

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης
& Τεχνολογίας

Σχολή Χημικών Μηχανικών

**Δ.Π.Μ.Σ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**



**Ενεργειακή αποτίμηση και προτάσεις εξοικονόμησης
ενέργειας σε διατηρητέο κτίριο της Αττικής**

Σταματάκη Μαρία-Ελένη

Επιβλέπουσα: Φούντη Μαρία

ΑΘΗΝΑ 2013

Με το πέρας της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Φούντη Μαρία, Καθηγήτρια στον Τομέα Θερμότητας των Μηχανολόγων Μηχανικών στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και τον μετα-διδασκτορικό συνεργάτη της Κολαΐτη Διονύσιο για τη συνεχή καθοδήγηση, τη στήριξη και την υπομονή τους καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Τσακανίκα Ελευθερία, Λέκτορα της Αρχιτεκτονικής σχολής του Ε.Μ.Π. για το πολύτιμο υλικό και τις ξεναγήσεις της στο αρχοντικό των Μπενιζέλων. Επίσης, ένα γενικότερο ευχαριστώ σε όλο το προσωπικό του Εργαστηρίου Ετερογενών Μειγμάτων και Συστημάτων Καύσης για τη βοήθεια του σε όποιο θέμα μπορεί να προέκυπτε. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου για την «χορηγία» τους στο μεταπτυχιακό μου. Χωρίς τη βοήθειά τους, τίποτα δεν θα ήταν εφικτό...

Περίληψη

Βασικός στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση των ενεργειακών καταναλώσεων ενός διατηρητέου κτιρίου στην περιοχή της Πλάκας στην Αθήνα, καθώς επίσης και προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας για το ίδιο, με τη χρήση του λογισμικού TEE-K.Εν.Α.Κ.

Αρχικά γίνεται μια παρουσίαση της κατανάλωσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα γενικά. Ακολουθούν κάποια στατιστικά στοιχεία για την Ελλάδα, καθώς και η αντίστοιχη νομοθεσία.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διατηρητέα κτίρια και η παραδοσιακή αρχιτεκτονική, καθώς επίσης και η βιοκλιματική λειτουργία αρκετών στοιχείων της. Ακόμη, παρουσιάζονται συνοπτικά διεθνείς μελέτες ενεργειακής απόδοσης διατηρητέων κτιρίων.

Έπεται η παρουσίαση ενός συνόλου δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια, καθώς και το υποσύνολο των δυνατοτήτων ενεργειακής αναβάθμισης των διατηρητέων, λόγω των μορφολογικών κυρίως περιορισμών, που διέπουν τα προστατευόμενα κτίρια.

Το κτίριο που εξετάστηκε είναι το Αρχοντικό των Μπενιζέλων, το παλαιότερο σπίτι της πρωτεύουσας και προγονικό σπίτι της Αγίας Φιλοθέης. Γίνεται μία περιγραφή του κτιρίου πριν και μετά την αποκατάστασή του το 2008.

Στο κυρίως μέρος της εργασίας παρουσιάζονται και εξετάζονται εκτενώς, προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας για το Αρχοντικό, μετά τη δημιουργία μιας «απλουστευμένης» ενεργειακής μελέτης της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου με

ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ. Δημιουργήθηκαν επτά διαφορετικά σενάρια και παρατίθενται με τα αποτελέσματά τους.

Τέλος γίνεται οικονομοτεχνική ανάλυση των σεναρίων μελέτης Κ.Εν.Α.Κ. με σκοπό την εύρεση της πιο συμφέρουσας λύσης, αφενός από ενεργειακής και αφετέρου από οικονομικής σκοπιάς.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ	Σελίδα
Περίληψη	2
Περιεχόμενα	4
1. Εισαγωγή	13
2. Ενεργειακή απόδοση κτιρίων	15
2.1 Κατανάλωση ενέργειας και κτιριακός τομέας	15
2.2 Ενεργειακή κατανάλωση στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα	16
2.3 Νομοθετικό πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων	19
3. Διατηρητέα κτίρια και παραδοσιακή αρχιτεκτονική	24
3.1 Διατηρητέα κτίρια	24
3.2 Παραδοσιακή αρχιτεκτονική και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά	26
3.3 Μορφολογία και οικοδομική της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής	28
3.4 Βιοκλιματικά και ενεργειακά αποδοτικά χαρακτηριστικά των παραδοσιακών κατασκευών	36
4. Ενεργειακή απόδοση παραδοσιακών και διατηρητέων κτιρίων	41

5.	Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας	52
5.1	Επεμβάσεις σε διατηρητέα και παραδοσιακά κτίρια	58
6.	Το Αρχοντικό των Μπενιζέλων	65
6.1	Περιγραφή Αρχοντικού	65
6.2	Αποκατάσταση	71
7.	Σενάρια εφαρμογής Κ.Εν.Α.Κ.	75
7.1	Υφιστάμενη κατάσταση αρχοντικού	75
7.2	Σενάρια μελέτης ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ	91
7.2.1	Σενάριο 1	92
7.2.2	Σενάριο 2Α	95
7.2.3	Σενάριο 2Β	97
7.2.4	Σενάριο 2Γ	99
7.2.5	Σενάριο 3	101
7.2.6	Σενάριο 4	103
7.2.7	Σενάριο 5	105
8.	Συμπεράσματα - Προτάσεις	107

8.1	Συμπεράσματα	107
8.2	Προτάσεις	111
9.	Βιβλιογραφία	113
	Παράρτημα	120

Ευρετήριο εικόνων		Σελίδα
Εικόνα 1	Παράδειγμα προοπτικής απεικόνισης πέτρινου τοίχου με ξυλοδεσιές	30
Εικόνα 2	Μπαγδατί με καρφωτές πήξεις & υποκείμενη αργολιθοδομή	30
Εικόνα 3	Διάταξη οριζόντιων φέροντων στοιχείων	31
Εικόνα 4	Εσωτερική άποψη παραδοσιακού σπιτιού στο Ζαγόρι, όπου είναι εμφανή τα δάπεδα, οι οροφές και οι κατακόρυφοι στύλοι από ξύλο	32
Εικόνα 5	Φέρον οργανισμός στέγης	33
Εικόνα 6	Κτίριο παραδοσιακής αρχιτεκτονικής στην περιοχή του Ζαγορίου, όπου είναι εμφανής η χρήση της τοπικής πέτρας στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία και στην επικάλυψη της στέγης	34
Εικόνα 7	Εσωτερικό καπετανόσπιτου με σταυροθόλιο στην οροφή	35

στην Σαντορίνη. Τα ανοίγματα του εσωτερικού χωρίσματος αντιγράφουν πιστά τα αντίστοιχα ανοίγματα της πρόσοψης του σπιτιού	
Εικόνα 8 Βιοκλιματική λειτουργία της αρχιτεκτονικής σύνθεσης παραδοσιακής κατοικίας του Μετσόβου	39
Εικόνα 9 Βιοκλιματική λειτουργία παραδοσιακών αρχιτεκτονικών στοιχείων (α)	40
Εικόνα 10 Βιοκλιματική λειτουργία παραδοσιακών αρχιτεκτονικών στοιχείων (β)	40
Εικόνα 11 Εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης	53
Εικόνα 12 Φωτοβολταϊκά κύτταρα τοποθετημένα στην όψη του ξενοδοχείου Industrial	56
Εικόνα 13 Αναδρομική εγκατάσταση συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας σε μονοκατοικία	57
Εικόνα 14 Θέση Αρχοντικού	66
Εικόνα 15 Το Αρχοντικό των Μπενιζέλων μετά την αποκατάστασή του	66
Εικόνα 16 Το τζάκι στον οντά	68
Εικόνα 17 Δωμάτιο με μεντέρια και φεγγίτες	69
Εικόνα 18 Η μπακλαβαδωτή διακόσμηση στην οροφή του χαγιατιού	70

Εικόνα 19 Διαχωριστικό δώματος στον οντά	70
Εικόνα 20 Το σαχνισί μετά την αποκατάσταση του Αρχοντικού	71
Εικόνα 21 Το χαγιάτι όπως ήταν πριν και μετά την αποκατάσταση.	73
Εικόνα 22 Οντάς με ξύλινα μεντέρια και το ξύλινο δάπεδο.	74
Εικόνα 23 Στοιχεία κτιρίου στο λογισμικό TEE KENAK	77
Εικόνα 24 Στοιχεία αδιαφανών επιφανειών στο λογισμικό TEE KENAK	78
Εικόνα 25 Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά	81
Εικόνα 26: Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά	82
Εικόνα 27 Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία	84
Εικόνα 28 Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία	85
Εικόνα 29 Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων	86

Εικόνα 30 Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπινάκων	86
Εικόνα 31 Συστήματα υπάρχοντος κτιρίου-λογισμικό TEE KENAK	87
Εικόνα 32 Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης και συντελεστής μόνωσης λέβητα-καυστήρα	88
Εικόνα 33 Ενεργειακή κατάταξη υπάρχοντος κτιρίου	89
Εικόνα 34 Ενεργειακή κατανάλωση ανά μήνα ανά χρόνο του υπάρχοντος κτιρίου.	90
Εικόνα 35 Συμπλήρωση στοιχείων κουφωμάτων στο Σενάριο 1	93
Εικόνα 36 Αποτελέσματα Σεναρίου 1.	94
Εικόνα 37 Αποτελέσματα Σεναρίου 2Α.	96
Εικόνα 38 Αποτελέσματα Σεναρίου 2Β.	98
Εικόνα 39 Αποτελέσματα Σεναρίου 2Γ.	100
Εικόνα 40 Αποτελέσματα Σεναρίου 3.	102
Εικόνα 41 Αποτελέσματα Σεναρίου 4.	104
Εικόνα 42 Αποτελέσματα Σεναρίου 5.	106
Εικόνα 43 Οικονομοτεχνική ανάλυση για τα Σενάρια 1-2Α-2Β	109
Εικόνα 44 Οικονομοτεχνική ανάλυση για τα Σενάρια 2Γ-3-4	109

Ευρετήριο Πινάκων	Σελίδα
Πίνακας 1 Μέση ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων ανά χρήση (kwh/m ²)	17
Πίνακας 2 Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά κατηγορία κτιρίου στην Ελλάδα	18
Πίνακας 3 Βιοκλιματικά και ενεργειακά αποδοτικά χαρακτηριστικά των παραδοσιακών αρχιτεκτονικών στοιχείων	36
Πίνακας 4 Ανασκόπηση διεθνούς βιβλιογραφίας για τη διερεύνηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των παραδοσιακών κτιρίων.	41
Πίνακας 5 Αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να εφαρμοστούν σε διατηρητέα κτίρια ή κτίρια παραδοσιακής αρχιτεκτονικής	62
Πίνακας 6 Τιμές αντιστάσεων θερμικής μετάβασης επιφανειακού στρώματος αέρα κατά ISO 6946	80
Πίνακας 7 Τιμές αντιστάσεων θερμικής μετάβασης επιφανειακού στρώματος αέρα για την στέγη	82

Πίνακας 8 Υπολογισμός τιμής συντελεστή θερμοπερατότητας για την στέγη ($U= 0,57694441 \text{ kcal/m}^2\text{hc}$ ή $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$)	83
Πίνακας 9 Στοιχεία υπάρχοντα λέβητα	88
Πίνακας 10 Σενάρια μελέτης και αντίστοιχες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας	91
Πίνακας 11 Αποτελέσματα εκτέλεσης σεναρίων λογισμικού TEE KENAK	107
Πίνακας 12 Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων – καταναλώσεων και εκπομπών CO ₂ στην υπάρχουσα κατάσταση και στα Σενάρια που εκτελέστηκαν	110

Παράρτημα	Σελίδα
Σχέδιο 1: Κάτοψη ισογείου	121
Σχέδιο 2: Κάτοψη ορόφου	122
Σχέδιο 3: Βόρεια όψη	122
Σχέδιο 4: Νότια όψη	123
Σχέδιο 5: Τομή 1	124
Σχέδιο 6: Τομή 2	125
Σχέδιο 7: Τομή 3	125
Σχέδιο 8: Τομή 4	126
Σχέδιο 9: Τομή 5	127

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

1. Εισαγωγή

Ο τομέας των κτιρίων και των μεταφορών αποτελούν τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας στην Ελλάδα, με τα κτίρια να ευθύνονται περίπου για το 34% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Ένας από τους βασικούς λόγους για τους οποίους τα ελληνικά κτίρια είναι ιδιαιτέρως ενεργοβόρα είναι η παλαιότητά τους και η μη ενσωμάτωση σύγχρονης τεχνολογίας σε αυτά. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό, ότι η εξοικονόμηση ενέργειας είναι σημαντική παράμετρος στη διαμόρφωση της εθνικής ενεργειακής πολιτικής, η οποία περιλαμβάνει ως στόχο, μεταξύ άλλων, και τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα από τον κτιριακό τομέα.

Τα διατηρητέα κτίρια και οι προστατευόμενες - ιστορικές περιοχές όμως, συχνά εξαιρούνται από την τεχνολογική και βιώσιμη ανάπτυξη λόγω των αυστηρών και πολύπλοκων νομοθετικών και πολεοδομικών τους πλαισίων. Επιπλέον, η εξαίρεσή τους από την εφαρμογή της Ευρωπαϊκής οδηγίας για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων αλλά και από άλλες εθνικές κατευθύνσεις και υποχρεώσεις για εξοικονόμηση ενέργειας και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθιστά δύσκολη κάθε δυναμική ανάπτυξης και τεχνολογικής καινοτομίας. Παρόλα αυτά, πέραν του βιοκλιματικού χαρακτήρα πολλών υπαρχόντων στοιχείων της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής, είναι εφικτές και κάποιες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε αυτά. Στόχο άλλωστε, αποτελεί η βιώσιμη ανάπτυξη αυτών των παραδοσιακών οικισμών, διαφυλάσσοντας και αναδεικνύοντας την πολιτιστική και ιστορική τους κληρονομιά.

Συγκεκριμένα στην περιοχή της Πλάκας στην Αθήνα βρίσκεται το Αρχοντικό των Μπενιζέλων, παλαιότερο σπίτι της πρωτεύουσας και προγονική οικία της Αγίας Φιλοθέης της Αθηναίας. Μελλοντικός στόχος, είναι το κτίριο να αποτελέσει μουσειακό

χώρο αναπαράστασης ενός Αθηναϊκού Αρχοντικού της Τουρκοκρατίας. Όπως γίνεται άμεσα αντιληπτό, το αρχοντικό τελεί υπό καθεστώς διατηρητέου κτιρίου. Με βάση τα παραπάνω, θα μελετηθούν οι ενεργειακές καταναλώσεις του, καθώς επίσης και θα προταθούν σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας για το ίδιο, με τη χρήση του λογισμικού TEE-K.Εν.Α.Κ.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

2. Ενεργειακή απόδοση κτιρίων

2.1 Κατανάλωση ενέργειας και κτιριακός τομέας

Ο κτιριακός τομέας αποτελεί έναν σημαντικό καταναλωτή ενέργειας με τις ανάλογες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ο τομέας των κατασκευών, συγκεκριμένα, προκαλεί σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, οι οποίες συνδέονται κυρίως με την κατανάλωση πρώτων υλών, ενέργειας, νερού, την παραγωγή αποβλήτων και την εκπομπή αέριων ρύπων.

Εκτιμάται ότι η οικοδομική δραστηριότητα ευθύνεται για την κατανάλωση του 16% των παγκόσμιων υδάτινων αποθεμάτων και το 30 – 40% της παγκόσμιας ενέργειας. Ως αποτέλεσμα της αυξημένης κατανάλωσης πρώτων υλών και ενέργειας, ο κατασκευαστικός κλάδος παράγει το 40 – 50% των απορριμμάτων που καταλήγουν στις χωματερές, ενώ είναι υπεύθυνος για το 20 – 30% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου). (Chrisna du Plessis, 2002)

Τα κτίρια 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.

Στη φάση λειτουργίας, τα κτίρια 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 κατανάλωσή τους εξαρτάται άμεσα από τη χρήση, τον τρόπο λειτουργίας, τη θέση του κτιρίου 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.

(<http://aix.meng.auth.gr/lhtee/education/IAxBE1.pdf>)

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

2.2 Ενεργειακή κατανάλωση στον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση το ποσοστό συμμετοχής των κτιρίων στην συνολική κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται περίπου στο 40%, ενώ το 60% του κτιριακού αποθέματος έχει ηλικία άνω των 25 ετών. Το έτος 2005 τα Ελληνικά κτίρια (οικιακός

και τριτογενής τομέας) εκτιμάται ότι συμμετείχαν με ποσοστό 34% στο Ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο και με ποσοστό 65% στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Σχετικά με τον κτιριακό τομέα στην Ελλάδα η διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι καθαρά αυξητική και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι περίπου 1,8%. (Σανταμούρης, 2006)

Κατά τη φάση λειτουργίας κτιρίων, όπως κατοικίες, γραφεία, εμπορικά, σχολεία, νοσοκομεία και ξενοδοχεία η θέρμανση των χώρων αποδεικνύεται η πιο ενεργοβόρα λειτουργία και ακολουθεί η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία συσκευών, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 10 Μέση ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων ανά χρήση (kWh/m²)

Τύπος κτιρίου	Δροσισμός	Θέρμανση	Φωτισμός	Συσκευές	Σύνολο
Γραφεία	24	95	20	48	187
Εμπορικά	18	74	19	41	152
Σχολεία	2	66	16	8	92
Νοσοκομεία	3	299	52	53	407
Ξενοδοχεία	11	198	24	40	273

(Πηγή: Σανταμούρης, 2006)

Ειδικότερα, με δεδομένο το συνολικό εμβαδόν των νέων κτιρίων που κατασκευάζονται ετησίως στην Ελλάδα, μπορεί να εκτιμηθεί η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για τη λειτουργία τους ανά είδος χρήσης, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 11 Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά κατηγορία κτιρίου στην Ελλάδα

Κατηγορία κτιρίου	Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση (χιλιάδες kWh/yr)	
	Ελάχιστο	Μέγιστο
Κατοικίες	1.722.000	3.485.000
Ξενοδοχεία	40.800	69.615
Γραφεία	128.250	266.475
Βιομηχανία	51.390	106.777
Σύνολο νέων κτιρίων	1.942.440	3.927.867

(Πηγή: UEST 2006)

Αξίζει να αναφερθεί ότι για τη φάση κατασκευής και λειτουργίας κτιρίων με χρήση κατοικίας, ξενοδοχείων, γραφείων και βιομηχανίας στον ελληνικό χώρο, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας στο σύνολο τους εκτιμάται σε 25.715.000.000 kWh/έτος

κατά την κατασκευή και σε 2.935.000.000 kWh/έτος (μέση τιμή) κατά τη φάση λειτουργίας. (Μίσσα, 2008)

Επιπλέον, τα κτίρια με χρήση κατοικίας συγκεντρώνουν τα μεγαλύτερα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας τόσο στη φάση κατασκευής όσο και στη φάση λειτουργίας. Τέλος, η θέρμανση των χώρων κατέχει την πρώτη θέση στις ενεργειακές απαιτήσεις παρόλο που η χώρα γενικά χαρακτηρίζεται από ήπιο, μεσογειακό κλίμα.

Κατά συνέπεια, η κατασκευή ενεργειακά αποδοτικών και φιλικών προς το περιβάλλον κτιρίων είναι επιτακτική ανάγκη. Άλλωστε, η εφαρμογή της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και των μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια, θα επέφερε σημαντική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη.

2.3 Νομοθετικό πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων

Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και η μείωση των εκπομπών CO₂ είναι βασική προτεραιότητα των περισσότερων κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

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 κτιρίων, καθώς και πρακτικές ενεργειακής πιστοποίησης με θέσπιση ανωτάτων ορίων ενεργειακής κατανάλωσης ανά κατηγορία κτιρίων και των σχετικών πιστοποιητικών, που θα είναι απαραίτητα σε κάθε αγοραπωλησία ή ενοικίαση.

Επιπλέον, υπάρχει πρόβλεψη για την πλήρωση των σχετικών ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής κατανάλωσης και σε ορισμένες περιπτώσεις ανακαίνισης υφιστάμενων κτιρίων (αναλόγως του μεγέθους τους και το βαθμού επεμβάσεων ανακαίνισης).

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 κτιρίων,
- ορίζει ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις για τα νέα κτίρια, καθώς και για την ανακατασκευή παλαιών κτιρίων μεγάλης επιφάνειας,
- θεσπίζει την υποχρεωτική ενεργειακή σήμανση των κτιρίων με έμφαση στο δημόσιο τομέα,
- επιβάλλει τον έλεγχο της απόδοσης των καυστήρων και της θερμομόνωσης των κτιρίων.
- επιβάλλει στους ιδιοκτήτες μεγάλων ακινήτων (συνολικής επιφάνειας άνω των 1.000 τ.μ.) που ανακατασκευάζουν τα κτίρια τους, την υποχρέωση να προχωρήσουν σε εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, 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).

Ειδικότερα, η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων πρέπει τουλάχιστον να περιλαμβάνει τους ακόλουθους παράγοντες:

1. θερμικά χαρακτηριστικά του κελύφους του κτιρίου (στα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να περιλαμβάνεται και η αεροστεγανότητα),
2. εγκατάσταση θέρμανσης και τροφοδοσία θερμού νερού, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών των μονώσεων τους,
3. εγκατάσταση κλιματισμού,
4. αερισμό,
5. ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού (κυρίως στον τομέα που δεν αφορά στην κατοικία),
6. θέση και προσανατολισμό των κτιρίων, περιλαμβανομένων των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών,
7. παθητικά ηλιακά συστήματα και ηλιακή προστασία,
8. φυσικό αερισμό,
9. εσωτερικές κλιματικές συνθήκες στις οποίες περιλαμβάνονται οι επιδιωκόμενες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες (Οδηγία 2002/91/EC).

Απόρροια της οδηγίας 2002/91/EC ήταν η θέσπιση του ελληνικού Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) ως υλοποίηση του νόμου 3661/2008 «Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων 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 κτιρίου.

Συνεπώς, με τον Κ.Εν.Α.Κ θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτιριακό τομέα, με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, 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 Κτιρίων.
2. Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.
3. Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης).
4. Ενεργειακές Επιθεωρήσεις κτιρίων, 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 κτίρια ανεξαρτήτως του μεγέθους τους,
- ορίζει ότι τα κράτη μέλη πρέπει να μεριμνήσουν έτσι ώστε: α) έως τις 31/12/2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, β) μετά τις 31/12/2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν

δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας,

- επιβάλλει σε όλα τα κράτη μέλη τη θέσπιση και δημοσιοποίηση, των αναγκαίων νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων: 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/EU).

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

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

3. Διατηρητέα κτίρια και παραδοσιακή αρχιτεκτονική

3.1 Διατηρητέα κτίρια

Η αρχιτεκτονική κληρονομιά αποτελεί μια αναντικατάστατη έκφραση της πολιτιστικής κληρονομιάς ενός τόπου και ανεκτίμητη μαρτυρία της ιστορικής συνέχειάς του. Γενικά, στην έννοια της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς περιλαμβάνονται τα στοιχεία του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος με ιδιαίτερη ιστορική, πολεοδομική, αρχιτεκτονική, λαογραφική, κοινωνική και αισθητική φυσιογνωμία και αξία. Αυτά μπορούν να είναι παραδοσιακά κτίρια, οικιστικά σύνολα, παραδοσιακοί οικισμοί και ιστορικά κέντρα πόλεων.

Σε ό,τι αφορά στο ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο, στο άρθρο 24 του Συντάγματος (1974), αναφέρεται ότι «...Η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του Κράτους και δικαίωμα του κάθε πολίτη...». Αξίζει να σημειωθεί ότι σημαντικές προσπάθειες για τη νομική προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς σημειώνονται από το 1975 και μετά, με τη θέσπιση νόμων σχετικά με τον χαρακτηρισμό παραδοσιακών οικισμών, τους ειδικούς όρους και περιορισμούς δόμησης σε ιστορικά κέντρα, την προστασία νεωτέρων μνημείων κ.λπ.

Από τα μέσα της δεκαετίας του '70 και μέχρι σήμερα χαρακτηρίστηκαν από τις αρμόδιες υπηρεσίες χιλιάδες κτίρια στην Ελλάδα ως έργα τέχνης, ιστορικά διατηρητέα μνημεία ή απλά ως διατηρητέα. Από αυτά, τα περισσότερα είναι εκκλησίες, νεοκλασικά και εκλεκτικιστικά κτίρια, κτίρια λαϊκής αρχιτεκτονικής και κτίσματα ή συγκροτήματα κτιρίων βιομηχανικής αρχαιολογίας.

Ένα κτίριο μπορεί να χαρακτηριστεί ως διατηρητέο ύστερα από πρόταση Φορέων ή ιδιωτών, ή μεμονωμένα από το ΥΠΕΚΑ. Κριτήρια για τον χαρακτηρισμό κτιρίου ως διατηρητέου (με υπουργική απόφαση) αποτελούν:

1. Αξιόλογα μορφολογικά και αρχιτεκτονικά στοιχεία τα οποία δίνουν ιδιαίτερα αρχιτεκτονική αξία στο κτίριο και μπορεί να αποτελέσει σημείο αναφοράς και ιστορικότητας ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκεται.
2. Η θέση του: ένα κτίριο είναι πιθανό να αποτελεί ενιαίο σύνολο με άλλα πλέον αξιόλογα κτίρια και να είναι απαραίτητη η διατήρησή του, λόγω κλίμακας ή ολοκλήρωσης ενός συνόλου π.χ. ενός μετώπου δρόμου, (κτίριο "συνοδείας").

Σύμφωνα με τα στοιχεία της βάσης δεδομένων του ΥΠΕΚΑ, στον ελληνικό χώρο υπάρχουν καταχωρημένα 9.567 διατηρητέα κτίρια και 824 παραδοσιακοί οικισμοί. Το μεγαλύτερο μέρος των διατηρητέων κτιρίων της χώρας βρίσκεται στον Δήμο Αθηναίων στον οποίο υπάγονται 2.868 διατηρητέα κτίρια και ακολουθούν το Ναύπλιο με 352, η Πάτρα με 329 και τα Ιωάννινα με 111 διατηρητέα κτίρια.

Όσον αφορά στα κριτήρια αξιολόγησης για το χαρακτηρισμό κτιρίων ως διατηρητέων, αυτά βασίζονται στις Συμβάσεις Διεθνών Οργανισμών, πολλές από τις οποίες έχουν γίνει νόμοι του Ελληνικού κράτους.

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

Όσον αφορά στις επεμβάσεις σε διατηρητέα κτίρια, αυτές περιλαμβάνουν την επισκευή, κάθε βαθμού και μορφής, την αποκατάσταση τμημάτων στην αρχική τους μορφή, τη προσθήκη νέων τμημάτων για την επαύξηση της λειτουργικότητάς τους, τη

μερική και ολική ανακατασκευή. Οι επιλογές αυτές σχετίζονται με τη φυσική κατάσταση και τη σπουδαιότητα του διατηρητέου κτιρίου, αλλά και με τους συνακόλουθους στόχους, στρατηγικές, κανόνες και προϋπολογισμούς.

3.2 Παραδοσιακή αρχιτεκτονική και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά

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 (Κίζης, 1995).

Το σύνολο της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής δημιουργείται εξολοκλήρου από τους λαϊκούς (ανώνυμους) τεχνίτες (μάστορες) - λαϊκή αρχιτεκτονική. Η κατασκευή των παραδοσιακών οικισμών γίνεται με τα υλικά του τόπου (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, παρά την ύπαρξη και κάποιων ομοιοτήτων. 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.).

Ωστόσο θα πρέπει να αναφερθεί ότι ακόμη και σε όμοιους, γεωγραφικά, χώρους η αρχιτεκτονική διαφοροποιείται τοπικά, ανάλογα με τις εκάστοτε περιβαλλοντικές και

κοινωνικές συνθήκες. Αντιθέτως, η ανάγκη για ικανοποίηση όμοιων αναγκών (στέγη, εργασία, κ.λπ.), η χρησιμοποίηση όμοιων κατασκευαστικών υλικών αλλά και οι μετακινήσεις των μαστόρων από περιοχή σε περιοχή ευθύνονται για τις μορφολογικές ομοιότητες της αρχιτεκτονικής.

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 τις δυνατότητες που αυτό παρέχει. Επίσης, η δομή ενός παραδοσιακού οικισμού αντικατοπτρίζει, μεταξύ άλλων, τον τρόπο ζωής και εργασίας.

Ο όρος της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής (vernacular architecture) χρησιμοποιείται παγκοσμίως, για να αποδώσει την κατασκευαστική πρακτική, η οποία καθοδηγείται από τα περιορισμένα και φυσικά διαθέσιμα μέσα, προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες μιας κοινωνίας σε χώρους διαβίωσης και εργασίας, μέσω επιλογών ανθεκτικών στον χώρο και στο χρόνο. Συνεπώς, αντικατοπτρίζει μια συγκεκριμένη (στο χώρο και το χρόνο) φυσική, ιστορική και πολιτιστική πραγματικότητα (Καλογήρου, 2009).

Αν παρατηρήσει κανείς τα δείγματα της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής σε όλο τον κόσμο, μπορεί να διαπιστώσει ότι το κλίμα και ο πολιτισμός αποτελούν τις βασικές παραμέτρους που καθορίζουν τη μορφή των παραδοσιακών κτιρίων. Αναλυτικότερα, στις περιοχές με ψυχρό κλίμα, τα κτίρια διαθέτουν μεγάλη θερμική μάζα ή σημαντική θερμομόνωση και μικρά (ή καθόλου) ανοίγματα, ενώ στις περιοχές με θερμότερο κλίμα απαντώνται περισσότερο οι ελαφριές κατασκευές με ανοίγματα, που επιτρέπουν το διαμπερή ή κατακόρυφο αερισμό.

Επίσης, μια ακόμη παράμετρος που καθορίζει την κτιριακή μορφολογία αποτελεί το ύψος των βροχοπτώσεων της περιοχής. Έτσι, τα επίπεδα δώματα συνήθως δεν συναντώνται σε περιοχές με πολλές βροχές, όπου προτιμούνται οι επικλινείς στέγες. Κατ' αναλογία, σε περιοχές με ισχυρούς ανέμους, επιχειρείται τέτοια ογκοπλαστικότητα, ώστε η επιφάνεια που εκτίθεται προς αυτούς να είναι η ελάχιστη.

Κατά συνέπεια, μπορεί να θεωρηθεί ότι η παραδοσιακή αρχιτεκτονική αποτελεί πολύτιμη πηγή γνώσεων και βάση αναφοράς για τη σύγχρονη βιοκλιματική δόμηση, η οποία συνδέεται άμεσα με τον ενεργειακά αποδοτικό σχεδιασμό των κτιρίων. Το γεγονός αυτό διαφαίνεται όχι μόνο στα δείγματα της ελληνικής παραδοσιακής αρχιτεκτονικής, αλλά και στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική άλλων λαών παγκοσμίως.

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 δυνατόν ενεργειακοί πόροι και αφετέρου τα υλικά αυτά, μπορούν να θεωρηθούν ως ανακυκλώσιμα και αποικοδομήσιμα από την φύση. Επιπλέον, τα κτίρια ενσωματώνονται πλήρως στο φυσικό τοπίο.

3.3 Μορφολογία και οικοδομική της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής

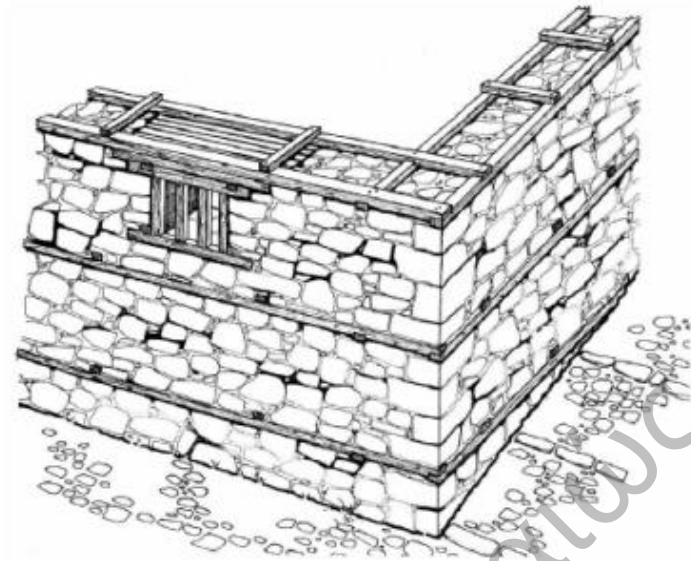
Αν και η παρούσα εργασία εστιάζει στα ελληνικά δεδομένα, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η έννοια της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής αναφέρεται σε ένα

διευρυμένο γεωγραφικό πλαίσιο που περιλαμβάνει τον ενιαίο πολιτισμικό χώρο των Βαλκανίων και της Μικράς Ασίας κατά την περίοδο της οθωμανικής κυριαρχίας.

Αρχικά οι τύποι κατοικίας είναι απλοί προερχόμενοι από την αυτοσχέδια εμπειρική αντιμετώπιση στοιχειωδών αναγκών. Σταδιακά, από τα τέλη του 18ου αι. η κατοικία άρχισε να αποτελεί στοιχείο κοινωνικής προβολής και τεκμήριο επιτυχίας. Τα υλικά κατασκευής είναι η πέτρα, το ξύλο και η λάσπη.

Ως προς την κατασκευαστική δομή:

- Κατακόρυφα φέροντα στοιχεία (τοιχοποιίες): Στην βάση του κτιρίου διαμορφώνονται από φέρουσες λιθοδομές κατασκευασμένες από αργούς λίθους. Στο σώμα της τοιχοποιίας αναπτύσσονται οριζόντιοι ελκυστήρες από ξύλινα στοιχεία (ξύλοδεσιές), οι οποίοι εξασφαλίζουν τη λειτουργία των διασταυρούμενων τοιχοποιιών, ως ενιαίου δομικού στοιχείου. (Εικόνα 1)
Στους ανώτερους ορόφους των κτιρίων ο φέρων οργανισμός είναι κατασκευασμένος από ξύλινα στοιχεία (ξύλόπηκτες 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. 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). (Εικόνα 2)



Εικόνα 2 Παράδειγμα προοπτικής απεικόνισης πέτρινου τοίχου με ξυλοδεσιές

(Πηγή: http://morfologia.arch.duth.gr/3o_etos/3o_exam_VI/paradosiaka.pdf)

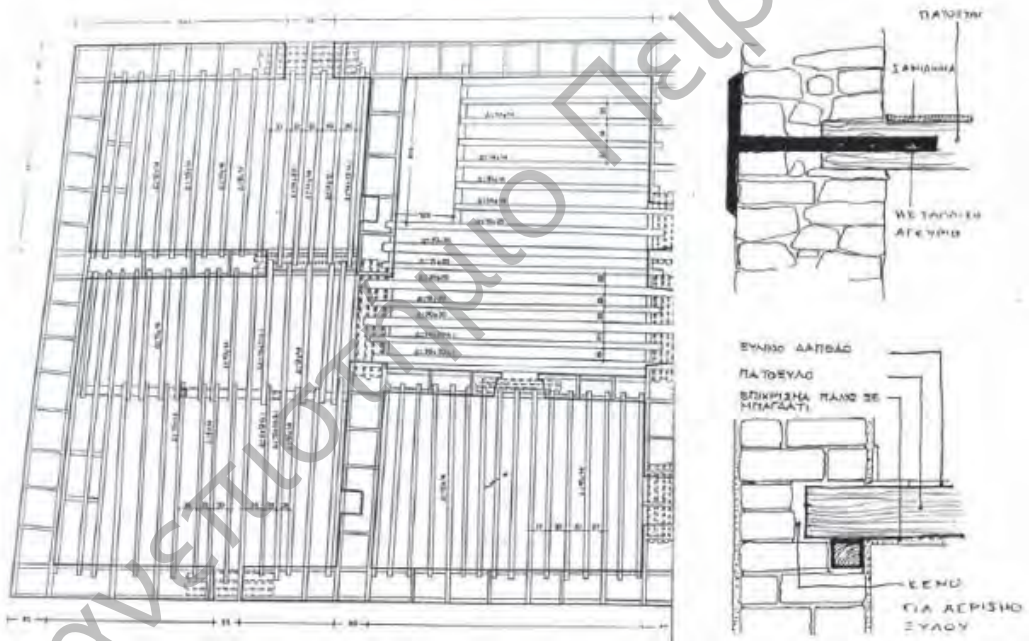


Εικόνα 2 Μπαγδατί με καρφωτές πήχεις & υποκείμενη αργολιθοδομή

(Πηγή: http://morfologia.arch.duth.gr/3o_etos/3o_exam_VI/paradosiaka.pdf)

- Οριζόντια φέροντα στοιχεία: Τα πατώματα αποτελούν σύστημα ξύλινων δοκών, διατεταγμένων παράλληλα μεταξύ τους, σε αποστάσεις των 40 – 50 εκ. Οι δοκοί εδράζονται στην τοιχοποιία, είτε απευθείας, είτε μέσω διαμήκους δοκού που εξασφαλίζει σωστή κατανομή των φορτίων στον τοίχο. (Εικόνα 3)

Στην Εικόνα 4 φαίνεται ένα παράδειγμα των κατακόρυφων και οριζόντιων φερόντων στοιχείων μίας παραδοσιακής οικίας.



Εικόνα 3 Διάταξη οριζόντιων φερόντων στοιχείων

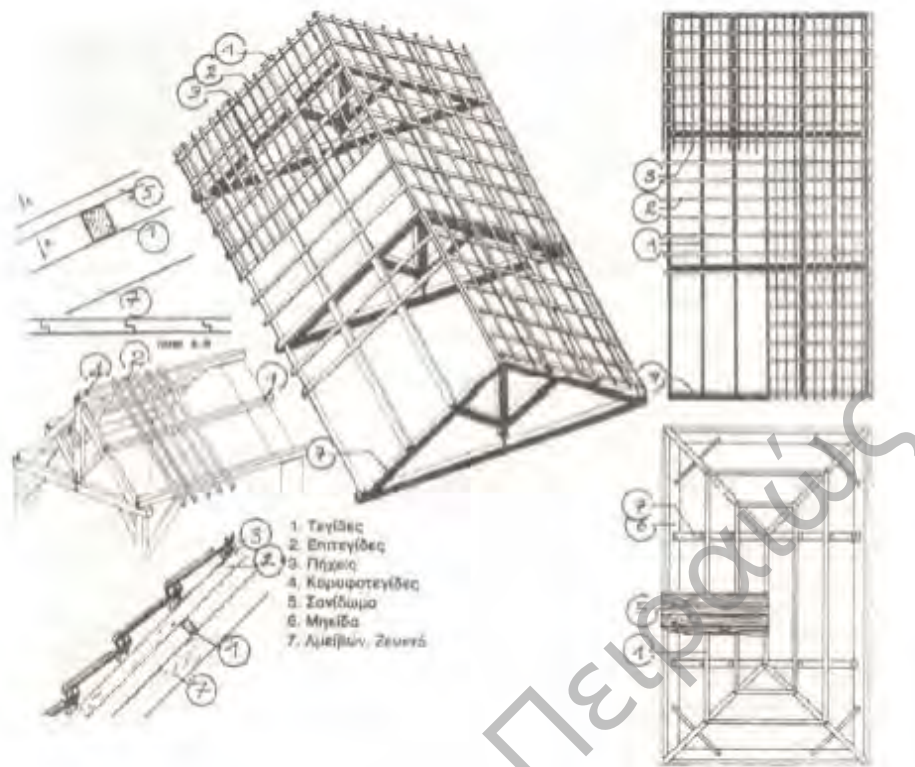
(Πηγή: http://morfologia.arch.duth.gr/3o_etos/3o_exam_VI/paradosiaka.pdf)



Εικόνα 4 Εσωτερική άποψη παραδοσιακού σπιτιού στο Ζαγόρι, όπου είναι εμφανή τα δάπεδα, οι οροφές και οι κατακόρυφοι στύλοι από ξύλο

(Πηγή: Σταματοπούλου, 1995)

- Στέγη: Είναι η επικάλυψη του κτιρίου για την προφύλαξη των εσωτερικών μερών από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Αποτελείται από κεκλιμένα επίπεδα για τη διευκόλυνση της ροής του βρόχινου νερού και την απομάκρυνση του χιονιού. Ο φέρων οργανισμός της στέγης είναι κατασκευασμένος από ξύλο και αποτελείται από ζευκτά. Το ζευκτό είναι ένα επίπεδο δικτύωμα τριγωνικής διατομής κατασκευασμένο από ξύλινα στοιχεία. Η παράταξη αυτών των στοιχείων, με τις κατάλληλες μεταξύ τους συνδέσεις, δημιουργεί τη φέρουσα κατασκευή της στέγης. (Εικόνες 5,6)



Εικόνα 5 Φέρων οργανισμός στέγης

(Πηγή: http://morfolgia.arch.duth.gr/3o_etos/3o_exam_VI/paradosiaka.pdf)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ



Εικόνα 6 Κτίριο παραδοσιακής αρχιτεκτονικής στην περιοχή του Ζαγορίου, όπου είναι εμφανής η χρήση της τοπικής πέτρας στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία και στην επικάλυψη της στέγης

(Πηγή: <http://www.snowclub.gr/forums/index.php?showtopic=7063&st=20>)

- Δώματα-θόλοι: Σε αντίθεση με την ηπειρωτική Ελλάδα, η επιστέγαση του κτιρίου στα νησιά (κυρίως στο Αιγαίο) διαμορφωνόταν κατά κύριο λόγο με δώματα ή θόλους. (Εικόνα 7) Αυτό δεν ισχύει στα νησιά του Ιονίου, όπου εκδηλώνονται σημαντικότερες βροχοπτώσεις και έχουν επηρεαστεί από την ενετική παρουσία. Σχετικά με τους θόλους, η ημικυλινδρική οροφή εξυπηρετεί στατικούς λόγους, αλλά συγχρόνως βοηθά στην αύξηση του φωτισμού και του αερισμού στο βάθος των κατοικιών. Επιπλέον, ο ρόλος της είναι πολύ σπουδαίος κατά τις ζεστές ημέρες. Λόγω του μεγάλου ύψους, ο ανυψούμενος

ζεστός αέρας συγκεντρώνεται ψηλά και φεύγει εύκολα από το φεγγίτη της πρόσοψης. Σε ό,τι αφορά τα επίπεδα δώματα, μπορούν είτε να χρησιμοποιούνται για τη συγκέντρωση νερού (μια ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητα και χρήση σε νησιά που οι βροχές δεν είναι συχνές) είτε να θερμομονώνονται με πυκνές στρώσεις αποξηραμένων φυκιών, άχυρων ή άλλων παρόμοιων υλικών. (Καλογήρου, 2009)



Εικόνα 7 Εσωτερικό καπετανόσπιτου με σταυροθόλιο στην οροφή στην Σαντορίνη. Τα ανοίγματα του εσωτερικού χωρίσματος αντιγράφουν πιστά τα αντίστοιχα ανοίγματα της πρόσοψης του σπιτιού

(Πηγή: Φιλιππίδης, 1988)

3.4 Βιοκλιματικά και ενεργειακά αποδοτικά χαρακτηριστικά των παραδοσιακών κατασκευών

Σύμφωνα με όσα έχουν αναλυθεί μέχρι στιγμής, γίνεται αντιληπτό ότι στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική ενσωματώνονται κάποιες αρχές του βιοκλιματικού και ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού, λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη τα διαθέσιμα μέσα και την έλλειψη των σύγχρονων τεχνολογιών κατά την περίοδο κατασκευής τους. Στον Πίνακα 3 και τις Εικόνες 8, 9 και 10 που ακολουθούν, επιχειρείται η συγκεντρωτική παρουσίαση των σχεδιαστικών αρχών που υιοθετούνται στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική και ο βιοκλιματικός τους χαρακτήρας.

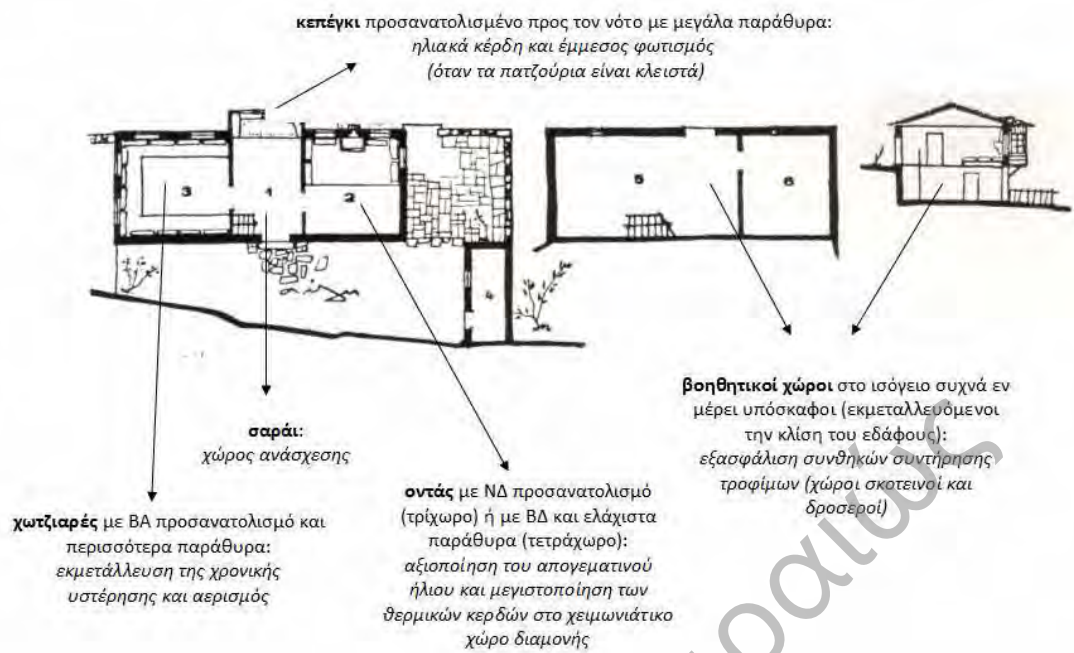
Πίνακας 12 Βιοκλιματικά και ενεργειακά αποδοτικά χαρακτηριστικά των παραδοσιακών αρχιτεκτονικών στοιχείων

Παραδοσιακό Αρχιτεκτονικό Στοιχείο	Βιοκλιματική-ενεργειακά αποδοτική ιδιότητα ή λειτουργία
Σαράι	Χώρος ανάσχεσης
Κεπέγκι προσανατολισμένο προς το νότο με μεγάλα παράθυρα	Ηλιακά κέρδη Έμμεσος φωτισμός (όταν τα πατζούρια είναι κλειστά)
Διακριτή χωροθέτηση καλοκαιρινών και	Αξιοποίηση του απογεματινού ήλιου και

χειμερινών δωματίων	<p>μεγιστοποίηση των θερμικών κερδών στο χειμωνιάτικο χώρο διαμονής</p> <p>Αερισμός στο θερινό χώρο διαμονής</p>
Βοηθητικοί χώροι στο ισόγειο συχνά εν μέρει υπόσκαφοι (εκμεταλλεζόμενοι την κλίση του εδάφους)	<p>Εξασφάλιση συνθηκών συντήρησης τροφίμων (χώροι σκοτεινοί και δροσεροί)</p> <p>Εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στα νησιώτικα υπόσκαφα σπίτια</p>
Εσωτερικοί τοίχοι, δάπεδα ορόφου και ταβάνια από ξύλο	Ταχεία θέρμανση του εσωτερικού χώρου
Διάταξη παραθύρων	Διαμπερής αερισμός
Προσανατολισμός παραθύρων: καθόλου ή μικρά και λίγα στον βορρά και στα χειμωνιάτικα δωμάτια, περισσότερα στον νότο ή στα καλοκαιρινά δωμάτια	Αξιοποίηση των ηλιακών κερδών
Πατζούρια	<p>Κινητή μόνωση ή/και σύστημα ηλιοπροστασίας:</p> <p>μείωση θερμικών απωλειών τον χειμώνα</p> <p>μείωση θερμικών κερδών το καλοκαίρι</p>
Στέγη με μεγάλη κλίση	Μείωση θερμικών απωλειών (γρήγορη απομάκρυνση χιονιού)

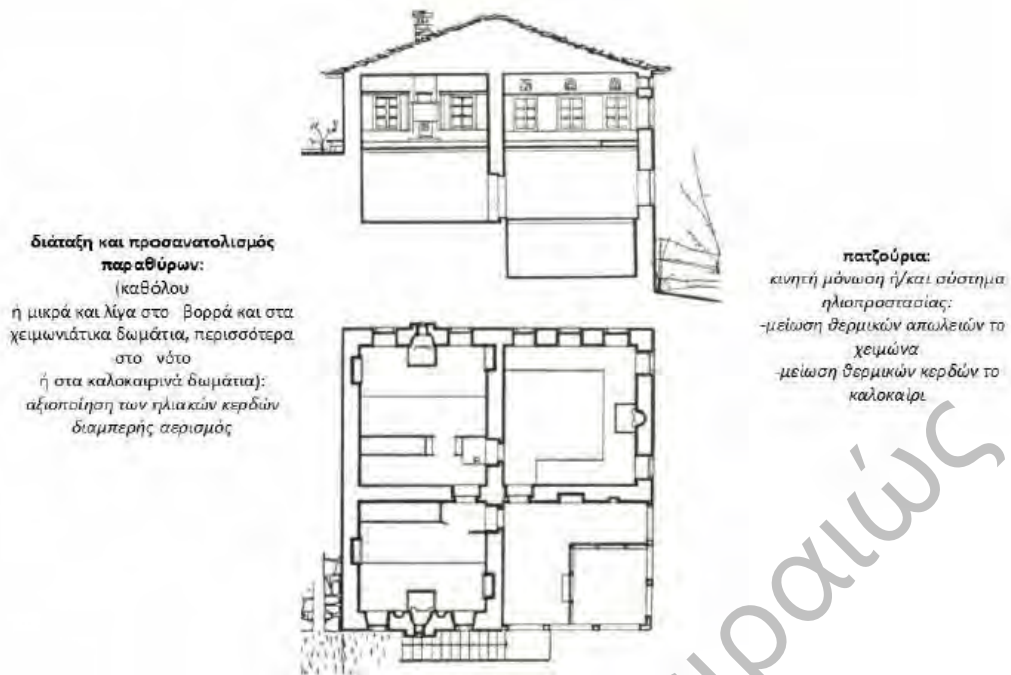
Επικάλυψη με πλάκα	Προστασία από τις ακραίες κλιματικές συνθήκες
Προεξοχή στέγης	Προστασία τοίχων και ανοιγμάτων από την βροχή τον χειμώνα και τον ήλιο το καλοκαίρι
Θολωτή στέγη	Απαγωγή του θερμού αέρα λόγω ύψους και εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στα νησιώτικα σπίτια
Τζάκι	Βοηθητική θέρμανση
Χρήση ντόπιων υλικών	Ανθεκτικότητα στον χρόνο, εξοικονόμηση πόρων

(Πηγή: Καλογήρου, 2009 & ίδια Επεξεργασία)

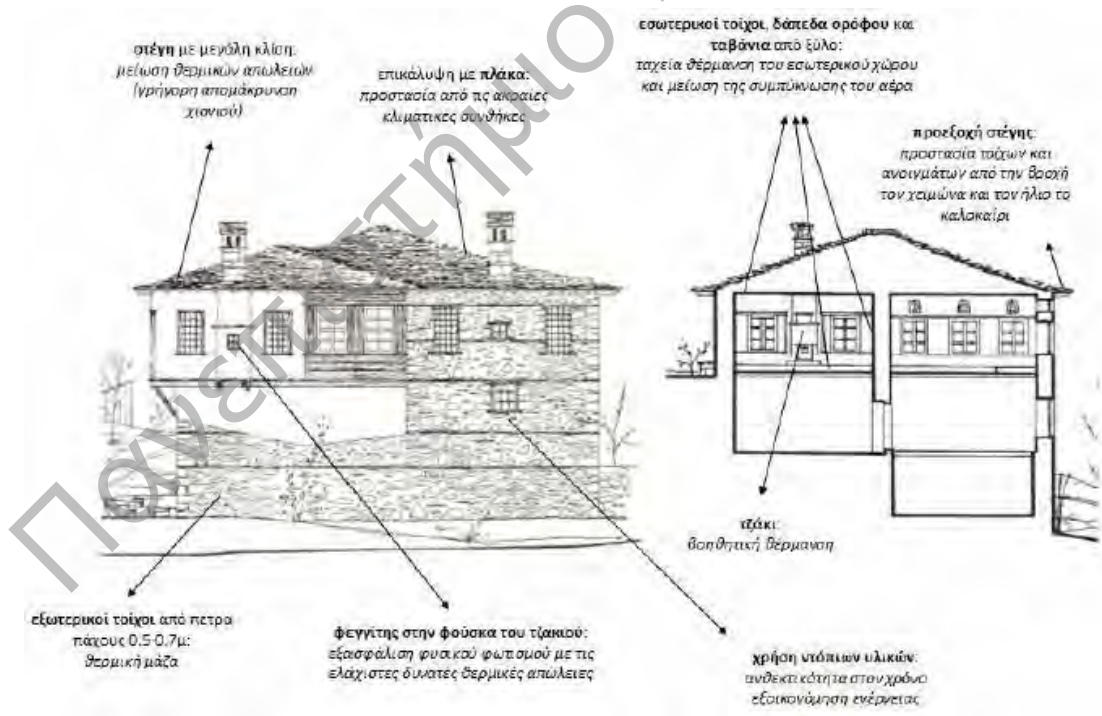


Εικόνα 8 Βιοκλιματική λειτουργία της αρχιτεκτονικής σύνθεσης παραδοσιακής κατοικίας του Μετσόβου

(Πηγή: Καλογήρου & Σαγιά, 2010)



Εικόνα 9 Βιοκλιματική λειτουργία παραδοσιακών αρχιτεκτονικών στοιχείων (α)



Εικόνα 10 Βιοκλιματική λειτουργία παραδοσιακών αρχιτεκτονικών στοιχείων (β)

(Πηγή: Καλογήρου & Σαγιά, 2010)

4. Ενεργειακή απόδοση παραδοσιακών και διατηρητέων κτιρίων

Σε διεθνή κλίμακα έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες, οι οποίες διερευνούν την ενεργειακή συμπεριφορά και τα χαρακτηριστικά βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής σε κτίρια παραδοσιακής αρχιτεκτονικής, σε ιστορικά ή διατηρητέα κτίρια και σε μνημεία.

Στον Πίνακα 4 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά μερικές μελέτες, η μεθοδολογική προσέγγισή τους και κάποια από τα κύρια αποτελέσματά τους.

Πίνακας 13 Ανασκόπηση διεθνούς βιβλιογραφίας για τη διερεύνηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των παραδοσιακών κτιρίων.

Συγγραφείς	Αντικείμενο
Lykogianni E. and Sofianou E	<p>Διερεύνηση της ενεργειακής απόδοσης διατηρητέου κτιρίου στη Θεσσαλονίκη και εξέταση εναλλακτικών σεναρίων αναβάθμισης με χρήση δύο λογισμικών προγραμμάτων (TEE-KENAK και DIAL).</p> <p>Το κτίριο διαθέτει σύγχρονες ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και διπλούς υαλοπίνακες, αλλά καθόλου θερμομόνωση. Εξετάστηκε το ενδεχόμενο προσθήκης θερμομόνωσης (πάχους 8cm) και αντικατάστασης των υαλοπινάκων με νέους καλύτερης ενεργειακής συμπεριφοράς (low-e με διάκενο 12mm).</p>

	<p>Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα TEE-KENAK υπολογίσθηκε ότι η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση μειώνεται κατά 17% και για ψύξη κατά 19%, ενώ με το DIAL υπολογίσθηκε ότι η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη μειώνεται κατά 24% κατά 30% αντίστοιχα.</p> <p>Κύριο Συμπέρασμα: Τα διατηρητέα κτίρια μπορεί να εμφανίζουν καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά συγκριτικά με κτίρια νεώτερης κατασκευής (τα οποία είναι επίσης αμόνωτα).</p>
<p><i>Οικονόμου Α., Μπουγιατιώτη Φλ.</i></p>	<p>Τεκμηρίωση και ανάλυση των αρχιτεκτονικών και βιοκλιματικών χαρακτηριστικών δείγματος κατοικιών του 19^{ου} και 20^{ου} αιω. στη Φλώρινα.</p> <p>Εκτίμηση της θερμικής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων (εφαρμογή Ecotect & Transmittancia για τον υπολογισμό U-value και χρόνου υστέρησης).</p> <p>Αξιολόγηση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης (επιτόπιες μετρήσεις και προσομοίωση με το ecotect).</p> <p>Ο ισόγειος χώρος του κτιρίου 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</p>

	<p>χαμηλότερη των -12°C.</p> <p>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.</p> <p>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 $1-2^{\circ}\text{C}$.</p> <p>Κύριο συμπέρασμα: Τα αποτελέσματα ενισχύουν την ορθότητα της ύπαρξης διακριτών δωματίων διαβίωσης (χειμερινού και καλοκαιρινού) στην παραδοσιακή κατοικία αναλόγως της εποχής και τα παραδοσιακά κτίρια γενικά εμφανίζουν αρκετά αποδοτική ενεργειακή συμπεριφορά κατά τη θερινή περίοδο αξιοποιώντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.</p>
<p>Καλογήρου Χ., Σαγιά Α.</p>	<p>Αναγνώριση της αρχιτεκτονικής φυσιγνωμίας του οικισμού (παλιάς και σύγχρονης).</p> <p>Εντοπισμός των βιοκλιματικών χαρακτηριστικών της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής και των διατηρητέων κτιρίων.</p> <p>Αποτύπωση των σύγχρονων οικοδομικών τάσεων.</p> <p>Διερεύνηση των δυνατοτήτων προσαρμογής των βιοκλιματικών</p>

	<p>συστημάτων και αρχών στη σύγχρονη αρχιτεκτονική του οικισμού και διατύπωση προτάσεων.</p> <p>Ως δράσεις για τα κτίρια παραδοσιακής αρχιτεκτονικής, προτείνεται η προσθήκη θερμομόνωσης στο εσωτερικό των εξωτερικών τοίχων και η επένδυση με γυψοσανίδα καθώς και η διατήρηση των ξύλινων κουφωμάτων (τα οποία άλλωστε εμφανίζουν καλύτερο συντελεστή θερμοπερατότητας σε σχέση με αυτά που διαθέτουν πλαίσιο αλουμινίου) με αντικατάσταση των υαλοπινάκων με νέους πιο αποδοτικούς.</p>
<p>Τασσιοπούλου T., Grindley P. C., Probert S. D.</p>	<p>Προσομοιώθηκε η συμπεριφορά μιας κατοικίας στην Πλάκα με εφαρμογή του TAS.</p> <p>Κύρια συμπεράσματα:</p> <ul style="list-style-type: none"> - η κατοικία είχε ιδιαίτερα ικανοποιητική συμπεριφορά κατά τη θερινή και τη χειμερινή περίοδο. Μάλιστα επισημαίνεται ιδιαίτερα τη συμβολή του χαγιατιού στην αποδοτική συμπεριφορά κατά τη θερινή περίοδο. - η εφαρμογή θερμομόνωσης θα βελτίωνε την ενεργειακή συμπεριφορά το χειμώνα, αλλά δεν θα εξασφάλιζε συνθήκες άνεσης το καλοκαίρι.

Κωστούλα Σ.	Διερεύνηση των παραδοσιακών αρχιτεκτονικών αρχέτυπων ως προς την ανταπόκριση τους στις κλιματικές συνθήκες.
Roslan B. Talib and Mohd Z. Suliman	<p>Ιστορική αναδρομή στα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής και των δομικών υλικών τα οποία μπορούν να αναπροσαρμοστούν στις σύγχρονες απαιτήσεις του περιβαλλοντικού και βιώσιμου σχεδιασμού των κτιρίων.</p> <p>Η χρήση του τοπικού ξύλου ως δομικού υλικού, τα διακοσμητικά μορφολογικά στοιχεία που παράλληλα λειτουργούν ως φίλτρα του φυσικού φωτισμού για τη σκίαση των χώρων, οι περσίδες στα πατζούρια που επιτρέπουν τον φυσικό αερισμό, η ογκοπλαστικότητα των κτιρίων που συμβάλλει στον σκιασμό, η ανέγερση των κτιρίων πάνω σε ξύλινα βάθρα που επιτρέπουν τη ροή του αέρα στην κάτω επιφάνειά τους και οι ψηλές δίρριχτες στέγες που συμβάλλουν στην απαγωγή του θερμού αέρα, αποτελούν τα χαρακτηριστικά που προσδίδουν βιώσιμο χαρακτήρα στις κατασκευές.</p> <p>Η μελέτη παρουσιάζει ομοιότητες με αυτήν των Καλογήρου & Σαγιά (2010) που αφορά στην ελληνική παραδοσιακή αρχιτεκτονική.</p>

<p>Shanthi Priya, R., Sundarraja, M.C Radhakrishnan, S. , Vijayalakshmia, L.</p>	<p>Σε μία επιλεγμένη παραδοσιακή κατοικία χωρίς επεμβάσεις πραγματοποιήθηκε:</p> <p>-Ποιοτική αξιολόγηση: με βάση την αρχιτεκτονική τυπολογία, τις κατασκευαστικές τεχνικές, τα δομικά υλικά.</p> <p>-Ποσοτική αξιολόγηση: με βάση πραγματικές μετρήσεις χρησιμοποιώντας ένα σύστημα αισθητήρων-αποθήκευσης δεδομένων (Mini Metrological Station).</p> <p>Οι μετρήσεις αφορούσαν:</p> <ul style="list-style-type: none"> - θερμοκρασία τοίχου/οροφής, - θερμοκρασία αέρα εσωτερικού/εξωτερικού χώρου, - σχετική υγρασία εσωτερικού/εξωτερικού χώρου, - ταχύτητα αέρα εσωτερικού/εξωτερικού χώρου.
<p>Anh-Tuan Nguyen, Quoc- Bao Tran, Duc- Quang Tran,Sigrid Reiter</p>	<p>Αξιολόγηση των σχεδιαστικών αρχών των παραδοσιακών κατοικιών ως προς τη φυσική των κτιρίων.</p> <p>Μεθοδολογική προσέγγιση:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. διάκριση κλιματικών ζωνών, 2. συστηματική ανάλυση, 3. επιτόπια έρευνα,

	<p>4. προσομοίωση.</p> <p>Εξετάστηκαν 6 κατοικίες σε αστικό περιβάλλον και στην ύπαιθρο, σε 3 διαφορετικές κλιματικές ζώνες.</p> <p>Μετρήθηκαν η θερμοκρασία αέρα, η υγρασία, η ταχύτητα αέρα και το επίπεδο φωτισμού στο εσωτερικό των κτιρίων και στο περιβάλλοντα χώρο (τυπική ημέρα θέρους και τυπική ημέρα χειμώνα).</p> <p>Εκτιμήθηκε η ικανοποίηση των συνθηκών άνεσης με βάση τις πραγματικές μετρήσεις (PMV analysis).</p> <p>Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Computational Fluid Dynamics, -Ecotect Analysis, -COMFIE.
<p>Nicola Cardinale, Gianluca Rospi, Pietro Stefanizzi, Valentina Augenti</p>	<p>Μελέτη που περιλαμβάνει επιτόπιες μετρήσεις των θερμο-υγρασιακών ιδιοτήτων των δομικών στοιχείων (τοιχοποιίες από ασβεστολιθικό ψαμμίτη και ασβεστόλιθο) του κελύφους δύο ιστορικών κτιρίων.</p> <p>Τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε συνδυασμό με την εκτέλεση προσομοιώσεων έδειξαν ότι επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής άνεσης κατά την θερινή περίοδο (με τη θερμοκρασία του</p>

	<p>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.</p> <p>Αυτή η ιδιότητα των πέτρινων τοίχων αναδεικνύεται και στη μελέτη των Οικονόμου & Μπουγιατιώτη (2011).</p>
<p>Ignacio Canas, Silvia Martin</p>	<p>Μελέτη 212 οικισμών της χώρας και καταγραφή των βιοκλιματικών στρατηγικών που υιοθετούνται στα δείγματα παραδοσιακής αρχιτεκτονικής.</p> <p>Δείγμα των παραπάνω κτιρίων βρέθηκε ότι υπακούει στα εξής:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ μεγάλη θερμοχωρητικότητα (4%) ➤ χρήστη 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 κτιρίου (5%) ➤ χώροι ανάσχεσης (21%)

<p>Dili A.S., Naseer M.A., Zacharia Varghese T.</p>	<p>Ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση του βιοκλιματικού χαρακτήρα παραδοσιακής κατοικίας στην Ινδία, με την οποία αποδεικνύεται η επίτευξη συνθηκών άνεσης στη διάρκεια όλου του έτους μέσω της εφαρμογής παθητικών τεχνικών.</p>
<p>Jean Bouillot</p>	<p>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.</p>
<p>Cantin R., Burgholzer J. , Guarracino G. , Moujalled B., Tamelikecht S., Royet B.G.</p>	<p>Επιλέχθηκαν 10 ιστορικά κτίρια (μη θερμομονωμένα) και ένα σύγχρονο (θερμομονωμένο), σε διαφορετικές περιοχές της Γαλλίας.</p> <p>Μεθοδολογική προσέγγιση:</p> <p>α) αρχιτεκτονική αποτύπωση και αξιολόγηση (δομικά υλικά, γεωμετρικά χαρακτηριστικά, συστήματα ψύξης, θέρμανσης, κλιματισμού και μοτίβο χρήσης),</p> <p>β) επιτόπιες συνεχείς μετρήσεις διάρκειας 1 έτους (θερμοκρασία και υγρασία εσωτερικού χώρου & περιβάλλοντος),</p> <p>γ) θερμογραφική αποτύπωση (διάκριση διαφοροποιήσεων στη δομή</p>

	<p>του κελύφους, εντοπισμός θερμογεφυρών, αξιολόγηση της θερμικής συμπεριφοράς των κατασκευαστικών τεχνικών),</p> <p>δ) επεξεργασία δεδομένων: υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, συσχέτιση εσωτερικών και εξωτερικών συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας.</p> <p>Κύριο συμπέρασμα: Η μέση τιμή κατανάλωσης ενέργειας των ιστορικών κτιρίων είναι μικρότερη της αντίστοιχης τιμής πιο σύγχρονων κτιρίων.</p>
<p>Mujgan Serefhanoglu Sozen, Gulay Zorer Gedik</p>	<p>Τα παραδοσιακά σπίτια του Diyarbakir αποτελούν επιτυχημένα παραδείγματα κτιρίων προσαρμοσμένων στις περιβαλλοντικές συνθήκες μιας περιοχής με θερμό και ξηρό κλίμα.</p> <p>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 κτιρίων.</p>

Όλες οι μελέτες εστιάζουν στο ότι τα παραδοσιακά κτίρια κατασκευάζονταν με υλικά της περιοχής, σε αρμονία και με σεβασμό προς το φυσικό περιβάλλον και τον πολιτισμό και ανάλογα με τις κλιματικές και γεωμορφολογικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής.

Επίσης, τα διατηρητέα κτίρια μπορεί να εμφανίζουν καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά συγκριτικά με κτίρια νεώτερης κατασκευής καθώς η μέση τιμή κατανάλωσης ενέργειας των ιστορικών κτιρίων σε κάποιες περιπτώσεις είναι μικρότερη της αντίστοιχης τιμής πιο σύγχρονων κτιρίων.

Ακόμη, η ύπαρξη διακριτών δωματίων διαβίωσης (χειμερινού και καλοκαιρινού) στην παραδοσιακή κατοικία αναλόγως της εποχής είναι ορθή. Αποτελέσματα μετρήσεων κάποιων μελετών έδειξαν ότι επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής άνεσης κατά την θερινή περίοδο ενώ η θερμική αδράνεια των δομικών στοιχείων συμβάλλει και στην σταθεροποίηση των εσωτερικών θερμοκρασιακών διακυμάνσεων κατά τη χειμερινή περίοδο.

Ως δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας για τα κτίρια παραδοσιακής αρχιτεκτονικής, προτείνεται κυρίως η προσθήκη θερμομόνωσης στο εσωτερικό των εξωτερικών τοίχων και η επένδυση με γυψοσανίδα, τα ξύλινα κουφώματα (τα οποία άλλωστε εμφανίζουν καλύτερο συντελεστή θερμοπερατότητας σε σχέση με αυτά που διαθέτουν πλαίσιο αλουμινίου) και η αντικατάσταση των υαλοπινάκων με νέους πιο αποδοτικούς.

Γίνεται άμεσα αντιληπτή από την υλοποίηση των παραπάνω ερευνών η τάση για διερεύνηση των αρχών που διέπουν την παραδοσιακή αρχιτεκτονική και την οικοδομική τεχνική των ιστορικών κτιρίων, προκειμένου η γνώση αυτή να αξιοποιηθεί τόσο στις σύγχρονες κατασκευές όσο και στη διατήρηση αυτών των κτιρίων.

5. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας

Η ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα και τη βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών άνεσης, αφού η φάση λειτουργίας είναι και η πιο ενεργοβόρα.

Επιπλέον, η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των υφιστάμενων κτιρίων συμβάλλει στην εξασφάλιση καλύτερων μικροκλιματικών και περιβαλλοντικών συνθηκών. Τέλος, η ανακαίνιση των κτιρίων και των εγκαταστάσεών τους κοστίζει λιγότερο από την κατεδάφιση και ανέγερση νέων ενώ παράλληλα αποτελεί τακτική που συνάδει με τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης.

Οι δράσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια μπορούν να διακριθούν στις εξής κατηγορίες:

- Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κτιριακό κέλυφος.
- Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο φωτισμό.
- Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ψύξη/ θέρμανση.
- Δράσεις ΑΠΕ σε κτίρια.

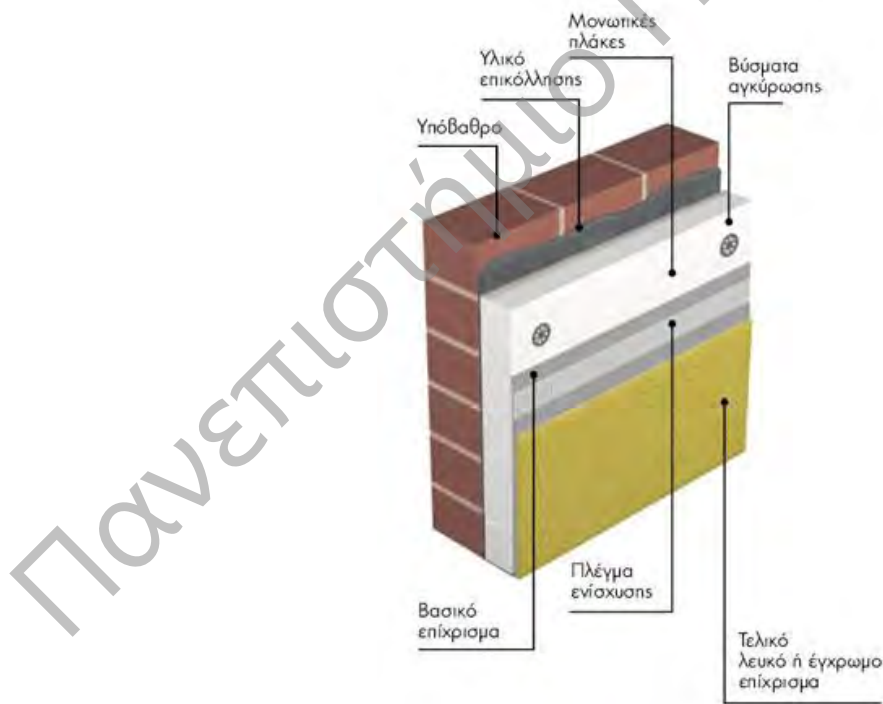
Αναλυτικότερα, οι δράσεις στο κτιριακό κέλυφος, το οποίο μπορεί να ορισθεί ως το σύνολο των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων τα οποία καθορίζουν το εξωτερικό περίγραμμα του κτιρίου, αφορούν σε επεμβάσεις είτε στα αδιαφανή δομικά στοιχεία, δηλαδή τις τοιχοποιίες, τα δάπεδα και τις οροφές, είτε στα διαφανή δηλαδή στα ανοίγματα. Ο τρόπος κατασκευής των δομικών στοιχείων καθορίζει τη θερμική και κατ' επέκταση την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου, δεδομένου ότι η

μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται μέσω του κελύφους και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων.

Συνεπώς, οι επεμβάσεις για την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιριακού κελύφους μπορεί να περιλαμβάνουν:

- την προσθήκη θερμομόνωσης στα αδιαφανή δομικά στοιχεία (Εικόνα 11),
- την αντικατάσταση κουφωμάτων με νέα ενεργειακά αποδοτικά και
- τη τοποθέτηση συστημάτων σκίασης.

Σε όλα τα παραπάνω μέτρα μπορούν να προστεθούν οι νέες τάσεις επεμβάσεων όπως τα φυτεμένα δώματα και τα θερμοανακλαστικά και ψυχρά υλικά.



Εικόνα 11 Εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης

(Πηγή: <http://www.as-texniki.com/gypsosanides-domhsh/thermomonosi>)

Για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός υφιστάμενου κτιρίου ως προς την εγκατάσταση φωτισμού, οι σημαντικότερες παρεμβάσεις, (ελαχιστοποιώντας το χρόνο απόσβεσης και την όχληση των χρηστών) είναι οι εξής:

- η αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών με νέα υψηλότερης απόδοσης και
- η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού με αισθητήρες σύζευξης τεχνητού-φυσικού φωτισμού, όπου η καταναλισκόμενη ενέργεια μπορεί να μειωθεί έως και 30%

Σχετικά με τις δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στη ψύξη, τη θέρμανση και τον μηχανικό αερισμό, αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν μέτρα για την αναβάθμιση των συστημάτων κεντρικής θέρμανσης, κλιματισμού όπως:

- θερμομόνωση της εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης,
- αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου),
- χρήση θερμοστατών χώρου ακριβείας,
- χρήση κυκλοφορητών νέας τεχνολογίας και κινητήρων υψηλής απόδοσης,
- αντικατάσταση αυτόνομων συστημάτων κλιματισμού (split) με κεντρικό σύστημα, το οποίο θα μπορεί να λειτουργεί και σε free cooling mode,
- εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας στις αντλίες θερμότητας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης,

- εγκατάσταση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (εναλλάκτες εδάφους-αέρα), εφόσον συνδυαστεί με εγκατάσταση νέου κατάλληλου συστήματος κλιματισμού και το συνολικό κόστος της εγκατάστασης κρίνεται οικονομικά συμφέρον.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι η εγκατάσταση ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (Building Energy Management System – BEMS) θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στον αυτόματο έλεγχο και τη ρύθμιση των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου, μειώνοντας κατ’ αναλογία τις ενεργειακές καταναλώσεις.

Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι η εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης αποτελεί συμπληρωματική παρέμβαση σε συνδυασμό με άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου.

Τέλος, σχετικά με τις δράσεις ΑΠΕ σε κτίρια αυτές διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Θερμικά ηλιακά συστήματα: μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούν τους συλλέκτες και τη δεξαμενή αποθήκευσης ενώ η θερμότητα μεταφέρεται με κάποιο ρευστό (αέρας, νερό κ.λπ.) Τα ενεργητικά ηλιακά θερμικά συστήματα χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση ζεστού νερού χρήσης (ZNX), καθώς και για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων.

- Φωτοβολταικά συστήματα: έχουν τη δυνατότητα απευθείας μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η βασική δομική τους μονάδα είναι το φωτοβολταικό στοιχείο, η συστοιχία των οποίων διαμορφώνει το φωτοβολταικό (Φ/Β) πλαίσιο το οποίο τοποθετείται στις όψεις και τις επιστεγάσεις των κτιρίων. (Εικόνα 12)



Εικόνα 12 Φωτοβολταικά κύτταρα τοποθετημένα στην όψη του ξενοδοχείου Industrial στο Παρίσι

(Πηγή: http://www.4green.gr/data/news/preview_news/88691.asp#photo2)

- Γεωθερμία: η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων (αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας). (Εικόνα 13)



Εικόνα 13 Αναδρομική εγκατάσταση συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας σε μονοκατοικία

(Πηγή: <http://www.ypan.gr/ape/files/GEOTHERMIA.pdf>)

- Βιομάζα: ως βιομάζα νοούνται τα φυτικά και δασικά υπολείμματα, τα ζωικά απόβλητα, τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας καθώς επίσης τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων. Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Ελλάδα, μια από τις κυριότερες εφαρμογές της στον κτιριακό τομέα είναι η θέρμανση.

Η ενότητα που ακολουθεί εξειδικεύεται στο ζήτημα των επεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης σε διατηρητέα και παραδοσιακά κτίρια, καθώς τα διέπουν μορφολογικοί κυρίως περιορισμοί.

5.1 Επεμβάσεις σε διατηρητέα και παραδοσιακά κτίρια

Σύμφωνα με την ελληνική πολεοδομική νομοθεσία και τον Κ.Εν.Α.Κ. για τα διατηρητέα κτίρια απαιτείται η έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ). Με τον όρο «ενεργειακή απόδοση κτιρίου» ορίζεται η ποσότητα ενέργειας που πράγματι καταναλώνεται ή εκτιμάται ότι ικανοποιεί τις διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση του κτιρίου και οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν μεταξύ των άλλων τη θέρμανση, την παραγωγή θερμού νερού, την ψύξη, τον εξαερισμό και το φωτισμό. Τα διατηρητέα κτίρια δεν περιλαμβάνονται στις εξαιρέσεις του άρθρου 11 του Ν. 3661/2008, το οποίο αναφέρεται σε κτίρια και μνημεία που προστατεύονται από το νόμο ως μέρος συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ή ιστορικής αξίας τους. Στην περίπτωση παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης αυτών των κτιρίων, αυτές θα πρέπει να γίνονται κατόπιν εγκρίσεως του αρμόδιου φορέα προστασίας εφαρμόζοντας τις διατάξεις του Κ.Εν.Α.Κ. στο βαθμό που δεν παραβιάζονται οι ειδικοί και περιοριστικοί μορφολογικοί περιορισμοί που επιβάλλουν οι διοικητικές πράξεις προστασίας, οι οποίες διέπουν το προστατευόμενο κτίριο.

Οι δυνατότητες επεμβάσεων σε διατηρητέα και παραδοσιακά κτίρια για την προσαρμογή τους στις σύγχρονες ανάγκες, την αξιοποίηση τους ως υφιστάμενο κτιριακό δυναμικό και την βελτίωση της ενεργειακή απόδοσής τους καθορίζονται από τις παρακάτω παραμέτρους:

- τον περιορισμό των δυνατών εφαρμόσιμων λύσεων,
- το υψηλό κόστος,
- την αναστάτωση και τη πιθανή διακοπή της λειτουργίας του κτιρίου,

- τα πιθανά διαδικαστικά θέματα,
- τα νομικά και θεσμικά κωλύματα.

Αναλυτικότερα, για την προσαρμογή των διατηρητέων και των παραδοσιακών κτιρίων στις σύγχρονες απαιτήσεις διαβίωσης και χρήσης συχνά απαιτείται η εγκατάσταση ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και η επέμβαση στα δομικά στοιχεία του κελύφους του.

Η ανάγκη εγκατάστασης νέων συστημάτων ψύξης/ θέρμανσης/ αερισμού απορρέει συχνά από την απαίτηση εξασφάλισης συνθηκών άνεσης στους χρήστες του κτιρίου, την αξιοποίηση και την οικονομική εκμετάλλευση ως χρηστικού χώρου ή ακόμη και την προσαρμογή του σε λειτουργικές ανάγκες, όπως η εγκατάσταση ηλεκτρονικού εξοπλισμού ή λειτουργία του ως ειδικού χώρου, όπως για παράδειγμα μουσείου, εκθεσιακού χώρου, εκπαιδευτικού ιδρύματος κ.λπ.

Επιπλέον, η αντικατάσταση κουφωμάτων, η εγκατάσταση συστημάτων ηλιοπροστασίας και οι εργασίες θερμομόνωσης ή υγρομόνωσης μπορεί να είναι απαραίτητες στα πλαίσια ενεργειακής αναβάθμισης διατηρητέων και παραδοσιακών κτιρίων. Ωστόσο, ο σχεδιασμός τέτοιων επεμβάσεων κρίνεται ιδιαίτερα δύσκολος δεδομένων των αισθητικών προβλημάτων που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Κατά συνέπεια η εξισορρόπηση των στόχων προστασίας και ανάδειξης ενός διατηρητέου ή παραδοσιακού κτιρίου και των αναγκών για την εξασφάλιση της διαμόρφωσης του απαιτούμενου εσωκλίματος του κτιρίου αποδεικνύεται ότι είναι κρίσιμης σημασίας.

Επίσης, όταν επιχειρεί κανείς μια επέμβαση θα πρέπει να έχει υπόψη του ότι ουσιαστικά ανατρέπει διαμορφωμένες ισορροπίες που έχουν αναπτυχθεί με την πάροδο

του χρόνου μεταξύ περιβάλλοντος και κτιρίου, οι οποίες καθορίζουν τη γενική φυσική συμπεριφορά του τελευταίου, ενώ δεν θα πρέπει να παραβλέπει την πιθανή ενσωμάτωση των τεχνικών και αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Για το λόγο αυτό οι λύσεις που θα επιλεγούν θα πρέπει:

- Να μην προσβάλλουν και να σέβονται την αρχιτεκτονική του κτιρίου, αποφεύγοντας αλλοιώσεις που αλλάζουν τη φυσιογνωμία του.
- Να προκύπτουν ως αποτέλεσμα ολοκληρωμένης μελέτης που θα έχει υπολογίσει τα ενεργειακά μεγέθη του κτιρίου και θα έχει προσδιορίσει τον τρόπο κατανομής των θερμικών απωλειών από τα διάφορα δομικά στοιχεία του κελύφους.
- Να λαμβάνουν υπόψη τις πιθανές ιδιαιτερότητες του κτιρίου. Λύσεις προσιτές και εύκολα εφαρμόσιμες στην περίπτωση ενός κτιρίου μπορούν να είναι δυσεφάρμοστες ή και ανεφάρμοστες στην περίπτωση ενός άλλου.
- Να υπολογίζουν το κόστος και να το συγκρίνουν με άλλων περιπτώσεων, λαμβάνοντας υπόψη τον απαιτούμενο χρόνο απόσβεσης.
- Να επιλέγουν τα κατάλληλα υλικά, οι ιδιότητες των οποίων επιτρέπουν την εφαρμογή των συγκεκριμένων λύσεων.
- Να βελτιώνουν τη θερμική απόδοση του κτιρίου, χωρίς όμως να προκαλούν άλλα προβλήματα, η επίλυση των οποίων θα απαιτεί νέες επεμβάσεις.

Αν κατά την επιλογή των λύσεων λάβει κανείς υπόψη αυτές τις παραμέτρους μπορεί να οδηγηθεί στο βέλτιστο αποτέλεσμα τόσο από ενεργειακή, όσο και από οικονομική άποψη.

Συνεπώς, οι ιδιοκτήτες διατηρητέων και προστατευόμενων παραδοσιακών κτιρίων υφίστανται χάριν της προστασίας της αρχιτεκτονικής και ιστορικής κληρονομιάς αρκετές δυσκολίες στην οίκηση μέσα στα κτίρια αυτά και για το λόγο αυτό θα ήταν σκόπιμη η απόδοση κινήτρων για την αποκατάσταση και επαναχρησιμοποίηση τους. Επιπλέον, ο σχεδιασμός θα πρέπει να είναι ολοκληρωμένος, να περιλαμβάνει δηλαδή και πρόγραμμα παρακολούθησης της απόδοσης των επεμβάσεων.

Στον Πίνακα 5 που ακολουθεί, παρουσιάζονται συνοπτικά οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και οι δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που κρίνεται (σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση της παρούσας εργασίας) ότι μπορούν να εφαρμοστούν σε διατηρητέα κτίρια και κτίρια παραδοσιακής αρχιτεκτονικής (υφιστάμενα ή νέα σε παραδοσιακούς οικισμούς).

Συνοψίζοντας, θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο Κ.Εν.Α.Κ. προβλέπει τη χορήγηση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης και για τη κατηγορία των διατηρητέων και παραδοσιακών κτιρίων. Κατά συνέπεια, τα επόμενα χρόνια αναμένεται η προσαρμογή αυτών των κτιρίων στις νέες απαιτήσεις να κεντρίσει το ενδιαφέρον των ιδιοκτητών και μελετητών. Άλλωστε πέραν της ανάγκης διατήρησης τους ως στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς, η συντήρηση και αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων αποδεικνύεται ως οικονομικότερη και βιωσιμότερη λύση σε σχέση με την ανέγερση νέων κτιρίων.

Πίνακας 5 Αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να εφαρμοστούν σε διατηρητέα κτίρια ή κτίρια παραδοσιακής αρχιτεκτονικής

Αρχές - Δράσεις	Εφαρμόσιμα σε διατηρητέα κτίρια ή κτίρια παραδοσιακής αρχιτεκτονικής
Χωροθέτηση	Ευνοϊκή ή σύμφωνη με τον ηλιασμό, τη θέα, και τις κλίσεις του εδάφους χωροθέτηση
Χρήση βλάστησης	Δυνατή για ανεμοπροστασία το χειμώνα, σκίαση και δροσισμό το καλοκαίρι
Ογκοπλαστικότητα	Συμπαγής, κυβικοί όγκοι, αυτοσκιασμός κτιριακού όγκου και προεξοχές στέγης
Εσωτερική διάταξη χώρων	<p>Προσανατολισμός με βάση τις λειτουργίες του κάθε χώρου</p> <p>Αναλογία εμβαδού παραθύρων – εμβαδού χώρων</p> <p>Δημιουργία θερμικών ζωνών</p>
Οικοδομικό κέλυφος	<p>Αυξημένη θερμομόνωση (εσωτερική ή στον πυρήνα των τοίχων)</p> <p>Αποφυγή θερμογεφυρών</p> <p>Χρήση ειδικών υαλοπινάκων</p> <p>Κινητή μόνωση ανοιγμάτων (πατζούρια)</p>

	<p>Αεριζόμενη τοιχοποιία</p> <p>Πράσινη στέγη</p> <p>Επιλεκτικός προσανατολισμός και μέγεθος ανοιγμάτων</p> <p>Συστήματα ηλιοπροστασίας (με μέριμνα για την αισθητική τους ένταξη)</p>
<p>Παθητικά ηλιακά συστήματα</p>	<p>Άμεσος ηλιασμός: παράθυρα, φεγγίτες, κεπέγκια</p> <p>Θερμοκήπια και τοίχοι trombe κατόπιν μελέτης προσαρμογής στην αρχιτεκτονική φυσιολογία του οικισμού</p> <p>Αίθριο</p> <p>Απομονωμένο σύστημα θερμοσιφονισμού κατόπιν μελέτης τοποθέτησης του συλλέκτη</p>
<p>Δροσισμός</p>	<p>Διαμπερής, νυχτερινός, κατακόρυφος αερισμός</p> <p>Καμινάδα αερισμού (με την απαραίτητη μορφολογική διαμόρφωση)</p> <p>Άμεσος εξατμιστικός δροσισμός (χρήση υδάτινων όγκων)</p> <p>Δροσισμός από το έδαφος (άμεσος και έμμεσος)</p>
<p>Συστήματα Η/Μ</p>	<p>Αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων</p>

εγκαταστάσεων	<p>σύμφωνα με τη μελέτη φωτισμού όταν είναι εφικτό</p> <p>Τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης και φυσικού φωτός</p> <p>Αναβάθμιση συστημάτων κεντρικής θέρμανσης, κλιματισμού και μηχανικού αερισμού</p>
Δράσεις ΑΠΕ	<p>Αξιοποίηση βιομάζας</p> <p>Αξιοποίηση αβαθούς γεωθερμίας</p> <p>Τοποθέτηση ηλιοθερμικών συστημάτων σε μη εμφανείς θέσεις</p>

(Πηγή: Καλογήρου & Σαγιά 2010 & ίδια Επεξεργασία)

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

6. Το Αρχοντικό των Μπενιζέλων

Σε συνέχεια της βιβλιογραφικής προσέγγισης των ενεργειακών καταναλώσεων και των επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα γενικά και συγκεκριμένα στα διατηρητέα κτίρια, παρουσιάζεται το Αρχοντικό των Μπενιζέλων, το κτίριο στο οποίο εστιάζει η παρούσα εργασία.

6.1 Περιγραφή Αρχοντικού

Το κτίριο που θα αναλυθεί είναι το Αρχοντικό των Μπενιζέλων (Εικόνα 15) που βρίσκεται στην οδό Αδριανού 96 στην Πλάκα (Εικόνα 14). Το κτίριο αυτό αποτελεί τυπικό δείγμα της αστικής αρχιτεκτονικής της προεπαναστατικής Αθήνας (15ος-16ος αιώνας). Είναι το πιο παλιό σπίτι της πρωτεύουσας και προγονικό σπίτι της Αγίας Φιλοθέης της Αθηναίας. Ιδιοκτησιακά, ανήκε στην αριστοκρατική οικογένεια του Αθηναίου Άρχοντα Άγγελου Μπενιζέλου με καταγωγή από Βυζαντινό Οίκο. Τα σπίτια που ανήκουν στην Μεταβυζαντινή περίοδο είχαν μεγάλους οντάδες, ανωδομή με φεγγίτες, χαγιάτι, εσωτερική αυλή με βρύση, ελάχιστα έπιπλα και μεγάλα συνεχόμενα ανοίγματα τα οποία έκλειναν με υφάσματα ή δέρματα στα πιο φτωχικά σπίτια. Συχνό στοιχείο ήταν τα γείσα, τα οποία προεξείχαν από τις στέγες οι οποίες δεν είχαν μεγάλη κλίση. Κυρίαρχο υλικό, σε αυτού του τύπου τα σπίτια, ήταν το ξύλο, κυρίως στον όροφο. Σπίτια με τέτοια αρχιτεκτονική συναντώνται στο Κάιρο, στο Βόσπορο, στη Βουλγαρία, στη Μακεδονία και τη Θεσσαλία, αλλά και στην Αθήνα, τη Χαλκίδα και τη Ρόδο. Το σπίτι με όλα αυτά τα στοιχεία, με διάφορες ωστόσο παραλλαγές, αποτελούσε το οθωμανικό αστικό σπίτι.



Εικόνα 14 Θέση Αρχοντικού



Εικόνα 15 Το Αρχοντικό των Μπενιζέλων μετά την αποκατάστασή του

(Πηγή: Ελευθερία Τσακανίκα, Λέκτορας της Αρχιτεκτονικής Σχολής του Ε.Μ.Π. , προσωπική επικοινωνία)

Το Αρχοντικό κατά τη διάρκεια της ζωής του υπέστη πολλές επεμβάσεις και μετατροπές, που αλλοίωσαν την αρχική του μορφή. Με το πέρασμα των χρόνων ερείπωσε και αργότερα κηρύχτηκε ως διατηρητέο. Τώρα ανήκει στο Υπουργείο Πολιτισμού, και έχει παραχωρηθεί στην Αρχιεπισκοπή.

Σαν μνημείο της Μεταβυζαντινής περιόδου, απαρτίζεται από δύο ορόφους με χαγιάτι ακολουθώντας τα πρότυπα οθωμανικής οικίας. Πρόκειται για ένα ορθογώνιο κτίσμα γενικών διαστάσεων 23,00μ x 9,40μ.. Οι τοίχοι του Αρχοντικού είναι από αργολιθοδομή. Το συνδετικό κονίαμα είναι ασβεστιτικό, με κύριο αδρανές πυριτική άμμο, ενώ οι λίθοι είναι κυρίως ασβεστολιθικής φύσης. Έχει γίνει συστηματική χρήση ξυλοδεσιών σε πολλές σειρές κατά ύψος, κυρίως στους τοίχους του ορόφου, στην στάθμη έδρασης των πατωμάτων, στη στάθμη των ποδιών, στη μέση του ύψους των πεσσών μεταξύ των ανοιγμάτων, στα ανώφλια των παραθύρων και στην στάθμη έδρασης της στέγης. Οι ξυλοδεσιές βελτίωναν σημαντικά την συνολική συμπεριφορά των τοίχων ιδιαίτερα στις περιοχές των μικρού πλάτους πεσσών που δημιουργούνταν μεταξύ των πολλών και μεγάλων ανοιγμάτων της κύριας φάσης του αρχοντικού. Οι πολλαπλές όμως μετατροπές σε ό,τι αφορά στα ανοίγματα είχαν ως αποτέλεσμα οι ξυλοδεσιές σε πολλές περιπτώσεις να κοπούν και ο ρόλος τους στην ενίσχυση των τοίχων να έχει σημαντικά περιοριστεί.

Το Αρχοντικό, απαρτίζεται από δύο στάθμες, το ισόγειο και τον όροφο. Στο ισόγειο ο φέρων οργανισμός του κτιρίου αποτελείται από λιθοδομή. Είναι διαμορφωμένο σαν στοά αποτελώντας προέκταση της αυλής. Πριν την αποκατάσταση είχε ένα τμήμα του κλειστό με επτά σχηματιζόμενους χώρους και ένα τοξωτό προστώο. Η αυλή είναι πλακόστρωτη και μάλλον ο περιβάλλον χώρος είχε μουριές, νεραντζιές και κλήματα. Εκεί βρίσκεται και το πηγάδι. Στο κατώι υπήρχαν οι βοηθητικοί χώροι,

μαγειρεία, κελάρια και άλλοι αποθηκευτικοί χώροι. Τα αγαθά διατηρούνταν σε πιθάρια μέσα στο έδαφος ώστε να είναι σε σκιερό και δροσερό χώρο. Η τελευταία πόρτα από τους βοηθητικούς χώρους οδηγεί στην πίσω αυλή, στο ελαιοτριβείο και το πατητήρι και τη στέρνα του νερού.



Εικόνα 16 Το τζάκι στον οντά

(Πηγή: Ελευθερία Τσακανίκα)

Στον όροφο, ο οποίος είναι ξυλόστεγος, ο βόρειος και δυτικός τοίχος είναι ξυλόπηκτοι (μπαγδατί) και το μπροστινό του τμήμα είναι ανοιχτό. Οι τοιχοποιίες του ορόφου είναι ξυλόπηκτες στο σύνολό τους, με εξαίρεση τον νότιο και ανατολικό τοίχο, που είναι από λιθοδομή. Η έντονη αυτή μεταβολή της ακαμψίας της κατασκευής καθ' ύψος, με τους δύο αυτούς τοίχους να είναι σαφώς πιο άκαμπτοι από τους υπόλοιπους

του ορόφου, αποτελεί και τη βασική αιτία για τις βλάβες που έχουν υποστεί. Το ευρύχωρο χαγιάτι επικοινωνεί με τα υπνοδωμάτια και τους χώρους υποδοχής, που τότε ονομάζονταν οντάδες. Εκεί υπήρχαν τζάκια, μεντέρια περιμετρικά του δωματίου (χαμηλοί κτιστοί καναπέδες) και έγχρωμοι φεγγίτες (Εικόνες 16, 17). Έτσι είναι διαμορφωμένος και ο οντάς στο Αρχοντικό των Μπενιζέλων (Εικόνα 19).



Εικόνα 17 Δωμάτιο με μεντέρια και φεγγίτες

(Πηγή: Ελευθερία Τσακανίκα)

Επίσης υπάρχουν πολλά ορθογώνια παράθυρα και οι οροφές των δωματίων έχουν μπακλαβαδωτή διακόσμηση (Εικόνα 18).



Εικόνα 18 Η μπακλαβαδωτή διακόσμηση στην οροφή του χαγιατιού

(Πηγή: Ελευθερία Τσακανίκα)



Εικόνα 19 Διαχωριστικό δώματος στον οντά

(Πηγή: Ελευθερία Τσακανίκα)

Στην πρόταση αποκατάστασης, στο μέσον του ορόφου σχηματίζεται και πάλι σαχνισί (Εικόνα 20), όπως ήταν το Αρχοντικό σε παλαιότερη φάση.



Εικόνα 20 Το σαχνισί μετά την αποκατάσταση του Αρχοντικού

(Πηγή: Ελευθερία Τσακανίκα)

6.2 Αποκατάσταση

Το 2006 το Αρχοντικό παρουσίαζε σημαντικές βλάβες κυρίως από τους δύο μεγάλους σεισμούς της περιοχής των Αθηνών (1981 και 1999) αλλά και από την έλλειψη συντήρησής του. Από το 2008 ξεκίνησε η αποκατάστασή του, την οποία ανέλαβε η Αρχιεπισκοπή, με σκοπό το κτίριο να αποτελέσει μουσειακό χώρο αναπαράστασης ενός Αθηναϊκού Αρχοντικού της Τουρκοκρατίας.

Απώτερος στόχος είναι το κτίριο να αποτελέσει πρότυπο για το νέο χάρτη των Αθηναϊκών Μουσείων. Γιατί, όπως λέει ο Γιάννης Κίζης, «το σπίτι αυτό θα έχει ως έκθεμα τον ίδιο τον εαυτό του». Για τη μεταμόρφωση του ερειπίου σε υπόδειγμα μουσείου δούλεψαν για τη σύνταξη της πλήρους μελέτης, οι αρχιτέκτονες Γιάννης

Κίζης, Κλήμης Ασλανίδης και Χριστίνα Πινάτση (Ελευθερία Τσακανίκα: στατικά, Χρήστος Ζόμπολος: μηχανολογικά) που έβαλαν στόχο να αναδείξουν με ελαφρές επεμβάσεις ένα σπίτι τελείως διαφορετικό από όσα γνωρίζουμε στην Αθήνα.

Για την αποκατάσταση της αρχικής μορφής του Αρχοντικού, έγιναν αποξηλώσεις των νεώτερων τμημάτων, διάνοιξη και ανακατασκευή των παλαιών παραθύρων και έμφραξη των νεωτέρων παραθύρων και θυρών. Η έμφραξη των νεώτερων ανοιγμάτων έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να παραμείνει το ίχνος του ανοίγματος.

Οι ανακατασκευές έγιναν με τέτοιο τρόπο δόμησης και υλικά τα οποία συνάδουν με τα αρχικά και πραγματοποιήθηκαν μετά από διαλογή των λιθοσωμάτων που προέκυψαν, μετά την κατάρρευση του κεντρικού τμήματος του Νότιου τοίχου και με τη χρήση νεώτερων λίθων αντίστοιχης όμως υφής, μεγέθους και αντοχής με τους υπάρχοντες.

Το ξύλινο σαχνισί δεν σώθηκε. Λιγιστά είναι τα στοιχεία για την μορφή και την κατασκευή του, τα οποία προέκυψαν από επιτόπιες παρατηρήσεις και αυτοψίες των ξύλινων στοιχείων που είχαν παραμείνει έπειτα από την κατάρρευση του κεντρικού τμήματος και από φωτογραφίες που βρέθηκαν στο φωτογραφικό αρχείο του 19ου αιώνα.

Η στέγη κατατάσσεται στον τύπο των «καθιστών» στεγών, οι οποίες αποτελούν χωρικό σύστημα «δοκού επί στύλου», το οποίο μεταφέρει τελικά τα περισσότερα φορτία στον εσωτερικό κατά μήκος ξυλόπηκτο τοίχο του ορόφου και λιγότερα στις περιμετρικές εξωτερικές τοιχοποιίες. Γι' αυτό, το μήκος των αμειβόντων του Νότιου τμήματος είναι διαφορετικό από αυτό του Βόρειου με διαφορετικές κλίσεις στέγης και

ασυμμετρία ως προς την εγκάρσια τομή. Η στέγη αυτού του τύπου παρουσιάζει υπερστατικότητα με τα πλεονεκτήματά της να είναι σημαντικά και για το σύνολο του κτιρίου. Στο σύστημα αυτό δεν υπάρχουν τειγίδες. Το πέτσωμα καρφώνεται απευθείας στους πυκνά τοποθετημένους αμείβοντες, βελτιώνοντας σημαντικά τη «διαφραγματικότητα» της στέγης. Η στέγη του κτιρίου παρουσιάζει εξαιρετικό τυπολογικό, οικοδομικό και ιστορικό ενδιαφέρον και για το λόγο αυτό θα πρέπει να θεωρείται και αυτή διατηρητέο μέλος του μνημείου.

Ο όροφος από παλαιότερες φωτογραφίες, φαίνεται να έχει ένα εξωτερικό χαγιάτι με απλά υποστυλώματα, τα μεγάλα ανοίγματα του οποίου, καλύφθηκαν μεταγενέστερα με τζαμιλίκια, ενώ αρχικά ήταν ανοιχτά. Κατά την αποκατάσταση του Αρχοντικού τα παράθυρα και οι θύρες αποξηλώθηκαν και απέκτησε την μορφή του ανοικτού χαγιατιού (Εικόνα 21).



Εικόνα 21 Το χαγιάτι όπως ήταν πριν και μετά την αποκατάσταση.

(Πηγή: Ελευθερία Τσακανίκα)

Ο φέρων οργανισμός του δαπέδου του ορόφου είναι ξύλινος (Εικόνα 22) και πάνω του τοποθετήθηκαν σανίδες από δασική πεύκη.



Εικόνα 22 Ουγάς με ξύλινα μεντέρια και το ξύλινο δάπεδο.

(Πηγή: Ελευθερία Τσακανίκα)

7. Σενάρια εφαρμογής Κ.Εν.Α.Κ

Σύμφωνα με όσα έχουν αναλυθεί στις προηγούμενες ενότητες, η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Στα διατηρητέα κτίρια όμως, οι δυνατότητες επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας καθορίζονται από περιοριστικές παραμέτρους.

Στην ενότητα που ακολουθεί, γίνεται μία προσπάθεια ενεργειακής αποτίμησης των καταναλώσεων του Αρχοντικού των Μπενιζέλων και δημιουργούνται σενάρια πιθανών επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας για το διατηρητέο κτίριο, με τη χρήση του λογισμικού T.E.E. Κ.Εν.Α.Κ..

7.1 Υφιστάμενη κατάσταση αρχοντικού

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη, είναι το ειδικό λογισμικό TEE_KENAK και συγκεκριμένα η τελευταία έκδοσή του (1.29.1.19_20_05_12), η οποία περιλαμβάνει τις τροποποιημένες TOTEE και τα έντυπα επιθεωρήσεων (λέβητα, εγκατάστασης θέρμανσης, εγκατάστασης κλιματισμού). Το λογισμικό αυτό αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ).

Σύμφωνα με το άρθρο 5 του ΚΕΝΑΚ, για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων εφαρμόζεται η μέθοδος ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO

13790, και των υπολοίπων σχετικών προτύπων. Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων που είναι τμήμα της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης, χρησιμοποιούνται λογισμικά τα οποία θα πρέπει να αξιολογούνται από την Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (ΕΥΕΠΕΝ) του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ).

Ο Κ.Εν.Α.Κ. που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη του Αρχοντικού των Μπενιζέλων είναι ουσιαστικά «απλουστευμένος» σε σχέση με τον αυτούσιο, λόγω του ότι δεν περιέχει καθόλου σκιάσεις, θερμογέφυρες κλπ.

Το αρχικό αρχείο του Κ.Εν.Α.Κ. περιέχει το κτίριο αναφοράς, το οποίο σύμφωνα με τον ορισμό του είναι ένα κτίριο με το ίδιο προφίλ και τις ίδιες συνθήκες λειτουργίας με το υπό μελέτη κτίριο, και το κτίριο με την υφιστάμενή του κατάσταση.

Για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου είναι απαραίτητα τα αρχιτεκτονικά σχέδια (βλ. Παράρτημα) του κτιρίου, εφόσον από εκεί θα ληφθούν τα γεωμετρικά δεδομένα των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων, που ορίζουν τις επιφάνειες κάθε θερμικής ζώνης.

Η συμπλήρωση του λογισμικού ξεκίνησε με την έναρξη καινούριας Ενεργειακής Μελέτης. Εισήχθησαν τα βασικά στοιχεία του κτιρίου, δηλαδή η χρήση του, κλιματολογικά δεδομένα – πόλη, υψόμετρο, ζώνη. Στη συνέχεια προστέθηκαν στοιχεία όπως ο όγκος, η επιφάνεια και οι όροφοι του κτιρίου (Εικόνα 23).

Μελέτη Εκτέλεση Αποτελέσματα Έκθεση Προβολή Βοήθεια

ΤΕΕ Ενεργειακή επιθεώρηση
Κτίριο
Ζώνη 1

Επιλέξτε τα συστήματα του κτιρίου: ΣΗΘ Φωτοβολταϊκά Ανεμογεννήτριες αστικού περιβάλλοντος

Γενικά | Ύδρευση, αποχέτευση, άρδευση | Ανελκυστήρες

Περιγραφή: Υπάρκον κτίριο

Χρήση κτιρίου: Μουσεία

Συνολική επιφάνεια (m²): 224.7847 Συνολικός όγκος (m³): 919.1823

Θερμαινόμενη επιφάνεια (m²): 224.7847 Θερμαινόμενος όγκος (m³): 919.1823

Ψυχόμενη επιφάνεια (m²): 224.7847 Ψυχόμενος όγκος (m³): 919.1823

Αριθμός ορόφων: 2 Ύψος τυπικού ορόφου (m): 4.23 Ύψος ισογείου (m): 3.97

Έκθεση κτιρίου: Ενδιάμεσο

Αριθμός θερμικών ζωνών: 1

Αριθμός μη θερμαινόμενων χώρων: 0 Αριθμός ηλιακών χώρων: 0

Θερμομόνωση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων

	Πηγή ενέργειας	Θέρμανση	Ψύξη	Αερισμός	ZNX	Φωτισμός	Συσκευές	Κατανάλωση	Μονάδες	Περίοδος κατανάλωσης
*		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			00/00/00 - 01/01/10

Συνθήκες θερμικής άνεσης Συνθήκες ακουστικής άνεσης Συνθήκες οπτικής άνεσης Ποιότητα εσωτερικού αέρα

Εικόνα 23 Γενικά στοιχεία κτιρίου στο λογισμικό ΤΕΕ KENAK

Έπειτα προστέθηκαν τα στοιχεία του κελύφους για τις διαφανείς και αδιαφανείς επιφάνειες (ανοιγόμενα και μη κουφώματα, τοίχοι, πόρτες, οροφές) (Εικόνα 24).

Ιαλέτη Εκτέλεση Αποτελέσματα Έκθεση Προβολή Βοήθεια

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία της ζώνης: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0 Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις αδιαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)	α^* (°)	ε^* (°)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
8	Οροφή	Ισογείου		0	19.152	2.9	0.80	0.80						
9	Τοίχος	Ορόφου Αριστερά	90	90	18.08	4.25	0.80	0.80						
10	Τοίχος	Ορόφου Πίσω Αριστερού	180	90	34.49	4.25	0.80	0.80						
11	Τοίχος	Ορόφου Δεξιά Αριστερού	270	90	13.82	3.05	0.3	0.80						
12	Τοίχος	Ορόφου Μπροστά Αριστερού	0	90	31.98	3.05	0.3	0.80						
13	Πόρτα	Ορόφου Αριστερού	0	90	2.32	3.5	0.8	0.80						
14	Οροφή	Ορόφου Αριστερού		0	50.054	0.577	0.60	0.80						
15	Τοίχος	Ορόφου Αριστερά Δεξιού	90	90	21.687	3.05	0.3	0.80						
16	Τοίχος	Ορόφου Πίσω Δεξιού	180	90	38.34	4.25	0.80	0.80						
17	Τοίχος	Ορόφου Δεξιά Δεξιού	270	90	16.27	4.25	0.80	0.80						
18	Πόρτα	Ορόφου Δεξιού	0	90	2.369	3.5	0.8	0.80						
19	Οροφή	Ορόφου Δεξιού		0	52.972	0.577	0.60	0.80						
20	Τοίχος	Ορόφου Μπροστά Δεξιού	0	90	33.95	3.05	0.3	0.80						
* 21														

Εικόνα 24 Στοιχεία καλύφους κτιρίου στο λογισμικό TEE KENAK

Για κάθε δομικό στοιχείο που διαχωρίζει μία θερμική ζώνη του κτιρίου με τον εξωτερικό αέρα, με το έδαφος και με μη θερμαινόμενους χώρους θα πρέπει να προσδιοριστούν οι θερμοφυσικές ιδιότητες, τόσο των επιμέρους στρώσεων που το συνθέτουν, όσο και της συνολικής διατομής.

Αυτό σημαίνει ότι για κάθε δομικό στοιχείο που αναφέρεται στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης, υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας, U.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ή στρώσεων ορίζεται από τον τύπο :

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_a}$$

Όπου :

- U [W/(m²K)] 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/(mK)] ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης
- R_δ [m²K/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 [m²K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που περιβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο
- R_a [m²K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον

Τα στοιχεία R_i , R_a λαμβάνονται από τον Πίνακα 6 που ακολουθεί.

Πίνακας 6 Τιμές αντιστάσεων θερμικής μετάβασης επιφανειακού στρώματος αέρα κατά ISO 6946

A/A	Κατεύθυνση θερμικής ροής	Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		R_i	R_a
		(m^2K)/W	(m^2K)/W
1	Οριζόντια θερμική ροή	0,13	0,04
2	Κατακόρυφη θερμική ροή προς τα άνω	0,10	0,04
3	Κατακόρυφη θερμική ροή προς τα κάτω	0,17	0,04

Συγκεκριμένα, για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας της στέγης ελήφθησαν υπόψη τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται, δηλαδή :

- Μία στρώση κόντρα πλακέ πάχους 20mm
- Μία στρώση ξύλου πάχους 20mm
- Εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) πάχους 50mm

Οι τιμές για τα στοιχεία αυτά, ελήφθησαν από τους πίνακες που ακολουθούν και είναι σημειωμένες με μαύρο χρώμα (Εικόνες 25 και 26).

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				μ	
	ρ kg/m ³	λ W/(m·K)	c _p J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
6. Θερμομονωτικά υλικά					
6.1. Ινώδη ανόργανα υλικά					
6.1.1. Υαλοβάμβακας					
6.1.1.1 Υαλοβάμβακας σε μορφή π απλώματος	13 - 50	0,035 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.1.2 Υαλοβάμβακας σε μορφή πλακών	20 - 110	0,033 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.2. Πετροβάμβακας					
6.1.2.1 Πετροβάμβακας σε μορφή π απλώματος	40 - 100	0,035 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.2.2 Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών	50 - 180	0,033 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.3. Ορυκτοβάμβακας					
6.1.3.1 Ορυκτοβάμβακας σε μορφή π απλώματος		0,039 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.3.2 Ορυκτοβάμβακας σε μορφή πλακών		0,037 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.2. Ανόργανα υλικά κυψελωτής δομής					
6.2.1. Αφρώδες γυαλί	125 - 140	0,040 - 0,052	1 000	100 000	100 000
6.2.2. Τρίμματα θηραϊκής γης	150 - 230	0,060 - 0,080	1 000		
6.3. Συνθετικά οργανικά υλικά κυψελωτής δομής					
6.3.1. Πλάκες ξυλόμαλου με ανόργανο συνδετικό d < 25 mm					
	570	0,150	1 470	2 - 5	
	d ≥ 25 mm	0,090 - 0,100	1 470	2 - 5	
6.3.2. Φελλός					
6.3.2.1 Σκληρά πλακίδια από φελλό	> 400	0,065	1 500	40	20
6.3.2.2 Φύλλα και πλάκες από φελλό	100 - 150	0,042 - 0,046	1 560	10 - 30	
6.3.3. Διογκωμένη πολυστερίνη					
6.3.3.1 Διογκωμένη πολυστερίνη σε κόκκους		0,033 - 0,038	1 450		
6.3.3.2 Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες		0,033 - 0,038	1 500	20 - 100	
6.3.3.3 Διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη, σε πλάκες		0,030 - 0,032	1 550	30 - 80	
6.3.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη					
6.3.4.1 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	30-40	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	
6.3.5. Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες (σε αφρό ή πλάκες)	30 - 80	0,023 - 0,030 ⁽³⁾	1400 - 1500	50 - 100	
6.3.6. Φαινολικός αφρός	40 - 50	0,026 - 0,038	1 400	50	50
6.4. Υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης					
6.4.1. Πλάκες ή μπάλες πεπλεγμένου άχυρου	200	0,040 - 0,070		2	
6.4.2. Φύκια θαλάσσης	75 - 80	0,045 - 0,060		2	
6.4.3. Πλάκες από καλάμια	120 - 230	0,065 - 0,090	1 200		

Εικόνα 25 Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά

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
2.1.2. Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κ.τ.λ.)	600	0,140	1 600	50	20
2.1.3. Οξιά	800	0,170	1 600	200	50
2.1.4. Δρυς (βελανιδιά)	800	0,210	1 600	200	50
2.1.5. Ξύλινα τεμάχια παρκέτου		0,210	1 600		
2.2. Προϊόντα ξύλου					
2.2.1. Μορισανίδες	300	0,100	1 700	50	10
	600	0,140	1 700	50	15
	900	0,180	1 700	50	20
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
	1000	0,240	1 600	250	110
2.2.3. Σκληρές πλάκες ινώδους ξύλου, ινοσανίδες (MDF)	250	0,070	1 700	5	3
	400	0,100	1 700	10	5
	600	0,140	1 700	20	12
	800	0,180	1 700	30	20

Εικόνα 26: Τιμές συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ειδικής θερμοχωρητικότητας και συντελεστών αντίστασης στη διάχυση των υδρατμών για διάφορα δομικά υλικά

Στον Πίνακα 7 φαίνονται οι τιμές R_{δ} , R_i και R_a για την περίπτωση της στέγης. Το R_{δ} θεωρείται 0, γιατί δεν υπάρχει διάκενο.

Στον Πίνακα 8 φαίνονται οι υπολογισμοί του συντελεστή θερμοπερατότητας της στέγης, όπως έγιναν με τη βοήθεια του excel.

Πίνακας 7 Τιμές αντιστάσεων θερμικής μετάβασης επιφανειακού στρώματος αέρα για την στέγη

R_i	m ² hc/kcal	0,1
R_a	m ² hc/kcal	0,04
R_δ	m ² hc/kcal	0

Πίνακας 8 Υπολογισμός τιμής συντελεστή θερμοπερατότητας για την στέγη ($U=0,57694441 \text{ kcal/m}^2\text{hc}$ ή $W/(m^2K)$)

ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟ ΜΕΣΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΞΩ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΠΑΧΟΣ d	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ λ	ΛΟΓΟΣ d/λ = 1/Λ
-	<i>kg/m³</i>	<i>m</i>	<i>kcal/mhc</i> ή <i>W/(mk)</i>	<i>m²hc/kcal</i> ή <i>(m²K)/W</i>
kp	500	0,002	0,13	0,015384615
wood	500	0,002	0,13	0,015384615
xps	35	0,05	0,032	1,5625

Στη συνέχεια ακολουθούν οι πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για τη συμπλήρωση των τιμών των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου (τοιχοποιίες, πατώματα, οροφές) (Εικόνες 27 και 28). Οι τιμές σημειώνονται με μαύρο χρώμα.

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)						
Ανετήχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,40	2,60	–	1,00	0,90	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμαρίνες πλάκες.	3,50	2,05	4,00	1,00	0,90	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρα)						
Μπατική ή δικέλυφη δομική οπτοπλινθοδομή						
Ανετήχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	–	0,85	0,80	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με μαρμαρίνες πλάκες.	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75
Δομική οπτοπλινθοδομή						
Ανετήχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,25	2,50	3,75	0,95	0,90	1,00
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,05	2,40	–	0,95	0,85	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμαρίνες πλάκες.	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,90	1,65	2,05	0,80	0,75	0,85
Αργολιθοδομή						
Ανετήχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	4,25	3,10	5,00	1,05	0,95	1,10
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	3,85	2,85	–	1,00	0,95	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,85	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένη με μαρμαρίνες πλάκες.	4,10	3,00	4,95	1,00	0,95	1,05
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,30	1,95	2,60	0,85	0,80	0,90

Εικόνα 27 Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμ. χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Επιστεγάσεις (με ή χωρίς ψευδοροφή)						
Συμβατικού τύπου δώμα.	3,05	–	–	0,95	–	–
Αντεστραμμένου τύπου δώμα.	–	–	–	0,95	–	–
Αεριζόμενο δώμα.	–	3,70	–	1,00	–	–
Φυτεμένο δώμα.	1,20	–	–	0,70	–	–
Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.	3,70	–	–	1,00	–	–
Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενο χώρο.	–	2,90	–	–	0,90	–
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος.	4,70	–	–	1,05	–	–
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης ξύλινης στέγης.	4,25	–	–	1,00	–	–
Δάπεδα με επικάλυψη παντός τύπου (ξύλο, μάρμαρο, πλακάκι, μωσαϊκό κ.τ.λ.)						
Επάνω από ανοικτό υπόστρωμα χώρο (πυλωτή).	2,75	–	–	0,90	–	–
Επί εδάφους.	–	–	3,10	–	–	0,95
Επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο.	–	2,00	–	–	0,80	–

Εικόνα 28 Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία

Για τα διαφανή στοιχεία του κτιρίου (παράθυρα ανοιγόμενα και μη) οι τιμές ελήφθησαν από τους παρακάτω πίνακες (Εικόνες 29 και 30). Οι τιμές σημειώνονται με μαύρο χρώμα.

Τύπος πλάσιου	Ποσοστό πλάσιου F_p	Υαλοπίνακας μόνος	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας	
			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 πλάσιο χωρίς θερμοδιακοπή	20%	5,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	5,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	5,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλάσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	-	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	-	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	-	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικό πλάσιο με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	-	3,4	3,0	3,0	2,5
	30%	-	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	-	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλάσιο	20%	-	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	-	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	-	3,2	2,9	2,9	2,3
Ξύλινο πλάσιο	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	-	-	-	-
Εξωτερικός Πόρτας						
Υαλό	Χωρίς υαλοπίνακα [W/(m ² .K)]					
Μέταλλο	6,0					
Συνθετικό	3,5					
Ξύλο	3,5					

Εικόνα 29 Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων

Τύπος υαλοπίνακα	U_g
	[W/(m ² .K)]
Μόνος υαλοπίνακας	5,70
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 6 mm	3,30
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12 mm	2,80
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ($\epsilon = 0,10$)	2,60
Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 12mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας ($\epsilon = 0,10$)	1,80
Υαλότουβλα	3,50

Εικόνα 30 Τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπινάκων

Τέλος, στην καρτέλα «Συστήματα» προστέθηκαν τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, μηχανικού αερισμού, ζεστού νερού χρήσης και φωτισμού του κτιρίου. Το μόνο σύστημα που είναι εγκατεστημένο στο κτίριο είναι θέρμανσης. (Εικόνα 31). Όλα τα υπόλοιπα συμπληρώθηκαν από τη «Βοήθεια» του προγράμματος.

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης: Υγρασία Μηχανικός αερισμός Ηλεκτρικός συλλέκτης Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη Μηχανικός αερισμός ΖΝΧ Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. An. (-)	COP (-)	Jan (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαϊ (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Λέβητας	Πετρέλαιο	70	0,88	1,0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
* 2						1	1										

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. An. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου	70	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0,89	<input type="checkbox"/>
2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

Θερματικές μονάδες

	Τύπος	B. An. (-)
▶ 1		0,89

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
▶ 1	Κυκλοφορητές	1	1,124
* 2		1	0

Εικόνα 31 Συστήματα υπάρχοντος κτιρίου-λογισμικό TEE KENAK

Συγκεκριμένα, στο κτίριο υπάρχει ένας λέβητας Πετρελαίου/Αερίου (Πίνακας 9), για τον οποίο έπρεπε να ληφθεί υπόψη ο συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης. Με την παραδοχή ότι θερμαίνεται μόνο το ισόγειο, δεν υπάρχει υπερδιαστασιολόγηση. Το n_{gm} εμπειρικά είχε ληφθεί 0,89, το $n_{g1}=1$ και το $n_{g2}=0,936$. (Εικόνα 32) Με αυτόν τον τρόπο προέκυψε η τελική τιμή του βαθμού απόδοσης του καυστήρα.

Πίνακας 9 Στοιχεία υπάρχοντα λέβητα

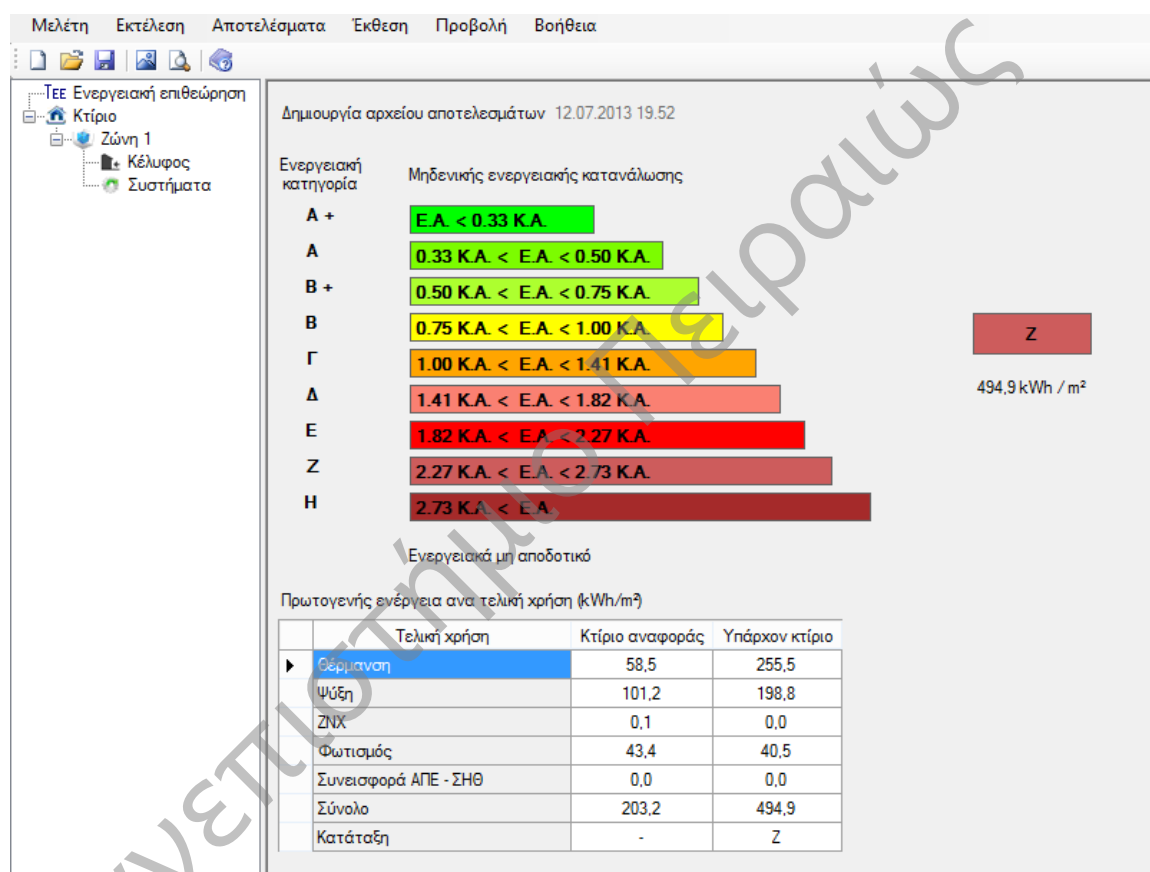
ΛΕΒΗΤΑΣ	Πετρελαίου/Αερίου
ΜΟΝΤΕΛΟ	BLNS-60
ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΗ	60000kcal/h
ΑΠΟΔΟΣΗ	70kW/h
ΠΙΕΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	3bar
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	90oC
ΗΜ/ΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	2009
ΤΥΠΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	B23
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	2228

Σχέση πραγματικής προς υπολογιζόμενη ισχύ μονάδας θέρμανσης (P_m / P_{gen})	Συντελεστής βαρύτητας η_{g1}
Λέβητας με υπερδιπλάσια ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	0,75
Λέβητας με ισχύ μεγαλύτερη από 50% μέχρι και 100% από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	0,85
Λέβητας με ισχύ μεγαλύτερη από 25% μέχρι και 50% από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	0,95
Λέβητας με ισχύ μέχρι και 25% μεγαλύτερη από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	1,00

Όνομαστική ισχύς (kW)	20 - 100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	≥ 400
Λέβητας με μόνωση Σε καλή κατάσταση μόνωσης	1,0				
Λέβητας γυμνός ή με κατεστραμμένη μόνωση	0,936	0,949	0,948	0,951	0,952

Εικόνα 32 Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης και συντελεστής μόνωσης λέβητα-καυστήρα αντίστοιχα

Στην Εικόνα 33 που ακολουθεί, φαίνεται η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου στην υφιστάμενη κατάσταση, καθώς επίσης και η πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, ΖΝΧ κλπ). Προκύπτει λοιπόν, ότι ανήκει στην κατηγορία Z.



Εικόνα 33 Ενεργειακή κατάταξη υπάρχοντος κτιρίου

Ακολουθούν, στην Εικόνα 34, οι ενεργειακές απαιτήσεις και η ενεργειακή κατανάλωση του υπάρχοντος κτιρίου αναλυτικότερα για κάθε μήνα. Επίσης, ανάλογα με την πηγή ενέργειας (ηλεκτρισμός και πετρέλαιο στο κτίριο μελέτης) προκύπτει η κατανάλωση των καυσίμων και οι εκπομπές CO₂.

Υπάρχον κτίριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	33,3	29,0	19,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	21,1	112,1
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	25,0	46,5	45,7	8,5	0,0	0,0	0,0	126,4
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	64,3	56,2	37,4	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	14,1	41,3	219,8
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	13,8	24,6	24,2	4,9	0,0	0,0	0,0	68,6
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	14,0
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	65,5	57,2	38,5	7,2	2,3	14,9	25,7	25,4	6,1	1,7	15,2	42,5	302,3
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	90,2		89,2										
	Πετρέλαιο	212,2		56,0										
	Φυσικό αέριο	0,0		0,0										
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0		0,0										
	Ηλιακή	0,0		0,0										
	Βιομάζα	0,0		0,0										
	Γεωθερμία	0,0		0,0										
	Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
	Σύνολο	302,3		145,2										

Εικόνα 34 Ενεργειακή κατανάλωση ανά μήνα ανά χρόνο του υπάρχοντος κτιρίου.

Με όλα τα παραπάνω συμπληρώθηκε πλήρως το λογισμικό με την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου. Στη συνέχεια εκτελέστηκαν τα Σενάρια της μελέτης επεμβαίνοντας κάθε φορά στα αντίστοιχα στοιχεία που διαφοροποιούνται, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή ενεργειακή απόδοση, συναρτήσει και του κόστους επένδυσης. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η ενεργειακή κατάταξη του εκάστοτε κτιρίου (ή σεναρίου) προκύπτει διαιρώντας το σύνολο της πρωτογενούς ενέργειας του υπό μελέτη κτιρίου (ή σεναρίου), με το σύνολο της πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Δηλαδή, $494,9 \text{ kWh/m}^2 / 203,2 \text{ kWh/m}^2 = 2,44 \text{ Κ.Α. (κατηγορία Z)}$, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 33.

7.2 Σενάρια μελέτης ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ακόμη και στα διατηρητέα κτίρια όπως το Αρχοντικό των Μπενιζέλων, είναι δυνατές κάποιες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, που δεν επεμβαίνουν όμως στους περιοριστικούς κανονισμούς που διέπουν τα παραδοσιακά κτίρια. Σύμφωνα λοιπόν με τις επιτρεπτές επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης στα διατηρητέα κτίρια και τις διεθνείς μελέτες που αναφέρθηκαν (κεφάλαια 5.1 και 4 αντίστοιχα), αποφασίστηκαν τρεις πιθανές επεμβάσεις για το Αρχοντικό. Οι επεμβάσεις αυτές αφορούν στην αλλαγή των ανοιγόμενων κουφωμάτων και υαλοπινάκων, στην προσθήκη μόνωσης και τέλος στη χρήση φυσικού αερίου (ΦΑ) ως καυσίμου για θέρμανση.

Συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν 7 διαφορετικά σενάρια με τις παραπάνω επεμβάσεις μεμονωμένες ή σε μεταξύ τους συνδυασμούς. Στον Πίνακα 10 σημειώνονται με «X», οι επεμβάσεις που μελετήθηκαν σε κάθε ένα σενάριο.

Πίνακας 10 Σενάρια μελέτης και αντίστοιχες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας

		Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας			
		Αντικατάσταση κουφωμάτων	Μόνωση στα οριζόντια δομικά στοιχεία	Μόνωση στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία	Αλλαγή καυσίμου για θέρμανση
Σενάρια	1	X			
	2A		X		
	2B			X	
	2Γ		X	X	
	3				X
	4	X	X	X	X
	5		X	X	X

Η προσθήκη του κάθε επιπλέον σεναρίου στο λογισμικό του TEE KENAK έγινε διατηρώντας το υπάρχον κτίριο και προσθέτοντας αντίγραφο του, ώστε στο νέο αντίγραφο να γίνονται οι επιθυμητές αλλαγές κάθε φορά. Επειδή το πρόγραμμα υποστηρίζει την εκτέλεση 3 νέων Σεναρίων κάθε φορά, εκτελέστηκε 3 φορές για να προκύψουν τα 7 διαφορετικά σενάρια μελέτης.

7.2.1 Σενάριο 1^ο

Στο σενάριο αυτό πραγματοποιήθηκε αλλαγή στα ανοιγόμενα κουφώματα (διαφανείς επιφάνειες) του Κελύφους, όπου στην υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου είχαν οριστεί ως «Ξύλινος 40% Μονός» τύπος ανοίγματος και αντικαταστάθηκαν με «Ξύλινος 20% δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm». Συγκεκριμένα, τοποθετούνται 23 νέα Σουηδικά παράθυρα διαστάσεων 1,42m * 1,02m (συνολικά 33,33 m²). Το κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο ανέρχεται στα 350 ευρώ και το συνολικό κόστος εργασίας στα 7.800 ευρώ. Οι τιμές δίνονται χωρίς Φ.Π.Α., οπότε το τελικό κόστος αντικατάστασης ανέρχεται στα 664€/m², το οποίο τοποθετείται στο πρόγραμμα.

(Προσφορά: Παναγιώτης Παπαευθυμίου. Ξυλουργικές εργασίες, Ειδικές κατασκευές, Έπιπλα. Σκοπέλου 41, Αγ.Δημήτριος)

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία της ζώνης: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0 Παθητικά ηλακά

Αδιαφανείς επιφάνειες | Σε επαφή με το έδαφος | Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις διαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

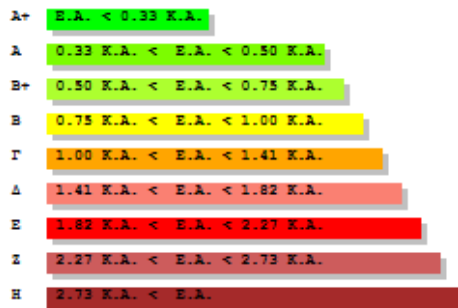
	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος*	U (W/m ² K)	g_w (-)	F _h
1	Ανοιγόμενο κούφωμα	Αριστερό Τέρμα Αριστερά	180	90	1.4484	Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	
2	Ανοιγόμενο κούφωμα	Αριστερό Μεσαίο	180	90	1.4484	Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	
3	Ανοιγόμενο κούφωμα	Αριστερό Μεσαίο	180	90	1.4484	Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	
4	Ανοιγόμενο κούφωμα	Αριστερό Δεξιά	180	90	1.4484	Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	
5	Ανοιγόμενο κούφωμα	Δεξιά Αριστερό	180	90	1.4484	Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	
6	Ανοιγόμενο κούφωμα	Δεξιά Μεσαίο	180	90	1.4484	Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	
7	Ανοιγόμενο κούφωμα	Δεξιά Μεσαίο	180	90	1.4484	Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	
8	Ανοιγόμενο κούφωμα	Δεξιά Τέρμα Δεξιά	180	90	1.4484	Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	
9	Μη ανοιγόμενη πρόσωση	Ισόγειο δεξιά	270	90	0.23	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός	6.0	0.62	
10	Μη ανοιγόμενη πρόσωση	Ισόγειο μπροστά	0	90	1.52	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός	6.0	0.62	
11	Μη ανοιγόμενο κούφωμα	Αριστερά πάνω αριστερά	90	90	0.68	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 40% Μονός	6.2	0.46	
12	Μη ανοιγόμενο κούφωμα	Αριστερά πάνω δεξιά	90	90	0.68	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 40% Μονός	6.2	0.46	
13	Ανοιγόμενο κούφωμα	Αριστερά κάτω αριστερά	90	90	1.45	Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	
14	Ανοιγόμενο κούφωμα	Αριστερά κάτω δεξιά	90	90	1.45	Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	

Εικόνα 35 Συμπλήρωση στοιχείων κουφωμάτων για το Σενάριο 1

Έτσι η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου μειώνεται στις 487,2 kWh/m² με δείκτη 2,40 Κ.Α., αντί του 2,44 Κ.Α. της υφιστάμενης κατάστασης (Εικόνα 36), παραμένοντας όμως στην κατηγορία Ζ της ενεργειακής κατάταξης κτιρίων.

Το συνολικό κόστος της επένδυσης είναι 22.135,9€ και η περίοδος αποπληρωμής προκύπτει στα 190,1 έτη.

Μηδενική ενεργειακή κατανάλωση



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Ζ**

ΑΠΟΔΟΣΗ **2,40**

Ενεργειακά μη αποδοτικά

ΠΡΩΤΟΤΥΠΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΣΗΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΣΗΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
ΙΑΝ	71.6	0.0	0.0	3.4	32.5	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	62.6	0.0	0.0	3.1	28.4	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	42.6	0.0	0.0	3.4	18.6	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	7.8	0.0	0.0	3.3	2.8	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	3.1	0.0	3.4	0.0	0.8	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	39.5	0.0	3.3	0.0	24.7	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	70.2	0.0	3.4	0.0	45.7	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	69.1	0.0	3.4	0.0	44.9	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	14.2	0.0	3.3	0.0	8.4	0.0	0.0
ΟΚΤ	1.6	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	17.4	0.0	0.0	3.3	6.6	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	46.9	0.0	0.0	3.4	20.7	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	250.5	196.1	0.0	40.5	109.5	124.4	0.0	0.0

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΣΗΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
ΙΑΝ	62.9	0.0	0.0	1.2
ΦΕΒ	55.0	0.0	0.0	1.1
ΜΑΡ	36.6	0.0	0.0	1.2
ΑΠΡ	6.0	0.0	0.0	1.1
ΜΑΙ	0.0	1.1	0.0	1.2
ΙΟΥΝ	0.0	13.6	0.0	1.1
ΙΟΥΛ	0.0	24.2	0.0	1.2
ΑΥΓ	0.0	23.8	0.0	1.2
ΣΕΠ	0.0	4.9	0.0	1.1
ΟΚΤ	0.5	0.0	0.0	1.2
ΝΟΕ	13.8	0.0	0.0	1.1
ΔΕΚ	40.5	0.0	0.0	1.2
ΣΥΝ	215.3	67.6	0.0	14.0

Εικόνα 36 Αποτελέσματα Σεναρίου 1.

7.2.2 Σενάριο 2A

Στο σενάριο αυτό εξετάστηκε το ενδεχόμενο αλλαγής της μόνωσης στις οροφές του κτιρίου. Η στέγη συγκεκριμένα, αποτελείται από 20mm κόντρα πλακέ, 20mm ξύλο και μόνωση 5cm εξηλασμένης πολυστερίνης (XPS).

Προτείνεται η αύξηση του πάχους της εξηλασμένης πολυστερίνης (XPS) στα 7 cm στη στέγη και η προσθήκη πετροβάμβακα πάχους 50 mm και γυψοσανίδας πάχους 12 mm στην οροφή του ισογείου που βρίσκεται σε επαφή με τον αέρα, δηλαδή στην οροφή του μεσαίου δωματίου.

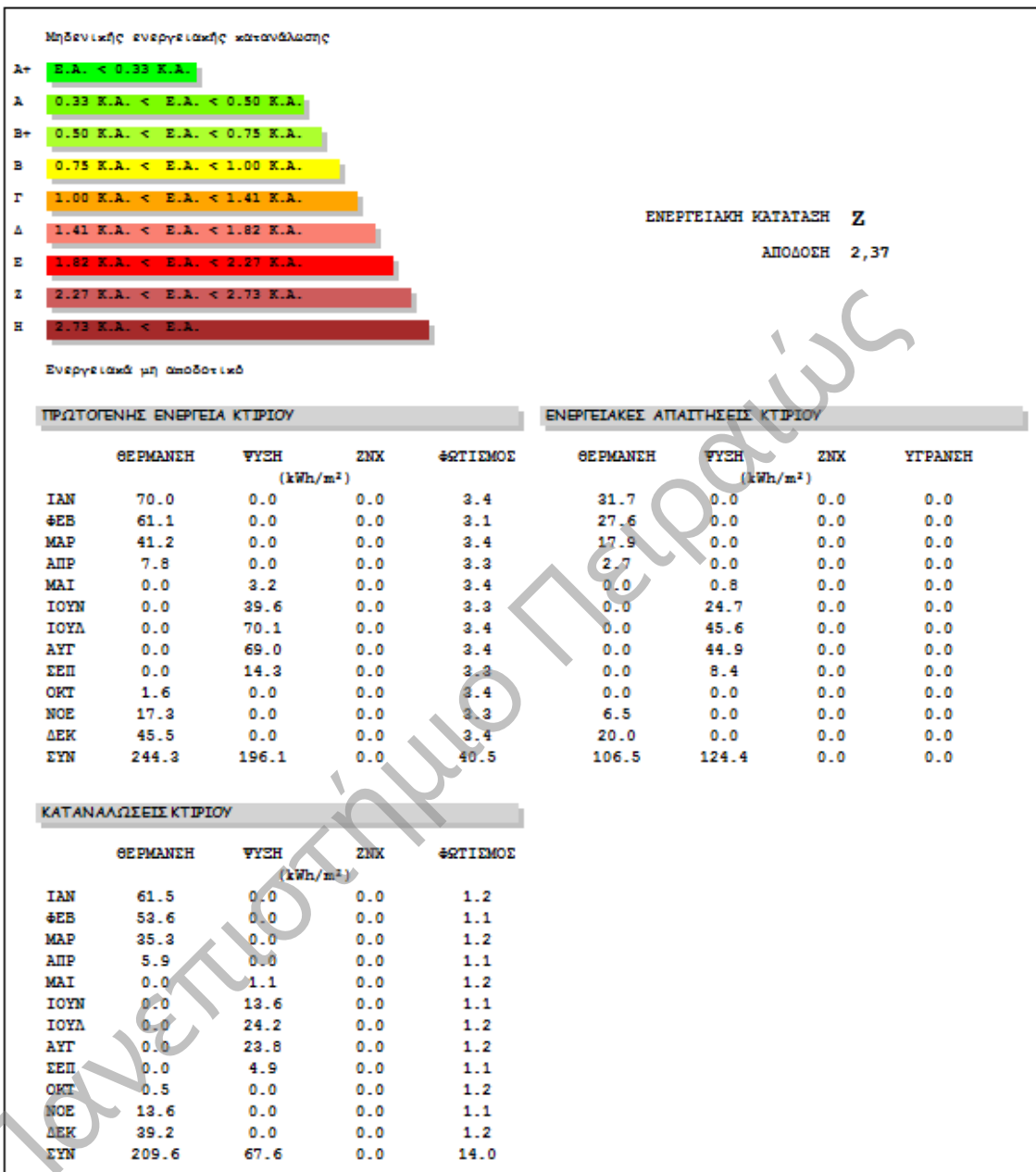
Επομένως οι νέοι συντελεστές θερμοπερατότητας που προκύπτουν είναι $U=0,44\text{W/m}^2\text{K}$ αντί του $U=0,577\text{ W/m}^2\text{K}$ για την στέγη (συνολικά $103,03\text{m}^2$) και $U=0,55\text{W/m}^2\text{K}$ αντί του $U=2,9\text{ W/m}^2\text{K}$ για την οροφή του ισογείου (συνολικά $19,152\text{m}^2$).

Το κόστος των υλικών για την οριζόντια τοιχοποιία είναι: εξηλασμένη πολυστερίνη (Fibran) $2,40\text{€/m}^2$, πετροβάμβακας 8€/m^2 και γυψοσανίδα 10€/m^2 . Το κόστος εργασίας ανέρχεται στα 8€/m^2 . Στις τιμές προστέθηκε Φ.Π.Α. 23%.

(Προσφορά: Υλικά: Κούρτης Συστήματα Δόμησης. Αλίμου 119, Αργυρούπολη.
Εργασία: Κουπαρίτσας Γιώργος)

Έτσι η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου μειώνεται στις $480,9\text{ kWh/m}^2$ με δείκτη 2,37 Κ.Α., αντί του $2,44\text{ Κ.Α.}$ της υφιστάμενης κατάστασης (Εικόνα 37), παραμένοντας όμως στην κατηγορία Z της ενεργειακής κατάταξης κτιρίων.

Το συνολικό κόστος αντιστοιχεί σε $1.931,6\text{€}$, με περίοδο αποπληρωμής της επένδυσης τα 8,3 έτη.



Εικόνα 37 Αποτελέσματα Σεναρίου 2Α.

7.2.3 Σενάριο 2B

Στη συγκεκριμένη περίπτωση εξετάζεται το ενδεχόμενο προσθήκης μόνωσης στην εσωτερική πλευρά της κάθετης τοιχοποιίας που είναι σε επαφή με τον αέρα στον όροφο του κτιρίου. Έτσι λοιπόν προστίθεται η παρακάτω μόνωση :

- Φύλλο πετροβάμβακα πάχους 50mm
- Γυψοσανίδα πάχους 12mm

Υπολογίζεται εκ νέου ο συντελεστής θερμοπερατότητας βάσει του τύπου:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_a}$$

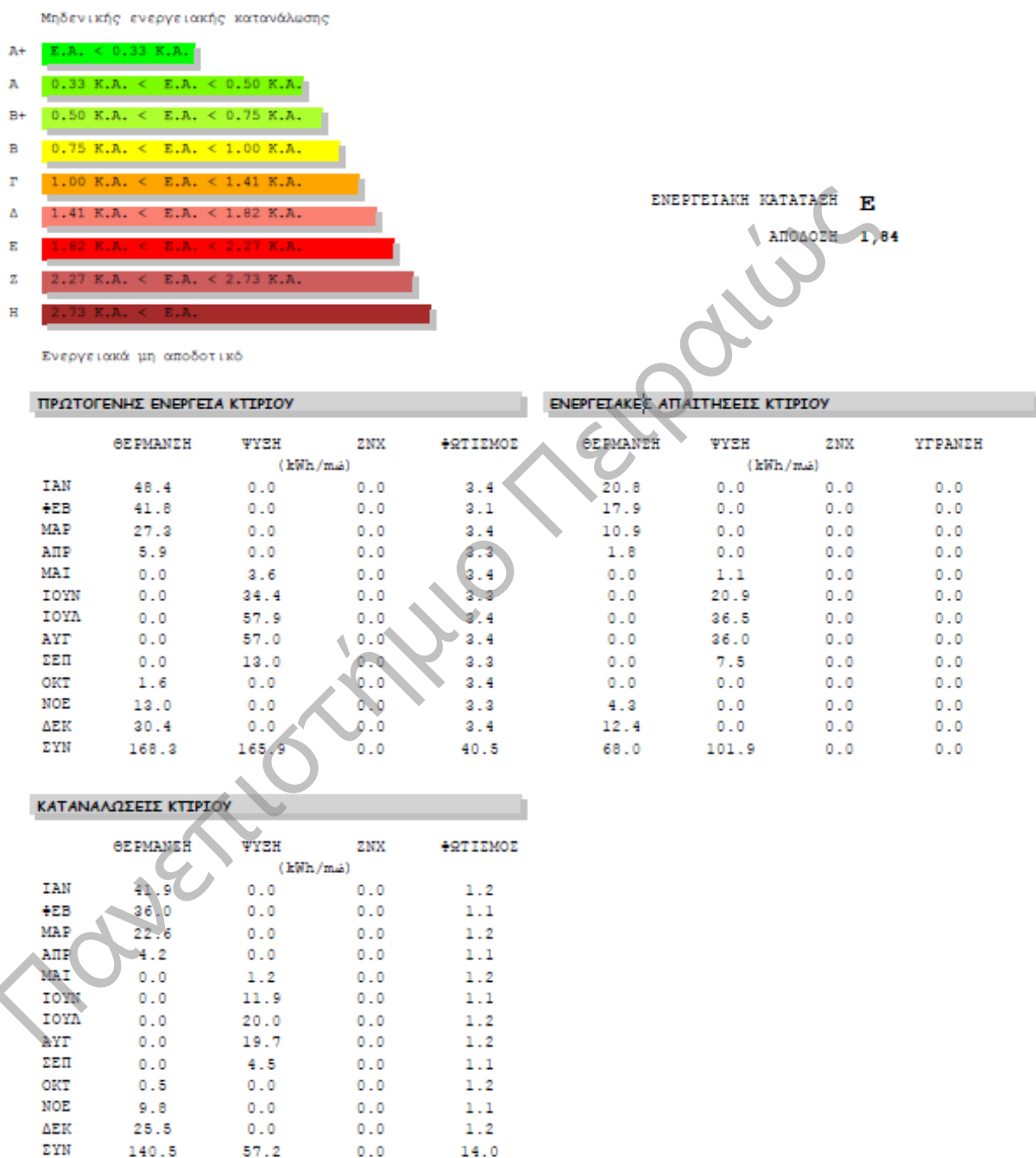
και διαμορφώνεται στο 0,57 W/m²K από 3,05 W/m²K για τους ξυλόπηκτους τοίχους (συνολικά 100,44 m²) και στο 0,71 W/m²K από 4,25 W/m²K για τους πέτρινους (συνολικά 106,18 m²).

Τα κόστη των υλικών για κάθετη τοιχοποιία είναι: πετροβάμβακας 9€/m² και γυψοσανίδα 8€/m². Το κόστος εργασίας ανέρχεται πάλι στα 8€/m². Στις τιμές προστέθηκε Φ.Π.Α. 23%.

(Προσφορά: Υλικά: Κούρτης Συστήματα Δόμησης. Αλίμου 119, Αργυρούπολη.
Εργασία: Κουπαρίτσας Γιώργος)

Έτσι η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου μειώνεται στις 374,8 kWh/m² με δείκτη 1,84 Κ.Α., αντί του 2,44 Κ.Α. της υφιστάμενης κατάστασης (Εικόνα 38), ανεβαίνοντας στην κατηγορία Ε της ενεργειακής κατάταξης κτιρίων.

Το συνολικό κόστος της επέμβασης αντιστοιχεί σε 6.425,4€ , με περίοδο αποπληρωμής τα 3,4 έτη.



Εικόνα 38 Αποτελέσματα Σεναρίου 2B.

7.2.4 Σενάριο 2Γ

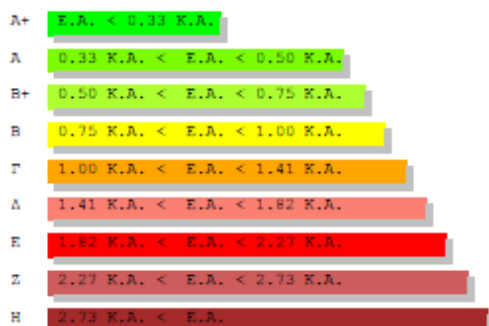
Στο Σενάριο αυτό μελετάται η εκδοχή προσθήκης μόνωσης τόσο στις οροφές (σενάριο 2α) όσο και στην κάθετη τοιχοποιία του ορόφου (σενάριο 2β).

Έτσι λοιπόν, από τη συνδυαστική αυτή εκδοχή, προκύπτει ότι η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου μειώνεται στις 362,9 kWh/m² με δείκτη 1,79 Κ.Α., αντί του 2,44 Κ.Α. της υφιστάμενης κατάστασης και ανεβαίνει στην κατηγορία Δ της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων (Εικόνα 39).

Το συνολικό κόστος αυτής της επένδυσης αγγίζει τα 8.357€ και έχει περίοδο αποπληρωμής 4 έτη.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Μηνιαία ενεργειακή κατανάλωση



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ Δ

ΑΠΟΔΟΣΗ 1,79

Ενεργειακά μη αποδοτικό

	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ				ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΣΗΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΣΗΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m ²)				(kWh/m ²)			
ΙΑΝ	45.8	0.0	0.0	3.4	19.5	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	39.4	0.0	0.0	3.1	16.7	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	25.5	0.0	0.0	3.4	10.1	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	5.7	0.0	0.0	3.3	1.7	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	3.6	0.0	3.4	0.0	1.1	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	34.0	0.0	3.3	0.0	20.5	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	56.7	0.0	3.4	0.0	35.6	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	55.9	0.0	3.4	0.0	35.1	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	13.0	0.0	3.3	0.0	7.4	0.0	0.0
ΟΚΤ	1.6	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	12.6	0.0	0.0	3.3	4.1	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	25.5	0.0	0.0	3.4	11.4	0.0	0.0	0.0
ΕΥΝ	159.2	163.2	0.0	40.5	63.5	99.9	0.0	0.0

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΣΗΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m ²)			
ΙΑΝ	39.5	0.0	0.0	1.2
ΦΕΒ	33.9	0.0	0.0	1.1
ΜΑΡ	21.1	0.0	0.0	1.2
ΑΠΡ	4.0	0.0	0.0	1.1
ΜΑΙ	0.0	1.3	0.0	1.2
ΙΟΥΝ	0.0	11.7	0.0	1.1
ΙΟΥΛ	0.0	19.6	0.0	1.2
ΑΥΓ	0.0	19.3	0.0	1.2
ΣΕΠ	0.0	4.5	0.0	1.1
ΟΚΤ	0.5	0.0	0.0	1.2
ΝΟΕ	9.4	0.0	0.0	1.1
ΔΕΚ	23.6	0.0	0.0	1.2
ΕΥΝ	132.2	56.3	0.0	14.0

Εικόνα 39 Αποτελέσματα Σεναρίου 2Γ.

7.2.5 Σενάριο 3°

Στο Σενάριο αυτό, έγινε αλλαγή του καυσίμου από πετρέλαιο σε φυσικό αέριο, εφόσον ο υπάρχων λέβητας υποστηρίζει και λειτουργία με Φ.Α., και προσθήκη δύο ηλεκτροβανών.

Στην καρτέλα συστήματα του προγράμματος επιλέγεται το φυσικό αέριο και στις βοηθητικές μονάδες τοποθετούνται δύο ηλεκτροβάνες και με αυτό τον τρόπο στην κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών τοποθετείται «Τύπος Γ» (τύπος Δ στην υφιστάμενη κατάσταση).

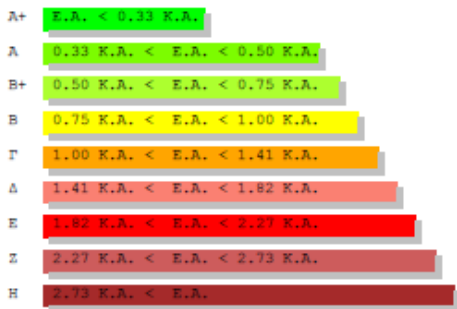
Το κόστος για τη μελέτη εγκατάστασης αερίου, δύο ηλεκτροβάνες JES 1'', πίνακα αυτονομίας δύο ορομετρητών και την όδευση δικτύου βάσει μελέτης με σιδηροσωλήνες, φίλτρα και περσίδα αερισμού, ανέρχεται στα 2.200€. Στη τιμή συμπεριλαμβάνονται Φ.Π.Α. 23% και κόστος εργασίας.

(Προσφορά: Υλικά: Αφοί Μαθιουδάκη Εμπόριο Ανταλλακτικών Φυσικού Αερίου και Υγραερίου. Ιουλιανού 61-63, Αθήνα. Εργασία: Βαληνόδρας Νικόλαος)

Η περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης ανέρχεται στα 1,1 έτη.

Έτσι η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου μειώνεται στις 388,5 kWh/m² με δείκτη 1,91 Κ.Α., αντί του 2,44 Κ.Α. της υφιστάμενης κατάστασης (Εικόνα 40), ανεβαίνοντας στην κατηγορία Ε της ενεργειακής κατάταξης κτιρίων.

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Ε**

ΑΠΟΔΟΣΗ **1,91**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΣΥΝ	†ΣΤΙΣΜΟΣ
ΙΑΝ	55.3	0.0	0.0	3.4
†ΕΒ	48.3	0.0	0.0	3.1
ΜΑΡ	32.3	0.0	0.0	3.4
ΑΠΡ	6.0	0.0	0.0	3.3
ΜΑΙ	0.0	2.3	0.0	3.4
ΙΟΥΝ	0.0	31.0	0.0	3.3
ΙΟΥΛ	0.0	56.3	0.0	3.4
ΑΥΓ	0.0	55.4	0.0	3.4
ΣΕΠ	0.0	11.4	0.0	3.3
ΟΚΤ	1.5	0.0	0.0	3.4
ΝΟΕ	12.4	0.0	0.0	3.3
ΔΕΚ	35.7	0.0	0.0	3.4
ΣΥΝ	191.5	156.5	0.0	40.5

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΣΥΝ	ΥΓΡΑΝΣΗ
ΙΑΝ	33.3	0.0	0.0	0.0
†ΕΒ	29.0	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	19.0	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	2.8	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.7	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	25.0	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	46.5	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	45.7	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	6.5	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	6.8	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	21.1	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	112.1	126.4	0.0	0.0

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΣΥΝ	†ΣΤΙΣΜΟΣ
ΙΑΝ	51.7	0.0	0.0	1.2
†ΕΒ	45.2	0.0	0.0	1.1
ΜΑΡ	29.8	0.0	0.0	1.2
ΑΠΡ	4.9	0.0	0.0	1.1
ΜΑΙ	0.0	0.8	0.0	1.2
ΙΟΥΝ	0.0	10.7	0.0	1.1
ΙΟΥΛ	0.0	19.4	0.0	1.2
ΑΥΓ	0.0	19.1	0.0	1.2
ΣΕΠ	0.0	3.9	0.0	1.1
ΟΚΤ	0.5	0.0	0.0	1.2
ΝΟΕ	10.9	0.0	0.0	1.1
ΔΕΚ	32.1	0.0	0.0	1.2
ΣΥΝ	176.1	54.0	0.0	14.0

Εικόνα 40 Αποτελέσματα Σεναρίου 3.

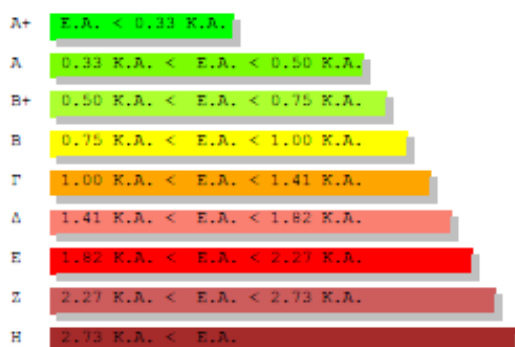
7.2.6 Σενάριο 4°

Στο τέταρτο σενάριο μελετάται ο συνδυασμός όλων των παραπάνω σεναρίων, δηλαδή η αντικατάσταση των ανοιγόμενων ξύλινων κουφωμάτων με νέα με διπλό τζάμι, η προσθήκη μόνωσης στην κάθετη τοιχοποιία του ορόφου και τις οροφές, καθώς και η αλλαγή καυσίμου για θέρμανση με την ταυτόχρονη προσθήκη ηλεκτροβανών.

Έτσι η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου μειώνεται αισθητά στις 279,2 kWh/m² με δείκτη 1,37 Κ.Α., αντί του 2,44 Κ.Α. της υφιστάμενης κατάστασης (Εικόνα 41), καταλαμβάνοντας μία θέση στην κατηγορία Γ της ενεργειακής κατάταξης κτιρίων.

Το συνολικό κόστος των επεμβάσεων του σεναρίου αντιστοιχεί σε 32.692,9€ και τα έτη αποπληρωμής είναι 9,4.

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ Γ

ΑΠΟΔΟΣΗ 1,37

Ενεργειακά μη αποδοτικό

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΣΗΧ	+ΘΤΙΣΜΟΙ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΣΗΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
ΙΑΝ	33.1	0.0	0.0	3.4	18.8	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	28.4	0.0	0.0	3.1	16.1	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	17.9	0.0	0.0	3.4	9.7	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	4.2	0.0	0.0	3.3	1.6	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	2.8	0.0	3.4	0.0	1.2	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	25.7	0.0	3.3	0.0	20.2	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	43.6	0.0	3.4	0.0	34.8	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	43.0	0.0	3.4	0.0	34.3	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	10.2	0.0	3.3	0.0	7.3	0.0	0.0
ΟΚΤ	1.6	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	8.1	0.0	0.0	3.3	3.9	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	20.1	0.0	0.0	3.4	11.0	0.0	0.0	0.0
ΕΥΝ	113.3	125.3	0.0	40.6	61.2	97.9	0.0	0.0

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m ²)	ΣΗΧ	+ΘΤΙΣΜΟΙ
ΙΑΝ	30.6	0.0	0.0	1.2
ΦΕΒ	26.3	0.0	0.0	1.1
ΜΑΡ	16.1	0.0	0.0	1.2
ΑΠΡ	3.1	0.0	0.0	1.1
ΜΑΙ	0.0	1.0	0.0	1.2
ΙΟΥΝ	0.0	8.9	0.0	1.1
ΙΟΥΛ	0.0	15.1	0.0	1.2
ΑΥΓ	0.0	14.8	0.0	1.2
ΣΕΠ	0.0	3.5	0.0	1.1
ΟΚΤ	0.8	0.0	0.0	1.2
ΝΟΕ	6.8	0.0	0.0	1.1
ΔΕΚ	18.2	0.0	0.0	1.2
ΕΥΝ	101.6	43.2	0.0	14.0

Εικόνα 41 Αποτελέσματα Σεναρίου 4.

7.2.7 Σενάριο 5°

Στο τελευταίο σενάριο μελετήθηκε η εκδοχή μόνο της προσθήκης μόνωσης στις οροφές και την κάθετη τοιχοποιία, καθώς και η αλλαγή του καυσίμου του λέβητα σε φυσικό αέριο και η τοποθέτηση δύο ηλεκτροβανών.

Έτσι η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου μειώνεται αισθητά στις 292,3 kWh/m² με δείκτη 1,44 Κ.Α., αντί του 2,44 Κ.Α. της υφιστάμενης κατάστασης (Εικόνα 41), καταλαμβάνοντας πάλι μία θέση στην κατηγορία Δ της ενεργειακής κατάταξης κτιρίων.

Το συνολικό κόστος των επεμβάσεων του σεναρίου αντιστοιχεί σε 10.557€ και η αποπληρωμή υπολογίστηκε στα 3,2 μόλις έτη.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A+	Ε.Α. < 0.33 Κ.Α.
A	0.33 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.50 Κ.Α.
B+	0.50 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.75 Κ.Α.
B	0.75 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.00 Κ.Α.
Γ	1.00 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.82 Κ.Α.
Ε	1.82 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.27 Κ.Α.
Σ	2.27 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.73 Κ.Α.
Η	2.73 Κ.Α. < Ε.Α.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ Δ

ΑΠΟΔΟΣΗ 1,44

Ενεργειακά μη αποδοτικό

	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ				ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΣΗΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΣΗΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m ²)				(kWh/m ²)			
ΙΑΝ	34.2	0.0	0.0	3.4	19.5	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	29.3	0.0	0.0	3.1	16.7	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	18.4	0.0	0.0	3.4	10.1	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	4.3	0.0	0.0	3.3	1.7	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	3.3	0.0	3.4	0.0	1.1	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	28.2	0.0	3.3	0.0	20.5	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	46.7	0.0	3.4	0.0	35.6	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	46.0	0.0	3.4	0.0	35.1	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	10.8	0.0	3.3	0.0	7.4	0.0	0.0
ΟΚΤ	1.5	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	8.4	0.0	0.0	3.3	4.1	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	20.7	0.0	0.0	3.4	11.4	0.0	0.0	0.0
ΕΥΝ	116.7	135.0	0.0	40.5	63.5	99.9	0.0	0.0

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΣΗΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m ²)			
ΙΑΝ	31.6	0.0	0.0	1.2
ΦΕΒ	27.1	0.0	0.0	1.1
ΜΑΡ	16.6	0.0	0.0	1.2
ΑΠΡ	3.2	0.0	0.0	1.1
ΜΑΙ	0.0	1.1	0.0	1.2
ΙΟΥΝ	0.0	9.7	0.0	1.1
ΙΟΥΛ	0.0	16.1	0.0	1.2
ΑΥΓ	0.0	15.9	0.0	1.2
ΣΕΠ	0.0	3.7	0.0	1.1
ΟΚΤ	0.5	0.0	0.0	1.2
ΝΟΕ	7.0	0.0	0.0	1.1
ΔΕΚ	18.8	0.0	0.0	1.2
ΕΥΝ	104.9	46.5	0.0	14.0

Εικόνα 42 Αποτελέσματα Σεναρίου 5.

8. Συμπεράσματα - Προτάσεις

8.1 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα Σενάρια που εκτελέστηκαν φαίνονται συγκεντρωμένα στον Πίνακα 11 που ακολουθεί :

Πίνακας 11 Αποτελέσματα εκτέλεσης σεναρίων λογισμικού ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ

ΣΕΝΑΡΙΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ (Κ.Α.)	ΚΛΙΜΑΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ (€)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ (ΕΤΗ)
Υπάρχον κτίριο	2,44	Z		
Σενάριο 1	2,40	Z	22.135,9	190,1
Σενάριο 2Α	2,37	Z	1.931,6	8,3
Σενάριο 2Β	1,84	E	6.425,4	3,4
Σενάριο 2Γ	1,79	Δ	8.357,0	4,0
Σενάριο 3	1,91	E	2.200,0	1,1
Σενάριο 4	1,37	Γ	32.692,9	9,4
Σενάριο 5	1,44	Δ	10.557,0	3,2

Παρατηρείται λοιπόν, ότι το βέλτιστο σενάριο που θα μπορούσε και προτείνεται να εφαρμοστεί είναι το τέταρτο, λόγω του ότι έχει το χαμηλότερο δείκτη πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης από τα υπόλοιπα πιθανά σενάρια που εκτελέστηκαν (1,37) και είναι το μόνο που κατατάσσει το κτίριο στην κατηγορία Γ. Βέβαια, είναι και αυτό με το υψηλότερο κόστος λόγω του ότι περιλαμβάνει όλες τις επεμβάσεις.

Δεύτερο σε σειρά απόδοσης είναι το Σενάριο 5 που περιλαμβάνει τις μονώσεις σε οροφές και τοιχοποιίες καθώς και την μετατροπή του καυστήρα προκειμένου να χρησιμοποιείται φυσικό αέριο ως καύσιμο. Ο δείκτης πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης είναι 1,44 και σαφώς το κόστος του δε είναι τόσο απαγορευτικό, όσο του Σεναρίου 4. Το κτίριο όμως, κατατάσσεται στην κατηγορία Δ.

Παραμένοντας στην κατηγορία Δ της ενεργειακής κατάταξης κτιρίων, ακολουθεί το Σενάριο 2Γ που περιλαμβάνει όλες τις μονώσεις, με δείκτη πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης 1,79.

Ακολουθεί το Σενάριο 2B, το οποίο με δείκτη πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης 1,84 κατατάσσει το υπό μελέτη κτίριο στην κατηγορία Ε.

Το τελευταίο σενάριο, με το οποίο το Αρχοντικό των Μπενιζέλων κατορθώνει να γίνει ενεργειακά πιο αποδοτικό ανεβαίνοντας στην κατηγορία Ε, είναι το Σενάριο 3, που αφορά στην αλλαγή καυσίμου από πετρέλαιο σε φυσικό αέριο και την προσθήκη 2 ηλεκτροβανών, με δείκτη πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης 1,91. Το κόστος της επέμβασης και ο χρόνος αποπληρωμής είναι τα χαμηλότερα από τα υπόλοιπα σενάρια.

Στη συνέχεια κατατάσσεται το Σενάριο 2Α, στο οποίο μελετήθηκε το ενδεχόμενο προσθήκης επιπλέον μόνωσης της στέγης με δείκτη πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης 2.37 και τέλος το Σενάριο 1 με μόνη επέμβαση τα ξύλινα ανοιγόμενα κουφώματα με δίδυμο όμως υαλοπίνακα, με δείκτη πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης ελάχιστα καλύτερο από της υφιστάμενης κατάστασης και ίσο με 2,40. Και στις δύο τελευταίες εκδοχές το κτίριο παραμένει στην κατηγορία Ζ της ενεργειακής κατάταξης κτιρίων.

Στις Εικόνες 43, 44 και 45 φαίνεται η οικονομοτεχνική ανάλυση όλων των σεναρίων, όπως προκύπτει από το λογισμικό TEE_KENAK. Αναλυτικότερα, φαίνονται οι μειώσεις στα λειτουργικά κόστη, τα αρχικά κόστη επένδυσης, η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, οι μειώσεις εκπομπών CO₂ και φυσικά η περίοδος αποπληρωμής της κάθε επένδυσης.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1.994,1	6.620,9	6.504,5	6.388,5	4.715,0
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			22.135,9	1.931,6	6.425,4
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			7,7	14,0	120,1
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			1,6	2,8	24,3
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			12,8	0,6	0,2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			2,1	3,6	32,1
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			190,1	8,3	3,4

Εικόνα 43 Οικονομοτεχνική ανάλυση για τα Σενάρια 1-2Α-2Β αντίστοιχα

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1.994,1	6.620,9	4.521,3	4.634,1	3.145,5
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			8.357,0	2.200,0	32.692,9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			132,0	106,4	215,7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			26,7	21,5	43,6
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,3	0,1	0,7
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			35,3	40,7	65,9
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			4,0	1,1	9,4

Εικόνα 44 Οικονομοτεχνική ανάλυση για τα Σενάρια 2Γ-3-4 αντίστοιχα

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	1.994,1	6.620,9	3.282,8
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			10.557,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			202,6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			40,9
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,2
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			61,9
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			3,2

Εικόνα 45 Οικονομοτεχνική ανάλυση για τα Σενάρια 5

Στον Πίνακα 12 που ακολουθεί, έχουν υπολογιστεί οι μειώσεις που παρουσιάζονται στις ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου μετά την εφαρμογή του κάθε σεναρίου.

Πίνακας 12 Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων – καταναλώσεων και εκπομπών CO₂ στην υπάρχουσα κατάσταση και στα Σενάρια που εκτελέστηκαν

	Ενεργειακές Απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ενεργειακή Κατανάλωση (kWh/m ²)		Κατανάλωση καυσίμων		
	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Χειμώνας	Καλοκαίρι	Ηλεκτρισμός (kWh/m ²)	Πετρέλαιο/Φυσικό Αέριο (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Υπάρχον κτίριο	112,1	126,4	219,8	68,6	90,2	212,2	145,2
Σενάριο 1	109,5	124,4	215,3	67,6	89,2	207,6	143,0
Σενάριο 2Α	106,5	124,4	209,6	67,6	89,2	202,0	141,5
Σενάριο 2Β	68,0	101,9	140,5	57,2	78,8	132,9	113,0
Σενάριο 2Γ	63,5	99,9	132,2	56,3	77,9	124,6	109,9
Σενάριο 3	112,1	126,4	176,1	54,0	71,5	172,5	104,5
Σενάριο 4	61,2	97,9	101,6	43,2	60,8	98,0	79,3
Σενάριο 5	63,5	99,9	104,9	46,5	64,1	101,3	83,2

8.2 Προτάσεις

Έπειτα από τη μελέτη του κτιρίου με την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ και την εξέταση επτά πιθανών Σεναρίων, τα οποία αντιμετωπίζουν τον περιορισμό των αλλαγών που μπορεί να γίνουν στο Αρχοντικό των Μπενιζέλων, λόγω του ότι τηρεί υπό καθεστώς διατηρητέου κτιρίου, το σενάριο το οποίο προτείνεται προς εφαρμογή είναι το Σενάριο 4, γιατί παρά το μεγάλο κόστος του, επιτυγχάνει τη μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας, με το πλεονέκτημα ότι το κτίριο θα βρίσκεται στην κατηγορία Γ της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων.

Ωστόσο λόγω του υψηλού κόστους του, θα μπορούσε να αντικατασταθεί σαν επιλογή με το Σενάριο 5, κατά το οποίο η διαφορά στο δείκτη πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης είναι μικρή, όμως οι διαφορές στο κόστος επένδυσης και τα έτη αποπληρωμής είναι αρκετά μεγάλες. Όμως το κτίριο σε αυτό το Σενάριο ανήκει στην κατηγορία Δ.

Στο μέλλον, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάποιο πιο εξελιγμένο λογισμικό για την ενεργειακή μελέτη του κτιρίου, διότι ενώ το λογισμικό TEE_KENAK είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο, υπάρχουν προγράμματα που θα προσέφεραν μεγαλύτερη λεπτομέρεια και ακρίβεια στους υπολογισμούς των ενεργειακών καταναλώσεων. Μία τέτοια εξελιγμένη ενεργειακή μελέτη, σε συνδυασμό με τη συγκέντρωση τιμολογίων για σύγκριση των προσομοιώσεων με πραγματικά δεδομένα, θα έδινε τα βέλτιστα δυνατά αποτελέσματα.

Για να καταστεί λοιπόν, δυνατή η μετάβαση του Μουσείου αυτού, σε ενεργειακά αποδοτικές αλλαγές, θα μπορούσαν να συμπράξουν οι φορείς του Υπουργείου Περιβάλλοντος, του Υπουργείου Πολιτισμού & Αθλητισμού και η

Αρχιεπισκοπή, στην οποία έχει παραχωρηθεί το κτίριο και ξεκίνησε και την αναστύλωσή του, σε συνδυασμό με τη βοήθεια του Ε.Μ.Π.

Έτσι, το ίδιο το κράτος θα συνέβαλλε στη μείωση των εκπομπών CO₂ και στην εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, ακολουθώντας τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες και λειτουργώντας ως παράδειγμα για μελλοντικές αντίστοιχες επεμβάσεις σε άλλα μνημεία αλλά και στο οικιακό περιβάλλον.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

9. 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>

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>

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>

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>

Shanthi Priya, R., Sundarraja, M.C Radhakrishnan, S. , Vijayalakshmia, L. (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>

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/>

Αρχαιολογία της πόλης των Αθηνών (Αρχοντικό Μπενιζέλων):

http://www.eie.gr/archaeologia/gr/arxeio_more.aspx?id=55

Αρχείο Παραδοσιακών Οικισμών και Διατηρητέων Κτιρίων – ΥΠΕΚΑ :

<http://estia.minenv.gr>

Εγχειρίδιο SECHURBA (Sustainable Energy Communities in Historic Urban Areas):

<http://www.sechurba.eu/files/Sechurba-Guide-GR-web.pdf>

Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του ΑΠΘ : <http://aix.meng.auth.gr/lhtee/index.html>

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.

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/KALOGIROU%20C%20-%20SAGIA%20A.pdf

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).

Μπίρης, Μ.Γ., (1987), «Αθηναϊκή αρχιτεκτονική 1875-1925», Αθήνα

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

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.

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Β' Έκδοση, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής – Υ.Π.Ε.Κ.Α.,

Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, Απρίλιος 2012.

Διαθέσιμο στο:

<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf>

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, Α' Έκδοση, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής – Υ.Π.Ε.Κ.Α., Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας, Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, Ιούλιος 2010.

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας και λογισμικό του TEE KENAK. Διαθέσιμα στα:

http://portal.tee.gr/portal/page/portal/TEE_HOME/TEE_HOME_NEW

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

Τσακανίκα Ε., Ζαρογιάννη Ε., Μουζάκης Χ., (2006), «Αποκατάσταση και απόδοση σε νέα χρήση του διατηρητέου μνημείου Οδ. Αδριανού 96», Αθήνα (Αρχοντικό Μπενιζέλων)

Υπουργείο Ανάπτυξης (Πρόγραμμα Εξοικονομώ):

http://www.ypan.gr/docs/d.t.%28090109%29exoikonomo_proetimasia.pdf

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής:

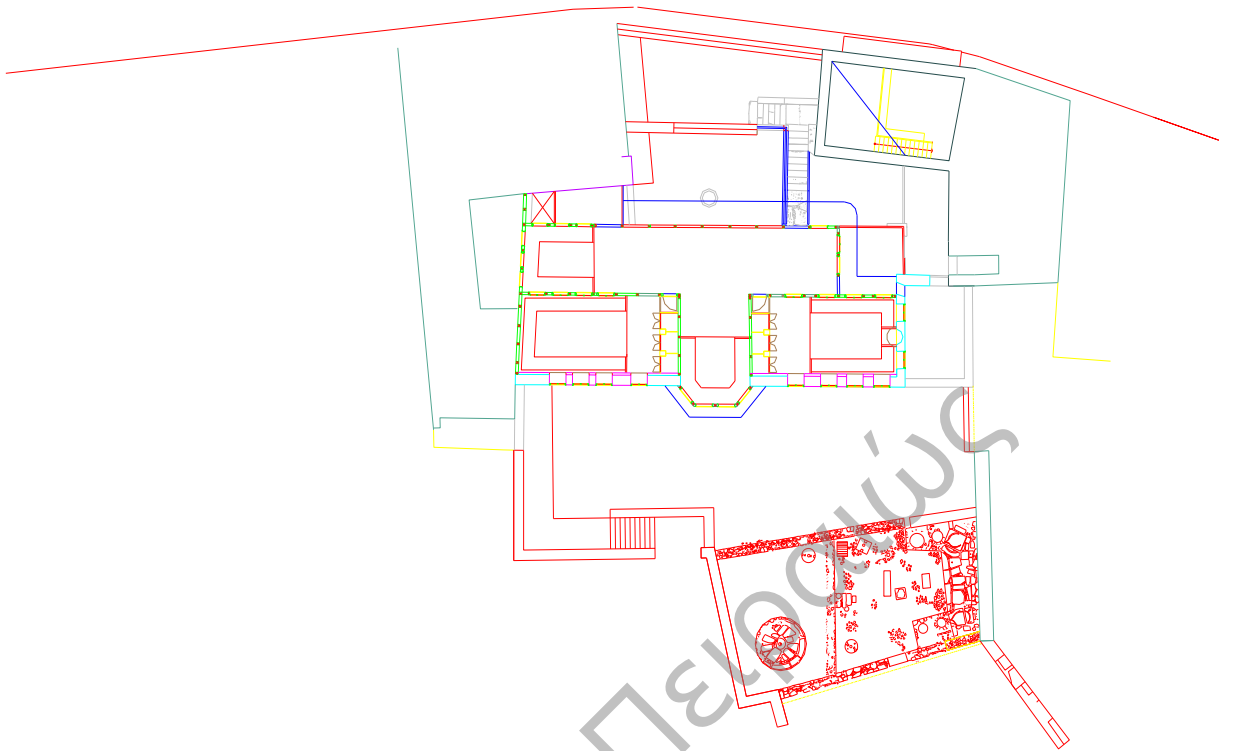
<http://exoikonomisi.ypeka.gr/>

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

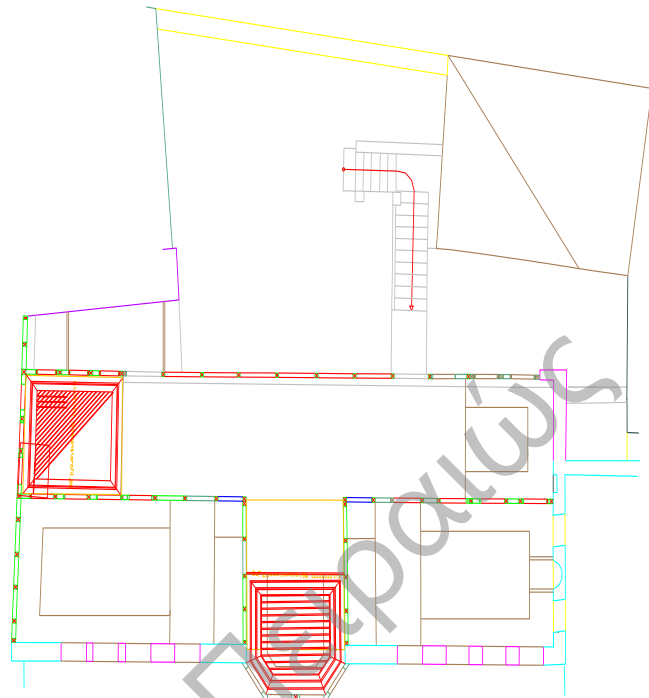
Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

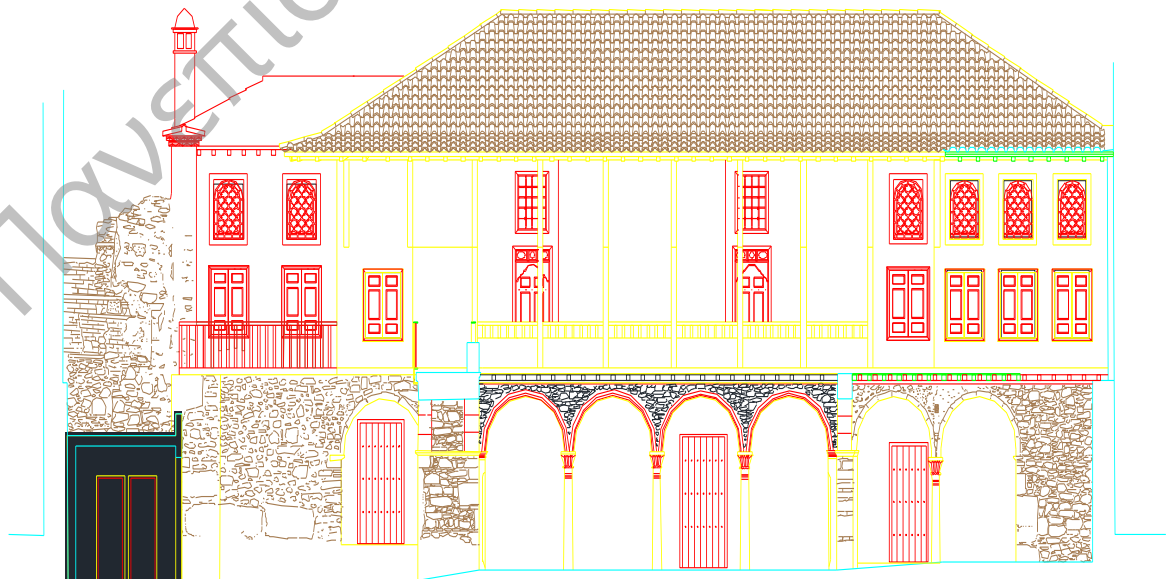
Πανεπιστήμιο Πειραιώς



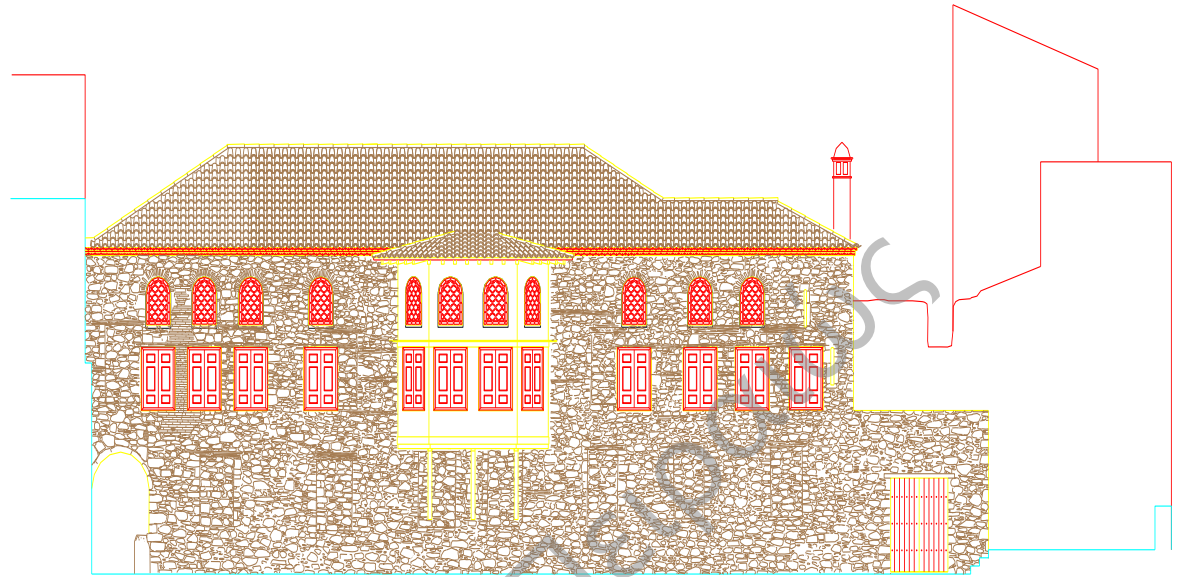
Σχέδιο 1 : Κάτοψη
ισογείου



Σχέδιο 2 : Κάτοψη ορόφου

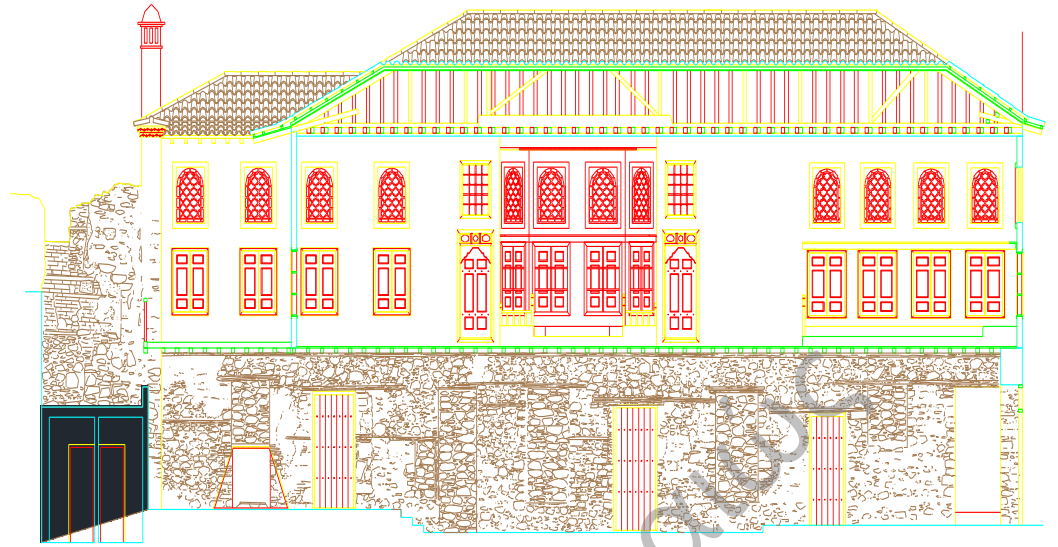


Σχέδιο 3 : Βόρεια όψη



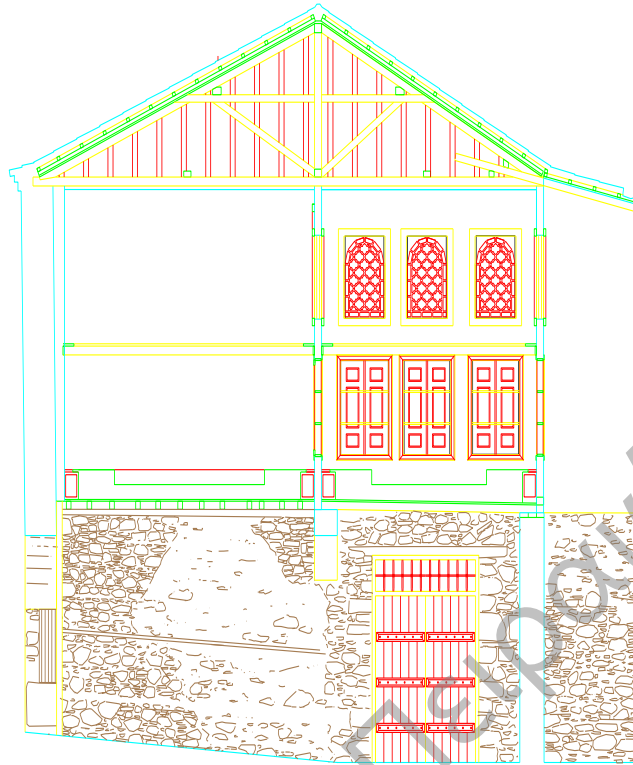
Σχέδιο 4: Νότια όψη

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΣΕΩΣ

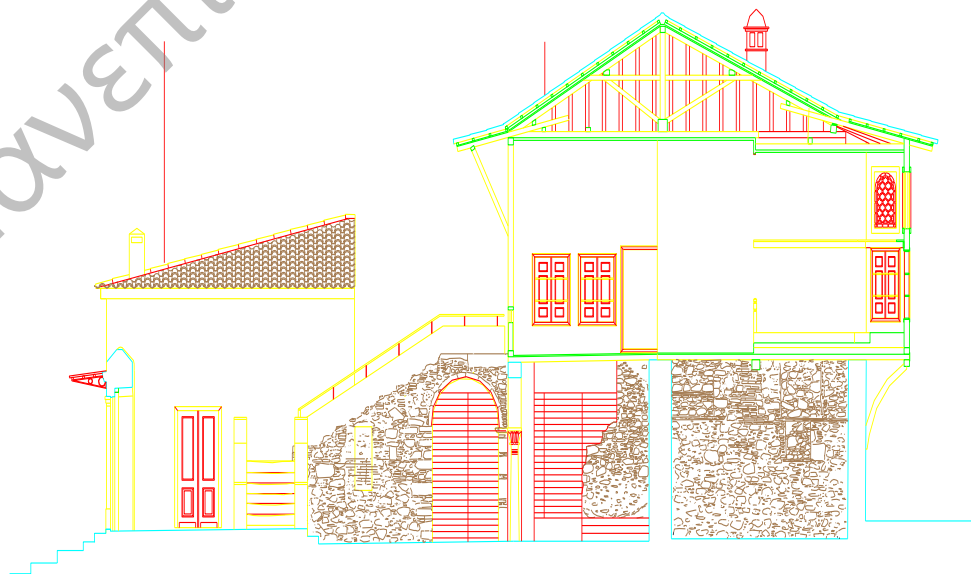


Σχέδιο 5: Τομή 1

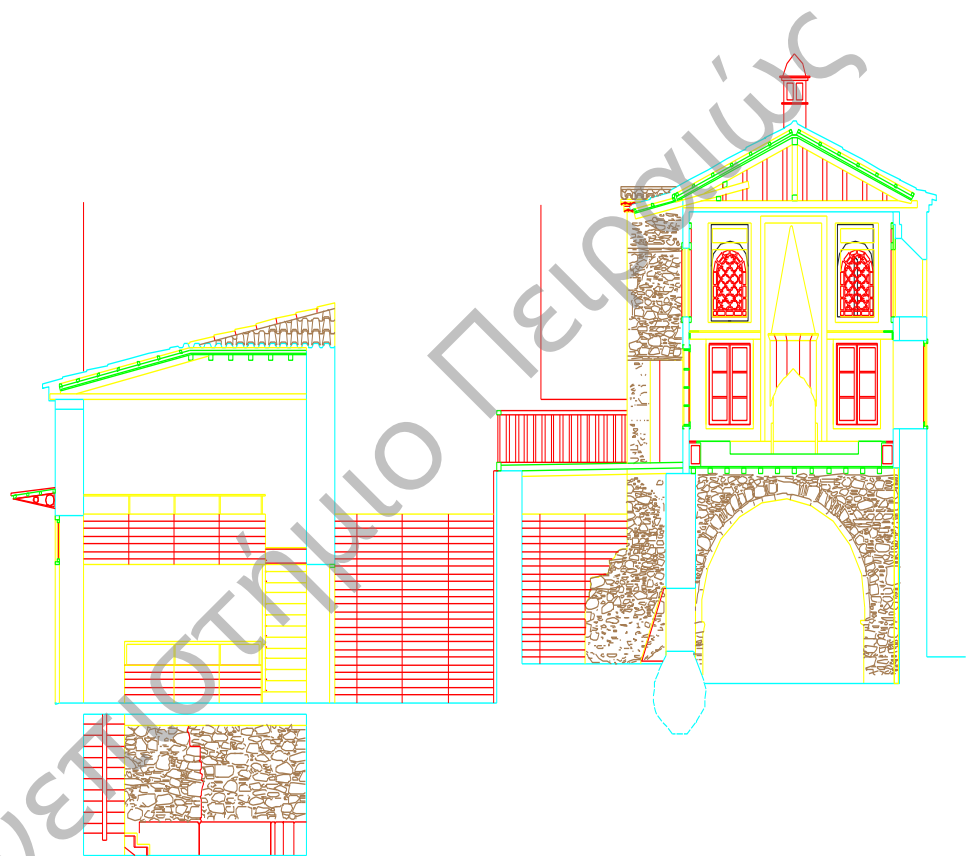
Πανεπιστήμιο Πειραιώς



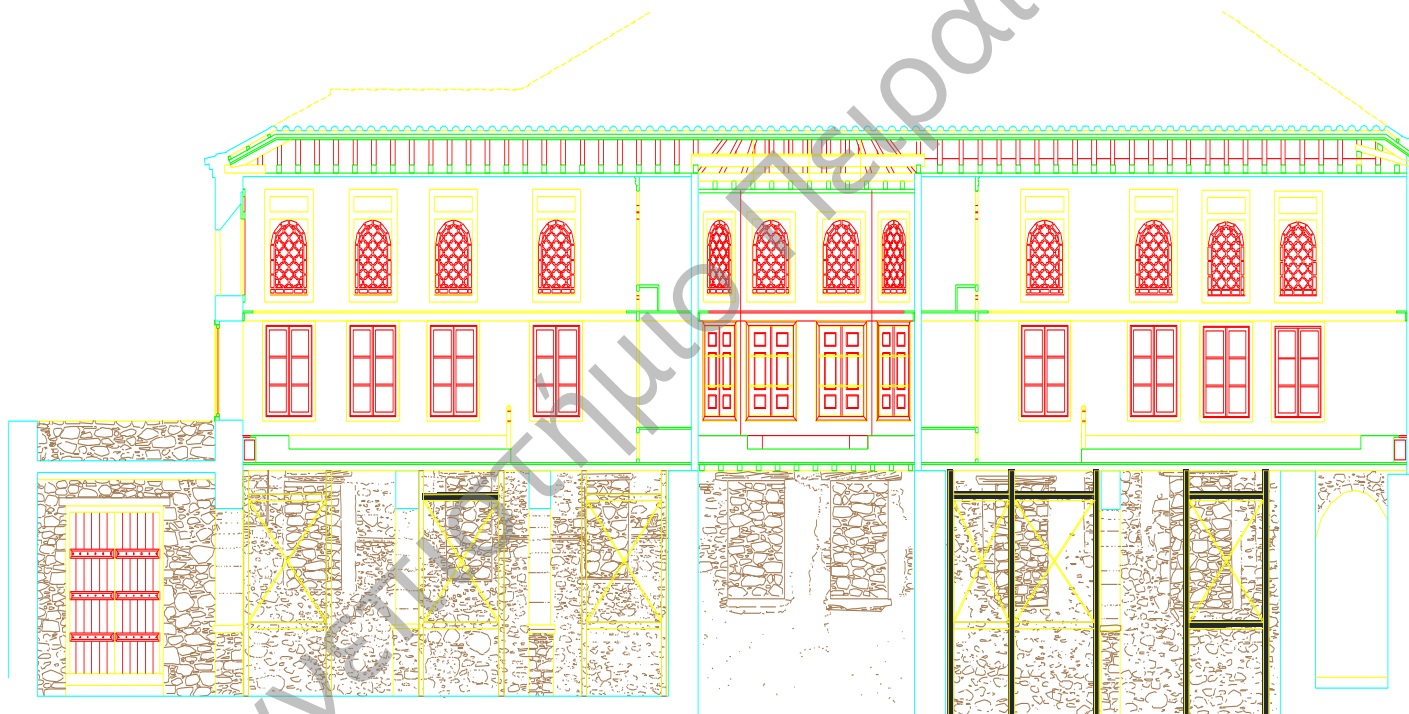
Σχέδιο 6 : Τομή 2



Σχέδιο 7 : Τομή 3



Σχέδιο 8 : Τομή 4



Σχέδιο 9 : Τομή 5