

**ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Αξιολόγηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας  
τριώροφης κατοικίας και οικονομοτεχνική μελέτη για τη  
βελτίωση της απόδοσης της**

**Κλουσάκου Ιωάννα  
Θεοδωρόπουλος Μιχαήλ Κωνσταντίνος**

**Εισηγητής: Κουλούρης Παναγιώτης**

**ΑΘΗΝΑ  
Φεβρουάριος 2018**



ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Κλουδάκου Ιωάννα του  
Δημητρίου φοιτητής/ου Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε.

του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέπροντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρώσει εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18. παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού».

Ο Δηλών



Ημερομηνία

14-2-018

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Μ.Θ. Θεοδωρόπουλος Μιχαήλ Κωνσταντίνος του Διονυσίου φοιτητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε.

του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18. παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού».

Ο Δηλών

Μ.Θ. Θεοδωρόπουλος

Ημερομηνία

14-02-2018



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο, δηλαδή της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Την προσπάθειά μας αυτή υποστήριξε ο επιβλέπων καθηγητής μας Παναγιώτης Κουλούρης, τον οποίο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε.

Ακόμα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κύριο Άκη Γκίνη για την πολύτιμη βοήθειά του στην κατανόηση του λογισμικού ενεργειακής απόδοσης. Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για την στήριξή τους καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής.



## Περίληψη

Ένα φαινόμενο που απασχολεί την παγκόσμια κοινότητα είναι η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Τα ενεργειακά αποθέματα του πλανήτη εξαντλούνται με ταχύτατους ρυθμούς γιατί ο σύγχρονος άνθρωπος υιοθέτησε νέες συνήθειες με αποτέλεσμα η ζωή να είναι πολλαπλά ενεργοβόρα σε σχέση με το παρελθόν. Ωστόσο, τα σύγχρονα κτίρια δομούνται με βάση νομοθεσίες και κανονισμούς που εξασφαλίζουν λιγότερη κατανάλωση ενέργειας, σε σχέση με τα παλαιότερα κτίρια, τα οποία δεν διαθέτουν προδιαγραφές και υποδομές, ώστε να μην καθίσταται δυνατή η σπατάλη ενέργειας. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητο για κάποια ηλικίας κτίρια να αναβαθμιστούν και να θωρακιστούν με μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Ως αποτέλεσμα τόσο οι συνθήκες ζωής των ενοίκων τους θα είναι αναβαθμισμένες όσο και η κατανάλωση ενέργειας θα μειωθεί σε μεγάλο βαθμό.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, εξετάζεται η ενεργειακή απόκριση πρότυπης κατοικίας με την εφαρμογή διαφορετικών σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης. Τα λογισμικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τον παραπάνω σκοπό είναι το AutoCAD 2D με το οποίο εκπονήθηκε το τοπογραφικό σκαρίφημα της κατοικίας, το σχεδιαστικό πρόγραμμα «TEKTON», με το οποίο σχεδιάστηκαν οι επιμέρους όψεις και κατόψεις της πρότυπης κατοικίας, καθώς και το λογισμικό ενεργειακής προσομοίωσης «EnergyBuilding», με το οποίο μοντελοποιήθηκε η ενεργειακή συμπεριφορά της κατοικίας.

Ως πρότυπη κατοικία ορίστηκε το κτίριο υφιστάμενης κατάστασης το οποίο είναι εξοπλισμένο με συμβατικά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα, ενώταυτόχρονα διαθέτει απλή δομή. Μέσω του λογισμικού ενεργειακής προσομοίωσης εξετάστηκε το περιθώριο βελτίωσης της ενεργειακής απόκρισης της κατοικίας με την εφαρμογή τριών διαφορετικών σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης. Τα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης κατασκευάστηκαν και εισήχθησαν στο λογισμικό με τέτοιο τρόπο ώστε να αντιπροσωπεύουν την εφαρμογή διαφορετικών μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Η ενεργειακή συμπεριφορά της πρότυπης κατοικίας όπως αυτή προκύπτει από το λογισμικό μέσω της εφαρμογής των σεναρίων αναβάθμισης συγκρίθηκε με την αντίστοιχη ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου αναφοράς. Τέλος πραγματοποιήθηκε οικονομική μελέτη των διαφόρων επενδύσεων ενεργειακής αναβάθμισης προκειμένου να διαπιστωθεί η βιωσιμότητά τους. Η οικονομική μελέτη διεξήχθη μέσω λογιστικών φύλλων που κατασκευάστηκαν για να εξυπηρετήσουν ταυτόχρονα τον σκοπό της εργασίας αλλά και για να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο οικονομικής αξιολόγησης ενεργειακών επενδύσεων από μηχανικούς και κατασκευαστές.





## **Abstract**

The global community is being affected by the phenomenal augmentation of energy consumption in the building sector. The planet's energy reserves are depleting rapidly due to espousal new habits from the contemporary human being, so that the life to be more energy-intensive from that the past. However, the stonework of the modern buildings based on the legislations and the regulations, which ensure less energy consumption, compared to the older ones which they have no specifications and infrastructures, in order to avoid energy waste. It is therefore necessary for a few age-old buildings to be upgraded and shielded with energy-saving measures and as a result thus much the living conditions of their occupants will be upgraded as much as the energy consumed will be greatly reduced.

In the context of this research, is being examined the energy response of a standard dwelling by applying different screenplays of energy upgrading. The software that was used for the above purpose is AutoCAD2D, with which the topographic sketch of the house was developed, the design project "TEKTON", with which were designed the individual facades and the top views of the standard dwelling, and the energy software "Energy Building", with which was modeled the energy behavior of the dwelling.

As a standard dwelling has been defined the existing building, which is equipped with conventional electromechanical systems, while at the same time afford a simple structure. Via the energy simulation software was examined the margin for improving the energy response of the dwelling with the adjustment of three different scripts for the energy upgrade. The energy-upgrading scenarios were built and introduced into the software in such a way that they will represent the application of different energy saving measures. The energy behavior of the standard dwelling as it derived from the software through the implementation of the upgrade scenarios was compared to the corresponding energy behavior of the reference building. Finally, was carried out an economic study of the various energy upgrade investments in order to determine their viability. The economic study was carried out through spreadsheets, which were constructed to serve both the purpose of the this research but also they used as a tool for the economic evaluation of the energy investments by engineers and builders.

## Πίνακας περιεχομένων

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	14
1.1 Κατανάλωση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο .....	14
1.2 Κατανάλωση ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο.....	14
1.3 Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα .....	17
1.4 Τυπολογία κτιρίων - TABULA .....	20
1.4.1 Ευρωπαϊκή τυπολογία κτιρίων.....	20
1.4.2 Ελληνική τυπολογία κτιρίων .....	22
1.4.2.1 Ταξινόμηση κτιρίων σύμφωνα με την χρονολογία κατασκευής .....	22
1.4.2.2 Ταξινόμηση κτιρίων σύμφωνα με τον τύπο κτιρίου .....	24
1.4.2.3 Ταξινόμηση κτιρίων σύμφωνα με την κλιματική ζώνη .....	24
1.4.3 Ταξινόμηση κτιρίων – Λειτουργία TABULA.....	25
1.5 Πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης.....	28
1.5.1 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας .....	30
1.5.2 Ενεργειακή ταξινόμηση κτιρίων.....	31
1.5.3 Εκδοθέντα ΠΕΑ.....	32
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	34
2.1 Μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης κατοικιών .....	34
2.2 Εργαλεία εξοικονόμησης ενέργειας.....	38
2.3 Λογισμικά προσομοίωσης της ενεργειακής κατάστασης των κατοικιών .....	40
2.3.1 TEEKENAK .....	40
2.3.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά για το TEEKENAK.....	40
2.3.1.2 Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με χρήση του λογισμικού ..	40
2.3.2 TRNSYS.....	41
2.3.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά για TRNSYS.....	41
2.3.2.2 Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με χρήση του λογισμικού .	41
2.3.3 ENERGYPLUS.....	42
2.3.3.1 Γενικά χαρακτηριστικά για το EnergyPlus.....	42
2.3.3.2 Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με χρήση του λογισμικού ..	43
2.3.4 EnergyBuilding.....	43
2.3.4.1 Γενικά χαρακτηριστικά για το Energy Building .....	44
2.3.4.2 Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με χρήση του λογισμικού ..	44
2.4 Αξιολόγηση λογισμικών προσομοίωσης της ενεργειακής κατάστασης των κατοικιών	45
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	46
3.1 Κτίριο προς μελέτη .....	46

3.1.1 Τοπογραφικό σκαρίφημα κτιρίου .....	46
3.1.2 Κατόψεις ορόφων .....	47
3.1.2.1 Κάτοψη ισογείου .....	47
3.1.2.2 Κάτοψη 1 <sup>ου</sup> ορόφου .....	48
3.1.2.3 Κάτοψη 2 <sup>ου</sup> ορόφου .....	49
3.1.2.4 Κάτοψη δώματος.....	50
3.1.3 Όψεις κατοικίας.....	51
3.2 Δομικά στοιχεία κτιριακού κελύφους – Υφιστάμενη κατάσταση .....	54
3.2.1 Στοιχεία εξωτερικής τοιχοποιίας.....	54
3.2.2 Ανοίγματα.....	54
3.2.3 Δάπεδο .....	56
3.3 Συστήματα-Υφιστάμενη κατάσταση .....	56
3.3.1 Σύστημα θέρμανσης.....	56
3.3.2 Σύστημα ψύξης.....	57
3.3.3 Σύστημα Ζ.Ν.Χ .....	57
3.3.4 Σύστημα Φωτισμού.....	58
3.4 Μοντελοποίηση στο EnergyBuilding.....	58
3.4.1 Κέλυφος κατοικίας .....	58
3.4.2 Συστήματα κατοικίας .....	61
3.4.3 Αποτελέσματα .....	62
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	<b>63</b>
4.1 Αποτελέσματα λογισμικού.....	63
4.2 Σενάριο Υφιστάμενης Κατάστασης .....	63
4.3 Μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης σεναρίων.....	66
4.3.1 Μ.Ε.Ε.1: Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης .....	67
4.3.2 Μ.Ε.Ε.2: Αντικατάσταση των διαφανών στοιχείων .....	67
4.3.3 Μ.Ε.Ε.3: Αντικατάσταση συμβατικών συστημάτων φωτισμού .....	69
4.3.4 Μ.Ε.Ε.4: Επέμβαση στις επιστεγάσεις .....	69
4.3.5 Μ.Ε.Ε.5: Αντικατάσταση συμβατικού συστήματος λέβητα-καυστήρα.....	69
4.3.6 Μ.Ε.Ε.6: Αντικατάσταση των τερματικών μονάδων εκπομπής θερμότητας.....	70
4.3.7 Μ.Ε.Ε.7: Αντικατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα.....	70
4.3.8 Μ.Ε.Ε.8: Τοποθέτηση διατάξεων αυτόματου ελέγχου στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού .....	70
4.4 Σενάρια.....	71
4.4.1 Σενάριο 1 <sup>ο</sup> .....	71
4.4.1.1 Ενεργειακό πιστοποιητικό Σ1.....	73
4.4.2 Σενάριο 2 <sup>ο</sup> .....	74

4.4.2.1 Ενεργειακό πιστοποιητικό Σ2.....	76
4.4.3 Σενάριο 3 <sup>ο</sup> .....	77
4.4.3.1 Ενεργειακό πιστοποιητικό Σ3.....	79
4.4.4 Ανάλυση Αποτελεσμάτων.....	81
4.4.4.1 Αξιολόγηση της κλιμακούμενης βελτίωσης του σεναρίου υφιστάμενης κατάστασης.....	82
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....	<b>85</b>
5.1 Εισαγωγή οικονομικής μελέτης.....	85
5.2 Δημιουργία excel.....	85
5.2.1 Κοστολόγηση Σεναρίου 1.....	86
5.2.2 Κοστολόγηση Σεναρίου 2.....	87
5.2.3 Κοστολόγηση Σεναρίου 3.....	88
5.3 Περιγραφή φόρμας excel.....	89
5.4 Οικονομική μελέτη για 25 έτη.....	91
5.4.1 Οικονομική μελέτη 1 <sup>ου</sup> Σεναρίου.....	94
5.4.2 Οικονομική μελέτη 2 <sup>ου</sup> Σεναρίου.....	95
5.4.3 Οικονομική μελέτη 3 <sup>ου</sup> Σεναρίου.....	96
5.5 Αξιολόγηση Οικονομικής Μελέτης.....	99
5.6 Προοπτικές εξέλιξης για περαιτέρω έρευνα.....	101
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>102</b>
[38] Tekton Σχεδιαστικό Πρόγραμμα, Αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση:.....	105



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

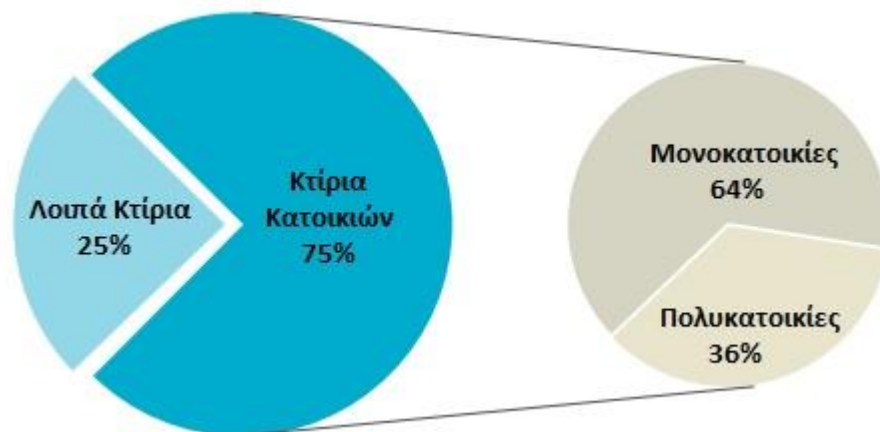
### 1.1 Κατανάλωση ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο

Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για μεγάλο ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, και κατά τη διάρκεια της κατασκευής αλλά και λειτουργίας ενός κτιρίου, και έτσι η ανάγκη για την εξοικονόμηση ενέργειας έχει οδηγήσει στη εύρεση και ανάπτυξη μεθόδων που αποσκοπούν στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων. Ο Κτιριακός τομέας καταναλώνει περίπου 198 τετράκις εκατομμύρια Btus. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Πληροφοριών Ενέργειας (Energy Information Agency) η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί κατά 1,4% ετησίως έως το 2035 πράγμα που σημαίνει ότι τα κτίρια θα καταναλώνουν 296 τετράκις εκατομμύρια Btus από το έτος 2035[1].

### 1.2 Κατανάλωση ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), οι χώρες-μέλη καταβάλλουν σημαντικές προσπάθειες για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Η Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων 2002/91/ΕΚ (ΟΕΕΚ) καθώς και η αναδιατύπωσή της (Οδηγία 2010/31/ΕΚ) αποτελούν την κύρια νομοθετική πράξη για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων σε όλη την Ευρώπη[2]

Ο κτιριακός τομέας στην Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελεί καταναλωτή του 40% της συνολικής τελικής ενέργειας, του 19% του νερού και είναι υπεύθυνος για το 36% των εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>) . Το 63% της ενέργειας που χρησιμοποιείται από τον κτιριακό τομέα καταναλώνεται από κατοικίες, ενώ το υπόλοιπο 37% καταναλώνεται από εμπορικά καταστήματα, κτίρια γραφείων, σχολεία, ξενοδοχεία, εστιατόρια, νοσοκομεία, κτίρια αθλητικών εγκαταστάσεων κ.α. Τα κτίρια κατοικιών κυριαρχούν στο υπάρχον κτιριακό απόθεμα καλύπτοντας περίπου το 75% του συνόλου των κτιρίων, με το μεγαλύτερο ποσοστό να είναι μονοκατοικίες και το υπόλοιπο πολυκατοικίες (Εικόνα 1) [2-6].

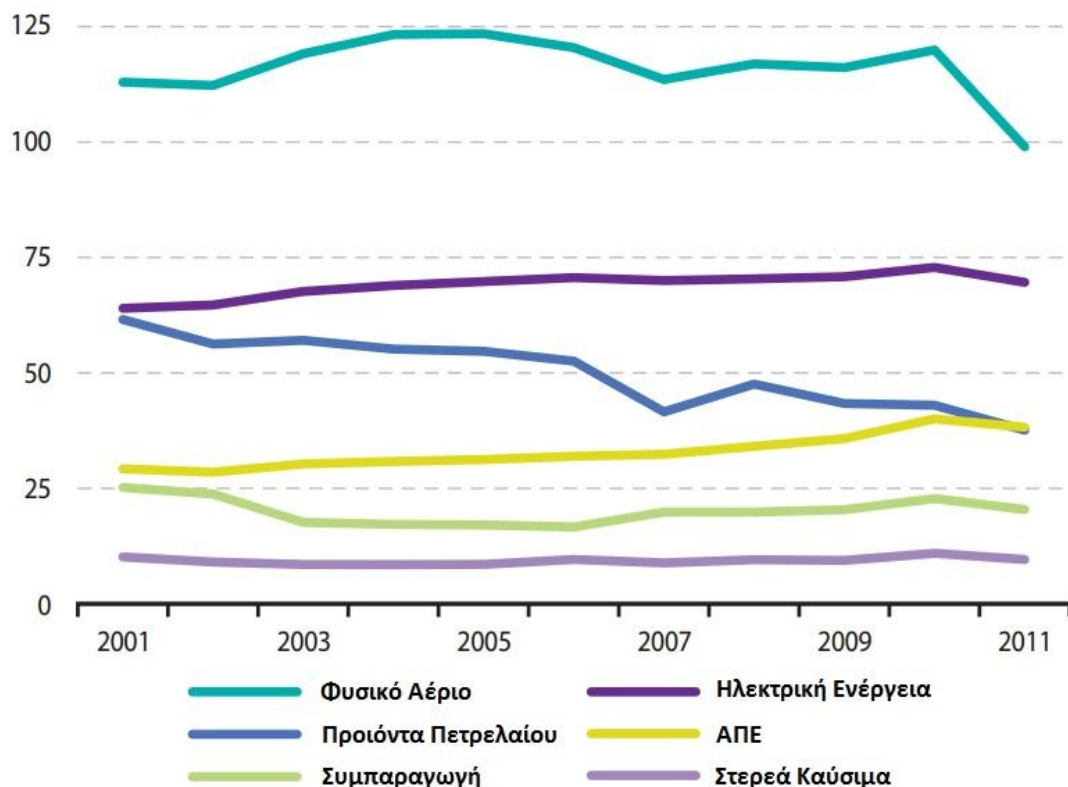


Εικόνα 1: Επιφάνεια κτιριακού αποθέματος στην Ευρώπη (m<sup>2</sup>) [7]

Στατιστικές μελέτες καταδεικνύουν ότι το 2013 η τελική κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ σε κτίρια κατοικιών έφθασε τους 296 Mtoe (εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου), σημειώνοντας σημαντική μείωση σε σχέση με το 2010 που η κατανάλωση έφθασε στα 311 Mtoe. Η ενεργειακή κατανάλωση στις κατοικίες αφορά κυρίως στη θέρμανση, στην ψύξη, στο ΖΝΧ, στο μαγείρεμα και στη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών. Η θέρμανση αποτελεί την κυρίαρχη τελική χρήση ενέργειας αντιπροσωπεύοντας περίπου το 67% της συνολικής τελικής ενεργειακής χρήσης, αλλά το μερίδιό της μειώνεται από το 2000. Συγκεκριμένα, η τιμή του δείκτη «έντασης της τελικής ενεργειακής χρήσης» (final energy use intensity indicator) σε kWh/m<sup>2</sup>, ο οποίος χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των τάσεων της ενεργειακής απόδοσης για την θέρμανση, έχει παρατηρηθεί ότι μειώνεται από το 2000 στην Ευρώπη των 28 (EU-28) με έναν ρυθμό της τάξης του 2.3% κάθε χρόνο. Οι τρέχουσες τιμές του παρόντος δείκτη κυμαίνονται μεταξύ 60 και 90 kWh/m<sup>2</sup> στον Νότο (Μάλτα, Ισπανία, Βουλγαρία, Ελλάδα και Κροατία) και μεταξύ 175–235 kWh/m<sup>2</sup> στο Βορά (Εσθονία, Λετονία και Φινλανδία) [6]. Στη γενική κατανομή των χρήσεων, τη θέρμανση ακολουθεί η παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ΖΝΧ) με ένα ποσοστό της τάξης του 13% επί της συνολικής ενέργειας που δαπανάται, ενώ έπονται οι ηλεκτρικές συσκευές καταναλώνοντας ένα ποσοστό της τάξης του 11%, ενώ ακολουθούν ο φωτισμός με μερίδιο 2% και η ψύξη με μερίδιο μόλις 0,5% [2,6].

Σε όρους καυσίμων, στον οικιακό τομέα της Ευρώπης, κυριαρχεί η κατανάλωση φυσικού αερίου για την παραγωγή ενέργειας με ένα ποσοστό 39% ενώ ακολουθούν η ηλεκτρική ενέργεια με ποσοστό 24%, τα προϊόντα πετρελαίου με 14%, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) (ηλιακή θερμότητα, βιομάζα, γεωθερμία) με 13%, η συμπαραγωγή με 7% και τέλος τα στερεά καύσιμα με ποσοστό 4%. Το χρονικό διάστημα 2000-2010 η κατανάλωση των προϊόντων πετρελαίου μειώθηκε κατά 24% και η χρήση της συμπαραγωγής κατά 3%, ενώ η κατανάλωση των υπόλοιπων καυσίμων σημείωσε αύξηση. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση ΑΠΕ αυξήθηκε κατά 37%, της ηλεκτρικής ενέργειας κατά 18%, των στερεών καυσίμων κατά 10% και του φυσικού αερίου κατά 6% [2]. Τα αποτελέσματα της εν λόγω στατιστικής έρευνας από την οποία προήλθαν τα παραπάνω ποσοστά παρουσιάζονται στην **Εικόνα 2** σε όρους τελικής κατανάλωσης ενέργειας (Mtoe):





Εικόνα 2: Τελική κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά της ΕΕ σε όρους Μtoe ανά είδος καυσίμου [8].

Ο εκσυγχρονισμός των κτιρίων κατοικιών με εφαρμογή μέτρων ενεργειακής απόδοσης (Energy Efficiency Measures - EEMs), αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προκειμένου να επεκταθεί η ωφέλιμη διάρκεια ζωής και λειτουργίας του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος και να βελτιωθούν οι συνθήκες διαβίωσης με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας για τους ενοίκους. Οι προσπάθειες αυτές μπορούν να συντελέσουν στην υλοποίηση των ευρωπαϊκών και εθνικών στόχων προκειμένου να επιτευχθεί μια οικονομία υψηλής ενεργειακής απόδοσης και χαμηλών εκπομπών άνθρακα, ελαττούμενης εξάρτησης από εισαγόμενες πηγές ενέργειας και αυξημένης ασφάλειας ενεργειακού εφοδιασμού σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στρατηγική 2020 και τον νέο σχεδιασμό έως το 2030 και μετά [6].

Προκειμένου να επιτευχθούν οι διάφοροι στόχοι ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων κατοικιών η ΕΕ καταβάλλει σημαντική προσπάθεια και για τη βελτίωση των οικιακών ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, όπως τα συστήματα παραγωγής θερμότητας, μέσω του Οικολογικού Σχεδιασμού (Ecodesign) και της Ενεργειακής Σήμανσης του εξοπλισμού (energy labelling), βελτιστοποιώντας ορισμένα χαρακτηριστικά των εν λόγω συστημάτων. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της θέρμανσης χώρου, η χρήση νέων και αποδοτικότερων συστημάτων παραγωγής θερμότητας (π.χ. καυστήρες συμπύκνωσης αερίου ή αντλίες θερμότητας) καθώς και η μετάβαση σε κάποιον άλλο φορέα ενέργειας (π.χ. Φυσικό Αέριο ή ΑΠΕ) αποτελεί μία οδό που ανθίζει στην ΕU-28 με μία ολοένα και αυξανόμενη τάση διείσδυσης στο κτιριακό απόθεμα. Ήδη η Ολλανδία έχει το υψηλότερο ποσοστό διείσδυσης ( πάνω από το 70% του κτιριακού αποθέματος) ενώ το Ηνωμένο Βασίλειο έχει αύξηση διείσδυσης από 3% το 2000 στο 40% σήμερα.

Σχετικά με τη χρήση αντλιών θερμότητας η Ιταλία έχει τη μεγαλύτερη διείσδυση (πάνω από 60%) ακολουθούμενη από την Σουηδία και τη Φιλανδία (περίπου 20%). Η ενεργειακή επέμβαση σε ήδη υπάρχουσες κατοικίες αποτελεί πιο εφικτό στόχο από την εκ νέου κατασκευή ενεργειακά αποδοτικότερων κατοικιών. Αυτό συμβαίνει διότι λόγω της οικονομικής κρίσης στην EU-28 παρατηρείται επιβράδυνση της κατασκευαστικής δραστηριότητας. Για παράδειγμα κατά την περίοδο 2000-2012 ο ετήσιος μέσος όρος κατασκευής νέων κατοικιών στην Ευρώπη ήταν 1,1% του συνολικού κτιριακού αποθέματος κατοικιών. Τα τελευταία χρόνια το ποσοστό έχει μειωθεί στο 0,8% του αποθέματος κατοικιών και κάτω από το 0,5% σε πολλά κράτη μέλη της ΕΕ[6].

### 1.3 Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα

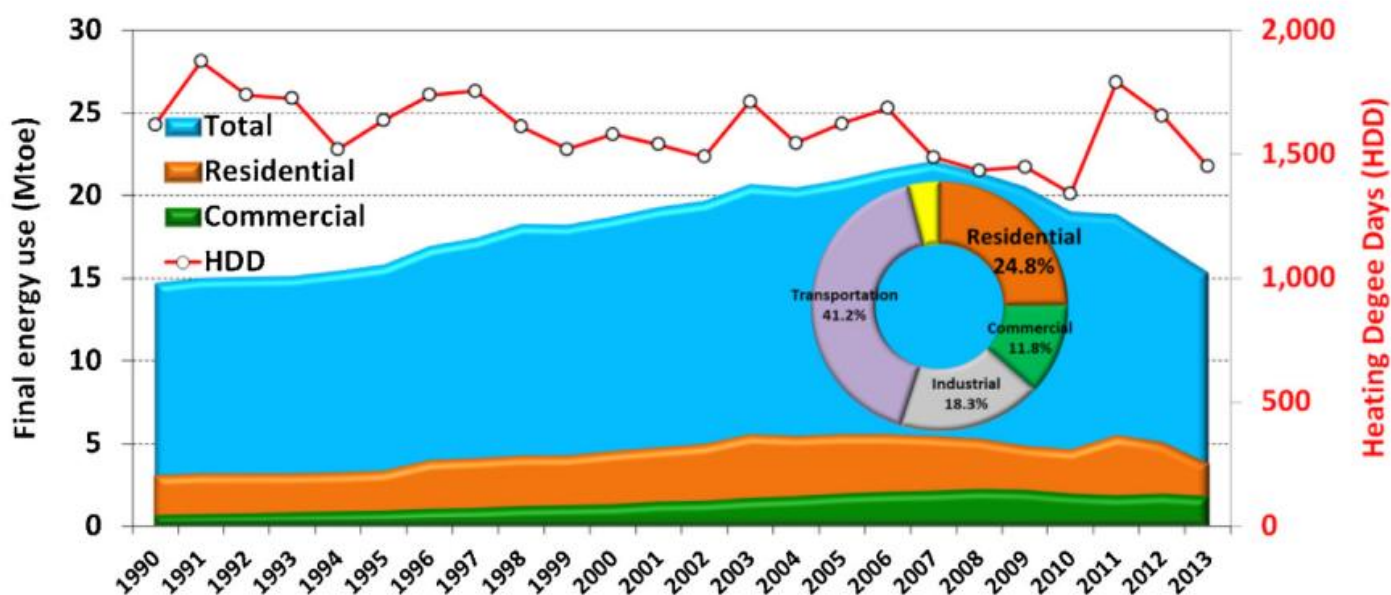
Το σύνολο των κτιρίων στην Ελλάδα ανέρχεται περίπου στα 4,1 εκατομμύρια, εκ των οποίων το 79% είναι κατοικίες. Τα κτίρια στην Ελλάδα καταναλώνουν πάνω από το μισό της ηλεκτρικής ενέργειας και πάνω από το 90% της θερμικής ενέργειας που απαιτείται από τον Ελληνικό κτιριακό τομέα αγγίζοντας τους 3,8 Mtoe ή αλλιώς το 24,8 % της συνολικής τελικής ενεργειακής χρήσης του έτους 2013 σε σύγκριση με τους 4,5 Mtoe ή το 24,8 % του έτους 2000 [9].

Το 2010 εισήχθη μια εθνική υποχρέωση για την εφαρμογή διαφόρων μέτρων διατήρησης ενέργειας (Energy Conservation Measures – ECMs) σε όλους τους τομείς τελικής χρήσης ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων και των κτιρίων, για την προσαρμογή της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2006/32/EC στην αποδοτικότητα των τελικών χρήσεων ενέργειας. Σύμφωνα με την οδηγία σκοπός είναι η επίτευξη, έως το 2016, ενός συνολικού εθνικού ενδεικτικού στόχου εξοικονόμησης ενέργειας της τάξης του 9% σε σύγκριση με την μέση τιμή της τελικής ενεργειακής χρήσης των ετών 2001 έως 2005. Για τον κτιριακό τομέα το ποσοστό αυτό σημαίνει περίπου 1 Mtoe εξοικονόμηση ενέργειας. Η Οδηγία Ενεργειακής Απόδοσης (energy efficiency directive -EED 2012/27/EU ) μετατέθηκε πρόσφατα στο εθνικό δίκαιο (N.4342/2015) στις αρχές Νοεμβρίου του 2015. Ωστόσο η πλήρης εφαρμογή της θα καθυστερήσει λαμβάνοντας υπόψη τη διαδικασία για την έκδοση των αναγκαίων υπουργικών αποφάσεων , τις κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις και τα εργαλεία υποστήριξης. Σύμφωνα με το εθνικό σχέδιο δράσης ο συνολικός στόχος εξοικονόμησης ενέργειας από το 2014 ως το 2020 έχει οριστεί στα 3,33 Mtoe (38.8 TWh) ή περίπου στο 19,3% της συνολικής τελικής καταναλισκόμενης ενέργειας του 2012 με νέες επαναπροσδιορισμένες ετήσιες εξοικονομήσεις ίσες με 902.1 ktoe (10.5 TWh) το 2020. Μεταξύ των διαφόρων πολιτικών, τα μέτρα διατήρησης ενέργειας που έχουν εφαρμοστεί στα κτίρια έχουν τη σημαντικότερη συμβολή ( το 58% ) στην επίτευξη αυτών των εθνικών στόχων. Ειδικά για τις κατοικίες όπου εφαρμόζονται τα περισσότερα από αυτά, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για το χρονικό διάστημα 2014 έως 2020 εκτιμάται ίση με 1932 ktoe ενώ η τελική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας για το έτος 2020 εκτιμάται περίπου στο 523 ktoe. Προκειμένου να βελτιωθεί το επίπεδο διαβίωσης και να μειωθεί το λειτουργικό κόστος των κατοικιών πρέπει να υποστηριχθεί δυναμικά η εφαρμογή των μέτρων διατήρησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια[9].

Ο κτιριακός τομέας της Ελλάδας ο οποίος περιλαμβάνει τις κατοικίες και τα κτίρια του τριτογενούς τομέα καταναλώνει το 37% της τελικής ενέργειας της χώρας.

Ο αριθμός των κτιρίων στην Ελλάδα ανέρχεται συνολικά περίπου σε 4.100.000, εκ των οποίων τα 3.780.000 αποτελούν κτίρια «αποκλειστικής χρήσης», με το 79,2% να είναι κατοικίες. Το 2013 η συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας έφθασε τα 15,3 Mtoe, σημειώνοντας μια πτώση κατά 11% από το 2012 έως το 2013. Τα ελληνικά κτίρια σημείωσαν 36,6% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας φτάνοντας τις 5,6 Mtoe, με μία μείωση της τάξης του 23% από τις 7,3 Mtoe το 2012(Εικόνα 3). Από το 2000 έως το 2013 η τελική κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά μειώθηκε κατά 16%. Παρόλο που μέχρι το 2006 η τελική κατανάλωση ενέργειας στις κατοικίες παρουσίαζε σταθερή αύξηση, η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής απόδοσης από το 2007 κι έπειτα οδήγησε σε μείωση της τελικής κατανάλωσης [6,10].

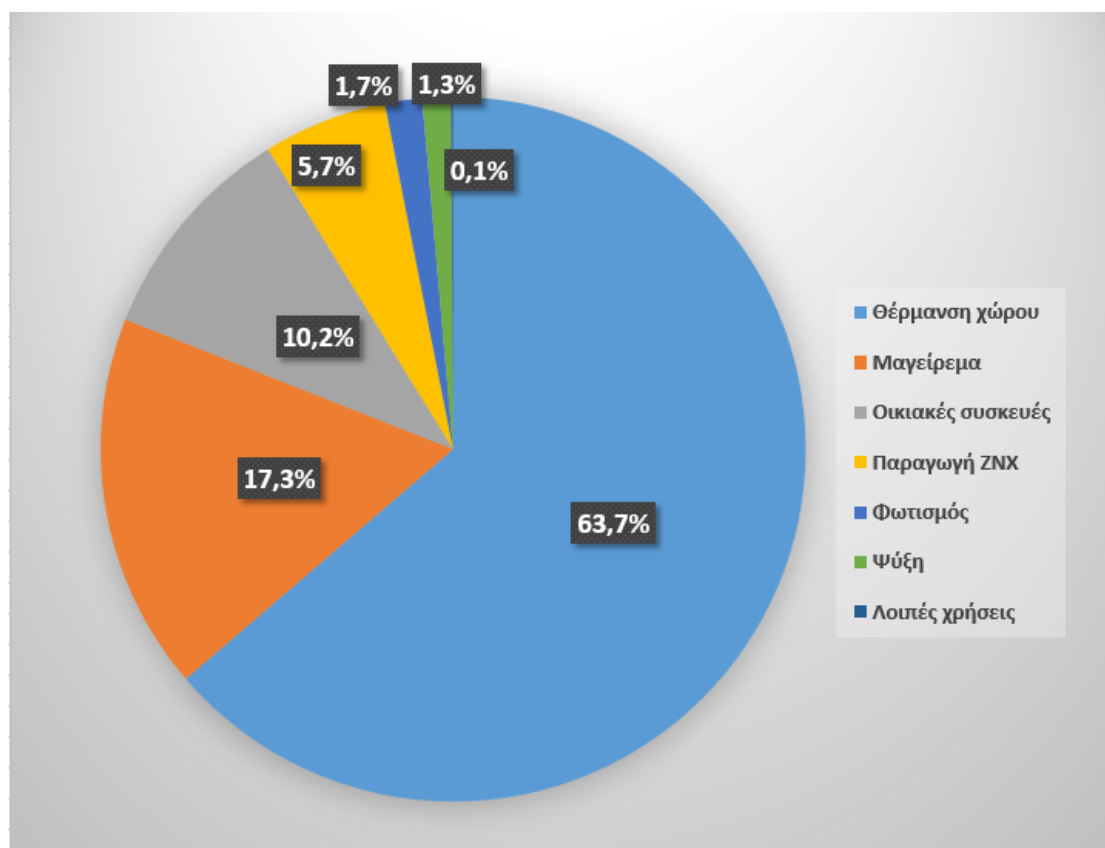
Οι μεταβολές της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στις κατοικίες που παρατηρούνται (Εικόνα 3) οφείλονται στις επικρατούσες συνθήκες του χειμώνα,



που εκφράζονται από τις βαθμομέρες θέρμανσης (HDD). Άλλοι παράγοντες που Εικόνα 3: Εξέλιξη της κατανάλωσης τελικής ενέργειας (final energy use) στην Ελλάδα για τα έτη 1990-2013 και συνεισφορά του οικιακού (residential), του εμπορικού (commercial), του βιομηχανικού (industrial) και του μεταφορικού (transportation) τομέα, λαμβάνοντας υπόψη και την αντίστοιχη εξέλιξη των βαθμομερών θέρμανσης (HDD)[6].

οδήγησαν στην πτώση της κατανάλωσης ενέργειας είναι η μεγάλη οικονομική ύφεση και η αύξηση φόρου για το πετρέλαιο θέρμανσης που θεσμοθετήθηκε το 2012. Αυτοί οι παράγοντες έχουν άμεσο αντίκτυπο στη συμπεριφορά των ενοίκων και τους αναγκάζει να μειώσουν το λειτουργικό ενεργειακό κόστος. Οι Ελληνικές κατοικίες κατανάλωσαν 3,8 Mtoe το 2013 ή αλλιώς κατέλαβαν το 24,8% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα. Η ενεργειακή κατανομή των τελικών χρήσεων στην μέση Ελληνική κατοικία διαμορφώνεται ως εξής: το 63,7% της τελικής ενέργειας χρησιμοποιείται για θέρμανση, το 17,3% για μαγείρεμα, το

10,2 % για τη λειτουργία οικιακών συσκευών, το 5,7% για παραγωγή ΖΝΧ , το 1,7% για φωτισμό και το 1,3 % για ψύξη.



Εικόνα 4: Κατανομή σε ποσοστά (%) των τελικών ενεργειακών χρήσεων σε επίπεδο κατοικιών στην Ελλάδα για το έτος 2016[6].

Οι κατοικίες το 2000 κατανάλωναν για θέρμανση χώρου 3,1 Mtoe ενώ η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση το 2013 ήταν 2,2 Mtoe, δηλ. μείωση της τάξης του 31%. Το ενεργειακό μερίδιο που καταλαμβάνουν οι ηλεκτρικές συσκευές και φωτισμός αυξήθηκε κατά 10% τα έτη 2000-2013 εξαιτίας της αύξησης του μεγέθους και του αριθμού τους. Η κατανάλωση ενέργειας για το μαγείρεμα και την παραγωγή ΖΝΧ παρέμεινε σταθερή κατά τη διάρκεια της περιόδου 2000-2013. Η μέση ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανέρχεται στις 10.244 kWh ανά κατοικία, εκ των οποίων το 85,9% αφορά στη θέρμανση και το 4,4% στην παραγωγή ΖΝΧ . Η μέση ετήσια χρήση ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στις 3.750 kWh ανά κατοικία και αξιοποιείται κυρίως για μαγείρεμα κατά ένα ποσοστό της τάξης του 38,4%, για τη λειτουργία των συσκευών 28,9%, για την παραγωγή ΖΝΧ 9,4%, για φωτισμό 6,4%, για ψύξη 4,9% και για θέρμανση 3,0% [6,10].

Στο μίγμα των καυσίμων που καταναλώνονται στις Ελληνικές κατοικίες κυριαρχούν τα προϊόντα πετρελαίου (42%), ακολουθεί η ηλεκτρική ενέργεια (34%), οι ΑΠΕ (17%), το φυσικό αέριο (5%) και η συμπαραγωγή (1%). Κατά την δεκαετία 2000-2010 η συνολική κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε κατά 3,1%. Η μεγαλύτερη αύξηση καταγράφηκε στην ηλεκτρική ενέργεια (26%) και στην εισαγωγή του φυσικού αερίου, ενώ η χρήση πετρελαίου μειώθηκε κατά 22% και των ΑΠΕ 5% [2].

Η κύρια πηγή καυσίμου για την κάλυψη της κυρίαρχης τελικής χρήσης της κατοικίας (θέρμανση) είναι το πετρέλαιο (63,8%) ενώ η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται σε ποσοστό 12,4 %, η βιομάζα 12% και το φυσικό αέριο 8,7% [6].

Προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας στις κατοικίες, και σε συνέχεια η χρήση των υλικών καυσίμων, πρέπει να εφαρμοστούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Η επιλογή των απαραίτητων μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης (**Energy Conservation Measures-ECM**) που θα εφαρμοστούν σε ένα συγκεκριμένο κτίριο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως ειδικά χαρακτηριστικά του κτιρίου (τρέχουσα θερμική κατάσταση), την τελική χρήση στην οποία στοχεύει το κάθε μέτρο και τέλος τον διαθέσιμο οικονομικό προϋπολογισμό. Επίσης, προκειμένου η επιλογή των μέτρων να είναι και αποτελεσματική θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και κάποια δεδομένα που αφορούν στο κτίριο όπως η γεωγραφική του θέση, το είδος του (μονοκατοικία-πολυκατοικία), η περίοδος κατασκευής του, το χρονοδιάγραμμα πληρότητας, η λειτουργία του, η συντήρηση του καθώς και οι ενεργειακοί φορείς που καταναλώνονται ήδη [2]. Όλα αυτά τα δεδομένα τα οποία πρακτικά θα καθορίσουν και την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων ενεργειακής απόδοσης για το κάθε κτίριο συγκεντρώνονται και αναλύονται στην «**Τυπολογία των Ελληνικών Κτιρίων**». Η **Τυπολογία των Ελληνικών Κτιρίων** αναπτύχθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος “TABULA-EPISCOPE” [11] ως προϊόν συνδυασμού διαφορετικών εμπειριών σε θέματα τυπολογίας κτιρίων, ακολουθώντας μια κοινή μεθοδική δομή ταξινόμησης κτιρίων ανάλογα με το μέγεθος, την ηλικία και άλλες σχετικές με την ενέργεια παραμέτρους. Η **Τυπολογία των Ελληνικών Κτιρίων** περιγράφεται λεπτομερώς σε επόμενη παράγραφο.

## 1.4 Τυπολογία κτιρίων - TABULA

### 1.4.1 Ευρωπαϊκή τυπολογία κτιρίων

Πρόσφατα, ως αποτέλεσμα κοινής Ευρωπαϊκής προσέγγισης, αναπτύχθηκε το εργαλείο TABULA με σκοπό την κατάδειξη κτιριακών τυπολογιών οι οποίες περιλαμβάνουν τυπικά δεδομένα σχετικά με την κατασκευή των κτιρίων, τη συχνότητα εμφάνισης συγκεκριμένων τύπων κτιρίων (μονοκατοικίες, πολυκατοικίες) και την απόδοση των χρησιμοποιούμενων ενεργειακών συστημάτων παρέχοντας τα ποσά εξοικονομούμενης ενέργειας που επιτυγχάνονται από την εφαρμογή κοινών ή προηγμένων μέτρων ενεργειακής απόδοσης. Ο όρος **Τυπολογία Κτιρίου** περιγράφει μια ταξινόμηση κτιρίων σύμφωνα με την ενεργειακή τους απόδοση. Ένα σύνολο 20 εθνικών τυπολογιών κτιρίων αναπτύχθηκε παρέχοντας έναν αριθμό μοντέλων κατοικιών αντιπροσωπευτικών του εκάστοτε εθνικού κτιριακού αποθέματος[12]. Οι Τυπολογίες Κτιρίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης μεμονωμένων κτιρίων, συγκροτημάτων κτιρίων ακόμα και για την εκτίμηση του αντικτύπου της εξοικονόμησης ενέργειας σε ολόκληρο το κτιριακό απόθεμα της χώρας. Στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος “EPISCOPE” αναπτύχθηκε μία εναρμονισμένη δομή Ευρωπαϊκής “ Τυπολογίας Κτιρίων” (**TABULA**) συγκεκριμένα για κτίρια κατοικιών, η οποία περιλαμβάνει μοντέλα κτιρίων με ενεργειακά χαρακτηριστικά που είναι συναφή με την κατασκευή τους καθώς και στοιχεία ηλεκτρομηχανολογικού

εξοπλισμού εκπροσωπώντας το κτιριακό απόθεμα κάθε χώρας. Κάθε εθνική τυπολογία αποτελείται από διαφορετικούς τύπους κτιρίων με χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ενέργεια και είναι αντιπροσωπευτικά της αντίστοιχης χώρας αλλά κυρίως με βάση τις παραμέτρους “ηλικία κτιρίου” και “ μέγεθος κτιρίου”. Η ταξινόμηση αυτή έχει ως αποτέλεσμα μια ομάδα κατηγοριών κτιρίου που αντιστοιχούν σε καθορισμένες και αντιπροσωπευτικές χρονικές περιόδους κατασκευής και τέσσερις ομάδες οι οποίες προκύπτουν βάσει του μεγέθους του κτιρίου: μονοκατοικίες, μεζονέτες, πολυκατοικίες και συγκροτήματα διαμερισμάτων. Οι κατηγορίες σχετικά με το κτιριακό μέγεθος επιλέχθηκαν προσεκτικά έτσι ώστε να καλυφθεί η ποικιλομορφία των κτιριακών κατασκευών όλων των χωρών.



	Construction Year Class	Additional Classification	SFH	TH	MFH	AB	
			Single-Family House	Terraced House	Multi-Family House	Apartment Block	
	... 1945	generic	 BE.N.SFH.01.Gen	 BE.N.TH.01.Gen	 BE.N.MFH.01.Gen		
2	national (Belgie)	1946 ... 1970	generic	 BE.N.SFH.02.Gen	 BE.N.TH.02.Gen	 BE.N.MFH.02.Gen	 BE.N.AB.02.Gen
3	national (Belgie)	1971 ... 1990	generic	 BE.N.SFH.03.Gen	 BE.N.TH.03.Gen	 BE.N.MFH.03.Gen	 BE.N.AB.03.Gen
4	national (Belgie)	1991 ... 2005	generic	 BE.N.SFH.04.Gen	 BE.N.TH.04.Gen	 BE.N.MFH.04.Gen	 BE.N.AB.04.Gen
5	national (Belgie)	2006 ... 2011	generic	 BE.N.SFH.05.Gen	 BE.N.TH.05.Gen	 BE.N.MFH.05.Gen	 BE.N.AB.05.Gen
6	national (Belgie)	2012 ...	generic	 BE.N.SFH.06.Gen	 BE.N.TH.06.Gen	 BE.N.MFH.06.Gen	 BE.N.AB.06.Gen

Εικόνα 5: Ενδεικτική απεικόνιση τμήματος των κατηγοριών κατοικιών του Βελγίου, όπως αυτή προκύπτει από το εργαλείο απεικόνισης TABULAwebtool[13].

Κάθε εθνική τυπολογία συμπληρώνεται από 2 μικρότερες τυπολογίες που η πρώτη αφορά στα δομικά στοιχεία κατασκευής του κτιρίου και η δεύτερη στα ενεργειακά συστήματα. Στην πρώτη συμπληρωματική τυπολογία περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιρίου (τοίχοι, οροφές, πατώματα, παράθυρα) και οι αντίστοιχοι συντελεστές απώλειας θερμότητας πριν και μετά την όποια ανακαίνιση ( U-Values για αδιαφανή και διαφανή στοιχεία) και οι g-Values για τους υαλοπίνακες. Στην δεύτερη συμπληρωματική τυπολογία περιλαμβάνονται οι περιγραφές των εγκαταστάσεων παραγωγής, αποθήκευσης και διανομής ενέργειας για θέρμανση και Ζ.Ν.Χ. μαζί με τους συντελεστές απόδοσης και

απωλειών των συστημάτων [2,12]. Στις τυπολογίες εισάγονται δεδομένα σχετικά με τη δομή του κτιριακού κελύφους και των Η/Μ συστημάτων του αντιπροσωπευτικού κτιρίου (κτίριο – πρότυπο) της κάθε κατηγορίας. Οι θερμικές ιδιότητες των κτιρίων που περιλαμβάνονται στις TABULA τυπολογίες παρουσιάζονται με τη μορφή βάσεων κτιριακών δεδομένων σε συνδυασμό με τις δύο προαναφερθείσες συμπληρωματικές τυπολογίες. Πληροφορίες σχετικά με την συχνότητα εμφάνισης των κτιρίων που ανήκουν στις ορισμένες κτιριακές κατηγορίες (αριθμός κτιρίων και συνολική επιφάνεια δαπέδου), των δομικών στοιχείων και των Η/Μ συστημάτων στο κτιριακό απόθεμα αναφέρονται επίσης. Το TABULA επικεντρώνεται στην κατανάλωση ενέργειας που αφορά στη θέρμανση και την παραγωγή ΖΝΧ, εφόσον αποτελούν τις βασικές τελικές χρήσεις κατανάλωσης ενέργειας στις κατοικίες. Οι πληροφορίες σχετικά με τη συχνότητα εμφάνισης των κτιριακών κατηγοριών, των στοιχείων και των συστημάτων καθιστούν δυνατή τη χρήση της τυπολογίας για τον υπολογισμό του ενεργειακού μεριδίου του οικιακού κτιριακού τομέα στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο. Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα αξιολόγησης του ποσού εξοικονόμησης ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί από την εκτενή ή όχι εφαρμογή Μέτρων Ενεργειακής Απόδοσης (ECM)[2,12].

Τα κτίρια που ταξινομούνται στο TABULA είναι μόνιμες κατοικίες με συνεχή χρήση όλο το χρόνο (διαβίωση χρηστών και λειτουργία Η/Μ εξοπλισμού). Η ταξινόμηση των κτιρίων κατοικιών της Ελλάδας πραγματοποιήθηκε με βάση τρεις παραμέτρους: **την περίοδο κατασκευής** της κατοικίας, **το μέγεθος του κτιρίου** και την **κλιματική ζώνη** στην οποία ανήκει το κτίριο. Η ελληνική Κτιριακή Τυπολογία αποτελείται από 32 κατηγορίες. Τα κτίρια κατοικιών που παρουσιάζονται υφίστανται και στην πραγματικότητα και το κάθε ένα θεωρείται αντιπροσωπευτικό της κάθε κατηγορίας που ανήκει. Η τυπολογία περιλαμβάνει γενικά χαρακτηριστικά του κτιρίου όπως αριθμό ορόφων, οικοδομικό όγκο, θερμικές ιδιότητες. Οι λεπτομέρειες σχετικά με τα θερμικά χαρακτηριστικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου και με τα εγκατεστημένα συστήματα μπήκαν στην τυπολογία μαζί με τις αναγραφόμενες απαιτήσεις που επιβάλλονται από τον ΚΕΝΑΚ. Εκτενής ανάλυση της Τυπολογίας Ελληνικών Κτιρίων παρατίθεται στην παράγραφο που ακολουθεί [2,12].

#### 1.4.2 Ελληνική τυπολογία κτιρίων

Η Τυπολογία Ελληνικών Κτιρίων αποτελείται από 32 κατηγορίες, όπως έχει προαναφερθεί, ενώ η κατηγοριοποίησή των κατοικιών πραγματοποιείται βάσει τριών παραμέτρων: την περίοδο κατασκευής, το μέγεθος και την κλιματική ζώνη.

##### 1.4.2.1 Ταξινόμηση κτιρίων σύμφωνα με την χρονολογία κατασκευής

Με βάση την **περίοδο κατασκευής** των κατοικιών ορίστηκαν τέσσερις κατηγορίες κτιρίων. Η πρώτη κατηγορία αφορά σε κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 και δεν διαθέτουν καθόλου θερμική μόνωση δεδομένου ότι κατασκευάστηκαν πριν από την εφαρμογή του πρώτου Ελληνικού Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων(ΦΕΚ 362Δ/1979)[39]. Η δεύτερη κατηγορία αφορά σε κτίρια που κατασκευάστηκαν κατά την περίοδο 1981-2000 και θεωρούνται

ανεπαρκώς ή εν μέρη μονωμένα και μονώθηκαν με βάση τον παραπάνω νόμο. Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν μετά το 2000 και θεωρούνται καταλλήλως μονωμένα σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων την Τροποποίηση του Οικοδομικού Κανονισμού **ΦΕΚ 140/13-06-2000[40]**, ωστόσο η χρησιμοποιούμενη θερμομόνωση δεν συμμορφώνεται με τον νέο κανονισμό θερμομόνωσης (ΚΕΝΑΚ) που εισήχθη το 2010 και ο οποίος εφαρμόστηκε στις κατοικίες της τέταρτης κατηγορίας που ορίζεται από την ελληνική τυπολογία κτιρίων (κατοικίες που οικοδομήθηκαν μετά το 2011)[2]. Στη Ελλάδα περίπου τα μισά από τα ελληνικά κτίρια δεν έχουν θερμική προστασία, δεδομένου ότι η πλειοψηφία τους κατασκευάστηκε πριν το 1980, περίπου το 58% του “παλιού” κτιριακού αποθέματος. Συγκεκριμένα με βάση την περίοδο κατασκευής του Ελληνικού Κτιριακού Αποθέματος το 41,2% των κτιρίων κατασκευάστηκαν πριν το 1970, το 17,2% κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970, το 17,5% κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980, το 12,5% κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990 και το υπόλοιπο μετά το 2001. Εφόσον το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων έχει κατασκευαστεί τόσα χρόνια πριν σημαίνει ότι η πλειοψηφία των Ελληνικών κατοικιών θα χρειαστεί οπωσδήποτε κάποιου είδους ανακαίνιση στο θερμικό κέλυφος και αλλαγές στις εγκαταστάσεις προκειμένου να ανταποκριθούν στις νέες προδιαγραφές ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.

Με μία πρόσφατη έρευνα που έγινε σύμφωνα με το κέλυφος και τα συστήματα και τις εγκαταστάσεις των κατοικιών του κτιριακού αποθέματος, διαπιστώθηκε ότι μόνο το 9% των τοίχων, το 22% των στεγών και το 33% των παραθύρων των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 έχουν ανακαινιστεί ή αναβαθμιστεί προκειμένου να “συμμορφωθούν” με τον Ελληνικό Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων. Τα διπλά τζάμια ως ένα από τα δημοφιλέστερα μέτρα ενεργειακής απόδοσης και ως μια κοινή πρακτική στις νέες κατασκευές, συναντώνται σε ποσοστό περίπου 43% στο απόθεμα των κατοικιών, δεδομένου ότι μειώνει τις απώλειες θερμότητας και βελτιώνει την ηχομόνωση την ασφάλεια και την αισθητική. Εξίσου σημαντική είναι και η παρέμβαση της τοποθέτησης μόνωσης στις οροφές των κατοικιών καθώς και η θερμομόνωση στις τοιχοποιίες.

Αναλυτικότερα, ο πρώτος Ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (Hellenic Building Thermal Insulation Regulation – HBTIR) εισήχθη για πρώτη φορά το 1979. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (OEEK 2002/91/EC) επιβλήθηκε το 2010 από τον Ελληνικό **Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων - ΚΕΝΑΚ** - ο οποίος αντικατέστησε τον Ελληνικό Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων, και “εισήγαγε” πιο αυστηρά U-Values για το θερμικό περίβλημα του κτιρίου (καθώς και προδιαγραφές ελάχιστης αποδοτικότητας για τις τεχνικές εγκαταστάσεις). Για παράδειγμα με βάση τον HBTIR η U-Value για εξωτερικά κάθετα τοιχώματα σε επαφή με εξωτερικό αέρα ήταν 0,7 W/m<sup>2</sup>K ενώ με βάση τον ΚΕΝΑΚ έχει μειωθεί κατά 14% έως 43%, ανάλογα με την τοποθεσία.

Τέλος, όταν πρόκειται για την κατασκευή νέων κτιρίων μετά το 2020 είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η προοπτική των Κτιρίων Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης (NetZeroEnergyBuildings – NZEBs), δηλαδή κτίρια με πολύ χαμηλότερο λειτουργικό κόστος, που καταναλώνουν ενέργεια κυρίως με



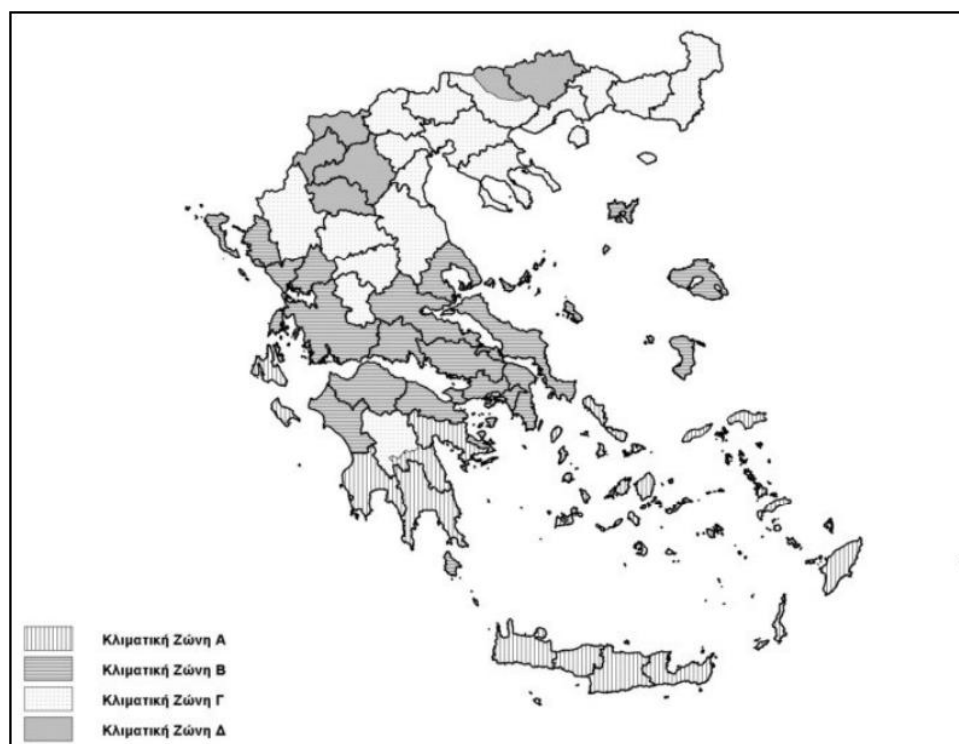
ανανεώσιμες πηγές και τέλος έχουν ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με τα σημερινά κτίρια [41]. Εξαιτίας της απουσίας ενός επίσημου ορισμού για τα ΝΖΕΒ στην Ελλάδα επί του παρόντος, με εξαίρεση την γενική έννοια που καταγράφεται στον Ν.4122/2013 στην αναδιατύπωση της Οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (ΟΕΕΚ), ένα επικείμενο σενάριο ΚΕΝΑΚ+ θεωρείται κατάλληλο για την εποχή μετά το 2021[6].

#### 1.4.2.2 Ταξινόμηση κτιρίων σύμφωνα με τον τύπο κτιρίου

Με βάση το **μέγεθος του κτιρίου** οι κατοικίες κατατάσσονται σε 2 κατηγορίες: σε μονοκατοικίες, συμπεριλαμβανομένων και των χαμηλών κτιρίων με ένα ή δύο ορόφους, και σε πολυκατοικίες, συμπεριλαμβανομένων και των κτιρίων που περιλαμβάνουν διαμερίσματα.

#### 1.4.2.3 Ταξινόμηση κτιρίων σύμφωνα με την κλιματική ζώνη

Με βάση την παράμετρο “**κλιματική ζώνη**” οι κατοικίες ταξινομούνται σύμφωνα με τις κλιματικές ζώνες που έχει ορίσει ο ΚΕΝΑΚ ανάλογα με τις βαθμομέρες θέρμανσης (HDD) οι οποίες είναι τέσσερις: Ζώνη Α (601–1100 HDD), Ζώνη Β (1101–1600 HDD), Ζώνη Γ (1601–2200 HDD) και Ζώνη Δ (2201–2620 HDD).



Εικόνα 6: Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών στην Ελληνική επικράτεια[14].

Country	Region	Construction Year Class	SFH Single Family House	MFH Multi Family House
🇬🇷	Zone A (κλιματική ζώνη Α)	... 1980	 GR.ZoneA.SFH.01.Gen	 GR.ZoneA.MFH.01.Gen
🇬🇷	Zone A (κλιματική ζώνη Α)	1981 ... 2000	 GR.ZoneA.SFH.02.Gen	 GR.ZoneA.MFH.02.Gen
🇬🇷	Zone A (κλιματική ζώνη Α)	2001 ... 2010	 GR.ZoneA.SFH.03.Gen	 GR.ZoneA.MFH.03.Gen
🇬🇷	Zone A (κλιματική ζώνη Α)	2011 ...	 GR.ZoneA.SFH.04.Gen	 GR.ZoneA.MFH.04.Gen
🇬🇷	Zone B (κλιματική ζώνη Β)	... 1980 ... 2011 ...		
🇬🇷	Zone C (κλιματική ζώνη Γ)	... 1980 ... 2011 ...		
🇬🇷	Zone D (κλιματική ζώνη Δ)	... 1980 ... 2011 ...		

### 1.4.3 Ταξινόμηση κτιρίων – Λειτουργία TABULA

Η κατηγοριοποίηση των Ελληνικών κατοικιών κατέληξε σε 32 κτιριακές κλάσεις όπως φαίνεται (4 χρονικές περιόδους κατασκευής \* 2 τύποι κτιρίων \* 4 κλιματικές ζώνες), με ένα πρότυπο κτίριο κατοικίας να αντιπροσωπεύει την κάθε κλάση.

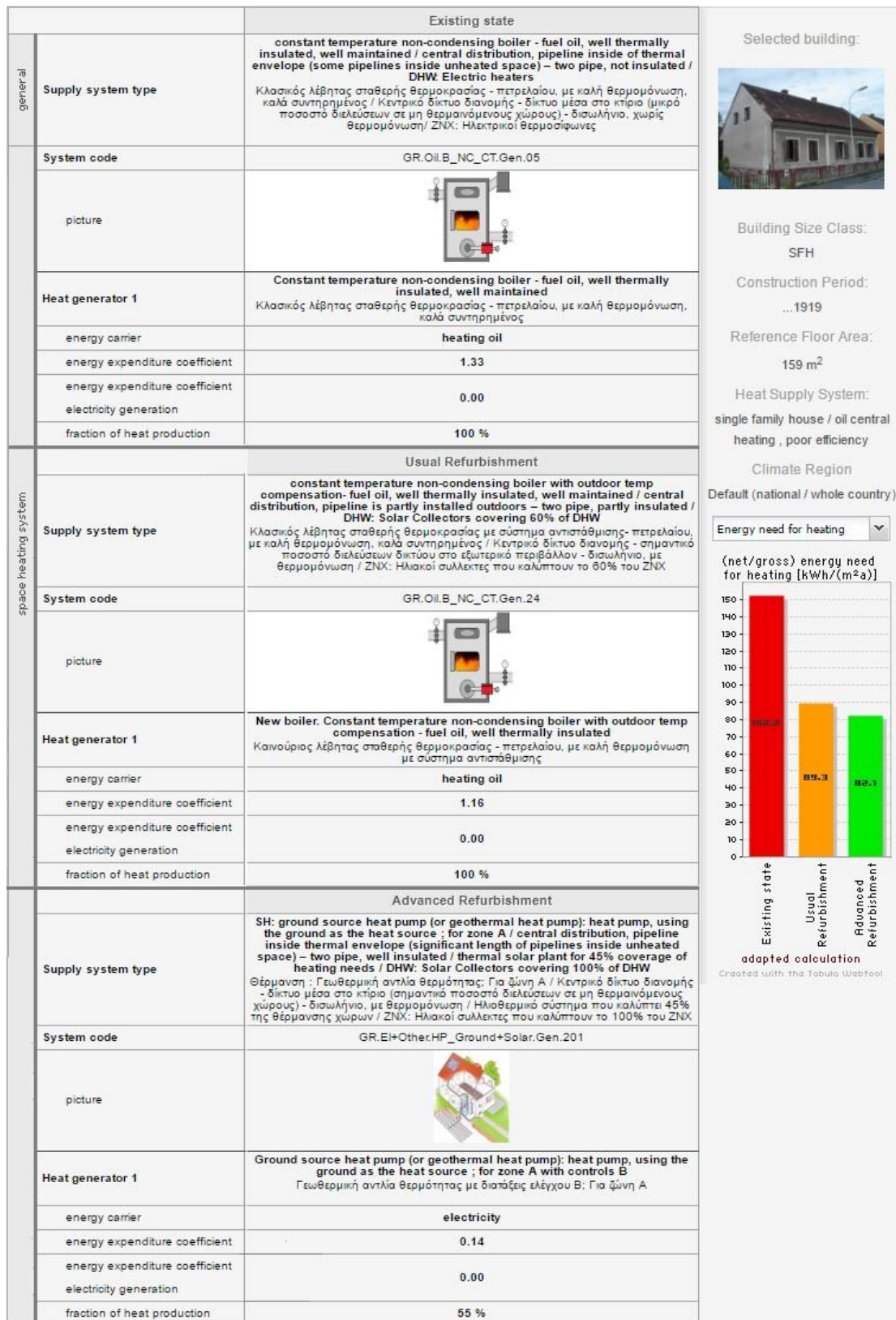
**Εικόνα 7:** Σχηματική απεικόνιση της Τυπολογίας Ελληνικών Κτιρίων από το TABULAWebTool[13]. Η εικόνα έχει δεχθεί επεμβάσεις καθώς στα σημεία όπου παρεμβάλλονται οι τρεις τελείες (...) υποδηλώνεται η παρουσία δεδομένων. Συγκεκριμένα, το **μπλε πλαίσιο** δηλώνει τη δυνατότητα επιλογής επιπλέον χρονικών περιόδων κατασκευής <1980 και >2011, το **πράσινο πλαίσιο** υποδηλώνει τη δυνατότητα επιλογής πολυκατοικίας και μονοκατοικίας σε όλες τις χρονικές περιόδους και σε όλες τις κλιματικές ζώνες, ενώ το **κόκκινο πλαίσιο** καταδεικνύει ότι δίδεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει κι επιπλέον χώρες από τις υποφαινόμενες.

Στο TABULA web tool [14] ή στο έγγραφο της Τυπολογίας Ελληνικών Κτιρίων Κατοικίας [16] για κάθε κτίριο αναγράφονται 3 σενάρια. Στο πρώτο σενάριο αποτυπώνεται η πραγματική κατάσταση του υφιστάμενου κτιρίου με την ήδη υπάρχουσα ελλιπή, μερική ή πλήρη μόνωση (ανάλογα το κτίριο) και τις υπάρχουσες Η/Μ εγκαταστάσεις. Στο δεύτερο σενάριο γίνεται βελτίωση της ενεργειακής απόκρισης του κτιρίου με πιο αποδοτικά δομικά και μονωτικά υλικά και συστήματα θέρμανσης και ψύξης, πάντα με συμμόρφωση στις προδιαγραφές και τις ελάχιστες απαιτήσεις που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ. Το τρίτο σενάριο έχει ακόμα πιο βελτιστοποιημένα υλικά μόνωσης σε συνδυασμό με πιο αποδοτικά Η/Μ συστήματα και διείσδυση ΑΠΕ καθώς και τεχνικές για περαιτέρω αναβάθμιση του κτιρίου [12].

Τα πιο κοινά συστήματα παροχής θέρμανσης στην Ελληνική επικράτεια είναι οι λέβητες (69% υγρά καύσιμα), οι αντλίες θερμότητας (5%). Άλλα συστήματα παροχής θέρμανσης περιλαμβάνουν ηλεκτρικές αντιστάσεις (7%), ενώ χρησιμοποιούνται σόμπες (4%) και τζάκια (4%). Η τηλεθέρμανση χρησιμοποιείται κυρίως στα βόρεια τμήματα του Ελλαδικού χώρου (Ζώνη Δ) και αντιπροσωπεύει το 0,73% του συνόλου των συστημάτων θέρμανσης της χώρας. Οι εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης δημιουργήθηκαν χάρη στην ύπαρξη μονάδων συμπαραγωγής σε τοποθεσίες όπως η Κοζάνη [15]. Η παραγωγή ΖΝΧ επιτυγχάνεται με χρήση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα (62%), ηλιακών συλλεκτών (37,6%), μπόιλερ (30% πετρελαίου & 4% φυσικού αερίου) ενώ το ποσοστό του 25,2% των συστημάτων θέρμανσης είναι κεντρικό σύστημα θέρμανσης. Συνολικά το 59% των εγκατεστημένων λεβήτων πετρελαίου είναι παλιοί και το 22% των αντλιών θερμότητας είναι διασπασμένες μονάδες ή τα συστήματα μετρούν πάνω από 10 χρόνια λειτουργίας. Κάθε ένας από τους 32 τύπους κτιρίων χρησιμοποιείται στο μοντέλο κτιριακού αποθέματος για πολλούς διαφορετικούς συνδυασμούς συστημάτων θέρμανσης και παραγωγής ΖΝΧ. Στα πλαίσια του TABULA εξετάζονται διάφορα συστήματα θέρμανσης ανάλογα με τους φορείς ενέργειας που καταναλώνονται. Για παράδειγμα εξετάζονται λέβητες πετρελαίου, λέβητες φυσικού αερίου, αντλίες θερμότητας, ηλεκτρικές μονάδες, μονάδες τηλεθέρμανσης, τζάκια ανοιχτού τύπου και σόμπες. Τα συστήματα ΖΝΧ μπορεί να περιλαμβάνουν συνδυασμούς από συμβατικούς ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες, ηλιακούς θερμοσίφωνες, λέβητες κ.λπ. [6].

Οι απαιτήσεις των Η/Μ συστημάτων μεταφράζονται στην ύπαρξη αντιστάθμισης της εξωτερικής θερμοκρασίας και την χρήση θερμοστατικού ελέγχου στις διάφορες θερμικές ζώνες. Για την παραγωγή ΖΝΧ, τα κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά το 2011 θα πρέπει να καλύπτουν το 60% του φορτίου με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ και την εθνική νομοθεσία (Ν.3851/2010) η οποία αντικατέστησε την Ευρωπαϊκή Οδηγία για τις ΑΠΕ (Renewable Energy Directive -RED 2009/28/EC) [6].

Αξιολόγηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας τριώροφης κατοικίας και οικονομοτεχνική μελέτη για τη βελτίωση της απόδοσης της



Εικόνα 8: Απεικόνιση τριών σεναρίων συστημάτων θέρμανσης πρότυπης τυπικής κατοικίας η οποία ανήκει σε μία από τις 32 κλάσεις της τυπολογίας όπως αυτή προκύπτει από το TABULAWebTool. Το πρώτο σενάριο (Existingstate) παρουσιάζει το υπάρχον σύστημα θέρμανσης, ενώ τα σεναρία ανακαίνισης (Usual&AdvancedRefurbishment) προτείνουν την εγκατάσταση αποδοτικότερων συστημάτων. Δεξιά παρουσιάζεται διαγραμματικά η απαίτηση σε θερμική ενέργεια, ενώ παρέχεται και η δυνατότητα γραφικού υπολογισμού της εξοικονόμησης ενέργειας χάρη στα σεναρία ανακαίνισεων[13].

Λαμβάνοντας υπόψη τα σενάρια ανακαίνισης και το είδος των μέτρων ενεργειακής απόδοσης που εφαρμόζονται στο κτιριακό απόθεμα, τα χαρακτηριστικά του προτύπου «τυπικού κτιρίου» επαναδιατυπώνονται κάθε χρόνο. Για παράδειγμα, μία νέα τιμή θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας (wall U-value) του τυπικού κτιρίου υπολογίζεται κάθε χρόνο αποδίδοντάς του την αριθμητική τιμή όπως αυτή προκύπτει από τον σταθμισμένο μέσο των wall U-values του κτιριακού αποθέματος, λαμβάνοντας υπόψη τον βαθμό θερμικής επέμβασης στο κτιριακό κέλυφος των κτιρίων. Αναλόγως υπολογίζονται και οι αποδόσεις των μονάδων παραγωγής θερμότητας, λαμβάνοντας υπόψη ή όχι το εάν ένας λέβητας (boiler) αντικαθίσταται από μία νέα μονάδα με υψηλότερη θερμική απόδοση η οποία καταναλώνει τον ίδιο φορέα ενέργειας (π.χ. την αντικατάσταση ενός παλαιού λέβητα πετρελαίου από έναν νέο λέβητα συμπίκνωσης πετρελαίου ή από έναν νέο λέβητα που καίει κάποιο άλλο καύσιμο, όπως Φ.Α., όποτε και προβλέπεται η αντικατάσταση με έναν νέο λέβητα Φ.Α.) [6,16].

Στο TABULA, οι υπολογισμοί για την ενεργειακή μελέτη του κάθε κτιρίου, έγιναν με χρήση του επίσημου εθνικού λογισμικού ενεργειακής αναβάθμισης που διατίθεται από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας - ΤΕΕ, ΤΕΕ-KENAK, ο τρόπος λειτουργίας του οποίου επεξηγείται σε επόμενο κεφάλαιο. Με το λογισμικό αξιολογείται η παρούσα και η βελτιωμένη κατάσταση του κτιρίου, μετά τις πιο ενεργειακά αποδοτικές επεμβάσεις των σεναρίων. Η μηχανή υπολογισμού του ΤΕΕ-KENAK αναβαθμίστηκε για την κάλυψη τόσο των τελικών Ευρωπαϊκών Προτύπων όσο και των Εθνικών απαιτήσεων που ενσωματώνουν τις εθνικές τεχνικές κατευθυντήριες γραμμές που καταρτίζονται από το ΤΕΕ. Οι υπολογισμοί για την ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση και ψύξη βασίζονται σε μια μηνιαία μέθοδο όπου τα περισσότερα δεδομένα εισόδου παρέχονται σαν μηνιαίος μέσος όρος ή σαν μηνιαίο άθροισμα. Οι κατοικίες θεωρείται ότι λειτουργούν 18 ώρες σε ημερήσια βάση εντός του έτους σύμφωνα με εθνικές τεχνικές οδηγίες. Ο φωτισμός στην περίπτωση των κατοικιών θεωρείται σταθερός ( $=0.1\text{W/m}^2$  θερμαινόμενου χώρου) και επηρεάζει την ενεργειακή ζήτηση χωρίς να συμπεριλαμβάνεται στην αναφορά ενεργειακής κατανάλωσης της κατοικίας [12,16].

## 1.5 Πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης-ΠΕΑ παρέχει ένα μέσο αξιολόγησης ατομικών κτιρίων, είτε πρόκειται για κατοικίες είτε για εμπορικά και δημόσια κτίρια, για το πόσο αποδοτικά είναι σε σχέση με το ποσό ενέργειας που απαιτείται για να παρέχει στους χρήστες την αναμενόμενη άνεση και λειτουργικότητα. Το ΠΕΑ χρησιμεύει και για την αξιολόγηση των μέτρων ενεργειακής απόδοσης που εφαρμόζονται. Ο βαθμός απόδοσης του κάθε κτιρίου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το τοπικό κλίμα, τον σχεδιασμό του κτιρίου, την μέθοδο κατασκευής, τα υλικά κατασκευής, τα εγκατεστημένα συστήματα παροχής θέρμανσης, αερισμού, κλιματισμού και ΖΝΧ, τις συσκευές και τον εξοπλισμό που απαιτείται για την στήριξη των λειτουργιών του κτιρίου και των χρηστών του [17].

Η ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων τυπικά περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια:

1. Την εκτίμηση την ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου από έναν αρμόδιο εκτιμητή χρησιμοποιώντας μια υποψήφια μεθοδολογία.
2. Την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου η οποία περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τις πιθανές βελτιώσεις που πιθανόν να αποφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας, εκτός αν η κατηγορία του κτιρίου είναι A+ οπότε δεν απαιτούνται ενέργειες αναβάθμισης.
3. Την ανακοίνωση αυτών των πληροφοριών στους χρήστες και τους ενδιαφερόμενους με τη δημοσίευση του πιστοποιητικού **[17]**.

Σύμφωνα με την Οδηγία Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων και τις εθνικές διατάξεις του Κ.Εν.Α.Κ, τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης (Energy Performance Certificate - EPC ) εκδίδονται στην Ελλάδα από το 2011 και έχουν δεκαετή ισχύ. Τα πιστοποιητικά αυτά είναι αναγκαία για όλα τα κτίρια που διατίθενται προς πώληση καθώς και για όλα τα κτίρια που θα αλλάξουν ενοικιαστή. Ο ενεργειακός επιθεωρητής εκτελεί την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου συλλέγοντας τα απαραίτητα στοιχεία που διατίθενται και κατατίθενται στο εθνικό ηλεκτρονικό αρχείο ([www.buildingcert.gr](http://www.buildingcert.gr)) προκειμένου να εκδοθεί το αντίστοιχο για το κτίριο πιστοποιητικό **[9]**.

Το ΠΕΑ αποτελείται από 2 σελίδες. Σε αυτές τις 2 σελίδες καταγράφονται τα γενικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, η ενεργειακή κλάση στην οποία έχει καταταχθεί το κτίριο (από την κλάση H , χαμηλότερη απόδοση ,έως την κλάση A+ ,υψηλότερη απόδοση), η ετήσια υπολογιζόμενη και πραγματική (αν υπάρχει) τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, η συνολική εκπομπή του CO<sub>2</sub>. Καταγράφονται επίσης, το είδος καυσίμου ή ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, ΖΝΧ, αερισμό, φωτισμό και χρησιμοποιούμενες συσκευές, μια αξιολόγηση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου, μια κατανομή των φορέων ενέργειας ,και τέλος διατυπώνονται αποδοτικές συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου με την υπολογιζόμενη εξοικονόμηση ενέργειας και την περίοδο αποπληρωμής.**[9,18]**

The image shows a detailed Energy Performance Certificate (EPC) form. It includes sections for general information, energy performance classification (with a bar chart showing a 'B' rating), annual energy consumption table, and summary of energy consumption and CO2 emissions. The form is titled 'ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ'.

Εικόνα 9:Απεικόνιση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης[19].

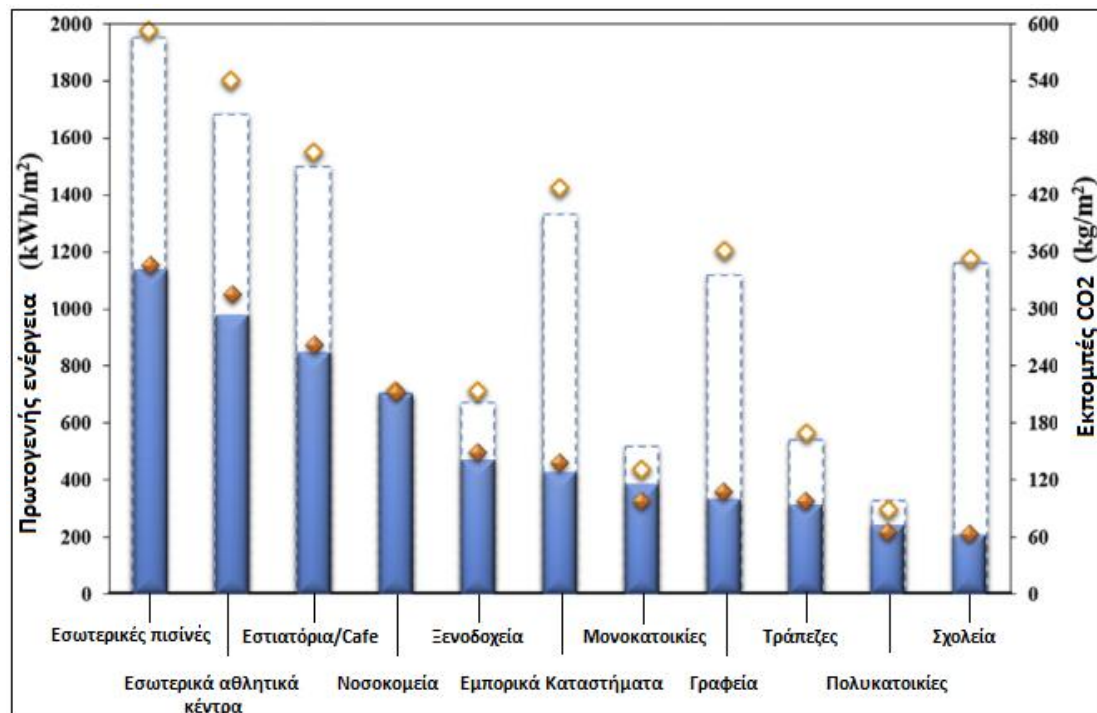
### 1.5.1 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται με βάση τους συντελεστές μετατροπής, σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, για τους διάφορους φορείς ενέργειας (Πίνακας 1). Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> υπολογίζονται με βάση τους ακόλουθους εθνικούς συντελεστές μετατροπής: π.χ. 0,989kg CO<sub>2</sub>/kWh για την ηλεκτρική ενέργεια, 0,264 kgCO<sub>2</sub>/kWh για το πετρέλαιοθέρμανσης και 0,196 kgCO<sub>2</sub>/kWh για το φυσικό αέριο [9].

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανα μονάδα ενέργειας (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
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 ΔΕΗ	0,70	0,347
Τηλεθέρμανση από ΑΠΕ	0,50	-

Πίνακας 1:Συντελεστές μετατροπής καυσίμων σε πρωτογενή ενέργεια και οι αντίστοιχοι εκλυόμενοι ρύποι[14].

Η μέση υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι 261,6 kWh/m<sup>2</sup> για κτίρια κατοικιών και 461,2 kWh/m<sup>2</sup> για τα υπόλοιπα κτίρια, ενώ οι μέσες υπολογιζόμενες εκπομπές CO<sub>2</sub> για κτίρια κατοικιών είναι 70,3 kg/m<sup>2</sup> και για τα υπόλοιπα κτίρια 146,8 kg/m<sup>2</sup>[9].



Εικόνα 10: Παρουσίαση της μέσης υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά χρήση κτιρίων.[9]

### 1.5.2 Ενεργειακή ταξινόμηση κτιρίων

Η ενεργειακή κλάση στην οποία εντάσσεται το κάθε κτίριο καθορίζεται από την τελική ανηγμένη σε πρωτογενή ενέργεια κατανάλωση του κτιρίου. Ακολουθεί πίνακας κατηγοριοποίησης τους:

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33RR$	$T \leq 0,33$
A	$0,33RR < EP \leq 0,5RR$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50RR < EP \leq 0,75RR$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75RR < EP \leq 1,00RR$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,0RR < EP \leq 1,41RR$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41RR < EP \leq 1,82RR$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82RR < EP \leq 2,27RR$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27RR < EP \leq 2,73RR$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73RR < EP$	$2,73 < T$

Πίνακας 2: Κλάσεις Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων[14].

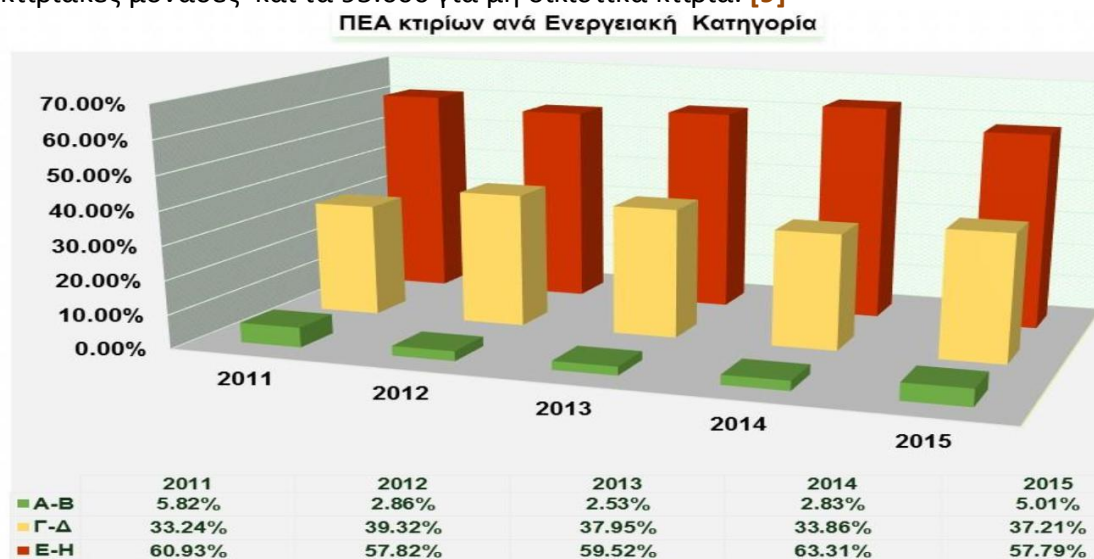
Σύμφωνα με το Ελληνικό σύστημα κατάταξης, ένα κτίριο κατατάσσεται σε μία από τις εννέα ενεργειακές κλάσεις σύμφωνα με το ηλικίο του ποσού της πρωτογενούς ενέργειας που καταναλώνει διά της αντίστοιχης τιμής κατανάλωσης του κτιρίου αναφοράς. Το κτίριο αναφοράς αποτελεί πιστό αντίγραφο του πρότυπου κτιρίου που εξετάζεται και το οποίο διαθέτει χαρακτηριστικά κελύφους και ενεργειακών συστημάτων που υπακούουν στις ελάχιστες επιτρεπόμενες απαιτήσεις όπως αυτές ορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ. Το κτίριο αναφοράς θεωρείται ένα ενεργειακά αποδοτικό κτίριο καθώς εξ' ορισμού είναι κλάσης Β. Όλες οι



υπόλοιπες κλάσεις ορίζονται ως ποσοστό επί της καταναλισκομένης από το εξεταζόμενο κτίριο πρωτογενούς ενέργειας [9].

### 1.5.3 Εκδοθέντα ΠΕΑ

Με τα πιστοποιητικά που εκδόθηκαν τα τελευταία 4 έτη ( 2011-2015) συμπεραίνεται ότι κατά πλειοψηφία τα κτίρια εντάσσονται στις ενεργειακές κατηγορίες E,Z,H. Από τον Ιανουάριο του 2011 μέχρι τον Αύγουστο του 2015 συνολικά εκδόθηκαν περίπου 660.000 ΠΕΑ για διάφορους τύπους κτιρίων , με το μεγαλύτερο ποσοστό τους , δηλ. 85%, να έχει εκδοθεί συγκεκριμένα για κτίρια κατοικιών. Τα έγκυρα πιστοποιητικά φτάνουν τα 480.000 για τα κτίρια κατοικιών ή κτιριακές μονάδες και τα 95.000 για μη οικιστικά κτίρια. [9]



Εικόνα 11: Εκδοθέντα ΠΕΑ ανά Ενεργειακή Κλάση από το έτος 2011 έως το 2015 [20].

Συγκεκριμένα για το 2015 σημειώθηκε ότι τα πιστοποιητικά που εκδόθηκαν μειώθηκαν σε σχέση με αυτά που εκδόθηκαν το 2014 κατά 56%. Συνολικά εκδόθηκαν 53.689 πιστοποιητικά. Το μεγαλύτερο ποσοστό των πιστοποιητικών δηλ. το 58% εκδόθηκε για κτίρια που εντάσσονται στην ενεργειακές κατηγορίες E-H, αμέσως μετά για κατηγορίες Γ-Δ με ποσοστό 37% και τέλος μόνο το 5% των πιστοποιητικών εκδόθηκε για κτίρια κατηγορίας A-B. Από το έτος 2014 παρατηρήθηκε ότι τα κτίρια των κατοικιών που εντάσσονται στην ενεργειακή κατηγορία E-H μειώθηκαν κατά 8,38% και υπήρχε αύξηση σχετικά με τις υπόλοιπες κατηγορίες A-B-Γ-Δ. Για τα κτίρια κατοικιών εκδόθηκαν 44.298 ΠΕΑ εκ των οποίων το 20% αφορούσε μονοκατοικίες και το 80% πολυκατοικίες, για τα κτίρια του τριτογενή τομέα εκδόθηκαν 9.391 ΠΕΑ εκ των οποίων το 51.25% αφορούσε καταστήματα και το 20.4% αφορούσε γραφεία, για τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια εκδόθηκαν 959 ΠΕΑ και τέλος για τα κτίρια του δημόσιου τομέα εκδόθηκαν 665 ΠΕΑ.

Δίνοντας έμφαση στον τομέα των κατοικιών, με βάση την έκδοση των πιστοποιητικών διαπιστώθηκε ότι, το 64,07% των κατοικιών εντάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία E-H , το 31.17% στην Γ-Δ και το 4.76% στην A-B κατηγορία. Το ποσοστό των κτιρίων που εντάχθηκαν στην κατηγορία E-H μειώθηκε κατά 6.15%

σε σχέση με τα αποτελέσματα των στατιστικών στοιχείων του έτους 2014 και αυξήθηκε στην κατηγορία Γ-Δ και Α-Β. Τα κτίρια κατοικιών καταναλώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας για την κάλυψη αναγκών σε σχέση με τη θέρμανση με μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 171.18 kWh/m<sup>2</sup>. Διαπιστώθηκε ότι για το έτος 2015 οι μονοκατοικίες είναι τα πιο ενεργοβόρα κτίρια και μετά ακολουθούν οι κτιριακές μονάδες πολυκατοικιών [20].

Η μέση ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε:

- Μονοκατοικίες ίση με 337.62 kWh/m<sup>2</sup>
- Πολυκατοικίες ίση με 228.59 kWh/m<sup>2</sup>

Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας								
Έτος	Πλήθος ΠΕΑ	Εμβαδόν Συνολικής Επιφανείας (m <sup>2</sup> )	Μέση Ετήσια κατανάλωση kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Μέση Ετήσια Κατ. Πρ. Εν. Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> )	Μέση Ετήσια Κατ. Πρ. Εν. Ψύξη (kWh/m <sup>2</sup> )	Μέση Ετήσια Κατ. Πρ. Εν. ΖΝΧ (kWh/m <sup>2</sup> )	Μέση Ετήσια Κατ. Πρ. Εν. ΑΠΕ και ΣΗΘ (kWh/m <sup>2</sup> )	Μέση Ετήσια Κατ. Πρ. Ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )
2015	44.298	4.439.939,88	66,06	171,18	31,04	47,36	0,02	250,46
2014	106.207	10.607.916,00	70,11	193,32	31,83	47,01	0,04	272,73
2013	184.759	17.813.541,65	67,68	177,84	30,88	47,77	0,04	257,38
2012	178.988	17.200.727,67	69,11	161,16	34,38	55,94	0,07	252,67
2011	51.256	5.656.533,80	78,18	186,95	43,84	60,83	0,11	291,96

**Πίνακας 3:** Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας για Τελικές Χρήσεις Ενέργειας [20].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 Μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης κατοικιών

Ένα μεγάλο ποσοστό των κατοικιών της ελληνικής επικράτειας έχουν κατασκευαστεί πριν το 1980, όταν όπως προαναφέρθηκε δεν είχε τεθεί σε ισχύ ο Κανονισμός Θερμομόνωσης, με αποτέλεσμα να μην διαθέτει θερμομόνωση και ενεργειακά αποδοτικές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Ακόμα και για τα κτίρια που κατασκευάστηκαν μεταγενέστερα δηλ. την περίοδο 1981-2000 η θερμομόνωση παρουσιάζεται ελλιπής και τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης αν και αποδοτικά όχι της βέλτιστης δυνατής ενεργειακής κλάσης. Η έλλειψη του περιβαλλοντικού σχεδιασμού, η προοπτική για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και η ανάγκη για ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας στις κατοικίες συντέλεσαν στο να αναπτυχθούν και να εφαρμοστούν μέτρα ενεργειακής απόδοσης. Η επιλογή των μέτρων γίνεται με βάση τις ενεργειακές απαιτήσεις κάθε κατοικίας, τη δομή της, τις κλιματολογικές συνθήκες και με βάση την οικονομική κατάσταση των ενοίκων. [21,10]

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται ενδεικτικά μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόκρισης κτιρίων κατοικιών και αφορούν στις ενεργειακές επεμβάσεις ενίσχυσης ή αντικατάστασης που μπορούν να εφαρμοστούν στο κέλυφος του κτιρίου και στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, παραγωγής ΖΝΧ, φωτισμού καθώς και στις οικιακές συσκευές.

Κτιριακό κέλυφος	Προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία
	Προσθήκη θερμομόνωσης στην οροφή
	Προσθήκη θερμομόνωσης στο δάπεδο/ στην πιλοτή.
	Εφαρμογή τεχνολογιών κτιριακού κελύφους αντί τεχνολογιών κλιματισμού για εξοικονόμηση ενέργειας.
	Στεγανοποίηση των ανοιγμάτων
	Αντικατάσταση των πλαισίων των παραθύρων.
	Αντικατάσταση των υαλοπινάκων των παραθύρων.
	Ενσωμάτωση μόνωσης αλουμινίου στα παράθυρα. Ενσωμάτωση μόνωσης PVC στα παράθυρα.
Σύστημα θέρμανσης	Αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης με πιο αποδοτικά συστήματα φυσικού αερίου κεντρικής θέρμανσης.
	Αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης με πιο αποδοτικά συστήματα αντλίας θερμότητας κεντρικής θέρμανσης.
	Αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης με πιο αποδοτικές μεμονωμένες ηλεκτρικές συσκευές θέρμανση
	Αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος παραγωγής θερμότητας με λέβητα πετρελαίου για θέρμανση.
	Αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος παραγωγής θερμότητας με λέβητα φυσικού αερίου για θέρμανση. Αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος παραγωγής θερμότητας με κεντρική ηλεκτρική αντλία θερμότητας για θέρμανση/ψύξη ή θέρμανση/ψύξη και ΖΝΧ.

	Συντήρηση των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης.
	Εγκατάσταση ενεργειακά αποδοτικού τζακιού καύσης ξύλου κλειστού τύπου με προηγμένο σύστημα κυκλοφορίας του αέρα καύση
	Εγκατάσταση ηλεκτρικής ενδοδαπέδιας θέρμανσης.
	Εγκατάσταση λέβητα ιόντων.
	Εγκατάσταση καυστήρα pellet.
Σύστημα ψύξης	Αντικατάσταση των συστημάτων ψύξης με πιο αποδοτικά συστήματα αντλίας θερμότητας.
	Αντικατάσταση των συστημάτων ψύξης με πιο αποδοτικά συστήματα κλιματισμού.
	Καθιέρωση των ελάχιστων επιπέδων ενεργειακής απόδοσης για τα συστήματα κλιματισμού.
	Αντικατάσταση των παλαιών και μη αποδοτικών συστημάτων κλιματισμού από νέα αποδοτικότερα.
	Εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής.
	Εξωτερικά συστήματα σκίασης.
Ζεστό Νερό Χρήσης	Αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος παραγωγής θερμότητας με κεντρική ηλεκτρική αντλία θερμότητας για θέρμανση/ψύξη ή θέρμανση/ψύξη και ZNX.
	Αντικατάσταση των συστημάτων ZNX με πιο αποδοτικούς θερμοσίφωνες φυσικού αερίου.
	Αντικατάσταση των συστημάτων ZNX με πιο αποδοτικούς ηλιακούς θερμοσίφωνες + ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες αποθήκευσης.
	Αντικατάσταση των συστημάτων ZNX με πιο αποδοτικούς ηλιακούς θερμοσίφωνες + ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες αντλίας θερμότητας.
	Αντικατάσταση των συστημάτων ZNX με πιο αποδοτικούς ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες.
	Υποχρεωτική χρήση ηλιακών θερμοσίφωνων σε νέες κατοικίες αντί ηλεκτρικών ντουζ (electrical showers).
	Αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος παραγωγής θερμότητας με λέβητα πετρελαίου για ZNX.
	Αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος παραγωγής θερμότητας με λέβητα φυσικού αερίου για θέρμανση και ZNX
Αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος παραγωγής θερμότητας με κεντρική ηλεκτρική αντλία θερμότητας για θέρμανση/ψύξη ή θέρμανση/ψύξη και ZNX.	
Αερισμός	Νυχτερινός αερισμός
Φωτισμός	Αντικατάσταση των λαμπτήρων με πιο αποδοτικούς συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού.
	Αντικατάσταση των λαμπτήρων με πιο αποδοτικούς σωληνωτούς λαμπτήρες φθορισμού.
	Αντικατάσταση των λαμπτήρων με πιο αποδοτικούς λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής έντασης.
	Αντικατάσταση των λαμπτήρων με πιο αποδοτικούς λαμπτήρες LED.

Ηλεκτρικές Συσκευές	Αντικατάσταση στεγνωτήρων με πιο αποδοτικούς ηλεκτρικούς (ενεργειακής κλάσης A, A+)
	Αντικατάσταση πλυντηρίων ρούχων με πιο αποδοτικά (ενεργειακής κλάσης A, A+)
	Αντικατάσταση πλυντηρίων πιάτων με πιο αποδοτικά ηλεκτρικά (ενεργειακής κλάσης A, A+)
	Αντικατάσταση εστιών μαγειρέματος με πιο αποδοτικές ηλεκτρικές εστίες.
	Αντικατάσταση εστιών μαγειρέματος με πιο αποδοτικές εστίες φυσικού αερίου.
	Αντικατάσταση φούρνων με πιο αποδοτικούς ηλεκτρικούς φούρνους.
	Αντικατάσταση καταψυκτών με πιο αποδοτικούς καταψύκτες (ενεργειακής κλάσης A++).
	Αντικατάσταση ψυγείων με πιο αποδοτικά ψυγεία (ενεργειακής κλάσης A++)
	Αντικατάσταση ψυγείων reach- in με πιο αποδοτικά ψυγεία.
	Καθιέρωση των μέγιστων επιπέδων ενεργειακής κατανάλωσης καταψυκτών και ψυγείων.
	Αντικατάσταση υπολογιστών με πιο αποδοτικούς φορητούς υπολογιστές
	Αντικατάσταση ηχοσυστημάτων με πιο αποδοτικά.
	Καθιέρωση της μέγιστης ισχύος σε κατάσταση αναμονής των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών.
	Επιπλέον μέτρα
Εγκατάσταση θερμοστατών εσωτερικού χώρου.	
Έλεγχος της θερμοκρασίας για κεντρική θέρμανση.	
Συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων( management of buildings)	

Πίνακας 1:Ενδεικτικά Μέτρα Ενεργειακής απόδοσης.[14,22]

Με βάση τα Μέτρα Ενεργειακής Απόδοσης που έχουν εφαρμοστεί ως τώρα στις ελληνικές κατοικίες και τα οποία προωθούνται κυρίως μέσω εργαλείων πολιτικής(βλ. Παράγραφο 2.2) οι πιο επικρατείς παρεμβάσεις καθώς και στατιστικά για την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται μέσω αυτών παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Μέτρο	Παραδοχή	Εξοικονόμηση ενέργειας
Τοποθέτηση θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται πρακτικά σε κατοικίες κατασκευασμένες πριν το 1980 που δεν είναι μονομένες. Επίσης εφαρμόζεται και στο 10% των κτιρίων που κατασκευάστηκαν την περίοδο 1980-2001 κι έχουν ακατάλληλη μόνωση.	Επίτευξη εξοικονόμησης 33%-60% στην ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση
Τοποθέτηση θερμομόνωσης στις οροφές	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται στο 70% των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 και δεν είναι μονωμένα. Επίσης εφαρμόζεται στο 10% των κτιρίων που κατασκευάστηκαν την περίοδο 1980-2001 και έχουν ανεπαρκή	Επίτευξη εξοικονόμησης 2%-14% στην ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση

	μόνωση στην οροφή	
<b>Στεγανοποίηση των ανοιγμάτων</b>	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται πρακτικά σε όλα τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1990 και στο 10% των κατοικιών που κατασκευάστηκαν τη δεκαετία του 1990 και χρειάζονται στεγανοποίηση (σφράγιση) των ανοιγμάτων	Επίτευξη εξοικονόμησης 16%-21% στην ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση
<b>Τοποθέτηση διπλών τζαμιών</b>	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται σε όλες τις κατοικίες που κατασκευάστηκαν πριν το 1985 και στο 10% των κτιρίων που κατασκευάστηκαν κατά τη περίοδο 1985-2001 και χρειάζονται διπλά τζάμια	Επίτευξη εξοικονόμησης 14%-20% στην ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση
<b>Συντήρηση εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης</b>	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται σε όλες τις υφιστάμενες κατοικίες που χρειάζονται ετήσια συντήρηση σύμφωνα με τον κανονισμό	Επίτευξη εξοικονόμησης 10%-12% στην ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση
<b>Αντικατάσταση των μη αποδοτικών λεβήτων με αποδοτικούς καυστήρες πετρελαίου</b>	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται σε όλες τις κατοικίες που έχουν παλιές εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης	Επίτευξη εξοικονόμησης 17% στην ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση
<b>Αντικατάσταση των μη αποδοτικών λεβήτων με καυστήρες φυσικού αερίου υψηλής απόδοσης</b>	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται στο 15% των υφιστάμενων κατοικιών με παλιά συστήματα κεντρικής θέρμανσης και βρίσκονται στις κλιματικές ζώνες Β και Γ όπου το φυσικό αέριο είναι διαθέσιμο	Επίτευξη εξοικονόμησης 21% στην ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση
<b>Εγκατάσταση ελέγχου ισορροπίας θερμοκρασίας για κεντρική θέρμανση</b>	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται σε όλες τις κατοικίες που δεν περιλαμβάνουν εγκατάσταση ελέγχου θερμοκρασιακής ισορροπίας σύμφωνα με τους εθνικούς κανονισμούς	Επίτευξη εξοικονόμησης 3%-6% στην ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση
<b>Εγκατάσταση θερμοστατών χώρων</b>	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται σε όλες τις κατοικίες που δεν είναι εξοπλισμένες με θερμοστάτες	Επίτευξη εξοικονόμησης 3%-6% στην ενέργεια που δαπανάται για θέρμανση
<b>Τοποθέτηση εξωτερικών σκιάστρων</b>	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται στο 50% των κατοικιών που κλιματίζονται, υποθέτοντας ότι το 20% του συνολικού χώρου είναι κλιματιζόμενο	Επίτευξη εξοικονόμησης 10%-20% στην ηλεκτρική ενέργεια που δαπανάται για ψύξη
<b>Τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής</b>	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται στο 20% των κατοικιών που κλιματίζονται	Επίτευξη εξοικονόμησης 60% στην ηλεκτρική ενέργεια που δαπανάται για ψύξη
<b>Αντικατάσταση των παλαιών και αναποτελεσματικών τοπικών μονάδων κλιματισμού</b>	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται στο 50% των κτιρίων με τοπικές μονάδες κλιματισμού οι οποίες είναι παλιές και μη αποδοτικές	Επίτευξη εξοικονόμησης 72% στην ηλεκτρική ενέργεια που δαπανάται για ψύξη
<b>Εγκατάσταση με ηλιακούς συλλέκτες για παραγωγή ΖΝΧ</b>	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται σε όλα τα κτίρια που δεν είναι εξοπλισμένα με ηλιακούς συλλέκτες	Επίτευξη εξοικονόμησης 50%-80% στην ηλεκτρική ενέργεια που δαπανάται για παραγωγή ΖΝΧ
<b>Εγκατάσταση λαμπτήρων ενεργειακής</b>	Το μέτρο αυτό εφαρμόζεται σε όλα τα κτίρια που δεν έχουν αποδοτικούς λαμπτήρες	Επίτευξη εξοικονόμησης 60% στην ηλεκτρική ενέργεια που δαπανάται για φωτισμό

απόδοσης		
----------	--	--

Πίνακας 2:Ευρέως εφαρμόσιμα Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας σε κατοικίες στην Ελλάδα. [3]

## 2.2 Εργαλεία εξοικονόμησης ενέργειας

Τα εργαλεία πολιτικής αποτελούν το κινητήριο μέσο για την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας σε κατοικίες τα οποία επιφέρουν βελτίωση της ενεργειακής τους απόκρισης. Στη βιβλιογραφία απαντάται πληθώρα εργαλείων πολιτικής[23].Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αξιοποιήθηκε η ταξινόμηση των εργαλείων πολιτικής σε 3 βασικές κατηγορίες [24]:

1. Εργαλεία Χρηματοδοτικής Συνδρομής, όπως προγράμματα επιδοτήσεων και εγγυήσεις δανείων.
2. Προγράμματα ενημέρωσης κι ευαισθητοποίησης, όπως προώθηση ενεργειακής σήμανσης σε οικιακές συσκευές, επιμόρφωση,υποστήριξη στην Έρευνα κι Ανάπτυξη μέσω εκπαίδευσης του ανθρώπινου δυναμικού.
3. Εργαλεία κανονιστικών απαιτήσεων, όπως κανονισμοί ενεργειακής απόδοσης και πρότυπα (ISO) για δομικά υλικά και κτίρια.

### Εργαλεία Χρηματοδοτικής Συνδρομής:

Όσον αφορά στην Ελληνική πραγματικότητα τα ευρέως γνωστά κι εφαρμοσμένα εργαλεία πολιτικής καλύπτουν όλες τις παραπάνω κατηγορίες. Το πιο διαδεδομένο εργαλείο χρηματοδοτικής συνδρομής αποτελεί το συγχρηματοδοτούμενο πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης «Εξοικονομώ κατ'Οίκον». Ο σκοπός του προγράμματος "Εξοικονόμηση Ενέργειας-ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ"είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης με την εφαρμογή αποδεκτών, καλύτερων και πρακτικών δράσεων για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στο αστικό περιβάλλον με έμφαση στον κτιριακό τομέα (δημόσια κτίρια 1<sup>ου</sup> βαθμού τοπικής αυτοδιοίκησης) και η αναβάθμιση των δημόσιων χώρων από τη μία και των εκτάσεων των δημόσιων και ιδιωτικών μεταφορών καθώς και των ενεργοβόρων δημόσιων εγκαταστάσεων από την άλλη, μέσω τεχνικών παρεμβάσεων και δράσεων για την ευαισθητοποίηση και κινητοποίηση των πολιτών, της τοπικής αυτοδιοίκησης, των επιχειρήσεων και των οργανισμών. Παρέχει χρηματοδότηση για έργα σχετικά με ΑΠΕ και σε δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε νέα, υπό κατασκευή ή υφιστάμενα κτίρια, γυμναστήρια και ιδιωτικές πισίνες και στις δημοτικές επιχειρήσεις της τοπικής αυτοδιοίκησης. Όσον αφορά τις κατοικίες, στο εν λόγω πρόγραμμα μπορούν να συμμετέχουν ένοικοι μονοκατοικίας, πολυκατοικίας και μεμονωμένων διαμερισμάτων που με βάση το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης το κτίριο κατατάσσεται σε χαμηλή ενεργειακή κατηγορία και πληροί τα κατάλληλα κριτήρια σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Ανάλογα με το ετήσιο εισόδημα των ενοίκων λαμβάνεται το μέγεθος της επιδότησης, δηλ. όσο πιο χαμηλό είναι το εισόδημα τόσο πιο μεγάλη είναι η επιδότηση.Οι παρεμβάσεις που μπορούν να εφαρμοστούν στο κτίριο σύμφωνα με το πρόγραμμα είναι:

- Τοποθέτηση θερμομόνωσης στους τοίχους, τα υποστυλώματα, τα δοκάρια, το δάπεδο, το δώμα/στέγη και την πιλοτή.
- Αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα ενεργειακά και τοποθέτηση συστημάτων σκίασης
- Αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης και παροχής Ζεστού Νερού Χρήσης.

Ανάλογο πρόγραμμα επιδοτήσεων αποτελεί και το Σύμφωνο των Δημάρχων-Covenant of Mayors. Η συμμετοχή των Ελληνικών δήμων στην εν λόγω Ευρωπαϊκή πρωτοβουλία “ στοχεύει σε έναν ολοκληρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό σε τοπικό επίπεδο και την επίτευξη συγκεκριμένων περιβαλλοντικών στόχων , υποστηρίζεται και προωθείται τόσο σε κεντρικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο. [10,25].

#### Προγράμματα Ενημέρωσης και Ευαισθητοποίησης:

Η ενεργειακή σήμανση των οικιακών συσκευών και οι εκστρατείες ενημέρωσης είναι τα πιο γνωστά προγράμματα παροχής πληροφοριών κι ευαισθητοποίησης των πολιτών.

Η εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων του πλανήτη από την αλόγιστη σπατάλη τους και η κλιματική αλλαγή έχουν ευαισθητοποιήσει τα κράτη μέσω διάφορων δράσεων να κινητοποιήσουν τους πολίτες με στόχο να σταματήσουν τα προβλήματα αυτά. Πρώτο βήμα σε αυτήν την κατεύθυνση είναι να ενημερωθεί ο κάθε ένας για τις δυνατότητες που έχει αλλά και την ευθύνη σε προσωπικό επίπεδο. Απλά βήματα ενημέρωσης μέσα από καμπάνιες μπορούν να κατευθύνουν τον πολίτη όπως να αγοράζει ηλεκτρικές συσκευές ενεργειακής κλάσης A που είναι λιγότερο ενεργοβόρες και να μην υπερλειτουργεί τα θερμαντικά σώματα, τις κλιματιστικές μονάδες, τους ανελκυστήρες κλπ. Ούτως ή άλλως σήμερα υπάρχουν τα μέσα που μπορεί να αξιοποιήσει το κράτος στην ενημέρωση των πολιτών όπως διαφημιστικά σποτ μέσω τον ΜΜΕ σχετικά με την σωστή διαχείριση και την προστασία του περιβάλλοντος, να εφαρμόσει διαδραστικές ζώνες στα προγράμματα των σχολείων και να προγραμματίσει την διεξαγωγή σεμιναρίων σχετικά με τον σωστό σχεδιασμό κτιριακών κατασκευών. Επιπλέον μέσω των νομοθετικών μέτρων τα κράτη μπορούν να ωθούν τους πολίτες να βελτιώνουν τα κτίρια με μέτρα ενεργειακής απόδοσης, παραδείγματα των οποίων καταγράφονται στην **Ενότητα 2.1**. και φυσικά δεν επιβαρύνουν την οικονομική άνεση των ενοίκων. Όλα αυτά είναι σημαντικά βήματα ενταγμένα σε πολιτικές ενεργειακής απόδοσης και απαραίτητα για στον ενεργειακό σχεδιασμό κάθε σύγχρονου κράτους.

#### Εργαλεία Κανονιστικών Απαιτήσεων:

Το πιο αντιπροσωπευτικό παράδειγμα εργαλείων κανονιστικών απαιτήσεων αποτελεί ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.). Ο Κ.Εν.Α.Κ αποσκοπεί στην επίτευξη ενός ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση των κατασκευών με την καλύτερη δυνατή μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και τελικά να συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος πραγματοποιώντας την εκπόνηση μελέτης



ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, θεσπίζοντας τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, ταξινομώντας τα κτίρια στις ενεργειακές κλάσεις σύμφωνα με το ΠΕΑ και εφαρμόζοντας ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού[25].Προκειμένου να εξετασθούν και να υπολογιστούν οι ενεργειακές καταναλώσεις του κάθε κτιρίου και έπειτα να ενταχθεί στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία, δημιουργήθηκαν διαφόρων ειδών λογισμικά που επιτρέπουν την εύκολη και σχετικά γρήγορη ενεργειακή μελέτη. Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα λογισμικών που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα αναλύονται στην παρακάτω ενότητα.

## 2.3 Λογισμικά προσομοίωσης της ενεργειακής κατάστασης των κατοικιών

Το κάθε υπολογιστικό εργαλείο έχει δικά του χαρακτηριστικά καθώς και διαφορετική μέθοδο διεξαγωγής αποτελεσμάτων. Σε αυτή την ενότητα αναφέρονται μερικά από τα λογισμικά αυτά και ο τρόπος λειτουργίας τους.

### 2.3.1 TEEKENAK

#### 2.3.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά για το TEEKENAK

Πρόκειται για ένα πρόγραμμα εκτέλεσης ενεργειακής επιθεώρησης σε κτιριακές κατασκευές έτσι ώστε να διαπιστωθεί η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και η ενεργειακή του κατάταξη προκειμένου να εκδοθεί πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης – ΠΕΑ καθώς και να συνταχθεί και να υποβληθεί Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων της ενεργειακής επιθεώρησης αφού ολοκληρωθεί η κατασκευή με αυτά της Μελέτης. Το λογισμικό αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ). Βασίζεται στη μεθοδολογία Ευρωπαϊκών και Εθνικών προτύπων καθώς και στις Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ). Στο λογισμικό εκτελούνται αλγόριθμοι και γίνεται εισαγωγή δεδομένων σχετικά με τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων που δομούν το κέλυφος του κτιρίου καθώς και με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών συστημάτων. [26]

#### 2.3.1.2 Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με χρήση του λογισμικού

Το λογισμικό ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ δέχεται ως δεδομένα εισόδου τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και τη δομή υλικών του εξεταζόμενου κτιρίου, τα οποία αποτελούν την ταυτότητα του, και τις ιδιότητες του εγκατεστημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Ως έξοδο το πρόγραμμα αποδίδει το ποσό ενέργειας που χρειάζεται το κτίριο σε πλήρη λειτουργία. Επιπλέον ελέγχεται η ενέργεια που διοχετεύεται στις

Θερμικές ζώνες του κτιρίου μέσω του δικτύου εκπομπής και διανομής των ενεργειακών συστημάτων. Μελετάται η σχέση παραγωγής – κατανάλωσης ενέργειας στο κτίριο και τέλος παρέχεται η δυνατότητα αναγωγής των υπολογισμένων ενεργειακών καταναλώσεων σε πρωτογενή ενέργεια καθώς και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ( εκπομπές CO<sub>2</sub> ) που χαρακτηρίζει τη λειτουργία του κτιρίου. Η ενεργειακή αξιολόγηση του κτιρίου με βάση το TEE-KENAK προϋποθέτει ότι οι ζώνες είναι θερμικά ανεξάρτητες και οι μη θερμαινόμενοι και οι ηλιακοί χώροι ανήκουν στο κτιριακό κέλυφος μεταξύ των ζωνών και του εξωτερικού περιβάλλοντος, ότι μεταδίδεται η θερμότητα κάθετα στα δομικά στοιχεία και η ροή της δίνεται από τον τύπο  $Q=A*U*\Delta\theta$  και τέλος ότι τα υλικά είναι ομογενή και ισότροπα και σε τέλεια θερμική επαφή και οι φυσικές τους ιδιότητες δεν εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα διαχωρισμού του κτιρίου σε θερμικές ζώνες ανάλογα με την επιλογή του χρήστη. Επιπλέον παρέχεται η δυνατότητα διακριτής επεξεργασίας των διάφορων δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους όπως τοίχος σε επαφή με αέρα και έδαφος, οροφή, πλοστή, πόρτα, δάπεδο, γενικότερα διαφανείς και αδιαφανείς επιφάνειες και τα συστήματα του κτιρίου για θέρμανση, ψύξη, ΖΝΧ, φωτισμό, ύγρανση και ηλιακοί συλλέκτες [27].

## 2.3.2 TRNSYS

### 2.3.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά για TRNSYS

Πρόκειται για ένα πρόγραμμα δυναμικού συστήματος προσομοίωσης που εντυφάται στην μοντελοποίηση θερμικών συστημάτων και κτιρίων με πολλαπλές θερμικές ζώνες. Αφορά σχεδιασμό και προσομοίωση κτιρίων καθώς και ενεργειακών συστημάτων όπως ηλιακά συστήματα , συστήματα θέρμανσης και ψύξης , φωτοβολταϊκά συστήματα , συστήματα χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και κλιματισμού, συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η σπονδυλωτή φύση του TRNSYS διευκολύνει την προσθήκη υπορουτινών και νέων μαθηματικών μοντέλων σε οποιαδήποτε γλώσσα προγραμματισμού. Το TRNSYS δύναται να συνδέεται με άλλα προγράμματα προσομοίωσης και μη, όπως Matlab/Simulink, excel/vba και EES. Πέρα από προσομοιώσεις, το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα και για παραμετρικές μελέτες. [28,29,30]

### 2.3.2.2 Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με χρήση του λογισμικού

Για τη διεξαγωγή προσομοίωσης στο TRNSYS χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα “components” που αποτελούν υπορουτίνες με τη δυνατότητα της μεταξύ τους σύνδεσης προς σχηματισμό ενός ολοκληρωμένου ενεργειακού συστήματος (π.χ. ενός κτιρίου εξοπλισμένου με διάφορα συστήματα κλιματισμού). Η προσομοίωση, συγκεκριμένα, της θερμικής συμπεριφοράς κτιρίων στο TRNSYS διεξάγεται μέσω του Type 56, το οποίο παρέχει δυνατότητα μοντελοποίησης κτιρίων που διαθέτουν διαφορετικές θερμικές ζώνες επιλύοντας διαφορικές εξισώσεις. Το μοντέλο «διαβάζει» την περιγραφή του εξεταζόμενου κτιρίου μέσω μίας σειράς αρχείων. Πρόκειται για αρχεία τα οποία δημιουργούνται με βάση δεδομένα τα οποία εισάγει ο χρήστης στο TRNBuild. Το TRNBuild αποτελεί πρόγραμμα στο οποίο μεταβαίνει ο

χρήστης κι έχει έτσι τη δυνατότητα να ορίσει όλες τις λεπτομέρειες που απαιτούνται για τον καθορισμό της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου, όπως: θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών, φωτισμός, διείσδυση αέρα, συντελεστές μεταφοράς θερμότητας, ιδιότητες των παραθύρων, προσανατολισμός δομικών στοιχείων κ.λπ.

Όσον αφορά στη μοντελοποίηση του εξοπλισμού θέρμανσης, ψύξης, υγρανσης και αφύγρανσης, υπάρχουν δύο τρόποι. Οι δύο αυτές μέθοδοι είναι παρόμοιες με τις καταστάσεις ελέγχου “ενέργειας” κι “επιπέδου θερμοκρασίας” όπως αυτές διατίθενται στα Types φορτίου 12 και 19. Με τη μέθοδο ελέγχου “ενέργειας” ένα απλοποιημένο μοντέλο εξοπλισμού για κλιματισμό εισάγεται στο Type 56. Ο χρήστης ορίζει τις θερμοκρασίες για θέρμανση και ψύξη, τα σημεία ελέγχου της υγρασίας και τον μέγιστο βαθμό για ψύξη και θέρμανση. Οι προδιαγραφές αυτές μπορούν να διαφέρουν μεταξύ των ζωνών του κτιρίου. Εάν ο χρήστης επιθυμήσει ένα πιο λεπτομερές μοντέλο για την προσομοίωση των συστημάτων θέρμανσης – ψύξης, απαιτείται η μέθοδος “επιπέδου θερμοκρασίας”. Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται μεμονωμένα components. Τα δεδομένα εξόδου του Type 56 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εισόδου για τα components του εξοπλισμού θέρμανσης – ψύξης, τα οποία με τη σειρά τους παράγουν δεδομένα εισόδου σχετικά με τη θέρμανση και την ψύξη για το Type 56. [31, 32]

### 2.3.3 ENERGYPLUS

#### 2.3.3.1 Γενικά χαρακτηριστικά για το EnergyPlus

Πρόκειται για ένα πρόγραμμα σπονδυλωτής δομής με κώδικα που βασίζεται στα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες των λογισμικών BLAST και DOE-2.1E. Είναι ουσιαστικά μία μηχανή προσομοίωσης η οποία δέχεται ως δεδομένα εισόδου αρχεία κειμένου και αποδίδει δεδομένα εξόδου ίδιας μορφής (textfiles). Πραγματοποιεί ενεργειακή ανάλυση σε κτίρια και στα συστήματα θέρμανσης, κλιματισμού, φωτισμού και αερισμού που αυτά διαθέτουν. Τα θερμικά και ψυκτικά φορτία που υπολογίζονται με κάποιο χρονικό βήμα το οποίο έχει καθοριστεί από τον ίδιο τον χρήστη (προεπιλεγμένη τιμή στο λογισμικό βήμα 15 λεπτών), μεταφέρονται με το ίδιο βήμα στο στοιχείο (module) προσομοίωσης των ενεργειακών συστημάτων του εξεταζόμενου κτιρίου. Το στοιχείο προσομοίωσης κτιριακών συστημάτων με μεταβλητό χρονικό βήμα προσομοίωσης (ενίστε της τάξεως του δευτερολέπτου αν κριθεί απαραίτητο) υπολογίζει την απόκριση συστημάτων κι εγκαταστάσεων θέρμανσης και ψύξης καθώς και ηλεκτρικών συστημάτων. Μία ολοκληρωμένη προσομοίωση με το EnergyPlus επιτρέπει στους χρήστες να αξιολογήσουν ρεαλιστικά τα συστήματα ελέγχου, την προσρόφηση και την εκρόφηση υγρασίας στα στοιχεία του κτιρίου, τα συστήματα θέρμανσης διά ακτινοβολίας και τα συστήματα ψύξης και τη ροή του αέρα μεταξύ των διαφορετικών θερμικών ζωνών του κτιρίου. Εξαιτίας της σπονδυλωτής αρχιτεκτονικής του λογισμικού ο χρήστης μπορεί να ενσωματώνει και άλλα προγράμματα και υπολογιστικά εργαλεία όπως WINDOWS, BLAST. [28, 33]

### 2.3.3.2 Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με χρήση του λογισμικού

Η δομή του EnergyPlus διαρθρώνεται σε τρεις βασικές συνιστώσες: τον Διαχειριστή Προσομοίωσης (simulation manager), το Στοιχείο Προσομοίωσης Ισοζυγίου Θερμότητας και Μάζας και το Στοιχείο Προσομοίωσης Κτιριακών Συστημάτων. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της θερμικής συμπεριφορά ενός κτιρίου με χρήση του EnergyPlus έχουν διάφορες εκφάνσεις ανάλογα με το πιο είναι κάθε φορά το ζητούμενο. Αναλυτικότερα, ως αποτελέσματα προσομοίωσης μπορούν να παρουσιαστούν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από τους χρήστες του κτιρίου, τον φωτισμό ή τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, η κατανάλωση ενέργειας, οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας ή υγρασίας των θερμικών ζωνών του κτιρίου κ.λπ.

Ωστόσο προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα μεσολαβεί πληθώρα βημάτων. Κατ' αρχάς το κτίριο διαιρείται σε θερμικές ζώνες βάσει των θερμικών συνθηκών που χαρακτηρίζουν την καθεμιά. Ακολουθεί σχεδιασμός ενός τρισδιάστατου μοντέλου του εν λόγω κτιρίου με χρήση κάποιου προγράμματος (όπως π.χ. το Google Sketch Up) με τον αντίστοιχο προσανατολισμό και διαστάσεις. Το αρχείο που φέρει το μοντέλο εισάγεται στη συνέχεια στο EnergyPlus προς επεξεργασία. Στο μοντέλο του κτιρίου πραγματοποιούνται ρυθμίσεις που αφορούν στα είδη των δομικών στοιχείων (τοίχος, οροφή, δάπεδο κ.α.), στην κατασκευή των δομικών στοιχείων (στρώσεις υλικών), στις συνοριακές συνθήκες που σημειώνονται λόγω της επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον. Εκτός από το αρχείο του τρισδιάστατου μοντέλου που εισάγεται στο λογισμικό, εισάγονται επίσης κλιματικά δεδομένα καθώς και πληθώρα παραμέτρων μέσω της επιλογής Edit-IDF Editor όπως είναι το χρονικό βήμα εκτέλεσης του προγράμματος. Η συγκεκριμένη μεταβλητή αξιοποιείται από το μοντέλο υπολογισμού του θερμικού ισοζυγίου της κάθε μίας εκ των ορισμένων θερμικών ζωνών ως βήμα μεταφοράς θερμότητας (ισοζύγιο θερμότητας της ζώνης). Το λογισμικό υπολογίζει την απαιτούμενη ενέργεια προκειμένου κάθε ζώνη να διατηρηθεί σε συγκεκριμένη θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Η επίδραση των χρηστών, του φωτισμού, του Η/Μ εξοπλισμού στις εσωτερικές συνθήκες κάθε θερμικής ζώνης δηλώνεται συμπληρώνοντας απαραίτητα δεδομένα για τους εν λόγω παράγοντες. Πρακτικά, η προσομοίωση της λειτουργίας του Η/Μ εξοπλισμού ελέγχεται από το στοιχείο προσομοίωσης κτιριακών συστημάτων. Στο λογισμικό ορίζεται επίσης και η περίοδος της προσομοίωσης, ενώ καθορίζονται η ροή αέρα και ιδιότητες των δομικών στοιχείων όπως τραχύτητα επιφάνειας, συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, πυκνότητα υλικού κ.α. Όταν η εισαγωγή δεδομένων και αρχείων ολοκληρωθεί εκτελείται από το πρόγραμμα η προσομοίωση του κτιρίου. Ολόκληρη η διαδικασία της προσομοίωσης ελέγχεται από τον διαχειριστή προσομοίωσης του EnergyPlus. [34, 35]

### 2.3.4 EnergyBuilding

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία για τον καθορισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου που εξετάζεται, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Energy Building.

#### 2.3.4.1 Γενικά χαρακτηριστικά για το Energy Building

Πρόκειται για ένα σύγχρονο πρόγραμμα προσομοίωσης κτιριακών κατασκευών που πραγματοποιεί την μελέτη ενεργειακής απόδοσης αναλύοντας τις εσωτερικές συνθήκες που επικρατούν στο κτίριο ανάλογα με τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και τις ελάχιστες προδιαγραφές και απαιτήσεις των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ. Έχει τη δυνατότητα διασύνδεσης με διάφορα σχεδιαστικά προγράμματα της αγοράς όπως το AutoCAD, το ArchiCAD, το Allplan, το CADware, το Architectural ,το Ecotect,τοEliteCAD,το EnergyPlus,το CasCAdos, το Revit και το TEKTON. Η επεξεργασία των χαρακτηριστικών του κτιρίου μπορεί να γίνει σε 2D είτε σε 3D περιβάλλον. Το λογισμικό ακολουθεί τις ΤΟΤΕΕ και ο έλεγχος της ενεργειακής απόδοσης και η τελική ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου στις ενεργειακές κλάσεις γίνονται με τη βοήθεια του λογισμικού ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ. Για την εκπόνηση της μελέτης το κτίριο διαιρείται σε θερμικές ζώνες η οριοθέτηση των οποίων επιλέγεται από τον χρήστη. Η ενεργειακή μελέτη ολοκληρώνεται με πινακοποίηση των αποτελεσμάτων που αφορούν τις ενεργειακές καταναλώσεις, τις ενεργειακές απαιτήσεις , τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και οικονομικό έλεγχο. [36]

#### 2.3.4.2 Προσομοίωση θερμικής συμπεριφοράς κτιρίου με χρήση του λογισμικού

Το EnergyBuilding έχει τη δυνατότητα να προσομοιώνει κτίρια ανεξαρτήτως γεωμετρίας, μεγέθους και χρήσης. Προσομοιώνει μια κατασκευή δημιουργώντας μια μελέτη. Σε αρχικό στάδιο δημιουργείται το κέλυφος του κτιρίου που εξετάζεται. Αυτό μπορεί να γίνει με την κατασκευή του κτιριακού μοντέλου απευθείας στο πρόγραμμα είτε με την προβολή του από τα διάφορα αρχιτεκτονικά προγράμματα που μπορεί να διασυνδεθεί. Το κτιριακό μοντέλο εμφανίζεται και σε 3D αλλά και σε 2D περιβάλλον δίνοντας τη δυνατότητα να επεξεργαστεί το κτίριο ταυτόχρονα και στα δύο περιβάλλοντα. Εισάγονται από τον χρήστη τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των στοιχείων του κελύφους της κατασκευής ( τοιχοποιίες, φέρον οργανισμός, οροφή, στέγη, δάπεδα , ανοίγματα ) με δυνατότητα προεπιλογής από τις λίστες των δομικών υλικών που προϋπάρχουν στο πρόγραμμα με τις ανάλογες θερμικές τους ιδιότητες. Το κτίριο χωρίζεται σε θερμικές ζώνες, σύμφωνα με τις ΤΟΤΕΕ, ανάλογα με τους θερμαινόμενους , τους μη θερμαινόμενους και τους αίθριους χώρους, και καθορίζονται οι συνοριακές συνθήκες των διαχωριστικών επιφανειών. Το πρόγραμμα καθορίζει έτσι την θερμομονωτική επάρκεια της κατασκευής. Όσον αφορά τις τελικές χρήσεις ενέργειας καθορίζεται το σύστημα θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ, φωτισμού, οι ηλιακοί συλλέκτες και οι διατάξεις αυτόματου ελέγχου, και τα σχετικά τους στοιχεία που αφορούν τον τύπο, το καύσιμο, τον βαθμό απόδοσης των τερματικών μονάδων, τον βαθμό απόδοσης του συστήματος διανομής. Το λογισμικό έχει τη δυνατότητα να καθορίζει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου με βάση το κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις καθορίζοντας την ενεργειακή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας , την ενεργειακή κατανάλωση των τελικών χρήσεων ενέργειας, τις εκλυόμενες εκπομπές CO<sub>2</sub> και τις ενεργειακές απαιτήσεις. Εκτενής περιγραφή της μοντελοποίησής του κτιρίου και της θερμικής συμπεριφοράς του με το EnergyBuilding γίνεται στο επόμενο κεφάλαιο. [37]

## 2.4 Αξιολόγηση λογισμικών προσομοίωσης της ενεργειακής κατάστασης των κατοικιών

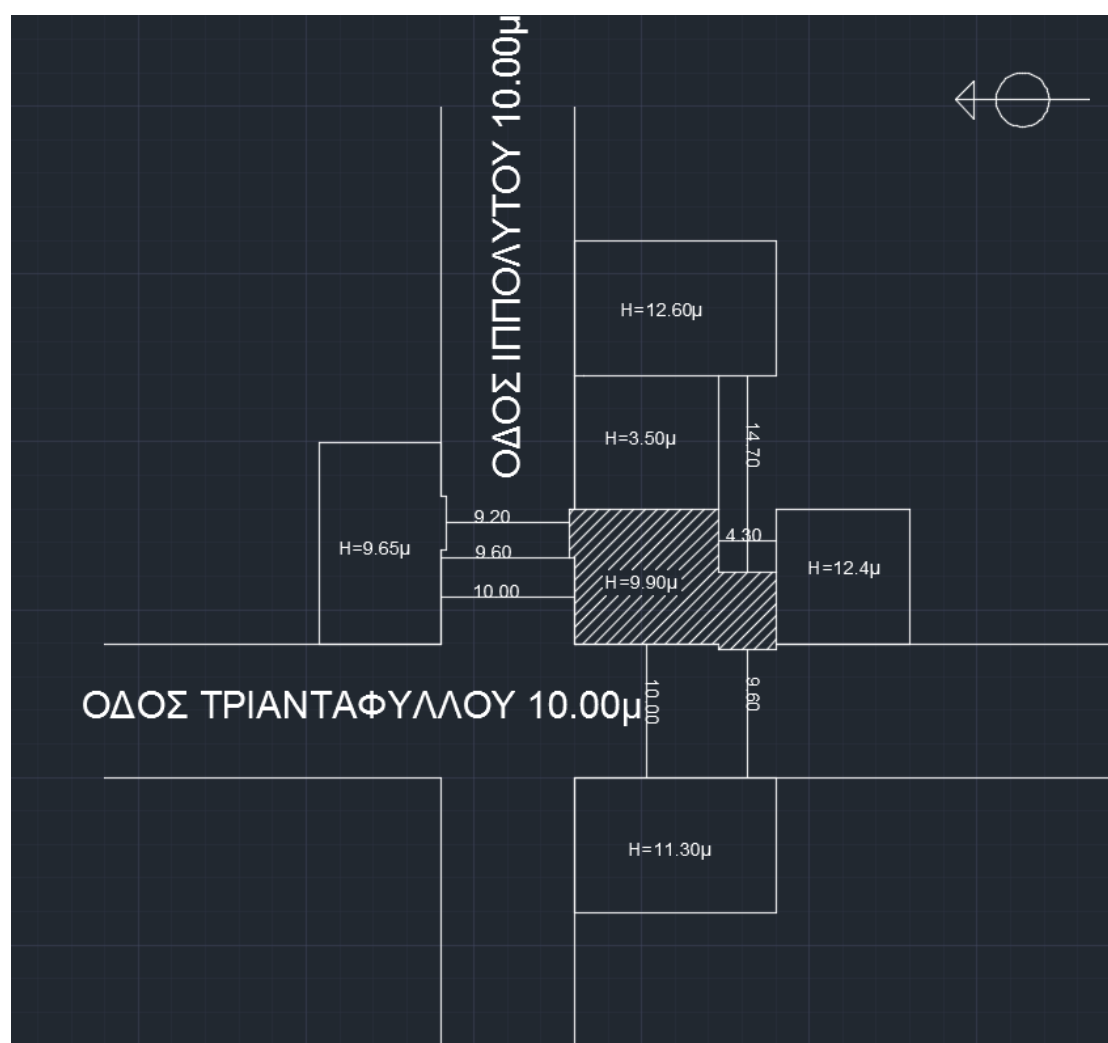
Με τα χρόνια αρκετές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα για να αξιολογηθεί η συμβολή των μέτρων ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια κατοικιών. Όλες οι μελέτες έχουν καταλήξει στο ίδιο συμπέρασμα, ότι δηλ. υπάρχει σίγουρα δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια η οποία παραμένει αναξιοποίητη. Ωστόσο, έχει καταστεί γνωστό ότι πιθανότατα υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ των υπολογισμένων από εξειδικευμένα λογισμικά και πραγματικών ενεργειακών καταναλώσεων κατά τον σχεδιασμό νέων κτιρίων ή κατά την εφαρμογή μέτρων ενεργειακής απόδοσης (EEMs). Οι υπολογισμένες τιμές, ακόμα και αυτές που προκύπτουν από εργαλεία προσομοίωσης, μπορεί να διαφέρουν αισθητά από τις ρεαλιστικές τιμές που παρέχει το ίδιο το κτίριο. Οι αποκλίσεις αυτές οφείλονται σε πολλούς λόγους συμπεριλαμβανομένης και της συμπεριφοράς των κατοίκων του εξεταζόμενου κτιρίου. Πέρα από τις καλά δομημένες μεθόδους για την αξιολόγηση της ακρίβειας κατάλληλων λογισμικών ή τις λογικές προβλέψεις για την ενεργειακή κατανάλωση του εκάστοτε κτιρίου, το ερώτημα για το πώς θα ενσωματωθεί το ρεαλιστικό στοιχείο στα διάφορα λογισμικά ενεργειακής αξιολόγησης και κατ' επέκταση το πώς θα εξαλειφθούν οι προαναφερθείσες αποκλίσεις παραμένει και αποτελεί μείζον ζήτημα που απασχολεί το μεγάλο κτιριακό απόθεμα σε εθνικό και διεθνές επίπεδο[6].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1 Κτίριο προς μελέτη

Το κτίριο που μελετάται στην παρούσα πτυχιακή εργασία είναι ένα υφιστάμενο κτίριο τριών ορόφων που βρίσκεται στο Γαλάτσι στην οδό Ιππολύτου. Πρόκειται για ένα τριώροφο κτίριο συνολικής επιφάνειας 395,1m<sup>2</sup> που κατασκευάστηκε το 1972. Αποτελείται από τέσσερα διαμερίσματα: ένα διαμέρισμα στο ισόγειο, ένα στον δεύτερο όροφο και δύο μικρότερα στον πρώτο όροφο. Στην **Εικόνα 1** παρουσιάζεται το τοπογραφικό σκαρίφημα του κτιρίου.

#### 3.1.1 Τοπογραφικό σκαρίφημα κτιρίου



**Εικόνα 1:** Τοπογραφικό σκαρίφημα.

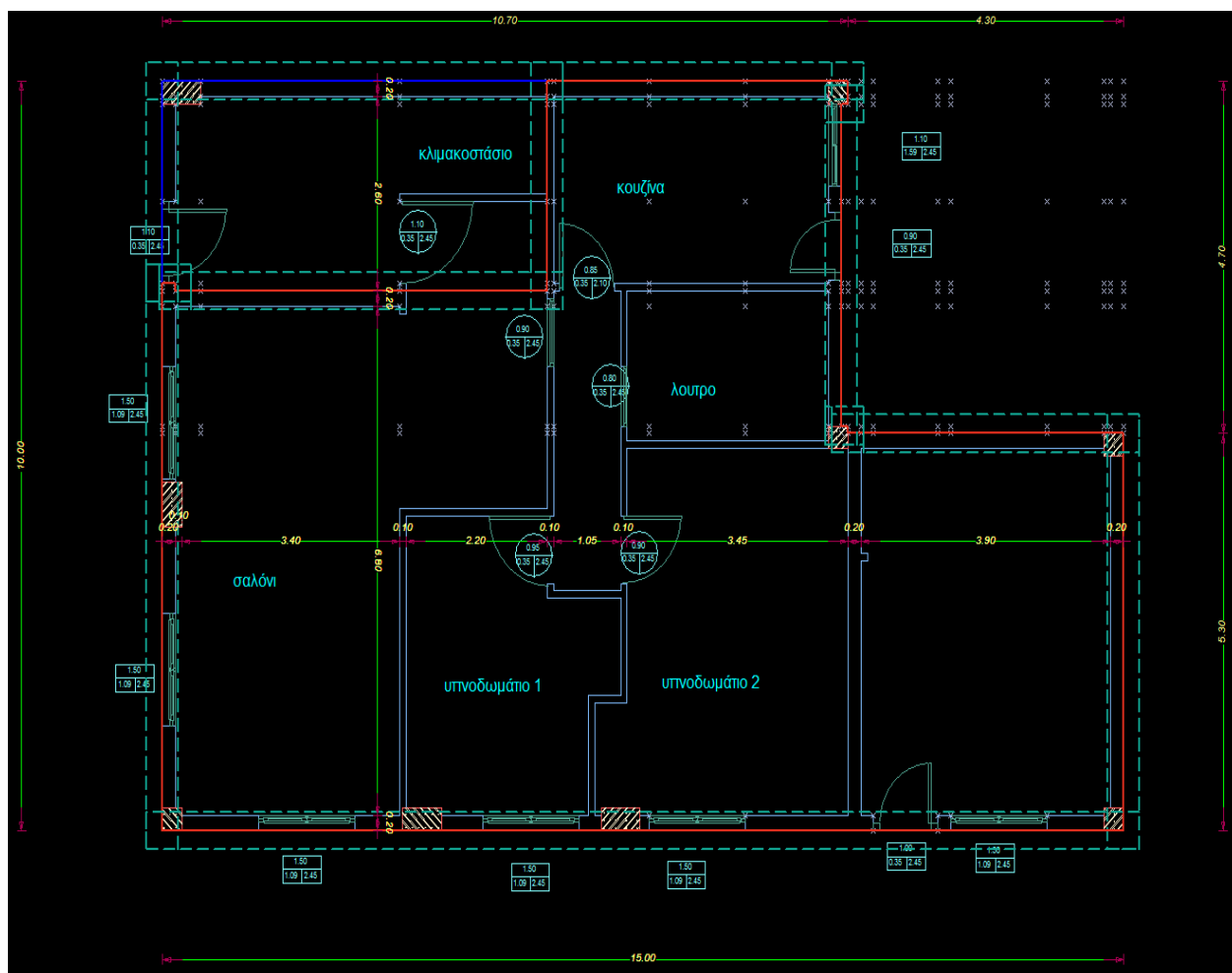
Το εξεταζόμενο κτίριο διαθέτει δύο ελεύθερες πλευρές, την βορινή και την ανατολική, ενώ η νότια όψη του εφάπτεται με μια κατοικία ύψους 12,4m και η δυτική του όψη με κτίριο ύψους 3,50m, όπως παρατηρείται και στην εικόνα του τοπογραφικού σχεδίου.

### 3.1.2 Κατόψεις ορόφων

Τα σκαριφήματα των κατόψεων των ορόφων της τριώροφης κατοικίας που εξετάζεται έγιναν με χρήση του προγράμματος σχεδίασης ΤΕΚΤΟΝ, ένα εύχρηστο σχεδιαστικό πρόγραμμα για 2D και 3D σχεδίαση καθώς δίνει άμεσα φωτορεαλιστική απεικόνιση σε κάθε κατασκευή, όπως επίσης ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη, πραγματοποιεί ενεργειακή μελέτη και επιθεώρηση κτιρίων.[38]

Στις παρακάτω κατόψεις έχουν οροθετηθεί οι θερμικές ζώνες του κτιρίου. Με κόκκινο περίγραμμα απεικονίζεται η θερμαινόμενη περιοχή ενώ με μπλε η μη θερμαινόμενη. Ο διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες έχει γίνει με βάση το δεδομένο ότι ο κοινόχρηστος χώρος, που θεωρείται μη θερμαινόμενος, καταλαμβάνει λιγότερο από το 10% της κάτοψης του κτιρίου και έτσι ο θερμαινόμενος χώρος της κατοικίας αντιμετωπίζεται ως ενιαίο τμήμα στα πλαίσια της μελέτης.[14]

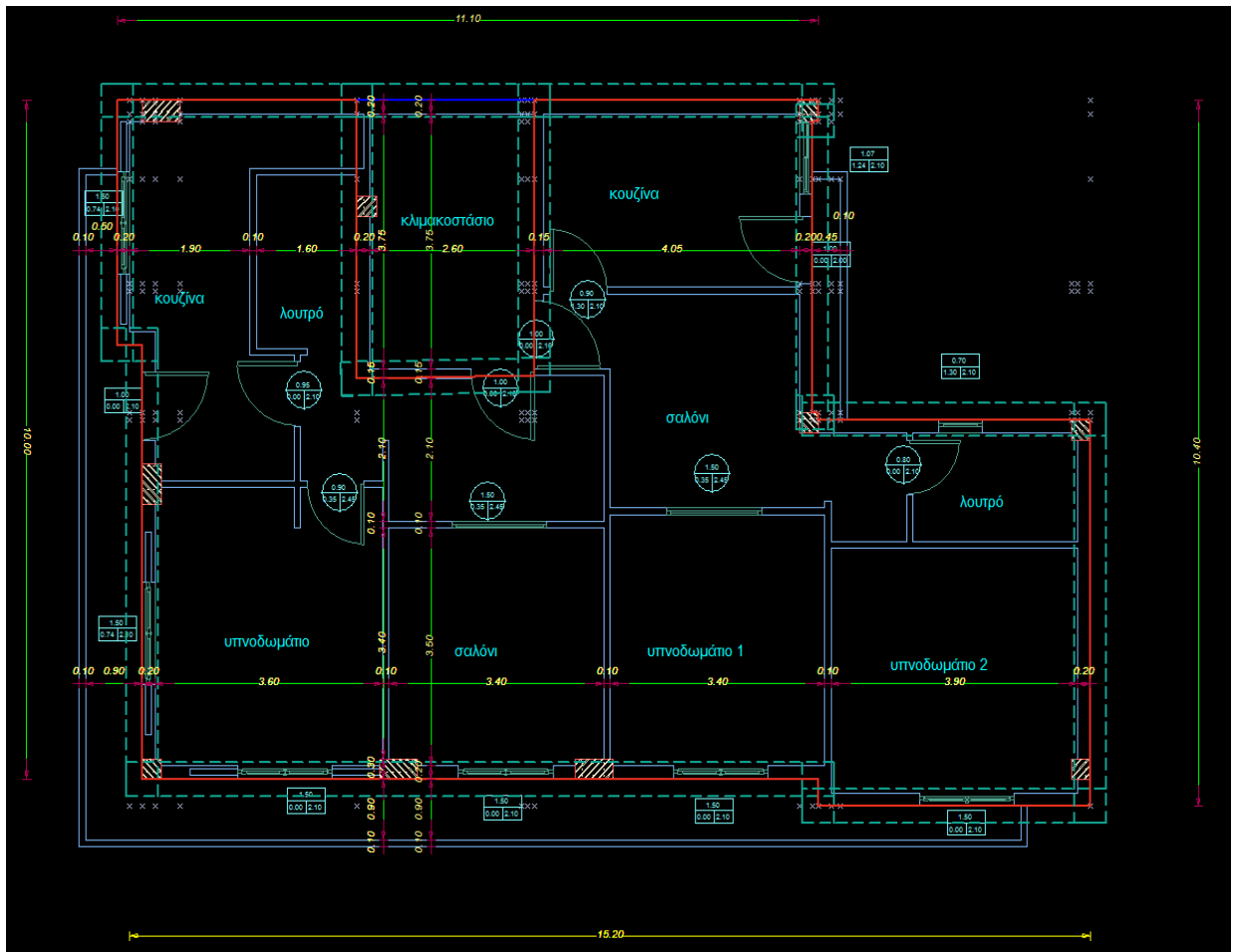
#### 3.1.2.1 Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 2: Απεικόνιση κάτοψης ισογείου.

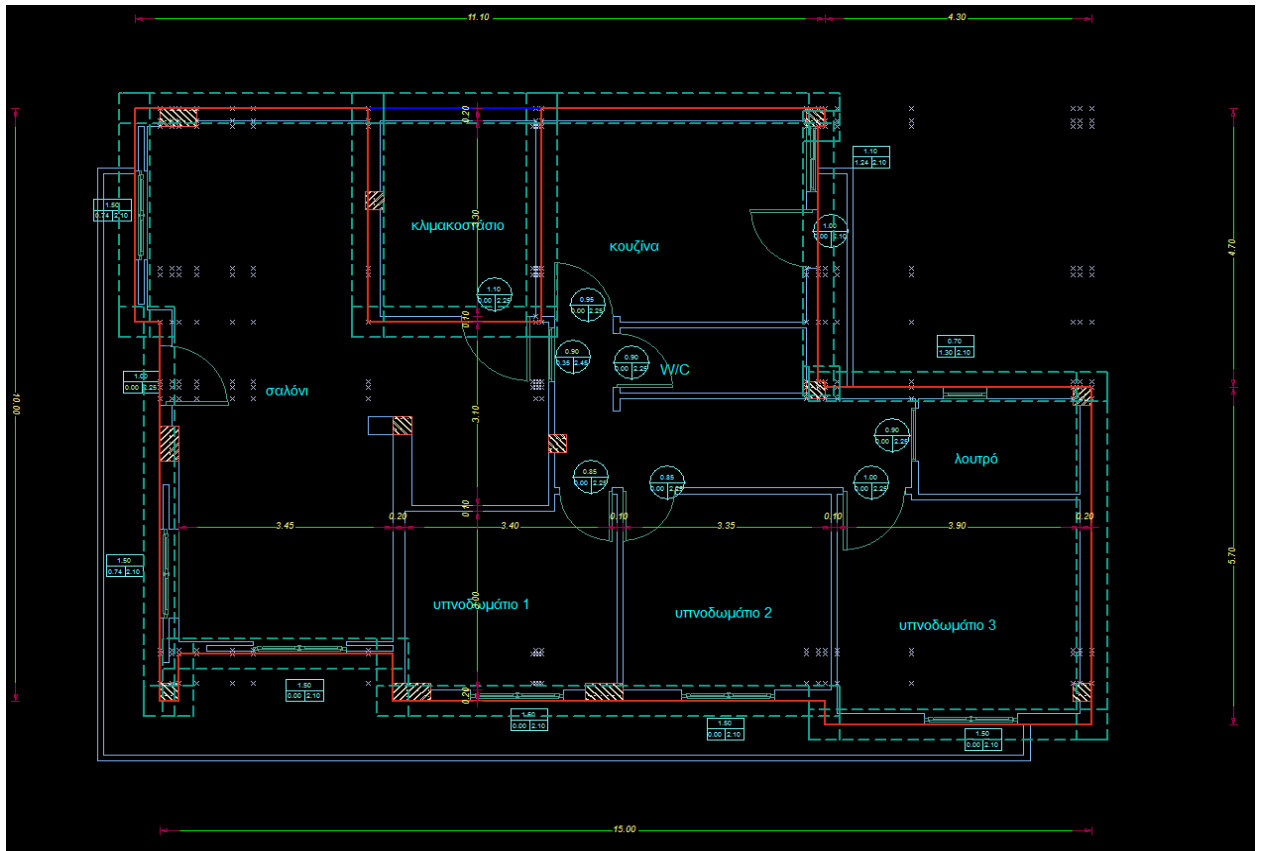


### 3.1.2.2 Κάτοψη 1<sup>ου</sup> ορόφου



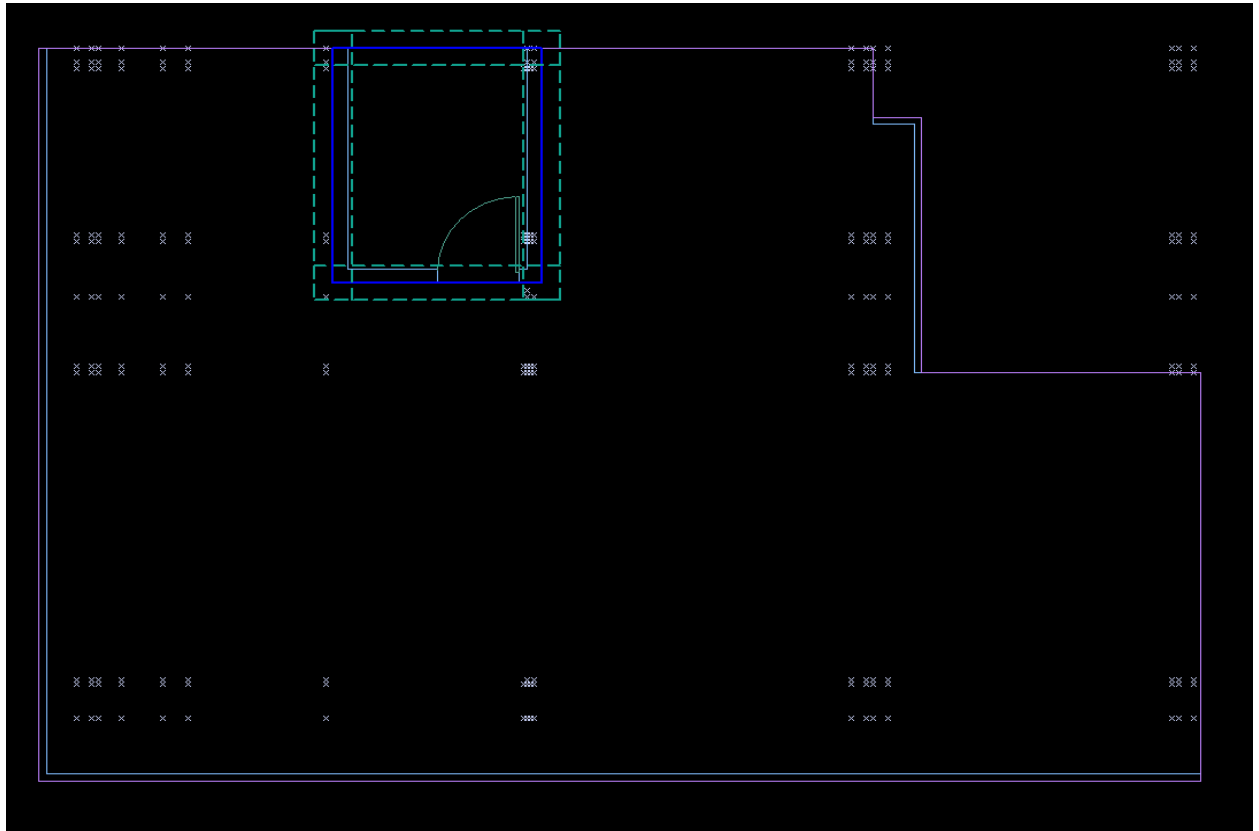
Εικόνα 3: Απεικόνιση κάτοψης 1<sup>ου</sup> ορόφου.

### 3.1.2.3 Κάτοψη 2<sup>ου</sup> ορόφου



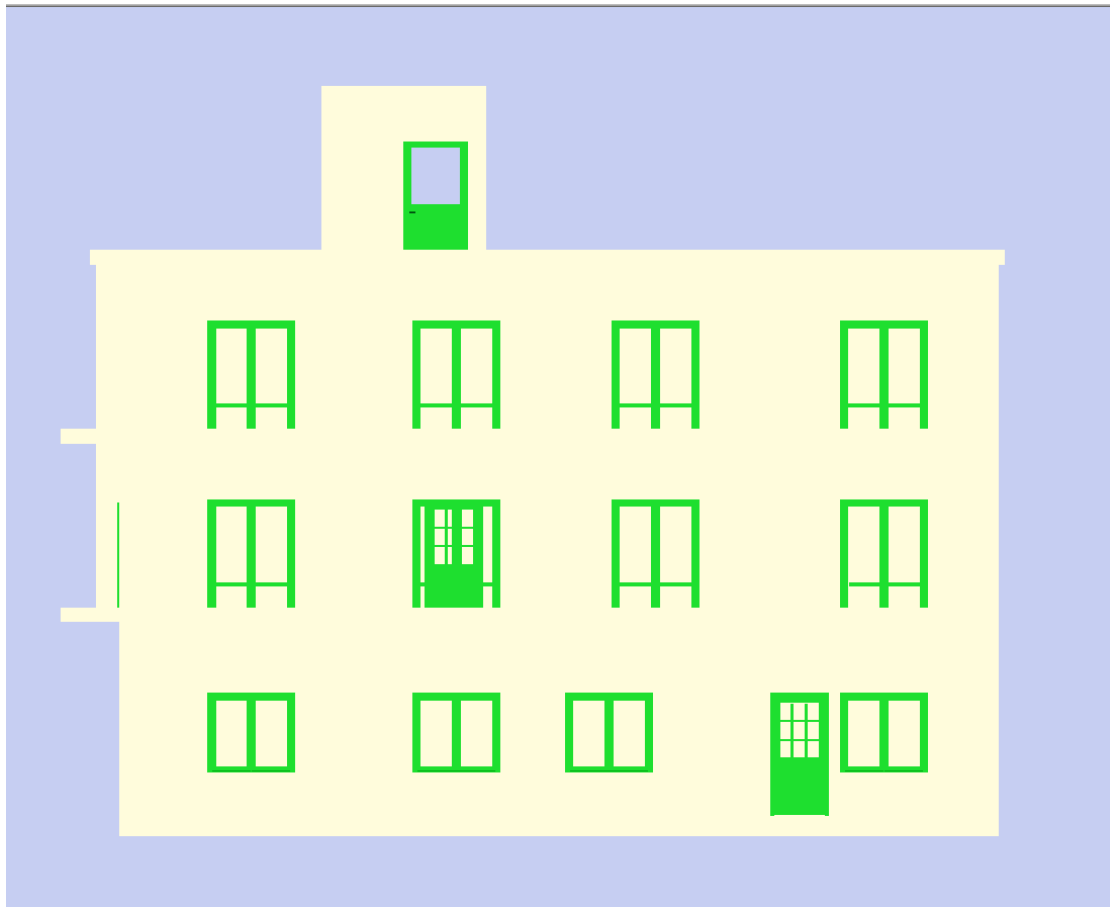
Εικόνα 4: Απεικόνιση κάτοψης 2<sup>ου</sup> ορόφου.

### 3.1.2.4 Κάτοψη δώματος

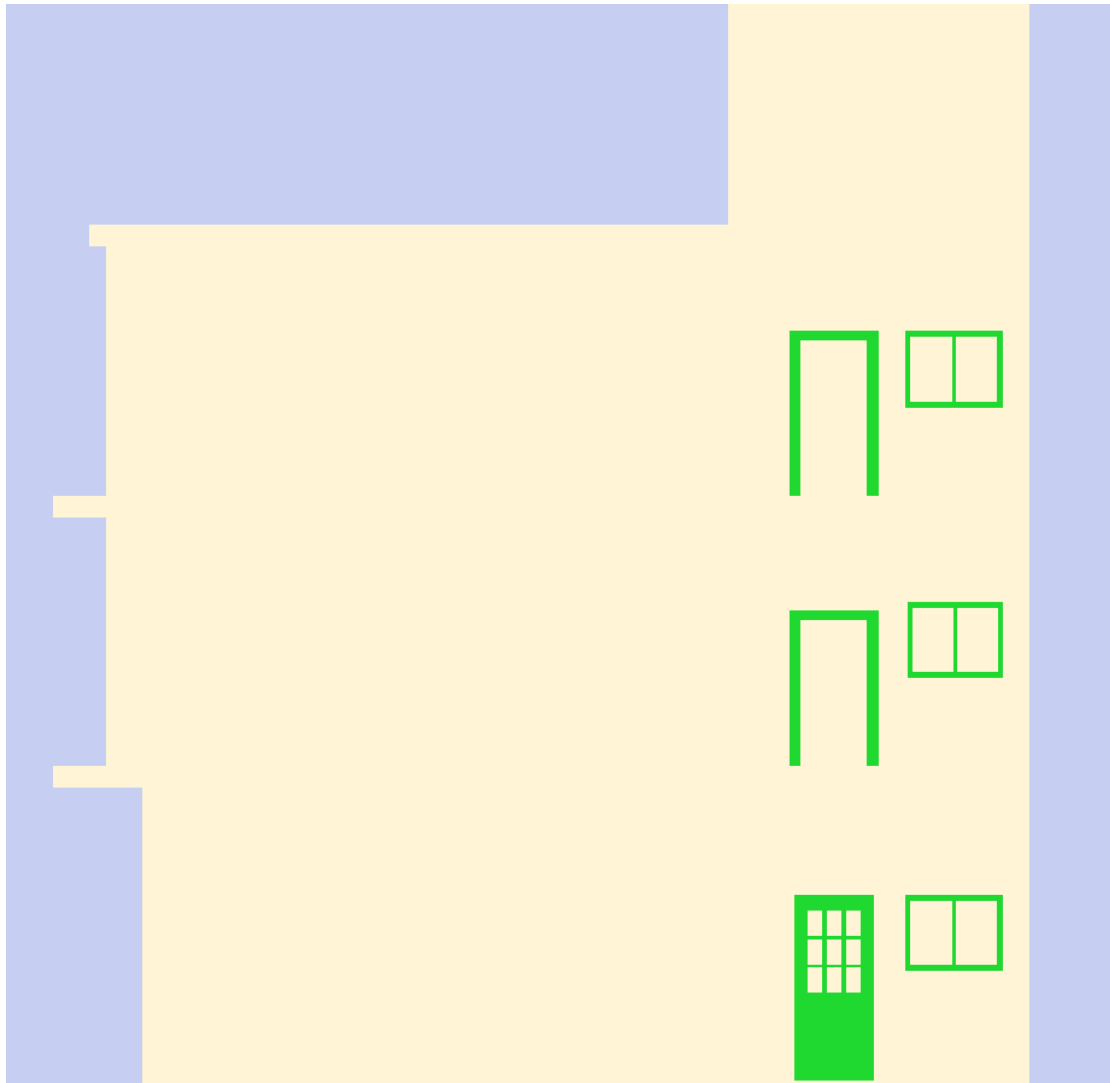


Εικόνα 5: Απεικόνιση κάτοψης δώματος.

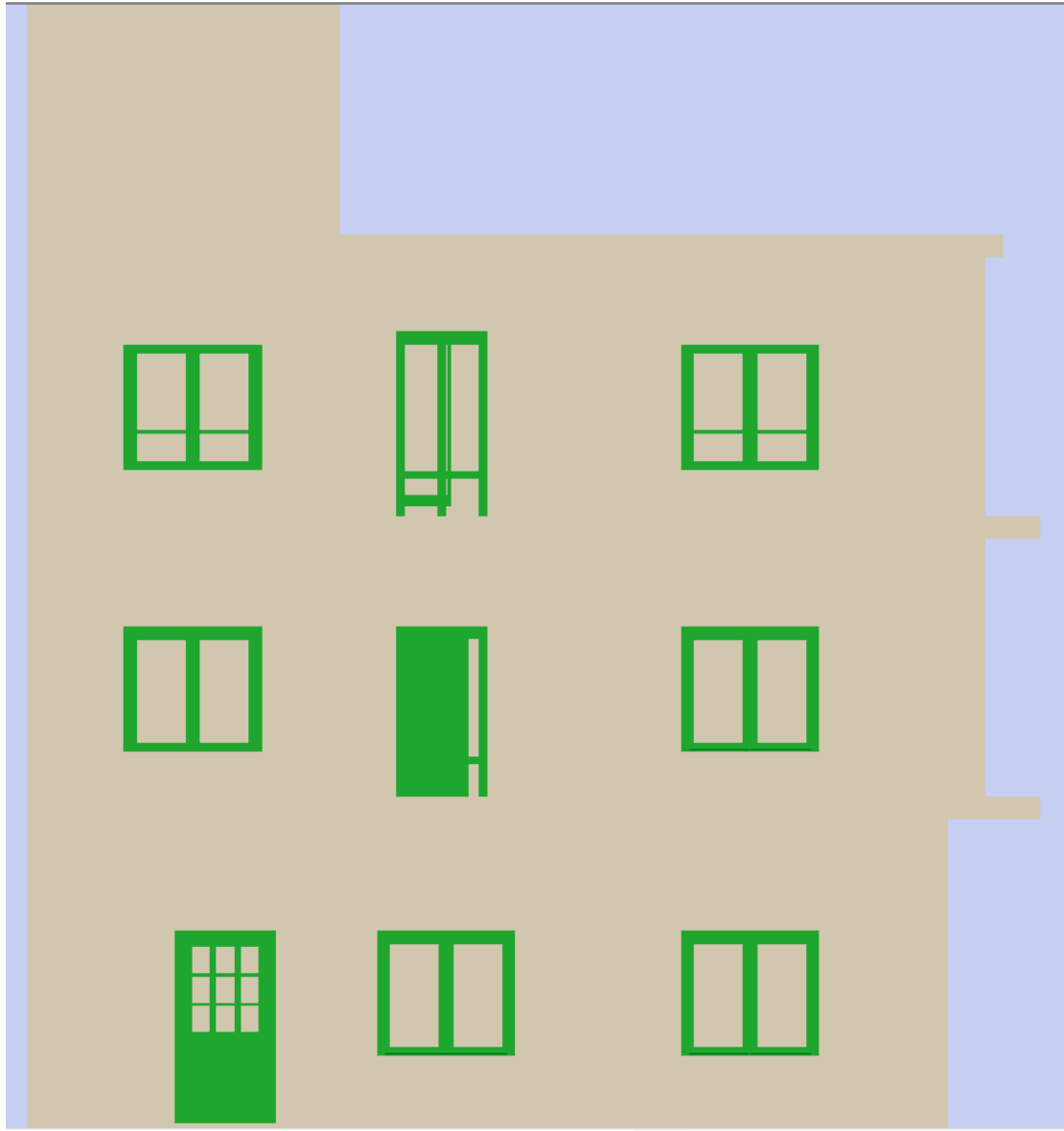
### 3.1.3 Όψεις κατοικίας



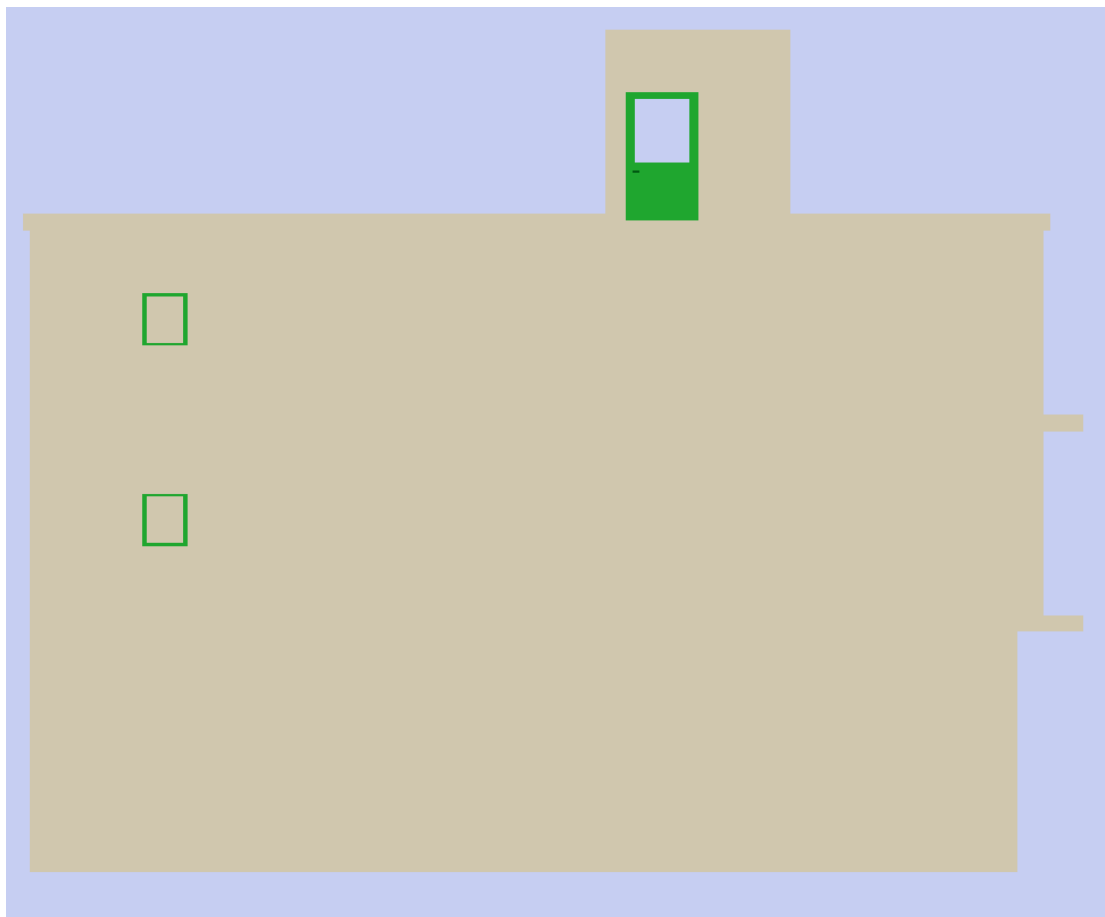
**Εικόνα 6:** Απεικόνιση δυτικής όψης.



Εικόνα 7: Απεικόνιση Νότιας όψης.



Εικόνα 8: Απεικόνιση Βόρειας όψης.



Εικόνα 9: Απεικόνιση Ανατολικής Όψης.

## 3.2 Δομικά στοιχεία κτιριακού κελύφους – Υφιστάμενη κατάσταση

### 3.2.1 Στοιχεία εξωτερικής τοιχοποιίας

Η εξωτερική τοιχοποιία της κατασκευής αποτελείται από δύο σειρές οπτοπλινθοδομή με διαστάσεις 9\*6\*19 cm, εκατέρωθεν της οποίας υπάρχει επίχρισμα ασβεστοκονιάματος 2,00 cm. Ο φέρων οργανισμός αποτελείται από 12 υποστυλώματα/κολώνες κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα με επικάλυψη ασβεστοκονιάματος 2,00 cm. Τα 4 από τα 12 υποστυλώματα έχουν σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου, πλάτους 0,30m και μήκους 0,60m και τα υπόλοιπα 8 είναι τετραγωνικού σχήματος και πλάτους 0,30m. Η κατασκευή αποτελείται επίσης από 33 δοκάρια κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα και επικάλυψη ασβεστοκονιάματος 2,00 cm. Το κτίριο δεν διαθέτει μόνωση στο κέλυφος του.

### 3.2.2 Ανοίγματα

Η κατοικία διαθέτει 32 ανοίγματα στο κέλυφος της. Για όλα τα ανοίγματα της κατοικίας ισχύει ότι το κούφωμα είναι ξύλινο και έχουν μονό υαλοπίνακα εκτός των ανοιγμάτων με πλάτος 0,70 και ύψος 0,80 που διαθέτουν μόνο υαλοπίνακα, χωρίς

κούφωμα, σε περσίδες. Παρακάτω (Πίνακες 1-5) παρουσιάζονται αναλυτικά οι διάφορες ιδιότητες των ανοιγμάτων της εξεταζόμενης κατοικίας. Οι εν λόγω ιδιότητες εκφράζονται μέσω των μεταβλητών:

**Aw:** Εμβαδόν επιφάνειας ανοίγματος.

**Af:** Εμβαδόν επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος.

**Uf:** Συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος.

**Ag:** Εμβαδόν επιφάνειας υαλοπίνακα κουφώματος.

**Ug:** Συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

**Lg:** Μήκος θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

Κούφωμα			Υαλοπίνακας		
Aw(m <sup>2</sup> )	Af(m <sup>2</sup> )	Uf(W/m <sup>2</sup> K)	Ag(m <sup>2</sup> )	Ug(W/m <sup>2</sup> K)	Lg(m)
2,10	1,26	2,0	0,84	5,70	4,18
Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας				Uw(W/m <sup>2</sup> K)	
				3,59	
Συντελεστής Ηλιακών Θερμικών Κερδών				gw	
				0,31	
Ποσοστό Πλαισίου				60%	

Πίνακας 1: Ιδιότητες διαφανούς στοιχείου με Πλάτος=1,00m και Ύψος=2,10m.

Κούφωμα			Υαλοπίνακας		
Aw(m <sup>2</sup> )	Af(m <sup>2</sup> )	Uf(W/m <sup>2</sup> K)	Ag(m <sup>2</sup> )	Ug(W/m <sup>2</sup> K)	Lg(m)
3,15	1,45	2,0	1,70	5,70	8,80
Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας				Uw(W/m <sup>2</sup> K)	
				4,16	
Συντελεστής Ηλιακών Θερμικών Κερδών				gw	
				0,42	
Ποσοστό Πλαισίου				46%	

Πίνακας 2: Ιδιότητες διαφανούς στοιχείου με Πλάτος=1,50m και Ύψος=2,10m.

Κούφωμα			Υαλοπίνακας		
Aw(m <sup>2</sup> )	Af(m <sup>2</sup> )	Uf(W/m <sup>2</sup> K)	Ag(m <sup>2</sup> )	Ug(W/m <sup>2</sup> K)	Lg(m)
0	0	0	1,50	5,70	3,00
Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας				Uw(W/m <sup>2</sup> K)	
Συντελεστής Ηλιακών Θερμικών Κερδών				gw	
Ποσοστό Πλαισίου				0	

Πίνακας 3: Ιδιότητες διαφανούς στοιχείου με Πλάτος=0,70m και Ύψος=0,80m.



Κούφωμα			Υαλοπίνακας		
Aw(m2)	Af(m2)	Uf(W/m2K)	Ag(m2)	Ug(W/m2K)	Lg(m)
2,04	1,24	2,0	0,80	5,70	5,20
<b>Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας</b>				<b>Uw(W/m2K)</b>	
				3,60	
<b>Συντελεστής Ηλιακών Θερμικών Κερδών</b>				<b>gw</b>	
				0,30	
<b>Ποσοστό Πλαισίου</b>				60%	

Πίνακας 4: Ιδιότητες διαφανούς στοιχείου με Πλάτος=1,50m και Ύψος=1,36m.

Κούφωμα			Υαλοπίνακας		
Aw(m2)	Af(m2)	Uf(W/m2K)	Ag(m2)	Ug(W/m2K)	Lg(m)
0,95	0,35	2,0	0,60	5,70	4,60
<b>Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας</b>				<b>Uw(W/m2K)</b>	
				4,64	
<b>Συντελεστής Ηλιακών Θερμικών Κερδών</b>				<b>gw</b>	
				0,49	
<b>Ποσοστό Πλαισίου</b>				37%	

Πίνακας 5: Ιδιότητες διαφανούς στοιχείου με Πλάτος=1,10m και Ύψος=0,86m.

### 3.2.3 Δάπεδο

Το δάπεδο κάθε εσωτερικού ορόφου αποτελείται από 15cm πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος. Πάνω από το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι στρωμένο γαρμπίλι με λευκό τσιμέντο, πάνω στο οποίο είναι τοποθετημένο το μωσαϊκό. Συνολικά αυτά τα υλικά έχουν πάχος 5cm. Το δάπεδο του δώματος αποτελείται από 15cm πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος και περιλαμβάνει μια απλή υγραμόνωση.

## 3.3 Συστήματα-Υφιστάμενη κατάσταση

### 3.3.1 Σύστημα θέρμανσης

Η εξεταζόμενη κατοικία διαθέτει συμβατικό Λέβητα-Καυστήρα πετρελαίου ισχύος 60.000 θερμίδων (kcal/h) και βαθμό απόδοσης 78% προκειμένου οι ένοικοι να καλύπτουν τις ανάγκες τους για θέρμανση. Το δίκτυο διανομής θερμότητας είναι δισωλήνιο χωρίς μόνωση, ενώ υπάρχουν συνολικά 21 τερματικές μονάδες εκπομπής θερμότητας τύπου καλοριφέρ «με φέτες».

Ονομαστική θερμική ισχύς kW (kcal/h)	69,78 (60.000)
Απόδοση ονομαστικής θερμικής παροχής %	78%
Μαντεμένα στοιχεία no	6
Περιεκτικότητα νερού σε λίτρα	31

Μεγ. Πίεση λειτουργίας σε bar	3
P (βάθος) mm	1.287
Βάρος kg	336

**Πίνακας 6:** Τεχνικά χαρακτηριστικά συμβατικού λέβητα πετρελαίου

### 3.3.2 Σύστημα ψύξης

Η κατοικία διαθέτει μονάδες κλιματισμού σε κάθε σαλόνι, υπνοδωμάτιο και κουζίνα, προκειμένου οι ένοικοι να νιώθουν άνεση τους καλοκαιρινούς μήνες. Παρακάτω φαίνεται και ο τύπος της κλιματιστικής μονάδας που έχει επιλεγεί για την κάλυψη των αναγκών των ενοίκων για ψύξη.

Χαρακτηριστικά Κλιματιστικής Μονάδας			
220-240 V			
Ενεργειακής κλάσης <b>A</b>			
Ψυκτική απόδοση:			11000 Btu/h
Θερμική απόδοση:			11000 Btu/h
Βάρος μονάδας :			8kg
Πρότυπες συνθήκες διαβάθμισης	Ψύξη	Ρεύμα:	4,8 A
		Ισχύς:	1110 A
	Θέρμανση	Ρεύμα:	5,0 A
		Ισχύς:	1160 W
Ονομαστικό ρεύμα:			10,5 A
Ονομαστική ισχύς εισόδου:			2300 W
Στάθμη ηχητικής ισχύος:			55 dB (A)

**Πίνακας 7:** Τεχνικά χαρακτηριστικά κλιματιστικό.

### 3.3.3 Σύστημα Z.N.X

Για την παραγωγή Z.N.X η κατοικία είναι εξοπλισμένη με 3 ηλιακούς θερμοσίφωνες εκ των οποίων τα χαρακτηριστικά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, Πίνακας 8. Οι 2 με συλλεκτική επιφάνεια 1,62 m<sup>2</sup> εξυπηρετούν την τελική χρήση του Z.N.X στον πρώτο και το δεύτερο όροφο και ο ηλιακός θερμοσίφωνα συλλεκτικής επιφάνειας 2,85 εξυπηρετεί το ισόγειο. των οποίων τα χαρακτηριστικά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Χαρακτηριστικά Ηλιακού θερμοσίφωνα				
Τύπος θερ/να	Τεμάχια	Αριθμός Συλλεκτών	Χωρητικότητα	Συλλεκτική επιφάνεια
Τύπος A	2	1	160 lt	1,62 m <sup>2</sup>
Τύπος B	1	2	160 lt	2,85 m <sup>2</sup>

**Πίνακας 8:** Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδων Ηλιακού θερμοσίφωνα.

### 3.3.4 Σύστημα Φωτισμού

Για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού η κατοικία διαθέτει 47 λαμπτήρες παρακτώσεως οι οποίοι είναι αναποτελεσματικοί για τα τετραγωνικά της κατοικίας.

## 3.4 Μοντελοποίηση στο EnergyBuilding

Σε αυτή την ενότητα περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που προηγήθηκαν έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η μοντελοποίηση του κτιρίου που εξετάζεται στην παρούσα πτυχιακή μέσω του λογισμικού Energy Building.

### 3.4.1 Κέλυφος κατοικίας

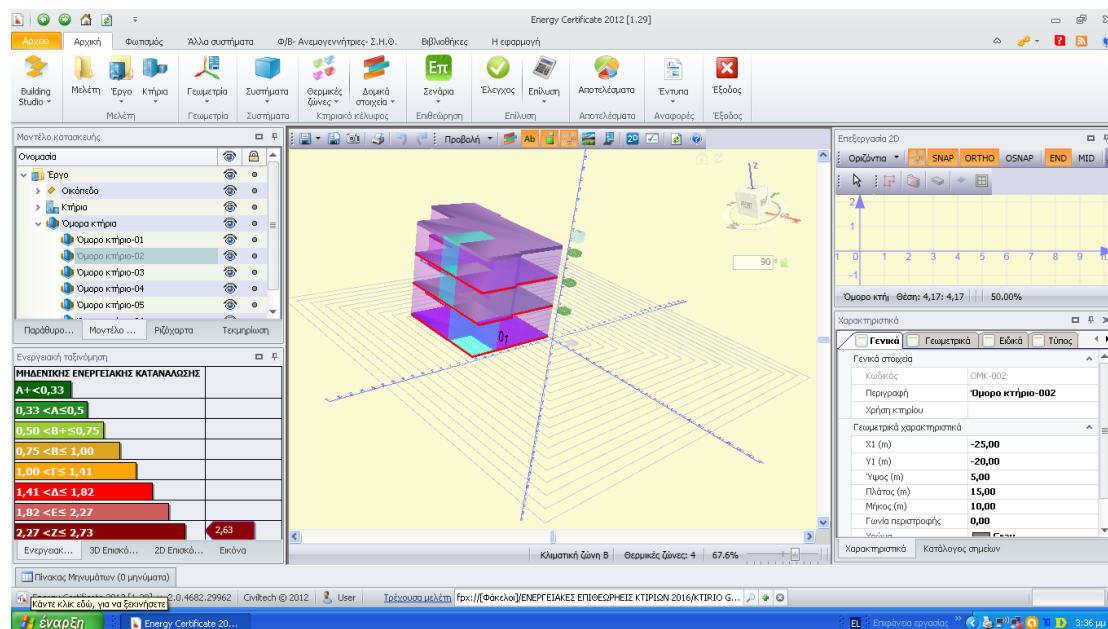
Στο λογισμικό δημιουργείται μια Μελέτη η οποία περιλαμβάνει έναν φάκελο στον οποίο προσδιορίζεται το όνομα της μελέτης δηλ. για την υπάρχουσα πτυχιακή εργασία ΚΤΙΡΙΟΓΑΛΑΤΣΙΚΑΙ ΟΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΙ ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ Η ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΈΡΓΟΥ Θεοδωρόπουλος Μιχάλης Κωνσταντίνος – Κλουσάκου Ιωάννα.

Ως αρχικό βήμα για την δημιουργία του μοντέλου του κτιρίου επιλέγεται η χρήση του, δηλ. σε αυτήν την περίπτωση πολυκατοικία και στη συνέχεια καθορίζονται το συνολικό ύψος, και ο αριθμός των επιπέδων (ορόφων) δηλ. 3, της πολυκατοικίας. Αρχικά η σχεδίαση γίνεται σε 2D περιβάλλον. Δημιουργείται το περίγραμμα της κάτοψης της κατασκευής και έτσι δημιουργείται η πλάκα του πρώτου επιπέδου. Το περίγραμμα μπορεί να εμφανιστεί ταυτόχρονα και σε 3D απεικόνιση. Στη συνέχεια κατασκευάζονται οι τοίχοι, μετά τα υποστυλώματα, τα δοκάρια και τέλος τα ανοίγματα με όλα τα τεχνικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους. Το λογισμικό διαθέτει βιβλιοθήκες με μεγάλη γκάμα υλικών που αφορούν τα δομικά στοιχεία και τα ανοίγματα κάθε κατασκευής, συμπεριλαμβανομένων και των θερμικών τους ιδιοτήτων και ο χρήστης μπορεί να επιλέξει πολύ εύκολα το είδος του υλικού προκειμένου να συγκροτηθεί το “ζητούμενο” μοντέλο κτιρίου. Τα υλικά τα επιλέχθηκαν για την δημιουργία του κτιριακού μοντέλου αναφέρονται στην Ενότητα 3.2. Τέλος γίνεται και προσδιορισμός των θερμογεφυρών, προκειμένου να συγκροτηθεί ο πρώτος όροφος της κατασκευής.

Εφόσον έχει δημιουργηθεί το πρώτο επίπεδο του κτιρίου, δημιουργούνται και τα παραπάνω επίπεδα με την ίδια μορφή. Αν είναι αναγκαίο να γίνουν παρεμβάσεις στους επιπλέον ορόφους, από το μοντέλο κατασκευής επιλέγονται τα στοιχεία που πρόκειται να εξετασθούν και εκτελούνται οι κατάλληλες αλλαγές από τον χρήστη. Στη συνέχεια δημιουργείται η στέγη ή το δώμα, και σε αυτή την περίπτωση η πολυκατοικία διαθέτει δώμα, πάλι με τη μορφή περιγράμματος στο 2D περιβάλλον και στη συνέχεια ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και τη μορφή που απαιτείται να έχει, εμφανίζεται και στο 3D περιβάλλον.

Αφού λοιπόν έχουν ολοκληρωθεί τα βασικά βήματα για την κατασκευή του κελύφους του κτιρίου καθορίζονται και οι θερμικές ζώνες στις οποίες χωρίζεται το κτίριο πάντα σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010. Το λογισμικό διαθέτει τρία είδη θερμικών ζωνών: τις **Θερμικές ζώνες** ως θερμαινόμενοι χώροι, τους **μη**

**Θερμαινόμενους χώρους** ως οι ενεργειακά αδρανείς χώροι χωρίς απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και αερισμό και τέλος τους **ηλιακούς χώρους** ως οι αίθριοι χώροι. Το κτίριο έχει χωριστεί σε δύο θερμικές ζώνες. Η μία περιλαμβάνει όλους τους χώρους της κατασκευής εκτός του κλιμακοστασίου και της εισόδου που συμπεριλαμβάνονται στη δεύτερη θερμική ζώνη ως μη θερμαινόμενοι χώροι.

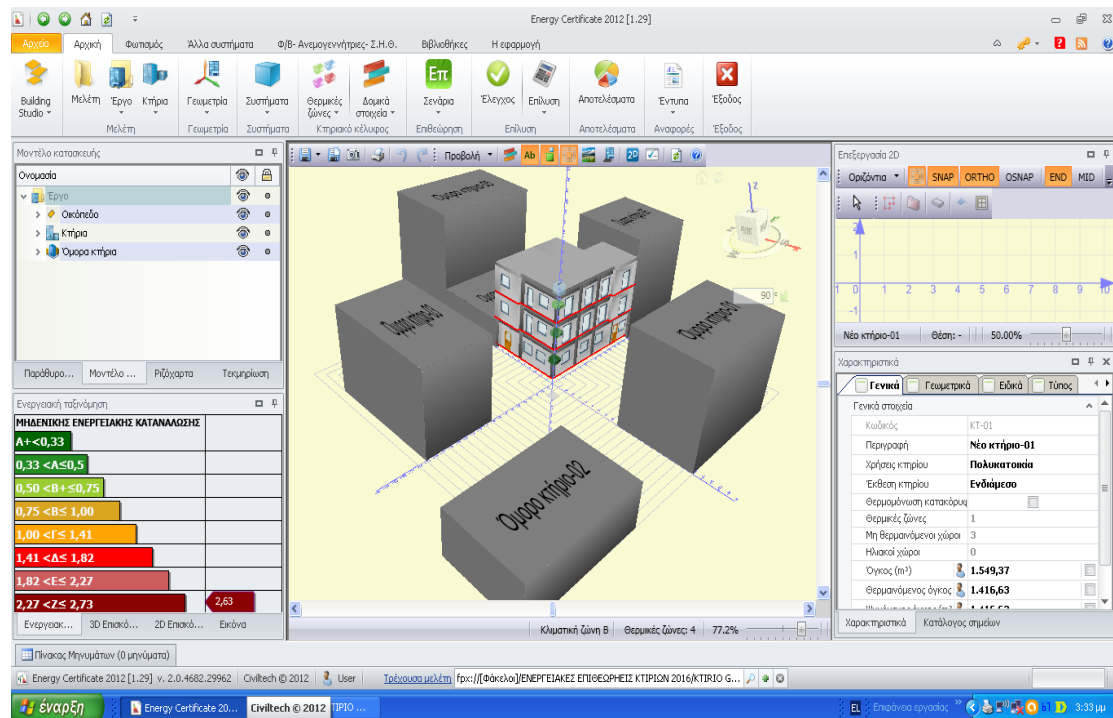


Εικόνα 10: Διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες στο λογισμικό EnergyBuilding.

Σε επόμενο στάδιο καθορίζεται ο προσανατολισμός της πολυκατοικίας με βάση τις μοίρες περιστροφής που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα.

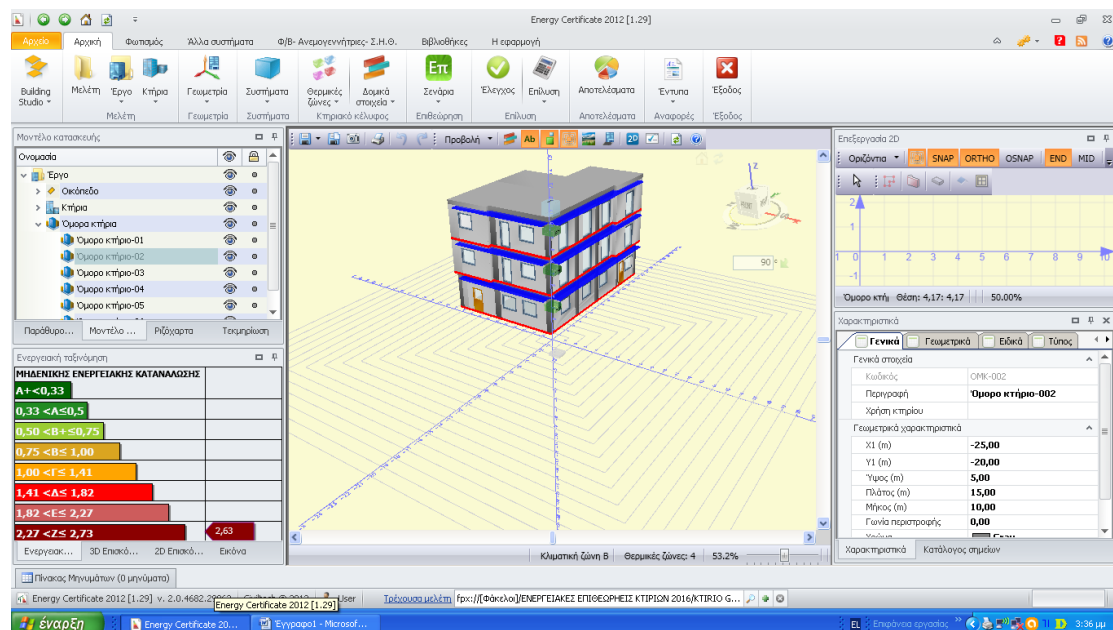
Το EnergyBuilding δίνει τη δυνατότητα να σχεδιαστούν τα όμορα κτίρια από τα οποία εξαρτάται η σκίαση του κτιρίου από τον ορίζοντα και ο προσδιορισμός της θερμικής συμπεριφοράς του ανάλογα με το εμβαδόν τους σε σχέση με το εξεταζόμενο κτίριο. Στην επόμενη εικόνα εμφανίζεται το μοντέλο του κτιρίου σε 3Dπεριβάλλον σε συνδυασμό με τα όμορα κτίρια.

Αξιολόγηση επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας τριώροφης κατοικίας και οικονομοτεχνική μελέτη για τη βελτίωση της απόδοσης της



Εικόνα 11:Απεικόνιση όμορων κτιρίων στο λογισμικό EnergyBuilding.

Για την ολοκλήρωση της σκίασης της κατοικίας γίνεται ο καθορισμός και σχεδιασμός των οριζόντιων προβόλων και πλευρικών προεξοχών. Το κτίριο διαθέτει έναν πρόβολο, στην βόρεια και ανατολική του όψη και έναν μικρότερο στην νότια (Βλέπε Εικόνα 3 και Εικόνα 4)στον πρώτο και δεύτερο όροφο.



Εικόνα 12:Απεικόνιση κτιρίου στο λογισμικό με τους προβόλους EnergyBuilding.

Η ολοκλήρωση της σύνθεσης του κτιριακού κελύφους γίνεται με τον προσδιορισμό των συνοριακών συνθηκών για τα δομικά στοιχεία (τοιχος, δάπεδο,). Το λογισμικό αναγνωρίζει ορισμένες συνοριακές συνθήκες που φαίνονται παρακάτω, αλλιώς ο χρήστης πρέπει να ορίσει μόνος του συνοριακές συνθήκες που δε διαθέτει το λογισμικό.

Διαχωριστικές επιφάνειες μεταξύ:

1. Θερμαινόμενος χώρος με Θερμαινόμενο χώρο
2. Θερμαινόμενο χώρο με Μη θερμαινόμενο χώρο (οριζόντια ή κατακόρυφα)
3. Θερμαινόμενο χώρο με Ηλιακό χώρο

Άλλες πιθανές συνθήκες:

1. Σε επαφή με εξωτερικό αέρα
2. Σε επαφή με το έδαφος
3. Σε επαφή με πιλοτή
4. Σε επαφή με όμορο κτίριο
5. Σε επαφή με κλειστή στέγη

Όσων αφορά τους τοίχους είναι αναγκαίο να προσδιοριστεί και ο τύπος τους, δηλ. αν είναι εξωτερικός, εσωτερικός ή βοηθητικός. [37]

### 3.4.2 Συστήματα κατοικίας

Εφόσον ολοκληρωθεί η εισαγωγή των στοιχείων του κελύφους και ο καθορισμός των θερμικών ζωνών, το επόμενο βήμα είναι ο ορισμός των συστημάτων (θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και φωτισμού) που ήδη υπάρχουν στο κτίριο προς μελέτη.

Αρχικά επιλέγεται το είδος του συστήματος θέρμανσης δηλαδή ο τύπος όπως λέβητας, ενεργειακό τζάκι, αντλία θερμότητας κ.α. και το είδος καυσίμου όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ξύλα, pellet κ.α. Το λογισμικό με βάση τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιρίου και τον τύπο του συστήματος θέρμανσης, σε συνδυασμό με το καύσιμο, υπολογίζει τον βαθμό απόδοσης θέρμανσης, τον βαθμό απόδοσης τερματικών μονάδων και τον βαθμό απόδοσης συστήματος διανομής.

Ομοίως καθορίζεται και το σύστημα ψύξης, ΖΝΧ και φωτισμού με τους αντίστοιχους τύπους συστημάτων δηλ. για ψύξη αερόψυκτη αντλία θερμότητας, aircondition κ.α., για ΖΝΧ τοπικό ηλεκτρικό θερμαντήρα, ηλιακό θερμοσίφωνα κ.α. και για φωτισμό λαμπτήρες πυρακτώσεως, λαμπτήρες LED κ.α.

Για τον ορισμό των ηλιακών συλλεκτών επιλέγεται από τον χρήστη ο τύπος του ( απλός, επίπεδος) και πρέπει να καθοριστεί αν χρησιμοποιείται για θέρμανση και για παραγωγή ΖΝΧ. Εφόσον έχουν προσδιοριστεί η συνολική απορροφητική επιφάνεια, ο προσανατολισμός και η κλίση των ηλιακών συλλεκτών συμπληρώνονται αυτόματα ο συντελεστής αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας και ο συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για θέρμανση.

Στη συνέχεια επιλέγονται οι διατάξεις αυτοματισμού ελέγχου της λειτουργίας των τερματικών μονάδων σε επίπεδο αυτόνομων χώρων ανά ιδιοκτησία με έλεγχο παρουσίας χρηστών ( συστήματα ανίχνευσης κίνησης κ.α.), ύπαρξη θερμοστάτη και θερμοστατικών βαλβίδων ανά αυτόνομο χώρο ιδιοκτησίας κλπ.

Τέλος η μοντελοποίηση των συστημάτων στο λογισμικό ολοκληρώνεται με τον προσδιορισμό της διείσδυσης του αέρα, σύμφωνα με τον κανονισμό, που

υπολογίζεται αυτόματα ανάλογα με τον αριθμό των θυρίδων αερισμού και των καμινάδων που διαθέτει κάθε θερμική ζώνη. [37]

### 3.4.3 Αποτελέσματα

Την μοντελοποίηση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου στο EnergyBuilding ακολουθεί ο έλεγχος της ενεργειακής του απόκρισης παρέχοντας έτσι στον χρήστη μηχανικό τη δυνατότητα ένταξης της εξεταζόμενης κατοικίας σε μια από τις εννέα ενεργειακές κλάσεις, όπως αυτές ορίζονται στον Κ.Εν.Α.Κ.

Κλάσεις	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
<b>A+</b>	$EP \leq 0,033 RR$	$T \leq 0,33$
<b>A</b>	$0,33 RR < EP \leq 0,50 RR$	$0,33 < T \leq 0,50$
<b>B+</b>	$0,50 RR < EP \leq 0,75 RR$	$0,50 < T \leq 0,75$
<b>B</b>	$0,75 RR < EP \leq 1,00 RR$	$0,75 < T \leq 1,00$
<b>Γ</b>	$1,00 RR < EP \leq 1,41 RR$	$1,00 < T \leq 1,41$
<b>Δ</b>	$1,41 RR < EP \leq 1,82 RR$	$1,41 < T \leq 1,82$
<b>E</b>	$1,82 RR < EP \leq 2,27 RR$	$1,82 < T \leq 2,27$
<b>Z</b>	$2,27 RR < EP \leq 2,73 RR$	$2,27 < T \leq 2,73$
<b>H</b>	$2,73 RR < EP$	$2,73 < T$

Πίνακας 9: Κλάσεις Ενεργειακής Απόδοσης [14].

Το λογισμικό επεξεργάζεται 4 σενάρια ενεργειακής απόδοσης: το πρώτο σενάριο αντιστοιχεί στην υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου (ΥΚ), σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που έχουν αναλυθεί στην Ενότητα 3.3 και Ενότητα 3.2. Τα υπόλοιπα 3 σενάρια (Σ1, Σ2, Σ3) που διαμορφώνονται περιλαμβάνουν επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης της κατοικίας.

Έχοντας λοιπόν καθορίσει την ενεργειακή κλάση του κτιρίου στο σενάριο ΥΚ, το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας των σεναρίων Σ1, Σ2, Σ3, όπου δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει επεμβάσεις αναβάθμισης των δομικών στοιχείων και των τμημάτων ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του εξεταζόμενου κτιρίου με σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής του απόκρισης. Τα δεδομένα εξόδου όπως αυτά προκύπτουν από την επεξεργασία του κάθε σεναρίου (Σ1, Σ2, Σ3) αφορούν τις ενεργειακές καταναλώσεις, τις ενεργειακές απαιτήσεις, τις καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση, τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και την οικονομοτεχνική ανάλυση του κτιρίου. Το πρόγραμμα παρέχει επίσης τη δυνατότητα απεικόνισης των αποτελεσμάτων σε πίνακες και διαγράμματα, όπως για παράδειγμα το διάγραμμα ισοζυγίου ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων θέρμανσης, ψύξης, το διάγραμμα μηνιαίων τιμών φορτίων θέρμανσης, ψύξης και ο πίνακας μηνιαίας ενεργειακής απαίτησης και κατανάλωσης.[37]

Στο επόμενο κεφάλαιο εμφανίζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα κάθε σεναρίου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1 Αποτελέσματα λογισμικού

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται η ανάλυση των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από το λογισμικό EnergyBuilding. Αρχικά παρατίθεται η ανάλυση του σεναρίου Υφιστάμενης Κατάστασης, το οποίο αντιπροσωπεύει την εκδοχή της εξεταζόμενης κατοικίας η οποία δεν έχει ενισχυθεί με κάποιο μέτρο ενεργειακής απόδοσης. Έπειτα εξετάζεται η ενεργειακή απόκριση της εν λόγω κατοικίας με την διαδοχική εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Τα μέτρα αυτά που αφορούν στην εξοικονόμηση ενέργειας στις βασικές τελικές χρήσεις της κατοικίας (δηλ. στην θέρμανση, στην ψύξη, στο Ζ.Ν.Χ και το φωτισμό) εξετάζονται ως προς την αποδοτικότητά τους.

### 4.2 Σενάριο Υφιστάμενης Κατάστασης

Ως σενάριο Υφιστάμενης Κατάστασης (ΥΚ) θεωρείται το σενάριο στο οποίο η κατοικία που εξετάζεται δεν έχει δεχθεί καμία παρέμβαση με χρήση μέτρων ενεργειακής απόδοσης. Το μοντέλο της εν λόγω κατοικίας κατασκευάστηκε στο λογισμικό EnergyBuilding. Στο λογισμικό εισάγονται δεδομένα τα οποία αφορούν στα δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους, συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων του φέροντος οργανισμού (τοίχοι, υποστυλώματα) αλλά και των ανοιγμάτων (κουφώματα, υαλοπίνακες). Επίσης εισάγονται τα ήδη εγκατεστημένα από το 1972 συστήματα θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και φωτισμού όπως αυτά αναλύονται λεπτομερώς στο προηγούμενο κεφάλαιο (βλ. Ενότητα 3.2 και Ενότητα 3.3).

Ως δεδομένα εξόδου, το EnergyBuilding επιστρέφει τις ενεργειακές απαιτήσεις, τις ενεργειακές καταναλώσεις, την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση καθώς και τις εκπομπές CO<sub>2</sub> τόσο του εξεταζόμενου κτιρίου (εν προκειμένω του κτιρίου που εμπίπτει στο Σενάριο ΥΚ) όσο κι ενός κτιρίου αναφοράς (ΚΑ) που διαθέτει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά με το εξεταζόμενο κτίριο και ταξινομείται στην ενεργειακή κατηγορία Β. Τέλος εξάγεται ένα αποτέλεσμα λειτουργικού κόστους, σε σύγκριση πάντα με το αντίστοιχο αποτέλεσμα του σεναρίου αναφοράς.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του EnergyBuilding όσον αφορά στη μοντελοποίηση του Σεναρίου Υφιστάμενης Κατάστασης, καθώς και του Σεναρίου του κτιρίου αναφοράς (ΚΑ):



	Κτίριο Αναφοράς	Σενάριο Υφιστάμενης Κατάστασης
<b>Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m<sup>2</sup>)</b>		
Θέρμανση	57,10	169,90
Ψύξη	53,90	109,60
Ύγρανση	0,00	0,00
Z.N.X	16,80	16,80
<b>Ενεργειακές καταναλώσεις (kWh/m<sup>2</sup>)</b>		
Θέρμανση	68,40	217,00
Ψύξη	9,70	21,80
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,00	0,00
Z.N.X	17,80	7,30
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	3,10	11,60
Ποσοστό Z.N.X. από ηλιακή ενέργεια	15,00	65,14
Ενέργεια από φωτοβολταικά	0,00	0,00
Φωτισμός	0,00	0,00
Σύνολο	95,80	246,10
<b>Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>)</b>		
Θέρμανση	75,20	238,70
Ψύξη	28,00	63,30
Z.N.X	19,60	21,30
Φωτισμός	0,00	0,00
Συνεισφορά Α.Π.Ε. - Σ.Η.Θ.	0,00	0,00
Σύνολο	122,80	323,30
Ενεργειακή απόδοση	1,00	2,63
Ενεργειακή κατάταξη	B	Z
<b>Εκπομπές CO<sub>2</sub> (kg)</b>		
Σύνολο	32,00	86,00
<b>Οικονομοτεχνική ανάλυση</b>		
Λειτουργικό κόστος (€)	3221,38	8307,61
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	0,00	0,00
Εξοικονόμηση πρωτ. ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	0,00	0,00
Εξοικονόμηση πρωτ. ενέργειας (%)	0,00	0,00
Τιμή εξοικον. Ενέργειας (€/kWh)	0,00	0,00
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	0,00	0,00
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	0,00	0,00

Πίνακας 1: Αποτελέσματα Ενεργειακής Μελέτης Σεναρίου Υφιστάμενης Κατάστασης.

Σύμφωνα με το λογισμικό, η ενεργειακή απόδοση της κατοικίαςΥΚ ανέρχεται στις 2,63 kWh/m<sup>2</sup>. Με βάση την τιμή αυτή το εξεταζόμενο κτίριο κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία Z (2,27 Rr < EP ≤ 2,73 Rr). Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση κατανέμεται στις τελικές χρήσεις ως εξής: 217,00 kWh/m<sup>2</sup>για θέρμανση, 21,80

kWh/m<sup>2</sup> για ψύξη και 7,30 kWh/m<sup>2</sup> για παραγωγή ΖΝΧ. Επομένως το σύνολο της ενέργειας που καταναλώνεται στο διάστημα ενός έτους είναι 246,10 kWh/m<sup>2</sup>. Ο χρήστης του κτιρίου με βάση το λογισμικό για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων πρέπει να δαπανήσει ετησίως 8.307,61 €.

Α.Π.: .....		Α.Α.: .....		
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	<b>ΧΡΗΣΗ: Πολυκατοικία</b>			
	Κτήριο <input checked="" type="checkbox"/>	Τμήμα κτηρίου <input type="checkbox"/>		
	Αριθμός ιδιοκτησίας: ΕΡΓ-01			
	Κλιματική Ζώνη: <b>B</b>			
	Διεύθυνση: ΙΠΠΟΛΥΤΟΥ			
	Αριθμός: 58	Τ.Κ. 11255		
	Πόλη: ΓΑΛΑΤΣΙ			
	Έτος κατασκευής: 1972			
	Συνολική επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]: 395,099994			
	Θερμαινόμενη επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]: 361,299997			
Όνομα ιδιοκτήτη: ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ ΜΙΧΑΗΛΣ - ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΚΛΟΥΣΑΚΟΥ ΙΩΑΝΝΑ				
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>				
			<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	
<b>ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ</b>				
EP ≤ 0,33 • R <sub>R</sub>			<b>A+</b>	
0,33 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 0,50 • R <sub>R</sub>			<b>A</b>	
0,50 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 0,75 • R <sub>R</sub>			<b>B+</b>	
0,75 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,00 • R <sub>R</sub>			<b>B</b>	
1,00 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,41 • R <sub>R</sub>			<b>Γ</b>	
1,41 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,82 • R <sub>R</sub>			<b>Δ</b>	
1,82 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 2,27 • R <sub>R</sub>			<b>Ε</b>	
2,27 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 2,73 • R <sub>R</sub>			<b>Ζ</b>	
2,73 • R <sub>R</sub> < EP			<b>Η</b>	
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ</b>				
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m <sup>2</sup> ]:			122,80	
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:			323,30	
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]:			86,00	
<b>Πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας &amp; Εκπομπές CO<sub>2</sub></b>			Θερμική άνεση <input type="checkbox"/>	
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m <sup>2</sup> ]:		Καύσιμα [kWh/m <sup>2</sup> ]:	Οπτική άνεση <input type="checkbox"/>	
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:			Ακουστική άνεση <input type="checkbox"/>	
Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]:			Ποιότητα αέρα <input type="checkbox"/>	

Εικόνα 1: 1<sup>η</sup> Σελίδα Ενεργειακού Πιστοποιητικού για Σενάριο Υφιστάμενης Κατάστασης.

ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ με βάση τους υπολογισμούς		Α.Π.: .....		Α.Α.: .....		
Πηγή ενέργειας		Τελική χρήση			Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)	
Ηλεκτρική		Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input checked="" type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
		Φωτισμός <input type="checkbox"/>				
Ορυκτά καύσιμα	Πετρέλαιο	Θέρμανση <input checked="" type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Φυσικό αέριο	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
ΑΠΕ	Ηλιακή	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
	Βιομάζα	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Γεωθερμία	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Σύνολο				0,00	
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση [kWh/m <sup>2</sup> ]						
Θέρμανση: 238,70			Ψύξη: 63,30			
Ζεστό νερό χρήσης (ZNX): 21,30			Φωτισμός: 0,00			
ΑΠΕ & ΣΗΘ: (-) 0,00						
ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ						
Αριθμός σύστασης	Εκτιμώμενο αρχικό κόστος επένδυσης [ € ]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και τιμή μονάδας*			Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> * [kg/m <sup>2</sup> ]:	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής* [ έτη ]
		[kWh/(m <sup>2</sup> )]	[ % ]	[ €/kWh ]		
* Η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά την κάθε επί μέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής.						
Ημερομηνία εκδόσης ΠΕΑ:				Σφραγίδα:		
Όνοματεπώνυμο Επιθεωρητή:				Υπογραφή:		
Α.Μ. Επιθεωρητή:						

Εικόνα 2: 2<sup>η</sup> Σελίδα Ενεργειακού Πιστοποιητικού για Αρχικό Σενάριο.

### 4.3 Μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης σεναρίων

Προκειμένου να αναβαθμιστεί ενεργειακά το κτίριο που εξετάζεται, σύμφωνα κατά κύριο λόγο με την αποδοτικότητα των ενεργειακών μέτρων, στην παρούσα πτυχιακή εργασία εφαρμόστηκε μια σειρά από επιλέξιμα μέτρα στα τρία σεναρία ενεργειακής απόδοσης που διεξάγει το λογισμικό EnergyBuilding. Εφαρμόζοντας τα μέτρα αυτά γίνεται σταδιακή αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας προσθέτοντας σε κάθε σενάριο περισσότερα μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση των εναλλακτικών μέτρων στην ενεργειακή αποδοτικότητα της κατοικίας. Τα μέτρα που εφαρμόζονται στην κατοικία επιδρούν θετικά στην τελική χρήση της θέρμανσης, της ψύξης, του Z.N.X και σε μικρότερο βαθμό τον φωτισμό. Συνολικά τα Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας(M.E.E.) που

επιλέχθηκαν για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της κατοικίας παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

#### 4.3.1 Μ.Ε.Ε.1: Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης

**Σύντομη περιγραφή:** Το συγκεκριμένο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας αφορά στην τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στο κτιριακό κέλυφος με τη βοήθεια εξωτερικών βυσμάτων και κολλών.

**Χρήση υλικών:** Για την εφαρμογή και την κατασκευή της θερμοπρόσοψης χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό πλάκα από γραφιτούχα πολυστερίνη πάχους 50 mm. Τα υλικά που είναι απαραίτητα για την συγκόλληση και την σταθεροποίηση του μονωτικού υλικού στο κέλυφος της κατασκευής είναι κόλλα θερμομονωτικής πλάκας, βύσματα στερέωσης, πλέγμα θερμοπρόσοψης, αστάρι primer και τέλος σοβάς θερμοπρόσοψης για την τελική επικάλυψη.

#### 4.3.2 Μ.Ε.Ε.2: Αντικατάσταση των διαφανών στοιχείων

**Σύντομη περιγραφή:** Το μέτρο συνίσταται στην αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς ενεργειακούς υαλοπίνακες και στην αντικατάσταση των ξύλινων κουφωμάτων με κουφώματα αλουμινίου.

**Χρήση υλικών:** Η αντικατάσταση των ξύλινων κουφωμάτων και των μονών υαλοπινάκων έγιναν με χρήση κουφωμάτων αλουμινίου και διπλών υαλοπινάκων με τις παρακάτω ιδιότητες. Οι εν λόγω ιδιότητες εκφράζονται μέσω των μεταβλητών:

**Aw:** Εμβαδόν Επιφάνειας ανοίγματος.

**Af:** Εμβαδόν επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος.

**Uf:** Συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος.

**Ag:** Εμβαδόν επιφάνειας υαλοπίνακα κουφώματος.

**Ug:** Συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

**Lg:** Μήκος θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

Κουφώμα			Υαλοπίνακας		
Aw(m <sup>2</sup> )	Af(m <sup>2</sup> )	Uf(W/m <sup>2</sup> K)	Ag(m <sup>2</sup> )	Ug(W/m <sup>2</sup> K)	Lg(m)
2,10	0,60	2,59	1,50	1,50	5,15
Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας				Uw(W/m <sup>2</sup> K)	
				2,08	
Συντελεστής Ηλιακών Θερμικών Κερδών				g <sub>w</sub>	
				0,54	
Ποσοστό Πλαισίου				28%	

Πίνακας 2: Ιδιότητες διαφανούς στοιχείου με Πλάτος=1,00m και Ύψος=2,10m.

Κούφωμα			Υαλοπίνακας		
Aw(m <sup>2</sup> )	Af(m <sup>2</sup> )	Uf(W/m <sup>2</sup> K)	Ag(m <sup>2</sup> )	Ug(W/m <sup>2</sup> K)	Lg(m)
3,15	0,83	2,95	2,32	1,50	10,15
<b>Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας</b>				<b>Uw(W/m<sup>2</sup>K)</b>	
				2,24	
<b>Συντελεστής Ηλιακών Θερμικών Κερδών</b>				<b>gw</b>	
				0,56	
<b>Ποσοστό Πλαισίου</b>				26%	

Πίνακας 3: Ιδιότητες διαφανούς στοιχείου με Πλάτος=1,50m και Ύψος=2,10m.

Κούφωμα			Υαλοπίνακας		
Aw(m <sup>2</sup> )	Af(m <sup>2</sup> )	Uf(W/m <sup>2</sup> K)	Ag(m <sup>2</sup> )	Ug(W/m <sup>2</sup> K)	Lg(m)
0,56	0,31	2,95	0,25	1,50	3,35
<b>Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας</b>				<b>Uw(W/m<sup>2</sup>K)</b>	
				2,97	
<b>Συντελεστής Ηλιακών Θερμικών Κερδών</b>				<b>gw</b>	
				0,33	
<b>Ποσοστό Πλαισίου</b>				56%	

Πίνακας 4: Ιδιότητες διαφανούς στοιχείου με Πλάτος=0,70m και Ύψος=0,80m.

Κούφωμα			Υαλοπίνακας		
Aw(m <sup>2</sup> )	Af(m <sup>2</sup> )	Uf(W/m <sup>2</sup> K)	Ag(m <sup>2</sup> )	Ug(W/m <sup>2</sup> K)	Lg(m)
2,04	0,61	2,95	1,43	1,50	7,19
<b>Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας</b>				<b>Uw(W/m<sup>2</sup>K)</b>	
				2,32	
<b>Συντελεστής Ηλιακών Θερμικών Κερδών</b>				<b>gw</b>	
				0,53	
<b>Ποσοστό Πλαισίου</b>				30%	

Πίνακας 5: Ιδιότητες διαφανούς στοιχείου με Πλάτος=1,50m και Ύψος=1,36m.

Κούφωμα			Υαλοπίνακας		
Aw(m <sup>2</sup> )	Af(m <sup>2</sup> )	Uf(W/m <sup>2</sup> K)	Ag(m <sup>2</sup> )	Ug(W/m <sup>2</sup> K)	Lg(m)
0,95	0,40	2,96	0,55	1,50	4,39
<b>Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας</b>				<b>Uw(W/m<sup>2</sup>K)</b>	
				2,62	
<b>Συντελεστής Ηλιακών Θερμικών Κερδών</b>				<b>gw</b>	
				0,44	
<b>Ποσοστό Πλαισίου</b>				42%	

Πίνακας 6: Ιδιότητες διαφανούς στοιχείου με Πλάτος=1,10m και Ύψος=0,86m.

#### 4.3.3 Μ.Ε.Ε.3: Αντικατάσταση συμβατικών συστημάτων φωτισμού

**Σύντομη περιγραφή:** Αυτό το μέτρο αφορά την αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με νέους λαμπτήρες υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης τύπου LED.

**Χρήση υλικών:** : Για την αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως σε όλους τους χώρους της κατοικίας χρησιμοποιήθηκαν λαμπτήρες LED διαφορετικού τύπου, ανάλογα το χώρο τοποθέτησης τους.

Κλιμακοστάσιο: Αντικατάσταση με λαμπτήρες LED ισχύος 14 Watt, Χρώμα 3000, Βάση E27 και Lumen 1250.

Υπνοδωμάτιο, Κουζίνα, Σαλόνι: Αντικατάσταση με λαμπτήρες LED ισχύος 15 Watt, Χρώμα 3000, Βάση E27 και Lumen 1500.

Λουτρό, Χολ: Αντικατάσταση με λαμπτήρες LED ισχύος 12 Watt, Χρώμα 3000, Βάση E27 και Lumen 960.

Πρόβολος: Αντικατάσταση με λαμπτήρες LED ισχύος 9 Watt, Χρώμα 3000, Βάση E27 και Lumen 800.

#### 4.3.4 Μ.Ε.Ε.4: Επέμβαση στις επιστεγάσεις

**Σύντομη περιγραφή:** Το μέτρο αφορά την τοποθέτηση θερμομόνωσης στις επιστεγάσεις της κατοικίας προκειμένου να μειωθούν οι θερμικές απώλειες από τον κάθε όροφο.

**Χρήση υλικών:** Για την τοποθέτηση θερμομόνωσης στις επιστεγάσεις χρησιμοποιήθηκαν πλάκες από πολυστερίνη DOW πάχους 30mm και για την σταθεροποίηση τους επιλέχθηκαν βύσματα στερέωσης, γυψοσανίδα, ορθοστάτης, στρωτήρας, περιμετρικό, κανάλι και στόκος για την τελική επίστρωση.

#### 4.3.5 Μ.Ε.Ε.5: Αντικατάσταση συμβατικού συστήματος λέβητα-καυστήρα

**Σύντομη περιγραφή:** Το μέτρο αποβλέπει στην αντικατάσταση του συμβατικού λέβητα πετρελαίου με λέβητα Φ.Α. υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης.

**Χρήση Υλικών:** Για την αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου χρησιμοποιήθηκε λέβητας Φ.Α. με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Χαρακτηριστικά Λέβητα Φυσικού Αερίου	
Ισχύς εστίας Kw (kcal/h)	83,1 (71500)
Ονομαστική ισχύς kW (kcal/h)	74,0 (63600)
Απόδοση ονομαστικής θερμικής παροχής %	89
Απόδοση στο 30% της ονομ. θερμικής παροχής %	90
Μαντεμένια στοιχεία no	7
Περιεκτικότητα νερού σε λίτρα	42
Μεγ. Πίεση λειτουργίας σε bar	4
Απώλειες φορτίου καυσαερίων σε mbar	0,16
Απώλειες φορτίου νερού ( $\Delta t$ 10 °C) σε mbar	34
P (βάθος) mm	670

Βάρος kg	293
----------	-----

Πίνακας 7: Τεχνικά χαρακτηριστικά Λέβητα Φ.Α.

#### 4.3.6Μ.Ε.Ε.6: Αντικατάσταση των τερματικών μονάδων εκπομπής θερμότητας

**Σύντομη Περιγραφή:** Το μέτρο αποσκοπεί στην αντικατάσταση των παλαιών τερματικών μονάδων εκπομπής θερμότητας καλοριφέρ, με fan-coils προκειμένου να χρησιμοποιούνται και για θέρμανση και για ψύξη με χρήση και μιας αντλίας θερμότητας.

**Χρήση Υλικών:** Η αντικατάσταση των μονάδων καλοριφέρ έγινε με τα εξής συστήματα.

Χαρακτηριστικά fan-coils		
	Παροχή αέρα l/s	Ισχύς Ψύξης (kW)
Τύπος Α	520	2,85
Τύπος Β	660	3,4

Πίνακας 8: Τεχνικά χαρακτηριστικά fan-coils

Χαρακτηριστικά αντλίας θερμότητας		
Ισχύς: 9,55 kW		
Μέγιστη θερμοκρασία νερού: 60°C		

Πίνακας 9: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας θερμότητας

#### 4.3.7 Μ.Ε.Ε.7: Αντικατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα

**Σύντομη Περιγραφή:** Το μέτρο στοχεύει στην αντικατάσταση των παλαιών μονάδων ηλιακού θερμοσίφωνα με νέους πιο εξελιγμένης τεχνολογίας.

**Χρήση Υλικών:** Για την αντικατάσταση των μονάδων ηλιακού θερμοσίφωνα χρησιμοποιήθηκαν μονάδες με τα χαρακτηριστικά που φαίνονται στον Πίνακα 10.

Χαρακτηριστικά Ηλιακού Θερμοσίφωνα		
Ισχύς Εναλλάκτη αντλίας θερμότητας (kW)	Ισχύς Ηλεκτρικής αντίστασης (kW)	Συλλεκτική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )
9,4	4	2,1

Πίνακας 10: Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας Ηλιακού Θερμοσίφωνα.

#### 4.3.8Μ.Ε.Ε.8: Τοποθέτηση διατάξεων αυτόματου ελέγχου στα συστήματα θέρμανσης,ψύξης και φωτισμού

**Σύντομη Περιγραφή:** Ο όρος «διατάξεις αυτομάτου ελέγχου» παραπέμπει σε θερμοστάτες ελέγχου θερμοκρασιακής επιλογής για αυτόνομη θέρμανση σε κάθε διαμέρισμα της πολυκατοικίας και ανιχνευτές παρουσίας.

**Χρήση Υλικών:** Οι θερμοστάτες και οι ανιχνευτές παρουσίας που χρησιμοποιήθηκαν στην κατοικία έχουν χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στον Πίνακα 11 και Πίνακα 12.

Χαρακτηριστικά Θερμοστάτη	
Μπαταρίες	2 Αλκαλικές AA
Περιοχή Μέτρησης Θερμοκρασίας	C
Περιοχή Επιλογής Θερμοκρασίας	C
Αντοχή Relay	2 x 5A - 250V AC1
Βαθμός Προστασίας Περιβλήματος	IP 20
Περιοχή Θερμοκρασίας Λειτουργίας	5 έως C
Σχετική Υγρασία Λειτουργίας	0 - 90% RH
Εξωτερικές Διαστάσεις	121,5 x 27,3 x 81,3mm
Τυπικό Βάρος	190 gr

**Πίνακας 11:** Τεχνικά χαρακτηριστικά Θερμοστάτη.

Χαρακτηριστικά ανιχνευτή παρουσίας	
Χρήση	Εσωτερική
Τύπος αισθητήρα	με υπέρυθρες
Συχνότητα	50/60 Hz
Τοποθέτηση	στην οροφή
Επίπεδο φωτισμού	10-1000 lux

**Πίνακας 12:** Τεχνικά χαρακτηριστικά ανιχνευτή παρουσίας.

## 4.4 Σενάρια

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει περιγραφή των σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας χρησιμοποιώντας το λογισμικό Energy Building και εφαρμόζοντας τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης που αναλύθηκαν στην **Παράγραφο 4.3**.

### 4.4.1 Σενάριο 1<sup>ο</sup>

Στο πρώτο σενάριο ενεργειακής απόδοσης εφαρμόστηκαν:

**Μέτρο1**-Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης, **Μέτρο 2**-Αντικατάσταση των διαφανών στοιχείων.



	Κτίριο Αναφοράς	Σενάριο 1ο
<b>Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m<sup>2</sup>)</b>		
Θέρμανση	57,10	112,30
Ψύξη	53,90	94,80
Υγρανση	0,00	0,00
Z.N.X	16,80	16,80
<b>Ενεργειακές καταναλώσεις (kWh/m<sup>2</sup>)</b>		
Θέρμανση	68,40	143,40
Ψύξη	9,70	18,90
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,00	0,00
Z.N.X	17,80	7,30
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	3,10	11,60
Ποσοστό Z.N.X. από ηλιακή ενέργεια	15,00	65,14
Ενέργεια από φωτοβολταικά	0,00	0,00
Φωτισμός	0,00	0,00
Σύνολο	95,80	169,60
<b>Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>)</b>		
Θέρμανση	75,20	157,70
Ψύξη	28,00	54,70
Z.N.X	19,60	21,30
Φωτισμός	0,00	0,00
Συνεισφορά Α.Π.Ε. - Σ.Η.Θ.	0,00	0,00
Σύνολο	122,80	233,70
Ενεργειακή απόδοση	1,00	1,93
Ενεργειακή κατάταξη	B	E
<b>Εκπομπές CO<sub>2</sub> (kg)</b>		
Σύνολο	32,00	63,00
<b>Οικονομοτεχνική ανάλυση</b>		
Λειτουργικό κόστος (€)	3221,38	5773,30
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	0,00	0,00
Εξοικονόμηση πρωτ. ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	0,00	89,50
Εξοικονόμηση πρωτ. ενέργειας (%)	0,00	27,70
Τιμή εξοικον. Ενέργειας (€/kWh)	0,00	
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	0,00	
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	0,00	

Πίνακας 13: Αποτελέσματα Ενεργειακής Μελέτης Σεναρίου 1<sup>ου</sup>.

Σύμφωνα με το λογισμικό, η ενεργειακή απόδοση της κατοικίαςΥΚ ανέρχεται στις 1,93kWh/m<sup>2</sup>. Με βάση την τιμή αυτή το εξεταζόμενο κτίριο κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία E (1,82Rr < EP ≤ 2,27Rr). Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση

κατανέμεται στις τελικές χρήσεις ως εξής: 143,40 kWh/m<sup>2</sup> για θέρμανση, 18,90kWh/m<sup>2</sup> για ψύξη και 7,30 kWh/m<sup>2</sup> για παραγωγή ΖΝΧ. Επομένως το σύνολο της ενέργειας που καταναλώνεται στο διάστημα ενός έτους είναι 169,60kWh/m<sup>2</sup>. Ο χρήστης του κτιρίου με βάση το λογισμικό για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων πρέπει να δαπανήσει ετησίως 5.773,30 €.

#### 4.4.1.1 Ενεργειακό πιστοποιητικό Σ1

Α.Π.: .....		Α.Α.: .....		
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	<b>ΧΡΗΣΗ: Πολυκατοικία</b>			
	Κτήριο <input checked="" type="checkbox"/>	Τμήμα κτηρίου <input type="checkbox"/>		
	Αριθμός ιδιοκτησίας: ΕΡΓ-01			
	Κλιματική Ζώνη: <b>B</b>			
	Διεύθυνση: ΙΠΠΟΛΥΤΟΥ			
	Αριθμός: 58	Τ.Κ. 11255		
	Πόλη: ΓΑΛΑΤΣΙ			
	Έτος κατασκευής: 1972			
	Συνολική επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]: 395,099994			
	Θερμαινόμενη επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]: 361,299997			
Όνομα ιδιοκτήτη: ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ ΜΙΧΑΗΛΗΣ - ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΚΛΟΥΣΑΚΟΥ ΙΩΑΝΝΑ				
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>				
			<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	
<b>ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ</b>				
EP ≤ 0,33 • R <sub>R</sub>			<b>A+</b>	
0,33 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 0,50 • R <sub>R</sub>			<b>A</b>	
0,50 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 0,75 • R <sub>R</sub>			<b>B+</b>	
0,75 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,00 • R <sub>R</sub>			<b>B</b>	
1,00 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,41 • R <sub>R</sub>			<b>Γ</b>	
1,41 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,82 • R <sub>R</sub>			<b>Δ</b>	
1,82 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 2,27 • R <sub>R</sub>			<b>E</b>	
2,27 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 2,73 • R <sub>R</sub>			<b>Z</b>	
2,73 • R <sub>R</sub> < EP			<b>H</b>	
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ</b>				
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m <sup>2</sup> ]:			120,80	
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:			233,70	
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]:			63,00	
Πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας & Εκπομπές CO <sub>2</sub>			Θερμική άνεση <input type="checkbox"/>	
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m <sup>2</sup> ]:		Καύσιμα [kWh/m <sup>2</sup> ]:	Οπτική άνεση <input type="checkbox"/>	
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:			Ακουστική άνεση <input type="checkbox"/>	
Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]:			Ποιότητα αέρα <input type="checkbox"/>	

Εικόνα 3: 1<sup>η</sup> Σελίδα Ενεργειακού Πιστοποιητικού για Σενάριο 1<sup>ο</sup>.

ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ με βάση τους υπολογισμούς						
Πηγή ενέργειας		Τελική χρήση			Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)	
Ηλεκτρική		Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input checked="" type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
		Φωτισμός <input type="checkbox"/>				
Ορυκτά καύσημα	Πετρέλαιο	Θέρμανση <input checked="" type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Φυσικό αέριο	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
ΑΠΕ	Ηλιακή	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
		Φωτισμός <input type="checkbox"/>				
	Βιομάζα	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Γεωθερμία	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Φωτισμός <input type="checkbox"/>					
Σύνολο					0,00	
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση [kWh/m <sup>2</sup> ]						
Θέρμανση: 157,70			Ψύξη: 54,70			
Ζεστό νερό χρήσης (ZNX): 21,30			Φωτισμός: 0,00			
ΑΠΕ & ΣΗΘ: (-) 0,00						
ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ						
1. Θερμομόνωση των δομικών στοιχείων του κελύφους που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα ή με μη θερμαινόμενους						
2. Αντικατάσταση διαφανών στοιχείων με νέα ενεργειακά αποδοτικά με χρήση διδύμων υαλοπινάκων						
Αριθμός σύστασης	Εκτιμώμενο αρχικό κόστος επένδυσης [ € ]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και τιμή μονάδας*			Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> * [kg/m <sup>2</sup> ]:	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής* [ έτη ]
		[kWh/(m <sup>2</sup> )]	[ % ]	[ €/kWh ]		
1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
2	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
* Η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά την κάθε επί μέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής.						
Ημερομηνία έκδοσης ΠΕΑ:				Σφραγίδα:		
Όνοματεπώνυμο Επιθεωρητή:				Υπογραφή:		
Α.Μ. Επιθεωρητή:						

Εικόνα 4: 2<sup>η</sup> Σελίδα Ενεργειακού Πιστοποιητικού για Σενάριο 1<sup>ο</sup>.

#### 4.4.2 Σενάριο 2<sup>ο</sup>

Στο δεύτερο σενάριο ενεργειακής απόδοσης εφαρμόστηκαν: **Μέτρο 1**-Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης, **Μέτρο 2**-Αντικατάσταση των διαφανών στοιχείων, **Μέτρο 3**-Αντικατάσταση συμβατικών συστημάτων φωτισμού, **Μέτρο 4**-Επέμβαση στις επιστεγάσεις και **Μέτρο 5**-Αντικατάσταση του συμβατικού συστήματος λέβητα-καυστήρα για θέρμανση.

Για ψύξη χρησιμοποιούνται τα υφιστάμενα ηλεκτρικά συστήματα (air-conditions) και για παραγωγή Ζ.Ν.Χ. οι υφιστάμενοι ηλιακοί θερμοσίφωνες.

	Κτίριο Αναφοράς	Σενάριο 2ο
<b>Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m<sup>2</sup>)</b>		
Θέρμανση	57,10	83,80
Ψύξη	53,90	64,20
Υγρανση	0,00	0,00
Z.N.X	16,80	16,80
<b>Ενεργειακές καταναλώσεις (kWh/m<sup>2</sup>)</b>		
Θέρμανση	68,40	107,00
Ψύξη	9,70	12,80
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,00	0,00
Z.N.X	17,80	7,30
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	3,10	11,60
Ποσοστό Z.N.X. από ηλιακή ενέργεια	15,00	65,14
Ενέργεια από φωτοβολταϊκά	0,00	0,00
Φωτισμός	0,00	0,00
Σύνολο	95,80	127,10
<b>Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>)</b>		
Θέρμανση	75,20	112,30
Ψύξη	28,00	37,10
Z.N.X	19,60	21,30
Φωτισμός	0,00	0,00
Συνεισφορά Α.Π.Ε. - Σ.Η.Θ.	0,00	0,00
Σύνολο	122,80	170,70
Ενεργειακή απόδοση	1,00	1,40
Ενεργειακή κατάσταση	B	Γ
<b>Εκπομπές CO<sub>2</sub> (kg)</b>		
Σύνολο	32,00	40,00
<b>Οικονομοτεχνική ανάλυση</b>		
Λειτουργικό κόστος (€)	3221,38	3630,22
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	0,00	0,00
Εξοικονόμηση πρωτ. ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	0,00	152,50
Εξοικονόμηση πρωτ. ενέργειας (%)	0,00	47,20
Τιμή εξοικον. Ενέργειας (€/kWh)	0,00	
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	0,00	
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	0,00	

Πίνακας 14: Αποτελέσματα Ενεργειακής Μελέτης Σεναρίου 2<sup>ου</sup>.

Σύμφωνα με το λογισμικό, η ενεργειακή απόδοση της κατοικίαςΥΚ ανέρχεται στις 1,40kWh/m<sup>2</sup>. Με βάση την τιμή αυτή το εξεταζόμενο κτίριο κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορίαΓ (1,00Rr<EP ≤ 1,41Rr). Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση κατανέμεται στις τελικές χρήσεις ως εξής: 107,00kWh/m<sup>2</sup>για θέρμανση,12,80kWh/m<sup>2</sup> για ψύξη και 7,30kWh/m<sup>2</sup>για παραγωγή ΖΝΧ. Επομένως το σύνολο της ενέργειας που καταναλώνεταιστο διάστημα ενός έτους είναι

127,10kWh/m<sup>2</sup>. Ο χρήστης του κτιρίου με βάση το λογισμικό για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων πρέπει να δαπανήσει ετησίως 3.630,22 €.

#### 4.4.2.1 Ενεργειακό πιστοποιητικό Σ2

Α.Π.: .....		Α.Α.: .....		
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	<b>ΧΡΗΣΗ: Πολυκατοικία</b>			
	Κτήριο <input checked="" type="checkbox"/>	Τμήμα κτηρίου <input type="checkbox"/>		
	Αριθμός ιδιοκτησίας : ΕΡΓ-01			
	Κλιματική Ζώνη: <b>B</b>			
	Διεύθυνση: ΙΠΠΟΛΥΤΟΥ			
	Αριθμός: 58	Τ.Κ. 11255		
	Πόλη: ΓΑΛΑΤΣΙ			
	Έτος κατασκευής: 1972			
	Συνολική επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]: 395,099994			
	Θερμαινόμενη επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]: 361,299997			
Όνομα ιδιοκτήτη: ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ ΜΙΧΑΗΛΗΣ - ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΚΛΟΥΣΑΚΟΥ ΙΩΑΝΝΑ				
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>				
			<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	
<b>ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ</b>				
$EP \leq 0,33 \cdot R_R$ <b>A+</b>				
$0,33 \cdot R_R < EP \leq 0,50 \cdot R_R$ <b>A</b>				
$0,50 \cdot R_R < EP \leq 0,75 \cdot R_R$ <b>B+</b>				
$0,75 \cdot R_R < EP \leq 1,00 \cdot R_R$ <b>B</b>				
$1,00 \cdot R_R < EP \leq 1,41 \cdot R_R$ <b>Γ</b>			<b>1,40</b>	
$1,41 \cdot R_R < EP \leq 1,82 \cdot R_R$ <b>Δ</b>				
$1,82 \cdot R_R < EP \leq 2,27 \cdot R_R$ <b>Ε</b>				
$2,27 \cdot R_R < EP \leq 2,73 \cdot R_R$ <b>Ζ</b>				
$2,73 \cdot R_R < EP$ <b>Η</b>				
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ</b>				
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m <sup>2</sup> ]:			121,60	
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:			170,70	
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]:			40,00	
<b>Πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας &amp; Εκπομπές CO<sub>2</sub></b>				
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m <sup>2</sup> ]:		Καύσιμα [kWh/m <sup>2</sup> ]:	Θερμική άνεση <input type="checkbox"/>	
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:			Οπτική άνεση <input type="checkbox"/>	
Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]:			Ακουστική άνεση <input type="checkbox"/>	
			Ποιότητα αέρα <input type="checkbox"/>	

Εικόνα 5: 1<sup>η</sup> Σελίδα Ενεργειακού Πιστοποιητικού για Σενάριο 2<sup>ο</sup>.

ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ με βάση τους υπολογισμούς						
Πηγή ενέργειας		Τελική χρήση			Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)	
Ηλεκτρική		Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input checked="" type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
		Φωτισμός <input type="checkbox"/>				
Ορυκτά καύσιμα	Πετρέλαιο	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Φυσικό αέριο	Θέρμανση <input checked="" type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
ΑΠΕ	Ηλιακή	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
		Φωτισμός <input type="checkbox"/>				
	Βιομάζα	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Γεωθερμία	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	0,00	
Σύνολο		Φωτισμός <input type="checkbox"/>				0,00
Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση [kWh/m <sup>2</sup> ]						
Θέρμανση: 112,30			Ψύξη: 37,10			
Ζεστό νερό χρήσης (ZNX): 21,30			Φωτισμός: 0,00			
ΑΠΕ & ΣΗΘ: (-) 0,00						
ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ						
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης με τη βοήθεια ειδικών βυσμάτων και κολλών (η τελική επιφάνεια επιχρίεται)</li> <li>2. Θερμομόνωση των επιστεγάσεων για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών</li> <li>3. Αντικατάσταση διαφανών στοιχείων με νέα ενεργειακά αποδοτικά με χρήση διδυμων υαλοπινάκων</li> <li>4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΕΩΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΩΝ ΛΑΜΠΗΡΩΝ ΤΥΠΟΥ LED</li> <li>5. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΕΟΥ ΛΕΒΗΤΑ ΑΕΡΙΟΥ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΥΨΗΛΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</li> </ol>						
Αριθμός σύστασης	Εκτιμώμενο αρχικό κόστος επένδυσης [ € ]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και τιμή μονάδας*			Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> * [kg/m <sup>2</sup> ]:	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής* [ έτη ]
		[kWh/(m <sup>2</sup> )]	[ % ]	[ €/kWh ]		
1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
2	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
3	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
4	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
5	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
* Η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά την κάθε επί μέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής.						
Ημερομηνία έκδοσης ΠΕΑ:				Σφραγίδα:		
Όνοματεπώνυμο Επιθεωρητή:						
Α.Μ. Επιθεωρητή:						
				Υπογραφή:		

Εικόνα 6: 2<sup>η</sup> Σελίδα Ενεργειακού Πιστοποιητικού για Σενάριο 2<sup>ο</sup>.

#### 4.4.3 Σενάριο 3<sup>ο</sup>

Στο τρίτο και τελευταίο σενάριο ενεργειακής απόδοσης εφαρμόστηκαν: **Μέτρο 1**-Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης, **Μέτρο 2**-Αντικατάσταση των διαφανών στοιχείων, **Μέτρο 3**-Αντικατάσταση συμβατικών συστημάτων φωτισμού, **Μέτρο 4**-Επέμβαση στις επιστεγάσεις, **Μέτρο 5**-Αντικατάσταση του συμβατικού συστήματος λέβητα-καυστήρα για θέρμανση, ψύξη και Ζ.Ν.Χ, **Μέτρο 6**-Αντικατάσταση των τερματικών μονάδων εκπομπής θερμότητας για θέρμανση και

ψύξη, **Μέτρο 7**-Αντικατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνακαι **Μέτρο 8**-Τοποθέτηση διατάξεων αυτόματου ελέγχου στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού.

Σενάρια		
	Κτίριο Αναφοράς	Σενάριο 3ο
<b>Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m<sup>2</sup>)</b>		
Θέρμανση	57,10	83,80
Ψύξη	53,90	64,20
Υγρανση	0,00	0,00
Z.N.X	16,80	16,80
<b>Ενεργειακές καταναλώσεις (kWh/m<sup>2</sup>)</b>		
Θέρμανση	68,40	78,80
Ψύξη	9,70	9,40
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,00	0,00
Z.N.X	17,80	2,60
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	3,10	21,50
Ποσοστό Z.N.X. από ηλιακή ενέργεια	15,00	87,58
Ενέργεια από φωτοβολταικά	0,00	0,00
Φωτισμός	0,00	0,00
Σύνολο	95,80	90,80
<b>Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>)</b>		
Θέρμανση	75,20	82,70
Ψύξη	28,00	9,90
Z.N.X	19,60	3,60
Φωτισμός	0,00	0,00
Συνεισφορά Α.Π.Ε. - Σ.Η.Θ.	0,00	0,00
Σύνολο	122,80	96,20
Ενεργειακή απόδοση	1,00	0,79
Ενεργειακή κατάταξη	B	B
<b>Εκπομπές CO<sub>2</sub> (kg)</b>		
Σύνολο	32,00	18,00
<b>Οικονομοτεχνική ανάλυση</b>		
Λειτουργικό κόστος (€)	3221,38	2401,12
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	0,00	0,00
Εξοικονόμηση πρωτ. ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	0,00	227,00
Εξοικονόμηση πρωτ. ενέργειας (%)	0,00	70,20
Τιμή εξοικον. Ενέργειας (€/kWh)	0,00	
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	0,00	
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	0,00	

**Πίνακας 15:** Αποτελέσματα Ενεργειακής Μελέτης Σεναρίου 3<sup>ου</sup>.

Σύμφωνα με το λογισμικό, η ενεργειακή απόδοση της κατοικίαςΥΚ ανέρχεται στις 0,79kWh/m<sup>2</sup>. Με βάση την τιμή αυτή το εξεταζόμενο κτίριο κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία B (  $0,75Rr < EP \leq 1,00Rr$ ). Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση

κατανέμεται στις τελικές χρήσεις ως εξής: 78,80kWh/m<sup>2</sup>για θέρμανση,9,40kWh/m<sup>2</sup> για ψύξη και 2,60kWh/m<sup>2</sup>για παραγωγή ΖΝΧ. Επομένως το σύνολο της ενέργειας που καταναλώνεται στο διάστημα ενός έτους είναι 90,80kWh/m<sup>2</sup>. Ο χρήστης του κτιρίου με βάση το λογισμικό για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων πρέπει να δαπανήσει ετησίως 2.410,12 €.

#### 4.4.3.1 Ενεργειακό πιστοποιητικό Σ3

Α.Π.: _____ Α.Α.: _____		
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	<b>ΧΡΗΣΗ: Πολυκατοικία</b> Κτήριο <input checked="" type="checkbox"/> Τμήμα κτηρίου <input type="checkbox"/> Αριθμός ιδιοκτησίας: ΕΡΓ-01 Κλιματική Ζώνη: <b>B</b> Διεύθυνση: ΙΠΠΟΛΥΤΟΥ Αριθμός: 58 Τ.Κ. 11255 Πόλη: ΓΑΛΑΤΣΙ Έτος κατασκευής: 1972 Συνολική επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]: 395,099994 Θερμαινόμενη επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]: 361,299997 Όνομα ιδιοκτήτη: ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ ΜΙΧΑΗΛΗΣ - ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΚΛΟΥΣΑΚΟΥ ΙΩΑΝΝΑ	
	ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	
	ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	
	EP ≤ 0,33 • R <sub>R</sub> <b>A+</b>	
	0,33 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 0,50 • R <sub>R</sub> <b>A</b>	
	0,50 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 0,75 • R <sub>R</sub> <b>B+</b>	
	0,75 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,00 • R <sub>R</sub> <b>B</b>	0,79
	1,00 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,41 • R <sub>R</sub> <b>Γ</b>	
	1,41 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 1,82 • R <sub>R</sub> <b>Δ</b>	
1,82 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 2,27 • R <sub>R</sub> <b>Ε</b>		
2,27 • R <sub>R</sub> < EP ≤ 2,73 • R <sub>R</sub> <b>Ζ</b>		
2,73 • R <sub>R</sub> < EP <b>Η</b>		
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ		
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m <sup>2</sup> ):	121,60	
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ):	96,30	
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ):	18,00	
Πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας & Εκπομπές CO <sub>2</sub>	Θερμική άνεση <input type="checkbox"/>	
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m <sup>2</sup> ): Καύσιμα [kWh/m <sup>2</sup> ):	Οπτική άνεση <input type="checkbox"/>	
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ):	Ακουστική άνεση <input type="checkbox"/>	
Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ):	Ποιότητα αέρα <input type="checkbox"/>	

Εικόνα 7: 1<sup>η</sup> Σελίδα Ενεργειακού Πιστοποιητικού για Σενάριο 3<sup>ο</sup>.



Πηγή ενέργειας		Τελική χρήση				Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)
<b>Ηλεκτρική</b>		Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	Φωτισμός <input type="checkbox"/>	0,00
<b>Ορυκτά καύσιμα</b>	Πετρέλαιο	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	Φωτισμός <input type="checkbox"/>	0,00
	Φυσικό αέριο	Θέρμανση <input checked="" type="checkbox"/>	Ψύξη <input checked="" type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	Φωτισμός <input type="checkbox"/>	0,00
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	Φωτισμός <input type="checkbox"/>	0,00
<b>ΑΠΕ</b>	Ηλιακή	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input checked="" type="checkbox"/>	Φωτισμός <input type="checkbox"/>	0,00
	Βιομάζα	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	Φωτισμός <input type="checkbox"/>	0,00
	Γεωθερμία	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	Φωτισμός <input type="checkbox"/>	0,00
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση <input type="checkbox"/>	Ψύξη <input type="checkbox"/>	ZNX <input type="checkbox"/>	Φωτισμός <input type="checkbox"/>	0,00
<b>Σύνολο</b>						<b>0,00</b>
<b>Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση [kWh/m<sup>2</sup>]</b>						
Θέρμανση: 82,70			Ψύξη: 9,90			
Ζεστό νερό χρήσης (ZNX): 3,70			Φωτισμός: 0,00			
ΑΠΕ & ΣΗΘ: (-) 0,00						
<b>ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>						
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης με τη βοήθεια ειδικών βυσμάτων και κολλών (η τελική επιφάνεια επιχρίεται)</li> <li>2. Θερμομόνωση των επιστρώσεων για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών</li> <li>3. Αντικατάσταση διαφανών στοιχείων με νέα ενεργειακά αποδοτικά με χρήση διδυμων υαλοπινάκων</li> <li>4. Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή ZNX στο δάμα ή στη στέγη ή στον περιβάλλοντα χώρο του κτηρίου</li> <li>5. Τοποθέτηση ή αναβάθμιση των διατάξεων αυτομάτου ελέγχου στα συστήματα θέρμανσης/ψύξης</li> <li>6. Αντικατάσταση παλαιών λαμπτήρων πυρακτώσεως με νέους λαμπτήρες υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης.</li> <li>7. Εγκατάσταση λέβητα φυσικού αερίου για την θέρμανση, ψύξη και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης (fan-coils)</li> </ol>						
Αριθμός σύστασης	Εκτιμώμενο αρχικό κόστος επένδυσης [ € ]	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και τιμή μονάδας*			Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> * [kg/m <sup>2</sup> ]:	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής* [ έτη ]
		[kWh/(m <sup>2</sup> )]	[ % ]	[ €/kWh ]		
1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
2	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
3	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
4	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
5	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
6	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
7	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0000
* Η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά την κάθε επί μέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής.						

Εικόνα 8: 2<sup>η</sup> Σελίδα Ενεργειακού Πιστοποιητικού για Σενάριο 3<sup>ο</sup>.

#### 4.4.4 Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από το EnergyBuildingδιαρθρώνεται σε δύο μέρη:

A. Στην αξιολόγηση της κλιμακούμενης βελτίωσης του σεναρίου υφιστάμενης κατάστασης με την εφαρμογή των σεναρίων εξοικονόμησης ενέργειας 1,2 και 3.

B. Σύγκριση της απόδοσης του βέλτιστου σεναρίου εξοικονόμησης ενέργειας (σενάριο 3) με το σενάριο του Κτιρίου Αναφοράς.

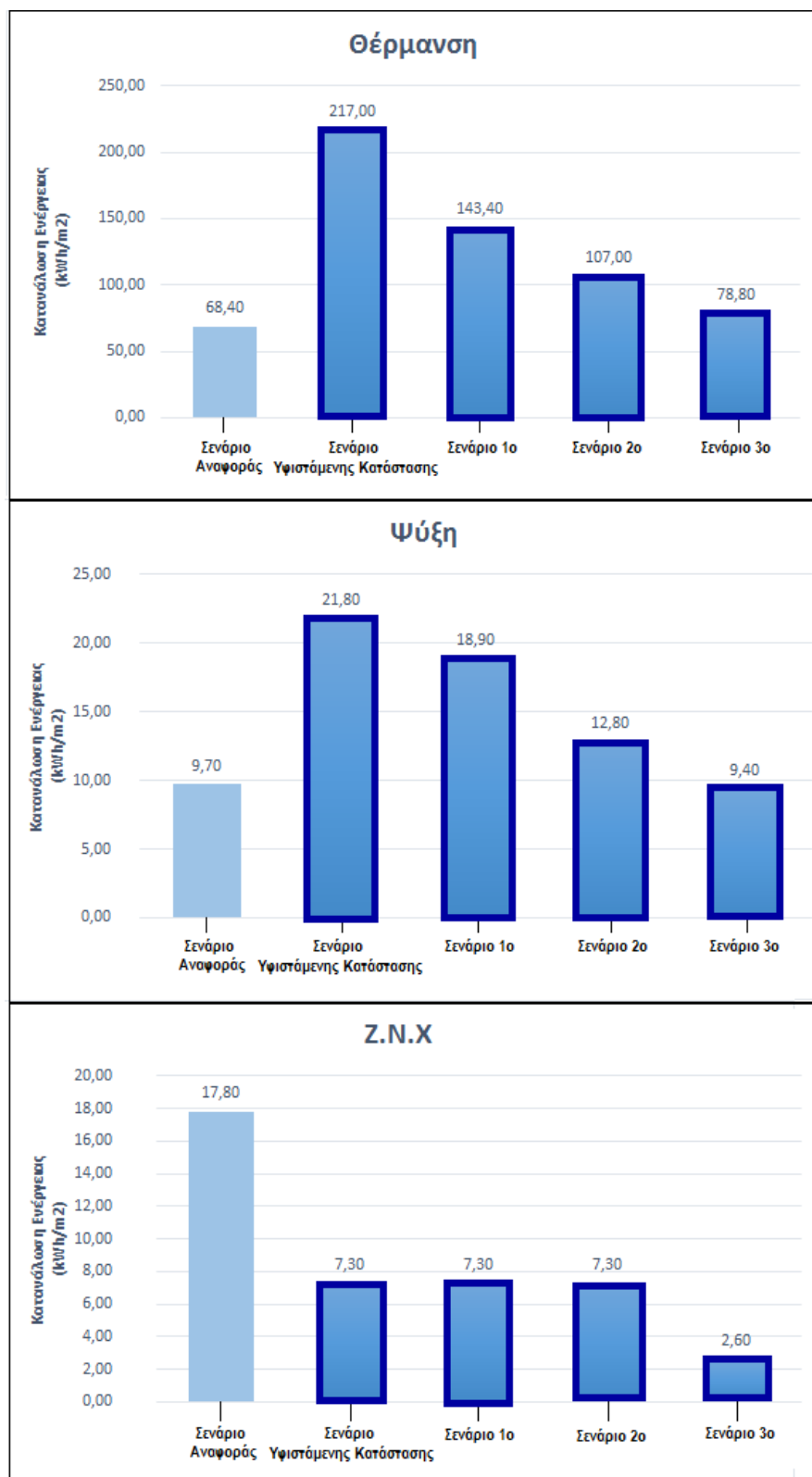
Στον Πίνακα 16 που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλα τα αποτελέσματα όπως αυτά εξήχθησαν για κάθε σενάριο από το Energy Building.

	Κτίριο Αναφοράς	Σενάριο (ΥΚ)	Σενάριο 1ο	Σενάριο 2ο	Σενάριο 3ο
<b>Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m2)</b>					
Θέρμανση	57,10	169,90	112,30	83,80	83,80
Ψύξη	53,90	109,60	94,80	64,20	64,20
Ύγρανση	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Z.N.X	16,80	16,80	16,80	16,80	16,80
<b>Ενεργειακές καταναλώσεις (kWh/m2)</b>					
Θέρμανση	68,40	217,00	143,40	107,00	78,80
Ψύξη	9,70	21,80	18,90	12,80	9,40
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Z.N.X	17,80	7,30	7,30	7,30	2,60
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	3,10	11,60	11,60	11,60	21,50
Ποσοστό Z.N.X. από ηλιακή ενέργεια	15,00	65,14	65,14	65,14	87,58
Ενέργεια από φωτοβολταϊκά	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Φωτισμός	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σύνολο	95,80	246,10	169,60	127,10	90,80
<b>Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m2)</b>					
Θέρμανση	75,20	238,70	157,70	112,30	82,70
Ψύξη	28,00	63,30	54,70	37,10	9,90
Z.N.X	19,60	21,30	21,30	21,30	3,60
Φωτισμός	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Συνεισφορά Α.Π.Ε. - Σ.Η.Θ.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σύνολο	122,80	323,30	233,70	170,70	96,20
Ενεργειακή απόδοση	1,00	2,63	1,93	1,40	0,79
Ενεργειακή κατάταξη	B	Z	E	Γ	B
<b>Εκπομπές CO2 (kg)</b>					
Σύνολο	32,00	86,00	63,00	40,00	18,00
<b>Οικονομοτεχνική ανάλυση</b>					
Λειτουργικό κόστος (€)	3221,38	8307,61	5773,30	3630,22	2401,12
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Εξοικονόμηση πρωτ. ενέργειας (kWh/m2)	0,00	0,00	89,50	152,50	227,00
Εξοικονόμηση πρωτ. ενέργειας (%)	0,00	0,00	27,70	47,20	70,20
Τιμή εξοικον. Ενέργειας (€/kWh)	0,00	0,00			
Μείωση εκπομπών CO2 (kg/m2)	0,00	0,00			
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	0,00	0,00			

Πίνακας 16: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων.

#### 4.4.4.1 Αξιολόγηση της κλιμακούμενης βελτίωσης του σεναρίου υφιστάμενης κατάστασης

Όπως παρατηρείται στα Διαγράμματα 1-3 που παρατίθενται, με την εφαρμογή και των 3 Σεναρίων ενεργειακής απόδοσης η κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση μειώνεται σε ποσοστό που ξεπερνά το 50% της κατανάλωσης του σεναρίου υφιστάμενης κατάστασης.



Εικόνα 9: Διαγράμματα κατανάλωσης ενέργειας.

Το κτίριο υφιστάμενης κατάστασης (ΥΚ) καταναλώνει 217kWh/M<sup>2</sup> για θέρμανση, 21,8 kWh/m<sup>2</sup> για ψύξη και 7,3kWh/m<sup>2</sup> για την παραγωγή Z.N.X.. Με την εφαρμογή του Σεναρίου 1 η κατανάλωση για την θέρμανση της κατοικίας μειώνεται στο 70%, για ψύξη στο 85% ενώ δεν παρατηρείται κάποια βελτίωση όσον αφορά

στην κατανάλωση για παραγωγή ζεστού νερού, γεγονός που δικαιολογείται καθώς στο εν λόγω σενάριο διατηρήθηκαν οι συμβατικοί ηλιακοί θερμοσίφωνες. Με την τοποθέτηση της εξωτερικής θερμομόνωσης και την αντικατάσταση των διαφανών στοιχείων, η θερμοπερατότητα (U-value) τόσο της τοιχοποιίας όσο και των ανοιγμάτων μειώνεται αποτρέποντας έτσι την διαφυγή θερμότητας από το εσωτερικό της θερμαινόμενης κατοικίας στο εξωτερικό περιβάλλον και την εισχώρηση ψυχρών φορτίων από το περιβάλλον στο εσωτερικό της κατοικίας. Η συναλλαγή των φορτίων λειτουργεί αντίστροφα για την περίπτωση της κατοικίας που ψύχεται. Η επένδυση του κτιριακού κελύφους με μόνωση και η εγκατάσταση διπλών υαλοπινάκων διατηρούν τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό της κατοικίας.

Η ενεργειακή απόκριση της υφιστάμενης κατοικίας βελτιώνεται περαιτέρω με την εφαρμογή του Σεναρίου 2, καθώς εκτός από την εξωτερική θερμομόνωση και την τοποθέτηση ενεργειακά αποδοτικότερων κουφωμάτων και υαλοπινάκων, τοποθετείται θερμομόνωση στις επιστεγάσεις, ενώ αντικαθίσταται το συμβατικό σύστημα θέρμανσης λέβητα-καυστήρα πετρελαίου με λέβητα φ.α. Συγκεκριμένα, με το σενάριο 2, η καταναλισκόμενη ενέργεια θέρμανσης μειώνεται κατά 110 kWh/m<sup>2</sup> (σε σχέση με το σενάριο υφιστάμενης κατάστασης) και η καταναλισκόμενη ενέργεια ψύξης κατά 9 kWh/m<sup>2</sup>. Όπως και στην περίπτωση του Σεναρίου 1 το ποσό της καταναλισκόμενης ενέργεια για παραγωγή Ζ.Ν.Χ. μένει ανέπαφη. Με την θερμομόνωση των επιστεγάσεων επιτυγχάνεται μείωση της συναλλαγής φορτίων μεταξύ των ορόφων. Η αντικατάσταση του συμβατικού συστήματος θέρμανσης (β.α.78%) με νέο αποδοτικότερο σύστημα φ.α. (β.α.89%) εξασφαλίζει μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση ενώ αποτελεί κι ένα σύστημα φιλικότερο προς το περιβάλλον.

Εκτός από τα μέτρα των Σεναρίων 1 και 2, το Σενάριο 3 ενισχύει την ενεργειακή απόδοση της εξεταζόμενης κατοικίας με την εγκατάσταση διατάξεων αυτομάτου ελέγχου, με την αντικατάσταση των συμβατικών τερματικών μονάδων θέρμανσης (καλοριφέρ) με fan-coils και με την εγκατάσταση αποδοτικότερων ηλιακών θερμοσιφώνων. Η εγκατάσταση κεντρικού θερμοστάτη σε κάθε διαμέρισμα μειώνει αισθητά την κατανάλωση ενέργειας τόσο για θέρμανση (κατά 63% σε σχέση με το σενάριο υφιστάμενης κατάστασης) όσο και για ψύξη (κατά 56% σε σχέση με το σενάριο υφιστάμενης κατάστασης), καθώς ρυθμίζεται η λειτουργία των συστημάτων κλιματισμού ανάλογα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες του εσωτερικού της κατοικίας. Η αντικατάσταση των καλοριφέρ με fan-coils εξασφαλίζει την μείωση των απωλειών.

Είναι προφανές από τα Διαγράμματα 1-2 ότι οι επεμβάσεις της εγκατάστασης εξωτερικής θερμομόνωσης και της αντικατάστασης των διαφανών στοιχείων επιφέρουν την μεγαλύτερη ποσοστιαία μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ενώ η θερμομόνωση των επιστεγάσεων βελτιώνει την ενεργειακή απόκριση της κατοικίας όσον αφορά στην ψύξη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1 Εισαγωγή οικονομικής μελέτης

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η οικονομική μελέτη της ενεργειακής αναβάθμισης της κατοικίας. Θα αναλυθούν οι προσφορές των Ενεργειακών Σεναρίων που δημιουργήθηκαν στο λογισμικό Energy-Building και θα συγκριθούν τα αποτελέσματα έτσι ώστε να καταλήξουμε στο πιο συμφέρον και πιο αποδοτικό Σενάριο.

### 5.2 Δημιουργία excel

Για την διευκόλυνση της διεξαγωγής της οικονομικής μελέτης διαμορφώθηκε μια «φόρμα» excel. Το excel αποτελείται από 4 φύλλα: **Σενάριο 1**, **Σενάριο 2**, **Σενάριο 3**, και **Τελικός Πίνακας Αποτελεσμάτων**.

5.2.1 Κοστολόγηση Σεναρίου 1

	Όροφος	M	M	TM	TMX	ΚΑΤ'ΑΠΟΚΟΠΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ/ΤΜΧ (€)		ΤΙΜΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ(€)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ ΦΠΑ(€)	ΦΠΑ
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	Ισόγειο	1	153.70	153.70	1	0		32.30	4964.51	6155.99	24%
	1ος Όροφος	1	137.32	137.32	1	0		32.30	4435.44	5499.94	
	2ος Όροφος	1	137.32	137.32	1	0		32.30	4435.44	5499.94	
	3ος Όροφος	0	0	0	1	0		32.30	0.00	0.00	
	4ος Όροφος	0	0	0	1	0		32.30	0.00	0.00	
	ΣΥΝΟΛΟ				428.34					0.00	0.00
ΜΟΝΩΣΗ ΔΩΜΑΤΟΣ	ΔΩΜΑ	1	135.16	135.16	1	0		32.3	4365.67	5413.43	
									0.00	0.00	
ΜΟΝΩΣΗ ΟΡΟΦΗΣ	Ισόγειο	1	1	1	1	0		0.00	0.00	0.00	
	1ος Όροφος	1	1	1	1	0		0.00	0.00	0.00	
	2ος Όροφος	1	1	1	1	0		0.00	0.00	0.00	
	3ος Όροφος	0	0	0	1	0		0.00	0.00	0.00	
	4ος Όροφος	0	0	0	1	0		0.00	0.00	0.00	
ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ/ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ	M	M	TM	TMX	ΚΑΤ'ΑΠΟΚΟΠΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ/ΤΜΧ (€)		ΤΙΜΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ(€)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ ΦΠΑ(€)	
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ 1,50*1,40	1	1	1	10	43.22	432.2	400.94	4441.6	5507.58	
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ 1,10*0,90	1	1	1	5	43.22	216.1	298.67	1709.45	2119.72	
	ΜΠΑΛΚ/ΠΟΡΤΑ 1,50*2,10	1	1	1	8	43.22	345.76	521.65	4518.96	5603.51	
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ 0,70*0,80	1	1	1	4	35	140	259.19	1176.76	1459.18	
	ΠΟΡΤΑ 1,00*2,10	1	1	1	5	43.22	216.1	389.93	2165.75	2685.53	
										1350.16	
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	ΛΕΒΗΤΑΣ					ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΑ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΛΕΒΗΤΑ				
	ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ					0	0	0	0	0	
	ΗΛΙΑΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ					0	0	0	0	0	
	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ					0	0	0	0	0	
	FAN COILS	ΕΙΔΗ ΔΩΜΑΤΙΟ ΣΑΛΟΝΙ					0	0	0	0	0
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗΣ					0	0	0	0	0	
	ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ					0	0	0	0	0	
ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΔΩΜΑΤΙΑ	M	M	TM	TMX	ΚΑΤ'ΑΠΟΚΟΠΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ/ΤΜΧ (€)		ΤΙΜΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ(€)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ ΦΠΑ(€)	
	ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ					0	0	0	0	0	
	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ					0	0	0	0	0	
	ΚΟΥΖΙΝΑ					0	0	0	0	0	
	ΣΑΛΟΝΙ					0	0	0	0	0	
	ΧΩΛ					0	0	0	0	0	
	ΛΟΥΤΡΟ					0	0	0	0	0	
	ΜΠΑΛΚΟΝΙ					0	0	0	0	0	
									39944.83		

Πίνακας 1: 1<sup>ο</sup> Σενάριο

## 5.2.2 Κοστολόγηση Σεναρίου 2

	Όροφος	M	M	TM	TMX	ΚΑΤ'ΑΠΟΚΟΠΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ/ΤΜΧ (€)		ΤΙΜΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ(€)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ ΦΠΑ(€)	ΦΠΑ	
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	Ισόγειο	1	153.70	153.70	1	0		32.30	4964.51	6155.99	24%	
	1ος Όροφος	1	137.32	137.32	1	0		32.30	4435.44	5499.94		
	2ος Όροφος	1	137.32	137.32	1	0		32.30	4435.44	5499.94		
	3ος Όροφος	0	0	0	1	0		32.30	0.00	0.00		
	4ος Όροφος	0	0	0	1	0		32.30	0.00	0.00		
	ΣΥΝΟΛΟ				428.34					0.00	0.00	
ΜΟΝΩΣΗ ΔΩΜΑΤΟΣ	ΔΩΜΑ	1	135.16	135.16	1			32.3	4365.67	5413.43		
									0.00	0.00		
ΜΟΝΩΣΗ ΟΡΟΦΗΣ	Ισόγειο	1	115.14	115.14	1	0		32.30	3719.02	4611.59		
	1ος Όροφος	1	107.34	107.34	1	0		32.30	3467.08	4299.18		
	2ος Όροφος	1	108.49	108.49	1	0		32.30	3504.23	4345.24		
	3ος Όροφος	0	0	0	1	0		32.30	0.00	0.00		
	4ος Όροφος	0	0	0	1	0		32.30	0.00	0.00		
ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ/ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ	M	M	TM	TMX	ΚΑΤ'ΑΠΟΚΟΠΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ/ΤΜΧ (€)		ΤΙΜΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ(€)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ ΦΠΑ(€)		
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ 1,50*1,40	1	1	1	10	43.22	432.2	400.94	4441.6	5507.58		
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ 1,10*0,90	1	1	1	5	43.22	216.1	298.67	1709.45	2119.72		
	ΜΠΑΛΚ/ΠΟΡΤΑ 1,50*2,10	1	1	1	8	43.22	345.76	521.65	4518.96	5603.51		
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ 0,70*0,80	1	1	1	4	35	140	259.19	1176.76	1459.18		
	ΠΟΡΤΑ 1,00*2,10	1	1	1	5	43.22	216.1	389.93	2165.75	2685.53		
								1350.16			0.00	
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ		M	M	TM	TMX	ΚΑΤ'ΑΠΟΚΟΠΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ/ΤΜΧ (€)		ΤΙΜΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ(€)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ ΦΠΑ(€)		
	ΛΕΒΗΤΑΣ					ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΑ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΛΕΒΗΤΑ					
						1	323	807	6176.38	7306.38	9059.9112	
	ΗΛΙΑΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ					0	0	0	0	0	0	
	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ					0	0	0	0	0	0	
	FAN COILS	ΕΙΔΗ										0
		ΔΩΜΑΤΙΟ					0	0	0	0	0	0
		ΣΑΛΟΝΙ					0	0	0	0	0	0
	ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗΣ					0	0	0	0	0	0
		ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ					0	0	0	0	0	0
	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΔΩΜΑΤΙΑ	M	M	TM	TMX	ΚΑΤ'ΑΠΟΚΟΠΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ/ΤΜΧ (€)		ΤΙΜΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ(€)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ ΦΠΑ(€)	
		ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ					7	13	20	231	286.44	
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ						8	13	21.5	276	342.24		
ΚΟΥΖΙΝΑ						4	13	21.5	138	171.12		
ΣΑΛΟΝΙ						6	13	21.5	207	256.68		
ΧΩΔ						3	13	14	81	100.44		
ΛΟΥΤΡΟ						6	13	14	162	200.88		
ΜΠΑΛΚΟΝΙ						13	13	12.5	331.5	411.06		
										64029.61		

Πίνακας 2: 2<sup>ο</sup> Σενάριο



### 5.2.3 Κοστολόγηση Σεναρίου 3

	Όροφος	M	M	TM	TMX	ΚΑΤ'ΑΠΟΚΟΠΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ/ΤΜΧ (€)		ΤΙΜΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ(€)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ	ΦΠΑ	
ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	Ισόγειο	1	153.70	153.70	1	0		32.30	4964.51	6155.99	24%	
	1ος Όροφος	1	137.32	137.32	1	0		32.30	4435.44	5499.94		
	2ος Όροφος	1	137.32	137.32	1	0		32.30	4435.44	5499.94		
	3ος Όροφος	0	0	0	1	0		32.30	0.00	0.00		
	4ος Όροφος	0	0	0	1	0		32.30	0.00	0.00		
	ΣΥΝΟΛΟ				428.34					0.00	0.00	
ΜΟΝΩΣΗ ΔΩΜΑΤΟΣ		1	135.16	135.16	1	0		32.3	4365.67	5413.43		
									0.00	0.00		
ΜΟΝΩΣΗ ΟΡΟΦΗΣ	Ισόγειο	1	115.14	115.14	1	0		32.30	3719.02	4611.59		
	1ος Όροφος	1	107.34	107.34	1	0		32.30	3467.08	4299.18		
	2ος Όροφος	1	108.49	108.49	1	0		32.30	3504.23	4345.24		
	3ος Όροφος	0	0	0	1	0		32.30	0.00	0.00		
	4ος Όροφος	0	0	0	1	0		32.30	0.00	0.00		
ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ/ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ	M	M	TM	TMX	ΚΑΤ'ΑΠΟΚΟΠΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ/ΤΜΧ (€)		ΤΙΜΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ(€)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ		
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ 1,50*1,40	1	1	1	10	43.22	432.2	400.94	4441.6	5507.58		
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ 1,10*0,90	1	1	1	5	43.22	216.1	298.67	1709.45	2119.72		
	ΜΠΑΛΚ/ΠΟΡΤΑ 1,50*2,10	1	1	1	8	43.22	345.76	521.65	4518.96	5603.51		
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ 0,70*0,80	1	1	1	4	35	140	259.19	1176.76	1459.18		
	ΠΟΡΤΑ 1,00*2,10	1	1	1	5	43.22	216.1	389.93	2165.75	2685.53		
						1350.16			14012.52			
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ		M	M	TM	TMX	ΚΑΤ'ΑΠΟΚΟΠΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ/ΤΜΧ (€)		ΤΙΜΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ(€)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ		
ΛΕΒΗΤΑΣ	ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ					ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΛΕΒΗΤΑ					
						1	323	807	6176.38	7306.38	9059.9112	
										0		
ΗΛΙΑΚΟΣ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑΣ					3	0		968	2904	3600.96		
										0		
ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ					1	1613		9460	11073	13730.52		
										0		
FAN COILS	ΕΙΔΗ									0		
	ΔΩΜΑΤΙΟ				12	73		328	4812	5966.88		
	ΣΑΛΟΝΙ				6	73		359	2592	3214.08		
										0		
										0		
										0		
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗΣ				4	15		40	220	272.8		
	ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ				30	10		55	1950	2418		
										0		
ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΔΩΜΑΤΙΑ	M	M	TM	TMX	ΚΑΤ'ΑΠΟΚΟΠΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ/ΤΜΧ (€)		ΤΙΜΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ(€)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ		
	ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ				7	13		20	231	286.44		
	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ				8	13		21.5	276	342.24		
	ΚΟΥΖΙΝΑ				4	13		21.5	138	171.12		
	ΣΑΛΟΝΙ				6	13		21.5	207	256.68		
	ΧΩΛ				3	13		14	81	100.44		
	ΛΟΥΤΡΟ				6	13		14	162	200.88		
ΜΠΑΛΚΟΝΙ				13	13		12.5	331.5	411.06			
										93232.85		

Πίνακας 3: 3<sup>ο</sup> Σενάριο

### 5.3 Περιγραφή φόρμας excel

Στα 3 πρώτα φύλλα του excel παρουσιάζονται τα Μέτρα Ενεργειακής Απόδοσης τα οποία χωρίζονται σε Μέτρα παρέμβασης Κτιριακού κελύφους και Μέτρα παρέμβασης Συστημάτων (ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις) και οι αντίστοιχες τιμές των προσφορών που λήφθηκαν για την μελέτη από εταιρίες, έτσι ώστε τελικά να υπολογιστεί το **Συνολικό Κόστος με ΦΠΑ** όλων των Σεναρίων. Ανάλογα με το Σενάριο που εξετάζεται και σύμφωνα με τα μέτρα Ενεργειακής απόδοσης που εφαρμόζονται στο κάθε ένα (βλ. **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>**) συμπληρώνονται και οι τιμές των προσφορών δηλ. στο **Σενάριο 1ο** συμπληρώνονται όλα τα κελιά στα μέτρα:

1. Θερμομόνωση
2. Κουφώματα/Γαλοπίνακες

Και μηδενίζονται τα υπόλοιπα.

Αντίστοιχα Στο **Σενάριο 2ο** συμπληρώνονται όλα τα κελιά στα Μέτρα:

1. Θερμομόνωση
2. κουφώματα
3. μόνωση εσωτερικής οροφής κάθε ορόφου
4. τοποθέτηση λέβητα φυσικού αερίου
5. φωτισμός

Και μηδενίζονται τα υπόλοιπα.

Αντίστοιχα Στο **Σενάριο 3ο** συμπληρώνονται όλα τα κελιά στα Μέτρα:

1. Θερμομόνωση
2. κουφώματα
3. μόνωση εσωτερικής οροφής κάθε ορόφου
4. τοποθέτηση λέβητα φυσικού αερίου
5. φωτισμός
6. ηλιακός θερμοσίφωνα
7. αντλία θερμότητας
8. fancoils
9. αυτοματισμοί (θερμοστάτης, ανιχνευτές παρουσίας,)

Οι **Αριθμητικοί Τύποι** που χρησιμοποιήθηκαν για τη διαμόρφωση του excel είναι:

**Τύπος 1:**  $TM (m^2) = \text{Μήκος (m)} * \text{Ύψος (m)}$

**Τύπος 2:**  $\text{Σύνολο Κόστους (€)} = TM (m^2) * TMX * [\text{Καταποκοπήν Εργασία}/TMX (€) + \text{Συνολική Τιμή}/m^2 (€/m^2)]$

**Τύπος 3:**  $\text{Σύνολο Κόστους με ΦΠΑ(€)} = \text{Σύνολο Κόστους (€)} * (1 + \text{ΦΠΑ})$

**\*TM= Τετραγωνικά Μέτρα, TMX= Τεμάχιο**

Οι προσφορές που αφορούν τα Συστήματα (σύστημα θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ και φωτισμός) δίνονται σε ΤΜΧ. Ωστόσο οι προσφορές που αφορούν τις παρεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος(θερμοπρόσοψη, θερμομόνωση επιστεγάσεων, θερμομόνωση ταράτσας, ανοίγματα) δίνονται στην αγορά με 2 τρόπους,είτε με βάση το τετραγωνικό είτε με βάση το τεμάχιο και αντιστοίχως δίνεται και η κατ' αποκοπήν εργασία. Αναλόγως με το πώς δίνεται η προσφορά, απομονώνεται η μία από τις 2 μεταβλητές. Για παράδειγμα στο Μέτρο **Θερμομόνωση Κελύφους**, η προσφορά δόθηκε με βάση το τετραγωνικό δηλ. Υλικά + Εργασία κοστολογούνται με 32,30 €/m<sup>2</sup>, άρα αναγράφεται μονάδα στη στήλη «ΤΜΧ» και μηδενίζεται η «Κατ' Αποκοπήν Εργασία/ΤΜΧ». Ενώ στο Μέτρο **Κουφώματα/Γαλοπίνακες** η προσφορά δόθηκε με βάση τα τεμάχια δηλ. Υλικά + Εργασία κοστολογούνται με 43,22 €/ΤΜΧ ή 35,00 €/ΤΜΧ άρα αναγράφεται μονάδα στη στήλη «ΤΜ», όπως φαίνεται και στους **Πίνακα 1, Πίνακα 2, Πίνακα 3.**

Όσον αφορά το Συνολικό Κόστος με ΦΠΑ, πρέπει να σημειωθεί ότι μεταβάλλεται ανάλογα με τη νομοθεσία. Η τωρινή νομοθεσία επιβάλλει ΦΠΑ της τάξης του 24%. Έτσι το Συνολικό Κόστος κάθε παρέμβασης και τελικά το Συνολικό Κόστος κάθε Σεναρίου ξεχωριστά έχει υπολογιστεί με τον 24% ΦΠΑ.

**Παράδειγμα:** Σύμφωνα με τους **Τύπος 1, Τύπος 2 και Τύπος 3:**

Έστω Ισόγειο:

$$TM = 1m * 153,70m = 153,70m^2$$

$$\text{Σύνολο Κόστους} = 153,70m^2 * 1 * [0€ + 32,30€/m^2] = 4954,51€$$

$$\text{Σύνολο Κόστους με ΦΠΑ} = 4954,51€ * (1+24\%)$$

Με βάση όλους του υπολογισμούς που γίνονται στο excel τελικά καταλήγουμε στο Συνολικό Τελικό Κόστος Σεναρίων:

**Σενάριο 1<sup>ο</sup>:** Συνολικό Κόστος με ΦΠΑ=39944,83 €

**Σενάριο 2<sup>ο</sup>:** Συνολικό Κόστος με ΦΠΑ=64029,61 €

**Σενάριο 3<sup>ο</sup>:** Συνολικό Κόστος με ΦΠΑ=93232,85 €

Στο 4<sup>ο</sup> Φύλλο του excel, όπως προαναφέρθηκε, αναγράφεται ο **Τελικός Πίνακας Αποτελεσμάτων** που εμπεριέχει το Συνολικό Κόστος με ΦΠΑ, το Λειτουργικό Κόστος, την Ετήσια Εξοικονόμηση και τα Έτη Απόσβεσης κάθε Σεναρίου ξεχωριστά.

	Κόστος(€)	Λειτουργικό Κόστος Σεναρίου(€)	Ετήσια Εξοικονόμηση(€)	Έτη Απόσβεσης
Υφ. Κατάσταση (ΥΚ)	0	8307,61	0	0
1ο Σενάριο	39944,83	5773,30	2534,31	15,76
2ο Σενάριο	64029,61	3630,22	4677,39	13,69
3ο Σενάριο	93232,85	2401,12	5897,23	15,78

**Πίνακας 4:** Τελικός Πίνακας Αποτελεσμάτων

### Τρόπος υπολογισμού

Οι **Αριθμητικοί Τύποι** που χρησιμοποιήθηκαν για τη διαμόρφωση του **Πίνακα 4** είναι:

**Τύπος 4: Ετήσια Εξοικονόμηση (€)**= Λειτουργικό Κόστος (ΥΚ)(€) –Λειτουργικό Κόστος Σεναρίου(€)

**Τύπος 5: Έτη Απόσβεσης Σεναρίου(€)**=Συνολικό Κόστος Σεναρίου με ΦΠΑ(€)/ Ετήσια Εξοικονόμηση(€)

**\*Σενάριο (ΥΚ)= Σενάριο Υφιστάμενης Κατάστασης (βλέπε Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>)**

Το κόστος κάθε σεναρίου μεταφέρεται αυτόματα στην **Πίνακα 4**. Σε περίπτωση που μεταβάλλεται κάποιο αποτέλεσμα λόγω πρόσθεσης ή αφαίρεσης μέτρων μεταβάλλεται και το **Κόστος** στον **Πίνακα 4** υπολογίζοντας κάθε φορά το Λειτουργικό Κόστος Σεναρίου, την Ετήσια Εξοικονόμηση και τα Έτη απόσβεσης χρησιμοποιώντας τους δύο τύπους **Τύπος 4**, **Τύπος 5** που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι τιμές του Λειτουργικού Κόστους έχουν διεξαχθεί από το πρόγραμμα **'EnergyBuilding'** το οποίο έδωσε τα στοιχεία για το κάθε σενάριο υπολογίζοντας τις μεταβολές που έχουμε κάνει.

Στον **Πίνακα 4** παρατηρείται ότι το **Λειτουργικό Κόστος (ΥΚ)** είναι 8307,71 € και καθώς περνάμε στα επόμενα 3 σενάρια το **Λειτουργικό Κόστος** μειώνεται. Η διαφορά του **Λειτουργικού Κόστους (ΥΚ)** του κτιρίου με του **Λειτουργικού Κόστους Σεναρίου** είναι η **Ετήσια Εξοικονόμηση**.

**Παράδειγμα:** Σύμφωνα με τους **Τύπος 4**, **Τύπος 5** για το Σενάριο 1<sup>ο</sup>

Ετήσια Εξοικονόμηση Σεναρίου 1(€)= 8307,61(€)-5773,30(€)=2534,31(€)

Έτη Απόσβεσης Σεναρίου 1= 39944,83(€)/2534,31(€)=15,76

Επομένως στην μελέτη που έχει πραγματοποιηθεί η Ετήσια Εξοικονόμηση του **1<sup>ου</sup> Σεναρίου** είναι 2534,31, του **2<sup>ου</sup> Σεναρίου** είναι 4677,39 και του **3<sup>ου</sup> Σεναρίου** είναι 5897,23 και η Απόσβεση του **1<sup>ου</sup> Σεναρίου** είναι 15,76 έτη, του **2<sup>ου</sup> Σεναρίου** 13,69 έτη και του **3<sup>ου</sup> Σεναρίου** 15,78 έτη.

## 5.4 Οικονομική μελέτη για 25 έτη

Σε αυτή την ενότητα έχουν διαμορφωθεί πίνακες προκειμένου να φανεί αναλυτικά το πόσο αυξάνεται το λειτουργικό κόστος και η Απόσβεση της επένδυσης για κάθε Σενάριο Ενεργειακής Αναβάθμισης σε 25 χρόνια.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα στοιχεία **Απόσβεσης Κόστους**κάθε σεναρίου ανά έτος, **Λειτουργικό Κόστος (ΥΚ)** και **Λειτουργικό Κόστος**κάθε Σεναρίου για 25 χρόνια. Αρχικά αναγράφεται το Συνολικό κόστος σεναρίων με ΦΠΑ του έργου και καθώς αυξάνονται τα έτη μειώνεται αναλογικά το κόστος μέχρι το έτος που έχει υπολογιστεί να γίνει η απόσβεση. Από το έτος που έχει γίνει η απόσβεση και μετά παρατηρούμε ότι τα ποσά έχουν αποκτήσει

αρνητική τιμή. Αυτό συμβαίνει διότι ύστερα από το έτος απόσβεσης τα ποσά που έχουμε είναι το **ετήσιο κέρδος** χρημάτων του κτιρίου σε σύγκριση με το **Λειτουργικό Κόστος(ΥΚ)** που θα δαπανούσε το κτίριο χωρίς να έχει υποστεί παρεμβάσεις. Στην στήλη **Λειτουργικό Κόστος(ΥΚ)** παρουσιάζονται τα χρήματα που θα είχαν δαπανηθεί για να καλυφθούν τα έξοδα του κτιρίου στα 25 έτη που έχουμε επιλέξει να υπολογίσουμε στην μελέτη. Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζεται η στήλη **Λειτουργικό Κόστος** με την διαφορά όμως ότι έχει προστεθεί το κεφάλαιο που απαιτείται σε κάθε σενάριο στο έτος 0.

**Τύπος 6: Απόσβεση Κόστους** ανά έτος(€)= Συνολικό Κόστος Σεναρίου με ΦΠΑ ανά έτος(€)- Ετήσια Εξοικονόμηση Σεναρίου(€)

**Τύπος 7: Λειτουργικό Κόστος (ΥΚ)(€)**=Λειτουργικό Κόστος (ΥΚ)( €)+Λειτουργικό Κόστος (ΥΚ) ανά έτος(€)

**Τύπος 8: Λειτουργικό Κόστος** = Λειτουργικό Κόστος Σεναρίου(€)+Λειτουργικό Κόστος ανά έτος(€)

**Παράδειγμα** :Έστω για το Σενάριο 1 τον 5<sup>ο</sup> χρόνο ισχύει **Τύπος 6, Τύπος 7, Τύπος 8:**

Απόσβεση Κόστους(€)=29807,59(€)-2534,31(€)=27273.28(€)

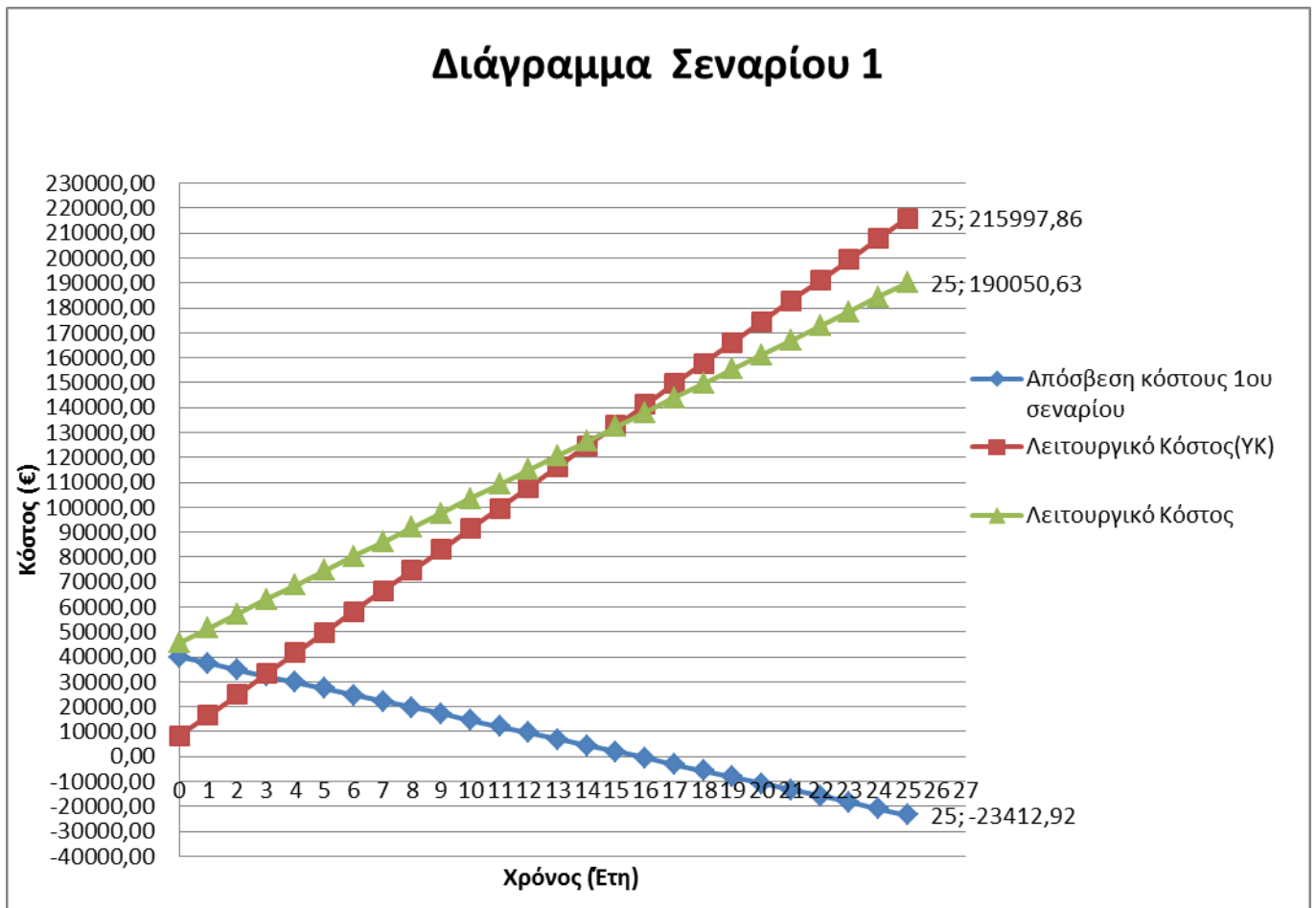
Λειτουργικό Κόστος(ΥΚ)(€)=8307,61(€)+41538.05(€)=49845.66(€)

Λειτουργικό Κόστος(€) = 5773,30+68811.33= 74584.63(€)

#### 5.4.1 Οικονομική μελέτη 1<sup>ου</sup> Σεναρίου

<b>1ο Σενάριο</b>			
<b>Έτη</b>	<b>Απόσβεση Κόστους</b>	<b>Λειτουργικό Κόστος(ΥΚ)</b>	<b>Λειτουργικό Κόστος</b>
0	39944.83	8307.61	45718.13
1	37410.52	16615.22	51491.43
2	34876.21	24922.83	57264.73
3	32341.90	33230.44	63038.03
4	29807.59	41538.05	68811.33
5	27273.28	49845.66	74584.63
6	24738.97	58153.27	80357.93
7	22204.66	66460.88	86131.23
8	19670.35	74768.49	91904.53
9	17136.04	83076.10	97677.83
10	14601.73	91383.71	103451.13
11	12067.42	99691.32	109224.43
12	9533.11	107998.93	114997.73
13	6998.80	116306.54	120771.03
14	4464.49	124614.15	126544.33
15	1930.18	132921.76	132317.63
16	-604.13	141229.37	138090.93
17	-3138.44	149536.98	143864.23
18	-5672.75	157844.59	149637.53
19	-8207.06	166152.2	155410.83
20	-10741.37	174459.81	161184.13
21	-13275.68	182767.42	166957.43
22	-15809.99	191075.03	172730.73
23	-18344.30	199382.64	178504.03
24	-20878.61	207690.25	184277.33
25	-23412.92	215997.86	190050.63

**Πίνακας 5:** Οικονομική μελέτη 25 χρόνων -Σενάριο 1.



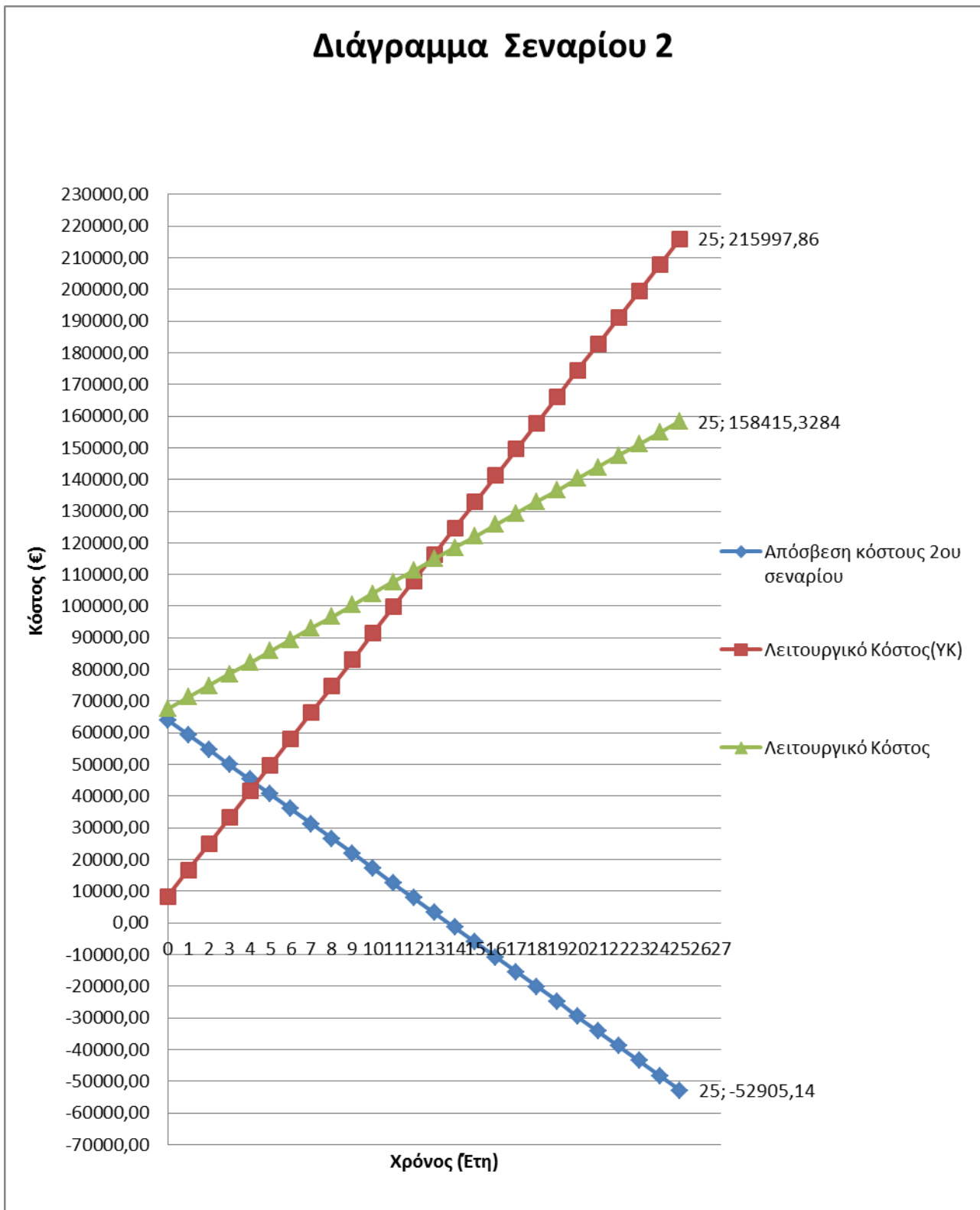
Εικόνα 1: Απεικόνιση καμπύλης Λειτουργικού κόστους(ΥΦ), Λειτουργικού κόστους και Απόσβεσης κόστους-Σενάριο 1

5.4.2 Οικονομική μελέτη 2<sup>ου</sup> Σεναρίου

<b>2ο Σενάριο</b>			
<b>Έτη</b>	<b>Απόσβεση Κόστους</b>	<b>Λειτουργικό Κόστος (ΥΚ)</b>	<b>Λειτουργικό Κόστος</b>
0	64029.61	8307.61	67659.83
1	59352.22	16615.22	71290.04844
2	54674.83	24922.83	74920.26844
3	49997.44	33230.44	78550.48844
4	45320.05	41538.05	82180.70844
5	40642.66	49845.66	85810.92844
6	35965.27	58153.27	89441.14844
7	31287.88	66460.88	93071.36844
8	26610.49	74768.49	96701.58844
9	21933.10	83076.10	100331.8084
10	17255.71	91383.71	103962.0284
11	12578.32	99691.32	107592.2484
12	7900.93	107998.93	111222.4684
13	3223.54	116306.54	114852.6884
14	-1453.85	124614.15	118482.9084
15	-6131.24	132921.76	122113.1284
16	-10808.63	141229.37	125743.3484
17	-15486.02	149536.98	129373.5684
18	-20163.41	157844.59	133003.7884
19	-24840.80	166152.2	136634.0084
20	-29518.19	174459.81	140264.2284
21	-34195.58	182767.42	143894.4484
22	-38872.97	191075.03	147524.6684
23	-43550.36	199382.64	151154.8884
24	-48227.75	207690.25	154785.1084
25	-52905.14	215997.86	158415.3284

Πίνακας 6: Οικονομική μελέτη 25 χρόνων -Σενάριο 2



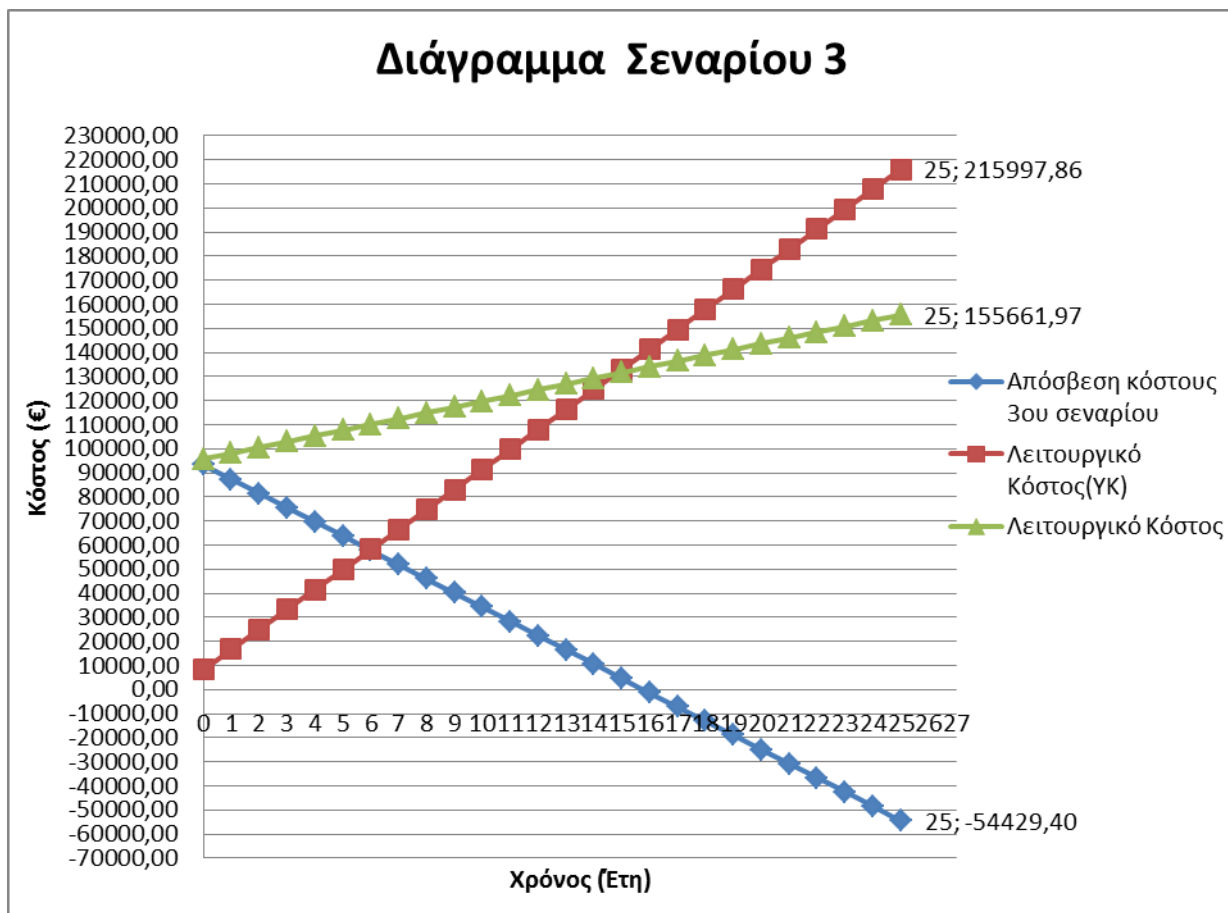


**Εικόνα 2:** Απεικόνιση καμπύλης Λειτουργικού κόστους(ΥΦ), Λειτουργικού κόστους και Απόσβεσης κόστους-Σενάριο 2

### 5.4.3 Οικονομική μελέτη 3<sup>ου</sup> Σεναρίου

3ο Σενάριο			
Έτη	Απόσβεση κόστους	Λειτουργικό Κόστος (ΥΚ)	Λειτουργικό Κόστος
0	93232.85	8307.61	95633.97
1	87326.36	16615.22	98035.09
2	81419.87	24922.83	100436.21
3	75513.38	33230.44	102837.33
4	69606.89	41538.05	105238.45
5	63700.40	49845.66	107639.57
6	57793.91	58153.27	110040.69
7	51887.42	66460.88	112441.81
8	45980.93	74768.49	114842.93
9	40074.44	83076.1	117244.05
10	34167.95	91383.71	119645.17
11	28261.46	99691.32	122046.29
12	22354.97	107998.93	124447.41
13	16448.48	116306.54	126848.53
14	10541.99	124614.15	129249.65
15	4635.50	132921.76	131650.77
16	-1270.99	141229.37	134051.89
17	-7177.48	149536.98	136453.01
18	-13083.97	157844.59	138854.13
19	-18990.46	166152.2	141255.25
20	-24896.95	174459.81	143656.37
21	-30803.44	182767.42	146057.49
22	-36709.93	191075.03	148458.61
23	-42616.42	199382.64	150859.73
24	-48522.91	207690.25	153260.85
25	-54429.40	215997.86	155661.97

Πίνακας 7: Οικονομική μελέτη 25 χρόνων -Σενάριο 3



**Εικόνα 3:** Απεικόνιση καμπύλης Λειτουργικού κόστους(ΥΦ), Λειτουργικού κόστους και Απόσβεσης κόστους-Σενάριο 3.

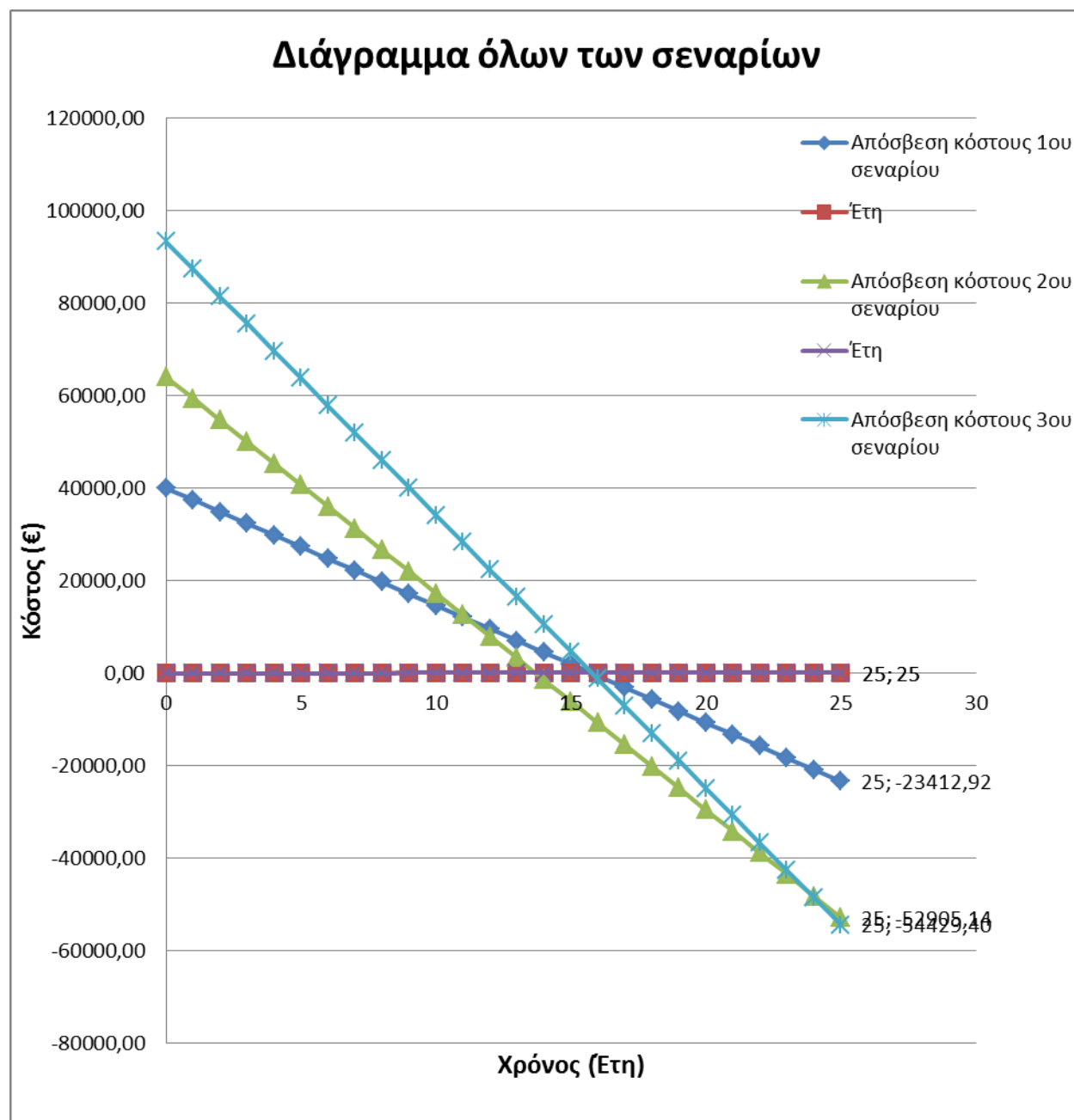
Τα διαγράμματα των σεναρίων αποτελούνται από τρεις καμπύλες οι οποίες προκύπτουν από τα στοιχεία των αντίστοιχων πινάκων.

Η καμπύλη **Απόσβεση Κόστους** παρατηρείται ότι ξεκινάει από μία θετική τιμή που είναι το κεφάλαιο που έχει επενδυθεί σε κάθε Σενάριο και καταλήγει σε μία αρνητική τιμή η οποία είναι το χρηματικό ποσό που έχει εξοικονομηθεί στα 25 έτη που εξετάζονται. Το ποσό που επενδύθηκε για το κτίριο έχει αποσβεστεί στο σημείο που η καμπύλη **Απόσβεση Κόστους** έρθει σε επαφή με τον άξονα του χρόνου. Το σημείο αυτό είναι το **Έτος Απόσβεσης**. Από το σημείο αυτό και μετά φαίνεται το ποσό που έχει εξοικονομηθεί μέχρι τα 25 έτη σε σχέση με την προηγούμενη κατάσταση του κτιρίου. Η καμπύλη **Λειτουργικό Κόστος** ξεκινάει επίσης από το σημείο που έχει οριστεί το κεφάλαιο που δαπανήθηκε και αυξάνεται με σταθερό ρυθμό ανά έτος. Στο αρχικό κεφάλαιο που χρειάστηκε το έργο προστίθεται κάθε χρόνο το **Λειτουργικό Κόστος** του αντίστοιχου σεναρίου δίνοντας σαν αποτέλεσμα το ποσό που θα δαπανηθεί για να καλυφθούν τα έξοδα του κτιρίου τα επόμενα 25

έτη. Η τελευταία καμπύλη του διαγράμματος **Λειτουργικό Κόστος (ΥΚ)**, το οποίο είναι το ίδιο και για τα τρία σενάρια, αυξάνεται σταθερά ανά έτος κατά 8307,61€.

Συγκρίνοντας τις καμπύλες των διαγραμμάτων βγαίνει το συμπέρασμα ότι η εξοικονόμηση που θα αποδώσει το κάθε Σενάριο δεν αρχίζει το έτος που η καμπύλη **Απόσβεση Κόστους** τμήσει τον άξονα του χρόνου αλλά σε νωρίτερο έτος αφού το **Ετήσιο κόστος** μειώνεται αναλόγως. Παρατηρώντας τις καμπύλες **Λειτουργικό Κόστος** και **Λειτουργικό Κόστος (ΥΚ)** θεωρείται ότι στο σημείο που έρχονται σε επαφή είναι ο χρόνος που ξεκινάει το κτίριο να επωφελείται χρήματα μετά την εκπλήρωση του έργου. Φτάνοντας στα 25 έτη η διαφορά των δύο καμπυλών είναι το χρηματικό ποσό που έχει εξοικονομηθεί μέχρι τότε.

## 5.5 Αξιολόγηση Οικονομικής Μελέτης



Εικόνα 4: Συγκεντρωτικό διάγραμμα των αποσβέσεων και των 3 Σεναρίων Ενεργειακής Αναβάθμισης.

Το 1<sup>ο</sup> Σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης υπολογίστηκε να έχει Λειτουργικό κόστος 5773,30. Το 2<sup>ο</sup> Σενάριο χαρακτηρίζεται από ετήσιο λειτουργικό κόστος 3630,22 και το 3<sup>ο</sup> Σενάριο 2401,12. Παρατηρείται ότι στο 1<sup>ο</sup> Σενάριο η απόσβεση κόστους ολοκληρώνεται το 15<sup>ο</sup> έτος που το Λειτουργικό κόστος= 132317,63 είναι μικρότερο του Λειτουργικού Κόστους (ΥΚ)= 132921,76. Αντίστοιχα στο 2<sup>ο</sup> Σενάριο η απόσβεση ολοκληρώνεται το 13<sup>ο</sup> χρόνο και το Λειτουργικό Κόστος = 114852,6884 είναι μικρότερο του Λειτουργικού Κόστους ΥΚ 116306,54. Τέλος στο 3<sup>ο</sup> Σενάριο η απόσβεση ολοκληρώνεται το 15<sup>ο</sup> έτος με Λειτουργικό Κόστος=131605,77 είναι μικρότερο από το Λειτουργικό Κόστος ΥΚ=132921,76.

Η επιλογή του ιδανικού Σεναρίου για τη συγκεκριμένη μελέτη που θα επιλέξουμε βασίζεται και στο κεφάλαιο που θα επενδύσουμε και στην ενεργειακή κατάσταση που θα φτάσει. Δηλαδή στο 1<sup>ο</sup> Σενάριο επενδύεται κεφάλαιο 39944,83 με ενεργειακή κατάσταση E και ενεργειακή απόδοση 1,9(kWh/m<sup>2</sup>), στο 2<sup>ο</sup> Σενάριο επενδύεται κεφάλαιο 64029,61 με ενεργειακή κατάσταση Γ με ενεργειακή απόδοση 1,39(kWh/m<sup>2</sup>), και τέλος στο 3<sup>ο</sup> Σενάριο επενδύεται κεφάλαιο 93232,85 με ενεργειακή κατάσταση B με ενεργειακή απόδοση 0,78(kWh/m<sup>2</sup>).

Το 2<sup>ο</sup> Σενάριο είναι αυτό που έχει την πιο άμεση απόσβεση όπως φαίνεται και από το διάγραμμα αλλά και από τους πίνακες παραπάνω, δηλαδή η απόσβεση ξεκινάει το 13<sup>ο</sup> έτος όπου παρατηρείται ότι το λειτουργικό κόστος με την αναβάθμιση είναι μειωμένο σε σχέση με το λειτουργικό κόστος (ΥΚ). Το 3<sup>ο</sup> Σενάριο αρχίζει να εξοικονομεί περισσότερα χρήματα από το 2<sup>ο</sup> Σενάριο το 25<sup>ο</sup> έτος αυτής της μελέτης. Θεωρώντας ότι μία κατασκευή δημιουργείται με αναμενόμενο χρόνο ζωής τα 50 έτη δεν θα ήταν χρήσιμη η αξιολόγηση κάποιου Σεναρίου Επένδυσης για το εν λόγω έργο η οποία θα αποδειχθεί κερδοφόρα σε χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 25 ετών και στη συγκεκριμένη περίπτωση που το κτίριο έχει κατασκευαστεί πριν το 1980. Αποκλείοντας το 1<sup>ο</sup> Σενάριο ως μία από τις επιλογές λόγω πιο αργής απόσβεσης αλλά και «χαμηλής» ενεργειακής κατάστασης υπάρχει η σύγκριση για τα υπόλοιπα σενάρια. Από τις καμπύλες του διαγράμματος παρατηρείται ότι το 2<sup>ο</sup> Σενάριο τα πρώτα 25 έτη θα έχει αρκετά καλύτερη οικονομική πορεία σε σχέση με το 3<sup>ο</sup> Σενάριο.

Επιλέγοντας το 2<sup>ο</sup> Σενάριο ως βέλτιστη λύση για την ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου θα υπάρχει γρήγορη απόσβεση αλλά και μια αξιόλογη ενεργειακή ταυτότητα που θα έχει αποκτήσει το κτίριο.

Ο διαχωρισμός του 2ου και του 3ου Σεναρίου στηρίχτηκε στο ότι η κατασκευή του κτιρίου υλοποιήθηκε το 1972 και έτσι δεν θα μπορούσαμε να επιλέξουμε το 3ο Σενάριο το οποίο προϋποθέτει μεγάλη εξοικονόμηση ύστερα όμως από τα 25 έτη με κεφάλαιο επένδυσης 93232,85. Σε αντίθεση, το 2<sup>ο</sup> Σενάριο απαιτεί μικρότερο κεφάλαιο επένδυσης (64029,61) και αποδίδει με μεγαλύτερο ρυθμό κέρδους στα 25 έτη. Επομένως, λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω και την άμεση επένδυση κεφαλαίου για τη χρονική περίοδο που μελετάμε συμφέρει να επιλέξουμε το 2<sup>ο</sup> Σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας το οποίο είναι κατά 29203,24 οικονομικότερο.

## 5.6 Προοπτικές εξέλιξης για περαιτέρω έρευνα

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται προτάσεις, οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως ζητήματα για την επέκταση του θέματος της υπάρχουσας πτυχιακής ή δημιουργίας νέας.

Σε ότι αφορά την ενεργειακή μελέτη της κτιριακής ταυτότητας προτείνεται να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων του κτιρίου που μελετήθηκε σε αυτήν την

πτυχιακή με αποτελέσματα πανομοιότυπου κτιρίου έτσι ώστε να βρεθούν παραπάνω λύσης για την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων.

Σε ότι αφορά την μελέτη κοστολόγησης και την δημιουργία του λογιστικού φύλλου προτείνεται να ενισχυθεί με βιβλιοθήκες που αφορούν τα ηλεκτρολογικά και μηχανολογικά συστήματα καθώς και δομικά υλικά. Με αυτό τον τρόπο θα μπορεί να εξελιχθεί περισσότερο το λογιστικό φύλλο αφού θα αυτοματοποιηθεί η κοστολόγηση έχοντας περασμένα τα κόστη των υλικών στην βιβλιοθήκη.

Τέλος μία ακόμη πρόταση για την επέκταση της πτυχιακής είναι η μελέτη για τον διαφορετικό τρόπο εξόφλησης του κεφαλαίου που απαιτείται για την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίου το οποίο επιρεάζει τον χρόνο απόσβεσης, για παράδειγμα η αποπληρωμή δανείου που θα αυξήσει το κεφάλαιο.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

[1]Sheila J. Hayter, Alicen Kandt, Renewable Energy Applications for Existing Buildings, National Renewable Energy Laboratory (NREL), 22-23 September 2011

[2]K.G. Droutsa, S. Kontoyiannidis, E.G. Dascalaki, C.A. Balaras, Ranking cost effective energy conservation measures for heating in Hellenic residential buildings, Energy and Buildings, Volume 70, February 2014, Pages 318-332

- [3]A. Balaras, A.G.Gaglia, E.Georgopoulou, S.Mirasgedis, Y.Sarafidis, D.P.Lalas, European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock , energy consumption, emissions and potential energy savings, Science Direct, Building and Environment, Volume 42, 2007, Pages 1298-1314
- [4]S. Krekos, Διπλωματική εργασία, Ενεργειακή επιθεώρηση και τεχνοοικονομική μελέτη μεθόδων ενεργειακής βελτίωσης του κλειστού γυμναστηρίου Ευόσμου(ΔΑΚ) μέσω εφαρμογής του πιστοποιημένου λογισμικού ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, 2013
- [5]Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε Οικιστικά Σύνολα, Σύμπραξη Προγραμμάτων της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, Αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>, τον Δεκέμβριο του έτους 2016
- [6]Elena G. Dascalaki, Constantinos A. Balaras, Simon Kontoyiannidis, Kalliopi G. Droutsas, Modeling energy refurbishment scenarios for the Hellenic residential building stock towards the 2020 & 2030 targets, Energy and Buildings, Available online 2 June 2016
- [7]Buildings Performance Institute Europe (BPIE), Europe’s Buildings under the Microscope, October 2011
- [8]Eurostat Pocketbooks, Energy, Transport and Environment Indicators – 2012 Edition, European Union, 2013
- [9]K.G.Droutsas, S.Kontoyiannidis, E.G.Dascalaki, C.A.Balaras, Mapping the energy performance of Hellenic residential buildings from EPC ( energy performance certificate ) data, Energy, Volume 98,2016, Pages 284-295
- [10]Minas Iatridis, Fotini Karamani, Energy Efficiency trends and policies in Greece, September 2015, Αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση: [www.odysseumure.eu/publications/national-reports/energy-efficiency-greece.pdf](http://www.odysseumure.eu/publications/national-reports/energy-efficiency-greece.pdf), τον Ιούλιο του 2016
- [11]EPISCOPE and TABULA Website, <http://episcope.eu/>
- [12]Elena G. Dascalaki, Kalliopi G. Droutsas, Constantinos A. Balaras, Simon Kontoyiannidis, Building typologies as a tool for assessing the energy performance of residential buildings – A case study for the Hellenic building stock, Energy and Buildings, Volume 43, Issue 12, December 2011, Pages 3400-3409
- [13]TABULA Web Tool, <http://webtool.building-typology.eu/#bm>
- [14]Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης, Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-



1/2010, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Απρίλιος 2012

[15] Γιαννοπούλου Στέλλα, Ανασκόπηση Μεθόδων Τηλεθέρμανσης σε Ελλάδα & Ευρώπη, Μεταπτυχιακή Εργασία, Π.Μ.Σ: Περιβαλλοντική και Υγειονομική Μηχανική, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2008

[16] Ε.Γ. Δασκαλάκη, Κ. Δρούτσα, Κ.Α. Μπαλαράς, Σ. Κοντογιαννίδης, Τυπολογία Ελληνικών Κτιρίων Κατοικίας Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας, TABULA – EPISCOPE, Co-Funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union, Αθήνα 2016

[17] Energy Performance Certification of Buildings, A policy tool to improve energy efficiency, International Energy Agency (IEA), 2010

[18] E.G.Dascalaki, C.A.Balaras, A.G.Gaglia, K.G.Droutsa, S.Kontoyiannidis, Energy performance of buildings - EPBD in Greece, Energy Policy, Volume 45, 2012, pages 469-477

[19] Παρουσίαση Φεβρουαρίου 2011, Προγράμματος «Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον», Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής, ΕΣΠΑ 2007-2013

[20] Πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης κτιρίων: Στατιστική ανάλυση για το έτος 2015, ΣΩΜΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΔΟΜΗΣΗΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΒΟΡΕΙΟΥ ΚΑΙ ΝΟΤΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ, Υπουργείο Περιβάλλοντος κι Ενέργειας, Μάρτιος 2015

[21] Joint European Support For Sustainable Investment In City Areas (JESSICA), Evaluation Study, Executive Summary, European Commission and European Investment Bank, March 2010

[22] Gustavo Brandão Haydt de Souza, A Multi-Objective Decision Support Methodology For Developing National Energy Efficiency Plans, Phd Thesis, 2011.

[23] Massimo Filippini, Lester Hunt, Jelena Zoric, Impact of energy policy instruments on the estimated level of underlying energy efficiency in the EU residential sector, School of Economics, University of Surrey, February 2013

[24] Marilyn A Brown, Yu Wang, Estimating the Energy-Efficiency Potential in the Eastern Interconnection, Oak Ridge National Laboratory (ORNL), 2013

[25] Εγκύκλιος για την ορθή εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK), Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Δεκέμβριος 2010

[26] Το λογισμικό TEE KENAK, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση : <http://portal.tee.gr>, την 1 Φεβρουαρίου του έτους 2017.

- [27] Μαγδαλινή Αλ Φάντελ, Αξιολόγηση συστημάτων παραγωγής θερμικής ενέργειας στην ενεργειακή συμπεριφορά κτιρίου με βάση τον κενακ, Διπλωματική Εργασία, Εργαστήριο Ετερογενών μιγμάτων και συστημάτων καύσης, τομέας Θερμότητας, ΕΜΠ, Σεπτέμβριος του 2011.
- [28] Drury B. Crawley, Jon W. Hand, Michaël Kummert, Brent T. Griffith, Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs, Building and Environment, Volume 43, Issue 4, April 2008, Pages 661-673
- [29] Matthew J. Duffy, Marion Hiller, David E. Bradley, Werner Keilholz, Jeff W. Thornto, TRNSYS-And Functionality for Building Simulation 2009 CONFERENCE, Building Simulation, 2009, Pages 1950-1954
- [30] Χαρακτηριστικά του λογισμικού TRNSYS, Αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://apps1.eere.energy.gov>, στις 30 Μαΐου έτους 2016
- [31] TRNSYS 17, a TRaNsientSYstem Simulation program, Mathematical Reference, Volume 4, Αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση: web.mit.edu , στις 20 Μαρτίου 2016.
- [32] TRNSYS 16, a TRaNsientSYstem Simulation program, Multizone Building modeling with Type56 and TRNBuild, Volume 6, Αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση: web.mit.edu , στις 20 Μαρτίου 2016.
- [33] Χαρακτηριστικά του λογισμικού EnergyPlus , Αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://apps1.eere.energy.gov>, στις 30 Μαΐου 2016
- [34] Παπαντώνη Μαρία, Ενεργειακή αναβάθμιση μεσαίου τμήματος κτιρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Δομοστατικής, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2014
- [35] Drury B. Crawley, Frederick C. Winkelmann, Linda K. Lawrie, Curtis O. Pedersen, EnergyPlus: New Capabilities in Whole-Building Energy Simulation Program, Building Simulation, Seventh International IBPSA Conference, Brazil, 2001, <http://infohouse.p2ric.org/ref/18/17921.pdf>
- [36] EnergyBuildingCAD, Civiltech, Αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.civiltech.gr/Products/Energy/EnergyMain>, τον Φεβρουάριο του έτους 2017
- [37] Manual, Energy Building, Civiltech
- [38] Tekton Σχεδιαστικό Πρόγραμμα, Αντλήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.lhlogismiki.gr/proionta/sxediastika/tektion/>, τον Μάρτιο του έτους 2017
- [39] Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων ΦΕΚ 362Δ/1979

[40] Τροποποίηση του Οικοδομικού Κανονισμού **ΦΕΚ 140/13-06-2000**

[41] Shanti Pless, Paul Torcellini, Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options, National Renewable Energy Laboratory, June 2010. <https://www.nrel.gov/docs/fy10osti/44586.pdf>

Μονάδα	Συμβολισμός	Ιδιότητα	Ισοδυναμία
British thermalunit (Βρετανική θερμική μονάδα)	<b>Btu</b>	Μονάδα Μέτρησης Έργου	1 Btu=1055,06 joules
Tonnes of oil equivalent (Τόννισσοδύναμουπετρελαίου)	<b>Toe</b>	Μονάδα Μέτρησης Ενέργειας	1 Toe= 41,87 Gjoules
Watt (Βάτ)	<b>W</b>	Μονάδα Μέτρησης Ισχύος	1 W= 1 joule/sec
Watt-hour (Βατώρα)	<b>Wh</b>	Μονάδα Μέτρησης Ενέργειας	1 Wh= 3600 joules
Calorie (Θερμίδα)	<b>C</b>	Μονάδα Μέτρησης Ενέργειας	1 Cal = 4,18 joules
Bar (Μπάρ)	<b>Bar</b>	Μονάδα Μέτρησης Πίεσης	1 Bar=100000 Pascals
Amber (Αμπέρ)	<b>A</b>	Μονάρα Μέτρησης Έντασης Ηλ. Ρεύματος	1 A= 1 coulomb/sec
Volt (Βόλτ)	<b>V</b>	Μονάδα Μέτρησης Ηλ. Τάσης	1 V= 1 joule/Coulomb
Litre (Λίτρο)	<b>L</b>	Μονάδα Μέτρησης Όγκου	1 L= 0,001 m <sup>3</sup>