σημαντικότερη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κατά 265,5 KWh/m² ενώ οι εκπομπές CO₂ ελαττώνονται κατά 73,2 kg/m². Το κτίριο πλέον ταξινομείται στην ενεργειακή κατηγορία “B+”, με το συνολικό κόστος να ανεβαίνει αρκετά, σε 195.000 €, δηλαδή 274,5 €/m², και η περίοδος αποπληρωμής υπολογίζεται σε 15,4 έτη.

Τα αποτελέσματα των ενεργειακών μελετών για τις παρεμβάσεις αυτές παρατίθενται στους ακόλουθους Πίνακες.

Πίνακας 4.41: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μόνωση δικτύου διανομής και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα πετρελαίου, Σενάριο 2: Κεντρικού λέβητα φυσικού αερίου, Σενάριο 3: Ατομικών λεβήτων φυσικού αερίου.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	33.3	31.1	27.8
	Ψύξη	22.8	61.6	33.0	33.0	33.0
	ZNΧ	34.7	86.9	20.0	20.0	6.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	86.3	84.1	67.7
	Κατάταξη	-	H	B	B	B

Πίνακας 4.42: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μόνωση δικτύου διανομής και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα βιομάζας, Σενάριο 2: Αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 3: Γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	35.5	23.0	14.5
	Ψύξη	22.8	61.6	33.0	33.0	33.0
	ΖΝΧ	34.7	86.9	20.0	20.0	20.0
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	88.5	76.0	67.6
	Κατάταξη	-	Η	Γ	Β	Β

Πίνακας 4.43: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μόνωση δικτύου διανομής και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα πετρελαίου, Σενάριο 2: Κεντρικού λέβητα φυσικού αερίου, Σενάριο 3: Ατομικών λεβήτων φυσικού αερίου.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	3,325.1	2,930.2	2,620.1
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			101,587.2	103,587.2	138,787.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			237.1	239.3	255.7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			73.3	74.0	79.1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.6	0.6	0.8
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			66.6	68.6	75.2
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			9.3	9.1	11.9

Πίνακας 4.44: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μόνωση δικτύου διανομής και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα βιομάζας, Σενάριο 2: Αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 3: Γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	3,160.8	2,106.0	1,869.8
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			100,087.2	128,087.2	180,087.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			234.9	247.4	255.9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			72.6	76.5	79.1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.6	0.7	1.0
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			73.8	67.0	69.9
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			9.0	10.5	14.5

5) Εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου, αντικατάσταση κουφωμάτων, εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων, βελτίωση συστήματος θέρμανσης & εγκατάσταση συστήματος αυτόματου ελέγχου.

Αν σε κάθε μία από αυτά τα σενάρια παρεμβάσεων προστεθεί η εγκατάσταση συστήματος αυτομάτου ελέγχου της θέρμανσης, το ύψος της επένδυσης ανεβαίνει κατά 15,0 €/m², αλλά υπάρχει επιπρόσθετη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κατά 15 kWh/m² και εκπομπών CO₂ κατά 3-5 kg/m². Αποτέλεσμα αυτών είναι να απαιτείται επιπλέον περίπου 1,0 έτος για την αποπληρωμή της συνολικής επένδυσης σε σχέση με τα προηγούμενα παραδείγματα.

Τα αποτελέσματα των ενεργειακών μελετών για τις παρεμβάσεις αυτές παρατίθενται στους ακόλουθους πίνακες.

Πίνακας 4.45: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μόνωση δικτύου διανομής, κατηγορία αυτοματισμών Β και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα πετρελαίου, Σενάριο 2: Κεντρικού λέβητα φυσικού αερίου, Σενάριο 3: Λέβητα βιομάζας.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	26.1	24.4	27.8
	Ψύξη	22.8	61.6	26.4	26.4	26.4
	ΖΝΧ	34.7	86.9	20.0	20.0	20.0
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	72.5	70.8	74.2
	Κατάταξη	-	H	B	B	B

Πίνακας 4.46: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μόνωση δικτύου διανομής, κατηγορία αυτοματισμών Β και εγκατάσταση Σενάριο 1: Αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 2: Γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	29.8	175.0	18.2	11.5
	Ψύξη	22.8	61.6	26.4	26.4
	ΖΝΧ	34.7	86.9	20.0	20.0
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	64.5	57.9
	Κατάταξη	-	H	B+	B+

Πίνακας 4.47: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μόνωση δικτύου διανομής, κατηγορία αυτοματισμών Β και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα πετρελαίου, Σενάριο 2: Κεντρικού λέβητα φυσικού αερίου, Σενάριο 3: Λέβητα βιομάζας.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	2,733.9	2,427.4	2,606.4
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			116,587.2	118,587.2	115,087.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			250.9	252.6	249.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			77.6	78.1	77.1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.7	0.7	0.6
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			70.6	72.2	76.2
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			10.1	10.0	9.9

Πίνακας 4.48: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μόνωση δικτύου διανομής, κατηγορία αυτοματισμών Β και εγκατάσταση Σενάριο 1: Αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 2: Γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής					
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	1,787.8	1,604.5
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			143,087.2	195,087.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			258.9	265.5
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			80.0	82.1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.8	1.0
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			70.9	73.2
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			11.5	15.4

6) Εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου, αντικατάσταση κουφωμάτων, εγκατάσταση ηλιακών θερμοσίφωνων, βελτίωση συστήματος θέρμανσης, εγκατάσταση συστήματος αυτόματου ελέγχου & αντικατάσταση κλιματιστικών.

Αν στα σενάρια παρεμβάσεων της προηγούμενης παραγράφου προστεθεί η αντικατάσταση των υφιστάμενων κλιματιστικών με νέα τύπου inverter ισχύος 2,65 kW το καθένα (συντελεστής EER=5,0), το ύψος της επένδυσης ανεβαίνει κατά 15,0 €/m². Στο κτίριο εγκαταστάθηκαν μικρότερης ισχύος κλιματιστικά καθώς αυτό είναι πλέον θερμομονωμένο και έχει λιγότερες απαιτήσεις ψύξης και έτσι ο συντελεστής EER είναι ακόμα μεγαλύτερος. Με τη νέα εργασία επιτυγχάνεται επιπρόσθετη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κατά 16 kWh/m² και εκπομπών CO₂ κατά 5-6 kg/m². Αποτέλεσμα αυτών είναι να απαιτείται επιπλέον περίπου 1,5 έτος για την αποπληρωμή της συνολικής επένδυσης σε σχέση με τα προηγούμενα παραδείγματα.

Τα αποτελέσματα των ενεργειακών μελετών για τις παρεμβάσεις αυτές παρατίθενται στους ακόλουθους Πίνακες.

Πίνακας 4.49: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μόνωση δικτύου διανομής, κατηγορία αυτοματισμών B, αντικατάσταση κλιματιστικών και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα πετρελαίου, Σενάριο 2: Κεντρικού λέβητα φυσικού αερίου.

Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	29.8	175.0	26.1	24.4	27.8
	Ψύξη	22.8	61.6	10.6	10.6	10.6
	ZNΧ	34.7	86.9	20.0	20.0	20.0
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	56.7	55.0	58.4
	Κατάταξη	-	H	B+	B+	B+

Πίνακας 4.50: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μόνωση δικτύου διανομής, κατηγορία αυτοματισμών B, αντικατάσταση κλιματιστικών και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα βιομάζας, Σενάριο 2: Αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 3: Γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m ²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Θέρμανση	29.8	175.0	18.2	11.5
	Ψύξη	22.8	61.6	10.6	10.6
	ZNΧ	34.7	86.9	20.0	20.0
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	87.2	323.5	48.7	42.1
	Κατάταξη	-	H	B+	A

Πίνακας 4.51: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μόνωση δικτύου διανομής, κατηγορία αυτοματισμών Β, αντικατάσταση κλιματιστικών και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα πετρελαίου, Σενάριο 2: Κεντρικού λέβητα φυσικού αερίου.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	2,295.5	1,989.0	2,168.0
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			140,587.2	142,587.2	139,087.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			266.7	268.4	265.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			82.5	83.0	81.9
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.7	0.7	0.7
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			76.0	77.6	81.6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			11.7	11.6	11.5

Πίνακας 4.52: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μόνωση δικτύου διανομής, κατηγορία αυτοματισμών Β, αντικατάσταση κλιματιστικών και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα βιομάζας, Σενάριο 2: Αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 3: Γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής					
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,319.1	14,272.6	1,349.5	1,166.1
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			167,087.2	219,087.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			274.7	281.3
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			84.9	87.0
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.9	1.1
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			76.3	78.6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			12.9	16.7

4.6 Συμπεράσματα συνδυασμένων παρεμβάσεων στην πρότυπη πολυκατοικία.

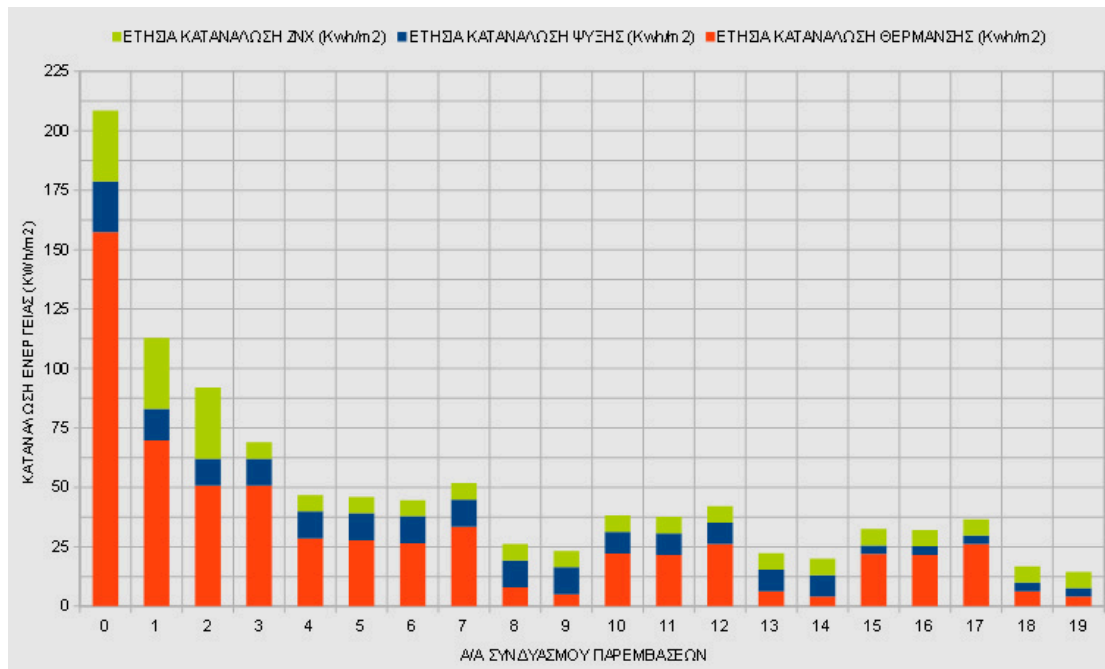
Τοποθετώντας τα αποτελέσματα της προηγούμενης παραγράφου σε ένα πίνακα, παρόμοιο με αυτών της παραγράφου 4.4 προκύπτουν τα εξής συγκεντρωτικά αποτελέσματα.

Πίνακας 4.53: Σύνοψη αποτελεσμάτων συνδυασμού ενεργειακών παρεμβάσεων σε πολυκατοικία.

Α/Α ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	ΠΡΟΤΥΠΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 7cm	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 7cm + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ (ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΜΕ ΘΕΡΜΟΔΙΑΚΟΠΗ)	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΝΕΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΑΤΟΜΙΚΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΝΕΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	-	52600	82800	94800	101500	103500	138800	100000	128000	180000	116500
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ (€/m ²)	0	74.0	116.6	133.4	140.1	142.9	195.4	140.8	180.2	253.4	161.2
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	323.5	202.1	177.5	110.7	86.3	84.1	67.7	88.5	76.0	67.6	72.5
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤ. ΕΝΕΡ. ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (Kwh/m ²)	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	H	Z	E	B	B	B	B	Γ	B	B	B
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (Kwh/m ²)	157.3	69.7	50.7	50.7	28.5	27.7	26.5	33.5	7.9	5.0	22.2
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΨΥΞΗΣ (Kwh/m ²)	21.3	13.3	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	9.1
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΖΝΧ (Kwh/m ²)	29.9	29.9	29.9	6.9	6.9	6.9	6.6	6.9	6.9	6.9	6.9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	52.3	44.4	42.4	19.4	19.4	19.4	11.4	19.4	26.2	23.3	16.9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (Kwh/m ²)	156.2	66.8	49.6	49.6	27.4	-	-	-	-	-	21.3
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	-	26.7	33.1	-	-	-	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	64.7	-	-	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΙΑΚΗ (Kwh/m ²)	-	-	-	29.1	29.1	29.1	29.1	29.1	29.1	29.1	29.1
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Kwh/m ²)	208.5	111.1	92.0	69.0	46.8	46.0	44.5	51.7	26.2	23.3	37.6
ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (Kg/m ²)	93.0	61.5	55.0	39.3	26.4	24.4	17.8	19.2	25.9	23.0	22.2
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	0	121.4	145.9	212.7	237.1	239.3	255.7	234.9	247.4	255.9	250.9
ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ (Kg/m ²)	0	31.4	37.9	60.7	66.6	68.6	75.2	73.8	67.0	69.9	70.6
ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)	0	8.2	10.8	10.0	9.3	9.1	11.9	9.0	10.5	14.5	10.1

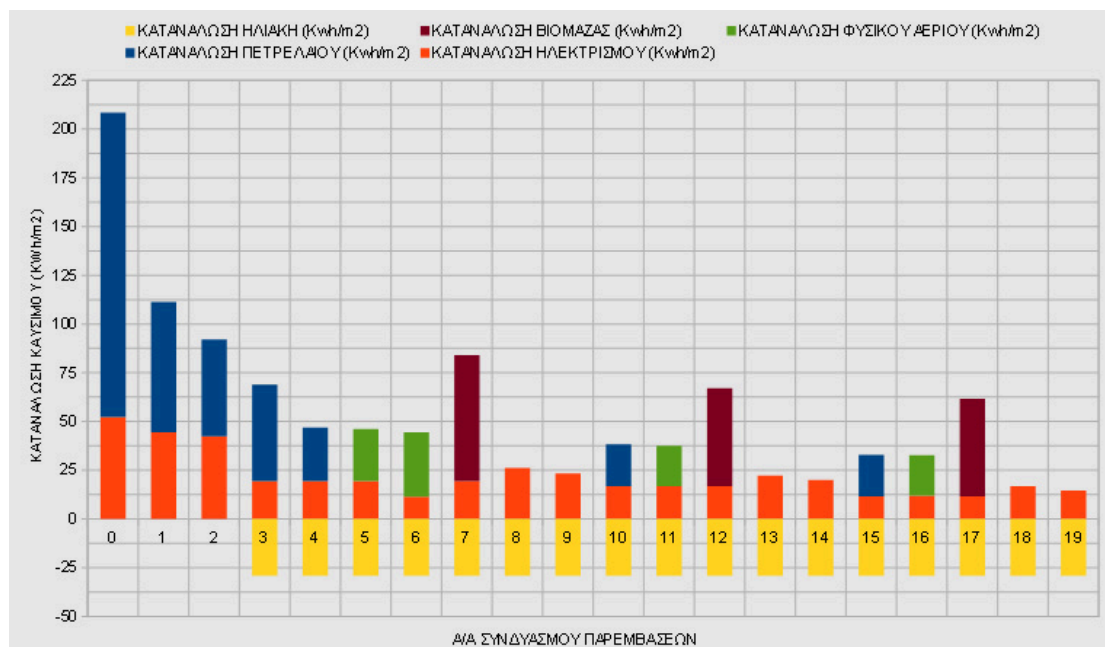
Α/Α ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤ. ΕΛΕΓΧΟΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΤΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤ. ΕΛΕΓΧΟΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΝΕΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ + ΘΜΜ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤ. ΕΛΕΓΧΟΣ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΤΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤ. ΕΛΕΓΧΟΣ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	118500	115000	143000	195000	140500	142500	139000	167000	219000
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ (€/m ²)	164.0	161.9	201.3	274.5	195.0	197.8	195.7	235.1	308.3
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	70.8	74.2	64.5	57.9	56.7	55.0	58.4	48.7	42.1
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤ. ΕΝΕΡ. ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (Kwh/m ²)	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	B	B	B+	B+	B+	B+	B+	B+	A
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (Kwh/m ²)	21.6	26.1	6.3	4.0	22.2	21.6	26.1	6.3	4.0
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΨΥΞΗΣ (Kwh/m ²)	9.1	9.1	9.1	9.1	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΖΝΧ (Kwh/m ²)	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	16.9	16.9	22.3	20.0	11.5	11.9	11.5	16.8	14.5
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	21.3	-	-	-	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (Kwh/m ²)	20.7	-	-	-	-	20.7	-	-	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (Kwh/m ²)	-	50.2	-	-	-	-	50.2	-	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΙΑΚΗ (Kwh/m ²)	29.1	29.1	29.1	29.1	29.1	29.1	29.1	29.1	29.1
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Kwh/m ²)	37.6	42.1	22.3	20.0	32.8	32.2	36.6	16.8	14.5
ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (Kg/m ²)	20.8	16.7	22.1	19.8	16.8	15.4	11.4	16.6	14.3
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	252.6	249.2	258.9	265.5	266.7	268.4	265.0	274.7	281.3
ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ (Kg/m ²)	72.2	76.2	70.9	73.2	76.0	77.6	81.6	76.3	78.6
ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)	10.0	9.9	11.5	15.4	11.7	11.6	11.5	12.9	16.7

Με βάση τον Πίνακα 4.53 δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα του Σχήματος 4.8 και 4.9. Στο πρώτο απεικονίζεται η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, που αθροιστικά δίνουν τη συνολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, ανά παρέμβαση σε σύγκριση με τις καταναλώσεις του υπάρχοντος κτιρίου.



Σχήμα 4.8: Διάγραμμα ετήσιων καταναλώσεων ανά είδος συνδυασμών παρεμβάσεων σε σύγκριση με το υφιστάμενο κτίριο.

Στο δεύτερο διάγραμμα απεικονίζεται η ετήσια κατανάλωση καυσίμου (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, βιομάζα, ηλιακή) ανά παρέμβαση σε σύγκριση με τις καταναλώσεις καυσίμων του υπάρχοντος κτιρίου. Η κατανάλωση ηλιακής ενέργειας τοποθετήθηκε στον αρνητικό άξονα, μιας και ουσιαστικά δεν αποτελεί κατανάλωση αλλά συνεισφορά στο κτίριο.

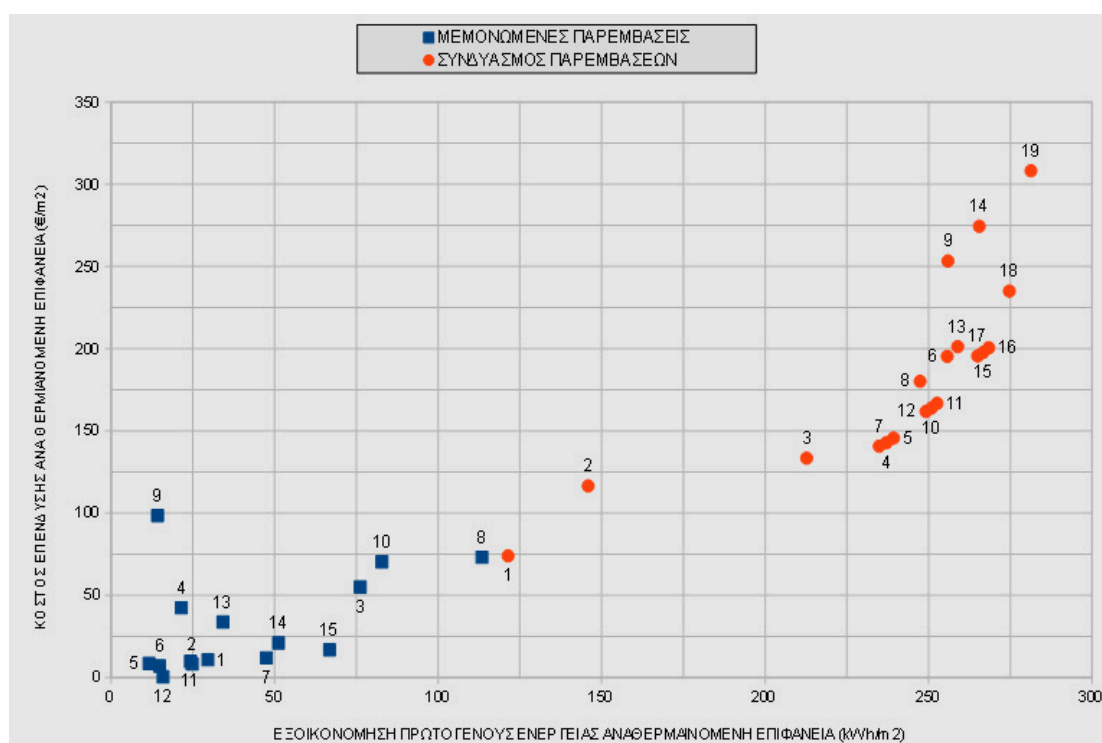


Σχήμα 4.9: Διάγραμμα ετήσιων καταναλώσεων ανά καύσιμο συνδυασμών παρεμβάσεων σε σύγκριση με το υφιστάμενο κτίριο.

Από τον Πίνακα 4.53 αλλά και τα διαγράμματα των Σχημάτων 4.8 και 4.9 εξάγονται κάποια χρήσιμα συμπεράσματα. Το πρώτο συμπέρασμα είναι ότι θεωρακίζοντας με τον συνδυασμό τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης του κτιρίου, νέων θερμοδιακοπτόμενων κουφωμάτων και ηλιακών θερμοσιφώνων, που είναι μία

συνήθως εύκολα υλοποιήσιμη παρέμβαση, το κτίριο φτάνει να έχει μικρότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας από το κτίριο αναφοράς και γίνεται άμεσα ανταγωνιστικό ενεργειακά με τις νεόδμητες οικοδομές. Κατά συνέπεια αυτή η δέσμη μέτρων μπορεί να θεωρηθεί η πιο βασική σε περιπτώσεις αναβάθμισης παλαιών πολυκατοικιών.

Με βάση αυτή τη δέσμη μέτρων, αν οι ιδιοκτήτες δεν είναι σε θέση να διαθέσουν πολύ υψηλότερο κεφάλαιο, μπορούν να προβούν σε αντικατάσταση του παλιού λέβητα πετρελαίου με συμπυκνώσεως μαζί με θερμομόνωση του δικτύου διανομής της θέρμανσης, εργασίες που είναι συγκριτικά με τις υπόλοιπες είναι χαμηλού κόστους για να έχουν ένα ακόμα καλύτερο ενεργειακό αποτέλεσμα. Η καλή αναλογία εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας και κόστους ανά τ.μ. αυτού του συνδυασμού παρεμβάσεων είναι εμφανής και στο διάγραμμα του Σχήματος 4.10 (κόκκινο σημείο 4). Στο σχήμα αυτό προστέθηκαν στο διάγραμμα του Σχήματος 4.4 με τις μεμονωμένες ενεργειακές παρεμβάσεις (μπλε χρώμα), οι συνδυασμοί μέτρων που αναλύθηκαν στην Παράγραφο 4.5 (κόκκινο χρώμα).



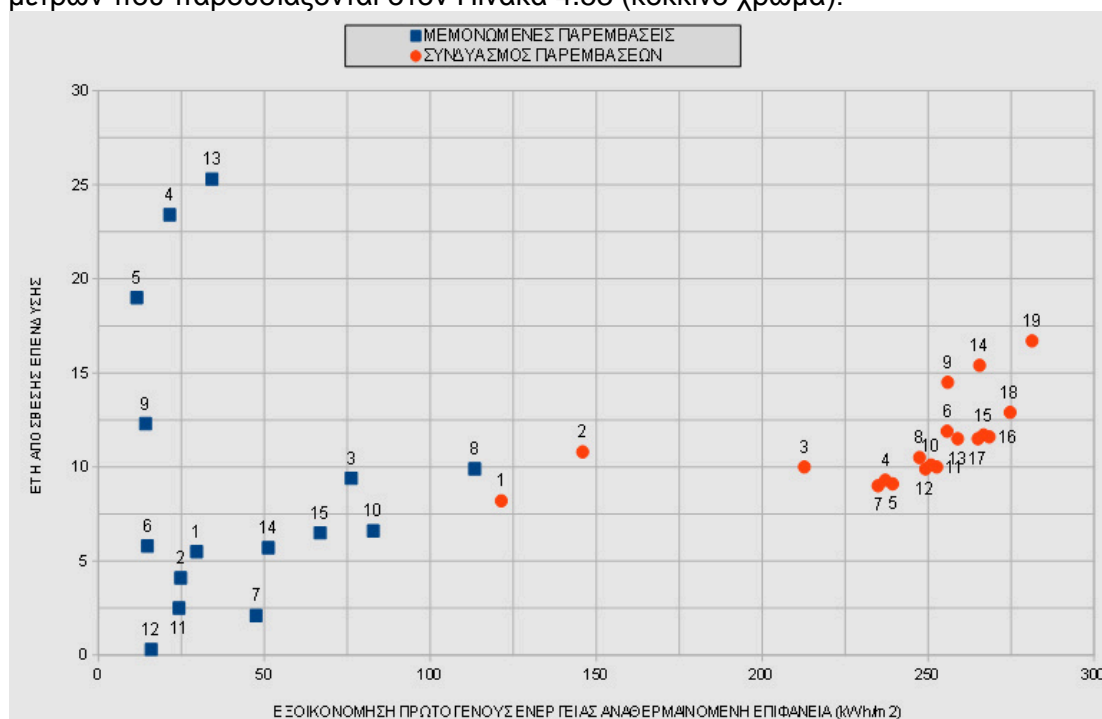
Σχήμα 4.10: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά m² συναρτήσεως του κόστους επένδυσης ανά m² συνδυασμού παρεμβάσεων σε πολυκατοικία.

Στο διάγραμμα του Σχήματος 4.10 επίσης φαίνεται οι δέσμες μέτρων 4, 5, 10 και 11 να έχουν την καλύτερη αναλογία εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας και κόστους ανά τ.μ. καθώς επιτυγχάνουν εξοικονόμηση κοντά στις 250 kWh/m² με τη χαμηλότερο δυνατό κόστος, γύρω στα 150 €/m². Οι παρεμβάσεις αυτές έχουν για προτεινόμενη αντικατάσταση του συστήματος θέρμανσης είτε λέβητα συμπυκνώσεως πετρελαίου, είτε λέβητα συμπυκνώσεως φυσικού αερίου.

Αν οι ιδιοκτήτες είναι σε θέση να διαθέσουν μεγαλύτερο κεφάλαιο ώστε να ανεβάσουν ακόμα περισσότερο την εξοικονόμηση ενέργειας του κτιρίου στις 275 kWh/m², θα πρέπει να επιλέξουν για σύστημα θέρμανσης αντλίες θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών σε συνδυασμό με αντικατάσταση κλιματιστικών και αυτόματο έλεγχο της θέρμανσης και αντικατάσταση κλιματιστικών, μιας και οι υπόλοιπες μέθοδοι δεν μπορούν να φτάσουν τέτοια εξοικονόμηση.

Το γενικό συμπέρασμα πάντως είναι ότι ο ρυθμός εξοικονόμησης πρωτογενούς που επιτυγχάνεται στις παρεμβάσεις 1, 2 και 3, δηλαδή θερμομόνωσης, συν κουφώματα, συν ηλιακούς θερμοσίφωνες είναι πολύ υψηλός και δεν επιτυγχάνεται με οποιοσδήποτε άλλες παρεμβάσεις.

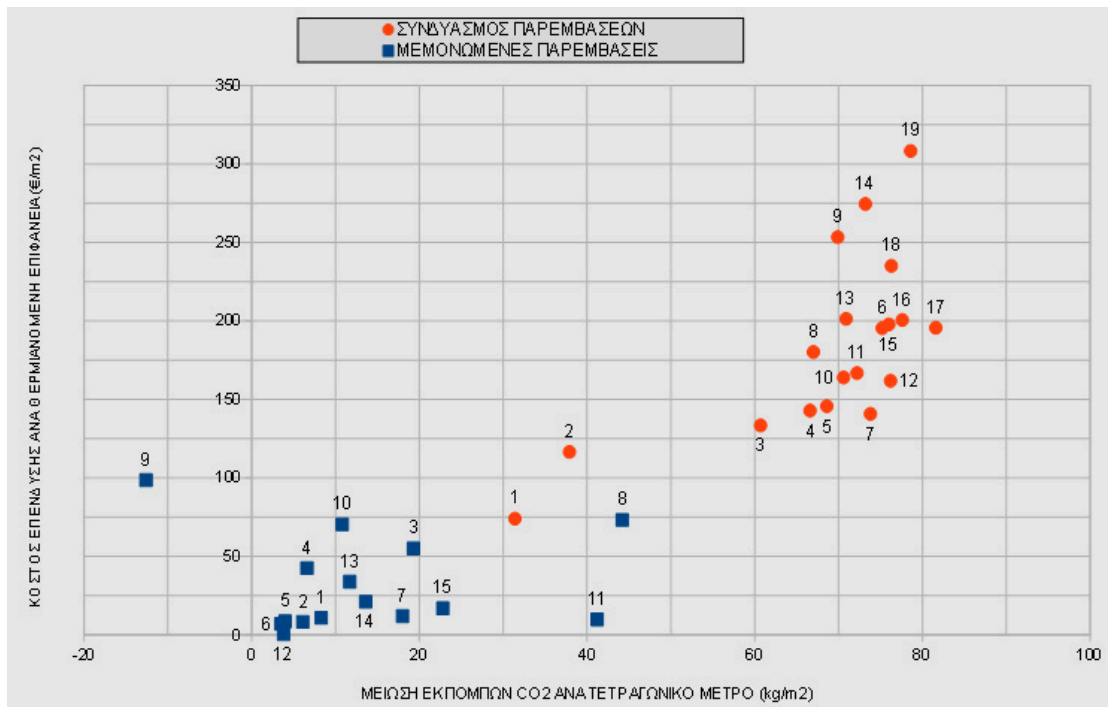
Στο διάγραμμα του Σχήματος 4.11 απεικονίζεται η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά τ.μ. συγκρινόμενη με τον υπολογιζόμενο χρόνο αποπληρωμής της επένδυσης. Το διάγραμμα αυτό συνδυάζει το αντίστοιχο διάγραμμα μεμονωμένων παρεμβάσεων της παραγράφου 4.5 (μπλε χρώμα) με τα αποτελέσματα των δεσμών μέτρων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.53 (κόκκινο χρώμα).



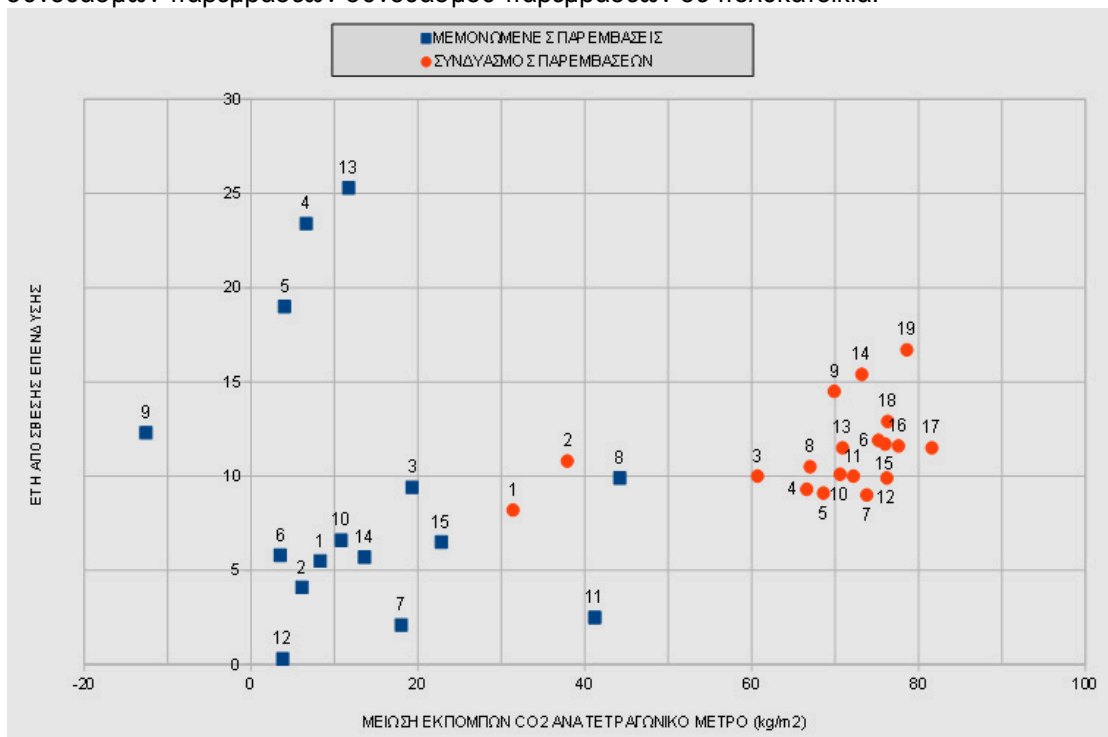
Σχήμα 4.11: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά m² συναρτήσει του υπολογιζόμενου χρόνου απόσβεσης της επένδυσης συνδυασμού παρεμβάσεων σε πολυκατοικία.

Στο διάγραμμα αυτό παρατηρείται πολύ μεγάλη συγκέντρωση συνδυασμού παρεμβάσεων στο διάστημα απόσβεσης μεταξύ 9 και 12 ετών. Ουσιαστικά αποδεικνύεται ότι για να υπάρξει εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας μεγαλύτερη των 100 kWh/m² απαιτείται χρονικό διάστημα αποπληρωμής τουλάχιστον 9 ετών. Και πάλι οι δέσμες μέτρων που περιλαμβάνουν εγκατάσταση λέβητα συμπυκνώσεως πετρελαίου και φυσικού αερίου φαίνεται να αποσβένουν συντομότερα το αρχικό κεφάλαιο.

Στα επόμενα διαγράμματα απεικονίζεται η μείωση των εκπομπών CO₂ ανά θερμαινόμενη επιφάνεια συναρτήσει του απαιτούμενου κόστους της επένδυσης [Σχήμα 4.12] και του εκτιμώμενου χρόνου αποπληρωμής της επένδυσης [Σχήμα 4.13]. Γενικά παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των συνδυασμών προκαλεί εξοικονόμηση μεταξύ 65 και 80 kg/m². Η βέλτιστη δέσμη μέτρων που επιτυγχάνει την καλύτερη αναλογία μεγαλύτερης μείωσης εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και μικρότερου δυνατού κόστους, αλλά και τα λιγότερων ετών απόσβεσης, είναι ο συνδυασμός θερμομόνωσης, αλλαγής κουφωμάτων, τοποθέτησης ηλιακών θερμοσιφώνων και κεντρικού λέβητα βιομάζας με μόνωση του δικτύου διανομής της θέρμανσης. Άλλωστε είναι φυσιολογικό η εγκατάσταση λέβητα βιομάζας να εμπλέκεται πάντα στις καλύτερες οικολογικές λύσεις, μιας και έχει μηδενικές εκπομπές CO₂.



Σχήμα 4.12 Μείωση εκπομπών CO₂ ανά m² συναρτήσει του κόστους επένδυσης ανά m² συνδυασμών παρεμβάσεων συνδυασμού παρεμβάσεων σε πολυκατοικία.



Σχήμα 4.13 Μείωση εκπομπών CO₂ ανά m² συναρτήσει του απαιτούμενου χρόνου απόσβεσης της επένδυσης συνδυασμών παρεμβάσεων συνδυασμού παρεμβάσεων σε πολυκατοικία.

4.7 Δέσμες μέτρων για την μετατροπή της πολυκατοικίας σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Με τους συνδυασμούς παρεμβάσεων που αναλύθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο επιτεύχθηκε πολύ σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου, ανεβάζοντας το σε ενεργειακή κατηγορία καλύτερη του κτιρίου αναφοράς, δηλαδή υψηλότερη της “B”, από την τελευταία ενεργειακή κατηγορία “H” που αρχικά κατατασσόταν. Ακόμα όμως και με αυτές τις δέσμες μέτρων, το κτίριο απέχει αρκετά από το να χαρακτηριστεί “μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης”.

Ως μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης λογίζεται ένα κτίριο το οποίο έχει μηδενικό ετήσιο ισοζύγιο πρωτογενούς ενέργειας. Για να μετατραπεί σε τέτοιο ένα υφιστάμενο κτίριο πρέπει αρχικά να μειωθούν στο ελάχιστο οι ενεργειακές απαιτήσεις του και στη συνέχεια αυτές να καλυφθούν σε ετήσια βάση με εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Με στόχο να μετατραπεί το υπό μελέτη κτίριο του παραδείγματος σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, θα εκτελεστούν κατά σειρά οι ακόλουθες εργασίες ενεργειακής αναβάθμισης:

1) Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στο σύνολο των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου, δηλαδή κελύφους, οροφής και δαπέδου. Το πάχος του μονωτικού είναι 10 cm και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας είναι $\lambda=0,031 \text{ W/m}^2\text{K}$. Το κόστος των εργασιών είναι 57 €/m² για το κέλυφος, 37 €/m² για το δάπεδο προς πυλωτή και 47 €/m² για το δώμα, δηλαδή συνολικά 57.000 €.

2) Αντικατάσταση παλιών κουφωμάτων. Τα νέα κουφώματα επιλέγεται να είναι κατασκευασμένα από PVC, που εξασφαλίζει χαμηλότερους συντελεστές πλαισίου $U_f=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Οι υαλοπίνακες είναι τριπλοί με κενό 12mm (4-12-4-12-4), με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων και αργό στα διάκενα με συντελεστή $U_g=0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Το κόστος για τα κουφώματα αυτά είναι 240 €/m², πράγμα που σημαίνει ότι το κόστος της παρέμβασης είναι 29.000 €.

3) Τοποθέτηση τεντών. Οι τέντες θα καλύπτουν όλα τα ανοίγματα των διαμερισμάτων του κτιρίου με το κόστος να ανέρχεται σε 6.000 €.

4) Εγκατάσταση κεντρικού συστήματος αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, συνολικής ισχύος 48 kW με βαθμό απόδοσης COP=4,00. Παράλληλα πραγματοποιείται θερμομόνωση των σωληνώσεων του δικτύου διανομής με πάχος μόνωσης ίση με την ακτίνα της εκάστοτε σωλήνας. Το συνολικό κόστος των εργασιών υπολογίζεται σε 33.000 €.

5) Τοποθέτηση συστημάτων αυτόματου ελέγχου στο σύστημα της θέρμανσης, δηλαδή εγκατάσταση θερμοστάτη και θερμιδομετρητή στα διαμερίσματα, θερμοστατικών κεφαλών στα σώματα αλλά και συστήματος υδραυλικής αντιστάθμισης. Το κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών “B” και το κόστος των εργασιών υπολογίζεται σε 15.000 €.

6) Εγκατάσταση ηλιακών θερμοσίφωνων στο δώμα για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Με τοποθέτηση ενός ηλιακού θερμοσίφωνα για κάθε διαμέρισμα, με 4 m² συλλέκτες επιτυγχάνεται κάλυψη των αναγκών της πολυκατοικίας κατά 76%. Το συνολικό κόστος για τους συγκεκριμένους 8 ηλιακούς θερμοσίφωνες είναι 12.000 €.

7) Τοποθέτηση τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας για ψύξη των διαμερισμάτων. Συγκεκριμένα τοποθετούνται δύο σε κάθε διαμέρισμα ισχύος 2,5 kW και βαθμού απόδοσης EER=5,00, μία στο σαλόνι και μία στο διάδρομο για ομαλή ψύξη των υπνοδωματίων. Το συνολικό κόστος εγκατάστασης του συστήματος των 16 αερόψυκτων αντλιών θερμότητας υπολογίζεται σε 24.000 €.

8) Εγκατάσταση συστήματος κατακόρυφης γεωθερμίας στον ακάλυπτο χώρο του οικοπέδου της πολυκατοικίας. Με την προϋπόθεση ότι υπάρχει διαθέσιμος χώρος για να γίνουν οι απαραίτητες γεωτρήσεις και εξασφαλιστεί η απαραίτητη αδειοδότηση, τοποθετείται ένα θερμοδοχείο στο λεβητοστάσιο συνδεδεμένο με τους ηλιακούς συλλέκτες του δώματος και τη γεωθερμική αντλία θερμότητας. Στο θερμοδοχείο θερμαίνεται τόσο το νερό της κεντρικής θέρμανσης όσο και το νερό που χρησιμοποιείται στο κεντρικό boiler για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Ο βαθμός απόδοσης της κατακόρυφης γεωθερμικής αντλίας θερμότητας είναι COP=7,0. Το κόστος ολόκληρης της γεωθερμικής εγκατάστασης συνυπολογίζοντας τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, υπολογίζεται σε 85.000 € περίπου.

9) Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών στο δώμα για παροχή ζεστού νερού στο σύστημα θέρμανσης. Με την απαραίτητη προϋπόθεση να υπάρχει διαθέσιμος, μη σκιασμένος, χώρος στο δώμα της πολυκατοικίας, τοποθετούνται όσο το δυνατό περισσότεροι ηλιακοί συλλέκτες που συνδέονται με το θερμοδοχείο του συστήματος θέρμανσης των αντλιών θερμότητας στο λεβητοστάσιο. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα μετά την εγκατάσταση των ηλιακών θερμοσιφώνων υπάρχει διαθέσιμος χώρος για εγκατάσταση 50 m² επιλεκτικών συλλεκτών, με συντελεστή αξιοποίησης ηλιακής ενέργειας 0,369. Το κόστος της παρέμβασης υπολογίζεται σε 52.000 €.

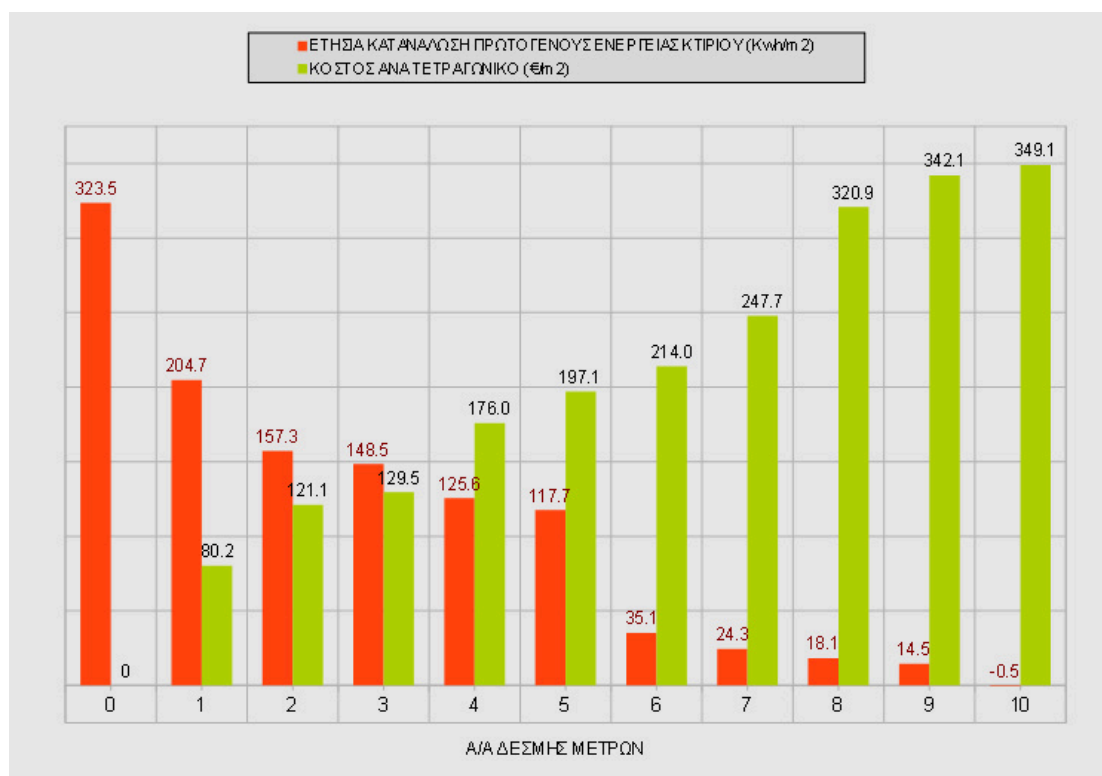
10) Με στόχο την παραγωγή ενέργειας από το ίδιο το κτίριο ώστε να γίνει προσπάθεια επίτευξης μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου, γίνεται εγκατάσταση συστήματος φωτοβολταϊκών για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Προφανώς σε αυτήν την περίπτωση δεν θα πραγματοποιηθεί η παρέμβαση της τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών για συμμετοχή στη θέρμανση ώστε να υπάρξει ελεύθερος χώρος για τα φωτοβολταϊκά. Με την απαραίτητη προϋπόθεση λοιπόν να υπάρχει διαθέσιμος, μη σκιασμένος, χώρος στο δώμα της πολυκατοικίας, τοποθετούνται όσο το δυνατό περισσότερα φωτοβολταϊκά πάνελ ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή παραγωγή ρεύματος. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα μπορούν να εγκατασταθούν 50 m² φωτοβολταϊκών πάνελ που παράγουν συνολική ισχύς 7,25 kW. Το συνολικό κόστος εγκατάστασης υπολογίζεται σε 20.000 €.

Με την πραγματοποίηση ενεργειακών μελέτες για τις παραπάνω δέσμες μέτρων, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 4.54. Στον Πίνακα αυτόν περιγράφονται οι εργασίες ενεργειακής αναβάθμισης και ακολουθεί το εκτιμώμενο κόστος, το επιμερισμένο κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο και η υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου, η οποία διαιρούμενη με την πρωτογενή ενέργεια του κτιρίου αναφοράς, που είναι σταθερή και ίση με 88,3 kWh/m², δίνει την ενεργειακή του κατηγορία. Στη συνέχεια παρατίθενται οι επιμέρους ετήσιες καταναλώσεις ανά m² της πολυκατοικίας για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης, και ανά καύσιμο (ηλεκτρισμό, πετρέλαιο, ηλιακή, φωτοβολταϊκά), και συγκεντρωτικά η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές CO₂. Τέλος υπολογίζεται η ανά τετραγωνικό μέτρο εξοικονόμηση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε σχέση με το αρχικό κτίριο, η μείωση στις εκπομπές CO₂ και ο χρόνος που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης.

Πίνακας 4.54: Αποτελέσματα δεσμών μέτρων ενεργειακών παρεμβάσεων για μετατροπή πολυκατοικίας σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Α/Α ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ3 ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	ΠΡΟΤΥΠΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 10cm	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΤΕΠΤΕΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΤΕΠΤΕΣ + ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΤΕΠΤΕΣ + ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΤΕΠΤΕΣ + ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΤΕΠΤΕΣ + ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΤΕΠΤΕΣ + ΓΕΘΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΤΕΠΤΕΣ + ΓΕΘΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΤΕΠΤΕΣ + ΓΕΘΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΘΜΜ ΔΙΑΝΟΜΗΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ + ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	-	57000	86000	92000	125000	140000	152000	176000	228000	243000	248000
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ (€/m ²)	0	80.2	121.1	129.5	176.0	197.1	214.0	247.7	320.9	342.1	349.1
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m²)	323.5	204.7	157.3	148.5	125.6	117.7	35.1	24.3	18.1	14.5	-0.5
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤ. ΕΝΕΡ. ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (Kwh/m²)	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	H	Z	Δ	Δ	Δ	Γ	A	A+	A+	A+	A+
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (Kwh/m ²)	157.3	70.9	33.8	33.8	5.6	4.5	4.5	4.5	2.9	1.7	2.9
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΨΥΞΗΣ (Kwh/m ²)	21.3	13.0	10.8	7.7	7.7	6.2	6.2	2.5	2.5	2.5	2.5
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΖΝΧ (Kwh/m ²)	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	1.5	1.5	0.8	0.8	0.8
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	52.3	44.1	41.8	38.8	43.3	40.6	12.1	8.4	6.3	5.0	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (Kwh/m ²)	156.2	69.8	32.8	32.8	-	-	-	-	-	-	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΙΑΚΗ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	-	-	29.1	29.1	29.1	74.5	29.1
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Kwh/m ²)	208.5	113.9	74.6	71.5	43.3	40.6	12.1	8.4	6.3	5.0	6.3
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.8
ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (Kg/m ²)	93.0	62.1	50.1	47.0	42.9	40.2	12.0	8.3	6.2	5.0	0.0
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	-	118.8	166.2	46.0	197.9	205.8	288.4	299.2	305.4	309.0	324.0
ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ (Kg/m ²)	-	30.9	42.9	46.0	50.1	52.8	81.0	84.7	86.8	88.0	93.0
ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)	0	9.1	9.7	10.2	11.6	12.7	11.4	13.0	16.6	17.5	17.4

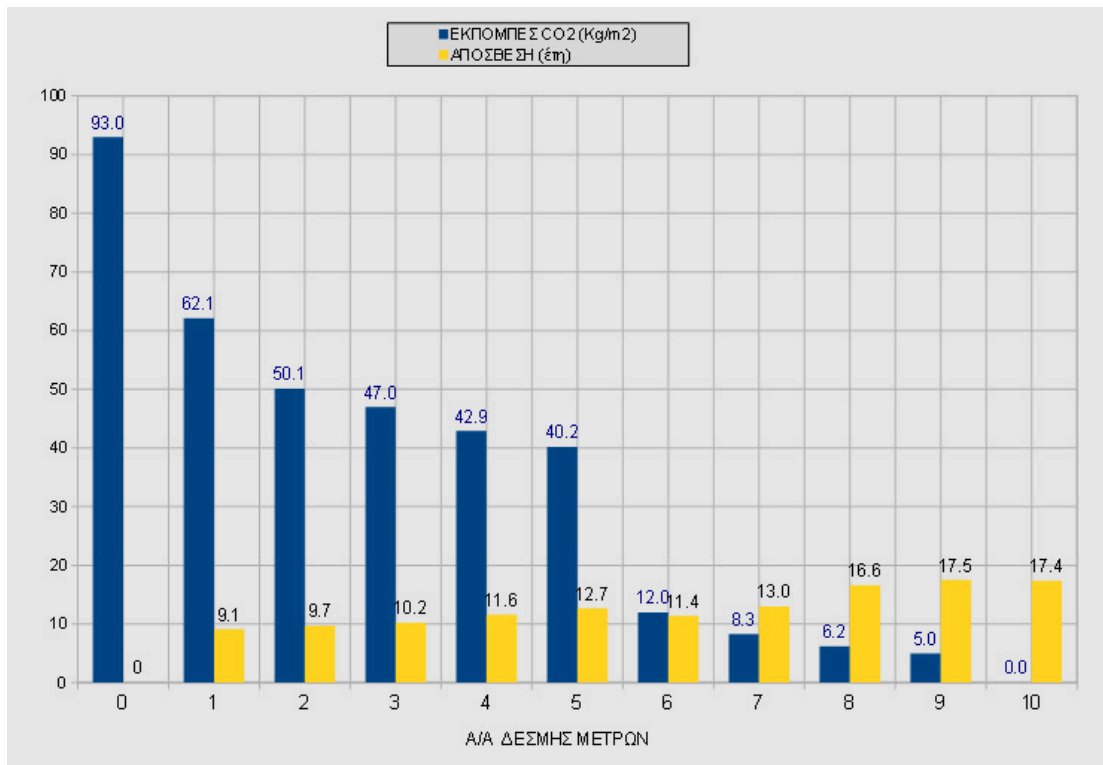
Με βάση τα αποτελέσματα του Πίνακα 4.54, απεικονίζεται σε κοινό διάγραμμα [Σχήμα 4.14] η πορεία της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας της πολυκατοικίας ανά m^2 , μέχρι τη μηδενική κατανάλωση στη δέσμες μέτρων (10), και παράλληλα η πορεία του εκτιμώμενου κόστους ανά m^2 , το οποίο αναμενόμενα ακολουθεί ανάποδη πορεία. Στο διάγραμμα είναι ευδιάκριτη η εκτίναξη του κόστους με την προσθήκη του μέτρου της κατακόρυφης γεωθερμίας, χωρίς να υπάρχει αντίστοιχη μείωση στη συνολική κατανάλωση για να δικαιολογείται η επένδυση. Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι απαιτείται επένδυση της τάξεως των 349,1 €/m² για να επιτευχθεί μηδενισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας των 323,5 kWh/m².



Σχήμα 4.14 Απεικόνιση της πορείας της κατανάλωσης ενέργειας ανά m^2 και του κόστους ανά m^2 ανά εφαρμοζόμενη δέσμη μέτρων για μετατροπή πολυκατοικίας σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Αντίστοιχα συμπεράσματα εξάγονται και από το διάγραμμα του Σχήματος 4.15 που ακολουθεί, στο οποίο απεικονίζονται από κοινού η πτωτική πορεία των εκπομπών CO₂ ανά m^2 και ο εκτιμώμενος χρόνος που απαιτείται για την αποπληρωμή του αρχικού κεφαλαίου της επένδυσης.

Στο διάγραμμα αυτό είναι χαρακτηριστική η πτώση των εκπομπών CO₂ με την τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών για ζεστό νερό χρήσης, η οποία μάλιστα μειώνει παράλληλα και τον υπολογιζόμενο χρόνο απόσβεσης. Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι απαιτείται χρονικό διάστημα 17,4 ετών για να επιτευχθεί μηδενισμός της ετήσιας εκπομπής CO₂ των 93,0 kg/m² της υφιστάμενης πολυκατοικίας.



Σχήμα 4.15 Απεικόνιση της πορείας της εκπομπών CO₂ ανά m² και του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης ανά εφαρμοζόμενη δέση μέτρων για μετατροπή πολυκατοικίας σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

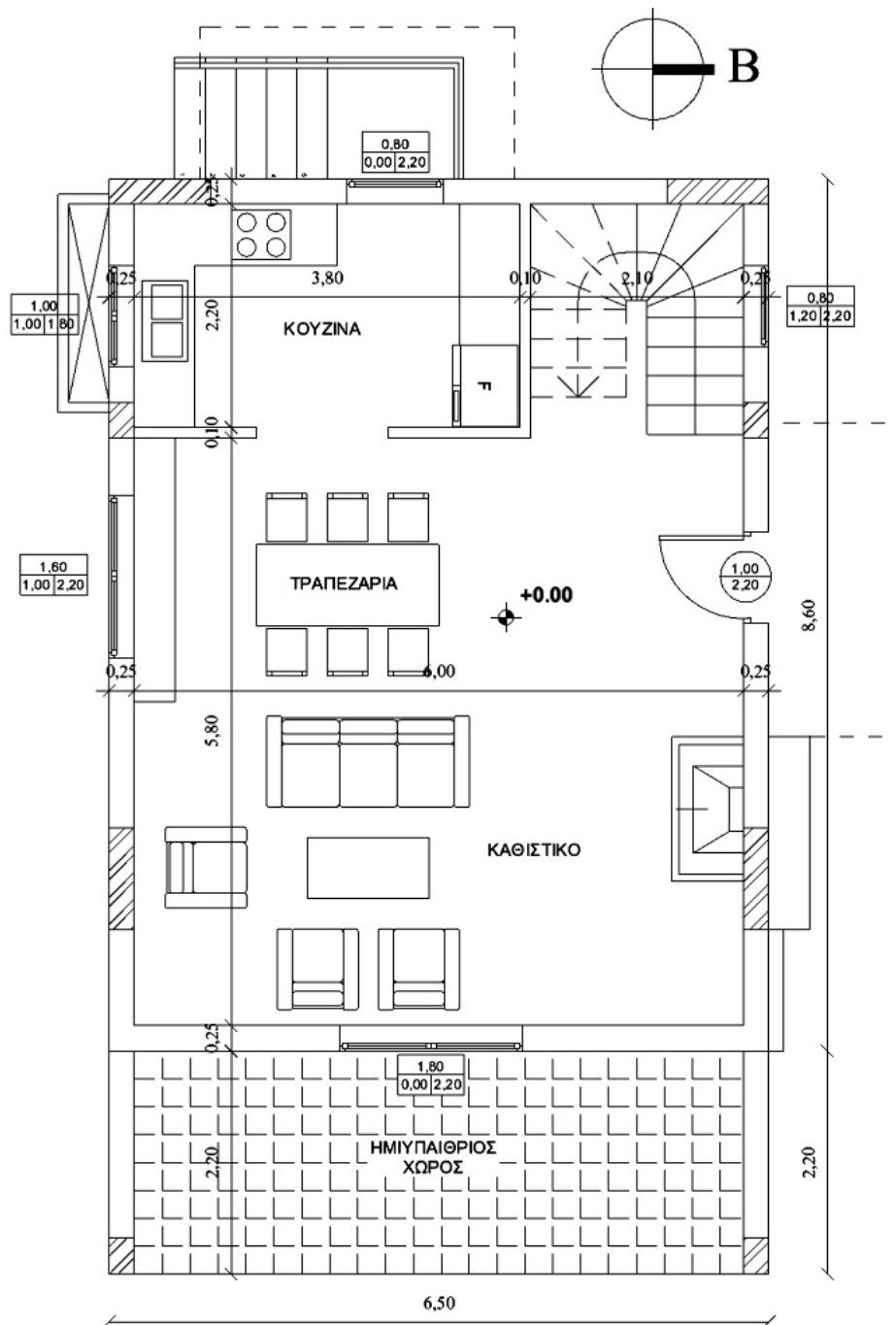
Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι εντός πόλεως για να μετατραπεί μία υφιστάμενη πολυκατοικία σε κτίριο μηδενικής κατανάλωσης είναι απαραίτητη η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος. Αυτό όμως δεν είναι συνήθως εφικτό καθώς στο υπάρχον κτιριακό δυναμικό των πόλεων δεν υπάρχει ο απαραίτητος χώρος στα δώματα, και μάλιστα μη σκιασμένος, ώστε να τοποθετηθούν ηλιακοί συλλέκτες για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και φωτοβολταϊκά πάνελ για να καλύψουν τις ανάγκες ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτιρίου.

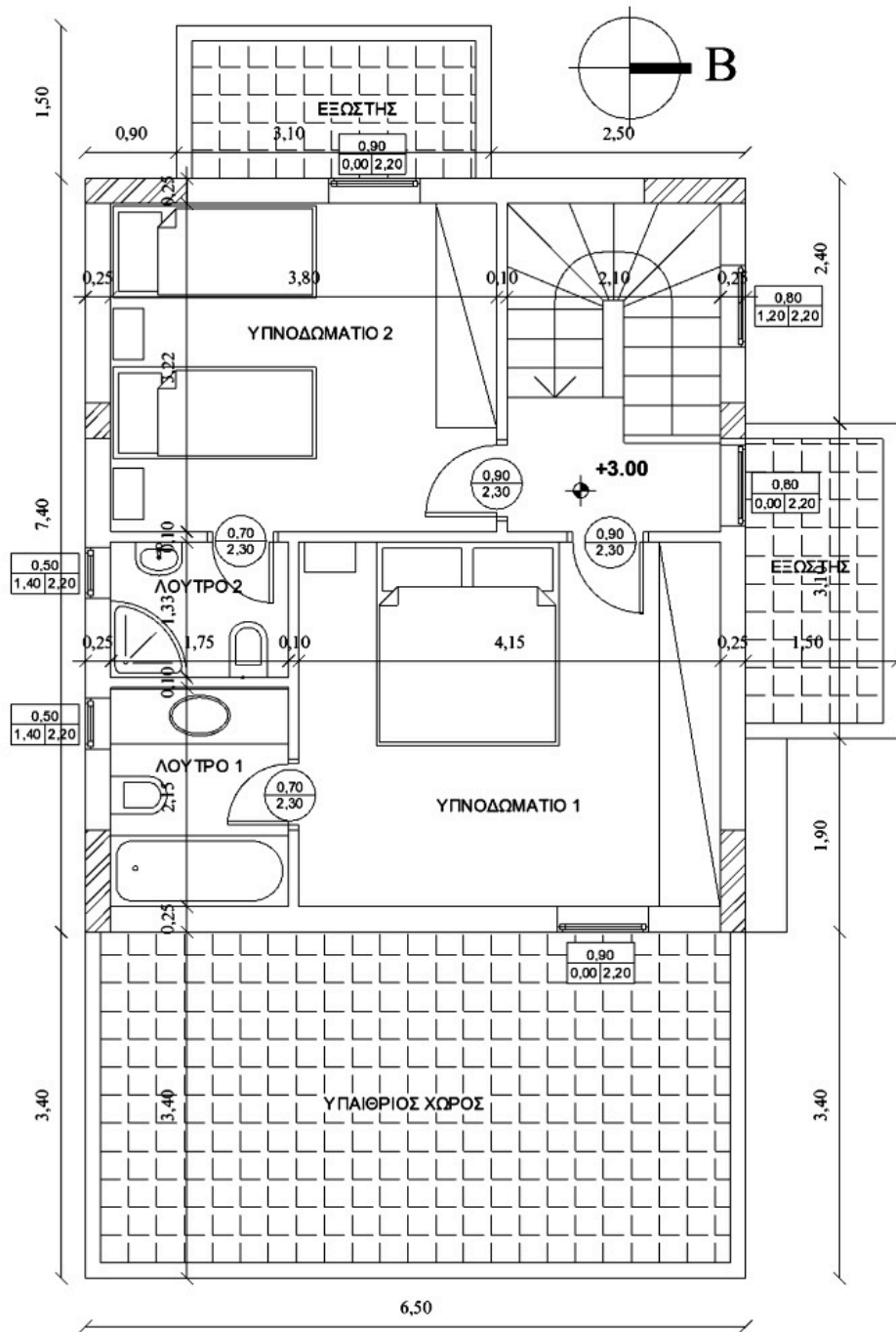
Ωστόσο, ακόμα και να υπάρχουν οι αναγκαίες προϋποθέσεις, η οικονομική επιβάρυνση είναι πολύ υψηλή (349,1 €/m²) για τους ιδιοκτήτες και το χρονικό διάστημα απόσβεσης των 17,4 ετών είναι ασύμφορο οικονομικά για την πραγματοποίηση της συνολικής επένδυσης.

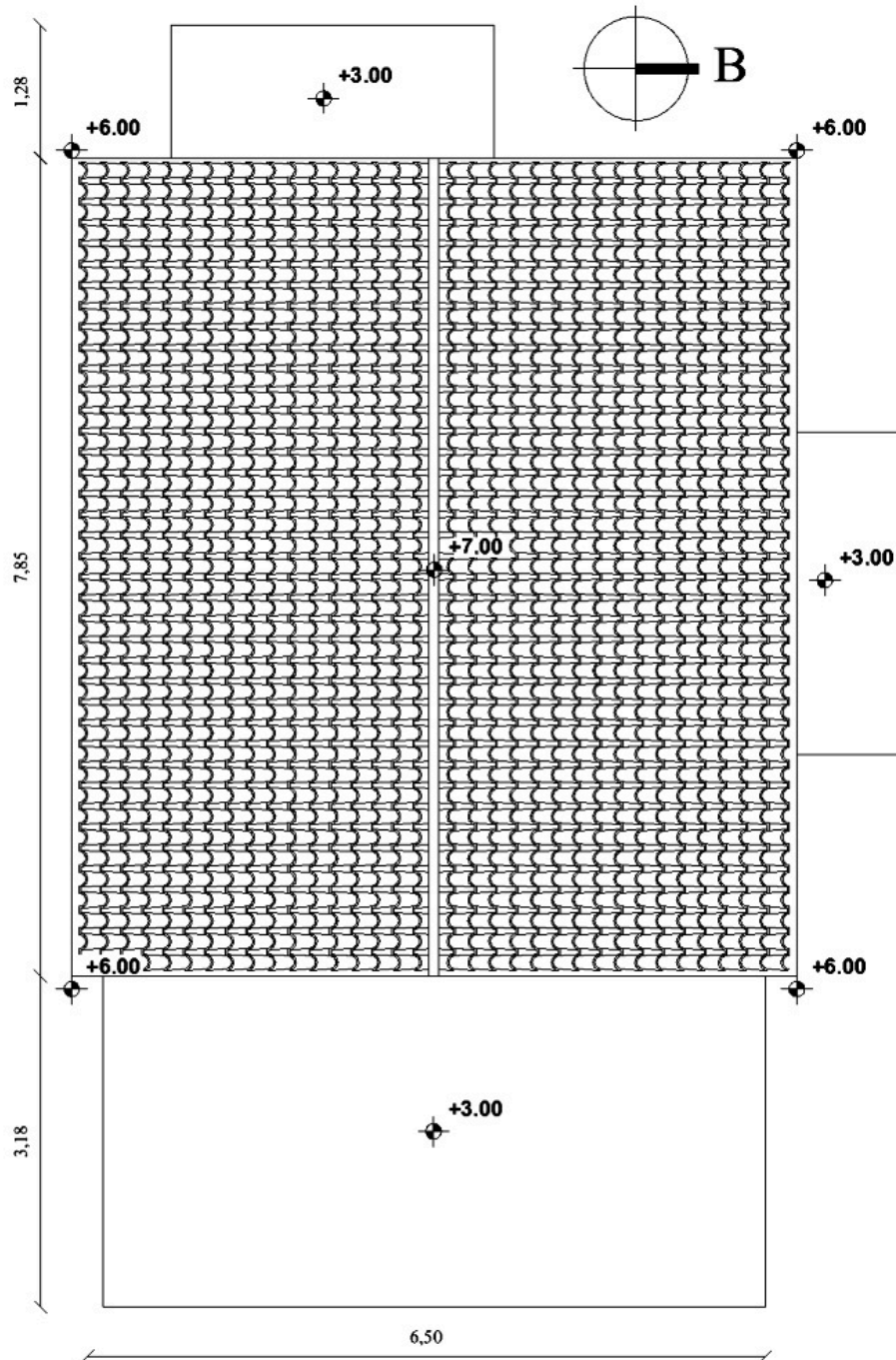
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΣΤΟΡΙΑ

5.1 Περιγραφή υπό μελέτη κτιρίου

Η περίπτωση που θα εξεταστεί σε αυτό το κεφάλαιο είναι μίας μονοκατοικίας στην “κρύα” περιοχή της Καστοριάς. Το κτίριο αποτελείται από υπόγειο 70,2 m², που χρησιμοποιείται σαν βοηθητικός χώρος, ισόγειο 55,9 m², και Α’ όροφο 48,1 m², οι οποίοι έχουν χρήση “κατοικία”. Πάνω από τον όροφο υπάρχει δίριχτη στέγη με κεραμίδια. Στο ισόγειο του σπιτιού υπάρχει χώρος καθιστικού, τραπεζαρία και κουζίνα ενώ στον όροφο υπάρχουν 2 υπνοδωμάτια και 2 μπάνια. Οι κατόψεις όλων των ορόφων απεικονίζονται στα ακόλουθα σχήματα.







Σχήμα 5.1 Κατόψεις μονοκατοικίας (ισογείου, ορόφου και στέγης)

Τα στοιχεία του υπό μελέτη κτιρίου παρουσιάζονται ακολούθως.

- Η θερμαινόμενη επιφάνεια της μονοκατοικίας είναι $104,00 \text{ m}^2$ ενώ το υπόγειο, που αποτελεί μη θερμαινόμενο χώρο, έχει εμβαδόν $70,20 \text{ m}^2$.
- Η πολυκατοικία βρίσκεται στην Καστοριά οπότε βάση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) ανήκει στη δυσμενέστερη κλιματική ζώνη, την “Δ”.

- Το κτίριο θεωρείται ότι βρίσκεται σε θέση που δεν επηρεάζεται από σκιάσεις γειτονικών κτιριακών κατασκευών, κάτι που άλλωστε συνήθως συμβαίνει στα επαρχιακά σπίτια.

- Στο κτίριο δεν υπάρχει κανένα μέτρο θερμομονωτικής προστασίας, κοινώς το κέλυφος του, η στέγη και το δάπεδο του ισογείου που είναι σε επαφή με το μη θερμαινόμενο υπόγειο είναι αμόνωτα. Συγκεκριμένα, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 5.1: Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων “Μονοκατοικία”

Περιγραφή δομικού στοιχείου	Συντ. θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	1,623
Μπετά σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	3,165
Τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	1,416
Μπετά σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	2,333
Δάπεδο σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	2,000
Στέγη με κεραμίδια	3,050
Οροφή σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	3,050

- Τα ανοίγματα έχουν όλα ξύλινα κουφώματα ($U_f=2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) με μονό υαλοπίνακα ($U_g=5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$). Αναλυτικά τα στοιχεία τους και οι συντελεστές τους παρουσιάζονται στον Πίνακα.

Πίνακας 5.2: Συντελεστές θερμοπερατότητας ανοιγμάτων “Πολυκατοικία”

Κουφώμα	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Φύλλα	U [W/(m ² K)]
A2	1,8	2,2	2	5,144
A3	1,6	1,2	2	4,972
A4	1,0	0,8	2	4,591
A5	0,8	2,2	1	5,095
A6	0,8	1,0	1	4,917
A7	0,9	2,2	1	5,144
A8	0,5	0,8	1	4,591

Η εξώπορτα της μονοκατοικίας είναι ξύλινη, διαστάσεων (1,00x2,20)m με συντελεστή $U = 2.20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου ισχύος 40 kW. Το σύστημα εκπομπής είναι κλασσικά θερμαντικά σώματα άμεσης απόδοσης. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης παρουσιάζονται αναλυτικά στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.3: Δεδομένα συστήματος θέρμανσης τμήματος “Μονοκατοικία”

Σύστημα θέρμανσης θερμικής ζώνης 1 (Μονοκατοικία)											
Μονάδα παραγωγής θερμότητας: Λέβητας ισχύος 40.0 kW											
Συνολική θερμική απόδοση μονάδας ή COP: 0.870											
Είδος καυσίμου: Πετρέλαιο θέρμανσης											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%)											
ΙΑΝ	1	ΦΕΒ	1	ΜΑΡ	1	ΑΠΡ	1	ΜΑΙ	0	ΙΟΥΝ	0
ΙΟΥΛ	0	ΑΥΓ	0	ΣΕΠ	0	ΟΚΤ	1	ΝΟΕ	1	ΔΕΚ	1
Κόστος επέμβασης για αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης (€/m ²):											
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C): 80.00											
Βαθμός θερμικής απόδοσης δικτύου διανομής: 94.5%											
Είδος τερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων/Άμεσης απόδοσης σε εξωτερικό τοίχο											
Θερμική απόδοση τερματικών μονάδων: 0.89 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, πίνακας 4.12											

- Δεν υπάρχει εγκατεστημένο κάποιο σύστημα ψύξης στη μονοκατοικία, μιας και στην περιοχή της Καστοριάς δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις ψυκτικών φορτίων. Έτσι το κτίριο στο πρόγραμμα του ΤΕΕ-KENAK θεωρείται ότι έχει σύστημα όμοιο με αυτό του κτιρίου αναφοράς.
- Ως κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών το κτίριο βρίσκεται στην κατηγορία «Δ», καθώς δεν υπάρχει κανένας αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας των τερματικών μονάδων και του δικτύου διανομής.
- Για την κάλυψη των αναγκών των κατοίκων σε ζεστό νερό χρήσης υπάρχει εγκατεστημένος ηλεκτρικός θερμοσίφωνες 80 lt. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παραγωγής ΖΝΧ, παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.4: Δεδομένα συστήματος ζεστού νερού χρήσης τμήματος “Μονοκατοικία”

Σύστημα ζεστού νερού χρήσης ζώνης 1 (Μονοκατοικία)											
Είδος μονάδας παραγωγής ζεστού νερού χρήσης: Τοπικός ηλεκτρικός θερμαντήρας ισχύος 4.0 kW											
Θερμική απόδοση μονάδας ή COP: 1.000											
Είδος καυσίμου: Ηλεκτρισμός											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου για ΖΝΧ από το σύστημα (%)											
ΙΑΝ	1	ΦΕΒ	1	ΜΑΡ	1	ΑΠΡ	1	ΜΑΙ	1	ΙΟΥΝ	1
ΙΟΥΛ	1	ΑΥΓ	1	ΣΕΠ	1	ΟΚΤ	1	ΝΟΕ	1	ΔΕΚ	1
Βαθμός θερμικής απόδοσης δικτύου διανομής ΖΝΧ (%): 100.0%											
Θερμική απόδοση μονάδας αποθήκευσης ΖΝΧ: 98%											

- Οι ανάγκες αερισμού της μονοκατοικίας καλύπτεται μέσω φυσικού αερισμού των χώρων.
- Ο ΚΕΝΑΚ δεν λαμβάνει υπόψη στους υπολογισμούς την κατανάλωση ενέργειας από φωτιστικά σώματα και ηλεκτρικές συσκευές σε χώρους κατοικιών. Έτσι δεν

μπορεί να διαπιστωθεί η ενεργειακή αναβάθμιση του συγκεκριμένου κτιρίου από μέτρα στον τομέα του φωτισμού.

5.2 Ενεργειακά αποτελέσματα υφιστάμενης μονοκατοικίας

Σύμφωνα με τα δεδομένα που αναλύθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο για την μονοκατοικία του παραδείγματος, διενεργήθηκε ενεργειακή μελέτη σύμφωνα με το πρόγραμμα TEE-KENAK. Τα απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη δίδονται στον Πίνακα 5.5 και σε αυτά περιλαμβάνονται και τα φορτία αερισμού για κάθε εποχή. Τα φορτία της θέρμανσης είναι αρκετά ανεβασμένα για το μέγεθος του κτιρίου εξαιτίας της δυσμενούς ενεργειακής ζώνης που αυτό βρίσκεται.

Πίνακας 5.5: Απαιτούμενα φορτία θέρμανσης & ψύξης - Πρότυπη μονοκατοικία.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαϊ.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶ Θέρμανση	79.8	63.6	46.0	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	49.6	77.4	349.9
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	13.8	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	31.7
Υγρανση	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ZHX	2.1	1.9	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.2	1.2	1.5	1.7	2.0	19.2

Οι αντίστοιχες καταναλώσεις ενέργειας ανά τελική χρήση δίδονται στον Πίνακα που ακολουθεί. Στην τελική κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη, περιλαμβάνεται και η ηλεκτρική κατανάλωση από τα βοηθητικά συστήματα της κάθε εγκατάστασης.

Πίνακας 5.6: Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση - Πρότυπη μονοκατοικία.

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαϊ.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶ Θέρμανση	120.4	96.0	69.5	36.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	75.0	116.7	528.7
Ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση χώρων	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	2.7	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3
ZHX	2.2	1.9	2.0	1.7	1.6	1.3	1.2	1.2	1.3	1.5	1.8	2.0	19.6
Ηλεκτρική ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ενέργεια από φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο	122.5	97.9	71.5	38.2	1.6	2.8	3.9	3.2	1.3	16.0	76.8	118.8	554.5

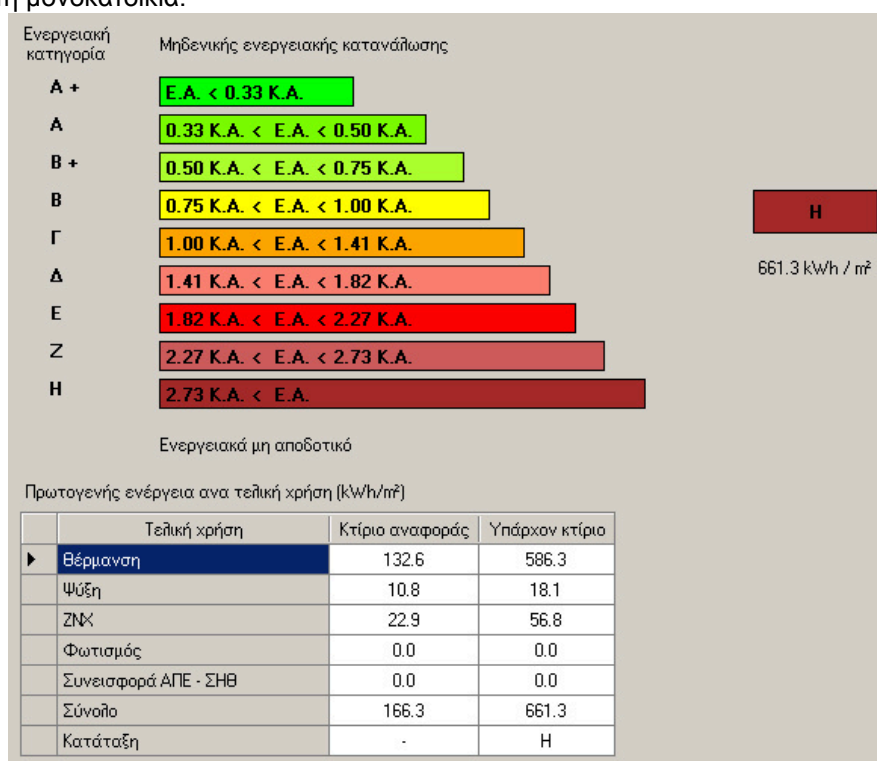
Οι καταναλώσεις καυσίμων στην πρότυπη μονοκατοικία αλλά και οι αντίστοιχες εκλύσεις αερίων ρύπων CO₂ ανά πηγή ενέργειας παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.7.

Πίνακας 5.7: Κατανάλωση καυσίμων και εκπομπές CO₂ ανά πηγή ενέργειας - Πρότυπη μονοκατοικία.

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
▶ Ηλεκτρισμός	28.5	28.2
Πετρέλαιο	526.0	138.9
Φυσικό αέριο	0.0	0.0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0	0.0
Ηλιακή	0.0	0.0
Βιομάζα	0.0	0.0
Γεωθερμία	0.0	0.0
Άλλο ΑΠΕ	0.0	0.0
Σύνολο	554.5	167.1

Τέλος, οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση του τμήματος του κτιρίου, αλλά και η ενεργειακή κατηγορία που προκύπτει για την πρότυπη πολυκατοικία, δίνονται στον Πίνακα 5.8 που ακολουθεί. Είναι εμφανές ότι το κτίριο κατατάσσεται στην τελευταία ενεργειακή κατηγορία, έχοντας κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 4 φορές μεγαλύτερη του κτιρίου αναφοράς.

Πίνακας 5.8: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση - Πρότυπη μονοκατοικία.



Το ετήσιο λειτουργικό κόστος της μονοκατοικίας υπολογίζεται από το πρόγραμμα TEE-KENAK σε 5.301,7 €, ενώ του κτιρίου αναφοράς μόλις 1.345,8€.

5.3 Μέτρα για την ενεργειακή αναβάθμιση της μονοκατοικίας

Η χρήση της υφιστάμενης μονοκατοικίας καταναλώνει υπερβολική ενέργεια, όπως άλλωστε συμβαίνει και στα περισσότερα σπίτια παλαιάς κατασκευής της επαρχίας, και επομένως επιδέχεται αρκετές παρεμβάσεις ώστε να αναβαθμιστεί ενεργειακά. Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστεί ξεχωριστά κάθε εργασία αναβάθμισης και θα πραγματοποιηθεί ενεργειακή μελέτη για κάθε μία από αυτές, ώστε να διαπιστωθεί το αποτέλεσμα της σε εξοικονόμηση ενέργειας και εκπομπών CO₂ και παράλληλα να υπολογιστεί το κόστος αλλά και ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης. Σε σχέση με τις ενεργειακές παρεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν στην περίπτωση της πολυκατοικίας, εδώ δεν είναι δυνατό να εφαρμοστούν τα μέτρα της αντικατάστασης του λέβητα πετρελαίου με λύσεις φυσικού αερίου, καθώς δεν υπάρχει διαθέσιμο δίκτυο στις περιοχές αυτές.

1) Θερμομόνωση στέγης.

Το πρώτο μέτρο που θα εξεταστεί είναι η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στη στέγη της μονοκατοικίας. Το μονωτικό που θα χρησιμοποιηθεί είναι εξηλασμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031 \text{ W/mK}$. Εξετάζονται 3 σενάρια για διαφορετικά πάχη μόνωσης, 5 cm (Σενάριο 1), 7 cm (Σενάριο 2) και 10 cm (Σενάριο 3), ώστε να διαπιστωθεί η διαφορά που προκύπτει στην ενεργειακή κατανάλωση αλλά και η βέλτιστη λύση από οικονομικής πλευράς. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας της στέγης με μόνωση 5 cm είναι $0,498 \text{ W/m}^2\text{K}$, ενώ ο αντίστοιχος για 7 cm μειώνεται σε $0,377 \text{ W/m}^2\text{K}$ και για 10 cm σε $0,276 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Η θερμομόνωση της στέγης είναι πολύ σημαντική παρέμβαση αν αναλογιστεί κανείς τις τεράστιες καταναλώσεις θέρμανσης που έχει η υφιστάμενη μονοκατοικία. Εκτελώντας την ενεργειακή μελέτη με τους νέους συντελεστές της στέγης, υπάρχει αναμενόμενη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και κατά συνέπεια εξοικονόμηση πετρελαίου.

Πίνακας 5.9: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση - Θερμομόνωση στέγης Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	132.6	586.3	505.2	501.1	497.7
	Ψύξη	10.8	18.1	12.7	12.5	12.3
	ΖΝΚ	22.9	56.8	56.8	56.8	56.8
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	574.8	570.5	566.9
	Κατάταξη	-	H	H	H	H

Το κόστος τοποθέτησης θερμομόνωσης στη στέγη του κτιρίου κοστολογείται με 43 €/m² για τα 5 cm, 46 €/m² για τα 7 cm και 50 €/m² για τα 10 cm. Το πρόγραμμα του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.11, υπολογίζει την περίοδο απόσβεσης περίπου στα 3,0 έτη, που είναι ένα ιδιαίτερα ελκυστικό χρονικό διάστημα αποπληρωμής ώστε να πραγματοποιηθεί η επένδυση. Λόγω των υψηλών απαιτήσεων θέρμανσης της μονοκατοικίας προτιμότερη είναι η επιλογή μονωτικού 10 cm μιας και δεν ανεβάζει σημαντικά το κόστος της εργασίας.

Πίνακας 5.10: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Θερμομόνωση στέγης Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	4,584.0	4,547.9	4,517.7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			2,068.3	2,212.6	2,405.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			86.4	90.8	94.4
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			13.1	13.7	14.3
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.2	0.2	0.2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			21.3	22.3	23.2
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			2.9	2.9	3.1

2) Θερμομόνωση δαπέδου.

Το δεύτερο μέτρο που εξετάζεται είναι η τοποθέτηση θερμομόνωσης στο δάπεδο της μονοκατοικίας που βρίσκεται σε επαφή με το μη θερμαινόμενο υπόγειο. Η μόνωση τοποθετείται στην οροφή του υπογείου και έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031 \text{ W/mK}$. Εξετάζονται και πάλι 3 σενάρια για διαφορετικά πάχη μόνωσης, 5 cm (Σενάριο 1), 7 cm (Σενάριο 2) και 10 cm (Σενάριο 3) με τα ακόλουθα ενεργειακά αποτελέσματα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου για τα 3 σενάρια είναι 0,468, 0,359 και 0,267 W/m²K αντίστοιχα.

Πίνακας 5.11: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Θερμομόνωση δαπέδου Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	132.6	586.3	549.5	545.6	542.1
	Ψύξη	10.8	18.1	18.6	18.7	18.7
	ZNκ	22.9	56.8	56.8	56.8	56.8
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	625.0	621.2	617.6
	Κατάταξη	-	H	H	H	H

Η εξωτερική θερμομόνωση του δαπέδου του ισογείου τιμολογείται περίπου 30 €/m² για τα 5 cm, 33 €/m² για τα 7 cm και 37 €/m² για τα 10 cm. Η απόσβεση γίνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα, από 5,3 έως 5,5 έτη. Και εδώ προτιμάται η τοποθέτηση θερμομόνωσης πάχους 10 cm για καλύτερο ενεργειακό αποτέλεσμα.

Πίνακας 5.12: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Θερμομόνωση δαπέδου Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	4,988.4	4,954.7	4,924.5
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1,677.0	1,844.7	2,068.3
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			36.3	40.1	43.6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			5.5	6.1	6.6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4	0.4	0.5
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			8.6	9.6	10.4
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			5.4	5.3	5.5

3) Θερμομόνωση κελύφους.

Η τοποθέτηση θερμομόνωσης στο κέλυφος της μονοκατοικίας είναι η επόμενη ενεργειακή παρέμβαση που εξετάζεται. Το μονωτικό που χρησιμοποιείται είναι διογκωμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031$ W/mK., ενώ για πρόσθετη προστασία αντί του κλασσικού επιχρίσματος, τοποθετείται θερμοεπίχρισμα με συντελεστή $\lambda=0,100$ W/mK. Και σε αυτήν περίπτωση εξετάζονται σενάρια για διαφορετικά πάχη μόνωσης, 5 cm (Σενάριο 1), 7 cm (Σενάριο 2) και 10 cm (Σενάριο 3). Ο συντελεστής θερμοπερατότητας στην τοιχοποιία με μόνωση 5 cm είναι 0,429 W/m²K και στα μπετά 0,493 W/m²K, ενώ οι αντίστοιχοι συντελεστές για 7 cm μειώνονται σε 0,336 και 0,374 W/m²K και για 10 cm σε 0,254 και 0,275 W/m²K. Το αποτέλεσμα της τοποθέτησης αυτού του είδους της θερμομόνωσης στο κτίριο είναι η δραστική μείωση των απώλειες του με συνέπεια εξοικονόμηση πετρελαίου στη θέρμανση.

Πίνακας 5.13: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Θερμομόνωση κελύφους Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	132.6	586.3	367.9	354.6	343.1
	Ψύξη	10.8	18.1	16.8	16.9	16.8
	ZNκ	22.9	56.8	56.8	56.8	56.8
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	441.6	428.3	416.8
	Κατάταξη	-	H	Z	Z	Z

Η εργασία αυτή κοστίζει περίπου 50 €/m² για τα 5 cm, 53 €/m² για τα 7 cm και 57 €/m² για τα 10 cm, συνυπολογίζοντας την ανάγκη τοποθέτησης ικριωμάτων. Η αποπληρωμή της επένδυσης αναμένεται να γίνει περίπου σε 4,3 έτη και στις 3 περιπτώσεις. Η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης 10 cm είναι η καλύτερη επιλογή, αφού έχει τον ίδιο χρόνο αποπληρωμής με τα μικρότερα πάχη μόνωσης οπότε μελλοντικά θα επιφέρει σημαντικά ενεργειακά και οικονομικά κέρδη στην κατοικία.

Πίνακας 5.14: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Θερμομόνωση κελύφους Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	3,422.2	3,307.6	3,208.9
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			8,087.0	8,572.2	9,219.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			219.7	233.0	244.5
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			33.2	35.2	37.0
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4	0.4	0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			52.8	56.0	58.8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			4.3	4.3	4.4

4) Αντικατάσταση κουφωμάτων.

Στην παράγραφο αυτή θα εξεταστεί η αντικατάσταση των παλιών κουφωμάτων της μονοκατοικίας. Γενικά οι μονοκατοικίες συνηθίζεται να έχουν αρκετά περισσότερα ανοίγματα από τα διαμερίσματα, επομένως παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον η συγκεκριμένη παρέμβαση. Φυσικά και στην περίπτωση της μονοκατοικίας η ποικιλία των νέων κουφωμάτων που μπορούν να τοποθετηθούν είναι πολύ μεγάλη.

Στην υπάρχουσα κατοικία θα εξεταστούν 3 σενάρια τοποθέτησης νέων κουφωμάτων. Αρχικά επιλέγεται τα νέα κουφώματα να είναι “ψυχρά” αλουμινίου, δηλαδή να μην έχουν θερμοδιακοπή, (συντελεστής $U_f=7,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ με διπλό υαλοπίνακα με αέρα στο διάκενο, (συντελεστής $U_g=3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Στην δεύτερη περίπτωση επιλέγεται τα νέα κουφώματα να είναι “θερμά”, δηλαδή να έχουν θερμοδιακοπή. Τα κουφώματα είναι όλα ανοιγόμενα και θα έχουν συντελεστή $U_f=2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, ενώ το τζάμι τους είναι διπλό με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου και αργό στο διάκενο, με συντελεστή $U_g=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Τέλος, στην τρίτη περίπτωση επιλέγονται θερμοδιακοπτόμενα πλαστικά κουφώματα. Ο συντελεστής U_f των κουφωμάτων από PVC επιλέγεται να είναι $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, ενώ το τζάμι τους είναι τριπλό με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων και αργό στο διάκενο, με συντελεστή $U_g=0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Τα ενεργειακά αποτελέσματα των δύο παρεμβάσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.15 που ακολουθεί.

Πίνακας 5.15: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο – Αντικατάσταση κουφωμάτων Σενάριο 1: Αλουμινίου “ψυχρά”, Σενάριο 2: Αλουμινίου “θερμά”, Σενάριο 3: PVC “θερμά”.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Βέρμανση	132.6	586.3	538.2	513.0	500.4
	Ψύξη	10.8	18.1	17.7	17.2	17.4
	ZNκ	22.9	56.8	56.8	56.8	56.8
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	612.8	587.1	574.6
	Κατάταξη	-	H	H	H	H

Τα “ψυχρά” κουφώματα είναι φυσιολογικά πιο οικονομικά (κόστος 200 €/m²) από τα κουφώματα με θερμοδιακοπή (280 €/m²) ενώ τα πλαστικά κοστίζουν περίπου 240 €/m². Από τον Πίνακα 5.16 προκύπτει ότι στην περίπτωση της μονοκατοικίας (σε πλήρη αντίθεση με αυτήν της πολυκατοικίας) η απόσβεση γίνεται σε ιδιαίτερα ανεκτό χρονικό διάστημα, από 6,2 έως 9,5 έτη. Προφανώς η καλύτερη επιλογή είναι τα κουφώματα από PVC με τριπλό τζάμι που συνδυάζουν το καλύτερο ενεργειακό αποτέλεσμα με τη γρηγορότερη αποπληρωμή της επένδυσης

Πίνακας 5.16: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Αντικατάσταση κουφωμάτων Σενάριο 1: Αλουμινίου “ψυχρά”, Σενάριο 2: Αλουμινίου “θερμά”, Σενάριο 3: PVC “θερμά”.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	4,887.3	4,668.8	4,560.9
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			3,928.0	5,252.8	4,590.4
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			48.5	74.2	86.7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			7.3	11.2	13.1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.8	0.7	0.5
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			11.7	17.9	20.9
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			9.5	8.3	6.2

5) Αντικατάσταση λέβητα με νέο υψηλότερης απόδοσης.

Ο υφιστάμενος λέβητας της μονοκατοικίας, όπως και οι περισσότεροι σε ανάλογα σπίτια της επαρχίας, είναι παλιός και προκαλεί σημαντικές απώλειες ωφέλιμης ενέργειας που επιφέρουν άσκοπη κατανάλωση πετρελαίου. Εξετάζονται δύο σενάρια για αντικατάσταση του υπάρχοντος λέβητα των 40 kW. Το πρώτο σενάριο είναι η τοποθέτηση νέου συμβατικού λέβητα με βαθμό απόδοσης 93% και το δεύτερο η εγκατάσταση λέβητα συμπύκνωσης με απόδοση 100%. Με την μελέτη των δύο αυτών περιπτώσεων προκύπτουν τα ακόλουθα ενεργειακά αποτελέσματα.

Πίνακας 5.17: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο – Νέος λέβητας πετρελαίου Σενάριο 1: Συμβατικός λέβητας, Σενάριο 2: Λέβητας συμπυκνώσεως.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Βέρμανση	132.6	586.3	549.0	511.1
	Ψύξη	10.8	18.1	18.1	18.1
	ZNκ	22.9	56.8	56.8	56.8
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	623.9	586.0
	Κατάταξη	-	H	H	H

Η αγορά και εγκατάσταση ενός νέου λέβητα πετρελαίου ισχύος 40 kW, σε συνδυασμό με την αποψίλωση του παλιού, κοστίζει περίπου 2.500 € ενώ ενός αντίστοιχου συμπυκνώσεως 3.200 € και βάση αυτών των ποσών η απόσβεση υπολογίζεται σε 7,8 και 5,0 έτη αντίστοιχα.

Πίνακας 5.18: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Νέος λέβητας πετρελαίου Σενάριο 1: Συμβατικός λέβητας, Σενάριο 2: Λέβητας συμπυκνώσεως.

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	4,981.3	4,656.0
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			2,500.0	3,200.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			37.3	75.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			5.6	11.4
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.6	0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			9.0	18.0
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			7.8	5.0

6) Τοποθέτηση λέβητα βιομάζας.

Μία λύση που εφαρμόζεται συχνά τελευταία στην επαρχία για βελτίωση του συστήματος θέρμανσης είναι η χρησιμοποίηση λέβητα βιομάζας και συγκεκριμένα με καύσιμο πέλλετ, το οποίο είναι ιδιαίτερα οικολογικό καύσιμο. Με τον βαθμό απόδοσης του νέου λέβητα της τάξεως του 90%, η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειώνεται σε 585,5 kWh/m² με τις εκπομπές CO₂ να ανέρχονται μόλις σε 28,3 kg/m². Τα ενεργειακά αποτελέσματα της παρέμβασης αυτής παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.19 Ενεργειακά αποτελέσματα - Εγκατάσταση λέβητα βιομάζας (πέλλετ).

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	132.6	586.3	510.6
	Ψύξη	10.8	18.1	18.1
	ZHX	22.9	56.8	56.8
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	585.5
	Κατάταξη	-	H	H

Το κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος λέβητα-καυστήρα πέλλετ ισχύος 40 kW είναι περίπου 3.500 €. Ο εκτιμώμενος χρόνος αποπληρωμής είναι 2,7 έτη, επομένως πρόκειται για μία ελκυστική προοπτική επένδυσης.

Πίνακας 5.20: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Εγκατάσταση λέβητα βιομάζας.

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	3,987.6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			3,500.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			75.7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			11.5
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			138.8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			2.7

7) Αντικατάσταση λέβητα με αντλίες θερμότητας.

Μία αρκετά διαδεδομένη λύση στη σύγχρονη εποχή για αντικατάσταση του υπάρχοντα λέβητα, ειδικά για όσους επιθυμούν να απεμπλακούν από το πετρέλαιο, είναι η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας. Φυσικά και στην περίπτωση της μονοκατοικίας υπάρχει η επιλογή της αντλίας θερμότητας, υψηλών και χαμηλών θερμοκρασιών, με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που αναλύθηκαν στο παράδειγμα ενεργειακής αναβάθμισης της πολυκατοικίας που προηγήθηκε. Ωστόσο επειδή στην περίπτωση αυτή το σύστημα θέρμανσης είναι ατομικό, η εγκατάσταση αντλίας χαμηλών θερμοκρασιών είναι πιο εύκολο να λειτουργήσει αποδοτικά σε σχέση με τις πολυκατοικίες.

Υπενθυμίζεται ότι ο βαθμός απόδοσης COP για μία αντλία θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών είναι κοντά στο 4,00, ενώ μία αντίστοιχης υψηλών θερμοκρασιών μόλις 2,50. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου στην πρώτη περίπτωση να μειώνεται σε 393,5 KWh/m², ανεβάζοντας το στην ενεργειακή κατηγορία “Z”, ενώ στη δεύτερη σε 613,5 KWh/m². Τα ενεργειακά αποτελέσματα των δύο αναβαθμίσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.21.

Πίνακας 5.21: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο – Αντλίες θερμότητας για θέρμανση Σενάριο 1: Χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 2: Υψηλών θερμοκρασιών.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Θέρμανση	132.6	586.3	538.5	318.6
	Ψύξη	10.8	18.1	18.1	18.1
	ΖΗΚ	22.9	56.8	56.8	56.8
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	613.5	393.5
	Κατάταξη	-	H	H	Z

Το κόστος εγκατάστασης της αντλίας θερμότητας στο υπάρχον σύστημα θέρμανσης είναι αρκετά υψηλό, περίπου 24.000 € και στις δύο περιπτώσεις. Αυτό συνεπάγεται ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης να υπολογίζεται σε 8,5 έτη για αντλία υψηλών θερμοκρασιών και 6,5 έτη για χαμηλών.

Πίνακας 5.22: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Αντλίες θερμότητας για θέρμανση Σενάριο 1: Χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 2: Υψηλών θερμοκρασιών.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής					
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	2,487.0	1,595.6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			24,000.0	24,000.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			47.8	267.7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			7.2	40.5
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			4.8	0.9
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			-42.4	32.7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			8.5	6.5

Είναι προφανής η σημαντική διαφορά σε εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και σε χρόνο απόσβεσης της αντλίας χαμηλών θερμοκρασιών αλλά πρέπει να τονιστεί ότι για να εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία της θέρμανσης είναι προτιμότερο να εφαρμόζεται με παράλληλη τοποθέτηση θερμομονωτικής προστασίας στην κατοικία.

8) Τοποθέτηση διατάξεων αυτόματου ελέγχου συστήματος θέρμανσης.

Μία ακόμα παρέμβαση, μικρού σχετικά κόστους, που μπορεί να αναβαθμίσει ενεργειακά τη μονοκατοικία είναι η τοποθέτηση διατάξεων αυτόματου ελέγχου στο σύστημα της θέρμανσης, που θα ανεβάσει την κατηγορία αυτοματισμού του από “Δ” σε “Γ” ή “Β”. Αυτό επιτυγχάνεται στην πρώτη περίπτωση με εγκατάσταση συστήματος αντιστάθμισης στο λέβητα της κατοικίας και στη δεύτερη με αντιστάθμιση και προσθήκη θερμοστατικών κεφαλών στα θερμαντικά σώματα. Το αποτέλεσμα είναι η μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας όπως αποτυπώνεται στον Πίνακα 5.23.

Πίνακας 5.23: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση - Τοποθέτηση διατάξεων αυτόματου ελέγχου Σενάριο 1: Κατηγορία “Γ”, Σενάριο 2: Κατηγορία “Β”.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	132.6	586.3	533.1	456.6
	Ψύξη	10.8	18.1	16.5	14.5
	ΖΝΧ	22.9	56.8	56.8	56.8
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΒ	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	606.5	527.0
	Κατάταξη	-	H	H	H

Μία εκτίμηση κόστους για τις εργασίες που περιγράφηκαν είναι 1.500 € στην πρώτη περίπτωση και 2.500 € στη δεύτερη, με την αποπληρωμή να αναμένεται να πραγματοποιηθεί σε 3,3 ή 2,2 έτη αντίστοιχα, χρόνος ενθαρρυντικός για την πραγματοποίηση της επένδυσης.

Πίνακας 5.24: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Τοποθέτηση διατάξεων αυτόματου ελέγχου Σενάριο 1: Κατηγορία “Γ”, Σενάριο 2: Κατηγορία “Β”.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής					
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	4,841.2	4,170.2
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1,500.0	2,500.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			54.8	134.3
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			8.3	20.3
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.3	0.2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			13.4	32.7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			3.3	2.2

9) Εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα.

Ο πιο απλός και διαδεδομένος τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας και στις μονοκατοικίες είναι η εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Στην επαρχία άλλωστε υπάρχει το πλεονέκτημα ότι σπάνια υπάρχουν εμπόδια που να επηρεάζουν τον ηλιασμό των στεγών, αλλά υπάρχει ο ενδοιασμός του προσανατολισμού τους. Εξετάζονται 3 σενάρια, ανάλογα με το εμβαδόν επιφανείας των συλλεκτών. Στο πρώτο σενάριο τοποθετούνται συλλέκτες 2 m², στο δεύτερο 3 m² και στο τρίτο 4m². Οι συλλέκτες επιλέγεται να είναι επιλεκτικοί για αύξηση του ποσοστού απορρόφησης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι συλλέκτες αυτοί τοποθετούνται πάνω στη νότια πλευρά της στέγης, ακολουθώντας την κλίση της που είναι 15°. Με τα δεδομένα αυτά για την περιοχή της Καστοριάς ο

συντελεστής ηλιακής αξιοποίησης είναι 0,333. Η μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης αποτυπώνεται στον Πίνακα 5.25.

Πίνακας 5.25: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση - Εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων Σενάριο 1: Συλλέκτες 2 m², Σενάριο 2: Συλλέκτες 3 m², Σενάριο 3: Συλλέκτες 4 m².

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	132.6	586.3	586.3	586.3	586.3
	Ψύξη	10.8	18.1	18.1	18.1	18.1
	ZNκ	22.9	56.8	28.4	19.7	13.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	632.9	624.2	618.3
	Κατάταξη	-	H	H	H	H

Το μέσο κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός ηλιακού θερμοσίφωνα 160 lt με συλλέκτες 2 m² είναι 1.000 €, ενώ ενός χωρητικότητας 200 lt με συλλέκτες 3 ή 4 m² είναι 1.300 ή 1.500 € αντίστοιχα, με την περίοδο αποπληρωμής της επένδυσης να υπολογίζεται σε 8,6 έτη και για τις 3 περιπτώσεις. Προφανής επιλογή είναι η εγκατάσταση ηλιακού με συλλέκτες 4 τ.μ. που έχει το ίδιο διάστημα απόσβεσης και στη συνέχεια θα προσδίδει μεγαλύτερα ενεργειακά και λειτουργικά οφέλη στην κατοικία.

Πίνακας 5.26: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων Σενάριο 1: Συλλέκτες 2 m², Σενάριο 2: Συλλέκτες 3 m², Σενάριο 3: Συλλέκτες 4 m².

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	5,186.5	5,151.2	5,127.6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1,000.0	1,299.9	1,500.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			28.4	37.1	42.9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			4.3	5.6	6.5
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.3	0.3	0.3
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			9.7	12.7	14.7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			8.7	8.6	8.6

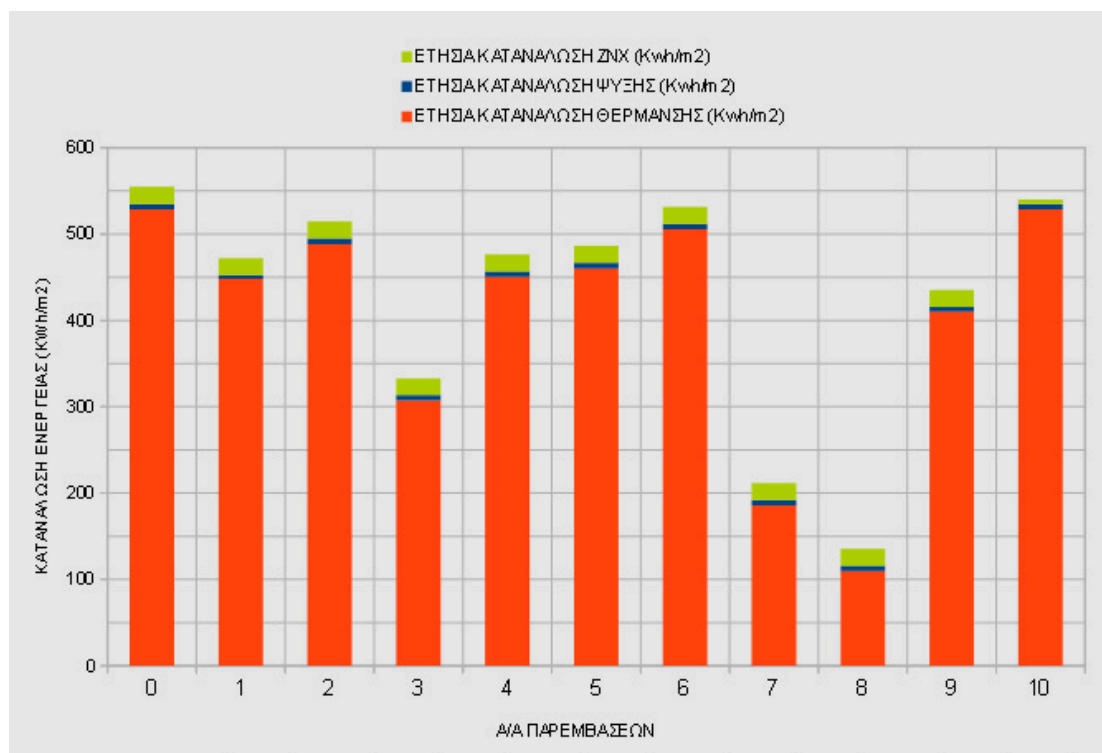
5.4 Συμπεράσματα μεμονωμένων παρεμβάσεων.

Στην προηγούμενη παράγραφο αναλύθηκαν οι μεμονωμένες παρεμβάσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε μία μονοκατοικία, όπως αυτή του παραδείγματος. Τα αποτελέσματα των παρεμβάσεων αυτών τοποθετήθηκαν σε ένα πίνακα και στη συνέχεια δημιουργήθηκαν ορισμένα διαγράμματα, ώστε να είναι δυνατή η μεταξύ τους σύγκριση και να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα.

Πίνακας 5.27: Σύνοψη αποτελεσμάτων μεμονωμένων ενεργειακών παρεμβάσεων σε μονοκατοικία.

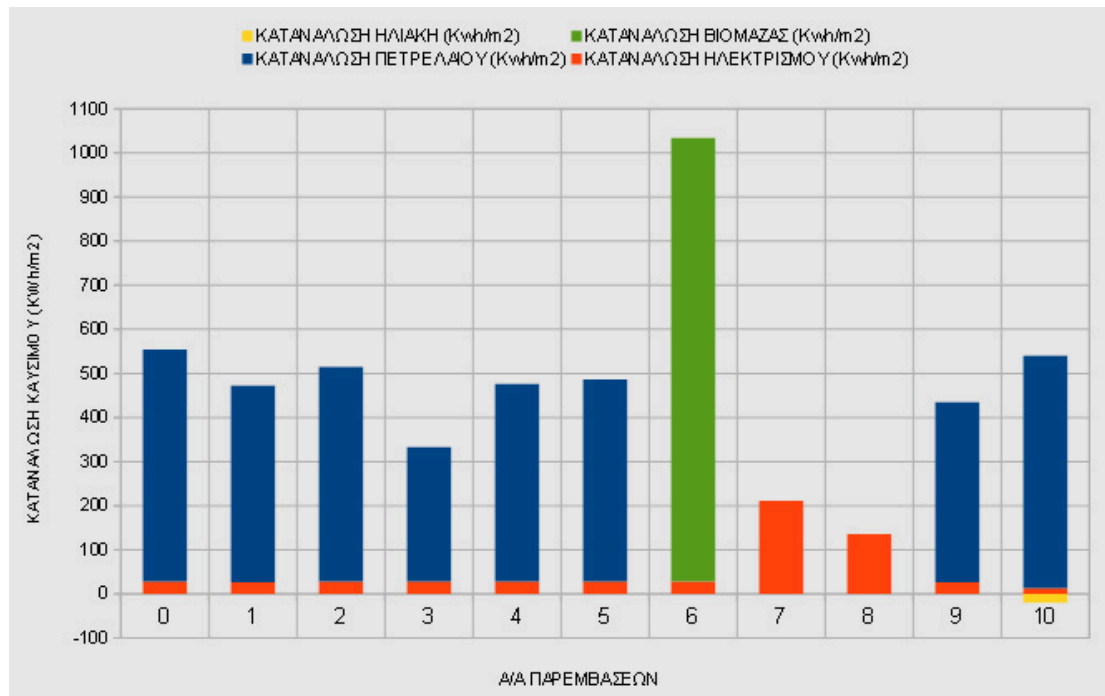
Α/Α ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ	ΠΡΟΤΥΠΟ	ΘΕΡΜΟΝΩΣΗ ΣΤΕΓΗΣ 10cm	ΕΞΟΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΝΩΣΗ ΔΑΠΕΔΟΥ 10cm	ΕΞΟΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ 10cm	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ (PVC)	ΝΕΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΩΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	ΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (ΠΕΛΛΕΤ)	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΥΨΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΑΜΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ	ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	ΗΛΙΑΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	-	2400	2100	9200	4600	3200	3500	24000	24000	2500	1500
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ (€/m ²)	-	23.1	20.2	88.5	44.2	30.8	33.7	230.8	230.8	24.0	14.4
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m²)	661.3	566.9	617.6	416.8	574.6	586.0	585.5	613.5	393.5	527.0	618.3
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤ. ΕΝΕΡ. ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (Kwh/m²)	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	H	H	H	H	H	H	H	H	Z	H	H
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (Kwh/m ²)	528.7	448.1	488.5	307.6	450.6	460.3	505.5	185.7	109.9	410.5	528.7
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΨΥΞΗΣ (Kwh/m ²)	6.3	4.3	6.5	5.8	6.0	6.3	6.3	6.3	6.3	5.0	6.3
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΖΝΧ (Kwh/m ²)	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	4.8
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	28.5	26.5	28.7	28.1	28.2	28.5	28.5	211.6	135.7	26.9	13.7
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (Kwh/m ²)	526.0	445.5	485.8	304.9	447.9	457.6	-	-	-	408.2	526.0
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	-	-	1005.8	-	-	-	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΙΑΚΗ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.7
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Kwh/m ²)	554.5	472.0	514.5	333.0	476.1	486.2	531.4	211.6	135.7	435.1	539.7
ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (Kg/m ²)	167.1	143.9	156.7	108.3	146.2	149.1	28.3	209.5	134.4	134.4	152.4
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	-	94.4	43.7	244.5	86.7	75.3	75.8	47.8	267.8	134.3	43.0
ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ (Kg/m ²)	-	23.2	10.4	58.8	20.9	18.0	138.8	-42.4	32.7	32.7	14.7
ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)	-	1.9	5.5	4.4	6.2	5.0	2.7	8.5	6.5	2.2	8.6

Από τα δεδομένα του Πίνακα 5.27 δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα του Σχήματος 5.2 και 5.3. Στο πρώτο απεικονίζεται η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, που αθροιστικά δίνουν τη συνολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, ανά παρέμβαση σε σύγκριση με τις καταναλώσεις της υπάρχουσας μονοκατοικίας. Από το διάγραμμα αυτό είναι εμφανέστατη το συντριπτικό ποσοστό της κατανάλωσης θέρμανσης στην ετήσια συνολική κατανάλωση.



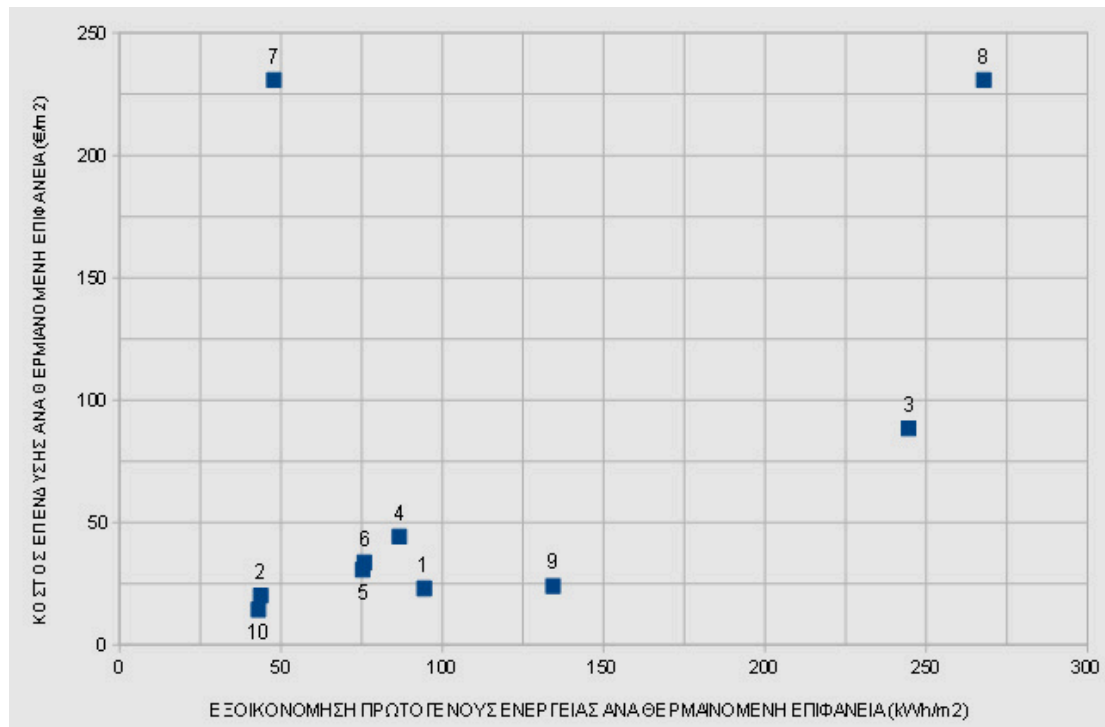
Σχήμα 5.2: Διάγραμμα ετήσιων καταναλώσεων ανά είδος μεμονωμένων παρεμβάσεων σε σύγκριση με την υφιστάμενη μονοκατοικία.

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η ετήσια κατανάλωση καυσίμου (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, βιομάζα, ηλιακή) ανά παρέμβαση σε σύγκριση με τις καταναλώσεις καυσίμων του υπάρχοντος κτιρίου. Και από το διάγραμμα αυτό είναι ξεκάθαρο ότι πρωταρχικό ρόλο παίζει το καύσιμο που χρησιμοποιείται για θέρμανση του κτιρίου, έχοντας ιδιαίτερα βαρύνουσα σημασία σε σχέση με τον ηλεκτρισμό, όταν αυτός χρησιμοποιείται μόνο για ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.



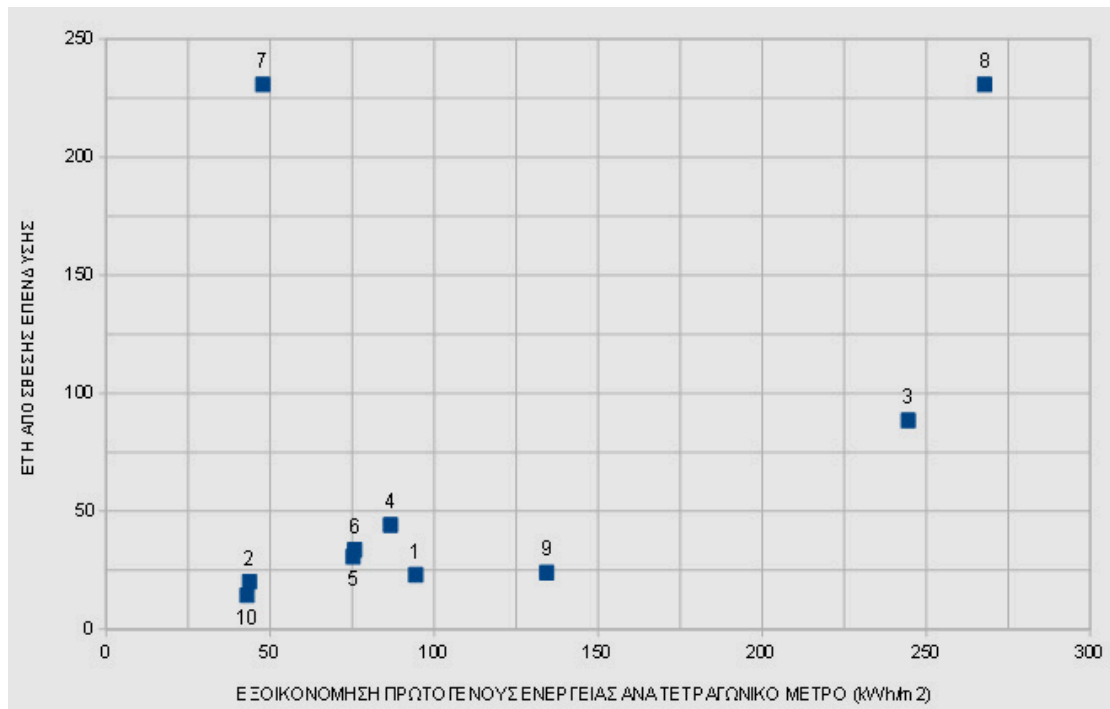
Σχήμα 5.3: Διάγραμμα ετήσιων καταναλώσεων ανά καύσιμο μεμονωμένων παρεμβάσεων σε σύγκριση με την υφιστάμενη μονοκατοικία.

Στο Σχήμα 5.4 απεικονίζεται σε διάγραμμα η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κάθε μεμονωμένης παρέμβασης σε συνάρτηση με το απαιτούμενο κόστος της επένδυσης ανά τετραγωνικό μέτρο θερμαινόμενης επιφάνειας. Από το διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι οι εργασίες αναβάθμισης που συνδυάζουν εξοικονόμηση ενέργειας με μικρό κόστος επένδυσης ανά m^2 είναι η εγκατάσταση αυτόματου ελέγχου κατηγορίας “B” στο σύστημα θέρμανσης και ακολουθεί η τοποθέτηση θερμομόνωσης στη στέγη και η αντικατάσταση των κουφωμάτων. Επίσης παρατηρείται ότι η εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους της μονοκατοικίας, παρά το σχετικά υψηλό αρχικό κόστος, έχει αξία καθώς προκαλεί αναλογικά σημαντικότερη μείωση στην ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου. Φυσικά δεν μπορεί να αγνοηθεί η πολύ μεγάλη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στην περίπτωση εγκατάστασης συστήματος αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, αλλά όπως έχει αναλυθεί η λύση αυτή προτιμάται για λειτουργικούς λόγους σε συνδυασμό με τοποθέτηση θερμομόνωσης στην κατοικία.



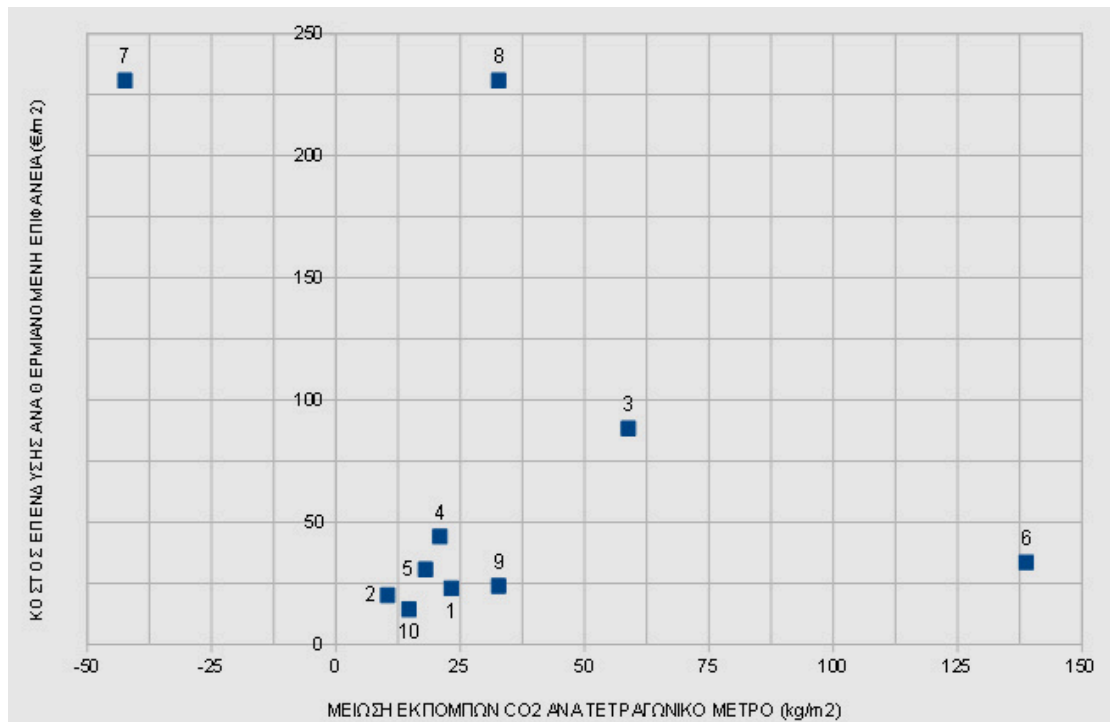
Σχήμα 5.4: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά m² σε συνάρτηση με το κόστος επένδυσης ανά m² μεμονωμένης παρέμβασης σε μονοκατοικία.

Στο Σχήμα 5.5 αντίστοιχα απεικονίζεται σε διάγραμμα η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά τ.μ. θερμαινόμενης επιφάνειας σε συνάρτηση με τον απαιτούμενο χρόνο απόσβεσης. Από το διάγραμμα αυτό είναι εμφανές ότι οι ενδεδειγμένες λύσεις με καλά ενεργειακά αποτελέσματα σε μικρό χρόνο αποπληρωμής είναι κατά σειρά η εγκατάσταση αυτόματου συστήματος ελέγχου στη θέρμανση και η θερμομόνωση της στέγης. Αν επιζητείται όμως υψηλή εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στο κτίριο σε συνδυασμό με τον καλύτερο χρόνο απόσβεσης, ιδανικότερες λύσεις φαίνονται να είναι η εγκατάσταση αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών και η τοποθέτηση θερμομόνωσης περιμετρικά στο κέλυφος της μονοκατοικίας.

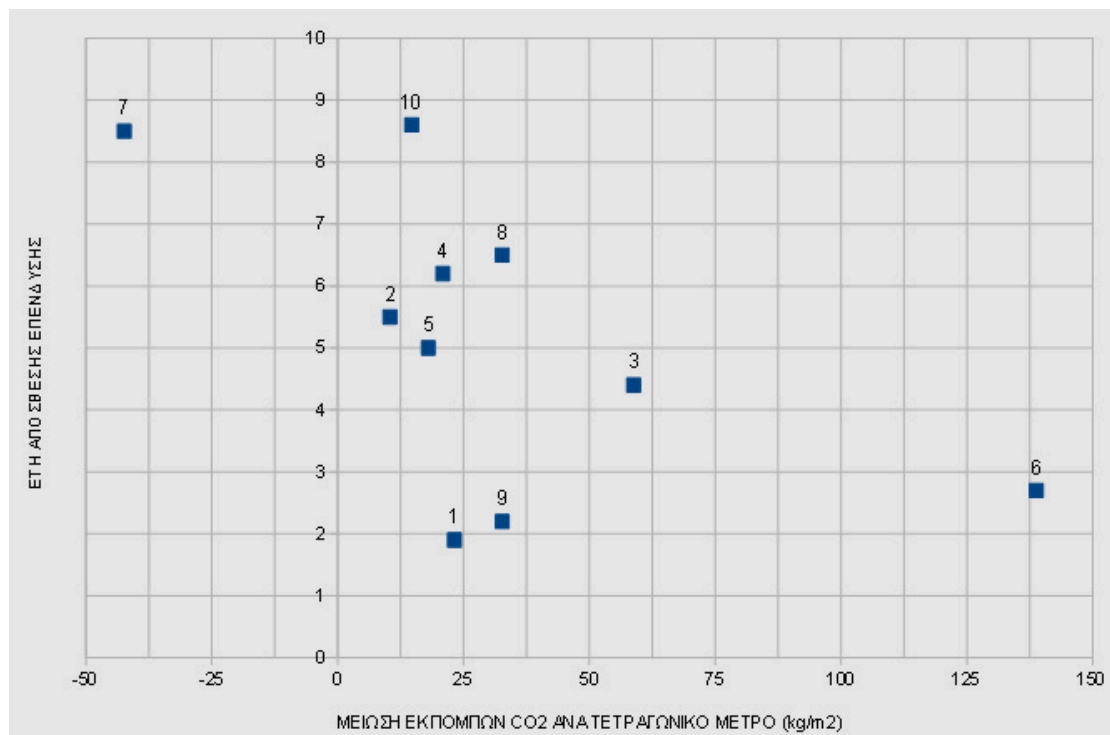


Σχήμα 5.5: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά m² σε συνάρτηση με τον απαιτούμενο χρόνο απόσβεσης της επένδυσης μεμονωμένης παρέμβασης σε μονοκατοικία.

Στα επόμενα διαγράμματα απεικονίζεται η μείωση των εκπομπών CO₂ ανά θερμαινόμενη επιφάνεια συναρτήσει του απαιτούμενου κόστους της επένδυσης [Σχήμα 5.6] και του εκτιμώμενου χρόνου αποπληρωμής [Σχήμα 5.7]. Το προφανές συμπέρασμα από τα διαγράμματα αυτά είναι ότι από οικολογικής πλευράς με διαφορά η καλύτερη λύση είναι η εγκατάσταση λέβητα βιομάζας. Σημαντική μείωση εκπομπών CO₂ σε συνδυασμό με χαμηλό κόστος επένδυσης έχουν ο αυτόματος έλεγχος του συστήματος θέρμανσης και η θερμομόνωση της στέγης. Ειδικά πάντως η περίπτωση της βιομάζας φαίνεται να είναι η βέλτιστη επιλογή, μιας και εκτός της τεράστιας μείωσης στις εκπομπές CO₂, απαιτεί και πολύ μικρό χρόνο αποπληρωμής του αρχικού κεφαλαίου.



Σχήμα 5.6 Μείωση εκπομπών CO₂ ανά m² συναρτήσει του κόστους επένδυσης ανά m² μεμονωμένης παρέμβασης σε μονοκατοικία.



Σχήμα 5.7 Μείωση εκπομπών CO₂ ανά m² συναρτήσει του απαιτούμενου χρόνου απόσβεσης της επένδυσης μεμονωμένης παρέμβασης σε μονοκατοικία.

5.5 Δέσμες μέτρων για την ενεργειακή αναβάθμιση της πρότυπης μονοκατοικίας

Μια παλιά μονοκατοικία, ηλικίας άνω των 30 ετών, έχει περιθώρια ενεργειακής βελτίωσης σε αρκετούς τομείς και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όταν ο ιδιοκτήτης επιθυμεί να την αναβαθμίσει ενεργειακά συνήθως να πραγματοποιεί περισσότερες από μία εργασίες για να επιτύχει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Ακολουθεί παρουσίαση συνδυασμένων παρεμβάσεων ώστε να μελετηθεί η ενεργειακή αναβάθμιση που πραγματοποιείται σε σχέση με το απαιτούμενο κόστος.

1) Εξωτερική θερμομόνωση ολόκληρου του κτιρίου.

Η πρώτη λύση που εξετάζεται είναι η συνολική θερμομόνωση της μονοκατοικίας. Συγκεκριμένα στο κέλυφος, την οροφή και το δάπεδο προς πυλωτή τοποθετείται μόνωση πάχους 10 cm εξωτερικά με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031$ W/mK.

Μετά από ενεργειακή μελέτη σε σύγκριση με το πρότυπο της υφιστάμενης πολυκατοικίας του παραδείγματος, παρατηρείται ότι υπάρχει τεράστια μείωση στην ετήσια κατανάλωση θέρμανσης από 528,7 KWh/m² σε 177,4 KWh/m² και φυσικά αντίστοιχη μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου από 526,0 KWh/m² σε 174,7 KWh/m². Η νέα συνολική κατανάλωση καυσίμων εκτιμάται σε 201,2 KWh/m² ενώ οι εκπομπές CO₂ στα 72,3 kg/m². με το κτίριο πλέον να ταξινομείται στην ενεργειακή κατηγορία “Δ”. Οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας παρουσιάζονται στο Σενάριο 1 του Πίνακα 5.28.

Το συνολικό κόστος της εξωτερικής θερμομόνωσης για το συγκεκριμένο κτίριο υπολογίζεται σε 131,7 €/m² και βάση αυτού του ποσού η απόσβεση υπολογίζεται σε 4,1 έτη, το οποίο είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικό χρονικό διάστημα. Το ετήσιο λειτουργικό κόστος μετά την παρέμβαση αλλά και ο χρόνος αποπληρωμής εμφανίζονται στο Σενάριο 1 του Πίνακα 5.29.

2) Συνολική θερμομόνωση κτιρίου και αντικατάσταση κουφωμάτων.

Ο δεύτερος συνδυασμός εργασιών που μπορεί να πραγματοποιηθεί είναι η τοποθέτηση θερμομόνωσης σε ολόκληρο το κτίριο με ταυτόχρονη αντικατάσταση των παλιών κουφωμάτων με θερμοδιακοπτόμενα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ενεργειακή θωράκιση της κατοικίας και μειώνονται σημαντικά οι ενεργειακές της απαιτήσεις. Αναλυτικότερα, τοποθετείται παντού μονωτικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031$ W/mK, πάχους 10 cm, ενώ τα νέα κουφώματα είναι από PVC με θερμοδιακοπή με συντελεστές $U_f=1,1$ W/m²K και $U_g=0,8$ W/m²K.

Μετά από ενεργειακή μελέτη σε σύγκριση με το πρότυπο της υφιστάμενης μονοκατοικίας του παραδείγματος, παρατηρείται ότι υπάρχει ακόμα μεγαλύτερη μείωση στην ετήσια κατανάλωση για θέρμανση του κτιρίου, που φυσικά έχει σαν συνέπεια μεγάλη εξοικονόμηση στην κατανάλωση πετρελαίου. Η σημαντική αναβάθμιση που πραγματοποιείται στο κτίριο αποτυπώνεται και στην άνοδο της ενεργειακής του κατηγορίας, που είναι πλέον η κατηγορία “Γ”, καθώς η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειώνεται σε 176,0 KWh/m² από 661,3 της αρχικής κατάστασης, με το κτίριο αναφοράς να έχει 166,3 KWh/m². Οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας παρουσιάζονται στο Σενάριο 2 του Πίνακα 5.28.

Το συνολικό κόστος της επένδυσης για αυτές τις παρεμβάσεις εκτιμάται σε 18.300 €, δηλαδή 176,0 €/m². Βάση αυτού του ποσού η απόσβεση υπολογίζεται να πραγματοποιηθεί σε 4,1 έτη, χρονικό διάστημα που είναι κάνει την επένδυση αρκετά ελκυστική για τον ιδιοκτήτη. Το ετήσιο λειτουργικό κόστος μετά την παρέμβαση αλλά και ο χρόνος αποπληρωμής εμφανίζονται στο Σενάριο 2 του Πίνακα 5.29.

3) Συνολική θερμομόνωση του κτιρίου, αντικατάσταση κουφωμάτων και εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα.

Ο συνδυασμός της τοποθέτησης θερμομόνωσης στο σύνολο του κτιρίου, της αντικατάστασης των κουφωμάτων και της ταυτόχρονης εγκατάστασης ηλιακού θερμοσίφωνα προσφέρει βελτίωση και στους 3 τομείς ενεργειακής κατανάλωσης μιας κατοικίας, δηλαδή σε θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης. Για να επιτευχθεί ο συγκεκριμένος συνδυασμός στο προηγούμενο σενάριο προστίθεται ένας ηλιακός θερμοσίφωνας, με επιλεκτικούς συλλέκτες 4 τ.μ., στη στέγη της μονοκατοικίας, επιτυγχάνοντας κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από την ακτινοβολία σε ποσοστό 72%.

Μετά από νέα ενεργειακή μελέτη με τις προαναφερόμενες παρεμβάσεις, προκύπτει μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας στις 529,1 KWh/m², ανεβάζοντας τη μονοκατοικία στην ενεργειακή κατηγορία “B”, που σημαίνει μικρότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας από το κτίριο αναφοράς. Οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας παρουσιάζονται στο Σενάριο 3 του Πίνακα 5.28.

Το συνολικό κόστος της επένδυσης για την εκτέλεση των συγκεκριμένων εργασιών πλησιάζει τα 20.000 €, δηλαδή 190,4 €/m², ενώ ο χρόνος αποπληρωμής ανεβαίνει ελάχιστα σε 4,6 έτη. Το ετήσιο λειτουργικό κόστος μετά την παρέμβαση αλλά και ο χρόνος αποπληρωμής εμφανίζονται στο Σενάριο 3 του Πίνακα 5.29.

Πίνακας 5.28: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Σενάριο 1: Συνολική θερμομόνωση κτιρίου, Σενάριο 2: Επιπλέον αντικατάσταση κουφωμάτων, Σενάριο 3: Επιπλέον εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση [kWh/m ²]						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	132.6	586.3	199.9	105.6	105.6
	Ψύξη	10.8	18.1	12.1	12.7	12.7
	ΖΝΧ	22.9	56.8	56.8	56.8	13.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	268.8	175.1	132.2
	Κατάταξη	-	H	Δ	Γ	B

Πίνακας 5.29: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Σενάριο 1: Συνολική θερμομόνωση κτιρίου, Σενάριο 2: Επιπλέον αντικατάσταση κουφωμάτων, Σενάριο 3: Επιπλέον εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	1,960.4	1,153.4	979.3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			13,692.5	18,282.9	19,782.9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			392.5	486.1	529.1
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			59.4	73.5	80.0
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.3	0.4	0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			94.8	117.2	131.8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			4.1	4.4	4.6

4) Εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου, αντικατάσταση κουφωμάτων, εγκατάσταση ηλιακών θερμοσίφωνων & βελτίωση συστήματος θέρμανσης.

Με δεδομένη την ενεργειακή θωράκιση του κτιρίου και την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, η επόμενη εργασία που μπορεί να προστεθεί για να αναβαθμίσει ακόμα περισσότερο τη μονοκατοικία είναι η βελτίωση του συστήματος θέρμανσης. Οι επιλογές που υπάρχουν αντικατάσταση του υπάρχοντος λέβητα είναι η τοποθέτηση νέου λέβητα πετρελαίου, λέβητα βιομάζας αντλίας θερμότητας αλλά και γεωθερμικής αντλίας θερμότητας με οριζόντια κατά προτίμηση γεωθερμία. Σε όλες τις περιπτώσεις το σύστημα της θέρμανσης θα χρησιμοποιηθεί και για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, συνδέοντας το με το boiler του ηλιακού θερμοσίφωνα, το οποίο θα είναι τριπλής ενέργειας, και θα τοποθετηθεί στο χώρο του λεβητοστασίου. Επίσης, λόγω της παράλληλης τοποθέτησης θερμομόνωσης και νέων κουφωμάτων στην κατοικία ο λέβητας που απαιτείται είναι ισχύος 20 kW, και όχι 40 kW που ήταν ο υφιστάμενος.

Πραγματοποιήθηκαν 2 ενεργειακές μελέτες με 2 σενάρια η καθεμία, ώστε να γίνει ευκολότερα σύγκριση των αποτελεσμάτων. Στο Σενάριο 1 της πρώτης μελέτης τοποθετείται νέος λέβητας συμπυκνώσεως πετρελαίου με βαθμό απόδοσης 100%. Στο Σενάριο 2 εγκαθίσταται λέβητας βιομάζας (πέλλετ) με βαθμό απόδοσης 90%. Στο Σενάριο 1 της δεύτερης μελέτης εγκαθίσταται αντλία θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών με βαθμό απόδοσης (COP) ίσο με 4,0. Επιλέγεται αντλία χαμηλών θερμοκρασιών καθώς μετά την ενεργειακή θωράκιση της κατοικίας οι απαιτήσεις θέρμανσης είναι αισθητά μειωμένες και τα εγκατεστημένα θερμαντικά σώματα είναι πλέον υπερδιαστασιολογημένα καλύπτοντας τις ανάγκες των χώρων ακόμα και σε αυτές τις θερμοκρασίες λειτουργίας. Τέλος στο Σενάριο 2 τοποθετήθηκε αντλία θερμότητας συνδεδεμένη με οριζόντιους γεωεναλλάκτες για εκμετάλλευση του φαινομένου της γεωθερμίας με βαθμό απόδοσης COP=7,0. Στους Πίνακες 5.30 και 5.31 απεικονίζεται η μείωση στην ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για τις 4 αυτές περιπτώσεις.

Πίνακας 5.30: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακός θερμοσίφοντας και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα πετρελαίου, Σενάριο 2: Λέβητα βιομάζας.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	132.6	586.3	92.9	91.9
	Ψύξη	10.8	18.1	12.7	12.7
	ΖΝΚ	22.9	56.8	5.8	5.7
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	111.3	110.3
	Κατάταξη	-	H	B+	B+

Πίνακας 5.31: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακός θερμοσίφοντας και εγκατάσταση Σενάριο 1: Αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 2: Γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Θέρμανση	132.6	586.3	60.3	37.7
	Ψύξη	10.8	18.1	12.7	12.7
	ΖΝΚ	22.9	56.8	3.5	2.0
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	76.5	52.4
	Κατάταξη	-	H	A	A+

Το κόστος αγοράς, εγκατάστασης αλλά και αποψίλωσης του παλιού συστήματος θέρμανσης είναι περίπου 2.000 € για τον λέβητα συμπυκνώσεως πετρελαίου, 2.700€ για τον λέβητα βιομάζας, 13.000 € για την αντλία θερμότητας και 40.000 € για την γεωθερμική αντλία θερμότητας με οριζόντια γεωθερμία και κατά συνέπεια το συνολικό κόστος ανά θερμαινόμενη επιφάνεια για λέβητα, θερμομόνωση, κουφώματα και ηλιακό θερμοσίφωνα είναι 209,7 €/m² στο πρώτο σενάριο, 216,3 €/m² στο δεύτερο, 315,4 €/m² στο τρίτο και εκτινάσσεται σε 575,0 €/m² στο τέταρτο. Με βάση τα προαναφερθέντα κόστη ο υπολογιζόμενος χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης είναι αντίστοιχα 4,9, 4,9, 6,6 και 11,7 έτη αντίστοιχα, όπως αποτυπώνεται στους Πίνακες 5.32 και 5.33.

Πίνακας 5.32: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακός θερμοσίφωνας και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα πετρελαίου, Σενάριο 2: Λέβητα βιομάζας.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής					
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	862.0	734.4
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			21,782.9	22,482.9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			549.9	551.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			83.2	83.3
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4	0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			138.2	160.0
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			4.9	4.9

Πίνακας 5.32: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακός θερμοσίφωνας και εγκατάσταση Σενάριο 1: Αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 2: Γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής					
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	309.8	212.3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			32,782.9	59,782.9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			584.8	608.8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			88.4	92.1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.5	0.9
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			140.9	149.1
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			6.6	11.7

5) Εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου, αντικατάσταση κουφωμάτων, εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων, βελτίωση συστήματος θέρμανσης & εγκατάσταση συστήματος αυτόματου ελέγχου.

Αν σε κάθε ένα από αυτά τα 4 σενάρια παρεμβάσεων προστεθεί η εγκατάσταση συστήματος αυτομάτου ελέγχου της θέρμανσης με αντιστάθμιση και θερμοστατικές κεφαλές στα σώματα, το ύψος της επένδυσης ανεβαίνει κατά 24,1 €/m², αλλά επιτυγχάνεται επιπρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας και η ενεργειακή κατηγορία της μονοκατοικίας ανεβαίνει ακόμα περισσότερο, όπως φαίνεται στους Πίνακες 5.33 και 5.34. Με την προσθήκη του αυτόματου ελέγχου υπάρχει επιπρόσθετη εξοικονόμηση στη συνολική κατανάλωση ενέργειας της τάξεως του 20% και των εκπομπών CO₂ κατά 15-25%. Ο χρόνος αποπληρωμής δεν μεταβάλλεται σχεδόν καθόλου (0,1-0,3 έτη) σε σχέση με τα προηγούμενα παραδείγματα, κάτι που ενθαρρύνει ιδιαίτερα τον ιδιοκτήτη να συμπεριλάβει και αυτή την εργασία στην επένδυση που κάνει στο ακίνητο.

Πίνακας 5.33: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακός θερμοσίφωνας, κατηγορία αυτοματισμών Β και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα πετρελαίου, Σενάριο 2: Λέβητα βιομάζας.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Βέρμανση	132.6	586.3	72.7	71.9
	Ψύξη	10.8	18.1	10.1	10.1
	ΖΝΚ	22.9	56.8	5.8	5.7
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	88.6	87.7
	Κατάταξη	-	H	B+	B+

Πίνακας 5.34: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακός θερμοσίφωνας, κατηγορία αυτοματισμών Β και εγκατάσταση Σενάριο 1: Αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 2: Γεωθερμικής αντλία θερμότητας.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Βέρμανση	132.6	586.3	47.4	29.9
	Ψύξη	10.8	18.1	10.1	10.1
	ΖΝΚ	22.9	56.8	3.5	2.0
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	166.3	661.3	61.0	42.0
	Κατάταξη	-	H	A	A+

Πίνακας 5.35: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακός θερμοσίφωνας, κατηγορία αυτοματισμών Β και εγκατάσταση Σενάριο 1: Λέβητα πετρελαίου, Σενάριο 2: Λέβητα βιομάζας.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής					
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	683.6	582.9
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			24,282.9	24,982.9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			572.6	573.5
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			86.6	86.7
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4	0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			144.0	161.2
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			5.3	5.3

Πίνακας 5.36: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής – Θερμομόνωση, κουφώματα, ηλιακός θερμοσίφωνας, κατηγορία αυτοματισμών Β και εγκατάσταση Σενάριο 1: Αντλιών θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών, Σενάριο 2: Γεωθερμικής αντλία θερμότητας.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής					
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1,345.8	5,301.7	247.4	170.4
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			35,282.9	62,282.9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			600.2	619.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			90.8	93.6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.6	1.0
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			146.2	152.7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			7.0	12.1

5.6 Συμπεράσματα συνδυασμένων παρεμβάσεων στην πρότυπη μονοκατοικία.

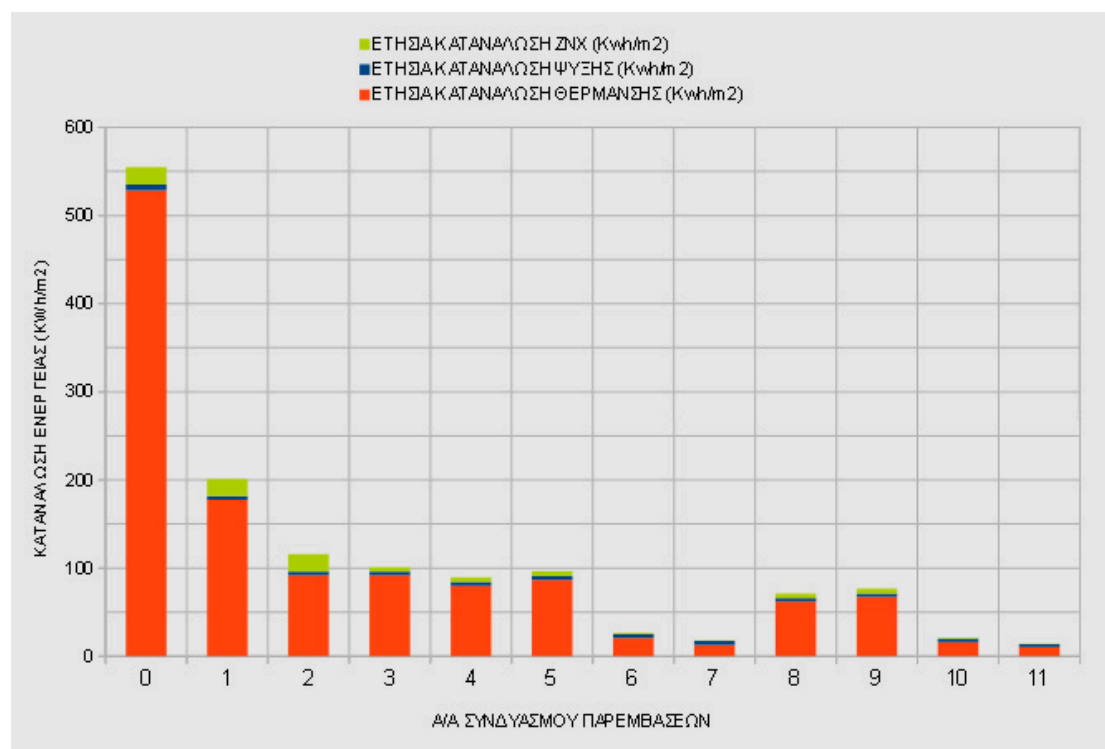
Τα αποτελέσματα των συνδυασμένων παρεμβάσεων που αναλύθηκαν στην προηγούμενα παράγραφο παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 5.33 που ακολουθεί.

Πίνακας 5.33 Σύνοψη αποτελεσμάτων συνδυασμού ενεργειακών παρεμβάσεων σε μονοκατοικία.

Α/Α ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ	ΠΡΟΤΥΠΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 10cm	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ PVC	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΝΕΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΝΕΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΛΕΒΗΤΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	-	13700	18300	19800	21800	22500	32800	59800	24300	25000	35300	62300
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ (€/m ²)	-	131.7	176.0	190.4	209.6	216.3	315.4	575.0	233.7	240.4	339.4	599.0
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	661.3	268.8	175.1	132.2	111.3	110.3	76.5	52.4	88.6	87.7	61.0	42.0
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤ. ΕΝΕΡ. ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (Kwh/m ²)	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	H	Δ	Γ	B	B+	B+	A	A+	B+	B+	A	A+
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (Kwh/m ²)	528.7	177.4	91.7	91.7	80.1	86.8	20.8	13.0	62.4	67.6	16.4	10.3
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΨΥΞΗΣ (Kwh/m ²)	6.3	4.2	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	3.5	3.5	3.5	3.5
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΖΝΧ (Kwh/m ²)	19.6	19.6	19.6	4.8	5.1	5.5	1.2	0.7	5.1	5.5	1.2	0.7
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	28.5	26.4	26.6	11.8	7.1	7.1	26.4	18.1	5.9	5.9	21.0	14.5
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (Kwh/m ²)	526.0	174.7	89.0	89.0	82.4	-	-	-	65.1	-	-	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	-	179.2	-	-	-	141.5	-	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΙΑΚΗ (Kwh/m ²)	-	-	-	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Kwh/m ²)	554.5	201.2	115.6	100.8	89.6	96.7	26.4	18.1	71.0	76.6	21.0	14.5
ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (Kg/m ²)	167.1	72.3	49.9	35.3	28.9	7.1	26.2	18.0	23.1	5.9	20.9	14.4
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	-	392.5	486.2	529.1	550.0	551.0	584.8	608.9	572.7	573.6	600.3	619.3
ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ (Kg/m ²)	-	94.8	117.2	131.8	138.2	160.0	140.9	149.1	144.0	161.2	146.2	152.7
ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)	-	4.1	4.4	4.6	4.9	4.9	6.6	11.7	5.3	5.3	7.0	12.1

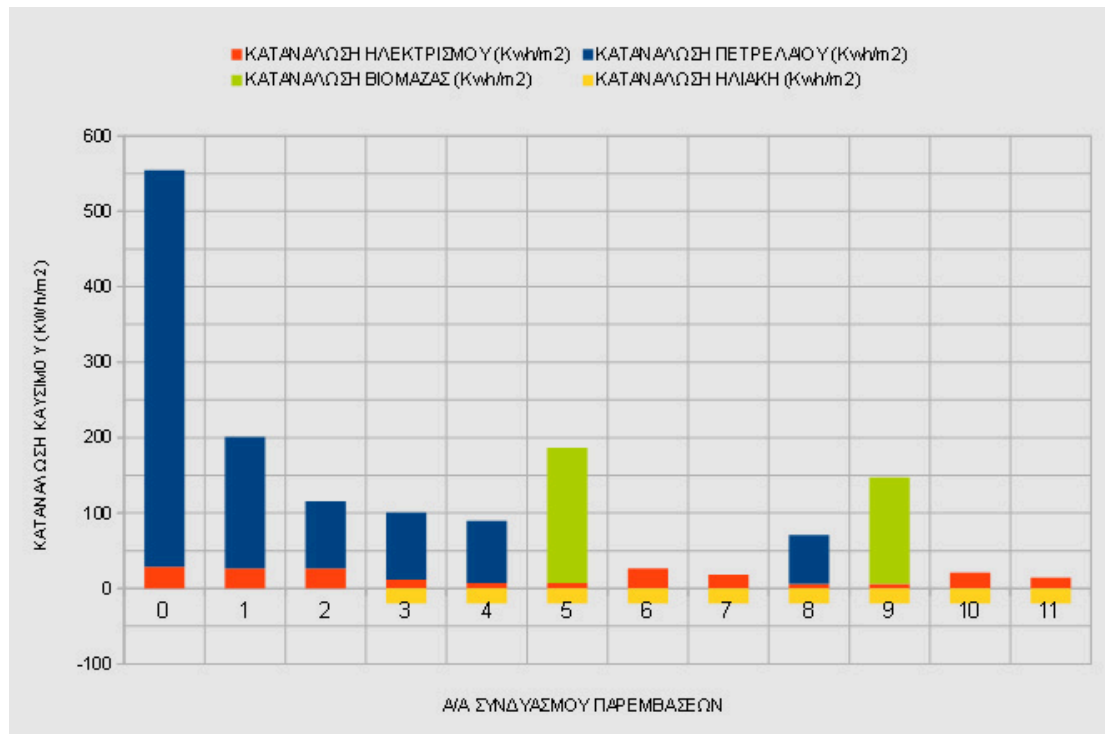
Αναλύοντας τα αποτελέσματα του Πίνακα 5.33 προκύπτει ότι για να ανέβει η συγκεκριμένη μονοκατοικία στην ενεργειακή κατηγορία “B” και να είναι ανταγωνιστική με τα νεόδμητα κτίρια πρέπει να πραγματοποιηθεί συνδυασμός τοποθέτησης θερμομόνωσης, νέων ενεργειακών κουφωμάτων και ηλιακού θερμοσίφωνα. Ο συνδυασμός αυτός είναι σχετικά εύκολος σε εφαρμογή και παράλληλα επιδοτείται από το πρόγραμμα «Εξοικονομώ κατ’ οίκον», επομένως ακόμα και ένα ενεργοβόρο κτίριο σαν αυτό, με κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 4 φορές μεγαλύτερης του κτιρίου αναφοράς, μπορεί με απλές παρεμβάσεις να μετατραπεί σε ένα σύγχρονο ενεργειακά σπίτι.

Στο Σχήμα 5.8 απεικονίζεται σε διάγραμμα η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, που αθροιστικά δίνουν τη συνολική κατανάλωση ενέργειας της μονοκατοικίας κτιρίου, ανά παρέμβαση σε σύγκριση με τις καταναλώσεις του αρχικού κτιρίου.



Σχήμα 5.8: Διάγραμμα ετήσιων καταναλώσεων ανά είδος συνδυασμών παρεμβάσεων σε σύγκριση με την υφιστάμενη μονοκατοικία.

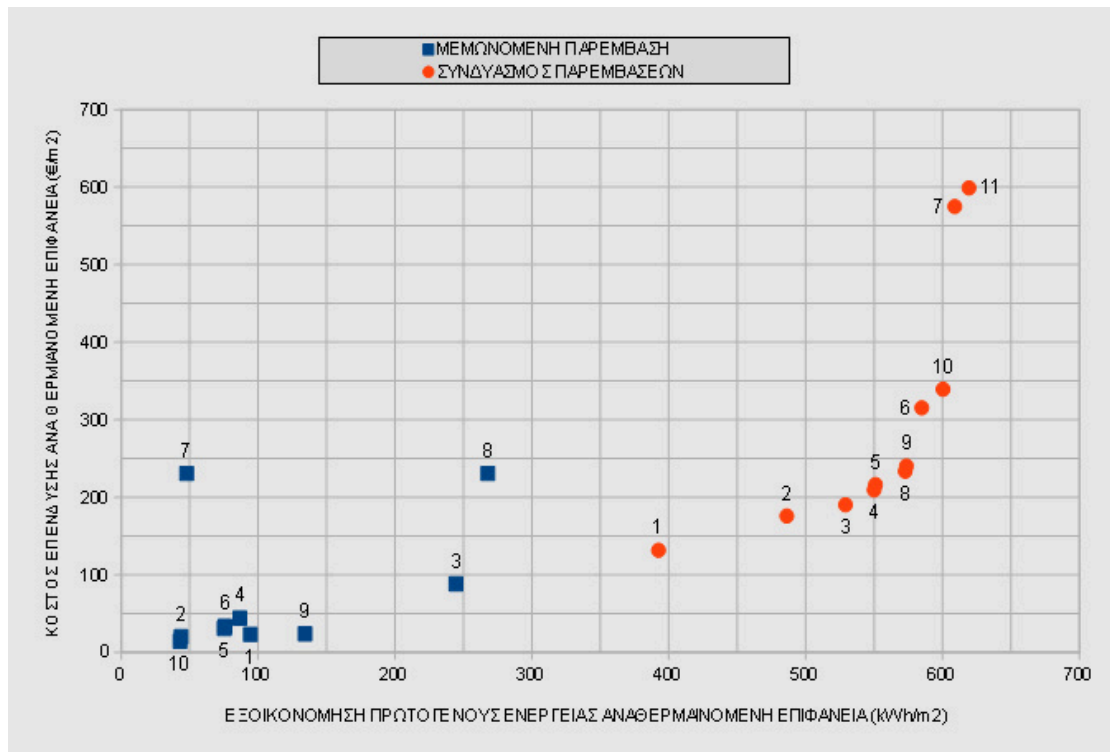
Στο επόμενο διάγραμμα [Σχήμα 5.9] απεικονίζεται η ετήσια κατανάλωση καυσίμου (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, βιομάζα, ηλιακή) ανά παρέμβαση σε σύγκριση με τις αρχικές καταναλώσεις καυσίμων. Η κατανάλωση ηλιακής ενέργειας τοποθετήθηκε στον αρνητικό άξονα, μιας και ουσιαστικά δεν αποτελεί κατανάλωση αλλά συνεισφορά στο κτίριο.



Σχήμα 5.9: Διάγραμμα ετήσιων καταναλώσεων ανά καύσιμο συνδυασμών παρεμβάσεων σε σύγκριση με το υφιστάμενη μονοκατοικία.

Από τα διαγράμματα είναι εξαρχής εμφανής η άμεση εξοικονόμηση σε κατανάλωση ενέργειας και καυσίμων (περίπου στο 1/3 του αρχικού κτιρίου) που πραγματοποιείται με τη συνολική θερμομόνωση (Α/Α 1) της μονοκατοικίας. Παράλληλα διακρίνεται η επιλογή της αντλίας θερμότητας, είτε με γεωθερμία (Α/Α 7 & 11) είτε χωρίς (Α/Α 6 & 10), ως το σύστημα θέρμανσης που έχει τα καλύτερα ενεργειακά αποτελέσματα

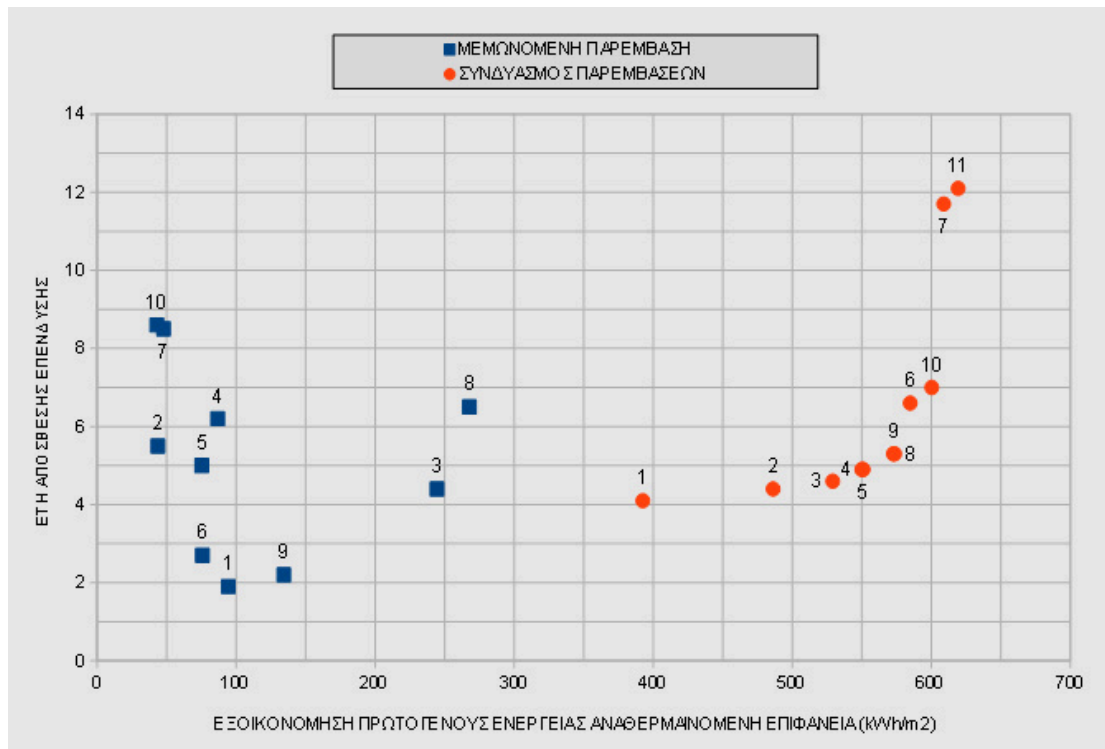
Για να πραγματοποιηθεί χρηματοοικονομική ανάλυση των εξεταζόμενων συνδυασμών μέτρων αναβάθμισης δημιουργήθηκαν τα ακόλουθα 4 διαγράμματα, στα οποία περιλαμβάνονται και οι μεμονωμένες παρεμβάσεις της Παραγράφου 5.3. Στο Σχήμα 5.10 τοποθετήθηκε σε διάγραμμα η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε συνάρτηση με το κόστος της επένδυσης ανά θερμαινόμενη επιφάνεια. Και από το διάγραμμα αυτό είναι εμφανές το άλμα στην εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας που παρατηρείται με τη συνολική θερμομόνωση της κατοικίας, που άλλωστε ανεβάζει μονομιάς το κτίριο 4 ενεργειακές κατηγορίες, από την κατηγορία “Η” στη “Δ”.



Σχήμα 5.10 Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά τ.μ. συναρτήσει του κόστους επένδυσης ανά τ.μ. συνδυασμού παρεμβάσεων σε μονοκατοικία.

Στη συγκεκριμένη μονοκατοικία, ενδεχομένως λόγω της υψηλότατης κατανάλωσης θέρμανσης του αρχικού κτιρίου, όλες οι παρεμβάσεις στο λέβητα δρουν ιδιαίτερα ευεργητικά και αποδοτικά. Εξαίρεση αποτελούν οι συνδυασμοί παρεμβάσεων με γεωθερμικές λύσεις, που εκτινάσσουν το κόστος κοντά στα 600 €/m², κάτι που καθιστά οικονομικά ασύμφωρες τις επιλογές αυτές. Άλλωστε στην περίπτωση της μονοκατοικίας συνήθως υπάρχει ένας μόνο ιδιοκτήτης και η συνολική οικονομική επιβάρυνση για κάθε δέσμη μέτρων δεν είναι εύκολο να καλυφθεί.

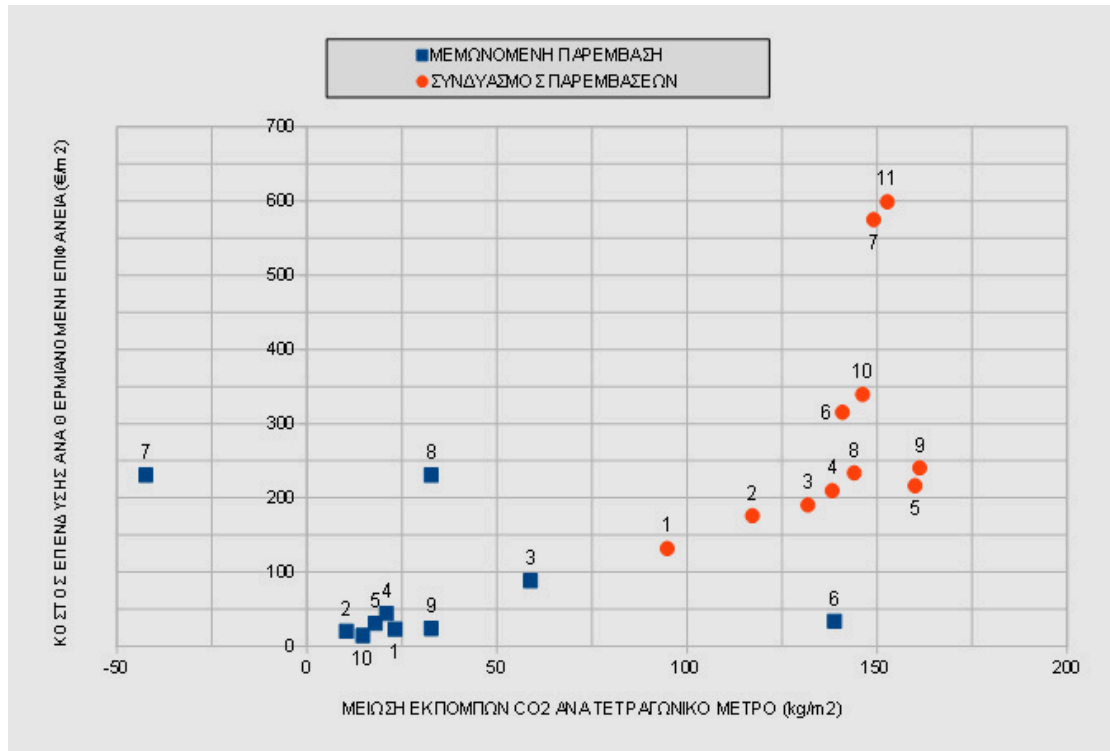
Για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντική η εξέταση της εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τον απαιτούμενο χρόνο αποπληρωμής του αρχικού κεφαλαίου, που παρουσιάζεται στο διάγραμμα του Σχήματος 5.11.



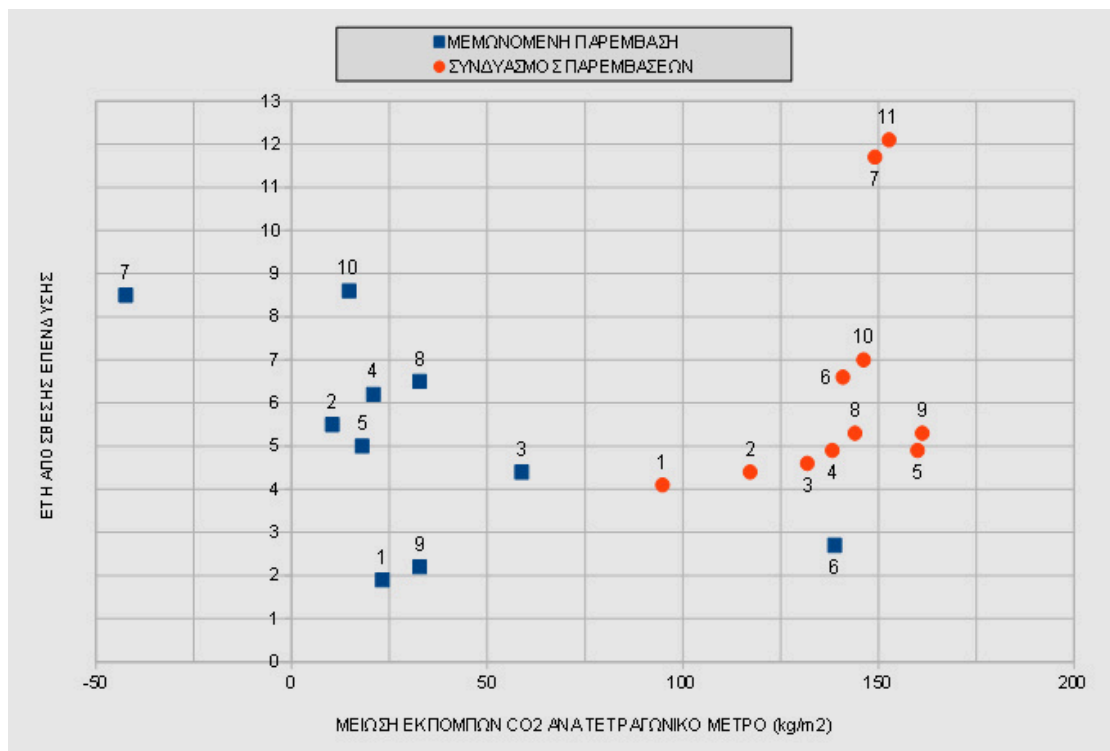
Σχήμα 5.11: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά m^2 συναρτήσει του υπολογιζόμενου χρόνου απόσβεσης της επένδυσης συνδυασμού παρεμβάσεων σε μονοκατοικία.

Από το διάγραμμα αυτό είναι εμφανές ότι για οποιαδήποτε δέσμη μέτρων ο ελάχιστος χρόνος απόσβεσης είναι 4 έτη, χρονικό διάστημα που ακόμα και για ένα άτομο είναι ελκυστικό για την υλοποίηση της επένδυσης. Παρατηρούμε ότι πολλοί συνδυασμοί παρεμβάσεων (Α/Α 1, 2, 3, 4, 5) κάνουν απόσβεση σε 4 με 5 έτη και επομένως εξαρτάται από την οικονομική ρευστότητα του ιδιοκτήτη ποιον από αυτούς θα επιλέξει.

Παράλληλα στα επόμενα διαγράμματα [Σχήμα 5.6 & 5.7] τοποθετήθηκε η μείωση των εκπομπών CO_2 σε συνάρτηση με το κόστος της επένδυσης ανά θερμαινόμενη επιφάνεια αλλά και του απαιτούμενου χρόνου αποπληρωμής, τόσο για τους συνδυασμούς παρεμβάσεων της Παραγράφου 5.5 (κόκκινο χρώμα) όσο και για τις μεμονωμένες εργασίες της Παραγράφου 5.3 (μπλε χρώμα). Το συμπέρασμα που προκύπτει από τα διαγράμματα αυτά είναι ότι από οικολογικής πλευράς το καλύτερο αποτέλεσμα προκύπτει από το συνδυασμό θερμομόνωσης, κουφωμάτων, ηλιακού θερμοσίφωνα και λέβητα βιομάζας, είτε με εγκατάσταση αυτόματου συστήματος ελέγχου της θέρμανσης είτε χωρίς.



Σχήμα 5.6 Μείωση εκπομπών CO₂ ανά τ.μ. συναρτήσεϊ του κόστους επένδυσης ανά τ.μ.



Σχήμα 5.7 Μείωση εκπομπών CO₂ ανά τ.μ. συναρτήσεϊ του απαιτούμενου χρόνου απόσβεσης της επένδυσης.

5.7 Δέσμες μέτρων για την μετατροπή της μονοκατοικίας σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Για να μετατραπεί η υφιστάμενη μονοκατοικία σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης απαραίτητη προϋπόθεση είναι να μειωθούν αρχικά στο ελάχιστο οι ενεργειακές απαιτήσεις της και στη συνέχεια αυτές να καλυφθούν σε ετήσια βάση με εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Με τους συνδυασμούς παρεμβάσεων που αναλύθηκαν στην Παράγραφο 5.5 επιτεύχθηκε πολύ σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου, αλλά αυτό απέχει ακόμα αρκετά από το να χαρακτηριστεί “μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης”.

Με στόχο να μετατραπεί το υπό μελέτη κτίριο του παραδείγματος σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, θα εκτελεστούν κατά σειρά οι ακόλουθες εργασίες ενεργειακής αναβάθμισης:

1) Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στο σύνολο των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου, δηλαδή κελύφους, στέγης και δαπέδου. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού είναι $\lambda=0,031 \text{ W/m}^2\text{K}$ και το πάχος του είναι 10 cm. Η συνολική δαπάνη για τη θερμομόνωση ολόκληρης της μονοκατοικίας φτάνει τα 13.700 €

2) Αντικατάσταση παλιών κουφωμάτων. Τα νέα κουφώματα επιλέγεται να είναι κατασκευασμένα από PVC, που εξασφαλίζει χαμηλότερους συντελεστές πλαισίου $U_f=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ με τριπλό υαλοπίνακα με κενό 12mm (4-12-4-12-4), επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων και αργό στα διάκενα, τελικού συντελεστή $U_g=0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Το κόστος για τα κουφώματα αυτά είναι 240 €/m², πράγμα που σημαίνει ότι η δαπάνη της παρέμβασης είναι 4.600 €

3) Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών στη στέγη. Για την κάλυψη μέρους της παραγωγής ζεστού νερού χρήσης από την ηλιακή ακτινοβολία τοποθετούνται 4 τ.μ. επιλεκτικών συλλεκτών με νότιο προσανατολισμό και κλίση 15°, όμοιας με τη στέγη. Με τα στοιχεία αυτά ο συντελεστής αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για την περιοχή της Καστοριάς είναι 0,333 και επιτυγχάνει κάλυψη των αναγκών της κατοικίας κατά 74%. Το κόστος της παρέμβασης είναι 1.500 €.

4) Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών με βαθμό απόδοσης COP=4,00. Επιλέγεται αυτός ο τρόπος θέρμανσης καθώς, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, προκαλεί μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και γιατί μπορεί να συνδυαστεί με γεωθερμικές λύσεις στη συνέχεια. Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης, μαζί με το απαραίτητο θερμοδοχείο, υπολογίζεται σε 13.000 €

5) Τοποθέτηση αυτόματου ελέγχου στη θέρμανση, δηλαδή εγκατάσταση θερμοστατικών κεφαλών στα σώματα αλλά και συστήματος υδραυλικής αντιστάθμισης στην αντλία θερμότητας. Έτσι η κατοικία κατατάσσεται στην κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών “B” και το κόστος των εργασιών υπολογίζεται σε 2.500 €

6) Εγκατάσταση συστήματος οριζόντιας γεωθερμίας στον ακάλυπτο χώρο του οικοπέδου της μονοκατοικίας. Στην επαρχία συνήθως υπάρχει αρκετός διαθέσιμος ακάλυπτος χώρος στα οικόπεδα των κατοικιών ώστε να τοποθετηθούν οι απαραίτητοι οριζόντιοι γεωεναλλάκτες για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης. Το σύστημα θέρμανσης που εφαρμόζεται αποτελείται από ένα θερμοδοχείο στο λεβητοστάσιο συνδεδεμένο με τους ηλιακούς συλλέκτες της στέγης και τη γεωθερμική αντλία θερμότητας. Στο θερμοδοχείο θερμαίνεται τόσο το νερό της κεντρικής

θέρμανσης όσο και το νερό που χρησιμοποιείται στο boiler για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Ο βαθμός απόδοσης της οριζόντιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας είναι $COP=7,0$. Το κόστος ολόκληρης της γεωθερμικής εγκατάστασης συνυπολογίζοντας τις απαραίτητες εκσκαφές αλλά και την γεωθερμική αντλία θερμότητας, υπολογίζεται σε 40.000 €

7) Εγκατάσταση επιπρόσθετων ηλιακών συλλεκτών στη στέγη για υποβοήθηση του συστήματος θέρμανσης. Στη νότια πλευρά της στέγης της συγκεκριμένης μονοκατοικίας υπάρχει δυνατότητα να τοποθετηθούν, εκτός από τα 4 τ.μ. συλλεκτών για το ζεστό νερό χρήσης, επιπλέον 20 τ.μ. ηλιακών συλλεκτών που συνδέονται με το θερμοδοχείο του συστήματος θέρμανσης της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας στο λεβητοστάσιο. Έτσι αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού με τη χρησιμοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας περιορίζοντας την ηλεκτρική κατανάλωση. Το κόστος της παρέμβασης υπολογίζεται σε 7.500 €.

8) Τοποθέτηση τοπικών αερόψυκτων αντλιών θερμότητας για κάλυψη των αναγκών ψύξης της κατοικίας. Όπως αναφέρθηκε στο αρχικά στοιχεία του κτιρίου, δεν υπάρχει εγκατεστημένο κάποιο σύστημα ψύξης και επομένως το πρόγραμμα TEE-KENAK υπολογίζει τις καταναλώσεις ψύξης σύμφωνα με το κτίριο αναφοράς. Για να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, τοποθετείται 2 κλιματιστικά ισχύος 2,5 kW, ένα στο ισόγειο και ένα στον διάδρομο του ορόφου για ομαλή ψύξη των υπνοδωματίων. Ο βαθμός απόδοσης στην ψύξη των κλιματιστικών είναι $EER=5,00$. Το συνολικό κόστος εγκατάστασης των 2 αερόψυκτων αντλιών θερμότητας υπολογίζεται σε 3.000 €

9) Με τις παραπάνω παρεμβάσεις η μονοκατοικία έχει μειώσει στο ελάχιστο τις ενεργειακές της απαιτήσεις. Με στόχο την επίτευξη του στόχου του μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου πρέπει να υπάρξει παραγωγή ενέργειας από το ίδιο το κτίριο. Αυτό επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση συστήματος φωτοβολταϊκών στη στέγη για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Εννοείται πως σε αυτήν την περίπτωση δεν θα πραγματοποιηθεί η παρέμβαση της τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών για συμμετοχή στη θέρμανση ώστε να υπάρξει ελεύθερος χώρος για τα φωτοβολταϊκά. Ο διαθέσιμος χώρος στη νότια πλευρά της στέγης είναι περιορισμένος, μόλις 20 τ.μ., και σε αυτόν τοποθετούνται φωτοβολταϊκά πάνελ για παραγωγή ρεύματος συνολικής ισχύος 2,5 kW. Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης υπολογίζεται σε 8.500 €

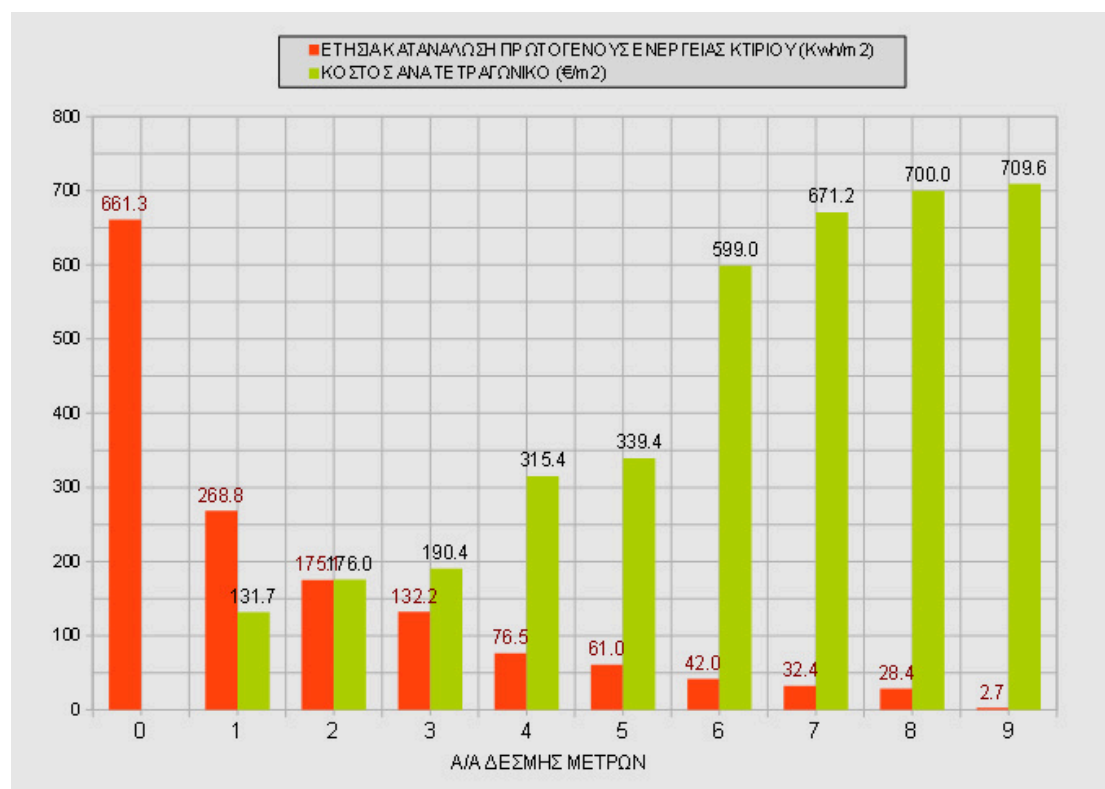
Τα αποτελέσματα των ενεργειακών μελετών για τις παραπάνω δέσμες μέτρων παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 5.34. Στον Πίνακα αυτόν περιγράφονται ο συνδυασμός εργασιών ενεργειακής αναβάθμισης και ακολουθεί το εκτιμώμενο κόστος, το επιμερισμένο κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο και η υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου, η οποία διαιρούμενη με την πρωτογενή ενέργεια του κτιρίου αναφοράς, που είναι σταθερή και ίση με 166,3 kWh/m², δίνει την ενεργειακή του κατηγορία. Στη συνέχεια παρατίθενται οι επιμέρους ετήσιες καταναλώσεις ανά τ.μ. της πολυκατοικίας για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης, οι καταναλώσεις ανά καύσιμο (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο, ηλιακή, φωτοβολταϊκά), και συγκεντρωτικά η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές CO₂. Τέλος υπολογίζεται η ανά τετραγωνικό μέτρο εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με το αρχικό κτίριο, η μείωση στις εκπομπές CO₂ και ο χρόνος που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης.

Πίνακας 5.34 Αποτελέσματα δεσμών μέτρων ενεργειακών παρεμβάσεων για μετατροπή μονοκατοικίας σε κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.

Α/Α ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	ΠΡΟΤΥΠΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΗΛΙΑΚΟΙ ΓΙΑ ΖΝΧ + ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ + ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	-	13700	18300	19800	32800	35300	62300	69800	72800	73800
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ (€/m ²)	-	131.7	176.0	190.4	315.4	339.4	599.0	671.2	700.0	709.6
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	661.3	268.8	175.1	132.2	76.5	61.0	42.0	32.4	28.4	2.7
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤ. ΕΝΕΡ. ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (Kwh/m ²)	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3	166.3
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	H	Δ	Γ	B	A	A	A+	A+	A+	A+
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (Kwh/m ²)	528.7	177.4	91.7	91.7	20.8	16.4	10.3	7.0	7.0	10.3
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΨΥΞΗΣ (Kwh/m ²)	6.3	4.2	4.4	4.4	4.4	3.5	3.5	3.5	2.1	2.1
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΖΝΧ (Kwh/m ²)	19.6	19.6	19.6	4.8	1.2	1.2	0.7	0.7	0.7	0.7
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	28.5	26.4	26.6	11.8	26.4	21.0	14.5	11.2	9.8	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (Kwh/m ²)	526.0	174.7	89.0	89.0	-	-	-	-	-	-
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΙΑΚΗ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	19.7	19.7	19.7	118.2	118.2	19.7
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Kwh/m ²)	554.5	201.2	115.6	100.8	26.4	21.0	14.5	11.2	9.8	13.1
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45.3
ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (Kg/m ²)	167.1	72.3	49.9	35.3	26.2	20.9	14.4	11.2	9.8	0.0
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	-	392.5	486.2	529.1	584.8	600.3	619.3	628.9	632.9	658.6
ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ (Kg/m ²)	-	94.8	117.2	131.8	140.9	146.2	152.7	155.9	157.3	167.1
ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)	-	4.1	4.4	4.6	6.6	7.0	12.1	13.5	14.0	13.9

Από τα αποτελέσματα των ενεργειακών μελετών προκύπτει ότι η συγκεκριμένη μονοκατοικία δεν κατάφερε με τις συγκεκριμένες παρεμβάσεις να μετατραπεί σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, καθώς υπάρχει ακόμα μία μικρή ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τάξεως των 2,7 kWh/m².

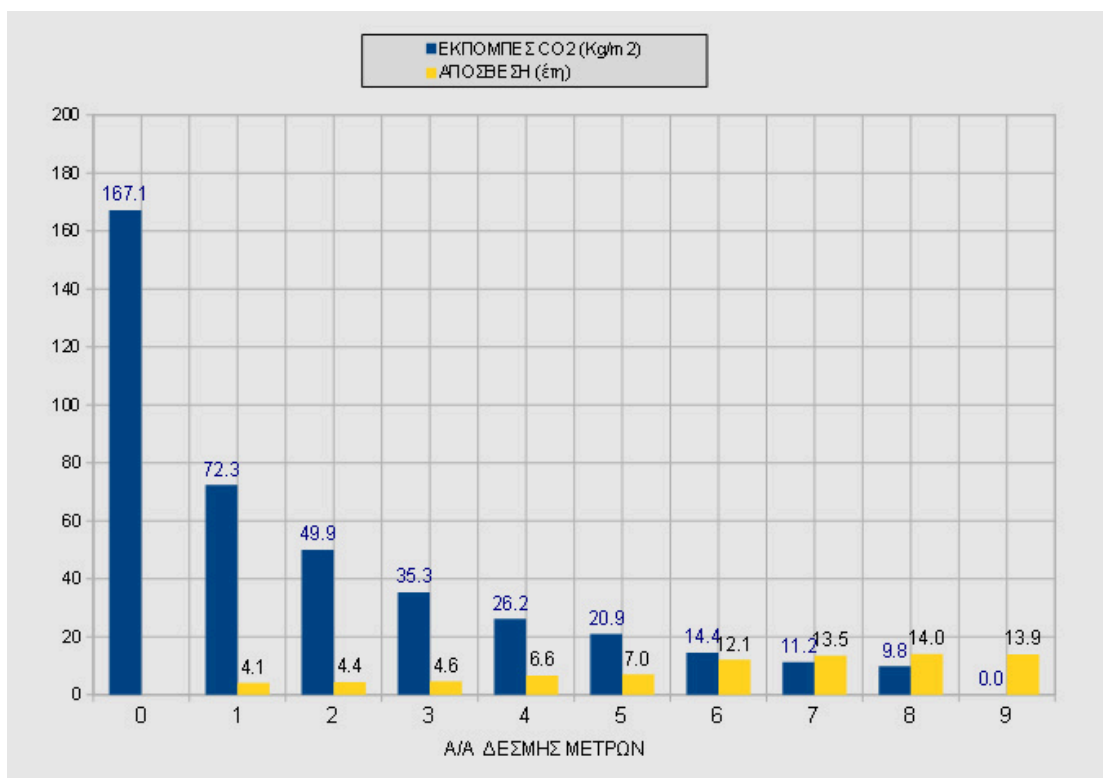
Με βάση τον Πίνακα 5.34, απεικονίζεται σε κοινό διάγραμμα [Σχήμα 5.8] η πορεία της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας της μονοκατοικίας ανά τ.μ. και παράλληλα η πορεία του εκτιμώμενου κόστους ανά τ.μ., το οποίο αναμενόμενα ακολουθεί ανάποδη πορεία.



Σχήμα 5.8: Κοινή απεικόνιση της πορείας της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας ανά τ.μ. και του κόστους επένδυσης ανά τ.μ. ανά εφαρμοζόμενη δέσμη μέτρων για μετατροπή μονοκατοικίας σε κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.

Από το διάγραμμα είναι ξεκάθαρη η τεράστια εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με τη συνολική θερμομόνωση της μονοκατοικίας (A/A 1). Παράλληλα είναι εμφανής η εκτίναξη του κόστους με την εγκατάσταση της γεωθερμικής αντλίας (A/A 6), χωρίς να υπάρχει αντίστοιχη μείωση στη συνολική κατανάλωση για να δικαιολογείται η επένδυση.

Αντίστοιχα συμπεράσματα εξάγονται και από το Σχήμα 5.9 που ακολουθεί, στο οποίο απεικονίζονται από κοινού η πτωτική πορεία των εκπομπών CO₂ ανά τ.μ. και ο εκτιμώμενος χρόνος που απαιτείται για την αποπληρωμή του αρχικού κεφαλαίου της επένδυσης. Παρατηρούμε ότι οι εκπομπές CO₂ μηδενίζονται με τη χρήση των φωτοβολταϊκών (A/A 9), αλλά το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την απόσβεση της επένδυσης είναι υψηλό, κοντά στα 14 έτη.



Σχήμα 5.9 Κοινή απεικόνιση της πορείας της εκπομπών CO₂ ανά τ.μ. και του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης ανά εφαρμοζόμενη δέσμη μέτρων για μετατροπή μονοκατοικίας σε κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.

Η συγκεκριμένη μονοκατοικία θα μπορούσε να μηδενίσει την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας αν υπήρχε η δυνατότητα τοποθέτησης μεγαλύτερου φωτοβολταϊκού συστήματος. Άλλωστε υπάρχει πάντα η πιθανότητα η στέγη μιας μονοκατοικίας να μην έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό ή τον διαθέσιμο χώρο για τη τοποθέτηση αρκετών φωτοβολταϊκών πάνελ ώστε να καλύψει τις ανάγκες της. Ωστόσο στην επαρχία είναι αρκετές φορές δυνατό να τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά στον ελεύθερο χώρο του οικοπέδου και να καλυφθούν έτσι οι ανάγκες ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτιρίου.

Βέβαια η μονοκατοικία επιλέχθηκε να βρίσκεται στη δυσμενέστερη ενεργειακή ζώνη της χώρας, την “Δ”, και αυτός είναι ένας από τους λόγους που η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση είναι τόσο υψηλή και δεν επιτυγχάνεται η μετατροπή του σε μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Ερευνήθηκε η περίπτωση της τελικού συνδυασμού παρεμβάσεων (Α/Α 9) για το ίδιο κτίριο αν αυτό βρισκόταν στις υπόλοιπες 3 κλιματικές ζώνες με τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Πίνακας 5.35: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας – Μονοκατοικία στην περιοχή της Νάξου (Κλιματική Ζώνη Α).

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	41.5	169.6	7.3
	Ψύξη	17.1	31.4	9.4
	ΖΝΚ	18.6	46.3	0.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	19.2
	Σύνολο	77.3	247.3	-1.6
	Κατάταξη	-	H	A+

Πίνακας 5.36: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας - Μονοκατοικία στην περιοχή της Άρτας (Κλιματική Ζώνη Β).

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Θέρμανση	72.7	295.3	13.1
	Ψύξη	18.5	35.0	9.7
	ΖΝΚ	19.9	49.4	1.1
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	25.4
	Σύνολο	111.0	379.6	-1.5
	Κατάταξη	-	H	A+

Πίνακας 5.37: Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας - Μονοκατοικία στην περιοχή των Ιωαννίνων (Κλιματική Ζώνη Γ).

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Θέρμανση	116.6	479.5	24.5
	Ψύξη	13.2	23.5	7.1
	ΖΝΚ	21.4	53.3	1.9
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	31.8
	Σύνολο	151.2	556.3	1.7
	Κατάταξη	-	H	A+

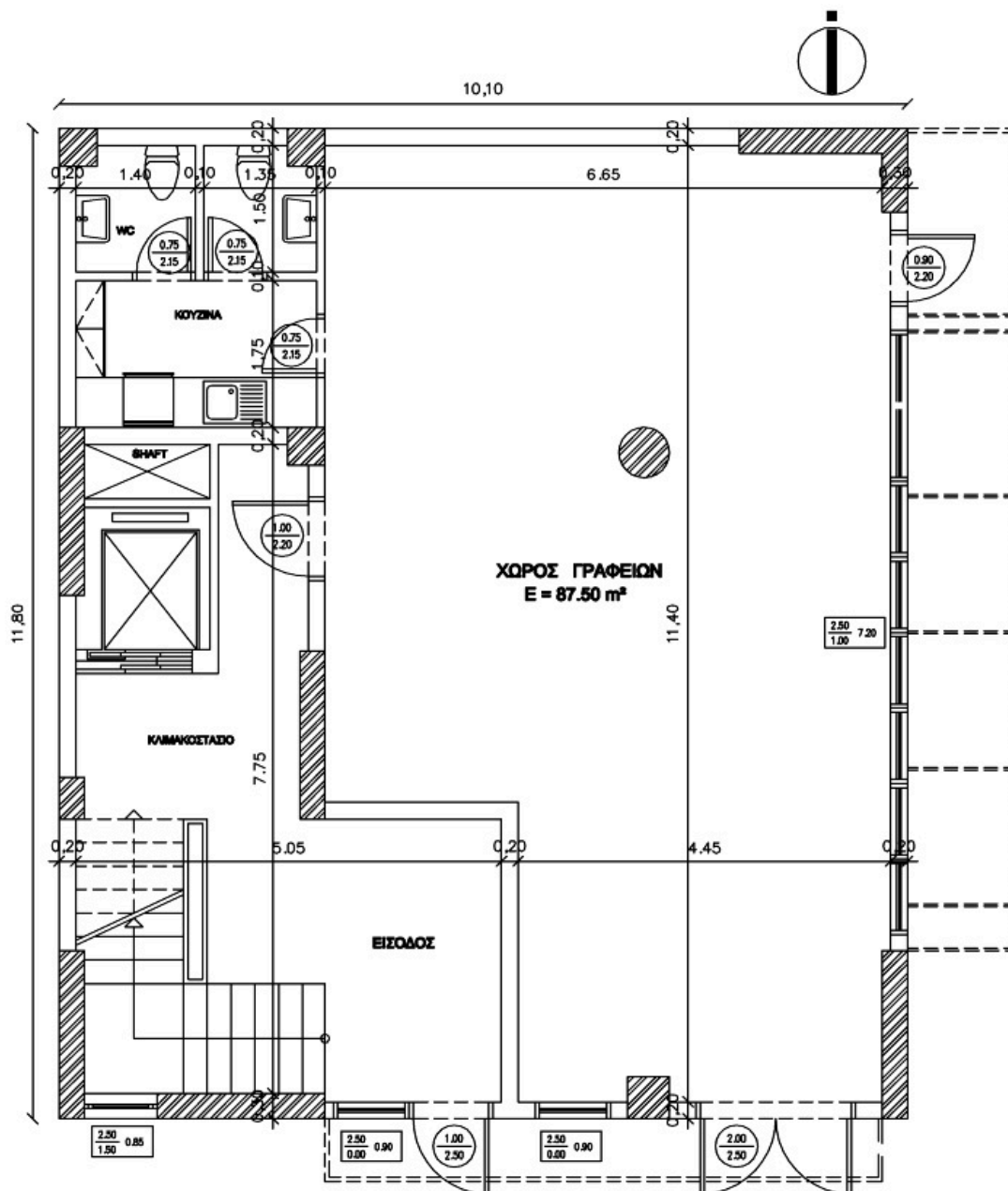
Επομένως το ίδιο κτίριο στη Νάξο (Ζώνη Α) ή στην Άρτα (Ζώνη Β) θα μετατρέπεται σε μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης με τις αντίστοιχες παρεμβάσεις, ενώ στα Ιωάννινα (Ζώνη Γ) θα είχε μία μικρή ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τάξεως των 1,7 kWh/m². Ωστόσο ακόμα και εντός της ίδιας κλιματικής ζώνης παρουσιάζονται αποκλίσεις, με χαρακτηριστικό παράδειγμα ότι το ίδιο κτίριο στην Τρίπολη, που επίσης ανήκει στη ζώνη Γ, θα γινόταν μηδενικής κατανάλωσης με ισοζύγιο -0,4 kWh/m². Το συμπέρασμα είναι ότι η τοποθεσία του κτίσματος παίζει τεράστιο ρόλο στην τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, καθώς ανά κλιματική ζώνη, αλλά και ανά περιοχή, παρουσιάζονται έντονες αποκλίσεις στα ενεργειακά αποτελέσματα.

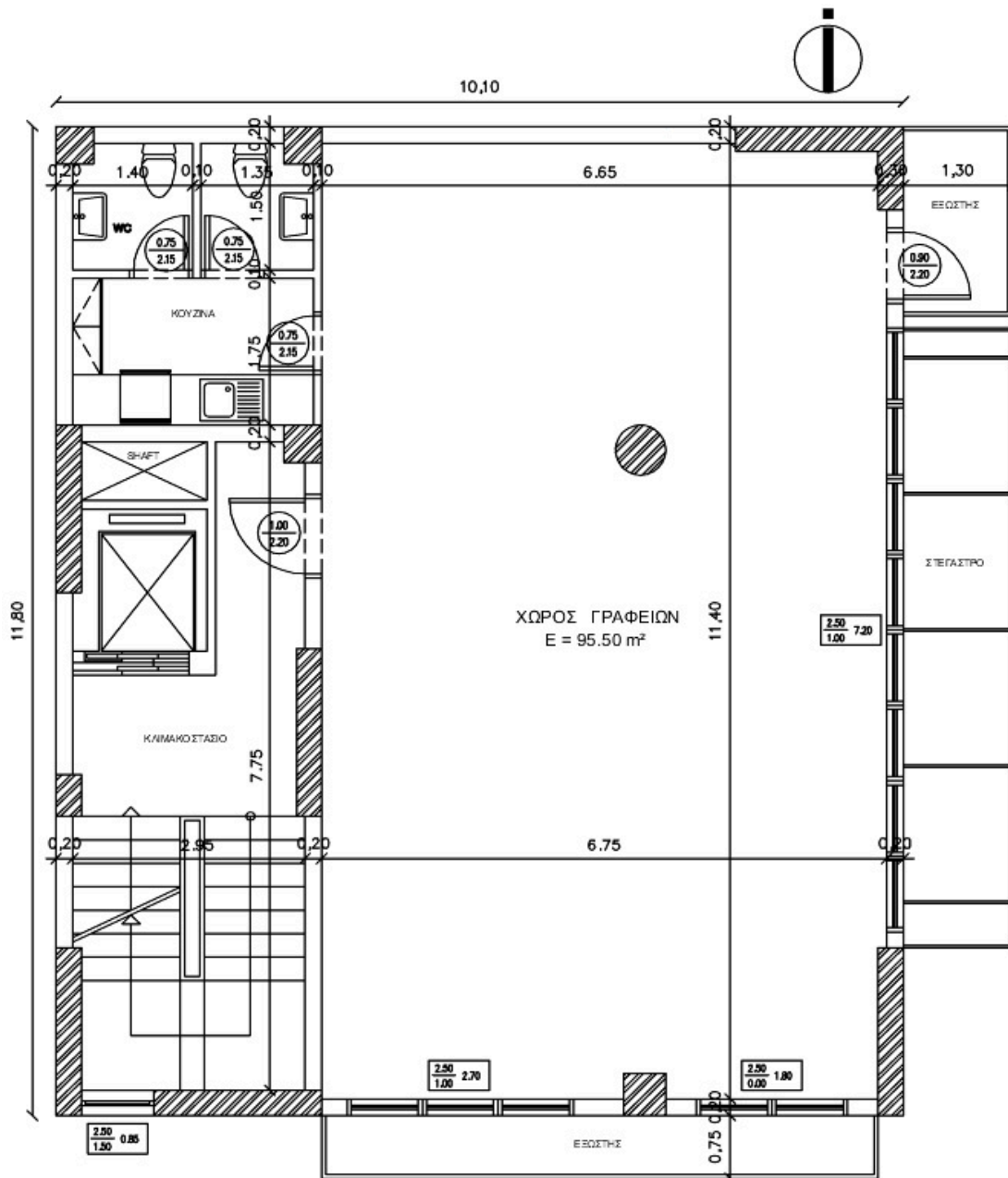
Το σίγουρο είναι ότι για την αναβάθμιση μιας μονοκατοικίας ως τη χαμηλή ή μηδενική κατανάλωση απαιτείται σημαντικό κεφάλαιο από τον ιδιοκτήτη της. Στο συγκεκριμένο κτίριο η επιβάρυνση είναι πάνω από 700 €/m² για την πραγματοποίηση της συνολικής επένδυσης, καθιστώντας την πολύ δύσκολα πραγματοποιήσιμη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

6.1 Περιγραφή υπό μελέτη κτιρίου

Για πληρέστερη κάλυψη των ενεργειακών αναβαθμίσεων των κτιρίων, μετά την εξέταση των παραδειγμάτων κατοικιών, στην παράγραφο αυτή θα εξεταστεί ένα κτίριο του τριτογενή τομέα. Συγκεκριμένα πρόκειται για ένα εξάωροφο κτίριο γραφείων στη Θεσσαλονίκη με τυπική κάτοψη για τους ορόφους Α', Β', Γ', Δ' και Ε'. Οι χώροι γραφείων των τυπικών ορόφων έχουν εμβαδόν 95,5 m², ενώ του Ισογείου 87,50 m². Ο χώρος της εισόδου και το κλιμακοστάσιο, όπως και το Υπόγειο αποτελούν μη θερμαινόμενους χώρους στο κτίριο. Οι κατόψεις των ορόφων απεικονίζονται στο Σχήμα 6.1.





Σχήμα 6.1 Κατόψεις κτιρίου γραφείων (Ισογείου και τυπικών ορόφων Α'-Ε')

Τα στοιχεία του υπό μελέτη κτιρίου παρουσιάζονται ακολούθως.

- Η θερμαινόμενη επιφάνεια των γραφείων είναι 565,00 m² ενώ οι μη θερμαινόμενοι χώροι το υπόγειο και το κλιμακοστάσιο έχουν εμβαδόν 119,20 και 150,20 m² αντίστοιχα.
- Το κτίριο είναι κατασκευασμένο στη Θεσσαλονίκη οπότε βάση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) ανήκει στην κλιματική ζώνη "Γ".
- Για λόγους γενίκευσης, το κτίριο θεωρείται ότι βρίσκεται σε θέση που δεν επηρεάζεται από σκιάσεις γειτονικών κτιριακών κατασκευών. Ο μόνος σκιασμός που λαμβάνεται υπόψη είναι αυτός που προκαλείται από το ίδιο το κτίριο, από τους προβόλους του, τα στέγαστρα και τους πλευρικούς τοίχους.

- Στο κτίριο δεν υπάρχει κανένα μέτρο θερμομονωτικής προστασίας, κοινώς το κέλυφος του, το δώμα και το δάπεδο του ισογείου που είναι σε επαφή με το μη θερμαινόμενο υπόγειο είναι αμόνωτα. Συγκεκριμένα, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1.

Πίνακας 6.1: Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων “Γραφεία”

Περιγραφή δομικού στοιχείου	Συντ. θερμοπερατότητας U (W/m ² K)
Τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	1,623
Μπετά σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	3,165
Τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	1,416
Μπετά σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	2,333
Δάπεδο σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	2,750
Οροφή σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	3,050

- Τα ανοίγματα έχουν όλα απλά κουφώματα αλουμινίου ($U_f=7,0 \text{ W/m}^2\text{K}$) με μονό υαλοπίνακα ($U_g=5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$). Αναλυτικά τα στοιχεία τους και οι συντελεστές τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2: Συντελεστές θερμοπερατότητας ανοιγμάτων “ Γραφεία ”

Κουφώμα	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Φύλλα	U [W/(m ² K)]
A2	2,00	2,50	2	6,012
A3	0,90	2,50	1	6,037
A4	7,20	1,50	8	6,087
A5	0,90	2,20	1	6,047
A6	2,70	1,50	3	6,087
A7	1,80	2,50	2	6,037

Η είσοδος των γραφείων από το κλιμακοστάσιο είναι ξύλινη, διαστάσεων (1,0 x 2,2) m με συντελεστή $U = 2.20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Για θέρμανση και ψύξη των χώρων υπάρχουν εγκατεστημένες 4 τοπικές κλιματιστικές μηχανές σε κάθε όροφο. Η συνολική ισχύς για θέρμανση είναι 96 kW με συντελεστή απόδοσης COP=2,20 και για ψύξη 84 kW με συντελεστή απόδοσης EER=2,0. Το σύστημα εκπομπής είναι τοπικές ηλεκτρικές μονάδες σε εξωτερικό τοίχο. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης και ψύξης παρουσιάζονται αναλυτικά στους ακόλουθους πίνακες.

Πίνακας 6.3: Δεδομένα συστήματος θέρμανσης “Γραφεία”

Σύστημα θέρμανσης θερμικής ζώνης 1 (Γραφεία)											
Μονάδα παραγωγής θερμότητας: Τοπική αερόψυκτη Α.Θ. ισχύος 96.0 kW											
Συνολική θερμική απόδοση μονάδας ή COP: 2.200											
Είδος καυσίμου: Ηλεκτρισμός											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%)											
ΙΑΝ	1	ΦΕΒ	1	ΜΑΡ	1	ΑΠΡ	1	ΜΑΙ	0	ΙΟΥΝ	0
ΙΟΥΛ	0	ΑΥΓ	0	ΣΕΠ	0	ΟΚΤ	1	ΝΟΕ	1	ΔΕΚ	1
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C): 45.00											
Είδος θερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων Τοπικές ηλεκτρικές μονάδες σε εξωτερικό τοίχο											
Θερμική απόδοση θερματικών μονάδων: 0.94 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, πίνακας 4.12											

Πίνακας 6.4: Δεδομένα συστήματος ψύξης “Γραφεία”

Σύστημα ψύξης θερμικής ζώνης 1 (Γραφεία)											
Μονάδα παραγωγής ψύξης: Αερόψυκτη Α.Θ. ισχύος 84.0 kW											
Βαθμός απόδοσης EER: 2.000											
Είδος καυσίμου: Ηλεκτρισμός											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%)											
ΙΑΝ	0	ΦΕΒ	0	ΜΑΡ	0	ΑΠΡ	0	ΜΑΙ	0	ΙΟΥΝ	1
ΙΟΥΛ	1	ΑΥΓ	1	ΣΕΠ	0	ΟΚΤ	0	ΝΟΕ	0	ΔΕΚ	0
Ψυκτική ισχύς που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW): 84.000											
Είδος θερματικών μονάδων ψύξης χώρων: Τοπικές αντλίες θερμότητας											
Ψυκτική απόδοση θερματικών μονάδων: 0.93 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, πίνακας 4.14											

- Ως κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών το κτίριο βρίσκεται στην κατηγορία «Δ», καθώς ο έλεγχος της προσαγωγής αέρα των μονάδων αερισμού και κλιματισμού είναι χειροκίνητος.
- Για λόγους απλούστευσης θεωρείται ότι στο κτίριο δεν υπάρχει παροχή ζεστού νερού χρήσης, κάτι που άλλωστε συνήθως συνέβαινε σε παλιές κατασκευής κτίρια γραφείων καθώς ήταν προαιρετική η ύπαρξη του. Ωστόσο ακόμα και αν υπάρχει ζεστό νερό χρήσης σε ένα τέτοιο κτίριο οι καταναλώσεις είναι αμελητέες σε σχέση με αυτές για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό.
- Οι ανάγκες αερισμού των χώρων καλύπτονται μέσω μηχανικού αερισμού. Υπάρχουν εγκατεστημένα απλοί ανεμιστήρες εξαερισμού στους χώρους των γραφείων, συνολικής παροχής αέρα 1.700 m³/h. Τα δεδομένα του συστήματος αερισμού απεικονίζονται στον Πίνακα 6.5.

Πίνακας 6.5: Δεδομένα συστήματος αερισμού “Γραφεία”.

A/a	Ενεργό τμήμα θέρμανσης	Παροχή αέρα θέρμανσης (m ³ /s)	Συντελεστής ανακυκλοφορίας αέρα (θέρμανση)	Συντελεστής ανάκτησης θερμότητας (θέρμανση)	Ενεργό τμήμα ψύξης	Παροχή αέρα ψύξης (m ³ /s)	Συντελεστής ανακυκλοφορίας αέρα (ψύξη)	Συντελεστής ανάκτησης θερμότητας (ψύξη)	Ενεργό τμήμα ύγρυνσης	Συντελεστής ανάκτησης υγρασίας	Φίλτρα	Ειδική απορρόφηση ισχύος (kW/m ³)
1	ΝΑΙ	2.10	0.00	0.00	ΝΑΙ	2.10	0.00	0.00	ΟΧΙ	0.00	ΟΧΙ	1.000

- Από πλευράς φωτισμού, το κτίριο έχει αρκετά ανοίγματα και στη διάρκεια της ημέρας καλύπτεται με φυσικό φωτισμό κατά 75%. Στα γραφεία υπάρχουν εγκατεστημένα φωτιστικά γραμμικού φθορισμού που έχουν πυκνότητα ισχύος 4,20 W/m²/100lx και επομένως η υπολογιζόμενη ισχύς φωτισμού είναι 21 W/m². Δεν υπάρχει κανένα είδος αυτοματισμού και ο έλεγχος γίνεται χειροκίνητα με διακόπτες αφής/σβέσης. Τα δεδομένα του συστήματος φωτισμού απεικονίζονται στον Πίνακα 6.6.

Πίνακας 6.6: Δεδομένα συστήματος φωτισμού “Γραφεία”.

Σύστημα φωτισμού θερμικής ζώνης 1 (Γραφεία) 11865.0 Για φωτιστική δραστηριότητα 0lm/W και Στάθμη φωτισμού 500.0Lux		
Περιοχή φυσικού φωτισμού (%)	75	
Συντελεστής αυτοματισμού ελέγχου φυσικού φωτισμού, F _D	1.0	Χειροκίνητος έλεγχος φωτισμού
Συντελεστής αυτοματισμού ανίχνευσης κίνησης, F _o	1.0	
Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού (h) _o	2080	Καθορισμένο από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.
Χρόνος χρήσης τεχνητού φωτισμού (h) _o	520	Καθορισμένο από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

6.2 Ενεργειακά αποτελέσματα υφιστάμενου κτιρίου γραφείων

Σύμφωνα με τα δεδομένα που αναλύθηκαν στην Παράγραφο 6.1 διενεργήθηκε ενεργειακή μελέτη στο κτίριο γραφείων του παραδείγματος με το πρόγραμμα ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ. Τα απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη παρατίθενται στον Πίνακα 6.7 και σε αυτά περιλαμβάνονται και τα φορτία αερισμού για κάθε μήνα. Παρατηρούμε ότι οι απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης είναι σχεδόν ίδιες, όπως συνήθως συμβαίνει σε κτίρια του τριτογενή τομέα.

Πίνακας 6.7 Απαιτούμενα φορτία θέρμανσης & ψύξης - Πρότυπο κτίριο γραφείων.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαϊ.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	18.8	10.5	7.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	6.6	14.4	61.4
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	25.8	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0	59.6
Υγρανση	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ΖΝΧ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Οι αντίστοιχες καταναλώσεις ενέργειας ανά τελική χρήση δίδονται στον Πίνακα 6.8 που ακολουθεί. Παρατηρείται ότι στο συγκεκριμένο κτίριο οι καταναλώσεις σχεδόν ισομοιράζονται για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό.

Πίνακας 6.8 Ενεργειακή κατανάλωση ανά τελική χρήση - Πρότυπο κτίριο γραφείων.

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαϊ.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	14.7	8.4	6.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	5.3	11.4	49.1
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	9.3	21.4	18.7	0.2	0.0	0.0	0.0	49.9
ΖΝΧ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Φωτισμός	4.7	4.3	4.7	4.6	4.7	4.6	4.7	4.7	4.6	4.7	4.6	4.7	55.6
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σύνολο	19.5	12.6	11.0	6.9	4.9	13.9	26.1	23.5	4.8	5.5	9.9	16.1	154.6

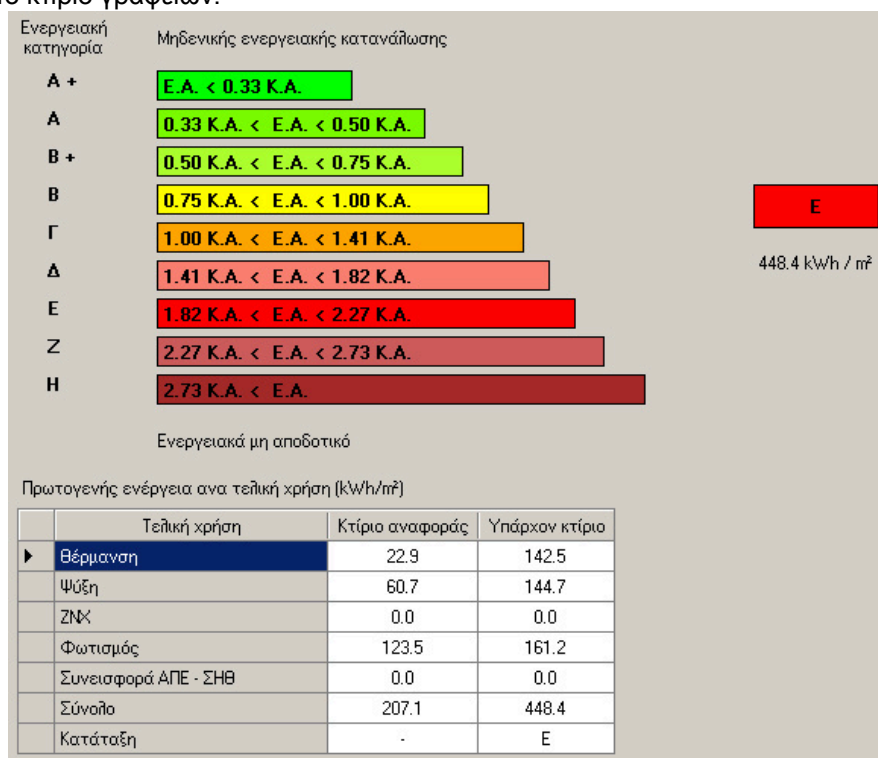
Από πλευράς καυσίμων το κτίριο γραφείων καταναλώνει αποκλειστικά ηλεκτρισμό. Οι καταναλώσεις καυσίμων αλλά και οι αντίστοιχες εκλύσεις αερίων ρύπων CO₂ ανά πηγή ενέργειας παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.9.

Πίνακας 6.9 Κατανάλωση καυσίμων και εκπομπές CO₂ ανά πηγή ενέργειας - Πρότυπο κτίριο γραφείων.

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
► Ηλεκτρισμός	154.6	152.9
Πετρέλαιο	0.0	0.0
Φυσικό αέριο	0.0	0.0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0	0.0
Ηλιακή	0.0	0.0
Βιομάζα	0.0	0.0
Γεωθερμία	0.0	0.0
Άλλο ΑΠΕ	0.0	0.0
Σύνολο	154.6	152.9

Τέλος, οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση, αλλά και η ενεργειακή κατηγορία που προκύπτει για το υπάρχον κτίριο γραφείων, παρατίθενται στον Πίνακα 6.10. Το κτίριο κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία “E”, έχοντας κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 2,15 φορές μεγαλύτερη του κτιρίου αναφοράς. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα υφιστάμενα φωτιστικά σώματα γραμμικού φθορισμού έχουν σχετικά καλή πυκνότητα ισχύος. Προφανώς αν στο κτίριο υπήρχαν φωτιστικά με λάμπες πυρακτώσεως (πυκνότητα ισχύος 27 W/m²/100lx) αυτό θα κατατασσόταν στη χειρότερη ενεργειακή κατηγορία, την “H”, έχοντας κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 6,75 φορές μεγαλύτερη του κτιρίου αναφοράς.

Πίνακας 6.10 Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση - Πρότυπο κτίριο γραφείων.



Το ετήσιο λειτουργικό κόστος του κτιρίου υπολογίζεται από το πρόγραμμα ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ σε 9.857,4 €, παραπάνω από διπλάσιο του κτιρίου αναφοράς που είναι 4.561,7€

6.3 Μέτρα για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου γραφείων

Το υφιστάμενο κτίριο γραφείων έχει πολλά περιθώρια ενεργειακής βελτίωσης, όπως άλλωστε και τα περισσότερα υφιστάμενα κτίρια του τριτογενή τομέα. Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστεί ξεχωριστά κάθε εργασία αναβάθμισης και θα πραγματοποιηθεί ενεργειακή μελέτη για κάθε μία από αυτές, ώστε να διαπιστωθεί το αποτέλεσμα της σε εξοικονόμηση ενέργειας και εκπομπών CO₂ και παράλληλα να υπολογιστεί το κόστος αλλά και ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης. Σε σχέση με τα κτίρια κατοικιών οι παρεμβάσεις είναι προφανώς όμοιες όσον αφορά τις εργασίες θερμομόνωσης και αντικατάστασης κουφωμάτων αλλά διαφέρουν πολύ στα συστήματα του κτιρίου.

1) Θερμομόνωση δώματος.

Το πρώτο μέτρο που θα εξεταστεί είναι η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στο δώμα του κτιρίου γραφείων. Τοποθετείται εξιλασμένη πολυστερίνη σαν μονωτικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031 \text{ W/mK}$. Εξετάζονται 3 σενάρια για διαφορετικά πάχη μόνωσης, 5 cm (Σενάριο 1), 7 cm (Σενάριο 2) και 10 cm (Σενάριο 3), ώστε να διαπιστωθεί η διαφορά που προκύπτει στην ενεργειακή κατανάλωση αλλά και η βέλτιστη λύση από οικονομικής πλευράς. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας σύμφωνα με τον Πίνακα 4.10 της οροφής με μόνωση 5 cm είναι $0,511 \text{ W/m}^2\text{K}$, ενώ ο αντίστοιχος για 7 cm μειώνεται σε $0,384 \text{ W/m}^2\text{K}$ και για 10 cm σε $0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$. Εκτελώντας την ενεργειακή μελέτη με τους νέους συντελεστή της οροφής, υπάρχει όπως αναμενόταν μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη και κατά συνέπεια εξοικονόμηση σε ηλεκτρισμό.

Πίνακας 6.11 Ενεργειακή κατάταξη και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση - Θερμομόνωση δώματος Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	22.9	142.5	133.2	132.7	132.3
	Ψύξη	60.7	144.7	132.1	131.5	131.1
	ZHX	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	123.5	161.2	161.2	161.2	161.2
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	207.1	448.4	426.5	425.5	424.6
	Κατάταξη	-	E	E	E	E

Το κόστος τοποθέτησης θερμομόνωσης στο δώμα του κτιρίου κοστολογείται με 40 €/m^2 για τα 5 cm, 43 €/m^2 για τα 7 cm και 47 €/m^2 για τα 10 cm. Το πρόγραμμα του ΤΕΕ-KENAK, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.12, υπολογίζει την περίοδο απόσβεσης από 10,4 έως 11,3 έτη, που είναι αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα αποπληρωμής σε σχέση με την αντίστοιχη παρέμβαση στα κτίρια κατοικιών που εξετάστηκαν. Επιλέγεται η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης δώματος 5 cm, που έχει την γρηγορότερη απόσβεση, 10,4 έτη, καθώς η διαφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας δεν είναι μεγάλη στις 3 περιπτώσεις.

Πίνακας 6.12 Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Θερμομόνωση δώματος Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,561.7	9,875.4	9,393.8	9,370.5	9,351.2
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			5,022.0	5,398.6	5,900.9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			21.9	22.9	23.8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			4.9	5.1	5.3
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4	0.4	0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			7.5	7.8	8.1
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			10.4	10.7	11.3

2) Θερμομόνωση δαπέδου.

Το δεύτερο μέτρο που εξετάζεται είναι η τοποθέτηση θερμομόνωσης κάτω από το δάπεδο του ισόγειου χώρου γραφείων που βρίσκεται σε επαφή με το μη θερμαινόμενο υπόγειο. Η μόνωση τοποθετείται στην οροφή του υπογείου και έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031 \text{ W/mK}$. Εξετάζονται και πάλι 3 σενάρια για διαφορετικά πάχη μόνωσης, 5 cm (Σενάριο 1), 7 cm (Σενάριο 2) και 10 cm (Σενάριο 3) με τα ακόλουθα ενεργειακά αποτελέσματα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου για τα 3 σενάρια είναι 0,468, 0,359 και 0,267 W/m²K αντίστοιχα. Τα ενεργειακά αποτελέσματα αποτυπώνονται στον Πίνακα 6.13.

Πίνακας 6.13: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Θερμομόνωση δαπέδου Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	22.9	142.5	138.7	138.3	137.9
	Ψύξη	60.7	144.7	144.6	144.7	144.7
	ΖΗΚ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	123.5	161.2	161.2	161.2	161.2
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	207.1	448.4	444.6	444.1	443.8
	Κατάταξη	-	E	E	E	E

Η εξωτερική θερμομόνωση του δαπέδου του ισόγειου τιμολογείται περίπου 30 €/m² για τα 5 cm, 33 €/m² για τα 7 cm και 37 €/m² για τα 10 cm. Απόσβεση ουσιαστικά δεν γίνεται, καθώς αυτή υπολογίζεται πάνω από τα 30 έτη και στις 3 περιπτώσεις.

Πίνακας 6.14: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Θερμομόνωση δαπέδου.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,561.7	9,875.4	9,790.2	9,780.7	9,772.2
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			2,625.0	2,887.5	3,237.5
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			3.8	4.3	4.6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			0.9	1.0	1.0
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1.2	1.2	1.2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			1.3	1.5	1.6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			30.8	30.5	31.4

3) Θερμομόνωση κελύφους.

Η επόμενη ενεργειακή παρέμβαση που εξετάζεται είναι η τοποθέτηση θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου γραφείων. Το μονωτικό που χρησιμοποιείται είναι διογκωμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031 \text{ W/mK}$. Και σε αυτήν περίπτωση εξετάζονται 3 σενάρια για διαφορετικά πάχη μόνωσης, 5 cm (Σενάριο 1), 7 cm (Σενάριο 2) και 10 cm (Σενάριο 3). Ο συντελεστής θερμοπερατότητας στην τοιχοποιία με μόνωση 5 cm είναι $0,429 \text{ W/m}^2\text{K}$ και στα μπετά $0,493 \text{ W/m}^2\text{K}$, ενώ οι αντίστοιχοι συντελεστές για 7 cm μειώνονται σε $0,336$ και $0,374 \text{ W/m}^2\text{K}$ και για 10 cm σε $0,254$ και $0,275 \text{ W/m}^2\text{K}$. Το αποτέλεσμα της τοποθέτησης αυτού του είδους της θερμομόνωσης στο κτίριο αποτυπώνεται στον Πίνακα 6.15.

Πίνακας 6.15: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Θερμομόνωση κελύφους Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	22.9	142.5	101.4	98.0	95.2
	Ψύξη	60.7	144.7	131.4	130.7	130.2
	ΖΝΧ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	123.5	161.2	161.2	161.2	161.2
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	207.1	448.4	394.1	390.0	386.6
	Κατάταξη	-	E	E	E	E

Η εργασία αυτή κοστίζει περίπου 50 €/m^2 για τα 5 cm μονωτικού, 53 €/m^2 για τα 7 cm και 57 €/m^2 για τα 10 cm, συνυπολογίζοντας την ανάγκη τοποθέτησης ικριωμάτων. Η αποπληρωμή της επένδυσης είναι πολύ μακρινή και σε αυτήν την περίπτωση και υπολογίζεται σε πάνω από 20 έτη, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.16.

Πίνακας 6.16: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Θερμομόνωση κελύφους Σενάριο 1: 5cm, Σενάριο 2: 7cm, Σενάριο 3: 10cm.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	4,561.7	9,875.4	8,677.0	8,589.0	8,513.8
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			25,394.0	26,917.6	28,949.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			54.3	58.4	61.8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			12.1	13.0	13.8
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.8	0.8	0.8
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			18.6	19.9	21.1
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			21.2	20.9	21.3

4) Αντικατάσταση κουφωμάτων.

Στην παράγραφο αυτή θα εξεταστεί η αντικατάσταση των παλιών κουφωμάτων του κτιρίου. Η ποικιλία των νέων κουφωμάτων που μπορούν να τοποθετηθούν είναι πολύ μεγάλη. Ενδεικτικά εξετάζονται τρεις από τις πιο διαδεδομένες επιλογές κουφωμάτων. Στην πρώτη περίπτωση τοποθετούνται κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή ($U_f=7,0 \text{ W/m}^2\text{K}$) με διπλό τζάμι με αέρα στο διάκενο ($U_g=3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$), στη δεύτερη κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή ($U_f=2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$) με διπλό τζάμι με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου και αργό στο διάκενο 12 mm ($U_g=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) και στην τρίτη κουφώματα από PVC με θερμοδιακοπή ($U_f=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$) και τριπλό τζάμι με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων και αργό στο διάκενο ($U_g=0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Με την τοποθέτηση νέων κουφωμάτων βελτιώνεται η θερμομονωτική προστασία του κτιρίου και η συνολική κατανάλωση. Οι νέες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση είναι οι ακόλουθες.

Πίνακας 6.17: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο – Αντικατάσταση κουφωμάτων Σενάριο 1: Αλουμινίου “ψυχρά”, Σενάριο 2: Αλουμινίου “θερμά”, Σενάριο 3: PVC “θερμά”.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	22.9	142.5	131.2	124.0	114.3
	Ψύξη	60.7	144.7	138.0	132.1	132.0
	ΖΝΧ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	123.5	161.2	161.2	161.2	161.2
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	207.1	448.4	430.4	417.3	407.6
	Κατάταξη	-	E	E	E	E

Το υπό εξέταση κτίριο γραφείων έχει μεγάλες επιφάνειες ανοιγμάτων, όπως τα περισσότερα κτίρια του τριτογενή τομέα και επομένως το κόστος αντικατάστασης τους απαιτεί σημαντικό κεφάλαιο. Υπολογίζοντας με κόστος 200 €/m² για τα “ψυχρά” κουφώματα, 280 €/m² για “θερμά” και 240 €/m² για τα πλαστικά, προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.18. Όπως φαίνεται η επένδυση σε κουφώματα στο συγκεκριμένο κτίριο δεν είναι αποσβέσιμη και επομένως από οικονομικής πλευράς πρόκειται για μια μη αποδεκτή παρέμβαση.

Πίνακας 6.18: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Αντικατάσταση κουφωμάτων Σενάριο 1: Αλουμινίου “ψυχρά”, Σενάριο 2: Αλουμινίου “θερμά”, Σενάριο 3: PVC “θερμά”.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,561.7	9,875.4	9,478.0	9,190.5	8,977.3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			25,336.0	35,470.4	30,403.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			18.0	31.1	40.8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			4.0	6.9	9.1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			2.5	2.0	1.3
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			6.2	10.6	13.9
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			63.7	51.8	33.9

5) Εγκατάσταση συστήματος κλιματισμού.

Το υπάρχον σύστημα ψύξης-θέρμανσης με τα επίτοιχα κλιματιστικά, που υπάρχει σε πάρα πολλά κτίρια του τριτογενή τομέα, δεν είναι καθόλου αποδοτικό ενεργειακά και η αντικατάστασή του έχει σημαντικότητα οφέλη. Το νέο σύστημα που τοποθετείται είναι VRV με μία κεντρική αερόψυκτη αντλία θερμότητας ισχύος 14 kW για κάθε όροφο με βαθμό απόδοσης για τη θέρμανση COP=4,2 και για την ψύξη EER=3,8. Η αντικατάσταση του συστήματος κλιματισμού επιφέρει μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου σε 265,8 kWh/m², με το κτίριο ανεβαίνει στην ενεργειακή κατηγορία “Γ”, έχοντας τις ακόλουθες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση.

Πίνακας 6.19: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Εγκατάσταση νέου συστήματος κλιματισμού.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Θέρμανση	22.9	142.5	51.8
	Ψύξη	60.7	144.7	52.8
	ΖΝΧ	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	123.5	161.2	161.2
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	207.1	448.4	265.8
	Κατάταξη	-	Ε	Γ

Η αγορά και εγκατάσταση του συγκεκριμένου συστήματος κλιματισμού κοστίζει περίπου 45.000 € και βάση αυτού του ποσού η απόσβεση υπολογίζεται σε 11,2 έτη.

Πίνακας 6.20: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Εγκατάσταση νέου συστήματος κλιματισμού.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,561.7	9,875.4	5,854.3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			45,000.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			182.6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			40.7
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			62.3
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			11.2

6) Εγκατάσταση εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας.

Στα νεόδμητα κτίρια του τριτογενή τομέα είναι πλέον, βάση του ΚΕΝΑΚ, υποχρεωτική η ύπαρξη ανάκτησης θερμότητας σε ποσοστό τουλάχιστον 50% στο σύστημα εξαερισμού. Σε αυτήν την παράγραφο θα εξεταστεί η αντικατάσταση των απλών ανεμιστήρων εξαερισμού που υπάρχουν στο κτίριο με εναλλάκτες θερμότητας με συντελεστή ανάκτησης θερμότητας 70%. Το αποτέλεσμα της εγκατάστασης εναλλακτών είναι φυσικά η εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση από την μείωση των απωλειών αερισμού των χώρων. Η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας των γραφείων μειώνεται σε 359,7 kWh/m², με τις ενεργειακές καταναλώσεις να διαμορφώνονται όπως στον Πίνακα 6.19.

Πίνακας 6.21: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Εγκατάσταση εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Θέρμανση	22.9	142.5	96.1
	Ψύξη	60.7	144.7	102.3
	ΖΝΧ	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	123.5	161.2	161.2
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	207.1	448.4	359.7
	Κατάταξη	-	Ε	Δ

Το συνολικό κόστος εγκατάστασης των απαραίτητων εναλλακτών θερμότητας είναι περίπου 18.000 €. με τον χρόνο αποπληρωμής της επένδυσης να εκτιμάται σε 9,2 έτη, όπως παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 6.22: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Εγκατάσταση εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4.561.7	9.875.4	7.920.6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			18.000.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			88.7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			19.8
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			30.3
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			9.2

7) Αντικατάσταση φωτιστικών.

Ο φωτισμός στον τριτογενή τομέα απαιτεί υψηλή κατανάλωση ενέργειας, ενώ στο εξεταζόμενο παράδειγμα η ενέργεια αυτή είναι ίση με αυτήν που απαιτείται για τη θέρμανση ή την ψύξη των χώρων. Μία παρέμβαση που θα αναβαθμίσει το σύστημα φωτισμού είναι η αντικατάσταση των υπαρχόντων φωτιστικών με φωτιστικά λαμπτήρων led. Οι λαμπτήρες led έχουν πυκνότητα ισχύος φωτισμού 2,50 W/m²/100lx με αποτέλεσμα η υπολογιζόμενη ισχύς φωτισμού να μειωθεί σε 12,50 W/m². Με τα νέα φωτιστικά η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειώνεται σε 400,7 KWh/m², με την ετήσια κατανάλωση φωτισμού να πέφτει από τις 55,6 KWh/m² στις 33,5 KWh/m². Παρατηρείται ότι με την βελτίωση των φωτιστικών η ετήσια κατανάλωση θέρμανσης αυξάνεται ελαφρά και παράλληλα μειώνεται λίγο η κατανάλωση ψύξης, καθώς τα νέα φώτα δεν εκπέμπουν τόση θερμότητα σε σχέση με τα παλιάς τεχνολογίας.

Πίνακας 6.23 Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Αντικατάσταση φωτιστικών.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Θέρμανση	22.9	142.5	170.7
	Ψύξη	60.7	144.7	132.9
	ZNΧ	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	123.5	161.2	97.1
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	207.1	448.4	400.7
	Κατάταξη	-	E	E

Το κόστος αγοράς και τοποθέτησης των φωτιστικών με λαμπτήρες led για το σύνολο των χώρων των γραφείων υπολογίζεται σε 8.500 € με τον εκτιμώμενο χρόνο αποπληρωμής να είναι 8,1 έτη. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα υπάρχοντα φωτιστικά του εξεταζόμενου κτιρίου έχουν σχετικά καλό συντελεστή ισχύος. Αν στη θέση τους υπήρχαν π.χ. φωτιστικά με λάμπες πυρακτώσεως η εξοικονόμηση ενέργειας θα ήταν πολύ πιο μεγάλη και ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης σημαντικά πολύ πιο σύντομος.

Πίνακας 6.24: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Αντικατάσταση φωτιστικών.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,561.7	9,875.4	8,825.3
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			8,500.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			47.7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			10.6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.3
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			16.3
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			8.1

8) Διατάξεις αυτόματου ελέγχου συστήματος φωτισμού.

Μία ακόμα παρέμβαση, μικρού σχετικά κόστους, που μπορεί να αναβαθμίσει ενεργειακά το κτίριο γραφείων είναι η τοποθέτηση διατάξεων αυτόματου ελέγχου στο σύστημα του φωτισμού, Συγκεκριμένα τοποθετούνται ανιχνευτές φωτός για αυτόματο έλεγχο σύμφωνα με τον φυσικό φωτισμό και ανιχνευτές παρουσίας ώστε να υπάρχει αυτόματη έναυση και σβέση ανάλογα με την παρουσία ατόμων στο χώρο. Με το σύστημα αυτό η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειώνεται σε 429,7 KWh/m², ενώ η ετήσια κατανάλωση φωτισμού πέφτει από τις 55,6 στις 47,2 KWh/m². Τα ενεργειακά αποτελέσματα της παρέμβασης αποτυπώνονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 6.25: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Αυτόματος έλεγχος φωτισμού.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Θέρμανση	22.9	142.5	152.7
	Ψύξη	60.7	144.7	140.2
	ZHX	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	123.5	161.2	136.9
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	207.1	448.4	429.7
	Κατάταξη	-	E	E

Μία εκτίμηση κόστους για την παρέμβαση αυτή στο συγκεκριμένο κτίριο είναι 5.000 € και η αποπληρωμή αναμένεται να πραγματοποιηθεί σε 12,1 έτη, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.26.

Πίνακας 6.26: Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Αυτόματος έλεγχος φωτισμού.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,561.7	9,875.4	9,463.8
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			5,000.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			18.7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			4.2
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.5
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			6.4
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			12.1

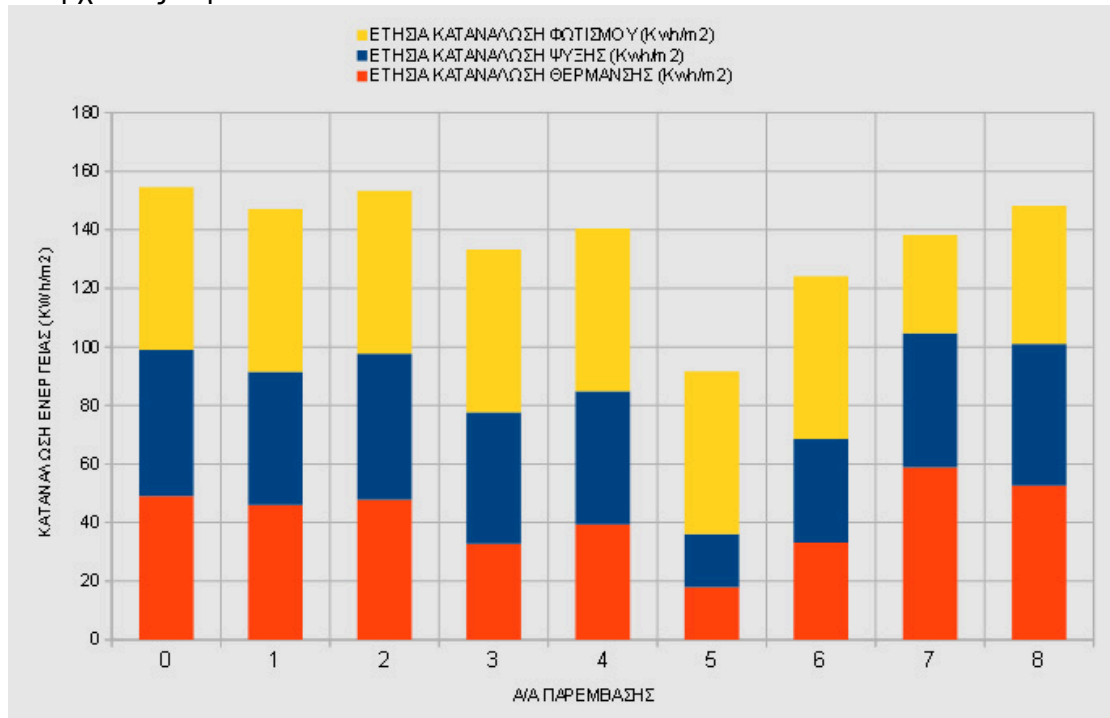
6.4 Συμπεράσματα μεμονωμένων παρεμβάσεων.

Στην προηγούμενη παράγραφο εξετάστηκαν μεμονωμένες παρεμβάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου γραφείων. Ωστόσο υπάρχουν και άλλες ενέργειες που είναι ικανές να επιφέρουν ενεργειακή βελτίωση αλλά δυστυχώς δεν είναι δυνατό να εξεταστούν με το υπάρχον πρόγραμμα του ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ. Παράδειγμα τέτοιων ενεργειών είναι η βελτίωση των ηλεκτρονικών συσκευών που χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε κτίρια γραφείων, όπως της οθόνης των υπολογιστών και των τροφοδοτικών τους. Τα αποτελέσματα των παρεμβάσεων που αναλύθηκαν στην Παράγραφο 6.3 τοποθετήθηκαν αναλυτικά στον Πίνακα 6.27.

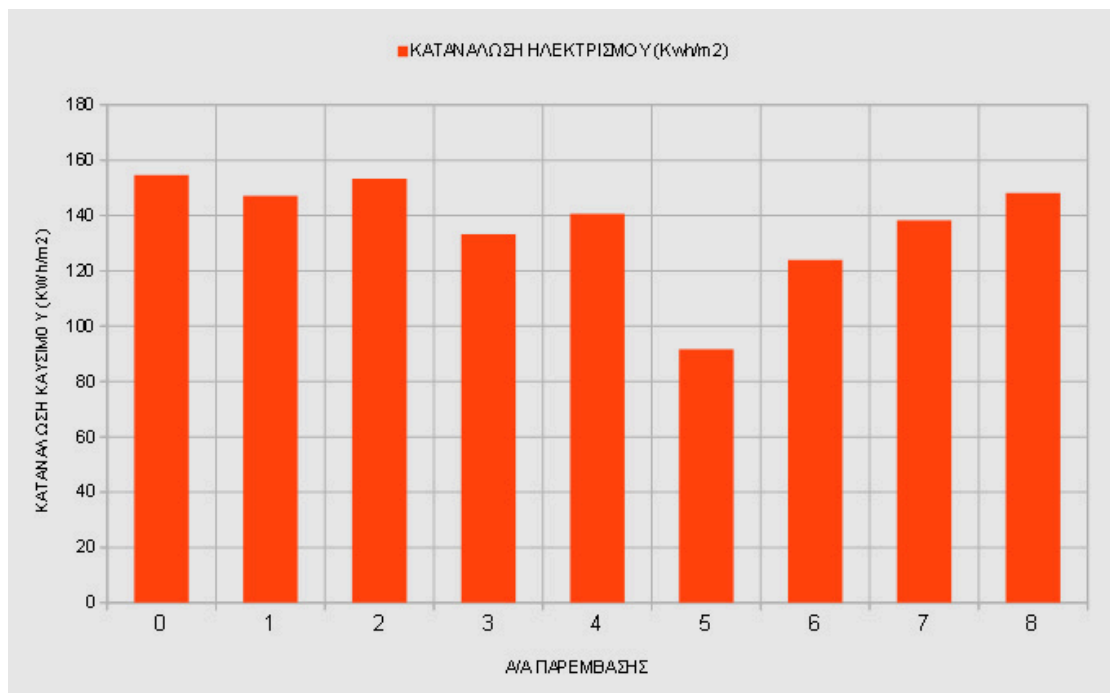
Πίνακας 6.27: Σύνοψη αποτελεσμάτων μεμονωμένων ενεργειακών παρεμβάσεων σε κτίριο γραφείων.

Δ/Α ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ	ΠΡΟΤΥΠΟ	ΘΕΡΜΩΜΟΝΩΣΗ ΔΩΜΑΤΟΣ 5cm	ΘΕΡΜΩΜΟΝΩΣΗ ΔΑΠΕΔΟΥ 5cm	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΩΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ 5cm	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ (PVC)	ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΥ VRV	ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΜΕ ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ LED	ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	-	5000	2650	25500	30400	45000	18000	8500	5000
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ (€/m ²)	-	8.8	4.7	45.1	53.8	79.6	31.9	15.0	8.8
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m²)	448.4	426.5	444.6	394.1	407.6	265.8	359.7	400.7	429.7
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤ. ΕΝΕΡ. ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (Kwh/m²)	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Γ	Δ	Ε	Ε
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (Kwh/m ²)	49.1	46.0	47.8	32.8	39.4	17.9	33.2	58.9	52.7
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΨΥΞΗΣ (Kwh/m ²)	49.9	45.5	49.9	44.9	45.5	18.2	35.3	45.8	48.3
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	33.5	47.2
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	154.6	147.1	153.3	133.3	140.6	91.7	124.0	138.2	148.2
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Kwh/m²)	154.6	147.1	153.3	133.3	140.6	91.7	124.0	138.2	148.2
ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (Kg/m ²)	152.9	145.4	151.6	131.7	139.0	90.6	122.6	136.6	146.5
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	-	21.9	3.8	54.3	40.8	182.6	88.7	47.7	18.7
ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ (Kg/m ²)	-	7.5	1.3	21.2	13.9	62.3	30.3	16.3	6.4
ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)	-	10.4	30.8	21.2	33.9	11.2	9.2	8.1	12.1

Με βάση τον Πίνακα 6.27 δημιουργήθηκαν τα ακόλουθα. Στο πρώτο [Σχήμα 6.2] απεικονίζεται η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό ανά παρέμβαση σε σύγκριση με τις καταναλώσεις του υπάρχοντος κτιρίου. Αθροιστικά προκύπτει η συνολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, καθώς βάση των αρχικών δεδομένων δεν υπάρχει παραγωγή ζεστού νερού στα γραφεία. Στο δεύτερο απεικονίζεται η ετήσια κατανάλωση καυσίμου, που στην περίπτωση αυτή είναι μόνο ο ηλεκτρισμός, ανά παρέμβαση σε σύγκριση με τις καταναλώσεις καυσίμων του υπάρχοντος κτιρίου.



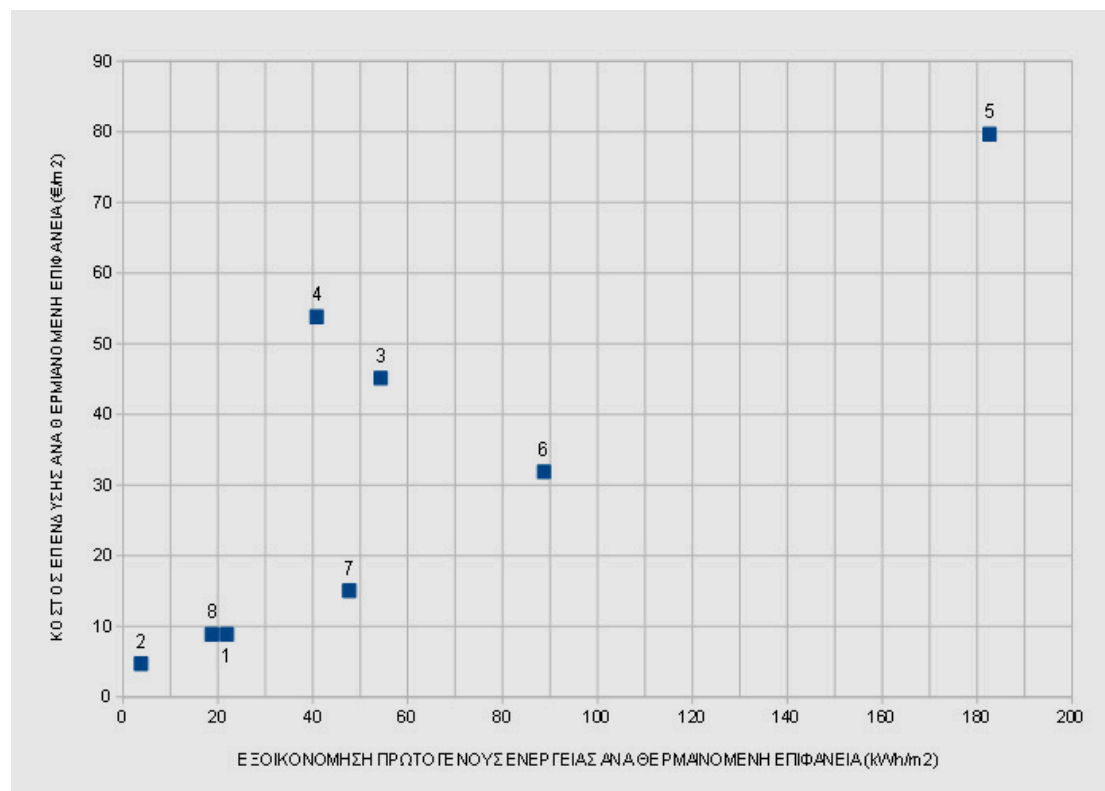
Σχήμα 6.2: Διάγραμμα ετήσιων καταναλώσεων ανά είδος μεμονωμένων παρεμβάσεων σε σύγκριση με το υφιστάμενο κτίριο γραφείων.



Σχήμα 6.3: Διάγραμμα ετήσιων καταναλώσεων ανά καύσιμο μεμονωμένων παρεμβάσεων σε σύγκριση με το υφιστάμενο κτίριο γραφείων.

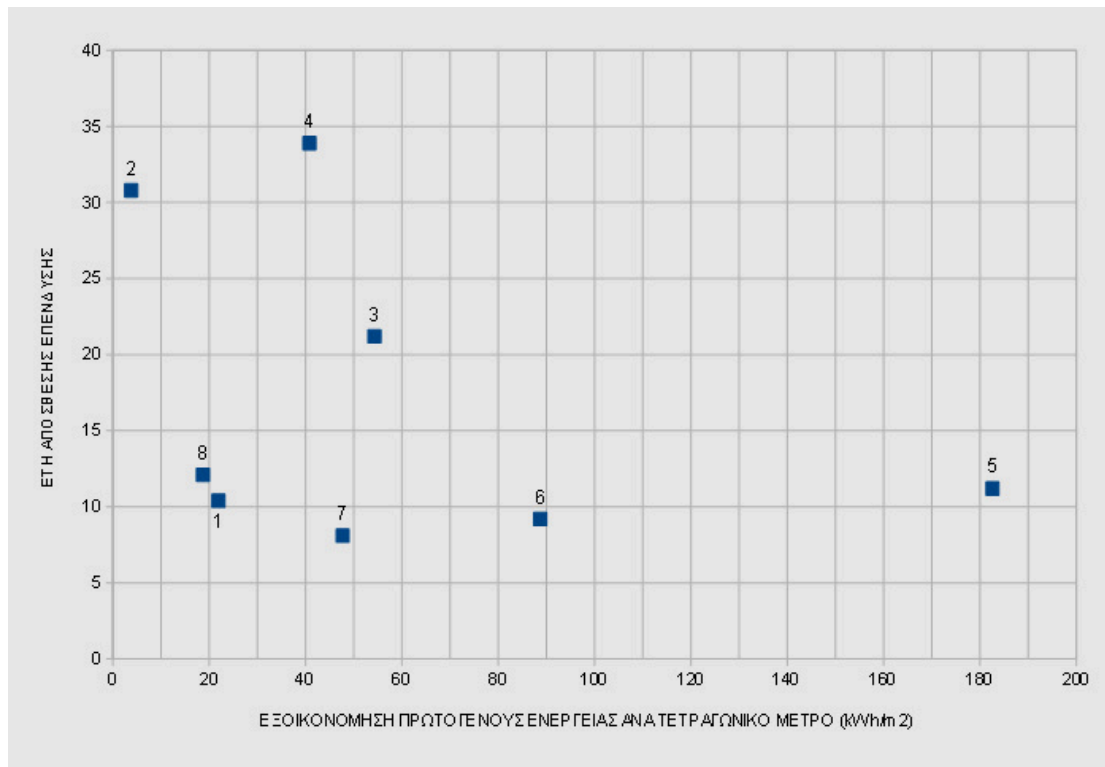
Από το Σχήμα 6.2 φαίνεται η μεγάλη επιρροή που έχει ο φωτισμός στην τελική κατανάλωση ενέργειας των γραφείων, καθώς στο αρχικό κτίριο είναι αντίστοιχη αυτής για θέρμανση ή ψύξη. Μάλιστα αν το παράδειγμα που εξετάζεται διέθετε χαμηλότερης πυκνότητας ισχύος λαμπτήρες (π.χ. πυρακτώσεως) η κατανάλωση φωτισμού θα υπερίσχυε συντριπτικά των υπολοίπων.

Για να εξαχθούν συμπεράσματα όσον αφορά την εξέταση από οικονομικής πλευράς της εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνεται με κάθε παρέμβαση δημιουργήθηκαν τα ακόλουθα διαγράμματα. Στο Σχήμα 6.4 απεικονίζεται η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κάθε παρέμβασης σε συνάρτηση με το απαιτούμενο κόστος της επένδυσης ανά τ.μ. θερμαινόμενης επιφάνειας. Από το διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι οι εργασίες αναβάθμισης που έχουν καλή αναλογία εξοικονόμησης ενέργειας και κόστους επένδυσης ανά τ.μ. είναι η αντικατάσταση των φωτιστικών και η τοποθέτηση εξαερισμού με εναλλάκτες θερμότητας. Φυσικά ξεχωρίζει η παρέμβαση της εγκατάστασης κλιματισμού που προκαλεί πολύ μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο.



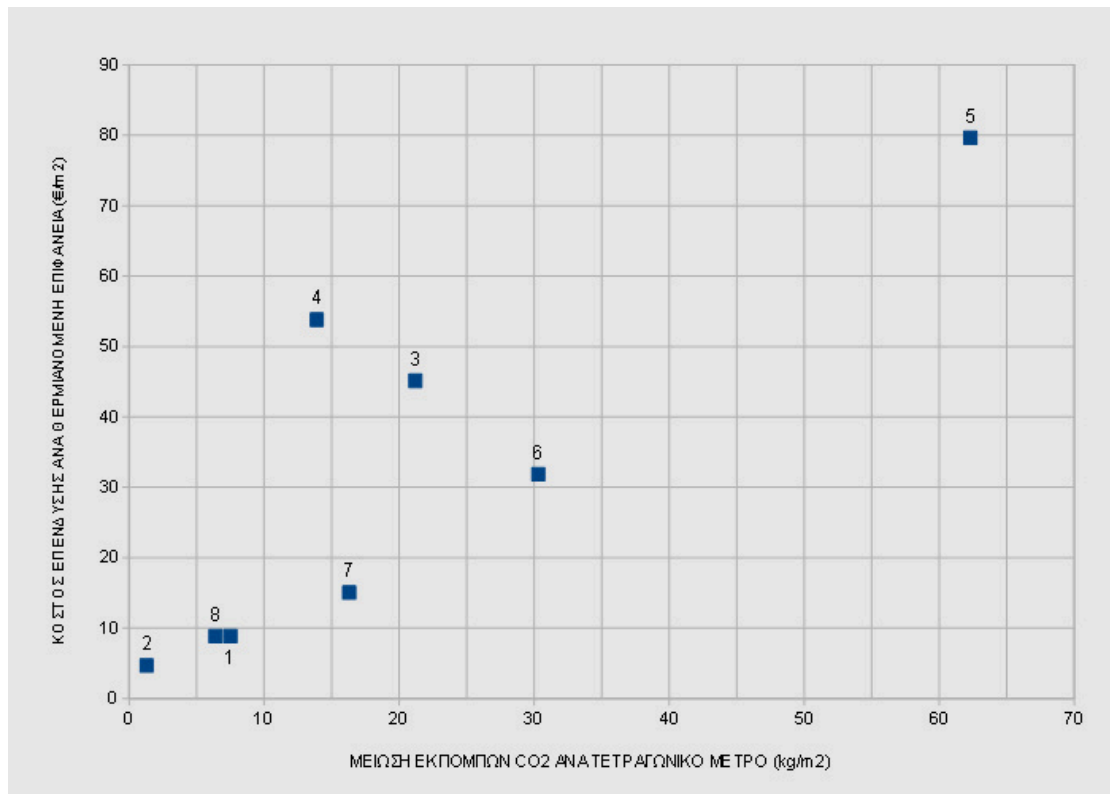
Σχήμα 6.4 Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά τ.μ. συναρτήσει του κόστους επένδυσης ανά τ.μ. μεμονωμένων παρεμβάσεων σε κτίριο γραφείων.

Στο Σχήμα 6.5 απεικονίζεται η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο θερμαινόμενης επιφάνειας σε σχέση με τον απαιτούμενο χρόνο απόσβεσης. Καταρχάς είναι ξεκάθαρο ότι δεν υπάρχει παρέμβαση που να αποσβένεται σε λιγότερο από 8 έτη. Από το διάγραμμα αυτό είναι εμφανές ότι οι ενδεδειγμένες λύσεις ως προς τον χρόνο αποπληρωμής είναι κατά σειρά η νέα εγκατάσταση κλιματισμού, ο εξαερισμός με εναλλάκτες θερμότητας και η εγκατάσταση φωτιστικών με λαμπτήρες led. Απαγορευτικές βάσει του χρόνου αποπληρωμής κρίνονται οι παρεμβάσεις της αντικατάστασης των κουφωμάτων, αλλά και η θερμομόνωση του δαπέδου που είναι σε επαφή με το μη θερμαινόμενο υπόγειο.

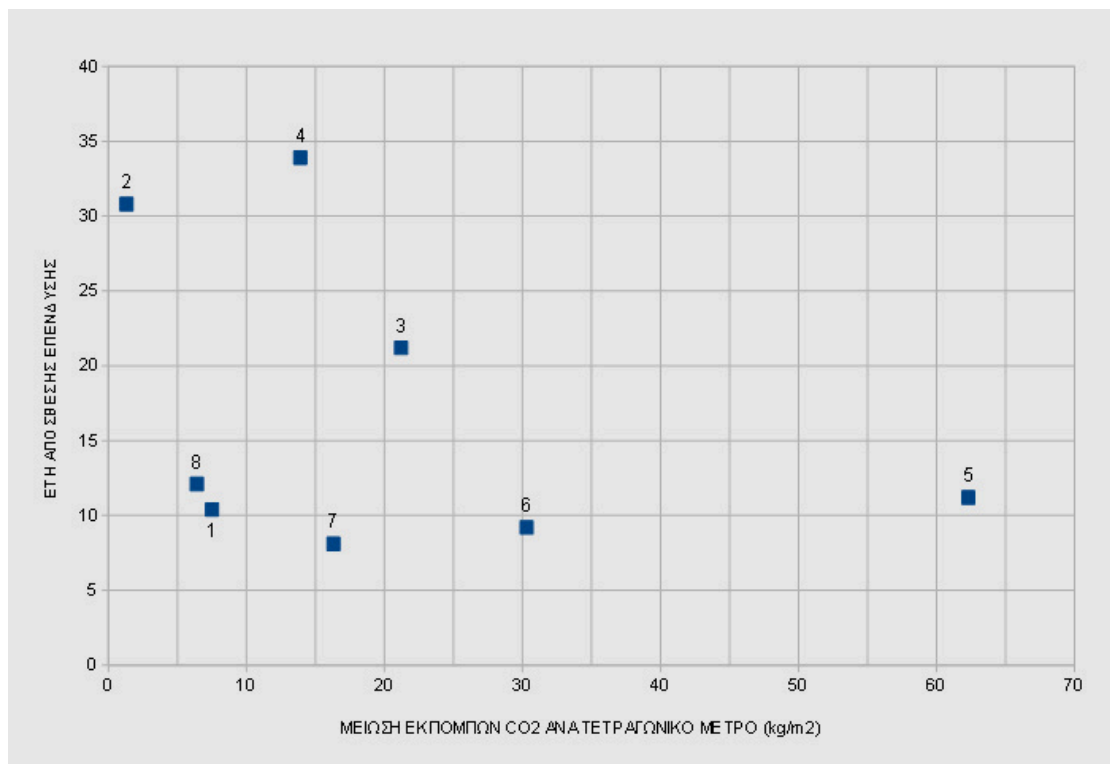


Σχήμα 6.5 Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά τ.μ. συναρτήσει του απαιτούμενου χρόνου αποπληρωμής της επένδυσης μεμονωμένων παρεμβάσεων σε κτίριο γραφείων.

Στα επόμενα διαγράμματα απεικονίζεται η προκαλούμενη μείωση των εκπομπών CO₂ ανά θερμαινόμενη επιφάνεια σε συνάρτηση του απαιτούμενου κόστους της επένδυσης [Σχήμα 6.6] και του εκτιμώμενου χρόνου αποπληρωμής [Σχήμα 6.7]. Το συμπέρασμα από τα διαγράμματα αυτά είναι από οικολογικής πλευράς με μικρό αρχικό κόστος επένδυσης οι καλύτερες λύσεις είναι η εγκατάσταση εξαερισμού με εναλλάκτες και η αντικατάσταση των φωτιστικών, ενώ με μεγαλύτερο κόστος ενδείκνυται η εγκατάσταση κλιματισμού και η τοποθέτηση θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου. Ειδικά πάντως η περίπτωση του κλιματισμού φαίνεται να είναι η βέλτιστη λύση και στο ζήτημα των εκπομπών CO₂, μιας και έχει εξαιρετικά αποτελέσματα απαιτώντας μικρό χρόνο για να αποσβεστεί η επένδυση.



Σχήμα 6.6: Μείωση εκπομπών CO₂ ανά τ.μ. συναρτήσει του κόστους επένδυσης ανά τ.μ. μεμονωμένων παρεμβάσεων σε κτίριο γραφείων.



Σχήμα 6.7: Μείωση εκπομπών CO₂ ανά τ.μ. συναρτήσει του απαιτούμενου χρόνου απόσβεσης της επένδυσης μεμονωμένων παρεμβάσεων σε κτίριο γραφείων.

6.5 Δέσμες μέτρων για την ενεργειακή αναβάθμιση του πρότυπου κτιρίου γραφείων

Με βάση τις παρεμβάσεις που αναλύθηκαν στην Παράγραφο 6.3 υπάρχουν διάφοροι συνδυασμοί που μπορούν να πραγματοποιηθούν για την αναβάθμιση των γραφείων. Ο στόχος αυτής της παραγράφου είναι να επισημάνει τους καλύτερους από αυτούς, που εξασφαλίζουν υψηλή εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση των εκπομπών CO₂ με το μικρότερο δυνατό κόστος επένδυσης και τη συντομότερη αποπληρωμή της.

1) Θερμομόνωση του κτιρίου.

Ο πρώτος συνδυασμός παρεμβάσεων που μπορεί να πραγματοποιηθεί είναι η τοποθέτηση θερμομόνωσης σε ολόκληρο το κτίριο. Επειδή όμως παρατηρήθηκε ότι η θερμομόνωση του δαπέδου που είναι σε επαφή με το μη θερμαινόμενο υπόγειο δεν έχει ιδιαίτερα ενεργειακά αποτελέσματα θα εξεταστεί σε εναλλακτικό σενάριο η ταυτόχρονη θερμομόνωση μόνο σε δώμα και κέλυφος. Γενικά χρησιμοποιείται μονωτικό πάχους 5 cm μονωτικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031$ W/mK. Στο Σενάριο 1 η μόνωση τοποθετείται στο κέλυφος και στο δώμα, ενώ στο Σενάριο 2 σε ολόκληρο το κτίριο, συμπεριλαμβανομένου και του δαπέδου του ισογείου.

Μετά από ενεργειακές μελέτες των σεναρίων που προαναφέρθηκαν σε σύγκριση με το πρότυπο του υφιστάμενου κτιρίου γραφείων του παραδείγματος, παρατηρείται ότι σαφώς υπάρχει μείωση στην ετήσια κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου, αλλά όχι τόσο σημαντική όσο στις περιπτώσεις των κατοικιών. Το κτίριο ανεβαίνει μία ενεργειακή κατηγορία, φτάνοντας τη “Δ”, με την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας να μειώνεται σε 358,3 και 354,4 KWh/m² για τα δύο σενάρια από 448,4 της αρχικής κατάστασης, με το κτίριο αναφοράς να έχει 207,1 KWh/m². Οι υπολογιζόμενες ετήσιες καταναλώσεις μετά τις εργασίες απεικονίζονται στα Σενάρια 1 & 2 του Πίνακα 6.28.

Το συνολικό κόστος της επένδυσης ανά θερμαινόμενο τετραγωνικό για τα δύο σενάρια εκτιμάται σε 54,0 & 58,4 €/m² ενώ η εκάστοτε απόσβεση υπολογίζεται σε 15,3 & 16,0 έτη, σύμφωνα με τον Πίνακα 6.29.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρούμε ότι υπάρχει ελάχιστη διαφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας είτε τοποθετηθεί θερμομόνωση στο δάπεδο είτε όχι. Επομένως κρίνεται καλύτερο από οικονομικής άποψης να προτιμηθεί η θερμομόνωση να περιοριστεί σε κέλυφος και δώμα, όπως φαίνεται άλλωστε από την περίοδο αποπληρωμής που είναι συντομότερη σε αυτήν την περίπτωση.

2) Εξωτερική θερμομόνωση κελύφους - δώματος και αντικατάσταση κουφωμάτων.

Στην παράγραφο αυτή θα εξεταστεί ο συνδυασμός θερμομόνωσης και αντικατάστασης κουφωμάτων. Με βάση τα αποτελέσματα που είχαμε προηγουμένως, η θερμομόνωση του κτιρίου επιλέγεται να τοποθετηθεί στο κέλυφος και στο δώμα και όχι στο δάπεδο που βρίσκεται σε επαφή με το μη θερμαινόμενο υπόγειο. Το μονωτικό που τοποθετείται είναι και πάλι με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,031$ W/mK, πάχους 5 cm. Τα νέα κουφώματα είναι από PVC με θερμοδιακοπή και τριπλό τζάμι με συντελεστές $U_f=1,1$ W/m²K και $U_g=0,8$ W/m²K.

Μετά από ενεργειακή μελέτη παρατηρείται ότι υπάρχει σημαντική μείωση στην ετήσια κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου, που φυσικά έχει σαν συνέπεια εξοικονόμηση στην κατανάλωση ηλεκτρισμού. Η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειώνεται σε 354,4 KWh/m² ενώ της συνολικής κατανάλωσης σε 108,1 KWh/m². Ο συνδυασμός αυτός παρουσιάζεται στο Σενάριο 3 του Πίνακα 6.28.

Πίνακας 6.28: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Σενάριο 1: Θερμομόνωση κελύφους & δώματος, Σενάριο 2: Συνολική θερμομόνωση, Σενάριο 3: Θερμομόνωση κελύφους & δώματος και αντικατάσταση κουφωμάτων.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	22.9	142.5	79.8	75.8	46.4
	Ψύξη	60.7	144.7	117.3	117.3	105.7
	ΖΗΚ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	123.5	161.2	161.2	161.2	161.2
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	207.1	448.4	358.3	354.4	313.4
	Κατάταξη	-	E	Δ	Δ	Δ

Το συνολικό κόστος της επένδυσης για αυτές τις παρεμβάσεις ανεβαίνει και εκτιμάται λίγο πάνω από 60.000 €, δηλαδή 108,0 €/m². Βάση αυτού του ποσού η απόσβεση υπολογίζεται να πραγματοποιηθεί σε 20,4 έτη, χρονικό διάστημα που μοιάζει απαγορευτικό για να προτιμηθεί η επένδυση σε αυτόν τον συνδυασμό εργασιών.

Πίνακας 6.29 Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Σενάριο 1: Θερμομόνωση κελύφους & δώματος, Σενάριο 2: Συνολική θερμομόνωση, Σενάριο 3: Θερμομόνωση κελύφους & δώματος και αντικατάσταση κουφωμάτων.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,561.7	9,875.4	7,890.0	7,804.0	6,901.4
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			30,416.0	33,041.0	60,819.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			90.1	94.0	135.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			20.1	21.0	30.1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.6	0.6	0.8
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			30.8	32.1	46.1
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			15.3	16.0	20.4

3) Αντικατάσταση φωτιστικών και αυτόματος έλεγχος φωτισμού.

Ο φωτισμός στα κτίρια του τριτογενή τομέα παίζει σημαντικό ρόλο σε αντίθεση με τις κατοικίες που θεωρείται ασήμαντος. Η βέλτιστη δυνατή λύση όσον αφορά το φωτισμό στο κτίριο γραφείων του παραδείγματος είναι η εγκατάσταση φωτιστικών με λαμπτήρες led, με πυκνότητα ισχύος φωτισμού 2,50 W/m²/100lx, και η τοποθέτηση συστήματος αυτόματου ελέγχου του φυσικού φωτισμού σε συνδυασμό με ανιχνευτές παρουσίας για αυτόματη έναυση και σβέση.

Το αποτέλεσμα των παρεμβάσεων στο φωτισμό είναι η μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας στις 390,3 KWh/m² ενώ της συνολικής κατανάλωσης σε 134,6 KWh/m². Τα ενεργειακά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.30.

Πίνακας 6.30: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Σενάριο 1: Αντικατάσταση φωτιστικών & αυτόματος έλεγχος φωτισμού.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Θέρμανση	22.9	142.5	177.5
	Ψύξη	60.7	144.7	130.2
	ΖΝΚ	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	123.5	161.2	82.6
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	207.1	448.4	390.3
	Κατάταξη	-	E	E

Το συνολικό κόστος της επένδυσης για την αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού υπολογίζεται σε 13.500 €, δηλαδή 23,9 €/m², και η απόσβεση της επένδυσης αναμένεται να πραγματοποιηθεί σε 10,6 έτη, σύμφωνα με τον Πίνακα 6.31.

Πίνακας 6.31 Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής – Σενάριο 1: Αντικατάσταση φωτιστικών & αυτόματος έλεγχος φωτισμού.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,561.7	9,875.4	8,595.9
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			13,500.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			58.1
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			13.0
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.4
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			19.8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			10.6

4) Νέα εγκατάσταση κλιματισμού και εξαερισμός με εναλλάκτες θερμότητας.

Στον τριτογενή τομέα τα συστήματα έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στις καταναλώσεις ενέργειας των κτιρίων. Ένας συνδυασμός παρεμβάσεων που έχει καλά ενεργειακά αποτελέσματα σε κτίρια γραφείων είναι της αναβάθμισης των συστημάτων κλιματισμού και εξαερισμού. Για τον κλιματισμό εγκαθίσταται για κάθε όροφο εξωτερική κλιματιστική μηχανή με σύστημα VRV, που αποδίδει στη θέρμανση ισχύ 16 kW με συντελεστή COP=4,2 και στην ψύξη ισχύ 14 kW με EER=3,8, ενώ για την κάλυψη των αναγκών εξαερισμού τοποθετούνται εναλλάκτες θερμότητας με συντελεστή ανάκτησης 70%.

Με τον συγκεκριμένο ζεύγος παρεμβάσεων προκύπτει μεγάλη πτώση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας στις **234,6 kWh/m²**, κατατάσσοντας πλέον το κτίριο γραφείων στην ενεργειακή κατηγορία "Γ". Οι νέες ετήσιες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση του κτιρίου παρουσιάζονται στο Σενάριο 1 του Πίνακα 6.32.

Το κόστος για την εκτέλεση των συγκεκριμένων εργασιών ανεβαίνει σημαντικά και υπολογίζεται σε 63.000 €, που αντιστοιχεί σε 111,5 €/m², με τον χρόνο αποπληρωμής της αρχικής επένδυσης να υπολογίζεται σε 13,4 έτη, όπως αποτυπώνεται στον Πίνακα 6.33.

5) Αναβάθμιση συστημάτων κλιματισμού, εξαερισμού και φωτισμού.

Στην παράγραφο αυτή θα πραγματοποιηθούν συνδυασμοί παρεμβάσεων που θα επηρεάσουν την κατανάλωση και στις 3 χρήσεις του κτιρίου, θέρμανση, ψύξη και φωτισμό. Θα εξεταστούν δύο περιπτώσεις. Στη μία θα γίνει εγκατάσταση νέου συστήματος κλιματισμού και εξαερισμού, αλλά και νέων φωτιστικών (Σενάριο 2) και στην επόμενη στις παραπάνω εργασίες θα προστεθεί και η τοποθέτηση αυτόματου ελέγχου του συστήματος φωτισμού (Σενάριο 3). Τα ενεργειακά χαρακτηριστικά όλων των συστημάτων παραμένουν όμοια με αυτά των δύο προαναφερθέντων περιπτώσεων.

Μετά από ενεργειακές μελέτες για τις δύο αυτές περιπτώσεις προκύπτει μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας σε 174,2 και 160,6 kWh/m² αντίστοιχα. Και στις δύο περιπτώσεις το κτίριο ταξινομείται πλέον στην ενεργειακή κατηγορία "B" ενώ οι υπολογιζόμενες ετήσιες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας απεικονίζονται στα Σενάρια 2 & 3 του Πίνακα 6.32.

Πίνακας 6.32: Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Σενάριο 1: Αντικατάσταση κλιματισμού, εξαερισμού, Σενάριο 2: Προσθήκη αντικατάστασης φωτιστικών, Σενάριο 3: Προσθήκη τοποθέτησης αυτόματου ελέγχου φωτισμού.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Θέρμανση	22.9	142.5	35.7	42.3	43.9
	Ψύξη	60.7	144.7	37.6	34.7	34.0
	ΖΝΧ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	123.5	161.2	161.2	97.1	82.6
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	207.1	448.4	234.6	174.2	160.6
	Κατάταξη	-	Ε	Γ	Β	Β

Το συνολικό κόστος της επένδυσης για την πρώτη περίπτωση εκτιμάται σε 71.500 €, δηλαδή 126,5 €/m², και με την προσθήκη του αυτόματου ελέγχου στα φώτα ανεβαίνει στα 76.500 €, δηλαδή 135,4 €/m². Βάση των συγκεκριμένων ποσών η απόσβεση υπολογίζεται να πραγματοποιηθεί σε 11,8 και 12,1 έτη αντίστοιχα, όπως φανερώνει ο Πίνακας 6.33.

Πίνακας 6.33 Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Σενάριο 1: Αντικατάσταση κλιματισμού, εξαερισμού, Σενάριο 2: Προσθήκη αντικατάστασης φωτιστικών, Σενάριο 3: Προσθήκη τοποθέτησης αυτόματου ελέγχου φωτισμού.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,561.7	9,875.4	5,164.6	3,834.5	3,535.2
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			63,000.0	71,500.0	76,500.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			213.9	274.3	287.8
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			47.7	61.2	64.2
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.5	0.5	0.5
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			73.0	93.6	98.3
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			13.4	11.8	12.1

6) Θερμομόνωση κελύφους & δώματος, αντικατάσταση κουφωμάτων και αναβάθμιση συστημάτων κλιματισμού, εξαερισμού & φωτισμού.

Σε αυτήν την παράγραφο θα γίνει ανάλυση του συνδυασμού όλων των προαναφερθέντων παρεμβάσεων βελτίωσης. Δηλαδή αφού εξασφαλιστεί η ενεργειακή “θωράκιση” του κτιρίου, θα αναβαθμιστούν όλα τα συστήματα του με στόχο να διαπιστωθεί κατά πόσο είναι αποτελεσματική συμφέρουσα η λύση αυτή. Οι συντελεστές είναι όμοιοι με αυτούς που χρησιμοποιήθηκαν στα προηγούμενα παραδείγματα. Η μόνη διαφορά είναι ότι με την τοποθέτηση θερμομόνωσης και νέων θερμοδιακοπτόμενων κουφωμάτων οι απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου είναι μικρότερες και επομένως η ισχύς του συστήματος κλιματισμού που θα εγκατασταθεί θα είναι προσαρμοσμένη στα νέα δεδομένα. Έτσι επιλέγεται εξωτερική κλιματιστική μονάδα που αποδίδει στη θέρμανση ισχύ 8 kW με συντελεστή COP=4,4 και στην ψύξη ισχύ 6 kW με EER=4,0.

Το αποτέλεσμα του συνδυασμού όλων αυτών των παρεμβάσεων είναι φυσικά ο σημαντικότερος περιορισμός της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας σε 120,4 kWh/m², με το κτίριο να ανεβαίνει στην ενεργειακή κατηγορία “B+”.

Πίνακας 6.34 Ενεργειακή κατάταξη και σύγκριση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας με υπάρχον κτίριο - Σενάριο: Θερμομόνωση κελύφους-δώμα, αντικατάσταση κουφωμάτων, κλιματισμού, εξαερισμού, φωτιστικών & αυτόματος έλεγχος φωτισμού.

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Θέρμανση	22.9	142.5	14.5
	Ψύξη	60.7	144.7	23.3
	ZNκ	0.0	0.0	0.0
	Φωτισμός	123.5	161.2	82.6
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0
	Σύνολο	207.1	448.4	120.4
	Κατάταξη	-	E	B+

Το κόστος για το σύνολο των ενεργειακών παρεμβάσεων εκτινάσσεται στα 122.500 €, που αντιστοιχεί σε 216,8 €/m², με τον χρόνο αποπληρωμής του μεγάλου αυτού αρχικού κεφαλαίου να υπολογίζεται σε 16,9 έτη. Η επένδυση αυτή δεν χαρακτηρίζεται οικονομικά αποδεκτή, μιας και απαιτεί πολύ υψηλό κεφάλαιο, το οποίο αργεί υπερβολικά να αποσβεστεί.

Πίνακας 6.35 Υπολογισμός λειτουργικού κόστους και εκτίμηση περιόδου αποπληρωμής - Σενάριο: Θερμομόνωση κελύφους-δώμα, αντικατάσταση κουφωμάτων, κλιματισμού, εξαερισμού, φωτιστικών & αυτόματος έλεγχος φωτισμού.

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	4,561.7	9,875.4	2,650.7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			122,319.2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			328.0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			73.2
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0.7
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			112.0
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			16.9

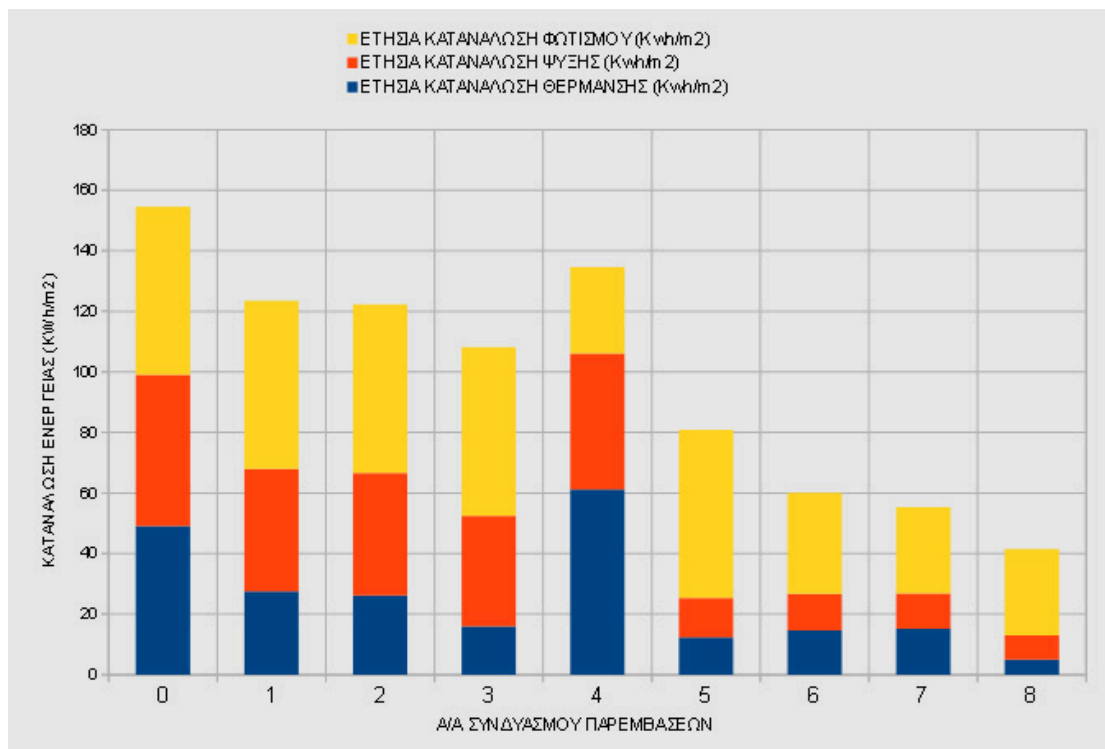
6.6 Συμπεράσματα συνδυασμένων παρεμβάσεων στο πρότυπο κτίριο γραφείων

Τα αποτελέσματα των συνδυασμένων παρεμβάσεων που αναλύθηκαν στα προηγούμενα παράγραφο παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 6.36 που ακολουθεί.

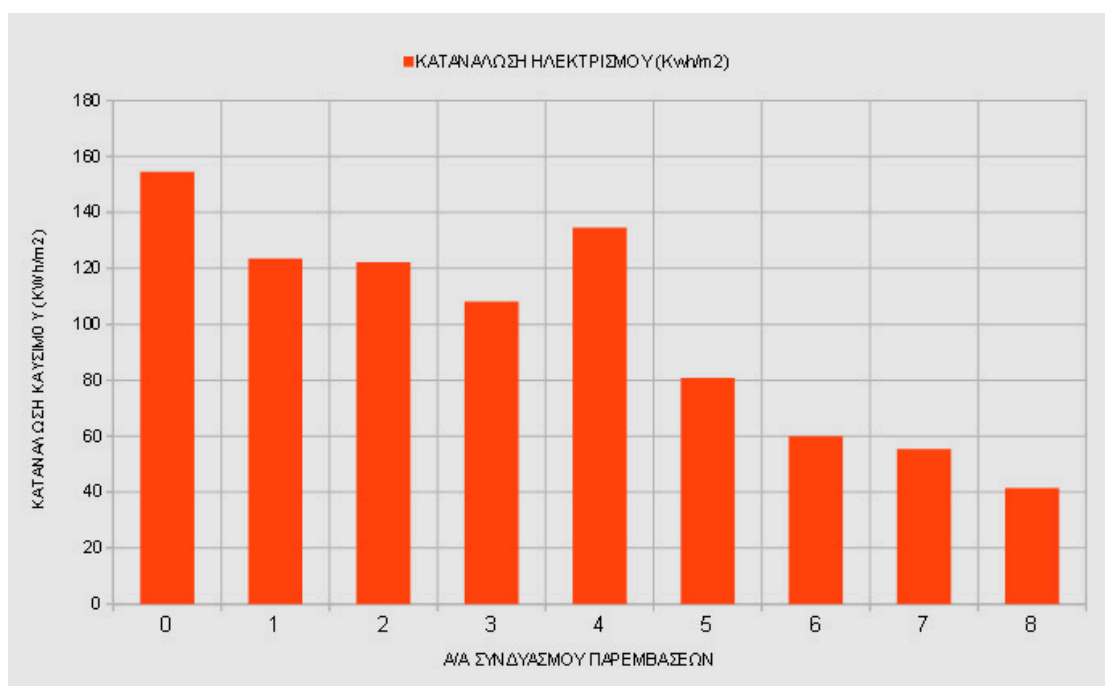
Πίνακας 6.36 Σύνοψη αποτελεσμάτων συνδυασμού ενεργειακών παρεμβάσεων σε κτίριο γραφείων.

Α/Α ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ	ΠΡΟΤΥΠΟ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΔΩΜΑ 5cm + ΚΕΛΥΦΟΣ 5cm	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 5cm	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ (ΔΩΜΑ+ΚΕΛΥΦΟΣ) + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ PVC	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ VRV + ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ VRV + ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ + ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ LED	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ VRV + ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ + ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ LED + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ (ΔΩΜΑ+ΚΕΛΥΦΟΣ) + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ VRV + ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ + ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ LED + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	-	30500	33000	61000	13500	63000	71500	76500	122500
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ (€/m ²)	-	54.0	58.4	108.0	23.9	111.5	126.5	135.4	216.8
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	448.4	358.3	354.4	313.3	390.3	234.6	174.2	160.6	120.4
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤ. ΕΝΕΡ. ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (Kwh/m ²)	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	Ε	Δ	Δ	Δ	Ε	Γ	Β	Β	Β+
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (Kwh/m ²)	49.1	27.5	26.2	16	61.2	12.3	14.6	15.1	5.0
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΨΥΞΗΣ (Kwh/m ²)	49.9	40.4	40.4	36.5	44.9	13.0	12.0	11.7	8.0
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	55.6	55.6	55.6	55.6	28.5	55.6	33.5	28.5	28.5
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	154.6	123.5	122.2	108.1	134.6	80.9	60.0	55.4	41.5
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Kwh/m ²)	154.6	123.5	122.2	108.1	134.6	80.9	60.0	55.4	41.5
ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (Kg/m ²)	152.9	122.1	120.8	106.8	133.1	79.9	59.3	54.6	40.9
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m ²)	-	90.1	94.0	135.1	58.1	213.8	274.2	287.8	328.0
ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ (Kg/m ²)	-	30.8	32.1	46.1	19.8	73.0	93.6	98.3	112.0
ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)	-	15.3	16.0	20.4	10.6	13.4	11.8	12.1	16.9

Με βάση τον Πίνακα 6.36 δημιουργήθηκαν ορισμένα διαγράμματα που θα βοηθήσουν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Στο πρώτο [Σχήμα 6.8] απεικονίζεται η ετήσια κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό και στο δεύτερο [Σχήμα 6.9] η κατανάλωση καυσίμων ανά παρέμβαση σε σύγκριση με τις καταναλώσεις του υπάρχοντος κτιρίου. Φυσικά στο δεύτερο διάγραμμα ο ηλεκτρισμός είναι το μόνο καύσιμο που χρησιμοποιείται στο κτίριο σε όλες τις περιπτώσεις.

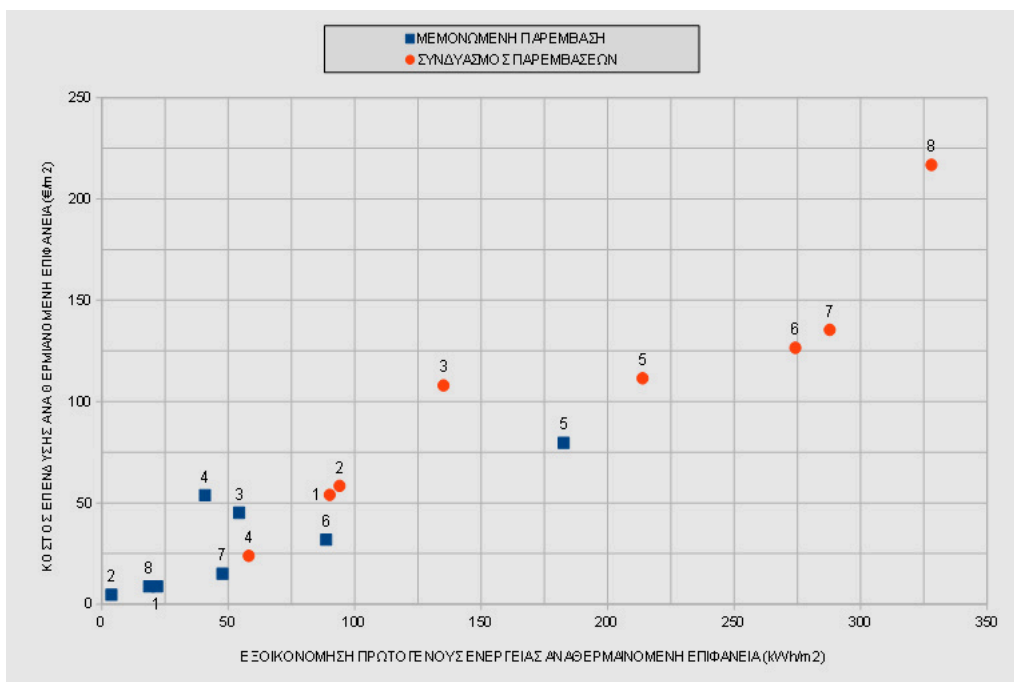


Σχήμα 6.8: Διάγραμμα ετήσιων καταναλώσεων ανά είδος συνδυασμών παρεμβάσεων σε σύγκριση με το υφιστάμενο κτίριο γραφείων.

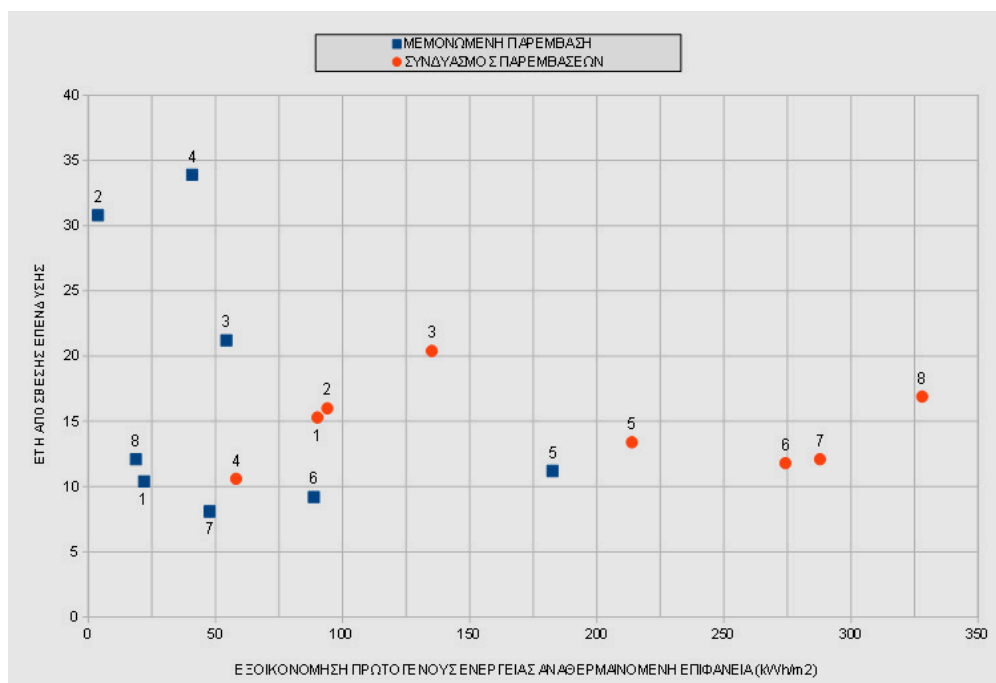


Σχήμα 6.9: Διάγραμμα ετήσιων καταναλώσεων ανά καύσιμο συνδυασμών παρεμβάσεων σε σύγκριση με το υφιστάμενο κτίριο γραφείων.

Στα ακόλουθα διαγράμματα τοποθετήθηκαν τα αποτελέσματα στην ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε συνάρτηση αρχικά με το κόστος της επένδυσης ανά θερμαινόμενη επιφάνεια [Σχήμα 6.10] και έπειτα με το χρόνο αποπληρωμής της επένδυσης [Σχήμα 6.11] για τους συνδυασμούς παρεμβάσεων της Παραγράφου 6.5 αλλά και για τις μεμονωμένες εργασίες της Παραγράφου 6.3. Από τα δύο διαγράμματα προκύπτει ότι καλή αναλογία σε εξοικονόμηση ενέργειας και κόστος ή χρόνο απόσβεσης έχουν οι συνδυασμοί που περιέχουν παρεμβάσεις στα συστήματα του κτιρίου, ενώ αυτοί που περιέχουν παρεμβάσεις στο περίβλημα του (θερμομόνωση, κουφώματα) δεν έχουν αντίστοιχα αποτελέσματα.



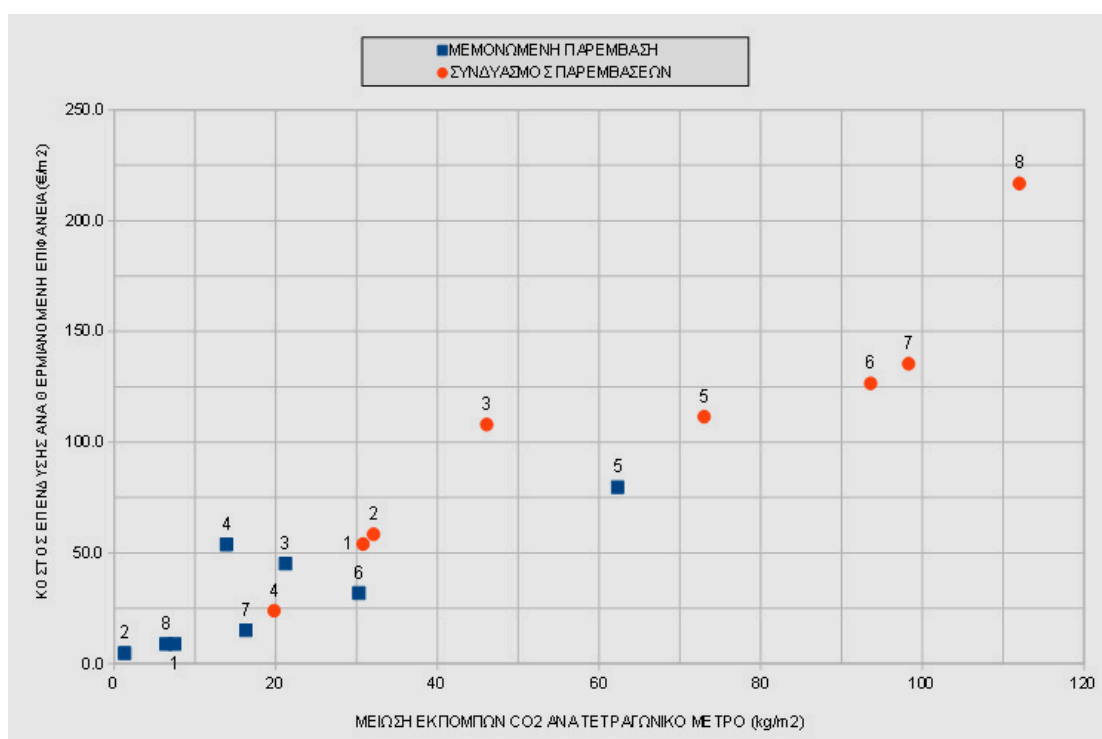
Σχήμα 6.10: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά τ.μ. συναρτήσει του κόστους επένδυσης ανά τ.μ. συνδυασμού παρεμβάσεων σε κτίριο γραφείων.



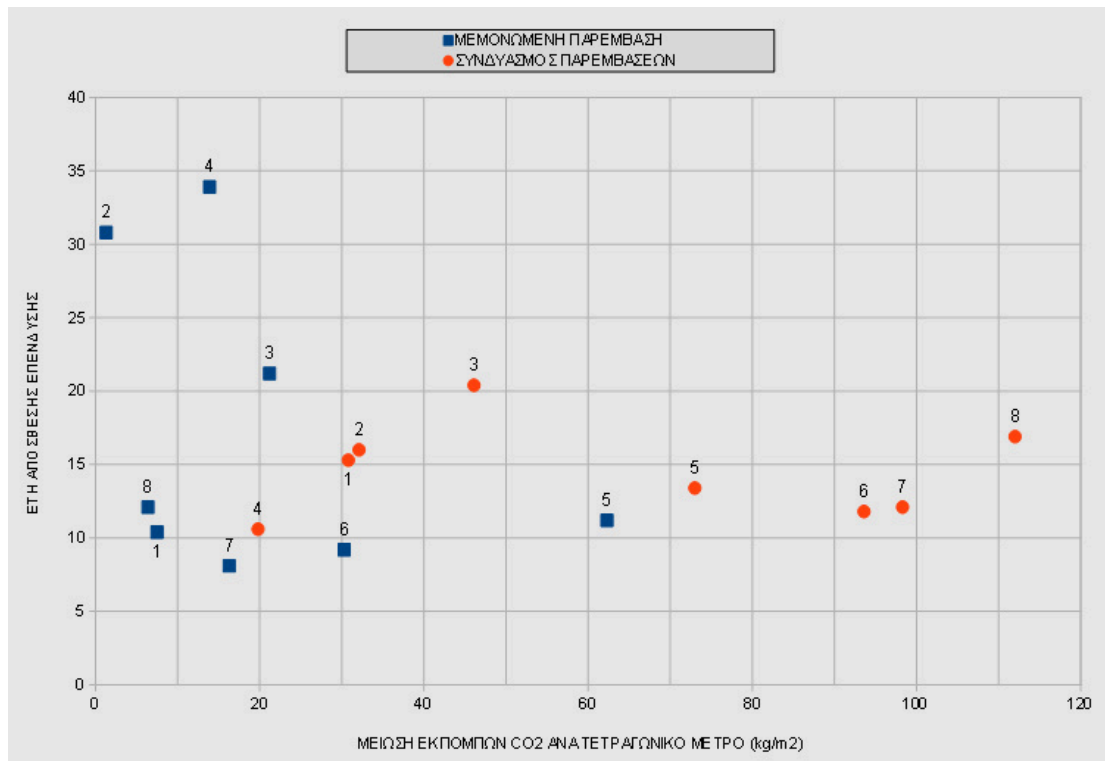
Σχήμα 6.11: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά τ.μ. συναρτήσει του χρόνου αποπληρωμής της επένδυσης συνδυασμού παρεμβάσεων σε κτίριο γραφείων.

Συγκεκριμένα έχει πολύ καλύτερο ενεργειακό αποτέλεσμα η μεμονωμένη παρέμβαση της εγκατάστασης νέου συστήματος κλιματισμού (A/A 5 Μπλε) από οποιοδήποτε συνδυασμό εργασιών στο κέλυφος του κτιρίου (A/A 1,2,3 κόκκινο). Ο ιδανικότερος συνδυασμός πάντως φαίνεται να είναι η παρέμβαση σε όλα τα συστήματα του κτιρίου, κλιματισμό, εξαερισμό και φωτισμό (A/A 7 κόκκινο) που επιτυγχάνει υψηλότερη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και αποσβένεται σε πολύ λογικό και ανεκτό χρονικό διάστημα.

Παράλληλα στα επόμενα διαγράμματα τοποθετήθηκε η μείωση των εκπομπών CO₂ σε συνάρτηση με το κόστος της επένδυσης ανά θερμαινόμενη επιφάνεια [Σχήμα 6.12] αλλά και του απαιτούμενου χρόνου αποπληρωμής [Σχήμα 6.13]. Και από αυτά προκύπτουν ανάλογα συμπεράσματα με τα Σχήματα 6.10 & 6.11, κάτι απολύτως φυσιολογικό μιας και ο ηλεκτρισμός είναι το μόνο καύσιμο που χρησιμοποιείται στο κτίριο γραφείων και επομένως η μείωση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας προκαλεί ακριβώς αντίστοιχη μείωση στις εκπομπές CO₂.



Σχήμα 6.12: Μείωση εκπομπών CO₂ ανά τ.μ. συναρτήσει του κόστους επένδυσης ανά τ.μ. συνδυασμού παρεμβάσεων σε κτίριο γραφείων.



Σχήμα 6.13: Μείωση εκπομπών CO₂ ανά τ.μ. συναρτήσει του χρόνου αποπληρωμής της επένδυσης συνδυασμού παρεμβάσεων σε κτίριο γραφείων.

6.7 Δέσμες μέτρων για την μετατροπή των γραφείων σε κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Για να μετατραπεί ένα κτίριο του τριτογενή τομέα σε μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης πρέπει αρχικά να ληφθούν μέτρα ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο οι ενεργειακές απαιτήσεις του και στη συνέχεια αυτές να καλυφθούν, αν είναι αυτό δυνατό, σε ετήσια βάση με εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Όπως αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους οι παρεμβάσεις στο κέλυφος δεν προτιμούνται για οικονομικούς λόγους αλλά για την επίτευξη ενός κτιρίου χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης είναι απαραίτητες. Με στόχο να φτάσει το υπό μελέτη κτίριο γραφείων του παραδείγματος να έχει συνολικά σε ετήσια βάση μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο, θα εκτελεστούν κατά σειρά οι ακόλουθες εργασίες αναβάθμισης:

1) Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στο σύνολο των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου, δηλαδή κελύφους, στέγης και δαπέδου. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού είναι $\lambda=0,031 \text{ W/m}^2\text{K}$ και το πάχος του είναι 10 cm για όλη την περίμετρο του κτιρίου. Το εκτιμώμενο κόστος των εργασιών είναι 57 €/m² για το κέλυφος, 37 €/m² για το δάπεδο προς πυλωτή και 47 €/m² για το δώμα, με τη συνολική δαπάνη να φτάνει τα 38.000 €.

2) Αντικατάσταση παλιών κουφωμάτων. Τα νέα κουφώματα επιλέγεται να είναι κατασκευασμένα από PVC, που εξασφαλίζει ιδιαίτερα χαμηλούς συντελεστές πλαισίου $U_f=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ με τριπλό υαλοπίνακα με κενό 12mm (4-12-4-12-4), επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων και αργό στα διάκενα, τελικού συντελεστή $U_g=0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Το κόστος για τα κουφώματα αυτά είναι 240 €/m², πράγμα που σημαίνει ότι η δαπάνη της παρέμβασης για το σύνολο του κτιρίου είναι 30.000 €.

3) Εγκατάσταση νέου συστήματος κλιματισμού. Κάθε ιδιοκτησία θα καλύπτει τις ανάγκες της με μία εξωτερική κλιματιστική μονάδα που αποδίδει στη θέρμανση ισχύ 8 kW με συντελεστή COP=4,4 και στην ψύξη ισχύ 6 kW με EER=4,0. Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης για 6 τέτοια συστήματα υπολογίζεται σε 30.000 €.

4) Εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας. Για την κάλυψη των αναγκών αερισμού των χώρων του κτιρίου τοποθετούνται εναλλάκτες θερμότητας με συντελεστή ανάκτησης 70%, ώστε να μειωθούν ακόμα περισσότερο οι απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης και κατά συνέπεια να αυξηθεί η απόδοση του συστήματος κλιματισμού. Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης των απαιτούμενων εναλλακτών υπολογίζεται σε 18.000 €.

5) Αντικατάσταση φωτιστικών. Για να μειωθούν οι καταναλώσεις ενέργειας για φωτισμό των γραφείων τοποθετούνται νέα φωτιστικά με λαμπτήρες led, πυκνότητας ισχύος φωτισμού 2,50 W/m²/100lx. Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης των απαιτούμενων φωτιστικών για το σύνολο του κτιρίου υπολογίζεται σε 8.500 €.

6) Εγκατάσταση συστημάτων αυτόματου ελέγχου του φωτισμού. Συγκεκριμένα τοποθετούνται φωτοκύτταρα στους χώρους των γραφείων για αυτόματο έλεγχο του φυσικού φωτισμού και ανιχνευτές παρουσίας για αυτόματη έναυση και σβέση χωρίς τη χρήση χειροκίνητων διακοπών. Το συνολικό κόστος της παρέμβασης υπολογίζεται σε 5.000 €.

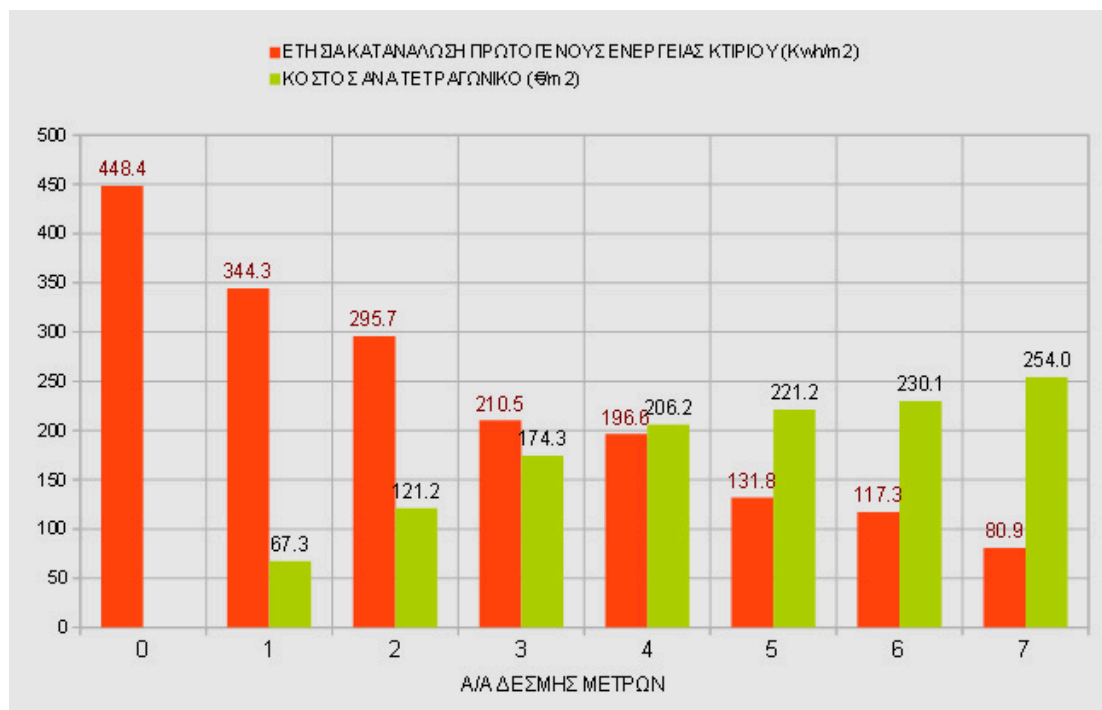
7) Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος. Με το συνδυασμό των ανωτέρω παρεμβάσεων το κτίριο γραφείων έχει μειώσει όσο είναι δυνατό τις ενεργειακές του απαιτήσεις. Με στόχο την επίτευξη του στόχου του μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου πρέπει να υπάρξει παραγωγή ενέργειας από το ίδιο το κτίριο. Αυτό επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση συστήματος φωτοβολταϊκών στο δώμα για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ο διαθέσιμος χώρος στο δώμα είναι 80 τ.μ., και σε αυτόν μπορούν να τοποθετηθούν 30,6 τ.μ. φωτοβολταϊκών πάνελ για παραγωγή ρεύματος συνολικής ισχύος 6,5 kW. Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης υπολογίζεται σε 13.500 €.

Τα αποτελέσματα των ενεργειακών μελετών για τις παραπάνω δέσμες μέτρων παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 6.37. Στον Πίνακα αυτόν περιγράφονται ο συνδυασμός εργασιών ενεργειακής αναβάθμισης και ακολουθεί το εκτιμώμενο κόστος, το επιμερισμένο κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο και η υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου, η οποία διαιρούμενη με την πρωτογενή ενέργεια του κτιρίου αναφοράς, που είναι σταθερή και ίση με 207,1 kWh/m², δίνει την ενεργειακή του κατηγορία. Στη συνέχεια παρατίθενται οι επιμέρους ετήσιες καταναλώσεις ανά τ.μ. του κτιρίου γραφείων για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό, οι καταναλώσεις ανά καύσιμο (ηλεκτρισμός, φωτοβολταϊκά), και συγκεντρωτικά η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές CO₂. Τέλος υπολογίζεται η ανά τετραγωνικό μέτρο εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με το αρχικό κτίριο, η μείωση στις εκπομπές CO₂ και ο χρόνος που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης.

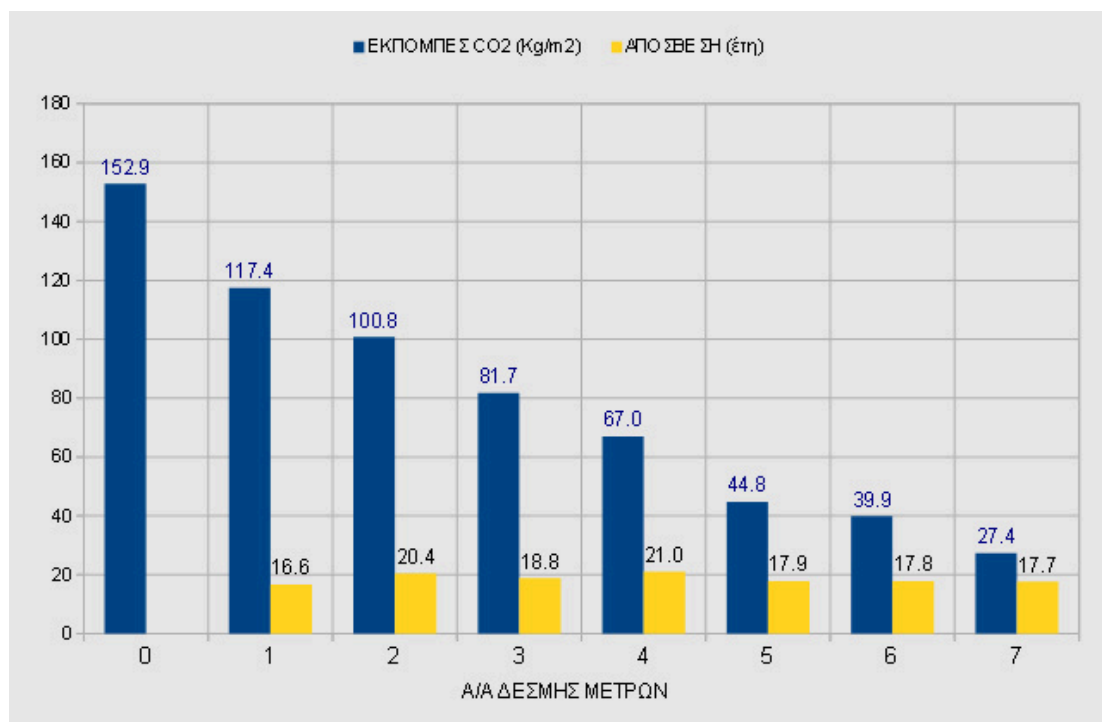
Πίνακας 6.37: Αποτελέσματα δεσμών μέτρων ενεργειακών παρεμβάσεων.

Α/Α ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	0	1	2	3	4	5	6	7
ΔΕΞΜΕΣ ΜΕΤΡΩΝ	ΠΡΟΤΥΠΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ 10cm	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ PVC	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ + ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ + ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ + ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ LED	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ + ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ + ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ LED + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ + ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ + ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ + ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ + ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ + ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ + ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	-	38000	68500	98500	116500	125000	130000	143500
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ (€/m ²)	-	67.3	121.2	174.3	206.2	221.2	230.1	254.0
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Kwh/m²)	448.4	344.3	295.7	210.5	196.6	131.8	117.3	80.9
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤ. ΕΝΕΡ. ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (Kwh/m²)	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1	207.1
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	E	Δ	Δ	Γ	B	B+	B+	A
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (Kwh/m ²)	49.1	23.5	10.9	4.5	3.1	3.9	4.1	4.1
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΨΥΞΗΣ (Kwh/m ²)	49.9	39.7	35.4	12.5	9.1	8.1	7.9	7.9
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	33.5	28.5	28.5
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ (Kwh/m ²)	154.6	118.7	102.0	72.6	67.8	45.5	40.5	27.9
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Kwh/m ²)	154.6	118.7	102.0	72.6	67.8	45.5	40.5	27.9
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (Kwh/m ²)	-	-	-	-	-	-	-	12.6
ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (Kg/m ²)	152.9	117.4	100.8	81.7	67.0	44.8	39.9	27.4
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (Kwh/m ²)	-	104.1	152.7	237.9	251.8	316.6	331.1	367.5
ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ (Kg/m ²)	-	35.5	52.1	71.2	85.9	108.1	113.0	125.5
ΑΠΟΣΒΕΣΗ (έτη)	-	16.6	20.4	18.8	21.0	17.9	17.8	17.7

Με βάση τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.37, δημιουργούνται 2 διαγράμματα. Στο πρώτο [Σχήμα 6.14] απεικονίζεται σε κοινό διάγραμμα η πορεία της κατανάλωσης ανά τ.μ. του κτιρίου γραφείων προς τη μηδενική κατανάλωση και παράλληλα η πορεία του εκτιμώμενου κόστους ανά τ.μ., το οποίο αναμενόμενα ακολουθεί ανάποδη πορεία. Στο δεύτερο [Σχήμα 6.15] απεικονίζονται η πτωτική πορεία των εκπομπών CO₂ ανά τ.μ. και ο εκτιμώμενος χρόνος που απαιτείται για την αποπληρωμή του αρχικού κεφαλαίου της επένδυσης.



Σχήμα 6.14: Κοινή απεικόνιση της πορείας της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας ανά τ.μ. και του κόστους επένδυσης ανά τ.μ. ανά εφαρμοζόμενη δέσμη μέτρων.



Σχήμα 6.15: Κοινή απεικόνιση της πορείας της εκπομπών CO₂ ανά τ.μ. και του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης ανά εφαρμοζόμενη δέσμη μέτρων.

Παρατηρούμε ότι στην συγκεκριμένη περίπτωση κτιρίου γραφείων δεν ήταν δυνατή η επίτευξη της μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, ωστόσο τα γραφεία έχουν φτάσει να έχουν πλέον αρκετά χαμηλή ετήσια κατανάλωση. Γενικά στα κτίρια του τριτογενή τομέα είναι δυσκολότερη η επίτευξη του στόχου του μηδενικού ενεργειακού ισοζυγίου, λόγω των υψηλών καταναλώσεων που έχουν συστήματα κλιματισμού και φωτισμού.

Το σίγουρο πάντως είναι ότι για την αναβάθμιση ενός κτιρίου του τριτογενή τομέα ώστε να πλησιάσει όσο το δυνατό περισσότερο τη μηδενική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας απαιτείται υψηλότατο αρχικό κεφάλαιο. Άλλωστε στο συγκεκριμένο κτίριο γραφείων για να μειωθεί η ετήσια κατανάλωση ενέργειας στις $80,9 \text{ kWh/m}^2$ απαιτείται επένδυση της τάξεως των 254 €/m^2 , με το χρόνο απόσβεσης να εκτιμάται 17,7 έτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

7.1 Συμπεράσματα

Η εξοικονόμηση και ορθολογική χρήση της ενέργειας στον κτιριακό τομέα αποτελεί στις μέρες μας επιτακτική ανάγκη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση το έχει αντιληφθεί φυσικά αυτό και θεσπίζει συνεχώς νόμους και προγράμματα για την προσαρμογή των χωρών-μελών της σε αυτή τη λογική. Η Ελλάδα, με αργούς είναι η αλήθεια ρυθμούς, δείχνει να προσαρμόζεται στα νέα δεδομένα προσπαθώντας να επιτύχει τους στόχους που της έχουν ζητηθεί. Ο κτιριακός τομέας, που αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας, έχει πάρα πολλά περιθώρια βελτίωσης μέσω αυστηρών προδιαγραφών για τις νέες οικοδομές και εργασιών αναβάθμισης για το υφιστάμενο ενεργοβόρο κτιριακό δυναμικό.

Στο πλαίσιο αυτό, στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνήθηκαν τεχνικές προτάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων σε διάφορες περιοχές της Ελληνικής επικράτειας και εκτιμήθηκαν ως προς το κόστος τους και τον χρόνο αποπληρωμής τους. Για να είναι το δείγμα όσο πιο ευρύ γίνεται μελετήθηκαν 3 διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης (πολυκατοικία, μονοκατοικία, κτίριο γραφείων) σε 3 διαφορετικές κλιματικές ζώνες (Β, Δ, Γ αντίστοιχα).

Το αρχικό συμπέρασμα είναι ότι για να γίνει σοβαρή εξοικονόμηση στις καταναλώσεις ενέργειας των κτιρίων πρέπει να γίνουν συνδυασμοί παρεμβάσεων και όχι μεμονωμένες εργασίες, καθώς αρκετές φορές αυτές δρουν συμπληρωματικά βοηθώντας η μία τη λειτουργία της άλλης, όπως στην περίπτωση θερμομόνωσης και αντικατάστασης του συστήματος θέρμανσης. Άλλωστε στην περίπτωση των κτιρίων μεγάλης ηλικίας, όπως τα συγκεκριμένα αλλά και τα περισσότερα στην ελληνική επικράτεια, η σπατάλη καυσίμων είναι μεγάλη και καμία μεμονωμένη παρέμβαση δεν μπορεί να τα “μεταμορφώσει” ενεργειακά.

Άλλο ένα συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι στην περίπτωση των κατοικιών, ειδικά αν πρόκειται για κτίρια χωρίς καμία θερμομονωτική προστασία, το σημαντικότερο μέτρο είναι η “θωράκιση” του κτιρίου με τοποθέτηση θερμομόνωσης και νέων ενεργειακών κουφωμάτων. Αντίθετα στην περίπτωση κτιρίων του τριτογενή τομέα πρέπει να δοθεί κυρίως έμφαση στην αναβάθμιση των συστημάτων και λιγότερο στο κέλυφος του κτιρίου, ακόμα και αν είναι σε κακή ενεργειακή κατάσταση, μιας και η απόσβεση της όποιας επένδυσης σε αυτό αργεί σημαντικά.

Στην εργασία επίσης επιχειρήθηκε η μετατροπή των υφιστάμενων κτιρίων σε μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και εκτιμήθηκε το συνολικό κόστος που απαιτείται και ο απαιτούμενος χρόνος αποπληρωμής. Στα κτίρια του οικιακού τομέα, πολυκατοικία και μονοκατοικία, αυτό σχεδόν επιτεύχθηκε τελικά με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Στο σημείο αυτό βέβαια υπάρχει ένας ενδοιασμός καθώς υπάρχουν πολλές περιπτώσεις που είτε λόγω σκίασης, είτε λόγω κακού προσανατολισμού, δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση των απαιτούμενων φωτοβολταϊκών πάνελ ώστε να ισοσκελιστεί η κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου.

Στην περίπτωση του κτιρίου γραφείων το μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο δεν επιτεύχθηκε, κυρίως λόγω της κατανάλωσης για φωτισμό, η οποία στις κατοικίες θεωρείται μικρή και δεν υπολογίζεται. Ωστόσο υπάρχουν και άλλες παρεμβάσεις που υπό προϋποθέσεις μπορούν να συνεισφέρουν προς την κατεύθυνση του κτιρίου μηδενικής κατανάλωσης. Μία τέτοια είναι η εγκατάσταση μικρής ανεμογεννήτριας στην οροφή των κτιρίων. Οι οικιακές ανεμογεννήτριες για να λειτουργήσουν αποδοτικά και να έχει νόημα, ενεργειακό και οικονομικό, η εγκατάσταση τους

απαιτείται καλό αιολικό δυναμικό κάτι στις πόλεις δύσκολα υπάρχει λόγω του πυκνής δόμησης. Μία άλλη λύση είναι η εγκατάσταση μικρής μονάδας συμπαραγωγής (ΣΗΘ). Η εμπειρία όμως από τη λειτουργία μονάδων ΣΗΘ στην Ελλάδα είναι πικρή, όπως τονίζει ο Ελληνικός Σύνδεσμος Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας [42], και το σημερινό περιβάλλον της ενεργειακής αγοράς καθιστά απαγορευτική κάθε σκέψη για επένδυση σε νέες εγκαταστάσεις συμπαραγωγής.

Γενικά από τα αποτελέσματα των τριών παραδειγμάτων που εξετάστηκαν συμπεραίνουμε ότι είναι προτιμότερο και ελκυστικότερο επενδυτικά να προτιμηθούν δέσμες μέτρων που θα αναβαθμίσουν ως ένα σημείο το κτίριο προσβλέποντας σε σχετικά σύντομη αποπληρωμή. Ο στόχος του “κτιρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης” είναι πολύ ορθός σαν σκέψη και πολύ οικολογικός σαν αποτέλεσμα αλλά το κόστος των παρεμβάσεων αυξάνεται σημαντικά λειτουργώντας αποτρεπτικά στους ιδιοκτήτες. Σαφέστατα στην περίπτωση υπό ανέγερση οικοδομών που θα έχουν εξαρχής πιο “παθητική” φιλοσοφία στο σχεδιασμό η επίτευξη της μηδενικής κατανάλωσης είναι πολύ ευκολότερη και επενδυτικά ρεαλιστική, αν συνυπολογίσουμε τα προνόμια που δίνει ο Νέος Οικοδομικός Κανονισμός [15] σε αυτά.

Ωστόσο στην παρούσα φάση υπάρχει μία πολύ βασική έλλειψη σχετικά με τα κτίρια χαμηλής ή μηδενικής κατανάλωσης, η οποία είναι η απουσία υπολογισμού της ενέργειας που απαιτείται κατά την εξόρυξη, την επεξεργασία, τη μεταφορά των οικοδομικών υλικών, αλλά και τον παροπλισμό του κτιρίου. Η απουσία των συγκεκριμένων παραμέτρων γίνεται ώστε να απλοποιηθεί η διαδικασία υπολογισμού αλλά και γιατί δεν υπάρχει ως τώρα διαθέσιμος κάποιος σίγουρος και ακριβής τρόπος υπολογισμού τους. Παρόλα αυτά, η ενέργεια που απαιτείται για την ανέγερση ή βελτίωση ενός κτιρίου, αποτελεί αναπόσπαστο παράγοντα αυτού, διότι μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια που χρειάζεται το κτίριο για τη λειτουργία του κατά τη διάρκεια της ζωής του. Συνεπώς, εφόσον θέλουμε να αναφερόμαστε σε κατασκευές που ελαχιστοποιούν ή μηδενίζουν την ενεργειακή κατανάλωση, δε θα πρέπει να περιορίζεται μόνο σε αυτή που αφορά τη λειτουργία τους αλλά και την κατασκευή τους.

Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι το λογισμικό TEE-KENAK στο οποίο βασίστηκε αυτή η εργασία είναι ένα πρόγραμμα που έχει δημιουργηθεί για ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, όπως γίνεται στα πλαίσια ενεργειακών επιθεωρήσεων για έκδοση Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ). Στην μορφή που έχει τώρα, οι δυνατότητες που έχει από πλευράς οικονομικής ανάλυσης είναι ιδιαίτερα περιορισμένες. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι δεν παρέχεται η δυνατότητα εκτίμησης και συνυπολογισμού του λειτουργικού κόστους των παρεμβάσεων, που είναι ένας ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας, ούτε δίνεται η δυνατότητα να επηρεάζονται οι τιμές των καυσίμων σύμφωνα με τα ισχύοντα δεδομένα κάθε εποχής, ακόμα και κάθε περιοχής. Επίσης, ως προς την περίοδο αποπληρωμής κάθε σεναρίου δεν υπάρχει η δυνατότητα καθορισμού σημαντικών παραμέτρων, όπως το επιτόκιο προεξόφλησης, η διάρκεια ζωής της επένδυσης ή ενδεχόμενες εκτιμήσεις για αυξομειώσεις που υπολογίζεται να γίνουν στις τιμές των καυσίμων τα επόμενα χρόνια.

7.2 Προοπτικές

Η παρούσα εργασία προσεγγίζει το θέμα των ενεργειακών παρεμβάσεων σε υφιστάμενα κτίρια και κάνει μία πρώτη επαφή με τη διαδικασία μετατροπής τους σε χαμηλής ή μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Έτσι δημιουργήθηκε μία γενική εικόνα για το ποιες εργασίες είναι θεωρητικά καλύτερο να προτιμηθούν για βέλτιστο συνδυασμό ενεργειακών, οικολογικών και οικονομικών αποτελεσμάτων, αν και όπως είναι αντιληπτό κάθε περίπτωση κτιρίου είναι διαφορετική, με τις δικές της ιδιαιτερότητες, και επομένως δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα χωρίς προηγουμένως να διενεργηθεί ενεργειακή μελέτη αποκλειστικά για αυτό.

Φυσικά υπάρχουν πολλά περιθώρια για περαιτέρω ανάλυση και έρευνα με στόχο την εξαγωγή ακόμα περισσότερων και εγκυρότερων αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα πολύ σημαντική θα ήταν η διεξαγωγή μελέτης, χωρίς τη χρησιμοποίηση του προγράμματος TEE-KENAK, ώστε να εκτιμηθούν καλύτερα τα οικονομικά δεδομένα, όπως της τιμής των καυσίμων, συνυπολογίζοντας το κόστος συντήρησης των συστημάτων πριν και μετά από κάθε παρέμβαση. Παράλληλα, όσον αφορά τις εκπομπές CO₂, ορθότερο θα ήταν να υπολογιστούν και οι ποσότητες που εκλύονται κατά την παραγωγή των υλικών που χρησιμοποιούνται στις εργασίες αναβάθμισης, καθώς και αυτές συμμετέχουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τέλος, επειδή τα κτίρια που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία θεωρήθηκαν παλαιάς κατασκευής, χωρίς καμία θερμομονωτική προστασία, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η μελέτη των αντίστοιχων παρεμβάσεων σε πιο σύγχρονες οικοδομές, ώστε να διαπιστωθεί ποιες από αυτές τις εργασίες συνεχίζουν να έχουν αξία υλοποίησης βάση του νέου χρόνου αποπληρωμής που θα προκύψει.

Πηγές – Βιβλιογραφία

1. Επίσημη ιστοσελίδα της U.S Energy Information Administration (www.eia.gov).
2. U.S. Department of Energy Buildings Energy Book, Sept 2008.
3. Επίσημη ιστοσελίδα της Eurostat (www.epp.eurostat.ec.europa.eu)
4. Οδηγία Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου 2002/91/EK (Directive 2002/91/EC)
5. Οδηγία Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου 2010/31/EE (Directive 2010/31/EU)
6. Κανονισμός 244/2012/EE (Commission Delegated Regulation No244/2012)
7. Άρθρο του κ. Παντελή Πατενιώτη, Πολιτικού Μηχανικού, CEN Technical Expert, στην ιστοσελίδα www.4green.gr
8. Ελληνική στατιστική αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) (www.statistics.gr)
9. Ελληνική στατιστική αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.), Δελτίο τύπου: “Έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά 2011-2012”.
10. Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (ΕΥΕΠΕΝ) (www.ypeka.gr)
11. Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) ΦΕΚ 326Δ/79
12. Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) ΦΕΚ 880Β/98
13. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010, ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010.
14. Νόμος 4122/2013 ΦΕΚ 42Α/2013
15. Νέος Οικοδομικός Κανονισμός (ΝΟΚ) Νόμος 4067/2012 ΦΕΚ 79Α/2012.
16. Ηλεκτρονική βιβλιοθήκη Wikipedia (www.wikipedia.org)
17. Ιστοσελίδα για τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης (www.zeroenergybuildings.org)
18. Ιστοσελίδα χημικής εταιρίας BASF, άρθρο για τα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (www.basf.com)
19. Ιστοσελίδα “Ορίον Κατασκευαστική”, άρθρο για τα Παθητικά – Βιοκλιματικά Κτίρια (www.orionkataskevastiki.gr)
20. Ιστοσελίδα www.tankonyvtar.hu , άρθρο για παθητικό σχεδιασμό κτιρίων.
21. Ιστοσελίδα Ελληνικού Ινστιτούτου Παθητικού Κτιρίου (www.eipak.org)
22. Ιστοσελίδα Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) (www.cres.gr)
23. Ιστοσελίδα τεχνικής εταιρίας “Ενεργοτεχνική” (www.energontexniki.gr)
24. Ιστοσελίδα εταιρίας κλιματισμού DAIKIN (www.daikin.gr)
25. Ιστοσελίδα κατασκευαστικής εταιρίας “Ανδριανός”, άρθρο για τα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας (www.andrianos.gr)
26. Ιστοσελίδα περιοδικού “Ο Υδραυλικός”, άρθρο για τα ηλιακά συστήματα (www.ydravlikos.gr)
27. Ιστοσελίδα κατασκευαστικής εταιρίας “Mechanical Constructions”, άρθρο για τα συστήματα γεωθερμίας (www.me-con.gr)
28. Ιστοσελίδα εταιρίας εμπορίας και εγκατάστασης συστημάτων κτιρίων, άρθρο για τα φωτοβολταϊκή τεχνολογία (www.ecoenergyplan.gr)
29. Ιστοσελίδα τεχνικής εταιρίας “Save energy”, άρθρο για τις οικιακές ανεμογεννήτριες (www.save-energy-tech.gr)
30. Ιστοσελίδα Εθνικού Κέντρου Έρευνας & Τεχνολογικής Ανάπτυξης, άρθρο για την συμπαραγωγή ενέργειας (www.allaboutenergy.gr)
31. Ιστοσελίδα μελετητικής & κατασκευαστικής εταιρίας, άρθρο για την τριπαραγωγή ενέργειας (<http://www.novatech.gr/>)
32. Παρουσίαση της Κυρίας Εύης Τζανακάκη, Αρχιτέκτων Μηχανικός MSc για την AIDA με θέμα τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης (www.cres.gr/kape/publications/pdf/Cascade/9.Tzanakaki.pdf)

33. Παρουσίαση της Sustrianco για την ενεργειακή αναβάθμιση πολυκατοικίας στο Κάπφενμπεργκ (www.sustainco.info/cms/uploads/1405941017-housing-complex-kapfenberg.pdf)
34. Ιστοσελίδα εξειδικευμένη στην ηλιακή θέρμανση, άρθρο για την ενεργειακή αναβάθμιση στην Αυστρία (www.solarthermalworld.org/content/austria-all-one-climate-protection)
35. Οδηγός καλής πρακτικής της AIDA (www.aidaproject.eu/downloads/3/AIDA%20D2.1%20Success%20Stories%200GR.pdf)
36. Παρουσίαση της εταιρίας ενεργειακών προγραμμάτων SHC με θέμα την αναβάθμιση στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο της Βιέννης (<http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Plus-Energy%20TU%20Vienna.pdf>)
37. Άρθρο Αυστριακής κατασκευαστικής εταιρίας Schöberl & Pöll GmbH για την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων (www.schoeberlpoell.at/english/forschung/dummy_02.php)
38. Ιστοσελίδα του ραδιοτηλεοπτικού σταθμού ΣΚΑΪ με θέμα "Πράσινη γειτονιά στην Αγία Βαρβάρα" (www.skai.gr/news/environment/article/200368/prasini-geitonia-stin-agia-varvara)
39. Ιστοσελίδα Ινστιτούτου Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης (IENE), Άρθρο για το πρόγραμμα "Πράσινες Γειτονιές" στην Αγία Βαρβάρα (iene.gr/energy-development2011/articlefiles/6session_partB/hassid.pdf)
40. Επίσημη ιστοσελίδα τοπικών αυτοδιοικήσεων, Άρθρο για το πρόγραμμα "Πράσινες Γειτονιές" (www.aftodioikisi.gr/epixeiriseis/kape-etsi-tha-ftiaxoun-prasines-geitones-oi-dimoi)
41. Δήμος Αγίας Βαρβάρας, Σχέδιο δράσης για την αειφόρο ενέργεια (www.mycovenant.eumayors.eu/docs/seap/1285_1367301157.pdf)
42. Ελληνικός Σύνδεσμος Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΕΣΣΗΘ), παρουσίαση με θέμα "Συμπαγωγή στην Ευρώπη και στην Ελλάδα" (www.library.tee.gr/digital/m2413/m2413_theofilaktos.pdf).