



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ
ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ, ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΗ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΑΝΑΦΟΡΑΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΒΑΛΑΝΤΑΣΗΣ ΜΑΝΤΕΛΛΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2021

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ, ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΗ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ
ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΑΛΑΝΤΑΣΗ ΜΑΝΤΕΛΛΟΥ ΣΤΕΦΑΝΟΥ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μαρία Μενεγάκη

Δημήτρης Δαμίγος

Δημήτριος Καλιαμπάκος

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κυρία Μαρία Μενεγάκη, της οποίας η βοήθεια ήταν καταλυτική για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Επίσης στον πρώην καθηγητή μου κύριο Νικόλαο Κατσουλάκο, ο οποίος παρά το γεγονός ότι σταμάτησε την συνεργασία του με το Πανεπιστήμιο μας κατά την διάρκεια της εργασίας, συνέχισε να μου προσφέρει την πολύτιμη βοήθεια του με ανιδιοτέλεια και οι υποδείξεις του ήταν καίριες για την βελτίωση της εργασίας.

Η βοήθεια και των δύο ήταν καθοριστική και κρίσιμη στους χαλεπούς καιρούς που βιώνουμε λόγω της πανδημίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που σε αυτές τις δύσκολες συνθήκες της πανδημίας και σε όλα τα έτη των σπουδών μου με στήριξε.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
Σκοπός	8
Περίληψη	8
Abstract.....	8
1.Εισαγωγή	10
1.1 Κατανάλωση μέσου νοικοκυριού στην Ελλάδα.....	10
1.2 Ευρωπαϊκή νομοθεσία	13
1.2.1 Πρωτόκολλο Κιότο & οδηγία SAVE 93/76/ΕΟΚ.....	13
1.2.2 Οδηγία 2002/91/ΕΚ.....	14
1.2.3 Οδηγία 2010/31/ΕΕ	15
1.2.4 Οδηγία 2006/32/ΕΚ.....	15
1.2.5 Οδηγία 2012/27/ΕΕ	17
1.3 Ελληνική νομοθεσία.....	18
1.3.1 Ν.3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτηρίων και άλλες διατάξεις».....	19
1.3.2 Ν.3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις»	20
1.3.3 Ν.3855/2010 «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις»	21
1.3.4 Ν. 4122/2013 και Ν.4342/2015	21
1.4 ΚΕΝΑΚ	21
1.4.1 Σκοπός και βασικότερες ρυθμίσεις	21
1.4.2 Κλιματικές ζώνες.....	22
1.4.3.1 Ελάχιστες απαιτήσεις και προδιαγραφές κτιρίων	24
1.4.3.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας U_m	25
1.4.4 Κτίριο Αναφοράς.....	26
1.5 Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας (ΚΣΜΚΕ)	27

1.5.1 Γενικά στοιχεία των ΚΣΜΚΕ ή ΖΕΒ	27
1.5.2 Κατηγορίες ΚΜΣΚΕ	29
1.5.3 Λόγοι μη εκτεταμένης κατασκευής ΚΣΜΚΕ.....	33
2. Οικονομοτεχνική μελέτη	33
2.1 Κτίριο ενεργειακής κατηγορίας Β ή κτίριο αναφοράς	33
2.1.1 Πλάνο οικονομοτεχνικής μελέτης.....	33
2.1.2 Προσδιορισμός χαρακτηριστικών κτιρίου	34
2.1.3 Προϋπολογισμός οικοδομικών εργασιών.....	37
2.1.4 Κόστος θέρμανσης	45
2.1.4.1 Ανάλυση για Βήμα 1	45
2.1.4.2 Ανάλυση για Βήμα 2	49
2.1.4.3 Ανάλυση για Βήμα 3	50
2.1.4.4 Ανάλυση για Βήμα 4	50
2.1.5 Κόστος ψύξης.....	50
2.1.6 Κόστος ηλεκτρισμού για συσκευές.....	52
2.1.7 Κόστος ζεστού νερού χρήσης από πετρέλαιο (Ζ.Ν.Χ).....	52
2.1.8 Τελική αποτίμηση για κτίριο ενεργειακής κατηγορίας Β ή κτίριο αναφοράς.....	53
2.2 Αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας κτιρίου με βελτιστοποίηση του κτιριακού κελύφους (Δεύτερη περίπτωση)	54
2.2.1 Διαφορές στην κοστολόγηση υλικών και εργατικών	54
2.2.2 Διαφορά του ετήσιου κόστους θέρμανσης και ψύξης.....	56
2.2.3 Διαφορά του ετήσιου κόστους ψύξης.....	58
2.2.4 Σύγκριση με κτίριο κατηγορίας Β	59
2.3 Χρήση φυσικού αερίου (Τρίτη περίπτωση)	60
2.3.1 Διαφορές στο κόστος υλικών και εργατικών	60
2.3.2 Κόστη θέρμανσης και ψύξης της τρίτης περίπτωσης.....	61
2.3.3 Κόστος ζεστού νερού χρήσης από φυσικό αέριο	62
2.3.4 Σύγκριση με κτίριο αναφοράς	62

2.4 Αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας κτιρίου με βελτιστοποίηση του κτιριακού κελύφους και χρήση φυσικού αερίου (Τέταρτη περίπτωση).....	62
2.4.1 Διαφορές στην κοστολόγηση και στο budget υλικών και εργατικών	63
2.4.2 Ανάλυση κόστους θέρμανσης, ψύξης και Z.N.X με αναβάθμιση κτιριακού κελύφους και χρήση φυσικού αερίου	63
2.4.3 Σύγκριση τέταρτης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς	65
2.5 Χρήση αντλίας θερμότητας (Πέμπτη περίπτωση).....	65
2.5.1 Κοστολόγηση υλικών, εργατικών λόγω αντλίας θερμότητας	65
2.5.2 Κόστος θέρμανσης για την πέμπτη περίπτωση	67
2.5.3 Κόστος ψύξης για την πέμπτη περίπτωση.....	67
2.5.4 Κόστος ζεστού νερού χρήσης από αντλία θερμότητας	68
2.5.5 Σύγκριση πέμπτης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς	68
2.6 Χρήση αντλίας θερμότητας με αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους (έκτη περίπτωση)	69
2.6.1 Ολικό κόστος έκτης περίπτωσης	69
2.6.2 Ετήσιο κόστος θέρμανσης της έκτης περίπτωσης.....	69
2.6.3 Κόστος ψύξης για την έκτη περίπτωση	71
2.6.4 Κόστος ζεστού νερού χρήσης έκτης περίπτωσης.....	72
2.6.5 Σύγκριση έκτης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς	72
2.7 Χρήση αντλίας θερμότητας και φωτοβολταϊκών (έβδομη περίπτωση)	72
2.7.1 Κοστολόγηση υλικών, εργατικών λόγω αντλίας θερμότητας και φωτοβολταϊκών	73
2.7.2 Σύγκριση έβδομης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς.....	73
2.8 Αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας κτιρίου με βελτιστοποίηση κτιριακού κελύφους, με χρήση αντλίας θερμότητας και χρήση φωτοβολταϊκών (όγδοη περίπτωση).....	74
2.8.1 Σύγκριση όγδοης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς.....	74
2.9 Αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας κτιρίου με χρήση φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκών (ένατη περίπτωση)	75
2.9.1 Σύγκριση ένατης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς	75

2.10 Αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας κτιρίου με βελτιστοποίηση κτιριακού κελύφους, με χρήση φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκών (δέκατη περίπτωση).....	76
2.10.1 Σύγκριση δέκατης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς	76
3. ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	77
3.1 Ετήσιο ισοδύναμο κόστος (TEC)	77
4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	80
5. ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	87
Βιβλιογραφία	89

Σκοπός

Τα τελευταία χρόνια έχει καταστεί αδήριτη ανάγκη σε παγκόσμιο επίπεδο η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για λόγους περιβαλλοντικούς και οικονομικούς. Λόγω της τεταμένης ενεργειακής κατανάλωσης και την αύξηση της ενεργειακής φτώχειας στη χώρα μας, η ελληνική νομοθεσία έχει προσαρμοστεί με σκοπό την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης στο μέσο ελληνικό νοικοκυριό. Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η διεξοδική μελέτη ενός οικοπέδου με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, συγκρίνοντας δέκα διαφορετικές περιπτώσεις, στις οποίες διερευνάται η επίδραση σε οικονομοτεχνικό, επενδυτικό και περιβαλλοντικό επίπεδο της αναβάθμισης του κτιριακού κελύφους, καθώς και της χρήσης πετρελαίου, φυσικού αερίου, αντλίας θερμότητας και φωτοβολταϊκών.

Περίληψη

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής της εργασίας είναι η μελέτη ορισμένων παραγόντων για την βελτίωση της κατασκευής σύγχρονων κατοικιών. Με βάση τα σχέδια ενός κτιρίου στην Αττική με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, αναλύθηκαν με την μέθοδο κτιρίου αναφοράς σε οικονομικό επίπεδο (κόστος κατασκευής κτιρίου και ετήσια οικονομικά οφέλη) δέκα διαφορετικές περιπτώσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν αναβάθμιση κτιριακού κελύφους, χρήση πετρελαίου, φυσικού αερίου, αντλίας θερμότητας και φωτοβολταϊκών. Στη συνέχεια, με την μέθοδο του ετήσιου ισοδύναμου κόστους πραγματοποιήθηκε οικονομική σύγκριση όλων των περιπτώσεων, ενώ στο τελικό στάδιο έγινε περιβαλλοντική μελέτη με σκοπό να διερευνηθεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και των δέκα περιπτώσεων. Από την οικονομική και περιβαλλοντική σύγκριση, προέκυψαν ορισμένα συμπεράσματα για την κατασκευή μιας σύγχρονης κατοικίας, η οποία θα είναι ταυτόχρονα φιλική προς το περιβάλλον και οικονομικά συμφέρουσα.

Abstract

The target of this dissertation is the study of certain factors for improving the construction of contemporary houses. Based on a building plan in Attica with specific characteristics, ten different cases were analyzed on financial level (building construction cost and annual financial benefits) using the reference building method. These cases include the upgrade of building envelope, the use of petroleum, fossil natural gas, heat pump and

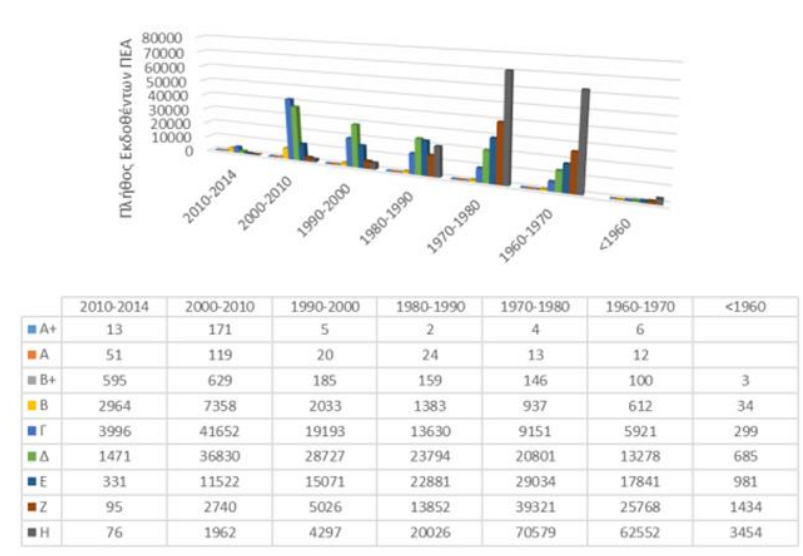
photovoltaics. Subsequently, all cases were compared financially, using the Total Equivalent Cost (TEC) method, while in the final stage, an environmental analysis was carried out in order to investigate the carbon footprint of all ten cases. From the financial and environmental comparison, some conclusions emerged about the construction of a modern house, which would be both environmentally friendly and financially advantageous.

1.Εισαγωγή

1.1 Κατανάλωση μέσου νοικοκυριού στην Ελλάδα

Σύμφωνα με την <<Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά εθνικού κτιριακού αποθέματος>>, που διεκπεραιώθηκε από το ΥΠΕΚΑ, στην Ελλάδα για το έτος 2012 το 45% της εγχώριας τελικής κατανάλωσης οφείλεται στον κτιριακό τομέα ενώ το 18% στον βιομηχανικό τομέα και το 37% στις μεταφορές. Το ποσοστό κατανάλωσης 45% του οικιακού και τριτογενή τομέα χρήσης (γραφεία, καταστήματα κτλ.) αντιστοιχεί σε κατανάλωση 7,751 ktoe. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι για το ίδιο έτος το 65% της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με την ΔΕΗ προέρχεται από τον οικιακό και τριτογενή τομέα. Επίσης σύμφωνα με απογραφή του 2011 το πλήθος των κτιρίων που χρησιμοποιούνται ως κατοικούμενα νοικοκυριά ανέρχεται στα 4.122.088.

Μείζον πρόβλημα για την υψηλή ενεργειακή κατανάλωση αποτελεί η ηλικία των κτιρίων, εφόσον υπάρχουν αρκετά κτίρια τα οποία είναι κτισμένα πριν το 1980 που υπάγονται στην κατηγορία θερμικά απροστάτευτα, εφόσον δεν έχουν θερμομόνωση, με αποτέλεσμα την μικρή τους ενεργειακή απόδοση. Στο παρακάτω σχήμα όπου προκύπτει από αποτέλεσμα στατιστικών στοιχείων των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης απεικονίζεται ανά χρονολογία το πλήθος των κτηρίων στις διάφορες ενεργειακές κατηγορίες του ΚΕΝΑΚ. Οι ενεργειακές κατηγορίες είναι από Α+ έως Η που αποτυπώνουν την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.



Σχήμα 1 : Πλήθος ΠΕΑ ανά δεκαετία κατασκευής κτιρίων και ενεργειακή κατηγορία (ΥΠΕΚΑ, 2014)

Σύμφωνα με την EUROSTAT από το 1990 μέχρι το 2012 παρατηρείται ότι η κτιριακή κατανάλωση αυξήθηκε κατά 1,984 ΜΤΠΠ που αντιστοιχεί σε ποσοστό αύξησης κατά 64,8%, δηλαδή το 1990 η κατανάλωση ήταν 3,058 ΜΤΠΠ και το 2012 έφτασε 5,042 ΜΤΠΠ (όπου ΤΠΠ, Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου). Επίσης την πενταετία 2000-2005 τα στατιστικά στοιχεία δείχνουν ότι ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα είχε ενεργειακή κατανάλωση της τάξεως 8,607 Μτοε, που ήταν από τις υψηλότερες για τα ευρωπαϊκά δεδομένα.

Σύμφωνα με έρευνες της ΕΛΣΤΑΤ που πραγματοποιήθηκαν την χρονική περίοδο Οκτώβριος 2011 – Σεπτέμβριος 2012, η μέση κατανάλωση ενός νοικοκυριού είναι 13.994 kWh όπου οι 10244 kWh είναι θερμική ενέργεια ενώ οι 3750 kWh είναι ηλεκτρική ενέργεια όπως βλέπουμε στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 2 : Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά νοικοκυριό 2011-2012 (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, 2013)

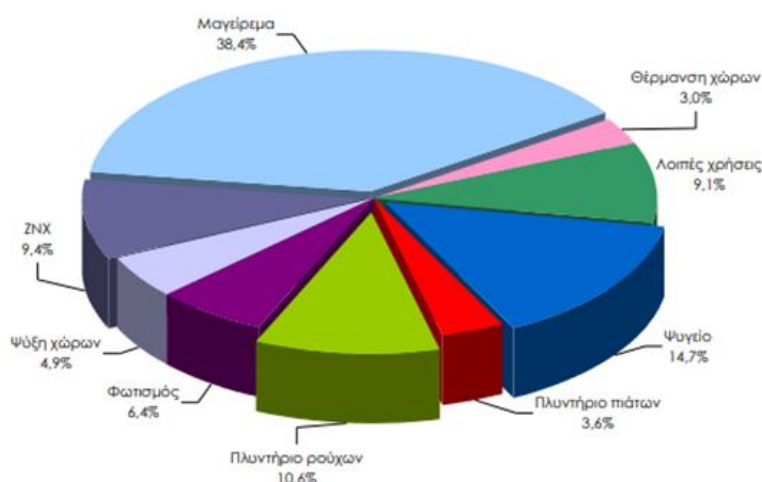
Πίνακας 1 : Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τύπο χρησιμοποιούμενου καυσίμου (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, 2013)

Πετρέλαιο Θέρμανσης	44,1
Φυσικό αέριο	5,4
Τηλεθέρμανση	0,5
Κηροζίνη	0,3
Πυρήνας	0,3
Υγραέριο	1,8
Καυσόξυλα	17,4
Πελλέτες (Συσσωματώματα ξύλου)	0,5
Θερμική Ενέργεια (από Θερμικά Ηλιακά Συστήματα)	2,9
Ηλεκτρισμός	26,8
Σύνολο	100,0

Πίνακας 2 : Ποσοστιαία (%) κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τελική χρήση (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, 2013)

Θέρμανση χώρων	63,7
Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ΖΝΧ)	5,7
Μαγείρεμα	17,3
Ψύξη Χώρων	1,3
Φωτισμός	1,7
Συσκευές (ηλεκτρικές/ηλεκτρονικές)	10,2
Σύνολο	100,0

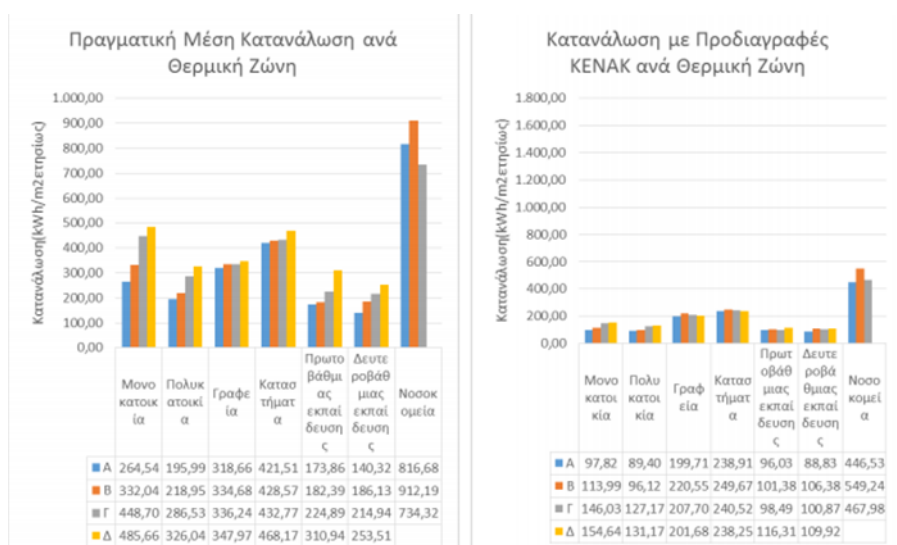
Αξιοσημείωτο είναι από την συγκεκριμένη έρευνα της ΕΛΣΤΑΤ για την ηλεκτρική ενέργεια, όπου την περίοδο 2011-2012 η μέση κατανάλωση της ανά νοικοκυριό ήταν 3750 kWh, η κατανομή της ποσοστιαία με βάση το παραπάνω γράφημα. Στο οποίο παρατηρείται η σημασία που έχει το μαγείρεμα στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 3 : Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τελική χρήση (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία 2013)

Έχει καταστεί σαφές ότι πλέον αποτελεί επιτακτική ανάγκη η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του μέσου νοικοκυριού στην Ελλάδα καθώς και όλων των υπόλοιπων κτιρίων. Η εκσυγχρόνιση και η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων με βάση την ελληνική και την ευρωπαϊκή νομοθεσία θα φέρει επανάσταση στην εξοικονόμηση ενέργειας στην Ελλάδα. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται και από τα στατιστικά στοιχεία των ΠΕΑ σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα, στο οποίο φαίνεται η σύγκριση της πραγματικής μέσης κατανάλωσης

ανά θερμική ζώνη με την κατανάλωση με προδιαγραφές KENAK ανά θερμική ζώνη σε διάφορα κτίρια ανά κλιματική ζώνη (Α έως Δ δηλαδή από την θερμότερη στην ψυχρότερη).



Σχήμα 4 : Μέση κατανάλωση ανά χρήση κτιρίου και κλιματική ζώνη (ΥΠΕΚΑ 2014)

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) άρχισε να εκδίδεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας από τον Ιανουάριο του 2011. Μέχρι το 2016 είχαν εκδοθεί 641.662 ΠΕΑ, ενώ μέχρι τον Μάιο του 2016 μόλις το 16% των κατοικιών είχαν ΠΕΑ, γεγονός που υποδηλώνει την μικρή ενεργειακή απόδοση των κτιρίων στην χώρα. Τα κτίρια που έχουν αποκτήσει ΠΕΑ ανήκουν πάντα στην ενεργειακή κατηγορία Β, που αποτελεί κριτήριο του KENAK.

1.2 Ευρωπαϊκή νομοθεσία

1.2.1 Πρωτόκολλο Κιότο & οδηγία SAVE 93/76/EOK

Σταθμός στην ευρωπαϊκή νομοθεσία για την θέσπιση της επιτακτικής μείωσης της κατανάλωσης στον κτιριακό τομέα ήταν το πρωτόκολλο του Κιότο για την κλιματική αλλαγή. Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι ένθερμος υποστηρικτής του και έχει επιβάλλει στα κράτη-μέλη την τήρηση του με ορισμένες νομοθετικές οδηγίες. Το πρωτόκολλο Κιότο έχει ως κύριο μέλημα την παγκόσμια μείωση εκπομπής CO₂. Ένας από τους κύριους παράγοντες εκπομπής CO₂ στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η τελική κατανάλωση στον κτιριακό τομέα. Επομένως η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε την οδηγία της 13ης Σεπτεμβρίου SAVE 93/76/EOK, η οποία παραπέμπει στην περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα με την βελτίωση της ενεργειακής

απόδοσης στον κτιριακό τομέα. Το άρθρο 1 της οδηγίας SAVE 93/76/EOK παρατίθεται παρακάτω.

Άρθρο 1

Η παρούσα οδηγία αποσκοπεί στην επίτευξη, εκ μέρους των κρατών μελών, του στόχου του περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος χάρη στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης με την εκπόνηση και την υλοποίηση προγραμμάτων στους ακόλουθους τομείς:

- ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων,
- τιμολόγηση των δαπανών θέρμανσης, κλιματισμού και θερμού ύδατος με βάση την πραγματική κατανάλωση,
- χρηματοδότηση εκ μέρους τρίτων των επενδύσεων για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στο δημόσιο τομέα,
- θερμομόνωση των νέων κτιρίων,
- περιοδική επιθεώρηση των λεβήτων,
- ενεργειακές επιθεωρήσεις των πολύ ενεργειοδόρων επιχειρήσεων.

Τα προγράμματα μπορούν να περιλαμβάνουν νομοθετικές και κανονιστικές ρυθμίσεις, οικονομικά και διοικητικά μέσα, ενημερωτικές, εκπαιδευτικές και εκούσιες συμφωνίες με αντικειμενικώς εκτιμήσιμα αποτελέσματα.

Εικόνα 1 : άρθρο 1 της οδηγίας SAVE 93/76/EOK (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης)

Γενικότερα η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει προβεί σε διάφορες εκδόσεις κοινοτικών οδηγιών, οι οποίες στοχεύουν στην επίτευξη της εξοικονόμησης ενέργειας αλλά στη μείωση των ρύπων, μέσω της βελτίωσης της απόδοσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι η 2002/91/EK, η 2006/32/EK η 2010/31/EE και η 2012/27/EE.

1.2.2 Οδηγία 2002/91/EK

Στις 16 Δεκεμβρίου του 2002 εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο η κοινοτική οδηγία 2002/91/EK η οποία αποτέλεσε την κύρια οδηγία για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. <<Στόχος της παρούσας οδηγίας είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της Κοινότητας λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες, καθώς και τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους/οφέλους>> όπως αναφέρεται στο άρθρο 1 της οδηγίας 91/2002. Την συγκεκριμένη οδηγία τα κράτη τα οποία ήταν στο τόξο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όφειλαν να την εφαρμόσουν έως τον Ιανουάριο του 2006 και με δοκιμαστική περίοδο μέχρι το 2009. Σύμφωνα με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας η συγκεκριμένη οδηγία περιέχει τις εξής διατάξεις :

- << την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ) των κτιρίων >>
- << τον καθορισμό ελαχίστων ενεργειακών απαιτήσεων για τα νέα κτίρια >>
- << συστάσεις για οικονομικά αποδεκτές βελτιώσεις ενεργειακής απόδοσης >>
- << την τακτική επιθεώρηση των λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης >>
- << την τακτική επιθεώρηση των εγκαταστάσεων ψύξης και κλιματισμού >>

1.2.3 Οδηγία 2010/31/ΕΕ

Η οδηγία 31/2010 της 19ης Μαΐου του 2010 αποτελεί την αναδιατύπωση της οδηγίας 91/2002. Παρακάτω παρατίθενται οι κυριότερες αναθεωρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη ευρωπαϊκή οδηγία, σύμφωνα με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας :

- << Η κατάργηση του ορίου επιφάνειας (1000 m²) για όλα τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια που υποχρεούνται στην σύνταξη ενεργειακής μελέτης >>
- << Ο περιορισμός του ορίου επιφάνειας 1000 m² για τα δημόσια κτήρια που έχουν υποχρέωση έκδοσης πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων σε 500 m², και ακόμη περαιτέρω μείωση της επιφάνειας αυτής στα 250 m² από τις 9 Ιουλίου 2015 >>
- << Η απαίτηση όλα τα νέα κτίρια που θα κατασκευάζονται από τις 31 Δεκεμβρίου 2020 και μετά να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης >>
- << Όλα τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές και θα κατασκευάζονται από τις 31 Δεκεμβρίου 2018 και μετά να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης >>
- << Η μεθοδολογία υπολογισμού να λαμβάνει υπόψη τα ευρωπαϊκά πρότυπα >>

1.2.4 Οδηγία 2006/32/ΕΚ

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η ευρωπαϊκή ένωση λόγω εκτεταμένων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αλλά και άλλων περιβαλλοντικών επιπτώσεων εξέδωσε στις 5 Απριλίου 2006 την οδηγία 2006/32/ΕΚ, η οποία αφορούσε την ενεργειακή απόδοση κατά τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες. Η συγκεκριμένη οδηγία δεν αποσκοπούσε απλά στην αναδιατύπωση της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ, αλλά στην κατάργησή της και στην θεμελίωση νέων διατάξεων, έτσι ώστε οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα να μειωθούν δραστικά προκειμένου να εκπληρωθούν οι δεσμεύσεις που αναλήφθηκαν από το πρωτόκολλο του Κιότο.

Μάλιστα στην οδηγία αναφέρεται ότι << οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες του ενεργειακού τομέα προκαλούν το 78% των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων της κοινότητας >>

(31) Με την έκδοση της παρούσας οδηγίας, όλες οι σημαντικές διατάξεις της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 13ης Σεπτεμβρίου 1993, για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (SAVE) ⁽¹⁾, καλύπτονται από άλλη κοινοτική νομοθεσία και, ως εκ τούτου, θα πρέπει να καταργηθεί η οδηγία 93/76/ΕΟΚ.

Εικόνα 2 : Οδηγία 2006/32/ΕΚ (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης)

Στην οδηγία 2006/32/ΕΚ θεσπίστηκαν ορισμένα μέτρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στον τομέα της κατοικίας και στον τριτογενή τομέα, τα οποία είναι :

- θέρμανση, ψύξη, κλιματισμός (πχ αντλίες θερμότητας, νέοι αποδοτικοί λέβητες, εγκατάσταση/αποδοτικότερη, ανακαίνιση συστημάτων τηλεθέρμανσης/τηλεψύξης)
- μόνωση και αερισμός (π.χ. διάκενα τοίχων και μόνωση στεγών, διπλού/τριπλού υαλοπίνακες παραθύρων, παθητική θέρμανση και ψύξη)
- ζεστό νερό (π.χ. εγκατάσταση νέων συστημάτων, άμεση και αποδοτική χρήση στη θέρμανση χώρων, πλυντηρίων ρούχων)
- φωτισμός (π.χ. νέοι αποδοτικοί λαμπτήρες και στραγγαλιστικά πηνία, ψηφιακά συστήματα ελέγχου, χρήση ανιχνευτών κίνησης για συστήματα φωτισμού εμπορικών κτιρίων)
- μαγείρεμα και ψύξη (π.χ. νέες αποδοτικές συσκευές, συστήματα ανάκτησης θερμότητας)
- άλλος εξοπλισμός και συσκευές (π.χ. συσκευές συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, νέες αποδοτικές συσκευές, χρονορυθμιστικές διατάξεις για βελτιστοποιημένη χρήση της ενέργειας, μείωση απωλειών σε κατάσταση εφεδρείας, εγκατάσταση πυκνωτών για τη μείωση της αέργου ισχύος, μετασχηματιστές με μικρές απώλειες)

- οικιακή παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με την οποία μειώνεται η ποσότητα της αγοραζόμενης ενέργειας (π.χ. ηλιακές θερμικές εφαρμογές, ζεστό νερό για οικιακή κατανάλωση, θέρμανση και ψύξη χώρων με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας)

1.2.5 Οδηγία 2012/27/ΕΕ

Η πιο πρόσφατη οδηγία είναι η 2012/27/ΕΕ η οποία αφορά την ενεργειακή αποδοτικότητα. Επίσης η εν λόγω οδηγία αποτελεί την τροποποίηση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ αλλά επίσης καταργεί την οδηγία 2006/32/ΕΚ με νέο νομοθετικό πλαίσιο. Οι κύριοι στόχοι της οδηγίας είναι η εξοικονόμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας στα κράτη-μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης κατά 20% έως το 2020. Πιο συγκεκριμένα οι προβλέψεις για το 2020 είναι ότι η κατανάλωση ενέργειας θα κυμαίνεται περίπου σε 1842 εκατομμύρια ΤΠΠ, που σημαίνει ότι μια μείωση 20% θα αντιστοιχεί σε 1474 εκατομμύρια ΤΠΠ. Ο στόχος δηλαδή μέχρι το 2020 για την συγκεκριμένη οδηγία είναι η μείωση κατά 368 εκατομμύρια ΤΠΠ σε σύγκριση με τις προβλέψεις. Τα κράτη-μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης έχουν τις εξής υποχρεώσεις :

- Την επιβολή μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την ανακαίνιση του κτιριακού τομέα μέσω επενδυτικής δραστηριότητας, η οποία θα περιλαμβάνει.
 1. Ανασκόπηση του εθνικού κτιριακού αποθέματος βασιζόμενο σε στατιστική δειγματοληψία (ανάλογα με την περίπτωση).
 2. Διερεύνηση και εύρεση οικονομικώς αποδοτικών προσεγγίσεων για τις ανακαινίσεις αναλόγως το είδος κτιρίου και την κλιματική ζώνη .
 3. Την τόνωση οικονομικώς αποδοτικών ριζικών ανακαινίσεων κτιρίων μέσω των κατάλληλων πολιτικών και μέτρων.
 4. Μια προοπτική που θα έχει μελλοντικό προσανατολισμό και θα κατευθύνει τις επενδυτικές αποφάσεις των ιδιωτών του κατασκευαστικού τομέα και των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων.
 5. Την εκτίμηση της αναμενόμενης εξοικονόμησης ενέργειας και των γενικότερων ωφελειών βάσει στοιχείων.
- Την ετήσια ανακαίνιση του 3 % του συνολικού εμβαδού δαπέδου στο εμβαδόν δαπέδου που είναι ιδιόκτητο και καταλαμβανόμενο από τις διοικητικές υπηρεσίες σε επίπεδο κατώτερο της κεντρικής δημόσιας διοίκησης.
- Την θέσπιση καθεστώτος επιβολής υποχρεωτικής ενεργειακής απόδοσης. Το συγκεκριμένο καθεστώς θα μεριμνάει στο να επιτευχθεί ένας σωρευτικός στόχος εξοικονόμησης ενέργειας στην τελική χρήση έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020.

- Την διάθεση υψηλά ποιοτικών ενεργειακών ελέγχων που είναι οικονομικά αποδοτικοί στους τελικούς καταναλωτές. Οι συγκεκριμένοι έλεγχοι έχουν την δυνατότητα να πραγματοποιούνται από ειδικούς εμπειρογνώμονες ή από ενεργειακούς ελεγκτές.
- Την δυνατότητα εγκατάστασης μετρητών ενέργειας στους τελικούς καταναλωτές για την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου, τηλεθέρμανσης ή τηλεψύξης και ζεστού νερού για οικιακή κατανάλωση.
- Την δυνατότητα ενημέρωσης του τελικού καταναλωτή για την τιμολόγηση σε όλους τους τομείς και στάδια, από διανομείς και διαχειριστές διανομής ενέργειας έως και εταιρείες λιανικής πώλησης ενέργειας.
- Την δημιουργία προγράμματος ενθάρρυνσης του μέσου καταναλωτή που θα αποσκοπεί στην ενεργειακή απόδοση. Το πρόγραμμα αυτό θα περιλαμβάνει φορολογικά κίνητρα, πρόσβαση σε χρηματοδότηση, πρόσβαση σε δάνεια ή επιδοτήσεις, παροχή πληροφοριών, υποδειγματικά έργα, δραστηριότητες στον χώρο εργασίας. Καθώς και οικονομικώς αποδοτικών και εύκολα εφαρμόσιμων αλλαγών στην χρήση της ενέργειας.

1.3 Ελληνική νομοθεσία

Όπως όλα τα κράτη-μέλη στην ευρωπαϊκή ένωση έχουν προσαρμόσει την νομοθεσία τους με τις ευρωπαϊκές οδηγίες και γενικότερα με το ευρωπαϊκό δίκαιο, έτσι και η Ελλάδα έχει εναρμονίσει την δίκη της νομοθεσία. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις ευρωπαϊκές οδηγίες για την ενεργειακή απόδοση στον κτιριακό και τριτογενή τομέα και τους αντίστοιχους νόμους που έχουν θεσπιστεί από την Ελληνική κυβέρνηση.

Πίνακας 3 : Εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας με τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές οδηγίες

Ευρωπαϊκές οδηγίες	Ελληνική νομοθεσία
	Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (1980)
	Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) (2000)

2002/91/EK	N. 3661/2008 (2008) N. 3851/2010 (2010) Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ) (2010) Π.Δ. Ενεργειακών Επιθεωρητών (2010)
2006/32/EK	Υ. Α. για τα δημόσια κτήρια (2008) 1 ^ο ΕΣΔΕΑ (Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης) (2008) N. 3855/2010 (2010) Υ. Α. για τις ESCOs (2011) 2 ^ο ΕΣΔΕΑ (Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης) (2011)
2010/31/EE	N. 4122/2013 (2013)
2012/27/EE	N. 4342/2015 (2015)

1.3.1 N.3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτηρίων και άλλες διατάξεις»

Η σημαντικότερη ενσωμάτωση και εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας με το ευρωπαϊκό δίκαιο για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων είναι ο Ν.3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτηρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α΄ 89). Ο συγκεκριμένος νόμος αποτελεί την ενσωμάτωση της ευρωπαϊκής οδηγίας 2002/91/EK στην εθνική μας νομοθεσία. Ο συγκεκριμένος νόμος εκδόθηκε το 2008 και οι βασικότερες διατάξεις που θεσπίστηκαν μέσω αυτού είναι :

1. Ο Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) που εκδόθηκε στις 9 Απριλίου 2010 (ΦΕΚ 407/9.4.2010).
2. Ο καθορισμός ελαχίστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα άνω των 1000 m², που ανακαινίζονται ριζικώς
3. Η σύνταξη ενεργειακής μελέτης για όλα τα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα άνω των 1000 m² που ανακαινίζονται ριζικώς, η οποία κατατίθεται στο αντίστοιχο αρμόδιο πολεοδομικό γραφείο για όλα τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια.
4. Η έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου (Π.Ε.Α) για όλα τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια, το οποίο έχει ανώτατο όριο εν ισχύ τα 10 χρόνια. Το Π.Ε.Α θα είναι χρήσιμο επίσης σε περιπτώσεις αγοράς και πώλησης κτιρίων,
5. Η τακτική επιθεώρηση λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης
6. Η τακτική επιθεώρηση εγκαταστάσεων ψύξεως και κλιματισμού

7. Η πρόβλεψη θεμάτων που σχετίζονται με την εκπαίδευση, τα απαιτούμενα προσόντα, τη διαδικασία εγγραφής στο σχετικό μητρώων των ενεργειακών επιθεωρητών, τις αμοιβές και τις κυρώσεις σε περίπτωση παραβάσεων, μέσω εκδόσεως του σχετικού προεδρικού διατάγματος για τους ενεργειακούς επιθεωρητές.

1.3.2 Ν.3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις»

Σημαντικός επίσης θεωρείται ο νόμος 3851/2010 για την Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις. Ιδιαίτερα το άρθρο 10 του συγκεκριμένου νόμου, με το οποίο τροποποιήθηκαν οι ρυθμίσεις του νόμου 3661/2008 που αφορούν την ενεργειακή συμβολή των ΑΠΕ στα κτίρια και νομοθετούνται συγκεκριμένες απαιτήσεις σε νέα και υφιστάμενα κτίρια για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών με χρήση συστημάτων ΑΠΕ. Οι βασικότερες διατάξεις του συγκεκριμένου νόμου είναι οι εξής σύμφωνα με το ΤΕΕ :

- << Η κατάργηση του ορίου 1000 m², για την υποχρέωση σύνταξης και υποβολής της σχετικής ενεργειακής μελέτης στα αρμόδια πολεοδομικά γραφεία >>
- << Η υποχρέωση κάλυψης του 60% των αναγκών για ζεστό νερό χρήσης (Ζ.Ν.Χ) από ηλιοθερμικά συστήματα ή συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή συστήματα αντλιών θερμότητας με υψηλή απόδοση και άλλα >>
- << Η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης και έκδοσης Π.Ε.Α σε τμήμα του κτιρίου, όπως οριζόντιες ιδιοκτησίες (π.χ. διαμερίσματα) με κοινό κεντρικό σύστημα θέρμανσης. >>
- << Η υποχρέωση έως το αργότερο τις 31.12.2019, όλα τα νέα κτίρια να καλύπτουν το σύνολο της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσής τους με συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και σε αντλίες θερμότητας με εποχιακό συντελεστή επίδοσης SPF μεγαλύτερο από 3,3. Για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, αυτή η υποχρέωση θα πρέπει να τεθεί σε ισχύ το αργότερο έως τις 31.12.2014. >>
- << Η δυνατότητα χρηματοδότησης εφαρμογής συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε κτίρια κατοικιών, μέσω ειδικών προγραμμάτων δημόσιων επενδύσεων (Π.Δ.Ε).

1.3.3 N.3855/2010 «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις»

Ο νόμος 3855/2010 «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις» της ελληνικής κυβέρνησης αποτελεί την αντιστοίχιση της ευρωπαϊκής οδηγίας 2006/32/EK. Δηλαδή όπως στην οδηγία 2006/32/EK, έτσι και στον νόμο 3855/2010 θεσπίστηκε ότι πρέπει μέχρι το 2016 να εξοικονομηθεί ενέργεια στο 9% σε εθνικό επίπεδο.

1.3.4 N. 4122/2013 και N.4342/2015

Ο Ν. 4122/2013 είναι αντίστοιχος της οδηγίας 2010/31/ΕΕ που αφορά την ενεργειακή απόδοση κτιρίων. Ενώ ο νόμος 4342/2015 αφορά την ευρωπαϊκή οδηγία 2012/27/ΕΕ, όπου θεσπίστηκε η ετήσια ανακαίνιση του 3 % του συνολικού εμβαδού δαπέδου στο εμβαδόν δαπέδου που είναι ιδιόκτητο και καταλαμβανόμενο από τις διοικητικές υπηρεσίες σε επίπεδο κατώτερο της κεντρικής δημόσιας διοίκησης (άρθρο 5 της οδηγίας 2012/27/ΕΕ και άρθρο 7 του Ν.4342/2015). Επίσης το άρθρο 4 της συγκεκριμένης ευρωπαϊκής οδηγίας με το άρθρο 6 του Ν.4342/2015 εναρμονίζονται και οδήγησαν την ελληνική κυβέρνηση να εκδώσει την ακόλουθη έκθεση, «Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του κτηριακού αποθέματος που αποτελείται από κατοικίες και εμπορικά κτήρια, δημόσια και ιδιωτικά». Σε αυτή την έκθεση γίνεται σαφής η επιτακτική ανάγκη για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης στον κτιριακό τομέα. Η συγκεκριμένη πραγματικότητα είχε ως αποτέλεσμα η εθνική μας αλλά και η ευρωπαϊκή νομοθεσία να πλεύσουν προς αυτήν την κατεύθυνση, με αποτέλεσμα την θέσπιση των Zero-Energy Buildings (ZEB) δηλαδή των Κτηρίων Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας (ΚΣΜΚΕ).

1.4 ΚΕΝΑΚ

1.4.1 Σκοπός και βασικότερες ρυθμίσεις

Ο ΚΕΝΑΚ εκδόθηκε στις 9 Απριλίου του 2010 και αποτελεί τον σημαντικότερο και ουσιαστικότερο νόμο του ελληνικού δικαίου για την βελτίωση την ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια. Ο κύριος σκοπός αυτού του νόμου για να επιτευχθεί η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια είναι η μείωση κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX). Για την επίτευξη αυτού του

σκοπού θα πρέπει να γίνουν βελτιώσεις μέσω α) του σχεδιασμού του κελύφους έτσι ώστε να είναι όσο το δυνατόν ενεργειακά αποδοτικό, β) της χρήσης συγκεκριμένων δομικών υλικών που είναι ενεργειακά αποδοτικότερα, γ) της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών Η/Μ εγκαταστάσεων, δ) ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ε) συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Όλα αυτά φαίνονται και στις βασικότερες ρυθμίσεις του Κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων οι οποίες είναι :

- ✓ Ο ορισμός της μεθοδολογίας υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης και κατάταξης των κτιρίων, όπου φαίνεται ξεκάθαρα στα άρθρα 4 και 5. Τα πρότυπα της μεθοδολογίας είναι ευρωπαϊκών προδιαγραφών και λόγω της οδηγίας 2010/31/ΕΕ είναι υποχρεωτικά.
- ✓ Ο καθορισμός των ελαχίστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση και ενεργειακή κατάταξη μέσω των άρθρων 7 και 13 για τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια, καθώς και για τα υφιστάμενα κτίρια που ενδέχεται να πιστοποιηθούν μέσω της μεθοδολογίας του κτιρίου αναφοράς.
- ✓ Ο καθορισμός των ελαχίστων προδιαγραφών σύμφωνα με το άρθρο 8 των ριζικώς ανακαινιζόμενων κτιρίων και των υπό μελέτη νέων κτιρίων, για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό τους, τα θερμικά και φυσικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους τους και οι τεχνικές προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων τους.
- ✓ Ο ορισμός του περιεχομένου της μελέτης ενεργειακής απόδοσης (Μ.Ε.Α) των κτιρίων σύμφωνα με το άρθρο 11. Η ΜΕΑ μαζί με άλλες σχετικές μελέτες είναι υποχρεωτική στην έκδοση οικοδομικής άδειας.
- ✓ Ο καθορισμός της μορφής και των στοιχείων που θα περιλαμβάνει το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (Π.Ε.Α) των κτιρίων, όπου αναφέρεται εκτενέστατα στο άρθρο 14.
- ✓ Ο καθορισμός της διαδικασίας των ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων. Επίσης η διαδικασία των επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού, που αναφέρονται στα άρθρα 15,16 και 17.

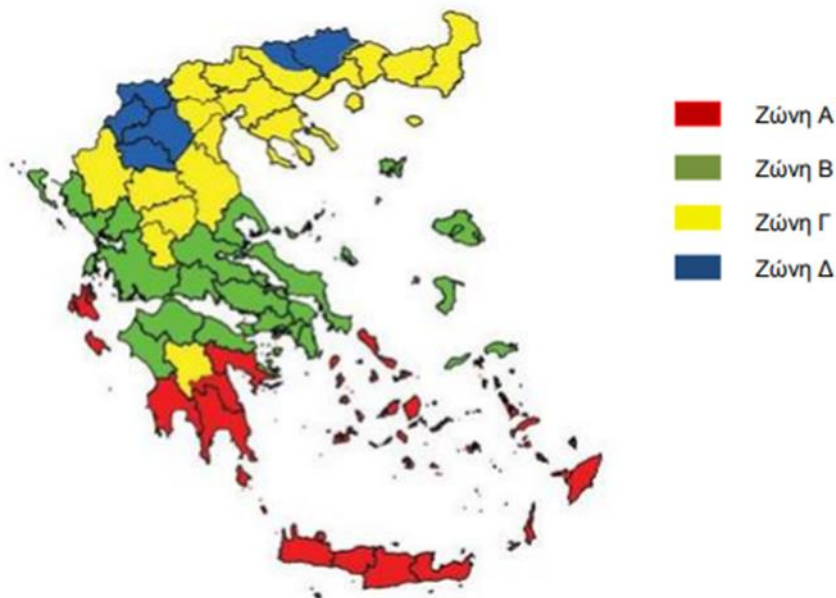
1.4.2 Κλιματικές ζώνες

Στο άρθρο 6 του ΚΕΝΑΚ η χώρα χωρίζεται σε κλιματικές ζώνες με σκοπό την καλύτερη εφαρμογή του νόμου σε ολόκληρη την επικράτεια. Οι ζώνες είναι τέσσερις Α,Β,Γ και Δ, όπου Α η θερμότερη και Δ η ψυχρότερη. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι οι περιοχές σε

κάθε νομό που βρίσκονται πάνω από το υψόμετρο των 500 μέτρων, εντάσσονται στην αμέσως επόμενη κλιματική ζώνη, δηλαδή μια κλιματική ζώνη.

Πίνακας 4 : Κλιματικές ζώνες ΚΕΝΑΚ

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



Εικόνα 3 : Χάρτης κλιματικών ζωνών ΚΕΝΑΚ

1.4.3.1 Ελάχιστες απαιτήσεις και προδιαγραφές κτιρίων

Με το άρθρο 7 ορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και με το άρθρο 8 οι ελάχιστες προδιαγραφές κτιρίων. Οπότε σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ ένα κτίριο πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, όταν ικανοποιούνται όλες οι ελάχιστες προδιαγραφές που περιγράφονται στο άρθρο 8 και όταν η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (KWh/m^2) του εξεταζόμενου κτιρίου είναι μικρότερη ή ίση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς (που περιγράφεται στο άρθρο 9). Το εκάστοτε νέο κτίριο οφείλει να έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά στο κτιριακό κέλυφος και στις Η/Μ εγκαταστάσεις με το κτίριο αναφοράς ή αλλιώς να ανήκει το πολύ στην ενεργειακή κατηγορία Β. Όσον αφορά τα υφιστάμενα κτίρια τα οποία ανήκουν στις εξαιρέσεις του άρθρου 11 του νόμου 3661/2008, δεν ισχύουν όλα τα παραπάνω. Ενώ για τα υπόλοιπα υφιστάμενα κτίρια είναι υποχρεωμένα να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις της ενεργειακής κατηγορίας Β, μόνο σε βαθμό που θα είναι εφικτός οικονομοτεχνικά και λειτουργικά.

Για να εκπληρώνει ένα νέο κτίριο τις ελάχιστες απαιτήσεις, θα πρέπει σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ οι συγκεκριμένες απαιτήσεις να εφαρμοστούν σε συγκεκριμένα στάδια. Πρώτον κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, δεύτερον κατά τον σχεδιασμό και την εγκατάσταση Η/Μ εγκαταστάσεων και τρίτον στη θερμική θωράκιση του κτιριακού κελύφους.

1.4.3.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας U_m

Όσον αφορά την θερμική θωράκιση του κτιριακού κελύφους, επιτυγχάνεται με την κατάλληλη εφαρμογή θερμομόνωσης στα αδιαφανή δομικά στοιχεία και των κατάλληλων κουφωμάτων. Ουσιαστικά η θερμική θωράκιση του κτιριακού κελύφους αποσκοπεί στο να μην ξεπερνούνται ορισμένες τιμές που αναφέρονται στο άρθρο 8 του ΚΕΝΑΚ. Η τιμές αφορούν το κάθε δομικό στοιχείο και αναφέρονται στον συντελεστή θερμοπερατότητας (U_m). Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ένας δείκτης θερμομόνωσης και ορίζεται ως η ποσότητα θερμότητας σε Watt που περνά μέσα από ένα τετραγωνικό ενός δομικού στοιχείου, ορισμένου πάχους d σε ορισμένο χρονικό διάστημα μίας ώρας, όταν μεταξύ των δύο επιφανειών υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι ο κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων (1980) ήταν εν ισχύ για περίπου 30 χρόνια, έως ότου να καταργηθεί και να θεσπιστεί ο έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας, στον οποίο έγιναν αυστηρότερα τα όρια του συντελεστή θερμοπερατότητας. Σύμφωνα με το άρθρο 8 του ΚΕΝΑΚ, ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για κάθε κλιματική ζώνη αναγράφεται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 5 : Μέγιστα επιτρεπτά όρια του συντελεστή θερμοπερατότητας για κάθε κλιματική ζώνη ανά επιφάνεια (άρθρο 8 του ΚΕΝΑΚ)

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜ- ΒΟΛΟ	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² *K)]			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U_D	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U_W	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)	U_{DL}	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U_G	1,20	0,90	0,75	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος	U_{WE}	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κα)	U_F	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	U_{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

1.4.4 Κτίριο Αναφοράς

Το κτίριο αναφοράς είναι η κύρια μέθοδος του καθορισμού των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου. Προκειμένου να οριστεί σαφέστατα το κτίριο αναφοράς έχουν δημιουργηθεί και διαβαθμιστεί οι ενεργειακές κατηγορίες των κτιρίων A⁺, A, B⁺, B, Γ, Δ, E, Z, H (με A⁺ την ενεργειακά αποδοτικότερη κατηγορία και H την λιγότερο), Η μέθοδος του κτιρίου αναφοράς είναι η εξής :

Έχουμε ένα νέο ή ανακαινιζόμενο κτίριο στο οποίο θέλουμε να εξετάσουμε σε τι κατάσταση είναι η ενεργειακή του απόδοση, συγκρίνοντάς το με το κτίριο αναφοράς το οποίο υπάγεται στην ενεργειακή κατηγορία B (η χαμηλότερη αποδεκτή κατηγορία που επιτρέπει ο ΚΕΝΑΚ στο άρθρο 8). Το νέο ή ανακαινιζόμενο κτίριο που έχουμε με το κτίριο αναφοράς για να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους, θα πρέπει να έχουν :

1. Τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά
2. Την ίδια θέση
3. Τον ίδιο προσανατολισμό
4. Την ίδια χρήση
5. Τα ίδια χαρακτηριστικά λειτουργίας

Το κτίριο αναφοράς που υπάγεται στην ενεργειακή κατηγορία B, πληρώντας τις ελάχιστες προδιαγραφές έχει :

- καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους
- καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά στις ηλεκτρομηχανικές εγκαταστάσεις για την τον φωτισμό, θέρμανση, την ψύξη, τον κλιματισμό και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης

ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	
$EP \leq 0,33 \cdot R_{th}$	A+
$0,33 \cdot R_{th} < EP \leq 0,5 \cdot R_{th}$	A
$0,5 \cdot R_{th} < EP \leq 0,75 \cdot R_{th}$	B+
$0,75 \cdot R_{th} < EP \leq 1,0 \cdot R_{th}$	B
$1,0 \cdot R_{th} < EP \leq 1,41 \cdot R_{th}$	Γ
$1,41 \cdot R_{th} < EP \leq 1,82 \cdot R_{th}$	Δ
$1,82 \cdot R_{th} < EP \leq 2,27 \cdot R_{th}$	E
$2,27 \cdot R_{th} < EP \leq 2,73 \cdot R_{th}$	Z
$2,73 \cdot R_{th} < EP$	H
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ	

Εικόνα 4 : Ενεργειακές κατηγορίες ΚΕΝΑΚ

1.5 Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας (ΚΣΜΚΕ)

1.5.1 Γενικά στοιχεία των ΚΣΜΚΕ ή ZEB

Ο ορισμός των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας ή Zero Energy Buildings παρατίθεται στο άρθρο 2 παράγραφος 2 της οδηγίας 2010/31/ΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων, και αντιστοίχως με το άρθρο 2 παράγραφος 5 του Νόμου 4122/2013. Πιο συγκεκριμένα : <<κτίριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση. Η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται θα πρέπει να συνίσταται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, περιλαμβανομένης της παραγομένης επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου>>.

Επίσης στην οδηγία 2010/31/ΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων, στο άρθρο 9 (παρ. 3) αναφέρεται ότι:

α) έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και

β) μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.»

Για την περιγραφή των συγκεκριμένων κτιρίων χρησιμοποιούνται πολλοί όροι όπως :

- κτήρια μηδενικής ενέργειας (Zero Energy Buildings),
- κτήρια σχεδόν μηδενικής ενέργειας (Nearly Zero Energy Buildings),
- κτήρια καθαρής μηδενικής ενέργειας (Net Zero Energy),

- κτήρια καθαρής θετικής ενεργειακής κατανάλωσης (Net Plus Energy Buildings),
- κτήρια μηδενικού άνθρακα (Zero Carbon),
- κτήρια μηδενικής ενέργειας (Zero Energy),
- κτήρια μηδενικού καθαρού άνθρακα (Zero Net Carbon) και
- κτήρια μηδενικής καθαρής ενέργειας (Zero Net Energy).

Τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης υπάγονται στην καλύτερη ενεργειακή κατηγορία δηλαδή στην κατηγορία A⁺. Η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας για τις κατοικίες κυμαίνεται από 13 έως 46 KWh/m²a και για τον τριτογενή τομέα από 30 έως 71 KWh/m²a όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακες :

Πίνακας 6 : Εύρος τιμών ενεργειακών καταναλώσεων στις κατοικίες για τις ενεργειακές κατηγορίες B μέχρι και A⁺

Ενεργειακή κατηγορία	Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίων τριτογενούς τομέα ανά Κλιματική Ζώνη			
	A	B	Γ	Δ
A ⁺	53 – 70	31 – 71	50 – 55	30
A	48 - 96	65 – 93	75 – 107	67-82
B ⁺	105 - 161	98 - 153	113– 143	105 – 156
B	149 - 216	167 - 221	161 - 209	149 – 211

Πίνακας 7 : Εύρος τιμών ενεργειακών καταναλώσεων στον τριτογενή τομέα για τις ενεργειακές κατηγορίες B μέχρι και A⁺

Ενεργειακή κατηγορία	Ενεργειακές καταναλώσεις κτιρίων κατοικίας ανά Κλιματική Ζώνη			
	A	B	Γ	Δ
A ⁺	13 - 28	14 - 29	15 – 46	17 - 36
A	26 - 39	28 - 45	26 – 57	67 – 94
B ⁺	42 - 63	48 - 75	62- 103	60 – 118
B	60 - 92	70 - 109	93 - 141	89 – 171

Επίσης για τις υφιστάμενες μονοκατοικίες η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την κατηγορία A+ είναι από 34 έως 94 KWh/m²a. Ενώ για τις νέες μονοκατοικίες οι τιμές είναι της τάξεως 34 - 58 KWh/m²a. Όσον αφορά τις πολυκατοικίες οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας για την ενεργειακή κατηγορία A+ είναι από 25 έως 51 KWh/m²a για τις υφιστάμενες και για τις νέες από 28 έως 51 KWh/m²a.

Για τον τριτογενή τομέα η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την ενεργειακή κατηγορία A+ για τα υφιστάμενα κτίρια είναι από 75 έως 90 KWh/m²a και για τα νέα από 75 έως 79 KWh/m²a.

Ένα κτίριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας υπάγεται στην ενεργειακή κατηγορία A+ πράγμα που σημαίνει ότι η ενεργειακή του απόδοση είναι εξαιρετικά υψηλή και έχει ενεργειακή ανεξαρτησία έως ένα βαθμό. Για να γίνει εφικτό αυτό, ένα ΚΣΜΚΕ πρέπει να διασφαλίζει υψηλή διείσδυση των ΑΠΕ στον σχεδιασμό του. Επίσης η κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης προτείνεται να γίνεται μέσω ηλιακών συλλεκτών σε ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό που θα είναι μεγαλύτερο του 60%.

Οπότε για ένα ΚΣΜΚΕ προκύπτουν τα εξής όρια :

1. Για τις νέες κατοικίες, ανώτατο όριο χρήσης πρωτογενούς ενέργειας 80 kWh/m² a, με ελάχιστη συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας 60%
2. Για τις υφιστάμενες κατοικίες, ανώτατο όριο χρήσης πρωτογενούς ενέργειας 95 kWh/m²a, με ελάχιστη συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας 50%.
3. Για τα νέα κτίρια τριτογενούς τομέα, ανώτατο όριο χρήσης πρωτογενούς ενέργειας 85 kWh/m²a, με ελάχιστη συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας 20%.
4. Για τα υφιστάμενα κτίρια τριτογενούς τομέα, ανώτατο όριο χρήσης πρωτογενούς ενέργειας 90 kWh/m²a, με ελάχιστη συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας 15%.

1.5.2 Κατηγορίες ΚΣΜΚΕ

Τα ΚΣΜΚΕ ή ZEB έχουν κατηγοριοποιηθεί σε 4 διαφορετικούς τύπους :

1. Net Zero Site Energy

2. Net Zero Source Energy
3. Net Zero Energy Costs
4. Net Zero Energy Emissions

Η κατηγοριοποίηση αυτή έχει προκύψει λόγω του ότι ο κάθε ενδιαφερόμενος έχει διαφορετικούς στόχους και δίνει έμφαση σε διαφορετικά στοιχεία. Π.χ ο ιδιοκτήτης έχει ως κύρια προτεραιότητα το κόστος εγκατάστασης και τον χρόνο απόσβεσης. Οι κρατικοί οργανισμοί εστιάζουν στα εθνικά νούμερα με στόχο να καλύψουν τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή άλλων Οργανισμών. Ενώ οι μηχανικοί επιδιώκουν τη μεγαλύτερη δυνατή αυτονομία του κτηρίου τοποθετώντας περισσότερες τεχνολογίες ΑΠΕ πάνω στο κτήριο, ενώ οι οικολογικές οργανώσεις εστιάζουν στην εκπομπή ρύπων.

Net Zero Site Energy

Ένα Net Zero Site Energy παράγει από ΑΠΕ εγκατεστημένες σε αυτό, όση τουλάχιστον τελική ενέργεια χρειάζεται κατά την διάρκεια ενός χρόνου. Δηλαδή η τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι φωτοβολταϊκά, ηλιακοί συλλέκτες, μικρή ανεμογεννήτρια, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ενέργεια που παράγεται κοντά στην τοποθεσία του κτηρίου όπως φωτοβολταϊκά σε χώρους στάθμευσης, υδροηλεκτρική ενέργεια κλπ. Ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα των Site ZEB είναι ότι οι συντελεστές μετατροπής της καταναλισκόμενης ενέργειας σε πρωτογενή δεν λαμβάνονται υπόψη. Με λίγα λόγια η ενέργεια του φυσικού αερίου με την ηλεκτρική ενέργεια είναι ισοδύναμες σε ένα Site ZEB, αλλά με την ηλεκτρική ενέργεια να έχει τρεις φορές μεγαλύτερη αξία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα για κάθε kWh ηλεκτρικής ενέργειας να έχουμε την δυνατότητα να παράγουμε ένα kWh θερμική ενέργεια φυσικού αερίου, δηλαδή σε σπίτια με μεγάλες απαιτήσεις θέρμανσης η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξηθεί αρκετά. Οπότε ένα Site ZEB απαιτεί πολύ καλό σχεδιασμό και μεγαλύτερο εξοπλισμό που δεν παράγει ρύπους, με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους. Το Site ZEB όμως αποτελεί ο πληρέστερος τύπος ZEB και αυτός που επηρεάζεται λιγότερο από εξωτερικούς παράγοντες.

Net Zero Source Energy

Σε ένα Source Energy η εισερχόμενη και η εξερχόμενη ενέργεια στο κτίριο πολλαπλασιάζεται με τους συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή μορφή ενέργειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εκμετάλλευση της αξίας της ηλεκτρικής ενέργειας, που έχει τιμή σχεδόν τρεις φορές μεγαλύτερη από τον συντελεστή του φυσικού αερίου. Οπότε η εκτεταμένη χρήση φυσικού αερίου από οικονομικής άποψης είναι εφικτή. Βέβαια η εκτεταμένη χρήση φυσικού

αερίου είναι εκτός της φιλοσοφίας των ZEB, δηλαδή η παραγωγή ενέργειας να γίνεται αποκλειστικά από ΑΠΕ.

Net Zero Energy Costs

Σε ένα Cost ZEB η χρηματική αξία της εξερχόμενης ενέργειας που παράγει και την πληρώνει η εταιρεία διανομής στον ιδιοκτήτη, πρέπει να είναι ίση με τα συνολικά έξοδα (την διανομή της εισερχόμενης ενέργειας από την εταιρεία διανομής, τους φόρους σε περίπτωση υψηλής ζήτησης, τα έξοδα για τις μετρήσεις της ηλεκτρικής αλλά και της θερμικής ενέργειας).

Net Zero Energy Emissions

Το Net Zero Energy Emissions είναι η πιο φιλική περιβαλλοντικά κατηγορία ZEB. Ο στόχος στην συγκεκριμένη κατηγορία είναι ο μηδενισμός των εκπομπών ρύπων. Για να επιτευχθεί αυτό, η παραγωγή ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου γίνεται αποκλειστικά από ΑΠΕ. Η ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ αντικαθιστά την ενέργεια που παράγεται από συμβατικά καύσιμα όπως στις άλλες κατηγορίες.

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε αναλυτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε κατηγορίας ZEB :

Πίνακας 8 : Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε κατηγορίας ZEB

Ορισμός	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Παρατηρήσεις
Site ZEB	<ol style="list-style-type: none"> 1. Εύκολο στην εφαρμογή. 2. Επαληθεύσιμες μετρήσεις στην τοποθεσία του. 3. Συντηρητική προσέγγιση στην επίτευξη ZEB 4. Οι εξωτερικοί παράγοντες δεν το επηρεάζουν πολύ. 5. Εύκολο στην κατανόησή του. 6. Ενισχύει τον ενεργειακά 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Απαιτεί περισσότερα Φ/Β πάνελ. 2. Δεν περιλαμβάνει όλα τα λειτουργικά έξοδα. 3. Δεν εξισώνει τις μορφές ενέργειας. 4. Δεν λαμβάνονται υπόψη οι ρύποι που παράγονται από κάθε μορφή ενέργειας. 	

	αποδοτικό σχεδιασμό.		
Source ZEB	<ol style="list-style-type: none"> 1. Εξισώνει τις διάφορες μορφές ενέργειας με βάση την πρωτογενή. 2. Καλύτερο μοντέλο όσον αφορά το εθνικό σύστημα. 3. ZEB που δημιουργείται σχετικά εύκολα. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Δε λαμβάνει υπόψη τους ρύπους που παράγει κάθε μορφή ενέργειας. 2. Δε λαμβάνει υπόψη όλο το κόστος της ενέργειας. 3. Οι υπολογισμοί σε πρωτογενή ενέργεια είναι πολύ μεγάλοι. 4. Δεν εστιάζει πολύ στον ενεργειακό σχεδιασμό. 	Απαιτούνται συντελεστές μετατροπής καταναλισκόμενης ενέργειας σε πρωτογενή που απαιτούν αρκετές πληροφορίες για να καθοριστούν.
Cost ZEB	<ol style="list-style-type: none"> 1. Εύκολο στην εφαρμογή και στην μέτρηση. 2. Οι νόμοι της αγοράς έχουν ως αποτέλεσμα μια καλή ισορροπία μεταξύ των διαφόρων μορφών καυσίμων. 3. Επιτρέπει τον έλεγχο στην πλευρά της ζήτησης της ενέργειας (κατανάλωση). 4. Ελέγξιμο μέσω των λογαριασμών. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Όχι σημαντική επίδραση σε εθνικό επίπεδο, γιατί μπορεί η αποθήκευση ενέργειας από PV να είναι πιο συμφέρουσα από την εξαγωγή στο δίκτυο. 2. Απαιτεί μετρητές, ώστε η εξαγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, να αντισταθμίσει τις χρεώσεις της εισαγόμενης ενέργειας και των υπηρεσιών. 3. Οι ασταθείς τιμές της ενέργειας κάνουν δύσκολη την επίτευξή του. 	Απαιτεί κάθε μήνα service και άλλες χρεώσεις. Αν οι μετρητικές διατάξεις δεν λειτουργούν καλά και ξεπεράσουν τα όρια χωρητικότητας, αλλάζουν και οι τιμές της εισαγόμενης και εξαγόμενης ενέργειας.
Emissions ZEB	<ol style="list-style-type: none"> 1. Το καλύτερο μοντέλο ZEB 		Απαιτεί κατάλληλους συντελεστές

	<p>για πράσινη ανάπτυξη.</p> <p>2. Λαμβάνει υπόψη τους συντελεστές μόλυνσης των μορφών ενέργειας.</p> <p>3. Ευκολότερο ZEB για να επιτευχθεί.</p>		εκπομπής ρύπων.
--	---	--	-----------------

1.5.3 Λόγοι μη εκτεταμένης κατασκευής ΚΣΜΚΕ

Τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας την σήμερα παρουσιάζουν πρόβλημα στο πρόγραμμα εκτεταμένης κατασκευής, διότι υπάρχει ανεπάρκεια χρηματοδοτικών σχεδίων και γιατί οι επαγγελματικές γνώσεις που απαιτούνται δεν είναι επαρκείς και δεν υπάρχει επαγγελματική εμπειρία. Παρατηρείται ότι οι περισσότερες χώρες θέτουν προβληματισμό στην διάδοση καινοτόμων τεχνικών λύσεων εξοικονόμησης ενέργειας μεταξύ σχεδιαστών και επαγγελματιών στον τομέα των κατασκευών, καθώς και γενική έλλειψη γνώσεων. Για να αντιμετωπιστούν τα συγκεκριμένα ζητήματα θα πρέπει να γίνει ουσιαστική συγκεκριμενοποίηση των χαρακτηριστικών, ιδιοτήτων, δεξιοτήτων και τεχνολογιών της κάθε κατηγορίας ZEB, με σκοπό να υπάρχει όσο το δυνατόν λιγότερες ασάφειες κατά την κατασκευή. Οι επαγγελματίες που ασχολούνται με τα ZEB για την εκπλήρωση του συγκεκριμένου σκοπού, θα πρέπει να διευκολυνθούν μέσω της κατηγοριοποίησης των τομέων εξειδίκευσής τους. Οι τομείς αυτοί είναι η διαχείριση ενέργειας, η παραγωγή ενέργειας, η μείωση ενέργειας και οι διεπιστημονικές δεξιότητες. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει δυναμικές προσπάθειες για την επίλυση του προβλήματος κατασκευής – πώλησης των ZEB, με ενθάρρυνση νέων κατασκευών καθώς και με ριζικές και ουσιαστικές ανακαινίσεις.

2. Οικονομοτεχνική μελέτη

2.1 Κτίριο ενεργειακής κατηγορίας B ή κτίριο αναφοράς

2.1.1 Πλάνο οικονομιοτεχνικής μελέτης

Ως κτίριο αναφοράς θεωρούμε το κτίριο που ανήκει στην ενεργειακή κατηγορία Β του ΚΕΝΑΚ και πληροί τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις. Τα κτίρια αναφοράς αποτελούν κριτήριο για την σύγκριση τους με ένα υπό εξέταση νέο ή ανακαινιζόμενο κτίριο, προκειμένου να μελετηθεί αν το υπό εξέταση κτίριο είναι ενεργειακά αποδεκτό από την ελληνική νομοθεσία (δηλαδή τον ΚΕΝΑΚ).

Στην προκειμένη περίπτωση θα ασχοληθούμε με την οικονομοτεχνική μελέτη ενός κτιρίου με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, το οποίο θα έχει τις προδιαγραφές της ενεργειακής κατηγορίας Β (δηλαδή όπως ένα κτίριο αναφοράς). Πιο συγκεκριμένα θα ασχοληθούμε με :

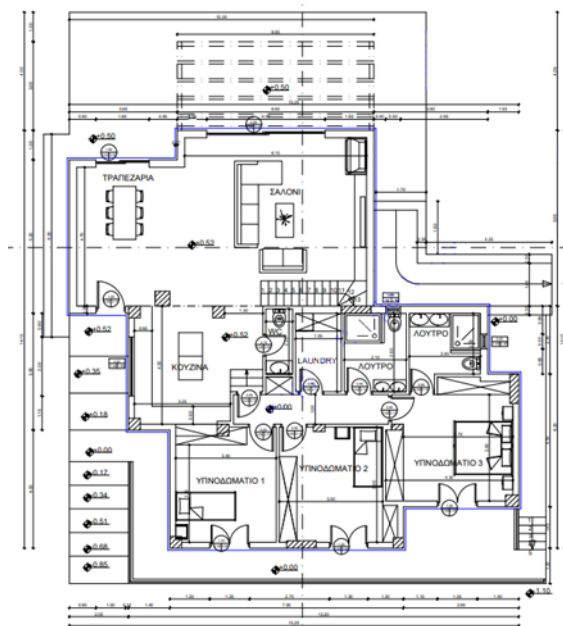
1. Το κόστος των οικοδομικών εργασιών (προϋπολογισμός οικοδομής)
2. Τα λειτουργικά έξοδα τα οποία είναι :
 - i. Κόστος θέρμανσης
 - ii. Κόστος ψύξης
 - iii. Κόστος ηλεκτρισμού για συσκευές
 - iv. Κόστος για ζεστό νερό χρήσης (ΖΝΧ)

Για να πραγματοποιήσουμε μια άρτια οικονομοτεχνική μελέτη, οφείλουμε σε αρχικό στάδιο να συγκεκριμενοποιήσουμε τα χαρακτηριστικά του κτιρίου που θα μελετήσουμε με σκοπό να έχουμε ένα σημείο αναφοράς και μια κατάλληλη βάση δεδομένων.

2.1.2 Προσδιορισμός χαρακτηριστικών κτιρίου

Η οικονομοτεχνική μας μελέτη αφορά την περιοχή της Αττικής και συγκεκριμένα την Αθήνα. Η συγκεκριμένη διευκρίνιση είναι σχετική με την κλιματική ζώνη του ΚΕΝΑΚ στην οποία ανήκει το κτίριο μας. Ο χάρτης με τις κλιματικές ζώνες του ΚΕΝΑΚ παρατίθεται στο εισαγωγικό μέρος και η περιοχή της Αττικής άρα και το κτίριό μας ανήκουν στην κλιματική ζώνη Β.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την διεκπεραίωση της οικονομοτεχνικής μελέτης είναι ο προσδιορισμός του σχεδίου του κτιρίου, καθώς είναι απαραίτητος τόσο στον οικοδομικό προϋπολογισμό, όσο και στον λειτουργικό. Το σχέδιο του κτιρίου είναι το εξής :



Εικόνα 5 : Σχέδιο εξεταζόμενου κτιρίου

Παρατηρώντας το σχέδιο διαπιστώνουμε ότι αποτελείται από τρία υπνοδωμάτια, δύο λουτρά, ένα πλυσταριό, μια τουαλέτα, την κουζίνα, το σαλόνι και την τραπεζαρία. Επιπλέον έχει μόνο έναν όροφο (ισόγειο), ύψος 3,20 m και είναι 91 τετραγωνικά μέτρα.

Η οικοδομή μας έχει εξωτερικό τοίχο που αποτελείτε από διπλό τούβλο, ενώ οι εσωτερικοί τοίχοι έχουν κατασκευαστεί από μονό. Το μήκος του εξωτερικού τοίχου είναι 40 m και των εσωτερικών τοιχωμάτων είναι 37,74 m. Αυτό συνεπάγεται ότι το εμβαδόν του εξωτερικού τοίχου ισούται με ύψος επί μήκος : $E_{εξ} = 40 \text{ m} \times 3,20 \text{ m} = 128 \text{ m}^2$. Το ίδιο ισχύει και για τους εσωτερικούς τοίχους $E_{εσ} = 37,74 \text{ m} \times 3,20 \text{ m} = 120,768 \text{ m}^2$.

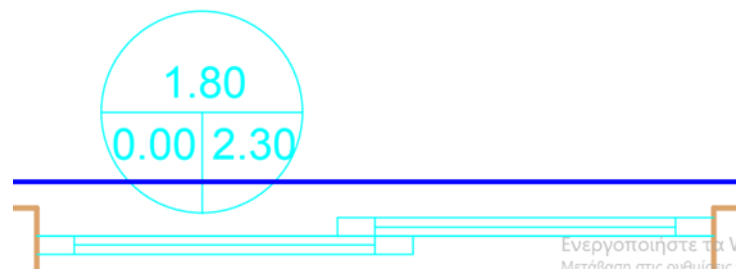
Σκυρόδεμα επίσης θα χρησιμοποιήσουμε στο δάπεδο και στην οροφή για λόγους μόνωσης με πάχος 0,2 m.

Με τετράγωνα και ορθογώνια παραλληλόγραμμα σε έντονη διαγράμμιση απεικονίζονται οι κολώνες, οι οποίες έχουν δύο ειδών διατομές 0,6 m x 0,6 m και 1 m x 0,3 m για τετράγωνα και ορθογώνιες διατομές αντίστοιχα. Για την εύρεση του όγκου της μιας κολώνας (δηλαδή την ποσότητα του σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή της πολλαπλασιάζουμε την διατομή με το ύψος της οικοδομής (3,20 m)). Στο σχήμα μας έχουμε 3 κολώνες ορθογώνιας διατομής και 9 τετράγωνης, δηλαδή :

- $1 \times 0,3 \times 3,20 \times 3 = 2,88 \text{ m}^3$
- $0,6 \times 0,6 \times 3,20 \times 9 = 10,368 \text{ m}^3$

Οπότε η συνολική ποσότητα σκυροδέματος για τις κολώνες είναι $\underline{2,88 \text{ m}^3 + 10,368 \text{ m}^3}$
 $= \underline{13,248 \text{ m}^3}$

Τα παράθυρα, τα οποία έχουν τρεις αριθμούς όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα :



Εικόνα 6 : Συμβολισμός παραθύρου στο σχέδιο του υπό εξεταζόμενου κτιρίου

Ο πάνω αριθμός (1,80) είναι το μήκος του παραθύρου σε μέτρα, ο κάτω αριστερά (0,00) είναι η απόσταση που βρίσκεται από το έδαφος σε μέτρα το κάτω μέρος του παραθύρου (πόδι). Ενώ ο κάτω δεξιά (2,30) είναι η απόσταση που βρίσκεται από το έδαφος σε μέτρα το πάνω μέρος του παραθύρου (πρέκι). Το ύψος του παραθύρου είναι = πρέκι – πόδι, δηλαδή $2,30 - 0 = 2,30 \text{ m}$. Οπότε το **εμβαδόν** του παραθύρου είναι ύψος x μήκος, δηλαδή $E = 2,30 \times 1,80 = 4,14 \text{ m}^2$. Για να βρω το συνολικό εμβαδόν των παραθύρων προσθέτω όλα τα εμβαδά των παραθύρων. Το συνολικό εμβαδόν όλων των παραθύρων προκύπτει ότι είναι : $E_{\text{παρ}} = 40,5 \text{ m}^2$ ενώ το εμβαδόν των εξωτερικών παραθύρων είναι $E_{E\text{ξ.παρ}} = 27,1 \text{ m}^2$.

Το οικοδομικό κτίσμα του σχεδίου για να πληροί τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις είναι απαραίτητη η μείωση απώλειας ενέργειας. Για τον σκοπό αυτό οφείλουμε να προσθέσουμε μόνωση περιμετρικά του κτιρίου μας. Για το συγκεκριμένο κτίριο που ανήκει στην ενεργειακή κατηγορία B η μόνωση θα έχει πάχος της τάξεως των 5 cm.

Η περίμετρος του κτιρίου είναι 58,7 m, οπότε προκύπτει ότι το εμβαδόν της μόνωσης πάχους 5 cm είναι $E_{\text{μον}} = 58,7 \text{ m} \times 3,20 \text{ m} \Leftrightarrow \underline{E_{\text{μον}} = 187,84 \text{ m}^2}$

Εν κατακλείδι το κτίριο που θα μελετήσουμε έχει τα εξής χαρακτηριστικά :

Πίνακας 9 : Χαρακτηριστικά του υπό εξεταζόμενου κτιρίου

ΛΕΛΟΜΕΝΑ	ΜΟΝΑΔΑ	ΤΙΜΗ
ΕΜΒΑΔΟΝ ΚΤΙΡΙΟΥ	m ²	91
ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΤΟΙΧΩΝ	m ²	128
ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΤΟΙΧΩΝ	m ²	120,768
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΚΟΛΩΝΩΝ	m ³	13,248
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ	m ²	40,5
ΕΜΒΑΔΟΝ ΜΟΝΩΣΗΣ	m ²	187,84
ΠΑΧΟΣ ΠΑΤΩΜΑΤΟ -ΟΡΟΦΗΣ	m ²	0,2

2.1.3 Προϋπολογισμός οικοδομικών εργασιών

(ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗ)

Το συγκεκριμένο κοστολόγιο προκύπτει από την << Παροχή οδηγιών σχετικά με το Π.Δ. 515/89 και της 81304/90 απόφασης (ΦΕΚ. 8868) >> του τεε, αλλά και έπειτα από έρευνα αγοράς.

Πίνακας 10 : Κοστολόγιο κτιρίου αναφοράς

	Μονάδα	τιμή μονάδος €
Οπλισμένο σκυρόδεμα	m ³	146,74
Πλινθοδομές δρομικές	m ²	8,22
Ασβεστοσιμεντοκονιαματα τριπτά	m ²	5,86
Πλακίδια κεραμικά ή πορσελάνης	m ²	35,22
Ρολλά πλαστικά	m ²	35,22
Ανοιγόμενα περιστρ. κουφώματα αλουμινίου	m ²	105,64
θερμομόνωση-υγρομόνωση δώματος	m ²	29,34
Διπλοί θερμομονωτικοί	m ²	38,16
Μονωση 5 cm	m ²	40

Με βάση το παραπάνω τιμολόγιο αξιολογούμε την κοστολόγηση των οικοδομικών εργασιών. Πιο συγκεκριμένα η κοστολόγηση περιλαμβάνει τα εξής :

- Το κόστος του οπλισμένου σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε για το χτίσιμο της οικοδομής.

- Το κόστος των δρομικών πλινθοδομών (τούβλων) που χρησιμοποιήθηκαν για το χτίσιμο της οικοδομής.
- Το κόστος των τριπτών ασβεστοτσιμεντοκονιαμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για το χτίσιμο της οικοδομής.
- Το κόστος των κεραμικών ή πορσελάνινων πλακιδίων.
- Το κόστος των πλαστικών ρολών των παραθύρων που χρησιμοποιήθηκαν για το χτίσιμο της οικοδομής.
- Το κόστος των ανοιγόμενων περιστρεφόμενων κουφωμάτων αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκαν για το χτίσιμο των παραθύρων της οικοδομής.
- Το κόστος θερμομόνωσης-υγρομόνωσης της οικοδομής.
- Το κόστος των διπλών θερμομονωτικών των παραθύρων της οικοδομής.
- Το κόστος της μόνωσης 5 cm που χρησιμοποιήθηκε περιμετρικά του οικοδομικού χτίσματος.
- Το κόστος των ηλεκτρονικών εγκαταστάσεων της κατοικίας.
- Το κόστος των ειδών υγιεινής της κατοικίας.
- Το κόστος των υδραυλικών εγκαταστάσεων της κατοικίας
- Το κόστος των ειδών θέρμανσης της κατοικίας.
- Το κόστος των ειδών ψύξης της κατοικίας

Χρησιμοποιώντας ως βάση δεδομένων τον πίνακα χαρακτηριστικών και το τιμολόγιο προκύπτουν οι εξής τιμές :

Οπλισμένο σκυρόδεμα

Στο οικοδομικό μας χτίσμα χρησιμοποιήθηκε οπλισμένο σκυρόδεμα για την κατασκευή των κολώνων. Επίσης χρησιμοποιήθηκε για την κάλυψη της επιφάνειας του δαπέδου και της οροφής με πάχος 0.2 m, με σκοπό την καλύτερη μόνωση της κατοικίας.

Πίνακας 11 : Κοστολόγηση σκυροδέματος κτιρίου αναφοράς

	Τιμή μονάδας €/m³	Ποσότητα m³	Σύνολο €*
Κολώνες	146,74	13,248	1944,01
Οροφή - Δάπεδο	146,74	36,4**	5341,34

*Σύνολο = Τιμή μονάδας x Ποσότητα

**36,4 = 91 x 0,2 x 2. Ο αριθμός 91 είναι τα τετραγωνικά μέτρα του δαπέδου και της οροφής ξεχωριστά, για αυτό πολλαπλασιάζουμε επί 2 για τα συνολικά τετραγωνικά μέτρα. Ο αριθμός 0,2 είναι το πάχος του σκυροδέματος σε οροφή και δάπεδο.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ=7285,35 € (1)

Δρομικές πλινθοδομές

Οι δρομικές πλινθοδομές περιγράφουν τα τούβλα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του χτίσματος. Για τους εξωτερική τοίχιση χρησιμοποιήθηκε διπλό τούβλο, ενώ για την εσωτερική μόνο.

Πίνακας 12 : Κοστολόγηση δρομικών πλινθοδομών κτιρίου αναφοράς

	Τιμή μονάδας €/m ²	Ποσότητα m ²	Σύνολο €
Εξωτερικοί τοίχοι	8,22	256*	2104,32
Εσωτερικοί τοίχοι	8,22	120,768	992,71

* 256 = 128 x 2. Ο αριθμός 128 αντιστοιχεί στο εμβαδόν της εξωτερικής τοίχισης ο οποίος πολλαπλασιάζεται επί 2, επειδή χρησιμοποιήθηκε διπλό τούβλο.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΔΡΟΜΙΚΩΝ ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΩΝ = 3097,03 € (2)

Ασβεστοτσιμεντοκονιάματα τριπτά

Τα τριπτά ασβεστοτσιμεντοκονιάματα αποτελούν τον σοβά με συνδετική ύλη το τσιμέντο ή τον πολτό ασβέστου ή την κονιοποιημένη υδράσβεστο.

Πίνακας 13 : Κοστολόγηση Ασβεστοτσιμεντοκονιαμάτων τριπτών κτιρίου αναφοράς

	Τιμή μονάδας €/m ²	Ποσότητα m ²	Σύνολο €
Εξωτερικοί τοίχοι	5,86	256*	1500,16
Εσωτερικοί τοίχοι	5,86	241,536*	1415,40

*Και στις δύο περιπτώσεις οι αριθμοί αντιστοιχούν στο εμβαδόν της επιφάνειας της τοίχισης επί 2, επειδή πρέπει να σοβατιστούν με ασβεστοτσιμεντοκονιάματα τριπτά και οι δύο επιφάνειες των τοίχων

**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΣΒΕΣΤΟΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΣΜΑΤΩΝ ΤΡΙΠΤΩΝ = 2915,56
€ (3)**

Κεραμικά ή πορσελάνινα πλακίδια

Χρησιμοποιούνται για την κάλυψη του δαπέδου και της ταράτσας της κατοικίας.

Πίνακας 14 : Κοστολόγηση κεραμικών ή πορσελάνινων πλακιδίων κτιρίου αναφοράς

	Τιμή μονάδας €/m²	Ποσότητα m²	Σύνολο €
Οροφή - Δάπεδο	35,22	182*	6410,04

*Ίδια λογική με πριν στο οπλισμένο σκυρόδεμα, με την διαφορά ότι δεν έχουμε πάχος

**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ Ή ΠΟΡΣΕΛΑΝΙΝΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ = 6410,04 €
(4)**

Πλαστικά ρολά

Τα κλασικά πλαστικά ρολά παραθύρων που χρησιμοποιούνται για να καλύψουν όλη την επιφάνεια των παραθύρων.

Πίνακας 15 : Κοστολόγηση πλαστικών ρολών κτιρίου αναφοράς

	Τιμή μονάδας €/m²	Ποσότητα m²	Σύνολο €
Παράθυρα	35,22	40,5	1426,41

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΡΟΛΩΝ = 1426,41 € (5)

Ανοιγόμενα περιστρεφόμενα κουφώματα αλουμινίου

Τα κλασικά ανοιγόμενα περιστρεφόμενα κουφώματα αλουμινίου που χρησιμοποιούνται σε παράθυρα.

Πίνακας 16 : Κοστολόγηση ανοιγόμενων περιστρεφόμενων κουφωμάτων αλουμινίου κτιρίου αναφοράς

	Τιμή μονάδας €/m ²	Ποσότητα m ²	Σύνολο €
Παράθυρα	105,64	40,5	4278,42

**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΟΙΓΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΚΟΥΦΟΜΑΤΩΝ
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ = 4278,42 € (6)**

Θερμομόνωση-υγρομόνωση δώματος

Πρόκειται για την θερμομόνωση και για την υγρομόνωση ολόκληρου του κτιρίου, η οποία τοποθετείται μόνο στην οροφή και όχι στο δάπεδο. Αυτό συμβαίνει, διότι οι μεγαλύτερες θερμικές απώλειες προέρχονται από την οροφή, ενώ στο δάπεδο η θερμική απώλεια είναι μηδαμινή. Επίσης για καιρικά φαινόμενα όπως βροχη.

Πίνακας 17 : Κοστολόγηση θερμομόνωσης-υγρομόνωσης δώματος κτιρίου αναφοράς

	Τιμή μονάδας €/m ²	Ποσότητα m ²	Σύνολο €
Οροφή	29,34	91	2669,94

**ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ = 2669,94 €
(7)**

Διπλοί θερμομονωτικοί

Οι διπλοί θερμομονωτικοί χρησιμοποιούνται στα παράθυρα προκειμένου να μειώσουν την θερμική απώλεια της κατοικίας. Τα παράθυρα χρίζουν έντονης προσοχής για την λήψη

μέτρων μείωσης της θερμικής απώλειας, επειδή αποτελούν μια από τις κύριες πηγές της (θερμικής απώλειας).

Πίνακας 18 : Κοστολόγηση διπλών θερμομονωτικών κτιρίου αναφοράς

	Τιμή μονάδας €/m²	Ποσότητα m²	Σύνολο €
Παράθυρα	38,16	40,5	1545,48

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΠΛΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ = 1545,48 € (8)

Μόνωση 5 cm

Η μόνωση των 5 εκατοστών όπως έχει προαναφερθεί τοποθετείται περιμετρικά του κτιρίου και είναι απαραίτητη για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μέσω την μείωσης απώλειας ενέργειας της κατοικίας.

Πίνακας 19 : Κοστολόγηση μόνωση 5 cm κτιρίου αναφοράς.

	Τιμή μονάδας €/m²	Ποσότητα m²	Σύνολο €
Μόνωση 5 cm	40	187,84	7513,60

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΩΣΗΣ 5 cm = 7513,60 € (9)

Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κατοικίας

Αποτελεί το κόστος των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ανά τετραγωνικό μέτρο (ηλεκτρικό κύκλωμα, πίνακας, ασφάλειες κτλ.).

Πίνακας 20 : Κοστολόγηση ηλεκτρικών εγκαταστάσεων κατοικίας κτιρίου αναφοράς.

	Τιμή μονάδας €/m²	Ποσότητα m²	Σύνολο €
Ηλ. εγκαταστάσεις	11,74	91	1068,34

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ = 1068,34 € (10)

Είδη υγιεινής

Τα είδη υγιεινής περιλαμβάνουν δύο πλήρες σετ λουτρού των οποίων το κόστος τους ανέρχεται στα 469,56 € x 2= 939,12 €. Επίσης περιλαμβάνουν νεροχύτη και μπαταρία κουζίνας των οποίων το κόστος και των δύο μαζί είναι 176,08 €. Οπότε :

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΙΔΩΝ ΥΓΙΕΙΝΗΣ = 1115,20 € (11)

Υδραυλικές εγκαταστάσεις

Οι υδραυλικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν ύδρευση και αποχέτευση πλήρους λουτρού με τιμή 645,64 €, καθώς και ύδρευση – αποχέτευση κουζίνας κόστος 352,16 €. Οπότε :

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ = 997,8 € (12)

Ηλιακός συλλέκτης

Το κόστος του ηλιακού συλλέκτη ανέρχεται στα 880,42 €.

ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ = 880,42 € (13)

Θέρμανση-ψύξη

Για την ψύξη της κατοικίας θα χρησιμοποιήσουμε απλά 4 κλιματιστικά, δηλαδή ένα σε κάθε υπνοδωμάτιο (έχουμε τρία υπνοδωμάτια) και ένα στο σαλόνι, τα οποία κοστίζουν 1000 € το κάθε ένα, οπότε **4000 €** συνολικά.

Για την θέρμανση θα πρέπει να υπολογίσουμε τα κόστη για λέβητα πετρελαίου, δεξαμενή πετρελαίου, τις απαραίτητες σωληνώσεις και τον εξοπλισμό του λεβητοστάσιου (κυκλοφορητής, δοχείο διαστολής, καυστήρας, ασφαλιστικό).

Πίνακας 21 : Κοστολόγηση ειδών θέρμανσης-ψύξης κτιρίου αναφοράς.

	ΤΙΜΕΣ €
Λέβητας πετρελαίου	3000
Δεξαμενή πετρελαίου	800
Σωληνώσεις	1000
Εξοπλισμός λεβητοστάσιου	750
ΣΥΝΟΛΟ	5550 €

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ-ΨΥΞΗΣ = 9550 € (14)

Το **συνολικό κόστος 1** είναι ίσο με το άθροισμα από το (1) έως το (14), το οποίο συνεπάγεται με :

ΚΑΘΑΡΟ ΚΟΣΤΟΣ 1 = 50753,59 €

Για να υπολογιστεί το ολικό κόστος για τις οικοδομικές εργασίες θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν το κόστος εργασιών, τους απρόβλεπτους παράγοντες κατά την κατασκευή του κτιρίου μας και τέλος την φορολογία (ΦΠΑ=24%).

- Το κόστος εργασιών είναι ίσο με το συνολικό κόστος 1 επί 20%, δηλαδή **ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ = 10150,72 €**
- Το κόστος των απρόβλεπτων παραγόντων είναι ίσο με το συνολικό κόστος 1 επί 8 %. **ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΩΝ = 4060,29 €**
- **ΦΠΑ= 12180,86 €**

Τέλος το ολικό κόστος για τις οικοδομικές μας εργασίες είναι ίσο με το συνολικό 1 + κόστος εργασιών + κόστος απρόβλεπτων + ΦΠΑ, αυτό συνεπάγεται με :

ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 1 = 77.145 € ≈ 77.200 €

2.1.4 Κόστος θέρμανσης

ΒΗΜΑ 1

Για την εύρεση του κόστους θέρμανσης, οφείλουμε πρώτα να αναλύσουμε ορισμένα άλλα μεγέθη. Τα μεγέθη αυτά είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας U , ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας H , η ισχύς P_q , η ενέργεια E_q και οι βαθμοημέρες θέρμανσης **HDD** (Heating degree days). Το κάθε μέγεθος είναι διαφορετικό για κάθε επιφάνεια.

ΒΗΜΑ 2

Έπειτα έχοντας ορίσει και αθροίσει την ενέργεια E_q για κάθε επιφάνεια, διαιρούμε με τον βαθμό απόδοσης συστήματος θέρμανσης α , όπου $E_q / \alpha =$ **κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση**.

ΒΗΜΑ 3

Με την εύρεση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και γνωρίζοντας ότι η θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου είναι 9,77 kWh/lit, βρίσκουμε την ποσότητα του πετρελαίου που θα καταναλωθεί (όλα τα μεγέθη είναι ετησία επειδή και οι βαθμοημέρες μας είναι ετήσιες).

ΒΗΜΑ 4

Κόστος πετρελαίου = ποσότητα πετρελαίου x τιμή πετρελαίου (€/lit)

2.1.4.1 Ανάλυση για Βήμα 1

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, ως συντελεστής θερμοπερατότητας U με μονάδες $W/m^2 \cdot K$ ορίζεται η ποσότητα θερμότητας σε Watt που περνά μέσα από ένα τετραγωνικό ενός δομικού στοιχείου, ορισμένου πάχους d σε ορισμένο χρονικό διάστημα μίας ώρας, όταν μεταξύ των δύο επιφανειών υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν.

Για κάθε επιφάνεια όπως είναι λογικό έχω διαφορετικό U και σύμφωνα με την "ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 - ΤΕΕ" το U δεν πρέπει να ξεπερνάει τις τιμές του παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 22 : Μέγιστα επιτρεπτά όρια του συντελεστή θερμοπερατότητας για κάθε κλιματική ζώνη ανά επιφάνεια (άρθρο 8 του ΚΕΝΑΚ).

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [$W/(m^2 \cdot K)$]			
	Ζώνη Α'	Ζώνη Β'	Ζώνη Γ'	Ζώνη Δ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,55	0,45	0,40	0,35
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Γυάλινη πρόσσφι κτρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,10	1,90	1,75	1,70
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,00	4,60	4,30	4,00
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	5,00	4,60	4,30	4,00
Γυάλινη πρόσσφι κτρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	3,80	3,40	3,00	2,80

Πίνακας 23 : Μέγιστα επιτρεπτά όρια του συντελεστή θερμοπερατότητας για την Β κλιματική ζώνη (άρθρο 8 του ΚΕΝΑΚ) και εμβαδόν των αντίστοιχων επιφανειών.

	Επιφάνεια Α (m^2)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U ($W/m^2 \cdot K$)
Εξωτερικοί τοίχοι	128	0,42
Κολώνες	24,64	0,45
Οροφή	91	0,4
Παράθυρα	27,1	2,6
Δάπεδο	91	0,9

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας για τους εξωτερικούς τοίχους, έχει την τιμή 0,42 και όχι 0,45 διότι οι κολώνες έχουν πάντοτε μια ελαφρώς μεγαλύτερη τιμή.

Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας **H** ισούται με τον συντελεστή θερμοπερατότητας επί την επιφάνεια, για κάθε επιφάνεια. Δηλαδή **H=AxU** :

Πίνακας 24 : Μέγιστα επιτρεπτά όρια του συντελεστή θερμοπερατότητας για την Β κλιματική ζώνη, εμβαδόν αντίστοιχων επιφανειών και τιμές συντελεστών μεταφοράς θερμότητας.

	Επιφάνεια A (m²)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m²*K)	Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας H (W/K)
Εξωτερικοί τοίχοι	128	0,42	53,76
Κολώνες	24,64	0,45	11,088
Οροφή	91	0,4	36,4
Παράθυρα	27,1	2,6	70,46
Δάπεδο	91	0,9	81,9

Η Ισχύς **P_q** είναι ίση με τον συντελεστή μεταφοράς θερμότητας **H** επί την διαφορά θερμοκρασίας **ΔT** που επικρατεί εντός της κατοικίας και στο περιβάλλον. Στην προκειμένη περίπτωση θα πάρουμε σαν διαφορά θερμοκρασίας τους 20 °C, με το σκεπτικό ότι ένα σπίτι τον χειμώνα διατηρεί με θέρμανση την θερμοκρασία των 20-25 °C και σε ελαφρώς δυσμενές συνθήκες στην περιοχή της Αττικής η θερμοκρασία αγγίζει τους 1-5 °C.

Πίνακας 25 : Τιμές επιφανειών (A) , συντελεστή θερμοπερατότητας (U), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT) και ισχύος (P_q)

	A (m ²)	U (W/m ² *K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P _q (W)
Εξωτερικοί τοιχοί	128	0,42	53,76	20	1075,2
Κολώνες	24,64	0,45	11,088	20	221,76
Οροφή	91	0,4	36,4	20	728
Παράθυρα	27,1	2,6	70,46	20	1409,2
Δάπεδο	91	0,9	81,9	20	819

Ως E_q ορίζουμε την ενέργεια που θα καταναλωθεί για την θέρμανση της κατοικίας σε διάστημα μίας χρονιάς. Η ενέργεια ισούται με $E_q = H * HDD * 24 / 1000$. Όπου HDD οι βαθμοημέρες με μονάδες Days*°C.

Για την εύρεση των βαθμοημερών χρησιμοποιήσαμε στατιστικά στοιχεία από την ιστοσελίδα <https://meteosearch.meteo.gr/> του εθνικού αστεροσκοπείου Αθηνών, του ινστιτούτου ερευνών περιβάλλοντος. Τα στατιστικά στοιχεία αφορούσαν διάφορα γεωγραφικά διαμερίσματα και το κάθε γεωγραφικό διαμέρισμα είχε σταθμούς. Για την περίπτωση που μελετάμε, επιλέξαμε το γεωγραφικό διαμέρισμα της Αττικής και σαν σταθμό το κέντρο (γκάζι). Τα στατιστικά στοιχεία που παρέχονταν ήταν από το 2009 έως το 2019, για κάθε μήνα ξεχωριστά. Οπότε για κάθε χρόνο προστέθηκαν όλες οι μηνιαίες βαθμοημέρες και προέκυψαν οι βαθμοημέρες της κάθε χρονιάς. Από τις βαθμοημέρες της κάθε χρονιάς χρησιμοποιήσαμε τον μέσο όρο ο οποίος είναι 953,75 Days*°C.

Ο πολλαπλασιασμός 24/1000 είναι για την μετατροπή των μονάδων σε κιλοβατώρες.

Πίνακας 26 : Τιμές επιφανειών (A), συντελεστή θερμοπερατότητας (U), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμοημερών (HDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για θέρμανση (E_q)

	A (m ²)	U (W/m ² *K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P _q (W)	HDD (Days*°C)	E _q (KWh)
Εξωτερικοί τοιχοί	128	0,42	53,76	20	1075,2	953,75	1.230,566
Κολώνες	24,64	0,45	11,088	20	221,76	953,75	253,804

Οροφή	91	0,4	36,4	20	728	953,75	833,196
Παράθυρα	27,1	2,6	70,46	20	1409,2	953,75	1.612,829
Δάπεδο	91	0,9	81,9	20	819	953,75	937,346

Επίσης θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν τον νωπό αέρα, δηλαδή τον αερισμό της κατοικίας για λόγους υγείας και ανανέωσης του αέρα. Σύμφωνα με "ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 - ΤΕΕ" ο νωπός αέρας που χρειάζεται μια κατοικία είναι $0,75 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ και αν πολλαπλασιάσουμε με τα τετραγωνικά μέτρα της μονοκατοικίας (91) και διαιρέσουμε 3.600 (για μετατροπή της ώρας σε δευτερόλεπτα), τότε θα έχουμε $0,01896 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν τον αέρα που διεισδύει από τα παράθυρα, όπου σύμφωνα με "ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 - ΤΕΕ" στον πίνακα 3.24 η <<Κλάση αεροπερατότητας με βάση τη συνολική επιφάνεια του κουφώματος>> είναι η 2 (για ενεργειακή κατηγορία Β), που αντιστοιχεί σε $4,1 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2 \approx 0,03086 \text{ m}^3/\text{sec}$ αέρα (πολλαπλασιάζοντας με 27,1 και διαιρώντας με 3600).

Η πυκνότητα του αέρα είναι $\rho=1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ και η σταθερά $C_p=1.006 \text{ J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ και με το γινόμενο των $\text{m}^3/\text{sec}\cdot\rho\cdot C_p$, προκύπτει ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας **H**.

Τέλος με τον ίδιο τρόπο προκύπτουν η ισχύς P_q και η ενέργεια E_q .

Πίνακας 27 : Τιμές επιφανειών (A), $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$, m^3/sec , πυκνότητας αέρα (ρ), σταθεράς (C_p), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμομερών (HDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για θέρμανση (E_q)

A (m^2)	$\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$	m^3/sec	ρ (kg/m^3)	C_p ($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$)	H (W/K)	ΔT ($^\circ\text{C}$)	P_q (W)	HDD ($\text{Days}\cdot^\circ\text{C}$)	E_q (KWh)
91	0,75	0,01896	1,2	1006	22,8865	20	457,73	953,75	523,872
27,1	4,1	0,03086	1,2	1006	37,2589	20	745,178	953,75	852,856

2.1.4.2 Ανάλυση για Βήμα 2

Έχοντας ορίσει την ενέργεια E_q για όλες τις επιφάνειες αλλά και για τον νωπό αέρα το **$E_{\text{ολ}}= 6.244,47 \text{ kWh}$** (1)

Ο βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης είναι ίσος με το γινόμενο του βαθμού απόδοσης του λέβητα (0,9) με τον βαθμό απόδοσης του καλοριφέρ (0,9). Οπότε **B.A=0,9x0,9**
≈ 0,8 (2)

Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση ισούται με **E_{Qολ}/B.A. (3)**

Από (1),(2),(3) προκύπτει ότι :

Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση = 7.805,59 kWh

2.1.4.3 Ανάλυση για Βήμα 3

Γνωρίζουμε ότι η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου είναι **9,77 kWh/lit** και από το βήμα 2 η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση είναι **7.805,59 kWh**. Τότε η ποσότητα του πετρελαίου προς κατανάλωση είναι **7.805,59 kWh / 9,77 kWh/lit**

Ποσότητα πετρελαίου προς κατανάλωση=798,93 lit

2.1.4.4 Ανάλυση για Βήμα 4

Τέλος η εύρεση του κόστους θέρμανσης που είναι το ζητούμενο είναι απλή, διότι το κόστος θέρμανσης ισούται με το γινόμενο της ποσότητας πετρελαίου και της τιμής του (€/lit). Επειδή η τιμή του πετρελαίου μεταβάλλεται συνεχώς ανάλογα με τις συνθήκες της παγκόσμια αγοράς, θα κάνουμε την οικονομοτεχνική μας μελέτη με μια τιμή η οποία είναι σύνηθες, σε κανονικές συνθήκες, δηλαδή **0,8 €/lit**.

Οπότε το ετήσιο κόστος θέρμανσης είναι 798,93 lit x 0,8 €/lit =>

Κόστος θέρμανσης πετρελαίου 1 = 639,15 €

2.1.5 Κόστος ψύξης

Η διαδικασία απόδοσης του ετήσιου κόστους ψύξης είναι σχεδόν ίδια με την διαδικασία για το κόστος θέρμανσης. Η βασικότερη διαφορά είναι ότι αντί για βαθμομέρες θέρμανσης HDD (Heating Degree Days) έχουμε βαθμομέρες ψύξης CDD (Cooling Degree Days). Για τις βαθμομέρες ψύξης βάλαμε την τιμή 768 Days*°C, η οποία αποτελεί μία τιμή που την συναντάμε υπό δυσμενείς συνθήκες.

Αλλά υπάρχει και η διαφορά ότι δεν θα χρησιμοποιήσουμε την επιφάνεια του δαπέδου, αλλά και τον νωπό αέρα για την μονοκατοικία αλλά μόνο τον αέρα των παραθύρων.

Δηλαδή τα μεγέθη που παραμένουν σταθερά είναι :

- Ο συντελεστής θερμοπερατότητας **U**,
- Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας **H**,
- Η ισχύς **P_q**

Ενώ το μόνο μέγεθος που μεταβάλλεται είναι η ενέργεια **E_q**, επειδή εξαρτάται άμεσα από τις βαθμομέρες **E_q= H*CDD*24/1000**.

Επομένως διαμορφώνονται ως εξής τα μεγέθη:

Πίνακας 28 : Τιμές επιφανειών (A) , συντελεστή θερμοπερατότητας (U), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμομερών (CDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για ψύξη (E_q).

	A (m ²)	U (W/m ² *K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P_q (W)	CDD (Days*°C)	E_q (KWh)
Εξωτερικοί τοίχοι	128	0,42	53,76	20	1075,2	768	990,904
Κολώνες	24,64	0,45	11,088	20	221,76	768	204,374
Οροφή	91	0,4	36,4	20	728	768	670,925
Παράθυρα	27,1	2,6	70,46	20	1409,2	768	1298,72

Πίνακας 29 : Τιμές επιφανειών (A) , m³/h*m², m³/sec, πυκνότητας αέρα (ρ), σταθεράς (C_p), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμομερών (CDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για ψύξη (E_q)

A (m ²)	m³/h* m²	m³/sec	ρ (kg/m ³)	C_p (J/kg*K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P_q (W)	CDD (Days*°C)	E_q (KWh)
27,1	4,1	0,03086	1,2	1006	37,2589	20	745,178	768	686,7558
91	0,75	0,01896	1,2	1006	22,8865	20	457,73	768	421,844

Με ολική ενέργεια $E_{\text{ολ}} \approx 4.273,52 \text{ kWh}$ και βαθμό απόδοσης ψύξης = 2,5. Μπορεί να φαίνεται παράλογος ο βαθμός ψύξης και ότι γίνεται καταπάτηση του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής, αλλά σαφώς δεν ισχύει κάτι τέτοιο. Η απόδοση είναι μεγαλύτερη από την μονάδα γιατί αναφερόμαστε σε τοπικά φαινόμενα (τα 91 τετραγωνικά μέτρα της κατοικίας). Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο βαθμός απόδοσης ψύξης του ψυγείου, που αναφέρεται για τις τοπικές συνθήκες εντός του ψυγείου. Επομένως :

$$\text{Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη} = E_{\text{ολ}}/B.A \approx 1709,41 \text{ kWh}$$

Το κόστος ηλεκτρισμού είναι περίπου ίσο με 0,2 €/kWh και το κόστος ψύξης είναι η κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη επί το κόστος του ηλεκτρισμού.

$$\text{Κόστος ψύξης 1} = 341,88 \text{ €}$$

2.1.6 Κόστος ηλεκτρισμού για συσκευές

Χρησιμοποιώντας τα στατιστικά στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, όπως έχει αναφερθεί στην εισαγωγή, έδιναν την μέση κατανάλωση νοικοκυριού 3.750 kWh. Στην περίπτωση του δικού μας κτιρίου θα βάλουμε την κατανάλωση λίγο μεγαλύτερη από τον μέσο όρο, σε περίπτωση εκτεταμένης χρήσης συσκευών, δηλαδή στις 4000 kWh. Το κόστος της κίλοβατώρας όπως προαναφέρθηκε είναι 0,2 €, οπότε προκύπτει :

$$\text{Κόστος ηλεκτρισμού για συσκευές} = 4.000 \text{ kWh} \times 0,2 \text{ €/ kWh} \Rightarrow$$

$$\text{Κόστος ηλεκτρισμού για συσκευές} = 800,00 \text{ €}$$

2.1.7 Κόστος ζεστού νερού χρήσης από πετρέλαιο (Z.N.X)

Το ζεστό νερό χρήσης είναι μια παράμετρος που έχει απασχολήσει αρκετά την ελληνική και την ευρωπαϊκή νομοθεσία και έχει κομβικό ρόλο στην εξοικονόμηση ενέργειας του κτιριακού τομέα. Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, στις ελάχιστες προδιαγραφές των νέων κτιρίων η απαιτούμενη θερμότητα του ζεστού νερού χρήσης πρέπει να παράγεται κατά 60% μέσω ηλιακού συλλέκτη.

Επομένως γνωρίζοντας ότι η ποσότητα του ζεστού νερού χρήσης που καταναλώνεται σε έναν χρόνο σύμφωνα με τον πίνακα 2.5 από "ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 - ΤΕΕ" είναι $27,38 \text{ m}^3$ ανά υπονομάτιο, δηλαδή $27,38 \cdot 3 = 82,14 \text{ m}^3/\text{έτος}$, θα πρέπει να βρεθεί η απαιτούμενη θερμότητα του ζεστού νερού χρήσης. Από την στιγμή που η ελάχιστη απαίτηση για την παραγωγή της απαιτούμενης θερμότητας του ζεστού νερού χρήσης είναι 60 % από τον ηλιακό συλλέκτη, το υπόλοιπο 40 % της απαιτούμενης θερμότητας παράγεται από το πετρέλαιο.

Η συνολική απαιτούμενη θερμότητα για το ζεστό νερό χρήσης προκύπτει από το γινόμενο της ποσότητας του ζεστού νερού χρήσης ($82,14 \text{ m}^3/\text{έτος}$), της πυκνότητας του νερού (1000 kg/m^3), της ειδικής θερμότητας του νερού ($4,186 \text{ KJ/K*KG}$) και της διαφοράς θερμοκρασίας του νερού πριν ζεσταθεί και αφού ζεσταθεί (περίπου $35 \text{ }^\circ\text{C}$). Δηλαδή:

$$\text{Συνολική απαιτούμενη θερμότητα} = 82,14 \text{ m}^3/\text{έτος} * 1.000 \text{ kg/m}^3 * 4,186 \text{ KJ/K*KG} * 35 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow \text{Συνολική απαιτούμενη θερμότητα} = 12.034.331,4 \text{ KJ} * ((1/3600) * \text{KWh/KJ}) = \underline{\underline{3342.87 \text{ KWh}}}$$

$$\text{Η απαιτούμενη θερμότητα που παράγεται από το πετρέλαιο} = 3342.87 * 0.4 \Rightarrow \underline{\underline{\text{Απαιτούμενη θερμότητα που παράγεται από το πετρέλαιο} = 1337.148 \text{ KWh}}}$$

Η ποσότητα του πετρελαίου είναι η απαιτούμενη θερμότητα που παράγεται από το πετρέλαιο προς την θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου $9,77 \text{ kWh/lit}$, δηλαδή $1.337,148/9,77$

$$\underline{\underline{\text{Ποσότητα πετρελαίου} = 136,8626 \text{ lit}}}$$

$$\text{Ποσότητα πετρελαίου} \times \text{τιμή πετρελαίου} = \text{Κόστος Z.N.X} \Rightarrow$$

$$\underline{\underline{\text{Κόστος Z.N.X από πετρέλαιο} = 109,49 \text{ €}}}$$

2.1.8 Τελική αποτίμηση για κτίριο ενεργειακής κατηγορίας B ή κτίριο αναφοράς

Ένα κτίριο της ενεργειακής κατηγορίας B με τα χαρακτηριστικά και το σχέδιο που προαναφέρθηκαν χρειάζεται budget για τα υλικά, τα εργατικά και τα κόστη εγκατάστασης **77.200 €**

Επίσης χρειάζεται ετησίως για την κάλυψη της θέρμανσης του, της ψύξης του, του ηλεκτρισμού της αλλά και του ζεστού νερού χρήσης $639,15 \text{ €} + 341,88 \text{ €} + 800 \text{ €} + 109,49 \text{ €} = 1.890,52 \text{ €} \approx \underline{\underline{1.891 \text{ €}}}$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Το κόστος ηλεκτρισμού για συσκευές δεν μεταβάλλεται σε καμία περίπτωση από αυτές που θα ερευνηθούν.

2.2 Αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας κτιρίου με βελτιστοποίηση του κτιριακού κελύφους (Δεύτερη περίπτωση)

Στην συγκεκριμένη περίπτωση θα μελετηθεί η οικονομική διαφορά στον προϋπολογισμό οικοδομικών εργασιών, αλλά και το ετήσιο οικονομικό όφελος που θα υφίσταται στην περίπτωση που βελτιστοποιήσουμε το κτιριακό κέλυφος.

Το ετήσιο οικονομικό όφελος οφείλεται στο γεγονός ότι με τα πιο ποιοτικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U θα μειωθεί για όλες τις επιφάνειες εκτός του δαπέδου. Επίσης θα μειωθεί η ποσότητα αέρα ($\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$) που διεισδύει από τα παράθυρα. Οπότε είναι πασιφανές ότι η ενέργεια E_q θα μειωθεί, άρα και η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, αλλά και το κόστος θέρμανσης και ψύξης.

2.2.1 Διαφορές στην κοστολόγηση υλικών και εργατικών

Η βελτίωση του κτιριακού κελύφους συμπεριλαμβάνει την αναβάθμιση της ποιότητας στα ανοιγόμενα περιστρεφόμενα κουφώματα αλουμινίου, της θερμομόνωσης - υγρομόνωσης δώματος (δηλαδή του κτιρίου), τους διπλούς θερμομονωτικούς που μπαίνουν στα παράθυρα, αλλά και μια πιο ισχυρή μόνωση που από 5 cm θα είναι 10 cm. Σαφώς όλες αυτές οι αναβαθμίσεις θα μεταβάλουν το κοστολόγιο και θα αυξήσουν το κόστος κατασκευής.

Για την ενεργειακή κατηγορία B, όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω το κοστολόγιο είναι το εξής :

Πίνακας 30 : Κοστολόγιο κτιριακού κελύφους κτιρίου αναφοράς

	Τιμή μονάδας €/m ²	Ποσότητα m ²	Σύνολο €
Ανοιγόμενα περιστρεφόμενα κουφώματα αλουμινίου (Παράθυρα)	105,64	40,5	4.278,42
θερμομόνωση - υγραμόνωση δάματος (Οροφή)	29,34	91	2.669,94
διπλοί θερμομονωτικοί (Παράθυρα)	38,16	40,5	1.545,48
Μόνωση 5 cm	40	187,84	7.513,60
ΣΥΝΟΛΟ			16.007,44

Με την βελτιστοποίηση του κτιριακού κελύφους το κοστολόγιο θα είναι το εξής, ύστερα από έρευνα αγοράς :

Πίνακας 31 : Κοστολόγιο κτιριακού κελύφους δεύτερης περίπτωσης

	Τιμή μονάδας €/m ²	Ποσότητα m ²	Σύνολο €
Ανοιγόμενα περιστρεφόμενα κουφώματα αλουμινίου (Παράθυρα)	169,024 (105,64x1,6)	40,5	6.845,47
θερμομόνωση - υγραμόνωση δάματος (Οροφή)	35	91	3.185
διπλοί θερμομονωτικοί (Παράθυρα)	61,056 (38,16x1.6)	40,5	2.472,77
Μόνωση 5 cm	50	187,84	9.392
ΣΥΝΟΛΟ			21.895,24

Εφόσον τα υπόλοιπα δεν μεταβάλλονται στο κοστολόγιο το **ΚΑΘΑΡΟ ΚΟΣΤΟΣ 1** του κτιρίου της ενεργειακής κατηγορίας B, θα αυξηθεί κατά 5887,8 €, δηλαδή θα είναι **ΚΑΘΑΡΟ ΚΟΣΤΟΣ 2** = 50.753,59 + 5.881,8= **56.641,39 €**.

Οπότε το **κόστος εργασιών 2** θα ισούται με $56641,39 \times 0,2 = \mathbf{11.328,28 \text{ €}}$, το **κόστος των απρόβλεπτων 2** με $56641,39 \times 0,08 = \mathbf{4.531,31 \text{ €}}$ και ο Φ.Π.Α είναι $56641,39 \times 0,24 = \mathbf{13.593,93 \text{ €}}$.

Οπότε στην συγκεκριμένη περίπτωση από το άθροισμα όλων των παραπάνω, προκύπτει ότι :

$$\mathbf{\underline{\underline{ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 2 = 86.094,91 \text{ €} \approx 86.100 \text{ €}}}}$$

2.2.2 Διαφορά του ετήσιου κόστους θέρμανσης και ψύξης

Η φιλοσοφία στο να κατασκευαστεί ένα πιο βελτιωμένο κτιριακό κέλυφος είναι η καλύτερη θερμομόνωση, έτσι ώστε η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη να μειωθεί.

Οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας U σε ένα κτίριο με το πιο σύγχρονο κτιριακό κέλυφος είναι οι εξής, κάνοντας τους κατάλληλους υπολογισμούς σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ :

Πίνακας 32 : Τιμές Επιφάνειας (A) και Συντελεστή θερμοπερατότητας (U) της δεύτερης περίπτωσης.

	Επιφάνεια A (m²)	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m²*K)
Εξωτερικοί τοίχοι	128	0,25
Κολώνες	24,64	0,28
Οροφή	91	0,3
Παράθυρα	27,1	1,8

Δάπεδο	91	0,9
--------	----	-----

Οπότε με την ίδια ακριβώς μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στην πρώτη περίπτωση για το ετήσιο κόστος θέρμανσης, προκύπτουν τα μεγέθη του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας H , της ισχύς P_q , της ενέργεια E_q :

Πίνακας 33 : Τιμές επιφανειών (A), συντελεστή θερμοπερατότητας (U), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμομερών (HDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για θέρμανση (E_q) της δεύτερης περίπτωσης

	A (m ²)	U (W/m ² *K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P_q (W)	HDD (Days*°C)	E_q (KWh)
Εξωτερικοί τοίχοι	128	0,25	32	20	640	953,75	732,48
Κολώνες	24,64	0,28	6,8992	20	137,984	953,75	157,923
Οροφή	91	0,3	27,3	20	546	953,75	624,897
Παράθυρα	27,1	1,8	48,78	20	975,6	953,75	1116,574
Δάπεδο	91	0,9	81,9	20	819	953,75	937,346

Από την στιγμή που τα ανοιγόμενα περιστρεφόμενα κουφώματα αλουμινίου και οι διπλοί θερμομονωτικοί, που θα χρησιμοποιηθούν είναι υψηλότερης ποιότητας, τότε ο αέρας που διεισδύει από τα παράθυρα θα περιοριστεί σημαντικά. Οπότε προκύπτει ο εξής πίνακας :

Πίνακας 34 : Τιμές επιφανειών (A), m³/h*m², m³/sec, πυκνότητας αέρα (ρ), σταθεράς (C_p), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμομερών (HDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για θέρμανση (E_q) της δεύτερης περίπτωσης.

A (m ²)	m³/h* m ²	m³/sec	ρ (kg/m ³)	C_p (J/kg*K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P_q (W)	HDD (Days*°C)	E_q (KWh)
91	0,75	0,01896	1,2	1006	22,8865	20	457,73	953,75	523,872
27,1	0,5	0,003764	1,2	1006	4,54377	20	90,8753	953,75	104,007

Δηλαδή η ποσότητα αέρα που διεισδύει από τα παράθυρα, από $4,1 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ελαττώθηκε σε $0,5 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$. Οπότε ακολουθούμε την ίδια μέθοδο για να βρούμε το ετήσιο κόστος θέρμανσης.

Το $E_{Q_{ολ2}} = 4.197,1 \text{ KWh} \Rightarrow$ **Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση 2** είναι ίση με $E_{Q_{ολ2}}/\alpha = 4.197,1/0,8 = 5.246,37 \text{ KWh} \Rightarrow$ **Ποσότητα πετρελαίου 2** = $(5.246,37 \text{ KWh}) / (9,77 \text{ KWh/lit}) = 536,99 \text{ lit} \Rightarrow$ **Ετήσιο κόστος πετρελαίου 2** = $536,99 \text{ lit} \times 0,8 \text{ €/lit} =$

Κόστος θέρμανσης πετρελαίου 2 = 429,59 €

2.2.3 Διαφορά του ετήσιου κόστους ψύξης

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U είναι ίδιος και για την ψύξη οπότε έχουμε τα εξής δεδομένα :

Πίνακας 35 : Τιμές επιφανειών (A) , συντελεστή θερμοπερατότητας (U), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμοημερών (HDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για ψύξη (E_q) της δεύτερης περίπτωσης.

	A (m^2)	U ($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)	H (W/K)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	P_q (W)	CDD ($\text{Days}\cdot^{\circ}\text{C}$)	E_q (KWh)
Εξωτερικοί τοίχοι	128	0,25	32	20	640	768	589,824
Κολώνες	24,64	0,28	6,8992	20	137,984	768	127,166
Οροφή	91	0,3	27,3	20	546	768	503,194
Παράθυρα	27,1	1,8	48,78	20	975,6	768	899,113

Πίνακας 36 : Τιμές επιφανειών (A) , $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$, m^3/sec , πυκνότητας αέρα (ρ), σταθεράς (C_p), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμοημερών (HDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για ψύξη (E_q) της δεύτερης περίπτωσης.

A (m ²)	m ³ /h* m ²	m ³ /sec	ρ (kg/m ³)	C _p (J/kg*K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P _q (W)	CDD (Days*°C)	E _q (KWh)
27,1	0,5	0,00376	1,2	1006	4,54377	20	90,8753	768	83,75071
91	0,75	0,01896	1,2	1006	22,8865	20	457,73	768	421,844

Το $E_{Q_{ολ2}} = 2.624,9 \text{ KWh} \Rightarrow$ **κατανάλωση ενέργειας για ψύξη** = $E_{Q_{ολ2}}/\alpha = 1049,95 \text{ KWh} \Rightarrow$ **Ετήσιο κόστος ψύξης** = $(1049,95 \text{ KWh}) \times (0,2\text{€/ KWh}) = 209,99 \text{ €}$

Κόστος ψύξης 2 = 209,99 €

2.2.4 Σύγκριση με κτίριο κατηγορίας B

Το κτίριο ενεργειακής κατηγορίας B έχει κόστος κατασκευής 77.200 €, ενώ το κτίριο με το βελτιωμένο κτιριακό κέλυφος 86.100 €.

Η ετήσια κατανάλωση θέρμανσης στο κτίριο ενεργειακής κατηγορίας B είναι 639,15 €, ενώ στο υπό μελέτη 429,59 €.

Τέλος, η ετήσια κατανάλωση ψύξης στην πρώτη περίπτωση είναι 341,88 €, ενώ στην δεύτερη 209,99 €

Εν κατακλείδι, αν βελτιώσουμε απλά το κτιριακό κέλυφος :

1. Το κόστος κατασκευής θα αυξηθεί κατά 8.900 €
2. Το ετήσιο όφελος θέρμανσης θα κυμαίνεται στα 209,56 €
3. Το ετήσιο όφελος ψύξης θα είναι 131,89 €
4. Άρα, το συνολικό όφελος θα είναι 341,45 €

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Στην παρούσα περίπτωση το κόστος για το ζεστό νερό χρήσης δεν μεταβάλλεται διότι το καύσιμο μας είναι πετρέλαιο όπως στο κτίριο αναφοράς.

2.3 Χρήση φυσικού αερίου (Τρίτη περίπτωση)

2.3.1 Διαφορές στο κόστος υλικών και εργατικών

Η μόνη διαφορά σε σχέση με το κτίριο ενεργειακής κατηγορίας Β στην κοστολόγηση είναι ότι αλλάζει η τιμολόγηση στην θέρμανση, δηλαδή έχουμε λέβητα φυσικού αερίου αντί πετρελαίου. Επίσης έχουμε κόστος σύνδεσης δικτύου φυσικού αερίου και δεν έχουμε δεξαμενή πετρελαίου :

Πίνακας 37 : Διαφορές στην κοστολόγηση της πρώτης και της τρίτης περίπτωσης.

ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ		ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	
Λέβητας πετρελαίου	3.000 €	Λέβητας φυσικού αερίου	3.800 €
Δεξαμενή πετρελαίου	800 €	Σύνδεση δικτύου φυσικού αερίου	300 €
Σωληνώσεις	1.000 €	Σωληνώσεις	1.000 €
Εξοπλισμός λεβητοστασίου	750 €	Εξοπλισμός λεβητοστασίου	750 €
ΣΥΝΟΛΟ	5.550 €	ΣΥΝΟΛΟ	5.850 €

Η διαφορά είναι στα 300 € και δεδομένου ότι δεν αλλάζει τίποτα άλλο στην κοστολόγηση, ισχύει ότι συνολικό κόστος 1+300 € = συνολικό κόστος 3. Δηλαδή :

ΚΑΘΑΡΟ ΚΟΣΤΟΣ 3 = 51.053,49 €

Πίνακας 38 : Εύρεση Ολικού κόστους 3.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 3	51.053,49 €	51.053,49 €
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 3	51.053,49 € x 0.2	10.210,72 €
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 3	51.053,49 € x 0.08	4.084,29 €
Φ.Π.Α	51.053,49 € x 0.24	12.252,87 €
<u>ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 3</u>	77.601,37 € ≈ 77.600 €	

ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 3 = 77.600 €

2.3.2 Κόστη θέρμανσης και ψύξης της τρίτης περίπτωσης

Το κόστος ψύξης είναι ίδιο με αυτό στο κτίριο αναφοράς διότι έχουμε το ίδιο κτιριακό κέλυφος, δηλαδή ίδιους συντελεστές θερμοπερατότητας U και η ψύξη γίνεται με κλιματιστικά (οπότε δεν χρησιμοποιείται κάποιο καύσιμο, αλλά ρεύμα). Οπότε **κόστος ψύξης 1 = κόστος ψύξης 3**

$$\underline{\underline{\text{Κόστος ψύξης 3} = 341,88 \text{ €}}}$$

Όσον αφορά την θέρμανση, εφόσον το κτιριακό κέλυφος είναι ίδιο, άρα κοινοί συντελεστές θερμοπερατότητας U , τότε οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας H , οι ισχύες P_q και η ολική ενέργεια $E_{Q_{ολ}}$, είναι κοινά με του κτιρίου αναφοράς.

Αυτό που αλλάζει είναι ο βαθμός απόδοσης του φυσικού αερίου από αυτόν του πετρελαίου, η θερμογόνος δύναμη (εφόσον μιλάμε για δυο διαφορετικά καύσιμα) και η τιμή του καύσιμου. Δηλαδή η **τιμή του φυσικού αερίου είναι 0,48 €/ lit**

Στο κτίριο αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε πετρέλαιο, ο βαθμός απόδοσης του είναι ίσος με τον βαθμό απόδοσης του λέβητα πετρελαίου (0,9) επί τον βαθμό απόδοσης του καλοριφέρ (0,9). Δηλαδή ο βαθμός απόδοσης για το πετρέλαιο είναι $\approx 0,8$.

Ο βαθμός απόδοσης του φυσικού αερίου είναι ίσος, με τον βαθμό απόδοσης του λέβητα φυσικού αερίου (1,05) επί τον βαθμό απόδοσης του καλοριφέρ (0,9). Με λίγα λόγια ο **βαθμός απόδοσης του φυσικού αερίου = 0,945** και γνωρίζοντας ότι **θερμογόνος δύναμη του φυσικού αερίου = 7,09 KWh/lit**

Ισχύει:

- **Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση 3** = $E_{Q_{ολ}} / \alpha_{\text{φυσικού αερίου}} = 6.244,47 \text{ KWh} / 0,945 = 6.607,9 \text{ KWh}$
- **Η ποσότητα φυσικού αερίου 3** = **κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση 3** / θερμογόνος δύναμη φυσικού αερίου = $6.607,9 \text{ KWh} / 7,09 \text{ KWh/lit} = 932 \text{ lit}$
- **Ετήσιο κόστος φυσικού αερίου 3** = **ποσότητα φυσικού αερίου 3** x τιμή φυσικού αερίου = $932 \text{ lit} \times 0,48 \text{ €/ lit} = 447,36 \text{ €}$

$$\underline{\underline{\text{Κόστος θέρμανσης 3} = 447,36 \text{ €}}}$$

2.3.3 Κόστος ζεστού νερού χρήσης από φυσικό αέριο

Όπως και στην περίπτωση του πετρελαίου έχουμε τα εξής δεδομένα :

1. Το 60% παράγεται από τον ηλιακό, άρα το υπόλοιπο 40% από φυσικό αέριο
2. Η ποσότητα του ζεστού νερού χρήσης σε ένα έτος είναι $27,38 * 3 = 82,14$
3. Η πυκνότητα του νερού είναι 1.000 kg/m^3
4. Η ειδική θερμότητα του νερού είναι $4,186 \text{ KJ/K*KG}$
5. Η διαφορά θερμοκρασίας ΔT ισούται με 35 βαθμούς

Από τα δεδομένα προκύπτει πάλι ότι η απαιτούμενη θερμότητα είναι 3342,87 KWh, άρα αυτή που παράγεται από το φυσικό αέριο είναι το 40% αυτής, δηλαδή 1337,148 KWh.

Αυτό που μεταβάλλεται είναι η ποσότητα του φυσικού αερίου έναντι του πετρελαίου λόγω της θερμογόνου δύναμης των δύο καυσίμων. Αναλυτικότερα ισχύει ότι η **ποσότητα του φυσικού αερίου** = $1337,148 \text{ KWh} / 7,09 \text{ KWh/lit} = 188,5963 \text{ lit}$

Οπότε το ετήσιο κόστος είναι $188,5963 \text{ lit} \times 0,48 \text{ €/lit}$.

Κόστος Z.N.X από φυσικό αέριο = 90,53 €

2.3.4 Σύγκριση με κτίριο αναφοράς

- Στο κτίριο αναφοράς το ολικό κόστος ή αλλιώς το budget από 77.200 € αυξήθηκε κατά 400 € στα 77.600 €.
- Το ετήσιο όφελος θέρμανσης είναι 191,79 €
- Το ετήσιο όφελος ψύξης είναι μηδενικό
- Το ετήσιο όφελος από την κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης είναι 18,96 €
- **Οπότε το συνολικό ετήσιο όφελος είναι 210,75 €**

2.4 Αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας κτιρίου με βελτιστοποίηση του κτιριακού κελύφους και χρήση φυσικού αερίου (Τέταρτη περίπτωση)

Η συγκεκριμένη περίπτωση είναι ζεύξη της δεύτερης και τρίτης περίπτωσης. Δηλαδή θα μελετηθεί οικονομοτεχνικά, αν βελτιώσουμε το κτιριακό κέλυφος και χρησιμοποιήσουμε σαν καύσιμο το φυσικό αέριο.

Οι διαφορές σε σχέση με το κτίριο ενεργειακής κατηγορίας Β είναι σαφώς στο ολικό κόστος, στο ετήσιο κόστος θέρμανσης, στο ετήσιο κόστος ψύξης αλλά και στο ζεστό νερό χρήσης. Πράγμα που δεν ίσχυε σε καμία από τις προηγούμενες περιπτώσεις.

2.4.1 Διαφορές στην κοστολόγηση και στο budget υλικών και εργατικών

Στην δεύτερη περίπτωση παρατηρήθηκε ότι με την βελτίωση του κτιριακού κελύφους, το συνολικό κόστος αυξήθηκε κατά 5.887,80 €. Ενώ στην τρίτη περίπτωση με την εγκατάσταση φυσικού αερίου, το συνολικό κόστος αυξήθηκε κατά 300 €. Οπότε όταν βελτιωθεί το κτιριακό κέλυφος και γίνει εγκατάσταση φυσικού αερίου το συνολικό κόστος 4 θα αυξηθεί κατά $5.887,80 \text{ €} + 300 \text{ €} = 6.187,80 \text{ €}$. Δηλαδή το συνολικό κόστος 4 = $50.753,59 \text{ €} + 6.187,80 \text{ €}$:

ΚΑΘΑΡΟ ΚΟΣΤΟΣ 4 = 56.941,39 €

Πίνακας 39 : Εύρεση Ολικού κόστους 4.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 4	56.941,39 €	56.941,39 €
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 4	56.941,39 € x 0.2	11.388,28 €
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 4	56.941,39 € x 0.08	4.555,31 €
Φ.Π.Α	56.941,39 € x 0.24	13.665,93 €
<u>ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 4</u>	86550,91 € \approx 86.600 €	

ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 4 = 86.600 €

2.4.2 Ανάλυση κόστους θέρμανσης, ψύξης και Z.N.X με αναβάθμιση κτιριακού κελύφους και χρήση φυσικού αερίου

Με την αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους, όπως έχει αναφερθεί, ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, άρα και η ενέργεια $E_{Q_{ολ}}$ μειώνεται. Επίσης με την χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο, ο βαθμός απόδοσης α αυξάνεται. Αυτό συνεπάγεται ότι $E_{Q_{ολ}} / \alpha$, δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση θα μειωθεί ακόμα περισσότερο σε σχέση με τις υπόλοιπες τρεις περιπτώσεις. Πιο αναλυτικά :

Πίνακας 40 : Τιμές επιφανειών (A) , συντελεστή θερμοπερατότητας (U), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμομερών (HDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για θέρμανση (E_q) της τέταρτης περίπτωσης.

	A (m ²)	U (W/m ² *K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P _q (W)	HDD (Days*°C)	E _q (KWh)
Εξωτερικοί τοίχοι	128	0,25	32	20	640	953,75	732,48
Κολώνες	24,64	0,28	6,8992	20	137,984	953,75	157,923
Οροφή	91	0,3	27,3	20	546	953,75	624,897
Παράθυρα	27,1	1,8	48,78	20	975,6	953,75	1116,574
Δάπεδο	91	0,9	81,9	20	819	953,75	937,346

Πίνακας 41 : Τιμές επιφανειών (A) , m³/h*m², m³/sec, πυκνότητας αέρα (ρ), σταθεράς (C_p), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμομερών (HDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για θέρμανση (E_q) της τέταρτης περίπτωσης

A (m ²)	m ³ /h* m ²	m ³ /sec	ρ (kg/m ³)	C _p (J/kg*K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P _q (W)	HDD (Days*°C)	E _q (KWh)
91	0,75	0,01896	1,2	1006	22,8865	20	457,73	953,75	523,872
27,1	0,5	0,003764	1,2	1006	4,54377	20	90,8753	953,75	104,007

Ισχύει ότι, E_{Qολ4} = **4.197,1 KWh** και ο βαθμός απόδοσης του φυσικού αερίου είναι **0,945**

- **Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση 4** = E_{Qολ4}/ α_{φυσικού αερίου} = 4441,37 KWh
- **Η ποσότητα φυσικού αερίου 4** = κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση 4 / θερμογόνος δύναμη φυσικού αερίου = 4441,37 KWh / 7,09 KWh/lit = 626,43 lit
- **Ετήσιο κόστος φυσικού αερίου 4** = ποσότητα φυσικού αερίου 4 x τιμή φυσικού αερίου = 626.43 x 0.48 €/lit.

Κόστος θέρμανσης 4 = 300,69 €

Στο ετήσιο κόστος ψύξης επειδή δεν παίζει ρόλο το καύσιμο, επειδή γίνεται από τα κλιματιστικά, δηλαδή από την ηλεκτρική ενέργεια και λόγω της αναβάθμισης του κτιριακού κελύφους, το ετήσιο κόστος της δεύτερης περίπτωσης και της τέταρτης είναι ίδιο.

Κόστος ψύξης 4 = 209,99 €

Εφόσον το καύσιμο είναι φυσικό αέριο τότε το Z.N.X είναι :

Κόστος Z.N.X από φυσικό αέριο = 90,53 €

2.4.3 Σύγκριση τέταρτης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς

1. Στο ολικό κόστος υπάρχει μια αύξηση της τάξεως των **9.400 €**
2. Το ετήσιο όφελος θέρμανσης σε σχέση με κτίριο ενεργειακής κατηγορίας B είναι **338,46 €**
3. Το ετήσιο όφελος ψύξης είναι **131,89 €**
4. Το ετήσιο όφελος από την κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης είναι **18,96 €**
5. **Το συνολικό όφελος είναι 489,32 €**

2.5 Χρήση αντλίας θερμότητας (Πέμπτη περίπτωση)

Με την αντλία θερμότητας εν αντιθέσει με το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο, δεν γίνεται χρήση καλοριφέρ, αλλά η θέρμανση γίνεται με fan coil. Η αντλία θερμότητας λειτουργεί με ηλεκτρισμό και εκτός από θέρμανση μπορεί να ψύξει και την κατοικία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Οπότε η χρήση κλιματιστικών δεν έχει κανένα απολύτως νόημα, διότι ο βαθμός απόδοσης του κλιματιστικού είναι 2,5, ενώ ο βαθμός απόδοσης από την αντλία θερμότητας και τα fan coils είναι 3,6.

2.5.1 Κοστολόγηση υλικών, εργατικών λόγω αντλίας θερμότητας

Η μόνη διαφορά σε σχέση με το κτίριο αναφοράς στον προϋπολογισμό των οικοδομικών εργασιών είναι στην ψύξη και την θέρμανση, επειδή η τιμή της αντλίας

θερμότητας και των fan coils είναι υψηλή. Υπάρχει όμως το πλεονέκτημα ότι δεν υπάρχει το κόστος της αγοράς κλιματιστικών, το οποίο ανέρχεται στα 4000 €. Επομένως η κοστολόγηση έχει τις εξής διαφορές σε σχέση με αυτή του κτιρίου αναφοράς. Οι τιμές της αντλίας θερμότητας και των fan coils, προκύπτουν ύστερα από εκτενέστατη έρευνας αγοράς. Τα fan coils που θα χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν τις ανάγκες του σπιτιού είναι 6. Ένα για κάθε υπνοδωμάτιο, ένα για την κουζίνα, ένα για το σαλόνι και ένα για την τραπεζαρία.

Για θέρμανση

Πίνακας 42 : Διαφορές στην κοστολόγηση της πρώτης και της πέμπτης περίπτωσης.

ΚΤΙΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ		ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	
Λέβητας πετρελαίου	3.000 €	Αντλία θερμότητας	7.000 €
Δεξαμενή πετρελαίου	800 €	Fan coils	3.600 €
Σωληνώσεις	1.000 €	Σωληνώσεις	1.000 €
Εξοπλισμός λεβητοστασίου	750 €	Εξοπλισμός λεβητοστασίου	750 €
ΣΥΝΟΛΟ	5.550 €	ΣΥΝΟΛΟ	12.350 €

Η διαφορά στην κοστολόγηση για την θέρμανση στην περίπτωση της αντλίας θερμότητας είναι 6.800 € μεγαλύτερη, αλλά 4.000 € λιγότερα για την ψύξη λόγω τεσσάρων κλιματιστικών, τα οποία κοστίζουν 1.000 € το καθένα. Οπότε η διαφορά στα συνολικά κόστη των δυο περιπτώσεων είναι **2.800 €**. Δηλαδή **ΚΑΘΑΡΟ ΚΟΣΤΟΣ 5 – ΚΑΘΑΡΟ ΚΟΣΤΟΣ 1 = 2.800 € ⇔ ΚΑΘΑΡΟ ΚΟΣΤΟΣ 5 = 50753,59 € + 2.800 €**. Άρα :

$$\underline{\underline{\text{ΚΑΘΑΡΟ ΚΟΣΤΟΣ 5} = 53.553,59 \text{ €}}}$$

Με την γνωστή μεθοδολογία υπολογίζουμε :

Πίνακας 43 : Εύρεση Ολικού κόστους 5.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 5	53.553,59 €	53.553,59 €
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 5	53.553,59 € x 0.2	10.710,72 €

ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 5	53.553,59 € x 0.08	4.284,29 €
Φ.Π.Α	53.553,59 € x 0.24	12.852,87 €
<u>ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 5</u>	81.401,47 € ≈ 81.400 €	

ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 5 = 81.400 €

2.5.2 Κόστος θέρμανσης για την πέμπτη περίπτωση

Εφόσον δεν έχει αλλάξει τίποτα στο κτιριακό κέλυφος, τα μεγέθη της θερμοπερατότητας U, του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας H, της ισχύς P_q και της ειδικής ενέργειας E_q δεν μεταβάλλονται καθόλου σε σχέση με αυτές της πρώτης περίπτωσης. Οπότε **E_{Qολ5} = 6.244,47 kWh** .

Αυτό το οποίο μεταβάλλεται είναι ο βαθμός απόδοσης, ο οποίος είναι ίσος με τον βαθμό απόδοσης την αντλίας θερμότητας επί τον βαθμό απόδοσης του fan coil. Οι βαθμοί απόδοσης είναι 4 και 0,9 αντίστοιχα. Οπότε ο βαθμός απόδοσης είναι 3,6. Επίσης η αντλία θερμότητας δεν λειτουργεί με καύση κάποιου καυσίμου, παρά μόνο με ηλεκτρισμό. Αυτό σημαίνει ότι το κόστος διαμορφώνεται μόνο από το κόστος της κιλοβατώρας (0,2 €/ KWh) και όχι από κάποια θερμογόνο δύναμη που είχαμε στις προηγούμενες περιπτώσεις που είχαμε καύσιμα. Από τα παραπάνω προκύπτει :

- **Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση 5** = E_{Qολ5} / α = 6.244,47/3,6 = 1734,57 KWh
- **Ετήσιο κόστος ηλεκτρισμού για θέρμανση 5** = κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση 5 x κόστος κιλοβατώρας = 1734,57 KWh x 0,2 €/ KWh

Κόστος θέρμανσης 5 = 346,91 €

2.5.3 Κόστος ψύξης για την πέμπτη περίπτωση

Όπως και στην θέρμανση έτσι και στην ψύξη τα μεγέθη παραμένουν ίδια με αυτά του κτιρίου αναφοράς με **E_{Qολ5} = 4.273,52 kWh** και βαθμό απόδοσης 3,6.

- **Η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη 5** = $E_{Q_{ολ5}} / \alpha = 4.273,52 / 3,6 = 1187,09 \text{ KWh}$
- **Ετήσιο κόστος ηλεκτρισμού για ψύξη 5** = **κατανάλωση ενέργειας για ψύξη 5** x κόστος κιλοβατώρας = $1187,09 \text{ KWh} \times 0,2 \text{ €/ KWh}$

Κόστος ψύξης 5 = 237,42 €

2.5.4 Κόστος ζεστού νερού χρήσης από αντλία θερμότητας

Το κόστος του ζεστού νερού χρήσης κατά 40% στην συγκεκριμένη περίπτωση εξαρτάται από το κόστος της κιλοβατώρας. Το 60% παράγεται από τον ηλιακό. Οπότε με την ίδια διαδικασία, έχοντας τρία υπνοδωμάτια, η ποσότητα ζεστού νερού χρήσης ετησίως είναι $27,38 \text{ m}^3 \times 3 = 82.14 \text{ m}^3$ και η συνολική απαιτούμενη θερμότητα = $12.034.331,4 \text{ KJ} * ((1/3600) * \text{KWh/KJ}) = 3342.87 \text{ KWh}$. Άρα το 40% είναι το ζεστό νερό χρήσης που παράγεται από ηλεκτρισμό, δηλαδή **1337,148 KWh**.

Σε αυτή την περίπτωση δεν έχουμε καύσιμο, άρα και κάποια θερμογόνο δύναμη. Όμως γνωρίζουμε ότι η αντλία θερμότητας έχει βαθμό απόδοσης 4, δηλαδή με μια κιλοβατώρα ηλεκτρισμού παράγονται 4 κιλοβατώρες θερμότητας. Οπότε οι κιλοβατώρες ηλεκτρικής ενέργειας που χρειαζόμαστε είναι $1337,148 / 4 = \mathbf{334,287 \text{ KWh}}$.

Δηλαδή το κόστος ζεστού νερού χρήσης είναι $334,287 \text{ KWh} \times 0.2 \text{ €/ KWh}$.

Κόστος Ζ.Ν.Χ από αντλία θερμότητας = 66,86 €

2.5.5 Σύγκριση πέμπτης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς

- Η διαφορά στα ολικά κόστη για εργατικά και για υλικά είναι στα **4.200 €** ($81.400,00 \text{ €}$ η πέμπτη περίπτωση έναντι $77.200,00$ στο κτίριο αναφοράς).
- Το όφελος θέρμανσης είναι **292,24 €**
- Το όφελος ψύξης είναι **104,46 €**
- Το ετήσιο όφελος από την κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης είναι **42,63 €**
- Οπότε το **συνολικό ετήσιο όφελος είναι 439,33 €**

2.6 Χρήση αντλίας θερμότητας με αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους (έκτη περίπτωση)

2.6.1 Ολικό κόστος έκτης περίπτωσης

Λόγω της αντλίας θερμότητας, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη περίπτωση το καθαρό κόστος αυξήθηκε κατά 2.800 €, ενώ λόγω της αναβάθμισης του κτιριακού κελύφους θα αυξηθεί κατά 5.887,80 €. Επομένως το Καθαρό κόστος 6 θα είναι υψηλότερο κατά 5.887,80 € + 2.800 = 8.687,80 €. Που σημαίνει ότι :

Καθαρό κόστος 1 + 8.687,80 € = Καθαρό κόστος 6 \Leftrightarrow Καθαρό κόστος 6 = 50.753,39 + 8.687,80 \Leftrightarrow

ΚΑΘΑΡΟ ΚΟΣΤΟΣ 6 = 59.441,39 €

Εφόσον έχουμε βρει το καθαρό κόστος τότε ισχύει :

Πίνακας 44 : Εύρεση Ολικού κόστους 6.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 6	59.441,39 €	59.441,39 €
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 6	59.441,39 € x 0.2	11.888,28 €
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 6	59.441,39 € x 0.08	4.755,31 €
Φ.Π.Α	59.441,39 € x 0.24	14.265,93 €
<u>ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 6</u>	90.350,91 € \approx 90.500 €	

ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 6 = 90.500 €

2.6.2 Ετήσιο κόστος θέρμανσης της έκτης περίπτωσης

Παρατηρούμε ότι λόγω του κτιριακού κελύφους οι τιμές των U, H, P_q και E_q είναι οι εξής :

Πίνακας 45 : Τιμές επιφανειών (A) , συντελεστή θερμοπερατότητας (U), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμομερών (HDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για θέρμανση (E_q) της έκτης περίπτωσης.

	A (m ²)	U (W/m ² *K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P_q (W)	HDD (Days*°C)	E_q (KWh)
Εξωτερικοί τοίχοι	128	0,25	32	20	640	953,75	732,48
Κολώνες	24,64	0,28	6,8992	20	137,984	953,75	157,923
Οροφή	91	0,3	27,3	20	546	953,75	624,897
Παράθυρα	27,1	1,8	48,78	20	975,6	953,75	1116,574
Δάπεδο	91	0,9	81,9	20	819	953,75	937,346

Πίνακας 46 : Τιμές επιφανειών (A) , m³/h*m², m³/sec, πυκνότητας αέρα (ρ), σταθεράς (C_p), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμομερών (HDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για θέρμανση (E_q) της έκτης περίπτωσης

A (m ²)	m ³ /h* m ²	m ³ /sec	ρ (kg/m ³)	C_p (J/kg*K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P_q (W)	HDD (Days*°C)	E_q (KWh)
91	0,75	0,01896	1,2	1006	22,8865	20	457,73	953,75	523,872
27,1	0,5	0,00376 4	1,2	1006	4,54377	20	90,8753	953,75	104,007

Οπότε το $E_{Q_{ολ6}} = 4.197,1 \text{ KWh}$ και επειδή χρησιμοποιείται αντλία θερμότητας στην έκτη περίπτωση ο βαθμός απόδοσης είναι 3,6, δηλαδή :

- **Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση 6** = $E_{Q_{ολ6}} / \alpha = 4.197,1 / 3,6 = 1165,86 \text{ KWh}$
- **Ετήσιο κόστος ηλεκτρισμού για θέρμανση 6 = κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση 6 x κόστος κιλοβατώρας** = $1165,86 \text{ KWh} \times 0,2 \text{ €/ KWh}$

Κόστος θέρμανσης 6 = 233,17 €

2.6.3 Κόστος ψύξης για την έκτη περίπτωση

Για το κόστος ψύξης έχουμε τις παραπάνω τιμές:

Πίνακας 47 : Τιμές επιφανειών (A), συντελεστή θερμοπερατότητας (U), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμομερών (HDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για ψύξη (E_q) της έκτης περίπτωσης

	A (m ²)	U (W/m ² *K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P_q (W)	CDD (Days*°C)	E_q (KWh)
Εξωτερικοί τοίχοι	128	0,25	32	20	640	768	589,82 4
Κολώνες	24,64	0,28	6,8992	20	137,984	768	127,16 6
Οροφή	91	0,3	27,3	20	546	768	503,19 4
Παράθυρα	27,1	1,8	48,78	20	975,6	768	899,11 3

Πίνακας 48 : Τιμές επιφανειών (A), m³/h*m², m³/sec, πυκνότητας αέρα (ρ), σταθεράς (C_p), συντελεστών μεταφοράς θερμότητας (H), διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), ισχύος (P_q), βαθμομερών (HDD) και της ενέργειας που θα καταναλωθεί για ψύξη (E_q)

A (m ²)	m ³ /h* m ²	m ³ /sec	ρ (kg/m ³)	C_p (J/kg*K)	H (W/K)	ΔT (°C)	P_q (W)	CDD (Days*°C)	E_q (KWh)
27,1	0,5	0,00376	1,2	1006	4,54377	20	90,8753	768	83,75071
91	0,75	0,01896	1,2	1006	22,8865	20	457,73	768	421,844

Δηλαδή το $E_{Q_{ολ6}} = 2.624,9 \text{ KWh}$ και ο βαθμός απόδοσης είναι 3,6 ισχύει ότι :

- Η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη 6 = $E_{Q_{ολ6}} / \alpha = 2.624,9 / 3,6 = 729,13 \text{ KWh}$
- Ετήσιο κόστος ηλεκτρισμού για ψύξη 6 = κατανάλωση ενέργειας για ψύξη 6 x κόστος κλιματιστή = $729,13 \text{ KWh} \times 0,2 \text{ €/KWh}$

Κόστος ψύξης 6 = 145,83 €

2.6.4 Κόστος ζεστού νερού χρήσης έκτης περίπτωσης

Το κόστος ζεστού νερού χρήσης επειδή έχουμε αντλία θερμότητας είναι :

Κόστος Ζ.Ν.Χ από αντλία θερμότητας = 66,86 €

2.6.5 Σύγκριση έκτης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς

- Διαφορά κόστους κατασκευής = $90.500 \text{ €} - 77.200 \text{ €} = 13.300 \text{ €}$
- Όφελος θέρμανσης = $639,15 \text{ €} - 233,17 \text{ €} = 405,98 \text{ €}$
- Όφελος ψύξης = $341,88 \text{ €} - 145,83 \text{ €} = 196,05 \text{ €}$
- Όφελος ζεστού νερού χρήσης = $109,49 \text{ €} - 66,86 \text{ €} = 42,63 \text{ €}$
- **Συνολικό όφελος = 644,66 €**

2.7 Χρήση αντλίας θερμότητας και φωτοβολταϊκών (έβδομη περίπτωση)

Η έβδομη περίπτωση είναι παρόμοια με την πέμπτη περίπτωση, με μόνη διαφορά ότι γίνεται χρήση φωτοβολταϊκών. Με λίγα λόγια το ετήσιο κόστος θέρμανσης και ψύξης παραμένουν ίδια με αυτά της πέμπτης περίπτωσης, δηλαδή **346,91 €** και **237,42 €** αντίστοιχα. Επίσης παρόμοιο είναι και το ετήσιο κόστος του ζεστού νερού χρήσης, εφόσον και στις δύο περιπτώσεις γίνεται χρήση αντλίας θερμότητας, δηλαδή **66,86 €**.

Με την χρήση φωτοβολταϊκών υπάρχει ετήσιο όφελος 0,12 € ανά κιλοβατώρα, οπότε όσο περισσότερα KW φωτοβολταϊκών υπάρχουν, τόσες περισσότερες KWh θα προσφερθούν στο δίκτυο ετησίως και τόσο μεγαλύτερο ετήσιο όφελος θα έχουμε στον λογαριασμό ηλεκτρισμού.

Στις δικές μας περιπτώσεις θα γίνει οικονομοτεχνική ανάλυση για την εγκατάσταση 2 KW φωτοβολταϊκών τα οποία παράγουν περίπου 2.940 KWh ετησίως στην Αττική. Δηλαδή το ετήσιο όφελος που υφίσταται στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι $2.940 \text{ KWh} \times 0.12 \text{ €/KWh} = \underline{\underline{352.80 \text{ €}}}$.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η τιμή της κιλοβατώρας ενώ έχει τιμή 0,2 €, η ωφέλεια λόγω των φωτοβολταϊκών είναι 0,12 €/ KWh. Ο λόγος είναι ο ενεργειακός συμψηφισμός (net mittering), στον οποίο δεν περιλαμβάνονται οι χρεώσεις για τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας.

2.7.1 Κοστολόγηση υλικών, εργατικών λόγω αντλίας θερμότητας και φωτοβολταϊκών

Για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της τάξεως των 2 KW καλό θα ήταν να χρησιμοποιηθούν φωτοβολταϊκά τα οποία το καθένα θα είναι περίπου 200 Watt. Ύστερα από έρευνα αγοράς ένα φωτοβολταϊκό 200 Watt έχει τιμή που κυμαίνεται γύρω στα 200 €. Οπότε για την κάλυψη 2 KW θα χρειαστούν 10 τέτοια φωτοβολταϊκά, δηλαδή 2.000 €.

Το καθαρό κόστος της πέμπτης και της έβδομης περίπτωσης έχουν διαφορά 2.000 € δηλαδή ισχύει ότι Καθαρό κόστος 5 + 2.000 € = Καθαρό κόστος 7 = 55.553,59 €.

Πίνακας 49 : Εύρεση Ολικού κόστους 7.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 7	55.553,59 €	55.553,59 €
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 7	55.553,59 € x 0.2	11.110,72 €
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 7	55.553,59 € x 0.08	4.444,29 €
Φ.Π.Α	55.553,59 € x 0.24	13.332,86 €
<u>ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 4</u>	84441,46 € ≈ 84.500 €	

ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 7 = 84.500 €

2.7.2 Σύγκριση έβδομης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς

- Διαφορά κόστους κατασκευής = 84.500 € – 77.200 € = 7.300 €
- Όφελος θέρμανσης = 639,15 € - 346,91 € = 292,24 €
- Όφελος ψύξης = 341,88 € - 237,42 € = 104,46 €
- Όφελος ζεστού νερού χρήσης = 109,49 € - 66,86 € = 42,63 €
- Όφελος φωτοβολταϊκών = 352,80 €
- **Συνολικό όφελος = 792,13 €**

2.8 Αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας κτιρίου με βελτιστοποίηση κτιριακού κελύφους, με χρήση αντλίας θερμότητας και χρήση φωτοβολταϊκών (όγδοη περίπτωση)

Όπως η πέμπτη και η έβδομη περίπτωση ήταν παρόμοιες, με μόνη διαφορά την χρήση φωτοβολταϊκών στην έβδομη περίπτωση, το ίδιο ισχύει με την έκτη και την όγδοη περίπτωση.

Δηλαδή και στις δύο περιπτώσεις έχουμε :

- Ετήσιο κόστος θέρμανσης = 233,17 €
- Ετήσιο κόστος ψύξης = 145,83 €
- Ετήσιο κόστος Z.N.X = 66,86 €

Η αλλαγή που παρουσιάζεται πάλι είναι στο Καθαρό κόστος το οποίο είναι αυξημένο κατά 2.000 € : Καθαρό κόστος 6 + 2.000 € = Καθαρό κόστος 8 = 61.441,39 €

Πίνακας 50 : Εύρεση Ολικού κόστους 8.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 8	61.441,39 €	61.441,39 €
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 8	61.441,39 € x 0.2	12.288,28 €
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 8	61.441,39 € x 0.08	4.915,31 €
Φ.Π.Α	61.441,39 € x 0.24	14.745,93 €
<u>ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 8</u>	93.390,91 € ≈ 93.400 €	

ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 8 = 93.400 €

2.8.1 Σύγκριση όγδοης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς

- Διαφορά κόστους κατασκευής = 93.400 € – 77.200 € = 16.200 €
- Όφελος θέρμανσης = 639,15 € - 233,17 € = 405,98 €
- Όφελος ψύξης = 341,88 € - 145,83 € = 196,05 €
- Όφελος ζεστού νερού χρήσης = 109,49 € - 66,86 € = 42,63 €

- Όφελος φωτοβολταϊκών = 352,80 €
- Συνολικό όφελος = 997,46 €

2.9 Αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας κτιρίου με χρήση φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκών (ένατη περίπτωση)

Η τρίτη και η ένατη περίπτωση είναι όμοιες, μόνο που στην ένατη γίνεται χρήση φωτοβολταϊκών. Οπότε :

- Ετήσιο κόστος θέρμανσης = 447,36 €
- Ετήσιο κόστος ψύξης = 341,88 €
- Ετήσιο κόστος Ζ.Ν.Χ = 90,53 €

Με διαφορά στο Καθαρό κόστος κατά 2.000 €, δηλαδή Καθαρό κόστος 3 + 2.000 € = Καθαρό κόστος 9 = 53.053,59 € .

Πίνακας 51 : Εύρεση Ολικού κόστους 9.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 9	53.053,59 €	53.053,59 €
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 9	53.053,59 € x 0.2	10.610,72 €
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 9	53.053,59 € x 0.08	4.244,29 €
Φ.Π.Α	53.053,59 € x 0.24	12.732,86 €
<u>ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 9</u>	80.641,46 € ≈ 80.700 €	

ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 9 = 80.700 €

2.9.1 Σύγκριση ένατης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς

- Διαφορά κόστους κατασκευής = 80.700 € – 77.200 € = 3.500 €
- Όφελος θέρμανσης = 639,15 € - 447,36 € = 191,79 €
- Όφελος ψύξης = Δεν μεταβάλλεται

- Όφελος ζεστού νερού χρήσης = $109,49 \text{ €} - 90,53 \text{ €} = 18,96 \text{ €}$
- Όφελος φωτοβολταϊκών = $352,80 \text{ €}$
- Συνολικό όφελος = $563,55 \text{ €}$

2.10 Αναβάθμιση ενεργειακής κατηγορίας κτιρίου με βελτιστοποίηση κτιριακού κελύφους, με χρήση φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκών (δέκατη περίπτωση)

Η δέκατη περίπτωση είναι ίδια με την τέταρτη με την διαφορά ότι γίνεται χρήση φωτοβολταϊκών στην δέκατη, οπότε ισχύουν τα εξής :

- Ετήσιο κόστος θέρμανσης = $300,69 \text{ €}$
- Ετήσιο κόστος ψύξης = $209,99 \text{ €}$
- Ετήσιο κόστος Ζ.Ν.Χ = $90,53 \text{ €}$

Με διαφορά στο ολικό κόστος κατά 2.000 € , δηλαδή Καθαρό κόστος $4 + 2.000 \text{ €} =$ Καθαρό κόστος $10 = 58.941,39 \text{ €}$.

Πίνακας 52 : Εύρεση Ολικού κόστους 10.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 10	$58.941,39 \text{ €}$	$58.941,39 \text{ €}$
ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 10	$58.941,39 \text{ €} \times 0.2$	$11.788,28 \text{ €}$
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 10	$58.941,39 \text{ €} \times 0.08$	$4.715,31 \text{ €}$
Φ.Π.Α	$58.941,39 \text{ €} \times 0.24$	$14.145,93 \text{ €}$
<u>ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 10</u>	$89.590,91 \text{ €} \approx 90.000 \text{ €}$	

ΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ 10 = 90.000 €

2.10.1 Σύγκριση δέκατης περίπτωσης με κτίριο αναφοράς

- Διαφορά κόστους κατασκευής = $90.000 \text{ €} - 77.200 \text{ €} = 12.800 \text{ €}$

- Όφελος θέρμανσης = 639,15 € - 300,69 € = 338,46 €
- Όφελος ψύξης = 341,88 € - 209,99 € = 131,89 €
- Όφελος ζεστού νερού χρήσης = 109,49 € - 90,53 € = 18,96 €
- Όφελος φωτοβολταϊκών = 352,80 €
- Συνολικό όφελος = 842,12 €

3. ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Η σύγκριση και των δέκα περιπτώσεων σε οικονομικό επίπεδο είναι μια διαδικασία η οποία δεν είναι αντιληπτή δια γυμνού οφθαλμού, διότι σε ορισμένες περιπτώσεις το κόστος κατασκευής είναι υψηλό, αλλά συγχρόνως το ετήσιο κόστος θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης και ηλεκτρικών συσκευών είναι χαμηλό. Ενώ σε άλλες περιπτώσεις το αντίθετο. Επίσης σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει ο παράγοντας των φωτοβολταϊκών.

Επομένως για να γίνει μια εμπεριστατωμένη οικονομική σύγκριση, θα θεωρήσουμε την κάθε περίπτωση ως ένα επενδυτικό σχέδιο.

Επομένως για να συγκριθούν και να αξιολογηθούν και τα δέκα επενδυτικά σχέδια, θα γίνει με την χρήση του ετήσιου ισοδύναμου κόστους ή αλλιώς Total Equavalent Cost (TEC). <<Το κριτήριο αυτό χρησιμοποιείται επικουρικά στην αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων, με τη λογική ότι το χαμηλό κόστος λειτουργίας είναι ένα από τα κλειδιά της επιτυχίας ενός προσοδοφόρου επενδυτικού σχεδίου. Επιπλέον, αξιοποιήθηκε ως κριτήριο με δεδομένο ότι κόστος χαμηλότερο από το μέσο κόστος των ανταγωνιστών, σημαίνει υψηλότερα ποσοστά βιωσιμότητας της επένδυσης σε περιόδους κρίσης της αγοράς (λόγω μείωσης των τιμών ή της ζήτησης) (Torrises, 1998) >> (Δ. Καλιαμπάκος, Δ. Δαμίγος, 2008).

3.1 Ετήσιο ισοδύναμο κόστος (TEC)

Το ετήσιο ισοδύναμο κόστος ή συνολικό ετήσιο κόστος δίνεται από την τύπο :

$$\text{Συνολικό ετήσιο κόστος} = C_0 * \left(\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right) + OC$$

Εικόνα 7 : Τύπος ετήσιου ισοδύναμου κόστους ή συνολικού ετήσιου κόστους.

Όπου :

- C_0 = κόστος επένδυσης
- r = επιτόκιο προεξόφλησης
- n = έτη / διάρκεια ζωής
- OC = operational cost = λειτουργικό κόστος

Ως C_0 (κόστος επένδυσης) θα θέσουμε το κόστος κατασκευής, το r επιτόκιο προεξόφλησης είναι 8% (0,08), τα έτη / διάρκεια ζωής ορίστηκαν τα 25 έτη, διότι υπολογίζεται ότι ο χρόνος ζωής τις φωτοβολταϊκού είναι τόσος. Τέλος ως λειτουργικό κόστος OC θα τεθεί το συνολικό ετήσιο κόστος που προκύπτει από την θέρμανση, την ψύξη, το ζεστό νερό χρήσης και τις ηλεκτρικές συσκευές.

Παραδείγματος χάρη για την πρώτη περίπτωση για το κτίριο αναφοράς ισχύουν τα εξής :

- $C_0 = 77.200 \text{ €}$
- $r = 8 \% = 0,08$
- $n = 25$
- $OC =$ ετήσιο κόστος θέρμανσης 1 + ετήσιο κόστος ψύξης 1 + ετήσιο κόστος ζεστού νερού χρήσης για πετρέλαιο + ετήσιο κόστος για ηλεκτρικές συσκευές $\Leftrightarrow OC = 639,15 \text{ €} + 341,88 \text{ €} + 109,49 \text{ €} + 800 \text{ €} = 1890,52 \text{ €} \approx 1891 \text{ €}$

Συνολικό ετήσιο κόστος = $77.200 \text{ €} * \{ [0,08 * (1+0,08)^{0,08}] / [(1+0,08)^{0,08} + 1] \} + 1891 \text{ €}$
 \Leftrightarrow Συνολικό ετήσιο κόστος = 9.123 €

Σύμφωνα με τα παραπάνω έχουμε τα εξής δεδομένα :

Πίνακας 53 : Τιμές κόστους επένδυσης (C_0), λειτουργικού κόστους OC και Ετήσιου ισοδύναμου κόστους (TEC)

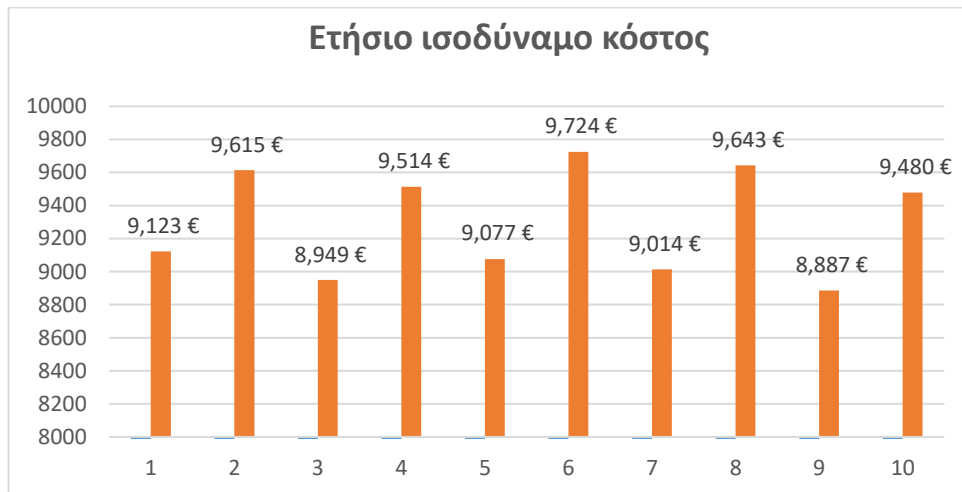
Περίπτωση	C_0	OC	TEC	
1 ^η	77.200 €	639,15 € + 341,88 € + 109,49 € + 800 € = 1890,52 € \approx 1891 €	9.123 €	Κτίριο αναφοράς

2 ^η	86.100 €	429,59 € + 209,99 € + 109,49 € + 800 € ≈ <u>1.549 €</u>	9.615 €	Αναβάθμιση κτιριακού κελύφους
3 ^η	77.600 €	447,36 € + 341,88 € + 90,53 € + 800 € ≈ <u>1.680 €</u>	8.949 €	Φυσικό αέριο
4 ^η	86.600 €	300,69 € + 209,99 € + 90,53 € + 800 € ≈ <u>1.401 €</u>	9.514 €	Φυσικό αέριο και κέλυφος
5 ^η	81.400 €	346,91 € + 237,42 € + 66,86 € + 800 € ≈ <u>1.451 €</u>	9.077 €	Αντλία θερμότητας
6 ^η	90.500 €	233,17 € + 145,83 € + 66,86 € + 800 € ≈ <u>1.246 €</u>	9.724 €	Αντλία θερμότητας και κέλυφος
7 ^η	84.500 €	346,91 € + 237,42 € + 66,86 € + 800 € - 352,80 € ≈ <u>1.098 €</u>	9.014 €	Αντλία θερμότητας και φωτοβολταϊκά
8 ^η	93.400 €	233,17 € + 145,83 € + 66,86 € + 800 € - 352,80 € ≈ <u>893 €</u>	9.643 €	Αντλία θερμότητας, κέλυφος και φωτοβολταϊκά
9 ^η	80.700 €	447,36 € + 341,88 € + 90,53 € + 800 € - 352,80 € ≈ <u>1.327 €</u>	<u>8.887 €</u>	Φυσικό αέριο και φωτοβολταϊκά
10 ^η	90.000 €	300,69 € + 209,99 € + 90,53 € + 800 € - 352,80 € ≈ <u>1.048 €</u>	9.480 €	Φυσικό αέριο, κέλυφος και φωτοβολταϊκά

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

- Σε όσες περιπτώσεις υπάρχουν φωτοβολταϊκά, στο λειτουργικού κόστους OC η τιμή - 352,80 € οφείλεται στο ετήσιο όφελος λόγω φωτοβολταϊκών.

- Η ένατη περίπτωση στην οποία γίνεται χρήση φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκών είναι η οικονομικά πιο βέλτιστη λύση, δηλαδή η λύση με το μικρότερο συνολικό ετήσιο κόστος. Δηλαδή αν επιλεγθεί το συγκεκριμένο επενδυτικό σχέδιο είναι σαν ο επενδυτής να πρέπει να πληρώσει 8.784 € το χρόνο. Τα παραπάνω στοιχεία φαίνονται και στο γράφημα, όπου ο κατακόρυφος άξονας είναι το Συνολικό ετήσιο κόστος σε € και στον οριζόντιο απεικονίζονται οι περιπτώσεις.



Διάγραμμα 1 : Γραφική απεικόνιση του Ετήσιου ισοδύναμου κόστους των δέκα περιπτώσεων.

4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Τα τελευταία χρόνια το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του τριτογενούς τομέα είναι δυσβάσταχτο για το οικοσύστημα και είναι επιτακτική ανάγκη να βρεθούν λύσεις περιβαλλοντολογικά φιλικές.

Επομένως η περιβαλλοντική μελέτη των δέκα περιπτώσεων είναι αναγκαία και καιρία, προκειμένου να διαπιστωθεί το μέγεθος του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της καθεμιάς περίπτωσης. Για την περιβαλλοντική μελέτη θα χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα 1.2 από "ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 - ΤΕΕ".

Πίνακας 54 : Συντελεστής μετατροπής της τελικής κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε πρωτογενή ενέργεια.

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,9	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από θερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής	0,7	0,347
Τηλεθέρμανση από ΑΠΕ	0,5	---

Στην δεύτερη στήλη του συγκεκριμένου πίνακα, δίνονται για κάθε πηγή ενέργειας οι εκλυόμενοι ρύποι που παράγονται σε kgCO₂ ανά κιλοβατώρα. Αυτό σημαίνει ότι αν γνωρίζουμε τις κιλοβατώρες που καταναλώνονται ετησίως από κάθε πηγή ενέργειας στην κάθε περίπτωση και τις πολλαπλασιάσουμε με την αντίστοιχη τιμή της δεύτερης στήλης, τότε έχουμε την δυνατότητα να γνωρίζουμε πόσα kgCO₂ ρύπων εκλύονται ετησίως, δηλαδή το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Για την πρώτη περίπτωση ισχύει :

Για το κόστος θέρμανσης και το κόστος του ζεστού νερού χρήσης, το καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε ήταν πετρέλαιο. Γνωρίζοντας ότι η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (E_d / α) είναι 7.805,59 kWh και για το ζεστό νερό χρήσης η απαιτούμενη θερμότητα που παράγεται από το πετρέλαιο ισούται με 1.337.148 kWh, εάν αθροιστούν και μετέπειτα το άθροισμα πολλαπλασιαστεί με την τιμή της δεύτερης στήλης του πίνακα που αντιστοιχεί για το πετρέλαιο (0,264), τότε θα είναι γνωστή η ποσότητα των εκλυόμενων ρύπων της πρώτης περίπτωσης που παράγονται από το πετρέλαιο.

Επίσης οι κιλοβατώρες που παράγονται από τις ηλεκτρικές συσκευές ετησίως είναι 3.750, η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη είναι 1.709,41 kWh και η τιμή των εκλυόμενων ρύπων από την ηλεκτρική ενέργεια είναι 0,989 kgCO₂/ kWh. Με την ίδια ακριβώς μέθοδο θα γίνει εύρεση των εκλυόμενων ρύπων που παράγονται από ηλεκτρική ενέργεια της πρώτης περίπτωσης.

Για όλες τις περιπτώσεις ακολουθείται η ίδια μεθοδολογία.

Το άθροισμα των εκλυόμενων ρύπων του πετρελαίου και της ηλεκτρικής ενέργειας δίνουν τους συνολικούς εκλυόμενους ρύπους. Πιο αναλυτικά :

Πετρέλαιο

$$7.805,59 \text{ KWh} + 1.337,14 \text{ KWh} = 9.142,73 \text{ KWh}$$

$$9.142,73 \text{ KWh} \times 0,264 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{2.413,68 \text{ kgCO}_2} \text{ (1)}$$

Ηλεκτρική ενέργεια

$$1.709,41 \text{ KWh} + 3.750 \text{ KWh} = 5.459,41 \text{ KWh}$$

$$5.459,41 \text{ KWh} \times 0,989 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{5.399,35 \text{ kgCO}_2} \text{ (2)}$$

Πίνακας 55 : Ποσότητα εκπομπών ρύπων κτιρίου αναφοράς

Πρώτη περίπτωση	Πετρέλαιο	Ηλεκτρισμός	Σύνολο
Κτίριο αναφοράς	2.413,68 kgCO ₂	5.399,35 kgCO ₂	7.813,03 kgCO₂

Αντίστοιχα και για την δεύτερη περίπτωση (αναβάθμιση κτιριακού κελύφους) ισχύει :

Πετρέλαιο

$$5.246,37 \text{ KWh} + 1.337,14 \text{ KWh} = 6583,51 \text{ KWh}$$

$$6583,51 \text{ KWh} \times 0,264 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{1738,04 \text{ kgCO}_2}$$

Ηλεκτρική ενέργεια

$$1.049,95 \text{ KWh} + 3.750 \text{ KWh} = 4.799,95 \text{ KWh}$$

$$4.799,95 \text{ KWh} \times 0,989 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{4.747,15 \text{ kgCO}_2}$$

Πίνακας 56 : Ποσότητα εκπομπών ρύπων δεύτερης περίπτωσης

Δεύτερη περίπτωση	Πετρέλαιο	Ηλεκτρισμός	Σύνολο
Κέλυφος	1738,04 kgCO ₂	4.747,15 kgCO ₂	6.485,19 kgCO ₂

Για την τρίτη περίπτωση (χρήση φυσικού αερίου) με τιμή εκλυόμενων ρύπων για το φυσικό αέριο να είναι 0,196 kgCO₂ / KWh ισχύουν τα εξής :

Φυσικό αέριο

$$6.607,90 \text{ KWh} + 1337,14 \text{ KWh} = 7.945,04 \text{ KWh}$$

$$7.945,04 \text{ KWh} \times 0,196 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{1557,23 \text{ kgCO}_2}$$

Ηλεκτρική ενέργεια

$$1.709,41 \text{ KWh} + 3.750 \text{ KWh} = 5.459,41 \text{ KWh}$$

$$5.459,41 \text{ KWh} \times 0,989 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{5.399,35 \text{ kgCO}_2}$$

Πίνακας 57 : Ποσότητα εκπομπών ρύπων τρίτης περίπτωσης

Τρίτη περίπτωση	Φυσικό αέριο	Ηλεκτρισμός	Σύνολο
Φυσικό αέριο	1557,23 kgCO ₂	5.399,35 kgCO ₂	6.956,58 kgCO ₂

Για την τέταρτη περίπτωση (αναβάθμιση κτιριακού κελύφους και χρήση φυσικού αερίου) ισχύει :

Φυσικό αέριο

$$4.441,37 \text{ KWh} + 1.337,14 \text{ KWh} = 5.778,51 \text{ KWh}$$

$$5.778,51 \text{ KWh} \times 0,196 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{1.132,59 \text{ kgCO}_2}$$

Ηλεκτρική ενέργεια

$$1.049,95 \text{ KWh} + 3.750 \text{ KWh} = 4.799,95 \text{ KWh}$$

$$4.799,95 \text{ KWh} \times 0,989 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{4.747,15 \text{ kgCO}_2}$$

Πίνακας 58 : Ποσότητα εκπομπών ρύπων τέταρτης περίπτωσης

Τέταρτη περίπτωση	Φυσικό αέριο	Ηλεκτρισμός	Σύνολο
Φυσικό αέριο & κέλυφος	1.132,59 kgCO ₂	4.747,15 kgCO ₂	5.879,74 kgCO ₂

Για την πέμπτη περίπτωση (χρήση αντλίας θερμότητας) **επειδή η αντλία θερμότητας δουλεύει με ηλεκτρισμό, οι παραγόμενοι ρύποι παράγονται μόνο από ηλεκτρική ενέργεια** :

Ηλεκτρική ενέργεια

$$1.734,57 \text{ KWh} + 1.337,14 \text{ KWh} + 1.187,09 \text{ KWh} + 3.750 \text{ KWh} = 8.008,80 \text{ KWh}$$

$$8.008,80 \text{ KWh} \times 0,989 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{7.920,70 \text{ kgCO}_2}$$

Πίνακας 59 : Ποσότητα εκπομπών ρύπων πέμπτης περίπτωσης

Πέμπτη περίπτωση	Ηλεκτρισμός	Σύνολο
Αντλία θερμότητας	7.920,70 kgCO ₂	7.920,70 kgCO ₂

Για την έκτη περίπτωση (αναβάθμιση κτιριακού κελύφους και χρήση αντλίας θερμότητας) ισχύει :

Ηλεκτρική ενέργεια

$$1.165,86 \text{ KWh} + 1.337,14 \text{ KWh} + 729,13 \text{ KWh} + 3.750 \text{ KWh} = 6.982,13 \text{ KWh}$$

$$6.982,13 \text{ KWh} \times 0,989 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{6.905,33 \text{ kgCO}_2}$$

Πίνακας 60 : Ποσότητα εκπομπών ρύπων έκτης περίπτωσης

Έκτη περίπτωση	Ηλεκτρισμός	Σύνολο
Αντλία θερμότητας & κέλυφος	6.905,33 kgCO ₂	6.905,33 kgCO ₂

Για την έβδομη περίπτωση (χρήση αντλίας θερμότητας και φωτοβολταϊκών), **επειδή τα φωτοβολταϊκά προσφέρουν στο σύστημα κιλοβατώρες, οι συγκεκριμένες κιλοβατώρες θα πρέπει να αφαιρεθούν από τις κιλοβατώρες που παράγονται από την ηλεκτρική ενέργεια.** Οπότε ισχύει :

Ηλεκτρική ενέργεια

$$734,57 \text{ KWh} + 1.337,14 \text{ KWh} + 1.187,09 \text{ KWh} + 3.750 \text{ KWh} - \mathbf{2.940 \text{ KWh}} = 8.008,80 \text{ KWh}$$

$$- \mathbf{2.940 \text{ KWh}} = 5.068,80 \text{ KWh}$$

$$5.068,80 \text{ KWh} \times 0,989 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{5.013,04 \text{ kgCO}_2}$$

Πίνακας 61 : Ποσότητα εκπομπών ρύπων έβδομης περίπτωσης

Έβδομη περίπτωση	Ηλεκτρισμός	Σύνολο
Αντλία θερμότητας & κέλυφος	5.013,04 kgCO ₂	5.013,04 kgCO ₂

Για την όγδοη περίπτωση (αναβάθμιση κτιριακού κελύφους και χρήση αντλίας θερμότητας και φωτοβολταϊκών) ισχύει :

$$1.165,86 \text{ KWh} + 1.337,14 \text{ KWh} + 729,13 \text{ KWh} + 3.750 \text{ KWh} - \mathbf{2.940 \text{ KWh}} = 6.982,13 \text{ KWh}$$

$$- \mathbf{2.940 \text{ KWh}} = 4.042,13 \text{ KWh}$$

$$4.042,145 \text{ KWh} \times 0,989 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{3.997,66 \text{ kgCO}_2}$$

Πίνακας 62 : Ποσότητα εκπομπών ρύπων όγδοης περίπτωσης

Όγδοη περίπτωση	Ηλεκτρισμός	Σύνολο
Αντλία θερμότητας, κέλυφος & φωτοβολταϊκά	3.997,66 kgCO ₂	3.997,66 kgCO ₂

Για την ένατη περίπτωση (χρήση φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκών) ισχύει :

Φυσικό αέριο

$$6.607,90 \text{ KWh} + 1337,14 \text{ KWh} = 7.945,04 \text{ KWh}$$

$$7.945,04 \text{ KWh} \times 0,196 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{1557,23 \text{ kgCO}_2}$$

Ηλεκτρική ενέργεια

$$1.709,41 \text{ KWh} + 3.750 \text{ KWh} - \mathbf{2.940 \text{ KWh}} = 5.459,41 \text{ KWh} - \mathbf{2.940 \text{ KWh}} = 2.519,41 \text{ KWh}$$

$$2.519,41 \text{ KWh} \times 0,989 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{2.491,69 \text{ kgCO}_2}$$

Πίνακας 63 : Ποσότητα εκπομπών ρύπων ένατης περίπτωσης

Ένατη περίπτωση	Φυσικό αέριο	Ηλεκτρισμός	Σύνολο
Φυσικό αέριο & φωτοβολταϊκά	1557,23 kgCO ₂	2.491,69 kgCO ₂	4.048,92 kgCO ₂

Για την δέκατη περίπτωση (αναβάθμιση κτιριακού κελύφους και χρήση φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκών) ισχύει :

Φυσικό αέριο

$$4.441,37 \text{ KWh} + 1.337,14 \text{ KWh} = 5.778,51 \text{ KWh}$$

$$5.778,51 \text{ KWh} \times 0,196 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{1.132,59 \text{ kgCO}_2}$$

Ηλεκτρική ενέργεια

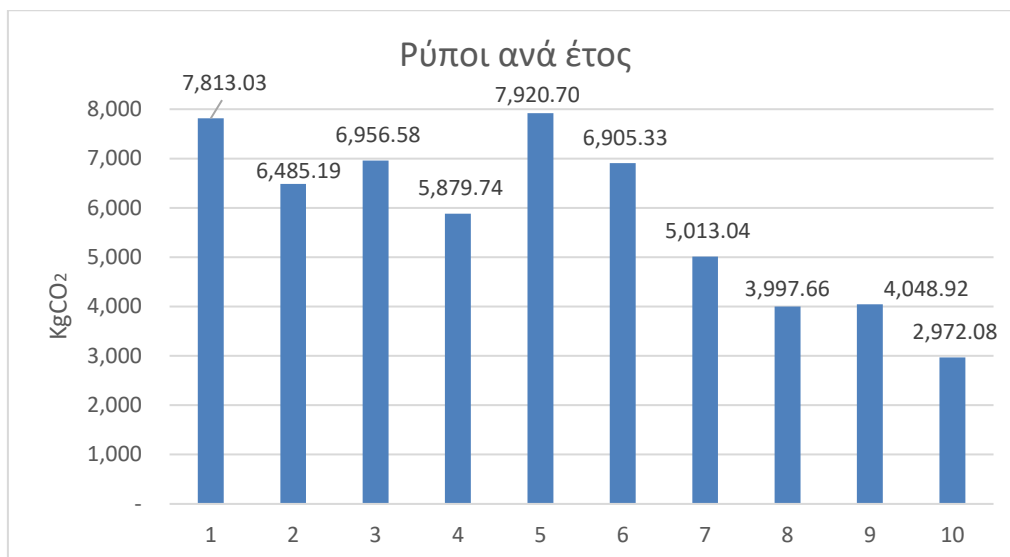
$$1.049,95 \text{ KWh} + 3.750 \text{ KWh} - \mathbf{2.940 \text{ KWh}} = 4.799,95 \text{ KWh} - \mathbf{2.940 \text{ KWh}} = 1.859,95 \text{ KWh}$$

$$1.859,95 \text{ KWh} \times 0,989 \text{ kgCO}_2 / \text{KWh} = \underline{1.839,49 \text{ kgCO}_2}$$

Πίνακας 64 : Ποσότητα εκπομπών ρύπων δέκατης περίπτωσης

Δέκατη περίπτωση	Φυσικό αέριο	Ηλεκτρισμός	Σύνολο
Φυσικό αέριο, κέλυφος & φωτοβολταϊκά	1.132,59 kgCO ₂	1.839,49 kgCO ₂	2.972,08 kgCO ₂

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα, όπως φαίνονται στο γράφημα :



Διάγραμμα 2 : Γραφική απεικόνιση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των δέκα περιπτώσεων.

Όπου στον κάθετο άξονα απεικονίζονται οι τιμές των ρύπων σε kgCO₂ , ενώ στον οριζόντιο οι περιπτώσεις. **Όπως φαίνεται και από το γράφημα η δέκατη περίπτωση (αναβάθμιση κτιριακού κελύφους και γρήση φυσικού αερίου και φωτοβολταϊκών) είναι η περίπτωση στην οποία παράγονται οι λιγότεροι ρύποι, άρα και η πιο οικολογική περίπτωση από όλες.**

5. ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Παρατηρούμε ότι η δέκατη περίπτωση είναι η πιο φιλική ως προς το περιβάλλον, ενώ η ένατη είναι η οικονομικά πιο συμφέρουσα περίπτωση (χαμηλότερο Ετήσιο ισοδύναμο κόστος).
2. Η ένατη περίπτωση σε σχέση με την δέκατη έχει κατά 36,23 % μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, ενώ έχει κατά 6,67 % μικρότερο Ετήσιο ισοδύναμο κόστος. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, κατά την άποψη του γράφοντος, είναι προτιμότερο να καταλήξουμε στη δέκατη λύση σε σχέση με την ένατη, καθώς ο συνδυασμός της περιβαλλοντικής και της οικονομικής διάστασης των δύο περιπτώσεων, σαφώς τείνει προς την επιλογή της δέκατης λύσης.
3. Αποδεικνύεται ότι για την κατασκευή μιας σύγχρονης κατοικίας η χρήση φωτοβολταϊκών αποτελεί πολύ χρήσιμη επιλογή, **διότι η εγκατάσταση και λειτουργία τους είναι και οικονομικά συμφέρουσα, ενώ παράλληλα μειώνει κατά πολύ το εκλυόμενο διοξείδιο του άνθρακα.** Αυτό προκύπτει από την

σύγκριση της πέμπτης με την έβδομη περίπτωση, της έκτης με την όγδοη, της τρίτης με την ένατη και της τέταρτης με την δέκατη.

4. Η χρήση του πετρελαίου ως καύσιμου δεν παρουσιάζει καλά αποτελέσματα, ενώ είναι και η πλέον επιβλαβής για το περιβάλλον. Συνεπώς, φαίνεται ότι η χρήση πετρελαίου σύντομα μπορεί να αποτελεί τελειώς ξεπερασμένη επιλογή για την ενεργειακή τροφοδοσία των κτιρίων.
5. Οι περιπτώσεις με αναβάθμιση κτιριακού κελύφους έχουν τα μεγαλύτερα ετήσια ισοδύναμα κόστη.. Όμως σε κάθε περίπτωση που εξετάστηκε η αναβάθμιση κτιριακού κελύφους, παρατηρήθηκε μείωση στην παραγωγή των εκλυόμενων ρύπων πάνω από 1.000 kgCO₂ ετησίως.
6. Η χρήση φυσικού αερίου είναι οικονομικότερη από αυτή του πετρελαίου, αλλά και αυτής της αντλίας θερμότητας. Επίσης το φυσικό αέριο έχει το μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα (0,196 kgCO₂ / kWh) από πετρέλαιο και αντλία θερμότητας. Βέβαια, φαίνεται ότι υπάρχει μία τάση ευρύτερης χρήσης των αντλιών θερμότητας, αλλά για να γίνει η χρήση τους οικονομικά συμφέρουσα θα πρέπει να μειωθεί το κόστος εγκατάστασης (και ίσως παράλληλα να αυξηθεί το κόστος του φυσικού αερίου). Για να μειωθεί το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα χρειάζεται περαιτέρω διείσδυση ΑΠΕ στο μίγμα ηλεκτρικής ενέργειας.

Βιβλιογραφία

Καρράς Σ., (2016)., Μοντελοποίηση ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, τομέας ηλεκτρικής ισχύος, Αθήνα

Απταλίδου Φ., (2018), Η νέα πρόκληση: «Κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Δίκαιο και Μηχανική της Ενέργειας», Θεσσαλονίκη

Μάρκου Ιωάννης Α., (2020), Κτήρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης: Η περίπτωση του κτηρίου της Δ.Ε.Υ.Α. Λαμίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό – Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Αθήνα

Παπαθανασίου Φ., Σαρακενίδης Λ., (2011), Διερεύνηση δυνατοτήτων εφαρμογής της αναθεωρημένης οδηγίας ενεργειακής συμπεριφοράς κτιρίων σε πανεπιστημιακό κτίριο του Α.Π.Θ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, τομέας ηλεκτρικής ενέργειας, εργαστήριο συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, Θεσσαλονίκη

Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ., (2008), Σημειώσεις Μαθήματος : Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων - Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Αθήνα

Παπακόστας Κ., Τσιλιγκρίδης Γ., Κυριάκης Ν., (2010), Εκτίμηση Βαθμομερών Ψύξης 50 Ελληνικών Πόλεων, Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, τεύχ. 1

Torcellini P., Pless S., Deru M., Crawley D., (2006), Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, National Renewable Energy Laboratory and Department of Energy, US

Vergini Eleni S., Groumpos P.P., A review on Zero Energy Buildings and Intelligent Systems, Department of Electrical and Computer Engineering University of Patras, Rion

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ΥΠΕΝ) (2018), Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος, Άρθρο 4, Οδηγία 27/2012/ΕΕ, 2η έκδοση, Αθήνα

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) (2011), Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών εκπαιδευτικό υλικό Θεσμικό πλαίσιο – Μεθοδολογία ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, Α΄ έκδοση, Αθήνα

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ΥΠΕΝ) (2017), Εθνικό Σχέδιο αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, άρθρο 9, Οδηγία 2010/31/ΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) (1990), Παροχή οδηγιών σχετικά με το Π.Δ. 515/89 και της 81304/90 απόφασης (ΦΕΚ. 8868)

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) (2011), ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 – ΤΕΕ, Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της

ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης, Σύμφωνα με την αναθεώρηση του Κ.ΕΝ.Α.Κ. (2017), Α΄ έκδοση, Αθήνα

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) (2017), ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 – ΤΕΕ, Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων, Σύμφωνα με την αναθεώρηση του Κ.ΕΝ.Α.Κ. (2017), Α΄ έκδοση, Αθήνα

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) (2012), ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2010 – ΤΕΕ, Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων λεβήτων & εγκαταστάσεων Θέρμανσης & εγκαταστάσεων Κλιματισμού, Β΄ έκδοση, Αθήνα

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) (2011), ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20702-5/2010 – ΤΕΕ, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτηρίων, Α΄ έκδοση, Αθήνα

Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων»

Οδηγία 2006/32/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 5ης Απριλίου 2006 «Για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες και την κατάργηση της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου.

Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 19ης Μαΐου 2010, «για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων» (αναδιατύπωση).

Οδηγία 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Οκτωβρίου, για την «ενεργειακή απόδοση την τροποποίηση των οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ».

ΟΔΗΓΙΑ 93/76/ΕΟΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 13ης Σεπτεμβρίου 1993 «για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (SAVE)».

Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων - Κ.Εν.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. Β 407/9.4.2010).

Νόμος 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α 89) , για όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια με τις εξαιρέσεις του άρθρου 11, όπως αυτός τροποποιήθηκε σύμφωνα με το άρθρο 10 και 10Α του νόμου 3851/2010.

Ελληνική Στατιστική Αρχή (2013), Δελτίο τύπου έρευνα κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά 2011-2012, Πειραιάς

Μαργαρίτα Καραβασίλη: Η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

<https://ec.europa.eu/eurostat/en/>

<https://meteosearch.meteo.gr/>

<https://www.energypoverty.eu/>

http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak

<https://ypen.gov.gr/>

<https://eur-lex.europa.eu/oj/direct-access.html?locale=el>