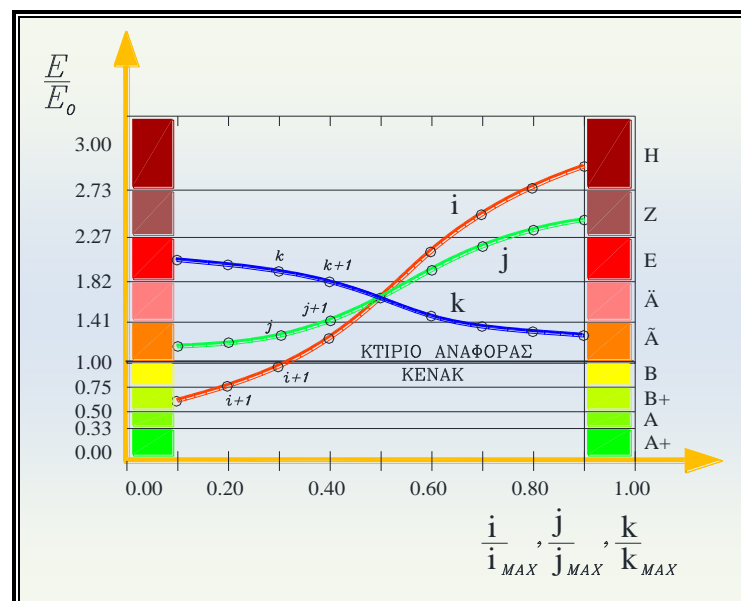




ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Π.Μ.Σ. «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ»
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΟΜΗΜΕΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
**ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ
ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ
(Κ.Εν.Α.Κ)**



ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΔΙΟΝΥΣΙΑ ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ

ΧΑΝΙΑ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2014



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	5
Abstract.....	7
Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 Ενεργειακή και Περιβαλλοντική Πιστοποίηση Κτιρίων.....	9
1.1.1 Γενικά περί ενεργειακής πιστοποίησης κτιρίων.....	9
1.1.2 Συστήματα περιβαλλοντικής και ενεργειακής αξιολόγησης.....	11
1. BREEAM.....	11
2. DGNB.....	14
3. HQE.....	16
4. LEED.....	19
1.2 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (ΚΕνΑΚ).....	23
1.2.1 Γενικά περί ΚΕνΑΚ.....	23
1.2.2 Μέθοδος κτιρίου αναφοράς.....	25
1.2.3 Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.. ..	28
Κεφάλαιο 2: ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΟΥΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ.....	31
2.1 Μέθοδος στοιχειώδους επιρροής.....	31
2.1.1 Ανάλυση ευαισθησίας πρώτης τάξης.....	31
2.1.2 Ανάλυση ευαισθησίας δεύτερης τάξης.....	35
2.1.3 Σχολιασμός της προτεινόμενης μεθοδολογίας.....	33
2.1.4 Επιλογή κτιριακού μοντέλου για την εφαρμογή της μεθόδου.....	37
2.2 Αποτελέσματα ανάλυσης με εφαρμογή του λογισμικού Κ.Εν.Α.Κ.....	41
2.2.1 Αναλυτικά αποτελέσματα ανά εξεταζόμενη παράμετρο.....	41
2.2.2 Συγκεντρωτική απεικόνιση για κάθε κλιματική ζώνη.....	61
2.2.3 Συγκεντρωτική απεικόνιση για κάθε παράμετρο μελέτης.....	63
2.3. Συμπεράσματα Αποτελεσμάτων Ανάλυσης.....	66
Κεφάλαιο 3: ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ (Case Study).....	71
3.1 Μέθοδος περιπτώσεων μελέτης.....	71



3.1.1	Εισαγωγή στην μεθοδολογία των Περιπτώσεων Μελέτης.....	71
3.1.2	Καθορισμός των ερωτημάτων της έρευνας.....	71
3.1.3	Επιλογή περιπτώσεων και τεχνικών συλλογής και ανάλυσης...	74
3.1.4	Προετοιμασία για τη συλλογή των δεδομένων.....	76
3.1.5	Συλλογή των δεδομένων στο πεδίο.....	78
3.1.6	Αξιολόγηση και ανάλυση των δεδομένων.....	79
3.1.7	Προετοιμασία της έκθεσης.....	81
3.1.8	Συμπεράσματα για τις μελέτες περιπτώσεων.....	82
3.2	Εφαρμογή Μεθόδου Περιπτώσεων και Ανάλυση Ευαισθησίας	83
3.2.1	Ανάλυση ευαισθησίας ενδογενών στοιχείων κελύφους.....	83
3.2.2	Περιγραφή μοντέλων κτιρίων μελέτης.....	87
3.2.3	Σχολιασμός της εφαρμογής των περιπτώσεων μελέτης.....	91
3.3	Αποτελέσματα ανάλυσης με εφαρμογή του λογισμικού Κ.Εν.Α.Κ....	95
3.3.1	Αναλυτικά αποτελέσματα ανά εξεταζόμενη παράμετρο.....	95
3.3.2	Συγκεντρωτική απεικόνιση παραμέτρων ανά κλιματική ζώνη...	111
3.3.3	Συγκεντρωτική απεικόνιση ανά μοντέλο μελέτης.....	113
3.3.4	Συγκεντρωτική απεικόνιση μοντέλων ανά κλιματική ζώνη.....	115
3.4	Συμπεράσματα των Αποτελεσμάτων της Ανάλυσης.....	116
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		121



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η απόφαση να επιχειρήσεις να καθίσεις και πάλι στα φοιτητικά θρανία με την ευγενή πρόθεση να μπορέσεις να ανταποκριθείς με επάρκεια στις υποχρεώσεις ενός μεταπτυχιακού προγράμματος ειδίκευσης, είκοσι και πλέον χρόνια μετά την αποφοίτησή σου από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, δεν είναι μια καθόλου μα καθόλου εύκολη υπόθεση.

Ειδικά αν η παρακολούθηση του προγράμματος αυτού πρέπει να συνδυαστεί επιπλέον και με την πατρική φροντίδα για την ανατροφή τριών αγοριών καθώς και την καθημερινή ρουτίνα του μάχιμου μηχανικού, το εγχείρημα μάλλον θα πρέπει να καταταχθεί στις παρυφές των ορίων του μαζοχισμού.

Σο παραπάνω εγχείρημα είχα από την αρχή μέχρι και το τέλος ως καθημερινό συνοδοιπόρο και συμπαραστάτη τον φίλο, συνάδελφο και συμφοιτητή Παπαδάκη Γεώργιο, Πολιτικό Μηχανικό, χωρίς την συμβολή του οποίου το εγχείρημα δεν θα ήταν δυνατόν να ολοκληρωθεί με επιτυχία και δεν θα είχε αίσιο τέλος αλλά μάλλον θα είχε καταλήξει άδοξα.

Πλησιάζοντας σχεδόν στην ολοκλήρωση του εν λόγω εγχειρήματος, θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Διονυσία Κολοκοτσά, για την εμπιστοσύνη που μου επέδειξε στην ανάθεση του θέματος και την συμβολή της στην ανεύρεση της βιβλιογραφίας που χρησιμοποίησα, καθώς επίσης και για την άψογη συνεργασία μας καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής μου.

Ευχαριστώ επίσης τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, τον Καθηγητή κ. Θεοχάρη Τσούτσο και τον Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Καλαϊτζάκη για την παρουσία τους και την αξιολόγηση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

Τέλος δεν θα ήταν δυνατόν να παραλείψω να ζητήσω ειλικρινά συγνώμη τόσο από την σύζυγό μου Γεωργία όσο και από τα τρία μου παιδιά Μάρκο, Κωστή και Γιώργο για τις ατέλειωτες ώρες που τους στέρησα την παρουσία μου τα δύο αυτά χρόνια που ασχολήθηκα με το μεταπτυχιακό.

Χανιά, Μάρτιος 2014

Καλογεράκης Ιωάννης

Πολιτικός Μηχανικός





ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία θα επιχειρηθεί η αναζήτηση ενός σχετικά απλού και κατανοητού μαθηματικού μοντέλου ανάλυσης ευαισθησίας, το οποίο θα μας επιτρέπει την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την εφαρμογή του εγκεκριμένου λογισμικού TEE KENAK στην πραγματικότητα των τυπικών ελληνικών κτιριακών κατασκευών.

Η δυσκολία του παραπάνω εγχειρήματος έγκειται στο γεγονός ότι το λογισμικό είναι κλειστού κώδικα και έτσι δεν έχουν γνωστοποιηθεί πολλές από τις παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάλυση που πραγματοποιείται με αυτό. Είναι προφανές λοιπόν ότι δεν είναι δυνατή η άμεση αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της παραπάνω ανάλυσης και ως εκ τούτου η μοναδική εναλλακτική δυνατότητα είναι η χρήση έμμεσων πρακτικών και διαδικασιών.

Συγκεκριμένα, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι που τέθηκαν στην παρούσα εργασία και έτσι να καταστεί δυνατή η ερμηνεία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του λογισμικού που εξετάζεται, ακολουθήθηκαν οι δύο παρακάτω μεθοδολογίες:

1. Μέθοδος Στοιχειώδους Επιρροής.

Πρόκειται για διαδικασία εξαντλητικών δοκιμών κατά την οποία σταδιακά μεταβάλλονται οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν την ανάλυση εντός των ορίων της τυπικής τους διακύμανσης και ακολούθως ερμηνεύονται και αποτυπώνονται γραφικά τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

2. Μέθοδος Περιπτώσεων Μελέτης.

Πρόκειται για διαδικασία στοχευμένων δοκιμών στην οποία χρησιμοποιούνται προσεκτικά επιλεγμένα μοντέλα κτιρίων τα οποία συναντώνται στην ελληνική κατασκευαστική πρακτική και ακολούθως ερμηνεύονται και αποτυπώνονται γραφικά τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

Τα αποτελέσματα της παρούσας ανάλυσης εικάζεται ότι θα έχουν ιδιαίτερο επιστημονικό και πρακτικό ενδιαφέρον αφού αφενός με αυτά θα μπορέσουμε να διερευνήσουμε την γραμμικότητα του χρησιμοποιούμενου μοντέλου σε σχέση με κάθε μία από τις παραμέτρους που το επηρεάζουν και αφετέρου θα μπορέσουμε να διαπιστώσουμε την σχετική επιρροή και σημασία της κάθε μιας από αυτές τις



παραμέτρους στην συνολική ενεργειακή συμπεριφορά των τυπικών ελληνικών κτιριακών κατασκευών.

Επιπροσθέτως μια ολοκληρωμένη αξιολογική και ποσοτική κατάταξη των παραμέτρων αυτών ξεχωριστά για κάθε μία γεωγραφική και κλιματική περιοχή θα μπορούσε πιθανώς:

1. να λειτουργήσει ως διαδικασία κατευθυντήριων γραμμών (guidelines) σε επιμέρους μελέτες νέων ή ανακαινιζόμενων κτιρίων στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού τους προκειμένου να επιτευχθεί βελτιστοποίηση στο κόστος κατασκευής τους,
2. να χρησιμοποιηθεί είτε σε τοπικό είτε σε περιφερειακό επίπεδο για την χάραξη στοχευμένων τοπικών πολιτικών εξοικονόμησης ενέργειας. στο δομημένο περιβάλλον.
3. Να αποτελέσει αντικείμενο νέων μελετών που να διερευνούν την ευαισθησία της εμπορικής αξίας των κτιρίων σε σχέση με την ενεργειακή τους κατάταξη και απόδοσή. Θα μπορούσε ίσως με αυτόν τον τρόπο να δημιουργηθούν άμεσα αξιοποιήσιμα εργαλεία που να βοηθούν στην ενσωμάτωση της ενεργειακής κατάταξης και απόδοσης των κτιρίων στην εκτίμηση της εμπορικής τους αξίας.



ABSTRACT

In this thesis we will attempt to search for a comprehensible and relatively simple mathematical sensitivity analysis model, which will allow us to evaluate the results regarding the implementation of the «TEE KEvAK» software in the case of typical Greek buildings.

The difficulty of this project lies in the fact that the software is not an open source model and thus has not disclosed many of the parameters taken into account in the analysis carried out with this software. The fact that you cannot directly assess the results of the above analysis, guides us to use indirect procedures and practices.

In order to achieve the objectives of the project and thus enable us to evaluate and interpret the software testing results, it is necessary to apply the following procedures:

1. **Elementary Effect Method:** In other words exhaustive testing by gradually changing the main parameters affecting the energy performance analysis within the limits of their standard variation and then mapping and interpretation of results obtained.
2. **Case Study Method:** In other words pinpointed testing using standard building models which are met in the Greek construction practice and subsequently mapping and interpretation of the results obtained.

It is assumed that the results of this analysis will have a considerable scientific and practical interest, since we can investigate the linearity of the model used in relation to each of the parameters affects it, and also we will be able to see the relative influence and importance of each of these parameters on the overall energy performance of typical Greek building structures.

In addition, a comprehensive assessment and quantitative classification of these parameters, for each geographic and climatic region, could probably:

1. act as process guidelines in the early design stages of new, or renovated, buildings projects in order to optimize their construction cost.
2. be used, at local or regional level, for the formulation of targeted local energy saving policies regarding the constructed environment.
3. be the subject for a new approach that can be useful for valuers, in order to include energy efficiency rating in professional property assessments.





Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

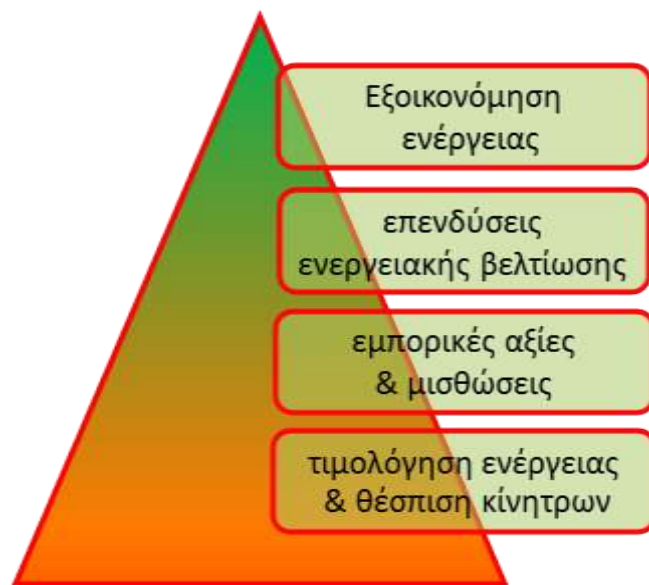
1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

1.1.1 Γενικά περί Ενεργειακής Πιστοποίησης κτιρίων.

Ένας ιδιαίτερα σημαντικός τομέας με πανευρωπαϊκή αλλά και παγκόσμια σημασία, είναι και η δράση κατά της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Είναι γεγονός ότι από την κατανάλωση ενέργειας που πραγματοποιείται στα κτίρια δημιουργείται περίπου το 40% του συνολικού ευρωπαϊκού αποτυπώματος άνθρακα, και ως εκ τούτου δεν είναι καθόλου τυχαίες οι ανησυχίες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα ούτε είναι παράξενο που η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει εξαιρετικά αυστηρή νομοθεσία για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Τόσο η ΕΕ όσο και οι μεμονωμένες χώρες που την απαρτίζουν, ελπίζουν ότι σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα θα επηρεάσουν τους κατόχους ακινήτων ώστε να αλλάξουν τελικά την ενεργειακή τους συμπεριφορά, να μειώσουν την κατανάλωση, να βελτιώσουν την απόδοση των κτιρίων και να διευρύνουν την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Σχετικά με τα παραπάνω, επισημαίνεται επιπλέον σε αυτό το σημείο ότι, τα κτήρια έχουν γενικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τον εξοπλισμό τους ή τα επιμέρους συστήματά τους, ενώ πολλά ακίνητα, κυρίως κατοικίες, είναι ηλικίας μεγαλύτερης των 100 ετών και το μεγαλύτερο μέρος του στεγαστικού αποθέματος που θα υπάρχει το 2050 έχει ήδη σήμερα κατασκευαστεί.

Για τους παραπάνω λόγους τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ευρέως αντιληπτό στα περισσότερα από τα ανεπτυγμένα κράτη, ότι η ενεργειακή και περιβαλλοντική πιστοποίηση των κτιριακών υποδομών, αποτελεί βασικό εργαλείο που μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην χάραξη ορθολογικών πολιτικών, οδηγώντας έτσι τελικά σε εντυπωσιακά αποτελέσματα, όσον αφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας του οικιστικού τομέα σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα.

Αυτό γίνεται κυρίως μέσω μιας ολοκληρωμένης διαδικασίας, όπου με εκκίνηση την χάραξη της κατάλληλης ενεργειακής τιμολογιακής πολιτικής με την ταυτόχρονη θέσπιση κινήτρων για την βελτίωση των κτιρίων, οδηγούμαστε σε σταδιακό επαναπροσδιορισμό στα τιμήματα των μισθώσεων και των εμπορικών αξιών των ακινήτων, γεγονός που οδηγεί τελικά τόσο σε ιδιωτικές όσο και σε δημόσιες επενδύσεις για την ενεργειακή βελτίωση, με άμεσο στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και μακροπρόθεσμα την οικονομική ανταποδοτικότητα της επένδυσης.



**Ενεργειακή Πιστοποίηση κτιρίων:
Βασικό Εργαλείο Εξοικονόμησης Ενέργειας**

Για να μπορέσει να υλοποιηθεί με επιτυχία η παραπάνω διαδικασία και η πιστοποίηση των κτιρίων να γίνει σε μεγάλη κλίμακα έτσι ώστε τελικά να έχει ουσιαστικά πρακτικά αποτελέσματα, απαραίτητη προϋπόθεση είναι και η δημιουργία ενός ευέλικτου μοντέλου περιβαλλοντικής και ενεργειακής βαθμονόμησης και κατάταξης νέων και παλαιών κτιρίων που να ανταποκρίνεται τουλάχιστον στις ακόλουθες προϋποθέσεις, όσον αφορά στην επιλογή των βασικών αντικειμένων που υπεισέρχονται στην επεξεργασία του σχήματος πιστοποίησης:

- Τα αντικείμενα που υπεισέρχονται στον έλεγχο για την κατάταξη του κτιρίου πρέπει να ανταποκρίνονται στην εθνική και ευρωπαϊκή πολιτική σε σχέση με τους στόχους μείωσης του CO₂ και την εξοικονόμηση φυσικών ενεργειακών πόρων.
- Το σχήμα πιστοποίησης πρέπει να προσφέρει τη δυνατότητα βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων και του άμεσου περιβάλλοντος, και να συντείνει στον μέγιστο βαθμό αξιοποίησης των ΑΠΕ.
- Το μοντέλο ενεργειακής και περιβαλλοντικής πιστοποίησης θα πρέπει να είναι εύληπτο κατανοητό και εύχρηστο από τον επιθεωρητή που θα το υλοποιεί, αλλά και εύκολα αντιληπτό από τους πολίτες που θα το χρησιμοποιούν.
- Το κόστος της πιστοποίησης να είναι σχετικά μικρό, έτσι ώστε να γίνει εύκολα αποδεκτό από τους πολίτες και να προχωρήσει γρήγορα η εφαρμογή του σε



μεγάλο αριθμό κτιρίων, ιδιαίτερα εκείνων τα οποία χρήζουν επισκευής λόγω παλαιότητας,

Το σχήμα πιστοποίησης για να είναι ικανοποιητικό θα πρέπει να καταγράφει και να αξιολογεί τρεις (3) μεγάλες ομάδες παραμέτρων, οι οποίες και αποτυπώνουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους και την παρεχόμενη στους χρήστες ποιότητα ζωής, ενώ η συμπεριφορά των χρηστών και ο τρόπος που αυτοί λειτουργούν το κτίριο και τον εξοπλισμό του δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικό να υπεισέρχονται στη διαδικασία της αξιολόγησης, αφού αυτά δεν εξαρτώνται από το ίδιο το κτίριο αλλά μεταβάλλονται ανάλογα με τον εκάστοτε χρήστη, δηλαδή:

- την καταναλισκόμενη ενέργεια εκπεφρασμένη σε εκπομπές CO₂.
- τις περιβαλλοντικές συνθήκες μέσα και έξω από το κτίριο.
- την συνολική κατανάλωση νερού.

1.1.2 Συστήματα Ενεργειακής και Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης.

Παρουσιάστηκαν πολλές μέθοδοι που αφορούν στην αξιολόγηση των κτηρίων, σύμφωνα με συγκεκριμένα περιβαλλοντικά πρότυπα, ορισμένες εκ των οποίων είναι ήδη θεσμοθετημένες, ενώ κάποιες άλλες έχουν προαιρετική εφαρμογή, προσφέροντας κάποιες τυποποιημένες διαδικασίες αξιολόγησης και πιστοποίησης της ενεργειακής συμπεριφοράς και της αποδοτικότητας εν γένει των κτιρίων. Υπάρχουν περίπου 30 προαιρετικά συστήματα αξιολόγησης σε όλο τον κόσμο τα οποία όλα προσπαθούν με διάφορους τρόπους να αντιμετωπίσουν την εννοιολογική περιπλοκότητα του όρου «βιωσιμότητα». Αναπόφευκτα ίσως, τα περισσότερα εστιάζουν υπερβολικά στα νέα κτήρια ή σε αυτά που υφίστανται ριζικές ανακαινίσεις και επεμβάσεις ενεργειακών βελτιώσεων.

Ανάμεσα στα διεθνώς αναγνωρισμένα μέχρι σήμερα συστήματα ενεργειακής και περιβαλλοντικής πιστοποίησης και αξιολόγησης συγκαταλέγονται και τα εξής:

1. BREEAM: Αγγλικό Σύστημα

α. Γενικά.

Η μέθοδος περιβαλλοντικής εκτίμησης του ιδρύματος κτιριακών ερευνών (BREEAM)¹ αναπτύχθηκε από το (BRE)² στο Ηνωμένο Βασίλειο. Το BRE, το

¹ Building Research Establishment Environmental Assessment Method

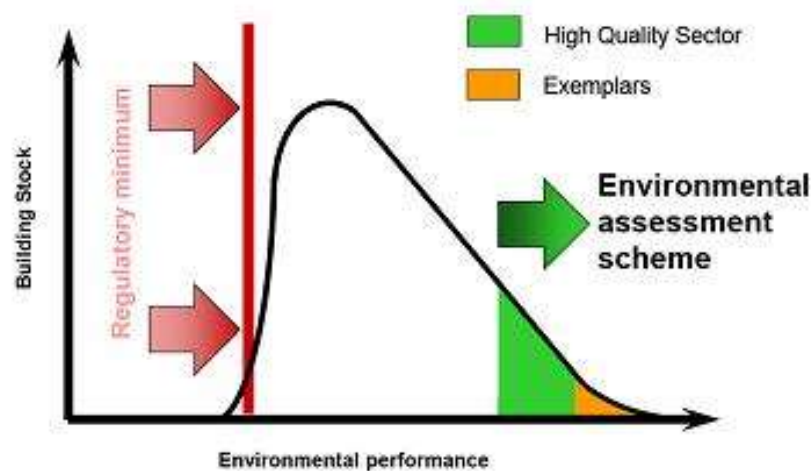


οποίο είναι ένα ανεξάρτητο ίδρυμα ερευνών και πιστοποίησης που ιδρύθηκε το 1921 και είναι διαπιστευμένο από την Υπηρεσία Διαπίστευσης του Ηνωμένου Βασιλείου, εισήγαγε για πρώτη φορά τα συστήματα πιστοποίησης στην αγορά ήδη από το έτος 1990.



β. Στόχοι και Επιδιώξεις.

Στόχοι του ιδρύματος είναι να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την αιφορία στον τομέα των ακινήτων, να διεξάγει έρευνες και ελέγχους και τέλος να παρέχει υπηρεσίες πιστοποίησης υλικών, προϊόντων, προσωπικού, κτιρίων, διαδικασιών, συστημάτων καθώς και εφοδιαστικών αλυσίδων.



Η εξεταζόμενη μέθοδος BREEAM στοχεύει στην ανάπτυξη εξατομικευμένων συστημάτων πιστοποίησης για κάθε κατηγορία κτιρίου και η χρήση τους καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου. Επιπροσθέτως εκτός από τα μεμονωμένα κτίρια με το συγκεκριμένο σύστημα μπορούν να πιστοποιηθούν και εταιρείες, ανεξάρτητοι χρήστες αλλά και ολόκληρες συνοικίες μιας πόλης.

γ. Κατηγορίες συστήματος.

Οι κατηγορίες που συμπεριλαμβάνει το σύστημα είναι οι εξής: Ενέργεια, Διοίκηση, Υγεία και Ευεξία, νερό, υλικά, απόβλητα, μεταφορές, περιβάλλον, χρήση

² Building Research Establishment



γης και Οικολογία, καινοτομία. Το σύστημα BREEAM συνδέει όλα τα στάδια του κύκλου ζωής των κτιρίων σύμφωνα με τον «Κώδικα για ένα αειφόρο δομημένο περιβάλλον».



δ. Ταξινόμηση.

Οι αξιολογήσεις του συστήματος BREEAM χρησιμοποιούν την μέθοδο της απόδοσης αστεριών. Ανάλογα με το επίπεδο ποιότητας που έχει επιτευχθεί, τόσο τα νέα σχέδια των κτιρίων όσο και τα σχέδια εκσυγχρονισμού ταξινομούνται σε μια κλίμακα 1 έως 5 αστερών, ενώ αντίθετα τα υπάρχοντα κτίρια ταξινομούνται σε μια κλίμακα 1 έως 6 αστερών αντίστοιχα.

BREEAM-NL Kwalificatie	Sterren	Score
PASS	☆	≥ 30%
GOOD	☆☆	≥ 45%
VERY GOOD	☆☆☆	≥ 55%
EXCELLENT	☆☆☆☆	≥ 70%
OUTSTANDING*	☆☆☆☆☆	≥ 85%

ε. Πιστοποίηση και Διασφάλιση Ποιότητας.

Η πιστοποίηση μπορεί να αποκτηθεί μέσω ενός αξιολογητή ή ελεγκτή με τα κατάλληλα επαγγελματικά προσόντα που εκπαιδεύεται και ελέγχεται απ τον ίδιο τον



οργανισμό BRE ή από άλλο Εθνικό Διαχειριστή, ο οποίος διεξάγει όλους τους απαιτούμενους ελέγχους και ακολούθως τους υποβάλλει σε καθορισμένο αρμόδιο όργανο. Η διασφάλιση της ποιότητας γίνεται από τον ίδιο τον οργανισμό BRE ή τον Εθνικό Διαχειριστή.



2. DGNB: Γερμανικό Σύστημα

α. Γενικά.

Το σύστημα πιστοποίησης DGNB³ απονέμει την Σφραγίδα Ποιότητας για το Βιώσιμο Κτίριο “Seal of Quality for Sustainable Building” και αναπτύχθηκε από τον γερμανικό μη κερδοσκοπικό οργανισμό DGNB που ιδρύθηκε το έτος 2007 από εμπειρογνώμονες διαφόρων ειδικοτήτων κυρίως μέσα από τον κατασκευαστικό κλάδο και τον τομέα των ακινήτων. Είναι ένας οργανισμός που υποστηρίζεται από τα μέλη του, ενώ τα πρώτα πιστοποιητικά DGNB απονεμήθηκαν το έτος 2009.



β. Στόχοι και Επιδιώξεις.

Το DGNB έχει ως στόχο την προώθηση της αειφορίας τόσο στον σχεδιασμό και την κατασκευή των κτιρίων όσο και στην γενικότερη λειτουργία του δομημένου περιβάλλοντος. Οι στόχοι του έχουν να κάνουν περισσότερο με κοινωνικά και λιγότερο με οικολογικά ή οικονομικά ζητήματα. Ο κύριος στόχος του συστήματος πιστοποίησης DGNB είναι να αναπτύξει μια πλήρη ταυτότητα για κάθε τύπο κτιρίου που θα χρησιμοποιείται καθ 'όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου και το

³ Green Building Council (DGNB - Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen eV)



οποίο θα μπορεί να έχει εφαρμογή τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Με το συγκεκριμένο σύστημα εκτός από μεμονωμένα κτήρια μπορούν να πιστοποιηθούν και ολόκληρες συνοικίες μιας πόλης.



γ. Κατηγορίες Συστήματος.

Οι κατηγορίες που συμπεριλαμβάνονται στο σύστημα είναι οι ακόλουθες: Οικολογία, Οικονομία, Κοινωνικό-Πολιτιστικές και λειτουργικές πτυχές, Τεχνολογία, Διαδικασίες και Τοποθεσία. Το στοιχείο που συνδέει όλες τις κατηγορίες είναι μια ολοκληρωμένη προοπτική που εκτείνεται καθ 'όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου.



δ. Ταξινόμηση.

Οι αξιολογήσεις του συστήματος DGNB οδηγούν σε απονομή των κατηγοριών ποιότητας του Χρυσού (Gold), Ασημένιου (Silver) και Χάλκινου (Bronze). Η



διαδικασία περιλαμβάνει τον καθορισμό των στόχων που πρέπει να επιτευχθούν σε κάθε μία περίπτωση, και η τελική αξιολόγηση δείχνει περισσότερο το βαθμό στον οποίο οι στόχοι που τέθηκαν έχουν τελικά επιτευχθεί, παρά την καθ' αυτό αποτίμηση και αξιολόγηση των επιμέρους μέτρων που λαμβάνονται. Όταν ένα κτίριο έχει επιτύχει το 50% των στόχων του λαμβάνει το Χάλκινο πιστοποιητικό DGNB, όταν έχει επιτύχει 65% των στόχων του λαμβάνει το Ασημένιο Πιστοποιητικό και τέλος, όταν έχει επιτύχει το 80% των στόχων του απονέμεται το Χρυσό Πιστοποιητικό.



ε. Πιστοποίηση και Διασφάλιση Ποιότητας.

Η πιστοποίηση μπορεί να αποκτηθεί μέσω ενός ελεγκτή με τα κατάλληλα επαγγελματικά προσόντα που εκπαιδεύεται και ελέγχεται απ τον ίδιο τον οργανισμό DGNB ή από άλλο εξουσιοδοτημένο συνεργάτη, ο οποίος διεξάγει όλους τους απαιτούμενους ελέγχους και ακολούθως τους υποβάλλει σε καθορισμένο αρμόδιο όργανο. Η διασφάλιση της ποιότητας αντιμετωπίζεται μέσω της λεγόμενης ομάδας διαπίστωσης της συμμόρφωσης από τον DGNB ή από τις αντίστοιχες χώρες εταίρους. Δεν χορηγείται ούτε ένα πιστοποιητικό, είτε για την κατασκευή νέων κτιρίων ή για τα υφιστάμενα κτίρια, χωρίς τα απαραίτητα συνοδευτικά έγγραφα του ελεγκτή, τα οποία επανεξετάζονται και από άλλο φορέα, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο μια ολοκληρωμένη διαδικασία διασφάλισης ποιότητας.

3. HQE: Γαλλικό Σύστημα

α. Γενικά.

Η μη κυβερνητική οργάνωση «Σύνδεσμος HQE»⁴ ιδρύθηκε το 1992 και άρχισε να υλοποιεί τους στόχους της αειφορίας στον κλάδο των κατασκευών, μέσα από τις

⁴ Association pour la Haute Qualité Environnementale

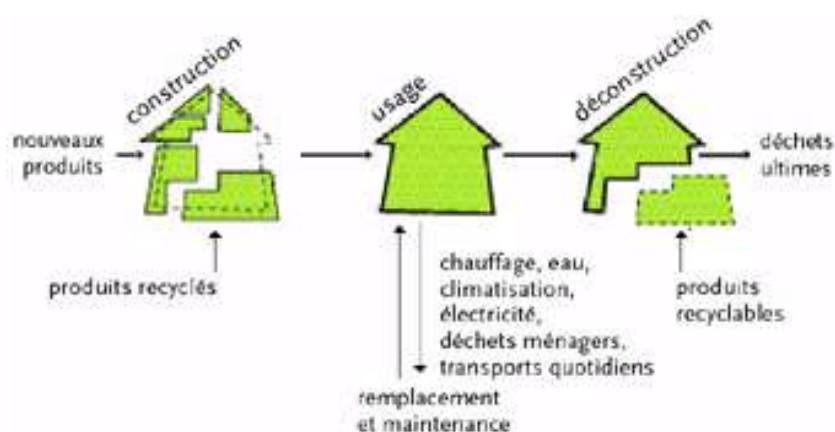


διάφορες πρωτοβουλίες δημοσίων και ιδιωτικών φορέων. Αυτή η οργάνωση είναι πίσω από την καταχώριση και την απονομή του σήματος «HQE» και επικεντρώνεται κυρίως στην έρευνα για την εφαρμογή της αειφορίας στον σχεδιασμό και στην κατασκευή κτιρίων και υποδομών. Υπάρχουν τρεις αναγνωρισμένες οργανώσεις HQE που ασχολούνται τόσο με τον οικιστικό όσο και με τον μη οικιστικό τομέα.



β. Στόχοι και Επιδιώξεις.

Στόχος του HQE είναι να αξιολογεί και να πιστοποιεί την βιωσιμότητα των ακινήτων σε όλες τις περιοχές και καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής των κτιρίων: την κατασκευή, την λειτουργία και τέλος την ανακαίνιση.



γ. Κατηγορίες Συστήματος.

Η μέθοδος HQE προσδιορίζει τέσσερις βασικές κατηγορίες: την Ενέργεια, το Περιβάλλον, την Υγεία και την Άνεση. Υπάρχουν 14 επιμέρους κριτήρια - στόχοι που χωρίζονται σε εξωτερικά και εσωτερικά και τα οποία συγκεκριμένα είναι: η αρμονική

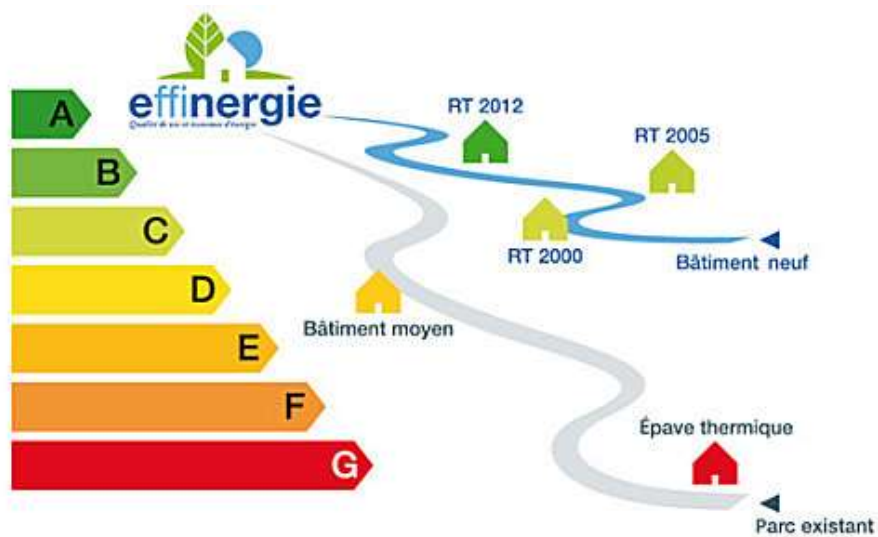


σχέση μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος, η ολοκληρωμένη επιλογή των διαδικασιών κατασκευής και υλικών, η πρόληψη της όχλησης από την κατασκευή του έργου, η ελαχιστοποίηση της χρήσης της ενέργειας και της συμβολής στην υπερθέρμανση του πλανήτη, η ελαχιστοποίηση της χρήσης του νερού, η ελαχιστοποίηση των παραγόμενων αποβλήτων, η ελαχιστοποίηση της συντήρησης και της ανάγκης για επισκευές των κτιρίων, μέτρα υδροθερμικής ρύθμισης, μέτρα ακουστικής ρύθμισης, η οπτική ελκυστικότητα, η πρόληψη των οχλήσεων ή των κινδύνων λόγω της δυσοσμίας, η υγιεινή και την καθαριότητα των εσωτερικών χώρων, οι έλεγχοι της ποιότητας του αέρα, και τέλος οι έλεγχοι της ποιότητας του νερού.



δ. Ταξινόμηση.

Οι αξιολογήσεις του συστήματος HQE οδηγούν σε απονομή των κατηγοριών ποιότητας Επαρκής (Pass), Καλή (Good), Πολύ Καλή (Very Good), Άριστη (Excellent) και Εξαιρετική (Exceptional), οι οποίες δηλώνονται από ένα αριθμό έως τεσσάρων αστεριών κατ' ανώτατο όριο που δείχνουν τελικά το επίπεδο επίτευξης των στόχων σε κάθε μια από τις τέσσερις βασικές κατηγορίες που εξετάζονται.



ε. Πιστοποίηση και Διασφάλιση Ποιότητας.

Η πιστοποίηση μπορεί να αποκτηθεί μέσω του αντίστοιχου οργανισμού ΗQE. Οι ανεξάρτητοι ελεγκτές, οι οποίοι και έχουν παρακολουθήσει ειδικό πρόγραμμα κατάρτισης, επιλέγονται μέσω του ίδιου του οργανισμού. Στο τέλος της διαδικασίας, ο οργανισμός ΗQE απονέμει το πιστοποιητικό, ενώ είναι επίσης υπεύθυνος και για ολόκληρη την διαδικασία της πιστοποίησης, την καταχώριση στα αντίστοιχα μητρώα, την έκδοση όλων των απαιτούμενων αδειών, την διασφάλιση της ποιότητας του συστήματος και τέλος, κατά περίπτωση, τις αμοιβές των ελεγκτών.

4. LEED: Αμερικάνικο Σύστημα

α. Γενικά.

Το «Συμβούλιο του Πράσινου Κτιρίου» των ΗΠΑ (USGBC)⁵ ιδρύθηκε το έτος 1993 ως ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός και εδρεύει στην Ουάσινγκτον.



⁵ (USGBC): United States Green Building Council



Η πρώτη έκδοση του συστήματος (LEED)⁶ «Πρωτοπορία στον Ενεργειακό και τον περιβαλλοντικό σχεδιασμό» αφορούσε τα νέα κτίρια και ανακοινώθηκε το έτος 2000.

Το ίδιο το σύστημα LEED περιλαμβάνει ένα σημαντικό αριθμό διαφορετικών επιμέρους συστημάτων ταξινόμησης και πιστοποίησης για σχεδόν κάθε τύπο κτιρίου και χρήσης, που συνεχώς επεκτείνονται και βελτιώνονται.



β. Στόχοι και Επιδιώξεις.

Ο στόχος του είναι να ωθήσει τους ανθρώπους να επαναπροσδιορίσουν τον τρόπο που σκέφτονται για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ολόκληρου του κύκλου ζωής των κτιρίων στα οποία ζουν, εργάζονται, και μαθαίνουν. Το LEED παρέχει στους ιδιοκτήτες των κτιρίων και των επιχειρήσεων ένα ολοκληρωμένο σύστημα για τον προσδιορισμό και την εφαρμογή μετρήσιμων αλλά και πρακτικών στρατηγικών βιώσιμης λειτουργίας, τόσο για το σχεδιασμό και την κατασκευή, όσο και για τη λειτουργία των κτιρίων.

γ. Κατηγορίες Συστήματος.

Το σύστημα αξιολόγησης LEED αποτελείται από επτά κατηγορίες, με τις πέντε κατηγορίες που αναφέρονται εδώ να είναι και οι κυριότερες: Βιώσιμη Τοποθεσία, Χρήση Νερού, Κατανάλωση Ενέργειας, Υγεία και Ευεξία (Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος), Χρήση Υλικών. Υπάρχουν επίσης επιπρόσθετα και η κατηγορία «Καινοτομία», η οποία αναδεικνύει ιδίως τις βιώσιμες εκείνες στρατηγικές που δεν περιλαμβάνονται στα άλλα κριτήρια, καθώς και η κατηγορία «Περιφερειακή Προτεραιότητα», που χορηγεί επιπλέον πόντους στην χρήση στρατηγικών πράσινου κτιρίου, οι οποίες έχουν ιδιαίτερη περιφερειακή οικολογική σημασία.

⁶ (LEED): Leadership in Energy and Environmental Design



δ. Ταξινόμηση.

Οι αξιολογήσεις του συστήματος LEED αποδίδουν τα ακόλουθα επίπεδα διάκρισης: το Πλατινένιο (Platinum), το Χρυσό (Gold), το Ασημένιο (Silver) και τέλος το Πιστοποιημένο (Certified) και βασίζονται σε ένα σύστημα μονάδων με μέγιστη δυνατότητα τους 100 πόντους. Το σύστημα LEED καθορίζει επίσης και τις κατ' ελάχιστον απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται σε κάθε επιμέρους κατηγορία, προκειμένου τελικά το κτίριο να μπορεί να πιστοποιηθεί.



ε. Πιστοποίηση και Διασφάλιση Ποιότητας.

Ένα έργο μπορεί να καταχωρείται αρχικά ενώ η βεβαίωση της συμμόρφωσης υποβάλλεται ανεξάρτητα από πιστοποιημένο επαγγελματία του οργανισμού μέσω της πλατφόρμας "LEEDONLINE". Παρ' όλα αυτά, προτείνεται να γίνεται διαβούλευση από τα αρχικό στάδιο της μελέτης με ένα από τους πιστοποιημένους επαγγελματίες του οργανισμού, με δεδομένο ότι μόνο αυτοί είναι πολύ καλά εξοικειωμένοι με το



συγκεκριμένο σύστημα και έτσι μπορούν να προβλεφθούν αστοχίες και λάθη κατά την εφαρμογή. Η διασφάλιση της ποιότητας γίνεται από το GBCI⁷.

⁷(GBCI) Green Building Certification Institute



1.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ [ΚΕνΑΚ]

1.2.1 Γενικά περί Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων

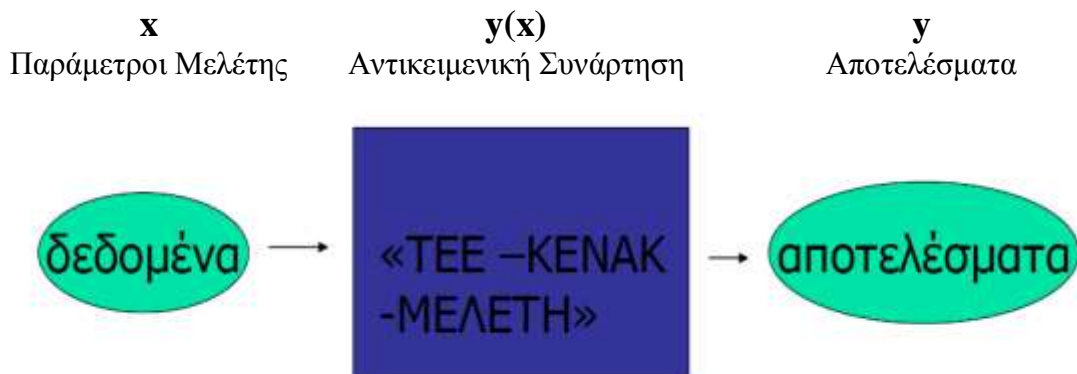
Μετά την ψήφιση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και την δημοσίευσή του στο ΦΕΚ 407 Β'/09-04-2010, απαιτείται πλέον η πλήρης εφαρμογή του τόσο για την κατασκευή κάθε νέου κτιρίου, όσο και για την ριζική ανακαίνιση η ανακατασκευή κάθε παλαιότερου κτίσματος. Επιπροσθέτως, από τις 10 Ιανουαρίου του 2010 και μετά, για οποιαδήποτε συμβολαιογραφική πράξη αγοραπωλησίας η και ενοικίασης κτιρίου συνολικής επιφανείας άνω των 50μ² απαιτείται και η προσκόμιση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης.

Μετά τη διευκρινιστική εγκύκλιο που εξέδωσε το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης, τα οποία θα εκδίδονται αποκλειστικά και μόνο από τους εγγεγραμμένους στα οικεία μητρώα ενεργειακούς επιθεωρητές, θα κατατάσσουν τα υφιστάμενα κτίρια ή τις επιμέρους αυτοτελείς διηρημένες ιδιοκτησίες σε συγκεκριμένες ενεργειακές βαθμίδες ανάλογα με την ενεργειακή τους συμπεριφορά..

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, έχει ανακοινώσει ότι αξιολόγησε θετικά το λογισμικό υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων που υποβλήθηκε από το Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδας και επέβαλε την υποχρεωτική του εφαρμογή και χρήση για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων, σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Τ.Ε.Ε Κ.ΕΝ.Α.Κ.





Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ οι παράμετροι υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων καθορίζονται από τα στοιχεία της αρχιτεκτονικής του μελέτης, καθώς και τα στοιχεία των υπόλοιπων, υποχρεωτικών πλέων, συνοδευτικών μελετών των ηλεκτρομηχανολογικών του εγκαταστάσεων. Ως κριτήριο για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων καθορίστηκε τελικά η συνολική τους κατανάλωση σε πρωτογενή ενέργεια⁸ και πιο συγκεκριμένα ο λόγος αυτής της κατανάλωσης προς την αντίστοιχη κατανάλωση ενός κτιρίου αναφοράς, το οποίο περιγράφεται και αναλύεται λεπτομερώς από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. Ο μελετητής ή ο επιθεωρητής, σύμφωνα με τον ΚΕνΑΚ, συντάσσει λεπτομερή τεχνική έκθεση στην οποία αναφέρονται οι παράμετροι και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, η μεθοδολογία υπολογισμού θα πρέπει να περιλαμβάνει απαραίτητα τουλάχιστον τα παρακάτω στοιχεία:

- Τη χρήση του κτιρίου, τις επιθυμητές συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος, τα χαρακτηριστικά λειτουργίας καθώς και τον αριθμό των χρηστών του.
- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου.
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους σε σχέση με τον προσανατολισμό, και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών του στοιχείων (χωρίσματα κ.ά.).
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων και των υλικών του κτιριακού κελύφους.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού, μηχανικού αερισμού, παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού, για τα κτίρια του τριτογενούς τομέα χώρων.
- Την ύπαρξη ή όχι παθητικών ηλιακών συστημάτων.

⁸ Πρωτογενείς πηγές ενέργειας είναι αυτές που συναντώνται άμεσα στη φύση Φύση (Ηλιος, Κάρβουνο, Πετρέλαιο, Φυσικό αέριο, Πυρηνική ενέργεια, Υδραυλική ενέργεια, Αιολική ενέργεια, Βιομάζα, Γεωθερμική ενέργεια κ.α.), ενώ δευτερογενείς ενεργειακές μορφές είναι αυτές που λαμβάνονται από τη μετατροπή πρωτογενών πηγών Πηγών (Υδρογόνο, Ηλεκτρική ενέργεια, Θερμική ενέργεια, Βενζίνη, Πετρέλαιο Κίνησης κ.α.)

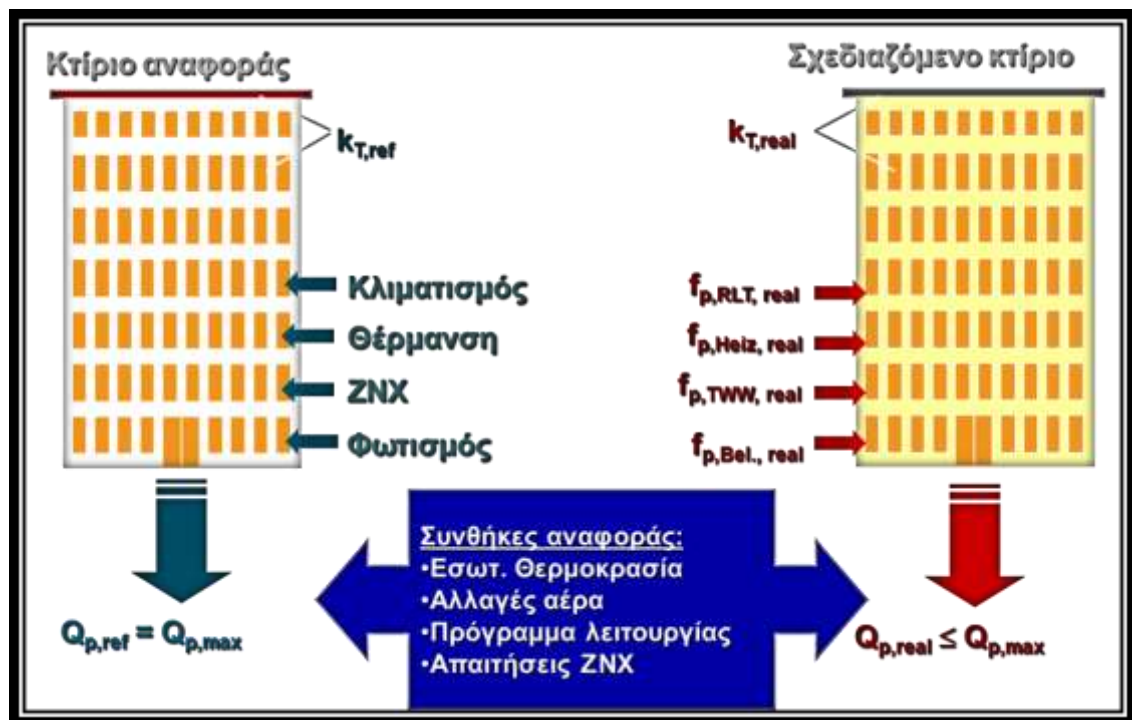


1.2.2 Μέθοδος Κτιρίου Αναφοράς

Σύμφωνα με το άρθρο 7 του ΚΕΝΑΚ κάθε νέο κτίριο ή υφιστάμενο που ανακαινίζεται ριζικά, πρέπει να πληροί τις κατ' ελάχιστον απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, δηλαδή σύμφωνα με το άρθρο 8 του ΚΕΝΑΚ απαιτείται:

- είτε η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου να είναι μικρότερη ή ίση από την αντίστοιχη του κτιρίου αναφοράς,
- είτε το εξεταζόμενο κτίριο να έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς, τόσο όσον αφορά το κτιριακό του κέλυφος, όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις στο σύνολό τους.

Πρόταση ΤΕΕ - κτίριο αναφοράς



Σχήμα 1.1. Σχηματική Απεικόνιση μεθόδου Κτιρίου Αναφοράς

Το κτίριο αναφοράς καθορίζεται να έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπό μελέτη κτίριο. Επίσης, πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά, τόσο στα εξωτερικά δομικά του στοιχεία, όσο και στις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις.



Για τον υπολογισμό της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας εφαρμόζεται η ίδια μεθοδολογία, τόσο στο υπό μελέτη κτίριο, όσο και στο κτίριο αναφοράς. Η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων θα πρέπει να επανεξετάζεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Τελικά, βάσει της συνολικής κατανάλωσης η οποία έχει αναχθεί σε πρωτογενή ενέργεια, καθορίζεται η κατηγορία της ενεργειακής του απόδοσης, και ακολούθως εκδίδεται το προβλεπόμενο πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Οι κατηγορίες ενεργειακής ταξινόμησης που υιοθετήθηκαν τελικά δίνονται στον πίνακα 1.3. της τεχνικής οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδος ΤΟΤΕΕ -1, και φαίνονται σχηματικά παρακάτω. Η ενεργειακή κατάταξη κάθε νέου κτιρίου πρέπει να βρίσκεται τουλάχιστον στην κατηγορία [B].

Σχήμα 1. Ενεργειακή Κατάταξη κτιρίων κατά ΚΕνΑΚ.





ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

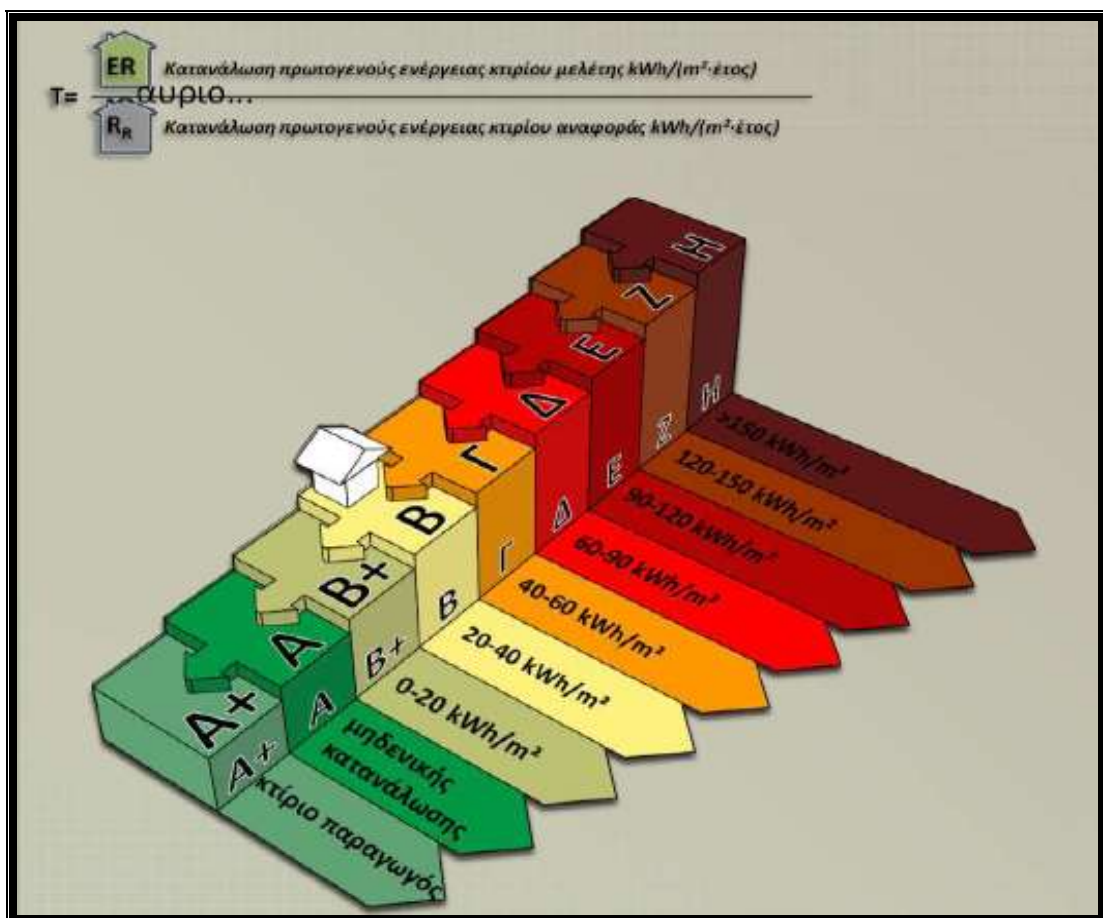
Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq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

Όπου:

Δείκτης RR : ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς

Δείκτης ER : ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου

Ο λόγος T : το πηλίκο του (ER) προς τον (RR)



Σχήμα 1.1. Κατάταξη κτιρίων με βάση την κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας



1.2.3 Κλιματικές Ζώνες στην Ελλάδα

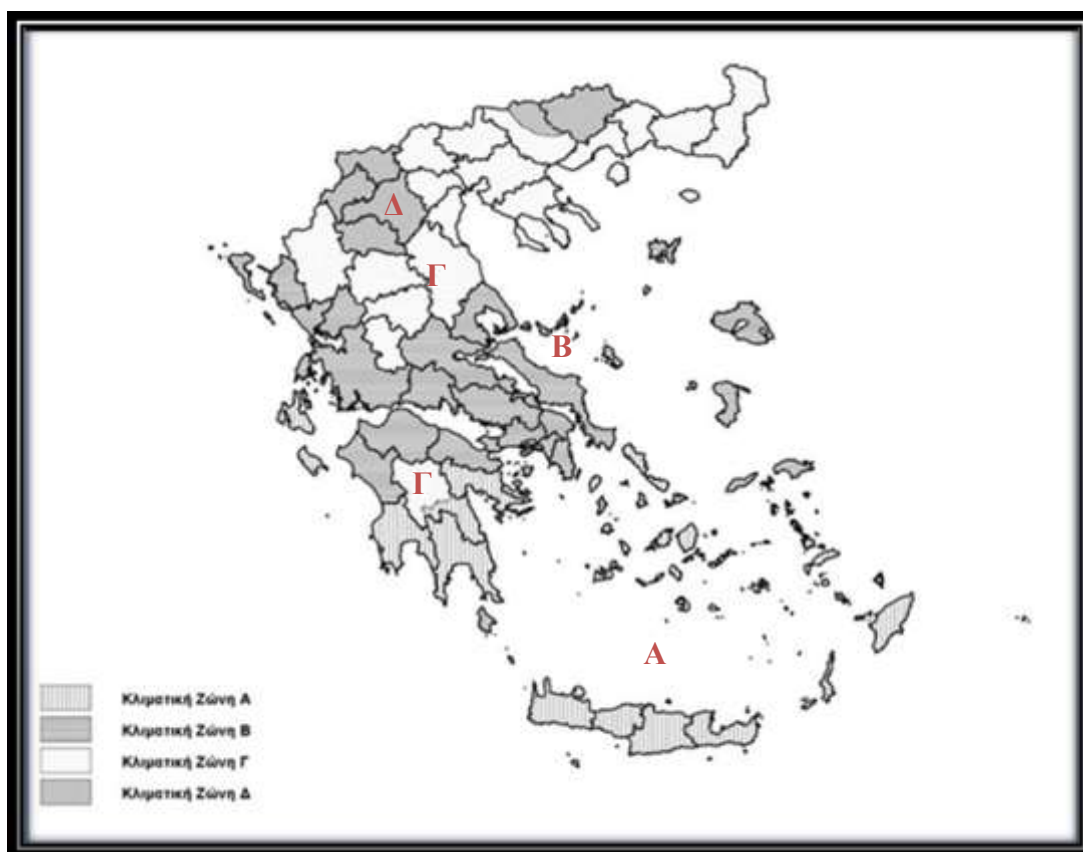
Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης⁹. Στον Πίνακα 1.2 προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη) και ακολουθεί σχηματική απεικόνισή τους στο Σχήμα 1.1.

Πίνακας 1.2. Νομοί ελληνικής επικράτειας ανά κλιματική ζώνη

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

Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω. Για την Δ ζώνη όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψομέτρου περιλαμβάνονται στην ζώνη Δ.

⁹ Η πιο απλή και σύντομη μέθοδος υπολογισμού των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης ενός κτιρίου, είναι οι βαθμομέρες θέρμανσης. Η παράμετρος αυτή προκύπτει από το άθροισμα των θετικών διαφορών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας αέρα εικοσιτετραώρου για τους θερινούς μήνες σε μια περιοχή από μια θερμοκρασία αναφοράς, η οποία συνήθως λαμβάνεται ίση με 18°C.



Σχήμα 2. Σχηματική Απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας

Στο τμήμα του νομού Αρκαδίας που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Γ και στο τμήμα του νομού Σερρών (ΒΑ τμήμα) που εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Δ, περιλαμβάνονται όλες οι περιοχές που έχουν υψόμετρο άνω των 500 μέτρων.





Κεφάλαιο 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ: ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΟΥΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ

2.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΟΥΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ

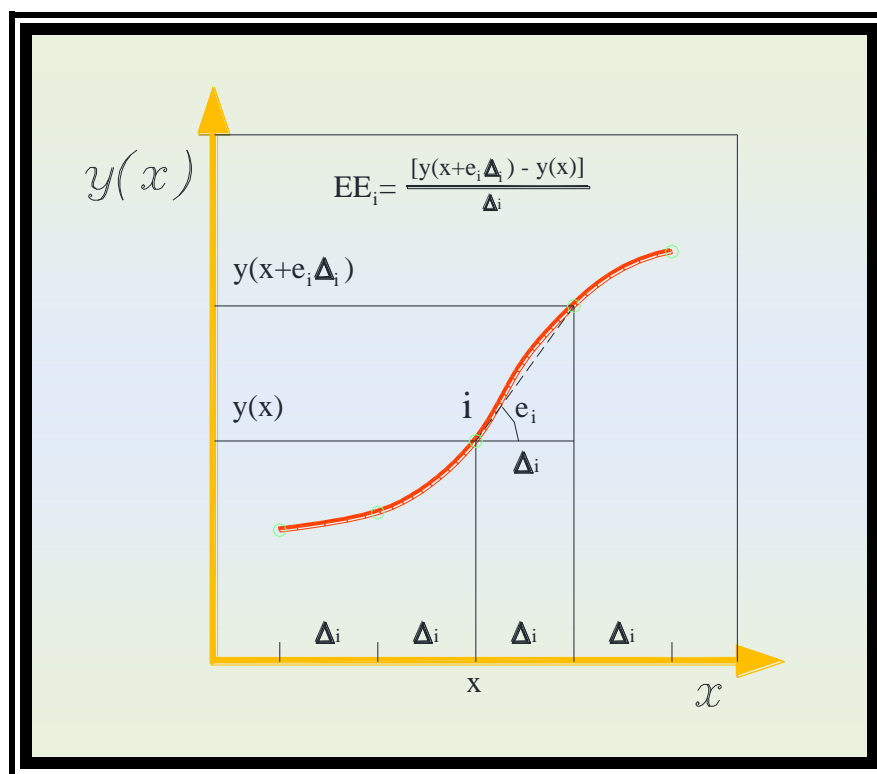
2.1.1 Ανάλυση Πρώτης Τάξεως.

Το κτηριακό θερμικό μοντέλο αντιπροσωπεύεται από μια συνάρτηση $y(x)$, όπου y είναι το αποτέλεσμα της μεταβλητής που κάθε φορά μας ενδιαφέρει, ενώ το x είναι ένα διάνυσμα από παραμετρικά δεδομένα με k συντεταγμένες, όπου κάθε μια μεταβλητή δεδομένων ορίζεται εντός της περιοχής ενός συνεχούς διαστήματος.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

x	$y(x)$	y
Παράμετρος Μελέτης	Αντικειμενική Συνάρτηση	Αποτελέσματα

Οι μεταβλητές των δεδομένων που εξετάζονται πρέπει να μετασχηματίζονται σε αντίστοιχες μειωμένες μεταβλητές χωρίς διαστάσεις, που να βρίσκονται στο συνεχές διάστημα $[0-1]$, έτσι ώστε να είναι πιο πρόσφορη κάποιου είδους σύγκριση και συσχέτιση μεταξύ των διαφορετικών μεταβλητών.



Σχήμα 1.1. Σχηματική Απεικόνιση Μεθόδου Στοιχειώδους Επιρροής



Ένα διάγραμμα προσομοίωσης ορίζεται ως η ακολουθία $(k + 1)$ σημείων, με κάθε σημείο να διαφέρει από το προηγούμενο μόνο κατά μία συντεταγμένη. Στο διάγραμμα, η μεταβλητή των δεδομένων αλλάζει κάθε φορά με το προκαθορισμένο βήμα Δi . Η συνάρτηση $y(x)$ που αποτελεί το μοντέλο προσομοίωσης, αξιολογείται σε κάθε σημείο ξεχωριστά πάνω στο διάγραμμα και με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα να ορίσουμε για κάθε μεταβλητή εισαγωγής i και από ένα συντελεστή μεταβολής, ο οποίος θα ονομάζεται στο εξής στοιχειώδης επιρροή (Elementary Effect), και που θα υπολογίζεται ως η κλίση μεταξύ των δύο σημείων του διαγράμματος που μεταβάλλεται η εξεταζόμενη μεταβλητή δεδομένων i . (εξίσωση 1)

$$EE_i = \frac{[y(x + e_i \Delta_i) - y(x)]}{\Delta_i} \quad (1)$$

Κάθε διάγραμμα με τις $(k + 1)$ προσομοιώσεις, παρέχει μία εκτίμηση της επιρροής των k στοιχείων. Ένα σύνολο από r διαφορετικά διαστήματα (με δείκτη t) μας δίνει r εκτιμήσεις EE_{it} για κάθε μία εκ των παραμέτρων μελέτης που σχετίζονται με τη μεταβλητή δεδομένων i , οπότε προκύπτουν συνολικά $r * (k+1)$ προσομοιώσεις. **Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του συνόλου των επιμέρους στοιχειωδών επιρροών υπολογίζονται για κάθε μεταβλητή παράμετρο εισαγωγής i (εξισώσεις 2 και 3).**

$$\mu_i = \frac{1}{r} \sum_{t=1}^r EE_{it} \quad (2)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{(r-1)} \sum_{t=1}^r (EE_{it} - \mu_i)^2} \quad (3)$$

Συνιστάται, (Campalogno et al.) να χρησιμοποιείται ο μέσος όρος των απόλυτων τιμών στοιχειωδών επιρροών για κάθε εξεταζόμενη παράμετρο εισαγωγής (εξίσωση 4) αντί για το συνηθισμένο μέσο όρο, δεδομένου ότι κάποιες επιρροές στοιχείων μπορεί να αλληλοεξουδετερωθούν σε μη - μονοτονικά μοντέλα.



$$\mu_i^* = \frac{1}{r} \sum_{t=1}^r |EE_{it}| \quad (4)$$

Το κριτήριο μ_i^* είναι ένας καλός δείκτης για την ταξινόμηση των παραμέτρων εισαγωγής με βάση το βαθμό σπουδαιότητας τους παρά το γεγονός ότι χάνεται η πληροφόρηση σχετικά με το πρόσημο των επιμέρους στοιχειωδών επιρροών.

Επιπλέον, η τυπική απόκλιση του στατιστικού πληθυσμού των επιμέρους στοιχείων επιρροής είναι ένας ικανοποιητικός συναφής δείκτης μη γραμμικότητας των παραμέτρων εισαγωγής του εξεταζόμενου μοντέλου, όπως επίσης και ένδειξη υψηλότερης τάξης αλληλεπίδρασης με άλλες παραμέτρους που συμμετέχουν στο μοντέλο. Με τον υπολογισμό και των δύο παραπάνω στατιστικών δεικτών, η μέθοδος Morris κατατάσσει τις παραμέτρους εισαγωγής ανάλογα με την επιρροή τους σε:

α/α	Επιρροή	μ	σ
1	Αμελητέα	Χαμηλός	Χαμηλή
2	Γραμμική	Υψηλός	Χαμηλή
3	Μη Γραμμική	Υψηλός	Υψηλή

Στην περίπτωση που μια παράμετρος της μελέτης παρουσιάζει μη γραμμική συμπεριφορά, τότε η παράμετρος αυτή συμμετέχει σε αλληλεπιδράσεις μαζί με άλλες παραμέτρους της μελέτης και έτσι για την διερεύνηση της επιρροής της, απαιτείται ανάλυση ευαισθησίας δεύτερης τάξεως αλληλεπίδρασης.

2.1.2 Ανάλυση ευαισθησίας δεύτερης τάξης αλληλεπίδρασης.

Εάν οι παράμετροι που κάθε φορά εξετάζονται έχουν μια ισχυρή μη-γραμμική συμπεριφορά καθώς επίσης και σημαντική επιρροή στο μοντέλο που χρησιμοποιείται, συνιστάται ακολούθως να γίνεται δοκιμή μόνο με τα δεδομένα που αφορούν αυτές τις συγκεκριμένες παραμέτρους.

Οι Campolongo και Braddock πρότειναν μία επέκταση της παραπάνω μεθοδολογίας του Morris η οποία επιτρέπει τον υπολογισμό των επιπτώσεων μιας τουλάχιστον δεύτερης τάξης επίδρασης, με κόστος υπολογισμού που δεν κρίνεται



υπερβολικό. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στον υπολογισμό του ισοδύναμου μίας δεύτερης τάξης παράγωγου του χρησιμοποιούμενου μοντέλου με σκοπό την βελτιστοποίηση της υπολογιστικής διαδικασίας. Έτσι, ο αριθμός των αξιολογήσεων του μοντέλου που απαιτείται για να υπάρξει επιρροή στοιχείων δεύτερης τάξης βελτιστοποιείται και ισούται με $k^2 r$. Οι Campolongo και Braddock όρισαν αυτήν την εξίσωση επιρροής των στοιχείων δεύτερης τάξης (εξίσωση 5).

$$EE_{ij} = \left| SEE_{ij} - \frac{EE_i}{\Delta_i} - \frac{EE_j}{\Delta_j} \right| \quad (5)$$

Όπου SEE_{ij} χαρακτηρίζει την επιρροή που οφείλεται στην ταυτόχρονη μεταβολή στο ίδιο διάγραμμα, δύο παραμέτρων με αντίστοιχες μεταβλητές δεδομένων i και j (εξίσωση 6).

$$SEE_{ij} = \frac{[y(x + e_i \Delta_i + e_j \Delta_j) - y(x)]}{\Delta_i \Delta_j} \quad (6)$$

Ανάλυση τρίτης καθώς και ανώτερης τάξης αλληλεπίδρασης εξηγείται και αναλύεται από τους Campolongo και Braddock. Δυστυχώς όμως το υπολογιστικό κόστος αυτής της ανάλυσης είναι συνήθως απαγορευτικό, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις εκείνες κατά τις οποίες το μοντέλο ανάλυσης είναι περίπλοκο. Μια πρακτική λύση σε αυτές τις περιπτώσεις είναι να εκτελέσουμε πρώτα μια δοκιμή δεύτερης τάξης και στη συνέχεια να επιχειρήσουμε μια ανάλυση επιρροής τρίτης τάξης, αλλά μόνο με την ομάδα εκείνη των μεταβλητών για τις οποίες προέκυψαν κατά την ανάλυση της δεύτερης τάξης οι υψηλότερες σχετικά τιμές απόκλισης.

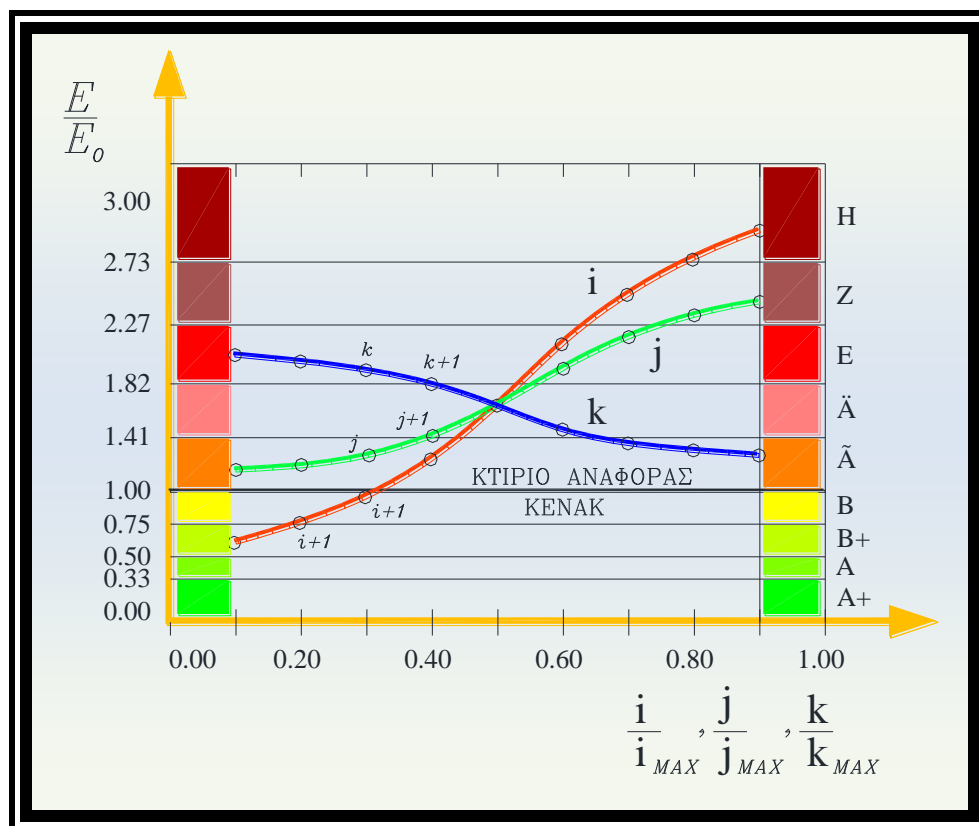
Στατιστική ανάλυση μπορεί ακολούθως να εφαρμοστεί στις επιρροές δεύτερης τάξης των εξεταζόμενων παραμέτρων έτσι ώστε τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη μέση τιμή, την απόλυτη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των επιπτώσεων αυτών να μπορούν να ερμηνευθούν κατά τον ίδιο τρόπο όπως και στη μέθοδο Morris πρώτης τάξης. Επιπλέον, καθώς η τυπική απόκλιση από την ανάλυση της επιρροής πρώτης τάξης μας παρέχει πληροφορίες σχετικά με πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραμέτρων δεύτερης και υψηλότερης τάξης, η επέκταση της ανάλυσης δεύτερης



τάξης μπορεί να δώσει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις παραμέτρων τρίτης τάξης και πάνω. Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων και για τα ίδια διαστήματα μελέτης δίνει τη δυνατότητα ταξινόμησης της σπουδαιότητας κάθε μιας από τις παραμέτρους κατά την ανάλυση πρώτης, δεύτερης ή και υψηλότερης τάξης. Ο συνδυασμός αυτός δίνει την δυνατότητα μιας καλύτερης ερμηνείας σύνθετων μοντέλων και μπορεί να εφαρμοστεί για την διερεύνηση της συμπεριφοράς τους η οποία θα βασίζεται πλέον μόνο στις πιο σημαντικές παραμέτρους.

2.1.3. Σχολιασμός εφαρμογής της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς των κτιρίων με την μέθοδο της στοιχειώδους επιρροής μεταβάλλοντας κάθε μια από τις παραμέτρους μελέτης, παρουσιάζονται σε διαγράμματα όπου στον άξονα των $x-x$ αποτυπώνεται μια αδιαστατοποιημένη παράμετρος της κάθε εξεταζόμενης θερμικής ιδιότητας, ενώ στον άξονα των $y-y$ αποτυπώνεται ο λόγος της πρωτογενούς ενέργειας που καταναλώνεται από την λειτουργία του κτιρίου, προς την αντίστοιχη πρωτογενή ενέργεια του κτιρίου αναφοράς.

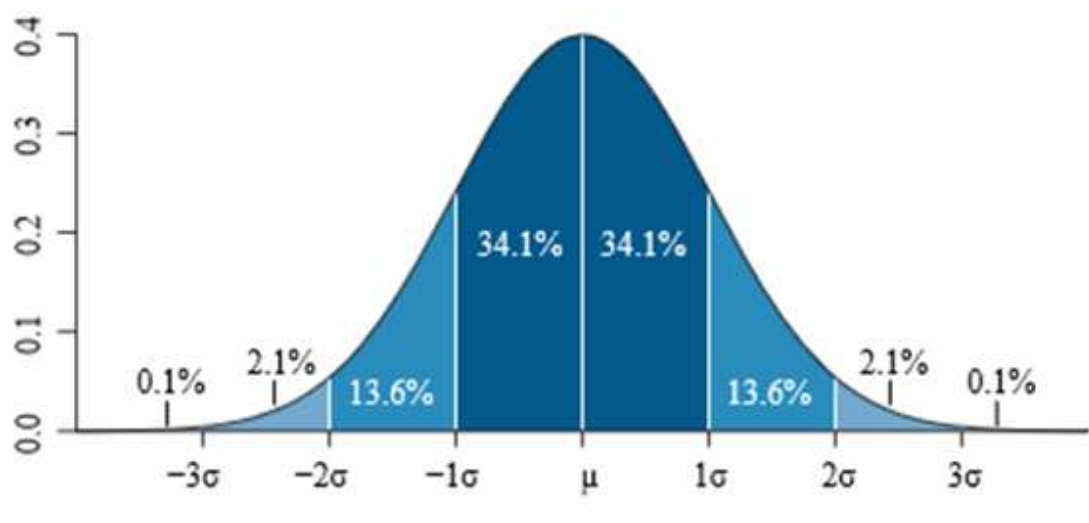


Σχήμα 1.1 Ανάλυση Ευαισθησίας Λογισμικού ΤΕΕ ΚΕνΑΚ



Ο απόλυτος μέσος όρος μ_i του πληθυσμού των επιμέρους στοιχειωδών επιρροών, θεωρείται ως το μέτρο της σπουδαιότητας της κάθε μιας εξεταζόμενης μεταβλητής, ενώ αντίστοιχα ο λόγος της τυπικής απόκλισης προς τον μέσο όρο, σ_i/μ_i δηλαδή ο συντελεστής της μεταβλητότητας (Coefficient of Variation), θεωρείται ως ο δείκτης του βαθμού γραμμικότητας της συμπεριφορά της.

Ας εξετάσουμε για παράδειγμα μια τυχαία παράμετρο i η οποία αντιστοιχεί σε μια εξεταζόμενη θερμική ιδιότητα. Εάν όλες οι τιμές των στοιχειωδών επιρροών της ΕΕ i έχουν το ίδιο πρόσημο τότε μπορούμε να πούμε ότι η συγκεκριμένη μεταβλητή έχει μονοτονική επιρροή, αύξουσα η φθίνουσα, στα αποτελέσματα της αντικειμενικής συνάρτησης y . Σε αυτήν την περίπτωση η τιμή του μ_i^* είναι ίση με την απόλυτη τιμή του μ_i . Το αντίστροφο είναι επίσης ορθό: εάν η $\mu_i^* = \text{abs}(\mu_i)$ τότε η επιρροή της μεταβλητής είναι μονοτονική.



Κανονική Κατανομή

Χρησιμοποιώντας τις γνωστές στατιστικές ιδιότητες και θεωρώντας ότι ο πληθυσμός των στοιχειωδών επιρροών είναι κανονικά κατανομημένος, τότε μπορούμε να πούμε ότι το 95% του πληθυσμού αυτού θα ευρίσκεται στο διάστημα $(\mu_i \pm 1.96 \sigma_i)$. Σαν συνέπεια εάν $\sigma_i/\mu_i < 0.10$ τότε το 95% των στοιχειωδών επιρροών ευρίσκεται σε ένα διάστημα $\pm 20\%$ γύρω από τον μέσο όρο μ_i , είναι σχεδόν συνεχείς



και η επιρροή της εξεταζόμενης μεταβλητής στο μοντέλο θα είναι σχεδόν γραμμική. Η απολύτως γραμμική συμπεριφορά του μοντέλου παρουσιάζεται όταν $\sigma_i/\mu_i = 0.00$.

Εάν $\sigma_i/\mu_i < 0.5$ και οι περισσότερες στοιχειώδεις επιρροές η το 95% κατά την κανονική κατανομή έχουν το ίδιο πρόσημο, τότε η επιρροή της εξεταζόμενης μεταβλητής στο μοντέλο θα είναι μονοτονική, δηλαδή αύξουσα ή φθίνουσα. Σε αυτήν την περίπτωση μπορούμε να θεωρήσουμε ότι $\mu_i \sim \text{abs}(\mu_i)$ και $\sigma_i/\mu_i^* \sim \text{abs}(\mu_i)$. Αυτό το γεγονός δικαιολογεί και την χρήση του συντελεστή σ_i/μ_i^* σαν δείκτη σχεδόν γραμμικής συμπεριφοράς, εάν $\sigma_i/\mu_i^* < 0.1$ η μονοτονικής συμπεριφοράς αντίστοιχα, εάν $\sigma_i/\mu_i^* < 0.5$.

Όταν πληθυσμός των εξεταζόμενων στοιχειωδών επιρροών απέχει από την κανονική κατανομή, τότε και το απόλυτο μ_i^* θα πρέπει να διαφοροποιείται από το μέσο όρο $\text{abs}(\mu_i)$ και να επηρεάζεται σημαντικά από την τυπική απόκλιση σ_i του δείγματος. Στις περιπτώσεις αυτές απαιτείται ανάλυση άλλης τάξεως που ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσας διερεύνησης.

2.1.4 Επιλογή κτιριακού μοντέλου για την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου

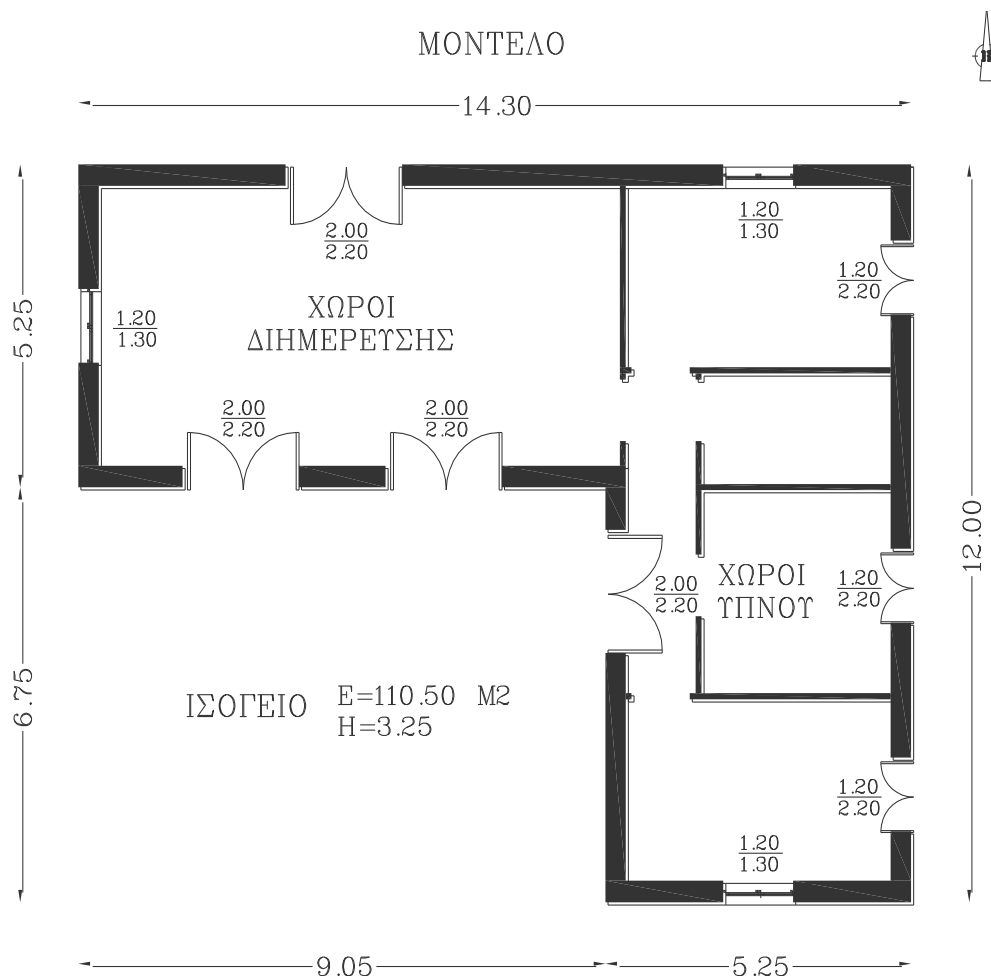
Για να εφαρμοστεί η ανωτέρω μεθοδολογία και να πραγματοποιηθεί ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων του προγράμματος TEE KEvAK είναι απαραίτητο να επιλεγεί καταρχήν ένα μοντέλο μελέτης. Για τον λόγο αυτό επιλέγεται μια τυπική μορφή κτιρίου ισογείου κατοικίας, η οποία είναι συνηθισμένη σε εύκρατες ζώνες της Ελληνικής επικράτειας, και τα βασικά της στοιχεία δίδονται στον παρακάτω πίνακα.

Το μοντέλο αυτό έχει σχεδιαστεί με τρόπο που να βελτιστοποιήσει τα επίπεδα άνεσης κυρίως κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, τοποθετώντας την ζώνη των χώρων ύπνου σε τέτοια θέση που να προστατεύουν αρκετό διάστημα της ημέρας τους χώρους διημέρευσης από την ηλιακή ακτινοβολία και την υπερθέρμανση. Η νότα όψη επιτρέπει την μεγιστοποίηση των χειμερινών ηλιακών κερδών από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία λόγω της χαμηλής τροχιάς του ήλιου, καθώς και την ελαχιστοποίηση της υπερθέρμανσης, λόγω της πλευρικής προεξοχής των υπνοδωματίων κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Επιπροσθέτως οι χώροι των υπνοδωματίων εξαιτίας του ανατολικού τους προσανατολισμού, απολαμβάνουν υψηλά επίπεδα φυσικού φωτισμού κατά την διάρκεια του πρωινού, ενώ αντίθετα προστατεύονται από την υπερθέρμανση κατά την υπόλοιπη διάρκεια της ημέρας.



Πίνακας 1: Βασικά Δεδομένα Μοντέλου Μελέτης

Χαρακτηριστικά Μοντέλου	Τύπος Μοντέλου Ισόγειος Κατοικία
Συνολική Επιφάνεια	110,50
Επιφάνεια Εξωτερικών τοίχων	170,95
Επιφάνεια Κουφωμάτων	30,10
Ε/Υ	1,10
Ποσοστό Κουφωμάτων %	17,50 (~1/6)
Πληθυσμός κτιρίου	5



Οι υπόλοιπες μη ενδογενείς¹⁰ παράμετροι ιδιοτήτων του παραπάνω μοντέλου που επιλέγονται αρχικά, είναι αυτές ακριβώς που προτείνονται και περιγράφονται από τον Κανονισμό Ενεργειακής απόδοσης για την περιγραφή του κτιρίου αναφοράς.

¹⁰ **Ενδογενείς Παράμετροι:** Οι παράμετροι που εξαρτώνται από την μορφή, τη θέση, τα ιδιαίτερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, και τον προσανατολισμό του κτιρίου, όπως είναι για παράδειγμα ο λόγος της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας του κελύφους προς το συνολικό όγκο κτίσματος ή το ποσοστό κουφωμάτων ανά επιφάνεια προσανατολισμού.



Με τον τρόπο αυτό η αρχική κατανάλωση ενέργειας που προκύπτει θα είναι αυτή του κτιρίου αναφοράς, με αποτέλεσμα το κτίριο αρχικά να κατατάσσεται ενεργειακά στην βασική κατηγορία [B] της προτεινόμενης κλίμακας κατάταξης.

Για την ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων του προγράμματος TEE ΚΕνΑΚ είναι απαραίτητο επίσης να επιλεγούν και εκείνες οι παράμετροι που επηρεάζουν την θερμική συμπεριφορά του κτιρίου ως προς τις οποίες θα διεξαχθεί αυτή η ανάλυση ευαισθησίας, και οι οποίες παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα μαζί με τα τυπικά όρια διακύμανσης τους που συναντώνται συνήθως σε τυπικές Ελληνικές κτιριακές κατασκευές.

Πίνακας 2. Παράμετροι Εισαγωγής Δεδομένων και Όρια Διακύμανσης τους.

N	Παράμετροι μελέτης		Όρια διακύμανσης	
			Χαμηλό	Υψηλό
1	Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας	W/m ² .K	0,2	3,0
2	Θερμοπερατότητα οροφής.	W/m ² .K	0,2	3,2
3	Θερμοπερατότητα υαλοστασίων.	W/m ² .K	0,55	5,15
4	Θερμοχωρητικότητα κατασκευής	Kj/m ² .K	40	370
5	Ηλιακός συλλέκτης	m ²	0	3,5

Ένας από τους κύριους στόχους μιας ανάλυσης ευαισθησίας, είναι και η κατάταξη και ταξινόμηση των παραμέτρων αυτών ως προς το μέγεθος της επιμέρους επιρροής τους στην συνολική θερμική συμπεριφορά των κτιρίων. Αυτό γίνεται με την διαδικασία της στοιχειώδους μεταβολής κάθε μιας από τις εξεταζόμενες παραμέτρους μέσα στα όρια διακύμανσης της, και ακολούθως η αποτύπωση της επιρροής αυτής στην συνολική θερμική συμπεριφορά και κατάταξη του κτιρίου, σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης.





2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Τ.Ε.Ε Κ.Εν.Α.Κ.

2.2.1. Αναλυτικά Αποτελέσματα Ανά Εξεταζόμενη Παράμετρο

ΠΙΝΑΚΑΣ: [Α]-1

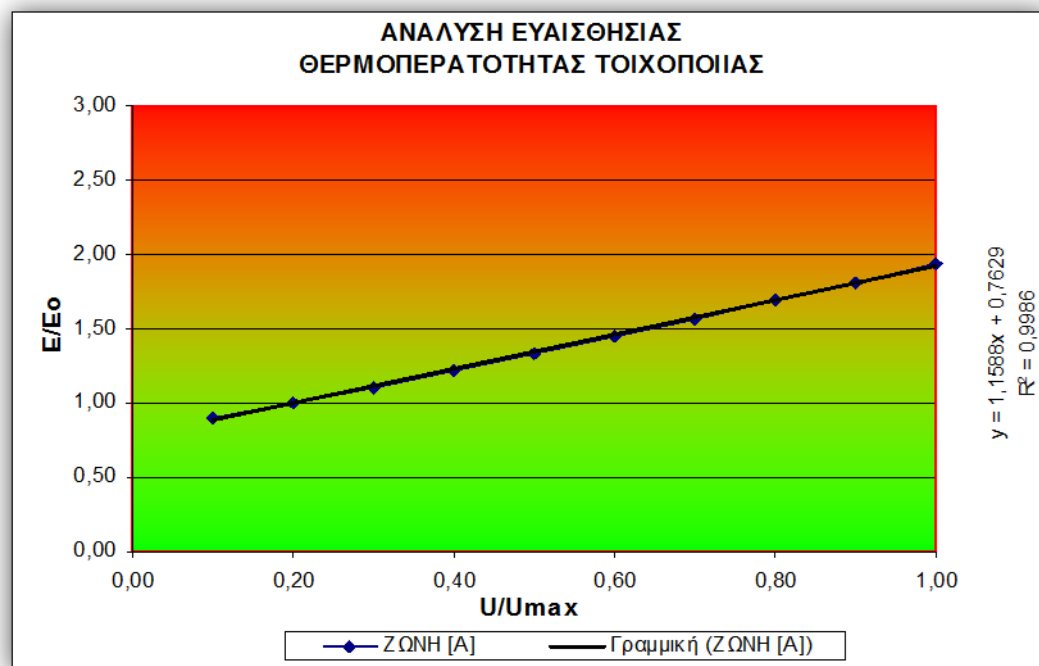
Παράμετρος 1 : Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας **Ζώνη : Α**

Θερμοπ/τητα Τοιχοποιίας U (W/m2.οC)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (KWh/m2)	Ψύξη (KWh/m2)	Ζ.Ν.Χ (KWh/m2)	Σύνολο (KWh/m2)	U/Uo	U/Umax	E/Eo	Κλίση	Κατανάλω (KWh/m2)	Εκπομπές CO2 Kg/m2
0,30	26,4	31,6	26,1	84,1	0,50	0,10	0,90	0,98	43,9	26
0,60	35,3	31,8	26,1	93,2	1,00	0,20	1,00	1,04	52	28,3
0,90	44,7	32,1	26,1	102,9	1,50	0,30	1,10	1,11	60,7	30,6
1,20	54,7	32,4	26,1	113,2	2,00	0,40	1,21	1,13	69,9	33,1
1,50	65	32,6	26,1	123,7	2,50	0,50	1,33	1,19	79,7	35,7
1,80	75,7	33	26,1	134,8	3,00	0,60	1,45	1,20	89,2	38,3
2,10	86,6	33,3	26,1	146	3,50	0,70	1,57	1,22	99,2	41,1
2,40	97,7	33,6	26,1	157,4	4,00	0,80	1,69	1,24	109,4	43,8
2,70	108,9	34	26,1	169	4,50	0,90	1,81	1,26	119,7	46,6
3,00	120,3	34,3	26,1	180,7	5,00	1,00	1,94		130,2	49,5

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,152
Τυπική απόκλιση	0,096
Διακύμανση	0,009

$\leq 0,10$





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Α]-2

Παράμετρος 2 : Θερμοπερατότητα οροφής

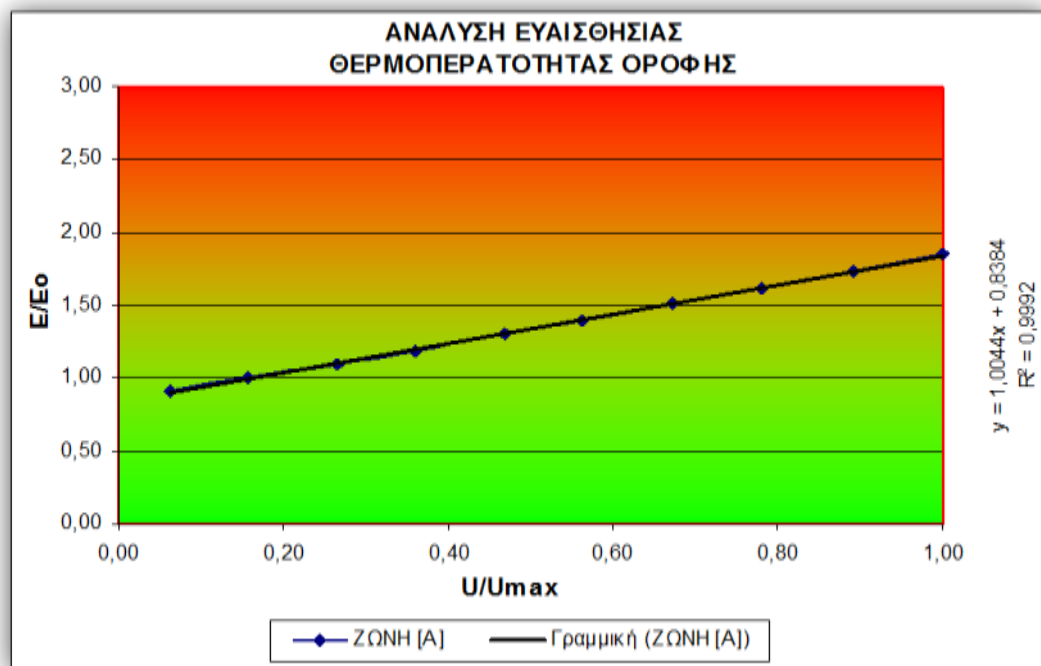
Ζώνη : Α

Θερμότητα Οροφής (W/m ² ·°C)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,20	28,4	31	26,1	85,5	0,40	0,06	0,92	0,88	45,5	26,3
0,50	35,3	31,8	26,1	93,2	1,00	0,16	1,00	0,92	52	28,3
0,85	43,7	32,8	26,1	102,6	1,70	0,27	1,10	0,96	60,1	30,6
1,15	51,3	33,6	26,1	111	2,30	0,36	1,19	0,99	67,2	32,7
1,50	60,4	34,6	26,1	121,1	3,00	0,47	1,30	1,02	75,8	35,3
1,80	68,4	35,5	26,1	130	3,60	0,56	1,39	1,03	83,4	37,4
2,15	77,9	36,5	26,1	140,5	4,30	0,67	1,51	1,04	92,4	40,1
2,50	87,5	37,5	26,1	151,1	5,00	0,78	1,62	1,07	101,5	42,7
2,85	97,4	38,5	26,1	162	5,70	0,89	1,74	1,07	110,8	45,4
3,20	107,3	39,5	26,1	172,9	6,40	1,00	1,86		120,2	48,1

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	,998
Τυπική απόκλιση	,065
Διακύμανση	,004

< 0,10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Α]-3

Παράμετρος 3 : Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

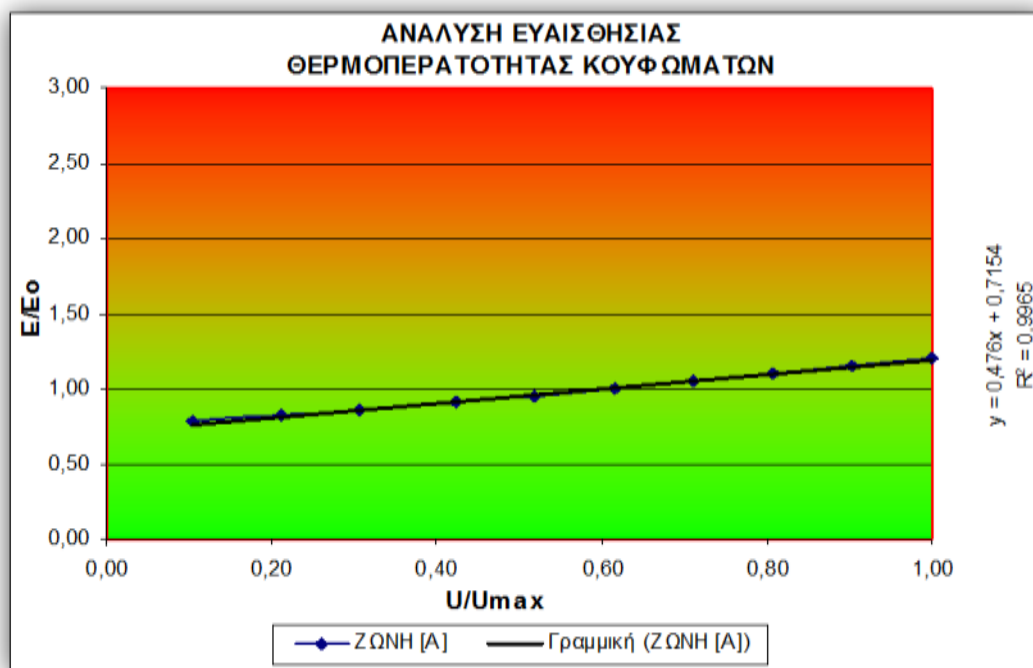
Ζώνη : Α

Θερμότητα Υαλοστασίων U_g (W/m ² .oC)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,55	13,9	32,7	26,1	72,7	0,17	0,11	0,76	0,38	32,9	23,4
1,10	17,8	32,5	26,1	76,4	0,34	0,21	0,82	0,40	36,1	24,3
1,60	21,6	32,3	26,1	80	0,50	0,31	0,86	0,44	39,8	25,2
2,20	26,4	32,2	26,1	84,7	0,69	0,42	0,91	0,47	44,1	26,2
2,70	30,8	32	26,1	88,9	0,84	0,52	0,95	0,48	48	27,2
3,20	35,3	31,8	26,1	93,2	1,00	0,62	1,00	0,50	52	28,3
3,70	39,9	31,7	26,1	97,7	1,16	0,71	1,05	0,52	56,2	29,3
4,20	44,8	31,5	26,1	102,4	1,31	0,81	1,10	0,54	60,6	30,4
4,70	49,7	31,4	26,1	107,2	1,47	0,90	1,15	0,56	65	31,5
5,20	54,8	31,3	26,1	112,2	1,63	1,00	1,20		69,6	32,7

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	,476
Τυπική απόκλιση	,062
Διακύμανση	,004

< 0,10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Α]- 4

Παράμετρος 4 : Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

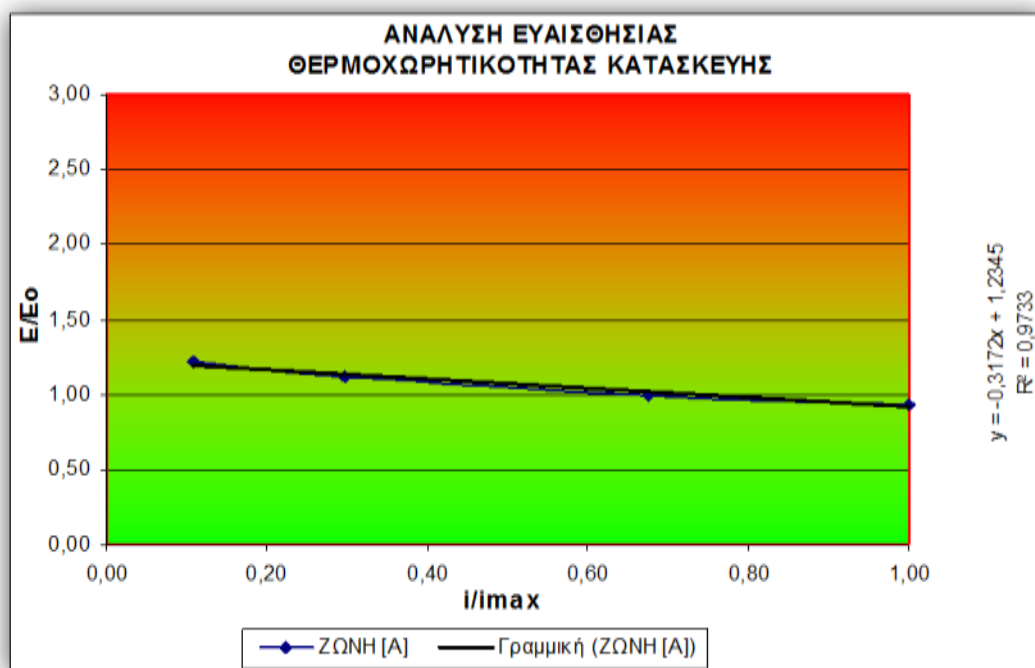
Ζώνη : Α

Θερμοχωρη- τητα καλής (KJ/m2K)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (KWh/m2)	Ψύξη (KWh/m2)	Z.N.X (KWh/m2)	Σύνολο (KWh/m2)	U/Uo	U/Umin	E/Eo	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m2)	Εκπομπές CO2 Kg/m2
40	55,1	32,5	26,1	113,7	0,16	0,11	1,22	-0,50	70,3	33,2
110	46,5	32,2	26,1	104,8	0,44	0,30	1,12	-0,33	62,4	31
250	35,3	31,8	26,1	93,2	1,00	0,68	1,00	-0,21	52	28,3
370	29,2	31,7	26,1	87	1,48	1,00	0,93		46,5	26,7

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,35
Τυπική απόκλιση	,151
Διακύμανση	,023

$\leq 0,10$





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Α]-5

Παράμετρος 5 : Ηλιακός συλλέκτης

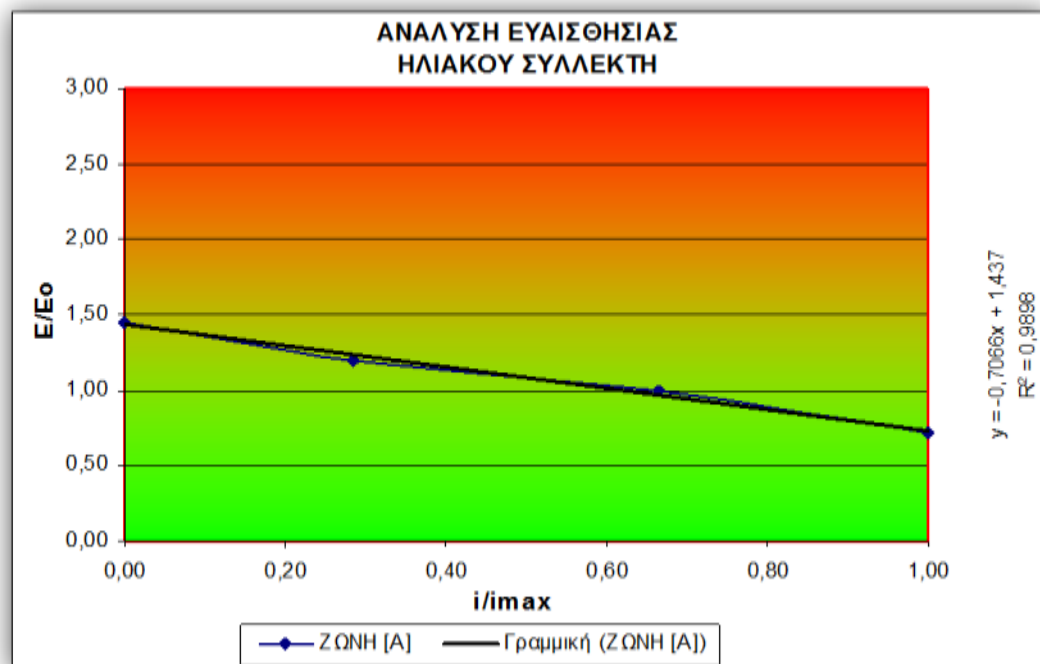
Ζώνη : A

Εμβαδόν κατόπτρου	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{min}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0	35,3	31,8	68,4	135,5	0,00	0,00	1,45	-0,90	66,6	34,2
1,00	35,3	31,8	44,4	111,5	0,43	0,29	1,20	-0,52	58,3	34,5
2,33	35,3	31,8	26,1	93,2	1,00	0,66	1,00	-0,83	52	28,3
3,50	35,3	31,8	0	67,1	1,51	1,00	0,72		43	19,4

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,75
Τυπική απόκλιση	,204
Διακύμανση	,042

< 0.10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [B]-1

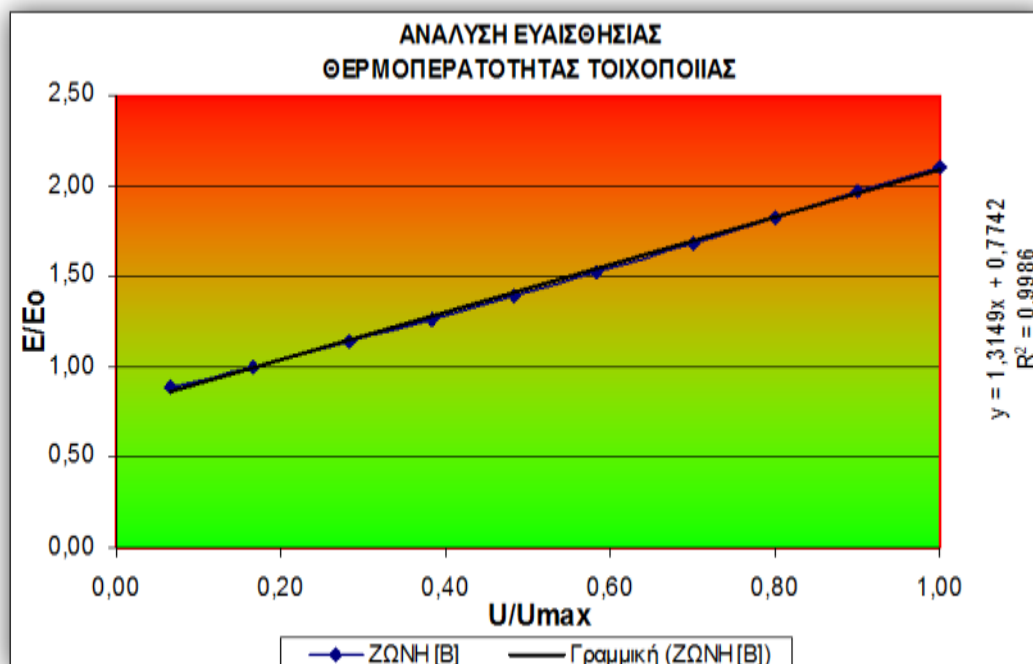
Παράμετρος 1 : Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας **Ζώνη : B**

Θερμοπ/τητα Τοιχοποιίας U ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m^2)	Ψύξη (KWh/m^2)	Z.N.X (KWh/m^2)	Σύνολο (KWh/m^2)	U/U_o	U/U_{max}	E/E_o	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m^2)	Εκπομπές CO_2 Kg/m^2
0,20	27,2	37,6	27,9	92,7	0,40	0,07	0,89	1,10	47,3	28,9
0,50	37,9	38,3	27,9	104,1	1,00	0,17	1,00	1,18	57,3	31,6
0,85	51,4	39,1	27,9	118,4	1,70	0,28	1,14	1,26	69,9	35,2
1,15	63,8	39,8	27,9	131,5	2,30	0,38	1,26	1,31	81,3	38,5
1,45	76,6	40,6	27,9	145,1	2,90	0,48	1,39	1,33	93,2	41,7
1,75	89,7	41,3	27,9	158,9	3,50	0,58	1,53	1,37	105,5	45,2
2,10	105,4	42,2	27,9	175,5	4,20	0,70	1,69	1,40	120	49,3
2,40	119,2	43	27,9	190,1	4,80	0,80	1,83	1,41	132,8	52,8
2,70	133,1	43,8	27,9	204,8	5,40	0,90	1,97	1,41	119,7	46,6
3,00	147,1	44,5	27,9	219,5	6,00	1,00	2,11		145,7	56,4

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,30
Τυπική απόκλιση	,111
Διακύμανση	,012

< 0.10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [B]-2

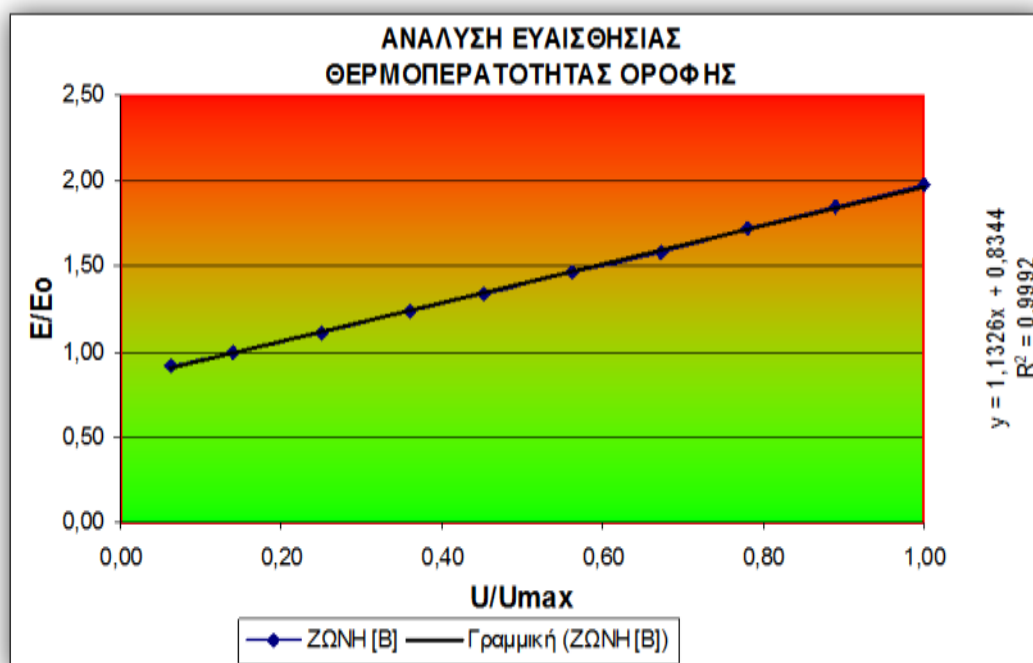
Παράμετρος 2 : Θερμοπερατότητα οροφής

Ζώνη : B

Θερμοπερατότητα Οροφής (W/m ² .oC)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,20	30,9	37,3	27,9	96,1	0,44	0,06	0,92	0,98	50,6	29,7
0,45	37,9	38,3	27,9	104,1	1,00	0,14	1,00	1,04	57,3	31,6
0,60	48,3	39,7	27,9	115,9	1,78	0,25	1,11	1,08	67,2	34,6
1,15	59,2	41,1	27,9	128,2	2,56	0,36	1,23	1,12	77,6	37,7
1,45	68,9	42,3	27,9	139,1	3,22	0,45	1,34	1,14	86,8	40,5
1,80	80,5	43,7	27,9	152,1	4,00	0,56	1,46	1,16	97,9	43,7
2,15	92,3	45,1	27,9	165,3	4,78	0,67	1,59	1,19	109,1	47,1
2,50	104,4	46,6	27,9	178,9	5,56	0,78	1,72	1,19	120,3	50,5
2,85	116,6	48	27,9	192,5	6,33	0,89	1,85	1,20	132,2	53,9
3,20	128,9	49,4	27,9	206,2	7,11	1,00	1,98		143,9	57,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,12
Τυπική απόκλιση	,077
Διακύμανση	,006
	< 0,10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [B]-3

Παράμετρος 3 : Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

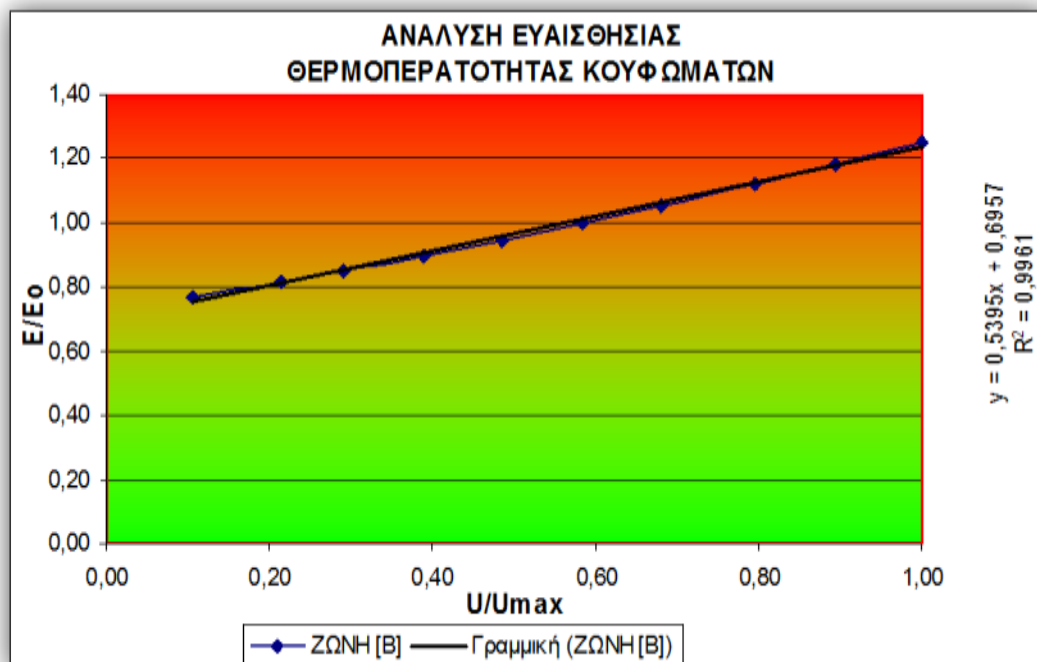
Ζώνη : B

Θερμοπερ/τητα Υαλοστασίων U_g (W/m ² .oC)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Ζ.Ν.Χ (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀		Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,55	14,2	38,1	27,9	80,2	0,18	0,11	0,77	0,42	35,7	26
1,10	18,8	38,2	27,9	84,9	0,37	0,21	0,82	0,45	39,8	27,1
1,50	22,4	38,2	27,9	88,5	0,50	0,29	0,85	0,48	43,2	27,9
2,00	27,3	38,2	27,9	93,4	0,67	0,39	0,90	0,50	47,6	29,1
2,50	32,4	38,2	27,9	98,5	0,83	0,49	0,95	0,55	52,3	30,3
3,00	37,9	38,3	27,9	104,1	1,00	0,58	1,00	0,56	57,3	31,6
3,50	43,6	38,3	27,9	109,8	1,17	0,68	1,05	0,59	62,5	33,1
4,10	50,6	38,4	27,9	116,9	1,37	0,80	1,12	0,61	68,9	34,8
4,60	56,7	38,5	27,9	123,1	1,53	0,89	1,18	0,63	74,5	36,3
5,15	63,6	38,6	27,9	130,1	1,72	1,00	1,25		80,8	37,9

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	,534
Τυπική απόκλιση	,073
Διακύμανση	,005

< 0.10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [B]-4

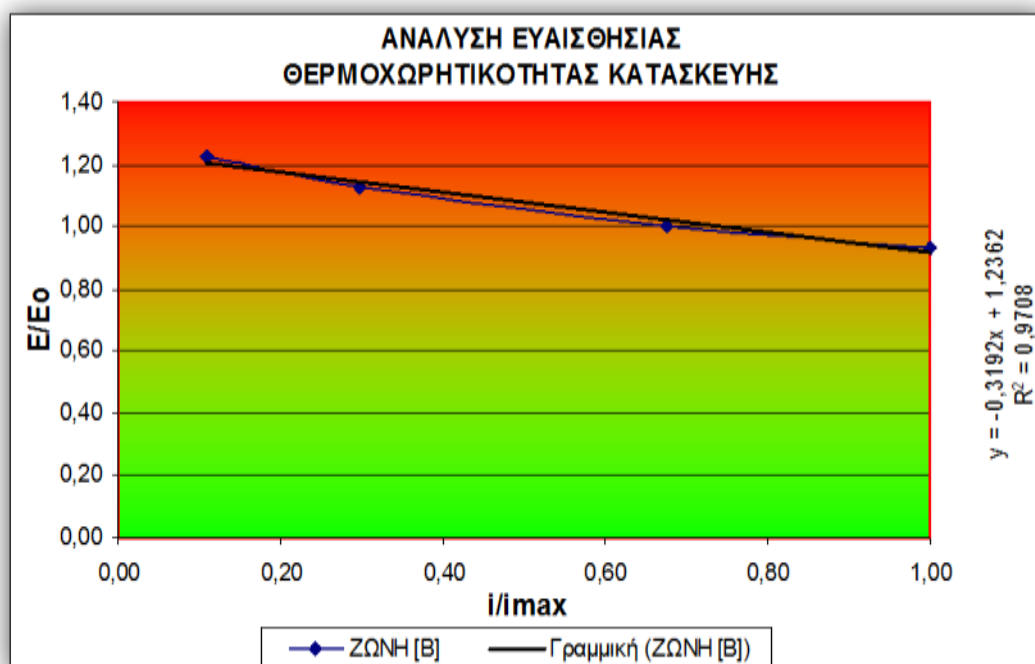
Παράμετρος 4 : Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

Ζώνη : B

Θερμοχωρητικότητα καστής (KJ/m ² K)	Πρωταγικής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{min}	E/E ₀		Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
40	60,6	38,8	27,9	127,3	0,16	0,11	1,22	-0,52	78,1	37,3
110	50,6	38,5	27,9	117	0,44	0,30	1,12	-0,33	69	34,8
250	37,9	38,3	27,9	104,1	1,00	0,68	1,00	-0,20	57,3	31,6
370	31,1	38,2	27,9	97,2	1,48	1,00	0,93		51,1	30

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-,35
Τυπική απόκλιση	,161
Διακύμανση	,026





ΠΙΝΑΚΑΣ: [B]- 5

Παράμετρος 5 : Ηλιακός Συλλέκτης

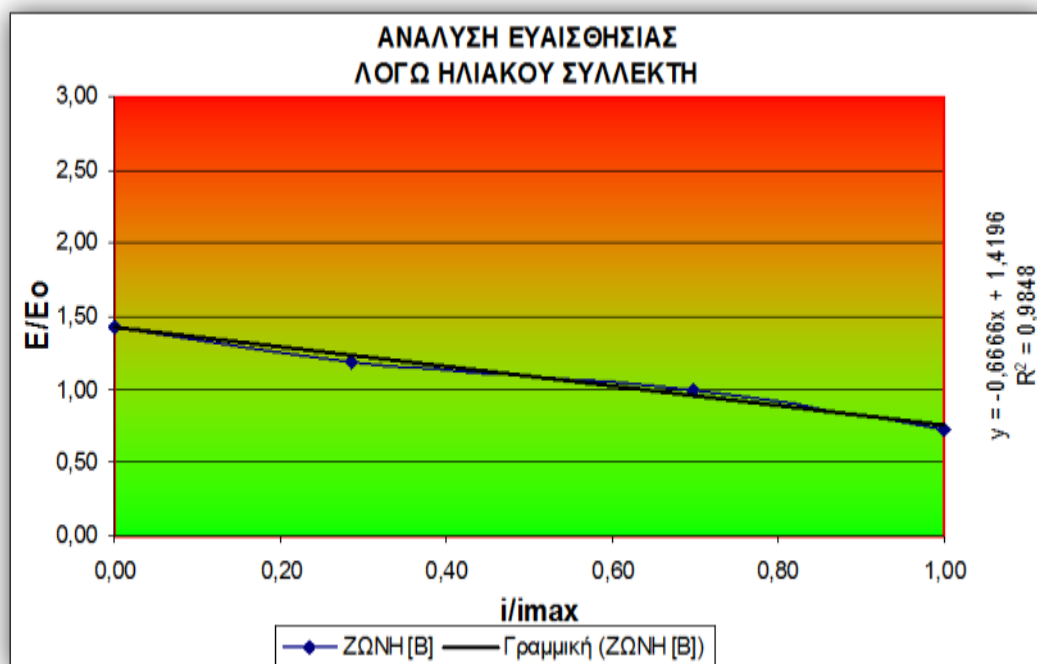
Ζώνη : B

Εμβαδόν κατόπτρου	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{min}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0	37,9	38,3	72,9	149,1	0,00	0,00	1,43	-0,84	72,8	47
1,00	37,9	38,3	47,9	124,1	0,41	0,29	1,19	-0,47	64,2	38,5
2,44	37,9	38,3	27,9	104,1	1,00	0,70	1,00	-0,88	57,3	31,6
3,50	37,9	38,3	0	76,2	1,43	1,00	0,73		43	19,4

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,73
Τυπική απόκλιση	0,230
Διακύμανση	0,053

< 0,10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Γ]-1

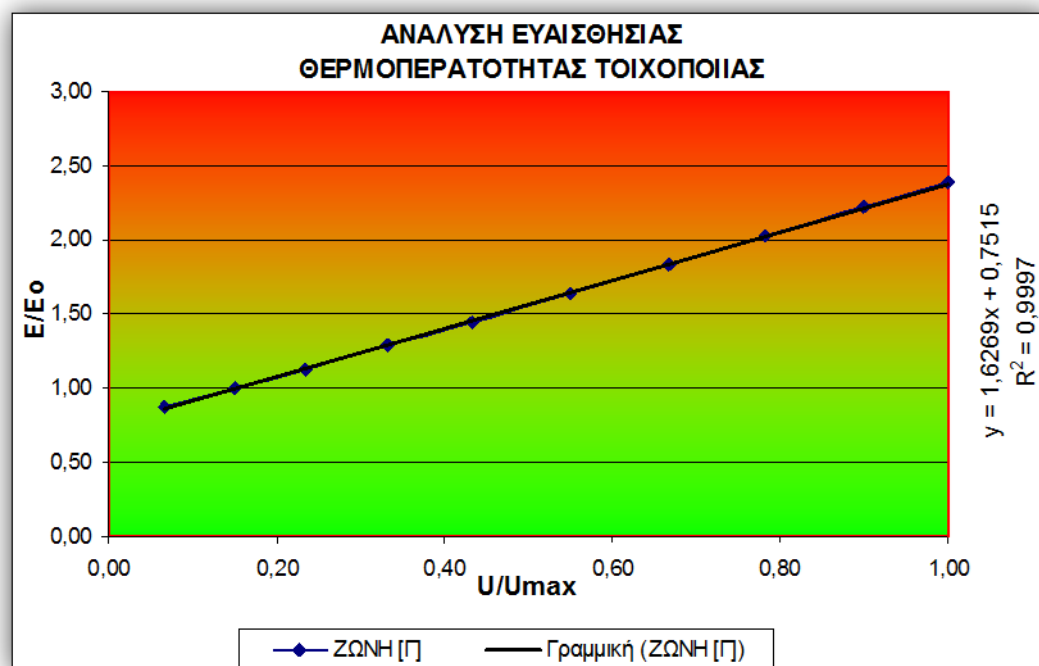
Παράμετρος 1 : Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας **Ζώνη : Γ**

Θερμότητα Τοιχοποιίας U ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m^2)	Ψύξη (KWh/m^2)	Z.N.X (KWh/m^2)	Σύνολο (KWh/m^2)	U/U_0	U/U_{max}	E/E_0	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m^2)	Εκπομπές CO_2 Kg/m^2
0,20	61,6	26,4	30	118	0,44	0,07	0,88	1,48	75,5	35,8
0,45	77,9	26,7	30	134,6	1,00	0,15	1,00	1,53	90,4	39,9
0,70	94,8	27	30	151,8	1,56	0,23	1,13	1,58	105,9	44
1,00	115,6	27,4	30	173	2,22	0,33	1,29	1,61	124,9	49
1,30	136,9	27,8	30	194,7	2,89	0,43	1,45	1,64	144,4	54,2
1,65	162,1	28,3	30	220,4	3,67	0,55	1,64	1,65	167,4	60,4
2,00	187,6	28,7	30	246,3	4,44	0,67	1,83	1,68	190,8	66,7
2,35	213,33	29,3	30	272,63	5,22	0,78	2,03	1,67	214,3	72,9
2,70	239,2	29,7	30	298,9	6,00	0,90	2,22	1,69	238	79,3
3,00	261,5	30,1	30	321,6	6,67	1,00	2,39		258,4	84,8

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,61
Τυπική απόκλιση	,071
Διακύμανση	,005

< 0,10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Γ]-2

Παράμετρος 2 : Θερμοπερατότητα οροφής

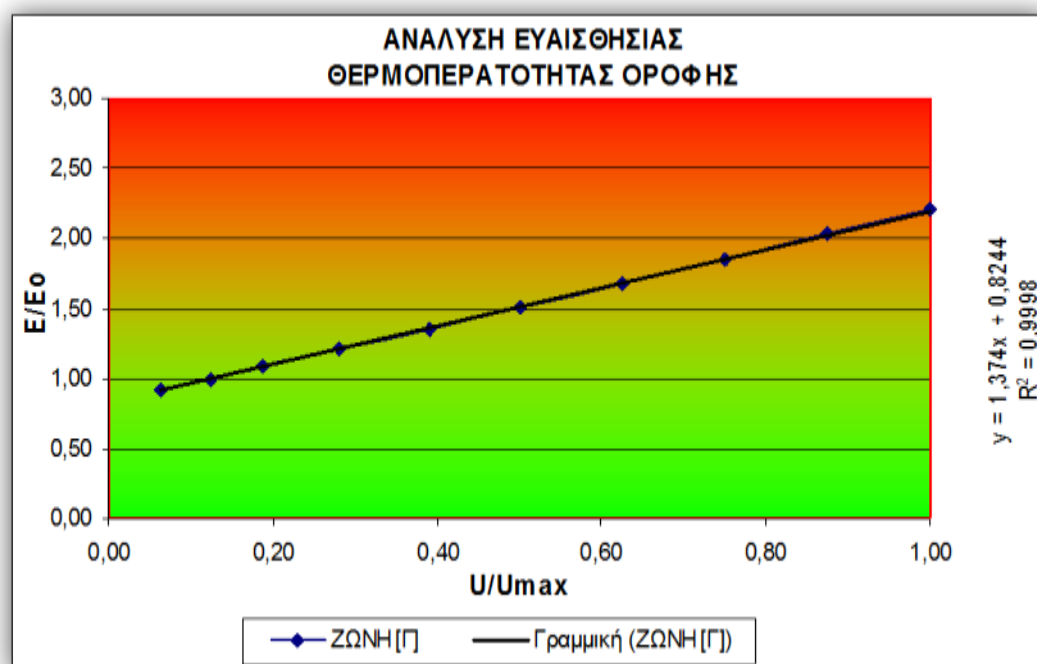
Ζώνη : Γ

Θερμοπερι- τητα Οροφής (W/m ² .oC)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Ζ.Ν.Χ (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,20	67,7	26,2	30	123,9	0,50	0,06	0,92	1,27	80,9	37,2
0,40	77,9	26,7	30	134,6	1,00	0,13	1,00	1,31	90,4	39,9
0,60	88,4	27,2	30	145,6	1,50	0,19	1,08	1,33	100,1	42,6
0,90	104,4	28	30	162,4	2,25	0,28	1,21	1,35	114,9	46,6
1,25	123,4	28,9	30	182,3	3,13	0,39	1,35	1,37	132,5	51,5
1,60	142,7	29,8	30	202,5	4,00	0,50	1,50	1,39	150,4	56,4
2,00	165,1	30,8	30	225,9	5,00	0,63	1,68	1,40	171,1	62,1
2,40	187,6	31,8	30	249,4	6,00	0,75	1,85	1,41	191,9	67,9
2,80	210,4	32,8	30	273,2	7,00	0,88	2,03	1,41	212,9	73,7
3,20	233,2	33,8	30	297	8,00	1,00	2,21		234	79,5

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,36
Τυπική απόκλιση	,050
Διακύμανση	,002

< 0,10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Γ]-3

Παράμετρος 3 : Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

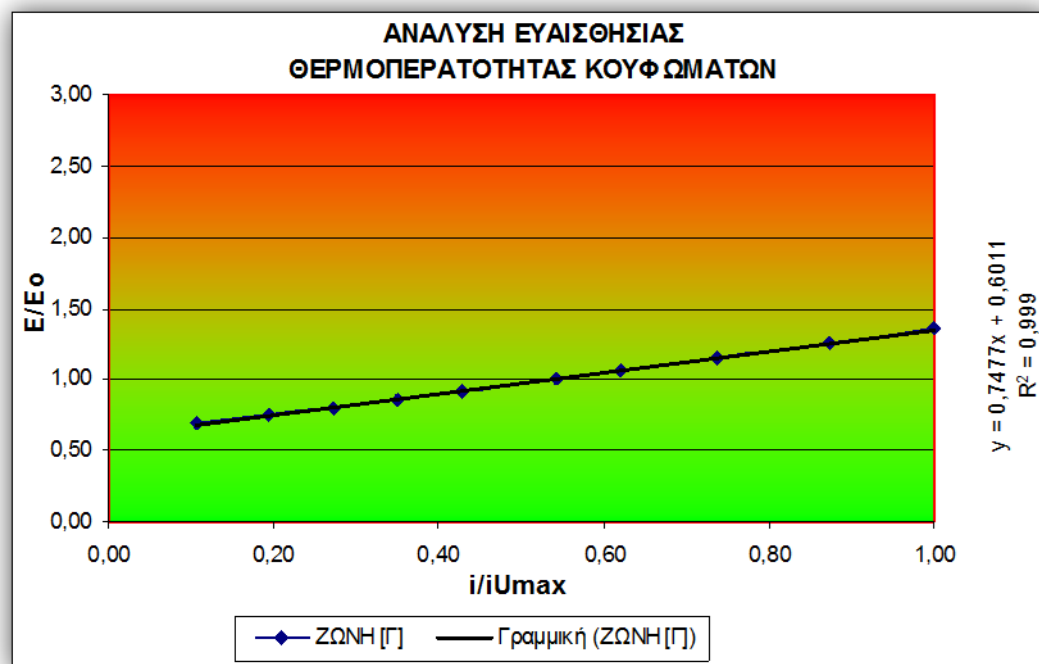
Ζώνη : Γ

Θερμοπερα- τητα Υαλοστασίων U_g (W/m ² .°C)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Σ.Ν.Χ. (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,55	36,5	26,8	30	93,3	0,20	0,11	0,69	0,65	52,8	30,2
1,00	44,2	26,8	30	101	0,36	0,19	0,75	0,68	59,8	32
1,40	51,3	26,8	30	108,1	0,50	0,27	0,80	0,71	66,2	33,7
1,80	58,7	26,8	30	115,5	0,64	0,35	0,86	0,71	72,9	35,3
2,20	66,2	26,7	30	122,9	0,79	0,43	0,91	0,75	79,8	37,2
2,80	77,9	26,7	30	134,6	1,00	0,54	1,00	0,77	90,4	39,9
3,20	85,9	26,7	30	142,6	1,14	0,62	1,06	0,78	97,7	41,8
3,80	98,1	26,7	30	154,8	1,36	0,74	1,15	0,79	108,7	44,6
4,50	112,6	26,7	30	169,3	1,61	0,87	1,26	0,80	121,9	48
5,15	126,2	26,7	30	182,9	1,84	1,00	1,36		134,3	51,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	,737
Τυπική απόκλιση	,052
Διακύμανση	,003

$\leq 0,10$





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Γ]- 4

Παράμετρος 4 : Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

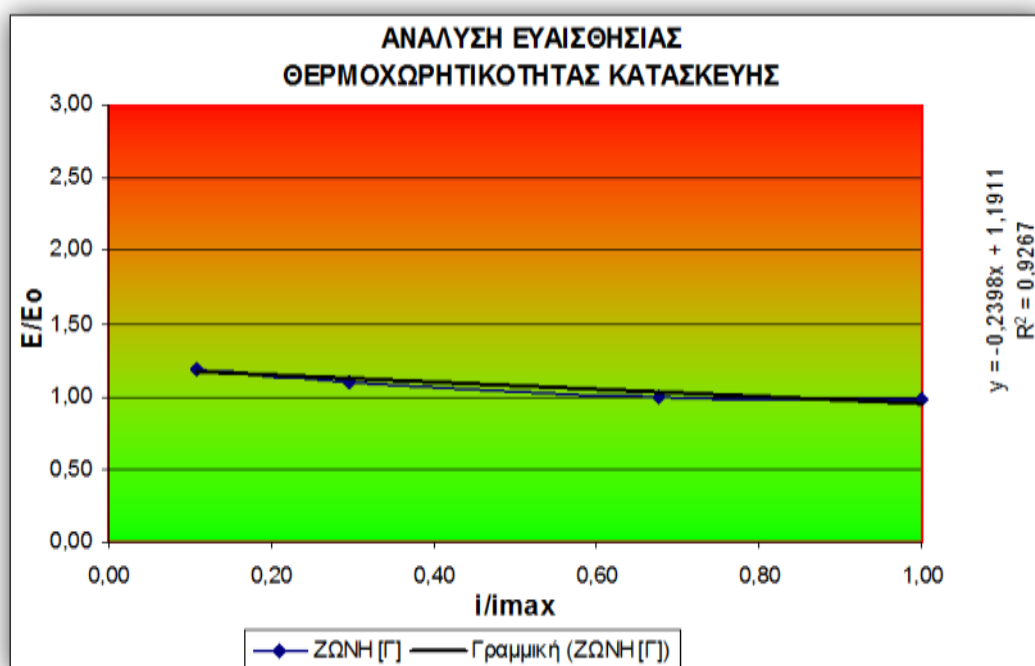
Ζώνη : Γ

Θερμοχωρη- τητα κατίης (KJ/m2K)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m2)	Ψύξη (KWh/m2)	Z.N.X (KWh/m2)	Σύνολο (KWh/m2)	U/Uo	U/Umin	E/Eo		Κατανάλωση (KWh/m2)	Εκπομπές CO2 Kg/m2
40	103,2	26,8	30	160	0,16	0,11	1,19	-0,45	113,4	46,1
110	91,8	26,7	30	148,5	0,44	0,30	1,10	-0,27	103,1	43,3
250	77,9	26,7	30	134,6	1,00	0,68	1,00	-0,08	90,4	39,9
370	74,3	26,7	30	131	1,48	1,00	0,97		87,1	39

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,27
Τυπική απόκλιση	0,185
Διακύμανση	0,034

< 0,10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Γ]-5

Παράμετρος 5 : Ηλιακός συλλέκτης

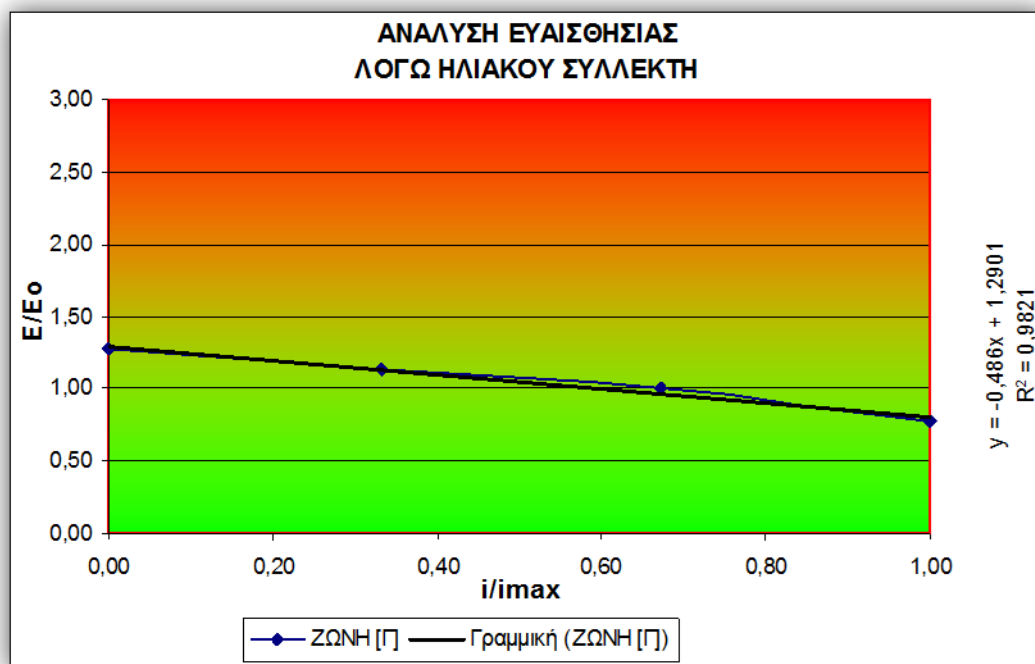
Ζώνη : Γ

Εμβαδόν κατόπτρου	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Ζ.Ν.Χ. (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	Ω/Ω ₀	Ω/Ω _{min}	Ε/Ε ₀	Χλωση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0	77,9	26,7	66,8	171,4	0,00	0,00	1,27	-0,41	103,1	52,4
1,50	77,9	26,7	48,2	152,8	0,50	0,33	1,14	-0,40	96,7	46,1
3,03	77,9	26,7	30	134,6	1,00	0,67	1,00	-0,68	90,4	39,9
4,50	77,9	26,7	0	104,6	1,49	1,00	0,78		80,1	29,6

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,50
Τυπική απόκλιση	,158
Διακύμανση	,025

< 0,10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Δ]-1

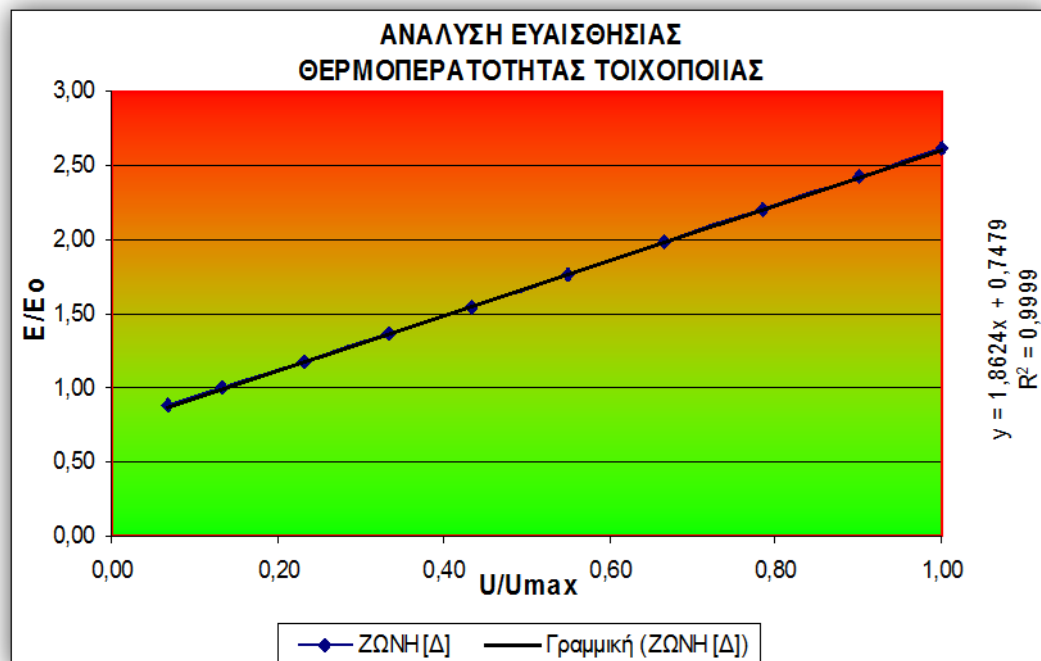
Παράμετρος 1 : Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας **Ζώνη : Δ**

Θερμοπότητα Τοιχοποιίας U (W/m ² ·°C)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Ζ.Ν.Χ. (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,20	95	15,4	32	142,4	0,50	0,07	0,88	1,74	103,6	40
0,40	114	15,1	32	161,1	1,00	0,13	1,00	1,79	119,9	44,4
0,70	143,2	14,8	32	190	1,75	0,23	1,18	1,83	146,3	51,3
1,00	173	14,5	32	219,5	2,50	0,33	1,36	1,85	173,3	58,2
1,30	203,1	14,2	32	249,3	3,25	0,43	1,55	1,87	200,3	65,4
1,65	238,5	14	32	284,5	4,13	0,55	1,77	1,88	232,7	73,8
2,00	274,1	13,8	32	319,9	5,00	0,67	1,99	1,89	265	82,2
2,35	309,8	13,7	32	355,5	5,88	0,78	2,21	1,89	297,4	90,7
2,70	345,6	13,5	32	391,1	6,75	0,90	2,43	1,90	329,9	99,3
3,00	376,2	13,5	32	421,7	7,50	1,00	2,62		258,4	84,8

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,85
Τυπική απόκλιση	,054
Διακύμανση	,003

$\leq 0,10$





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Δ]-2

Παράμετρος 2 : Θερμοπερατότητα οροφής

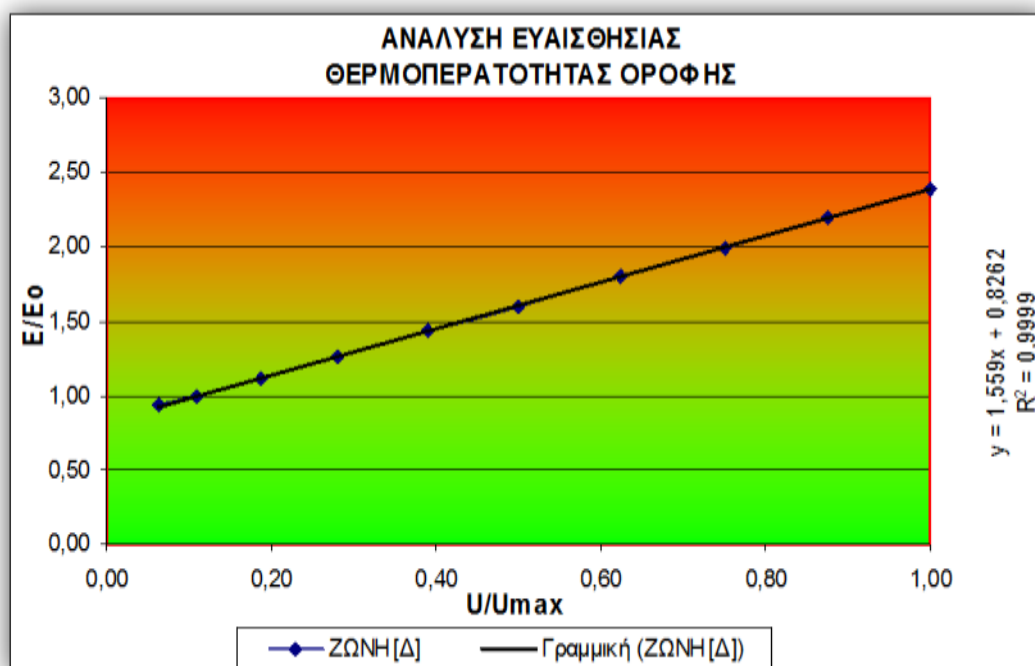
Ζώνη : Δ

Θερμοπερ /τητα Οροφής (W/m ² .oC)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανσ η (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ο	U/U _{max} x	E/E ο	Κλίσ η	Κατανάλωσ η (KWh/m ²)	Εκπομπέ ς CO ₂ Kg/m ²
0,20	102,8	15,1	32	149,9	0,57	0,06	0,93	1,48	109,7	41,7
0,35	114	15,1	32	161,1	1,00	0,11	1,00	1,51	119,9	44,4
0,60	132,9	15,2	32	180,1	1,71	0,19	1,12	1,53	137,1	48,9
0,90	155,9	15,3	32	203,2	2,57	0,28	1,26	1,54	158	54,5
1,25	183	15,4	32	230,4	3,57	0,39	1,43	1,56	182,7	61
1,60	210,3	15,6	32	257,9	4,57	0,50	1,60	1,57	207,6	67,6
2,00	241,7	15,8	32	289,5	5,71	0,63	1,80	1,58	236,3	75,2
2,40	273,3	16,1	32	321,4	6,86	0,75	2,00	1,58	265	82,9
2,80	304,9	16,3	32	353,2	8,00	0,88	2,19	1,58	293,8	90,6
3,20	336,5	16,6	32	385,1	9,14	1,00	2,39		322,7	98,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,54
Τυπική απόκλιση	,036
Διακύμανση	,001

< 0,10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Δ]-3

Παράμετρος 3 : Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

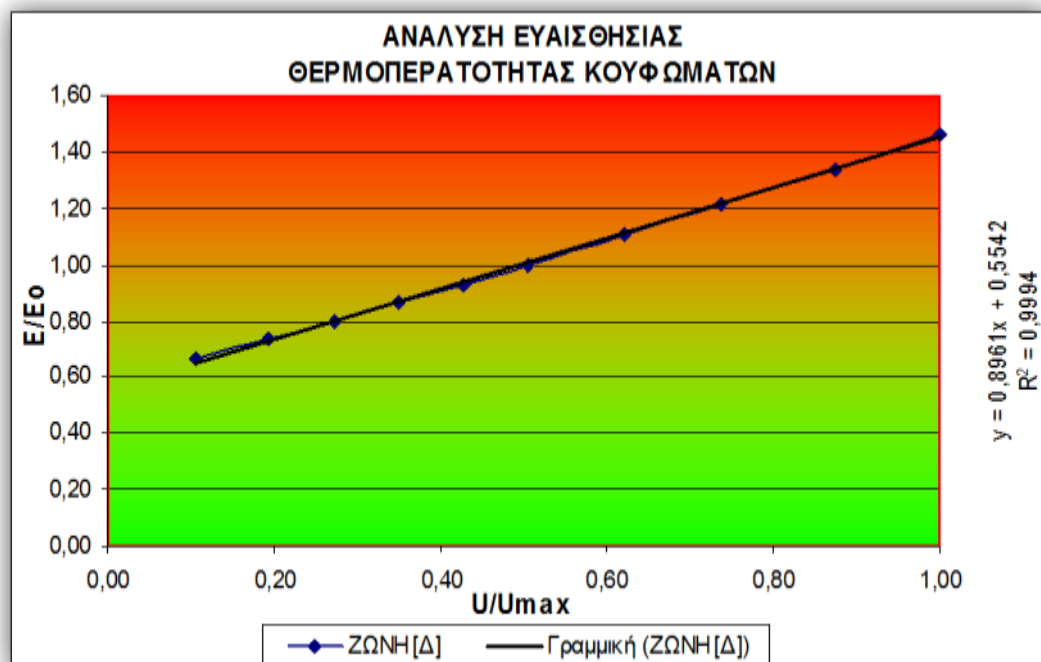
Ζώνη : Δ

Θερμοπε- τητα Υαλοστασίων U_g (W/m ² .oC)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμαν- ση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ο	U/U _{max} x	E/E ο	Κλίση	Κατανάλω- ση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,55	58	16,5	32	106,5	0,21	0,11	0,66	0,81	69,5	31,7
1,00	69,7	16,2	32	117,9	0,38	0,19	0,73	0,83	80	34,3
1,40	80,4	15,9	32	128,3	0,54	0,27	0,80	0,86	89,6	36,7
1,80	91,4	15,6	32	139	0,69	0,35	0,86	0,88	99,5	39,2
2,20	102,6	15,4	32	150	0,85	0,43	0,93	0,89	109,6	41,8
2,60	114	15,1	32	161,1	1,00	0,50	1,00	0,91	119,9	44,4
3,20	131,4	14,7	32	178,1	1,23	0,62	1,11	0,92	135,5	48,4
3,80	149	14,4	32	195,4	1,46	0,74	1,21	0,93	151,5	52,5
4,50	169,9	13,9	32	215,8	1,73	0,87	1,34	0,95	170,3	57,3
5,15	189,5	13,6	32	235,1	1,98	1,00	1,46		188	61,9

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,886
Τυπική απόκλιση	0,047
Διακύμανση	0,002

< 0,10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Δ]-4

Παράμετρος 4 : Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

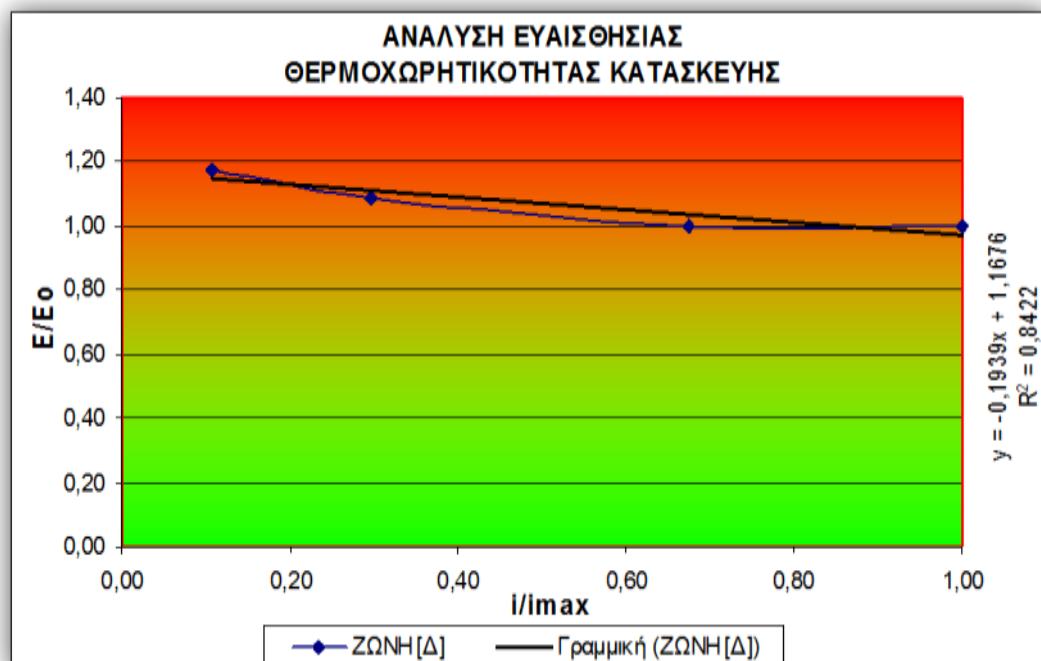
Ζώνη : Δ

Θερμοχωρη- τητα κατί/ής (KJ/m ² K)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U _o	U/U _{min}	E/E _o		Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
40	141,4	16	32	189,4	0,16	0,11	1,18	-0,45	145	51,5
110	128,1	15,5	32	175,6	0,44	0,30	1,09	-0,24	132,8	48
250	114	15,1	32	161,1	1,00	0,68	1,00	0,00	119,9	44,4
370	114,3	15	32	161,3	1,48	1,00	1,00		120,1	44,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-,23
Τυπική απόκλιση	,228
Διακύμανση	,052

< 0.10





ΠΙΝΑΚΑΣ: [Δ]-5

Παράμετρος 5 : Ηλιακός συλλέκτης

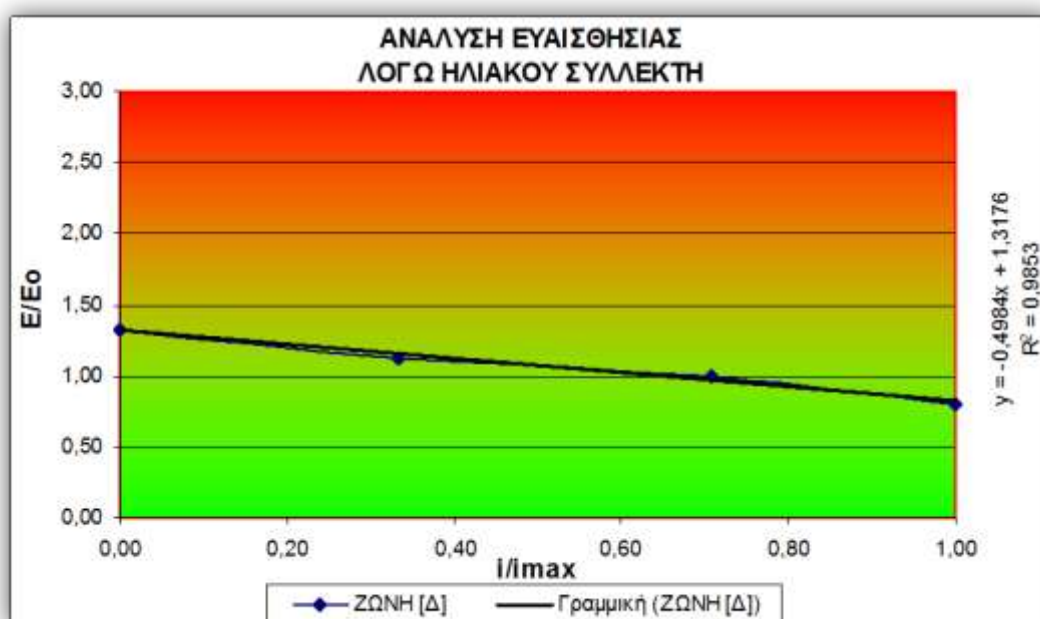
Ζώνη : Δ

Εμβαδόν κατόπτρου	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Ζ.Ν.Χ. (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{min}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0	114	15,1	83,9	213	0,00	0,00	1,32	-0,58	137,8	62,1
1,50	114	15,1	52,8	181,9	0,47	0,33	1,13	-0,34	127	51,5
3,19	114	15,1	32	161,1	1,00	0,71	1,00	-0,68	90,4	39,9
4,50	114	15,1	0	129,1	1,41	1,00	0,80		108,8	33,5

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

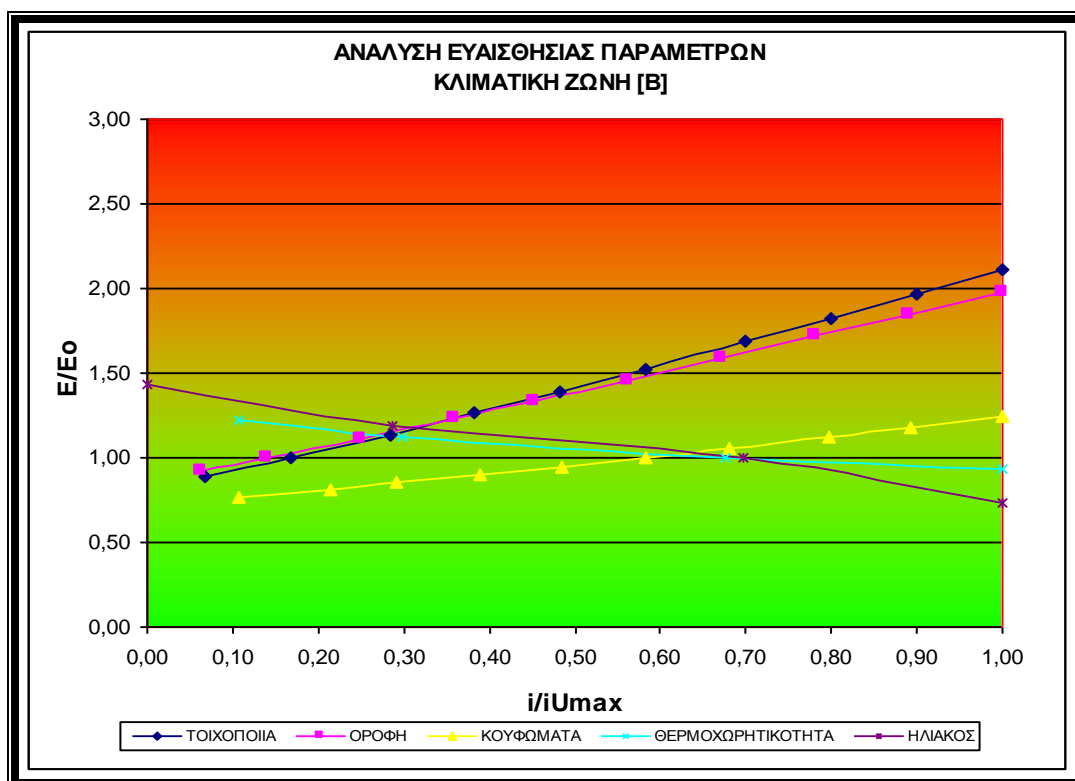
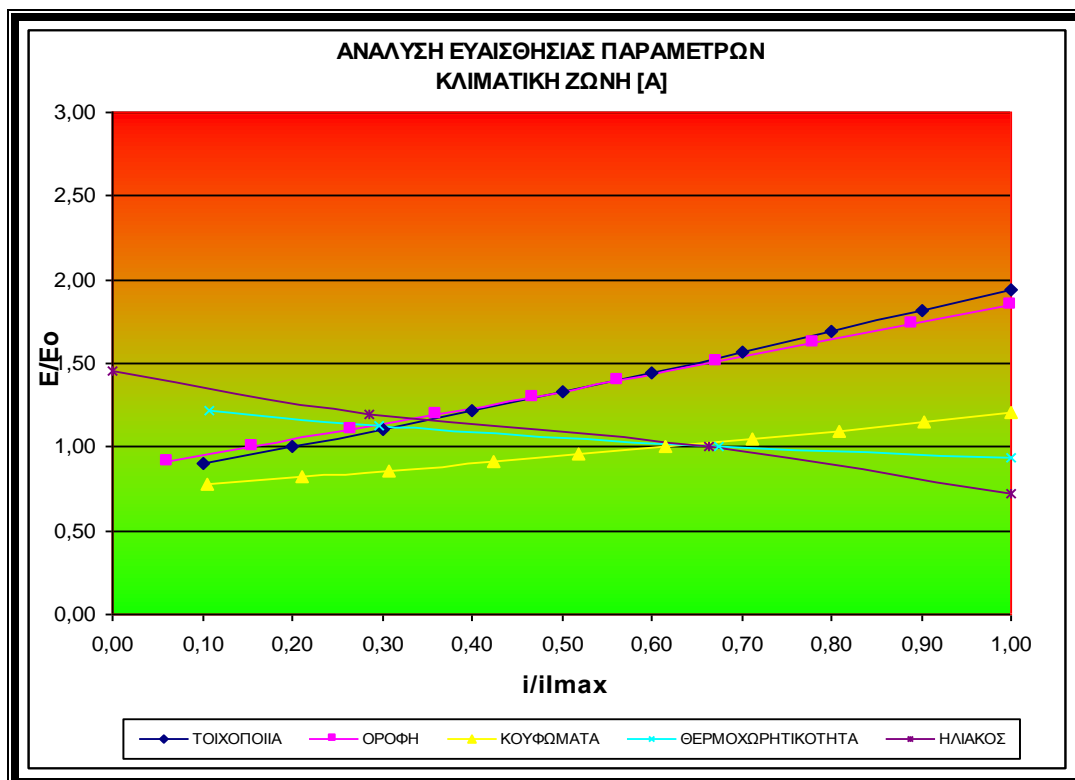
Μέσος όρος	-0,54
Τυπική απόκλιση	,174
Διακύμανση	,030

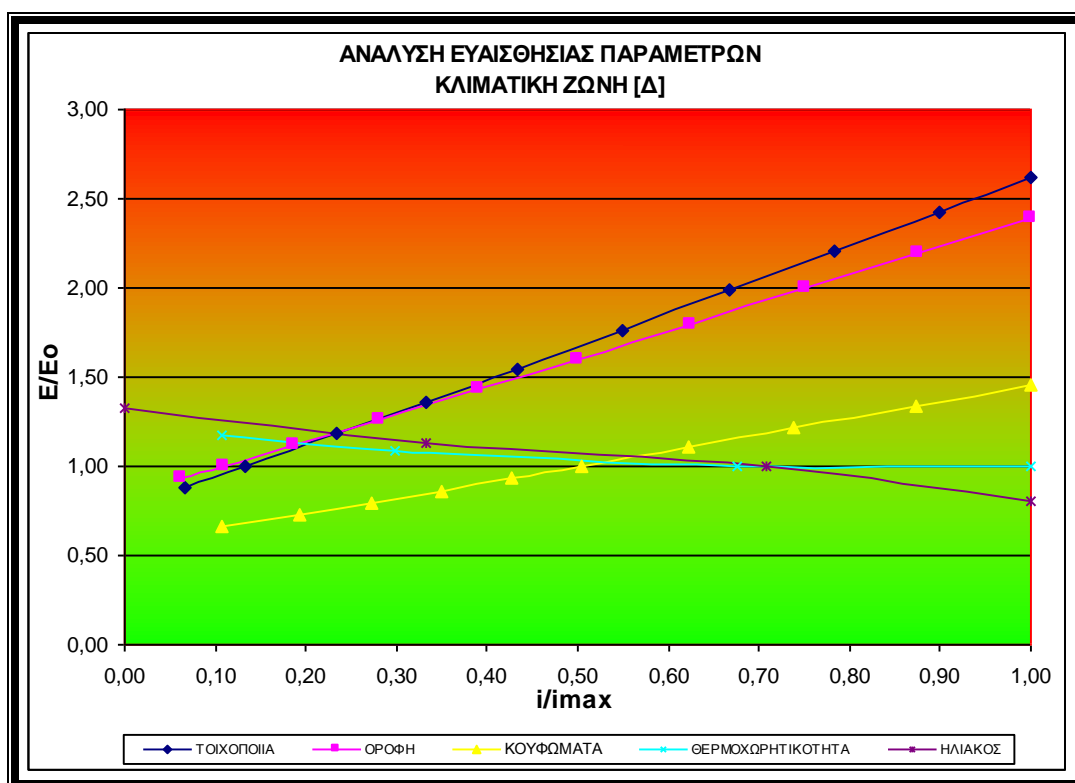
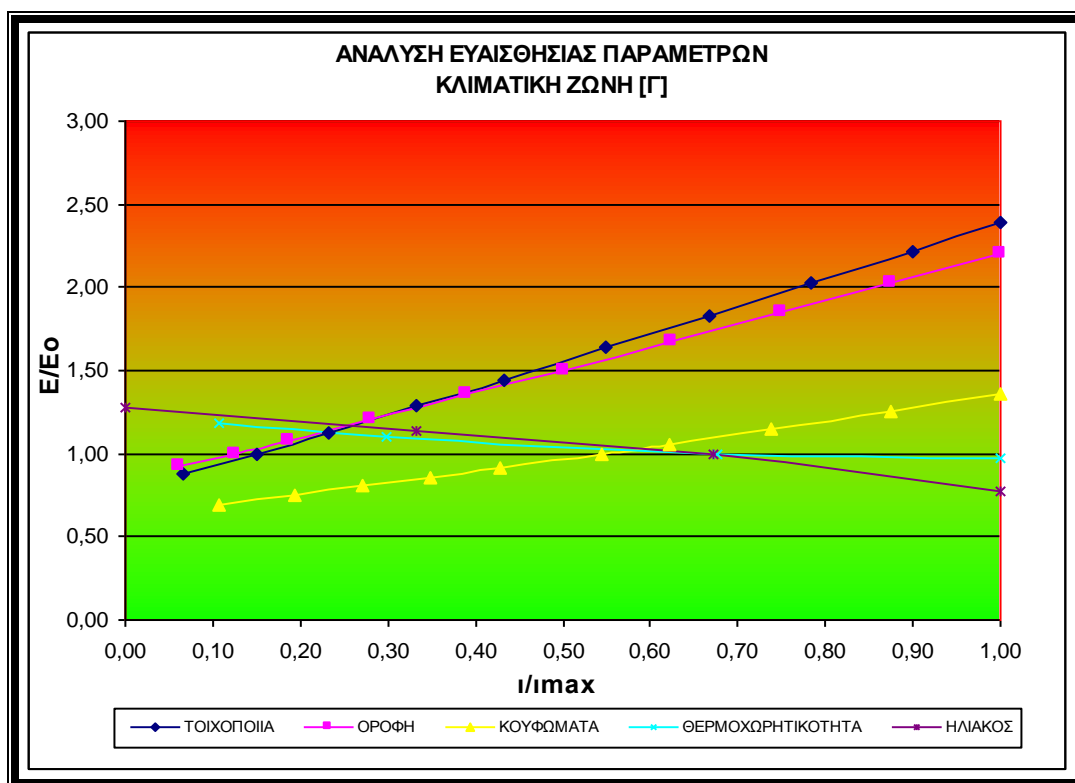
< 0,10





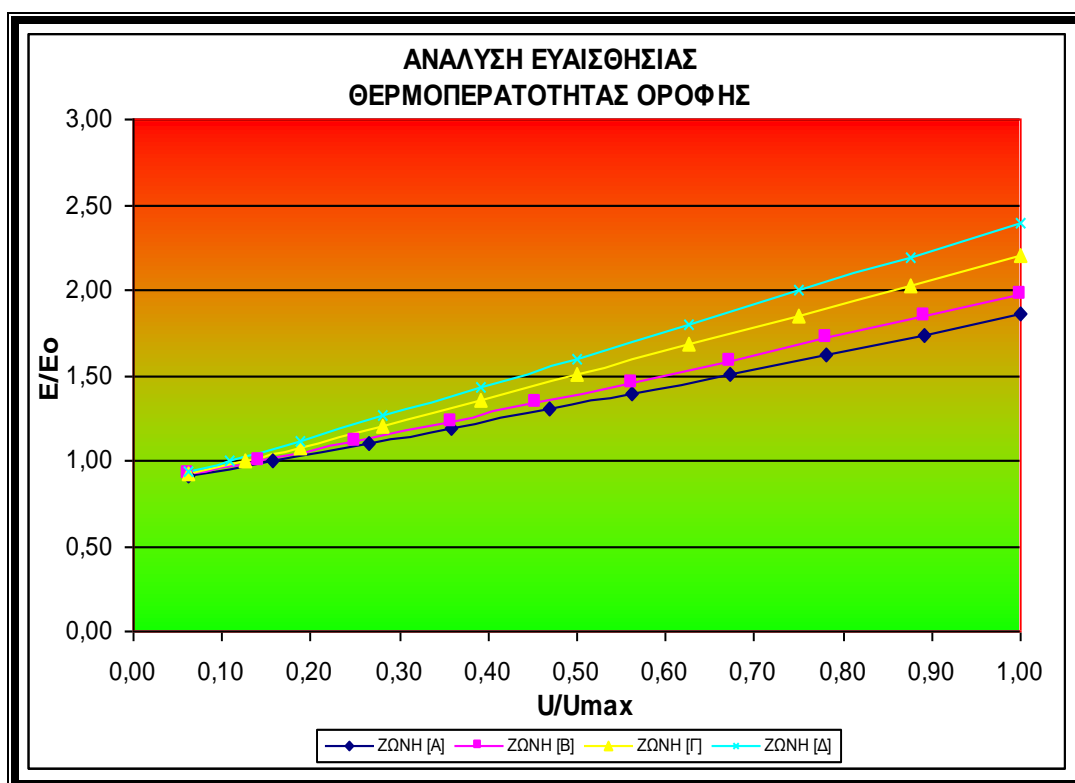
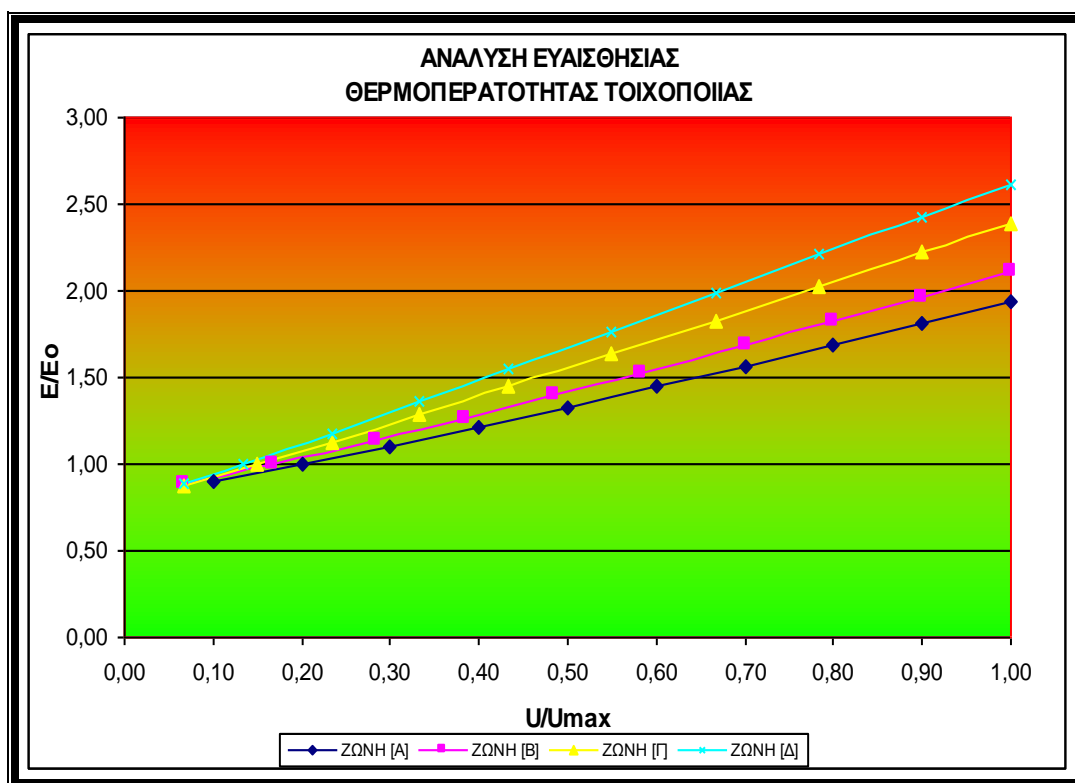
2.2.2. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΝΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ

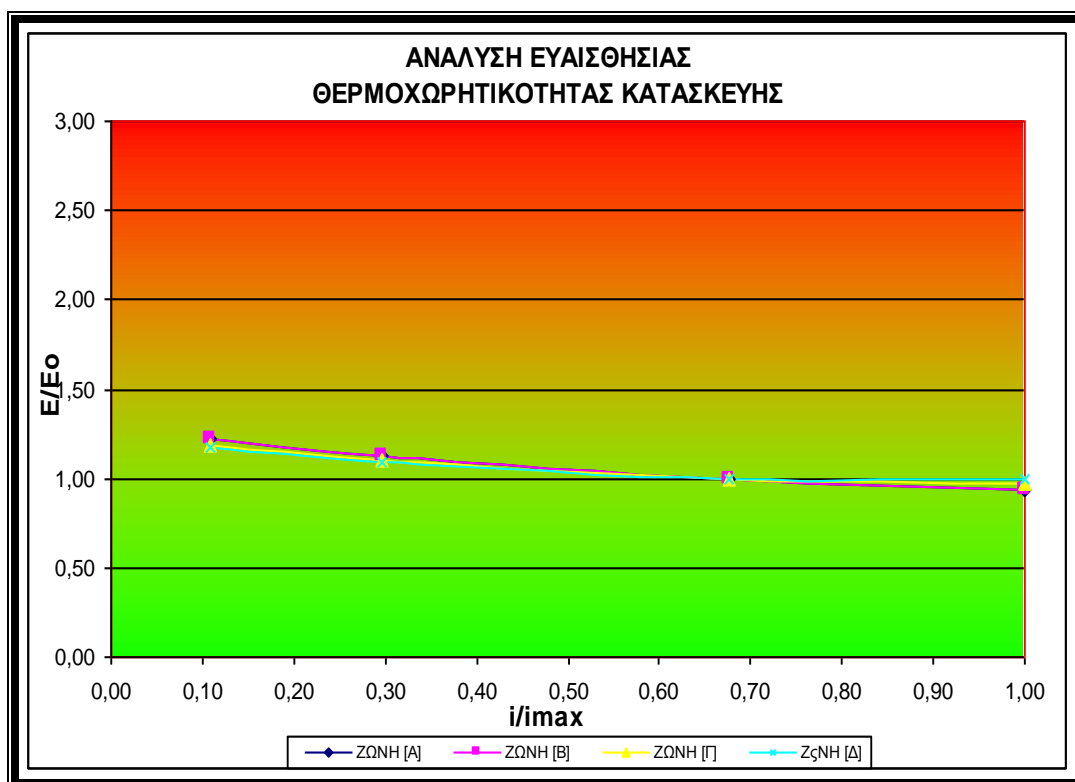
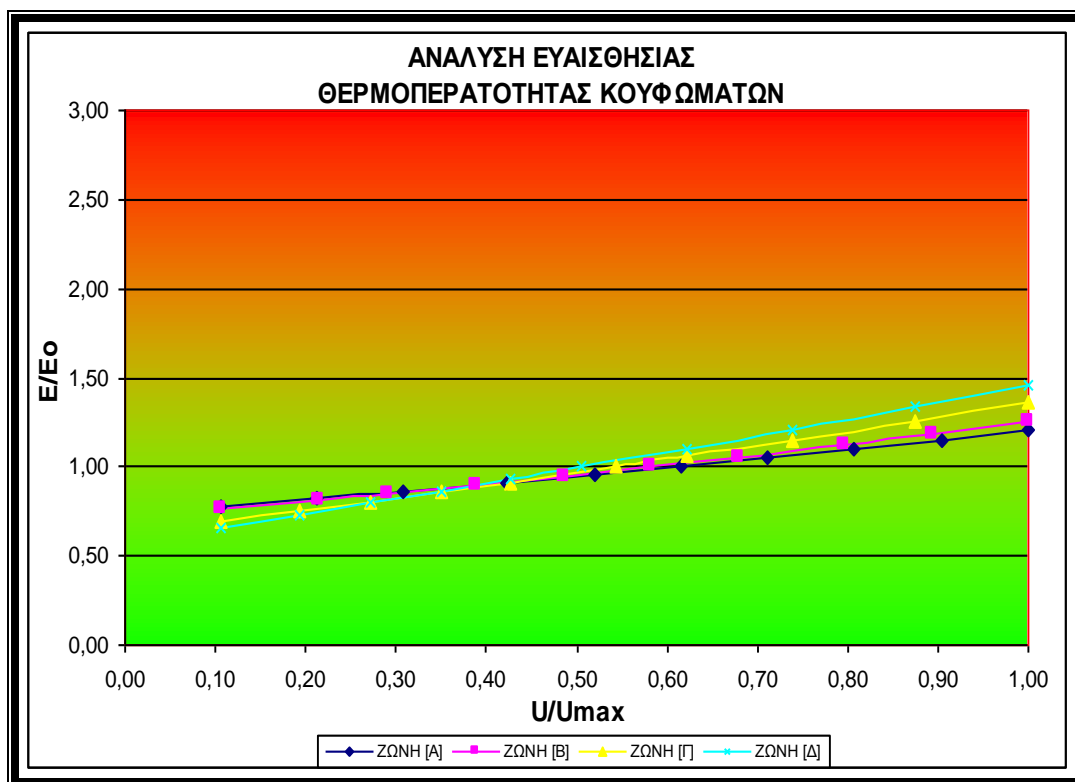


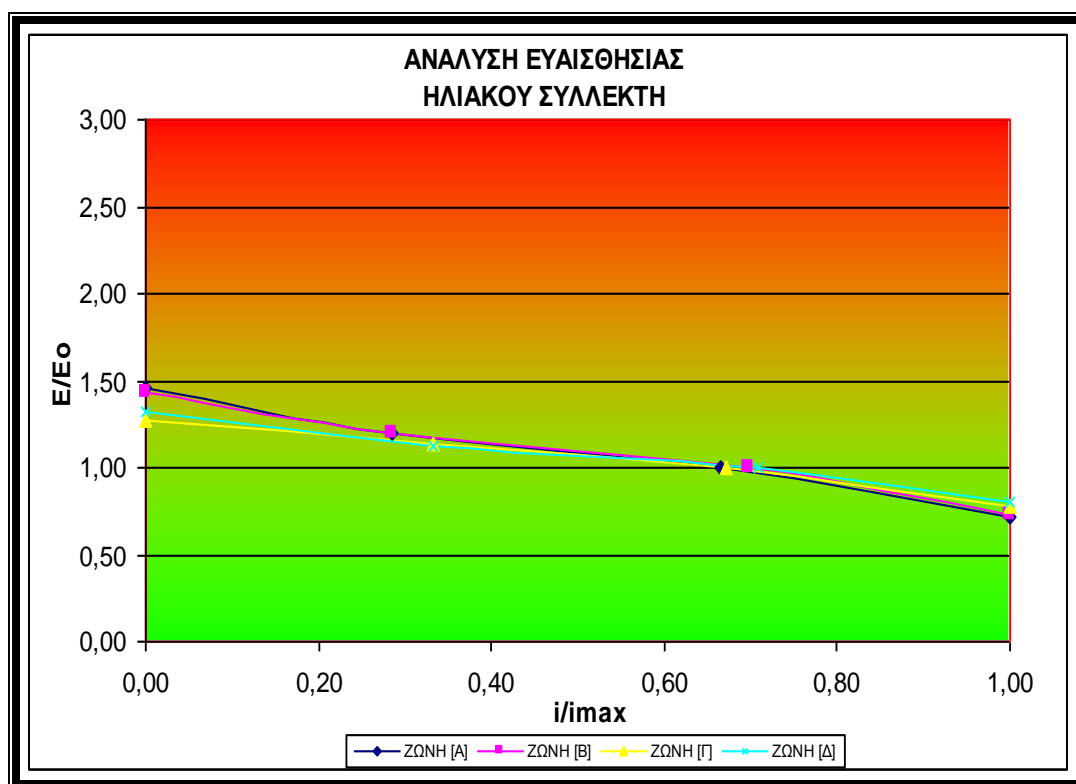




2.2.3. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΝΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ ΜΕΛΕΤΗΣ









2.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.

Από τα διαγράμματα που προέκυψαν με την εφαρμογή της προτεινόμενης διαδικασίας ανάλυσης ευαισθησίας με την μεθοδολογία της στοιχειώδους επιρροής, διαπιστώνεται κατ' αρχήν η σχεδόν απόλυτη γραμμικότητα της συμπεριφοράς του χρησιμοποιούμενου θερμικού μοντέλου, σε σχέση με την μεταβολή των πέντε παραμέτρων που τελικά επιλέχθηκε να εξεταστούν στην παρούσα μελέτη.

Η γραμμικότητα αυτή είναι κατά κάποιον τρόπο αναμενόμενη και επιθυμητή και μπορεί να θεωρηθεί κατ' αρχήν ως ένας ικανοποιητικός δείκτης ορθολογικής λειτουργίας του μαθηματικού μοντέλου που έχει επιλεγεί για την προσομοίωση της συμπεριφοράς του θερμικού μοντέλου, και ως εκ τούτου και ως ένδειξη αξιοπιστίας της ακολουθούμενης ανάλυσης.

Σε κάποιες περιπτώσεις παρατηρείται μια μικρή απόκλιση από την απόλυτα γραμμική συμπεριφορά όπως για παράδειγμα στην εξέταση της επιρροής του ηλιακού συλλέκτη και της θερμοχωρητικότητας της κατασκευής. Αυτό μάλλον πρέπει να οφείλεται στο μικρό μέγεθος του στατιστικού δείγματος, εξαιτίας του γεγονότος ότι το βήμα που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση ήταν μεγαλύτερο λόγω της ιδιομορφίας των ίδιων των παραμέτρων.

Η επιρροή όλων των εξεταζόμενων παραμέτρων στο θερμικό μοντέλο είναι μονοτονική, σε κάποιες περιπτώσεις αύξουσα και σε κάποιες άλλες περιπτώσεις φθίνουσα. Η αύξουσα επιρροή, όπως για παράδειγμα στις περιπτώσεις της θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας, της οροφής και των κουφωμάτων ερμηνεύεται ως αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης με την αύξηση της σχετικής τιμής της εξεταζόμενης παραμέτρου. Αντίθετα φθίνουσα επιρροή, όπως για παράδειγμα στις περιπτώσεις της επιρροής του ηλιακού συλλέκτη και της θερμοχωρητικότητας της κατασκευής ερμηνεύεται αντίστοιχα ως μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης με την αύξηση της σχετικής τιμής της εξεταζόμενης παραμέτρου.

Αναλυτικά για κάθε μία από τις παραμέτρους που εξετάστηκαν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

- Η πρώτη παράμετρος μελέτης «**Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας**» χαρακτηρίζεται ως η πιο σημαντική από τις πέντε παραμέτρους που εξετάστηκαν. Για μεταβολές των τιμών της παραμέτρου εντός των ορίων που συναντιούνται στις τυπικές Ελληνικές κατασκευές και συγκεκριμένα στο



διάστημα 0,20–3,00 W/m².oC, παρατηρείται η μεγαλύτερη κλίση και συνεπώς η μεγαλύτερη ευαισθησία στην ενεργειακή απόδοση του κτηρίου σε σχέση με τις υπόλοιπες παραμέτρους. Συνεπώς η μόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας αξιολογείται γενικά ως η πλέον σημαντική παράμετρος για το εκάστοτε μοντέλο που εξετάζεται. Επιπρόσθετα παρατηρείται μεγαλύτερη κλίση και συνεπώς μεγαλύτερη ευαισθησία της συγκεκριμένης παραμέτρου κατά τη μετάβαση σε ψυχρότερες κλιματικές ζώνες, γεγονός που πρέπει να οφείλεται στην αυξημένη σχετική επιρροή των θερμικών φορτίων. Φαίνεται λοιπόν καταρχήν ότι είναι προτιμότερο να δίδεται έμφαση στην βελτίωση των χαρακτηριστικών της θερμοπερατότητας k της τοιχοποιίας σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη παράμετρο κατά τον σχεδιασμό έργου κατασκευής ή ενεργειακής βελτίωσης κτιρίων, γεγονός που όμως θα πρέπει να επικυρωθεί και με ανάλυση κόστους κύκλου ζωής¹¹, που όμως είναι πέρα από το πεδίο εφαρμογής της παρούσας ανάλυσης.

- Η δεύτερη παράμετρος μελέτης «**θερμοπερατότητα οροφής**» χαρακτηρίζεται ως η επόμενη πιο σημαντική από τις πέντε παραμέτρους που εξετάστηκαν. Για μεταβολές των τιμών της παραμέτρου εντός των ορίων που συναντιούνται στις τυπικές Ελληνικές κατασκευές και συγκεκριμένα στο συνεχές διάστημα 0,20–3,20 W/m².oC, εμφανίζεται και σε αυτήν την περίπτωση αυξανόμενη επίδραση κατά τη μετάβαση από τις θερμότερες στις ψυχρότερες κλιματικές ζώνες.
- Η τρίτη παράμετρος μελέτης «**θερμοπερατότητα κουφωμάτων**» χαρακτηρίζεται ως η επόμενη πιο σημαντική από τις πέντε παραμέτρους που εξετάστηκαν. Η προσομοίωση των διαφανών επιφανειών έγινε για διαφορετικούς τύπους εξωτερικών κουφωμάτων με θερμοπερατότητες που κυμάνθηκαν στο διάστημα 0,55 – 5,15 W/m².oC. Παρατηρήθηκε ότι η βελτίωση της μόνωσης των κουφωμάτων βελτιώνει σημαντικά τη συνολική θερμική απόδοση του κτιρίου, σε μικρότερο όμως βαθμό από ότι η μόνωση της τοιχοποιίας ή μόνωση της οροφής του κτιρίου. Η βελτίωση της μόνωσης των κουφωμάτων επιτυγχάνεται κατ' αρχήν με θερμική διακοπή των πλαισίων και

¹¹ Life-Cycle Cost Analysis (LCCA) Method: Εκτιμά το συνολικό κόστος όλων των εναλλακτικών επιλογών ενός έργου, λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των παραμέτρων που το επηρεάζουν, καθ' όλη της διάρκεια της λειτουργικής του ζωής, και θα πρέπει να γίνεται στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού.



τοποθέτηση διπλών κρύσταλλων, ενώ κυρίαρχη επίδραση για την μείωση της θερμοπερατότητας και ως εκ τούτου την μείωση των συνολικών ενεργειακών αναγκών, αποτελεί και η επιλογή του υαλοπίνακα (για παράδειγμα διπλό υαλοστάσιο με γέμισμα φυσικού αερίου είναι ισοδύναμο με τριπλό υαλοπίνακα). Και πάλι όμως η σχετική σημασία της επιλογής υαλοστασίων με την κατά το δυνατόν μικρότερη τιμή θερμοπερατότητας σε σχέση με άλλες δυνατές επιλογές ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου, θα πρέπει τελικά να επικυρωθεί, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, με ανάλυση κόστους κύκλου ζωής.

- Η παράμετρος μελέτης που αφορά στην **«χρήση του ηλιακού συλλέκτη»** φαίνεται να έχει και αυτή αξιόλογη επίδραση στην συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου, λόγω της σημαντικής επίδρασης στην εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από την κάλυψη τμήματος των αναγκών σε ζεστό νερό οικιακής χρήσης. Για τις θερμότερες κλιματικές ζώνες που παρουσιάζουν σχετικά περισσότερη ηλιοφάνεια η αξιοποίηση των ηλιακών κερδών για την κάλυψη των αναγκών σε Ζ.Ν.Χ είναι μεγαλύτερη, οπότε δικαιολογημένα προκύπτει και αυξανόμενη σχετικά επιρροή της συγκεκριμένης παραμέτρου.
- Η παράμετρος μελέτης **«θερμοχωρητικότητα του κελύφους»** φαίνεται να έχει την μικρότερη επίδραση στις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου σε σχέση με τις άλλες παραμέτρους που εξετάστηκαν, παρόλο που είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι μεγάλες τιμές θερμοχωρητικότητας είναι γενικά περισσότερο επιθυμητές, κυρίως όμως εξ' αιτίας του γεγονότος ότι βοηθούν στη εξομάλυνση των θερμοκρασιακών αιχμών κατά την διάρκεια της ημέρας, θέτοντας σε λειτουργία άλλους μηχανισμούς μεταφοράς ενέργειας που η διερεύνησή τους ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας εργασίας.

Για να γίνουν κατανοητά όλα τα παραπάνω, στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι η ίδια η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή τα δάπεδα, οι τοιχοποιίες και οι οροφές του, είναι τελικά και η πιο αποτελεσματική «αποθήκη» της ηλιακής θερμότητας. Τα βαριά υλικά, σκυρόδεμα, πέτρα, τούβλα, άργιλος, έχουν μεγάλη πυκνότητα και ειδική θερμοχωρητικότητα, συνεπώς έχουν και μεγάλη θερμοχωρητικότητα, άρα και αντίστοιχη ικανότητα αποθήκευσης της θερμότητας.



Η απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται άμεσα από το δάπεδο και τους παρακείμενους τοίχους και έμμεσα από την οροφή με την κίνηση του θερμού αέρα ο οποίος είναι ελαφρύτερος προς τα πάνω. (όντας ελαφρύτερος).

Όσο περισσότερη μάζα διαθέτει το κτήριο στο εσωτερικό του, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας αποθηκεύει, διατηρώντας τη θερμοκρασία του χώρου σταθερή, σε επίπεδα θερμικής άνεσης για πολλές ώρες, ενώ παράλληλα περιορίζεται η λειτουργία της βοηθητικής θέρμανσης το χειμώνα, αλλά και της ψύξης το καλοκαίρι.

Επισημαίνεται εδώ ότι οι συνήθεις κατασκευές που κατασκευάζονται στην Ελλάδα με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιίες από οπτοπλινθοδομή, παρέχουν την αναγκαία θερμική μάζα και την αντίστοιχη θερμοχωρητικότητα για την αποθήκευση των ηλιακών απολαβών, υπό την προϋπόθεση ότι η θερμομόνωση βρίσκεται στην εξωτερική παρειά των φερόντων στοιχείων. Οι τοίχοι πλήρωσης από διπλή οπτοπλινθοδομή με θερμομόνωση στον πυρήνα εξασφαλίζουν επίσης επαρκή θερμική μάζα, υπό την προϋπόθεση ότι η εσωτερική παρειά της οπτοπλινθοδομής έχει πάχος 9 εκ.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό στο σημείο αυτό να τονιστεί, ότι η παρούσα μεθοδολογία δεν μπορεί να αναλύσει την ευαισθησία του θερμικού μοντέλου λόγω της επίδρασης των ενδογενών¹² χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ιδιαίτερη επίδραση για παράδειγμα έχει το επιμέρους ποσοστό των υαλοστασίων ανά επιφάνεια προσανατολισμού. Η ευαισθησία μίας παραμέτρου σε σχέση με τα ενδογενή χαρακτηριστικά του κελύφους του κτιρίου προκύπτει από διαφορετική μεθοδολογία ανάλυσης και συγκεκριμένα από την μέθοδο των περιπτώσεων μελέτης (Case Studies) που περιγράφεται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

¹² **Ενδογενή Χαρακτηριστικά:** Αυτά που εξαρτώνται από την μορφή, την θέση, την γεωμετρία και τον προσανατολισμό του κτιρίου, όπως είναι για παράδειγμα ο λόγος της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας του κελύφους προς το συνολικό όγκο κτίσματος ή το ποσοστό κουφωμάτων ανά επιφάνεια προσανατολισμού.





Κεφάλαιο 3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ: ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1.1. Εισαγωγή στην μεθοδολογία των Περιπτώσεων Μελέτης.

Η μέθοδος των περιπτώσεων μελέτης υπερέχει έναντι άλλων γνωστών ερευνητικών μεθόδων στο ότι μας βοηθά κυρίως να κατανοήσουμε πολύπλοκα θέματα, αντικείμενα ή διαδικασίες και να επεκτείνουμε περαιτέρω την εμπειρία μας πάνω σε αυτά, αλλά και να τεκμηριώσουμε επαρκέστερα αυτά που είναι ήδη γνωστά από προηγούμενες μελέτες και έρευνες. Η μέθοδος αυτή δίνει έμφαση στην ανάλυση ενός περιορισμένου αριθμού χαρακτηριστικών περιπτώσεων του φαινομένου που εξετάζεται προκειμένου έτσι να διερευνηθούν οι σχέσεις αλληλεπίδρασης των κυρίων παραγόντων που επηρεάζουν την εξέλιξή του.



Οι ερευνητές χρησιμοποιούν ήδη πολλά χρόνια αυτή την μέθοδο σε μια μεγάλη κατηγορία επιστημονικών κλάδων. Οι κοινωνικοί ιδίως επιστήμονες έχουν κάνει εκτεταμένη χρήση αυτής της ποιοτικής μεθόδου προκειμένου να διερευνήσουν σύγχρονες καταστάσεις της πραγματικής ζωής και να δημιουργήσουν έτσι τη βάση για την εφαρμογή νέων ιδεών, καθώς και τις προϋποθέσεις για την επέκταση του



πλαίσιου εφαρμογής παλαιότερων μεθόδων έρευνας σε διαφορετικές περιπτώσεις και καταστάσεις.

Η μέθοδος των περιπτώσεων μελέτης χαρακτηρίζεται γενικά ως μια αποδεκτή εμπειρική διαδικασία που μπορεί να διερευνήσει ποιοτικά σύγχρονα φαινόμενα μέσα στο πλαίσιο του πραγματικού τους περιβάλλοντος, όταν το πλαίσιο συσχετίσεων των φαινομένων με το περιβάλλον τους δεν είναι απόλυτα εμφανές και τέλος όταν για την κατανόηση των φαινομένων απαιτείται να χρησιμοποιηθούν πολλαπλές πηγές στοιχείων διαφορετικών κατηγοριών¹³.

Οι επικριτές της συγκεκριμένης μεθόδου πιστεύουν αντίθετα ότι η μελέτη ενός μικρού μόνο αριθμού περιπτώσεων ενός συγκεκριμένου φαινομένου, δεν μπορούν να προσφέρουν μια αξιόπιστη νομιμοποιητική βάση που να βοηθά και να συντείνει στην γενίκευση των ευρημάτων της έρευνας. Άλλοι επίσης θεωρούν ότι η εκτεταμένη ενασχόληση με μια μόνο πτυχή ενός προβλήματος η φαινομένου, μπορεί τελικά να προκαταλάβει τα ευρήματα που θα προκύψουν από την έρευνα που διεξάγεται. Μερικοί άλλοι τέλος την απορρίπτουν ως έγκυρη επιστημονική μέθοδο, παρότι αποδέχονται γενικά την χρησιμότητά της ως διερευνητικό εργαλείο σε πάρα πολλές περιπτώσεις. Ωστόσο, οι ερευνητές συνεχίζουν να την χρησιμοποιούν μέχρι σήμερα με επιτυχία σε συγκεκριμένες και προσεκτικά σχεδιασμένες μελέτες προβλημάτων και καταστάσεων της πραγματικής ζωής.

Αναφορές σχετικά με την μέθοδο αυτή είναι ευρέως διαθέσιμες στη διεθνή βιβλιογραφία σε θέματα από πάρα πολλούς επιστημονικούς κλάδους. Γνωστοί ερευνητές και θιασώτες της μεθόδου, όπως ο Robert E. Stake και ο Robert K. Yin έχουν γράψει εκτενείς αναφορές στις οποίες προτείνονται τεχνικές για την οργάνωση και τη διεξαγωγή μιας επιτυχημένης έρευνας. Γενικά προτείνονται έξι συγκεκριμένα βήματα που καλό θα είναι να ακολουθούνται σε κάθε περίπτωση έρευνας με την συγκεκριμένη μεθοδολογία:

- Καθορισμός των ερωτημάτων της έρευνας.
- Επιλογή των περιπτώσεων της μελέτης και προσδιορισμός των τεχνικών συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων.
- Προετοιμασία για τη συλλογή των δεδομένων.

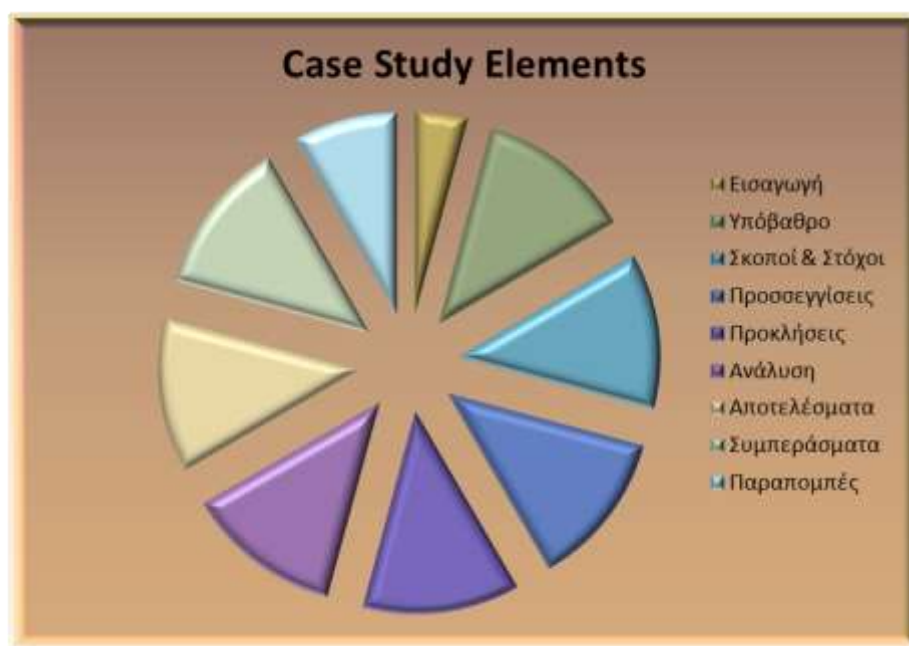
¹³ Robert K. Yin , 1984 , σ. 23 .



- Συλλογή των δεδομένων στο πεδίο.
- Αξιολόγηση και ανάλυση των δεδομένων.
- Προετοιμασία της έκθεσης.

3.1.2. Καθορισμός των Ερωτημάτων της Έρευνας.

Το πρώτο βήμα σε μια μελέτη περιπτώσεων είναι να δημιουργηθεί μια σταθερή στόχευση της έρευνας στην οποία ο ερευνητής θα μπορεί να αναφέρεται αργότερα κατά τη διάρκεια της μελέτης ενός σύνθετου αντικείμενου ή φαινομένου. Ο ερευνητής θα πρέπει να εστιάζει στην μελέτη θέτοντας ερωτήσεις σχετικά με το φαινόμενο ή το πρόβλημα που πρέπει να διερευνηθεί και καθορίζοντας ένα συγκεκριμένο στόχο. Το αντικείμενο της έρευνας σε μια μελέτη περιπτώσεων είναι συχνά ένα φαινόμενο, ένα πρόγραμμα, μια οντότητα, ένα άτομο ή μια ομάδα ανθρώπων. Κάθε αντικείμενο που εξετάζεται είναι πιθανό να συνδέεται άρρηκτα με πολλές παραμέτρους διαφορετικής κατηγορίας και υφής, παρέχοντας έτσι ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων για ερωτήσεις και περιπλέκοντας περαιτέρω την διαδικασία της μελέτης. Ο ερευνητής εξετάζει σε βάθος το αντικείμενο της μελέτης με την χρήση μιας ποικιλίας μεθόδων συλλογής δεδομένων, προκειμένου να εντοπίσει αποδεικτικά στοιχεία που να οδηγούν στην κατανόηση της υπόθεσης και να απαντούν στις ερωτήσεις που τίθενται από την έρευνα.





Η περιπτωσιολογική έρευνα απαντά γενικά σε μία ή περισσότερες ερωτήσεις που αρχίζουν με το «πώς» ή το «γιατί». Οι ερωτήσεις εστιάζουν συνήθως σε ένα περιορισμένο αριθμό γεγονότων ή καταστάσεων και των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ τους. Προκειμένου να διευκολυνθούν στην ανίχνευση και τη διατύπωση των κατάλληλων ερωτημάτων, οι ερευνητές διεξάγουν αρχικά μια πλήρη επισκόπηση της βιβλιογραφίας, η οποία εντοπίζει όλες τις παρεμφερείς έρευνες που έχουν διεξαχθεί στο παρελθόν και οδηγεί σε διορατικές και διεισδυτικές ερωτήσεις σχετικά με το πρόβλημα που εξετάζεται. Ο προσεκτικός καθορισμός των ερωτημάτων που τίθενται κατά στα αρχικά στάδια της έρευνας, προσανατολίζει τους ερευνητές ως προς την κατεύθυνση που πρέπει να ψάξουν για στοιχεία ενώ παράλληλα τους βοηθά στον προσδιορισμό των μεθόδων ανάλυσης που πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση. Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας, ο καθορισμός του αντικειμενικού σκοπού της μελέτης καθώς και ο έγκαιρος προσδιορισμός του κοινού στο οποίο τελικά αυτή απευθύνεται, αποτελούν και τον οδηγό για τον τρόπο που θα πρέπει να σχεδιάζεται, να διεξάγεται, και να δημοσιεύεται μια επιστημονική έρευνα.

3.1.3. Επιλογή των περιπτώσεων μελέτης - καθορισμός των τεχνικών συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων.

Κατά τη φάση σχεδιασμού της μελέτης, ο ερευνητής πρέπει να καθορίσει ποιες προσεγγίσεις θα χρησιμοποιήσει για την επιλογή εκείνων των απλών ή πολλαπλών χαρακτηριστικών περιπτώσεων του πραγματικού φαινομένου που θα εξετάσει σε βάθος, καθώς και τα μέσα και τις διαδικασίες συλλογής των δεδομένων που τελικά θα χρησιμοποιηθούν. Όταν γίνεται χρήση πολλαπλών περιπτώσεων, η κάθε περίπτωση αντιμετωπίζεται ξεχωριστά. Κάθε μεμονωμένο συμπεράσματα που προκύπτει μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί ως πληροφορία που θα συμβάλλει στην όλη μελέτη, αλλά σε κάθε περίπτωση, εξακολουθεί να παραμένει μία υπόθεση. Οι υποδειγματικές μελέτες του είδους επιλέγουν προσεκτικά τις περιπτώσεις που θα διερευνηθούν, αφού πρώτα εξετάσουν σχολαστικά όλες τις διαθέσιμες επιλογές και τα διαθέσιμα εργαλεία έρευνας, ώστε τελικά να αυξηθεί η εγκυρότητα της μελέτης.

Ο ερευνητής πρέπει να καθορίσει εάν θα μελετήσει περιπτώσεις που είναι με κάποιο τρόπο μοναδικές στο είδος τους ή, αντίθετα, θα μελετήσει περιπτώσεις που θεωρούνται τυπικά δείγματα του φαινομένου που εξετάζει, ενώ μπορεί επίσης να επιλέξει και περιπτώσεις που αντιπροσωπεύουν μια ποικιλία γεωγραφικών περιοχών,



μια ποικιλία από κατηγορίες μεγέθους, ή μια ποικιλία από άλλες παραμέτρους. Ένα χρήσιμο βήμα σε αυτή την διαδικασία επιλογής είναι και η συνεχής επιστροφή του ερευνητή πίσω στον αρχικό σκοπό της μελέτης, προκειμένου έτσι να εστιάσει ξανά την προσοχή του στις κατευθύνσεις που πρέπει να ψάξει, καθώς και στα αποδεικτικά στοιχεία που θα ικανοποιήσουν τον σκοπό της μελέτης και θα απαντήσουν τελικά στα ερευνητικά ερωτήματα που αρχικά έχουν τεθεί. Η επιλογή μίας ή και περισσότερων περιπτώσεων είναι ένα βασικό στοιχείο της ανάλυσης, αλλά μια περιπτώσιολογική μελέτη αποτελεί κάτι πολύ παραπάνω από μια απλή ενότητα ενσωματωμένων επιμέρους αναλύσεων. Για παράδειγμα, μπορεί να περιλαμβάνει τη μελέτη μιας ενιαίας βιομηχανίας καθώς και την μελέτη μιας επιχείρησης που συμμετέχει στην εν λόγω βιομηχανία. Αυτό το είδος της μελέτης περιπτώσεων περιλαμβάνει δύο επίπεδα ανάλυσης και αυξάνει την πολυπλοκότητα και τον όγκο των δεδομένων που πρέπει να συγκεντρωθούν και να αναλυθούν.

Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η δυνατότητα που έχει να συμπεριλαμβάνει με ιδιαίτερη άνεση τη χρήση πολλαπλών πηγών και τεχνικών στην διαδικασία της ανάλυσης και της συλλογής των δεδομένων. Ο ερευνητής μπορεί να αποφασίσει εκ των προτέρων ποια από τα ήδη διαθέσιμα δεδομένα θα συγκεντρώσει, καθώς και τι αποδεικτικά στοιχεία και τεχνικές ανάλυσης τελικά θα χρησιμοποιήσει, προκειμένου να απαντήσει στα ερωτήματα της έρευνας. Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται είναι συνήθως σε μεγάλο βαθμό ποιοτικά, αλλά μπορούν επίσης αν χρειαστεί να είναι και ποσοτικά. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των δεδομένων μπορεί να είναι έρευνες, συνεντεύξεις, κριτικές, παρατηρήσεις, ή ακόμη και συλλογή φυσικών αντικειμένων.

Ο ερευνητής θα πρέπει να χρησιμοποιήσει τα καθορισμένα εργαλεία συλλογής δεδομένων με συστηματικό και κατάλληλο τρόπο προκειμένου να επιτευχθεί πλήρης αξιοποίηση των αποδείξεων και ολοκληρωμένη τεκμηρίωση. Καθ' όλη τη διάρκεια σύνταξης της μελέτης θα πρέπει να διασφαλιστεί η εγκυρότητα, η αξιοπιστία, καθώς και η εσωτερική όσο και η εξωτερική της συνέπεια. Προκειμένου να επιτευχθεί το κύρος της έρευνας, απαιτείται οπωσδήποτε να χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα εργαλεία που αντιστοιχούν στις έννοιες που μελετώνται. Η εσωτερική εγκυρότητα (ιδιαίτερα σημαντική στις επεξηγηματικές ή στις μελέτες αιτιώδους συνάφειας) απαιτεί τη χρήση πολλαπλών αποδεικτικών στοιχείων από πολλαπλές διαφορετικές πηγές, προκειμένου έτσι να αποκαλυφθούν πιθανές συγκλίνουσες γραμμές στην



ερευνητική διαδικασία. Ο ερευνητής προσπαθεί να δημιουργήσει μια αλυσίδα αποδεικτικών στοιχείων, τόσο προς τα εμπρός όσο και προς τα πίσω. Η εξωτερική εγκυρότητα της αντανακλά στο κατά πόσον μπορούν να γενικευτούν τα ευρήματα της έρευνας, και να εφαρμοστούν επιπλέον πέρα από την άμεση περίπτωση ή τις περιπτώσεις οι οποίες μελετώνται. Όσες περισσότερες παραλλαγές σε μεθόδους η διαδικασίες χρησιμοποιούνται σε μια μελέτη τόσο περισσότερο μπορούν να αντέξουν και στην οποιαδήποτε κριτική τα συμπεράσματα που αυτή έχει αποφέρει, τόσο μεγαλύτερη δηλαδή είναι τελικά και η εξωτερική της εγκυρότητα. Τεχνικές όπως η διεξοδική ανάλυση κάθε μεμονωμένης περίπτωσης και η παράλληλη εξέταση πολλαπλών περιπτώσεων, ταυτόχρονα με την εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση, βοηθούν στην διασφάλιση της εξωτερικής εγκυρότητας της μελέτης. Η αξιοπιστία αναφέρεται στη σταθερότητα, την ακριβολογία της διατύπωσης, καθώς και στην ακρίβεια των μετρήσεων που διεξάγονται. Τέλος, η εφαρμογή παραδειγμάτων που σχετίζονται με κάθε φάση του σχεδιασμού της μελέτης εξασφαλίζει ότι οι διαδικασίες που χρησιμοποιούνται είναι καλά τεκμηριωμένες και μπορούν να επαναληφθούν ξανά και ξανά με τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα.

3.1.4. Προετοιμασία για την Συλλογή των Δεδομένων.

Η μεθοδολογία των περιπτώσεων μελέτης απαιτεί τον χειρισμό ιδιαίτερα μεγάλου όγκου δεδομένων που προέρχονται από πολλαπλές και διαφορετικού είδους πηγές. Για αυτό το λόγο είναι ιδιαίτερα σημαντική η συστηματική οργάνωση των δεδομένων προκειμένου να αποφευχθεί η άσκοπη ανάλυση του μελετητή, που πιθανώς θα τον απομάκρυνε από τους αρχικούς σκοπούς και τα ερωτήματα της έρευνας. Η επαρκής εκ' των προτέρων προετοιμασία, βοηθά σημαντικά στον κατάλληλο χειρισμό μεγάλων ποσοτήτων από δεδομένα με ένα τεκμηριωμένο και συστηματικό τρόπο. Οι ερευνητές προετοιμάζουν τις βάσεις δεδομένων που διαθέτουν, προκειμένου έτσι να διευκολυνθούν με την κατηγοριοποίηση, τη διαλογή, την αποθήκευση και την ανάκτηση των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση.

Οι υποδειγματικές μελέτες της κατηγορίας θα πρέπει να προετοιμάσουν ολοκληρωμένα προγράμματα κατάρτισης για τους ερευνητές που θα συμμετέχουν στην έρευνα, να θεσπίσουν σαφείς διαδικασίες και πρωτόκολλα πριν από τις ερευνητικές εργασίες πεδίου και τέλος να διεξάγουν μια πιλοτική μελέτη, πριν από τη



μετάβαση στο πεδίο της έρευνας, προκειμένου να αρθούν προφανή εμπόδια και προβλήματα. Το πρόγραμμα της ερευνητικής κατάρτισης καλύπτει τις βασικές έννοιες της μελέτης, την ορολογία, τις διαδικασίες και τις μεθόδους, και διδάσκει τους ερευνητές πώς να εφαρμόσουν σωστά τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται στη μελέτη. Το πρόγραμμα καλύπτει τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται συνήθως στις μελέτες περιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένων των οριακών χρονικών προθεσμιών που πρέπει να τηρηθούν, υποδείγματα τεχνικών και περιγραφικών εκθέσεων και σημειώσεων πεδίου, τις κατευθυντήριες γραμμές για τη συλλογή των απαιτούμενων εγγράφων, και τέλος τις κατευθυντήριες γραμμές που θα πρέπει να ακολουθούνται για τις διαδικασίες πεδίου.

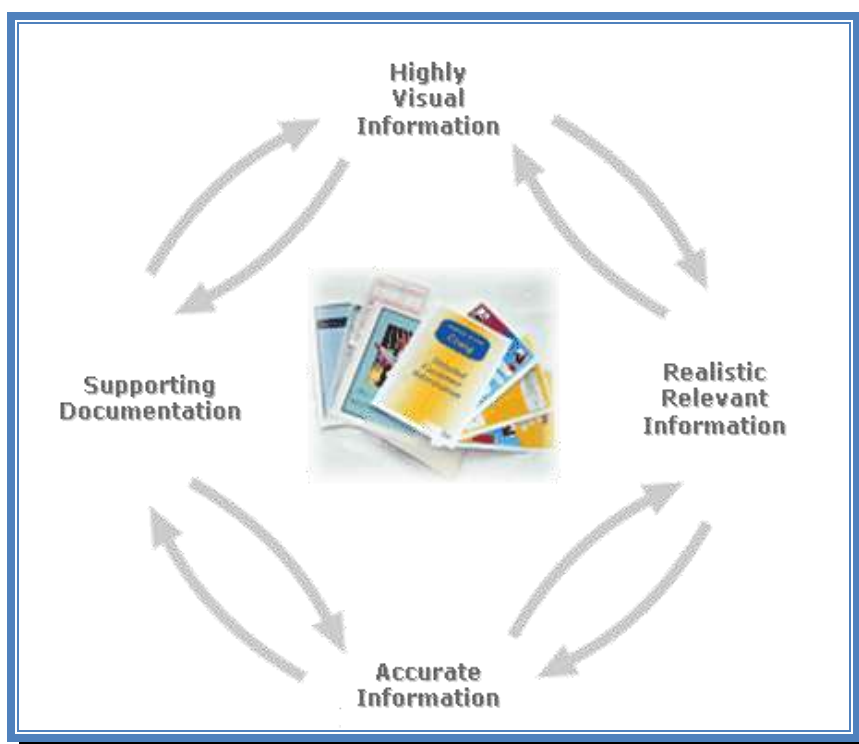
Οι ερευνητές θα πρέπει να είναι καλοί ακροατές, οι οποίοι να μπορούν να ακούσουν, αλλά και να κατανοήσουν επακριβώς τις λέξεις που χρησιμοποιούνται από όλους τους ερωτηθέντες. Ιδιαίτερο προσόν για τους ερευνητές αποτελεί και η ικανότητα να αναζητούν τις κατάλληλες ερωτήσεις και να ερμηνεύουν με ευκολία τις απαντήσεις. Οι ικανοί ερευνητές θα πρέπει να επανεξετάζουν τα έγγραφα ψάχνοντας συνεχώς για νέες απαντήσεις, αλλά και να διαβάζουν κάτω από τις των γραμμές, επιδιώκοντας να διασταυρώνουν τις απαντήσεις από διαφορετικές πηγές, όταν αυτό κρίνεται σκόπιμο. Οι ερευνητές θα πρέπει επίσης να κατανοήσουν σε βάθος το σκοπό της μελέτης καθώς και τα θέματα που διαπραγματεύεται, ενώ θα πρέπει να είναι δεκτικοί και σε αντίθετες διαπιστώσεις από τις προφανείς και αναμενόμενες.

Μετά την κατάλληλη αρχική εκπαίδευση των ερευνητών, το τελικό στάδιο της προκαταρκτικής προετοιμασίας είναι να επιλεγεί μια ενδεικτική περιοχή και να πραγματοποιηθεί μια πιλοτική δοκιμή χρησιμοποιώντας κάθε διαθέσιμη μέθοδο συλλογής δεδομένων, έτσι ώστε πιθανές προβληματικές περιοχές να μπορούν να εντοπιστούν και να διορθωθούν. Οι ερευνητές θα πρέπει να προβλέπουν σε αρχικό στάδιο τα βασικά προβλήματα που πιθανώς να προκύψουν κατά την διεξαγωγή της έρευνας, να εντοπίζουν τα πρόσωπα ή τους φορείς που έχουν ιδιαίτερη σημασία στην ολοκλήρωση της έρευνας, να προετοιμάζουν τις επιστολές που πιθανώς θα χρειαστούν για την αλληλογραφία, να θεσπίσουν κανόνες περί εμπιστευτικότητας, και να αναζητήσουν ενεργά ευκαιρίες που θα βοηθούν στην επανεξέταση, την αναθεώρηση και τον σχεδιασμό της έρευνας, προκειμένου να εμπλουτιστεί και διευρυνθεί η αρχική σειρά των ερευνητικών ερωτημάτων.



3.1.5. Συλλογή των δεδομένων στο πεδίο.

Οι ερευνητές πρέπει να συλλέγουν και να αποθηκεύουν πληροφορίες από διάφορες πηγές με ολοκληρωμένο και συστηματικό τρόπο σε μορφές που θα μπορούν ακολούθως να ταξινομούνται και να συσχετίζονται με τα πρότυπα και τις πηγές τους, έτσι ώστε τελικά να μπορούν να αποκαλύπτονται και να αναδεικνύονται οι συγκλίνουσες γραμμές της έρευνας. Οι ερευνητές παρατηρούν προσεκτικά το αντικείμενο της μελέτης για να προσδιορίσουν τους παράγοντες αιτιώδους συνάφειας που συνδέονται με το φαινόμενο που εξετάζουν. Αναδιατύπωση των σχέσεων μεταξύ των επιμέρους αντικείμενων της μελέτης, ή ακόμη και προσθήκη νέων ερωτημάτων στην έρευνα, μπορεί να κριθούν απαραίτητα καθώς η μελέτη προχωρά από στάδιο σε στάδιο. Η μέθοδος των περιπτώσεων μελέτης μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευέλικτη στην χρήση της, αλλά όλες οι αλλαγές όταν αυτές γίνονται, θα πρέπει να τεκμηριώνονται με ολοκληρωμένο και συστηματικό τρόπο.



Οι υποδειγματικές μελέτες του είδους χρησιμοποιούν αναλυτικές σημειώσεις πεδίου και βάσεις δεδομένων για την κατηγοριοποίηση όλων των στοιχείων, έτσι ώστε να είναι άμεσα διαθέσιμα για επεξεργασία στα επόμενα στάδια. Οι σημειώσεις πεδίου καταγράφουν συναισθήματα αλλά και διαισθητικές εικασίες, θέτουν



ερωτήματα και τεκμηριώνουν την εργασία που βρίσκεται σε εξέλιξη. Καταγράφουν μαρτυρίες, ιστορίες και εικόνες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεταγενέστερες αναφορές. Μπορούν επιπλέον να προειδοποιούν για ενδεχόμενη προκατάληψη του ερωτούμενου, στις περιπτώσεις επιτηδευμένης έκθεσης των απόψεών του, ή να δώσουν μια έγκαιρη ένδειξη στις περιπτώσεις εκείνες που εμφανίζεται μια σημαντική συσχέτιση των δεδομένων. Βοηθούν τέλος στο να προσδιοριστεί αν θα πρέπει να αναδιατυπωθεί εξολοκλήρου η έρευνα, ή απλά να επαναπροσδιοριστεί με βάση τα ευρήματα και τις παρατηρήσεις πεδίου. Οι σημειώσεις πεδίου θα πρέπει να διατηρούνται ξεχωριστά από τα δεδομένα που συλλέγονται και αποθηκεύονται για περαιτέρω ανάλυση.

Η διατήρηση της συσχέτισης μεταξύ του θέματος και των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται είναι πάντα επιβεβλημένη. Ο ερευνητής μπορεί βεβαίως να χρησιμοποιήσει στοιχεία από οποιαδήποτε βάση δεδομένων και φυσικά να τα αποθηκεύσει, αλλά στα έγγραφα της έρευνας τα στοιχεία αυτά θα πρέπει να ταξινομούνται συστηματικά και να γίνεται παραπομπή με αναφορά στην προέλευσής τους, έτσι ώστε αργότερα κατά τη διάρκεια της μελέτης, να μπορούν να ανακληθούν αποτελεσματικά για να ταξινομηθούν και να εξεταστούν.

3.1.6. Αξιολόγηση και ανάλυση των δεδομένων.

Ο ερευνητής εξετάζει τα ανεπεξέργαστα δεδομένα χρησιμοποιώντας πολλαπλές ερμηνείες, προκειμένου έτσι να βρεθούν οι διασυνδέσεις που υπάρχουν ανάμεσα στο αντικείμενο της έρευνας και τα αποτελέσματα, σε σχέση πάντα με τα αρχικά ερωτήματα της έρευνας. Καθ' όλη τη διαδικασία της αξιολόγησης και ανάλυσης των δεδομένων, ο ερευνητής θα πρέπει να παραμένει ανοικτός σε νέες ευκαιρίες και ιδέες που παρουσιάζονται. Η μέθοδος των περιπτώσεων μελέτης, με την χρήση πολλαπλών μεθόδων συλλογής δεδομένων και τεχνικών ανάλυσης, παρέχει στους ερευνητές την δυνατότητα της διασταύρωσης των δεδομένων, προκειμένου έτσι να ενισχύσει την αξιοπιστία των ευρημάτων και των συμπερασμάτων της έρευνας.

Οι τακτικές που χρησιμοποιούνται από τους ερευνητές κατά την διάρκεια της ανάλυσης, τους καθοδηγούν τελικά να προχωρήσουν πέρα από τις αρχικές τους αντιλήψεις και εντυπώσεις σχετικά με την έρευνα, βελτιώνοντας έτσι την πιθανότητα να εξαχθούν ακριβή και αξιόπιστα συμπεράσματα. Οι υποδειγματικές μελέτες του είδους ταξινομούν σκόπιμα τα δεδομένα με πολλούς διαφορετικούς τρόπους



προκειμένου να εκθέσουν ή να δημιουργήσουν νέες ιδέες και αντιλήψεις ενώ επιπροσθέτως αναδεικνύουν σκόπιμα και τα αντικρουόμενα δεδομένα που πιθανώς προκύπτουν, προκειμένου έτσι να αμφισβητήσουν εκ των έσω τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Οι ερευνητές κατηγοριοποιούν, συνοψίζουν και ανασυνθέτουν τα δεδομένα προκειμένου να τεκμηριωθούν οι αρχικές προτάσεις και να εκπληρωθεί ο σκοπός της μελέτης, ενώ επιπροσθέτως πραγματοποιούν όλες τις απαιτούμενες διασταυρώσεις των ευρημάτων για να διαπιστωθούν έτσι πιθανές αποκλίσεις και ασυμφωνίες στα αποτελέσματα των αναλύσεων. Εστιασμένες, σύντομες ή επαναλαμβανόμενες συνεντεύξεις μπορεί να κριθούν απαραίτητες κατά περίπτωση για να συγκεντρωθούν επιπλέον στοιχεία προκειμένου να ελεγχθεί ένα γεγονός ή να επαληθευτούν βασικές παρατηρήσεις της έρευνας.

Κατά την ανάλυση χρησιμοποιούνται συχνά ειδικές τεχνικές όπως για παράδειγμα είναι η τοποθέτηση των πληροφοριών σε σειρές, η δημιουργία μητρώων με τις διαφορετικές κατηγορίες των δεδομένων, η δημιουργία διαγραμμάτων ροής ή άλλες μορφές παρουσίασης και τέλος η σύνοψη της συχνότητας των γεγονότων. Οι ερευνητές αξιοποιούν με δημιουργικό τρόπο τα ποσοτικά δεδομένα που έχουν συγκεντρωθεί για να επιβεβαιώσουν και να στηρίξουν τα ποιοτικά δεδομένα της έρευνας, τα οποία σε τελευταία ανάλυση είναι και τα πιο χρήσιμα και σημαντικά για την τελική κατανόηση της λογικής ή των υποκείμενων σχέσεων της θεωρίας. Μια άλλη τεχνική που χρησιμοποιείται συχνά είναι η ταυτόχρονη αξιοποίηση πολλών ερευνητών για το ίδιο ακριβώς θέμα ή αντικείμενο έρευνας, αφού έτσι μας δίδεται η δυνατότητα και το πλεονέκτημα να έχουμε μια ποικιλία από διαφορετικές απόψεις και ιδέες, αναφορικά με τα ίδια πρότυπα ή δεδομένα. Όταν όλες οι υπάρχουσες απόψεις και παρατηρήσεις συγκλίνουν στα ίδια ακριβώς συμπεράσματα, αυξάνεται προφανώς η αξιοπιστία της έρευνας, ενώ αντίθετα πιθανές αντικρουόμενες αντιλήψεις σχετικά με κάποια πτυχή της έρευνας καθοδηγούν τους ερευνητές να εστιάσουν ή να εξετάσουν πιο βαθιά το συγκεκριμένο ζήτημα.

Μια άλλη τεχνική που χρησιμοποιείται συχνά είναι και η διεξοδική αναζήτηση των κοινών στοιχείων και χαρακτηριστικών όλων των επιμέρους περιπτώσεων που εξετάζονται στην μελέτη, η οποία προφυλάσσει τους ερευνητές από την εξαγωγή πρόωγων συμπερασμάτων, απαιτώντας από αυτούς να εξετάσουν διεξοδικά τα δεδομένα με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Η συγκεκριμένη τεχνική απαιτεί τον διαχωρισμό των δεδομένων σύμφωνα με τον τύπο τους και ακολούθως την ενδελεχή



τους εξέταση, σε όλες ανεξαιρέτως τις περιπτώσεις της έρευνας. Όταν μια διαπίστωση που προκύπτει από έναν τύπο δεδομένων ενισχύεται από τα αποδεικτικά στοιχεία ενός άλλου διαφορετικού τύπου δεδομένων, τότε η διαπίστωση αυτή είναι ισχυρότερη. Όταν οι αποδείξεις που προκύπτουν από την εξέταση διαφορετικών τύπων δεδομένων οδηγούν σε αντιφάσεις, τότε απαιτείται σχολαστικότερη διερεύνηση προκειμένου να προσδιοριστούν οι αιτίες ή οι πηγές αυτών των αντιφάσεων. Σε όλες τις περιπτώσεις ο ερευνητής θα πρέπει να σταθμίζει με επάρκεια τα αποδεικτικά στοιχεία που διαθέτει, έτσι ώστε τελικά να οδηγηθεί σε αναλυτικά συμπεράσματα που θα απαντούν ικανοποιητικά στα αρχικά ερωτήματα της έρευνας.

3.1.7. Προετοιμασία της έκθεσης

Οι υποδειγματικές μελέτες του είδους παρουσιάζουν τα δεδομένα με τέτοιο τρόπο που ένα περίπλοκο θέμα να μετατρέπεται σε ένα απλούστερο ευκολότερα αντιληπτό και κατανοητό από τον αναγνώστη, επιτρέποντας του έτσι να εξετάσει και να κριτικάρει τη μελέτη, για να καταλήξει τελικά σε μια συμφωνία που να είναι ανεξάρτητη από την ταυτότητα του ερευνητή. Ο στόχος της γραπτής έκθεσης είναι να περιγράψει ένα σύνθετο πρόβλημα με τρόπο που να μεταφέρει στον αναγνώστη μια αντιπροσωπευτική αλλά πλήρη αντίληψη για το ζήτημα που εξετάζεται. Οι μελέτες περιπτώσεων παρουσιάζουν τα δεδομένα με ιδιαίτερα προσιτούς και κατανοητούς από τους αναγνώστες τρόπους, οδηγώντας τους έτσι να μπορούν να εφαρμόσουν τις εμπειρίες που αποκόμισαν από την μελέτη και σε άλλες δικές τους αντίστοιχες πραγματικές καταστάσεις. Οι ερευνητές θα πρέπει να αποδίδουν ιδιαίτερη προσοχή στην παρουσίαση επαρκών αποδεικτικών στοιχείων προκειμένου να πείσουν τους αναγνώστες τους ότι έχουν διερευνηθεί όλες οι δυνατές πτυχές του ζητήματος που εξετάζεται, αποδίδοντας έτσι με σαφήνεια τα όρια της έρευνας που διεξάγεται και αντικρούοντας τέλος με επάρκεια τις διαφορετικές σχετικές με το εξεταζόμενο ζήτημα απόψεις που κατά καιρούς πιθανών έχουν διατυπωθεί.

Στις τεχνικές για τη σύνθεση της έκθεσης μπορεί να περιλαμβάνονται από την μια ο χειρισμός κάθε περίπτωσης της μελέτης ως ένα ξεχωριστό κεφάλαιο και από την άλλη η αντιμετώπιση όλων των περιπτώσεων της μελέτης ως μια ενιαία δομή στην οποία χρησιμοποιείται κοινή χρονολογική αφήγηση. Κατά την προετοιμασία της έκθεσης οι ερευνητές θα πρέπει να εξετάζουν με κριτικό πνεύμα το σύνολο του έγγραφου και να αναζητούν τρόπους για να εξασφαλίσουν από κάθε δυνατή άποψη



την πληρότητά του. Οι ερευνητές θα πρέπει να χρησιμοποιούν αντιπροσωπευτικές ομάδες ή χαρακτηριστικά μέλη του κοινού στο οποίο απευθύνονται, προκειμένου να σχολιάσουν το σχέδιο του εγγράφου και να βοηθήσουν αν αυτό απαιτείται, στην διόρθωση, τη βελτίωση ή ακόμη και την αναθεώρηση του. Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές, ο ερευνητής κάνει επανεγγραφές, βελτιώσεις και αναθεωρήσεις στο αρχικό κείμενο της μελέτης μέχρι την τελική του ολοκλήρωσή.

3.1.8. Συμπέρασμα για τις μελέτες περιπτώσεων.

Οι μελέτες περιπτώσεων είναι πολύπλοκες επειδή συνήθως περιλαμβάνουν πολλαπλές πηγές δεδομένων, μπορεί να περιλαμβάνουν πολλαπλές ξεχωριστές περιπτώσεις μέσα στην ίδια ενιαία μελέτη, και τέλος παράγουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων για ανάλυση. Ερευνητές από πολλούς επιστημονικούς κλάδους χρησιμοποιούν συχνά αυτή την μεθοδολογία μελέτης για την περαιτέρω ανάπτυξη υφιστάμενων υποθέσεων και θεωριών, για να διατυπώσουν νέες θεωρίες, να αμφισβητήσουν μια υπάρχουσα θεωρία, για να εξηγήσουν συγκεκριμένες καταστάσεις, να παρέχουν μια βάση για την εφαρμογή λύσεων σε άλλες δεδομένες καταστάσεις, και τέλος να διερευνήσουν ή να περιγράψουν ένα αντικείμενο ή φαινόμενο. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι η δυνατότητα εφαρμογής της με εύκολο τρόπο σε καταστάσεις και συνθήκες της πραγματικής ζωής, καθώς και η ευκολία πρόσβασης που παρουσιάζει για το ευρύ κοινό, μέσω των γραπτών εκθέσεων που περιλαμβάνει. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις περιπτώσιολογικές μελέτες σχετίζονται συνήθως άμεσα με την καθημερινή εμπειρία του κοινού αναγνώστη και για αυτό τον λόγο διευκολύνουν την κατανόηση των πολύπλοκων καταστάσεων της πραγματικής ζωής.



3.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.

Σε αυτό το κεφάλαιο προτείνεται η εφαρμογή της κλασικής μεθοδολογίας των περιπτώσεων μελέτης (case studies) που παρουσιάστηκε αναλυτικά παραπάνω, προκειμένου να εκτιμηθεί η επιρροή της αρχιτεκτονικής διάταξης της κάτοψης των κτιρίων στην ενεργειακή τους συμπεριφορά. Επιπροσθέτως εφαρμόζεται μια διαδικασία ανάλυσης ευαισθησίας προκειμένου με αυτόν τον τρόπο να διερευνηθεί η επίδραση στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων επί μέρους ενδογενών χαρακτηριστικών του κελύφους (envelope features) και η συσχέτισή τους με μια σειρά από διαφορετικές παραμέτρους των δεδομένων της ανάλυσης.

3.2.1. Ανάλυση Ευαισθησίας Ενδογενών χαρακτηριστικών κελύφους.

Τα ενδογενή χαρακτηριστικά του κελύφους (envelope features) που έχουν επιλεγεί να διερευνηθούν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, ενσωματώνονται σε 3 διαφορετικά μοντέλα στα οποία και αναλύονται οι παράμετροι εισαγωγής δεδομένων (Input Parameters). Με τον τρόπο αυτό η προσομοίωση των παραμέτρων καθώς και η επίλυση των μοντέλων αποτελεί ουσιαστικά μια διαδικασία βελτιστοποίησης, στην οποία λαμβάνονται υπόψη ταυτόχρονα πολλές μεταβλητές.

Η ανάλυση ευαισθησίας μας επιτρέπει να διαπιστώσουμε ποια από τις μεταβλητές που κάθε φορά εξετάζονται έχει περισσότερο αποφασιστική σημασία σε σχέση με τις άλλες παραμέτρους (Παράμετρος Υψηλής Ευαισθησίας), οδηγώντας μας έτσι με αυτόν τον τρόπο στην βέλτιστη επιλογή των διαδικασιών εξοικονόμησης ενέργειας που πρέπει να ακολουθηθούν τόσο από τεχνική, όσο και από οικονομική σκοπιά.

Ο προτεινόμενος δείκτης (Thermal Deviation Index) είναι ουσιαστικά η αντικειμενική συνάρτηση που αντιστοιχεί στο χρησιμοποιούμενο θερμικό μοντέλο και το οποίο στην περίπτωση μας είναι το Πρόγραμμα TEE KEvAK. Αποτελεί μια συνάρτηση που το αποτέλεσμα της επηρεάζεται από πολλές μεταβλητές X_n , όπως είναι για παράδειγμα το κτιριακό κέλυφος, η συμπεριφορά των χρηστών του κτιρίου, η ένταση των κλιματικών παραμέτρων, οι ρυθμοί εξαερισμού του κτιρίου καθώς και το είδος των καυσίμων που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας.

Τα αποτελέσματα που τελικά προκύπτουν από την χρήση της παραπάνω αντικειμενικής συνάρτησης με την εφαρμογή κάθε φορά της εξεταζόμενης παραμέτρου εισαγωγής δεδομένων, αποτελούν τις παραμέτρους αποτελεσμάτων



(Output Parameters) που χρησιμοποιούνται τελικά για τον καθορισμό του Συντελεστή Ευαισθησίας (Sensitivity Coefficient) της συγκεκριμένης Παραμέτρου.

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης το ενδιαφέρον επικεντρώνεται όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, κυρίως στα στοιχεία και τις παραμέτρους που αφορούν το κτιριακό κέλυφος. Οι παράμετροι αυτές δεν μπορούν να μελετηθούν σε συνάρτηση με τα ενδογενή χαρακτηριστικά του σύμφωνα με την προγενέστερη διαδικασία διερεύνησης, δεδομένου ότι η ανάλυση στοιχειώδους επιρροής εξετάζει κάθε φορά ένα μόνο μοντέλο, αφού η μεταβολή των παραμέτρων μελέτης σε διαφορετικά μοντέλα επηρεάζει τα στοιχεία του Κτιρίου Αναφοράς, το οποίο και χρησιμοποιείται σαν βάση σύγκρισης και κατάταξης από τον Ελληνικό Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης.

$$TDI_b = f(x_1; x_2; \dots; x_n) = f(U_W; U_D; U_F; \dots; C) \quad (10)$$

Όπου:

ΑΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ	ΜΟΝΑΔΕΣ
α	U_W	Θερμοπερατότητα τοιχοποιίας	W/m ² .K
β	U_D	Θερμοπερατότητα οροφής	W/m ² .K
γ	U_F	Θερμοπερατότητα κουφώματος	W/m ² .K
δ	C	Θερμοχωρητικότητα	J(kg.K)

Οι μεταβλητές που επιλέγονται συνιστούν τις Παραμέτρους Εισαγωγής (Input Parameters) της μελέτης ανάλυσης ευαισθησίας.

Η στοιχειώδης μεταβολή (διαφορικό) της αντικειμενικής συνάρτησης TDI_b υπολογίζεται ως ακολούθως :

$$dTDI_b = \frac{\partial TDI_b}{\partial U_W} dU_W + \frac{\partial TDI_b}{\partial U_D} dU_D + \frac{\partial TDI_b}{\partial U_F} dU_F + \dots + \frac{\partial TDI_b}{\partial C} dC \quad (11)$$



Η βαθμίδα (Gradient) της αντικειμενικής συνάρτησης TDI_b για την πρώτη παράμετρο που εξετάζεται υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$\frac{dT DI_b}{dU_W} = \frac{\partial T DI_b}{\partial U_W} + \frac{\partial T DI_b}{\partial U_D} \cdot \frac{dU_D}{dU_W} + \frac{\partial T DI_b}{\partial U_F} \cdot \frac{dU_F}{dU_W} + \dots + \frac{\partial T DI_b}{\partial C} \cdot \frac{dC}{dU_W} \quad (12)$$

Θεωρώντας ότι κάθε μια από της εξεταζόμενες παραμέτρους είναι ανεξάρτητη από τις άλλες τότε:

$$\frac{dU_D}{dU_W} = \frac{dU_F}{dU_W} = \dots = \frac{dC}{dU_W} = 0 \quad (13)$$

Και τότε:

$$\frac{dT DI_b}{dU_W} = \frac{\partial T DI_b}{\partial U_W}; \frac{dT DI_b}{dU_D} = \frac{\partial T DI_b}{\partial U_D}; \frac{dT DI_b}{dU_F} = \frac{\partial T DI_b}{\partial U_F}; \frac{dT DI_b}{dC} = \frac{\partial T DI_b}{\partial C} \quad (14)$$

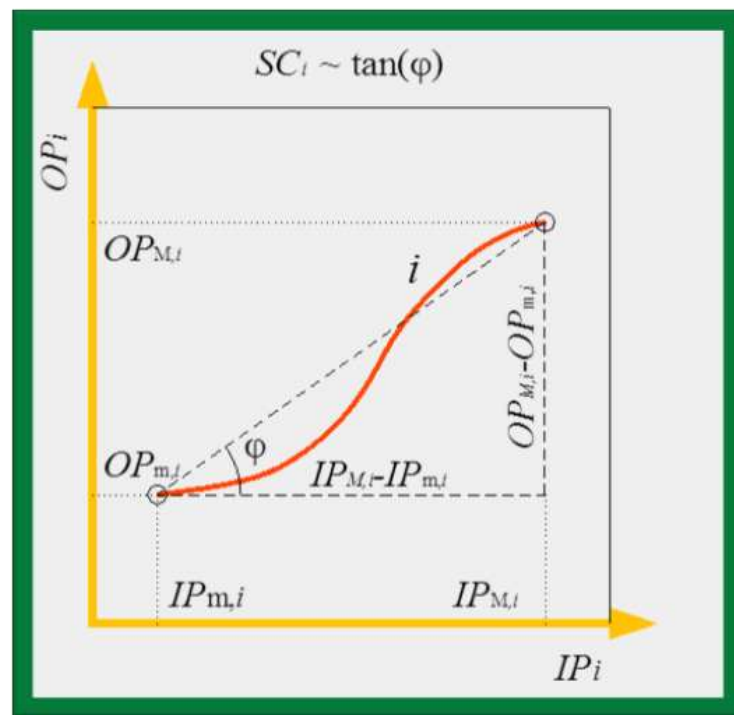
Εφαρμόζουμε ανάλυση ευαισθησίας στα πλαίσια της παρούσας μελέτης έτσι ώστε να μπορέσουμε να βελτιστοποιήσουμε τα αποτελέσματα της αντικειμενικής συνάρτησης σε σχέση με την εξεταζόμενη κάθε φορά παράμετρο σχεδιασμού.

Τα όρια της διαφοροποίησης των εξεταζομένων παραμέτρων βασίζονται τόσο στις τυπικές τιμές που αυτές λαμβάνουν κατά την κατασκευή των ελληνικών κτιρίων, όσο και στα ακραία όρια που αντιστοιχούν στην εμπορική διαθεσιμότητα των επιμέρους υλικών που ενσωματώνονται στην κατασκευή.

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται οι παράμετροι εισαγωγής δεδομένων (IP) που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη καθώς και τα όρια διακύμανσης αυτών.

Πίνακας 1: Παράμετροι Δεδομένων Ανάλυσης και Όρια Διακύμανσης τους.

Παράμετροι μελέτης	Όρια διακύμανσης Ιδιοτήτων			
	Πολύ Χαμηλή	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή
Θερμοπερατότητα τοιχοποιίας.	0,30	0,50	1,50	3,00
Θερμοπερατότητα οροφής	0,20	0.45	1.80	3.20
Θερμοπερατότητα υαλοστασίων	0,55	1,10	3,00	5,20
Θερμοχωρητικότητα κατασκευής	40	110	250	370



Σχήμα 1: Καθορισμός; Συντελεστή Ευαισθησίας

Ο συντελεστής ευαισθησίας SC_i (Sensitivity Coefficient), ο οποίος εκφράζει την επιρροή της κάθε εξεταζόμενης παραμέτρου IP_i , υπολογίζεται θεωρώντας ως βάση την μέγιστη κάθε φορά ευρισκόμενη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης $OP_{M,i}$:

$$SC_i = \frac{\frac{OP_{M,i} - OP_{m,i}}{OP_{M,i}}}{\frac{IP_{M,i} - IP_{m,i}}{IP_{M,i}}} \quad (15)$$

Όπου $OP_{M,i}$ και $OP_{m,i}$ είναι οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης για κάθε μια από τις παραμέτρους σχεδιασμού IP_i . Τα $IP_{M,i}$ και $IP_{m,i}$ αντίστοιχα αποτελούν τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές της κάθε φορά εξεταζόμενης παραμέτρου σχεδιασμού IP_i .

Ο συντελεστής Ευαισθησίας δηλαδή όπως ορίζεται στο σημείο αυτό, είναι ένας αδιαστατοποιημένος ως προς τα απόλυτα μεγέθη των παραμέτρων εισαγωγής των δεδομένων και των αντίστοιχων αποτελεσμάτων τους συντελεστής, ανάλογος της μέσης κλίσης ϕ της αντικειμενικής συνάρτησης, του οποίου τόσο ο αριθμητής όσο και ο παρονομαστής ευρίσκονται πάντα στο διάστημα $[0-1]$.



3.2.2. Περιγραφή μοντέλων κτιρίων μελέτης.

Τα τρία μοντέλα κτιρίων κατοικιών που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, διαφοροποιούνται μεταξύ τους ως προς την μορφή της κάτοψης, την σχετική θέση των υαλοστασίων τους καθώς και τον βασικό τους προσανατολισμό. Όπως περιγράφεται αναλυτικά στον **πίνακα 2** και στο **σχήμα 1** τα τρία κτίρια έχουν την ίδια ακριβώς επιφάνεια κάτοψης, την ίδια συνολική επιφάνεια υαλοστασίων, καθώς και τα ίδια επίπεδα θερμικής μόνωσης, θερμοχωρητικότητας και επιφανειακών ιδιοτήτων σε όλα ανεξαιρέτως τα στοιχεία του κελύφους τους.

Το Πρώτο μοντέλο κτιρίου (Θερινό) έχει σχεδιαστεί προκειμένου να βελτιστοποιήσει τα επίπεδα θερμικής άνεσης κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, τοποθετώντας την ζώνη των χώρων ύπνου σε τέτοια θέση που να προστατεύουν τους χώρους διημέρευσης από την ηλιακή ακτινοβολία και την υπερθέρμανση. Η νότια όψη επιτρέπει την μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, λόγω της χαμηλής τροχιάς του ήλιου κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου, καθώς επίσης και την ελαχιστοποίηση της υπερθέρμανσης του κελύφους από την σχεδόν κάθετη ηλιακή ακτινοβολία κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου. Επιπροσθέτως, οι χώροι των υπνοδωματίων εξαιτίας κυρίως του ανατολικού τους προσανατολισμού, απολαμβάνουν ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα φυσικού φωτισμού κατά την διάρκεια του πρωινού, ενώ αντίθετα προστατεύονται από την υπερθέρμανση κατά την υπόλοιπη διάρκεια της ημέρας.

Το Δεύτερο μοντέλο κτιρίου (Χειμερινό) έχει σχεδιαστεί με τρόπο που να βελτιστοποιεί την θερμική συμπεριφορά κατά την διάρκεια του χειμώνα, αφού μεγιστοποιεί την συμβολή των διαφανών δομικών στοιχείων στα συνολικά θερμικά ηλιακά κέρδη, εξαιτίας κυρίως του νότιου προσανατολισμού τους, (Παθητικά Ηλιακά Συστήματα), φροντίζοντας όμως ταυτόχρονα και για την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών με την απλοποίηση κατά το δυνατόν της αρχιτεκτονικής μορφής και συνακόλουθα για την μείωση της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας του κελύφους του κτιρίου.

Το Τρίτο μοντέλο κτιρίου (Τυχαίο) αποτελεί ένα τυπικό δείγμα κτιρίου διώροφης κατοικίας στο οποίο οι χώροι διημέρευσης τοποθετούνται στο ισόγειο ενώ αντίστοιχα οι χώροι των υπνοδωματίων τοποθετούνται στον όροφο. Το μοντέλο αυτό έχει σχεδιαστεί χωρίς να δοθεί ιδιαίτερη μέριμνα στην επίδραση των κλιματικών συνθηκών στα επίπεδα της εσωτερικής άνεσης του κτιρίου. Αντίθετα έγιναν



προσπάθειες προκειμένου να επιτευχθεί κατά το δυνατόν δυσμενής ενεργειακή συμπεριφορά, τόσο με τον σχηματισμό μικρότερης σχετικά νότιας και βόρειας όψης σε σχέση με την ανατολική και δυτική, όσο και με την τοποθέτηση του μεγαλύτερου μέρους των ανοιγμάτων στην δυτική και του μικρότερου στην νότια όψη του κτιρίου.

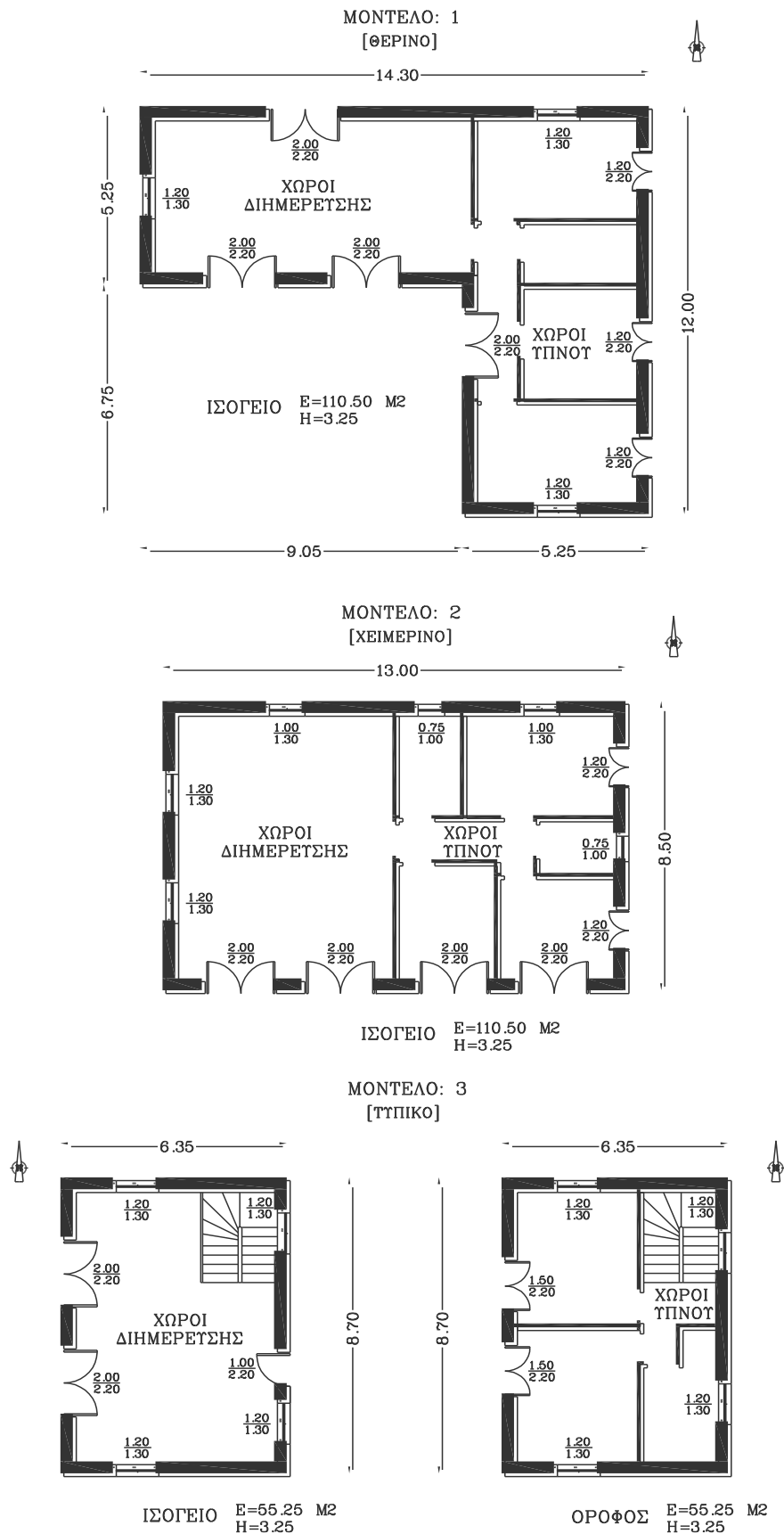
Και τα τρία παραπάνω μοντέλα που χρησιμοποιούνται χαρακτηρίζονται από κοινό συντελεστή εσωτερικών θερμικών κερδών 4 W/m^2 καθώς και από κοινό σταθερό συντελεστή φυσικού αερισμού 0.3 vol/h , ενώ η επίλυση τους γίνεται και για τις τέσσερις διαφορετικές Τυπικές Ελληνικές Κλιματικές Ζώνες [Α-Β-Γ-Δ] χρησιμοποιώντας αντίστοιχα τα κλιματικά δεδομένα των Χανίων, της Αττικής, της Θεσσαλονίκης και της Φλώρινας

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Βασικά Χαρακτηριστικά Μοντέλων Μελέτης

Χαρακτηριστικά Μοντέλου	Τύπος Μοντέλου		
	1 ^ο Μοντέλο: Θερινό	2 ^ο Μοντέλο: Χειμερινό	3 ^ο Μοντέλο: Τυχαίο
Συνολική Επιφάνεια Κάτοψης	110,50	110,50	110,50
Επιφάνεια Εξωτερικών τοίχων	170,95	139,75	195,65
Επιφάνεια Κουφωμάτων	30,10	30,10	30,10
E/V	1,10	1,00	0,85
Ποσοστό Κουφωμάτων %	17,50 (~1/6)	21,50 (~1/5)	15,50 (~1/7)



ΣΧΗΜΑ 1: Γραμμικά Σχέδια Μοντέλων





ΣΧΗΜΑ 2: Μοντέλα Μελέτης: 3D Αναπαραστάσεις



Μοντέλο 1: ΘΕΡΙΝΟ



Μοντέλο 2: ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ



Μοντέλο 3: ΤΥΠΙΚΟ



3.2.3. Σχολιασμός της εφαρμογής των περιπτώσεων Μελέτης.

Σε αυτή την παράγραφο εφαρμόζεται η προτεινόμενη μεθοδολογία στα τρία μοντέλα που επιλέχθηκαν, προκειμένου έτσι να διερευνηθεί τόσο η αλληλεπίδραση της αρχιτεκτονικής τους μορφής με τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής, όσο και η ευαισθησία τους στις διακυμάνσεις των εξεταζόμενων ενδογενών παραμέτρων του κτιριακού κελύφους. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν εκφράζονται με τον δείκτη που υιοθετήθηκε στην παραπάνω ανάλυση και μπορούν εύκολα να συγκριθούν με άλλους, κοινά αποδεκτούς ποιοτικούς θερμικούς δείκτες της βιβλιογραφίας.

Αλληλεπίδραση κλίματος και Αρχιτεκτονικής Μορφής.

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί αναλυτικά από της εξέταση των διαγραμμάτων που παρατίθενται, η αρχιτεκτονική μορφή των κτιρίων έχει ιδιαίτερα σημαντική επίδραση στην ενέργεια που τελικά καταναλώνεται κατά την λειτουργία τους. Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να βοηθήσει στην επιλογή της καταλληλότερης κάθε φορά μορφής κτιρίου από ενεργειακή άποψη, ανάλογα με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες.

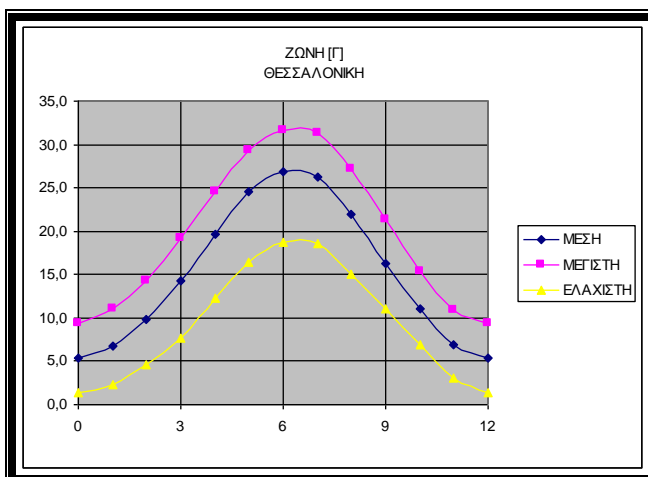
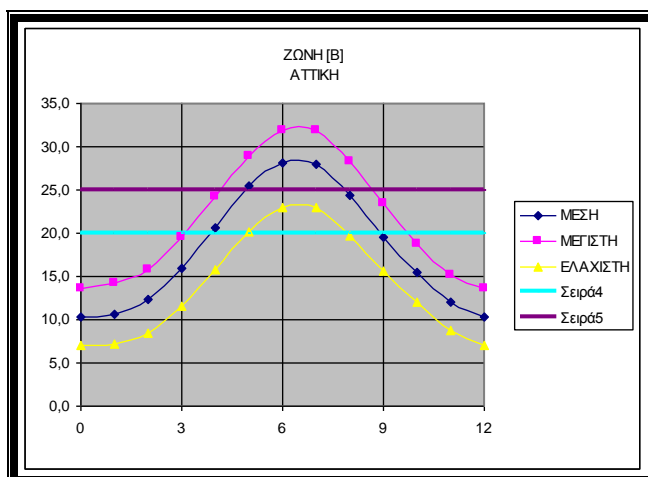
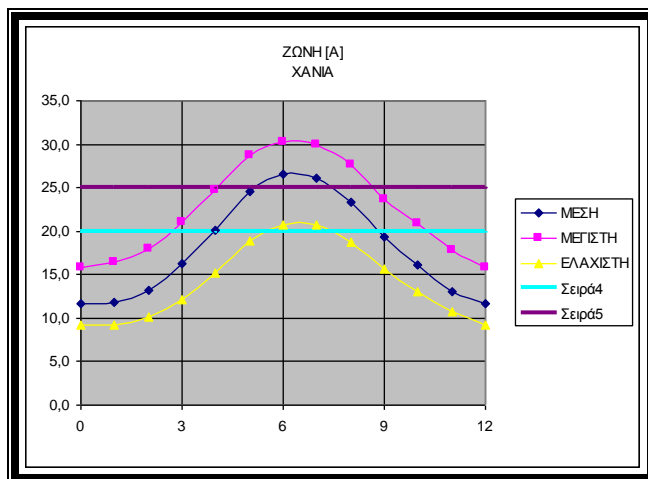
Μπορεί να διαπιστωθεί ότι η επίδραση της αρχιτεκτονικής σύνθεσης στην θερμική συμπεριφορά του κτιρίου είναι σημαντικότερη κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, όταν οι κλιματικές συνθήκες είναι πολύ περισσότερο ήπιες από ότι τον χειμώνα και για τις τέσσερις πόλεις που επιλέχθηκαν και που αντιστοιχούν στις τέσσερις Ελληνικές κλιματικές ζώνες. Κατά την διάρκεια του τυπικού Ελληνικού καλοκαιριού τα συστήματα σκίασης, ο σωστός προσανατολισμός του κτιρίου σε σχέση με τον ορίζοντα και γενικά οι παθητικές τεχνικές δροσισμού είναι πολύ περισσότερο αποδοτικές, προκειμένου να επιτύχουμε εσωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης. Στην περίπτωση αυτή συνιστάται γενικά η χρήση του πρώτου μοντέλου κτιρίου, το οποίο έχει μορφή κάτοψης σε σχήμα L.

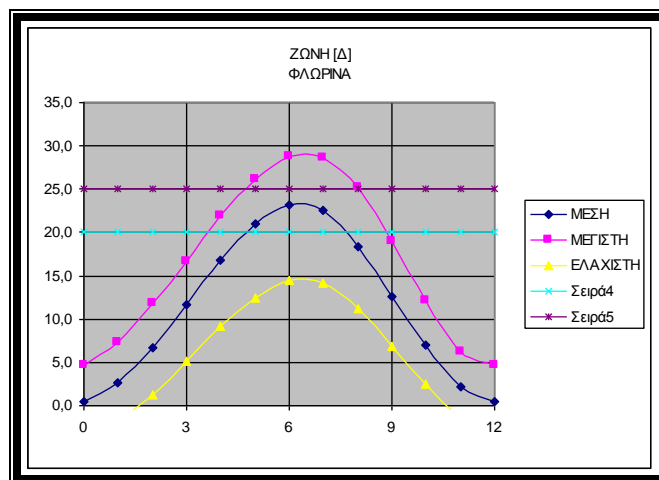
Αντιθέτως όταν κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου επικρατούν δριμείς καιρικές συνθήκες και απαιτείται στις περισσότερες περιπτώσεις, η ενεργοποίηση των συστημάτων θέρμανσης προκειμένου να επιτευχθούν και να διατηρηθούν συνθήκες αποδεκτής θερμικής άνεσης. Για τον λόγο αυτό συνιστάται γενικά στην περίπτωση αυτή η χρήση του δεύτερου μοντέλου κτιρίου, το οποίο έχει ορθογώνια μορφή με την αναλογία των πλευρών του να πλησιάζει την μονάδα, και που συντείνει στην μείωση των συνολικών θερμικών απωλειών του κτιριακού κελύφους.



Διαγράμματα 1:

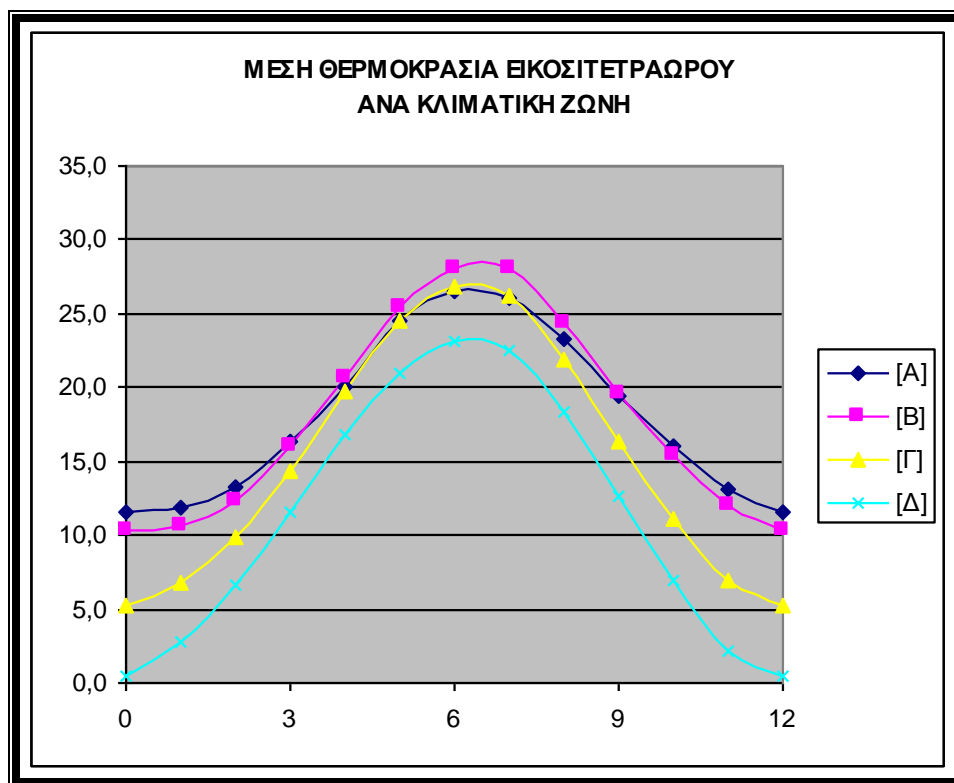
Μέσες, μέγιστες και ελάχιστες Θερμοκρασίες εικοσιτετραώρου ανά Κλιματική Ζώνη
σαν δείκτες της δριμύτητας του καιρού στις τέσσερις περιοχές μελέτης.





Διαγράμματα 2:

Μέσες Μηνιαίες Θερμοκρασίες εικοσιτετραώρου ανά Κλιματική Ζώνη σαν δείκτες της δριμύτητας του καιρού.



Κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου το δεύτερο μοντέλο βελτιστοποιεί γενικά την θερμική συμπεριφορά και ιδιαίτερα στις περιοχές εκείνες που χαρακτηρίζονται από δριμείς καιρικές συνθήκες. Αντίθετα όταν οι συνθήκες που



επικρατούν κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου είναι ηπιότερες, παρατηρείται μικρή σχετικά διαφοροποίηση μεταξύ των τριών διαφορετικών αρχιτεκτονικών συνθέσεων που χρησιμοποιήθηκαν.

Γενικά στις ψυχρότερες περιοχές η επίδραση της μορφής του κτιρίου είναι λιγότερο σημαντική από ότι στις περιοχές με ηπιότερο κλίμα, όπου η χειρότερη μορφή κτιρίου είναι η τυπική μορφή που χρησιμοποιείται στο τρίτο μοντέλο. Αντίθετα στις περιοχές εκείνες που το κλίμα είναι περισσότερο ήπιο, είναι γενικά πιο πρόσφορη η χρήση παθητικών τεχνικών προκειμένου να επιτευχθούν συνθήκες θερμικής άνεσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις η τυπική μορφή κτιρίου του τρίτου μοντέλου παρουσιάζει γενικά ιδιαίτερα αποδεκτή θερμική συμπεριφορά.

Ευαισθησία ενδογενών χαρακτηριστικών κτιριακού κελύφους.

Το τελευταίο στάδιο στην χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία είναι να εκτιμήσει την ευαισθησία σημαντικών ενδογενών χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους. Στα αποτελέσματα τόσο των θερμικών όσο και των ψυκτικών αναγκών των μοντέλων της παρούσας μελέτης φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντικές οι ενδογενείς ιδιότητες των κουφωμάτων, όπως είναι για παράδειγμα το ποσοστό των υαλοστασίων σε κάθε επιφάνεια προσανατολισμού.

Οι συντελεστές σκίασης καθώς και ο συντελεστής ηλιακών κερδών των υαλοστασίων δείχνουν να έχουν ιδιαίτερα σημαντική επίδραση στα αποτελέσματα των καταναλώσεων ενέργειας, με την συμπεριφορά τους να είναι σχεδόν γραμμική κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Οι διακυμάνσεις των αποτελεσμάτων των καταναλώσεων που αφορούν τους συντελεστές διαπερατότητας του κελύφους τόσο κατά την διάρκεια του χειμώνα όσο και κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, μας επιτρέπουν να επιλέξουμε την βέλτιστη τιμή τους για κάθε μια από τις θεωρούμενες κλιματικές ζώνες. Η συσχέτιση των βασικών αποτελεσμάτων θα μπορούσε πιθανώς να διευκολύνει τόσο την διαδικασία σχεδιασμού όσο και πιθανές αναλύσεις κόστους οφέλους για την επιλογή των βέλτιστων συνδυασμών των παραμέτρων.



3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Τ.Ε.Ε Κ.Εν.Α.Κ.

3.3.1 Αναλυτικά αποτελέσματα ανά εξεταζόμενη παράμετρο.

ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Α]

Παράμετρος: 1 Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας

Θερμοπερατότητα τοιχοποιίας U (W/m ² .oC)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (Wh/m ²)	Ψύξη (Wh/m ²)	Z.N.X (Wh/m ²)	Σύνολο (Wh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (kWh/m ²)	Εκπομπές (kg/m ²)
0,30	26,4	31,6	26,1	84,1	0,50	0,10	0,90	0,98	43,9	26
0,60	35,3	31,8	26,1	93,2	1,00	0,20	1,00	1,12	52	28,3
1,80	75,7	33	26,1	134,8	3,00	0,60	1,45	1,23	89,2	38,3
3,00	120,3	34,3	26,1	180,7	5,00	1,00	1,94	1,94	130,2	49,5

Στατιστική επεξεργασία πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,108
Τυπική απόκλιση	0,128
Διακύμανση	0,016

ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Α]

Παράμετρος: 2 Θερμοπερατότητα οροφής

Θερμοπερατότητα οροφής U (W/m ² .oC)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (Wh/m ²)	Ψύξη (Wh/m ²)	Z.N.X (Wh/m ²)	Σύνολο (Wh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (kWh/m ²)	Εκπομπές (kg/m ²)
0,20	28,4	31	26,1	85,5	0,40	0,06	0,92	0,88	45,5	26,3
0,50	35,3	31,8	26,1	93,2	1,00	0,16	1,00	0,97	52	28,3
1,80	68,4	35,5	26,1	130	3,60	0,56	1,39	1,05	83,4	37,4
3,20	107,3	39,5	26,1	172,9	6,40	1,00	1,86		120,2	48,1

Στατιστική επεξεργασία πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,968
Τυπική απόκλιση	0,085
Διακύμανση	0,007

ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Α]

Παράμετρος: 3 Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

Θερμοπερατότητα υαλοστασίων U (W/m ² .oC)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (Wh/m ²)	Ψύξη (Wh/m ²)	Z.N.X (Wh/m ²)	Σύνολο (Wh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (kWh/m ²)	Εκπομπές (kg/m ²)
0,55	13,9	32,7	26,1	72,7	0,17	0,11	0,78	0,38	32,9	23,4
1,10	17,8	32,5	26,1	76,4	0,34	0,21	0,82	0,45	36,1	24,3
3,20	35,3	31,8	26,1	93,2	1,00	0,62	1,00	0,53	52	28,3
5,20	54,8	31,3	26,1	112,2	1,63	1,00	1,20		69,6	32,7

Στατιστική επεξεργασία πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,451
Τυπική απόκλιση	0,077
Διακύμανση	0,006



ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Α]

Παράμετρος: 4 Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

Θερμοχωρητικότητα (2K)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (m2)	Ψύξη (m2)	Z.N.X (m2)	Σύνολο (m2)	U/Uo	U/Umin	E/Eo	Κλίση	Κατανάλωση (m2)	Εκπομπές (g/m2)
40	55,1	32,5	26,1	113,7	0,16	0,11	1,22	-0,50	70,3	33,2
110	46,5	32,2	26,1	104,8	0,44	0,30	1,12	-0,33	62,4	31
250	35,3	31,8	26,1	93,2	1,00	0,68	1,00	-0,21	52	28,3
370	29,2	31,7	26,1	87	1,48	1,00	0,93		46,5	26,7

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,35
Τυπική απόκλιση	0,151
Διακύμανση	0,023

< 0,10

ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Β]

Παράμετρος: 1 Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας

Θερμοπερατότητα (oC)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (m2)	Ψύξη (m2)	Z.N.X (m2)	Σύνολο (m2)	U/Uo	U/Umax	E/Eo	Κλίση	Κατανάλωση (m2)	Εκπομπές (g/m2)
0,20	27,2	37,6	27,9	92,7	0,40	0,07	0,89	1,10	47,3	28,9
0,50	37,9	38,3	27,9	104,1	1,00	0,17	1,00	1,26	57,3	31,6
1,75	89,7	41,3	27,9	158,9	3,50	0,58	1,53	1,40	105,5	45,2
3,00	147,1	44,5	27,9	219,5	6,00	1,00	2,11		145,7	56,4

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,252
Τυπική απόκλιση	0,151
Διακύμανση	0,023

< 0,10

ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Β]

Παράμετρος: 2 Θερμοπερατότητα οροφής

Θερμοπερατότητα (oC)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (m2)	Ψύξη (m2)	Z.N.X (m2)	Σύνολο (m2)	U/Uo	U/Umax	E/Eo	Κλίση	Κατανάλωση (m2)	Εκπομπές (g/m2)
0,20	30,9	37,3	27,9	96,1	0,44	0,06	0,92	0,98	50,6	29,7
0,45	37,9	38,3	27,9	104,1	1,00	0,14	1,00	1,09	57,3	31,6
1,80	80,5	43,7	27,9	152,1	4,00	0,56	1,46	1,19	97,9	43,7
3,20	128,9	49,4	27,9	206,2	7,11	1,00	1,98		143,9	57,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,088
Τυπική απόκλιση	0,102
Διακύμανση	0,010

< 0,10



ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [B]

Παράμετρος: 3 Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

Θερμοπερ/ Υαλοστασίων (/m ² ·°C)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (m ²)	Ψύξη (m ²)	Z.N.X (m ²)	Σύνολο (m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀		Κατανάλωση (m ²)	Εκπομπές (g/m ²)
0,55	14,2	38,1	27,9	80,2	0,18	0,11	0,77	0,42	35,7	26
1,10	18,8	38,2	27,9	84,9	0,37	0,21	0,82	0,50	39,8	27,1
3,00	37,9	38,3	27,9	104,1	1,00	0,58	1,00	0,60	57,3	31,6
5,15	63,6	38,6	27,9	130,1	1,72	1,00	1,25		80,8	37,9

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,507
Τυπική απόκλιση	0,088
Διακύμανση	0,008

< 0,10

ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [B]

Παράμετρος: 4 Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

Θερμοχωρ/ κατί/ης (°K)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (m ²)	Ψύξη (m ²)	Z.N.X (m ²)	Σύνολο (m ²)	U/U ₀	U/U _{min}	E/E ₀		Κατανάλωση (m ²)	Εκπομπές (g/m ²)
40	60,6	38,8	27,9	127,3	0,16	0,11	1,22	-0,52	78,1	37,3
110	50,6	38,5	27,9	117	0,44	0,30	1,12	-0,33	69	34,8
250	37,9	38,3	27,9	104,1	1,00	0,68	1,00	-0,20	57,3	31,6
370	31,1	38,2	27,9	97,2	1,48	1,00	0,93		51,1	30

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,35
Τυπική απόκλιση	0,161
Διακύμανση	0,026

< 0,10

ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Γ]

Παράμετρος: 1 Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας

Θερμοστ/τητα τοιχίας U (°C)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (m ²)	Ψύξη (m ²)	Z.N.X (m ²)	Σύνολο (m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀		Κατανάλωση (m ²)	Εκπομπές (g/m ²)
0,20	61,6	26,4	30	118	0,33	0,07	1,27	2,14	75,5	35,8
0,45	77,9	26,7	30	134,6	0,75	0,15	1,44	2,30	90,4	39,9
1,65	162,1	28,3	30	220,4	2,75	0,55	2,36	2,41	167,4	60,4
3,00	261,5	30,1	30	321,6	5,00	1,00	3,45		258,4	84,8

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	2,284
Τυπική απόκλιση	0,139
Διακύμανση	0,019

< 0,10



ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Γ]

Παράμετρος: 2 Θερμοπερατότητα οροφής

Θερμοπερ/ Οροφής ($\text{m}^2\cdot\text{K}$)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (m^2)	Ψύξη (m^2)	Z.N.X (m^2)	Σύνολο (m^2)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (m^2)	Εκπομπές (g/m^2)
0,20	67,7	26,2	30	123,9	0,40	0,06	1,33	1,84	80,9	37,2
0,40	77,9	26,7	30	134,6	0,80	0,13	1,44	1,96	90,4	39,9
2,00	165,1	30,8	30	225,9	4,00	0,63	2,42	2,03	171,1	62,1
3,20	233,2	33,8	30	297	6,40	1,00	3,19		234	79,5

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,943
Τυπική απόκλιση	0,100
Διακύμανση	0,010

ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Γ]

Παράμετρος: 3 Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

Θερμοπερ/ Υαλοστασίων ($\text{m}^2\cdot\text{K}$)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (m^2)	Ψύξη (m^2)	Z.N.X (m^2)	Σύνολο (m^2)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (m^2)	Εκπομπές (g/m^2)
0,55	36,5	26,8	30	93,3	0,17	0,11	1,00	0,97	52,8	30,2
1,40	51,3	26,8	30	108,1	0,44	0,27	1,16	1,06	66,2	33,7
2,80	77,9	26,7	30	134,6	0,88	0,54	1,44	1,15	90,4	39,9
5,15	126,2	26,7	30	182,9	1,61	0,99	1,96		134,3	51,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,058
Τυπική απόκλιση	0,088
Διακύμανση	0,008

ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Γ]

Παράμετρος: 4 Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

Θερμακωρ/ κατ'ής (K)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (m^2)	Ψύξη (m^2)	Z.N.X (m^2)	Σύνολο (m^2)	U/U ₀	U/U _{min}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (m^2)	Εκπομπές (g/m^2)
40	103,2	26,8	30	160	0,16	0,11	1,72	-0,65	113,4	46,1
110	91,8	26,7	30	148,5	0,44	0,30	1,59	-0,39	103,1	43,3
250	77,9	26,7	30	134,6	1,00	0,68	1,44	-0,12	90,4	39,9
370	74,3	26,7	30	131	1,48	1,00	1,41		87,1	39

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,39
Τυπική απόκλιση	0,267
Διακύμανση	0,071



ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Δ]

Παράμετρος: 1 Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας

Θερμοπεριτομότητα U (σC)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (m2)	Ψύξη (m2)	Z.N.X (m2)	Σύνολο (m2)	U/Uo	U/U _{max}	E/Eo	Κλίση	Κατανάλωση (m2)	Εκπομπές (g/m2)
0,20	95	15,4	32	142,4	0,33	0,07	1,53	3,01	103,6	40
0,40	114	15,1	32	161,1	0,67	0,13	1,73	3,19	119,9	44,4
2,00	274,1	13,8	32	319,9	3,33	0,67	3,43	3,28	265	82,2
3,00	376,2	13,5	32	421,7	5,00	1,00	4,52		258,4	84,8

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	3,160
Τυπική απόκλιση	0,137
Διακύμανση	0,019

ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Δ]

Παράμετρος: 2 Θερμοπερατότητα οροφής

Θερμοπερι/Οροφής (σC)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (m2)	Ψύξη (m2)	Z.N.X (m2)	Σύνολο (m2)	U/Uo	U/U _{max}	E/Eo	Κλίση	Κατανάλωση (m2)	Εκπομπές (g/m2)
0,20	102,8	15,1	32	149,9	0,40	0,06	1,61	2,56	109,7	41,7
0,35	114	15,1	32	161,1	0,70	0,11	1,73	2,67	119,9	44,4
2,00	241,7	15,8	32	289,5	4,00	0,63	3,11	2,74	236,3	75,2
3,20	336,5	16,6	32	385,1	6,40	1,00	4,13		322,7	98,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	2,657
Τυπική απόκλιση	0,087
Διακύμανση	0,008

ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Δ]

Παράμετρος: 3 Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

Θερμοπερι/Υαλοστασίων (m2 σC)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (m2)	Ψύξη (m2)	Z.N.X (m2)	Σύνολο (m2)	U/Uo	U/U _{max}	E/Eo	Κλίση	Κατανάλωση (m2)	Εκπομπές (g/m2)
0,55	58	16,5	32	106,5	0,17	0,11	1,14	1,43	69,5	31,7
1,40	80,4	15,9	32	128,3	0,44	0,27	1,38	1,53	89,6	36,7
2,60	114	15,1	32	161,1	0,81	0,50	1,73	1,62	119,9	44,4
5,15	189,5	13,6	32	235,1	1,61	0,99	2,52		188	61,9

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,525
Τυπική απόκλιση	0,094
Διακύμανση	0,009



ΜΟΝΤΕΛΟ: 1 ΖΩΝΗ: [Δ]

Παράμετρος: 4 Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

Θερμοχωρ/κατίης (2K)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (m2)	Ψύξη (m2)	Z.N.X (m2)	Σύνολο (m2)	U/Uo	U/Umin	E/Eo	Κλίση	Κατανάλωση (m2)	Εκπομπές (g/m2)
40	141,4	16	32	189,4	0,16	0,11	2,03	-0,78	145	51,5
110	128,1	15,5	32	175,6	0,44	0,30	1,88	-0,41	132,8	48
250	114	15,1	32	161,1	1,00	0,66	1,73	0,01	119,9	44,4
370	114,3	15	32	161,3	1,48	1,00	1,73		120,1	44,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,40
Τυπική απόκλιση	0,395
Διακύμανση	0,156

ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 ΖΩΝΗ: [Α]

Παράμετρος: 1 Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας

Θερμοπερ/τητα Τοιχοποιίας U (W/m2.oC)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (KWh/m2)	Ψύξη (KWh/m2)	Z.N.X (KWh/m2)	Σύνολο (KWh/m2)	U/Uo	U/Umax	E/Eo	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m2)	Εκπομπές CO2 (Kg/m2)
0,30	18,9	30,3	26,1	75,3	0,50	0,10	0,93	0,74	36,7	23,8
0,60	24,7	30,5	26,1	81,3	1,00	0,20	1,00	0,86	42	25,2
1,50	45	31,1	26,1	102,2	2,50	0,50	1,26	1,01	60,6	30,3
3,00	85,1	32,2	26,1	143,4	5,00	1,00	1,76		97,5	40,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,869
Τυπική απόκλιση	0,138
Διακύμανση	0,019

ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 ΖΩΝΗ: [Α]

Παράμετρος: 2 Θερμοπερατότητα οροφής

Θερμοπερ/τητα Οροφής (W/m2.oC)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Καύσιμα		
	Θέρμανση (KWh/m2)	Ψύξη (KWh/m2)	Z.N.X (KWh/m2)	Σύνολο (KWh/m2)	U/Uo	U/Umax	E/Eo	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m2)	Εκπομπές CO2 (Kg/m2)
0,20	18,9	29,7	26,1	74,7	0,40	0,06	0,92	0,87	36,5	23,6
0,50	24,7	30,5	26,1	81,3	1,00	0,16	1,00	1,01	42	25,2
1,80	54,5	34	26,1	114,6	3,60	0,56	1,41	1,17	70,3	33,6
3,20	92,2	37,8	26,1	156,1	6,40	1,00	1,92		105,9	44

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,014
Τυπική απόκλιση	0,150
Διακύμανση	0,023



ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 ΖΩΝΗ: [Α]

Παράμετρος: 3 Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

Θερμοπερι- τητα Υαλοστασίων U _g (W/m ² oC)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U _o	U/U _{max}	E/E _o	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,55	6	31,5	26,1	63,6	0,17	0,11	0,78	0,31	25,3	31,1
1,10	8,9	31,3	26,1	66,3	0,34	0,21	0,82	0,46	27,9	21,7
3,20	24,7	30,5	26,1	81,3	1,00	0,62	1,00	0,63	42	25,2
5,20	44,9	29,9	26,1	100,9	1,63	1,00	1,24		60,2	29,9

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,466
Τυπική απόκλιση	0,157
Διακύμανση	0,025 < 0,10

ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 ΖΩΝΗ: [Α]

Παράμετρος: 4 Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

Θερμοχωρ- τητα κατ/ής (KJ/m ² K)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U _o	U/U _{min}	E/E _o	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
40	47,4	31,1	26,1	104,6	0,16	0,11	1,29	-0,68	62,8	30,9
110	37,3	30,8	26,1	94,2	0,44	0,30	1,16	-0,42	62,4	31
250	24,7	30,5	26,1	81,3	1,00	0,68	1,00	-0,26	42	25,2
370	18,1	30,3	26,1	74,5	1,48	1,00	0,92		36	23,6

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,45
Τυπική απόκλιση	0,211
Διακύμανση	0,044 < 0,10

ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 ΖΩΝΗ: [Β]

Παράμετρος: 1 Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας

Θερμοπ/τητα Τοιχοποιίας U (W/m ² oC)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U _o	U/U _{max}	E/E _o	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,30	21,5	36,8	27,9	86,2	0,60	0,10	0,95	0,82	41,8	27,2
0,50	26,1	37,2	27,9	91,2	1,00	0,17	1,00	0,97	46,2	28,5
1,50	64	38,9	27,9	120,8	3,00	0,50	1,32	1,16	72,1	35,8
3,00	104,2	41,7	27,9	173,8	6,00	1,00	1,91		118,8	48,8

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,986
Τυπική απόκλιση	0,170
Διακύμανση	0,029 < 0,10



Παράμετρος: 2 Θερμοπερατότητα οροφής

Θερμοπερι- τητα Οροφής (W/m ² ·°C)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀		Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,20	20,4	36,2	27,9	84,5	0,44	0,06	0,93	0,94	40,6	26,7
0,45	26,1	37,2	27,9	91,2	1,00	0,14	1,00	1,14	46,2	28,5
1,80	64,6	42,4	27,9	134,9	4,00	0,56	1,48	1,32	82,9	39,4
3,20	111,9	47,9	27,9	187,7	7,11	1,00	2,06		127,8	52,7

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,133
Τυπική απόκλιση	0,191
Διακύμανση	0,037

< 0,10

ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 **ΖΩΝΗ: [B]**

Παράμετρος: 3 Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

Θερμοπερι- τητα Υαλοστασίων U _g (W/m ² ·°C)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀		Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,55	5,9	37	27,9	70,8	0,18	0,11	0,78	0,34	27,7	23,6
1,10	9,2	37	27,9	74,1	0,37	0,21	0,81	0,51	30,7	24,3
3,00	26,1	37,2	27,9	91,2	1,00	0,58	1,00	0,30	46,2	28,5
5,20	44,9	29,9	27,9	102,7	1,73	1,00	1,13		53,6	37,5

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,384
Τυπική απόκλιση	0,114
Διακύμανση	0,013

< 0,10

ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 **ΖΩΝΗ: [B]**

Παράμετρος: 4 Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

Θερμοχωρη- τητα κατ'ής (KJ/m ² K)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{min}	E/E ₀		Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
40	52,6	37,6	27,9	118,1	0,16	0,11	1,29	-0,70	70,4	35
110	40,7	37,4	27,9	106	0,44	0,30	1,16	-0,43	59,5	32
250	26,1	37,2	27,9	91,2	1,00	0,68	1,00	-0,25	46,2	28,5
370	18,8	37,1	27,9	83,8	1,48	1,00	0,92		39,5	26,7

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,46
Τυπική απόκλιση	0,227
Διακύμανση	0,052

< 0,10



ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 **ΖΩΝΗ: [Γ]**

Παράμετρος: 1 Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας

Θερμοπερατότητα Τοιχοποιίας U ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m^2)	Ψύξη (KWh/m^2)	Z.N.X (KWh/m^2)	Σύνολο (KWh/m^2)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m^2)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,30	51,5	25,8	30	107,3	0,67	0,10	0,94	1,24	66,1	33,1
0,45	58,5	25,9	30	114,4	1,00	0,15	1,00	1,37	72,5	35,1
1,50	112,5	26,9	30	169,4	3,33	0,50	1,48	1,52	121,9	48,3
3,00	197,7	28,4	30	256,1	6,67	1,00	2,24		199,9	69

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,377
Τυπική απόκλιση	0,137
Διακύμανση	0,019

ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 **ΖΩΝΗ: [Γ]**

Παράμετρος: 2 Θερμοπερατότητα οροφής

Θερμοπερατότητα Οροφής U ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m^2)	Ψύξη (KWh/m^2)	Z.N.X (KWh/m^2)	Σύνολο (KWh/m^2)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m^2)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,20	49,2	25,4	30	104,6	0,50	0,06	0,91	1,37	63,9	32,7
0,40	58,5	25,9	30	114,4	1,00	0,13	1,00	1,53	72,5	35,1
1,80	131,5	29,3	30	190,8	4,50	0,56	1,67	1,67	140	53,7
3,20	211,5	32,7	30	274,2	8,00	1,00	2,40		213,9	74,1

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,521
Τυπική απόκλιση	0,148
Διακύμανση	0,022

ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 **ΖΩΝΗ: [Γ]**

Παράμετρος: 3 Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

Θερμοπερατότητα Υαλοστασίων U_g ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m^2)	Ψύξη (KWh/m^2)	Z.N.X (KWh/m^2)	Σύνολο (KWh/m^2)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m^2)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,55	18,1	26	30	74,1	0,20	0,11	0,65	0,69	35,8	25,7
1,10	26,4	26	30	82,4	0,39	0,21	0,72	0,86	43,3	27,6
2,80	58,5	25,9	30	114,4	1,00	0,54	1,00	1,04	72,5	35,1
5,20	113,3	25,8	30	169,1	1,86	1,00	1,48		122,6	48

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,859
Τυπική απόκλιση	0,175
Διακύμανση	0,031

ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 **ΖΩΝΗ: [Γ]**



Παράμετρος: 4 Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

Θερμοχωρη- τητα κατ'ής (KJ/m ² K)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{min}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
40	91,5	26	30	147,5	0,16	0,11	1,29	-0,68	102,5	43,1
110	76,8	26	30	132,8	0,44	0,30	1,16	-0,43	89,2	39,5
250	58,5	25,9	30	114,4	1,00	0,68	1,00	-0,26	72,5	35,1
370	49	25,9	30	104,9	1,48	1,00	0,92		63,8	32,7

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,45
Τυπική απόκλιση	0,213
Διακύμανση	0,045

ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 **ΖΩΝΗ: [Δ]**

Παράμετρος: 1 Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας

Θερμοπερ/τητα Τοιχοποιίας U (W/m ² ·°C)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,30	78,3	14,5	32	124,8	0,75	0,10	0,95	1,53	87,2	35,7
0,40	85,1	14,4	32	131,5	1,00	0,13	1,00	1,67	93,4	37,3
1,50	166,2	13,6	32	211,8	3,75	0,50	1,61	1,80	166,9	56,4
3,00	285,4	13	32	330,4	7,50	1,00	2,51		274,9	84,6

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,666
Τυπική απόκλιση	0,138
Διακύμανση	0,019

ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 **ΖΩΝΗ: [Δ]**

Παράμετρος: 2 Θερμοπερατότητα οροφής

Θερμοπερ/τητα Οροφής (W/m ² ·°C)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,20	75	14,4	32	121,4	0,57	0,06	0,92	1,64	84,1	34,9
0,35	85,1	14,4	32	131,5	1,00	0,11	1,00	1,82	93,4	37,3
1,80	193	14,9	32	239,9	5,14	0,56	1,82	1,95	191,6	63,3
3,20	304,2	15,8	32	352	9,14	1,00	2,68		293	90,2

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,802
Τυπική απόκλιση	0,156
Διακύμανση	0,024



ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 ΖΩΝΗ: [Δ]

Παράμετρος: 3 Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

Θερμοπερι- τητα Υαλοστασίων U _g (W/m ² .oC)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U _o	U/U _{max}	E/E _o		Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,55	29,7	16	32	77,7	0,21	0,11	0,59	0,91	43,5	24,8
1,10	42,8	15,5	32	90,3	0,42	0,21	0,69	1,09	55,3	27,8
2,60	85,1	14,4	32	131,5	1,00	0,50	1,00	1,28	93,4	37,3
5,20	170,8	12,7	32	215,5	2,00	1,00	1,64		170,7	57,1

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,090
Τυπική απόκλιση	0,186
Διακύμανση	0,035

ΜΟΝΤΕΛΟ: 2 ΖΩΝΗ: [Δ]

Παράμετρος: 4 Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

Θερμοχωρ- τητα - κατ'ής (KJ/m ² K)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U _o	U/U _{min}	E/E _o		Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
40	124,3	15,2	32	171,5	0,16	0,11	1,30	-0,72	129,3	47,2
110	106,7	14,8	32	153,5	0,44	0,30	1,17	-0,44	113,1	42,7
250	85,1	14,4	32	131,5	1,00	0,68	1,00	-0,23	93,4	37,3
370	75,3	14,3	32	121,6	1,48	1,00	0,92		84,4	34,9

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,47
Τυπική απόκλιση	0,247
Διακύμανση	0,061

ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 ΖΩΝΗ: [Α]

Παράμετρος: 1 Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας

Θερμοπ/τητα Τοιχοποιίας U (W/m ² .oC)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U _o	U/U _{max}	E/E _o		Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,30	19,3	27,5	26,1	72,9	0,50	0,10	0,87	1,27	36,1	22,9
0,60	29,6	27,8	26,1	83,5	1,00	0,20	1,00	1,48	45,5	25,5
1,50	65,6	28,8	26,1	120,5	2,50	0,50	1,44	1,66	78,6	34,5
3,00	132,5	31,1	26,1	189,7	5,00	1,00	2,27		140,2	51,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,468
Τυπική απόκλιση	0,194
Διακύμανση	0,038

ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 ΖΩΝΗ: [Α]



Παράμετρος: 2 Θερμοπερατότητα οροφής

Θερμοπερι- τητα Οροφής (W/m ² ·°C)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0.20	26.1	27.4	26.1	79.6	0.40	0.06	0.95	0.50	42.2	24.6
0.50	29.6	27.8	26.1	83.5	1.00	0.16	1.00	0.53	45.5	25.5
1.80	45.8	29.6	26.1	101.5	3.60	0.56	1.22	0.57	60.9	30
3.20	64.6	31.6	26.1	122.3	6.40	1.00	1.46		78.6	35.2

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0.533
Τυπική απόκλιση	0.036
Διακύμανση	0.001 < 0.10

ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 **ΖΩΝΗ: [Α]**

Παράμετρος: 3 Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

Θερμοπερι- τητα Υαλοστασίων U _g (W/m ² ·°C)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0.55	11.9	28.5	26.1	66.5	0.17	0.11	0.80	0.35	29.7	21.5
1.10	15.1	28.4	26.1	69.6	0.34	0.21	0.83	0.41	32.5	22.2
3.20	29.6	27.8	26.1	83.5	1.00	0.62	1.00	0.49	45.5	25.5
5.20	45.8	27.3	26.1	99.2	1.63	1.00	1.19		60	29.2

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0.417
Τυπική απόκλιση	0.069
Διακύμανση	0.005 < 0.10

ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 **ΖΩΝΗ: [Α]**

Παράμετρος: 4 Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

Θερμοχωρ- τητα κατιής (KJ/m ² K)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{min}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
40	47	28.3	26.1	101.4	0.16	0.11	1.21	-0.51	61.5	29.9
110	39.2	28.1	26.1	93.4	0.44	0.30	1.12	-0.31	54.3	27.9
250	29.6	27.8	26.1	83.5	1.00	0.68	1.00	-0.18	45.5	25.5
370	24.7	27.7	26.1	78.5	1.48	1.00	0.94		41	24.3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0.33
Τυπική απόκλιση	0.162
Διακύμανση	0.026 < 0.10



ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 ΖΩΝΗ: [B]

Παράμετρος: 1 Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας

Θερμοπ/τητα Τοιχοποιίας U (W/m ² ·°C)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,30	24,1	32,3	27,9	84,3	0,60	0,10	0,90	1,48	42,7	26,4
0,50	32,7	32,9	27,9	93,5	1,00	0,17	1,00	1,70	50,7	28,6
1,50	82,9	35,8	27,9	146,6	3,00	0,50	1,57	1,90	97,4	41,7
3,00	166,7	40,6	27,9	235,2	6,00	1,00	2,52	2,52	175,2	63,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	1,692
Τυπική απόκλιση	0,210
Διακύμανση	0,044

< 0,10

ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 ΖΩΝΗ: [B]

Παράμετρος: 2 Θερμοπερατότητα οροφής

Θερμοπερ/τητα Οροφής (W/m ² ·°C)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,20	29,1	32,3	27,9	89,3	0,44	0,06	0,96	0,57	47,2	27,6
0,45	32,7	32,9	27,9	93,5	1,00	0,14	1,00	0,61	50,7	28,6
1,80	53,9	35,6	27,9	117,4	4,00	0,56	1,26	0,65	70,9	34,6
3,20	77,6	38,5	27,9	144	7,11	1,00	1,54		93,4	41,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,610
Τυπική απόκλιση	0,038
Διακύμανση	0,001

< 0,10

ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 ΖΩΝΗ: [B]

Παράμετρος: 3 Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

Θερμοπερ/τητα Υαλοστασίων U _g (W/m ² ·°C)	Πρωτογενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,55	12,6	32,7	27,9	73,2	0,18	0,11	0,78	0,39	32,3	23,7
1,10	18,5	32,7	27,9	77,1	0,37	0,21	0,82	0,48	35,9	24,6
3,00	32,7	32,9	27,9	93,5	1,00	0,58	1,00	0,56	50,7	28,6
5,20	54,9	33	27,9	115,8	1,73	1,00	1,24		71	33,9

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,479
Τυπική απόκλιση	0,085
Διακύμανση	0,007

< 0,10



ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 ΖΩΝΗ: [B]

Παράμετρος: 4 Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

Θερμοχωρητικότητα - κατ'ήλης (KJ/m2K)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m2)	Ψύξη (KWh/m2)	Z.N.X (KWh/m2)	Σύνολο (KWh/m2)	U/U ₀	U/U _{min}	E/E ₀		Κατανάλωση (KWh/m2)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m2
40	52,6	33,2	27,9	113,7	0,16	0,11	1,22	-0,51	68,9	33,5
110	43,6	33,1	27,9	104,6	0,44	0,30	1,12	-0,31	60,6	31,2
250	32,7	32,9	27,9	93,5	1,00	0,68	1,00	-0,17	50,7	28,6
370	27,5	32,8	27,9	88,2	1,48	1,00	0,94		45,9	27,3

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,33
Τυπική απόκλιση	0,171
Διακύμανση	0,029

ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 ΖΩΝΗ: [Γ]

Παράμετρος: 1 Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας

Θερμοπεριττητα Τοιχοποιίας U (W/m2.οC)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m2)	Ψύξη (KWh/m2)	Z.N.X (KWh/m2)	Σύνολο (KWh/m2)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀		Κατανάλωση (KWh/m2)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m2
0,30	59,2	22,8	30	112	0,67	0,10	0,90	1,98	72	33,6
0,45	71,2	23,1	30	124,3	1,00	0,15	1,00	2,11	83,1	36,5
1,50	161,2	24,8	30	216	3,33	0,50	1,74	2,18	165,4	58,5
3,00	294,2	27,3	30	351,5	6,67	1,00	2,83		287,2	91,2

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	2,089
Τυπική απόκλιση	0,102
Διακύμανση	0,010

ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 ΖΩΝΗ: [Γ]

Παράμετρος: 2 Θερμοπερατότητα οροφής

Θερμοπεριττητα Οροφής (W/m2.οC)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m2)	Ψύξη (KWh/m2)	Z.N.X (KWh/m2)	Σύνολο (KWh/m2)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀		Κατανάλωση (KWh/m2)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m2
0,20	65,9	22,8	30	118,7	0,50	0,06	0,95	0,72	78,1	35,1
0,40	71,2	23,1	30	124,3	1,00	0,13	1,00	0,75	83,1	36,5
1,80	110,2	24,9	30	165,1	4,50	0,56	1,33	0,77	119,1	46,4
3,20	150,3	26,7	30	207	8,00	1,00	1,67	1,67	156,2	56,6

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,747
Τυπική απόκλιση	0,025
Διακύμανση	0,001



ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 ΖΩΝΗ: [Γ]

Παράμετρος: 3 Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

Θερμοπερι- τητα Υαλοστασίων U _g (W/m ² °C)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀		Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,55	35,2	23,1	30	88,3	0,20	0,11	0,71	0,63	50,3	28
1,10	43,5	23,1	30	96,6	0,39	0,21	0,78	0,68	57,8	30
2,80	71,2	23,1	30	124,3	1,00	0,54	1,00	0,74	83,1	36,5
5,20	113,6	23	30	166,6	1,86	1,00	1,34		121,5	46,4

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,683
Τυπική απόκλιση	0,053
Διακύμανση	0,003

ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 ΖΩΝΗ: [Γ]

Παράμετρος: 4 Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

Θερμοχωρι- τητα - καλής (KJ/m ² K)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{min}	E/E ₀		Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
40	90,8	23,1	30	143,9	0,16	0,11	1,16	-0,43	100,9	41,4
110	80,7	23,1	30	133,8	0,44	0,30	1,08	-0,20	91,7	38,9
250	71,2	23,1	30	124,3	1,00	0,68	1,00	-0,01	83,1	36,5
370	70,8	23,1	30	123,9	1,48	1,00	1,00		63,8	32,7

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,21
Τυπική απόκλιση	0,210
Διακύμανση	0,044

ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 ΖΩΝΗ: [Δ]

Παράμετρος: 1 Θερμοπερατότητα εξωτερικής τοιχοποιίας

Θερμοπι- τητα Τοιχοποιίας U (W/m ² °C)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές			Κλίση	Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀		Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,30	92	13,1	32	137,1	0,75	0,10	0,92	2,32	99,2	38,1
0,40	103,6	13	32	148,6	1,00	0,13	1,00	2,41	109,7	40,9
1,50	236	11,8	32	279,8	3,75	0,50	1,88	2,45	229,6	72,1
3,00	418,8	11,4	32	462,2	7,50	1,00	3,11		395,7	115,7

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	2,395
Τυπική απόκλιση	0,068
Διακύμανση	0,005



ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 **ΖΩΝΗ: [Δ]**

Παράμετρος: 2 Θερμοπερατότητα οροφής

Θερμοπερι- τητα Οροφής (W/m ² °C)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,20	97,8	13	32	142,8	0,57	0,06	0,96	0,83	104,4	39,5
0,35	103,6	13	32	148,6	1,00	0,11	1,00	0,85	109,7	40,9
1,80	160,5	13,2	32	205,7	5,14	0,56	1,38	0,86	161,5	54,5
3,20	216,4	13,5	32	261,9	9,14	1,00	1,76	1,76	212,4	68

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,848
Τυπική απόκλιση	0,016
Διακύμανση	0,000

ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 **ΖΩΝΗ: [Δ]**

Παράμετρος: 3 Θερμοπερατότητα υαλοστασίων

Θερμοπερι- τητα Υαλοστασίων U _g (W/m ² °C)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{max}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
0,55	55,8	14,2	32	102	0,21	0,11	0,69	0,76	66,7	30
1,10	68,1	13,9	32	114	0,42	0,21	0,77	0,81	77,8	32,8
2,60	103,6	13	32	148,6	1,00	0,50	1,00	0,86	109,7	40,9
5,20	168,5	11,7	32	212,2	2,00	1,00	1,43		168,2	55,9

Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	0,809
Τυπική απόκλιση	0,046
Διακύμανση	0,002

ΜΟΝΤΕΛΟ: 3 **ΖΩΝΗ: [Δ]**

Παράμετρος: 4 Θερμοχωρητικότητα κατασκευής

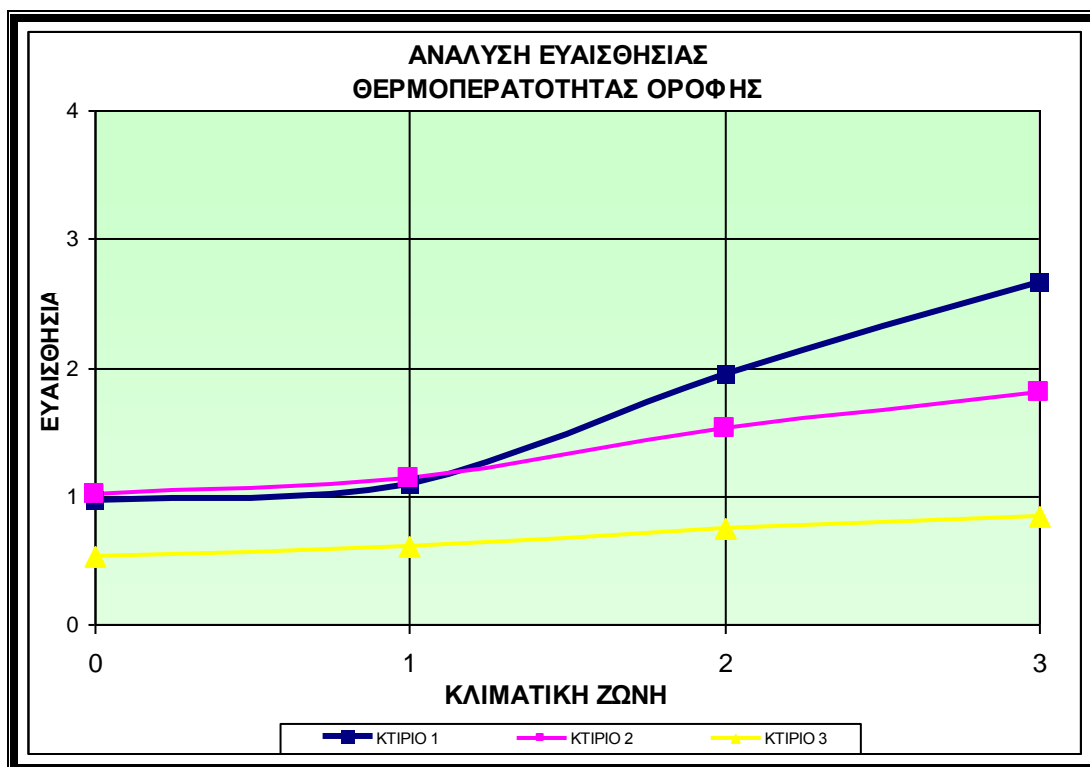
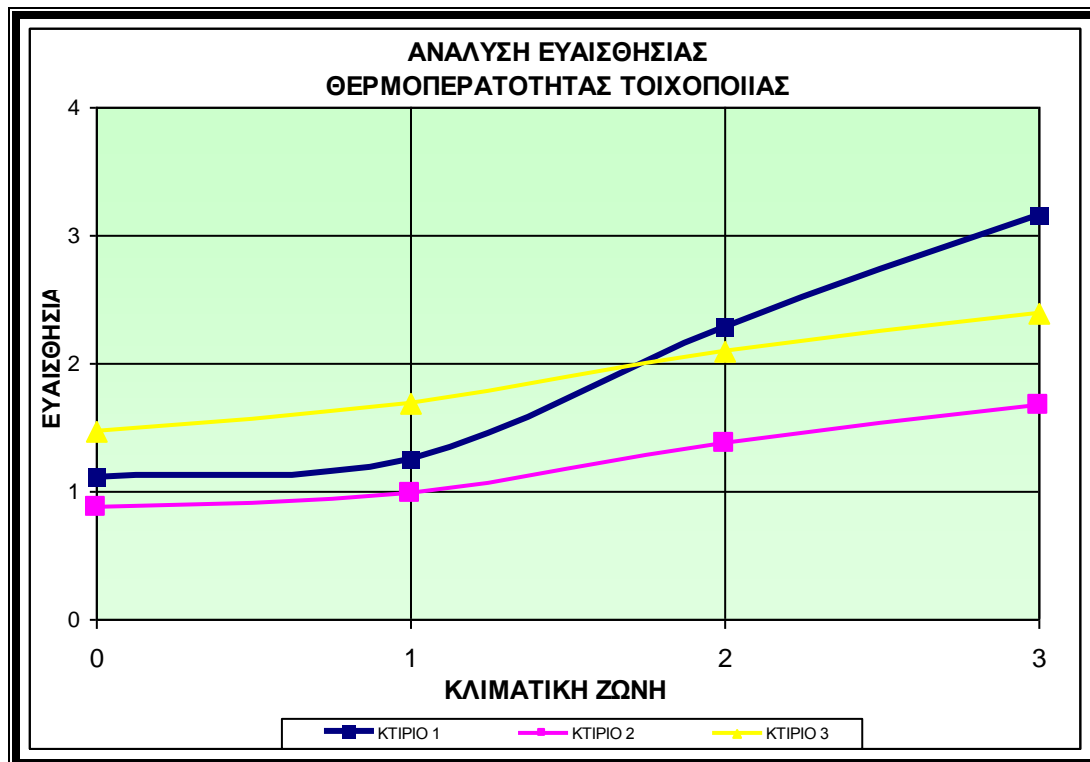
Θερμοχωρι- τητα κατι/ής (KJ/m ² K)	Πρωταγενής Ενέργεια				Μεταβολές				Καύσιμα	
	Θέρμανση (KWh/m ²)	Ψύξη (KWh/m ²)	Z.N.X (KWh/m ²)	Σύνολο (KWh/m ²)	U/U ₀	U/U _{min}	E/E ₀	Κλίση	Κατανάλωση (KWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ Kg/m ²
40	120	13,7	32	165,7	0,16	0,11	1,12	-0,41	124,8	45,3
110	108,9	13,3	32	154,2	0,44	0,30	1,04	-0,10	114,6	42,4
250	103,6	13	32	148,6	1,00	0,68	1,00	0,03	109,7	40,9
370	105,3	12,9	32	150,2	1,48	1,00	1,01		111,2	41,2

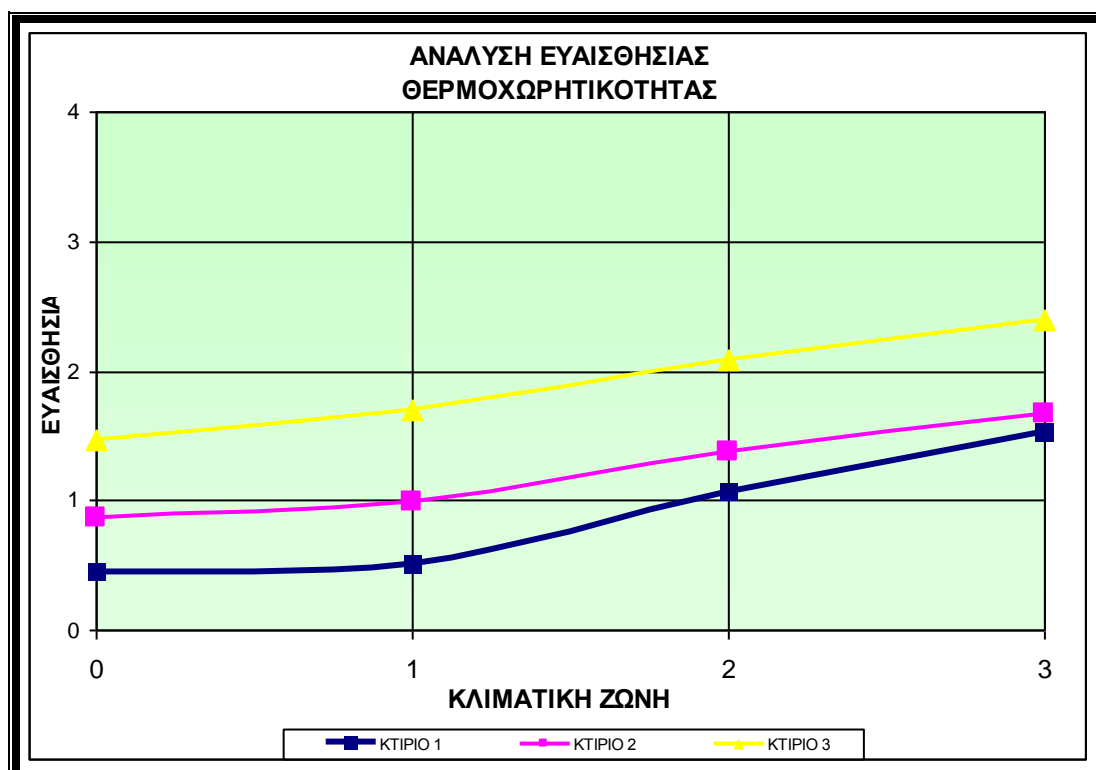
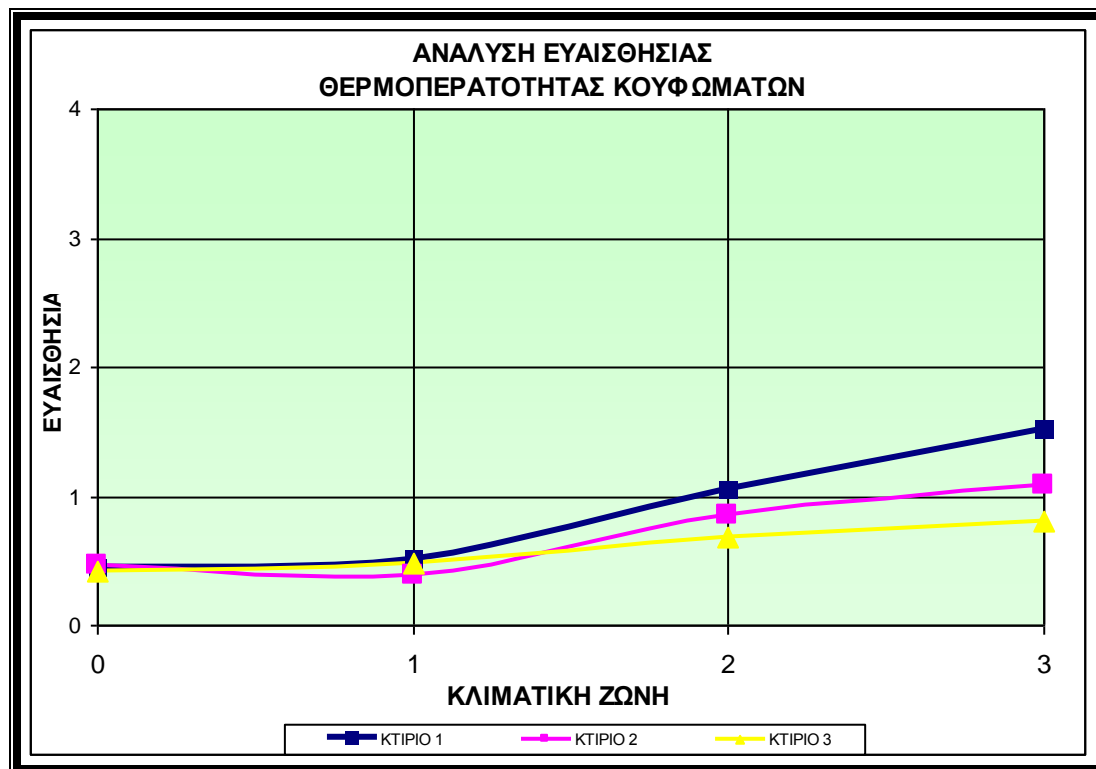
Στατιστική επεξεργασία
πληθυσμού Μεταβολών

Μέσος όρος	-0,16
Τυπική απόκλιση	0,227
Διακύμανση	0,051



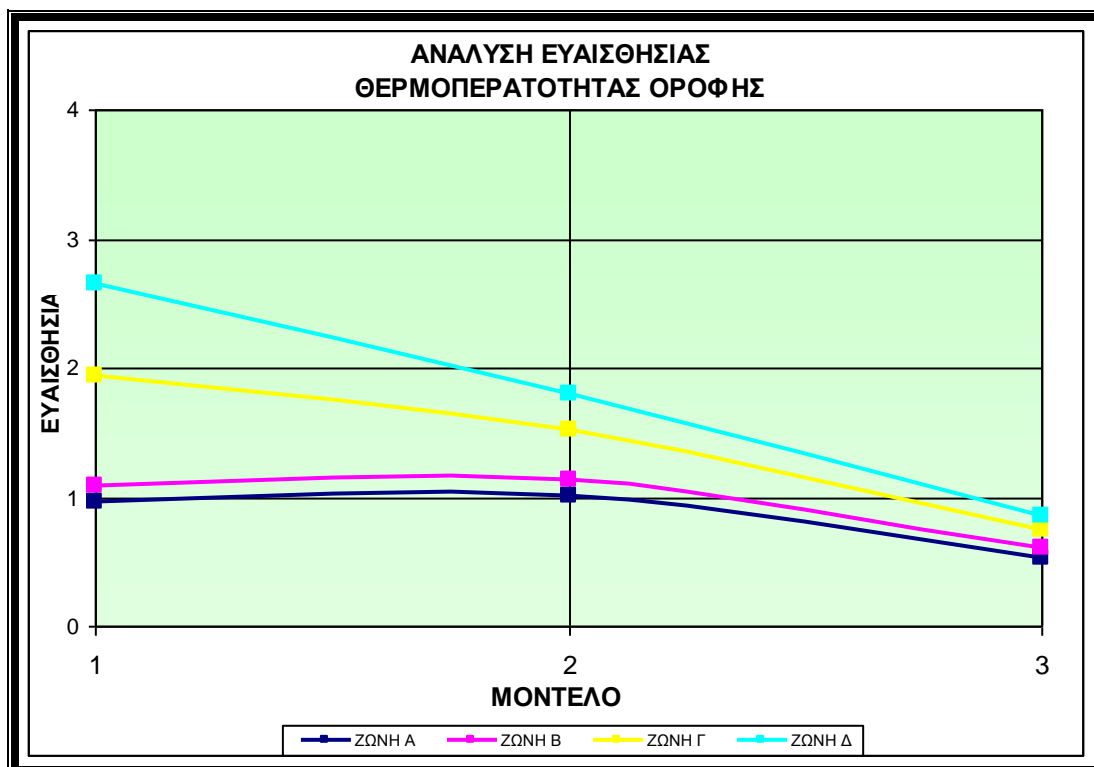
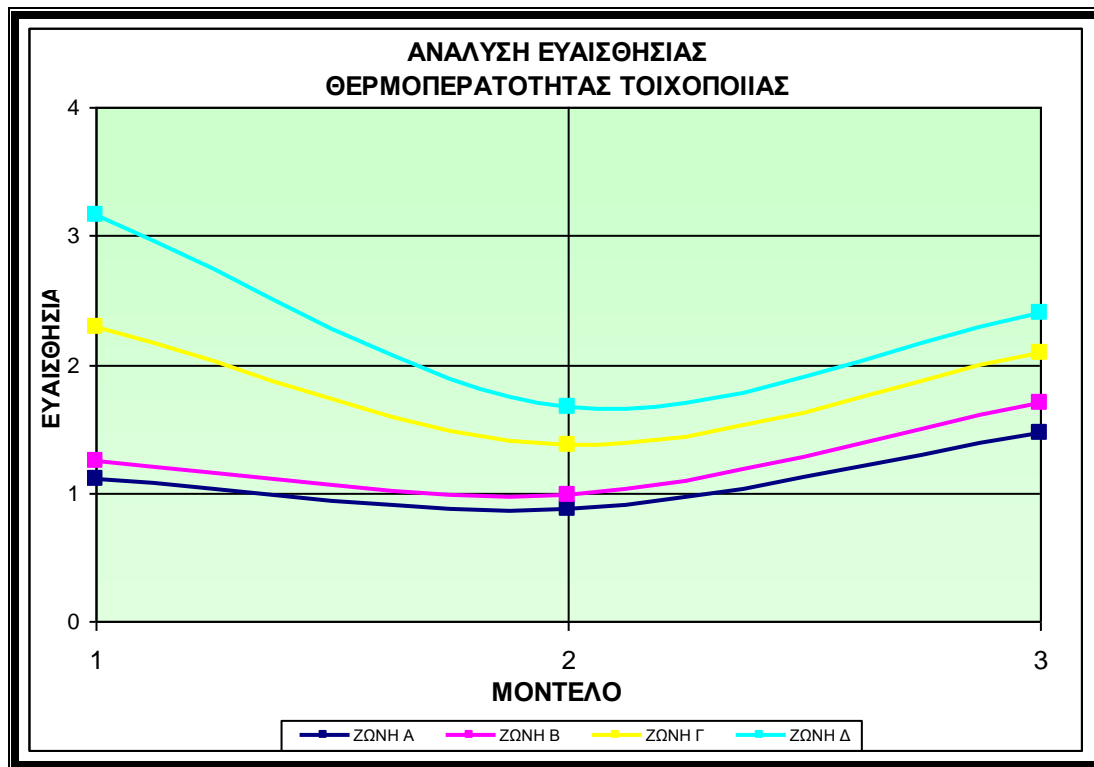
3.3.2. Συγκεντρωτική Απεικόνιση των Εξεταζόμενων Παραμέτρων για τα τρία μοντέλα μελέτης ανά Κλιματική Ζώνη.

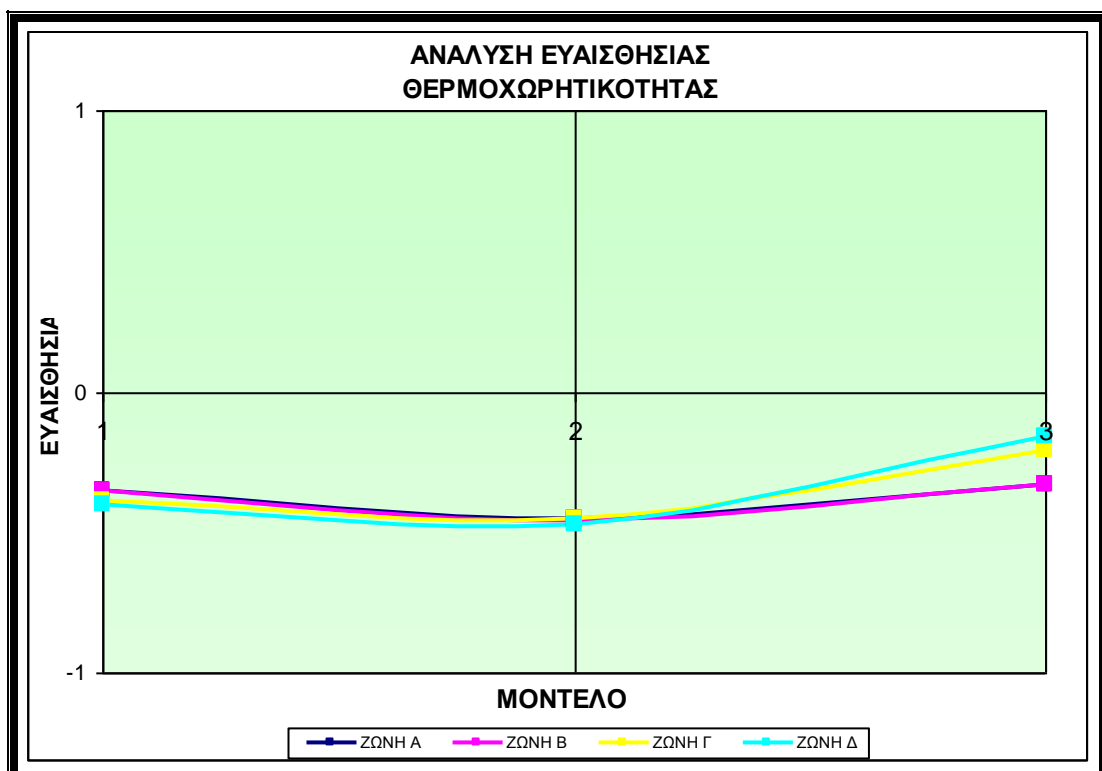
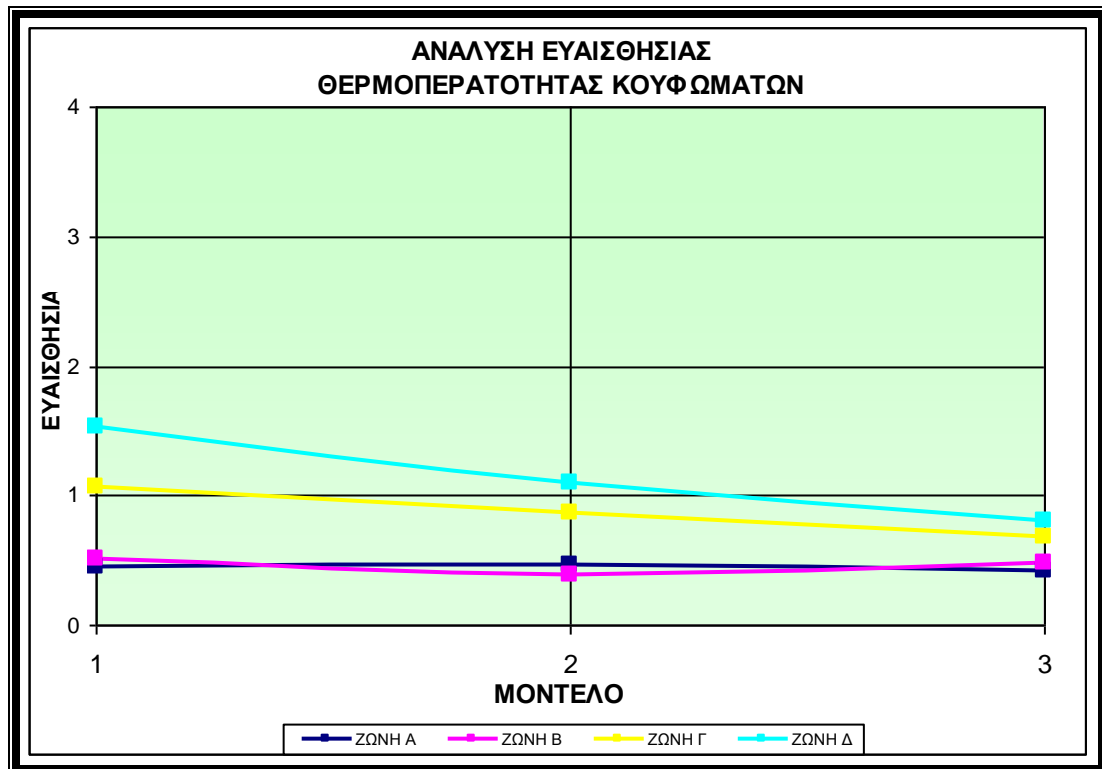






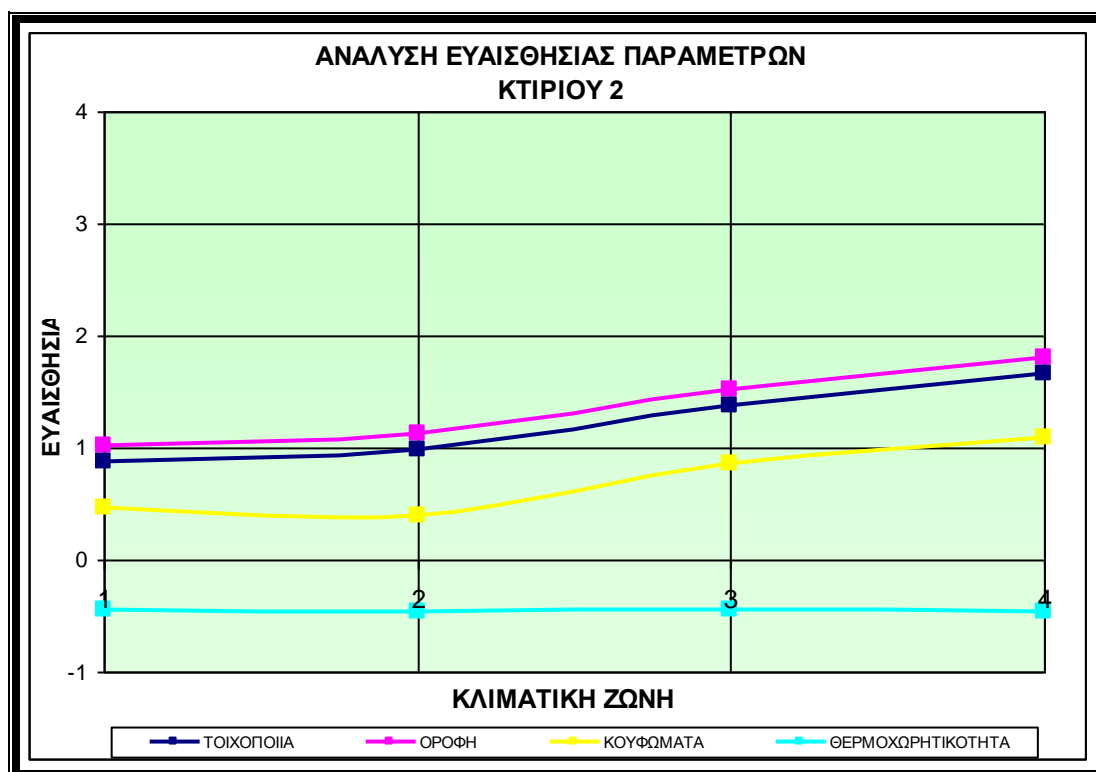
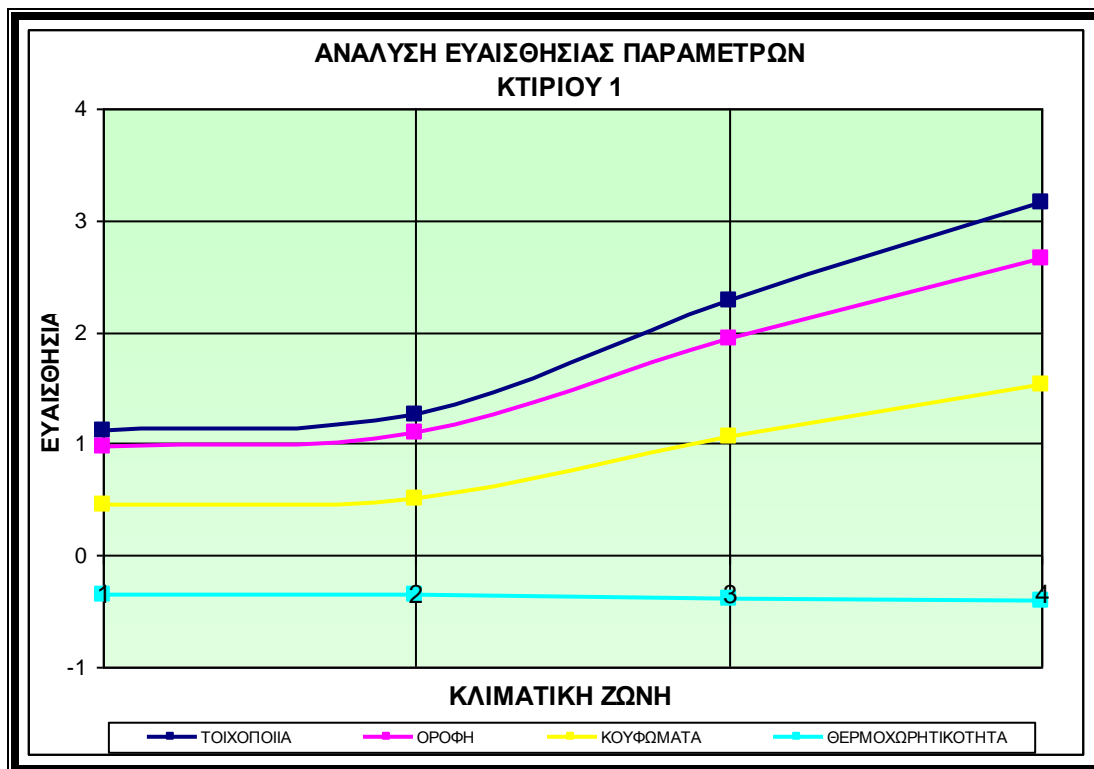
3.3.3. Συγκεντρωτική Απεικόνιση των εξεταζόμενων Παραμέτρων για τις τέσσερις Κλιματικές Ζώνες ανά Μοντέλο μελέτης.

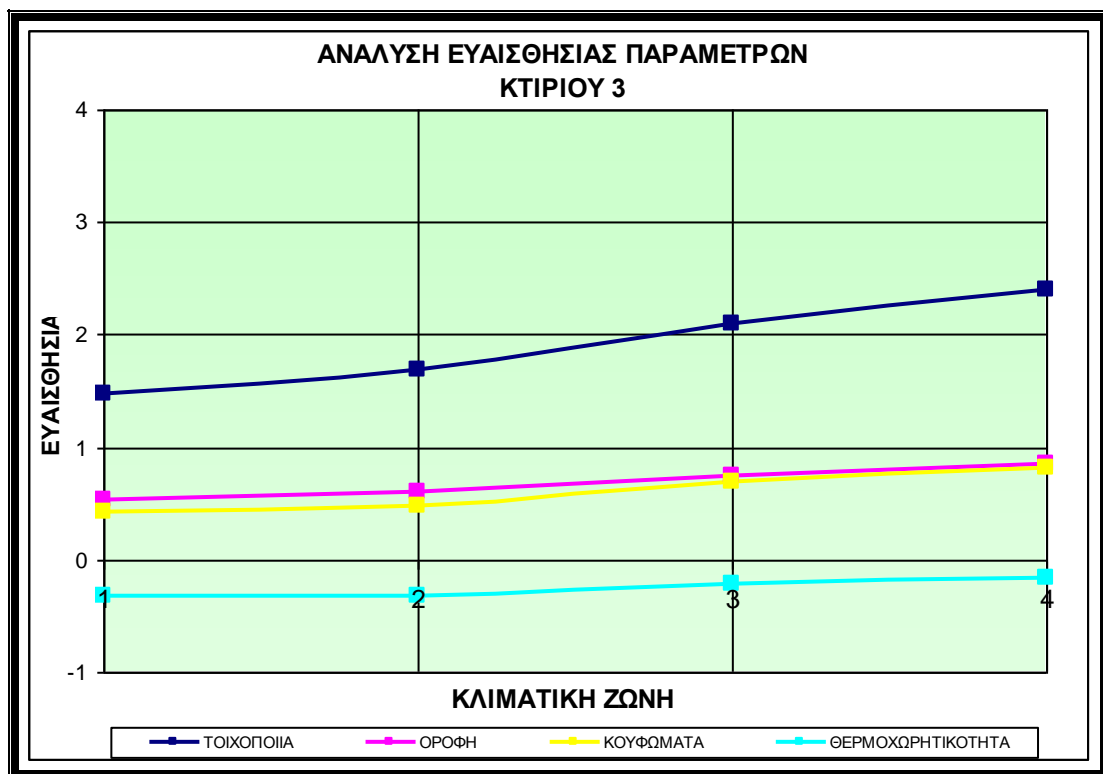






3.3.4. Συγκεντρωτική Απεικόνιση των Επιλεγμένων Μοντέλων Μελέτης για όλες τις Εξεταζόμενες Παραμέτρους ανά Κλιματική Ζώνη.





3.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.

Στην μελέτη αυτή χρησιμοποιείται μια μεθοδολογία δυναμικής προσομοίωσης η οποία εφαρμόζεται σε τρεις διαφορετικές τυπικές μορφές κατόψεων κατοικιών που συναντώνται συχνά στην Ελληνική κατασκευαστική πρακτική, προκειμένου έτσι να μελετηθεί και να εκτιμηθεί γενικά η θερμική τους συμπεριφορά. Με την μεθοδολογία αυτή οι μελετητές και οι ερευνητές μπορούν να εκφράσουν άμεσα τα γενικά επίπεδα της ενεργειακής επίδοσης και αποδοτικότητας των κτιρίων που εξετάζονται, μπορεί δε να τύχει εφαρμογής τόσο σε υφιστάμενα όσο και σε νέα κτίρια στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού τους, η τέλος για να υποστηρίξει επιλογές παρεμβάσεων ενεργειακής βελτίωσης σε υφιστάμενα κτίρια και σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες.

Με την παραπάνω μεθοδολογία επιχειρείται να εφαρμοστεί μια προκαταρκτική δυναμική ανάλυση που τα αποτελέσματά της να είναι οργανωμένα με τρόπο που να βοηθούν σε μια ποιοτική εκτίμηση των δεικτών θερμικής απόδοσης σε σχέση με τα πραγματικά κάθε φορά κλιματικά δεδομένα, τα οποία προφανώς όπως και ήταν από την αρχή αναμενόμενο, επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την συνολική θερμική συμπεριφορά των κτιρίων. Θα μπορούσε επίσης να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε μια



μελλοντική περαιτέρω προσπάθεια η οποία θα στόχευε στην λεπτομερέστερη ποσοτικοποίηση της επίδρασης τόσο της αρχιτεκτονικής μορφής και των παθητικών ενεργειακών τεχνικών, όσο και του εγκατεστημένου μηχανολογικού εξοπλισμού στην συνολική θερμική συμπεριφορά των κτιρίων.

Σε αυτή την μελέτη εξετάζονται αναλυτικά και οι τέσσερις κλιματικές ζώνες που καθορίζονται από Ελληνικό Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων: Η Ζώνη [Α] μελετάται λαμβάνοντας υπόψη τα κλιματικά δεδομένα των Χανίων, στα οποία παρουσιάζεται ιδιαίτερα θερμή καλοκαιρινή περίοδος, οι ενδιάμεσες Ζώνες [Β] και [Γ] μελετούνται λαμβάνοντας υπόψη τα κλιματικά δεδομένα της Αττικής και της Θεσσαλονίκης αντίστοιχα, και τέλος η Ζώνη [Δ] μελετάται λαμβάνοντας υπόψη τα κλιματικά Δεδομένα της Φλώρινας, η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερα ψυχρή χειμερινή περίοδο.

Οι τρεις περιπτώσεις που διερευνώνται με την παρούσα μελέτη αποτελούνται από τρία διαφορετικά χαρακτηριστικά τυπικά μοντέλα κτιρίων με χρήση κατοικίας που προσομοιώνονται με μια δυναμική διαδικασία, και τα οποία έχουν επιλεγεί με ιδιαίτερη σχολαστικότητα και με τέτοιον τρόπο που να ενσωματώνουν την προγενέστερη εμπειρία και γνώση των μελετητών από τα δεδομένα της ενεργειακής συμπεριφοράς πραγματικά κατασκευασμένων και υλοποιημένων στον Ελληνικό χώρο κτιρίων κατοικιών.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία εφαρμόστηκε εδώ προκειμένου να υλοποιηθεί μια διαδικασία ανάλυσης ευαισθησίας που ακολούθως χρησιμοποιήθηκε για να μελετηθεί με αναλυτικό τρόπο η επιρροή των κυριότερων επιμέρους ενδογενών χαρακτηριστικών, όπως είναι για παράδειγμα ο λόγος της εξωτερικής επιφάνειας προς τον συνολικό όγκο του κελύφους ή το ποσοστό των κουφωμάτων ανά επιφάνεια προσανατολισμού, τα οποία όπως είναι ήδη γνωστό επηρεάζουν καίρια την συνολική θερμική συμπεριφορά του κτιρίου, σε σχέση όμως πάντα και με τη μεταβολή των χαρακτηριστικών παραμέτρων της θερμικής του συμπεριφοράς, όπως είναι η για παράδειγμα η θερμοπερατότητα της εξωτερικής τοιχοποιίας, η θερμοπερατότητα της οροφής, η θερμοπερατότητα των υαλοστασίων και η τέλος η θερμοχωρητικότητα της κατασκευής.

Με αυτόν το τρόπο μπορεί με σχετική ευκολία να αξιολογηθεί στα αρχικά στάδια μιας μελέτης το ποιές από μια σειρά πιθανών παρεμβάσεων βελτίωσης θα είναι αποδοτικότερες σε σχέση με κάποιες άλλες, ξεχωριστά για κάθε μια κλιματική



ζώνη τόσο για την χειμερινή όσο και για την θερινή περίοδο, μέσα από την συνολική διαδικασία ανάλυσης κόστους οφέλους του κάθε συγκεκριμένου έργου.

Τα αποτελέσματα της μελέτης επισημαίνουν και τον κρίσιμο ρόλο του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και των παθητικών τεχνικών που εφαρμόζονται στην θερμική συμπεριφορά των κτιρίων, ιδιαίτερα στην περίπτωση των ιδιοτήτων των κουφωμάτων που σχετίζονται με την θερμική διαπερατότητα των υαλοστασίων τους καθώς και τον συνολικό σχεδιασμό των συστημάτων σκίασης.

Οι συντελεστές ευαισθησίας για τις τέσσερις επιμέρους παραμέτρους της μελέτης, για κάθε μια από τις τέσσερις κλιματικές ζώνες και για τα τρία μοντέλα κτιρίων που χρησιμοποιήθηκαν, υπολογίστηκαν ξεχωριστά τόσο για την θερινή και την χειμερινή περίοδο, όσο και για την συνολική διάρκεια του έτους. Τελικά στα διαγράμματα που ακολουθούν, παρουσιάζονται αναλυτικά μόνο οι αντίστοιχες τιμές των συνολικών συντελεστών ευαισθησίας, δηλαδή μόνο οι $[4 \times 4 \times 3 = 48]$ τελικές τιμές ευαισθησίας, αφού αυτό κρίνεται επαρκές για τα όρια και τους στόχους της παρούσας μελέτης.

Διαγράμματα της παραγράφου 3.3.2.

Για κάθε μια από τις εξεταζόμενες παραμέτρους της μελέτης παρουσιάζεται σε συγκεντρωτικό διάγραμμα η απεικόνιση όλων των συντελεστών ευαισθησίας που προέκυψαν ανά κλιματική ζώνη και για κάθε ένα από τα τρία μοντέλα κτιρίων που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση. Από την μελέτη των διαγραμμάτων μπορούμε να συμπεράνουμε τα ακόλουθα:

- Η ευαισθησία και για τα τρία κτιριακά μοντέλα που χρησιμοποιούνται αυξάνεται όσο μετατοπιζόμαστε από τις θερμότερες προς τις ψυχρότερες κλιματικές ζώνες για όλες τις παραμέτρους που εξετάστηκαν στην μελέτη. Αυτό άλλωστε ήταν αναμενόμενο αφού στις ψυχρότερες κλιματικές ζώνες είναι ιδιαίτερα αυξημένη η επιμέρους συνεισφορά των θερμικών φορτίων στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων.
- Το πρώτο μοντέλο κτιρίου που χαρακτηρίζεται και ως θερινό, παρουσιάζει ιδιαίτερα αυξημένη ευαισθησία στις ψυχρότερες κλιματικές ζώνες, γεγονός που προφανώς οφείλεται στις αρχιτεκτονικές επιλογές που έγιναν αναφορικά με τον προσανατολισμό του, την μορφή αλλά και τα επιμέρους ποσοστά ανοιγμάτων ανά επιφάνεια προσανατολισμού.



- Το δεύτερο μοντέλο κτιρίου που χαρακτηρίζεται και ως χειμερινό, παρουσιάζει την μικρότερη ευαισθησία από όλα τα υπόλοιπα κτίρια σε όλες ανεξαιρέτως τις κλιματικές ζώνες.
- Το τρίτο μοντέλο κτιρίου που χαρακτηρίζεται ως τυπικό, παρουσιάζει ιδιαίτερα ομαλή και ομοιόμορφη μεταβολή της ευαισθησίας όσο μετατοπιζόμαστε από τις θερμότερες προς τις ψυχρότερες κλιματικές ζώνες.

Διαγράμματα της παραγράφου 3.3.3.

Για κάθε μια από τις εξεταζόμενες παραμέτρους της μελέτης παρουσιάζεται σε συγκεντρωτικό διάγραμμα η απεικόνιση όλων των συντελεστών ευαισθησίας που προέκυψαν ανά μοντέλο κτιρίου που χρησιμοποιείται στην ανάλυση και για κάθε μία από τις τέσσερις κλιματικές ζώνες. Από την μελέτη των διαγραμμάτων μπορούμε να συμπεράνουμε τα ακόλουθα:

- Η παράμετρος «θερμοπερατότητα τοιχοποιίας» παρουσιάζει και την μικρότερη τιμή ευαισθησίας για όλες τις κλιματικές ζώνες στο δεύτερο μοντέλο κτιρίου που χαρακτηρίζεται και ως χειμερινό.
- Η παράμετρος «Θερμοπερατότητα οροφής» για τρίτο μοντέλο κτιρίου που χαρακτηρίζεται ως τυπικό παρουσιάζει σχεδόν ταυτόσημες τιμές ευαισθησίας σε όλες τις κλιματικές ζώνες. Αυτό πρέπει να οφείλεται στο γεγονός ότι το συγκεκριμένο μοντέλο έχει την μισή επιφάνεια οροφής σε σχέση με τα υπόλοιπα, εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι διώροφο, και συνεπώς η συμμετοχή της οροφής στις συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου είναι σχετικά μικρότερη.
- Η παράμετρος «Θερμοπερατότητα κουφωμάτων» παρουσιάζει και για τα τρία κτιριακά μοντέλα της μελέτης σχεδόν σταθερές τιμές ευαισθησίας σε όλες τις κλιματικές ζώνες και ιδιαίτερα στις θερμότερες από αυτές. Αυτό πρέπει να οφείλεται στο γεγονός ότι οι επιφάνειες των διαφανών στοιχείων είναι σε όλες τις περιπτώσεις σχετικά μικρές σε σχέση με την συνολική επιφάνεια του κτιριακού κελύφους με αποτέλεσμα να επηρεάζουν σε μικρότερο βαθμό και την συνολική ενεργειακή του συμπεριφορά.
- Η παράμετρος «θερμοχωρητικότητα» παρουσιάζει ιδιαίτερα σταθερή ευαισθησία σε όλες τις Ελληνικές κλιματικές ζώνες αλλά και για τα τρία κτιριακά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν. Επιπροσθέτως η παράμετρος αυτή είναι η μοναδική από αυτές που εξετάζονται στην παρούσα εργασία που παρουσιάζει αρνητικές τιμές



ευαισθησίας, γεγονός που σημαίνει ότι υπάρχει αντιστρόφως ανάλογη συσχέτιση των τιμών της με την συνολική ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Για την μεγάλη σημασία της συγκεκριμένης παραμέτρου στην συνολική ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων, έχει γίνει ιδιαίτερη αναφορά στο προηγούμενο τμήμα της εργασίας αυτής.

Διαγράμματα της παραγράφου 3.3.4.

Για κάθε ένα από τα τρία μοντέλα κτιρίων που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση παρουσιάζεται σε συγκεντρωτικό διάγραμμα η απεικόνιση όλων των συντελεστών ευαισθησίας που προέκυψαν ανά κλιματική ζώνη και για κάθε μία από τις τέσσερις εξεταζόμενες παραμέτρους της μελέτης. Από την μελέτη των διαγραμμάτων μπορούμε να συμπεράνουμε τα ακόλουθα:

- Η ευαισθησία κάθε μίας από τις εξεταζόμενες παραμέτρους της μελέτης όσο μετατοπιζόμαστε από τις θερμότερες προς τις ψυχρότερες κλιματικές ζώνες επηρεάζεται με διαφορετικό τρόπο σε κάθε ένα από τα τρία κτιριακά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν. Αυτό σημαίνει ότι κάθε μία από τις παραμέτρους αποκτά διαφορετική σχετική σημασία σε κάθε κλιματική ζώνη ανάλογα με την ιδιαίτερη μορφή του κτιρίου που εξετάζεται.
- Η παράμετρος «θερμοχωρητικότητα» παρουσιάζει για τα τρία κτιριακά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν ιδιαίτερα σταθερή ευαισθησία και σε όλες τις Ελληνικές κλιματικές όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο τμήμα της παρούσας μελέτης



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010: «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων Για Τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων Και Την Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης».

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010: «Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών Και Έλεγχος της Θερμομονωτικής Επάρκειας Των Κτηρίων».

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010: «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών».

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2010: «Οδηγίες Και Έντυπα Ενεργειακών Επιθεωρήσεων Κτιρίων, Λεβήτων και Εγκαταστάσεων Θέρμανσης καθώς και Εγκαταστάσεων Κλιματισμού».

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-5/2010: «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων».

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/1986: «Εγκαταστάσεις σε κτίρια. Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτιριακών χώρων».

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2423/1986: «Εγκαταστάσεις σε κτίρια.». ΦΕΚ 177/Β/31-3/88

Στασινόπουλος Θάνος (2011), «Ηλιακή Γεωμετρία», Σημειώσεις για το Μεταπτυχιακό Μάθημα: «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός», Τμήμα Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π.



Καλλιακούδη Κωνσταντίνα (2010), Λογισμικό «TEE–KENAK ΜΕΛΕΤΗ», Ημερίδα TEE «Μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτηρίων».

Γαγλία Αθηνά (2009), «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Κτίριο Αναφοράς», Προσυνεδριακή Εκδήλωση TEE με θέμα «Εξοικονόμηση και Διαχείριση Ενέργειας στα κτίρια», Κέρκυρα 3 Ιουλίου 2009.

Νόμος υπ' Αριθμόν 3661 (ΦΕΚ 89Α' 19-05-2008) «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις».

Απόφαση Υπουργού Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής Αριθμός. Δ6/Β/οικ. 5825, (ΦΕΚ 407 Β' 09-04-2010), Έγκριση «Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων»

Προεδρικό διάταγμα υπ' αριθμόν 100 ΦΕΚ 177 Α' 06-10-2010 «Ενεργειακοί Επιθεωρητές κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού».

Διεθνής

ISO 13790, EN 15603 and several supporting standards: energy use for space heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting, inclusive system losses and auxiliary energy (covering emission, distribution and generation efficiencies).\

D. Garcia Sanchez, B. Lacarrière, M. Musy, B. Bourges, «Application of sensitivity analysis in building energy simulations: combining first and second order elementary effects methods», Energy and Buildings, March 15, 2012

Paulo Filipe de Almeida Ferreira Tavares, Antonio Manuel de Oliveira Gomes Martins, «Energy efficient building design using sensitivity analysis — A case study», Energy and Buildings 39 (2007) 23–3, www.elsevier.com/locate/enbuild

Anna Laura Pisello, Michele Goretti, Franco Cotana, «A method for assessing buildings' energy efficiency by dynamic simulation and experimental activity»,



Applied Energy xxx (2012) xxx–xxx, journal homepage:
www.elsevier.com/locate/apenergy

Yusuf Yildiz, Koray Korkmaz, Turkan Goksal Ozbalta, Zeynep Durmus Arsan, «An approach for developing sensitive design parameter guidelines to reduce the energy requirements of low-rise apartment buildings», Applied Energy 93 (2012) 337–347, journal homepage: www.elsevier.com.

W.L. Lee, Hua Chen, « Benchmarking Hong Kong and China energy codes for residential buildings Energy and Buildings» 40 (2008) 1628–1636, journal homepage: www.elsevier.com/locate/enbuild.

Daniela Popescu, Sven Bienert, Christian Schutzenhofer, Rodica Boazu, «Impact of energy efficiency measures on the economic value of buildings», Applied Energy 89 (2012) 454–463, journal homepage: www.elsevier.com/locate/apenergy.

Jiangjiang Wanga, Zhiqiang (John) Zhai, Youyin Jing, Xutao Zhang, Chunfa Zhang, «Sensitivity analysis of optimal model on building cooling heating and power system», Applied Energy 88 (2011) 5143–5152, journal homepage: www.elsevier.com/locate/apenergy.

M. Åberg, J. Widén, D. Henning, «Sensitivity of district heating system operation to heat demand reductions and electricity price variations: A Swedish example», Energy xxx (2012) 1–16, journal homepage: www.elsevier.com/locate/energy.

M. D. Morris (1991), « Factorial samplings plans for preliminary computational experiments»
Technometrics 33 (2) (1991) 161–174.

F. Campolongo, R. Braddock, "The use of graph theory in the sensitivity analysis of the model output: a second order screening method», Reliability Engineering & System Safety 64 (1) (1999) 1 – 12.



F. Campolongo, A. Saltelli, J. Cariboni, «From screening to quantitative sensitivity analysis. a unified approach», Computer Physics Communications 182 (4) (2011) 978 – 988.

Rics Deutschland, September 2013 «Going for Green: Sustainable Building Certification Statistics Europe », www.rics.org/sustainability.

Yin, R. K. (1984). Case study research: Design and methods. Newbury Park, CA: Sage.

Soy, Susan K. (1997). The case study as a research method. Unpublished paper, University of Texas at Austin.