

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗΣ
ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ



Η εργασία υποβάλλεται για την μερική κάλυψη των απαιτήσεων με στόχο την
απόκτηση του διπλώματος

ΔΠΜΣ στην Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων με
Ειδίκευση:

**Συστήματα Διαχείρισης της Ενέργειας και Προστασίας του
Περιβάλλοντος**

από

ΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Καπαρός Ιωάννης

Αθήνα, 2013

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων φοίτησης στο ΔΠΜΣ στην «Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων με Ειδίκευση: Συστήματα Διαχείρισης της Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος» των τμημάτων Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. και Βιομηχανικής Διοίκησης του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Την διπλωματική αυτή εργασία επέβλεψε η κ. Μαρία Φούντη Καθηγήτρια του Ε.Μ.Π. και ο κ. Διονύσιος Κολαΐτης Μετα-διδασκτορικός Συνεργάτης του Ε.Μ.Π. και ως εκ τούτου θεωρώ χρέος μου να τους ευχαριστήσω για την άριστη συνεργασία και την ουσιαστική τους βοήθεια στην εξέλιξη της εργασίας.

Το υπό μελέτη κτίσμα είναι ιδιοκτησία της Αρχαιοσκοπής Αθηνών, την οποία ευχαριστώ για τη δυνατότητα που μου δόθηκε για είσοδο στο κτήριο καθώς επίσης και την κ. Ελευθερία Τσακανίκα, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Λέκτορας ΕΜΠ για τις πληροφορίες που μου παρείχε σαν υπεύθυνη για την ανακατασκευή του κτηρίου.

Τέλος, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο «ευχαριστώ» στους γονείς μου (Θανάση και Ρίτα) και την αδερφή μου (Ειρήνη) για την διαρκή υποστήριξη που μου παρείχαν και τις πολύτιμες συμβουλές τους σε κάθε βήμα της πορείας μου μέχρι τώρα.

Ιωάννης Καπαρός,

Αθήνα, Ιούλιος 2013

Περίληψη

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας αποτελεί η κατανάλωση ενέργειας σε ένα παραδοσιακό κτήριο και πιο συγκεκριμένα ίσως στο πιο παλιό κτήριο στην Αττική, το αρχοντικό των Μπενιζέλων. Το πρώτο και σημαντικότερο βήμα εξασφαλίζεται από τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, η οποία παρέχει βασικά στοιχεία για την ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου. Χωρίς αυτήν είναι αδύνατη η εξασφάλιση των στόχων της ενεργειακής διαχείρισης, η επιλογή και εφαρμογή κατάλληλων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και η ενεργειακή κατάταξη ενός κτηρίου με βάση την ενεργειακή του κατανάλωση. Στο παρόν σύγγραμμα:

- Γίνεται αναφορά στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων και στο νομοθετικό πλαίσιο της Ευρώπης και της Ελλάδος που την αφορά.
- Γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής.
- Καταγράφονται ότι στοιχεία υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με τις ενεργειακές καταναλώσεις παραδοσιακών κτηρίων.
- Παρουσιάζεται εν συντομία το πρόγραμμα TEE KENAK, το οποίο αποτελεί το εργαλείο-λογισμικό των μηχανικών για την εκπόνηση των ενεργειακών μελετών, καθώς και ο τρόπος χρήσης και λειτουργίας του.
- Εκπονείται μελέτη ενεργειακής απόδοσης (εφαρμογή του προγράμματος TEE KENAK) στο κτήριο, από την οποία προκύπτει και η ενεργειακή του κατάταξη.
- Εξάγονται συμπεράσματα για την κατανάλωση ενέργειας σε παραδοσιακά σε σχέση με πιο σύγχρονα κτήρια, και γίνεται σύγκριση με τα ευρήματα της βιβλιογραφίας.

Πίνακας Περιεχομένων

1. Ενεργειακή απόδοση κτηρίων.....	7
1.1 Κατανάλωση ενέργειας και κτηριακός τομέας	7
1.2 Ενεργειακή κατανάλωση στον κτηριακό τομέα στην Ελλάδα	11
1.3 Νομοθετικό πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων	13
2. Διατηρητέα κτήρια και παραδοσιακή αρχιτεκτονική	20
2.1 Διατηρητέα κτήρια	20
2.2 Παραδοσιακή αρχιτεκτονική και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά	22
2.3 Μορφολογία και οικοδομική της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής.....	26
2.4 Βιοκλιματικά και ενεργειακά αποδοτικά χαρακτηριστικά των παραδοσιακών κατασκευών.....	31
3. Ενεργειακή απόδοση παραδοσιακών και διατηρητέων κτηρίων	39
3.1 Συνθετική ανάλυση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.....	48
4. Περιγραφή του κτηρίου	62
4.1 Το κέλυφος.....	66
4.2 Πόρτες, κουφώματα και ανοίγματα στο κέλυφος.....	68
4.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτηρίου	72
5. Λογισμικό του TEE για τον KENAK	73
5.1 Διαχωρισμός του κτηρίου σε θερμικές ζώνες.....	75
5.2 Υπολογισμός διείσδυσης αέρα από τα κουφώματα	77
5.3 Υπολογισμός Μέσης Κατανάλωσης Ζεστού Νερού Χρήσης.....	78
5.4 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων.....	79
5.4.1 Υπολογισμός του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας του πατώματος (Δομικό στοιχείο σε επαφή με το έδαφος)	82
5.4.2 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας των κατακόρυφων δομικών στοιχείων του ισογείου	84

5.4.3	Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας των κατακόρυφων δομικών στοιχείων του πρώτου ορόφου.....	90
5.4.4	Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής	96
5.4.5	Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας των πορτών	105
5.4.6	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων κτηρίου.....	106
5.5	Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων.....	107
5.5.1	Υπολογισμός του U_w μονών κουφωμάτων	107
5.5.2	Αναλυτικός υπολογισμός του U_w ενός διπλού κουφώματος της πάνω σειράς.....	110
5.5.4	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα συντελεστή θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων κτηρίου.....	114
5.6	Υπολογισμός συντελεστών θερμικής ακτινοβολίας	115
5.6.1	Συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας.....	115
5.6.2	Συντελεστής εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία	117
5.6.3	Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους υαλοπινάκων και κουφωμάτων	118
5.7	Συντελεστές Σκίασης	119
5.7.1	Συντελεστής σκίασης ορίζοντα F_{hor}	120
5.7.2	Συντελεστής σκίασης από προβόλους F_{ov}	122
5.7.3	Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin}	124
5.8	Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα	128
5.9	Αποτελέσματα.....	130
6.	Συμπεράσματα	131
6.1	Ενεργειακή συμπεριφορά παραδοσιακών κτηρίων	131

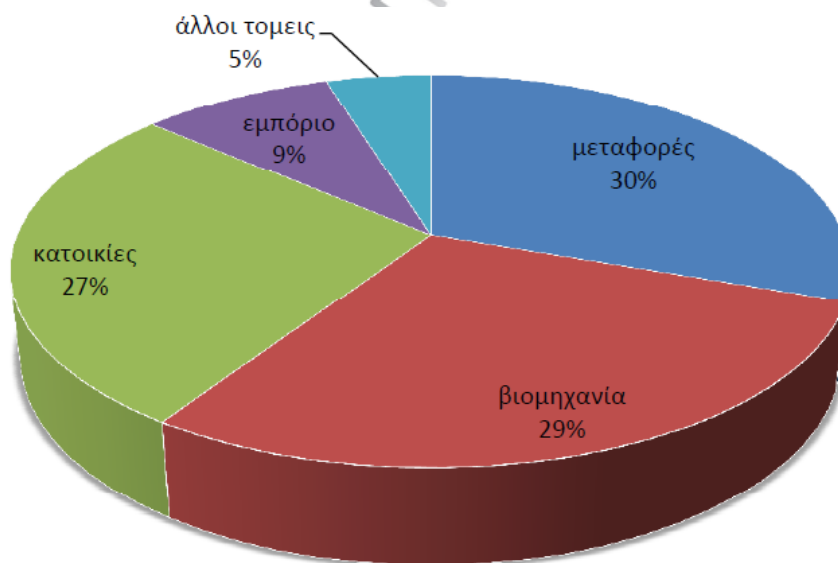
6.2 Χαρακτηριστικά του λογισμικού ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ.....	137
Βιβλιογραφία.....	141

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

1. Ενεργειακή απόδοση κτηρίων

1.1 Κατανάλωση ενέργειας και κτηριακός τομέας

Σύμφωνα με τα στοιχεία που φαίνονται στο σχήμα 1.1.1 η κατανάλωση ενέργειας των κτηρίων κατοικίας, καταστημάτων και γραφείων υπερβαίνει το 35% της συνολικής κατανάλωσης σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η ενέργεια αυτή δαπανάται για την θέρμανση ή ψύξη του κτηρίου, για τον φωτισμό του αλλά και για τη χρήση μηχανημάτων και ηλεκτρικών συσκευών που λειτουργούν μέσα σε αυτό. Ως συνέπεια είναι αντιληπτό ότι τα περιθώρια ενεργειακής εξοικονόμησης είναι αρκετά μεγάλα, όπως και τα οφέλη που μπορούν να προκύψουν από αυτήν.



Σχήμα 1.1.1. Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα παγκοσμίως (πηγή: IEA statistics 2004-05)

Πολλοί παράγοντες συνηγορούν στην εξεύρεση λύσεων για την ορθολογικότερη κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια και στην αξιοποίηση των ήπιων μορφών

ενέργειας. Η οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη έχει ως αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό των ενεργειακών αναγκών. Ιδίως με τη διαρκή βελτίωση του βιοτικού επιπέδου η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία των κτηρίων συνεχώς αυξάνει. Η αύξηση είναι τόσο ποσοτική, καθώς καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια σε απόλυτο μέγεθος, όσο και ποιοτική, επειδή χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο ο ηλεκτρισμός για την ψύξη των κτηρίων.

Ειδικότερα, η κατανάλωση τελικής ενέργειας στην Ελλάδα ήταν σχεδόν σταθερή την περίοδο 1990-1994 και η ποσότητα κατανάλωσης ήταν γύρω στα 15 Mtoe, αφαιρώντας τις μη ενεργειακές χρήσεις. Μεταξύ των ετών 1995-1996 η κατανάλωση τελικής ενέργειας αυξήθηκε κατά 6,5% περίπου, ενώ από τότε ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης είναι γύρω στο 2,5%. Συνολικά, η κατανάλωση τελικής ενέργειας αυξήθηκε κατά 50% περίπου, την περίοδο 1990-2006, κυρίως ως συνέπεια της οικονομικής ανάπτυξης (ΚΑΠΕ,2006).

Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα αυξήθηκε με μεγαλύτερο ρυθμό από το 1990. Η κύρια αύξηση προέρχεται από τον οικιακό και τον τριτογενή τομέα. Ειδικά ο οικιακός τομέας ήταν το 2006 ο μεγαλύτερος καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας με 177 TWh ετήσια κατανάλωση. Πρόκειται για ποσοστιαία αύξηση της τάξης του 94% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, όταν η κατανάλωση του οικιακού τομέα ήταν 91 TWh. Ενώ η βιομηχανία ήταν ο μεγαλύτερος καταναλωτής το 1990 με κατανάλωση 121 TWh, το 2006 έπεσε στην 3^η θέση με κατανάλωση 15 TWh και ποσοστό αύξησης 24% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Ο τριτογενής τομέας έχει πλέον μεγαλύτερη κατανάλωση από τον βιομηχανικό τομέα. Σημείωσε δε κατανάλωση της τάξης των 175 TWh το 2006, σε

σύγκριση με 56 TWh το 1990 παρουσιάζοντας μέσο ρυθμό αύξησης 77% το χρόνο και 215% συνολική αύξηση.

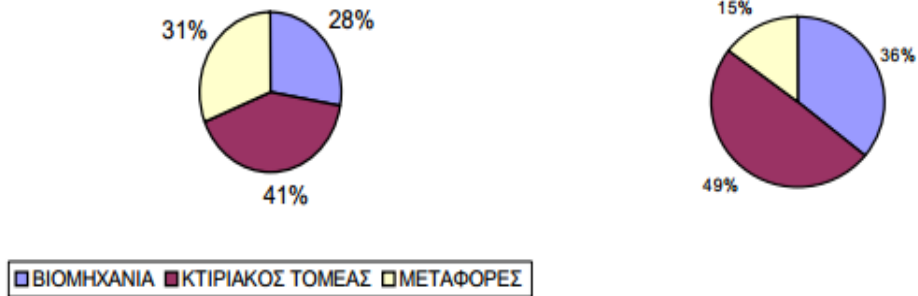
Το μεγαλύτερο ποσοστό πρωτογενούς ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο και ο άνθρακας. Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν. Συγχρόνως, οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, που αναπόφευκτα συνοδεύουν την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων, θεωρούνται υπεύθυνες για τη ρύπανση του περιβάλλοντος και για το «φαινόμενο του θερμοκηπίου», που τον αιώνα που διανύουμε ενδέχεται να επηρεάσει δυσμενώς τις κλιματολογικές συνθήκες οι οποίες είναι εξαιρετικά δύσκολο να αντιμετωπιστούν.

Η θέρμανση των κτηρίων στην Ελλάδα βασίζεται κυρίως στην χρήση του πετρελαίου. Για την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος, ο λιγνίτης παραμένει το κατεξοχήν καύσιμο συμμετέχοντας κατά 69%, ενώ με την κατανάλωση πετρελαίου παράγεται περίπου το 20% του απαιτούμενου ηλεκτρικού φορτίου (ποσοστά του 1996). Το υπόλοιπο 11% του ηλεκτρικού φορτίου καλύπτεται με τις υδατοπτώσεις και παράγεται από υδροηλεκτρικά εργοστάσια..

Ο κτηριακός τομέας απαιτεί σημαντική ποσότητα ενέργειας για τη λειτουργία του (θέρμανση, δροσισμός, φωτισμός, ζεστό νερό, λειτουργία συσκευών). Υπολογίζεται πως στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 41% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας δαπανάται για την κάλυψη των αναγκών των κτηρίων σε θέρμανση και ψύξη. Το αντίστοιχο ποσοστό για τις πρώην ανατολικές χώρες και τις χώρες της κεντρικής Ευρώπης ανέρχεται σε 49% (Σχήμα 1.1.2).

ΧΩΡΕΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ

ΧΩΡΕΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ



Σχήμα 1.1.2. Ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας ανά κλάδο σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Επίσης τα κτήρια καταναλώνουν ενέργεια και στις τρεις φάσεις του κύκλου ζωής τους:

- φάση κατασκευής,
- φάση λειτουργίας,
- φάση κατεδάφισης.

Στη φάση της κατασκευής η κατανάλωση ενέργειας σχετίζεται άμεσα με την παραγωγή των οικοδομικών υλικών που χρησιμοποιούνται, τη μεταφορά τους καθώς και τη λειτουργία των μηχανημάτων στην οικοδομή. Από αυτές τις ενεργειακές καταναλώσεις σημαντικότερη θεωρείται η πρώτη (UEST, 2006).

Στη φάση λειτουργίας, τα κτήρια καταναλώνουν ενέργεια προκειμένου να εξασφαλιστούν οι απαιτούμενες συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης, η κυκλοφορία ζεστού νερού χρήσης καθώς και η λειτουργία διαφόρων συσκευών και συστημάτων. Κατά συνέπεια, η ενεργειακή κατανάλωση τους εξαρτάται άμεσα από τη χρήση, το μοτίβο λειτουργίας, τη θέση του κτηρίου και τα υλικά διαμόρφωσης του.

Η φάση αυτή είναι και η πιο ενεργοβόρα λόγω της μεγαλύτερης διάρκειας και έντασης των καταναλώσεων. Αξίζει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, και ζεστό νερό χρήσης στον οικιακό και τριτογενή κτιριακό τομέα, αναλογεί στο 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη, ενώ μόλις το 28% στην βιομηχανία και το 32% στις μεταφορές (Ιωαννίδης, 2012).

Τέλος, κατά τη φάση της κατεδάφισης απαιτείται ενέργεια τόσο κατά την διενέργεια της όσο και κατά τη μεταφορά των αποβλήτων.

1.2 Ενεργειακή κατανάλωση στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, ο γενικός εκσυγχρονισμός συνοδευόμενος με την αδιαφορία για την εξοικονόμηση ενέργειας, οδήγησαν σε υπέρμετρες καταναλώσεις στον τομέα των κτηρίων και των υπηρεσιών. Το 1995, η χρήση ενέργειας στον οικιακό και τριτογενή τομέα για θέρμανση και ψύξη καθώς και για την παραγωγή θερμού νερού έφτασε τους 4.4 τόνους ισοδυνάμους πετρελαίου (ΤΠΠ). Έχει καταγραφεί ότι η θέρμανση των κτηρίων, παρόλο που είναι μια χώρα με ήπιο κλίμα, κατέχει σημαντικό μέρος των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων (69%) του τομέα των κατοικιών και του τριτογενούς, ακολουθούμενη από την παραγωγή ζεστού νερού (13%), τις ηλεκτρικές συσκευές, τη ψύξη και το φωτισμό (18%) (ιστοσελίδα Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας). (ΚΑΠΕ 1997). Η ανάγκη λοιπόν για εξοικονόμηση ενέργειας στον τομέα αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανής, καθώς καλύπτει περίπου το 36% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα. Επιπλέον, τα κτήρια στη χώρα μας ευθύνονται για πάνω από το 45% των

συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), βασικού αερίου του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Σημειώνεται ότι στην Ευρωπαϊκή ένωση, η χρήση συμβατικών καυσίμων στα συστήματα θέρμανσης των κτηρίων συμμετέχει κατά το 1/4 στη συνολική παραγωγή του διοξειδίου στις χώρες-μέλη.

Ως εναλλακτική λύση στο σημερινό μοντέλο ανάπτυξης προτείνεται η «βιώσιμη ανάπτυξη». Βασική φιλοσοφία της είναι η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και η όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη αποκατάσταση των οικοσυστημάτων του πλανήτη. Με αυτές τις αρχές έχει διαμορφωθεί ένα νέο πολιτικό και νομοθετικό πλαίσιο σε διεθνές, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο με βάση το οποίο προτείνεται η εξοικονόμηση ενέργειας και η χρήση ήπιων τεχνολογιών και μορφών ενέργειας προκειμένου να μειωθούν συνολικά οι επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αυτός είναι και ο λόγος που σε πολλές χώρες του κόσμου υιοθετούνται μέτρα προκειμένου να μειωθούν οι ρύποι στην ατμόσφαιρα. Οι ανανεώσιμες (ήπιες) πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία, ο ήλιος, το υδρογόνο και οι υδατοπτώσεις είναι πηγές ενέργειας των οποίων η προσφορά δεν εξαντλείται ποτέ.

Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών. Συγκεκριμένα, αναφορικά με την ηλιακή ενέργεια, η χώρα μας θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει ηλιακή ενέργεια για την κάλυψη μέχρι και του 1/3 των αναγκών της, αφού παράγει συνολικά 150.000 T.I.P. (τόνους

ισοδύναμου πετρελαίου). Η Ελλάδα μετά από πρόσφατη νομοθεσία (Ν.3468/06, ΦΕΚ 129Α, 27-6- 06) ενισχύει σημαντικά την παραγόμενη από ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρική ενέργεια, ενώ στόχος είναι έως το 2020 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να καλύπτουν το 20% της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας, από 5,5% που ήταν το έτος 2005 (Πίνακας 1.2.1).

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (ΤΟΝΟΙ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ * 10 ³)						
Είδος καυσίμου	1985	%	1995	%	2005	%
Πετρέλαιο	10.475	58,6	13.805	59,6	18.400	52,8
Λιγνίτης	6.200	34,7	8.435	36,4	11.350	32,5
Φυσικό αέριο					2.450	7,0
Ανανεώσιμες πηγές	870	4,8	720	3,1	1.925	5,5
Εισαγωγές	335	1,9	205	0,9	750	2,2
Σύνολο	17.880		23.165		34.875	

Πίνακας 1.2.1. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην Ελλάδα (Μηνιαίο τεχνικό περιοδικό Κτήριο, τεύχος 185, σελ. 52)

1.3 Νομοθετικό πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, πέρα από τα οικονομικά και λειτουργικά οφέλη που ενδέχεται να έχει για τους ιδιοκτήτες και τους χρήστες των κτηρίων, προσφέρει επίσης περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης επιφέρει οφέλη σε ατομικό, τοπικό, κρατικό και παγκόσμιο επίπεδο. Για παράδειγμα, η μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης σε ένα κτήριο που βρίσκεται μέσα σε μια πυκνοκατοικημένη πόλη όπως η Αθήνα, επιφέρει μείωση του κόστους ενέργειας για το χρήστη του κτηρίου (ατομικό όφελος), μείωση των βλαβερών για την υγεία ρύπων που εκπέμπονται στο ήδη επιβαρυνόμενο αστικό περιβάλλον της Αθήνας (τοπικό όφελος), μείωση της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας και του κόστους αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής

ρύπων (κρατικό όφελος) και μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (παγκόσμιο όφελος). Προκύπτει λοιπόν ότι το ζήτημα της εξοικονόμησης ενέργειας είναι σε μεγάλο βαθμό ένα κοινωνικό ζήτημα και πρέπει να υποστηριχθεί σε πολιτικό επίπεδο.

Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων είναι βασική προτεραιότητα των περισσότερων κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αρχικά η Ευρώπη εστίασε τις προσπάθειες της στο να αυξήσει την προσφορά ενέργειας και όχι τόσο στην μείωση της ζήτησης. Όταν το 1973 η Δανία εισήλθε στην ΕΕ τα πράγματα άρχισαν να αλλάζουν. Η Δανία έφερε μαζί της καινούριες ιδέες και πίεσε την Ευρώπη προς πολιτικές περιορισμού της ζήτησης για ενέργεια.

Ο πρώτος καρπός της συγκεκριμένης πολιτικής φάνηκε το 1987 σε μια πρόταση για μια κοινοτική οδηγία για ένα σύστημα ενεργειακού έλεγχου των κτηρίων των Ευρωπαϊκών χωρών. Η πρόταση αυτή δεν έλαβε την απαραίτητη στήριξη, οδήγησε όμως δύο χρόνια αργότερα το 1989 σε μία οδηγία για συγκεκριμένες δράσεις προς την ενεργειακή απόδοση (Specific Actions for Vigorous Energy Efficiency directive [SAVE]).

Η οδηγία αυτή σηματοδότησε μια νέα εποχή για την ΕΕ που άρχισε να δείχνει μεγαλύτερο ενδιαφέρον όχι μόνο για την ενεργειακή πολιτική της αλλά και την περιβαλλοντική. Η συγκεκριμένη οδηγία τέλος κατεύθυνε το 1993 στην εισήγηση έξι ιδεών πάνω στον κτηριακό τομέα που θα κατέληγαν αργότερα να είναι μέρος του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των Κτηρίων. (EPBD. Energy Performance of Buildings Directive).

Τα έξι αυτά σημεία είναι:

- Ενεργειακή πιστοποίηση των κτηρίων.
- Ξεχωριστή χρέωση για την θέρμανση, το ζεστό νερό, και τον κλιματισμό, βασισμένη στην πραγματική κατανάλωση.
- Χρηματοδότηση για έργα ενεργειακής απόδοσης σε δημόσια κτήρια.
- Ανάγκη για θερμική μόνωση στα κτήρια.
- Επιθεώρηση των λεβήτων.
- Ενεργειακοί έλεγχοι στις μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Ενδεικτικό της συντονισμένης προσπάθειας είναι η ψήφιση της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91/EC, σύμφωνα με την οποία τα κράτη μέλη καλούνται να θεσμοθετήσουν μεθοδολογίες υπολογισμού της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, καθώς και πρακτικές ενεργειακής πιστοποίησης με θέσπιση ανωτάτων ορίων ενεργειακής κατανάλωσης ανά κατηγορία κτηρίων και των σχετικών πιστοποιητικών που θα είναι απαραίτητα σε κάθε αγοραπωλησία ή ενοικίαση (Φρετζάγιας, 2008).

Πλέον υπάρχει πρόβλεψη για την κάλυψη των σχετικών ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής κατανάλωσης και σε ορισμένες περιπτώσεις ανακαίνισης υφιστάμενων κτηρίων (αναλόγως του μεγέθους τους και το βαθμού επεμβάσεων ανακαίνισης) (Ιωαννίδης, 2012).

Συνοψίζοντας τα βασικά χαρακτηριστικά αυτής της οδηγίας είναι τα εξής:

- θέτει τις βάσεις για την ανάπτυξη μιας κοινής μεθοδολογίας ως προς την αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων,

- ορίζει ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις για τα νέα κτήρια, καθώς και για την ανακατασκευή παλαιών κτηρίων μεγάλης επιφάνειας,
- θεσπίζει την υποχρεωτική ενεργειακή σήμανση των κτηρίων με έμφαση στο δημόσιο τομέα,
- επιβάλλει τον έλεγχο της απόδοσης των καυστήρων και της θερμομόνωσης των κτηρίων.
- επιβάλλει στους ιδιοκτήτες μεγάλων ακινήτων (συνολικής επιφάνειας άνω των 1.000 τ.μ.) που ανακατασκευάζουν τα κτήρια τους, την υποχρέωση να προχωρήσουν σε εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης σε περίπτωση που το κόστος της ανακατασκευής ξεπερνά το 25% της αξίας του ακινήτου,
- ενθαρρύνει τη χρήση ηλιακών συστημάτων και άλλων εφαρμογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

Απόρροια της οδηγίας 2002/91/EC ήταν η θέσπιση του ελληνικού Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) ως υλοποίηση του νόμου 3661/2008 «Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κτηρίων και άλλες διατάξεις». Ο Κ.Εν.Α.Κ. αποτελεί ουσιαστικά την πρώτη ολοκληρωμένη προσπάθεια καθορισμού σε εθνικό επίπεδο όλων των παραμέτρων που επιδρούν στην ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου. Με τον κανονισμό (ΚΕΝΑΚ) καθορίζεται η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοσή τους, ο τύπος και το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, τα αρμόδια για την εκπόνησή της πρόσωπα, η διαδικασία και η συχνότητα διενέργειας ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτηρίων, των λεβήτων, των εγκαταστάσεων θέρμανσης και των συστημάτων

κλιματισμού. Καθορίζεται επίσης ο τύπος και το περιεχόμενο του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης που προβλέπεται στο άρθρο 6, η διαδικασία έκδοσής του, ο έλεγχος αυτής και τα προς τούτο αρμόδια όργανα, το ύψος της δαπάνης έκδοσής του και ο τρόπος υπολογισμού της, τυχόν πρόβλεψη κινήτρων για την εφαρμογή πρόσθετων μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, καθώς και κάθε άλλο ειδικότερο θέμα ή αναγκαία λεπτομέρεια.

Η μέθοδος υπολογισμού περιλαμβάνει τουλάχιστον:

- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των στοιχείων του κτηρίου, περιλαμβανομένης και της αεροστεγανότητας.
- Την εγκατάσταση θέρμανσης και τροφοδοσίας θερμού νερού, περιλαμβανομένων και των χαρακτηριστικών των μονώσεων τους.
- Την εγκατάσταση κλιματισμού.
- Τον εξαερισμό και τον φυσικό αερισμό.
- Την ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού κτηρίων άλλων χρήσεων, πλην της κατοικίας.
- Τη θέση και τον προσανατολισμό των κτηρίων, περιλαμβανομένων και των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών.
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα, κατά το άρθρο 1 παρ.7α του Γ.Ο.Κ., και την ηλιακή προστασία.
- Τις επικρατούσες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες, περιλαμβανομένων και των επιδιωκόμενων.

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής εξοικονόμησης των κτηρίων και την εφαρμογή των επιμέρους ρυθμίσεων του Κανονισμού, τα κτήρια κατατάσσονται, κατά κατηγορία σε:

1. Κατοικίες διαφόρων τύπων, όπως μονοκατοικίες, διαμερίσματα και συγκροτήματα αυτών.
2. Πολυκατοικίες.
3. Γραφεία.
4. Εκπαιδευτικά κτήρια.
5. Νοσοκομεία.
6. Ξενοδοχεία και εστιατόρια.
7. Αθλητικές εγκαταστάσεις.
8. Κτήρια υπηρεσιών χονδρικού και λιανικού εμπορίου.
9. Κάθε άλλη κατηγορία κτηρίων που καταναλώνουν ενέργεια.

Συνεπώς, με τον Κ.Εν.Α.Κ θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτηριακό τομέα με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας (μείωση των θερμικών απαιτήσεων και ενεργειακών φορτίων για ζεστό νερό χρήσης, θέρμανση, αερισμό και ψύξη) και την προστασία του περιβάλλοντος (χρήση καυσίμων υψηλότερης ποιότητας και μείωση χρήσης συμβατικών καυσίμων, βελτίωση βαθμού απόδοσης εγκαταστάσεων, φυσικό αέριο, ΑΠΕ), με συγκεκριμένες δράσεις:

1. Εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων.
2. Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.

3. Ενεργειακή Κατάταξη Κτηρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης).
4. Ενεργειακές Επιθεωρήσεις κτηρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

Ωστόσο στις 19/05/2010 αναδιατυπώθηκε η οδηγία 2002/91/EC και προέκυψε η 2010/31/EU, η οποία:

- καλύπτει όλα τα κτήρια ανεξαρτήτως του μεγέθους τους,
- ορίζει ότι τα κράτη μέλη πρέπει να μεριμνήσουν έτσι ώστε: α) έως τις 31/12/2020 όλα τα νέα κτήρια να αποτελούν κτήρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, β) μετά τις 31/12/2018 τα νέα κτήρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας,
- επιβάλλει σε όλα τα κράτη μέλη τη θέσπιση και δημοσιοποίηση, τις αναγκαίες νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις: α) το αργότερο μέχρι τις 09/07/2012 για τη συμμόρφωση με τα άρθρα 2-18, 20 και 37, β) το αργότερο μέχρι τις 09/07/2013 για τη συμμόρφωση με τα υπόλοιπα άρθρα (πλην του άρθρου 12 για το οποίο ορίζεται η 31/12/2015) (Οδηγία 2010/31/EE).

Κατά συνέπεια σύμφωνα με τη νεότερη οδηγία αναδεικνύεται η σημασία των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης κτηρίων και των Ενεργειακών Επιθεωρήσεων.

2. Διατηρητέα κτήρια και παραδοσιακή αρχιτεκτονική

2.1 Διατηρητέα κτήρια

Η αρχιτεκτονική κληρονομιά αποτελεί μια αναντικατάστατη έκφραση πλούτου της πολιτιστικής κληρονομιάς και ανεκτίμητη μαρτυρία του παρελθόντος μας. Στην έννοια της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς περιλαμβάνονται παραδοσιακά κτήρια, οικιστικά σύνολα, παραδοσιακοί οικισμοί, ιστορικά κέντρα πόλεων και γενικότερα τα στοιχεία του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος με ιδιαίτερη ιστορική, πολεοδομική, αρχιτεκτονική, λαογραφική, κοινωνική και αισθητική φυσιογνωμία και αξία.

Κριτήρια για τον χαρακτηρισμό ενός κτηρίου ως διατηρητέου αποτελούν:

1. Αξιόλογα μορφολογικά και αρχιτεκτονικά στοιχεία τα οποία προσδίδουν ιδιαίτερη αρχιτεκτονική αξία στο κτήριο, το οποίο μπορεί να αποτελέσει σημείο αναφοράς και ιστορικότητας για την περιοχή στην οποία βρίσκεται.
2. Λόγω θέσης. Το κτήριο μπορεί να αποτελεί ενιαίο σύνολο με άλλα πλέον αξιόλογα κτήρια και να είναι απαραίτητη η διατήρησή του λόγω κλίμακας ή ολοκλήρωσης ενός συνόλου π.χ. ενός μετώπου δρόμου (κτήριο "συνοδείας").

Ένα κτήριο μπορεί να χαρακτηριστεί ως διατηρητέο ύστερα από πρόταση Φορέων ή ιδιωτών, ή μεμονωμένα από το ΥΠΕΚΑ. Η προστασία και ανάδειξη της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς αποτελεί υποχρέωση της Ελληνικής πολιτείας, αφ' ενός στα πλαίσια της επιταγής του άρθρου 24 (παράγραφος 6) του Συντάγματος και αφ' έτερου ως απόρροια διεθνών υποχρεώσεων της χώρας τις οποίες έχει κυρώσει νομοθετικά το Ελληνικό κράτος (όπως πχ η Σύμβαση της Γρανάδας).

Η συστηματική ενασχόληση του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (πρώην ΥΠΕΧΩΔΕ) με θέματα προστασίας της αρχιτεκτονικής μας κληρονομιάς ανάγεται στα τέλη της δεκαετίας του '70 .

Η συνεισφορά του ΥΠΕΚΑ στο ζήτημα της προστασίας και διαχείρισης της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς συνίσταται στην εξειδικευμένη νομοθετική κάλυψη του αντικειμένου, τόσο σε πολεοδομικό επίπεδο όσο και σε κτηριακό όπως στους παραδοσιακούς οικισμούς, στα ιστορικά κέντρα πόλεων, στα διατηρητέα κτήρια, καθώς και στην αποκατάσταση των ελευθέρων χώρων των παραδοσιακών οικισμών των ιστορικών κέντρων πόλεων και των περιοχών ιδιαίτερου πολεοδομικού ενδιαφέροντος.

Έχει δημιουργηθεί από τα μέσα της δεκαετίας του '70 και μέχρι σήμερα αρχείο που περιλαμβάνει τους Παραδοσιακούς Οικισμούς και τα Διατηρητέα Κτήρια που αξιολογήθηκαν από την αρμόδια υπηρεσία του Υπουργείου και προστατεύονται με Προεδρικά Διατάγματα ή Αποφάσεις Υπουργού Π.Ε.Κ.Α. (και παλαιότερα Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, Υ.Χ.Ο.Π, Υ.Δ.Ε.). Μέσω του Αρχείου το κοινό έχει πρόσβαση σε βασικά στοιχεία που σχετίζονται με το προστατευόμενο αντικείμενο (ΦΕΚ χαρακτηρισμού, περιγραφή κ.α.). Από τις αρμόδιες υπηρεσίες έχουν χαρακτηριστεί χιλιάδες κτήρια στην Ελλάδα ως έργα τέχνης, ιστορικά διατηρητέα μνημεία ή απλά ως διατηρητέα. Από αυτά τα περισσότερα είναι εκκλησίες, νεοκλασικά και εκλεκτικιστικά κτήρια, κτήρια λαϊκής αρχιτεκτονικής και κτίσματα ή συγκροτήματα κτηρίων βιομηχανικής αρχαιολογίας (Σπανουδάκης, 1992).

Η βάση δεδομένων του ΥΠΕΚΑ(ΥΠΕΚΑ,2012) περιλαμβάνει στον ελληνικό χώρο 9.567 διατηρητέα κτήρια και 824 παραδοσιακούς οικισμούς. Το μεγαλύτερο μέρος των διατηρητέων κτηρίων της χώρας βρίσκεται στον Δήμο Αθηναίων στον οποίο υπάγονται 2.868 διατηρητέα κτήρια και ακολουθούν το Ναύπλιο με 352, η Πάτρα με 329 και τα Ιωάννινα με 111 διατηρητέα κτήρια.

Σύμφωνα με το ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο, η προστασία των διατηρητέων κτηρίων είναι ένα ολόκληρο φάσμα επεμβάσεων που αρχίζει από το χαρακτηρισμό και την καταγραφή τους σε μητρώα μέχρι και την αποκατάστασή τους.

2.2 Παραδοσιακή αρχιτεκτονική και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά

Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική είναι σύμφωνα με τον Κίζη «... η λαϊκή, όπως συνηθίστηκε να λέγεται η μη σχεδιασμένη αρχιτεκτονική, που επαναλαμβάνει, με βραδεία εξέλιξη, προηγούμενες αυτογενείς μορφές... έργο εμπειροτεχνών ή και των ίδιων των κατοίκων... Συντεχνιακή αρχιτεκτονική» (Κίζης, 1995). Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική είναι το σύνολο του δομημένου χώρου, όπως διαμορφώνεται σε κάθε τόπο, στην προ-βιομηχανική περίοδο. Αφορά μεμονωμένα κτίσματα (κατοικίες, σχολεία, εκκλησίες, χάνια, γεφύρια, κ.λπ.), συγκροτήματα κτισμάτων (το παραδοσιακό σπίτι περιλαμβάνει την κατοικία και μικρότερα άλλα κτίσματα σε άμεση σχέση με αυτή - αποθήκη, φούρνος, μαγειρείο, κ.λπ.), οργανωμένα σύνολα κτισμάτων, τα οποία συνθέτουν τους οικισμούς, αλλά και σύνολα οικισμών. Τους δύο τελευταίους αιώνες της Οθωμανικής κυριαρχίας, το χτίσιμο του σπιτιού αποτελεί σημαντική υπόθεση. Ο νοικοκύρης ξοδεύει

σημαντικά ποσά για να το χτίσει και να το στολίσει, αφού αποτελεί μέσο κοινωνικής προβολής (Κίζης, 1995).

Σε παγκόσμιο επίπεδο χρησιμοποιείται ο όρος της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής (vernacular architecture) για να αποδώσει την κατασκευαστική πρακτική η οποία περιορίζεται από φυσικά διαθέσιμα μέσα με σκοπό να καλύψει τις ανάγκες μιας κοινωνίας σε χώρους διαβίωσης και εργασίας, μέσω επιλογών ανθεκτικών στον χώρο και στο χρόνο. Κατά συνέπεια, η μόρφωση της παραδοσιακής κατασκευής καθορίζεται από τους περιορισμούς του φυσικού περιβάλλοντος αξιοποιώντας στο μέγιστο δυνατό τις δυνατότητες που αυτό παρέχει, προκειμένου να πετύχει τις βέλτιστες συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό των κτηρίων και των οικισμών. Σύμφωνα με την Εγκυκλοπαίδεια της Παραδοσιακής Αρχιτεκτονικής του κόσμου (Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World), η παραδοσιακή αρχιτεκτονική αφορά τα σπίτια και γενικότερα όλα τα κτήρια των ανθρώπων, τα οποία έχουν άμεση σχέση με το φυσικό περιβάλλον τους και τους διαθέσιμους φυσικούς πόρους, είναι ιδιωτικά ή δημόσια, και χρησιμοποιούν παραδοσιακές τεχνολογίες (Oliver 1997).

Οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν το σχεδιασμό στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική είναι το κλίμα και ο πολιτισμός. Στα θερμά κλίματα προτιμώνται οι ελαφριές κατασκευές με ανοίγματα που επιτρέπουν το διαμπερή ή κατακόρυφο αερισμό., ενώ τα κτήρια στα ψυχρά κλίματα έχουν μεγάλη θερμική μάζα ή σημαντική θερμομόνωση και μικρά (ή καθόλου) ανοίγματα. Επίσης, ποικίλει η μορφή των κτηρίων ανάλογα με το ύψος των κατακρημνισμάτων της περιοχής, έτσι τα επίπεδα δώματα συνήθως δεν συναντώνται σε περιοχές με πολλές βροχές.

Ενώ στις περιοχές με δυνατούς ανέμους, επιχειρείται τέτοια ογκοπλαστικότητα έτσι ώστε η επιφάνεια που εκτίθεται προς αυτούς να είναι η ελάχιστη.

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι η παραδοσιακή αρχιτεκτονική αποτελεί πολύτιμη πηγή γνώσεων και βάση δεδομένων για τη σύγχρονη βιοκλιματική δόμηση. Το γεγονός αυτό διαφαίνεται όχι μόνο στα δείγματα της ελληνικής παραδοσιακής αρχιτεκτονικής, αλλά και στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική των λαών του κόσμου, αφού τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες που αφορούν τη διερεύνηση των βιοκλιματικών χαρακτηριστικών της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής σε διεθνή κλίμακα.

Επομένως, η παραδοσιακή αρχιτεκτονική αποτελεί μια πολυδιάστατη αξία που πρέπει να διατηρηθεί, αφού δεν έχει μόνο περιβαλλοντικό χαρακτήρα αλλά και κοινωνικό, οικονομικό και πολιτιστικό. Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική δημιουργεί οπτική μνήμη που ανταποκρίνεται στις ρίζες της εξέλιξης της κοινωνίας. Επιπλέον, μέσω της διατήρησής της χρησιμοποιείται το υφιστάμενο κτηριακό δυναμικό και κατά συνέπεια η επαναχρησιμοποίηση παραδοσιακών κτηρίων για την κάλυψη σύγχρονων αναγκών μπορεί να μειώσει την ολική δαπάνη ενώ παράλληλα αποτρέπεται η εντατική εκμετάλλευση της γης (Καλογήρου & Σαγιά, 2010).

Ωστόσο, η σύγχρονη αρχιτεκτονική θα πρέπει να βασίζεται στην παράδοση αλλά παράλληλα να ικανοποιεί τις νέες ανάγκες, να αντικατοπτρίζει τις σύγχρονες δομές και να αξιοποιεί τα νέα τεχνολογικά μέσα πέρα από τα στενά όρια του οπτικού μιμητισμού (Ξανθόπουλος 1982). Επιπλέον, η τάση παγκοσμιοποίησης και ομοιογενοποίησης της αρχιτεκτονικής των τελευταίων χρόνων τελικά ανέδειξε και

ενίσχυσε την ανάγκη και επιθυμία για κτήρια και περιβάλλοντες χώρους με τοπικό χαρακτήρα και πολιτισμική ταυτότητα (Cole & Lorch 2003).

Το σύνολο της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής δημιουργείται εξολοκλήρου από τους λαϊκούς (ανώνυμους) τεχνίτες (μάστορες) - λαϊκή αρχιτεκτονική. Οι μάστορες είναι οργανωμένοι σε συντεχνίες, ομάδες (μπουλούκια, συνάφια) και ταξιδεύουν από τόπο σε τόπο, σε όλη την Ελλάδα αλλά και έξω απ' αυτή (Καλογήρου, 2009).

Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική κατασκευάζεται από τα υλικά του τόπου στον οποίο δημιουργείται (δεν υπάρχει δυνατότητα μεταφοράς υλικών) και σύμφωνα με τις χωρικά και χρονικά ισχύουσες κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες. Απόρροια αυτού του γεγονότος αποτελεί η μεγάλη μορφολογική και κατασκευαστική διαφοροποίηση που παρουσιάζει, αλλά και ομοιότητες. Επιπλέον, η εξαιρετική ποικιλομορφία του ελληνικού τοπίου, βουνό, πεδιάδα, νησί, ευθύνεται για την αντίστοιχη μορφολογική διαφοροποίηση της αρχιτεκτονικής κάθε περιοχής (ηπειρωτική, μακεδονική, κυκλαδίτικη, κ.λπ.) (Καλογήρου, 2009) .

Ωστόσο θα πρέπει να αναφερθεί ότι ακόμη και σε όμοιους, γεωγραφικά, χώρους η αρχιτεκτονική διαφοροποιείται τοπικά, ανάλογα με τις κάθε φορά περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνθήκες (βλ. αρχιτεκτονική διαφορετικών ορεινών περιοχών της Ηπείρου, της Μακεδονίας, της Θράκης). Η ανάγκη για ικανοποίηση όμοιων αναγκών (στέγη, εργασία, κ.λπ.), η χρησιμοποίηση όμοιων κατασκευαστικών υλικών αλλά και οι μετακινήσεις των μαστόρων ευθύνονται για τις μορφολογικές ομοιότητες της αρχιτεκτονικής (Καλογήρου, 2009).

Χαρακτηριστικό της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής είναι η βιωσιμότητά της - η αντοχή της στο χρόνο και το χώρο. Η παραδοσιακή κατασκευή, καθοδηγούμενη

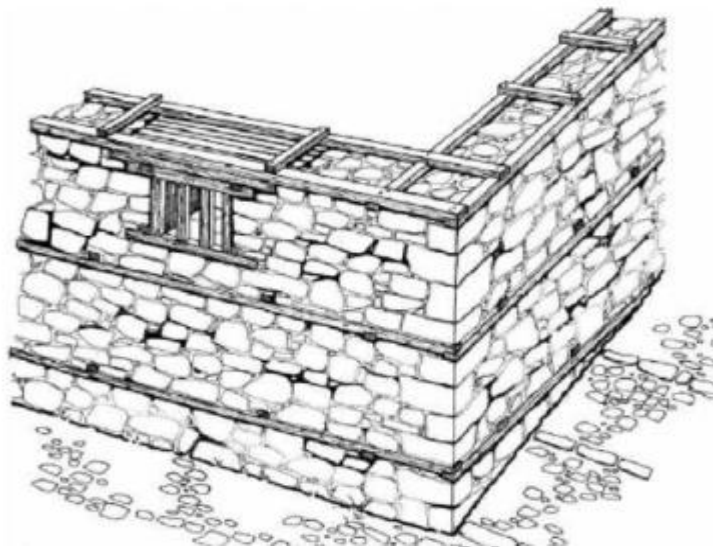
από τους περιορισμούς του φυσικού περιβάλλοντος και ελλείπει άλλων επιλογών, αξιοποιεί στο μέγιστο δυνατό τις δυνατότητες που αυτό παρέχει. Επίσης, η δομή ενός παραδοσιακού οικισμού αντικατοπτρίζει, μεταξύ άλλων, τον τρόπο ζωής και εργασίας (Γιαννακοπούλου, 2008).

Επιπλέον, η παραδοσιακή αρχιτεκτονική εμπεριέχει τα χαρακτηριστικά της αειφορίας διότι μέσω της χρήσης των τοπικών υλικών αφενός ελαχιστοποιείται το κόστος παραγωγής και καταναλώνονται οι ελάχιστα δυνατού ενεργειακοί πόροι και αφετέρου τα υλικά αυτά μπορούν να θεωρηθούν ως ανακυκλώσιμα και αποικοδομήσιμα από την φύση (Παπαπέτρου, 2008). Επιπλέον, τα κτήρια ενσωματώνονται πλήρως στο φυσικό τοπίο (ΕΜΠ, 2009).

2.3 Μορφολογία και οικοδομική της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής

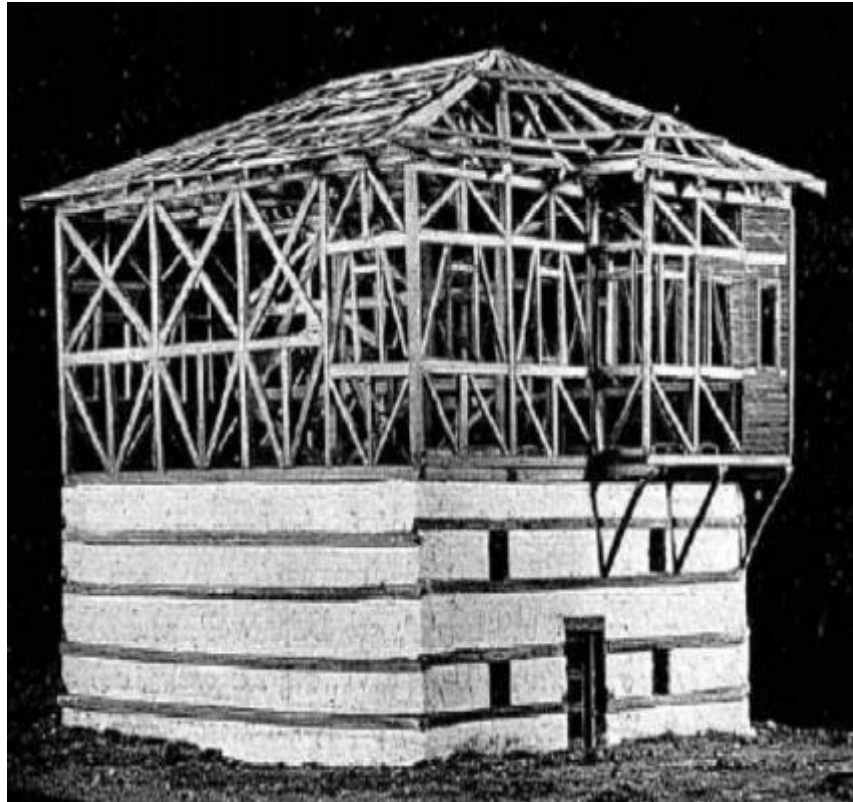
Τα κύρια υλικά κατασκευής ενός παραδοσιακού κτηρίου είναι η πέτρα, το ξύλο και η λάσπη. Τα κύρια χαρακτηριστικά της δομής ενός κτηρίου με παραδοσιακή αρχιτεκτονική είναι :

- Κατακόρυφα φέροντα στοιχεία (τοιχοποιίες): Συνήθως η βάση του κτηρίου αποτελείται από φέρουσες λιθοδομές κατασκευασμένες από αργούς λίθους. Στο σώμα της τοιχοποιίας αναπτύσσονται οριζόντιοι ελκυστήρες από ξύλινα στοιχεία, οι ονομαζόμενες ξυλοδεσιές (Σχήμα 2.3.1.) οι οποίοι εξασφαλίζουν τη λειτουργία των διασταυρούμενων τοιχοποιιών ως ενιαίου δομικού στοιχείου.



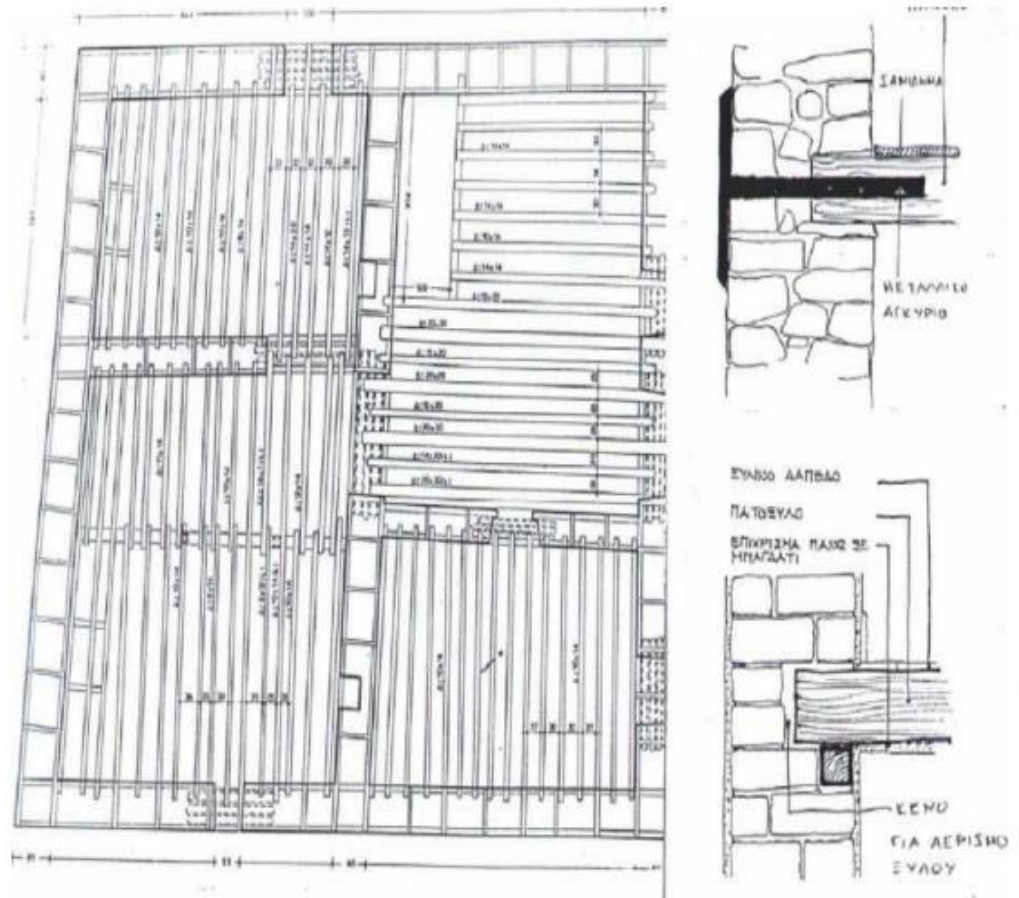
Σχήμα 2.3.1. Παράδειγμα προοπτικής απεικόνισης πέτρινου τοίχου με ξυλοδεσιές

Στους ανώτερους ορόφους των κτηρίων ο φέρων οργανισμός είναι κατασκευασμένος από ξύλινα στοιχεία (ξυλόπηκτες κατασκευές), χωρίς να αποκλείεται η εμφάνιση της κατασκευής αυτής και σε τοίχους ισογείων, τα οποία αποτελούν δικτυώματα από κατακόρυφους στύλους, οριζόντιες δοκούς και διαγώνια στοιχεία που εξασφαλίζουν το απαραμόρφωτο της κατασκευής (Σχήμα 2.3.2.). Στις ξυλόπηκτες κατασκευές ο ξύλινος φέρων οργανισμός πληρώνεται με πλιθιά ή οπτόπλινθους (τσατμάς) είτε επενδύεται και από τις δυο πλευρές με καρφωτά πηγάκια, πλεκτά κλαδιά ή καλάμια (μπαγδατί) (Καλογήρου, 2009).



Σχήμα 2.3.2. Πρόπλασμα τυπικού μακεδονικού σπιτιού ενδεικτικό της μεικτής κατασκευής από πέτρα και ξύλο

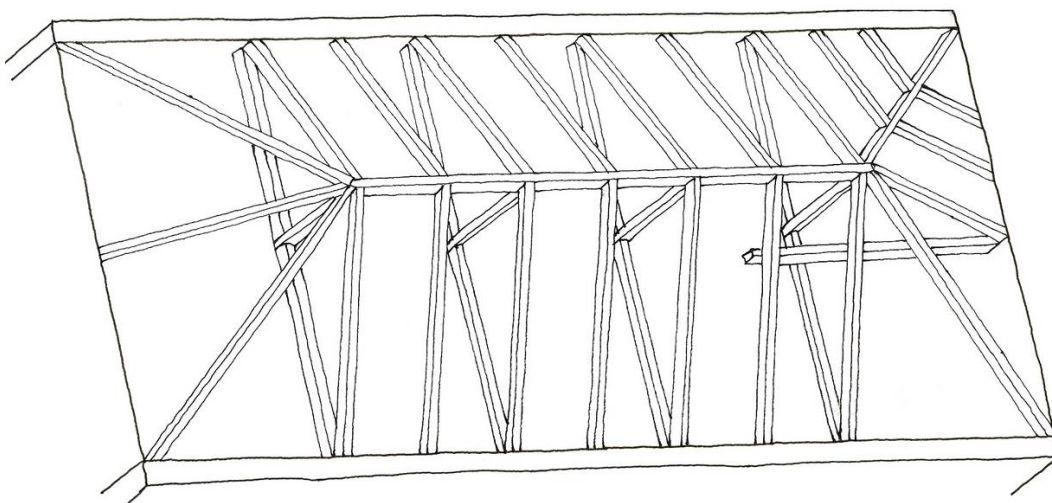
- Οριζόντια φέροντα στοιχεία: Τα πατώματα αποτελούν σύστημα ξύλινων δοκών διατεταγμένων παράλληλα μεταξύ τους σε αποστάσεις των 40 – 50 εκ. (Σχήμα 2.3.3.). Οι δοκοί εδράζονται στην τοιχοποιία είτε απευθείας είτε μέσω διαμήκους δοκού που εξασφαλίζει σωστή κατανομή των φορτίων στον τοίχο (Σχήμα 2.3.3.).



Σχήμα 2.3.3. Διάταξη οριζόντιων φερόντων στοιχείων

- Στέγη: Οι στέγες (Σχήμα 2.3.4.) αποτελούν ιδιαίτερο κομμάτι του παραδοσιακού οικισμού, γιατί επιδρούν στον τρόπο ένταξης των κτηρίων στο φυσικό περιβάλλον εξαιτίας των πλούσιων χρωμάτων που δίνουν τα κεραμίδια. Ως προς την κατασκευή τους, το κύριο φέρον τμήμα της-το οποίο συγκρατεί τα φορτία της επικάλυψης, τα βάρη του χιονιού και τις πιέσεις του ανέμου- αποτελείται από σύνθετα, τριγωνικά, δύσκαμπτα κυρίως δικτυώματα από ξύλινα δοκάρια, τα οποία ονομάζονται ζευκτά. Όταν το ζευκτό αποτελείται από δύο απλά δοκάρια, υπάρχουν πλάγιες ωθήσεις στους τοίχους. Επειδή οι τοίχοι δεν είναι συνήθως ικανοί να εξουδετερώσουν τις ωθήσεις αυτές, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός

οριζόντιου δοκαριού που συνδέει τα δύο κάτω άκρα και ονομάζεται ελκυστήρας. Οι κατακόρυφοι στύλοι, οι οποίοι υπάρχουν στα ζευκτά χρησιμεύουν κυρίως για να μειώνουν τις κάμψεις των ζευκτών ονομάζονται μπαμπάδες (τεγοστάτες).



Σχήμα 2.3.4. Αξονομετρική απεικόνιση φέροντος συστήματος στέγης

- Δώματα-θόλοι: Χαρακτηριστικό σύστημα στήριξης των ορόφων στα κτήρια του οικισμού είναι η χρήση θόλων (Σχήμα 2.3.5.). Ο χώρος που διαμορφωνόταν κάτω από το θόλο, ανάλογα με το ύψος του και το αν είναι ισόγειος ή υπόγειος, αποκτούσε κάποια χρήση. Άλλοτε ήταν χώρος όπου έβαζαν τα ζώα, άλλοτε αποθηκευτικός. Συχνή είναι η σύνδεση του ορόφου με το χώρο κάτω απ' το θόλο με ξύλινη καταπακτή. Πιθανό είναι επίσης να εκμεταλλεύονταν τη θερμότητα που εξέπεμπαν τα ζώα, για θέρμανση του ορόφου πάνω από το θόλο.



Σχήμα 2.3.5. Απεικόνιση τυπικού θόλου

2.4 Βιοκλιματικά και ενεργειακά αποδοτικά χαρακτηριστικά των παραδοσιακών κατασκευών

Στο σύνολο της ελληνικής παραδοσιακής αρχιτεκτονικής, γίνεται αντιληπτή η αξιοποίηση και η ενσωμάτωση, στην κατασκευή των οικισμών και των κτηρίων, των στοιχείων του φυσικού περιβάλλοντος - μορφολογία εδάφους, κλιματικές συνθήκες, προσανατολισμός, βλάστηση, κ.λ.π.. Με τον τρόπο αυτό, ο παραδοσιακός τεχνίτης κατάφερε να εξασφαλίσει τις μέγιστες συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό τόσο των κτηρίων όσο και των οικισμών - ηλιασμός, αερισμός, θερμομόνωση, δροσισμός, φωτισμός. Η αξιοποίηση των στοιχείων του φυσικού περιβάλλοντος κατά τον παραδοσιακό σχεδιασμό προέκυψε ως επίλυση αντίστοιχων αναγκών, δεδομένης της έλλειψης των σημερινών μέσων τεχνολογίας, ενώ ταυτόχρονα φανερώνει τη βαθιά γνώση των περιορισμών και των δυνατοτήτων του φυσικού περιβάλλοντος - αποτέλεσμα της μακραίωνης

συμβίωσης των τοπικών κοινωνιών με τη φύση. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία οικισμών απόλυτα ενσωματωμένων στο τοπικό, φυσικό τους περιβάλλον, λειτουργικά και αισθητικά άρτιων. Μέχρι σήμερα η παραδοσιακή αρχιτεκτονική αποτελεί πολύτιμη πηγή γνώσεων και βάση αναφοράς για τη σύγχρονη βιοκλιματική δόμηση.

Στην ελληνική παραδοσιακή αρχιτεκτονική η αξιοποίηση του τοπίου, του προσανατολισμού, των «ντόπιων» υλικών δόμησης, η οργάνωση του χώρου με βάση τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, καθώς και άλλοι παράγοντες αποτέλεσαν τα εργαλεία που αξιοποιήθηκαν προς όφελος ενός καλού και οικονομικού μικροκλίματος οίκησης και αποτέλεσαν τα βασικά κριτήρια στο σχεδιασμό της κατοικίας αλλά και γενικότερα στην ανάπτυξη των οικιστικών συνόλων. Σε μια αναλυτική αναφορά στα εργαλεία αυτά της ελληνικής παραδοσιακής αρχιτεκτονικής σημασία έχουν:

A. Τοπίο - Προσανατολισμός.

« Το να κάνεις αρχιτεκτονική δεν είναι να βρεις το τέλειο κτήριο και μετά να το τοποθετήσεις στο οικόπεδο που έχεις, αλλά για το οικόπεδο που έχεις να σχεδιάσεις το κτήριο εκείνο που του ταιριάζει καλύτερα». (Αρης Κωνσταντινίδης, 1978.)

Αφετηρία της οικοδόμησης των οικισμών και της κατοικίας κατά την περίοδο αυτή, αποτελεί η επιλογή της τοποθεσίας με γενικό κριτήριο τη γεωμορφολογία, τις κλιματικές συνθήκες και τους υπάρχοντες φυσικούς πόρους και ειδικότερο τη θέση της ως προς τον ήλιο, τον άνεμο και τη γειτνίαση με το νερό. Η προστασία

από τους βόρειους ανέμους και η αξιοποίηση του νότιου προσανατολισμού, όπου παρατηρείται η μεγαλύτερης διάρκειας ηλιοφάνεια κατά το χειμώνα, τα φυσικά δροσερά αέρια ρεύματα, το σταθερό έδαφος και η υψηλή βλάστηση όπως και οι φυσικές πηγές νερού εκτιμήθηκαν ως προτερήματα μιας καλής τοποθεσίας. Έτσι, οι οικισμοί στα ηπειρωτικά τμήματα αναπτύσσονται στις νότιες πλαγιές των βουνών, ώστε ο ορεινός όγκος πίσω τους να λειτουργεί ανασχετικά ως προς τους βόρειους ανέμους. ενώ τα ανοίγματα των σπιτιών τους είναι στραμμένα προς το νότο. Στα νησιά αντίστοιχα, η επιλογή της θέσης τους αλλά και ο τρόπος ανάπτυξής τους έγινε με κριτήριο όχι μόνο την προστασία τους από τους ανέμους, αλλά και τις υψηλές θερμοκρασίες κατά το θέρος. Οι τελευταίες αποτελούν, μεταξύ άλλων, την αιτία για την οποία υιοθετήθηκε η πυκνή και συνεχής δόμηση ή η διαπλοκή των κτιριακών όγκων, ώστε ενώ ο κύριος προσανατολισμός παραμένει ο νότιος, εξασφαλίζεται παράλληλα κατά το θέρος ο σκιασμός του ενός κτηρίου από το άλλο δημιουργώντας ένα μικροκλίμα δροσιάς. Τα νησιά είναι επίσης και οι περιοχές στις οποίες η αναζήτηση της προστασίας τους από τον άνεμο και τη ζέστη σε συνδυασμό με την απουσία επαρκούς νερού και βλάστησης οδήγησε στη δημιουργία των υπόσκαφων κτηρίων και οικισμών.

B. Κάτοψη.

Στη μικροκλίμακα της κατοικίας η οργάνωση της κάτοψης του σπιτιού έπαιξε καθοριστικό ρόλο για τη δημιουργία ενός θετικού μικροκλίματος βιολογικής άνεσης. Μολονότι υπάρχουν κατά τόπους διαφοροποιήσεις ως προς το σχήμα της, η βασική φιλοσοφία του σχεδιασμού της διακρίνεται στο Μακεδονίτικο σπίτι. Η μορφή της κάτοψής του σε σχήμα «πι» δημιουργεί μια κεντρική εσοχή, το

«λιακωτό» στραμμένο απευθείας στο νότο. Η επίστεψη του σπιτιού με στέγη είναι εντούτοις ορθογώνια, εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη σκίαση του «λιακωτού» κατά τη διάρκεια του θέρους. Συχνά υπάρχει ένας χώρος προσαρτημένος στον όγκο του κτηρίου ή ένας διάδρομος σε όροφο κλεισμένος με τζαμαρία. Το χειμώνα τα τζάμια είναι κλειστά λειτουργώντας ως θερμοκήπιο, ενώ το καλοκαίρι ανοίγουν και λειτουργεί ως ημιυπαίθριος στεγασμένος χώρος, που προστατεύει από τον ήλιο την πλευρά αυτή του κτηρίου. Η θέρμανση κατά τη διάρκεια της νύχτας επιτυγχάνεται με το τζάκι σε κάθε δωμάτιο που συνήθως τοποθετείται στη βόρεια πλευρά του, ώστε η θερμότητα που παράγεται να αντισταθμίζει άμεσα το ψύχος που φυσιολογικά υπάρχει στην πλευρά αυτή.

Στους νησιωτικούς οικισμούς αντίστοιχα, η κάτοψη είναι συνήθως ορθογώνια, ενώ το σύνολο του κελύφους έχει κιβωτιόσχημη μορφή – κύβος - συχνά με στρογγυλεμένες γωνίες, ημισφαιρικούς θόλους και μικρά ανοίγματα. Η αρχιτεκτονική αυτή οργάνωση βασίζεται στην γεωμετρική αρχή ότι όσο μικρότερη είναι η συνολική εξωτερική επιφάνεια του κτηρίου τόσο λιγότερη είναι και η ποσότητα της απορροφώμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Πρόκειται λοιπόν για μια συνειδητή συστολή της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου, που επιτυγχάνεται με τη χρήση της καμπύλης και των μικρών γενικά επιφανειών που βρίσκονται εκτεθειμένες στο εξωτερικό περιβάλλον. Η καμπύλωση επίσης των ακμών και των γωνιών σε πολλές περιπτώσεις, σχετίζεται τόσο με την αποφυγή των αέριων στροβίλων που επιτείνουν την ψύξη, καθώς οι περιοχές αυτές έχουν πολλούς και δυνατούς ανέμους σε όλη τη διάρκεια του έτους, όσο και με τη σμίκρυνση του εξωτερικού κελύφους. Η στέγη με κλίση είναι εκείνη που εξασφαλίζει την απομάκρυνση της υγρασίας (βροχή – χιόνι) από τον χώρο της κατοικίας, αλλά

προσφέρει επίσης μια ουσιαστική μείωση των θερμικών απωλειών από το δώμα που είναι εκτεθειμένο περισσότερο από κάθε άλλη εξωτερική πλευρά του σπιτιού στις καιρικές συνθήκες. Ο αέρας ανάμεσα στη στέγη και την οροφή του σπιτιού λειτουργεί ως άριστο μονωτικό μέσον τόσο κατά τις θερμές, όσο και κατά τις ψυχρές ημέρες του χρόνου. Όταν η επίστεψη είναι επίπεδη – νησιά - μονώνεται θερμικά με πυκνές στρώσεις αποξηραμένων φυκιών, άχυρων ή βούρλων, που δημιουργούν ένα σύμπλεγμα ελαφρού υλικού και μικροχώρων αέρα που εξουδετερώνει με φυσικό και αποτελεσματικό τρόπο την υπερθέρμανση. Αξίζει να σημειωθεί ότι ένα σημαντικό στοιχείο στην αρχιτεκτονική παράδοση όλης της Μεσόγειου αποτελούν οι «ενδιάμεσοι χώροι ζωής». Πρόκειται για τις στοές - υπόστυλους χώρους περιμετρικά των κτηρίων - τα διαβατικά - στεγασμένα περάσματα ανάμεσα στα κτήρια - αλλά και τους ημιυπαίθριους χώρους, ανοικτές στεγασμένες περιοχές ενσωματωμένες στο κτήριο. Η σκίαση που προσφέρουν λειτουργεί ηλιοπροστατευτικά, αλλά και ως μέσον δροσισμού του, εφόσον δημιουργούν φυσικά κανάλια ροής του αέρα.

Γ. Δομικά υλικά.

Τα υλικά δόμησης στο παραδοσιακό ελληνικό σπίτι είναι εκείνα που ήδη υπάρχουν στο φυσικό του περίγυρο. Πέτρα, χώμα, άχυρο, ξύλα. Η επεξεργασία τους είναι απλή και με φυσικά μέσα. Η πέτρα με υψηλό συντελεστή θερμικής αδράνειας που μεγιστοποιείται με το αυξημένο πάχος της στα 80 εκατοστά, λειτουργεί σαν μια φυσική επιδερμίδα του κτηρίου που προστατεύει θερμοκρασιακά τον εσωτερικό χώρο αλλά συμβάλλει και στην καλή ποιότητα του αέρα του επιτρέποντας τη διαπνοή του κτηρίου. Το χώμα, δουλεμένο με νερό και άχυρο και αποξηραμένο

στον ήλιο, δίνει τους πλίνθους που επίσης έχουν υψηλή μονωτική ισχύ, τριπλάσια από εκείνη του τσιμέντου. Το χόμα χρησιμοποιείται ακόμη ως κύριο συστατικό του σοβά καθώς ο ασβέστης είναι ένα δυσεύρετο και ακριβό υλικό, το οποίο όμως αυξάνει τη θερμική αντίσταση του κελύφους του κτηρίου. Το ξύλο, που χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή των κουφωμάτων έχει επίσης τριπλάσια μονωτική ισχύ σε σχέση με τα σύγχρονα μονωτικά κουφώματα (PVC). Πρόκειται για υλικά που είναι από βιολογική άποψη φιλικά προς τον άνθρωπο, δεν περιέχουν δηλαδή τοξικούς / καρκινογόνους ρύπους, επικίνδυνους για την υγεία του και δεν εκλύουν τέτοιους ρύπους κατά τη διάρκεια εφαρμογής τους και μέχρι την καταστροφή τους, απαιτούν χαμηλό κόστος συντήρησης και διαθέτουν τεράστιες αντοχές.

Δ. Αερισμός – ηλιασμός

Ο αερισμός του χώρου της κατοικίας, σημαντικός τόσο από την άποψη της υγείας – καθαρισμός της ατμόσφαιρας από θετικά ιόντα, υγρασία κλπ – όσο και την άποψη του αισθήματος της θερμοκρασιακής άνεσης εξασφαλίζεται στο παραδοσιακό σπίτι με απλούς τρόπους. Οι φεγγίτες αναλαμβάνουν βασικά αυτό τον ρόλο. Πρόκειται για μικρότερα ανοίγματα σε ψηλότερη στάθμη που διευκολύνει την απαγωγή του θερμού αέρα που συγκεντρώνεται στο επίπεδο της οροφής. Η βόρεια πλευρά έχει πολύ μικρά ή καθόλου ανοίγματα - ελαχιστοποιώντας τις θερμικές απώλειες- τα οποία ανοίγουν για δροσισμό και αερισμό κατά τη διάρκεια του θέρους. Τα διαμπερή και σταυροειδή ρεύματα αέρος που δημιουργούνται με την ενεργοποίηση του συνδυασμού ανοιγμένοι φεγγίτες -

παράθυρα εξασφαλίζουν τον αερισμό και το δροσισμό του εσωτερικού χώρου. Αξιοσημείωτη είναι η τεχνολογία των παραθύρων. Στην ηπειρωτική Ελλάδα είναι ξύλινα κουφώματα με υαλωτές επιφάνειες διαιρεμένες σε δύο μέρη που έχουν τη δυνατότητα να σύρονται προς τα πάνω ή προς τα κάτω, δημιουργώντας φεγγίτες αερισμού ή δροσισμού, όταν αυτό είναι απαραίτητο. Αντίστοιχα, τα πετάσματα (πατζούρια) είναι από συμπαγές ξύλο που μπορούν κατά περίπτωση ν' ανοίγουν ως σκίαστρα πάνω από το άνοιγμα του παραθύρου, ενώ όταν παραμένουν κλειστά λειτουργούν μονωτικά αποκόπτοντας τις θερμικές απώλειες του τζαμιού. Τα καφασωτά φιλτράροντας το φως προσφέρουν επίσης την επιθυμητή σκίαση. Στη νότια πλευρά τα ανοίγματα είναι μεγαλύτερα και πολλές φορές συνθέτουν μεγάλες τζαμαρίες για αποθήκευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στα νησιά τα ανοίγματα είναι γενικά μικρά για αποφυγή της θάμβωσης από τον υπερβολικό φωτισμό αλλά και για έλεγχο των θερμοκρασιακών μεταβολών. Τα πετάσματα έχουν ανάλογη κατασκευή με εκείνη της ηπειρωτικής Ελλάδας. Οι εξώστες, αντίθετα με τα σπίτια των ορεινών περιοχών προεξέχουν – όπου υπάρχουν – από το σώμα του κτηρίου και εκτίθενται έτσι στη θαλάσσια αύρα. Οι καμινάδες επίσης, ως ανοίγματα οροφής δημιουργούν κατακόρυφο ρεύμα αέρα που επίσης συμβάλλει στο δροσισμό του χώρου. Στα υπόσκαφα και ημι-υπόσκαφα κτήρια τα ανοίγματα της μοναδικής όψης είναι μικρά περιορίζοντας την εισχώρηση της θερμότητας κατά το θέρος και την απώλειά της κατά το χειμώνα. Η θολωτή στέγαση δίνει μεγάλο εσωτερικό ύψος που επιτρέπει την κυκλική κίνηση του αέρα.

Ε. Ο ρόλος της βλάστησης.

Η βλάστηση στην παραδοσιακή κατοικία αποτελεί μέρος της και κατέχει ένα ρυθμιστικό ρόλο σε ό,τι αφορά τη σκίαση – ηλιοπροστασία αλλά και τη μόνωση – δροσισμό της. Είναι γεγονός ότι τα φυλλώματά δεν υπερθερμαίνονται – αντίθετα προς τις περισσότερες επιφάνειες σκιασμού – και δεν παγιδεύουν τον αέρα, ο οποίος καθώς διέρχεται δροσίζεται μέσω της εξάτμισης. Τα φυλλοβόλα δέντρα στη νότια πλευρά του σπιτιού προσφέρουν τη σκιά τους κατά το θέρος, ενώ αφήνουν ανεμπόδιστα την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας κατά το χειμώνα. Τα αναρριχητικά φυτά συνήθως με τη μορφή της οριζόντιας ανάπτυξής τους πάνω στην πέργκολα, όπως για παράδειγμα η κληματαριά, δημιουργούν την απαιτούμενη σκίαση στους ανοικτούς χώρους του σπιτιού. Επίσης, σε κατακόρυφη ανάπτυξη, στους δυτικούς και ανατολικούς τοίχους λειτουργούν μονωτικά. Στη βόρεια πλευρά της κατοικίας ή στην κατεύθυνση των κύριων ανέμων, τα αειθαλή δέντρα – κυπαρίσσια, κωνοφόρα - σε πυκνή φύτευση δημιουργούν ένα φυσικό ανεμοφράκτη.

ΣΤ. Ο ρόλος του χρώματος.

Η ιδιότητα του χρώματος να δρα απορροφητικά ή ανακλαστικά ανάλογα με την ένταση, τον κορεσμό και τη φωτεινότητά του φαίνεται ν' αποτελεί πολύ παλιά γνώση, η οποία αξιοποιήθηκε πολύ νωρίς και στα κτήρια. Κλασσικό παράδειγμα αποτελεί το λευκό χρώμα στους νησιωτικούς οικισμούς. Ο υψηλός βαθμός ανακλαστικότητάς του συμβάλλει στην απομάκρυνση σημαντικού μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας και μειώνει κατά συνέπεια την υπερθέρμανση του κελύφους του κτηρίου. Αντίστοιχα στα βόρεια τμήματα της ηπειρωτικής Ελλάδας συναντά

κανείς πιο ζεστά, θερμοαπορροφητικά χρώματα στις προσόψεις των κτισμάτων, όπως η όχρα και η τερακότα, με χαρακτηριστικό παράδειγμα που σώζεται ως τις μέρες μας τα μοναστήρια του Αγίου Όρους.

3. Ενεργειακή απόδοση παραδοσιακών και διατηρητέων κτηρίων

Μετά από ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας για τη διερεύνηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των παραδοσιακών κτηρίων, μνημείων και κτηρίων παραδοσιακής αρχιτεκτονικής παρακάτω παρουσιάζονται τα δείγματα μελετών.

Τίτλος : Θερμική Προσομοίωση Ενεργειακής Συμπεριφοράς Διατηρητέου Κτηρίου

Συγγραφείς : Ιωαννίδης Κλ. (2012)

Αντικείμενο : Προσομοίωση της θερμικής συμπεριφοράς διατηρητέου κτηρίου στα Ιωάννινα με χρήση δύο λογισμικών προγραμμάτων (TAS και TEE-KENAK)

Τίτλος : Energy enhancement of listed building in the centre of Thessaloniki

Συγγραφείς : Lykogianni E. and Sofianou E. (2012)

Αντικείμενο : Διερεύνηση της ενεργειακής απόδοσης διατηρητέου κτηρίου στη Θεσσαλονίκη με χρήση δύο λογισμικών προγραμμάτων (TEE-KENAK και DIAL).

Τίτλος : Ταξινόμηση των παραγόντων που συμβάλλουν στα ζητήματα αειφορίας σε επιλεγμένα παραδοσιακά και βιοκλιματικά κτήρια κατοικιών της Μαλαισίας

Συγγραφείς : Roslan B. Talib and Mohd Z. Sulieman (2012)

Αντικείμενο : Ιστορική αναδρομή στα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής και των δομικών υλικών τα οποία μπορούν να αναπροσαρμοστούν στις σύγχρονες απαιτήσεις του περιβαλλοντικού και βιώσιμου σχεδιασμού των κτηρίων.

Τίτλος : Παθητικές τεχνικές στα παραδοσιακά κτήρια των παράκτιων περιοχών της Ινδίας (Nagarattinam, TamilNadu): μια ποιοτική και ποσοτική ανάλυση

Συγγραφείς : Shanthi Priya Radhakrishnan (2011)

Αντικείμενο : Σε μία επιλεγμένη παραδοσιακή κατοικία χωρίς επεμβάσεις πραγματοποιήθηκε:

- Ποιοτική αξιολόγηση: με βάση την αρχιτεκτονική τυπολογία, τις κατασκευαστικές τεχνικές, τα δομικά υλικά.
- Ποσοτική αξιολόγηση: με βάση πραγματικές μετρήσεις χρησιμοποιώντας ένα σύστημα αισθητήρων-αποθήκευσης δεδομένων (Mini Metrological Station).

Οι μετρήσεις αφορούσαν:

- θερμοκρασία τοίχου/οροφής,
- θερμοκρασία αέρα εσωτερικού/εξωτερικού χώρου,
- σχετική υγρασία εσωτερικού/εξωτερικού χώρου,

- ταχύτητα αέρα εσωτερικού/εξωτερικού χώρου.

Τίτλος : Διερεύνηση των στρατηγικών σχεδιασμού των κατοικιών στο Vietnam ως προς την απόκριση τους στο τοπικό κλίμα

Συγγραφείς : Anh-Tuan Nguyen, Quoc-Bao Tran, Duc-Quang Tran, Sigrid Reiter (2011)

Αντικείμενο : Αξιολόγηση των σχεδιαστικών αρχών των παραδοσιακών κατοικιών ως προς τη φυσική των κτηρίων. Μεθοδολογική προσέγγιση:

1. διάκριση κλιματικών ζωνών,
2. συστηματική ανάλυση,
3. επιτόπια έρευνα,
4. προσομοίωση.

Εξετάστηκαν 6 κατοικίες σε αστικό περιβάλλον και στην ύπαιθρο, σε 3 διαφορετικές κλιματικές ζώνες. Μετρήθηκαν η θερμοκρασία αέρα, η υγρασία, η ταχύτητα αέρα και το επίπεδο φωτισμού στο εσωτερικό των κτηρίων και στο περιβάλλοντα χώρο (τυπική ημέρα θέρους και τυπική ημέρα χειμώνα). Εκτιμήθηκε η ικανοποίηση των συνθηκών άνεσης με βάση τις πραγματικές μετρήσεις (PMV analysis). Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας:

- Computatuonal Fluid Dynamics,
- Ecotect Analysis,
- COMFIE.

Τίτλος : Θερμικές ιδιότητες κελυφών παραδοσιακών κτηρίων: η περίπτωση των "Sassi di Matera" και "Trulli di Alberobello"

Συγγραφείς : Nicola Cardinale, Gianluca Rospi, Pietro Stefanizzi, Valentina Augenti (2011)

Αντικείμενο : Μελέτη που περιλαμβάνει επιτόπιες μετρήσεις των θερμουγρασιακών ιδιοτήτων των δομικών στοιχείων (τοιχοποιίες από ασβεστολιθικό ψαμμίτη και ασβεστόλιθο) του κελύφους δύο ιστορικών κτηρίων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε συνδυασμό με την εκτέλεση προσομοιώσεων έδειξαν ότι επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής άνεσης κατά την θερινή περίοδο (με τη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου να μην ξεπερνάει τους 26ο C) ενώ η θερμική αδράνεια αυτών των στοιχείων συμβάλλει και στην σταθεροποίηση των εσωτερικών θερμοκρασιακών διακυμάνσεων κατά τη χειμερινή περίοδο.

Τίτλος : Αρχιτεκτονική δομή και περιβαλλοντική απόδοση των παραδοσιακών κτηρίων στη Φλώρινα, ΒΔ Ελλάδα.

Συγγραφείς : Οικονόμου Α., Μπουγιατιώτη Φλ. (2011)

Αντικείμενο : Τεκμηρίωση και ανάλυση των αρχιτεκτονικών και βιοκλιματικών χαρακτηριστικών δείγματος κατοικιών του 19ου και 20ου αιώνα. στη Φλώρινα. Εκτίμηση της θερμικής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων (εφαρμογή Ecotect & Transmittancia για τον υπολογισμό U-value και χρόνου υστέρησης). Αξιολόγηση

των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης (επιτόπιες μετρήσεις και προσομοίωση με το ecotect).

Τίτλος : Παθητικό σύστημα ελέγχου του περιβάλλοντος στη παραδοσιακή αρχιτεκτονική της Kerala για ένα άνετο εσωτερικό περιβάλλον: μια ποιοτική και ποσοτική ανάλυση.

Συγγραφείς : Dili A.S., Naseer M.A., Zacharia Varghese T. (2010)

Αντικείμενο : Ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση του βιοκλιματικού χαρακτήρα παραδοσιακής κατοικίας με την οποία αποδεικνύεται η επίτευξη συνθηκών άνεσης στη διάρκεια όλου του έτους μέσω της εφαρμογής παθητικών τεχνικών.

Τίτλος : Διερεύνηση των βιοκλιματικών χαρακτηριστικών της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του Μετσόβου-Δυνατότητες προσαρμογής σύγχρονων τρόπων δόμησης.

Συγγραφείς : Καλογήρου X., Σαγιά Α. (2010)

Αντικείμενο : Αναγνώριση της αρχιτεκτονικής φυσιογνωμίας του οικισμού (παλιάς και σύγχρονης). Εντοπισμός των βιοκλιματικών χαρακτηριστικών της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής και των διατηρητέων κτηρίων. Αποτύπωση των σύγχρονων οικοδομικών τάσεων. Διερεύνηση των δυνατοτήτων προσαρμογής των βιοκλιματικών συστημάτων και αρχών στη σύγχρονη αρχιτεκτονική του οικισμού και διατύπωση προτάσεων.

Τίτλος : Εκτίμηση πεδίου της θερμικής συμπεριφοράς των ιστορικών κατοικιών στη Γαλλία.

Συγγραφείς : Cantin R., Burgholzer J. , Guarracino G. , Moujalled B., Tamelikecht S., Royet B.G. (2009)

Αντικείμενο : Επιλέχθηκαν 10 ιστορικά κτήρια (μη θερμομονωμένα) και ένα σύγχρονο (θερμομονωμένο), σε διαφορετικές περιοχές της Γαλλίας. Μεθοδολογική προσέγγιση:

1. αρχιτεκτονική αποτύπωση και αξιολόγηση (δομικά υλικά, γεωμετρικά χαρακτηριστικά, συστήματα ψύξης, θέρμανσης, κλιματισμού και μοτίβο χρήσης),
2. επιτόπιες συνεχείς μετρήσεις διάρκειας 1 έτους (θερμοκρασία και υγρασία εσωτερικού χώρου & περιβάλλοντος),
3. θερμογραφική αποτύπωση (διάκριση διαφοροποιήσεων στη δομή του κελύφους, εντοπισμός θερμογεφυρών, αξιολόγηση της θερμικής συμπεριφοράς των κατασκευαστικών τεχνικών),
4. επεξεργασία δεδομένων: υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, συσχέτιση εσωτερικών και εξωτερικών συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας.

Κύριο συμπέρασμα: η μέση τιμή κατανάλωσης ενέργειας των ιστορικών κτηρίων είναι μικρότερη της αντίστοιχης τιμής πιο σύγχρονων κτηρίων.

Τίτλος : Η επίδραση της αβεβαιότητας των κλιματικών δεδομένων στα αποτελέσματα της προσομοίωσης της θερμικής συμπεριφοράς παραδοσιακών κατοικιών.

Συγγραφείς : Moujalled B., Cantin R., Guarracino G. (2009)

Αντικείμενο : Υπολογισμός των ενεργειακών καταναλώσεων μιας παραδοσιακής κατοικίας χρησιμοποιώντας ένα εργαλείο κανονισμού ενεργειακής απόδοσης (3CL), ένα εργαλείο ενεργειακής επιθεώρησης (ECPRO) και ένα εργαλείο δυναμικής προσομοίωσης (TRNSYS). Η αξιολόγηση των 2 πρώτων εργαλείων έδειξε ότι υπερεκτιμούν ή υποεκτιμούν αντίστοιχα την ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ZNX. Επίσης από την ανάλυση ευαισθησίας βρέθηκε ότι σημαντικό ρόλο παίζει το χρονικό βήμα των κλιματικών δεδομένων (ωριαίο, μέσο μηνιαίο κ.λπ.).

Τίτλος : Η παθητική και ενεργειακά αποδοτική αρχιτεκτονική των Hammams της Μεσογείου.

Συγγραφείς : Jean Bouillot (2008)

Αντικείμενο : Αξιολογούνται η δομική σύνθεση και οι κατασκευαστικές τεχνικές των λουτρών σε χώρες της Μεσογείου, σχετικά με την επίδραση των κλιματικών συνθηκών στη διαμόρφωση τους και την ενεργειακή απόδοσή τους.

Τίτλος : Βιοκλιματικά στοιχεία και σχεδιαστικές αρχές της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής της Βόρειας Ελλάδας.

Συγγραφείς : Οικονόμου Α. (2008)

Αντικείμενο : Παρουσίαση της τυπολογίας, της μορφολογίας, των δομικών υλικών και των οικοδομικών τεχνικών παραδοσιακών κτηρίων σε πόλεις και οικισμούς της Βόρειας Ελλάδας.

Τίτλος : Αξιολόγηση της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής από την άποψη της φυσικής των κτηρίων: παλιά σπίτια στο Diyarbakir.

Συγγραφείς : Mujgan Serefhanoglu Sozen, Gulay Zorer Gedik (2007)

Αντικείμενο : Τα παραδοσιακά σπίτια του Diyarbakir αποτελούν επιτυχημένα παραδείγματα κτηρίων προσαρμοσμένων στις περιβαλλοντικές συνθήκες μιας περιοχής με θερμό και ξηρό κλίμα. Η διάταξη τους, η μορφή της κάτοψης, τα στοιχεία του οικοδομικού κελύφους και τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται σε αυτά, αξιολογούνται υπό το πρίσμα της φυσικής των κτηρίων.

Τίτλος : Ανάκτηση της ισπανικής παραδοσιακής κατασκευής ως πρότυπο βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

Συγγραφείς : Ignacio Canas, Silvia Martin (2004)

Αντικείμενο : Μελέτη 212 οικισμών της χώρας και καταγραφή των βιοκλιματικών στρατηγικών που υιοθετούνται στα δείγματα παραδοσιακής αρχιτεκτονικής

Τίτλος : Ενεργειακή προσομοίωση ιστορικών κτηρίων: η καθολική εκκλησία St. Louis, Castroville, Texas.

Συγγραφείς : Anat Geva (1998)

Αντικείμενο : Προσομοιώνεται σε Η/Υ ένα ιστορικό κτήριο προκειμένου να διερευνηθεί η ενεργειακή του συμπεριφορά.

Τίτλος : Θερμική συμπεριφορά μιας αθηναϊκής κατοικίας του 18ου αιώνα.

Συγγραφείς : Τασσιοπούλου Τ., Grindley P. C., Probert S. D. (1996)

Αντικείμενο : Προσομοιώθηκε η συμπεριφορά μιας κατοικίας στην Πλάκα με εφαρμογή του TAS. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν:

- η κατοικία είχε ιδιαίτερα ικανοποιητική συμπεριφορά το καλοκαίρι,
- η εφαρμογή θερμομόνωσης θα βελτίωνε την ενεργειακή συμπεριφορά το χειμώνα, αλλά δεν θα εξασφάλιζε συνθήκες άνεσης το καλοκαίρι.

Από το πλήθος των μελετών αποδεικνύεται ότι υπάρχει η τάση για διερεύνηση των αρχών που διέπουν την παραδοσιακή αρχιτεκτονική και την οικοδομική τεχνική των ιστορικών κτηρίων, προκειμένου η γνώση αυτή να αξιοποιηθεί τόσο στις σύγχρονες κατασκευές όσο και στη διατήρηση αυτών των κτηρίων. Όλες οι μελέτες

καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα κτήρια κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να ανταποκρίνονται στις κλιματικές και γεωμορφολογικές συνθήκες, με υλικά της περιοχής, σε αρμονία και με σεβασμό προς το φυσικό περιβάλλον και τον πολιτισμό.

3.1 Συνθετική ανάλυση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Στην ενότητα αυτή έχει γίνει επιλογή των μελετών που έχουν μεγαλύτερη συνάφεια με τη περίπτωση της παρούσας εργασίας και θα παρουσιασθούν αναλυτικότερα τα βασικά σημεία τους.

Σύμφωνα με τη μελέτη σχετικά με τη θερμική συμπεριφορά διατηρητέου πέτρινου κτηρίου παραδοσιακής αρχιτεκτονικής στο ιστορικό κέντρο της πόλης των Ιωαννίνων (Γ' κλιματική ζώνη) του Ιωαννίδη (2012) εφαρμόζοντας το πρόγραμμα TEE-KENAK προέκυψαν τα εξής ενδιαφέροντα συμπεράσματα:

- Η θερμοχωρητικότητα συμβάλλει σημαντικά στη μείωση του φορτίου ψύξης.
- Το κτήριο μελέτης εμφανίζει μάλλον μια «άκαμπτη» συμπεριφορά ως προς το απαιτούμενο φορτίο ψύξης το οποίο είναι χαμηλότερο από το αντίστοιχο του κτηρίου αναφοράς (ενεργειακά η συμπεριφορά του τη θερινή περίοδο κρίνεται αρκετά αποδοτική).
- Η επίδραση του περιβάλλοντος και των μικροκλιματικών συνθηκών αποδείχθηκε κρίσιμης σημασίας. Η αμυντική αρχιτεκτονική (μικρή αναλογία εκτεθειμένων επιφανειών/όγκου, μικρά ποσοστά ανοιγμάτων και

συνεχής δόμηση) φαίνεται να διαδραματίζει αρκετά σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων.

Σενάριο		Υπό θεώρηση κτήριο		Κτήριο αναφοράς	
		Φορτίο (kWh/m ²)		Φορτίο (kWh/m ²)	
α/α	Περιγραφή	Θέρμανσης	Ψύξης	Θέρμανσης	Ψύξης
	Υφιστάμενη κατάσταση	123,3	2,4	41,2	8,0

Πίνακας 3.1.1. Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα κύρια δομικά στοιχεία του κελύφους.

Οι Lykogianni & Sofianou (2012) διερεύνησαν την ενεργειακή συμπεριφορά ενός διατηρητέου κτηρίου στο κέντρο της Θεσσαλονίκης (Γ' κλιματική ζώνη). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποίησαν δύο διαφορετικά λογισμικά εργαλεία, το TEE-KENAK και το DIAL. Στο υπό θεώρηση κτήριο σύμφωνα με τα αποτελέσματα του TEE-KENAK το κτήριο κατατάσσεται στη Γ' ενεργειακή κλάση απαιτώντας 270,5kWh/m² συνολικής πρωτογενούς ενέργειας. Η τιμή αυτή πλησιάζει στην αντίστοιχη του κτηρίου αναφοράς η οποία είναι 261,1kWh/m². Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κτήριο διαθέτει σύγχρονες ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και διπλούς υαλοπίνακες (δεν διαθέτει όμως θερμομόνωση).

Ως προς την απαιτούμενη ενέργεια για κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, αυτή ανέρχεται σε 76,8kWh/m², η οποία είναι σημαντική μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή του κτηρίου αναφοράς. Αντιθέτως, η απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη (75,9kWh/m²) είναι χαμηλότερη από αυτή του κτηρίου αναφοράς (77,1kWh/m²).

Τελική χρήση	Κτήριο αναφοράς (kWh/m ²)	Κτήριο μελέτης (kWh/m ²)
Θέρμανση	53,0	76,8
Ψύξη	77,1	75,9
Ζεστό νερό χρήσης	61,3	49,3
Φωτισμός	69,7	69,5
Σύνολο	261,1	270,5
Ενεργειακή κατάταξη	-	Γ

Πίνακας 3.1.2. Ενεργειακές καταναλώσεις διατηρητέου κτηρίου σύμφωνα με τα αποτελέσματα του TEE-KENAK

Η αξιολόγηση του κτηρίου με χρήση του DIAL οδήγησε σε λίγο δυσμενέστερα αποτελέσματα για τις αντίστοιχες καταναλώσεις για τη θέρμανση. Συγκεκριμένα τα αποτελέσματα είναι για τη θέρμανση 83,4 kWh/m². Ωστόσο, τα αποτελέσματα δείχνουν σημαντικά χαμηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις για τη ψύξη 42kWh/m². Επίσης, αξίζει να τονισθεί η καλή ενεργειακή συμπεριφορά κατά τη θερινή περίοδο.

Όροφος	Ενέργεια για θέρμανση (kWh/m ²)	Ενέργεια για ψύξη (kWh/m ²)
Ισόγειο	84	29
Ημιώροφος	72	29

1 ^{ος}	65	42
2 ^{ος}	105	44
3 ^{ος}	91	27
4 ^{ος}	315	32
5 ^{ος}	345	92
Μέση τιμή	83,4	42

Πίνακας 3.1.3. Ενεργειακές καταναλώσεις διατηρητέου κτηρίου σύμφωνα με τα αποτελέσματα του DIAL.

Σύμφωνα με τη μελέτη των Kalogirou et al (2012) που αφορά στην ενεργειακή αξιολόγηση υφιστάμενων κτηρίων πολλαπλών χρήσεων νεώτερης κατασκευής, επίσης στην πόλη της Θεσσαλονίκης, αυτά κατατάχθηκαν σύμφωνα με το TEE-KENAK σε χαμηλότερες ενεργειακές κλάσεις (Δ-Z) από το διατηρητέο κτήριο μελέτης των Lykogianni & Sofianou (2012). Για τα αμόνωτα αυτά κτήρια της μελέτης υπολογίσθηκε ότι η απαιτούμενη πρωτογενής ενέργεια για θέρμανση κυμαίνεται από 105,3kWh/m² έως 198,4kWh/m². Αυτές οι τιμές είναι σημαντικά μεγαλύτερες από αυτή του διατηρητέου κτηρίου στη Θεσσαλονίκη που μελέτησαν οι Lykogianni & Sofianou.

TABLE 6 Primary energy consumption per use

End use (kWh/m ²)	Building B1		Building B2		Building B3		Building B4		Building B5	
	Exist.	Refer.	Exist.	Refer.	Exist.	Refer.	Exist.	Refer.	Exist.	Refer.
Heating	117,2	35.4	105.3	35.8	172.2	63.8	198.4	33.4	74.4	34.4
Cooling	50.1	20.8	17.7	12.7	36.7	28.0	72.0	35.9	35.0	23.9
Hot water	15.1	12.7	86.4	74.5	15.1	12.7	15.1	12.7	12.6	10.7
Lighting	92.6	71.5	159.3	77.2	97.6	71.5	68.4	71.5	50.4	44.1

Πίνακας 3.1.4. Ενεργειακές καταναλώσεις των κτηρίων της μελέτης των Kalogirou et al (2012)

Συνεπώς, τα διατηρητέα κτήρια μπορεί να εμφανίζουν καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά συγκριτικά με κτήρια νεώτερης κατασκευής (τα οποία είναι επίσης αμόνωτα).

Κτήρια με πολύ κοντινά χαρακτηριστικά σε σχέση με το αρχοντικό της εργασίας, δηλαδή με πέτρινη (στο ισόγειο) και ξύλινη (στον α' όροφο) κατασκευή, στην περιοχή της Φλώρινας (Δ' κλιματική ζώνη) εξέτασαν οι Oikonomou & Bougiatioti (2011). Σύμφωνα με την προσομοίωση που πραγματοποίησαν (με χρήση του λογισμικού Ecotect) ο ισόγειος χώρος του κτηρίου μελέτης κατά τη πιο κρύα μέρα του χειμώνα εμφάνισε μια σχεδόν σταθερή θερμοκρασία στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου της τάξης των 0°C (επίδραση της θερμοχωρητικότητας), ενώ η εξωτερική θερμοκρασία ήταν χαμηλότερη των -12°C.

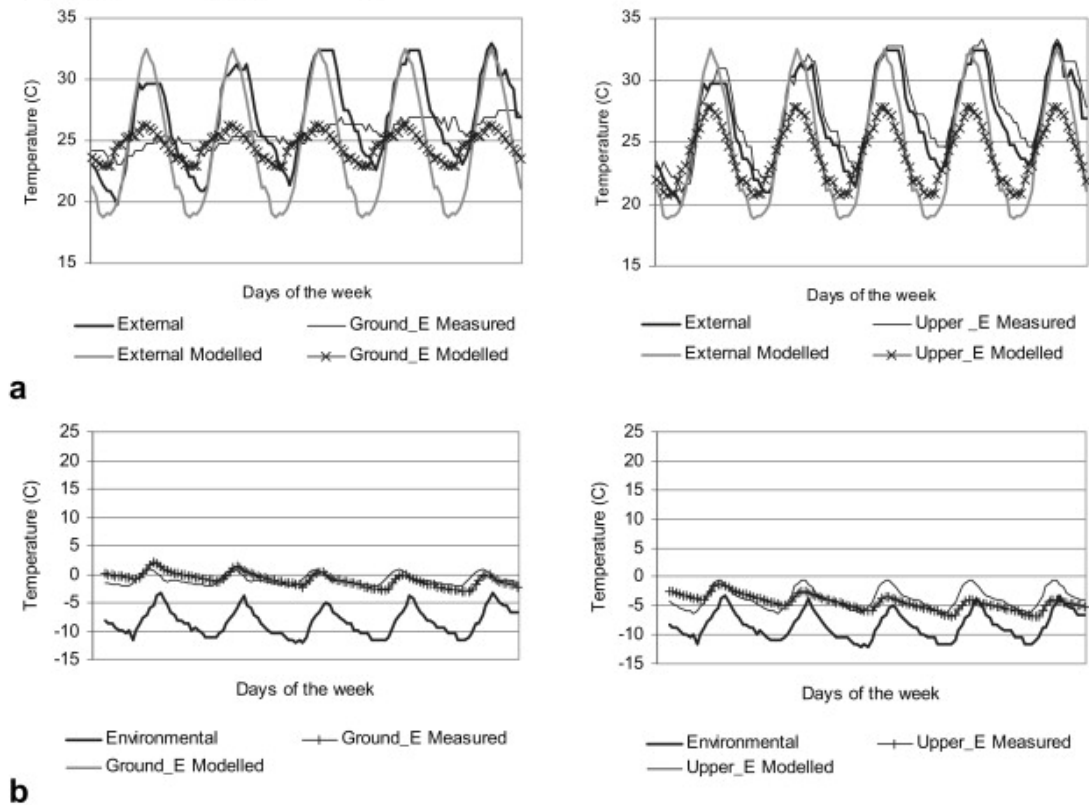
Κατά την πιο θερμή ημέρα (με διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας από 22°C έως 34°C) στους χώρους του α' ορόφου (ξύλινη ελαφριά κατασκευή) η διακύμανση της θερμοκρασίας εκτιμάται από 25°C έως 29°C.

Στην περίπτωση που εφαρμοστεί ο φυσικός αερισμός ως στρατηγική βιοκλιματικού σχεδιασμού για το δροσισμό, τότε η θερμοκρασιακή διακύμανση εκτιμάται από 23,5°C έως 27,5°C.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η επίδραση της ελαφριάς κατασκευής σε συνδυασμό με τον φυσικό αερισμό συμβάλλει στην επικράτηση χαμηλότερων εσωτερικών θερμοκρασιών στον α' όροφο συγκριτικά με το ισόγειο κατά 1-2°C.

Το αποτέλεσμα αυτό ενισχύει την ορθότητα της ύπαρξης διακριτών δωματίων διαβίωσης (χειμερινού και καλοκαιρινού) στην παραδοσιακή κατοικία αναλόγως

της εποχής. Τέλος, το διαφορετικό μοντέλο διακύμανσης της εσωτερικής θερμοκρασίας μεταξύ βαριάς και ελαφριάς κατασκευής είναι εμφανές στο Σχήμα 3.1.1.



Σχήμα 3.1.1. Θερμική ανάλυση διώροφης παραδοσιακής κατοικίας στη Φλώρινα για τυπική θερινή (a) και χειμερινή περίοδο (b). (Πηγή: Oikonomou & Bougatioti 2011)

Συνεπώς, τόσο ο Ιωαννίδης (2012) όσο και οι Oikonomou & Bougatioti (2011) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα παραδοσιακά κτήρια εμφανίζουν αρκετά αποδοτική ενεργειακή συμπεριφορά κατά τη θερινή περίοδο αξιοποιώντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Σε μια άλλη μελέτη σχετικά με την ενεργειακή συμπεριφορά των παραδοσιακών κτηρίων, οι Καλογήρου & Σαγιά (2009) επίσης συμπεραίνουν την ενσωμάτωση

των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η παρουσίαση της βιοκλιματικής λειτουργίας του κάθε δομικού και λειτουργικού στοιχείου της παραδοσιακής κατοικίας στο Μέτσοβο καθώς και της αρχιτεκτονική διαμόρφωσης της.

Μια ακόμα ενδιαφέρουσα μελέτη που αφορά στον Ελληνικό χώρο είναι αυτή των Tassiopoulou et al. 1996. Κατά την προσομοίωση πέτρινου παραδοσιακού κτηρίου στην περιοχή της Πλάκας στην Αθήνα (B' κλιματική ζώνη) με το λογισμικό TAS, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι εμφάνιζε ικανοποιητική θερμική συμπεριφορά τόσο κατά τη θερινή όσο κατά τη χειμερινή περίοδο, χάρη στην ενσωμάτωση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού (μάλιστα επισημαίνουν ιδιαίτερα τη συμβολή του χαγιατιού στην αποδοτική συμπεριφορά κατά τη θερινή περίοδο).

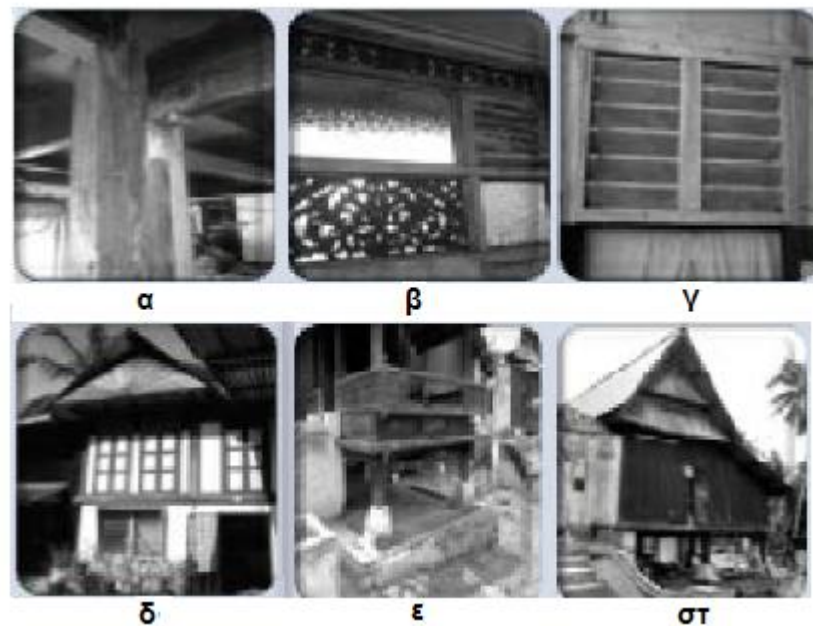
Σε διεθνές επίπεδο, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες οι οποίες εξετάζουν την ενσωμάτωση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική (Roslan & Mohd. 2012), (Cardinale et al. 2011), (Bouillot, 2008), (Cañas & Martín, 2004). Επίσης, αρκετές μελέτες διερευνούν τη θερμική συμπεριφορά παραδοσιακών κτηρίων ή εστιάζουν στο ζήτημα της θερμικής άνεσης (Nguyen et al, 2011), (Dili et al, 2010), (Cantin et al, 2009).

Αναλυτικότερα, οι Roslan & Mohd (2012) αναλύουν τη βιωσιμότητα της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής της Μαλαισίας. Η μεθοδολογική προσέγγιση τους αρχικά αφορά στην αναγνώριση εκείνων των δομικών στοιχείων, υλικών και μορφολογικών γνωρισμάτων των παραδοσιακών κατοικιών που προσδίδουν βιώσιμο χαρακτήρα στις κατασκευές. Στη μελέτη αναφέρουν :

1. Τη χρήση του τοπικού ξύλου ως δομικού υλικού

2. Τα διακοσμητικά μορφολογικά στοιχεία που παράλληλα λειτουργούν ως φίλτρα του φυσικού φωτισμού για τη σκίαση των χώρων
3. Τις περσίδες στα πατζούρια που επιτρέπουν τον φυσικό αερισμό
4. Την ογκοπλαστικότητα των κτηρίων που συμβάλλει στον σκιασμό
5. Την ανέγερση των κτηρίων πάνω σε ξύλινα βάθρα που επιτρέπουν τη ροή του αέρα στην κάτω επιφάνειά τους
6. Τις ψηλές δίρριχτες στέγες που συμβάλλουν στην απαγωγή του θερμού αέρα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι εν λόγω μελέτη παρουσιάζει ομοιότητες με τη μελέτη των Καλογήρου & Σαγιά (2010) που αφορά στην ελληνική παραδοσιακή αρχιτεκτονική. Η χρήση των τοπικών υλικών, των πατζουριών και της ογκοπλαστικότητας (προεξοχές της στέγης) εμφανίζεται με όμοιο τρόπο και στις δύο περιπτώσεις.



Σχήμα 3.1.2. Στοιχεία της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής της Μαλαισίας με βιώσιμο χαρακτήρα

(Πηγή: Roslan & Mohd 2012)

Με ανάλογο τρόπο οι Canas & Martin (2004) παρουσιάζουν την ενσωμάτωση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού στην Ισπανική παραδοσιακή αρχιτεκτονική. Σε δείγμα κτηρίων από 212 οικισμούς της χώρας βρέθηκε ότι τα κτήρια υπακούουν στις παρακάτω αρχές:

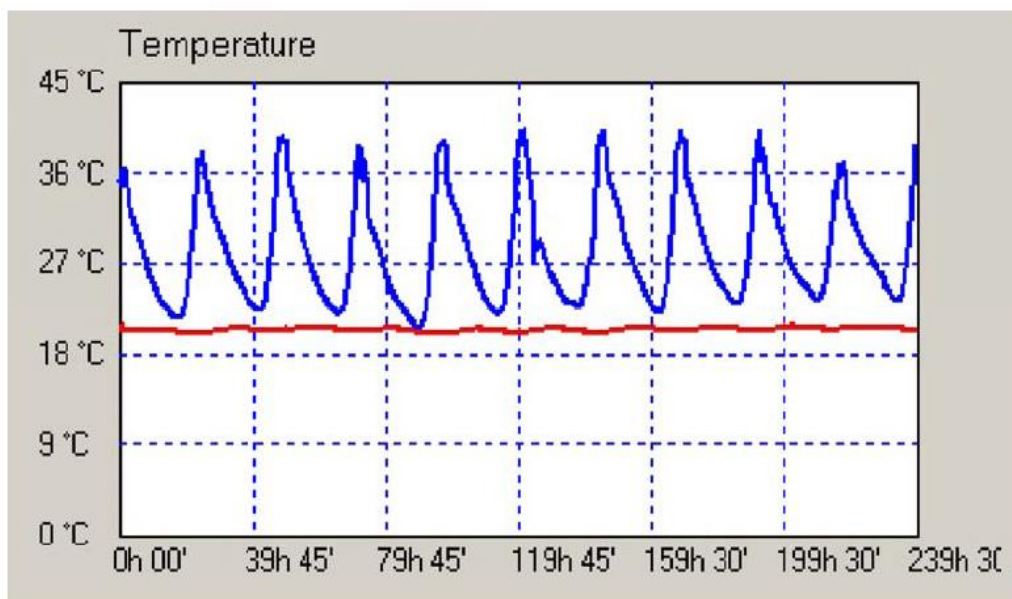
- μεγάλη θερμοχωρητικότητα (4%),
- χρήση τοπικών υλικών και πόρων (17%),
- ηλιοπροστασία (38%),
- αξιοποίηση παθητικών συστημάτων θέρμανσης (18%),
- προστασία από τη βροχή (71%),
- προστασία από τον άνεμο (12%),
- ογκοπλαστικότητα και μορφή του κτηρίου (5%),
- χώροι ανάσχεσης (21%).

Σχετικά με την ικανοποίηση των συνθηκών άνεσης σε παραδοσιακά κτήρια, οι Dili et al. (2010) εξέτασαν την περίπτωση της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής στην Ινδία. Σύμφωνα με τις μετρήσεις πεδίου σε δείγμα κτηρίων, προέκυψε ότι εξασφαλίζονται συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των κτηρίων σε όλη τη διάρκεια του έτους.

Επιπλέον της υιοθέτησης των βιοκλιματικών αρχών για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων, έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες σχετικά με τη θερμική συμπεριφορά

ιστορικών κτηρίων. Αναφέρεται ότι η μελέτη των Cardinale et al. (2011) περιλαμβάνει επιτόπιες μετρήσεις των θερμο-υγρασιακών ιδιοτήτων των δομικών στοιχείων (τοιχοποιίες από ασβεστολιθικό ψαμμίτη και ασβεστόλιθο) του κελύφους δύο ιστορικών διατηρητέων κτηρίων. Τα αποτελέσματα τόσο των μετρήσεων όσο και της προσομοιωτικής διαδικασίας των Cardinale et al. (2011) έδειξαν ότι επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής άνεσης κατά την θερινή περίοδο (με τη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου να μην ξεπερνάει τους 26° C) ενώ η θερμική αδράνεια αυτών των στοιχείων συμβάλλει και στην σταθεροποίηση των εσωτερικών θερμοκρασιακών διακυμάνσεων κατά τη χειμερινή περίοδο. Αυτή η ιδιότητα των πέτρινων τοίχων αναδεικνύεται και στη μελέτη των Bougiatioti & Oikonomou (2011).

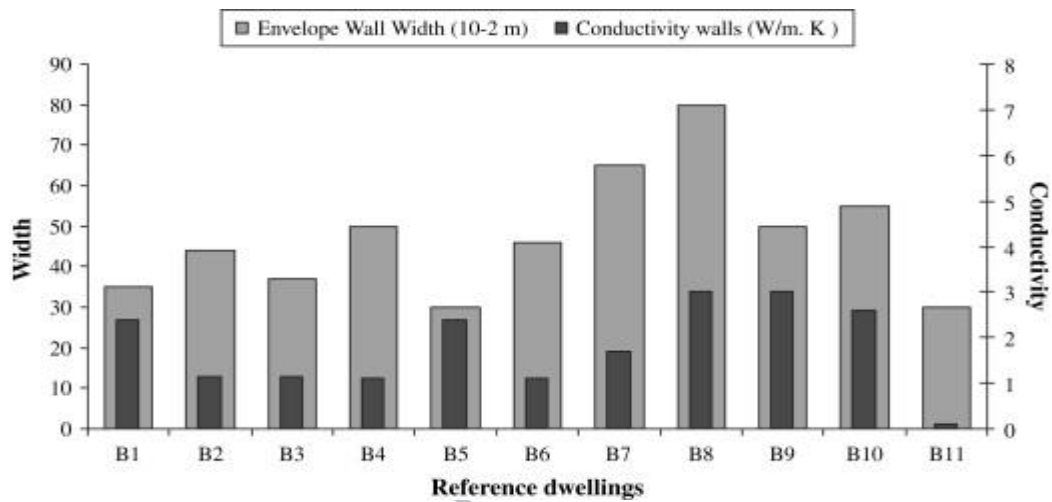
Επίσης, ιδιαίτερη αξία παρουσιάζουν τα αποτελέσματα μετρήσεων της επιφανειακής θερμοκρασίας των εξωτερικών τοιχοποιιών των παραπάνω κτηρίων. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν σε τοίχο πάχους 48cm. Η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας της τοιχοποιίας παρουσίαζε μια περιοδική διακύμανση ακολουθώντας τη διακύμανση της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα. Οι τιμές της διακύμανσης που καταγράφηκαν για συνεχόμενα εικοσιτετράωρα ήταν από 20° C έως 40° C (Cardinale et al. 2011). Αντιθέτως, η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας καταγράφηκε ως σταθερή και γύρω στους 20° C (Σχήμα 3). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την πολύ καλή ενεργειακή συμπεριφορά της τοιχοποιίας ιστορικών κτηρίων όπως καταγράφηκαν σε πραγματικές δυναμικές συνθήκες. Συνεπώς, μπορεί να θεωρηθεί ότι πρακτικά η υψηλή θερμική αδράνεια (μεγάλη θερμοχωρητικότητα) «ακύρωσε» τις επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες (Cardinale et al. 2011).



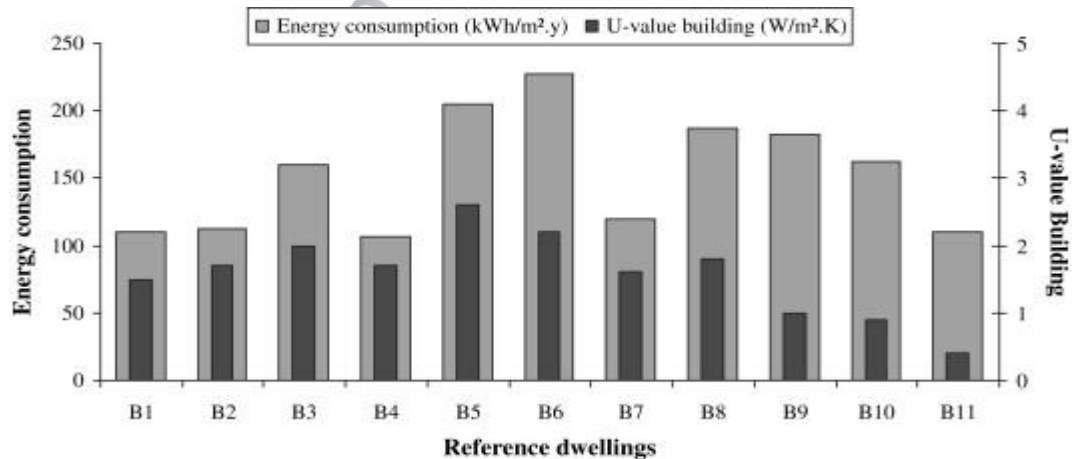
Σχήμα 3.1.3. Διακύμανση εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας τοιχοποιίας και εξωτερικής θερμοκρασίας αέρα. (Πηγή: Cardinale et al. 2011)

Τέλος, σχετικά με τις ενεργειακές καταναλώσεις διατηρητέων κτηρίων ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των Cantin et al. (2009) που περιλαμβάνει δείγμα 10 ιστορικών διατηρητέων κτηρίων (μη θερμομονωμένων) σε διάφορες περιοχές της Γαλλίας και 1 θερμομονωμένου κτηρίου. Κύριο συμπέρασμα της μελέτης αποτελεί ότι η μέση τιμή κατανάλωσης ενέργειας των ιστορικών κτηρίων είναι μικρότερη της αντίστοιχης τιμής πιο σύγχρονων κτηρίων. Ειδικότερα, αξίζει να αναφερθεί το παράδειγμα των ιστορικών κτηρίων B1, B2, B4, B7 σε σχέση με το θερμομονωμένο κτήριο B11. Τα ιστορικά κτήρια αν και έχουν μεγαλύτερο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας (U-value) από το κτήριο B11, ωστόσο απαιτούν όμοιες ποσότητες ενέργειας. Επίσης, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το κτήριο B5 αν και παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερο συντελεστή θερμοπερατότητας των εξωτερικών τοίχων συγκριτικά με το κτήριο B11 για ίδιο πάχος τοιχοποιίας

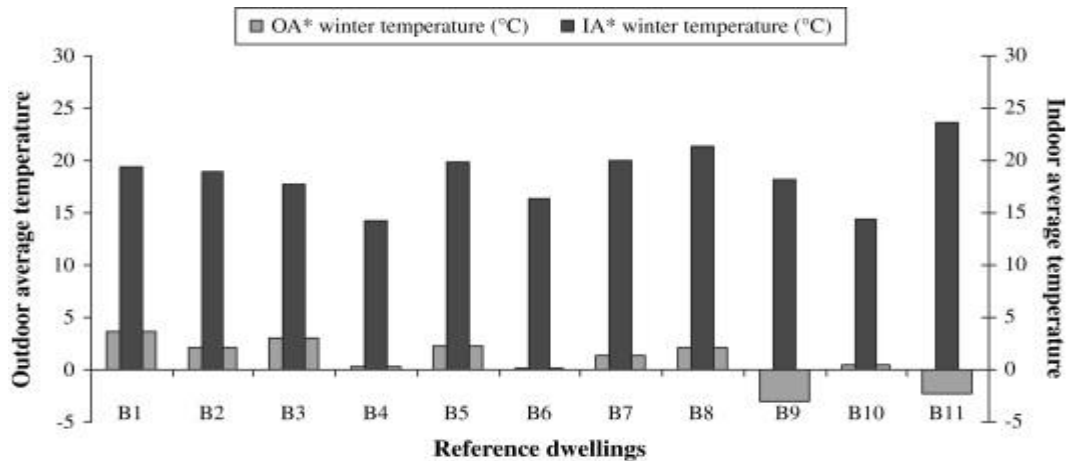
ωστόσο κατά τη χειμερινή περίοδο η εσωτερική θερμοκρασία που καταγράφεται πλησιάζει αυτή του θερμομονωμένου κτηρίου B11. Κατά τη θερινή περίοδο καταγράφονται όμοιες εσωτερικές θερμοκρασίες, αν και η εξωτερική θερμοκρασία στην περίπτωση του κτηρίου B5 είναι μεγαλύτερη από αυτή στην περιοχή του κτηρίου B11.



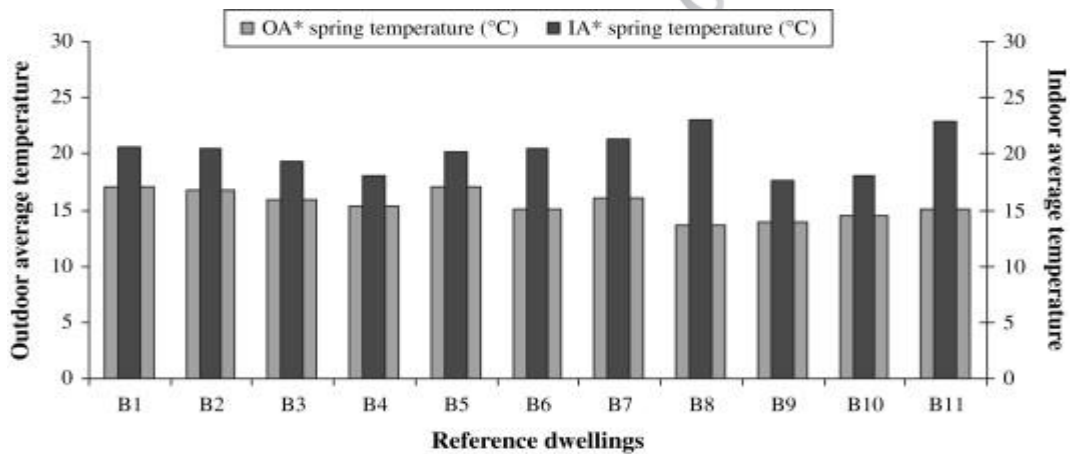
Σχήμα 3.1.4. Χαρακτηριστικά των τοίχων των υπό μελέτη κτηρίων (σχέση πάχους-αγωγιμότητας) (Πηγή: Cantin et al. 2009)



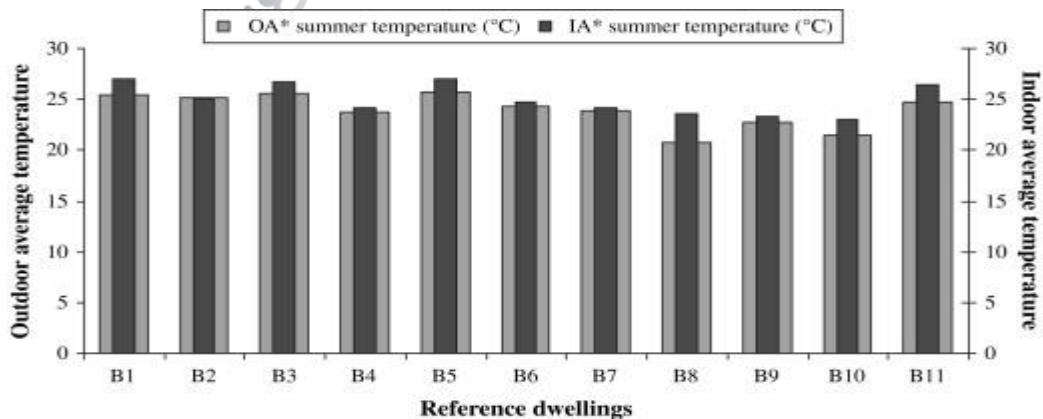
Σχήμα 3.1.5. Ενεργειακή απόδοση των υπό μελέτη κτηρίων (κατανάλωση ενέργειας και συντελεστής θερμοπερατότητας). (Πηγή: Cantin et al. 2009)



OA*: Outdoor Average – IA*: Indoor Average
Σχήμα 3.1.6. Μέση εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία των υπό μελέτη κτηρίων κατά τη χειμερινή περίοδο. (Πηγή: Cantin et al. 2009)



OA*: Outdoor Average – IA*: Indoor Average
Σχήμα 3.1.7. Μέση εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία των υπό μελέτη κτηρίων κατά την εαρινή περίοδο. (Πηγή: Cantin et al. 2009)



OA*: Outdoor Average – IA*: Indoor Average
Σχήμα 3.1.8. Μέση εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία των υπό μελέτη κτηρίων κατά τη θερινή περίοδο. (Πηγή: Cantin et al. 2009)

Συνοψίζοντας, τα συμπεράσματα από την μελέτη της βιβλιογραφίας είναι τα εξής :

- Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική δημιουργείται ως αποτέλεσμα μακροχρόνιων ιστορικών εξελίξεων και αλληλεπιδράσεων όλων των εκφάνσεων μιας συγκεκριμένης χωροχρονικής πραγματικότητας και η αυτόχθονη σοφία «κρύβεται» πίσω από κάθε κατασκευαστική επιλογή, ενώ δύο από τους βασικούς λόγους που διαφοροποιείται η αρχιτεκτονική σε κάθε τόπο είναι το κλίμα και τα φυσικά διαθέσιμα.
- Η θεωρία της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής αποτελεί κομμάτι της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής. Εξαιτίας της έλλειψης φυσικών και υλικών πόρων και τεχνικών μέσων, οι παραδοσιακές τεχνικές έτειναν (ενστικτωδώς) μέσα μιας διαδικασίας δοκιμών σωστών και λαθεμένων πρακτικών στις οικονομικά και περιβαλλοντικά βέλτιστες λύσεις.
- Η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των παραδοσιακών κτηρίων και η αναγνώριση των χαρακτηριστικών που καθορίζουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης σύμφωνα με το κλίμα κάθε περιοχής και είναι κρίσιμες παράμετροι στην περίπτωση διατήρησης και επανάχρησης παραδοσιακών κτηρίων. Υπάρχει η τάση από τους σύγχρονες αρχιτέκτονες και μηχανικούς να διερευνήσουν την παραδοσιακή αρχιτεκτονική προκειμένου η γνώση αυτή να αξιοποιηθεί στις σύγχρονες κατασκευές.
- Οι παραδοσιακές πρακτικές που καταγράφονται συνδέονται συνήθως και με έναν συγκεκριμένο τρόπο ζωής που δεν ανταποκρίνεται πάντα στα σημερινά δεδομένα. Η παραδοσιακή δόμηση δεν εξασφαλίζει απαραίτητα και τις συνθήκες (θερμικής) άνεσης που είναι σήμερα αποδεκτές (μεγαλύτερα ανοίγματα, μεγαλύτεροι χώροι κλπ) είναι αναγκαίος ένας

συνδυασμός της παραδοσιακής εμπειρίας με τη σύγχρονη τεχνογνωσία για να επιτευχθούν άνετες συνθήκες διαβίωσης και βέλτιστη θερμική συμπεριφορά.

- Τα κριτήρια που τίθενται κατά την υιοθέτηση κατασκευαστικών τεχνικών είναι οικολογικά (διατήρηση φυσικών διαθεσίμων, προστασία περιβάλλοντος), οικονομικά (μακροχρόνια διατήρηση του φυσικού και τεχνητού κεφαλαίου), κοινωνικά (διατήρηση της πολιτιστικής ταυτότητας - ποικιλότητας, δικαιοσύνη).
- Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική της Ελλάδας ενσωματώνει και εμπεριέχει τις τεχνικές και τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, όπως τελικά αποδεικνύεται ότι συμβαίνει στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική κάθε γωνιάς της γης.

4. Περιγραφή του κτηρίου

Στην οδό Αδριανού βρίσκεται η παλιότερη σωζόμενη κατοικία της Αθήνας, το αρχοντικό των Μπενιζέλων. Είναι κατοικία της Τουρκοκρατίας, τυπικό δείγμα αστικής αρχιτεκτονικής της εποχής. Ανήκε στην οικογένεια των Μπενιζέλων, αριστοκρατική οικογένεια ευγενών του Βυζαντίου, που κοσμούσαν τους τάφους τους με το δικέφαλο αετό. Η κόρη του Άγγελου Μπενιζέλου, η Ρηγούλα Μπενιζέλου, παντρεύτηκε όταν ήταν μόλις δεκαέξι ετών έναν άντρα κατά πολλά χρόνια μεγαλύτερό της και χήρεψε σε τρία χρόνια, όταν ήταν μόνο δεκαεννιά χρονών και έγινε μοναχή με το όνομα Φιλοθέη. Ανέπτυξε σημαντική φιλανθρωπική δράση: ίδρυσε σχολεία, έχτισε μοναστήρια και πήρε μαζί της σε

μοναστήρι διακόσια νεαρά κορίτσια, για να τα προστατεύσει από τους Τούρκους και τα έμαθε δουλειές του νοικοκυριού. Γι' αυτό το χριστιανικό της έργο, οι Τούρκοι, τη συνέλαβαν, τη βασάνισαν και έπειτα από τα πολλά τραύματα, πέθανε. Η εκκλησία την ανακήρυξε οσία. Κοντά στο αρχοντικό των Μπενιζέλων βρίσκεται η εκκλησία της οσίας Φιλοθέης.

Η κατοικία είναι χτισμένη στο βάθος του οικοπέδου, πίσω από τον ψηλό μαντρότοιχο. Τα σπίτια εκείνης της εποχής συνήθιζαν να έχουν ψηλές μάντρες για να προστατεύονται τα γυναικόπαιδα. Δεν γνωρίζει κανείς να πει με ακρίβεια το πότε ακριβώς χτίστηκε η οικία. Η κύρια οικοδομική της φάση ανάγεται πιθανώς το 17ο αιώνα, εποχή που η Αθήνα ήταν μια μικρή πόλη της αχανούς Οθωμανικής αυτοκρατορίας. Επίσης, έχουν βρεθεί ίχνη των δύο παλιότερων ισόγειων οικιών όπου εκεί πιθανότατα ζούσε η Οσία Φιλοθέη.

Το ισόγειο είναι διαμορφωμένο ως στοά και αποτελεί κατά κάποιο τρόπο προέκταση της αυλής, που ήταν πλακόστρωτη και θα πρέπει να είχε μουριές, νεραντζιές και κλήματα. Στην αυλή βρίσκεται και το πηγάδι. Στο κατώι υπήρχαν οι πόρτες των βοηθητικών χώρων, όπου βρίσκονταν τα μαγειρεία, τα κελάρια και οι αποθηκευτικοί χώροι. Μεγάλα πιθάρια, που διατηρούνται στο έδαφος, χρησίμευαν για την αποθήκευση αγαθών στους δροσερούς και σκιερούς βοηθητικούς χώρους. Η τελευταία πόρτα οδηγεί στην πίσω αυλή, όπου υπήρχε το ελαιοτριβείο, το πατητήρι και η στέρνα νερού.

Η πέτρινη σκάλα οδηγεί στο ανώι. Στον πάνω όροφο, το ευρύχωρο χαγιάτι επικοινωνεί με τα υπνοδωμάτια και τους χώρους υποδοχής, που τότε ονομάζονταν οντάδες. Στου οντάδες υπάρχουν τζάκια, περιμετρικά μεντέρια (χαμηλοί χτιστοί καναπέδες) και έγχρωμοι φεγγίτες. Επίσης, υπάρχουν πολλά ορθογώνια παράθυρα. Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε τις οροφές των δωματίων που έχουν μακλαβαδωτή διακόσμηση. Όπως φαίνεται τα αρχοντικά εκείνης της εποχής είχαν μια αυτονομία. Είχαν κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε, την εποχή εκείνη, που οι επικοινωνίες δεν ήταν αναπτυγμένες όπως σήμερα, να διαθέτουν όσα χρειάζεται ένα νοικοκυριό (βλέπετε αποθήκες, κελάρια), να εκμεταλλεύονται τα προϊόντα της φύσης (ελαιοτριβείο), και η οικογένεια, που ήταν μια μικρή κοινωνία, να διαβιώνει ευχάριστα σε έναν καλαίσθητο χώρο με ελληνικά χαρακτηριστικά (αυλή, αίθριο, κίονες).



Σχήμα 4.1 . Η βορινή πλευρά του κτηρίου πριν την ανακατασκευή

Ιδιοκτήτης της οικίας σήμερα είναι η Ιερά Αρχιεπισκοπή Αθηνών, η οποία έχει αποκαταστήσει με πολλή προσοχή την αρχιτεκτονική του αρχοντικού (Σχήμα 4.2) με το χαγιάτι, τα μεγάλα παράθυρα, τους φεγγίτες, τους ημιυπαίθριους χώρους. Προτίθενται να προσθέσουν στο εσωτερικό του αυθεντικά έπιπλα και σκεύη της εποχής του, ώστε να γίνει ένα μουσείο που θα αναπαριστά ένα αθηναϊκό αρχοντικό της Τουρκοκρατίας.

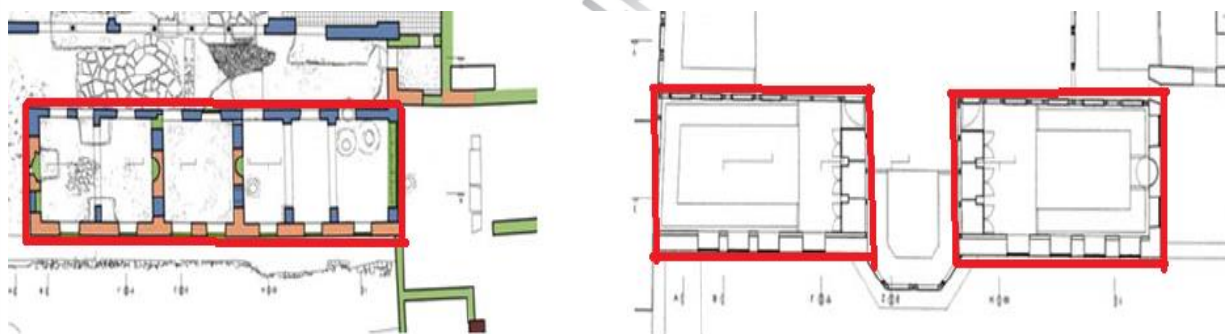


Σχήμα 4.2 . Η βορινή πλευρά του κτηρίου μετά την ανακατασκευή

Το κτήριο αποτελείται από δύο επίπεδα, το ισόγειο και τον πρώτο όροφο. Οι χώροι που θα απασχολήσουν όμως την παρούσα εργασία είναι οι θερμαινόμενοι χώροι. Αυτοί είναι τα 3 δωμάτια του ισογείου και τα 2 δωμάτια του ορόφου. Το συνολικό εμβαδόν αυτών είναι $224,8 \text{ m}^2$. $121,8 \text{ m}^2$ στο ισόγειο και $103,0 \text{ m}^2$ στον όροφο. Ο συνολικός θερμαινόμενος όγκος ανέρχεται σε $919,2 \text{ m}^3$.

4.1 Το κέλυφος

Εφόσον το κτήριο αντιμετωπίζεται ως μία θερμική ζώνη, το κέλυφος του κτηρίου αποτελείται από τους εξωτερικούς τοίχους που περιβάλλουν τα 5 δωμάτια. Δηλαδή το πάτωμα που έρχεται σε επαφή με το έδαφος του ισογείου, τους τοίχους που περιβάλλουν τα 3 δωμάτια του ισογείου (και όχι τους διαχωριστικούς των δωματίων), τους τοίχους και την οροφή του αριστερού δωματίου του ορόφου, αντίστοιχα του δεξιού και την οροφή-πάτωμα που δημιουργείται ανάμεσα στα 2 δωμάτια του ορόφου. Οι κύριοι τοίχοι του κελύφους φαίνονται στο Σχήμα 4.1.1. με κόκκινο χρώμα.



Σχήμα 4.1.1. Αριστερά το ισόγειο και δεξιά ο πρώτος όροφος

Σημαντικό για την συνέχεια είναι ο ορισμός του προσανατολισμού του κτηρίου και κατ' επέκταση των δομικών του στοιχείων. Η πρώτη όψη του κτηρίου που αντικρίζει κάποιος είναι η βόρεια, δηλαδή στο Σχήμα 4.1.1 η όψη που βρίσκεται στο πάνω μέρος. Δεξιά στο σχέδιο είναι ανατολική πλευρά του κτηρίου και αριστερά του σχεδίου η δυτική. Η κάτω πλευρά όπως φαίνεται στο σχέδιο είναι η νότια. Τα 2 δωμάτια του ορόφου θα αναφέρονται ως αριστερό και δεξί ανάλογα με το πώς τα αντικρίζει ο επισκέπτης στην είσοδο. Δηλαδή το αριστερό στο σχέδιο θα είναι το λεγόμενο αριστερό δωμάτιο του κτηρίου και αντίστοιχα το δεξί.

Ο προσανατολισμός μιας επιφάνειας (γ) ορίζεται ως η απόκλιση της καθέτου στην επιφάνεια προς την κατεύθυνση του βορρά. Οι γωνίες αζιμουθίου των επιφανειών ανάλογα με τον προσανατολισμό τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.1.

Προσανατολισμός	Βόρειος	Ανατολικός	Νότιος	Δυτικός
Γωνία αζιμουθίου [°]	0	90	180	270

Πίνακας 4.1.1. Γωνίες αζιμουθίου επιφανειών ανάλογα με τον προσανατολισμό τους.

Η γωνία κλίσης (β) της επιφάνειας μετράται μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια και της κατακόρυφου. Για παράδειγμα, μια κατακόρυφη επιφάνεια έχει κλίση 90° , ενώ ένα δάπεδο έχει κλίση 0° .

Όλα τα παραπάνω καθώς και οι διαστάσεις των δομικών στοιχείων συνοψίζονται στο Πίνακα 4.1.2.

Δομικό στοιχείο	γ (deg)	β (deg)	Μήκος (m)	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Εμβαδόν (m ²)
Βόρειος τοίχος ισογείου	0	90	21,55	-	3,97	85,55
Δυτικός τοίχος ισογείου	270	90	5,65	-	3,97	22,43
Νότιος τοίχος ισογείου	180	90	21,55	-	3,97	85,55
Ανατολικός τοίχος ισογείου	90	90	5,65	-	3,97	22,43
Δάπεδο ισογείου	-	0	21,55	5,65	-	121,75
Βόρειος τοίχος αριστερού δωματίου ορόφου	0	90	9,48	-	4,23	40,10
Δυτικός τοίχος αριστερού δωματίου ορόφου	270	90	5,28	-	4,23	22,33
Νότιος τοίχος	180	90	9,48	-	4,23	40,10

αριστερού δωματίου ορόφου						
Ανατολικός τοίχος αριστερού δωματίου ορόφου	90	90	5,28	-	4,23	22,33
Βόρειος τοίχος δεξιού δωματίου ορόφου	0	90	9,92	-	4,23	41,96
Δυτικός τοίχος δεξιού δωματίου ορόφου	270	90	5,34	-	4,23	22,58
Νότιος τοίχος δεξιού δωματίου ορόφου	180	90	9,92	-	4,23	41,96
Ανατολικός τοίχος δεξιού δωματίου ορόφου	90	90	5,34	-	4,23	22,58
Οροφή αριστερού δωματίου ορόφου	-	0	9,48	5,28	-	50,05
Οροφή δεξιού δωματίου ορόφου	-	0	9,92	5,34	-	52,97
Οροφή - Πάτωμα	-	0	3,60	5,32	-	19,15

Πίνακας 4.1.2 . Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα κύρια δομικά στοιχεία του κελύφους.

4.2 Πόρτες, κουφώματα και ανοίγματα στο κέλυφος

Στο κτήριο υπάρχουν συνολικά 5 πόρτες, 3 στο ισόγειο και 2 στον όροφο, μία σε κάθε δωμάτιο. Όλες τους είναι τοποθετημένες στη βορινή πλευρά του κτηρίου και τα χαρακτηριστικά τους φαίνονται στο Πίνακα 4.2.1.

Δομικό στοιχείο	γ (deg)	β (deg)	Μήκος (m)	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Εμβαδόν (m ²)
Αριστερή πόρτα ισογείου	0	90	-	1,1	2,36	2,60
Μεσαία πόρτα ισογείου	0	90	-	1,03	2,30	2,36
Δεξιά πόρτα ισογείου	0	90	-	1,03	1,96	2,02

Πόρτα αριστερού δωματίου	0	90	-	1,03	2,25	2,32
Πόρτα δεξιού δωματίου	0	90	-	1,03	2,25	2,32

Πίνακας 4.2.1. Συγκεντρωτικά στοιχεία για τις πόρτες του κελύφους.

Στο ισόγειο του κτηρίου υπάρχουν και 2 ανοίγματα, ένα στο βορινό τοίχο και ένα στο δυτικό. Τα ανοίγματα έχουν κλειστεί με μονό τζάμι και μεταλλικό πλαίσιο και φαίνονται στο Σχήμα 4.2.1.



Σχήμα 4.2.1 . Αριστερά το άνοιγμα στο βόρειο τοίχο και δεξιά αυτό στο δυτικό τοίχο του ισογείου

Στο Πίνακα 4.2.2. φαίνονται τα χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων.

Δομικό στοιχείο	γ (deg)	β (deg)	Μήκος (m)	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Εμβαδόν (m ²)
Άνοιγμα στο βόρειο τοίχο	0	90	-	1,06	1,43	1,52
Άνοιγμα στο δυτικό τοίχο	270	90	-	0,47	0,55	0,22

Πίνακας 4.2.2. Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα 2 ανοίγματα του κελύφους.

Τα κουφώματα του κτηρίου βρίσκονται συγκεντρωμένα στον όροφο του κτηρίου μοιρασμένα στα 2 δωμάτια του ορόφου. Τα κουφώματα είναι μοιρασμένα στους τοίχους των δωματίων και σχηματίζουν 2 σειρές, μία πάνω και μία κάτω, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2.2..



Σχήμα 4.2.2. Το εσωτερικό του αριστερού δωματίου του ορόφου

Η σειράς έχουν μεταξύ τους διαφορετικά χαρακτηριστικά και διαστάσεις και για αυτό το λόγο θα εξεταστούν ως διαφορετικές περιπτώσεις. Όμως τα κουφώματα της κάθε σειράς έχουν ίδιες διαστάσεις και είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό, το μόνο που τα διαχωρίζει είναι ο προσανατολισμός τους. Όποτε οι συντελεστές σκιάσεις θα διαφέρουν, ενώ ο συντελεστής θερμοπερατότητας θα είναι ίδιος. Στον Πίνακα 4.2.3 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των κουφωμάτων.

Δωμάτιο	Αριθμός στοιχείων	Δομικό στοιχείο	γ (deg)	β (deg)	Μήκος (m)	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Εμβαδόν (m ²)
---------	-------------------	-----------------	-------------------	------------------	--------------	---------------	-------------	------------------------------

Αριστερό	4	Κούφωμα στο νότιο τοιίχο πάνω	180		-	0,67	1,02	0,68
	4	Κούφωμα στο νότιο τοιίχο κάτω	180	90	-	0,87	1,25	1,09
	2	Κούφωμα στο ανατολικό τοιίχο πάνω	90	90	-	0,67	1,02	0,68
	2	Κούφωμα στο ανατολικό τοιίχο κάτω	90	90	-	0,87	1,25	1,09
	5	Κούφωμα στο βόρειο τοιίχο πάνω	0	90	-	0,67	1,02	0,68
	4	Κούφωμα στο βόρειο τοιίχο κάτω	0	90	-	0,87	1,25	1,09
Δεξιό	4	Κούφωμα στο νότιο τοιίχο πάνω	180	90	-	0,67	1,02	0,68
	4	Κούφωμα στο νότιο τοιίχο κάτω	180	90	-	0,87	1,25	1,09
	3	Κούφωμα στο δυτικό τοιίχο πάνω	270	90	-	0,67	1,02	0,68
	3	Κούφωμα στο δυτικό τοιίχο κάτω	270	90	-	0,87	1,25	1,09
	5	Κούφωμα στο βόρειο τοιίχο πάνω	0	90	-	0,67	1,02	0,68
	4	Κούφωμα στο βόρειο	0	90	-	0,87	1,25	1,09

		τοίχο κάτω						
--	--	------------	--	--	--	--	--	--

Πίνακας 4.2.3. Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα κουφώματα του κελύφους.

4.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός κτηρίου

Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός του κτηρίου μπορεί να περιλαμβάνει:

- Συστήματα Θέρμανσης
- Συστήματα Ψύξης
- Συστήματα Φωτισμού
- Συστήματα Αερισμού

Στο συγκεκριμένο κτήριο δε υπάρχει σύστημα αερισμού ούτε κάποιο σύστημα ψύξης. Το σύστημα φωτισμού αποτελείται από φωτιστικά με τεχνολογία LED, μια τεχνολογία η οποία ελαχιστοποιεί την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε βαθμό που θα μπορούσε να θεωρηθεί και αμελητέα.

Τα βασικά κομμάτια (Σχήμα 4.3.1) από τα οποία αποτελείται το σύστημα θέρμανσης είναι ο λέβητας και τα θερμαντικά σώματα. Τα θερμαντικά σώματα είναι τύπου ‘convector’, πράγμα που σημαίνει ότι έχουν καλύτερη απόδοση από συμβατικά, γιατί θερμαίνουν ομοιόμορφα τον χώρο, καθώς παράγουν θερμότητα βάσει της αρχής της φυσικής κυκλοφορίας του αέρα. Ο λέβητας πετρελαίου έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά και θεωρείται μονωμένος:

Θερμαντική ικανότητα : 60.000 kcal/h

Απόδοση : 70 kW

Πίεση λειτουργίας : 3 bar

Θερμοκρασία λειτουργίας : 90°



Σχήμα 4.3.1 . Αριστερά ένα από τα θερμαντικά σώματα και δεξιά ο λέβητας

5. Λογισμικό του ΤΕΕ για τον ΚΕΝΑΚ

Ένα κτήριο καταναλώνει ενέργεια για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), ζεστό νερό χρήσης (ΖΝΧ) και φωτισμό (εκτός της ηλεκτρικής ενέργειας που δαπανάται για την χρήση ηλεκτρικών συσκευών, π.χ. διαφόρων οικιακών συσκευών, ηλεκτρονικών υπολογιστών, μηχανημάτων στην βιομηχανία κ.α.). Κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου, σκοπός είναι ο υπολογισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης και φωτισμό (για τα κτήρια του τριτογενούς τομέα)), αλλά και αθροιστικά, και κατόπιν η σύγκριση αυτής με την αντίστοιχη κατανάλωση του κτηρίου αναφοράς, προκειμένου να καταταχθεί ενεργειακά το υπό εξέταση κτήριο.

Ως ‘κτήριο αναφοράς’ ορίζεται ένα κτήριο που είναι αντίστοιχο με το υπό μελέτη. Συγκεκριμένα, θεωρείται ότι έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτήριο. Ο λόγος χρήσης αυτής της έννοιας είναι ότι το κτήριο αναφοράς πληροί τις

ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν στη Θ.Ψ.Κ. των εσωτερικών χώρων, στην παραγωγή Ζ.Ν.Χ. και στο φωτισμό .

Η ενεργειακή κατάταξη ενός κτηρίου αποδίδει σε αυτό έναν ποιοτικό δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης (A+, A, B+, B, Γ, Δ, E, Z, H), ο οποίος επιτρέπει στον κάθε ένοικο ή γενικότερα χρήστη του κτηρίου να έχει μια γενική άποψη για την ποιότητα της κατασκευής του (από άποψη θερμομονώσεως αλλά και εφαρμογής 'έξυπνων' ενεργειακών λύσεων) και των ηλεκτρομηχανολογικών του εγκαταστάσεων, και κατ' επέκταση του ύψους των εξόδων που απαιτούνται για να εξασφαλίζονται στο κτήριο οι επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες.

Στις πρώτες ενότητες του παρόντος κεφαλαίου, παρουσιάζονται οι παράμετροι που απαιτούνται για την εφαρμογή υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης βάσει ευρωπαϊκών προτύπων, εθνικών προδιαγραφών, του νόμου 3661/2008, του ΚΕΝΑΚ και των σχετικών Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ), καθώς και κάποιες μεθοδολογίες υπολογισμού αυτών. Αυτές οι παράμετροι χρησιμοποιούνται τόσο στην ενεργειακή μελέτη ενός κτηρίου, όσο και στην ενεργειακή επιθεώρησή του.

Στην συνέχεια, θα πραγματοποιηθεί εφαρμογή στο κτήριο, το οποίο μελετάται στη παρούσα διπλωματική, του προγράμματος ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ και θα υπολογιστεί η ενεργειακή του απόδοση.

Οι προδιαγραφές για τις παραμέτρους της μεθοδολογίας ορίζονται σε εθνικό επίπεδο και διαμορφώνονται ανάλογα με τις τεχνολογίες που εφαρμόζονται στην κατασκευή κτηρίων (δομικά υλικά και ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα), το

προφίλ λειτουργίας των κτηρίων, τις εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας και τις ειδικές κλιματικές συνθήκες για κάθε περιοχή. Οι παράμετροι υποστηρίζουν την μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, ενώ ταυτόχρονα διευκολύνουν αλλά και καθορίζουν το πλαίσιο της διαδικασίας επιθεώρησης κτηρίων και συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού.

5.1 Διαχωρισμός του κτηρίου σε θερμικές ζώνες

Για την καταγραφή των δεδομένων και τεχνικών χαρακτηριστικών ενός κτηρίου θα πρέπει να χωριστεί το κτήριο σε θερμικές ζώνες. Όλα τα δεδομένα συλλέγονται ανά θερμική ζώνη, όπως απαιτείται και στη μεθοδολογία υπολογισμών για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης. Οι θερμικές ζώνες είναι χώροι με παρόμοια χρήση και ίδιες συνθήκες λειτουργίας. Ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών, σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010), το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009 και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (παράγραφος 2.2), εφαρμόζεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 K (4oC) σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτηρίου κατά τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση και προφίλ λειτουργίας. Οι χώροι διαφορετικών χρήσεων συνήθως έχουν διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, νωπό αέρα κ.ά.).
- Υπάρχουν χώροι στο κτήριο, που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού.

- Υπάρχουν χώροι στο κτήριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες (σε σχέση με το υπόλοιπο κτήριο) ανταλλαγές ενέργειας (π.χ. εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες). Για παράδειγμα, οι χώροι με νότιο προσανατολισμό σε ένα κτήριο έχουν σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους.
- Υπάρχουν χώροι που καλύπτονται από ενιαίο σύστημα μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού), των οποίων η επιφάνεια είναι μικρότερη από το 80% της συνολικής επιφάνειας του κτηρίου.
- Χώροι που καταλαμβάνουν όγκο μικρότερο του 10% του συνολικού όγκου του κτηρίου ή/και έχουν χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση συγκριτικά με την συνολική κατανάλωση του κτηρίου δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως αυτόνομες θερμικές ζώνες.

Η ακρίβεια των υπολογισμών για την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου δεν επηρεάζεται σημαντικά από το διαχωρισμό του κτηρίου σε περισσότερες θερμικές ζώνες από αυτές που προκύπτουν από την εφαρμογή των παραπάνω κριτηρίων. Ως εκ τούτου, καλό είναι ο διαχωρισμός του κτηρίου σε ζώνες να είναι κατά το δυνατόν μικρότερος.

Στη περίπτωση του κτηρίου το οποίο μελετάται, το κτήριο δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές μεταξύ των τμημάτων του, ούτε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας αυτών, ούτε διαφορετικό ωράριο λειτουργίας τους και έτσι η βέλτιστη προσέγγιση είναι να αντιμετωπιστεί ως **μία** ενιαία θερμική ζώνη.

5.2 Υπολογισμός διείσδυσης αέρα από τα κουφώματα

Για τους υπολογισμούς του αερισμού λόγω της ύπαρξης χαραμιάδων καταγράφεται ο τύπος και η επιφάνεια των ανοιγμάτων και κατόπιν λαμβάνεται η τιμή αερισμού [$\text{m}^3/(\text{h}/\text{m}^2)$] λόγω χαραμιάδων από τον Πίνακα 5.2.1.

Είδος ανοίγματος (υαλοστάσια, πόρτες κ.ά.)	Διείσδυση του αέρα	
	Πόρτα	Παράθυρο
	[$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$]	[$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$]
Κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές χωνευτό ή συρόμενο.	11,8	15,1
Κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, συρόμενο επάλληλα ή μη, με ψήκτρες, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, μη πιστοποιημένο.	9,8	12,5
Ανοιγόμενο κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, αεροστεγές με πιστοποίηση. Κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση.	7,9	10,0
Κουφώματα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές χωνευτό ή συρόμενο .	7,4	8,7
Κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, συρόμενο επάλληλα ή μη, με ψήκτρες, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, μη πιστοποιημένο.	5,3	6,8
Ανοιγόμενο κούφωμα με δίδυμο υαλοπίνακα, αεροστεγές με πιστοποίηση. Κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση.	4,8	6,2
Γυάλινες προσόψεις		
Για τα μερικώς ανοιγόμενα κουφώματα των γυάλινων προσόψεων (π.χ. με προβαλλόμενα τμήματα) λαμβάνεται υπόψη μόνο το μη σταθερό τμήμα, ανάλογα προς τις παραπάνω κατηγορίες αυτού του πίνακα.		

Πίνακας 5.2.1. Τυπικές τιμές αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμιάδων ανά μονάδα επιφάνειας κουφώματος.

Για τα 2 ανοίγματα επιλέχθηκε η χειρότερη δυνατή τιμή από τον πίνακα, δηλαδή η 7,4, διότι η κατασκευή τους είχε πολύ χαμηλές προδιαγραφές και παρόλο που έχουν μεταλλικό πλαίσιο, υπάρχουν ακόμα και ορατές χαραμιάδες. Τα χτιστά κουφώματα της πάνω σειράς θα μπορούσαν να λάβουν και μικρότερη τιμή γιατί είναι αεροστεγείς κατασκευές, αλλά επειδή δεν υπάρχει πιστοποίηση δε κρίθηκε βάσιμο να ενταχθούν σε μια κατηγορία με μικρότερη διείσδυση αέρα. Για τις πόρτες και τα

κουφώματα της κάτω σειράς η επιλογή τιμής ήταν εύκολη. Τα στοιχεία που απαιτούνται για τον υπολογισμό της συνολικής διείσδυσης αέρα από τα κουφώματα σε ολόκληρο το κέλυφος συγκεντρώνονται στο Πίνακα 5.2.2:

	Πόρτες	Κάτω σειρά κουφωμάτων	Πάνω σειρά κουφωμάτων	Άνοιγμα 1	Άνοιγμα 2
Αριθμός	5	21	23	1	1
Εμβαδόν	-	1,09	0,68	1,52	0,22
Συν. Εμβαδόν	11,26	22,89	15,64	1,52	0,22
Διείσδυση ανά m ²	11,8	15,1	8,7	15,1	15,1
Συν. Διείσδυση	132,87	345,64	136,01	22,96	3,32

Πίνακας 5.2.2 .Απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό της διείσδυσης

Τελικά προστίθενται οι συνολικές διεισδύσεις από κάθε κατηγορία κουφώματος και το αποτέλεσμα φαίνεται εδώ:

$$\text{Συν. Διείσδυση Αέρα στο Κτήριο από Κουφώματα} = 640,08 \text{ m}^3/(\text{h/m}^2)$$

5.3 Υπολογισμός Μέσης Κατανάλωσης Ζεστού Νερού Χρήσης

Η ζήτηση ζεστού νερού χρήσης (Z.N.X.) σε ένα κτήριο ή σε ένα ανεξάρτητο (λειτουργικά) τμήμα του εξαρτάται από τη χρήση του κτηρίου (ή του τμήματος) αλλά και σε σημαντικό βαθμό από τον ανθρώπινο παράγοντα. Έτσι, κάθε κτήριο, ανάλογα με τη γενική του χρήση αλλά και τις συνήθειες των χρηστών του, παρουσιάζει διαφορετική κατανάλωση Z.N.X. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας για παραγωγή Z.N.X. καθορίστηκε η ημερήσια

κατανάλωση του Z.N.X. ανά άτομο και ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας του υπό μελέτη κτηρίου καθώς επίσης και η ετήσια κατανάλωση ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας για τη προβλεπόμενη χρήση του κτηρίου και δίνεται στον Πίνακα 5.3.1:

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης [ℓ/άτομο/ημέρα]	Ημερήσια κατανάλωση ανά δομημ. επιφάνεια [ℓ/m ² /ημέρα]	Ετήσια κατανάλωση ανά δομημ. επιφάνεια [m ³ /m ² /έτος]
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	2	1,60	0,58

Πίνακας 5.3.1. Μέρος του πίνακα 2.5. Τυπική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας.

Η ετήσια ζήτηση ζεστού νερού χρήσης υπολογίζεται ως το γινόμενο της επιφάνειας σε m² επί την ετήσια κατανάλωση ανά m² δομημένης επιφάνειας, ως εξής:

$$\underline{224,8 * 0,58 = 130,384 \text{ m}^3 / \text{έτος}}$$

5.4 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Από την περίοδο έκδοσης της οικοδομικής άδειας το συγκεκριμένο κτήριο ανήκει στην 1^η κατηγορία, η οποία περιλαμβάνει τα κτήρια εκείνα, των οποίων η οικοδομική άδεια έχει εκδοθεί πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (Κ.Θ.Κ.) (4 Ιουλίου 1979), χρονική περίοδο κατά την οποία δεν υπήρχε καμία απαίτηση για θερμομονωτική προστασία των κτηρίων. Πρακτικά, ως τυπική ημερομηνία οριοθέτησης της παραπάνω περιόδου ορίζεται η 1η Ιανουαρίου 1980.

Ενώ ανάλογα με την πρόνοια για θερμομονωτική προστασία του κτηρίου που έχει ληφθεί, η κάθε κατηγορία υποδιαιρέθηκε σε μικρότερες υποκατηγορίες:

- σε κτήρια χωρίς καμία πρόνοια θερμομονωτικής προστασίας,
- σε κτήρια με μερική ή πλημμελή θερμομονωτική προστασία,
- σε κτήρια με πλήρη θερμομονωτική προστασία σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ. ή τον Κ.Εν.Α.Κ.

Το συγκεκριμένο κτήριο ανήκει στη κατηγορία με μερική ή πλημμελή θερμομονωτική προστασία, με μοναδικό λόγο ένταξης του σε αυτή τη κατηγορία το θερμομονωτικό υλικό που έχει καλυφθεί η οροφή.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας, υπάρχουν 2 δυνατοί τρόποι:

- είτε επιλέγοντας μια τιμή από το πίνακα
- είτε υπολογίζοντας τους συντελεστές σύμφωνα με όσα προβλέπει ο Κ.Εν.Α.Κ. για τον υπολογισμό της θερμομονωτικής επάρκειας κάθε δομικού στοιχείου και του συνόλου του κτηρίου υπό την προϋπόθεση ότι είναι διαθέσιμα όλα τα απαιτούμενα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών των δομικών στοιχείων (π.χ. πάχος στρώσεων δομικού στοιχείου, ποιότητα υλικών κ.ά.) και εφόσον η ορθότητά τους είναι αναμφισβήτητη. Τότε ο υπολογισμός οφείλει να γίνει σύμφωνα με τις τιμές των μεταβλητών που δίνει ο Κ.Εν.Α.Κ. και όχι ο προγενέστερος κανονισμός (Κ.Θ.Κ.).

Στη περίπτωση της συγκεκριμένης εργασίας κρίθηκε σκόπιμο να υπολογιστεί ο συντελεστής με τον αναλυτικό τρόπο, παρά την ελλιπή γνώση των θερμοτεχνικών χαρακτηριστικών. Θα ήταν όμως λάθος να δοθεί απλά μια τιμή από ένα πίνακα. Το πρόβλημα αυτό θα ήταν ιδιαίτερα εμφανές στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας των κατακόρυφων αδιαφανών δομικών τα οποία έχουν διαφορετικά πάχη και θα έπαιρναν την ίδια τιμή. Για αυτό το λόγο προτιμήθηκε η βέλτιστη επιλογή των θερμοτεχνικών χαρακτηριστικών σύμφωνα πάντα με τα στοιχεία που ήταν διαθέσιμα.

Ο **βαθμός θερμομονωτικής προστασίας** ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου προσδιορίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U), αυτού οριζόμενου από το αντίστροφο του αθροίσματος των θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι διαδοχικές στρώσεις του δομικού στοιχείου στη θεωρούμενη κατά παραδοχή μονοδιάστατη και κάθετη στην επιφάνειά του ροή θερμότητας μέσω αυτού και των αντίστοιχων θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι εκατέρωθεν των όψεων του στρώσεις αέρα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου n στρώσεων ορίζεται από τον τύπο (1):

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_s + R_a} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (1)$$

όπου:

U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου,

n [-] το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

d [m] το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου,

λ [W/(m·K)] ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης,

R_{δ} [m²·K/W] η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος,

R_i [m²·K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

R_e [m²·K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

5.4.1 Υπολογισμός του ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας του πατώματος (Δομικό στοιχείο σε επαφή με το έδαφος)

Στο Σχήμα 5.4.1.1. φαίνονται οι 2 στρώσεις υλικών από τις οποίες αποτελείται το πάτωμα του κτηρίου:

1. Με καφέ χρώμα η στρώση από πατημένο χώμα πάχους 25 cm
2. Και με γκρι χρώμα η στρώση από κουρασάνι (θηραϊκή γη) πάχους 7 cm

Επίσης στο σχήμα διακρίνεται και το κομμάτι του πατώματος που βρίσκεται μέσα στο έδαφος σε βάθος 20 cm.

Σχήμα 5.4.1.1 . Πρόχειρο σχήμα στρώσεων πατώματος

Ο ονομαστικός συντελεστής θερμοπερατότητας U ενός δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος υπολογίζεται κανονικά από τη σχέση 1, θεωρώντας ότι πρακτικά δεν υπάρχει εξωτερικό στρώμα αέρα που θα προβάλλει αντίσταση στη ροή θερμότητας και ότι η εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης, μηδενίζεται.

Είναι δηλαδή:

$$R_{\alpha} = 0 \text{ και } R_{\delta} = 0.$$

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
	ρ	λ	c_p	μ	
	kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
1.1.2.5 Ελαφρόπετρα, θηραϊκή γη	400	0,120	1 000	8	6
1.2.1. Χάμα συμπαγές	1800	2,000			

Πίνακας 5.4.1.1 . Μέρος του πίνακα 2 (ΤΟΤΕΕ 2, σελ. 48). Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και τη βοήθεια του πίνακα 5.4.1.2 για τα χαρακτηριστικά των υλικών των στρώσεων, δίνονται οι τιμές:

$$n = 2$$

$$d_1 = 0.25 \text{ m}$$

$$d_2 = 0.07 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 2,000 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\lambda_2 = 0,120 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Τέλος από τον Πίνακα 5.4.1.2 επιλέγεται και η τιμή :

$$R_I = 0.10 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R _i	1/R _a	R _i	R _a
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	(m ² K)/W	(m ² K)/W
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	-	0,13	0,00

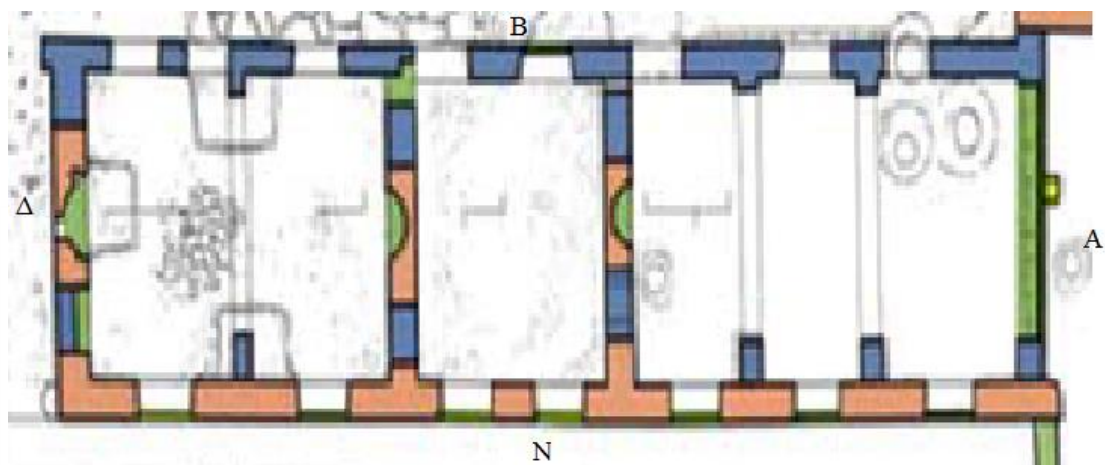
Πίνακας 5.4.1.2. Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο

Αντικαθιστώντας στη σχέση (1) υπολογίζεται ο ονομαστικός συντελεστής θερμοπερατότητας του πατώματος σε επαφή με το έδαφος ίσος με:

$$\underline{\underline{U = 1,237 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}}}$$

5.4.2 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας των κατακόρυφων δομικών στοιχείων του ισογείου

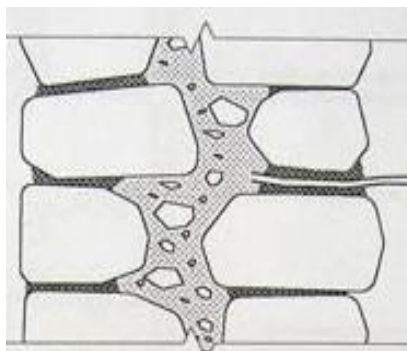
Στο Σχήμα 5.4.2.1. φαίνεται η κάτοψη του ισογείου. Τα διαφορετικά χρώματα αντιστοιχούν σε διαφορετικές φάσεις κατασκευής.



Σχήμα 5.4.2.1 . Κομμάτι από τα σχέδια του ισογείου με προσανατολισμό

Ο βόρειος, ο νότιος και ο δυτικός τοίχος είναι κατασκευασμένοι με αργολιθοδομή με συνδετικό κονίαμα αργιλόχωμα σε διαφορετικά πάχη. Ο βόρειος είναι πάχους 48 cm, ο νότιος 60 cm και ο δυτικός 57 cm. Οι λίθοι είναι ασβεστολιθικής φύσης.

Αργολιθοδομές ονομάζονται οι λιθοδομές που αποτελούνται από ακατέργαστους λίθους και η δόμηση τους γίνεται με τη χρήση κονιάματος. Συνήθως, οι λίθοι προέρχονται από σκληρά πετρώματα για αυτό και η επεξεργασία τους είναι αντικονομική. Παρόλα αυτά το μέγεθος και το σχήμα τους πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή των τάσεων στα τοιχοσώματα. Το αρνητικό στοιχείο των μεγάλων λίθων είναι ότι είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν από τους τεχνίτες, ενώ των μικρών ότι αυξάνουν το κόστος του έργου αφού απαιτούνται περισσότερες εργατοώρες για την ολοκλήρωση του έργου. Ο πιο σημαντικός όμως λόγος για την αποφυγή μικρών λίθων στην κατασκευή είναι ότι αυξάνεται ο λόγος ύψος αρμού προς ύψος τοιχοσώματος καθώς και το ποσοστό του κονιάματος με αποτέλεσμα η κατασκευή να είναι πιο ευάλωτη.



Σχήμα 5.4.2.2 . Τομή αργολιθοδομών

Στο Σχήμα 5.4.2.2. φαίνεται η τομή των αργολιθοδομών του κτηρίου, όπου παρατηρείται ότι οι τοίχοι αποτελούνται από 20% μέχρι 40% από κονίαμα και το υπόλοιπο από ασβεστόλιθο. Για τους υπολογισμούς γίνεται χρήση ποσοστού 30% κονιάματος και 70% ασβεστόλιθος. Έχοντας κάνει τη παραδοχή ότι η μεταφορά θερμότητας είναι μονοδιάστατο μέγεθος, επιτρέπεται η χρήση του τύπου (1).

Σύμφωνα με τα παραπάνω και τη βοήθεια του Πίνακα 5.4.2.1. για τα χαρακτηριστικά των υλικών των στρώσεων, δίνονται οι τιμές:

$$n = 2$$

$$\lambda_1 = 1,700 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\lambda_2 = 0,870 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Εδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				μ ξηρό	μ υγρό
	ρ kg/m ³	λ W/(m·K)	c _p J/(kg·K)		
1. Ανόργανα δομικά υλικά					
1.1. Φυσικοί λίθοι και γαίες					
1.1.1. Συμπαγείς λίθοι					
1.1.1.8 Ασβεστόλιθος πολύ σκληρός	2600	2,300	1 000	250	200
σκληρός	2200	1,700	1 000	200	150
ημίσκληρος	2000	1,400	1 000	50	40
1.4. Επιχρίσματα, κονιάματα στρώσεων και συνδετικά κονιάματα αρμών					
1.4.1. Ασβεστοκονίαμα	1800	0,870	1 000	15	

Πίνακας 5.4.2.1. Μέρος του πίνακα 2(TOTEE 2,σελ. 48). Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας

(τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Για τα πάχη των στρώσεων των διαφορετικών τοίχων δημιουργήθηκε ο Πίνακας 5.4.2.2 :

	Βόρειος	Νότιος	Δυτικός
Ολικό πάχος	0,48	0,60	0,57
Πάχος στρώσης πέτρας (λ_1)	0,34	0,42	0,40
Πάχος στρώσης κονιάματος (λ_2)	0,14	0,18	0,17

Πίνακας 5.4.2.2. Πάχη τοίχων ισόγειου

Από τον Πίνακα 5.4.2.3. επιλέγονται για όλους τους συντελεστές:

$$R_i = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_a = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		$1/R_i$	$1/R_a$	R_i	R_a
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	(m ² K)/W	(m ² K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7.70	25.00	0.13	0.04

Πίνακας 5.4.2.3. Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο (πηγή: πρωτότυπος πίνακας, επεξεργασμένος βάσει του ISO 6946).

Όσον αφορά τη θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα του διάκενου επιλέγεται:

$$R_\delta = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

Καθώς δεν υπάρχει διάκενο ανάμεσα στα στρώματα υλικών.

Με τη χρήση του τύπου (1) και των τιμών των μεγεθών, μετά από υπολογισμούς φαίνονται παρακάτω τα αποτελέσματα:

- Για τον βόρειο : **$U = 1,88 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$**

- Για τον νότιο : $\underline{U = 1,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$
- Για τον δυτικό : $\underline{U = 1,67 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$

Ο ανατολικός είναι κατασκευασμένος από μαπτικό διάτρητο τούβλο πάχους 20εκ. και είναι επιχρισμένος με ALBARIA (διαπνέον επίχρισμα κατά της υγρασίας για εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες, 4 στρωμάτων, τύπου ALBARIA SP2 . Ως μαπτική τοιχοποιία ορίζεται εκείνη που αποτελείται από διπλή σειρά πλίνθων τοποθετημένων κατά μήκος, χωρίς διάκενο μεταξύ τους και συνδεόμενων με εγκάρσιες πλίνθους. Οπότε σύμφωνα με τη μέτρηση που έδειξε πάχος του ανατολικού τοίχου 48 cm, για τους υπολογισμούς θα χρησιμοποιηθεί πάχος 40 cm από διάτρητο τούβλο και 4 cm για κάθε μια επίστρωση υλικού ALBARIA (εσωτερική και εξωτερική).

Σύμφωνα με τα παραπάνω και τη βοήθεια του Πίνακα 5.4.2.4. για τα χαρακτηριστικά των υλικών των στρώσεων, δίνονται οι τιμές:

$$n = 2$$

$$d_1 = 0.40 \text{ m}$$

$$d_2 = 0.08 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 0,550 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$\lambda_2 = 0,870 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμο- χωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		λ		c_p	μ
	ρ kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
1.4. Επιχρίσματα, κονιάματα στρώσεων και συνδετικά κονιάματα αρμών					
1.4.1. Ασβεστοκονίαμα	1800	0,870	1 000	15	
1.7.2. Οπτοπλινθοδομή, ανεπίχριστη, συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών πάχους 12 mm					
1.7.2.2. Οπτοπλινθοδομή με διάρητες οπτοπλινθούς	1200 ⁽²⁾	0,450	1 000	5 - 10	
	1500 ⁽²⁾	0,510	1 000	5 - 10	
	1700 ⁽²⁾	0,580	1 000	5 - 10	
	1900 ⁽²⁾	0,640	1 000	5 - 10	

Πίνακας 5.4.2.4. Μέρος του πίνακα 2 (TOTEE 2, σελ. 48). Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Από τον Πίνακα 5.4.2.5. επιλέγουμε για όλους τους συντελεστές:

$$R_i = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_a = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R _i	1/R _a	R _i	R _a
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	(m ² K)/W	(m ² K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04

Πίνακας 5.4.2.5. Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο (πηγή: πρωτότυπος πίνακας, επεξεργασμένος βάσει του ISO 6946).

Όσον αφορά τη θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα του διάκενου επιλέγεται:

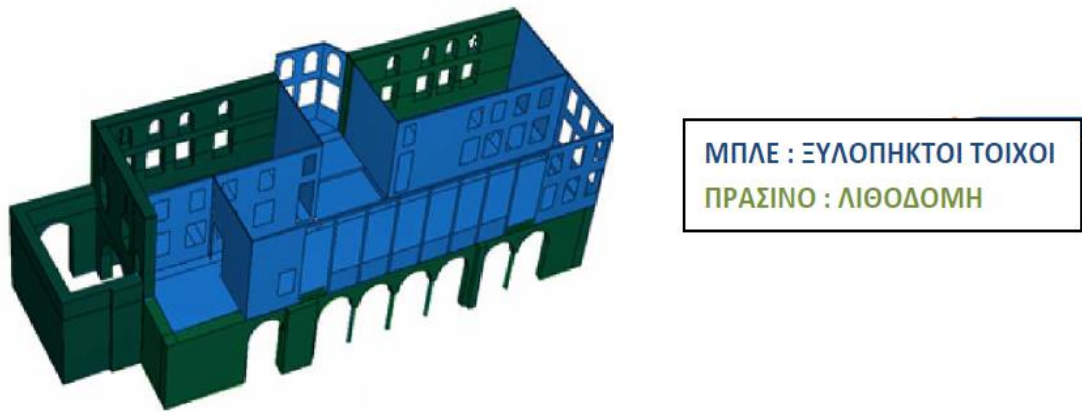
$$R_\delta = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Καθώς δεν υπάρχει διάκενο ανάμεσα στα στρώματα υλικών.

Με τη χρήση του τύπου (1) υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του ανατολικού τοίχου του ισογείου ίσος με :

$$\underline{\underline{U = 1,023 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})}}$$

5.4.3 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας των κατακόρυφων δομικών στοιχείων του πρώτου ορόφου



Σχήμα 5.4.3.1 . Σχέδιο παρουσίασης υλικών κατασκευής των δομικών στοιχείων

Όλες οι λιθοδομές του ορόφου είναι κατασκευασμένες από αργολιθοδομή με συνδετικό κονίαμα αργιλόχωμα . Επιχρίστηκαν μόνο εσωτερικά με διαπνέον επίχρισμα κατά της υγρασίας για εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες, 4 στρωμάτων, τύπου ALBARIA SP2 με υδραυλική άσβεστο χωρίς τσιμέντο. πάχους 3,5-5εκ. Το πάχος τους είναι 60 cm, το οποίο συνεπάγεται 56 cm λιθοδομή και 4 cm επίχρισμα για τους υπολογισμούς. Η αργολιθοδομή υπολογίζεται με τον τρόπο που έγινε και για τους τοίχους του ισογείου, οπότε θα αποτελείται από 2 στρώσεις. Δηλαδή στο τελικό τοίχο του ορόφου θα υπάρχουν 3 στρώσεις. Μία της στρώσης της πέτρας, μία του κονιάματος και μία του εσωτερικού επιχρίσματος.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και τη βοήθεια του Πίνακα 5.4.3.1. για τα χαρακτηριστικά των υλικών των στρώσεων, δίνονται οι τιμές:

$$n = 3$$

$$d_1 = 0.39 \text{ m}$$

$$d_2 = 0.17 \text{ m}$$

$$d_3 = 0.04 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 1,700 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\lambda_2 = 0,870 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\lambda_3 = 0,870 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής	Ειδική	Συντελεστής		
		θερμικής		θερμο-	σε διάχυση	
		αγωγιμότητας.		χωρητικότητα	υδρατμών	
		Τιμές				
		σχεδιασμού.				
	ρ	λ	c_p	μ		
	kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό	
1. Ανόργανα δομικά υλικά						
1.1. Φυσικοί λίθοι και γαίες						
1.1.1. Συμπαγείς λίθοι						
1.1.1.8 Ασβεστόλιθος πολύ σκληρός						
	2600	2,300	1 000	250	200	
	2200	1,700	1 000	200	150	
	2000	1,400	1 000	50	40	
1.4. Επιχρίσματα, κονιάματα στρώσεων και συνδετικά κονιάματα αρμών						
1.4.1. Ασβεστοκονίαμα						
	1800	0,870	1 000	15		

Πίνακας 5.4.3.1. Μέρος του πίνακα 2(TOTEE 2,σελ. 48). Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού),ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Από τον Πίνακα 5.4.3.2. επιλέγουμε για όλους τους συντελεστές:

$$R_i = 0.13 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

$$R_a = 0.04 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής		Αντιστάσεις θερμικής	
		μετάβασης		μετάβασης	
		$1/R_i$	$1/R_a$	R_i	R_a
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	(m ² K)/W	(m ² K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04

Πίνακας 5.4.3.2. Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946,εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο (πηγή: πρωτότυπος πίνακας, επεξεργασμένος βάσει του ISO 6946).

Όσον αφορά τη θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα του διάκενου επιλέγεται:

$$R_\delta = 0 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

Καθώς δεν υπάρχει διάκενο ανάμεσα στα στρώματα υλικών.

Με τη χρήση του τύπου (1) και των τιμών των μεγεθών, μετά από υπολογισμούς φαίνονται παρακάτω τα αποτελέσματα:

$$\underline{U = 1,56 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}}$$

Οι **ξυλόπηκτοι** τοίχοι του πάνω ορόφου θεωρούνται σύνθετα δομικά στοιχεία. Τέτοιου είδους στοιχεία θεωρούνται αυτά που προκύπτουν από την εφαρμογή του ίδιου δομικού υλικού με διαφορετικά πάχη κατά τη δόμηση του στοιχείου ή από την εφαρμογή διαφορετικών δομικών υλικών, τα οποία συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους, παρουσιάζουν μία σχετική επαναληπτικότητα και διαμορφώνουν ένα δομικό στοιχείο με συγκεκριμένη λειτουργία.

Τα σύνθετα δομικά στοιχεία μπορούν να υπεισέλθουν στους υπολογισμούς με έναν ενιαίο συντελεστή θερμοπερατότητας που προκύπτει από τους συντελεστές των επί μέρους διατομών κατά την αναλογία εμβαδού που αυτοί καταλαμβάνουν στο συνολικό εμβαδό του δομικού στοιχείου σύμφωνα με την εξίσωση (2):

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})] \quad (2)$$

όπου:

U [**W/(m²·K)**] ο ενιαίος συντελεστής θερμοπερατότητας του σύνθετου δομικού στοιχείου,

n [-] το πλήθος των διαφορετικών διατομών του σύνθετου δομικού στοιχείου,

U_j [$W/(m^2 \cdot K)$] ο συντελεστής θερμοπερατότητας της κάθε επί μέρους διαφορετικής διατομής του σύνθετου δομικού στοιχείου,

A_j [m^2] η επιφάνεια που καταλαμβάνει η κάθε επί μέρους διαφορετική διατομή στη συνολική επιφάνεια του σύνθετου δομικού στοιχείου.

Οι τιμές όλων των επί μέρους διαφορετικών διατομών (U_j) υπολογίζονται όπως υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός οποιουδήποτε δομικού στοιχείου σύμφωνα με τη σχέση 1, λαμβάνοντας τιμές των διαφόρων μεγεθών (π.χ. λ , R_i , R_a), που να ανταποκρίνονται στην πραγματική κατάσταση στην οποία βρίσκονται.

Όλοι οι ξυλόπηκτοι τοίχοι του ορόφου πάχους 22cm είναι κατασκευασμένοι από:

- Κατακόρυφα ξύλα διατομής 14*14cm, οριζόντια και διαγώνια ξύλα μικρότερης διατομής 6*12cm. από πεύκο.
- Πλήρωση μεταξύ ξύλων από συμπαγή τούβλα παλιά και νέα πάχους 4,5cm, μήκους 25cm, με νέο συνδετικό κονίαμα στο μεγαλύτερο ποσοστό ALBARIA Struttura
- διαπνέον επίχρισμα κατά της υγρασίας για εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες, 4 στρωμάτων, τύπου ALBARIA SP2 με υδραυλική άσβεστο χωρίς τσιμέντο.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι τα επιχρίσματα εσωτερικά και εξωτερικά θα είναι της τάξης των περίπου 4 cm στη κάθε πλευρά. Επίσης από το Σχήμα 5.4.3.2.

παρατηρείται ότι 25 % του τοίχου πριν τα επιχρίσματα αποτελούν τα κομμάτια ξύλου, 5 % το συνδετικό κονίαμα και το υπόλοιπο 70 % από τα τούβλα.



Σχήμα 5.4.3.2 . Μορφή ξυλόπηκτων τοίχων πριν την εφαρμογή των επιχρισμάτων

Με σκοπό τη χρησιμοποίηση του τύπου (2) πρώτα υπολογίζονται 3 διαφορετικοί συντελεστές θερμοπερατότητας. Και οι 3 θα αφορούν τοίχους με 8 cm επίχρισμα και η διαφορά τους θα έγκειται στο υλικό ανάμεσα των επιχρισμάτων. Θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος (1) για τους υπολογισμούς. Για όλους τους συντελεστές ισχύει:

$$n = 2$$

$$d_1 = 0.14 \text{ m}$$

$$d_2 = 0.08 \text{ m}$$

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				μ	
				ξηρό	υγρό
1.4. Επιχρίσματα, κονιάματα στρώσεων και συνδετικά κονιάματα αρμών					
1.4.1. Ασβεστοκονίαμα	1800	0,870	1 000	15	
1.7.2. Οπτοπλινθοδομή, ανεπίχριστη, συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών πάχους 12 mm					
1.7.2.1. Οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	1200	0,490	1 000	10 - 25	
	1500	0,600	1 000	10 - 25	
	1700	0,680	1 000	10 - 25	
	1900	0,780	1 000	10 - 25	
2.1.2. Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κ.τ.λ.)					
	600	0,140	1 600	50	20

Πίνακας 5.4.3.3. Μέρος του πίνακα 2(TOTEE 2,σελ. 48). Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού),ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Από τον δίνονται οι τιμές:

$$\lambda_1 = 0,640 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K}) , \lambda_1' = 0,140 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K}) , \lambda_1'' = 0,870 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

$$\lambda_2 = 0,870 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

Από τον Πίνακα 5.4.3.4. επιλέγεται για όλους τους συντελεστές:

$$R_i = 0.13 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

$$R_a = 0.04 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

A/A	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R _i	1/R _a	R _i	R _a
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	(m ² K)/W	(m ² K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04

Πίνακας 5.4.3.4. Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946,εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο (πηγή: πρωτότυπος πίνακας, επεξεργασμένος βάσει του ISO 6946).

Όσον αφορά τη θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα του διάκενου επιλέγεται:

$$R_{\delta} = 0 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

Καθώς δεν υπάρχει διάκενο ανάμεσα στα στρώματα υλικών.

Οπότε για το κομμάτι τοίχου με τα τούβλα, υπολογίζεται με τη βοήθεια του τύπου (1):

$$U = 2,08 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Για το κομμάτι τοίχου με τα ξύλα, υπολογίζεται με τη βοήθεια του τύπου (1):

$$U' = 0,79 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Τέλος για το κομμάτι τοίχου με το συνδετικό κονίαμα, υπολογίζεται με τη βοήθεια του τύπου (1):

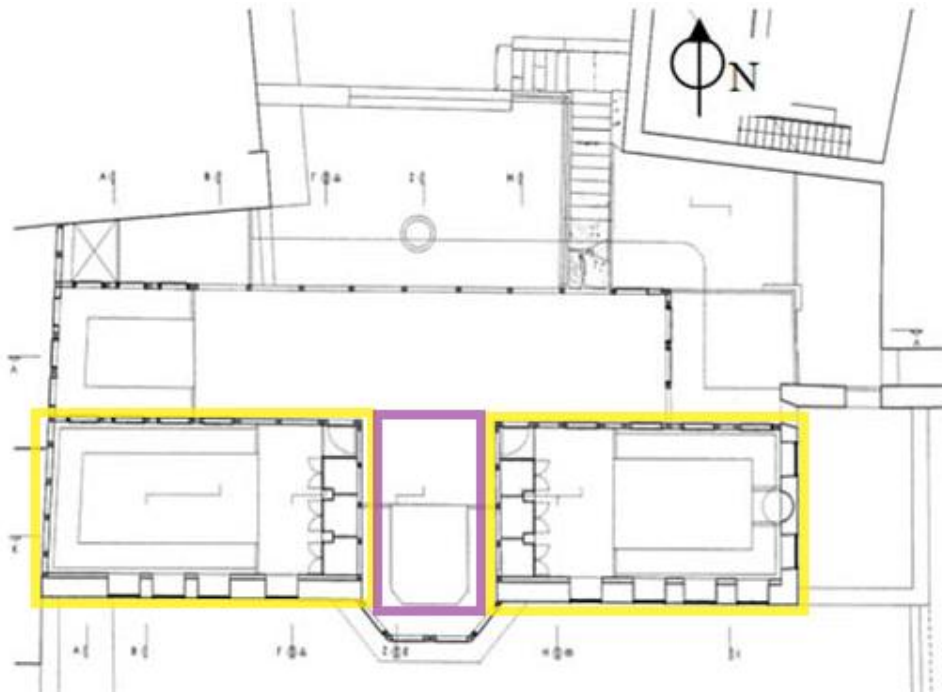
$$U'' = 2,37 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Χρησιμοποιώντας τα ποσοστά, τους συντελεστές που υπολογίστηκαν και τον τύπο (2) βρίσκεται ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας των ξυλόπηκτων τοίχων ίσος με:

$$\underline{U = 1,77 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$$

5.4.4 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής

Στο Σχήμα 5.4.4.1. φαίνονται τα 3 κομμάτια της οροφής του κελύφους. Με κίτρινο χρώμα είναι τα 2 κομμάτια οροφής τα οποία έχουν από πάνω τους τη κεκλιμένη στέγη. Με μωβ χρώμα φαίνεται το κομμάτι το οποίο για το κέλυφος του κτηρίου είναι οροφή, αλλά για το κτήριο είναι συγχρόνως και το πάτωμα του σαχισιού. Οπότε οι υπολογισμοί για τους συντελεστές της οροφής θα χωριστούν σε 2 μέρη. Ένας για τις οριζόντιες οροφές κάτω από μη θερμομονωμένη κεκλιμένη στέγη και ένας για την οροφή – πάτωμα.



Σχήμα 5.4.4.1 . Κάτοψη άνω ορόφου

5.4.4.1 Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας κλειστών χώρων που διαμορφώνονται μεταξύ των οριζόντιων οροφών των τελευταίων ορόφων των κτηρίων και των κεκλιμένων επιστεγάσεων τους που δεν είναι θερμομονωμένες υπολογίζεται λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη τη θερμική αντίσταση που προβάλλει το στρώμα αέρα του ενδιάμεσου αυτού χώρου. Η στρώση του αέρα αυτού του χώρου θεωρείται πρακτικά ομογενής και λαμβάνεται υπόψη ως πρόσθετη θερμική αντίσταση. Έτσι, ο συντελεστής θερμοπερατότητας οριζόντιας οροφής κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη θα υπολογιστεί βάσει της εξίσωσης (3):

$$U_{RU} = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_u + R_a} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (3)$$

όπου:

U_{RU} [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οριζόντιας οροφής κάτω από τη μη θερμομονωμένη στέγη,

n [-] το πλήθος των στρώσεων της οριζόντιας οροφής,

d [m] το πάχος της κάθε στρώσης της οριζόντιας οροφής,

λ [W/(m·K)] ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης της οριζόντιας οροφής,

R_δ [m²·K/W] η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις της οριζόντιας οροφής, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου θεωρείται πρακτικά ακίνητος και δεν επικοινωνεί ούτε με τον αέρα του εσωτερικού χώρου ούτε με τον αέρα κάτω από τη μη θερμομονωμένη στέγη,

R_i [m²·K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς την οριζόντια οροφή,

R_u [m²·K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το στρώμα αέρα μεταξύ της οριζόντιας οροφής και της κεκλιμένης στέγης, συμπεριλαμβανομένης της θερμικής αντίστασης των στρώσεων της κεκλιμένης στέγης,

R_a [m²·K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από την κεκλιμένη στέγη προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Κατά τη κατασκευή για την οροφή κάτω από την κεκλιμένη στέγη τοποθετήθηκε:

1. κοντραπλακέ πάχους 20χιλ.,
2. οροφή πάχους 20χιλ.,
3. ενώ πάνω από το κοντραπλακέ θερμομόνωση πάχους 5εκ. (Dow Xps) μόνο πάνω από κλειστούς χώρους.



Σχήμα 5.4.4.1.1 . Ανακατασκευή οροφής.

Η κεκλιμένη στέγη αποτελείται από:

- Κεκλιμένες δοκούς στέγης διατομής 8χ12εκ. ανά ~45εκ.
- Σανίδωμα πάχους 3εκ. από πεύκο
- Διαπνέουσα μεμβράνη στέγης
- Βυζαντινά κεραμίδια καρφωτά



Σχήμα 5.4.4.1.2 . Ανακατασκευή κεκλιμένης στέγης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και με τη χρήση των πινάκων της TOTEE δίνονται οι τιμές στα μεγέθη του αρχικού τύπου (3) ως εξής:

$$n = 3$$

$$d_1 = 0.02 \text{ m}$$

$$d_2 = 0.02 \text{ m}$$

$$d_3 = 0.05 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 0,130 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\lambda_2 = 0,130 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

$$\lambda_3 = 0,031 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Βδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				μ ξηρό	μ υγρό
	ρ kg/m ³	λ W/(m·K)	c _p J/(kg·K)		
2. Ξύλα					
2.1. Συμπαγής ξυλεία					
2.1.1. Κατεργασμένη και ακατέργαστη ξυλεία, γενικώς	450	0,120	1 600	50	20
	500	0,130	1 600	50	20
	700	0,180	1 600	200	50
2.2.2. Αντικολλητά φύλλα ξυλείας (κόντρα πλακέ)	300	0,090	1 600	150	50
	500	0,130	1 600	200	70
	700	0,170	1 600	220	90
6. Θερμομονωτικά υλικά					

6.3.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη	30-40			
6.3.4.1 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	0,031 - 0,038	1 450	80 - 250	
6.3.4.2 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με άνθρακα, σε πλάκες	0,030 - 0,032	1 451	80 - 250	

Πίνακας 5.4.4.1.1. Μέρος του πίνακα 2 (TOTEE 2, σελ. 48). Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού), ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Το υλικό Dow Xps αποτελείται από αφρώδη εξηλασμένη πολυστερίνη με άνθρακα σύμφωνα με πληροφορίες από το επίσημο διαδικτυακό τόπο της εταιρίας (<http://building.dow.com/na/en/products/insulation/rigidfoam.htm>). Για τη ξυλεία επειδή δεν ήταν γνωστή η πυκνότητα της λήφθηκε τιμή για τη μεσαία πυκνότητα. Από τον Πίνακα 5.4.4.1.2. επιλέγεται:

$$R_u = 0,30 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

Α/Α	Περιγραφή της οροφής	R_u
		($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)
1	Κεραμοσκεπή επί τεγίδων και χωρίς ενδιάμεσο σανίδωμα ή στεγανοποιητική υδρατμοδιαπερατή μεμβράνη.	0,06
2	Φυλλοειδής στέγη ή κεραμοσκεπή με σανίδωμα ή μεμβράνη κάτω από τα κεραμίδια.	0,20
3	Φυλλοειδής στέγη ή κεραμοσκεπή με σανίδωμα ή μεμβράνη κάτω από τα κεραμίδια και με επικάλυψη φύλλου αλουμινίου ή άλλη χαμηλής εκπομπής επιφάνεια κάτω από τα κεραμίδια.	0,30
4	Στέγη αποτελούμενη από σανίδωμα και μεμβράνη.	0,30

Πίνακας 5.4.4.1.2. Η θερμική αντίσταση που προβάλλει στρώμα αέρα μεταξύ οριζόντιας θερμομονωμένης οροφής και κεκλιμένης στέγης (πηγή: ISO 6946).

Από τον Πίνακα 5.4.4.1.3. επιλέγεται:

$$R_i = 0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_a = 0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		$1/R_i$	$1/R_a$	R_i	R_a
		$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)	($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10

Πίνακας 5.4.4.1.3. Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο (πηγή: πρωτότυπος πίνακας, επεξεργασμένος βάσει του ISO 6946).

Επιλέχθηκε οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο, επειδή η οροφή βρίσκεται κάτω από κεκλιμένη στέγη και σε επαφή με στρώμα αέρα και επειδή ένα κομμάτι οροφής (το κομμάτι πάνω από το σαχνισί) βρίσκεται πάνω από το μη θερμαινόμενο χώρο.

Όσον αφορά τη θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα επιλέγεται από τον

Πίνακα 5.4.4.1.4.:

$$R_{\delta} = 0,18 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Καθώς:

- σε καμιά πλευρά του διακένου δεν υπάρχει ανακλαστική επιφάνεια,
- η ροή θεωρείται οριζόντια γιατί παρουσιάζει απόκλιση από το οριζόντιο επίπεδο μέχρι $\pm 30^\circ$
- και το πάχος της στρώσης του αέρα κατά μέσο όρο υπολογίζεται στα 40 mm.

Πάχος ακίνητης στρώσης αέρα	Χωρίς ανακλαστική επιφάνεια ($\epsilon = 0,80$) σε καμιά πλευρά του διακένου		
	Οριζόντια ροή	Ροή από κάτω προς τα άνω	Ροή από άνω προς τα κάτω
mm	$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,17	0,16	0,17
25	0,18	0,16	0,19
50	0,18	0,16	0,21
100	0,18	0,16	0,22
300	0,18	0,16	0,23

Πίνακας 5.4.4.1.4. Μέρος του πίνακα 4α. Θερμική αντίσταση μη αεριζόμενου στρώματος αέρα, ευρισκόμενου πρακτικά σε κατάσταση ηρεμίας

Αντικαθιστώντας στη σχέση (3) υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οριζόντιας οροφής κάτω από τη μη θερμομονωμένη στέγη ίσος με:

$$\underline{U_{RU} = 0.435 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$$

5.4.4.2 Οριζόντια οροφή – πάτωμα

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κομματιού της οροφής υπολογίζεται με τη βοήθεια του τύπου (1). Για το κομμάτι αυτό κατά τη κατασκευή τοποθετήθηκε:

1. Σανίδωμα πάχους 3εκ. από πεύκο,
2. και οροφή πάχους 20χιλ.

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				μ ξηρό	μ υγρό
	ρ kg/m ³	λ W/(m·K)	c _p J/(kg·K)		
2. Ξύλα					
2.1. Συμπαγής ξυλεία					
2.1.1. Κατεργασμένη και ακατέργαστη ξυλεία, γενικώς	450	0,120	1600	50	20
	500	0,130	1600	50	20
	700	0,180	1600	200	50
2.1.2. Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κ.τ.λ.)	600	0,140	1600	50	20

Πίνακας 5.4.4.2.1. Μέρος του πίνακα 2(TOTEE 2,σελ. 48). Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (τιμές σχεδιασμού),ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και με τη χρήση των πινάκων της TOTEE δίνονται οι τιμές στα μεγέθη του αρχικού τύπου (1) ως εξής:

$$n = 2$$

$$d_1 = 0.03 \text{ m}$$

$$d_2 = 0.02 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 0,140 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

$$\lambda_2 = 0,130 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

Από τον Πίνακα 5.4.4.1.3. επιλέγουμε:

$$R_i = 0.10 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

$$R_a = 0.10 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

Επιλέχθηκε οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο, επειδή η οροφή βρίσκεται κάτω από την οροφή του κτηρίου και σε επαφή με αέρα εξωτερικού χώρου.



Σχήμα 5.4.4.2.1 . Ανακατασκευή οροφής- πατώματος.

Όσον αφορά τη θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα του διάκενου επιλέγεται:

$$R_\delta = 0 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

Καθώς δεν υπάρχει διάκενο ανάμεσα στα στρώματα υλικών.

Τελικά μετά από αντικατάσταση υπολογίζεται από τον τύπο (1):

$$\mathbf{U = 1,76 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})}$$

5.4.5 Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας των πορτών

Στο κέλυφος του κτηρίου υπάρχουν 5 συνολικά πόρτες, 3 ισόγειο του κτηρίου και 2 στον όροφο, δηλαδή μία σε κάθε δωμάτιο. Οι πόρτες είναι κατασκευασμένες από σουηδικό πεύκο και το πάχος διαφέρει στο κάθε όροφο. Οι πόρτες του ισογείου έχουν πάχος 2 cm ενώ αυτές του ορόφου 3,5 cm.



Σχήμα 5.4.5.1 . Πόρτα ισογείου

Σύμφωνα με τα παραπάνω και με τη χρήση των πινάκων της TOTEE δίνονται οι τιμές στα μεγέθη του αρχικού τύπου (1) ως εξής:

$$n = 1$$

$$d_{\text{ισογ}} = 0.02 \text{ m}$$

$$d_{\text{οροφ}} = 0.035 \text{ m}$$

$$\lambda = 0,140 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

$$R_i = 0.13 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

$$R_a = 0.04 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

$$R_{\delta} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

Οπότε από τον τύπο (1) υπολογίζονται οι τιμές:

- Για 20 mm **U = 3.20 W/(m²·K)**
- Για 35 mm **U = 2,39 W/(m²·K)**

5.4.6 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων κτηρίου

Όλα τα παραπάνω στοιχεία για τις τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων συγκεντρώνονται στον Πίνακα 5.4.6.1.

	Δομικό Στοιχείο	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/(m ² ·K))
Ισόγειο	Πάτωμα	1,237
	Βόρειος Τοίχος	1,88
	Νότιος Τοίχος	1,60
	Ανατολικός Τοίχος	1,67
	Δυτικός Τοίχος	1,023
	Πόρτες	3,20
Οροφος	Αργολιθοδομές	1,56
	Ξυλόπηκτοι τοίχοι	1,77
	Πόρτες	2,39
	Οροφές κάτω από κεκλιμένη στέγη	0,435
	Οροφή - Πάτωμα	1,76

Πίνακας 5.4.6.1. Συγκεντρωτικός πίνακας συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών στοιχείων.

5.5 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος U_w εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου, τον υαλοπίνακα που φέρει, το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος και το μήκος της θερμογέφυρας που σχηματίζεται στα σημεία ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο. Στο κέλυφος του κτηρίου έχουμε 2 βασικά είδη κουφωμάτων που χρειάζεται η επιλογή συντελεστή θερμοπερατότητας, 2 είδη κουφωμάτων με διαφορετικά χαρακτηριστικά αν και ίδιες διαστάσεις και τα 2 ανοίγματα του ισογείου.

5.5.1 Υπολογισμός του U_w μονών κουφωμάτων

Για την απλοποίηση των υπολογισμών έχουν υπολογιστεί οι τιμές θερμοπερατότητας των συνηθέστερων κουφωμάτων που συναντώνται στο κτηριακό απόθεμα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την ενεργειακή επιθεώρηση. Στον Πίνακα 5.5.1.1. δίνεται το εύρος τιμών που αντιστοιχεί σε συνδυασμό διαφορετικών υαλοπινάκων και πλαισίων για διάφορα ποσοστά πλαισίου επί του κουφώματος και μήκη θερμογέφυρας που σχηματίζεται στη συναρμογή υαλοπίνακα και πλαισίου.

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου F_f	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμφιμότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο Αέρα 12 mm
	[%]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	-	-	-	-
	30%	2,3	-	-	-	-
	40%	2,1	-	-	-	-

Πίνακας 5.5.1.1. Μέρος του πίνακα 3.12. Τοπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων U_{n_F} [W/(m²K)].

Ξεκινώντας από τη κάτω σειρά ξύλινων παραθύρων τα οποία είναι διπλά, με ποσοστό πλαισίου 30% και με μονό υαλοπίνακα επιλέγεται τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας ίσος με 4,7. Δεν επιλέγεται η τιμή 2,3 που αντιστοιχεί σε διπλό ξύλινο παράθυρο επειδή δεν υπάρχει από τον κατασκευαστή πιστοποιητικό για την αεροστεγανότητα και των δύο φύλλων των παραθύρων. Οπότε:

$$U_w = 4.7 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Ακολουθως, στη πάνω σειρά παραθύρων παρατηρούνται κάποια τα οποία διαφέρουν σε σχέση με την πλειονότητα. Για τα περισσότερα λοιπόν παράθυρα ακολουθεί ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας σαν διπλό κούφωμα.

Οι ειδικές περιπτώσεις είναι δύο. Μία ειδική περίπτωση τα τρία παράθυρα τα οποία εδράζονται 2 στον ανατολικό τοίχο του αριστερού δωματίου και 1 στο νότιο τοίχο του. Οι διαστάσεις τους είναι ίδιες με τα υπόλοιπα με την διαφορά ότι είναι

μονά κουφώματα και η εξωτερική πλευρά αντί για κούφωμα υπάρχει χτιστή πολεμίστρα. Ένα από τα παράθυρα φαίνεται στο Σχήμα 5.5.1.1.



Σχήμα 5.5.1.1. Ειδική περίπτωση παραθύρου πάνω σειράς

Για τα τρία αυτά κουφώματα επιλέγεται συντελεστής για μονό μεταλλικό κούφωμα με 30 % ποσοστό πλαισίου, ίσος με :

$$\underline{U_w = 6,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$$

Η άλλη ειδική περίπτωση είναι δύο κουφώματα τα οποία εντοπίζονται ένα στο βόρειο τοίχο του αριστερού δωματίου και ένα στο βόρειο τοίχο του δεξιού. Ένα από τα δύο κουφώματα φαίνεται στο Σχήμα 5.5.1.2.



Σχήμα 5.5.1.2 . Δεύτερη ειδική περίπτωση παραθύρου πάνω σειράς

Για τα δύο αυτά κουφώματα επιλέγεται συντελεστής για ξύλινο κούφωμα με 30 % ποσοστό πλαισίου, ίσος με :

$$\underline{U_w = 4,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$$

Για τα δύο ανοίγματα του ισογείου επιλέγεται συντελεστής για μεταλλικό κούφωμα με 10 % ποσοστό πλαισίου, ίσος με :

$$\underline{U_w = 5,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$$

5.5.2 Αναλυτικός υπολογισμός του U_w ενός διπλού κουφώματος της πάνω σειράς

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός διπλού κουφώματος, δηλαδή ενός κουφώματος αποτελούμενου από δύο χωριστά κουφώματα με τους υαλοπίνακές τους (μονούς, διπλούς ή τριπλούς) θα υπολογισθεί σύμφωνα με την παρακάτω διαδικασία ξεχωριστά για την τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε

κουφώματος (δηλαδή των τιμών $U_{w,a}$ του εξωτερικού κουφώματος και $U_{w,i}$ του εσωτερικού) και κατόπιν για την τιμή του διπλού κουφώματος στο σύνολό του βάσει της εξίσωσης (4):

$$U_w = \frac{1}{\left(\frac{1}{U_{w,i}} - R_a\right) + R_{\delta,w} + \left(\frac{1}{U_{w,a}} - R_i\right)} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

Όπου:

U_w [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας ολόκληρου του διπλού κουφώματος,

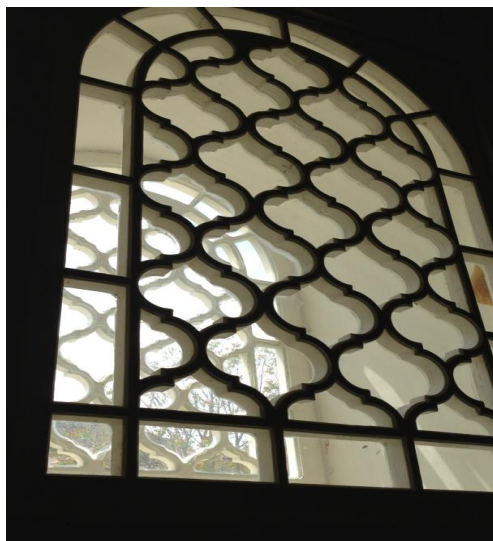
$U_{w,i}$ [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εσωτερικού κουφώματος,

$U_{w,a}$ [W/(m²·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εξωτερικού κουφώματος,

R_a [m²·K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το διάκενο μεταξύ των δύο κουφωμάτων προς το δομικό στοιχείο, που θα συνυπολογιζόταν εάν το διάκενο θεωρείτο εξωτερικό περιβάλλον,

R_i [m²·K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το διάκενο μεταξύ των δύο κουφωμάτων προς το δομικό στοιχείο, που θα συνυπολογιζόταν αν το διάκενο θεωρείτο εσωτερικό περιβάλλον,

$R_{\delta,w}$ [m²·K/W] η θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου μεταξύ των δύο κουφωμάτων.



Σχήμα 5.5.2.1 . Το εξεταζόμενο διπλό κούφωμα της πάνω σειράς κουφωμάτων

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5.5.2.1 δίνονται τιμές στους συντελεστές θερμοπερατότητας του εσωτερικού και του εξωτερικού κουφώματος για ποσοστό πλαισίου 30%:

$$U_{w,i} = 6,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$U_{w,a} = 6,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου F_f	Υαλοπίνακας μονός
	[%]	[W/(m ² K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6.0
	30%	6.1
	40%	6.2

Πίνακας 5.5.2.1. Μέρος του πίνακα 3.12 (ΤΟΤΕΕ 1,σελ. 63). Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων U_{v_F} [W/(m²K)].

Ακολούθως σύμφωνα με τον Πίνακα 5.5.2.2. δίνονται τιμές στις αντιστάσεις θερμικής μετάβασης των επιφανειακών στρωμάτων αέρα:

$$R_a = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_i = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R _i	1/R _a	R _i	R _a
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	(m ² K)/W	(m ² K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04

Πίνακας 5.5.2.2. Μέρος του πίνακα 3β (TOTEE 2,σελ. 54). Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946,εξειδικευμένες ανά δομικό στοιχείο.

Για την εύρεση της θερμικής αντίστασης του αέρα του διακένου μεταξύ των δύο κουφωμάτων χρησιμοποιείται ο Πίνακας 5.5.2.3.:

Πάχος διακένου mm	Θερμική αντίσταση διακένου υαλοπινάκων R _{δ,w} [W/(m ² K)]		
	Χωρίς επίστρωση	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ίσης με:	
		0,20	0,10
6	0,127	0,191	0,211
9	0,154	0,259	0,299
12	0,173	0,316	0,377
15	0,186	0,364	0,447
50	0,179	0,336	0,406

Πίνακας 5.5.2.3. Πίνακας 4β (TOTEE 2,σελ. 56). 4β. Θερμική αντίσταση του αέρα του διακένου υαλοπίνακα.

Παρατηρείται ότι για πάχη διακένου μέχρι 15mm η θερμική αντίσταση μειώνεται, ενώ για διάκενο μεγαλύτερο από αυτό η τιμή μειώνεται. Επίσης γεγονός είναι τα κουφώματα του πάνω ορόφου βρίσκονται εδράζονται σε διαφορετικούς τοίχους, με διαφορετικό πάχος άρα και το διάκενο είναι διαφορετικό. Το διάκενο ποικίλει από 22mm για τους ξυλόπηκτους τοίχους μέχρι 60mm για τις επιχρισμένες αργολιθοδομές. Κρίνεται έτσι απαραίτητος ο υπολογισμός 2 διαφορετικών συντελεστών για κάθε είδος τοίχου που εδράζονται. Με γραμμικές παρεμβολές βρίσκονται οι ακόλουθες τιμές για τις θερμικές αντιστάσεις ίσες με:

- Για διάκενο 22 mm $R_{\delta,w} = 0,1846 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- Για διάκενο 60 mm $R_{\delta,w} = 0,177 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$

Τελικά αντικαθιστώντας στην αρχική σχέση, υπολογίζονται οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των διπλών κουφωμάτων του πάνω ορόφου του κτηρίου:

- Για διάκενο 22 mm $\underline{U_w = 2,92 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})}$
- Για διάκενο 60 mm $\underline{U_w = 2,99 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})}$

5.5.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα συντελεστή θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων κτηρίου

Όλα τα παραπάνω στοιχεία για τις τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των διαφανών δομικών στοιχείων συγκεντρώνονται στον Πίνακα 5.5.4.1.

	Δομικό Στοιχείο	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U ($\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$)
Ισόγειο	Άνοιγμα στο βόρειο τοίχο	5.90
	Άνοιγμα στο δυτικό τοίχο	5.90
Όροφος	Κάτω σειρά κουφωμάτων	4.70
	Πάνω σειρά κουφωμάτων σε αργολιθοδομή	2.99
	Πάνω σειρά κουφωμάτων σε ξυλόπηκτο τοίχο	2.92
	Ειδική περίπτωση πάνω σειράς παραθύρου - πολεμίστρας	6.10
	Ειδική περίπτωση πάνω σειράς παραθύρου - πολεμίστρας	4,70

Πίνακας 5.5.4.1. Συγκεντρωτικός πίνακας συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών στοιχείων.

5.6 Υπολογισμός συντελεστών θερμικής ακτινοβολίας

5.6.1 Συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας

Ισχύει ότι η ακτινοβολία που προσπίπτει σε μία αδιαφανή επιφάνεια μπορεί να ανακλαστεί ή να απορροφηθεί από αυτή και το άθροισμα του ποσοστού της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται και του ποσοστού απορροφάται από μια επιφάνεια ισούται με τη μονάδα, οπότε:

$$\rho + \alpha = 1$$

όπου:

ρ ο συντελεστής ανακλαστικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία,

α ο συντελεστής απορροφητικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία.

Τόσο η ανακλαστικότητα, όσο και η απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία ενός αδιαφανούς υλικού ή μιας επιφάνειας εξαρτώνται κυρίως από τη διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας, δηλαδή από το χρώμα και την υφή της. Η ανακλαστικότητα στιλπνών και λείων επιφανειών πλησιάζει προς τη μονάδα, ενώ η απορροφητικότητά τους είναι αντίστοιχα μειωμένη. Από την άλλη, σκουρόχρωμες και τραχιές επιφάνειες εμφανίζουν υψηλή απορροφητικότητα και χαμηλή ανακλαστικότητα. Οι ιδιότητες αυτές των τελικών επιφανειών του κτηριακού κελύφους προσδιορίζουν ουσιαστικά τα ηλιακά κέρδη των αδιαφανών δομικών στοιχείων και μπορεί να έχουν σημαντικό ρόλο, κυρίως όταν οι επιφάνειες δέχονται μεγάλες ποσότητες ακτινοβολίας, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση των δωματίων. Ο Πίνακας 5.6.1.1. που ακολουθεί περιέχει τις τυπικές

τιμές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας για διάφορες επιφάνειες που συναντώνται ως τελικές επιστρώσεις των κατακόρυφων και οριζόντιων δομικών στοιχείων του κελύφους του κτηρίου.

Περιγραφή επιφάνειας	Ανακλαστικότητα	Απορροφητικότητα
Κατακόρυφα δομικά στοιχεία		
Επίχρισμα λευκό, λεία επιφάνεια (σπατουλαριστό)	0,70	0,30
Επίχρισμα ανοιχτόχρωμο (π.χ. ανοιχτό γκρι, μπεζ, κίτρινο, ροζ ή γαλάζιο)	0,60	0,40
Επίχρισμα σκουρόχρωμο (π.χ. σκούρο λαδί, καφέ, γκρι)	0,20	0,80
Εμφανής οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή	0,20	0,80
Εμφανής ανοιχτόχρωμη οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή	0,40	0,60
Οριζόντια δομικά στοιχεία (οροφές)		
Κόκκινο κεραμίδι	0,40	0,60

Πίνακας 5.6.1.1. Μέρος του πίνακα 3.14. Τυπικές τιμές ανακλαστικότητας και απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία.

Στο λογισμικό του ΤΕΕ χρησιμοποιείται ο βαθμός απορροφητικότητας και για αυτό ο Πίνακας 5.6.1.2. επικεντρώνεται σε αυτή τη τιμή για τα διάφορα δομικά στοιχεία που συναντώνται στο κτήριο.

Δομικό στοιχείο κτηρίου	Απορροφητικότητα
Αργολιθοδομές	0,60
Ευλόπηκτοι τοίχοι	0,40
Πόρτες	0,80
Πάτωμα - Οροφή	0,80
Στέγη με κεραμίδια	0,60

Πίνακας 5.6.1.2. Τιμές απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία για τα δομικά στοιχεία του κτηρίου.

5.6.2 Συντελεστής εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία

Ένα ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που έχει απορροφηθεί από μία εξωτερική επιφάνεια εκπέμπεται προς το περιβάλλον με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας. Η ικανότητα εκπομπής της θερμικής ακτινοβολίας διαφοροποιείται ανάλογα με το υλικό και τη διαμόρφωση της τελικής του επιφάνειας. Για τα περισσότερα δομικά υλικά ο συντελεστής εκπομπής (εκπεμπτικότητα) κυμαίνεται μεταξύ 0,80 και 0,90. Χαμηλές τιμές του συντελεστή εκπομπής των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους συναντώνται σε στιλπνές επιφάνειες από μέταλλο (αλουμίνιο, ορείχαλκο ή κασσίτερο). Ο Πίνακας 5.6.2.1. δίνει τις πιθανές τιμές του συντελεστή εκπομπής.

Περιγραφή επιφάνειας	Συντελεστής εκπομπής
Σύνηθες δομικό υλικό	0,80
Γυαλί	0,90
Στιλπνές μεταλλικές επιφάνειες	0,20
Γαρμπίλι	0,30

Πίνακας 5.6.2.1. Μέρος του πίνακα 3.15. Τιμές του συντελεστή εκπομπής (εκπεμπτικότητα) θερμικής ακτινοβολίας.

Ενώ ο Πίνακας 5.6.2.2. τις τιμές για τα δομικά στοιχεία του κελύφους.

Δομικό στοιχείο κτηρίου	Συντελεστής εκπομπής
Αργολιθοδομές	0,80
Ευλόπηκτοι τοίχοι	0,80
Πόρτες	0,80
Πάτωμα - Οροφή	0,80
Στέγη με κεραμίδια	0,80

Πίνακας 5.6.2.2. Τιμές συντελεστή εκπομπής στην ηλιακή ακτινοβολία για τα δομικά στοιχεία του κτηρίου.

5.6.3 Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους υαλοπινάκων και κουφωμάτων

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του κουφώματος g_w εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του κουφώματος προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό. Η τιμή του εξαρτάται από το είδος του υαλοπίνακα και το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος. Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από το πλαίσιο και μεταδίδεται με τη μορφή θερμότητας στο εσωτερικό είναι πολύ μικρή συγκριτικά με αυτήν που διέρχεται από το διαφανές τμήμα του κουφώματος και γι' αυτό αγνοείται. Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους g_w υπολογίζεται από τη παρακάτω σχέση. Επειδή όπως αναφέρθηκε η τιμή του g_w εξαρτάται από το ποσοστό του πλαισίου θα πρέπει να υπολογίζεται για κάθε τύπο κουφώματος ξεχωριστά.

$$g_w = g_{gl} (1 - F_f)$$

όπου:

F_f το ποσοστό πλαισίου στο κούφωμα,

g_{gl} ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα.

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα (g_{gl}), εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του υαλοπίνακα προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σ' αυτό και λαμβάνεται ίση με το 90% του συντελεστή ηλιακού κέρδους g σε κάθετη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας. Σύμφωνα με τα παραπάνω έχει δημιουργηθεί ο Πίνακας 5.6.3.1. με

τις τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας κουφωμάτων.

Τύπος υαλοπίνακα	Ποσοστό πλαισίου F_f			
	10%	20%	30%	40%
Μονός υαλοπίνακας	0,69	0,62	0,54	0,46
Διπλός υαλοπίνακας	0,61	0,54	0,48	0,41
Διπλός υαλοπίνακας, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0,54	0,48	0,42	0,36
Διπλό παράθυρο	0,61	0,54	0,48	0,41
Εγχρωμος ή ανακλαστικός υαλοπίνακας χωρίς δυνατότητα διαπίστωσης των ιδιοτήτων του	0,41	0,36	0,32	0,27

Πίνακας 5.6.3.1. Μέρος του πίνακα 3.17. Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας κουφωμάτων.

Με τη βοήθεια του παραπάνω πίνακα επιλέγονται οι αντίστοιχες τιμές για το κάθε είδος κουφώματος ή ανοίγματος και φαίνονται στον Πίνακα 5.6.3.2.

Τύπος κουφώματος	Συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους
Παράθυρα κάτω σειράς	0,54
Παράθυρα πάνω σειράς	0,48
Παράθυρα πάνω σειράς-πολεμίστρες	0,54
Παράθυρα πάνω σειράς-ξύλινα	0,54
Ανοίγματα	0,69

Πίνακας 5.6.3.2. Τιμές συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους για τους διάφορους τύπους κουφωμάτων του κτηρίου

5.7 Συντελεστές Σκίασης

Τα δομικά στοιχεία ενός κτηρίου μπορεί να σκιάζονται εξωτερικά λόγω ύπαρξης εξωτερικών εμποδίων αλλά και στοιχείων του ίδιου του κτηρίου, όπως προστεγάσματα, πλευρικά στοιχεία ή ακόμη και τμήματα της κατασκευής (π.χ. εσοχές). Η κινητή εσωτερική σκίαση δεν λαμβάνεται υπόψη.

Η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς, είτε πρόκειται για την ενεργειακή μελέτη ενός νέου ή ριζικώς ανακαινιζόμενου κτηρίου είτε για την ενεργειακή επιθεώρηση, με τη χρήση τριών ανεξάρτητων μεταξύ του συντελεστών σκίασης. Οι συντελεστές σκίασης, καθορίζονται ανάλογα το είδος των σκιάστρων (οριζόντια, πλευρικά εξωτερικά εμπόδια και σκιάστρα) και την γεωμετρία τους. Επειδή ανάλογα με την εποχή οι συντελεστές σκίασης αλλάζουν, καθορίζονται για κάθε εξωτερική επιφάνεια με ορισμένο προσανατολισμό, οι αντίστοιχοι μέσοι συντελεστές σκίασης, ένας για τη χειμερινή περίοδο και ένας για τη θερινή περίοδο, ανάλογα με το είδος σκιάστρου. Στην περίπτωση ταυτόχρονης ύπαρξης προβόλου και εξωτερικού σκιάστρου η σκίαση λόγω προβόλου αγνοείται. Ο συνολικός σκιασμός δομικού στοιχείου προκύπτει ως το γινόμενο των τριών συντελεστών σκίασης:

- του συντελεστή σκίασης από εμπόδιο του περιβάλλοντος χώρου (γειτνιάζοντα κτήρια κ.τ.λ.),
- του συντελεστή σκίασης από πλευρικό εμπόδιο.
- και του συντελεστή σκίασης από οριζόντιο πρόβολο ή εξωτερικό σκιάστρο κατά περίπτωση.

Τονίζεται ότι όλοι οι συντελεστές είναι μειωτικοί λαμβάνοντας τιμή ίση με την μονάδα (1), όταν δεν υπάρχει καθόλου σκίαση και ίση με μηδέν (0) για πλήρη σκίαση.

5.7.1 Συντελεστής σκίασης ορίζοντα F_{hor}

Αυτός ο συντελεστής προσδιορίζει τη σκίαση που προκύπτει στις επιφάνειες του κτηρίου από την ύπαρξη φυσικών εμποδίων (π.χ. λόφων) ή τεχνητών (π.χ. υψηλών

κτηρίων). Όταν ο ορίζοντας είναι ελεύθερος ο συντελεστής ισούται με τη μονάδα ($F_{hor} = 1$), ενώ για πλήρη σκίαση παίρνει την τιμή μηδέν ($F_{hor} = 0$). Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτηρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης.

Στη περίπτωση του αρχοντικού που εξετάζεται στη παρούσα διπλωματική μόνο στο δυτικό κομμάτι του κτηρίου υπάρχει εμπόδιο. Το εμπόδιο είναι τεχνητό καθώς είναι κτήριο το οποίο σχεδόν εφάπτεται με τη δυτική πλευρά του κτηρίου. Οπότε για το δυτικό τοίχο του ισογείου και για το δυτικό τοίχο του αριστερού δωματίου του ορόφου θα ισχύει:

$$F_{hor} = 0$$

Καθώς το κτήριο βρίσκεται σε ελάχιστη απόσταση από τη δυτική πλευρά και σε ύψος υπερκαλύπτει το αρχοντικό, γεγονός που φαίνεται και στο Σχήμα 5.7.1.1.



Σχήμα 5.7.1.1 . Δυτική πλευρά κτηρίου

Οι υπόλοιπες πλευρές του κτηρίου δεν έχουν εμπόδια, ο ορίζοντας είναι ελεύθερος και έτσι ο συντελεστής ισούται με τη μονάδα.

$$F_{hor}=1$$

Γεγονός που αποδεικνύεται και από τις παρακάτω φωτογραφίες.



Σχήμα 5.7.1.2 . Ανατολική, νότια και βόρεια πλευρά κτηρίου

5.7.2 Συντελεστής σκίασης από προβόλους F_{ov}

Ο συντελεστής σκίασης οριζόντιων προστεγασμάτων (F_{ov}) προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτηρίου λόγω ύπαρξης οριζόντιων προεξοχών (εξωστών, προστεγασμάτων, υπέρθυρων ανοιγμάτων). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει οριζόντια προεξοχή ο συντελεστής ισούται με την μονάδα ($F_{ov} = 1$), ενώ όταν η σκίαση είναι πλήρης ο συντελεστής γίνεται ίσος με μηδέν ($F_{ov} = 0$).



Σχήμα 5.7.2.1 . Βορινή πλευρά κτηρίου

Όπως φαίνεται και από στο Σχήμα 5.7.2.1. ο συντελεστής σκίασης οριζόντιων προστεγασμάτων (F_{ov}) για πολλά δομικά μέρη του κελύφους θα είναι μηδενικός γιατί παρατηρείται πλήρης κάλυψη των στοιχείων αυτών είτε από το πάτωμα του ορόφου είτε από την στέγη του κτηρίου. Συντελεστή ίσο με το μηδέν επιλέγεται για τα βόρεια δομικά στοιχεία του ισογείου, για τα βόρεια δομικά στοιχεία του ορόφου, για το δυτικό τοίχο του αριστερού δωματίου του ορόφου και για τον ανατολικό τοίχο του δεξιού δωματίου του ορόφου.

$$F_{ov}=0$$

Για όλα τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία ισχύει:

$$F_{ov}=1$$

5.7.3 Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin}

Ο συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές (F_{fin}) προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτηρίου λόγω ύπαρξης κατακόρυφων προεξοχών (πλευρικών προεξοχών, τμημάτων του ίδιου του κτηρίου, διπλανών κτηρίων). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει πλευρική προεξοχή ο συντελεστής ισούται με μονάδα ($F_{fin} = 1$), ενώ όταν η σκίαση είναι πλήρης ο συντελεστής γίνεται ίσος με μηδέν ($F_{fin} = 0$).

Σχεδόν όλα τα δομικά στοιχεία του κτηρίου έχουν συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές:

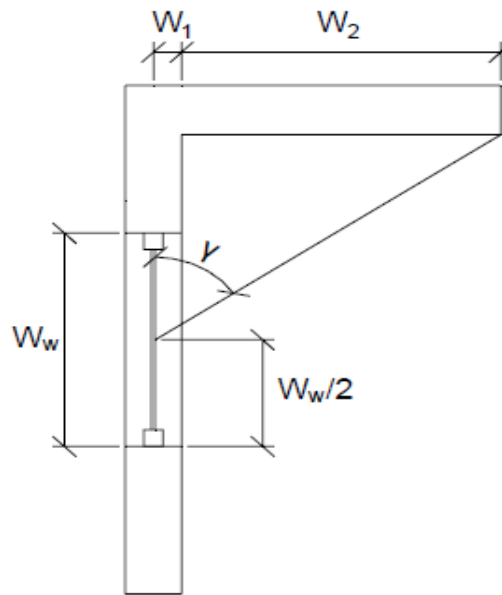
$$F_{fin} = 1$$

Η περίπτωση που διαφέρει είναι εκείνη των κουφωμάτων του ορόφου, καθώς από τους κατακόρυφους τοίχους δημιουργείται σκίαση, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.7.3.1.:



Σχήμα 5.7.3.1 . Κούφωμα της κάτω σειράς στον όροφο.

Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας γ της πλευρικής προεξοχής. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτηρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης.



Σχήμα 5.7.3.2. Γραφική απεικόνιση της γωνίας γ που σχηματίζει η πλευρική προεξοχή για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο διαφανές δομικό στοιχείο.

Στην εξεταζόμενη περίπτωση το W_1 ισούται με 0, ενώ για το W_2 οι τιμές είναι 2. Μία για τα κουφώματα που βρίσκονται σε αργολιθοδομές με πάχος 60 cm και μία για αυτά που βρίσκονται στους ξυλόπηκτους τοίχους πάχους 22 cm. Επίσης 2 τιμές θα λάβει και το W_w . 1,25 m για την κάτω σειρά παραθύρων και 1,02 m για την πάνω σειρά. Χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο, υπολογίζονται οι διαφορετικές τιμές της γωνίας γ .

$$\varepsilon\varphi\omega = \frac{\text{απέναντι κάθετη}}{\text{προσκειμένη κάθετη}}$$

Στο Πίνακα 5.7.3.1. φαίνονται οι τιμές της γωνίας γ , για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς:

	$W_2 = 0,6$	$W_2 = 0,22$
$W_w = 1.25$	44 °	20 °
$W_w = 1.02$	49.5 °	23.5 °

Πίνακας 5.7.3.1. Πίνακας γωνιών γ για κάθε συνδυασμό τιμών

Στο Πίνακα 5.7.3.2. συγκεντρώνονται όλα τα στοιχεία για να γίνει πιο εύκολα η επιλογή του συντελεστή σκίασης.

		Αριστερό Δωμάτιο	Δεξί Δωμάτιο
Προσανατολισμός	Σειρά	Γωνία γ	Γωνία γ
Βοράς	Πάνω	23.5 °	23.5 °
Βοράς	Κάτω	20 °	20 °
Ανατολή	Πάνω	49.5 °	-
Ανατολή	Κάτω	44 °	-
Νότος	Πάνω	49.5 °	49.5 °
Νότος	Κάτω	44 °	44 °
Δύση	Πάνω	-	23.5 °
Δύση	Κάτω	-	20 °

Πίνακας 5.7.3.2 . Συγκεντρωτικός πίνακας γωνιών γ .

Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές χρησιμοποιούνται τα στοιχεία και ο Πίνακα 5.7.3.3. Για τις βόρειες πλευρές

χρησιμοποιείται ο αντίστοιχος πίνακας για πλευρικές προεξοχές από την αριστερή πλευρά.

Γωνία γ	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας							
		N	ΝΔ	Δ	ΒΔ	Β	ΒΑ	A	NA
20°	θέρμανσης	0,95	0,93	0,90	0,92	1,00	1,00	1,00	0,99
	ψύξης	0,95	0,99	0,98	0,93	0,95	1,00	0,99	0,94
30°	θέρμανσης	0,92	0,90	0,86	0,89	1,00	1,00	1,00	0,98
	ψύξης	0,93	0,98	0,96	0,89	0,93	1,00	0,99	0,90
40°	θέρμανσης	0,89	0,87	0,80	0,86	1,00	1,00	1,00	0,97
	ψύξης	0,91	0,97	0,95	0,84	0,92	1,00	0,98	0,86
50°	θέρμανσης	0,85	0,83	0,75	0,84	1,00	1,00	1,00	0,95
	ψύξης	0,89	0,96	0,93	0,79	0,92	1,00	0,97	0,81

Πίνακας 5.7.3.3. Μέρος του πίνακα 3.20.β Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin} από την δεξιά πλευρά.

Οι τελικές τιμές μετά από τις γραμμικές παρεμβολές παριστάνονται στο τελικό συγκεντρωτικό πίνακα 5.7.3.4.

Προσανατολισμός	Σειρά	Αριστερό Δωμάτιο		Δεξί Δωμάτιο	
		F_{fin_h}	F_{fin_c}	F_{fin_h}	F_{fin_c}
Βοράς	Πάνω	1	0,94	1	0,94
Βοράς	Κάτω	1	0,95	1	0,95
Ανατολή	Πάνω	1	0,97	-	-
Ανατολή	Κάτω	1	0,98	-	-
Νότος	Πάνω	0,85	0,89	0,85	0,89
Νότος	Κάτω	0,87	0,90	0,87	0,90
Δύση	Πάνω	-	-	0,89	0,97
Δύση	Κάτω	-	-	0,90	0,98

Πίνακας 5.7.3.4. Συγκεντρωτικός πίνακας με τους συντελεστές σκίασης από πλευρικές προεξοχές για τα παράθρα.

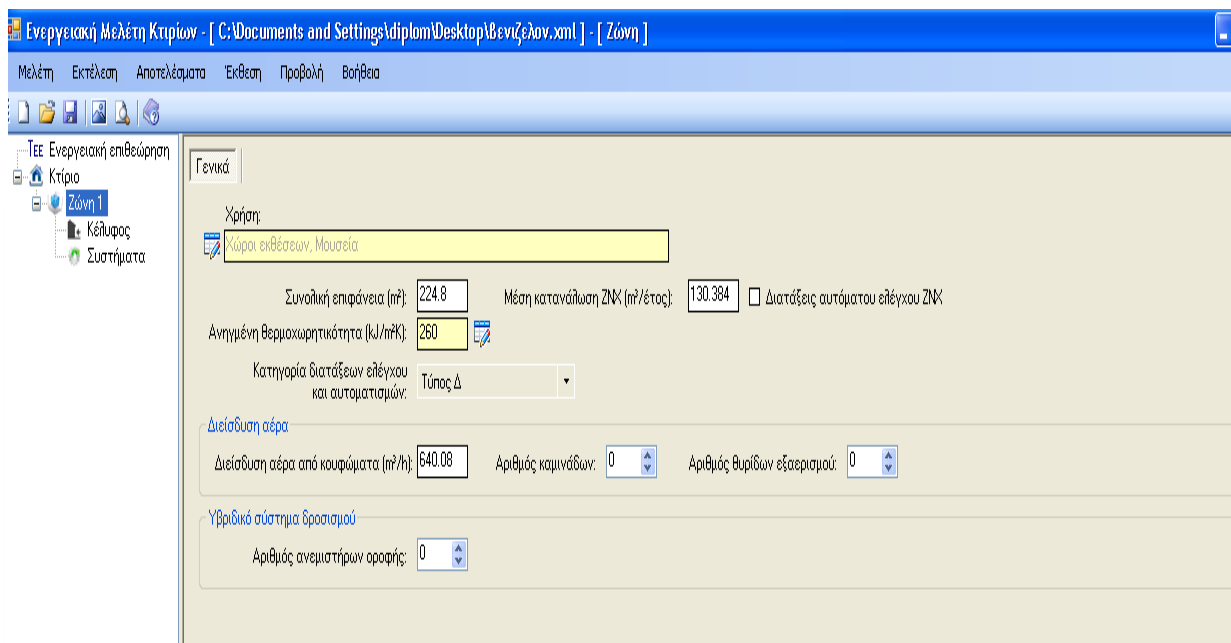
Για την ειδική περίπτωση των 3 παραθύρων που διαθέτουν εξωτερική πολεμίστρα, μετρήθηκε η επιφάνεια αυτής και βρέθηκε ότι είναι το 20% της επιφάνειας του παραθύρου. Οπότε ο συντελεστής σκίασης είναι η τιμή για το αντίστοιχο κούφωμα από τον Πίνακα 5.7.3.4 πολλαπλασιασμένη επί 0,2.

5.8 Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα

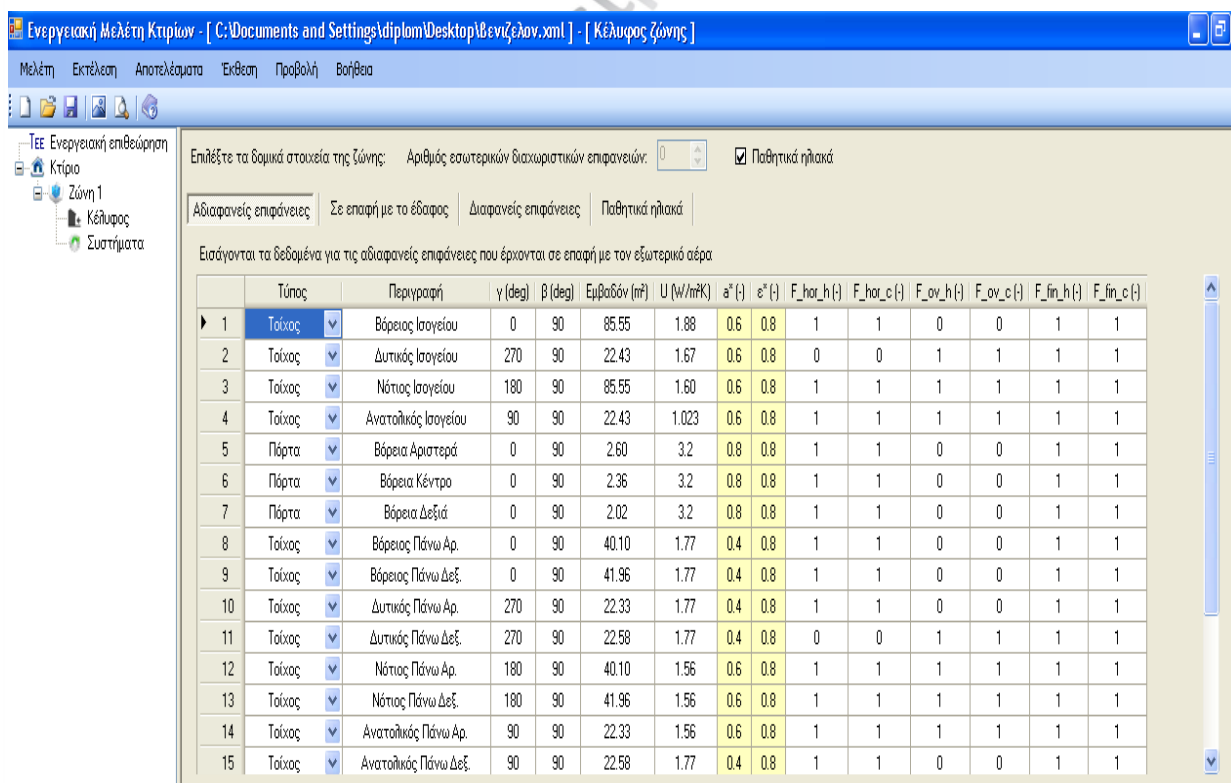
Όλα τα παραπάνω στοιχεία εισάγονται στα κατάλληλα κελιά του προγράμματος TEE – KENAK. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στα παρακάτω:

- Το κτήριο βρίσκεται στην περιοχή της Αττικής και για αυτό το λόγο επιλέχθηκε η κατηγορία Β για τα κλιματολογικά δεδομένα, στην οποία απαιτείται θέρμανση από 1^η Νοεμβρίου μέχρι 15^η Απριλίου .
- Σύμφωνα με τις οδηγίες δεν κρίνεται αναγκαίος ο υπολογισμός για τυχόν θερμογέφυρες καθώς το κτήριο έχει κατασκευασθεί χωρίς πρόνοια για μόνωση.
- Όλα τα κουφώματα της νότιας πλευράς του κτηρίου θεωρούνται παθητικά ηλιακά άμεσου κέρδους και τοποθετήθηκαν στην ανάλογη καρτέλα.
- Το κτήριο δεν έχει κανένα σύστημα για παραγωγή ZNX και ψύξη και για αυτό το λόγο στο πρόγραμμα εισαγονται δεδομένα που αντιστοιχούν στο κτήριο αναφοράς για τα συστήματα αυτά.

Τα Σχήματα 5.8.1. και 5.8.2. αποτελούν οθόνες του προγράμματος κατά την εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό.



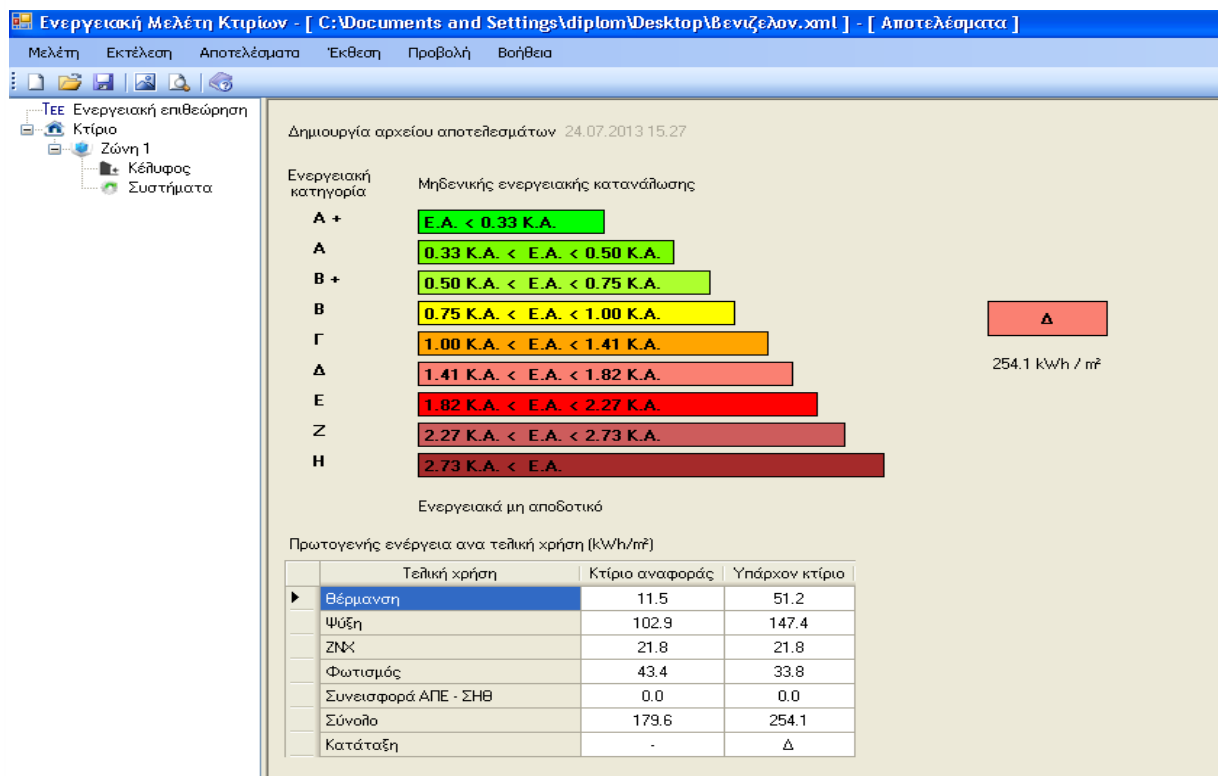
Σχήμα 5.8.1. Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα.



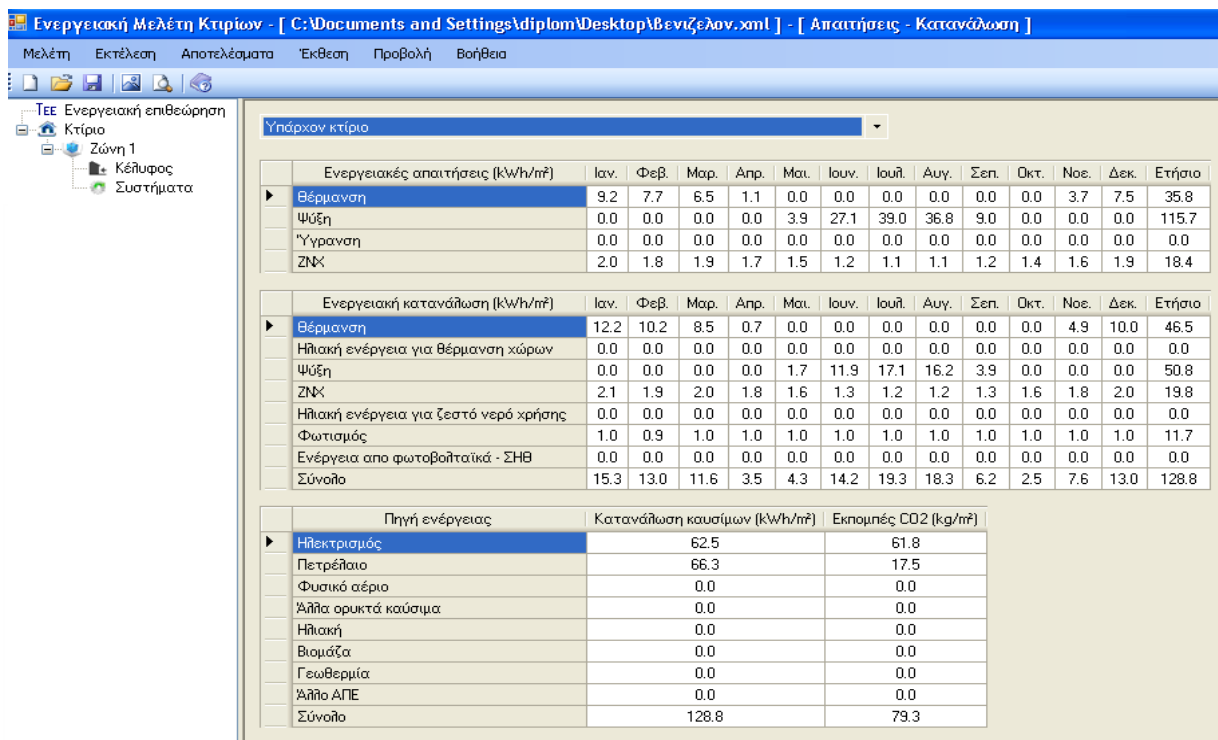
Σχήμα 5.8.2. Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα.

5.9 Αποτελέσματα

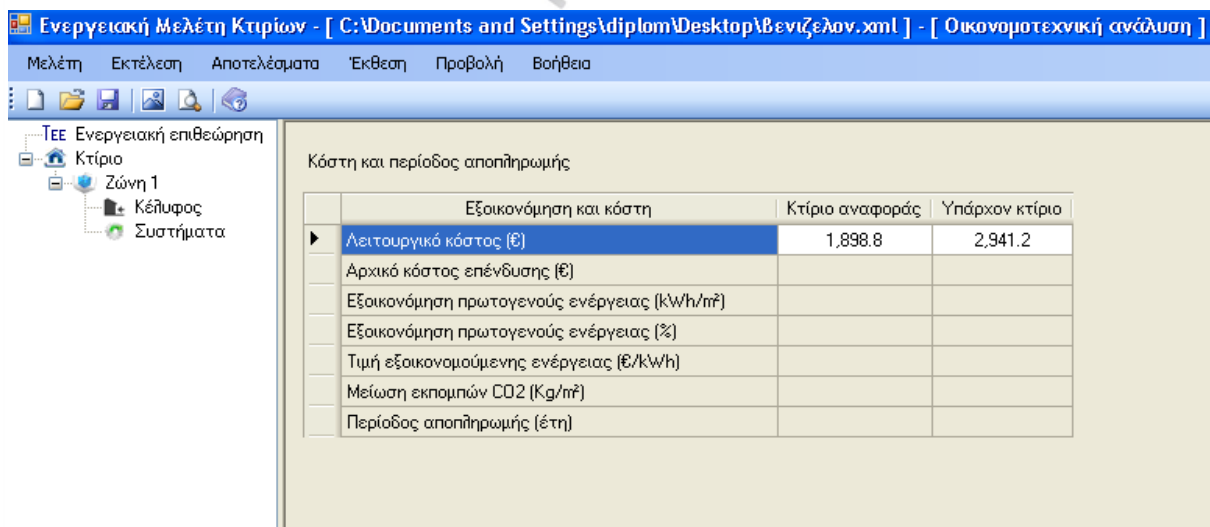
Μετά την εισαγωγή των δεδομένων και το τρέξιμο του λογισμικού προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα σε πίνακες του λογισμικού. Όπως φαίνεται και από την οθόνη αποτελεσμάτων Σχήμα 5.9.1, το κτήριο κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία Δ με δείκτη $254,1 / 179,6 = 1,42$ Κ.Α.



Σχήμα 5.9.1. Αποτελέσματα – Ενεργειακή κατάταξη κτηρίου.



Σχήμα 5.9.2. Αποτελέσματα – Απαιτήσεις- Καταναλώσεις κτηρίου.



Σχήμα 5.9.3. Αποτελέσματα – Οικονομοτεχνική ανάλυση.

6. Συμπεράσματα

6.1 Ενεργειακή συμπεριφορά παραδοσιακών κτηρίων

Όπως προέκυψε από τον ενεργειακό έλεγχο (κεφάλαιο 5), το κτήριο έχει μέτρια ενεργειακή απόδοση (Δ, στην κλίμακα A+, A, B+, B, Γ, Δ, E, Z, H). Αυτό μεταφράζεται σε μέτρια κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με την επιφάνεια των θερμαινόμενων εσωτερικών του χώρων. Το αρχοντικό είναι ένα από τα πιο παλιά κτίσματα στη περιοχή της Αττικής που διατηρείται. Κατά την περίοδο της κατασκευής του το κόστος της ενέργειας στα κτήρια ήταν ένας αμελητέος παράγοντας στο συνολικό λειτουργικό κόστος. Έτσι, οι μηχανικοί και οι αρχιτέκτονες δεν συνήθιζαν να περιλαμβάνουν πρακτικές καλής ενεργειακής απόδοσης στο σχεδιασμό των κτηρίων και δεν υπήρχε τεχνογνωσία για τη βελτίωση της. Επιπροσθέτως, ο κανονισμός για την υποχρεωτική θερμομόνωση των κτηρίων ψηφίστηκε το 1980. Λόγω των παραπάνω, το αρχοντικό σχεδιάστηκε με πολύ χαμηλή ενεργειακή απόδοση. Η απόδοση βελτιώθηκε σε μεγάλο βαθμό κατά τη γενική ανακατασκευή του, κατά την οποία προστέθηκε θερμομόνωση στην οροφή των ορόφων των δωματίων και εγκαταστάθηκε το σύνολο των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Παρ' όλα αυτά η ενεργειακή απόδοση του παραδοσιακού κτηρίου, με βάση τα κριτήρια του KENAK, παραμένει σχετικά καλή αν αναλογιστεί κανείς το γεγονός ότι το κτήριο στηρίζεται στις αρχές της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής.

Η σχετικά καλή ενεργειακή απόδοση του κτηρίου, παρά την ελάχιστη χρήση θερμομόνωσης στο κέλυφος του, δικαιολογείται κυρίως για τους παρακάτω λόγους:

- Υπάρχει μεγάλος αριθμός κουφωμάτων στη νότια πλευρά του κτηρίου, τα οποία χρησιμοποιούνται και ως παθητικά ηλιακά άμεσου κέρδους. Γεγονός

που αν και είναι πλεονέκτημα για τη περίοδο του χειμώνα αποτελεί μειονέκτημα για τη περίοδο του καλοκαιριού.

- Ουσιαστικής σημασίας αποτελεί η χρήση των μονωτικών υλικών στην οροφή κάτω από τη κεκλιμένη στέγη. Η σωστή μόνωση είναι ο καλύτερος τρόπος για να διασφαλισθούν οι θερμικές απώλειες το χειμώνα και η αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά την διάρκεια του καλοκαιριού.
- Σημαντικό ρόλο σε ένα βιοκλιματικό κτήριο παίζει το χρώμα του. Η χρήση των φωτεινών χρωμάτων δρα θερμοαποθητικά και αντίθετα των σκοτεινών δρα θερμοαπορροφητικά.
- Οι τοίχοι μπορεί να μην είναι θερμομονωμένοι αλλά οι αργολιθοδομές έχουν μεγάλο πάχος και οι ξυλόπηκτοι τοίχοι έχουν σημαντικό ποσοστό ξύλου, λόγοι που τους εξασφαλίζουν σημαντικά χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας.

Όπως γίνεται προφανές από τα παραπάνω, η δημιουργία μιας κλιματικά αυτορρυθμιζόμενης σύγχρονης κατοικίας δεν απαιτεί απαραίτητα τη χρήση πολύπλοκων και οικονομικά ασύμφορων τεχνολογικών συστημάτων, αλλά προϋποθέτει τη συνειδητή και υπεύθυνη αντιμετώπιση του όλου ζητήματος από τους μηχανικούς της. Στην κατεύθυνση αυτή, η παραδοσιακή αρχιτεκτονική, καταστάλαγμα της εμπειρίας των ανθρώπων από τη διαδικασία προσαρμογής τους στο φυσικό περιβάλλον και αξιοποίησης των φυσικών πόρων σε προβιομηχανικές χρονικές περιόδους, κατά τις οποίες η τεχνολογία αποτέλεσε εργαλείο στον αγώνα επιβίωσης τους και όχι αυτοσκοπός ή εμπορευματική αξία, αποτελεί μια πλούσια πηγή τέτοιων παραδειγμάτων. Σ' αυτά, ο άνθρωπος μελετά και αξιοποιεί τις

δυνατότητες που του παρέχει το φυσικό περιβάλλον και οργανώνει την κατοικία του ως μικροπεριβάλλον οργανικά ενταγμένο στο ευρύτερο φυσικό περιβάλλον. Η γεωμορφολογία, τα ιδιαίτερα κλιματικά χαρακτηριστικά του τόπου του και τα υλικά του, που αποτελούν τη βάση δεδομένων σχεδιασμού της λαϊκής παραδοσιακής κατοικίας παράγουν εντέλει οικονομικά λειτουργικά κελύφη ζωής για τους κατοίκους της, που αποτελούν παραδείγματα για την αειφορική διαχείριση του σύγχρονου κτισμένου περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της βιβλιογραφίας που αναπτύχθηκαν στο κεφάλαιο 3 δημιουργήθηκε ο συγκριτικός πίνακας 6.1.1. με σκοπό τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης σε σχέση με αυτές της βιβλιογραφίας.

Σενάριο		Υπό θεώρηση κτήριο		Κτήριο αναφοράς		Διαφορά στο φορτίο θέρμανσης	Διαφορά στο φορτίο ψύξης
		Φορτίο (kWh/m ²)		Φορτίο (kWh/m ²)			
α/α	Περιγραφή	Θέρμανσης	Ψύξης	Θέρμανσης	Ψύξης		
1	Κτήριο μελέτης Ιωαννίδη (2012)	123,3	2,4	41,2	8,0	+199%	-233%

2	Κτήριο μελέτης Lykogianni & Sofianou σύμφωνα με TEE-KENAK (2012)	76,8	75,9	53,0	77,1	+44%	-1%
3	Κτήριο μελέτης Lykogianni & Sofianou σύμφωνα με DIAL (2012)	83,4	42,0	53,0	77,1	+57%	-46%
4	Κτήριο παρούσας μελέτης	51,2	147,4	11,5	102,9	+345%	+43%

Πίνακας 6.1.1. Συγκεντρωτικός πίνακας με αποτελέσματα ενεργειακών καταναλώσεων.

Ο Πίνακας 6.1.1. δε παρέχει αρκετά πειστικές πληροφορίες για την εξαγωγή σοβαρών συμπερασμάτων. Σίγουρα τα παρδοσιακά κτήρια έχουν καλύτερη απόδοση τους θερμούς μήνες και δείχνουν να αντιμετωπίζουν προβλήματα κατά τους χειμερινούς. Γεγονός είναι ότι τα παραπάνω συγκρινόμενα κτήρια παρουσιάζουν διαφορές στις ενεργειακές καταναλώσεις για ένα πολύ σημαντικό παράγοντα, την περιοχή που βρίσκονται. Είναι πολύ φυσιολογικό, ένα κτήριο στα Ιωάννινα (μελέτη Ιωαννίδη) να χρειάζεται σημαντική ενέργεια για τη θέρμανσή του και ελάχιστη για την ψύξη του. Επίσης το εν λόγω κτήριο έχει κατασκευασθεί εξ ολοκλήρου από πέτρα και έτσι ενώ είναι ενεργειακά αποδοτικό τους θερινούς μήνες, τους ψυχρούς μήνες απαιτείται μεγάλο ποσοστό ενέργειας για θέρμανση γεγονός που καθιστά το κτήριο μη ενεργειακά αποδοτικό κατά τη χειμερινή περίοδο. Όσον αφορά το κτήριο της μελέτης Lykogianni & Sofianou, συναντάται το ίδιο πρόβλημα με τα κλιματολογικά δεδομένα, μόνο που αυτή τη φορά οι διαφορές δεν είναι απαγορευτικές. Το κτήριο έχει αρκετά διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως φαίνεται και στην εικόνα:



Σχήμα 6.1.1. Κτήριο μελέτης Lykogianni & Sofianou.

Και εδώ το κτήριο είναι ενεργειακά αποδοτικό κατά τη θερμή περίοδο εν αντιθέση με τη ψυχρή.

Το πρόβλημα που προκύπτει με τα κλιματολογικά δεδομένα και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κτηρίων λύνεται με τη σύγκριση τους με τα κτήρια αναφοράς και με την τοποθέτηση τους σε κατηγορίες. Και τα 2 κτήρια των μελετών κατατάχθηκαν σε κατηγορία Γ σύμφωνα με το λογισμικό του TEE – KENAK, σε σχέση με το αρχοντικό που κατατάχθηκε στα άνω όρια της κατηγορίας Δ. Γεγονός που αποδεικνύει ότι τα κτήρια αν και κατασκευασμένα με αρχές της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής δείχνουν να ανταπεξέρχονται σχετικά καλά στις ενεργειακές απαιτήσεις.

Δυστυχώς στη παγκόσμια βιβλιογραφία δε βρέθηκαν περισσότερες μελέτες που να αναφέρουν στοιχεία για τις ενεργειακές καταναλώσεις άλλων παραδοσιακών κτηρίων για να είναι εφικτή η σύγκρισή τους με τα παραπάνω αποτελέσματα.

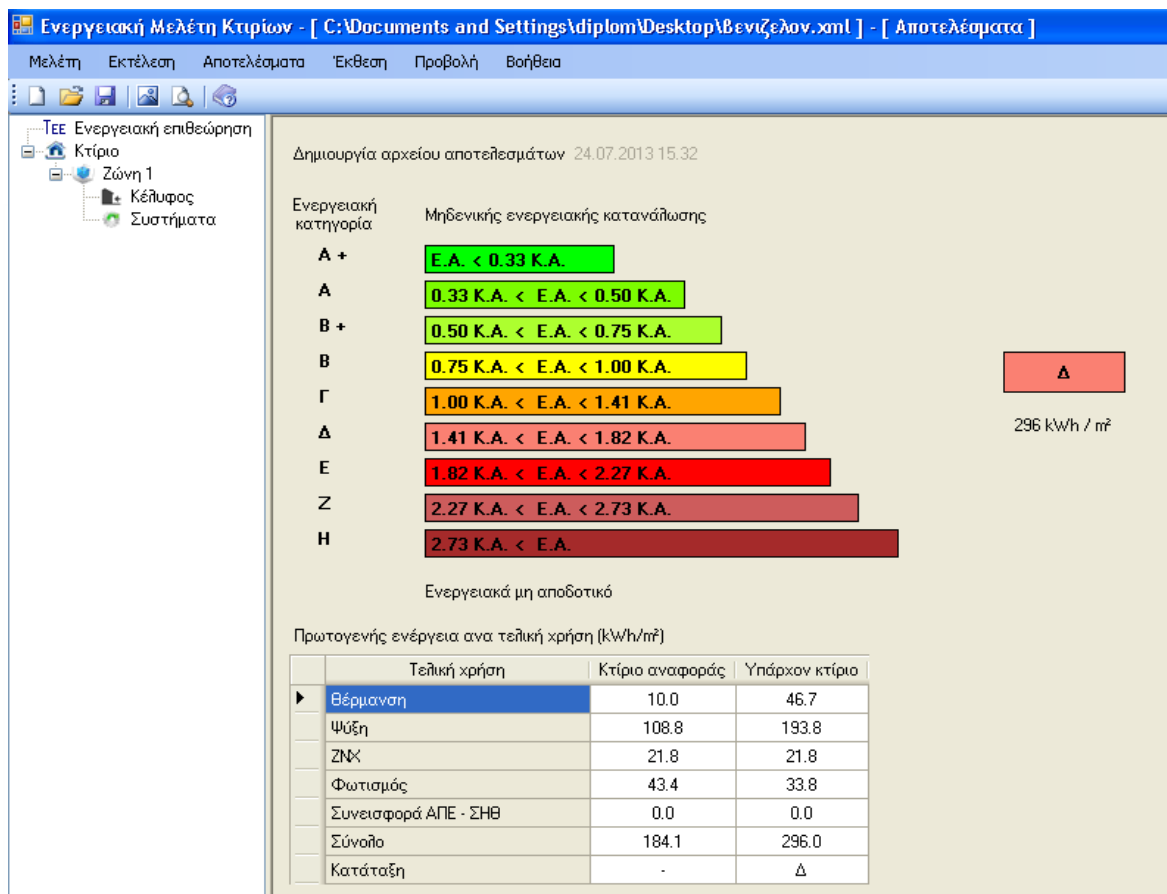
6.2 Χαρακτηριστικά του λογισμικού TEE – KENAK

Στην Ελλάδα από το 1979 μέχρι πρόσφατα μοναδική ενεργειακή προϋπόθεση για την ανέγερση των νέων κτηρίων αποτελούσε η εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων. Μετά την καταδίκη της Ελλάδας από το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο στις 17 Ιανουαρίου του 2008 για την μη εφαρμογή της οδηγίας 2002/91/EK η πολιτεία υποχρεώθηκε να νομοθετήσει. Αποτέλεσμα των παραπάνω ήταν το 2008 να ψηφιστεί ο νόμος 3661 και τον Απρίλιο του 2010 να θεσμοθετηθεί ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ). Η εσπευσμένη όμως διαδικασία δημιουργίας του KENAK, που είναι πολύ σημαντική αλλαγή στο χώρο των κατασκευών, έφερε αντιμέτωπους τους μηχανικούς αλλά και τις δομές του κράτους με μία νέα πραγματικότητα που δεν είχαν συνηθίσει. Το λογισμικό παρουσιάζει προβλήματα κατά την εφαρμογή του και τα πιο σημαντικά που παρατηρήθηκαν κατά την εφαρμογή του είναι τα παρακάτω :

- Είναι πολύ σημαντική η σωστή επιλογή του συντελεστή θερμοπερατότητας (U) κάθε δομικού στοιχείου και ο υπολογισμός του, αντί για την επιλογή του από τον πίνακα που δίνεται στην TOTEE. Οι διαφορές είναι αρκετά μεγάλες όπως αποδείχτηκε και κατά τη παρούσα εργασία και θα οδηγήσουν σε σφάλματα στα αποτελέσματα αν δεν δοθεί προσοχή στη λεπτομέρεια. Παράδειγμα αστοχίας θα μπορούσε να αφορά τους τοίχους του ισογείου του αρχοντικού, όπου αν είχε επιλεγθεί τιμή από τον αντίστοιχο της TOTEE θα ήταν $U = 4,25$ $W/(m^2 \cdot K)$ ενώ μετά από τον υπολογισμό σύμφωνα με τα στοιχεία

υλικών και το πάχος της κάθε στρώσης η τιμή που δίνεται είναι $U = 1,56 - 1,88 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

- Στη περίπτωση που το κτήριο είναι ήδη κατασκευασμένο δημιουργείται πρόβλημα με τις προδιαγραφές των διάφορων δομικών στοιχείων είτε με σκοπό τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας είτε με την αεροσταγανότητα των κουφωμάτων.
- Όπως και στη περίπτωση του κτηρίου που μελετάται στη παρούσα εργασία, υπάρχουν κτήρια που δεν έχουν εγκατεστημένα κάποιο από τα ηλεκτρομηχανικά συστήματα, στοιχείο που δε γίνεται να εισαχθεί στο λογισμικό και πρέπει να εισαχθούν στοιχεία που θα αντιπροσωπεύουν το κτήριο αναφοράς. Αυτό, δείχνει ότι αν κάποιος θέλει να εντρυφήσει σε βιοκλιματικά ή κτήρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας δεν έχει την ευχέρεια να το μελετήσει και να τα παρουσιάσει ως τέτοια, θα αναγκαστεί να το μελετήσει με τις τυπικές προδιαγραφές και θα οδηγηθεί σε στρεβλή για το χαρακτήρα του κτηρίου ενεργειακή κλάση, με συνέπεια να είναι στρεβλή και η εικόνα του κτηρίου στην αγορά ακινήτων.
- Στη μελέτη είναι σημαντικό να συμπεριληφθούν τα στοιχεία των σκιάσεων καθώς επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα. Στη συγκεκριμένη μελέτη σε σενάριο με μηδενική σκίαση σε όλα τα δομικά στοιχεία προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα :



Σχήμα 6.2.1. Αποτελέσματα – Ενεργειακή κατάταξη κτηρίου με μηδενική σκίαση.

Παρατηρείται ότι μειώνεται κάπως η ενέργεια που χρειάζεται για θέρμανση του κτηρίου κατά 8,7 %, ενώ αυξάνεται σημαντικά η ενέργεια για ψύξη κατά 31,7 %. Σημαντική διαφοροποίηση στα αποτελέσματα και ειδικότερα στο τομέα της ψύξης.

- Ο ΚΕΝΑΚ από τη μία επιβάλλει το σκιασμό, αγνοεί ωστόσο τα συστήματα κινητής ηλιοπροστασίας (παντζούρια, στόρια, ρολά, συρόμενα εξώφυλλα, τέντες κλπ.), τα οποία έχουν σημαντικό ρόλο καθώς μπορούν να ρυθμίζονται ανάλογα με τις εποχές και τις ανάγκες των χρηστών.

Το λογισμικό δεν αποτελεί αποτυχία σίγουρα, αλλά κρίνεται ότι χρειάζεται αρκετές βελτιώσεις για να γίνει ένα σημαντικό εργαλείο για τους μηχανικούς.

Προβλήματα και αστοχίες υπάρχουν στις πρώτες εκδόσεις των προγραμμάτων και για το λόγο υπάρχουν οι βελτιωμένες εκδόσεις τους που ακολουθούν. Σε γενικές γραμμές το λογισμικό ΤΕΕ – ΚΕΝΑΚ δίνει μια πρώτη εικόνα για το κτήριο που μελετάται, αλλά δε μπορεί να θεωρηθεί ως η ακριβέστερη.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Βιβλιογραφία

Assefa, G., Glaumann, M., Malmqvist, T., Kindembe, B., Hult, M., Myhr, U., Eriksson, O., (2007) 'Environmental assessment of building properties – Where natural and social sciences meet: The case of EcoEffect', *Building and Environment*, 42(5), pp. 1458-1464. Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132305005342>

Bouillot, J.(2008) Climatic design of vernacular housing in different provinces of China, *Journal of Environmental Management*, 87 (2), pp. 287-29. Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479707002514>

Cañas, I. & Martín, S. (2004) Recovery of Spanish vernacular construction as a model of bioclimatic architecture, *Building and Environment*, 39 (12), pp. 1477-1495. Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132304001295>

Cantin, R., Burgholzer, J., Guarracino, G., Moujalled, B., Tamelikecht, S., Royet, B.G. (2009) "Field assessment of thermal behaviour of historical dwellings in France", *Building and Environment*, 45 (2), pp. 473-484. Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132309001711>

Cantin, R., Guarracino, G., Moujalled, B (2009) Impact of the uncertainties of climatic data on the simulation of the thermal behaviour of ancient houses.

Cardinale, N., Rospi, G., Stefanizzi, P., Augenti, V. (2011) Thermal properties of the vernacular buildings envelopes: the case of the "Sassi di Matera" and "Trulli di Alberobello", *Energy and Environment*, Vol. 2(4), pp.605-614. Available at:

http://ijee.ieefoundation.org/vol2/issue4/IJEE_02_v2n4.pdf

Chrisna du Plessis, (2002). *The environmental impact of buildings*, Programme for Sustainable Human Settlements.

Dili, A.S., Naseer, M.A., ZachariaVarghese, T. (2010) "Passive environment control system of Kerala vernacular residential architecture for a comfortable indoor environment:

A qualitative and quantitative analyses”, *Energy and Buildings*, 42 (6), pp. 917-927.

Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810000083>

Kalogirou, C., Theodosiou, T., Tsikaloudaki K Bikas D “Energy performance assessment of building units in the school of Engineering of AUTH”, International Conference: *Protection and restoration of the environment XI*, Thessaloniki, July, 3-6.

Lykogianni, E. & Sofianou E. (2012) “Energy enhancement of listed building in the centre of Thessaloniki”, International Conference: *Protection and restoration of the environment XI*, Thessaloniki, July, 3-6.

Nguyen, A.T., Tran, Q.B., Tran, D.Q., Reiter, S. (2011) “An investigation on climate responsive design strategies of vernacular housing in Vietnam”, *Building and Environment*, 46 (10), pp. 2088-2106. Available at:

http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/91946/1/BAE_2829.pdf

Oikonomou, A. & Bougiatioti, F. (2011), “Architectural structure and environmental performance of the traditional buildings in Florina, NW Greece”, *Building and Environment*, 46 (3), pp. 669-689. Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310002829>

Papadopoulos A., Theodosiou T., Karatzas K. (2002) Feasibility of energy saving renovation measures in urban buildings: The impact of energy prices and the acceptable pay back time criterion, *Energy and Buildings*, Vol. 34 (5), p. 455-466 Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778801001293>

Radhakrishnan, S.P., Sundarraja, M.C., Radhakrishna, S. (2010) “Solar passive techniques in the vernacular buildings of coastal regions in Nagapattinam, TamilNadu-India—a qualitative and quantitative analysis”, *Energy and Buildings*,

doi:10.1016/j.enbuild.2011.09.033. Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877881100435X>

Roslan, B. T. and Mohd Z. S. (2012) Classification of factors contributing to sustainable issues on selected Traditional Malay Houses and Bio-climatic buildings, *International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET)*, Vol. 1 (1), pp.57-63.

Available at:

<http://psrcentre.org/images/extraimages/IJRET%200110.pdf>

Sozen, M.S. & Gedik, G.Z (2007) “Evaluation of traditional architecture in terms of building physics: old Diyarbakir houses”, *Building and Environment*, 42 (4), pp. 1810–1816. Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306000357>

Tassiopoulou, T., Grindley P.C., Probert S.D. (1996) “Thermal behaviour of an eighteenth-century Athenian dwelling”. *Applied Energy*, 53 (4), pp. 383–398. Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0306261995000682>

UEST (2006) *Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την Κατασκευαστική Δραστηριότητα σε Ελλάδα και Κύπρο*. Available at:

http://www.uest.gr/suscon/Task_2/Environmental%20Impact%20Assessment%20of%20the%20Construction%20Activities.pdf.

Αθανασιάδης, Ι (2010) *Σχεδιασμός υπόγειων κατασκευών στη νήσο Κέα*. Διπλωματική εργασία. ΕΜΠ. Διαθέσιμο στο:

http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3678/3/athanasiadis_undergroundhouses.pdf

Αραβαντινός, Δ (2009). *Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων*, Σημειώσεις για το μικρής διάρκειας σεμινάριο του Τμήματος Κεντρικής Μακεδονίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Θεσσαλονίκη. Διαθέσιμο στο:

<http://portal.tee.gr/>

Γιαννακοπούλου Στ., Ανδρεόπουλος Δ., Δαμίγος Δ., (2008), *Η σημασία της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του Μετσόβου για τους επισκέπτες του: Εφαρμογή της Μεθόδου Υποθετικής Αξιολόγησης (CVM)*. Διαθέσιμο στο:

http://www.ntua.gr/MIRC/6th_conference/presentations/1_main_sessions/4th_session/ANDREOPOULOS%20D%20-%20GIANNAKOPOULOU%20S%20-%20DAMIGOS%20D.pdf

ΕΜΠ (2009) :

http://www.ntua.gr/MIRC/db/epirus_db/ARXITEKTONIKH/Perivallontikes%20parametroi.htm

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2002) *Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/EC για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων*. Διαθέσιμο στο:

<http://training.eebd.org/page.aspx?id=63&ui=en&lang=el&ap=1>.

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2010) *Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/31/EU για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων*. Διαθέσιμο στο:

http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm.

Ιωαννίδης Κλ. (2012) *Θερμική προσομοίωση ενεργειακής συμπεριφοράς διατηρητέου κτηρίου*. Ξάνθη: ΔΠΘ.

Καλογήρου Χρ. (2009) *Διερεύνηση των βιοκλιματικών χαρακτηριστικών της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του Μετσόβου-Δυνατότητες προσαρμογής σύγχρονων τρόπων δόμησης*.

Μεταπτυχιακή Εργασία. ΕΜΠ. Διαθέσιμο στο:

<http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/3261>

Καλογήρου Χρ. & Σαγιά Α. (2010) ‘Διερεύνηση των βιοκλιματικών χαρακτηριστικών της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του Μετσόβου-Δυνατότητες προσαρμογής σύγχρονων τρόπων δόμησης’, 6ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του Ε.Μ.Π. και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του Ε.Μ.Π.: *Η ολοκληρωμένη ανάπτυξη των ορεινών περιοχών*, Μέτσοβο 16-19 Σεπτεμβρίου. Διαθέσιμο στο:

http://www.ntua.gr/MIRC/6th_conference/presentations/1_main_sessions/2nd_session/KA_LOGIROU%20C%20-%20SAGIA%20A.pdf

ΚΑΠΕ (2006) *Ετήσια έκθεση του έτους 2006*. Διαθέσιμο στο:

http://www.cres.gr/kape/pdf/download/KAPE%20APOLOGISMOS%2006_lckd.pdf

Κίζης, Γ. “Επίσημη και παραδοσιακή αρχιτεκτονική: Η επιρροή του κέντρου στην επαρχία της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας”, Στο: “Ελληνική Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική. Θεσσαλία – Ήπειρος”, Φιλιππίδης, Δ. (επιμ.), Εκδόσεις: Μέλισσα, Αθήνα, 1995.

Κωστούλα, Σ. (2001). *Η Συμβολή της Ελληνικής Παραδοσιακής Αρχιτεκτονικής στο Σύγχρονο Βιοκλιματικό Σχέδιο στην Ελλάδα, 2^ο Διεπιστημονικό, Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του ΕΜΠ στο ΜΕ.Κ.Δ.Ε.: Τεχνολογία, Πολιτισμός και Αποκέντρωση*. 3-6 Ιούνιος, Μέτσοβο, σελ. 639-656.

Μίσσα, Β. (2008) ‘Αειφόρος Κατασκευή στην Ελλάδα– Υφιστάμενη κατάσταση, πρωτοβουλίες’ *Ημερίδα: Αειφόρος Κατασκευή στην Ελλάδα: Επιτυχημένες Εφαρμογές και*

Προοπτικές, Αθήνα 23 Μαΐου. EXPO Athens. Διαθέσιμο στο:
http://www.uest.gr/suscon/Activities/agenda23_5/Presentation_vmissa.pdf. (06/12/2011).

Νέος Οικοδομικός Κανονισμός (ΝΟΚ) (2012) ΦΕΚ 79^Α.

Ορφανουδάκης Δ. (1992) *Μελέτη αποκατάστασης μνημείων και συνόλων*. Πειραιάς:
Ιδιωτική Έκδοση.

Παπαπέτρου Μαρ. (2008) *Η ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών παραμέτρων στην
παραδοσιακή αρχιτεκτονική*.

Παπαπέτρου Μαρ. (2008) *Αειφορία και ελληνική παραδοσιακή αρχιτεκτονική*.

Παρθενόπουλος Κ., Καμπούρη Ε., Δούση Μ., Παρθενοπούλου Ν. (2009) *Διατηρητέα
Κτίρια και Στοιχεία Ανθρωπογενούς Περιβάλλοντος -Παραδοσιακοί Οικισμοί και Οικιστικά
Σύνολα - Ιστορικά Κέντρα και Πόλεις*. Θεσσαλονίκη: ΤΕΕ.

Σανταμούρης, Μ. (2006) *Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων και οι νέες τεχνικές για τη
μείωσή της*. Διαθέσιμο στο:
http://www.spitia.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm.

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον
υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και της έκδοση του πιστοποιητικού
ενεργειακής απόδοσης», Έκδοση Α'.

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος
της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων», Έκδοση Α'.

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών», Έκδοση
Α'.

ΥΠΕΚΑ 2012, <http://estia.minenv.gr>

Φρετζάγιας, Α. (2008) Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων δημοσίου τομέα. Αθήνα: ΕΜΠ.

Διπλωματική εργασία. Διαθέσιμο στο:

http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/2786/3/fretzagiasa_energy.pdf

<http://estia.minenv.gr>

<http://www.nps.gov/history/hps/tps/briefs/brief24.htm>

Πανεπιστήμιο Πειραιώς