



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Πολυτεχνική Σχολή

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΩΜΟΠΛΙΝΘΙΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

ΚΙΤΣΙΚΟΥΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΝΑΡΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΚΟΖΑΝΗ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2024

Περίληψη	4
Abstract	5
Δομή εργασιακής μελέτης	5
Κεφάλαιο 0	7
0.1 Εισαγωγική Ιστορική Αναδρομή	7
0.1.1 Ο πηλός ως δομικό υλικό (ωμόπλινθος) στον κόσμο.....	7
0.1.2 Η χρήση του πλίνθου στην Ελλάδα	10
0.2 Ο πηλός ως δομικό υλικό σήμερα	13
0.3 Εναλλακτικά Δομικά Υλικά: Μια Στροφή προς την Βιώσιμη Δόμηση	13
0.3.1 Παραδείγματα Εναλλακτικών Υλικών και Τεχνικών	14
0.4 Ωμόπλινθοι: Μια Αρχαία Τεχνική με Σύγχρονη Εφαρμογή.....	15
0.4.1 Εισαγωγή.....	15
0.4.2 Κατασκευή	15
0.4.3 Πλεονεκτήματα	16
Κεφάλαιο 1. Κτηριακό δυναμικό στην Ελλάδα	17
1.1 Ο Ρόλος των Κτηρίων στην Απανθρακοποίηση: Κρίσιμες Προκλήσεις και Δυνατότητες	17
1.2 Εθνικό Κτηριακό Δυναμικό Ελλάδας: Εστίαση στα Υφιστάμενα Κτήρια.....	17
1.2.1 Πλήθος και Ηλικία Κτηρίων	18
1.2.2 Κλιματικές Ζώνες Ελλάδας: Χωρισμός, Χαρακτηριστικά και Κατανομή Κτηρίων	20
1.3 Στατιστικά στοιχεία καταναλώσεων ενέργειας κατοικιών.....	22
1.3.1 Επίδραση Οικονομικής Κρίσης στην Ενεργειακή Κατανάλωση Νοικοκυριών	24
1.4 Θεωρητικό Υπόβαθρο Υπολογισμών Μελέτης.....	29
1.4.1 Βασικοί συντελεστές θερμοφυσικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων του κτηρίου	29
1.4.1 Θερμικά & Ψυκτικά Φορτία.....	29
1.4.2 Προσδιορισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κτηρίου για μελέτη θερμομόνωσης	27
1.5 Θερμικές και φυσικές ιδιότητες των υλικών	33
1.6 Κατανόηση των θερμικών ιδιοτήτων και θερμική αδράνεια-διάχυση	37
1.7 Προσδιορισμός θερμικού/ψυκτικού φορτίου κτηρίου, βάσει Κ.Εν.Α.Κ.	40
Κεφάλαιο 2. Εισαγωγή της Υπό Μελέτη Μονοκατοικίας στο περιβάλλον των Λογισμικών προσομοίωσης	42
2.1 Εισαγωγή στο TEE-KENAK	42
2.2 Υπο μελέτη κτήριο	45
2.3 Γενική περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου	45
2.3.1 Αρχική κατάσταση κτηρίου.....	45
2.3.2 Γενικά στοιχεία κτηρίου.....	46
2.3.3 Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας	49

2.4 Έλεγχος Θερμομονωτικής Επάρκειας Δομικών Στοιχείων και Κτηρίου	49
2.4.1 Θερμομόνωση κτηρίων: Απαιτήσεις Κ.Εν.Α.Κ. και έλεγχος θερμοπερατότητας	49
2.4.2 Περιορισμοί συντελεστή θερμοπερατότητας	50
2.4.3 Συνάρτηση του λόγου εμβαδού προς όγκο.....	50
2.4.4 Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας.....	51
2.5 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας U και U _m βάσει Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017	51
2.6 Εισαγωγή στο Revit.....	53
Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή ανάλυση Υφιστάμενου κτηρίου και 1^ο Σεναρίου	56
3.1 Εισαγωγή.....	56
3.2 Υπολογισμός Ετήσιων Ενεργειακών Φορτίων	56
3.3 Υπολογισμός Συντελεστών Σκίασης.....	59
3.4 Υπολογισμός Ενεργειακών Καταναλώσεων	64
3.5 Ενεργειακή κατάταξη.....	67
Κεφάλαιο 4. Ανέγερση κατοικίας και προτεινόμενες παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης	69
4.1 Εισαγωγή.....	69
4.2 Εισαγωγή των δεδομένων στο Revit	69
4.3 Εισαγωγή των συντελεστων θερμοπερατότητας του Revit στο πρόγραμμα του Κ.Εν.Α.Κ.....	75
4.4 Επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης.....	79
4.5 Σενάρια - σχολιασμός	82
6 Συμπεράσματα	84
Παράρτημα πινάκων 2^ο 3^ο και 4^ο κεφαλαίου.....	86
Παραπομπές	94

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετάμε τη θερμική συμπεριφορά ενός κτηρίου κατασκευασμένου από επαναχρησιμοποιημένους ωμόπλινθους. Το κτήριο αναφοράς είναι μονοκατοικία σε προάστιο της Λάρισας το οποίο επιβαρύνθηκε από τις καταστροφικές πλημμύρες του Σεπτεμβρίου του 2023. Μετά την πρωτοβουλία του κράτους να αποζημιώσει τα πληγέντα σπίτια με 1000 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο, τα ερωτήματα που δημιουργήθηκαν είναι τα εξής. Αρχικά, το πού θα καταλήξουν τα υλικά του κτηρίου προς κατεδάφιση και έπειτα από τι υλικά θα αποτελείται το νέο ανεγερθέν κτήριο. Έτσι, στη διπλωματική εργασία παρουσιάζεται αρχικά το σενάριο ανέγερσης μονοκατοικίας με τα συνήθη υλικά, ώστε να καλυφθούν οι απαιτήσεις του KENAK. Παράλληλα, στο δεύτερο σενάριο μελετήθηκε η δυνατότητα ανακύκλωσης της υφιστάμενης τοιχοποιίας (ωμόπλινθος) με την προσθήκη συμβατικού μονωτικού υλικού, ώστε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα. Με την εξαγωγή αυτών των αποτελεσμάτων που δικαιώνουν το δεύτερο σενάριο, ακολουθεί το τρίτο σενάριο σε μια προσπάθεια να επιτευχθούν τα σχέδια της ΕΕ που προβλέπουν την κάλυψη των αναγκών ενέργειας εξ ολοκλήρου από ηλεκτρική ενέργεια έως το 2050. Επίσης, εξετάζονται τα μεγέθη της πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση, καθώς και οι εκπομπές CO₂, αφού γίνει προσθήκη φωτοβολταϊκών 5 KW στη στέγη του κτηρίου. Τέλος, όλα τα παραπάνω επιτυγχάνονται με τον συνδυασμό δύο λογισμικών, αυτό του TOTEΕ- KENAK (που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων) και αυτό του Revit (από το οποίο γίνεται η εξαγωγή της θερμοπερατότητας των δομικών μας στοιχείων), ώστε τα αποτελέσματα να είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα.

Abstract

In this thesis, we investigate the thermal performance of a building constructed from recycled adobe with straw. The referenced building is a single-family house in a suburb of Larissa that was affected by the devastating floods of September 2023. The Greek government's initiative to compensate flood-damaged homes with 1000 euros per square meter has raised several important questions. These questions primarily concern the fate of the demolished buildings' materials and the construction materials to be used for the new structures. The thesis presents two scenarios for the construction of a single-family house in a suburb of Larissa, Greece. The first scenario involves building the house using conventional materials to meet the requirements of the Greek Energy Performance of Buildings Regulation (KENAK). The second scenario explores the feasibility of recycling the existing adobe brick walls and adding conventional insulation materials, comparing the energy performance of both approaches. Building upon the findings of the second scenario, which explored the energy performance of a recycled adobe brick building with conventional insulation, the thesis introduces a third scenario that aligns with the European Union's ambitious goal of achieving a fully electric energy system by 2050. Therefore, a 5 kW photovoltaic system is installed on the building's roof to be assessed in terms of primary energy consumption by use and CO² emissions. All of the calculations above are achieved through the integration of two software tools: TOTEK-KENAK, which is used to extract the energy performance results, and Autodesk Revit, which provides the thermal properties of the building elements. This combined approach ensures that the results are more realistic.

Δομή εργασιακής μελέτης

Κεφάλαιο 0: Στο εισαγωγικό κεφάλαιο πραγματοποιείται μία ιστορική αναδρομή του ωμόπλινθου ως υλικό δόμησης τόσο στον κόσμο όσο και στην Ελλάδα, από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα. Γίνεται μία εισαγωγή στα εναλλακτικά δομικά υλικά και ένας πιο ενδελεχής έλεγχος του ωμόπλινθου όσον αφορά την κατασκευή, τα πλεονεκτήματα.

1° Κεφάλαιο: Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο πραγματοποιείται μία εισαγωγή όσον αφορά τη δομή της εν λόγω διπλωματικής εργασίας, την κατάσταση και επισκόπηση του ευρωπαϊκού και εθνικού κτηριακού δυναμικού με σημαντικά στοιχεία σχετικά με τα κτήρια κατοικιών. Επίσης, παρουσιάζεται η θεωρία που χρειάζεται για τον υπολογισμό ορισμένων σημαντικών τιμών και οι θερμοφυσικές ιδιότητες του υλικού, όσον αφορά τη μελέτη θερμομόνωσης, τα αποτελέσματα των ενεργειακών απαιτήσεων, τα φορτία θέρμανσης και ψύξης του κτηρίου.

2° Κεφάλαιο: Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού TEE KENAK, καθώς και το περιβάλλον εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων και αποτελεσμάτων. Περιγράφεται το κτήριο μελέτης, η αρχική κατάστασή του, τα κλιματικά δεδομένα της τοποθεσίας του, η τοπογραφία του

οικοπέδου του καθώς και ορισμένα γενικά στοιχεία του. Αναφέρεται η χρήση του κτηρίου μαζί με τις εσωτερικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτό, σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτηρίων(Κ.Εν.Α.Κ) Γίνεται έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας δομικών στοιχείων και του κτηρίου καθώς και ο υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας βάσει του Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το λογισμικό ενεργειακής προσομοίωσης Revit, ο τρόπος λειτουργίας του στη συγκεκριμένη εργασία, το περιβάλλον εργασίας του, τα βασικά στοιχεία και εργαλεία του.

3° Κεφάλαιο:. Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρεται η λειτουργία του λογισμικού ενεργειακής πιστοποίησης KENAK, καθώς και το τι πραγματεύεται το εν λόγω λογισμικό. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η εφαρμογή του λογισμικού αυτού σε ένα θεωρητικά σύγχρονο κτήριο, με τα συνήθη υλικά και ακολουθεί ο σχεδιασμός των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού. Τέλος, αναφέρονται τα δεδομένα σχετικά με τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτηρίου και του κτηρίου αναφοράς, καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το πρόγραμμα.

4° Κεφάλαιο: Αρχικά, σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζεται το λογισμικό ενεργειακής προσομοίωσης Revit, ο τρόπος λειτουργίας του στη συγκεκριμένη εργασία, το περιβάλλον εργασίας του, τα βασικά στοιχεία και εργαλεία του, ώστε να εξαχθούν οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων. Ακολουθεί η μοντελοποίηση του υπό μελέτη κτηρίου στο εν λόγω λογισμικό με την περιγραφή των βημάτων σχεδίασής του. Πραγματοποιείται η μελέτη θερμομόνωσης βάσει των στοιχείων του λογισμικού σε συνδυασμό με τους απαραίτητους ελέγχους σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. Εξετάζεται η σκοπιμότητα εναλλακτικών λύσεων σχεδιασμού των ενεργειακών συστημάτων του κτηρίου. Έπειτα, γίνεται προσθήκη φωτοβολταϊκών (Φ/Β) πλαισίων που προτείνεται να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη μέρους του φορτίου των ηλεκτρικών καταναλώσεων του κτηρίου και η προσθήκη ηλιακού συλλέκτη, ώστε να καλύπτει το 70% των απαιτήσεων για ΖΝΧ. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη παρέμβαση, καταλήγοντας στην πρωτογενή ενέργεια ανά τελική χρήση και στις εκπομπές CO₂.

Συμπεράσματα : Στο συγκεκριμένο τελευταίο κεφάλαιο πραγματοποιείται μία σύνοψη της εργασίας και σύγκριση των σεναρίων, με βάση τα αποτελέσματα από τα δύο λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν.

Κεφάλαιο 0

0.1 Εισαγωγική Ιστορική Αναδρομή

0.1.1 Ο πηλός ως δομικό υλικό (ωμόπλινθος) στον κόσμο

Η διαχείριση σημαντικών ποσοτήτων εδάφους και χωμάτινης αρχιτεκτονικής έχει πάρει πολλές μορφές στην ιστορία: ταφή νεκρών, γεωργικά έργα, κανάλια και δεξαμενές, οχυρώσεις, όπως το Σινικό τείχος (εικόνα 0.1), αναχώματα, αρχιτεκτονικές και αστικές διαμορφώσεις- από απλές κατοικίες μέχρι παλάτια, βοηθητικούς χώρους μέχρι θρησκευτικούς ναούς, ιστορικά κέντρα πόλεων, πολιτιστικά τοπία, αρχαιολογικούς χώρους.



Εικόνα 0.1 Σινικό Τείχος

Η χρήση άψητης γης στην αρχιτεκτονική διαδικασία έχει εντοπιστεί σε μεγάλη γεωγραφική εμβέλεια του δομημένου κόσμου και σε ευρεία χρονική κλίμακα της ανθρώπινης ιστορίας. Χρονικά τοποθετείται στα πρωταρχικά υλικά δόμησης που αξιοποίησε ο άνθρωπος, ενώ έχει χρησιμοποιηθεί σε όλους τους αρχαίους πολιτισμούς. Η αξιοποίηση τοπικά εκσκαμμένου εδάφους, συνέβαινε αυθόρμητα, ιδιαίτερα σε αργιλώδεις περιοχές.

Σύμφωνα με αρχαιολογικές ενδείξεις, η χρήση πηλού για δομικούς σκοπούς ξεκίνησε πριν από 10.000 - 12.000 χρόνια, ενώ η παραγωγή ωμόπλινθων σε καλούπια συναντάται τόσο στη Μέση Ανατολή, όσο και

στην Αμερική. Φαίνεται πως αναπτύχθηκε στην περιοχή της Μεσοποταμίας πριν από περίπου 7.000 χρόνια. Σύμφωνα με άλλες πηγές, η αρχαία αυτή τεχνική είναι ακόμη παλαιότερη με τα αρχαιότερα δείγματα να εμφανίζονται περίπου το 8.300 π.Χ (Φράγκου Χάρις, 2020). Τα πρώτα δείγματα ωμόπλινθων βρέθηκαν στο Περού και είχαν κωνικό σχήμα, ενώ αργότερα βρέθηκαν σε πυραμιδοειδή μορφή στη βόρεια Νιγηρία. Τοιχογραφίες σε τάφους της αρχαίας Αιγύπτου αναπαριστούν τη διαδικασία παραγωγής πλίνθων, πράγμα που αποδεικνύει την ύπαρξη της τεχνικής αυτής από τα βάθη της ιστορίας. Ο άνθρωπος, δηλαδή, εγκαταλείποντας τη νομαδική ζωή πριν 10.000 χρόνια περίπου, συγκρότησε μόνιμους οικισμούς και ο άψητος πηλός αποτέλεσε ένα από τα πρωταρχικά υλικά δόμησης (Φράγκου Χάρις, 2020).

Η χρήση του χρονικά δεν έχει ομοιογενή εξέλιξη, όπως ομοιογενής δεν είναι συνολικά και η πορεία των κοινωνιών ανά τον κόσμο. Όμως, στη διάρκεια του χρόνου έχει αφήσει τεράστιο απόθεμα κατασκευών και πολιτιστικής κληρονομιάς.

Από γεωγραφική, τώρα, σκοπιά, η χωμάτινη αρχιτεκτονική, επίσης, εμφανίζει ιδιαίτερα μεγάλη εξάπλωση. Στο παρελθόν, που η δόμηση βασιζόταν στην άμεση αξιοποίηση των πρώτων υλών του τόπου και δεδομένου του γεγονότος ότι το χώμα αποτελεί τοπικό υλικό σε πάρα πολύ μεγάλο μέρος του κόσμου, ήταν επόμενο η χρήση του να είναι τόσο πολύ διαδομένη. Μέχρι και σήμερα το ένα τρίτο της ανθρωπότητας ζει σε κατασκευές από χώμα, ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες το ποσοστό αυτό ξεπερνάει το μισό του πληθυσμού.

Το μεγαλύτερο κτήριο στον κόσμο φτιαγμένο από χώμα, μπορεί κανείς να το συναντήσει στην αφρικανική πόλη Djenne. Το Great Mosque of Djenne (εικόνα 0.2), μεγέθους 1300 τετραγωνικών μέτρων και ύψους 16 μέτρων, είναι ναός και μπορεί να φιλοξενήσει 3.000 πιστούς. Καθώς δεν υπάρχουν στοιχεία με την ακριβή χρονολογία κατασκευής του μνημείου, υπολογίζεται ότι κτίστηκε μεταξύ του 1.200 και του 1.330. Το αρχικό κτίσμα κατεδαφίστηκε το 1834, μετά από διαταγή του κατακτητή της πόλης Amadou Lobbo. Το μόνο κομμάτι που επιβίωσε από αυτό, είναι μια περίφραξη που περιέχει τάφους ηγετών. Μερικά χρόνια μετά, το 1896, ξανακτίστηκε στην αρχική του μορφή, ξανακατεδαφίστηκε και ανακατασκευάστηκε το 1907, κατά την Γαλλική κυριαρχία. Η UNESCO, το 1988, το συμπεριέλαβε στη λίστα με τα μνημεία παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς (Φράγκου Χάρις, 2020).

Ο ναός κτίστηκε εξ ολοκλήρου από χωμάτινες πλίνθους, ψημένες στον ήλιο, τα λεγόμενα ferey, έχει επιχρισθεί με παχύ στρώμα λάσπης και ξύλινες δοκοί έχουν χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της στατικότητάς του. Οι δοκοί αυτές εξέχουν από τη χωμάτινη επιφάνεια, χαρίζοντάς του μια ιδιαίτερη μορφή. Μεγάλα τοξοειδή ανοίγματα κοσμούν τους εννέα εσωτερικούς τοίχους, ενώ στη στέγη υπάρχουν μικρές οπές για συνεχή αερισμό, οι οποίες ταυτόχρονα ενισχύουν τον βιοκλιματικό χαρακτήρα του κτηρίου. Λόγω του ότι ο συγκεκριμένος τρόπος κτισίματος χρειάζεται συνεχή συντήρηση, είναι απαραίτητο οι τυχόν ζημιές, που προξενούνται από βροχές και υγρασία, να επιδιορθώνονται αποκλειστικά από γνώστες της τεχνικής και επιπλέον αυτό να γίνεται άμεσα.

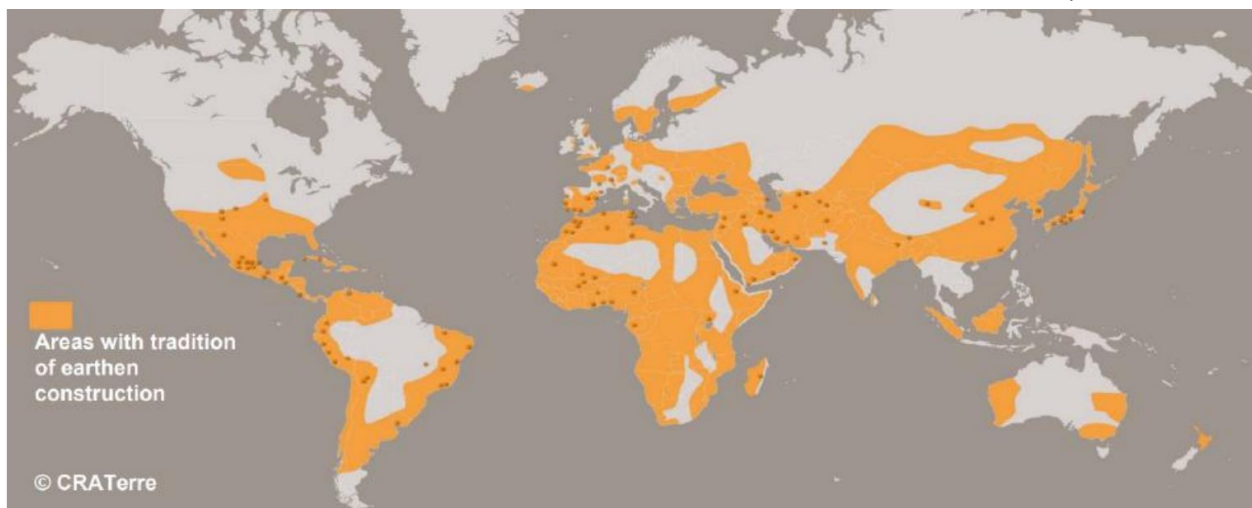


Εικόνα 0.2 Great Mosque of Djenne

Παράλληλα, αξίζει να επισημανθεί ότι υπάρχει καταγεγραμμένη πολύ επισταμένη έρευνα και ανάλυση των παραδειγμάτων χωμάτινης αρχιτεκτονικής ανά τον κόσμο από οργανισμούς και ινστιτούτα που ειδικεύονται σε αυτού του είδους την πολιτιστική κληρονομιά.

Σημεία αναφοράς αποτελούν ο οργανισμός CRATerre/EAG (CRATerre/EAG, 2014), το εκπαιδευτικό κέντρο amàco, το ερευνητικό εργαστήριο FEB, πολλοί διεθνείς οργανισμοί (UNESCO, ICCROM, ICOMOS-ISCEAH, Getty Conservation Institute), δίκτυα και κοινότητες, όπως η Auroville στην Ινδία, το EcoCentro IPEC στη Βραζιλία, η Tamera στην Πορτογαλία, το πηλοϊκό στην Ελλάδα και πολλά άλλα που δεν θα αναπτυχθούν περαιτέρω στα πλαίσια της παρούσας εργασίας (Φράγκου Χάρις, 2020).

Ο παρακάτω χάρτης απεικονίζει τις περιοχές με παράδοση στη δόμηση με χώμα, ενώ οι κουκίδες σηματοδοτούν αναγνωρισμένα σημεία χωμάτινης πολιτιστικής κληρονομιάς (Εικόνα 0.3).



Εικόνα 0.3 Παγκόσμιος χάρτης χωμάτινης δόμησης και αρχιτεκτονικής. (Γ.Μπέη, 2011)

0.1.2 Η χρήση του πλίνθου στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα διαχρονικά υπήρχε επίσης δυναμική παρουσία και ανάπτυξη του υλικού. Η προσπάθεια ιστορικής καταγραφής του ξεκίνησε το 2018. Ομάδες εργασίας από τις αρχιτεκτονικές σχολές του ΕΜΠ, ΑΠΘ, ΠΚ, με συντονιστικό ρόλο την ομάδα πηλοΐκο α.μ.κ.ε, που ειδικεύεται στον τομέα, ανέλαβαν το έργο της καταγραφής.

Από την έρευνά τους, μέσω του οδοιπορικού στην Ελλάδα - που παρατίθεται συνοπτικά παρακάτω - φαίνεται ότι όχι μόνο υπήρχε παρουσία του υλικού, αλλά αυτό έπαιξε κεντρικό ρόλο στην κατασκευή, σε συνδυασμό με άλλους φυσικούς πόρους, όπως ξύλο, άχυρο, ασβέστης, και με τη μορφή διαφόρων οικοδομικών τεχνικών, ενώ εμφανίστηκε ήδη από τους πρώτους αρχαίους ελληνικούς πολιτισμούς.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι οικισμοί Σέσκλο, Διμήνη και Δισπηλιό. Παράλληλα, ήδη από τη μινωική εποχή (2600–1100 π.Χ.) υπάρχουν ενδείξεις για τη χρήση πλίνθων και άλλων χωματοουργικών υλικών σε σύνθετα ανακτορικά συγκροτήματα, όπως η Ζάκρος, τα Μάλια και η Κνωσός. Στη μινωική πόλη των Γουρνιών τα περισσότερα σπίτια ήταν πολυώροφα και χτισμένα σε ύψος με πλίθια, ενώ οι επίπεδες στέγες τους διαμορφώθηκαν με πατητή γη. Βασική επιρροή αποτέλεσαν οι επαφές των Ελλήνων με γειτονικούς λαούς της Βόρειας Αφρικής, της Μέσης Ανατολής και της Ασίας, όπου υπήρχε εκτεταμένη χρήση γης ακόμα και σε έργα μεγάλης κλίμακας.

Το ίδιο υλικό χρησιμοποιείται και καθ' όλη την αρχαιότητα (αρχαϊκή, κλασική και ελληνιστική). Με βάση τις πηγές, οι ιδιωτικές κατοικίες στην Αθήνα του 5^{ου} και 4^{ου} αιώνα π. Χ. ήταν πλινθόκτιστες με έναν όροφο, χωρίς, βέβαια, να λείπουν και οι δώροφες [...τα ιδιωτικά σπίτια της εποχής εκείνης, τόσο της παλιότερης όσο και της περιόδου της ακμής της πόλης, του 5^{ου} και του 4^{ου} π. Χ αιώνα, ήταν κατά κανόνα «χαμοκέλες», χτισμένες με ωμές πλίθρες, χωρίς πάτωμα κάτω, με στέγη επίπεδη, σκεπασμένη με κλαδιά δένδρων, στα οποία άπλωναν λάσπη από χώμα για να προφυλάσσουν το εσωτερικό τους από τα νερά της βροχής, χωρίς συνήθως να το καταφέρνουν....] (Κωστάκης, 1996). Ίδια εικόνα παρουσιάζουν οι ιδιωτικές κατοικίες του 4^{ου} π. Χ. αιώνα στην Όλυνθο της Χαλκιδικής αλλά και στο νησί της Δήλου, όπως αποδεικνύουν αξιολογα ευρήματα των ανασκαφών στις παραπάνω περιοχές (Flaceliere, 1985).

Αλλά και στο Βυζάντιο, εκτός από τα παλάτια και τις οικίες των αρχόντων, που ήταν κτισμένα με μάρμαρο ή λίθους, οι μεσαιωνικοί πρόγονοί μας κατά το κτίσιμο μεταχειρίζονταν «οπτάς πλίνθους» που εναλλάσσονταν με πέτρες και συχνά στα πλίνθινα μέρη χάραζαν μονογράμματα [...Αντί λίθων, κατά τό κτίσιμον, συχνά μετεχειρίζοντο οί μεσαιωνικοί πρόγονοι ήμῶν καί οπτάς πλίνθους, «βήσαλα» ἤ , κατά τούς μεταγενεστέρους αἰῶνας, τοῦβλα καλουμένας, αἰτινες ἐνηλλάσσοντο μέ σειράς λίθων καί αἰτινες, οὐχί σπανίως, ἔφερον καί μονογράμματα...] (Κουκουλές, 1951), ενώ οι φτωχότεροι έκτιζαν με «ωμάς πλίνθους» βάζοντας στον πηλό άχυρα [...ένταῦθα δέν πρέπει νά παραλίπω, ὅτι καί ὠμάς τοιαύτας μετεχειρίζοντο οί πτωχότεροι κατά τήν κτίσιν τῶν οικιῶν των, ἄχυρα εἰς τόν πηλόν παρεμβάλλοντες..] (Κουκουλές, 1951). Τέλος για τους σχεδόν άπορους υπήρχε και η λύση των πιο πρόχειρων οικιών, οι οποίες γίνονταν από καλάμια και ο πηλός χρησιμοποιούνταν για επάλειψη των καλαμιών [...καί

έντελῶς πρόχειροι τοῖχοι ἐκτίζοντο, διά τῆς συνδέσεως καλάμων καί τῆς ἐπαλείψεως αὐτῶν διά πηλοῦ, ἄτινα οἰκήματα χαρακτηρίζουσιν ὡς «καλαμότοιχα»....] (Κουκουλές, 1951).

Από τον 15^ο αι. μ.Χ έως τα μέσα του 20^{ου}, η χρήση του πλίνθου ήταν επίσης εκτεταμένη, αλλά οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνταν και οι περιοχές καθορίζονταν από παράγοντες που σχετίζονται με το κλίμα, τους διαθέσιμους πόρους, την μορφολογία και την κοινωνική οργάνωση κάθε τόπου. Ωστόσο, το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα η χρήση του μειώθηκε, κάτι που συνέβη και στο μεγαλύτερο μέρος του Δυτικού κόσμου.

Τεχνικά, το υλικό έχει χρησιμοποιηθεί σε φέρουσες τοιχοποιίες με τη μορφή τούβλων, σαν πλήρωση σε μη φέρουσες κατασκευές αλλά και σαν συνδετικό υλικό σε κονιάματα και επιστρώσεις. Οι παλαιότερες γνωστές μέθοδοι κατασκευής είναι αυτές που συνδυάζουν το ακατέργαστο ξύλο με χωμάτινη πλήρωση. Ιδιαίτερα συνήθης πρακτική ήταν η χρήση ξυλοδεσιάς, οριζόντια στο κτήριο για επιπλέον ενίσχυση, με ανοίγματα διαφόρων ειδών ακόμα και τοξωτά. Κοινό χαρακτηριστικό στα περισσότερα κτήρια, είναι οι ξύλινες στέγες με σημαντική προεξοχή για προστασία από το νερό της βροχής. Συχνή, επίσης, είναι και η εφαρμογή επιχρισμάτων, ενώ για καλύτερη πρόσφυση επιπλέον σπασμένα κεραμίδια χρησιμοποιούνταν σαν συνδετικό κονίαμα. Πολλές φορές εντοπίζονται χωμάτινες τεχνικές και στην κατασκευή δαπέδων αλλά και στην επικάλυψη δωματίων.

Στις ημιορεινές περιοχές επικρατεί το ποσοστό λιθοδομής και η χρήση πλίνθας συνήθως περιορίζεται στους ορόφους ή και σε μικρά τμήματα του φορέα (π.χ παραλίμνιοι οικισμοί Πρέσπας). Στις πεδινές περιοχές, αντίστοιχα, όπου η πέτρα σπανίζει, συναντάται μεγάλος αριθμός πλίνθινων κατασκευών.

Σε όλη την περιοχή της Πελοποννήσου, (εικόνα 0.4) στο παραθαλάσσιο μέτωπο αλλά και στο οροπέδιο της Τρίπολης εντοπίζεται σημαντικός αριθμός ολόκληρων οικιστικών συνόλων από χώμα. Αυτά είναι κτίσματα σε νεοκλασικό ύφος, που επικρατεί την περίοδο κατασκευής, και προσαρμοσμένα στην μικρή κλίμακα και τις ιδιαιτερότητες του τόπου. Άλλα είναι κατασκευές με χρήση κυρίως κατοικίας, αλλά και άλλες βοηθητικές, όπως περιστεριώνες, φούρνοι, κοτέτσια, αποθηκευτικοί χώροι. Σπανιότερα υπάρχουν και κτήρια στην περιοχή της Σπάρτης, ορισμένα οικιστικά σύνολα στη Μεσσήνη και στην Κορώνη. Στο Χαροκοπιό υπάρχει ολόκληρος οικισμός σε νεοκλασικό ύφος με βασικό φέρον δομικό υλικό τα πλινθιά, όπως και στην Πάτρα η περιοχή Γύφτικα ή Αγ. Αικατερίνης. Στο εσωτερικό της Κορινθίας, ο οικισμός Σελινούνας ανάμεσα στα πέτρινα κτίσματα έχει και αρκετά με πλίνθους. Επίσης σημαντικός αριθμός εντοπίζεται στη Βόρεια ακτή της Πελοποννήσου, από την Κόρινθο μέχρι το Αίγιο, σε πολύ καλή κατάσταση και με συγκεκριμένη τυπολογία (συνήθως δώροφα με υπερυψωμένο υπόγειο και κάποια νεοκλασικά στοιχεία). Στο Άργος, στην Κορινθία και τον Σολωμό εντοπίζονται επίσης αρκετά πλινθόκτιστα, που εξακολουθούν να κατοικούνται και βρίσκονται διάσπαρτα στον ιστό της πόλης σε πολύ καλή κατάσταση.

Ιδιαίτερα πλούσια σε πλίνθινα κτίσματα είναι και η Νότια ακτή της Στερεάς Ελλάδας (το Γαλαξίδι, η Άμφισσα, η Ιτέα), ο Θεσσαλικός κάμπος όπως επίσης και οι περιοχές της Καστοριάς και Φλώρινας.

Σημαντικό πλούτο πλινθόκτιστων αποτελούν τα Γαλαξίδια, αγροτικός οικισμός που εμφάνισε περί το 1830 μεγάλη άνθιση, λόγω ναυτικής δύναμης, και φιλοξενεί μεγάλα αρχοντικά από πλινθιές που κατοικούνται και επισκευάζονται συχνά με ενίσχυση τσιμεντοκονιαμάτων. Στην Άμφισσα οι οικισμοί Τσαρουχάδες, Κουδουνάδες, Ταμπάκηδες, είναι όλοι κατασκευασμένοι από πλινθιές σαν φέρον δομικό υλικό και ενίσχυση με ξυλοδεσιές. Πλούσια περιοχή σε πλινθόκτιστα και ιδιαίτερα σεισμογενής, είναι επίσης τα Χάρμενα στην Άμφισσα, όπου έχει γίνει μια πολύ σημαντική, για τα ελληνικά δεδομένα, μερική αποκατάσταση σε ένα πρώην συγκρότημα δερματάδων, το οποίο κάποια στιγμή είχε εγκαταλειφθεί.

Στον Θεσσαλικό κάμπο ο πηλός, επίσης, αποτελεί το βασικό δομικό υλικό στην τοπική αρχιτεκτονική. Κτίζονται ισόγεια, διώροφα με υπόστεγα και λίγο πιο αστικό χαρακτήρα, άλλοτε επιχρισμένα, άλλοτε ανεπίχριστα. Κάποια έχουν ξυλοδεσιές και, κατά κανόνα, ξύλινη στέγη με κεραμίδια. Είναι ως επί το πλείστον νεοκλασικά με απλό διάκοσμο.

Επίσης αναγνωρισμένο ιστορικό τόπο, αποτελεί ο Κρανιώνας Καστοριάς(εικόνα 0.5). Διαθέτει ιδιαίτερα σημαντικό πλούτο χωμάτινης κληρονομιάς, που όμως, δυστυχώς, δεν υφίσταται κανενός είδους συντήρηση. Το γεγονός αυτό οδηγεί στη σταδιακή εξαφάνιση της μοναδικής του αρχιτεκτονικής, αλλά, συγχρόνως, αναδεικνύει και τον όμορφο τρόπο που γεννάει η πλινθιά και επιστρέφει στους φυσικούς κύκλους. Χαρακτηρίζεται από στοιχεία νεοκλασικισμού αλλά και τυπολογία με χαγιάτι και πλούσιο διάκοσμο.

Αξίζει να τονιστεί ότι οι πλίνθινες κατασκευές πέρα από αρχιτεκτονική αξία, είχαν επιπλέον μια σημαντική πολιτιστική διάσταση, καθώς βασιζόταν στη συμμετοχή της τοπικής κοινωνίας, των χρηστών και των γειτόνων τους, με συγκεκριμένο προγραμματισμό εργασιών, και οργάνωση της προκατασκευαστικής και κατασκευαστικής φάσης, προετοιμασία και μεταφορά των πλίνθινων τούβλων και εφαρμογή των παραδοσιακών τεχνικών κανόνων δόμησης. (Γ.Μπέη, 2011)



Εικόνα 0.4 Χάρτης απεικόνισης της γεωγραφικής κατανομής χωμάτινης αρχιτεκτονικής στην Ελλάδα. Η μπλε χρωματική περιοχή αναφέρεται σε σημεία όπου έχουν εντοπιστεί τεχνικές κατασκευής με ακατέργαστη γη και έχουν καταγραφεί από τους συγγραφείς του άρθρου από επιτόπιες επισκέψεις. Η καφέ χρωματική περιοχή αναφέρεται σε σημεία όπου έχουν εντοπιστεί τεχνικές κατασκευής με ακατέργαστη γη (Γ.Μπέη, 2011).

0.2 Ο πηλός ως δομικό υλικό σήμερα

Στον Δυτικό κόσμο η εκβιομηχάνιση και η μαζική παραγωγή τυποποιημένων δομικών προϊόντων, καθώς και η αυξανόμενη αστικοποίηση και ανάγκη για ραγδαία, γρήγορη και μεγάλης κλίμακας ανοικοδόμηση σταδιακά εξαφάνισε τη χωμάτινη αρχιτεκτονική ή την περιόρισε σε αγροτικούς οικισμούς και επαρχιακές δομές.

Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική δεν περιορίζεται μόνο στην κληρονομιά του παρελθόντος. Μετά την σταδιακή της υποβάθμιση, τα τελευταία χρόνια, στο πλαίσιο του ολοένα και πιο δημοφιλούς αειφορικού σχεδιασμού, επανεμφανίζεται μια πληθώρα σύγχρονων κατασκευών που ανταποκρίνονται σε ποικίλες αισθητικές ποιότητες, από οργανικές μορφές μέχρι μοντερνιστικές γραμμές και βασίζονται στην βιοκλιματική αρχιτεκτονική

Παρόλο, δηλαδή, που σε προηγούμενες δεκαετίες ο περισσότερος κόσμος θεωρούσε τις πλίνθινες κατασκευές «παλιομοδίτικες» και ξεπερασμένες, επειδή του θύμιζαν τις τεχνικές δόμησης των παλιών οικισμών, σήμερα, αρκετοί είναι αυτοί που επιστρέφουν στην παραδοσιακή αυτή μέθοδο κτισίματος. Τα πλιθιά φαίνεται να υπερισχύουν όλων των άλλων τεχνικών γήινης δόμησης, αφού είναι τα πιο διαδεδομένα και τα βρίσκουμε στην τοπική παραδοσιακή αρχιτεκτονική στα περισσότερα μέρη του πλανήτη. Υπολογίζεται ότι το ένα τρίτο των κτηρίων του κόσμου είναι πλινθόκτιστα από οπτόπλινθους ή ωμόπλινθους (Φράγκου Χάρις, 2020). Αυτά είναι είτε παλιά κτίσματα είτε νέα στα οποία χρησιμοποιήθηκε η τεχνική αυτή, λόγω του χαμηλού κόστους του υλικού αλλά και των εξαιρετικών ιδιοτήτων βιοκλιματικής συμπεριφοράς που προσφέρει.

Σε αυτό το σημείο δεν θα μπορούσαν να μην αναφερθούν χαρακτηριστικοί αρχιτέκτονες όπως ο Αιγύπτιος Hassan Fathy, ο Χιλιανός Marcelo Cortes, ο Francis Kéré από την Μπουρκίνα Φάσο, ο Γερμανός Gernot Minke, ο Αυστριακός Martin Rauch και πολλοί άλλοι που συνεχίζουν να δημιουργούν και να εξελίσσουν τη δόμηση με χώμα. Ακόμα και στην Ελλάδα, σήμερα, στο πλέον σύγχρονο έργο επέκτασης του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου στην Αθήνα που σχεδιάζεται να γίνει, η επιλεγμένη πρόταση των David Chipperfield Architects Berlin που κέρδισε τον διαγωνισμό, εντάσσει στον σχεδιασμό της το συμπερισμένο χώμα στις τοιχοποιίες.

0.3 Εναλλακτικά Δομικά Υλικά: Μια Στροφή προς τη Βιώσιμη Δόμηση

Τα τελευταία χρόνια, η έννοια των "εναλλακτικών δομικών υλικών" κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον στον τομέα της αρχιτεκτονικής και της κατασκευής. Σε αντίθεση με τα συμβατικά εμπορικά

υλικά, τα εναλλακτικά αντλούν έμπνευση από την παραδοσιακή αρχιτεκτονική, αξιοποιώντας φυσικά υλικά και τεχνικές δομής που έχουν δοκιμαστεί στο πέρασμα του χρόνου.

Η παρούσα εργασία εστιάζει στη διερεύνηση αυτών των εναλλακτικών υλικών και των τεχνικών που σχετίζονται με τη χρήση τους. Στόχος είναι η κατανόηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, όπως η θερμική συμπεριφορά και η αξιολόγηση της δυνατότητας εφαρμογής τους στις σύγχρονες κατασκευές.

Λέξεις Κλειδιά:

- Παραδοσιακά υλικά
- Θερμικά χαρακτηριστικά
- Βιώσιμη Δόμηση
- Εναλλακτικές Τεχνικές Δόμησης
- Φυσικά Υλικά
- Η Σημασία των Εναλλακτικών Υλικών

Η στροφή προς τα εναλλακτικά δομικά υλικά πηγάζει από πολλές ανησυχίες που σχετίζονται με τις σύγχρονες κατασκευαστικές πρακτικές:

1. Περιβαλλοντικός αντίκτυπος: Η παραγωγή και η χρήση συμβατικών υλικών, όπως το τσιμέντο και ο χάλυβας, φέρουν σημαντικό περιβαλλοντικό κόστος, συμβάλλοντας στην εξάντληση φυσικών πόρων και στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου.
2. Ενεργειακή απόδοση: Πολλά συμβατικά υλικά παρουσιάζουν αδυναμίες όσον αφορά την θερμομόνωση, οδηγώντας σε υψηλές ενεργειακές απώλειες στα κτήρια.
3. Αισθητική και αρμονία με το περιβάλλον: Η χρήση ομοιόμορφων, τυποποιημένων υλικών, συχνά, έρχεται σε αντίθεση με την αισθητική και την αρμονική ενσωμάτωση των κτηρίων στο φυσικό τους περιβάλλον.

Τα πλεονεκτήματα των εναλλακτικών υλικών είναι πολλά, αφού η χρήση φυσικών υλικών και η αξιοποίηση παραδοσιακών τεχνικών μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των κατασκευών. Πολλά εναλλακτικά υλικά, όπως ο πηλός, το ξύλο και η πέτρα, φέρουν εξαιρετικές θερμομονωτικές ιδιότητες, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας. Επιπλέον, η ποικιλία των εναλλακτικών υλικών και τεχνικών δίνει στους αρχιτέκτονες και μηχανικούς μεγαλύτερη ευελιξία για δημιουργικές λύσεις που εναρμονίζονται με το περιβάλλον και την αισθητική του κτηρίου.

0.3.1 Παραδείγματα Εναλλακτικών Υλικών και Τεχνικών

1. Πηλός: Χρησιμοποιείται για την κατασκευή τούβλων, λάσπης και επιχρισμάτων. Προσφέρει καλή θερμομόνωση και ρυθμίζει την υγρασία του εσωτερικού χώρου.
2. Ξύλο: Χρησιμοποιείται για δομικά στοιχεία, επενδύσεις και, επιπλέον, προσφέρει ζεστή αισθητική και δομική αντοχή.
3. Φυσική πέτρα: Χρησιμοποιείται για τοίχους, δάπεδα και διακοσμητικά στοιχεία.

0.4 Ωμόπλινθοι: Μια Αρχαία Τεχνική με Σύγχρονη Εφαρμογή

0.4.1 Εισαγωγή

Οι ωμόπλινθοι, γνωστοί και ως adobes, αποτελούν μια παλαιά και δοκιμασμένη τεχνική κατασκευής που βασίζεται στη χρήση χειροποίητων πλίνθων από χώμα. Η ονομασία τους προέρχεται από την αραβική λέξη "attob", που σημαίνει "ξεραμένη πλίνθος στον ήλιο".



Εικόνα 0.5. Παραδοσιακός οικισμός με πλινθόκτιστα σπίτια στον Κρανιώννα Καστοριάς. (Exintaveloni)

0.4.2 Κατασκευή

Η παραγωγή ωμόπλινθων είναι μια απλή διαδικασία και βασίζεται σε φυσικά υλικά. Η διαδικασία είναι η εξής:

- Συλλογή και προετοιμασία χώματος: Το χώμα, ιδανικά με αναλογία 75% άμμου και 25% αργίλου, συλλέγεται και κοσκινίζεται για να απομακρυνθούν τυχόν ακαθαρσίες.
- Διαμόρφωση: Το έτοιμο μείγμα χώματος τοποθετείται σε ξύλινα καλούπια, συνήθως διαστάσεων 12x25x50cm ή 10x30x45cm, και συμπιέζεται χειροκίνητα ή με μηχανικά μέσα.
- Ξήρανση: Αφού αφαιρεθούν τα καλούπια, οι ωμόπλινθοι τοποθετούνται σε σκιερό μέρος για να στεγνώσουν, μια διαδικασία που διαρκεί συνήθως 2-4 ημέρες.
- Ωρίμανση: Μόλις οι ωμόπλινθοι αποκτήσουν επαρκή αντοχή, στοιβάζονται σε αεριζόμενο χώρο για να ολοκληρωθεί η ωρίμανση τους.



Εικόνα 0.6.α. Παραδοσιακές ωμόπλινθοι.

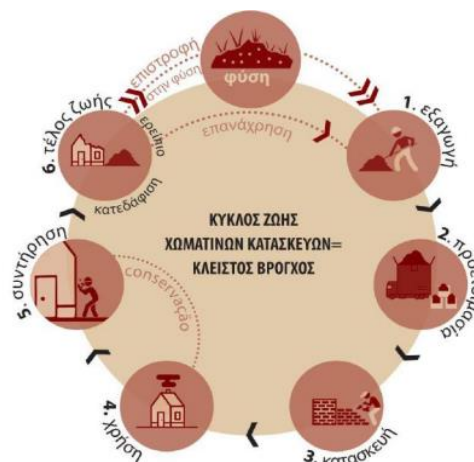


Εικόνα 0.6.β. Καθεδρικός ναός Vank Cathedral, Ισπαχάν, με ενισχυμένο ασβεστοπηλοκονίαμα.

0.4.3 Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης ωμόπλινθων είναι πάρα πολλά.

- Αξιοποίηση φυσικών υλικών: Η κατασκευή τους βασίζεται σε άφθονα διαθέσιμα υλικά, μειώνοντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και την εξάρτηση από μη ανανεώσιμους πόρους.
- Χαμηλό κόστος: Η απλή παραγωγική διαδικασία και η χρήση τοπικών υλικών οδηγούν σε οικονομικά προσιτή κατασκευή.
- Θερμομόνωση: Οι ωμόπλινθοι παρουσιάζουν εξαιρετικές θερμομονωτικές ιδιότητες με υψηλή θερμική αδράνεια, συμβάλλοντας στη δροσιά του χώρου το καλοκαίρι και στη ζεστασιά του το χειμώνα.
- Αισθητική: Η χρήση ωμόπλινθων προσδίδει μια ζεστή και παραδοσιακή αισθητική στα κτήρια, ενσωματώνοντάς τα αρμονικά στο περιβάλλον.
- Ευελιξία: Οι ωμόπλινθοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή τοίχων, τόξων, θόλων και άλλων δομικών στοιχείων, προσφέροντας ευελιξία στους αρχιτέκτονες.



Εικόνα 0.7 Κύκλος Ζωής χωματινών κατασκευών

Κεφάλαιο 1. Κτηριακό δυναμικό στην Ελλάδα

1.1 Ο Ρόλος των Κτηρίων στην Απανθρακοποίηση: Κρίσιμες Προκλήσεις και Δυνατότητες

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση τα κτήρια διαδραματίζουν καίριο ρόλο στην ενεργειακή κατανάλωση και τις εκπομπές Διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), ευθυνόμενα για περίπου το 40% και 36% αντίστοιχα. Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, όπου οι Ευρωπαίοι περνούν το 90% του χρόνου τους, επηρεάζεται άμεσα από τα κτήρια, αγγίζοντας ζητήματα υγείας και ποιότητας ζωής. (Καρυπίδου, 2022)

Σημαντικό κομμάτι του προβλήματος οφείλεται στο παλαιό κτηριακό απόθεμα, με τα 2/3 των κτηρίων στην ΕΕ να έχουν κατασκευαστεί πριν το 1980. Η επίτευξη του στόχου για απανθρακοποίηση έως το 2050 προϋποθέτει αναβάθμιση του 97% των κτηρίων, ενώ έως σήμερα μόλις το 1% ανακαινίζεται ετησίως (ΥΠΕΝ, 2021). Παρ' όλα αυτά, τα κτήρια φέρουν δυνατότητες. Μέσω συστηματικής αναβάθμισης, μπορούν να μετατραπούν σε ενεργειακά ευέλικτες μονάδες, προσφέροντας παραγωγή, έλεγχο, αποθήκευση και δυνατότητα απόκρισης ζήτησης ενέργειας. Επιπλέον, είναι δυνατόν να λειτουργήσουν ως πράσινοι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Η υλοποίηση αυτού του μετασχηματισμού στηρίζεται στην υιοθέτηση "έξυπνων" τεχνολογιών και στην ανάπτυξη ενός εξαιρετικά αποδοτικού κτηριακού αποθέματος. Η νομοθεσία της ΕΕ θέτει το απαραίτητο πλαίσιο, υποστηρίζοντας τα κράτη μέλη στην υλοποίηση ενός διασυνδεδεμένου και βιώσιμου ενεργειακού συστήματος. (Tricoire, 2021)

Η αντιμετώπιση των προκλήσεων που σχετίζονται με τα κτήρια αποτελεί κομβικό σημείο για την επίτευξη της απανθρακοποίησης. Η συλλογική προσπάθεια προς την κατεύθυνση της αναβάθμισης και του εκσυγχρονισμού του κτηριακού αποθέματος μπορεί να οδηγήσει σε ένα μέλλον με βιώσιμα, υγιή και ενεργειακά αποδοτικά κτήρια, συμβάλλοντας στην ευημερία των πολιτών και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Εμείς, στην προσπάθειά μας να απαντήσουμε στην πρόκληση αυτή, δηλαδή τον εκσυγχρονισμό και την αναβάθμιση, αντιμετωπίζουμε το πρόβλημα από δύο οπτικές, αυτή των αποδοτικών συστημάτων κάλυψης των ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης και ψύξης) αλλά και εκείνη της απόδοσης του δομικού υλικού του κτηριακού κελύφους.

1.2 Εθνικό Κτηριακό Δυναμικό Ελλάδας: Εστίαση στα Υφιστάμενα Κτήρια

Στην Ελλάδα, το τοπίο των κτηρίων κυριαρχείται από κατοικίες-νοικοκυριά, αφήνοντας ένα μικρότερο ποσοστό για τον τριτογενή τομέα. Η απογραφή των δεύτερων λαμβάνει χώρα κάθε δέκα χρόνια, υπογραμμίζοντας τη διαφορά στο μέγεθος και την συχνότητα καταγραφής τους. Η εξέταση του εθνικού κτηριακού δυναμικού εστιάζει σε πέντε βασικά στοιχεία:

1. **Πλήθος:** Ο συνολικός αριθμός κτηρίων-κατοικιών και κτηρίων τριτογενούς τομέα, παρέχει μια εικόνα του εύρους του κτηριακού αποθέματος.
2. **Ηλικία:** Η κατανομή των κτηρίων ανά ηλικιακή ομάδα φανερώνει την παλαιότητα του κτηριακού αποθέματος και τις ενεργειακές του αδυναμίες.
3. **Κλιματικές Ζώνες:** Η διαφοροποίηση του κτηριακού αποθέματος με βάση τις κλιματικές ζώνες της χώρας (Α, Β, Γ, Δ) λαμβάνει υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες και αδυναμίες κάθε περιοχής.
4. **Ενεργειακά Χαρακτηριστικά:** Η λεπτομερής καταγραφή των ενεργειακών χαρακτηριστικών (μονωτικά υλικά, συστήματα θέρμανσης/ψύξης, κ.λπ.) κάθε κτηρίου επιτρέπει την αξιολόγηση της ενεργειακής του απόδοσης και τον εντοπισμό δυνατοτήτων βελτίωσης.
5. **Ενεργειακές Καταναλώσεις:** Η μέτρηση και η ανάλυση της κατανάλωσης ενέργειας σε κάθε τύπο κτηρίου επιτρέπει τον εντοπισμό των ενεργοβόρων κτηρίων και τον σχεδιασμό στοχευμένων μέτρων εξοικονόμησης.

Η συστηματική ανάλυση αυτών των στοιχείων, σε συνδυασμό με την αξιολόγηση του κτηριακού αποθέματος, αποτελεί θεμελιώδες βήμα για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών ενεργειακών πολιτικών, εστιασμένων στην εξοικονόμηση ενέργειας, την αναβάθμιση του κτηριακού αποθέματος και την απανθρακοποίηση. Παράλληλα, θα καθορίζουν την υλοποίηση στοχευμένων μέτρων, προσαρμοσμένων στις ανάγκες και τα χαρακτηριστικά κάθε τύπου κτηρίου και κλιματικής ζώνης και την αξιοποίηση χρηματοδοτικών προγραμμάτων για την αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και την τόνωση της ενεργειακής αποδοτικότητας (ΥΠΕΝ, 2024).

Η ολοκληρωμένη κατανόηση του εθνικού κτηριακού δυναμικού αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την υλοποίηση μιας βιώσιμης και ενεργειακά αποδοτικής στρατηγικής για τα κτήρια στην Ελλάδα.

1.2.1 Πλήθος και Ηλικία Κτηρίων

Ο Πίνακας 1.1 αποτυπώνει τον συνολικό αριθμό των κτηρίων της χώρας (2015), τα οποία διακρίνονται σε κατοικίες και κτήρια του τριτογενούς τομέα. Οι κατοικίες αποτελούν το 95,4% του κτηριακού αποθέματος.

Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ, ως κύρια κατοικία – νοικοκυριό ορίζεται η μόνιμη και ανεξάρτητη κατασκευή η οποία προορίζεται να χρησιμοποιηθεί ως κατοικία ενός νοικοκυριού για τουλάχιστον ένα έτος. Στο σύνολο των κύριων κατοικιών, για το 2015, οι πολυκατοικίες ανέρχονται σε 2.514.821 ενώ οι μονοκατοικίες σε 2.116.707, αποτελώντας το 54,3% και το 45,7% αντίστοιχα (Πίνακας 1.2).

Πίνακας 1.1. Πλήθος: Ο συνολικός αριθμός κτηρίων-κατοικιών και κτηρίων τριτογενούς τομέα, παρέχει μια εικόνα του εύρους του κτηριακού αποθέματος. (ΥΠΕΝ, 2021)

ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ – ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ	
Κατοικίες	4.631.528
ΤΡΙΤΟΓΕΝΗΣ ΤΟΜΕΑΣ	
Ξενοδοχεία και εστιατόρια	24,109
Σχολεία και εκπαιδευτικά ιδρύματα	19,167
Γραφεία και άλλα κτίρια	53,064
Νοσοκομεία και κλινικές	38,664
Εμπορικά καταστήματα	65,957
Αποθήκες	20,374
Ψυκτικές αποθήκες	308
Τριτογενής τομέας	221,643
ΣΥΝΟΛΟ	4.853.172
Πηγή: EU BSO και ίδιες εκτιμήσεις	

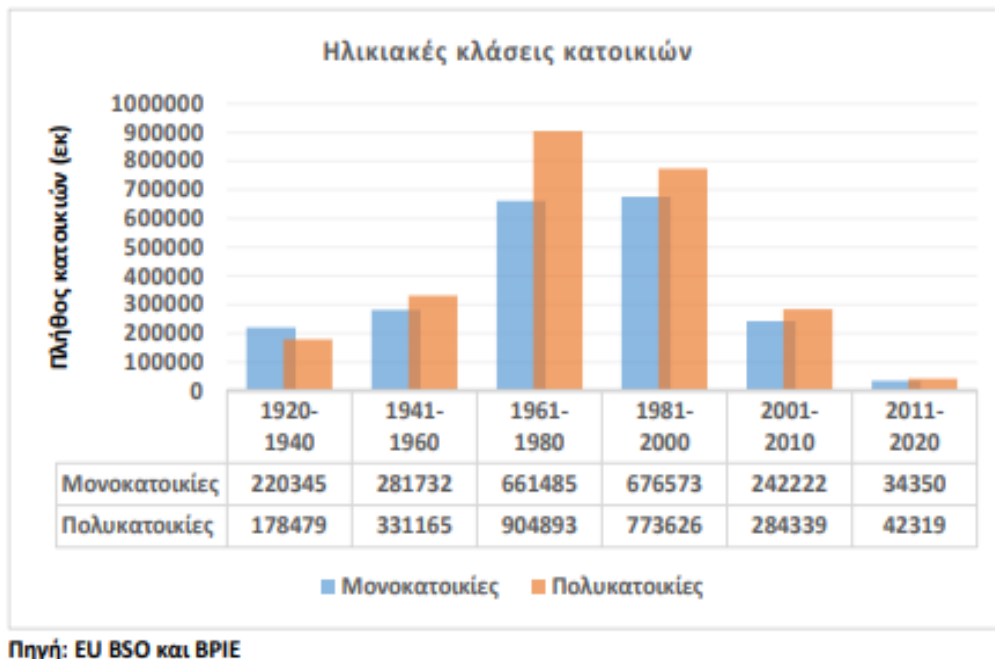
Πίνακας 1.2. Παρουσιάζει την κατανομή κατοικιών για το 2015. (ΥΠΕΝ, 2021)

ΕΙΔΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ
Μονοκατοικίες	2.116.707
Πολυκατοικίες	2.514.821
ΣΥΝΟΛΟ	4.631.528
Πηγή: EU BSO	

Το νομοθετικό πλαίσιο για την ταξινόμηση κτηρίων βάσει ηλικίας εξελίχθηκε από το 1980 (ΚΘΚ) έως το 2017 (Κ.Εν.Α.Κ.). Η ταξινόμηση βασίζεται σε δεκαετίες, με αυστηρότερα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης

μετά το 2000. Είναι γεγονός ότι σημαντικό ποσοστό κατοικιών (55,7%) κατασκευάστηκε πριν το 1980 και στερείται θερμικής μόνωσης (ΥΠΕΝ, 2021). Η κατηγοριοποίηση με κριτήριο την ηλικία, λοιπόν, προσφέρει μια πρώτη εκτίμηση ενεργειακής απόδοσης με στόχευση σε παρεμβάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας και προώθηση βιώσιμων πρακτικών στον κατασκευαστικό τομέα.

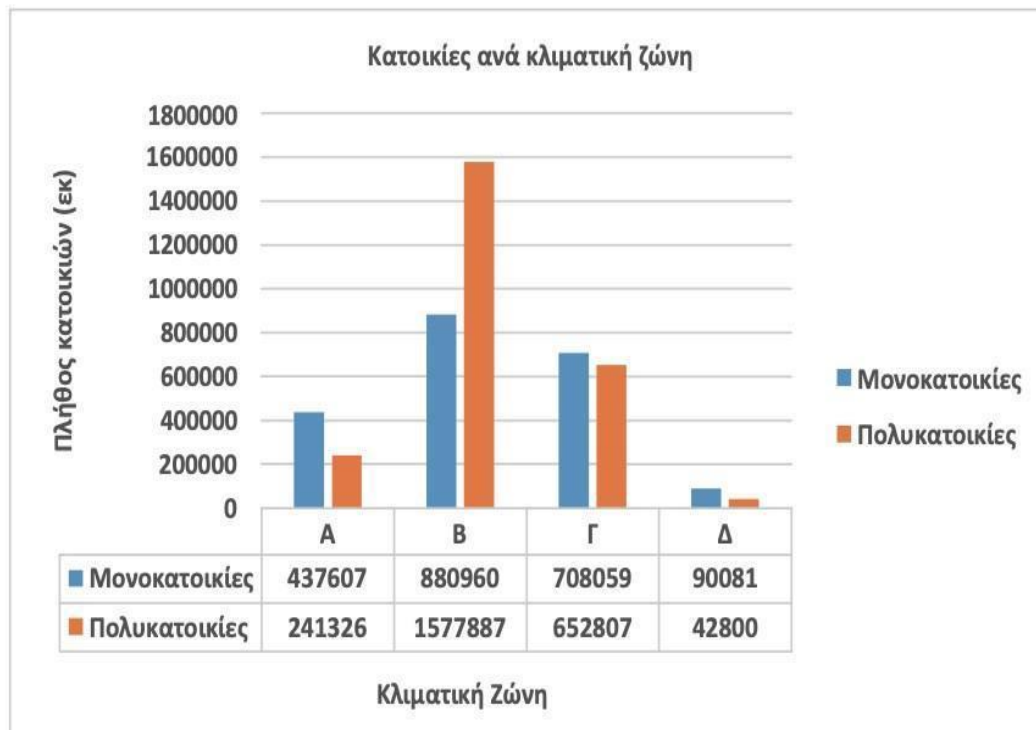
Η αξιολόγηση και η αναβάθμιση παλαιότερων κτηρίων με βάση την ηλικία τους αποτελεί κρίσιμο βήμα για την επίτευξη ενεργειακής απόδοσης και βιώσιμης ανάπτυξης στον κτηριακό τομέα.



Γράφημα 1.1. Κατανομή του πλήθους των κατοικιών (ΥΠΕΝ, 2021).

1.2.2 Κλιματικές Ζώνες Ελλάδας: Χωρισμός, Χαρακτηριστικά και Κατανομή Κτηρίων

Η Ελλάδα, λόγω της γεωγραφικής της θέσης και της μορφολογίας της, παρουσιάζει ποικιλία κλιματικών συνθηκών. Για την ομοιογένεια στον σχεδιασμό και την κατασκευή κτηρίων, υιοθετείται ο διαχωρισμός της χώρας σε τέσσερις κλιματικές ζώνες, από την Α (θερμότερη) έως την Δ (ψυχρότερη).



Γράφημα 1.2. Κατανομή του πλήθους των κατοικιών στις διαφορετικές κλιματικές ζώνες, πηγή: (ΥΠΕΝ, 2021).

Ο διαχωρισμός βασίζεται στις βαθμομέρες θέρμανσης, οι οποίες αποτελούν το μέτρο της θερμικής ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση ενός κτηρίου σε μια θερμαντική περίοδο. Με κριτήριο αυτό έχουμε:

Ζώνη Α: Περιλαμβάνει νομούς με ήπιους χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια, όπως τα νησιά του Αιγαίου και της Κρήτης.

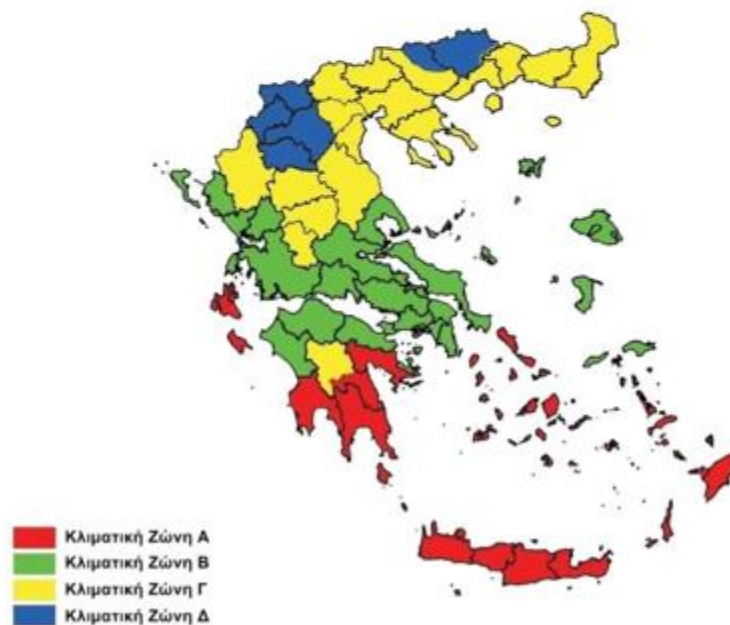
Ζώνη Β: Περιλαμβάνει νομούς με θερμά καλοκαίρια και ήπιους έως δροσερούς χειμώνες, όπως η Αττική, η Πελοπόννησος και η Στερεά Ελλάδα.

Ζώνη Γ: Περιλαμβάνει νομούς με ψυχρούς χειμώνες και θερμά καλοκαίρια, όπως η Μακεδονία, η Θεσσαλία και η Ήπειρος.

Ζώνη Δ: Περιλαμβάνει νομούς με ορεινό όγκο και πολύ ψυχρούς χειμώνες, όπως η Φλώρινα, η Κοζάνη και τα Γρεβενά.

Πίνακας 1.3. Παρουσιάζει τους νομούς που ανήκουν σε κάθε κλιματική ζώνη.

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



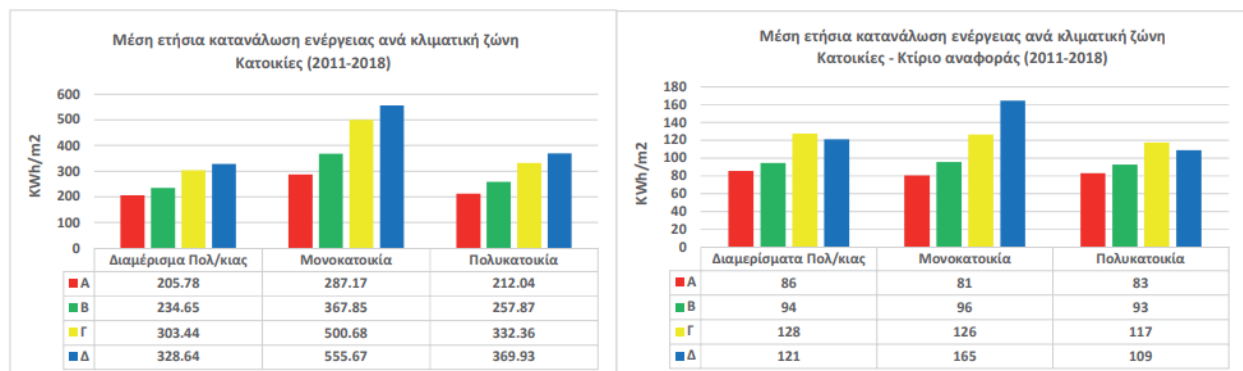
Εικόνα 1.1. Χάρτης με οπτική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών.

1.3 Στατιστικά στοιχεία καταναλώσεων ενέργειας κατοικιών

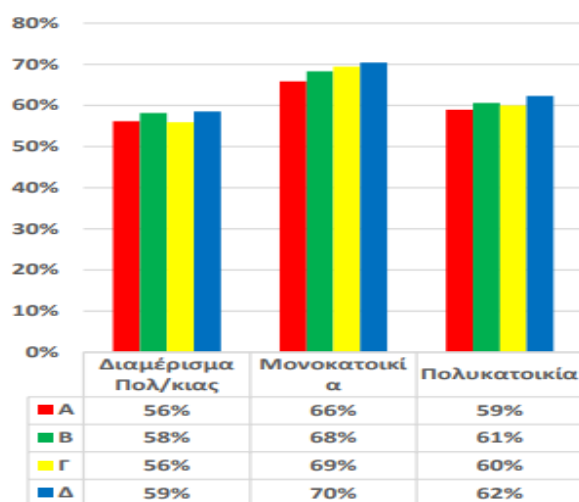
Η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια κατοικιών αποτελεί έναν από τους πιο ελπιδοφόρους τομείς για τον περιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης. Στην Ελλάδα, τα κτήρια ευθύνονται για το 42% της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης, σύμφωνα με το ενεργειακό ισοζύγιο του 2017 (ΥΠΕΝ, 2021).

Τα Πιστοποιητικά Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) παρέχουν λεπτομερή στατιστικά στοιχεία, όπως η κατανάλωση ενέργειας, ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου και την κλιματική ζώνη, καθώς και τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας για τα κτήρια που πληρούν τις προδιαγραφές του Κ.Εν.Α.Κ.

Όσον αφορά τις μονοκατοικίες, αποτελούν κτήρια με τη μεγαλύτερη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, με αυτές της Κλιματικής ζώνης Γ να φτάνουν τις 500,68 kWh/m² (γράφημα 1.3). Από την άλλη μεριά, (γράφημα 1.4) παρατηρείται ότι οι μονοκατοικίες εξοικονομούν το μέγιστο ποσοστό της ενέργειας σε οποιαδήποτε κλιματική ζώνη, με το ποσοστό εξοικονόμησης για την κλιματική ζώνη Γ να φτάνει το 69% (γράφημα 1.5).



Γράφημα 1.3,1.4. Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά κλιματική ζώνη (γράφηματα 1.2.α & 1.2.β) Κατοικίες και Κατοικίες- Κτήριο αναφοράς (2011-2018), πηγή: (ΥΠΕΝ, 2021).

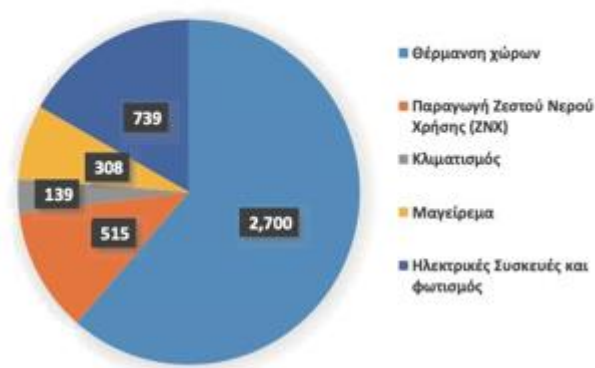


Γράφημα 1.5. Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας κτηρίων κατοικιών ανά κλιματική ζώνη (2011-2018), πηγή: (ΥΠΕΝ, 2021),

1.3.1 Επίδραση Οικονομικής Κρίσης στην Ενεργειακή Κατανάλωση Νοικοκυριών

Η ύφεση που έπληξε την Ελλάδα τα προηγούμενα χρόνια καθώς και η αυξητική τάση των τιμών των καυσίμων έφερε αλλαγές στις καταναλωτικές συνήθειες, συμπεριλαμβανομένης και της κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά, ωθώντας τα σε περιστολή δαπανών, αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων θέρμανσης/ψύξης και υιοθέτηση πρακτικών εξοικονόμησης ενέργειας. Σύμφωνα με την Eurostat, η κατανάλωση ενέργειας στις ελληνικές κατοικίες μειώθηκε από 5.510 ktoe το 2005 σε 4.615 ktoe το 2010 και 4.401 ktoe το 2015 (ΥΠΕΝ, 2021).

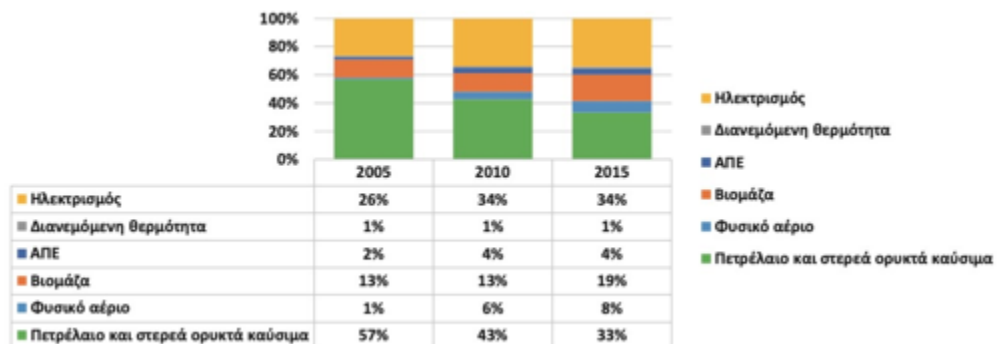
Την ίδια στιγμή, ο Ρωσο-Ουκρανικός πόλεμος καθώς και οι γενικότερες πολεμικές συρράξεις στη Μέση Ανατολή μας δείχνουν ότι αυτές οι προσπάθειες εξοικονόμησης ενέργειας είναι επιτακτικές. Η μελέτη και ανάλυση των στατιστικών στοιχείων, όπως αυτά παρουσιάζονται στο Γράφημα 1.6, είναι απαραίτητη για την κατανόηση των τάσεων αλλά και την ανάπτυξη αποτελεσματικών πολιτικών προς όφελος των καταναλωτών.



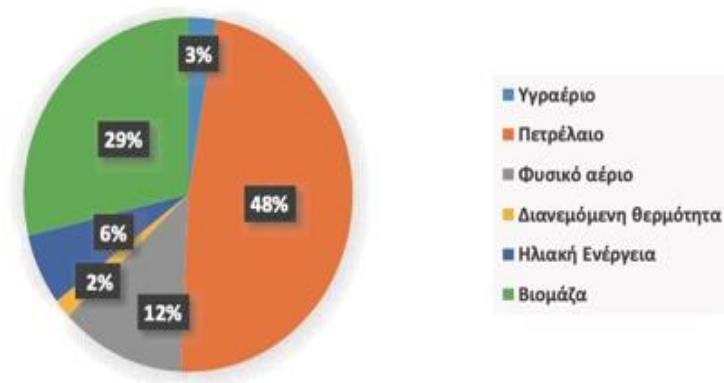
Γράφημα 1.6. Τελική κατανάλωση ανά χρήση στον οικιακό τομέα (ktoe) για το έτος 2015, πηγή: (ΥΠΕΝ, 2021).

Στο γράφημα 1.7 απεικονίζεται η αισθητή μείωση στο μερίδιο του πετρελαίου και η άνοδος στο φυσικό αέριο και τον ηλεκτρισμό για θέρμανση νοικοκυριών, με 8% και 34% αντίστοιχα, για την περίοδο 2005-2015. Ενώ, σύμφωνα με την EUROSTAT και το γράφημα 1.8, για την κάλυψη των αναγκών για θέρμανση, πρώτο είναι το πετρέλαιο με 48% και ακολουθούν η βιομάζα με το φυσικό αέριο, με 29% και 12%

αντίστοιχα, ενώ ουραγοί είναι η ηλιακή ενέργεια με 6%, το υγραέριο με 3% και η διανεμόμενη θερμότητα με 2%.



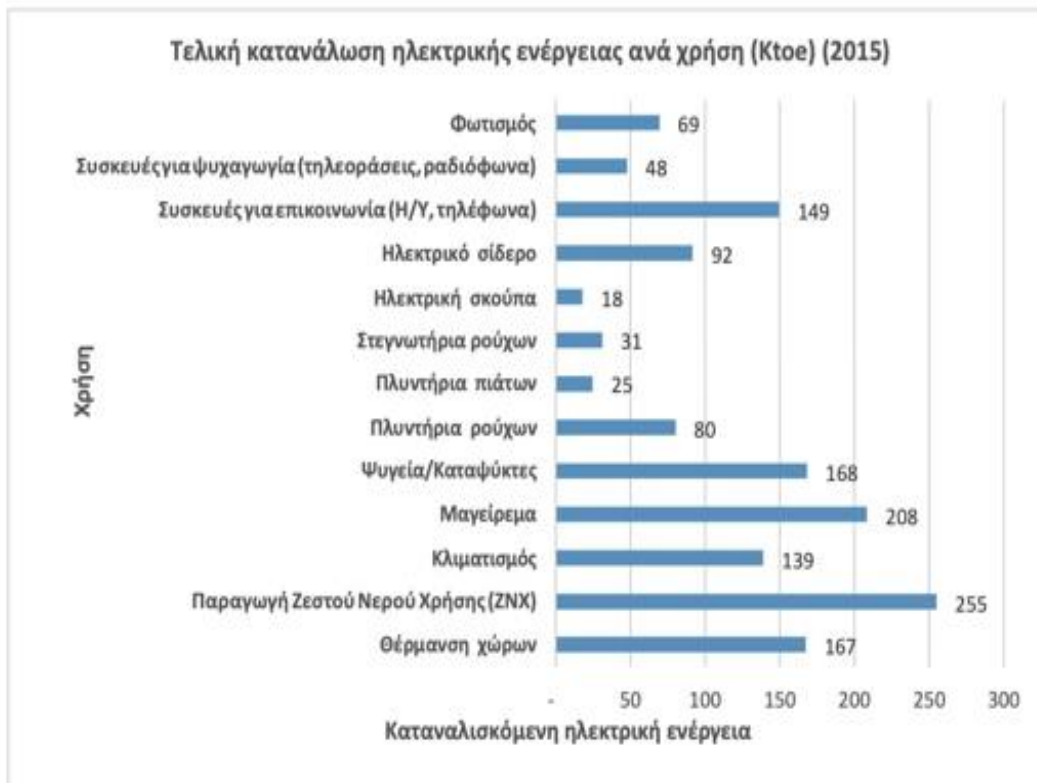
Γράφημα 1.7. Μερίδια στην κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα για τα έτη 2005, 2010 και 2015 (%), πηγή: (ΥΠΕΝ, 2021).



Γράφημα 1.8. Τελική κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά καύσιμο στον οικιακό τομέα για το 2015, (%), πηγή: (ΥΠΕΝ, 2021)

Κατ' αναλογία και σύμφωνα με τον Πίνακα 1.4, ο λέβητας πετρελαίου παραμένει το πιο διαδεδομένο σύστημα θέρμανσης στις κατοικίες, ενώ ακολουθούν οι λέβητες καύσης ξύλου ή ξύλινων πελλετών, μια οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον θέρμανση, οι σόμπες στερεών και υγρών καυσίμων, συσκευές

οι οποίες επικρατούν σε αγροτικές περιοχές προσφέροντας τοπική θέρμανση και, τέλος, οι λέβητες αερίου, που αποτελούν ελκυστική επιλογή, όπου, βέβαια, υπάρχει πρόσβαση σε δίκτυο φυσικού αερίου.



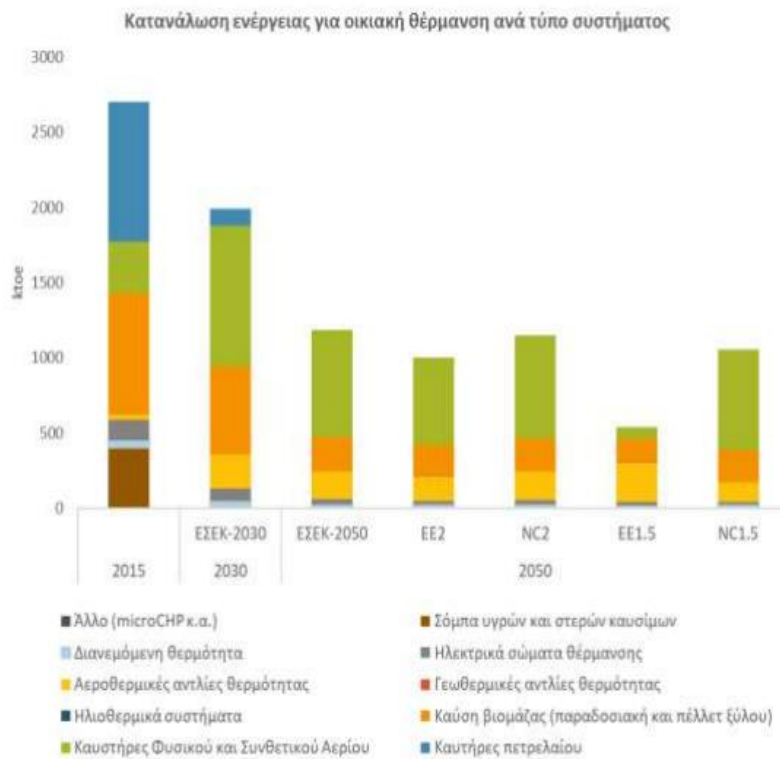
Γράφημα 1.9. Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια για κάθε χρήση (ktoe) 2015, πηγή: (ΥΠΕΝ, 2021).

Ενώ και σύμφωνα με το γράφημα 1.9 για το έτος 2015, οι κύριες χρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας στα νοικοκυριά ανέρχονται για θέρμανση νερού: 18%, για μαγείρεμα: 15% ,τελος για ψυγεία/καταψύκτες: 12%και θέρμανση χώρων: 12%

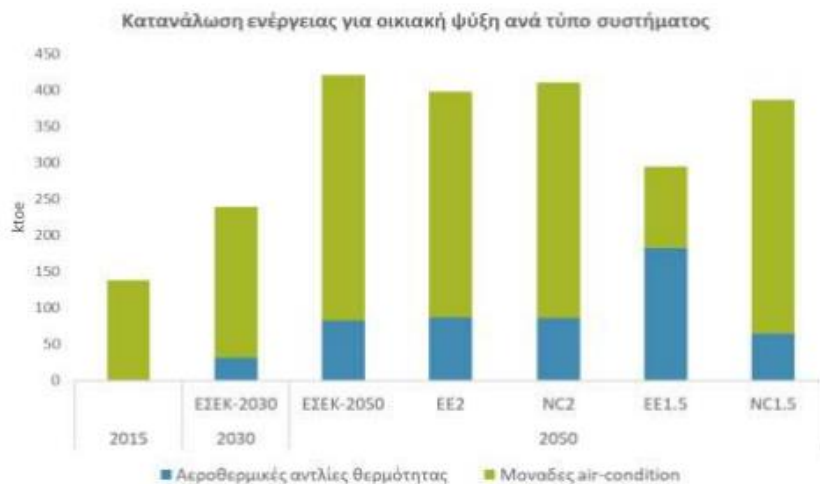
Πίνακας 1.4. Συστήματα θέρμανσης των κτηρίων το 2015, πηγή: (ΥΠΕΝ, 2021).

Κατοικίες	
<i>Πλήθος κτιρίων (χιλιάδες κτίρια)</i>	
Λέβητας (πετρέλαιο)	1773
Λέβητας (αέριο)	470
Λέβητας (ξύλα/ξύλινες πελλέτες)	1237
Αυτόνομο σύστημα θέρμανσης (αέριο)	222
Αντλία θερμότητας	146
Σύστημα τηλεθέρμανσης	80
Ηλεκτρικός θερμαντήρας χώρου	155
Σόμπες στερεών και υγρών καυσίμων	548
<i>Κατανάλωση θερμικής ενέργειας για κάλυψη αναγκών θέρμανσης (ktoe τελικής κατανάλωσης)</i>	
Λέβητας (πετρέλαιο)	928
Λέβητας (αέριο)	216
Λέβητας (ξύλα/ξύλινες πελλέτες)	809
Αυτόνομο σύστημα θέρμανσης (αέριο)	127
Σύστημα τηλεθέρμανσης	50
Σόμπες στερεών και υγρών καυσίμων	402
<i>Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για κάλυψη αναγκών θέρμανσης (ktoe τελικής κατανάλωσης)</i>	
Αντλία θερμότητας	32
Ηλεκτρικός θερμαντήρας χώρου	135

Τέλος ακολουθούν τα γραφήματα 1.10 & 1.11 που μας δείχνουν τις καταναλώσεις ενέργειας , για οικιακή θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα ,για το 2015 αλλά και τις προβλέψεις για το 2030 και 2050.



Γράφημα 1.10. Κατανάλωση ενέργειας για ανάγκες οικιακής θέρμανσης ανά τύπο συστήματος, (ΥΠΕΝ, 2021).



Γράφημα 1.11. Κατανάλωση ενέργειας για ανάγκες οικιακής ψύξης χώρων ανά τύπο συστήματος, (ΥΠΕΝ, 2021).

1.4 Θεωρητικό Υπόβαθρο Υπολογισμών Μελέτης

1.4.1 Βασικοί συντελεστές θερμοφυσικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων του κτηρίου

Η κατανόηση των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων ενός κτηρίου είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση της ενεργειακής του απόδοσης αλλά και τον σχεδιασμό βιώσιμων λύσεων.

Συντελεστής Θερμικής Αντίστασης (R):

Αντιπροσωπεύει την αντίσταση που προβάλλει ένα ομοιογενές δομικό υλικό στη ροή θερμότητας.

Μετριέται σε m^2K/W και υποδεικνύει την ικανότητα του υλικού να μεταφέρει θερμότητα από ένα ρεύμα (θερμό) σε ένα άλλο (ψυχρό).

Υψηλότερες τιμές R αντιστοιχούν σε υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα.

Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας (λ):

Αντιπροσωπεύει την ποσότητα θερμότητας που διέρχεται από ένα υλικό, σε σταθερή κατάσταση, ανά μονάδα επιφάνειας και θερμοκρασιακής διαφοράς.

Μετράται σε $[W/mK]$ και όσο υψηλότερη η τιμή του, τόσο πιο αγωγίμο είναι το υλικό.

Συνδέεται με την ικανότητα του υλικού να αποθηκεύει θερμότητα.

Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U):

Αντιπροσωπεύει το ποσό θερμότητας που, όταν σε δύο επιφάνειες η θερμοκρασιακή διαφορά είναι της τάξεως του $1^\circ K$, διαπερνά σε μία ώρα ένα τετραγωνικό ενός δομικού υλικού (πάχους d). Δείχνει, δηλαδή, το μεγάλο λόγο μετάδοσης θερμότητας που υφίστανται σε ένα υλικό. Απεικονίζει, με άλλα λόγια, τη συνολική επίδραση της θερμομόνωσης, του πάχους και της θερμικής αγωγιμότητας του υλικού.

Η μονάδα μέτρησης του συντελεστή είναι $[W/m^2K]$ και όσο υψηλότερη η τιμή του, τόσο μεγαλύτερες οι απώλειες θερμότητας.

1.4.1 Θερμικά & Ψυκτικά Φορτία

Η έννοια των θερμικών και ψυκτικών φορτίων αποτελεί θεμελιώδη παράγοντα στον σχεδιασμό και τη λειτουργία των ενεργειακών συστημάτων ενός κτηρίου.

Θερμικά Φορτία: Αντιπροσωπεύουν τις ανάγκες του κτηρίου για θέρμανση, δηλαδή την ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για τη διατήρηση άνετης θερμοκρασίας στο εσωτερικό.

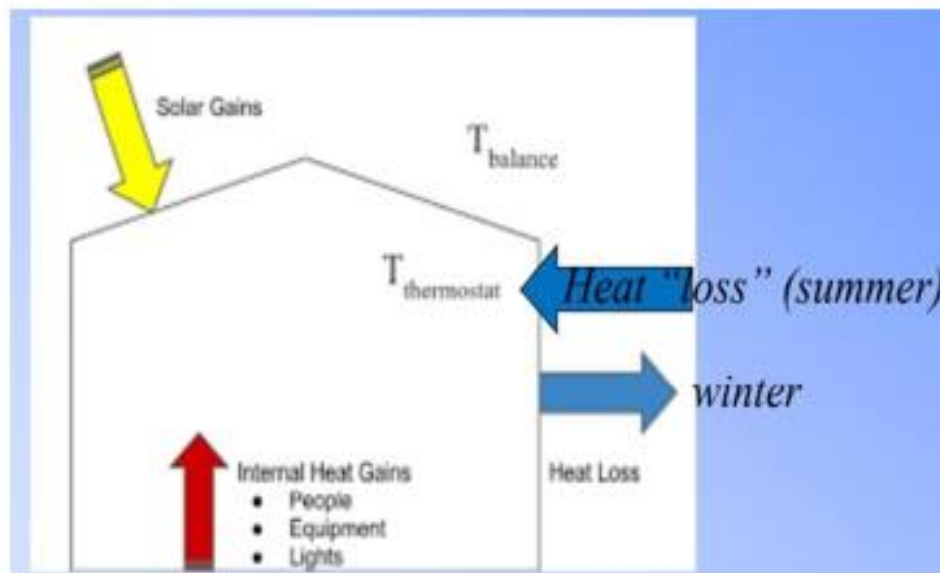
Ψυκτικά Φορτία: Αντιπροσωπεύουν την απαγωγή θερμότητας από το εσωτερικό του κτηρίου προς το εξωτερικό, διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία.

Εξαρτώνται από: α) το **κτηριακό κέλυφος:** Η θερμομόνωση, τα υλικά και η κατασκευή επηρεάζουν την απώλεια θερμότητας και β) τις **διαστάσεις:** Ο όγκος του κτηρίου και η επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων επηρεάζουν την έκθεση σε θερμοκρασιακές διαφορές.

Τα φορτία υπολογίζονται για συγκεκριμένες χρονικές στιγμές, λαμβάνοντας υπόψη ακραίες κλιματολογικές συνθήκες.

Εκφράζονται σε Watt, υποδεικνύοντας την απαιτούμενη ισχύ για θέρμανση ή ψύξη.

Τα υπολογιζόμενα θερμικά και ψυκτικά φορτία ενός κτηρίου αξιοποιούνται για τη διαστασιολόγηση, καθώς αυτά καθορίζουν το μέγεθος και την ισχύ των απαραίτητων συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, με σκοπό την καλύτερη Ενεργειακή απόδοση. Συνεπώς, η γνώση των φορτίων βοηθά στην σωστή επιλογή συστημάτων υψηλής απόδοσης και εξοικονόμησης ενέργειας. (Γ.Πανάρας).



Εικόνα 1.2. Θερμικά / Ψυκτικά φορτία χώρου του κτηρίου, πηγή: (Γ.Πανάρας).

1.4.2 Προσδιορισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κτηρίου για μελέτη θερμομόνωσης

α. Συντελεστής θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Ο εν λόγω συντελεστής, γνωστός ως U , σχετίζεται με τα δομικά στοιχεία που φέρουν το φορτίο του κτηρίου, όπως τοιχοποιία, δάπεδα και οροφές. Ο υπολογισμός του U βασίζεται στην ακόλουθη σχέση (Τύπος [1.1]):

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_\alpha} \quad [1.1]$$

Όπου:

d_j: Πάχος στρώσης j δομικού υλικού (m)

λ_j: Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας υλικού j (W/mK)

R_i, R_α: Θερμικές αντιστάσεις μετάβασης εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου (m²K/W)

R_δ: Θερμική αντίσταση κλειστού διακένου αέρα (m²K/W)

β. Συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων

Ο συντελεστής U_w σχετίζεται με τα δομικά στοιχεία που φέρουν υαλοπίνακες, όπως παράθυρα, μπαλκονόπορτες και θύρες. Ο υπολογισμός του U_w βασίζεται στην ακόλουθη σχέση (Τύπος [1.2]):

Όπου:

$$U_w = \frac{A_f U_f + A_g U_g + l_g \Psi_g}{A_f + A_g}$$

[1.2]

A_f: Εμβαδόν επιφάνειας πλαισίου (m²)

U_f: Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου (W/m²K)

A_g: Εμβαδόν επιφάνειας τζαμιού (m²)

U_g: Συντελεστής θερμοπερατότητας τζαμιού (W/m²K)

l_g: Μήκος θερμογέφυρας τζαμιού (m)

Ψ_g: Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας τζαμιού (W/mK)

Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας (U_m):

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U_m αποτελεί καίριο μέτρο για την αξιολόγηση της θερμομονωτικής επάρκειας ενός κτηρίου. Ο υπολογισμός του U_m λαμβάνει υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία:

Συντελεστές θερμοπερατότητας (U) και εμβαδά (A) δομικών στοιχείων:

Τοίχοι	Κουφώματα
--------	-----------

Δάπεδα	Οροφές
--------	--------

Συντελεστές γραμμικής θερμοπερατότητας (Ψ) και μήκη (l) θερμογεφυρών:

Γωνίες τοίχων	Στοιχεία πλαισίων κουφωμάτων
---------------	------------------------------

Συνδέσεις τοίχων-δαπέδων/οροφών

Μειωτικός συντελεστής (b):

Λαμβάνει υπόψη τη γεωμετρία του κτηρίου.

Τύπος υπολογισμού U_m :

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j U_j b \pm \sum_{i=1}^v l_i \Psi_i b}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

[1.3]

Όπου:

A_j : Εμβαδόν δομικού στοιχείου j (m^2)

U_j : Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου j (W/m^2K)

Ψ_i : Συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας θερμογέφυρας i (W/mK)

l_i : Μήκος θερμογέφυρας i (m)

b : Μειωτικός συντελεστής

Η ύπαρξη θερμογεφυρών μειώνει τη συνολική θερμομονωτική ικανότητα. Οι θερμογέφυρες ($I\Psi$) είναι τα «ευάλωτα» σημεία του κελύφους του κτηρίου, τα οποία επιβαρύνουν τη θερμική του προστασία, με αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας από 5% έως 30%. Για τον σκοπό της εργασίας λαμβάνουμε ένα σχετικά μέσο ποσοστό προσαύξησης 20%, λόγω θερμογεφυρών.

Θερμικά κέρδη και απώλειες κελύφους



Εικόνα 1.3. Θερμικά κέρδη και απώλειες κελύφους του κτηρίου .

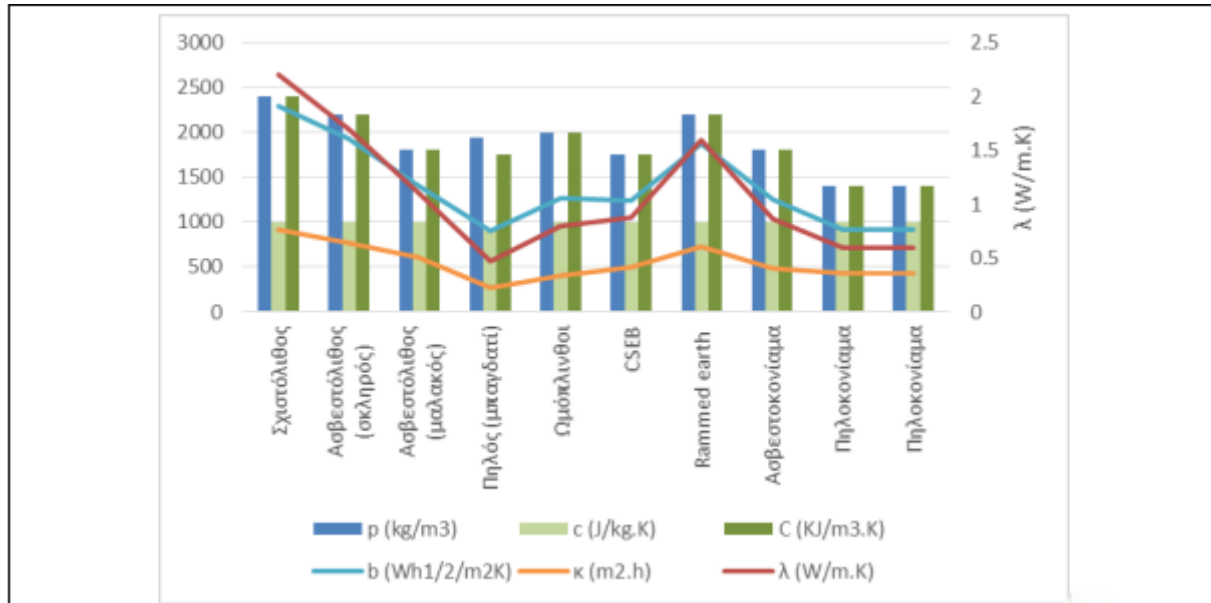
1.5 Θερμικές και φυσικές ιδιότητες των υλικών

Βασιζόμενοι στην θερμική αξιολόγηση εναλλακτικών υλικών τοιχοποιίας γίνεται προσπάθεια για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητάς τους που αναλύεται στον παρακάτω πίνακες. Ο πίνακας 1.5 εστιάζει σε συνδυασμούς υλικών που μπορούν να επιτύχουν θερμομονωτική απόδοση κοντά στα επιτρεπτά όρια για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες της Ελλάδας, όπως ορίζονται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1.

Τοιχοποιία	R (m ² K/W)	d1 (m)	d2 (m)	d3 (m)	U-Value (W/m ² K)	λ1 (W/mK)	λ2 (W/mK)	λ3 (W/mK)
ωμόπλινθοι με άχυρο								
ωμόπλινθοι με άχυρο + φελλό + ωμόπλινθοι με άχυρο	3.40	0.25	0.05	0.25	0.28	0.19(30)	0.065(38)	0.19
	4.72	0.50	0.05	0.25	0.20	0.19	0.065	0.19
	4.17	0.25	0.10	0.25	0.23	0.19	0.065	0.19
ωμόπλινθοι με άχυρο + μαλλί + ωμόπλινθοι με άχυρο	5.20	0.25	0.10	0.25	0.19	0.19	0.039(29)	0.19
	5.23	0.50	0.05	0.25	0.19	0.19	0.039	0.19
ωμόπλινθοι με άχυρο + βαμβάκι + ωμόπλινθοι με άχυρο	5.26	0.25	0.10	0.25	0.18	0.19	0.038(29)	0.19
ωμόπλινθοι με άχυρο + λινάρι + ωμόπλινθοι με άχυρο	5.26	0.25	0.10	0.25	0.18	0.19	0.038(29)	0.19
ωμόπλινθοι με άχυρο	10.53	2.00			0.09	0.19		

Πίνακας 1.5 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας σεναρίων από τοιχοποιίες με εναλλακτικά υλικά. (ΒΟΓΙΑΤΖΗ Κ.)

Ύψιστου ενδιαφέροντος καθίσταται επίσης η μελέτη «Διερεύνηση θερμικής συμπεριφοράς τοιχοποιιών από υλικά φυσικής προέλευσης» των αρχιτεκτόνων μηχανικών του ΕΜΠ, που παρουσιάστηκε στο 13^ο Εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας, κατά την οποία επιβεβαιώνεται ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ωμοπλίνθου είναι πράγματι χαμηλός. Αυτό φαίνεται άλλωστε και στο παρακάτω γράφημα (γράφημα 1.12)και τον πίνακα (πίνακας 1.6)



Υλικό	ρ (kg/m ³)	λ (W/m.K)	c (J/kg.K)	μ (-)
Σχιστόλιθος	2400	2,20	1000	1000
Ασβεστόλιθος (σκληρός)	2200	1,70	1000	200
Ασβεστόλιθος (μαλακός)	1800	1,10	1000	40
Πηλός (μπαγαδάτι) [15]	1940	0,47	900	3-7
Ωμόπλινθοι συμπαγείς	1990	0,80	1000	10
Ωμόπλινθοι με άχυρο	660	0,19	1500	5
CSEB [16]	1758	0,88	1000	14
Rammed earth [17 & 18]	(1700-)2200	(0,81-)1,60	1218	9,4-10,6
Ασβεστοκονίαμα	1800	0,87	1000	15
Πηλοκονίαμα [1]	1400	0,60	1000	8

Γράφημα 1.12 & Πίνακας 1.6 Θερμικές και φυσικές ιδιότητες εναλλακτικών δομικών υλικών. (Φλώρα Μπουγιατιώτη)

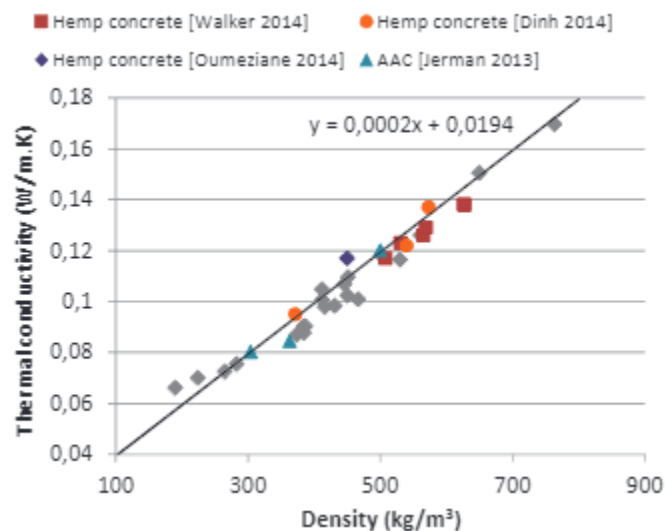
Άλλες μελέτες μας παρέχουν περαιτέρω πληροφορίες όπως η διδακτορική διατριβή της κ. Μπέη “Τοιχοποιία από πηλό : Πειραματική διερεύνηση μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών δομικών μονάδων και τοίχων από συμπιεσμένες Ωμόπλινθους” ή “Η Πειραματική διερεύνηση ενίσχυσης της φέρουσας ικανότητας των ωμοπλινθοδομών με σταθεροποιημένες συμπιεσμένες ωμοπλινθους και εξωτερικά ινοπλέγματα συγκολλημένα με πηλοκονίαμα” της Χ. Μπατσούκα (Μπατσουκα, 2016). Επίσης, από τις πηγές “ Journal of Building Engineering Volume 23, Physical, thermal and mechanical properties of adobes stabilized with fonio (*Digitaria exilis*) straw” και “MEASUREMENT OF THE HYGROTHERMAL PROPERTIES OF STRAW-CLAY MIXTURES” παίρνουμε πληροφορίες για τις θερμομονωτικές ιδιότητες, όπως για τη συνάρτηση της θερμικής αγωγιμότητας και την πυκνότητα του μείγματος ώστε να αξιοποιηθούν τα δεδομένα στο Revit. Τέλος οι πίνακες (πίνακες 4.3α&β) δίνουν τη χημική σύνθεση του υλικού.

Πίνακας 1.7. Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας και πυκνότητας 5 μιγμάτων για την δημιουργία ωμόπλινθων. (N. Oudhof, 2015)

Tab. 2: Thermal conductivity of the 5 straw-clay mixtures (average values (standard deviation)).

Mixtures	1	2	3	4	5
ρ (kg/m ³)	241 (42)	381 (6)	403 (14)	449 (18)	531 (30)
λ (W/m.K)	0.071 (0.004)	0.088 (0.002)	0.099 (0.007)	0.104 (0.002)	0.120 (0.005)

Πίνακας 1.8 Θερμοπερατότητες των ωμόπλινθων και άλλων εναλλακτικών υλικών τοιχοποιίας (Hemp concrete) σε συνάρτηση με την πυκνότητα (N. Oudhof, 2015).



Πίνακας 1.9α Η χημική σύσταση του εδάφους που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την πηγή. (Maria Costi de Castrillo, 2021).

Chemical composition of the soil used in this study (L.O.I.: Loss on Ignition).

Oxides	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	L.O.I.
wt%	66.13	14.38	6.68	0.15	0.45	0.41	0.24	1.00	1.09	0.06	8.93

Πίνακας 1.9β Η χημική σύσταση του εδάφους από έρευνα στο Μαρόκο. (Elhamdoun, 2017)

	Constituents										Total	
	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5		P.F
Percentages(%)	45,79	15,68	12,83	0,17	6,26	9,6	3,54	1,39	2,84	0,6	0,31	99,01

Πίνακας 1.10 Τα πειραματικά δεδομένα που προέκυψαν για 5 ωμόπλινθους με άχυρο. Συγκεκριμένα NB36 30% άχυρο –70% χώμα, NB37 40% άχυρο –60% χώμα, NB38 50% άχυρο –50% χώμα, NB39 60% άχυρο –40% χώμα και NB 40 70% άχυρο –30% χώμα αντίστοιχα. (Maria Costi de Castrillo, 2021)

Adobe	Bulk density (kg/m ³)	Flexural strength (MPa)	Compressive strength (MPa) (c.o.v.) [nr. of specimens]	Size-independent compressive strength (MPa)	Capillary absorption (g/m ² sec ^{1/2})	Weight-loss from immersion (%)	Thermal conductivity (W/mK) (c.o.v.)
Straw							
NB36	1479	2.03	4.64 (7.8%)	2.69	43.02	5.44	0.42 (3.1%)
NB37	1374	1.30	3.62 (14.2%)	2.10	32.93	4.04	0.39 (9.7%)
NB38	1189	1.18	1.46 (15.0%)	0.85	14.50	4.40	0.30 (7.0%)
NB39	1097	0.88	0.96 (36.3%)	0.56	7.45	1.98	0.27 (1.7%)
NB40	922	0.65	0.76 (15.0%)	0.44	18.22	3.64	0.20 (14.1%)

1.6 Κατανόηση των θερμικών ιδιοτήτων και θερμική αδράνεια-διάχυση

Η επίδραση ενός δομικού στοιχείου στην εσωτερική θερμοκρασία του κτηρίου οφείλεται βασικά στην διαδικασία αποθήκευσης της θερμότητας και απόδοσης της στο εσωτερικό περιβάλλον. Αυτός είναι και ο ορισμός της θερμικής αδράνειας. Επιπλέον η αποθηκευμένη θερμότητα μεταδίδεται στον εσωτερικό χώρο με χρονική καθυστέρηση. Από τη μια μεριά μετατρέπει τις μεγάλες ημερήσιες εξωτερικές μεταβολές της θερμοκρασίας σε μικρές διακυμάνσεις στο εσωτερικό του χώρου και από την άλλη πραγματοποιεί μία χρονική μετατόπιση των φάσεων, επιβραδύνει δηλαδή την επίδραση της αλλαγής της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του τοίχου .

Ουσιαστικά το δομικό στοιχείο επιδρά σε ένα θερμικό κύμα ως εξής:

- Μεταθέτει την φάση του, και μεταθέτει χρονικά το θερμικό κύμα (χρονική υστέρηση),
- Προκαλεί απόσβεση της θερμοκρασιακής διακύμανσης κατά έναν παράγοντα D.

Η χρονική υστέρηση και ο παράγοντας απόσβεσης αυξάνουν γενικά όσο αυξάνεται η ειδική θερμοχωρητικότητα του στοιχείου το πάχος και η πυκνότητα του. Χρήσιμη στάθηκε η σχετική μελέτη “Θερμική υστέρηση – Υπολογισμός απώλειας θερμότητας στο έδαφος”, ενός project “ ανοιχτού κώδικα” στο OneCommunityGlobal, όπου οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν αρχικά τις ιδιότητες (πυκνότητα, θερμοχωρητικότητα, θερμική αγωγιμότητα) των συνηθών δομικών υλικών EPS (διογκωμένη πολυστερίνη), αφρώδες σκυρόδεμα, πυκνό σκυρόδεμα, τσιμεντοκονίασμα, τοίχο από τούβλα και τις χρονικές καθυστερήσεις με τον συντελεστή μείωσης για συγκεκριμένο πάχος μιας ίντσας.

Πίνακας 1.11. Οι θερμικές ιδιότητες του σκυροδέματος, της μόνωσης EPS και άλλων υλικών ερευνήθηκαν πηγή:

Type of Material	Density(kg/m ³)	Heat Capacity (J/kg)	Thermal Conductivity (W/m ⁰ C)
EPS	15	1450	0.04
Cellular Concrete	704	1000	0.18
Dense Concrete	2000	880	1.7
Cement Plastering	1700	840	0.7
Brick Wall	1800	880	0.8

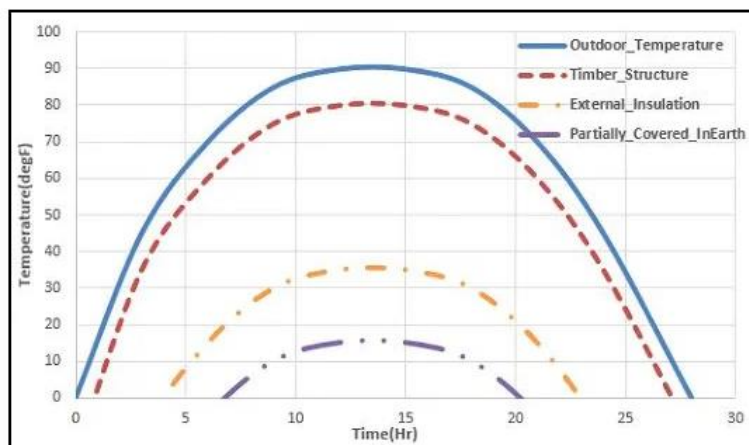
Η απόσβεση πλάτους μεταβολής θερμοκρασίας (decrement factor) και η χρονική υστέρηση (time lag) αναφέρονται στον τρόπο με τον οποίο ένας εξωτερικός τοίχος μειώνει το θερμοκρασιακό εύρος και αυξάνει τον χρόνο που μεσολαβεί μέχρι οι εξωτερικές θερμοκρασίες να φτάσουν στο εσωτερικό. Τοίχοι

με αυξημένη θερμοχωρητικότητα έχουν μεγαλύτερη χρονική υστέρηση και απόσβεση, ενώ τοίχοι με αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα μειώνουν μόνο το θερμοκρασιακό εύρος (Minke, 2006).

Πίνακας 1.12 Οι θερμικές ιδιότητες του σκυροδέματος, της μόνωσης EPS και άλλων.

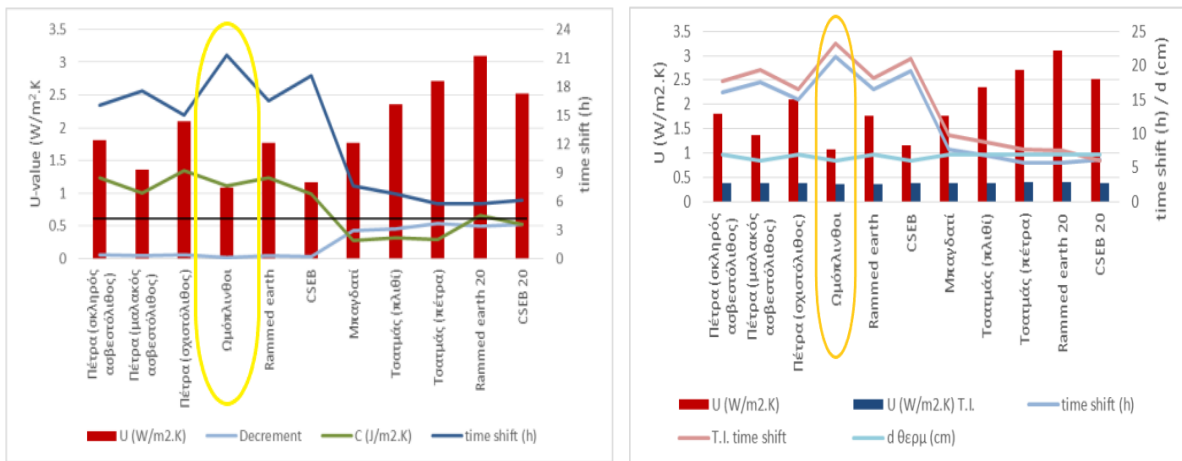
Material Thickness(inch)	Time Lag(Hours)	Decrement Factor
Concrete(1in)	0.4	0.58
EPS(1in)	1.1	0.005
Wood(1in)	0.7	0.4
Soil layer(1in)	1.31	0.56
Cement Layer(1in)	0.26	0.54
Polyurethane Board(1in)	0.03	0.13
XPS board(1in)	1.5	0.007

Συνδυάζοντας όλα αυτά, λαμβάνεται το παρακάτω γράφημα που απεικονίζει τη σχέση μεταξύ των διακυμάνσεων της εξωτερικής θερμοκρασίας και της επίδρασής τους στις εσωτερικές θερμοκρασίες τριών διαφορετικών κατασκευών, με ξυλεία, ξυλεία με πρόσθετη εξωτερική μόνωση και τέλος ξυλεία με πρόσθετη εξωτερική μόνωση και μερικώς καλυμμένη με χώμα.



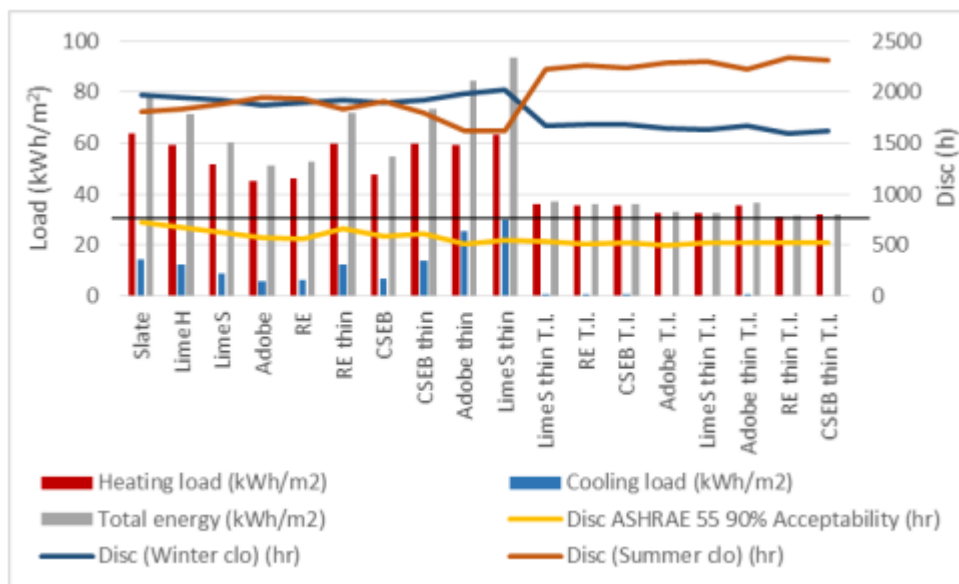
Εικόνα 1.4 Οι θερμικές ιδιότητες του σκυροδέματος, της μόνωσης EPS και άλλων υλικών.

Στο ίδιο σκεπτικό κινήθηκε και η έρευνα του ΕΜΠ που αναφερθήκαμε παραπάνω, όπου για λόγους συμβατότητας και για την τήρηση των προδιαγραφών του Κ.Εν.Α.Κ. και των κανονισμών ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, έγινε η επιλογή πετροβάμβακα ($\lambda=0,033 \text{ W/m.K}$) ως υλικό θερμομόνωσης για εξωτερική εφαρμογή. Ενώ τα πάχη που προέκυψαν για να επιτευχθεί μια μέση τιμή $U < 0,40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ήταν της τάξης των 6-7 cm, ανάλογα με τα διαφορετικά υλικά. (Φλώρα Μπουγιατιώτη)



Γράφημα 1.13 & 1.14: Συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value, W/m² .K) και χρόνος υστέρησης (time shift, h) και απαιτούμενο πάχος θερμομόνωσης (d, cm) για διαφορετικές τοιχοποιίες μεγάλου και μικρού πάχους πριν και μετά την προσθήκη μόνωσης.

Έτσι, η έρευνα καταλήγει στην παραμετρική ανάλυση των φορτίων και των συνθηκών θερμικής άνεσης σε τυπικό χώρο με διαφορετικές εναλλακτικές κατασκευής εξωτερικών τοίχων, όπου παρατηρούμε ότι ο ομόκλινοθα παρουσιάζει τις χαμηλότερες καταναλώσεις ενέργειας για ψύξη και θέρμανση, καθώς και τις λιγότερες ώρες θερμικής δυσφορίας κατα ASHRAE.



Γράφημα 1.15 Παραμετρική ανάλυση των φορτίων και των συνθηκών θερμικής άνεσης σε τυπικό χώρο με διαφορετικές εναλλακτικές κατασκευής εξωτερικών τοίχων.

Για να μπορέσουμε να ακολουθήσουμε αυτό το σκεπτικό αποφασίστηκε ο έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας των δομικών στοιχείων να γίνει με τη χρήση του λογισμικού ενεργειακής προσομοίωσης Revit, που ακολουθεί στο 4^ο κεφάλαιο.

1.7 Προσδιορισμός θερμικού/ψυκτικού φορτίου κτηρίου, βάσει Κ.Εν.Α.Κ.

Η διαστασιολόγηση των ενεργειακών συστημάτων ενός κτηρίου βασίζεται συνήθως στο χειρότερο δυνατό σενάριο (worst case scenario). Αυτό σημαίνει ότι λαμβάνονται υπόψη οι πιο ακραίες συνθήκες και στο χειρότερο σενάριο δεν περιλαμβάνεται η θετική επίδραση των θερμικών κερδών (εσωτερική, ηλιακή).

Θέρμανση

Για τον υπολογισμό του φορτίου θέρμανσης του κτηρίου, ο Κ.Εν.Α.Κ. προτείνει την σχέση 1.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (ΤΕΕ, 2017α), η οποία παρουσιάζεται παρακάτω:

$$P_{gen} = 1.5 \cdot U_m \cdot A \cdot \Delta T + \frac{\dot{V}}{3} \Delta T$$

[1.4]

Όπου:

P_{gen}: αντιπροσωπεύει την υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη θερμική ισχύ της μονάδας θέρμανσης ενός κτηρίου, εκφρασμένη σε Watt (W).

Στοιχεία Εξίσωσης:

U_m: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο της επιφάνειας του κτηρίου (W/m²K).

A: Συνολική εξωτερική επιφάνεια του κτηριακού κελύφους (m²).

ΔT: Διαφορά θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος (°C). Οι τιμές ΔT καθορίζονται βάσει των ελάχιστων θερμοκρασιών αέρα στις αντίστοιχες κλιματικές ζώνες.

Ḃ: Συνολική προσαγωγή νωπού αέρα στον θερμαινόμενο χώρο (m³/h).

1,5: Συντελεστής προσαύξησης που λαμβάνει υπόψη παράγοντες όπως η διακοπτόμενη λειτουργία και οι απώλειες δικτύου διανομής.

Στην περίπτωση που η υπολογιζόμενη μέγιστη θερμική ισχύς P_{gen} είναι μικρότερη από 20 kW, τότε λαμβάνεται ίση με 20 kW (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.).

Ψύξη

Για τον υπολογισμό του φορτίου ψύξης του κτηρίου, ο Κ.Εν.Α.Κ. προτείνει την σχέση 1.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (ΤΕΕ, 2017α), η οποία παρουσιάζεται παρακάτω:

$$P_{gen} = \sum U_A A_A CLTD_A + \sum A_\Delta GLF_\Delta + P_\Pi + P_{E\Phi} + \frac{\dot{V}}{3} \Delta T$$

[1.5]

Όπου:

P_{gen} : αποτελεί την υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη ψυκτική ισχύ της μονάδας ψύξεως του κτηρίου, [W].

A_A : αποτελεί την εξωτερική επιφάνεια αδιαφανούς δομικού στοιχείου ή θυρών ανά προσανατολισμό, [m^2].

A_Δ : αποτελεί την εξωτερική επιφάνεια διαφανούς στοιχείου ανά προσανατολισμό, [m^2].

$CLTD_A$: αποτελεί τη μέση θερμοκρασιακή διαφορά ψυκτικού φορτίου μέσω αδιαφανών στοιχείων ή θυρών του κελύφους, [$^{\circ}C$]. Η τιμή λαμβάνεται κατά ASHRAE ή απλουστευτικά ανά προσανατολισμό ως εξής: Β: $9^{\circ}C$, ΒΑ/ΒΔ: $14^{\circ}C$, Α/Δ: $17^{\circ}C$, Ν/ΝΑ/ΝΔ: $15^{\circ}C$, οροφές – δώματα: $13^{\circ}C$, δάπεδο κάτω από κλιματιζόμενο χώρο και πάνω από μη κλιματιζόμενο χώρο: $7^{\circ}C$, χωρίσματα εσωτερικά ή σκιαζόμενα: $7^{\circ}C$.

GLF_Δ : αποτελεί τον παράγοντα φορτίου του υαλοπίνακα, [W/m^2]. Η τιμή λαμβάνεται κατά ASHRAE η απλουστευτικά ανά προσανατολισμό ως εξής: Β: $82 W/m^2$, ΒΑ: $140 W/m^2$, Α/ΝΑ: $200 W/m^2$, Ν: $148 W/m^2$, ΝΔ/Δ: $250 W/m^2$, ΒΔ: $199 W/m^2$, οριζόντια: $378 W/m^2$.

P_Π : αποτελεί την εκλυόμενη θερμότητα των φυσικών προσώπων, [W].

$P_{E\Phi}$: αποτελεί τα εσωτερικά φορτία φωτιστικών και συσκευών, [W].

U_A : αποτελεί τον μέγιστο επιτρεπόμενο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας για το σύνολο της επιφάνειας Α, [W/m^2K].

ΔT : αποτελεί τη διαφορά θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος, [$^{\circ}C$].

\dot{V} : αποτελεί τη συνολική παραγωγή νωπού αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο, [m^3/h].

Κεφάλαιο 2. Εισαγωγή της Υπό Μελέτη Μονοκατοικίας στο περιβάλλον των Λογισμικών προσομοίωσης

2.1 Εισαγωγή στο TEE-KENAK

Σε μια εποχή ολοένα αυξανόμενης περιβαλλοντικής συνείδησης, η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων αποτελεί καίριο ζήτημα. Το λογισμικό TEE-KENAK, του Τεχνολογικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΕΕ) και ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) (αποτελεί υποχρέωση της χώρας τόσο προς τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης) αναδεικνύεται σε ένα απαραίτητο εργαλείο για την αντιμετώπιση της πρόκλησης αυτής.

Πλεονεκτήματα

1.Ακρίβεια: Το λογισμικό βασίζεται σε αναγνωρισμένες μεθοδολογίες και αλγόριθμους, εξασφαλίζοντας αξιόπιστα αποτελέσματα στους υπολογισμούς.

2.Ευκολία χρήσης: Η φιλική προς τον χρήστη διεπαφή του TEE-KENAK καθιστά τη χρήση του προσβάσιμη, τόσο σε έμπειρους επαγγελματίες, όσο και σε αρχάριους.

3.Πολυχρηστικότητα: Το λογισμικό εξυπηρετεί ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, καλύπτοντας μια σειρά αναγκών. Σημαντική είναι αυτή της Ενεργειακής Επιθεώρησης, καθώς συμβάλλει στην έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), προσφέροντας εύχρηστα εργαλεία για την καταχώριση και ανάλυση των απαραίτητων δεδομένων.

Λειτουργίες

Εισαγωγή δεδομένων: Το λογισμικό δέχεται πληροφορίες σχετικά με τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του κτηρίου, λαμβάνοντας υπόψη:

Το κέλυφος (τοιχοποιία, δάπεδα, οροφές, κ.λπ.).

Τις Η/Μ εγκαταστάσεις (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, φωτισμός).

Κτήριο αναφοράς: Για σκοπούς σύγκρισης, το TEEKENAK δημιουργεί αυτόματα ένα κτήριο αναφοράς με αντίστοιχα χαρακτηριστικά.

Υπολογισμοί: Το λογισμικό εκτελεί λεπτομερείς υπολογισμούς για:

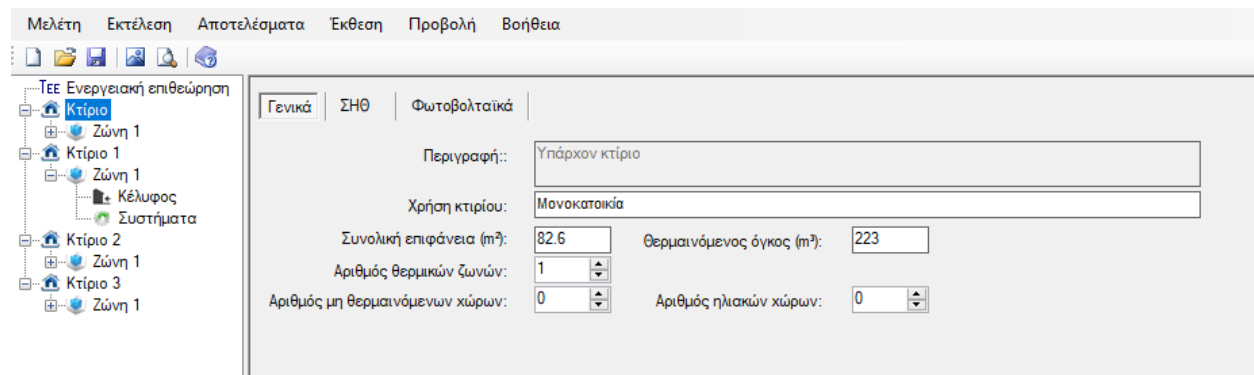
- Τα μηνιαία φορτία ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, φωτισμός, κ.λπ.).
- Την ετήσια ενεργειακή κατανάλωση.
- Τις καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας, καυσίμων και εκπομπών CO₂.

Αποτελέσματα

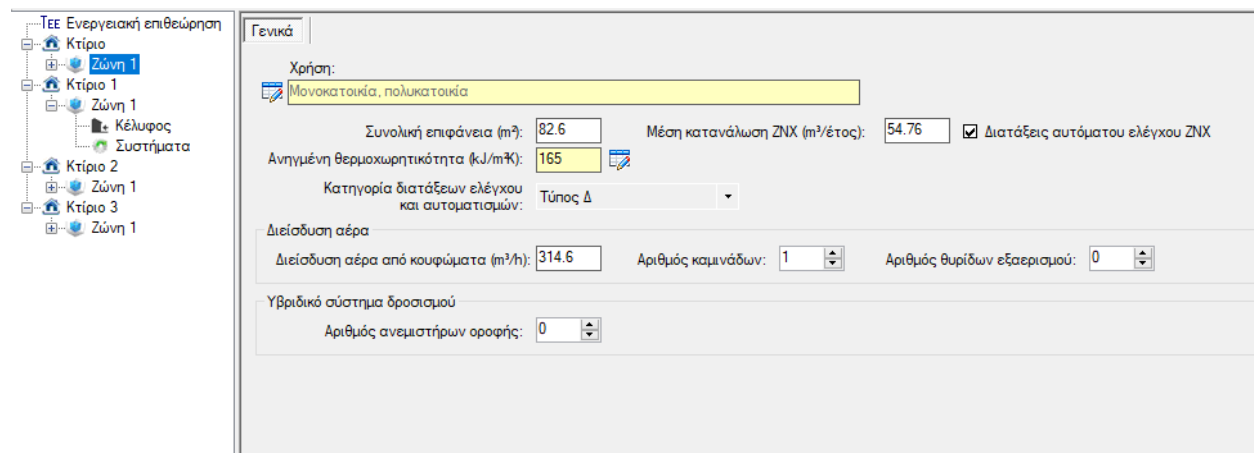
Το TEE-KENAK παράγει αναλυτικές αναφορές, οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Τα εισαχθέντα δεδομένα,
- Τα χαρακτηριστικά του κτηρίου αναφοράς, (εικόνες 2.1 & 2.2)
- Τα αποτελέσματα των υπολογισμών και, τελικά, (εικονα 2.3)
- Την Ενεργειακή ταξινόμηση. Δηλαδή, με βάση την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, το κτήριο λαμβάνει μια ενεργειακή ταξινόμηση (A+, A, B, κ.λπ.) σε σύγκριση με το κτήριο αναφοράς (εικονα 2.4)

Οι εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζουν το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού TEE KENAK, καθώς και ορισμένα στιγμιότυπα οθόνης σχετικά με το περιβάλλον εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων και αποτελεσμάτων. Ενώ, στα επόμενα κεφάλαια ακολουθούν εκτενέστερες πληροφορίες και στιγμιότυπα.



Εικόνα 2.1. Περιβάλλον εργασίας λογισμικού TEE KENAK.



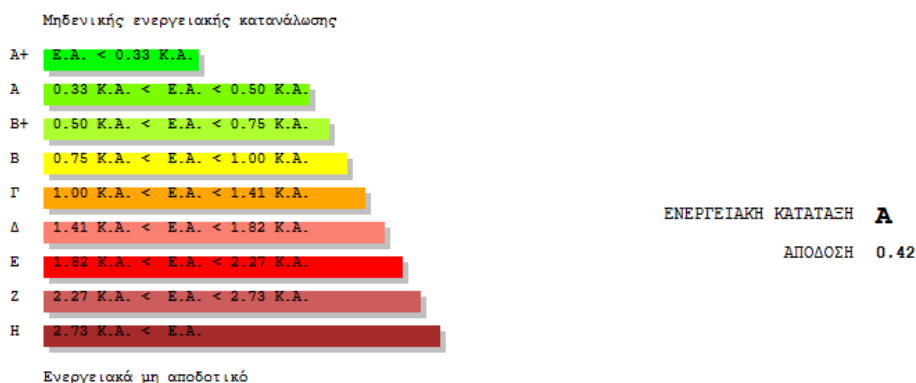
Εικόνα 2.2. Στιγμιότυπο οθόνης TEE KENAK για την εισαγωγή δεδομένων κτηρίου.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	61.6	46.7	37.8	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	32.7	55.4	255.1
	Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1	31.0	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0
	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	2.5	2.2	2.3	2.0	1.8	1.5	1.4	1.3	1.5	1.8	2.0	2.4	22.7

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	109.4	83.0	67.2	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	58.1	98.4	453.7
	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	0.0	3.0	5.1	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0
	ZNX	2.3	2.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.7	1.9	2.2	13.7
	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	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
	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	111.7	85.1	69.4	29.0	0.0	3.0	5.1	3.9	1.4	10.1	60.0	100.6	479.3

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO2 (kg/m ²)
► Ηλεκτρισμός	73.8	73.0
Πετρέλαιο	406.0	107.2
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	479.3	180.2

Εικόνα 2.3. Στιγμιότυπο οθόνης ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ με εξαγωγή αποτελεσμάτων(απαιτήσεις, καταναλώσεις και εκπομπές CO2).

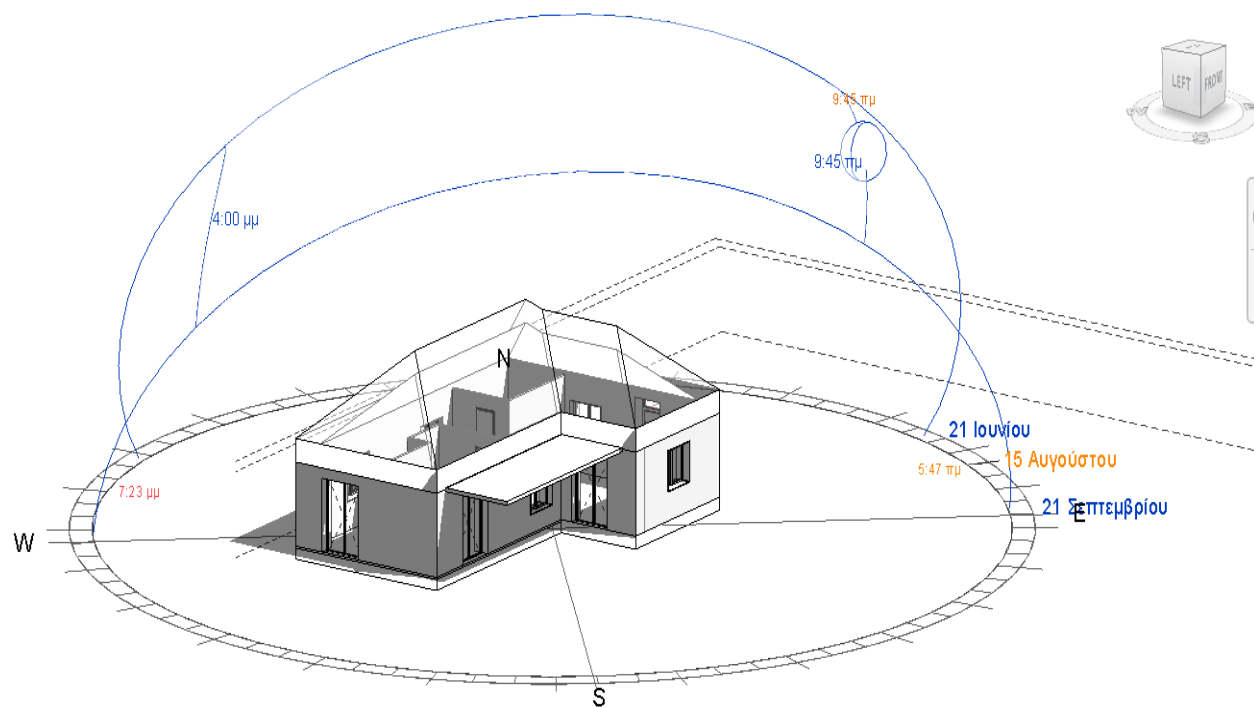


Εικόνα 2.4. Στιγμιότυπο οθόνης ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ με εξαγωγή αποτελεσμάτων(ενεργειακή ταξινόμηση).

2.2 Υπο Μελέτη Κτήριο

Η μελέτη έγινε πάνω σε μία μονοκατοικία (83 m²), που αποτελείται από σαλοκουζίνα, ένα υπνοδωμάτιο και ένα μπάνιο. Στην νότια πλευρά του κτηρίου υπάρχει πρόβολος που δημιουργεί σκίαση. Το κτήριο βρίσκεται στη Λάρισα σε υψόμετρο 69 m (Ζώνη Γ).

Οι τοίχοι του κτηρίου είναι κατασκευασμένοι από ωμοπλινθοδομή, τα κουφώματα είναι ξύλινα, μονού υαλοπίνακα και η οροφή είναι σκούρης επίστρωσης.



Εικόνα 2.5 3D όψη κτηρίου.

2.3 Γενική περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου

Η ενότητα αυτή εστιάζει στην περιγραφή του κτηρίου που μελετάται, λαμβάνοντας υπόψη την αρχική του κατάσταση, τη θέση και το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται.

2.3.1 Αρχική κατάσταση κτηρίου

Το εν λόγω κτήριο είναι υφιστάμενο (προς κατεδάφιση λόγω της πλημμύρας του Σεπτεμβρίου του 2023) και βρίσκεται στην οδό Δαβάκη στον οικισμό (Δημοτικό Διαμέρισμα) Φαλάνη του Δήμου Λάρισας. Πρόκειται για μία ωμοπλίνθινη μονοκατοικία 83 m², χτισμένη στις αρχές της δεκαετίας του '60.

Το κτήριο αποτελείται από δομικά υλικά τα οποία βασίζονται σε τεχνικές οικοδόμησης της εποχής κατά την οποία χτίστηκε. Συγκεκριμένα, η τοιχοποιία αποτελούνταν από σειρά ωμόπλινθων με την προσθήκη άχυρου και τα διαφανή δομικά στοιχεία (παράθυρα) αποτελούνταν από απλό τζάμι με ξύλινο πλαίσιο. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι στο κτήριο δεν υπήρχε κάποιο είδος θερμομονωτικής προστασίας. Όπως προαναφέρθηκε, κατασκευάστηκε κοντά στο 1960, σε περίοδο όπου η θερμομόνωση των κτηρίων δεν ήταν απαραίτητη, δηλαδή, πριν την εφαρμογή του ελληνικού κανονισμού θερμομόνωσης, το 1979. Ως αποτέλεσμα, η αντικατάσταση των δομικών στοιχείων στο σύνολο του κτηρίου, λόγω παλαιότητας και θερμομονωτικής ανεπάρκειας, κρίθηκε σημαντική.



Εικόνα 2.6 Αρχική κατάσταση κτηρίου.



Εικόνα 2.7. Αρχική κατάσταση παραθύρων.

2.3.2 Γενικά στοιχεία κτηρίου

Το εν λόγω κτήριο που στεγάζει την υπό μελέτη μονοκατοικία (βλ. Εικόνα 2.8), είναι ισόγειο και η κύρια χρήση του είναι αυτή της κατοικίας. Το ωράριο λειτουργίας του λαμβάνεται,

όπως ορίζεται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (ΤΕΕ, 2017α).

Στον πίνακα 3.1 αναφέρονται ορισμένα στοιχεία του υπό μελέτη κτηρίου.

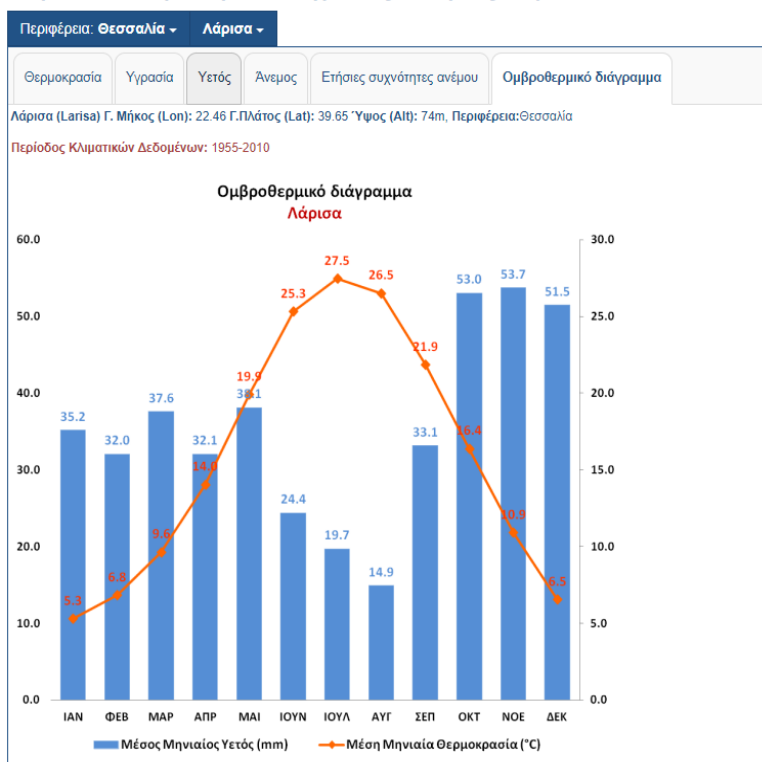
Πίνακας 2.1 Στοιχεία κτηρίου.

<i>Πόλη</i>	<i>Λάρισα</i>
<i>Αριθμός θερμικών ζωνών</i>	1
<i>Συνολική Επιφάνεια</i>	105 m ²
<i>Τυπικό ύψος επιπέδου</i>	2,7m
<i>Κλιματική ζώνη</i>	Γ
<i>Γωνία περιστροφής</i>	
<i>Υψόμετρο μεγαλύτερο από 500m</i>	Όχι
<i>Χρήση κτιρίου</i>	Μονοκατοικία
<i>Τύπος κατασκευής</i>	Ωμοπλίνθινη κατασκευή με ξύλινα στηρίγματα
<i>Επίπεδο στη στάθμη εδάφους</i>	1
<i>Βάθος δαπέδου στο έδαφος</i>	-0,5
<i>Περίμετρος κτηρίου</i>	35

**Εικόνα 2.8** Αρχική κατάσταση κτηρίου , κάτοψη google maps.

Το κλίμα στην πόλη της Λάρισας, κυρίως μεσογειακό, χαρακτηρίζεται από ζεστά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Η πόλη συγκαταλέγεται στις πιο ζεστές περιοχές της Ελλάδας κατά τους θερινούς μήνες. Ενώ, σύμφωνα με την ταξινόμηση του κλίματος Köppen-Geiger, θεωρείται κλίμα κατηγορίας BSk (ημίξηρο ψυχρό)(εικόνα 2.10α). Τέλος, τα επίπεδα υγρασίας είναι υψηλά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, αγγίζοντας έως και το 80% .

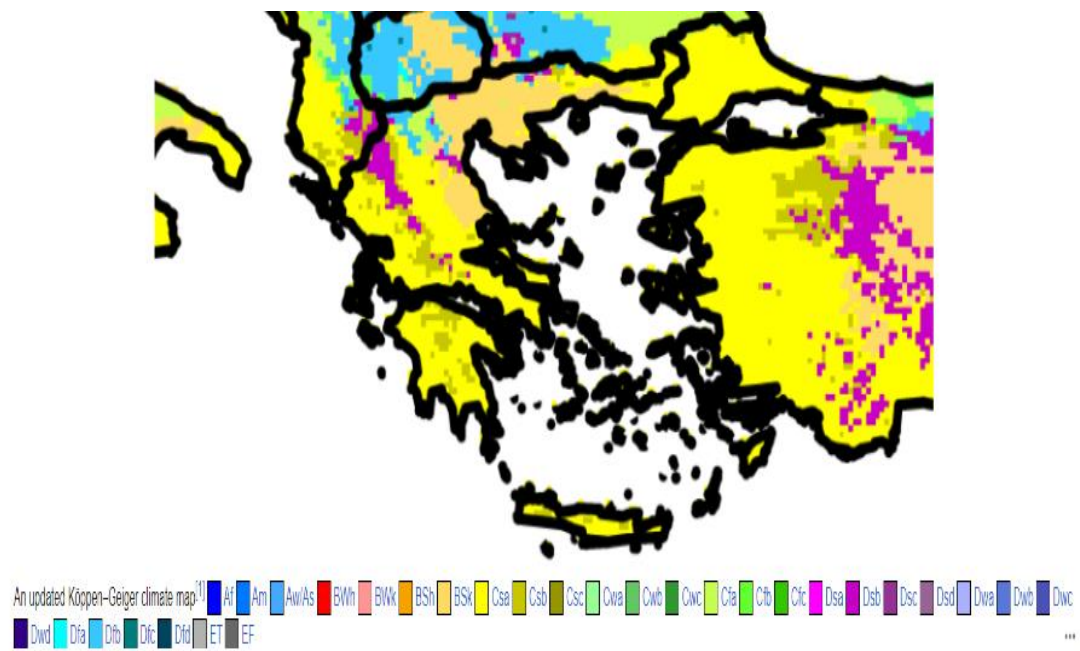
Κλιματικά Δεδομένα για επιλεγμένους σταθμούς στην Ελλάδα



Εικόνα 2.9 Γραφική απεικόνιση των δεδομένων για τη Λάρισα. (ΕΜΥ, n.d.)

Κλιματική ταξινόμηση Κέππεν						
Δυναμική της θερμοκρασίας		Δυναμική του υετού				
		Υγρό και ξηρό		B ξηρό		
		f, m υγρό	w ξηρός χειμώνας	s ξηρό καλοκαίρι	S ημίξηρο	W ξηρό
A Τροπικό ή μακρόθερμο		Af: Ισημερινό Am: Μουσώνων	Σαβάνας Aw	(Σαβάνας As)	Ημίξηρο θερμό BSh	Ξηρό θερμό BWh
C Εύκρατο ή μεσόθερμο	a Υποτροπικό	Ωκεάνια: Cfa Cfb Cfc	Υπόυγρα: Cwa	Μεσογειακό: Csa	Ημίξηρο ψυχρό BSk	Ξηρό ψυχρό BWk
	b Εύκρατο		υψόμετρο: Cwb Cwc	Csb (Csc)		
D Ηπειρωτικό ή μικρόθερμο (παγωμένοι χειμώνες)	a Εύκρατο θερμό	Ηπειρωτικά: Dfa Υγρά: Dfb Dfc Dfd	Ματζουρίας: Dwa	Ηπειρωτικό: Dsa	B Sk	BWk
	b Εύκρατο ημιπολικό		Dwb Dwc Dwd	Μεσογειακό: Dsb Dsc Dsd		
E Πολικό	c Υποπολικό / υποαλπινικό					
	d Σφοδρό					
		Τούνδρας	Πολική τούνδρα ET ή Αλπικό ETH			
		Παγωμένο	Παγωμένο EF			

Εικόνα 2.10α Κλιματική ταξινόμηση Köppen-Geiger για την Ελλάδα, πηγή: (Köppen–Geiger, n.d.).



Εικόνα 2.10β Κλιματική απεικόνιση του κλίματος Köppen-Geiger για την Ελλάδα, πηγή: (Köppen-Geiger, n.d.).

2.3.3 Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας

Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) για Κατοικία στη Λάρισα

Στο ΠΕΑ (ν. 3851/2010 - ΦΕΚ 85 "Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων") το κτήριο που μελετήθηκε ανήκει στην κατηγορία κτηρίων με χρήση ως κατοικία. Η περιοχή του Δήμου Λάρισας στην οποία βρίσκεται ανήκει στην κλιματική ζώνη Γ, σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (easyKENAK, n.d.).

Οι λεπτομερείς συνθήκες λειτουργίας για τα κτήρια- κατοικίες παρουσιάζονται στους πίνακες του παραρτήματος στο τέλος της εργασίας (ΤΟΤΕΕ, Τεύχος Β' 4003/17.11.2017 (πίνακας π.1 έως πίνακα π.7)

2.4 Έλεγχος Θερμομονωτικής Επάρκειας Δομικών Στοιχείων και Κτηρίου

2.4.1 Θερμομόνωση κτηρίων: Απαιτήσεις Κ.Εν.Α.Κ. και έλεγχος θερμοπερατότητας

Ο Κ.Εν.Α.Κ. (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων) θέτει αυστηρές απαιτήσεις θερμομόνωσης για τα δομικά στοιχεία των κτηρίων, με στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και την ενίσχυση της ενεργειακής τους απόδοσης.

2.4.2 Περιορισμοί συντελεστή θερμοπερατότητας

Ο Κ.Εν.Α.Κ. διακρίνει 4 κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα, με διαφορετικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Οι επιτρεπόμενοι συντελεστές θερμοπερατότητας (U) για κάθε δομικό στοιχείο (π.χ. τοίχοι, οροφές, δάπεδα) διαφοροποιούνται ανάλογα με την κλιματική ζώνη.

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [$W/(m^2 \cdot K)$]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U_R	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U_T	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πλαϊνές)	U_{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U_{Tu}	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U_{TB}	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U_{Fu}	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U_{FB}	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U_w	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U_{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 2.2. Παρουσιάζει τα μέγιστα επιτρεπόμενα U για κάθε δομικό στοιχείο σε κάθε κλιματική ζώνη.

2.4.3 Συνάρτηση του λόγου εμβαδού προς όγκο

Ο Κ.Εν.Α.Κ. λαμβάνει υπόψη και τον γεωμετρικό σχεδιασμό του κτηρίου. Κτήρια με μεγαλύτερη επιφάνεια σε σχέση με τον όγκο τους (π.χ. πολυώροφα) παρουσιάζουν μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας.

Λόγος A/V [m^{-1}]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m [$W/(m^2 \cdot K)$]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
$\leq 0,2$	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
$\geq 1,0$	0,81	0,73	0,66	0,60

Πίνακας 2.3. Ορίζει οριακά U ως προς τον λόγο εμβαδού προς όγκο, λαμβάνοντας υπόψη και την κλιματική ζώνη.

2.4.4 Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας

Υπολογισμός U και U_m :

Για κάθε δομικό στοιχείο του κελύφους (τοιχοποιίες, δάπεδα, οροφές, κ.λπ.) υπολογίζεται ο U , λαμβάνοντας υπόψη τα υλικά και τις ιδιότητές τους. Στη συνέχεια, υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας (U_m) για το σύνολο του κτηριακού κελύφους.

Συμμόρφωση με Κ.Εν.Α.Κ.

Συγκρίνεται ο υπολογισθείς U με τα μέγιστα επιτρεπόμενα U του Πίνακα 2.2 για την αντίστοιχη κλιματική ζώνη και το δομικό στοιχείο. Επιπλέον, ο υπολογισθείς U_m συγκρίνεται με τα όρια του Πίνακα 2.3, λαμβάνοντας υπόψη και τον λόγο εμβαδού προς όγκο.

Εάν U και U_m πληρούν τις απαιτήσεις και των δύο πινάκων, η θερμομόνωση του κτηρίου θεωρείται επαρκής.

2.5 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας U και U_m βάσει Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017

Η θερμομόνωση αποτελεί καίριο παράγοντα για την ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου. Η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 (ΤΕΕ, 2017β) ορίζει τις μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των συντελεστών θερμοπερατότητας U και U_m , με στόχο την αξιολόγηση της θερμομονωτικής επάρκειας κτηριακών στοιχείων και του κτηρίου συνολικά.

Συντελεστές θερμοπερατότητας

U: Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U αντιπροσωπεύει τη θερμική ροή που διαπερνά ένα δομικό στοιχείο (π.χ. τοίχος, οροφή) ανά μονάδα επιφάνειας και διαφοράς θερμοκρασίας.

Αδιαφανή δομικά στοιχεία: Η σχέση [1.1] του 1ου κεφαλαίου χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του U .

Διαφανή δομικά στοιχεία: Η σχέση [1.2] του 1ου κεφαλαίου λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων και πλαισίων για τον υπολογισμό του U_w .

U_m : Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U_m αντιπροσωπεύει τη συνολική θερμική απώλεια του κτηρίου, λαμβάνοντας υπόψη τα U των επιμέρους δομικών στοιχείων, την επιφάνειά τους και τον λόγο εμβαδού προς όγκο. Η σχέση [1.3] του 1ου κεφαλαίου χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του U_m .

Κριτήρια θερμομόνωσης

Αδιαφανή δομικά στοιχεία: Ο υπολογισμένος U για κάθε δομικό στοιχείο οφείλει να είναι μικρότερος ή ίσος με την οριακή τιμή $U_{δ,σ, max}$ (Πίνακας 2.1).

Κτήριο: Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U_m οφείλει να είναι μικρότερος ή ίσος με τον μέγιστο επιτρεπόμενο $U_{m,max}$ (Πίνακας 2.4).

Σε περίπτωση $U_m > U_{m,max}$:

Ο μελετητής οφείλει να βελτιώσει τη θερμομόνωση των δομικών στοιχείων.

Ο υπολογισμός U και U_m επαναλαμβάνεται έως την τήρηση των κριτηρίων.

Θερμογέφυρες: Στην μελέτη, λαμβάνει χώρα προσαύξηση φορτίων 20% για την κάλυψη των θερμογεφυρών.

Πίνακας 2.4 Στοιχεία κτιρίου.

	ΣA [m ²]	$\Sigma [b \times U \times A]$ [W/K]
Κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία	94,71	23,68
Οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία	82,6	41,3
Διαφανή δομικά στοιχεία	20,85	35,44
Συνολικά	198,16	100,42
$[\Sigma (b \times U \times A) + \text{θερμογέφυρες } 20\%] / \Sigma A$		0,607

Προκειμένου να ελεγχθεί η θερμομονωτική επάρκεια του κτηρίου πρέπει πρώτα να υπολογιστεί ο λόγος του εμβαδού των θερμαινόμενων τμημάτων του κτηρίου προς τον αντίστοιχο όγκο τους. Για τον υπολογισμό των δεδομένων, εισάγονται οι τιμές U για τοιχοποιία από ωμόπλινθο, οι οποίες λαμβάνονται από το κεφάλαιο 4.

Ο λόγος αυτός του κτηρίου προκύπτει ίσος με $A/V = 0,386 \text{ m}^{-1}$. Βάσει των Πινάκων 2.1, 2.2 και 2.3 προκύπτει:

$$U_m = 0.607 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{m,max} = 0.95 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Συνεπώς, βάσει των απαιτήσεων του Κ.Εν.Α.Κ. για το μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας U_m , το κτήριο είναι επαρκώς θερμομονωμένο.

2.6 Εισαγωγή στο Revit

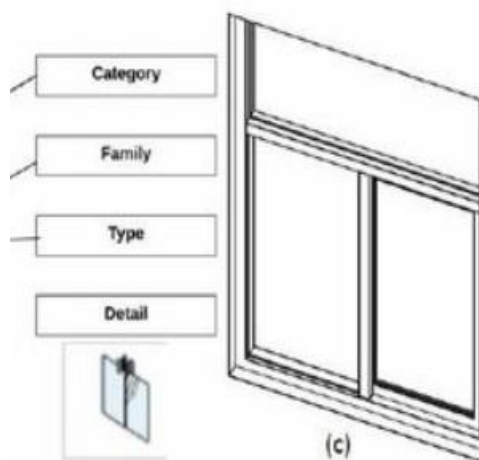
Το Revit BIM (Building Information Modeling) αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο λογισμικού που χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη διαχείριση κτιρίων και υποδομών. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συστήματα CAD (Computer-Aided Design) που εστιάζουν στη δημιουργία δισδιάστατων (2D) ή τρισδιάστατων (3D) σχεδίων, το Revit BIM υιοθετεί μια προσέγγιση που βασίζεται σε μοντέλα, όπου κάθε στοιχείο στο σχέδιο φέρει πλούσιες πληροφορίες και ιδιότητες.

Αποτελεί ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό περιβάλλον σχεδιασμού και κατασκευής που προσφέρει στους χρήστες ισχυρές δυνατότητες για την ανάπτυξη και ανάλυση τοίχων και των χαρακτηριστικών τους. Η υιοθέτηση του Revit φέρνει σημαντικά οφέλη, βελτιώνοντας την ποιότητα του σχεδιασμού, την αποδοτικότητα της εργασίας και την τήρηση των κανονισμών.

Βασικές δυνατότητες του προγράμματος:

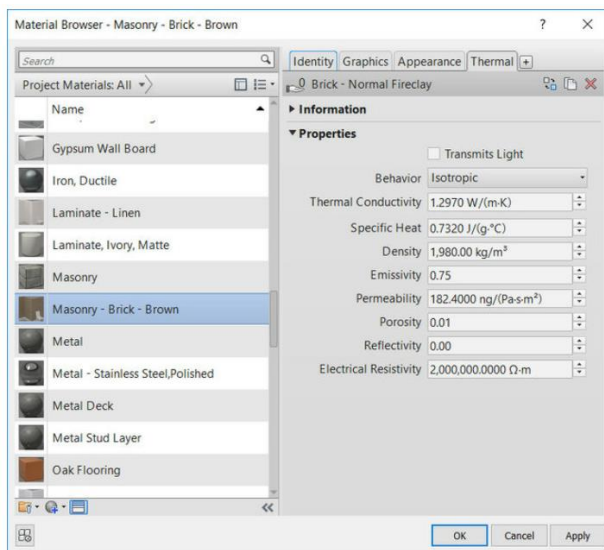
1. Σχεδιασμος

- **Παραμετρικός Σχεδιασμός:** Το Revit επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν "έξυπνα" μοντέλα που προσαρμόζονται αυτόματα σε αλλαγές. Για παράδειγμα, τροποποιώντας τις διαστάσεις ενός τοίχου, οι πόρτες και τα παράθυρα που το διαπερνούν θα ενημερωθούν αυτόματα για να διατηρήσουν την ακεραιότητα του σχεδίου.
- **3D Σχεδίαση και Οπτικοποίηση:** Δημιουργία λεπτομερών 3D μοντέλων κτιρίων, με δυνατότητα ρεαλιστικής απεικόνισης και περιήγησης στους εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους.
- **Σχεδιασμός Στοιχείων:** Δημιουργία και τροποποίηση παραμετρικών στοιχείων κτιρίου, όπως τοίχοι, πόρτες, παράθυρα, δοκοί, σκάλες και λεπτομέρειες.
- **Συνεργασία:** Κοινή χρήση και τροποποίηση του μοντέλου BIM σε πραγματικό χρόνο από πολλούς χρήστες, εξασφαλίζοντας συντονισμό και συνεργασία.



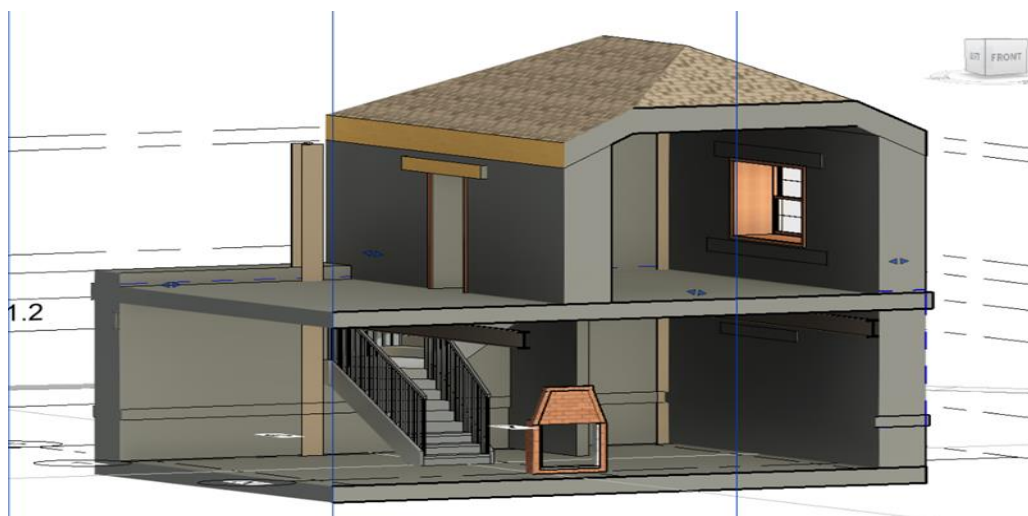
Εικονα 2.11 Κατάταξη ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των υλικών στις βιβλιοθήκες του Revit (Li, 2019).

2.Ανάλυση: Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει το Revit BIM για να υπολογίσει το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (U-value) του τοίχου. **Σχεδιασμός Μόνωσης:** Το Revit επιτρέπει την μοντελοποίηση με ακρίβεια της τοιχοποιίας, λαμβάνοντας υπόψη διάφορες επιλογές υλικών και πάχους μόνωσης. Η ανάλυση θερμικών απωλειών μπορεί να διενεργηθεί με στόχο την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.



Εικόνα 2.12 Θερμικές ιδιότητες υλικών.

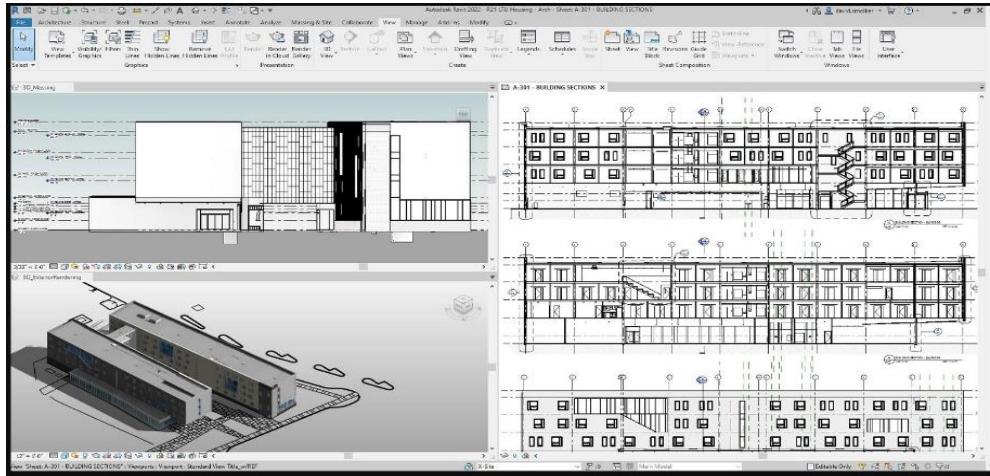
3.Κατασκευή: Το Revit μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία λεπτομερών κατασκευαστικών εγγράφων που δείχνουν πώς πρέπει να κατασκευαστεί ο τοίχος. Αυτό βοηθά στην αποφυγή σφαλμάτων, καθυστερήσεων κατά την κατασκευή αλλά και στην εκπαίδευση εργατών και προσομοίωση κατασκευαστικών διαδικασιών.



Εικόνα 2.13 Στιγμιότυπο από το λογισμικό Revit.

4. Διαχείριση πληροφοριών κτηρίου

Καθώς γίνεται αποθήκευση και ενημέρωση δεδομένων για συντήρηση, ανακαίνιση και μελλοντικές τροποποιήσεις.



Εικόνα 2.14 Περιβάλλον του λογισμικού Revit

Η χρήση του λογισμικού Revit όσον αφορά το σχεδιαστικό κομμάτι, 3D σχεδίαση - οπτικοποίηση, ακολουθεί στο επόμενο κεφάλαιο ώστε να έχουμε τα αποτελέσματα του υφιστάμενου κτηρίου και του 1^{ου} σεναρίου. Ενώ η ανάλυση και ο σχεδιασμός μόνωσης του ωμόπλινθου, με βάση τα στοιχεία του 1^{ου} κεφαλαίου, στο περιβάλλον του Revit παρουσιάζεται εκτενώς στην αρχή του 4^{ου} κεφαλαίου ώστε να γίνει η εξαγωγή απαραίτητων αποτελεσμάτων (νέο U-value) για το 2^ο σενάριο.

Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή ανάλυση Υφιστάμενου κτηρίου και 1^ο Σεναρίου

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτο το κεφάλαιο παρουσιάζεται η εφαρμογή του λογισμικού TEE-KENAK σε ένα θεωρητικά σύγχρονο κτήριο, με τα συνήθη υλικά και ακολουθεί ο σχεδιασμός των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού.

3.2 Υπολογισμός Ετήσιων Ενεργειακών Φορτίων

Για τον υπολογισμό των ετήσιων ενεργειακών φορτίων ξεκινήσαμε από την καρτέλα Ζώνη 1 (εικόνα 3.1) και συμπληρώσαμε τα στοιχεία:

- Χρήση: Μονοκατοικία, πολυκατοικία, ώστε να προσδιορίσει το πρόγραμμα τις εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας (π.χ. επιθυμητή θερμοκρασία)
- Συνολική επιφάνεια: 83 (m²)
- Μέση κατανάλωση ZNX: 54.76 (m³/έτος), (πίνακας 3.1)

Πίνακας 3.1. Ετήσια κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης, πηγή:TOTEE 20701.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ημερήσια κατανάλωση Z.N.X.		Ετήσια κατανάλωση Z.N.X.	
	[ℓ/άτομο/ημέρα]	ανά δομημένη επιφάνεια [ℓ/m ² /ημέρα]	ανά υπνοδωμάτιο [m ³ /υπν./έτος]	ανά δομημένη επιφάνεια [m ³ /m ² /έτος]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	50	--	27,38	----

- Διείσδυση αέρα από κουφώματα: 10.68 (m³/h) (Υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο των κουφωμάτων και τις αντίστοιχες τιμές που ορίζονται στην παρακάτω εικόνα, καθώς και τα εμβαδά πόρτας, παραθύρων) (πίνακας 3.2).

Πίνακας 3.2. Κλάσεις κουφωμάτων πηγή: TOTEE 20701-1.

Κουφώματα με μεταλλικό, συνθετικό ή ξύλινο πλαίσιο με πιστοποίηση κατά EN 12207(*)		
Κλάση αεροπερατότητας με βάση τη συνολική επιφάνεια του κουφώματος:	1	7,7
	2	4,1
	3	1,4
	4	0,5

Εικόνα 3.1. Καρτέλα Ζώνη 1.

Στη συνέχεια, στην καρτέλα Κέλυφος συμπληρώσαμε τα στοιχεία:

- γ , β : Ανάλογα με τον προσανατολισμό κάθε επιφάνειας
- Εμβαδόν στοιχείων (Εικόνες 3.2 & 3.3)
- Συντελεστής θερμοπερατότητας: Οι τιμές αντλήθηκαν από τον πίνακα 3.3, TOTEE 20701-1, και τον πίνακα 3.4.

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^* (-)	
1	Τοίχος	ΒΔ	309.80	90	30.66	0.45	0.8	0.8	
2	Τοίχος	ΒΑ	39.80	90	22.89	0.45	0.8	0.8	
3	Τοίχος	ΝΑ1	129.80	90	1.74	0.45	0.8	0.8	
4	Τοίχος	ΝΑ2	129.80	90	14.78	0.45	0.8	0.8	
5	Τοίχος	ΝΔ1	219.80	90	4.51	0.45	0.8	0.8	
6	Τοίχος	ΝΔ2	219.80	90	11.33	0.45	0.8	0.8	
▶ 7	Πόρτα		39.80	90	2.4	2	0.8	0.8	
8	Οροφή		0	0	82.6	0.5	0.9	0.8	
* 9									

Εικόνα 3.2. Χαρακτηριστικά διαφανών στοιχείων.

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 (-)
▶ 1	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΒΔ	309.80	90	1.68	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm Δίδυμος υαλοπίνακας	2.2	0.48
2	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΒΔ	309.80	90	1.68	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm Δίδυμος υαλοπίνακας	2.2	0.48
3	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΒΑ	39.80	90	1.68	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm Δίδυμος υαλοπίνακας	2.2	0.48
4	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΝΑ	129.80	90	1.68	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm Δίδυμος υαλοπίνακας	2.2	0.48
5	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΝΑ	129.80	90	1.68	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm Δίδυμος υαλοπίνακας	2.2	0.48
6	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΝΑ	129.80	90	3.52	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm Δίδυμος υαλοπίνακας	2.8	0.48
7	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΝΔ	219.80	90	3.52	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm Δίδυμος υαλοπίνακας	2.8	0.48
8	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΝΔ	219.80	90	3.52	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm Δίδυμος υαλοπίνακας	2.8	0.48
9								
* 10								

Εικόνα 3.3. Χαρακτηριστικά αδιαφανών στοιχείων.

Πίνακας 3.3. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας αναφέρεται στη συνολική αντίσταση (συμπεριλαμβανομένων των θερμικών αντιστάσεων συναγωγής), πηγή: TOTEE 20701-1.

Δομικό στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτηρίων (1979)		
	A	B	Γ
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές, πυλωτές).	0,50	0,50	0,50
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	0,70	0,70	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	3,00	1,90	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους .	3,00	1,90	0,70

Πίνακας 3.4. Συντελεστές θερμοπερατότητας υαλοπινάκων, πηγή: TOTEE 20701-1.

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου F_f	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμφιμότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο Αέρα 12 mm
			[%]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο 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
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	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	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–
	40%	2,1	–	–	–	–

3.3 Υπολογισμός Συντελεστών Σκίασης

Ο υπολογισμός των συντελεστών σκίασης γίνεται είτε με τη βοήθεια ενός αρχείου excel στο οποίο οι απαραίτητες εξισώσεις είναι αυτοματοποιημένες και ο χρήστης εισάγει απλά τις διαστάσεις των στοιχείων σκίασης, είτε με τη βοήθεια πινάκων. Το Revit, από την άλλη, ως λογισμικό Μοντελοποίησης Κτιρίων (BIM), προσφέρει πληθώρα δυνατοτήτων για τον σχεδιασμό προβόλων λαμβάνοντας υπόψη την ηλιακή τροχιά. Ο σωστός προσανατολισμός και η βέλτιστη αξιοποίηση του ήλιου αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για βιώσιμα κτήρια.

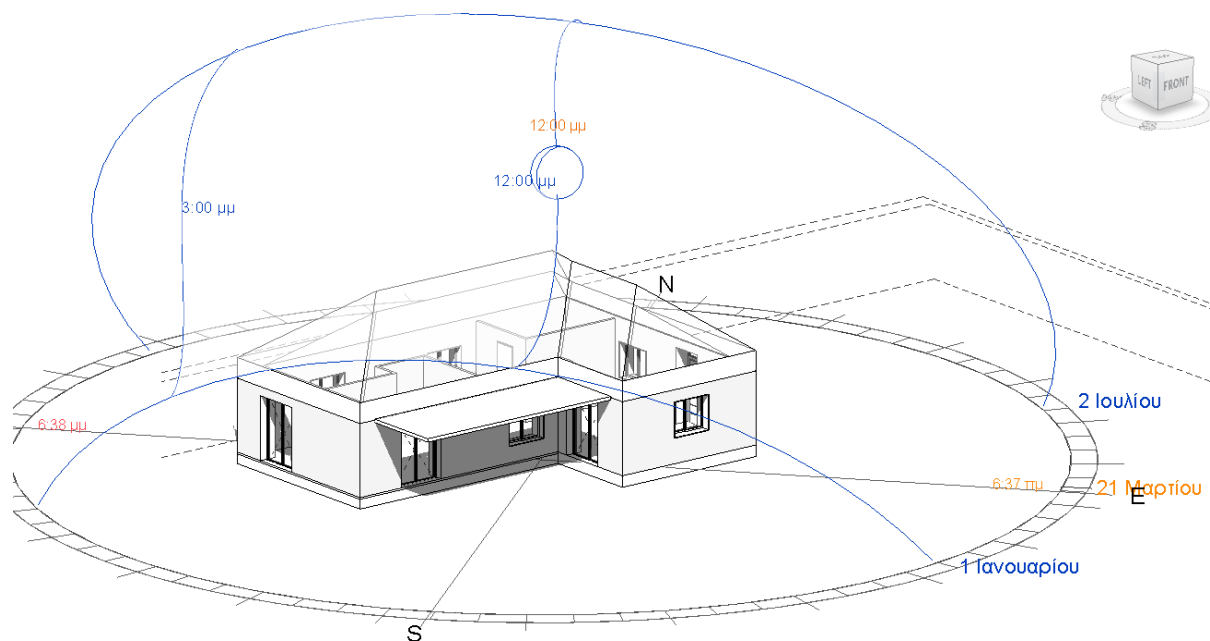
Πλεονεκτήματα Χρήσης Revit για Σχεδιασμό Ηλιακών Προβολών:

- **Οπτικοποίηση:** Το Revit επιτρέπει την οπτικοποίηση της ηλιακής τροχιάς σε σχέση με το κτήριο σε διάφορες ώρες και ημερομηνίες.
- **Ανάλυση Σκιάσεων:** Η ανάλυση σκιάσεων βοηθά στην εξέταση του ηλιακού φωτισμού σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους του κτηρίου.
- **Βελτιστοποίηση Φωτισμού:** Ο χρήστης μπορεί να βελτιστοποιήσει τον φυσικό φωτισμό των χώρων λαμβάνοντας υπόψη την ηλιακή τροχιά.

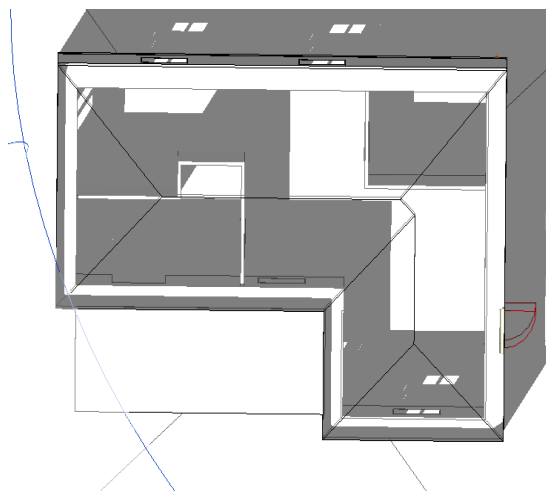
- φωτισμού συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό.
- Βελτίωση Θερμικής Απόδοσης: Η βέλτιστη αξιοποίηση του ηλιακού φωτισμού μπορεί να βελτιώσει τη θερμική απόδοση του κτηρίου.
- Συμμόρφωση με Κτηριοδομικούς Κανονισμούς: Η θεωρία σκιάσεων στο Revit διευκολύνει τη συμμόρφωση με κτηριοδομικούς κανονισμούς που αφορούν τον φυσικό φωτισμό.

Βήματα για Σχεδιασμό Ηλιακών Προβολών στο Revit είναι η εισαγωγή Γεωγραφικής Τοποθεσίας, όπου ορίζουμε τη γεωγραφική τοποθεσία του κτηρίου για ακριβή προσομοίωση της ηλιακής τροχιάς και ο καθορισμός Ημερομηνιών και Ωρών, καθώς επιλέγουμε συγκεκριμένες ημερομηνίες και ώρες για ανάλυση του ηλιακού φωτισμού σε κρίσιμες στιγμές.

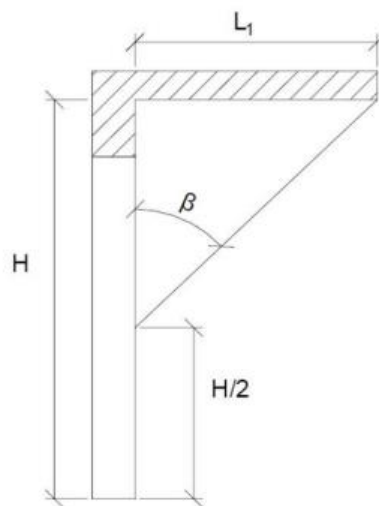
Οπτικοποιώντας την ηλιακή τροχιά σε σχέση με το κτήριο μπορούμε να σχεδιάσουμε, με σκοπό να αυξήσουμε τα θερμικά κέρδη την περίοδο της θέρμανσης και να μειώσουμε αντίστοιχα την περίοδο της ψύξης.



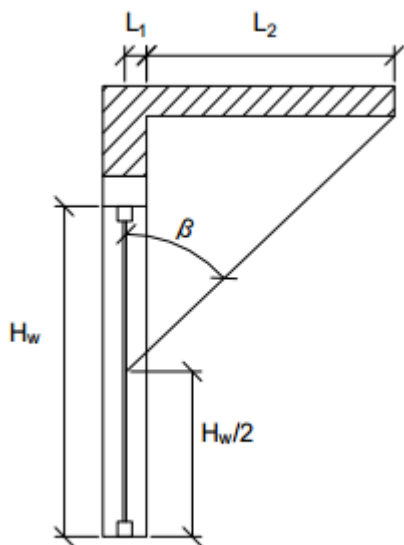
Εικόνα 3.4. Στιγμιότυπο από το λογισμικό Revit κατά διάρκεια του σχεδιασμού του προβόλου.



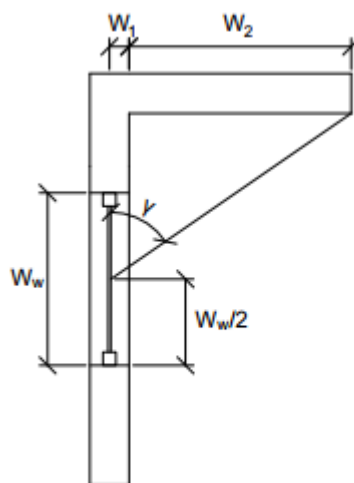
Εικόνα 3.5. Στιγμιότυπο από το λογισμικό Revit με τις επιδράσεις του προβόλου.



Εικόνα 3.6α. Τρόπος υπολογισμού της γωνίας β για αδιαφανείς επιφάνειες.



Εικόνα 3.6β. Τρόπος υπολογισμού της γωνίας β για διαφανείς επιφάνειες (μπαλκονόπορτες).



Εικόνα 3.6γ. Τρόπος υπολογισμού της γωνίας γ για διαφανείς επιφάνειες (παράθυρα).

Εδώ φαίνεται η γωνία προβόλου, δηλαδή η γωνία που σχηματίζεται από το κατακόρυφο επίπεδο του εξεταζόμενου ανοίγματος και της ευθείας που ενώνει το μέσο του ανοίγματος με το πέρας του προβόλου. Οι συντελεστές σκίασης προβόλου υπολογίζονται από τους πίνακες π.8, π.9α και π.9β (πρόσθετο) της ΤΟΤΕΕ 20701-1 με γραμμικές παρεμβολές τόσο στη γωνία προβόλου, όσο και στον προσανατολισμό επιφάνειας.

Η μόνη όψη η οποία έχει σκίαση από το πρόβολο είναι η νότια. Έτσι, χωρίσαμε τους τοίχους την νότιας όψης σε 4 μέρη , για τον ακριβέστερο υπολογισμό: NA και NΔ μέρη με και χωρίς πρόβολο

Ενδεικτικά, για το πάνω μέρος του τοίχου εισαγάγαμε τις εξής τιμές:

Πρόβολος: Μήκος προβόλου 8 m

Απόσταση προβόλου 2,7 m

Πάχος προβόλου 0,2 m

Τα αποτελέσματα φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:

Συντελεστές σκίασης :

Τύπος	Περιγραφή	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
Τοίχος	ΒΔ	1	1	1	1	1	1
Τοίχος	ΒΑ	1	1	1	1	1	1
Τοίχος	NA1	1	1	1	1	1	1
Τοίχος	NA2	1	1	0.5	0.43	0.87	0.97
Τοίχος	NΔ1	1	1	0.21	0.26	1	1

Τύπος	Περιγραφή	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
Αναιγόμενο κούφωμα	ΒΔ	1	1	1	1	1	1
Αναιγόμενο κούφωμα	ΒΔ	1	1	1	1	1	1
Αναιγόμενο κούφωμα	ΒΑ	1	1	1	1	1	1
Αναιγόμενο κούφωμα	NA	1	1	1	1	1	1
Αναιγόμενο κούφωμα	NA	1	1	0.5	0.43	0.73	0.95
Αναιγόμενο κούφωμα	NA	1	1	0.52	0.43	0.9	0.98
Αναιγόμενο κούφωμα	NΔ	1	1	0.21	0.26	1	1

Εικόνες 3.7α, 3.7β. Συντελεστές σκίασης λόγω προβόλου αδιαφανών και διαφανών επιφανειών στις NA και NΔ όψεις.

Για παράδειγμα στον NA2 τοίχο, αν γίνει η υπόθεση ότι το ύψος του προβόλου είναι 3m δηλαδή $h/2=1.5$, τότε η γωνία που δημιουργείται είναι αυτή των 60 μοιρών. Κατ'επέκταση από τον πίνακα 3.20 ο συντελεστής F_{ov} ψύξης ισούται με 0,43. Ενώ για την περίοδο της θέρμανσης και με την προϋπόθεση ότι ο πρόβολος αποτελείται από κινητές περσίδες 45 μοιρών από τον πίνακα π.10 (παράρτημα) εισάγεται η τιμή 0,5.

Αντίστοιχα στα υπόλοιπα μέρη του τοίχου (Εικόνα 3.8) και στα παράθυρα (Εικόνα 3.9).

-Απορροφητικότητα: Τοίχος: Ωμοπλινθοδομή 0,8

Οροφή: Σκούρες επιστρώσεις 0,8

Πόρτα: Σκουρόχρωμο επίχρισμα 0,9

-Συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας: Συνήθη δομικά υλικά 0,8.

-Τύπος ανοίγματος: σύνθετος υαλοπίνακας

Στις παρακάτω εικόνες εμφανίζονται οι προαναφερθείσες τιμές στο πρόγραμμα.

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)	a* (-)	e* (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)	
▶ 1	Τοίχος	ΒΔ	309.80	90	30.66	0.4	0.8	0.8	1	1	1	1	1	1	
2	Τοίχος	ΒΑ	39.80	90	22.89	0.4	0.8	0.8	1	1	1	1	1	1	
3	Τοίχος	ΝΑ1	129.80	90	1.74	0.4	0.8	0.8	1	1	1	1	1	1	
4	Τοίχος	ΝΑ2	129.80	90	14.78	0.4	0.8	0.8	1	1	0.5	0.43	0.87	0.97	
5	Τοίχος	ΝΔ1	219.80	90	4.51	0.4	0.8	0.8	1	1	0.21	0.26	1	1	
6	Τοίχος	ΝΔ2	219.80	90	11.33	0.4	0.8	0.8	1	1	1	1	1	1	
7	Πόρτα		39.80	90	2.4	2	0.8	0.8	0	0	1	1	1	1	
8	Οροφή		0	0	82.6	0.5	0.9	0.8	0	0	1	1	1	1	
* 9															

Εικόνα 3.8. Καρτέλα Κέλυφος - Αδιαφανείς επιφάνειες.

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_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)	
▶ 1	Ανοιγμένο κούφισμα	ΒΔ	309.80	90	1.68	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm διδμος υαλοπίνακας	2.2	0.48	1	1	1	1	1	1	
2	Ανοιγμένο κούφισμα	ΒΔ	309.80	90	1.68	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm διδμος υαλοπίνακας	2.2	0.48	1	1	1	1	1	1	
3	Ανοιγμένο κούφισμα	ΒΑ	39.80	90	1.68	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm διδμος υαλοπίνακας	2.2	0.48	1	1	1	1	1	1	
4	Ανοιγμένο κούφισμα	ΝΑ	129.80	90	1.68	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm διδμος υαλοπίνακας	2.2	0.48	1	1	1	1	1	1	
5	Ανοιγμένο κούφισμα	ΝΑ	129.80	90	1.68	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm διδμος υαλοπίνακας	2.2	0.48	1	1	0.5	0.43	0.73	0.95	
6	Ανοιγμένο κούφισμα	ΝΑ	129.80	90	3.52	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm διδμος υαλοπίνακας	2.8	0.48	1	1	0.52	0.43	0.9	0.98	
7	Ανοιγμένο κούφισμα	ΝΔ	219.80	90	3.52	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm διδμος υαλοπίνακας	2.8	0.48	1	1	0.21	0.26	1	1	
8	Ανοιγμένο κούφισμα	ΝΔ	219.80	90	3.52	Συνθετικό πλαίσιο 20% 12mm διδμος υαλοπίνακας	2.8	0.48	1	1	1	1	1	1	
9															
* 10															

Εικόνα 3.9. Καρτέλα Κέλυφος - Διαφανείς επιφάνειες.

Έχοντας συμπληρώσει όλα τα παραπάνω στο πρόγραμμα μπορεί να γίνει η μετάβαση στην καρτέλα των αποτελεσμάτων και να εμφανιστούν οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	61.6	46.7	37.8	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	32.7	55.4	255.1
	Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1	31.0	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0
	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	2.5	2.2	2.3	2.0	1.8	1.5	1.4	1.3	1.5	1.8	2.0	2.4	22.7

Εικόνα 3.10. Ενεργειακές απαιτήσεις.

3.4 Υπολογισμός Ενεργειακών Καταναλώσεων

Για τον υπολογισμό των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων, αρχικά, επιλέχθηκε η καρτέλα Συστήματα και συμπληρώθηκαν τα στοιχεία στις υποενότητες Θέρμανση (Εικόνα 3.11), Ψύξη (Εικόνα 3.12) και ΖΝΧ (Εικόνα 3.13).

Θέρμανση και Ζ.Ν.Χ: Στα συστήματα θέρμανσης λέβητα πετρελαίου 25kW απόδοσης $\eta=0.85$ καθώς σύμφωνα με τον Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (20701-1, 4.1.2. Απόδοση μονάδας παραγωγής θερμότητας) είναι η ελάχιστη ισχύς λέβητα που μπορεί να επιλεγεί ανεξάρτητα των απαιτήσεων.

Θέρμανση και Ψύξη: Στα συστήματα θέρμανσης και ψύξης η επιλογή γίνεται σύμφωνα και με την Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής (Άρθρο 2Α ν. 4122/2013) που προτείνει αύξηση της κάλυψης των αναγκών από ηλεκτρισμό. Οπότε γίνεται η επιλογή 2 μονάδων Air condition (2 x 2.7kW) που γίνεται και μέρος της θέρμανσης με το EER να ίσο 6.78 .

Θέρμανση: Επιλέχθηκε στο πρόγραμμα ο τύπος θέρμανσης, η πηγή ενέργειας, η ισχύ, ο βαθμός απόδοσης για τους μήνες θέρμανσης (για τη Ζώνη Γ η περίοδος θέρμανσης είναι από 1 Οκτωβρίου μέχρι 30 Απριλίου). Επίσης, επιλέξαμε τον τύπο δικτύου διανομής και τον βαθμό απόδοσής του, αλλά και τον τύπο των τερματικών μονάδων και τον βαθμό απόδοσής τους.

Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται οι τιμές των παραπάνω στοιχείων και επιλογών που έγιναν στο πρόγραμμα.

Παραγωγή		Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	Β. Απ. (-)	COP (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Λέβητας	Πετρέλαιο	25	0.85	1.0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
2	Μονάδα παραγωγής άλλου τύπου	Ηλεκτρισμός	5.3	1.0	5.2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	
* 3					1	1												

Δίκτυο διανομής		Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	Β. Απ. (-)	Μόνωση	Κόστος (€)
▶ 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου			Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.965	<input type="checkbox"/>	
2	Αεραγωγοί					<input type="checkbox"/>	

Τερματικές μονάδες		Τύπος	Β. Απ. (-)	Κόστος (€)
▶ 1	ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ		0.918	

Βοηθητικές μονάδες		Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
▶ 1	Κυκλοφορητές		1	0.048
* 2			1	0

Εικόνα 3.11. Θέρμανση.

-Ψύξη: Επιλέχθηκε στο πρόγραμμα τον τύπο ψύξης, η οποία γίνεται με την βοήθεια 2 μονάδων Air condition (2 x 2.7kW) που γίνεται και μέρος της θέρμανσης, με EER 6.78 και COP 5.2 για τους μήνες θέρμανσης (για τη Ζώνη Γ η περίοδος ψύξης είναι κανονικά από 1η Ιουν - 31 Σεπτ)

Θέρμανση		Ψύξη	ZNX	Παραγωγή													
	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Αν. (-)	EER (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Μονάδα παραγωγής άλλου τύπου	Ηλεκτρισμός	5.4	1.0	6.78	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
* 2				1	1												

Εικόνα 3.12. Ψύξη.

ZNX: Επιλέχθηκε στο πρόγραμμα ο τύπος, η πηγή ενέργειας, η ισχύς, ο βαθμός απόδοσης του συστήματος και 12 μήνες χρήσης ζεστού νερού. Επίσης, επιλέχθηκε ο τύπος διανομής και ο βαθμός απόδοσής του, καθώς και ο τύπος του συστήματος αποθήκευσης με τον αντίστοιχο βαθμό απόδοσής του.

Θέρμανση		Ψύξη	ZNX	Παραγωγή												
	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Αν. (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Λέβητας	Πετρέλαιο	25	0.85	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
* 2				1												

Δίκτυο διανομής					
	Τύπος	Ανακυκλοφορία	Χώρος διέλευσης	B. Αν. (-)	Κόστος (€)
▶ 1		<input type="checkbox"/>	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.95	

Εικόνα 3.13. Ζεστό νερό χρήσης.

Στην καρτέλα “Αποτελέσματα” εμφανίζονται η ενεργειακή κατανάλωση ανά χρήση, ανά καύσιμο και οι εκπομπές CO₂.

	Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶ Θέρμανση	24.6	17.4	11.8	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	10.1	21.7	89.7
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	0.0
Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	2.4	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4
ZNX	2.8	2.5	2.6	2.2	2.0	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	2.0	2.3	2.7	25.3
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	0.0
Φωτισμός	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	0.0
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	0.0
Σύνολο	27.4	19.9	14.4	5.7	2.0	3.4	4.0	3.6	1.6	2.7	12.4	24.4	121.4	

Εικόνα 3.14. Ενεργειακή κατανάλωση ανά χρήση.

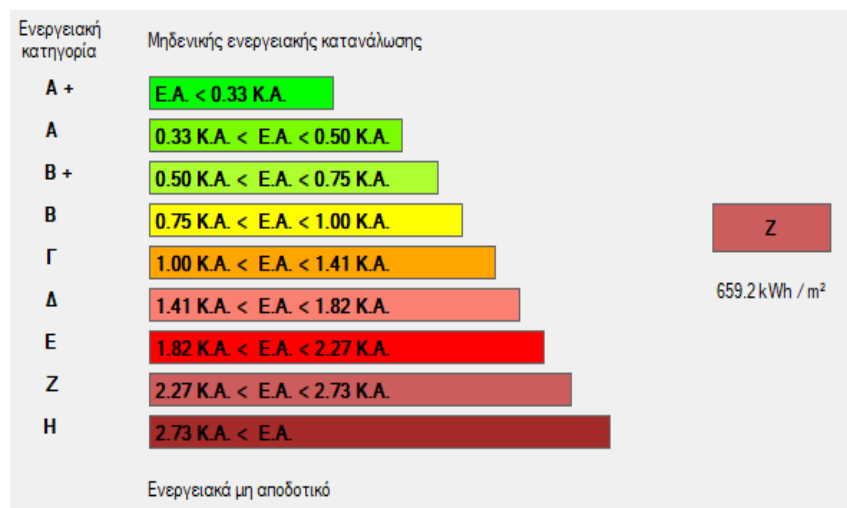
	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
▶	Ηλεκτρισμός	21.2	21.0
	Πετρέλαιο	101.0	26.7
	Φυσικό αέριο	0.0	0.0
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0	0.0
	Ηλιακή	0.0	0.0
	Βιομάζα	0.0	0.0
	Γεωθερμία	0.0	0.0
	Άλλο ΑΠΕ	0.0	0.0
	Σύνολο	121.4	47.6

Εικόνα 3.15. Ενεργειακή κατανάλωση και εκπομπές CO₂ ανά καύσιμο.

3.5 Ενεργειακή κατάσταση

Πηγαίνοντας στην επιλογή Αποτελέσματα του προγράμματος εμφανίζονται τα αποτελέσματα ενεργειακής κατάστασης και η ενεργειακή κατάσταση στο **υπάρχον κτήριο** (το οποίο αποτελεί μια προσέγγιση του **υφιστάμενου κτηρίου**)(Εικόνα 3.16& 3.17) και στο Σενάριο 1 (Εικόνα 3.18&3.19). Η ενεργειακή κατάσταση γίνεται βάσει ενός κτηρίου αναφοράς που συνθέτει το πρόγραμμα.

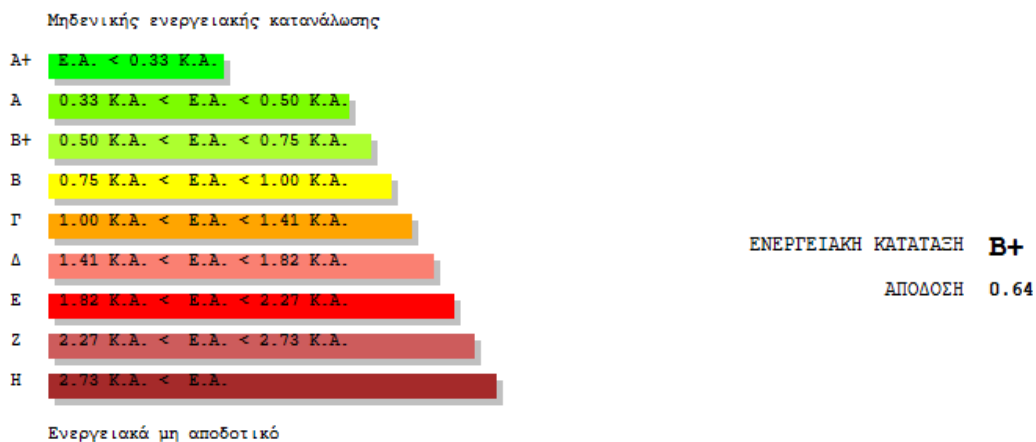
-Υπάρχον κτήριο



Εικόνα 3.16. Ενεργειακή κατάσταση υπάρχοντος κτηρίου.

-Σενάριο 1

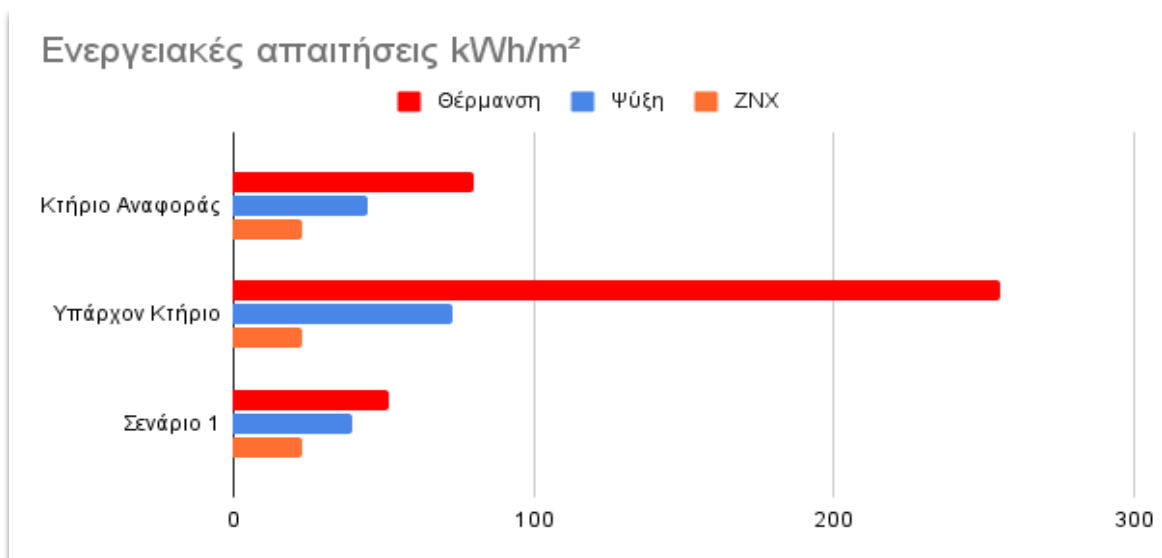
Υπάρχον κτήριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	61.6	46.7	37.8	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	32.7	55.4	255.1
	Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1	31.0	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0
	Υγρανση	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	ZNX	2.5	2.2	2.3	2.0	1.8	1.5	1.4	1.3	1.5	1.8	2.0	2.4	22.7
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	102.7	78.0	63.1	27.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	54.6	92.4	426.1
	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	0.0	3.1	5.3	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3
	ZNX	2.7	2.4	2.5	2.1	1.9	1.5	1.4	1.4	1.5	1.9	2.2	2.5	24.0
	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	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
	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	105.4	80.3	65.6	29.4	1.9	4.6	6.7	5.4	1.5	9.9	56.8	94.9	462.4
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
►	Ηλεκτρισμός	73.1		72.3										
	Πετρέλαιο	389.8		102.9										
	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	462.4		175.2										

Εικόνα 3.17. Ενεργειακές απαιτήσεις, καταναλώσεις και εκπομπές CO₂ υπάρχοντος κτηρίου.

Εικόνα 3.18. Ενεργειακή κατάταξη μετά την αναβάθμιση - Σενάριο 1.

Σενάριο 1														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαϊ.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	14.3	10.1	6.8	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	5.8	12.6	51.8
	Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	15.1	13.1	0.0	0.0	0.0	0.0	39.4
	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	2.5	2.2	2.3	2.0	1.8	1.5	1.4	1.3	1.5	1.8	2.0	2.4	22.7
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαϊ.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	24.6	17.4	11.8	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	10.1	21.7	89.7
	Ηλεκτική 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	0.0	1.8	2.4	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4
	ZNX	2.8	2.5	2.6	2.2	2.0	1.6	1.5	1.5	1.6	2.0	2.3	2.7	25.3
	Ηλεκτική 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	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
	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	27.4	19.9	14.4	5.7	2.0	3.4	4.0	3.6	1.6	2.7	12.4	24.4	121.4
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	21.2		21.0										
	Πετρέλαιο	101.0		26.7										
	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	121.4		47.6										

Εικόνα 3.19. Ενεργειακές απαιτήσεις, καταναλώσεις και εκπομπές CO₂ - Σενάριο 1.



Γράφημα 3.1 Ενεργειακές απαιτήσεις κτηρίου αναφοράς, υπάρχοντος κτηρίου και 1^{ου} σεναρίου.

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, με τη βοήθεια του γραφήματος 3.1, πως οι ενεργειακές απαιτήσεις στο σενάριο 1 είναι σημαντικά μικρότερες σε σύγκριση με εκείνες του κτηρίου αναφοράς και του υπάρχοντος κτηρίου. Ανάλογη θα είναι και η εικόνα των ενεργειακών τους καταναλώσεων, όπως θα δούμε και σε γράφημα του επομένου κεφαλαίου (γράφημα 4.1).

Κεφάλαιο 4. Ανέγερση κατοικίας και προτεινόμενες παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης

4.1 Εισαγωγή

Για την ενεργειακή αναβάθμιση κάθε κτηρίου επιλέγονται πάντα σενάρια.

Στο πρώτο σενάριο αποφασίστηκε οι επιλογές που θα γίνουν να είναι πιο άμεσα υλοποιήσιμες και πιο γνωστές στην αγορά, ενώ στο δεύτερο, οι επιλογές αναβάθμισης είναι πιο καινοτόμες και όσο το δυνατόν φιλικότερες για το περιβάλλον.

Οι επιλογές αναβάθμισης στο τελικό σενάριο είναι οι εξής:

- Θερμομόνωση των αδιαφανών επιφανειών, (οριακά εντός ορίων).
- Θερμομόνωση διαφανών επιφανειών, (ήδη είναι κλάσης 4).
- Ηλιακός συλλέκτης, (80 €/m²) για την κάλυψη των αναγκών του Ζ.Ν.Χ.
- Φωτοβολταϊκά, (90 €/m²) για την κάλυψη των λοιπών αναγκών .

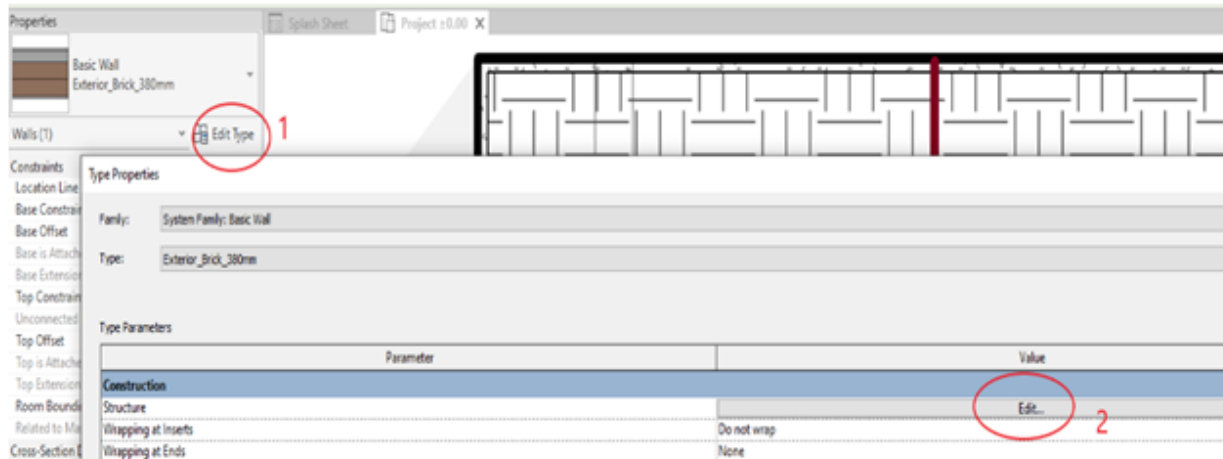
Όλες αυτές οι επιλογές δίνουν σίγουρα ένα αποτέλεσμα εντός ορίων και τηρούν τις προδιαγραφές της Μακροπρόθεσμης Στρατηγικής, στα πλαίσια της εφαρμογής του ν. 4122/2013 (Α' 42) με τον οποίο ενσωματώθηκε η Οδηγία 2010/31/ΕΕ(L 153) για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων (ΟΕΑΚ), όπως αυτή αναθεωρήθηκε το 2018 με την Οδηγία (ΕΕ) 2018/844 (L 1561) και κατ' επέκταση των ΕΣΕΚ30 , Μ50 και ΕΣΕΚ50 (Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα), σενάρια για την ελαχιστοποίηση εκπομπών CO₂ και την μεγιστοποίηση της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών από Α.Π.Ε. (ΥΠΕΝ, 2021).

Στο 2^ο και 3^ο σενάριο, λοιπόν, γίνεται προσπάθεια αξιοποίησης όλων των παραπάνω επιλογών, ξεκινώντας από αυτή των υπαρχόντων ωμόπλινθων για τοιχοποιία. Γίνεται χρήση όλων των στοιχείων του κεφαλαίου 1.5, εισάγοντάς τα στο πρόγραμμα Revit (το οποίο έχει προαναφερθεί και στο κεφάλαιο 2), σε μια προσπάθεια μείωσης του ενεργειακού αποτυπώματος , αύξησης της θερμομονωτικής ικανότητας, αλλά και μείωσης του κόστους.

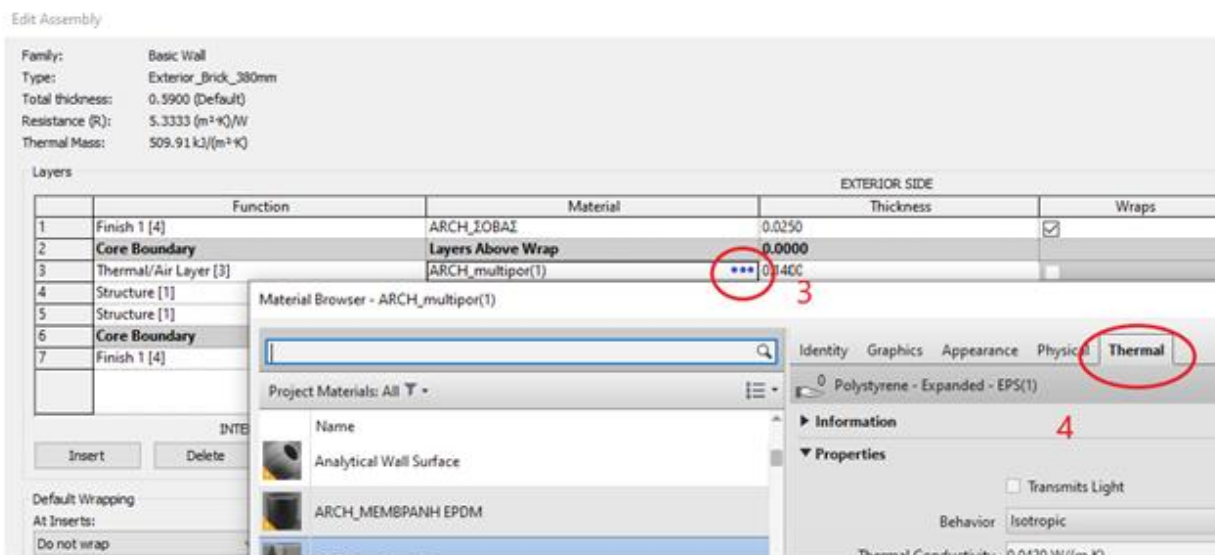
4.2 Εισαγωγή των δεδομένων στο Revit

Το Revit, ως λογισμικό Μοντελοποίησης Κτηρίων (BIM), προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα για την θερμομονωτική αξιολόγηση κτηρίων. Η ολοκληρωμένη περιγραφή αντικειμένων, από τη γεωμετρία έως τα υλικά, στο μοντέλο BIM διαθέτει εκτεταμένη βιβλιοθήκη (Material Browser) με προκαθορισμένα υλικά (About the Material Browser, 2022). Κάθε υλικό φέρει λεπτομερείς ιδιότητες, επιτρέποντας την

εύκολη επιλογή ή δημιουργία νέων υλικών(εικόνα 4.1α & εικόνα 4.1β). Έτσι, ο αυτόματος υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας (U), βάσει των υλικών και της γεωμετρίας, υπολογίζεται από το Revit για κάθε δομικό στοιχείο, ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα.



Εικόνα 4.1α Στιγμιότυπο οθόνης Revit για την εισαγωγή δεδομένων των δομικών στοιχείων του κελύφους του κτηρίου.

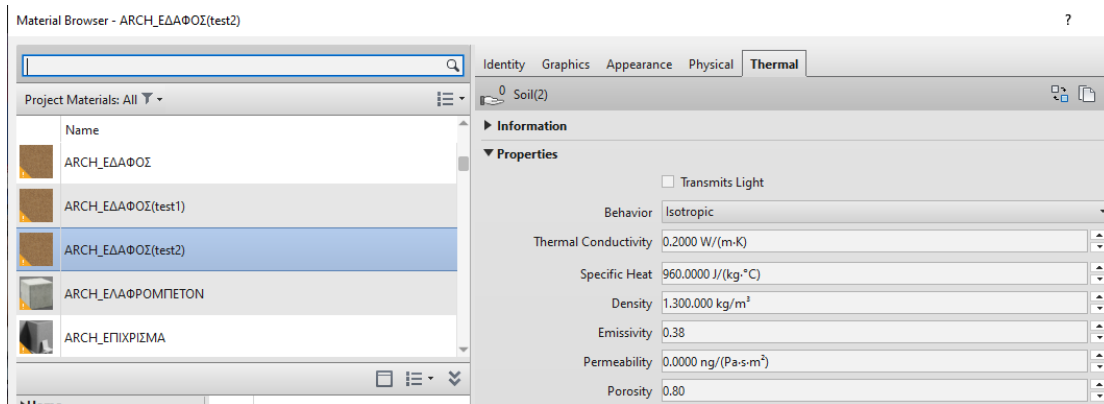


Εικόνα 4.1β Στιγμιότυπο οθόνης Revit για την εισαγωγή δεδομένων των δομικών στοιχείων του κελύφους του κτηρίου.

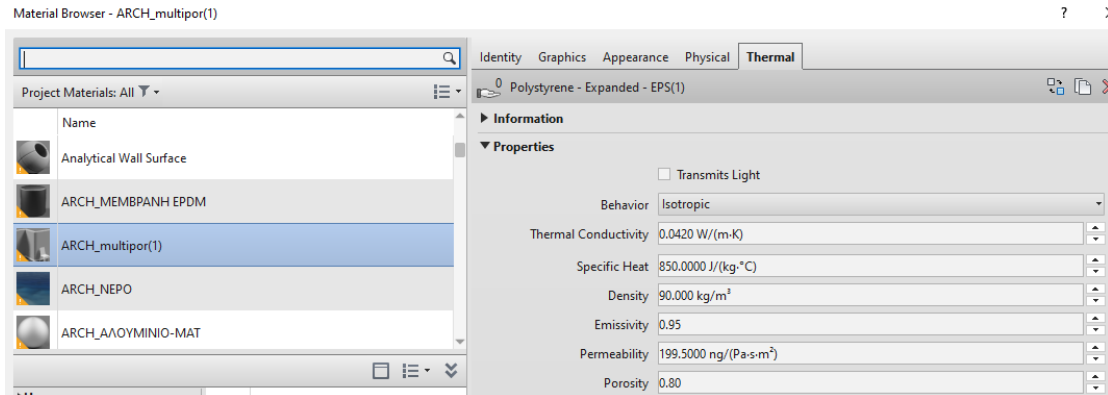
Συντελεστές που Επηρεάζουν τον Υπολογισμό:

- **Θερμική Αγωγιμότητα (Thermal Conductivity):** Η ικανότητα του υλικού να μεταφέρει θερμότητα.
- **Ειδική Θερμότητα (Specific Heat):** Η θερμότητα που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία μιας μονάδας μάζας του υλικού κατά μία μονάδα θερμοκρασίας.

- **Πυκνότητα (Density):** Η μάζα του υλικού ανά μονάδα όγκου.
- **Περατότητα (Permeability):** Η ικανότητα του υλικού να επιτρέπει τη διέλευση υγρών ή αερίων.
- **Εκπομπικότητα (Emissivity):** Η ικανότητα του υλικού να εκπέμπει θερμική ακτινοβολία.
- **Πορώδες (Porosity):** Ο κενός χώρος που υπάρχει μέσα σε ένα υλικό.

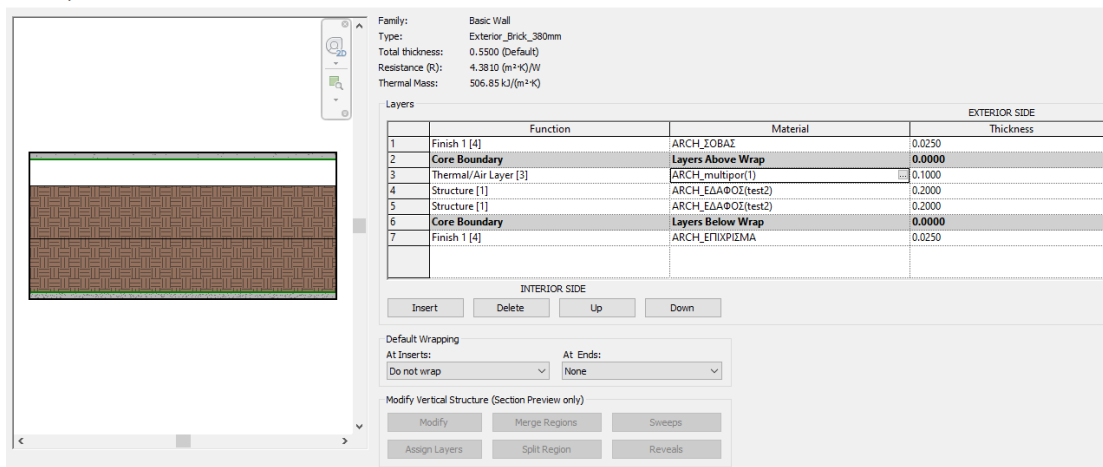


Εικόνα 4.2 Θερμικές ιδιότητες Ωμόπλινθου.



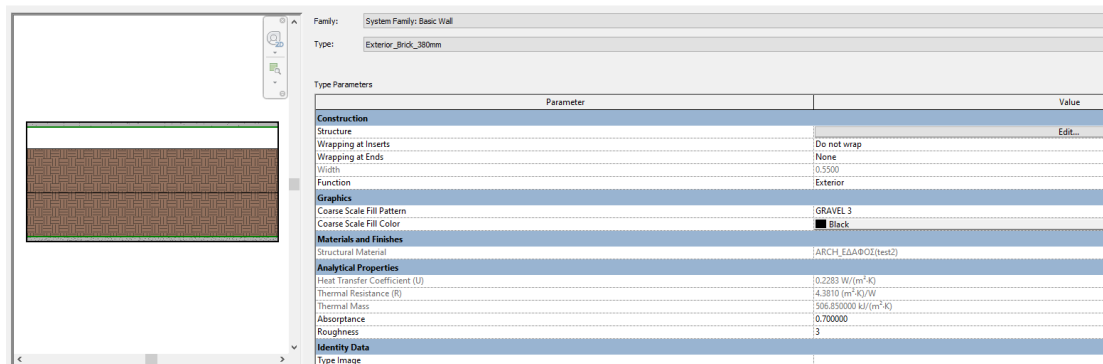
Εικόνα 4.3 Θερμικές ιδιότητες θερμομονωτικού υλικού multipor (με βάση το πυρίτιο *Performance of Multipor WI as exterior insulation*).

Edit Assembly



Εικόνα 4.4 Δομή εξωτερικής τοιχοποιίας.

Type Properties



Εικόνα 4.5 Συντελεστής θερμοπερατότητας της εξωτερικής τοιχοποιίας

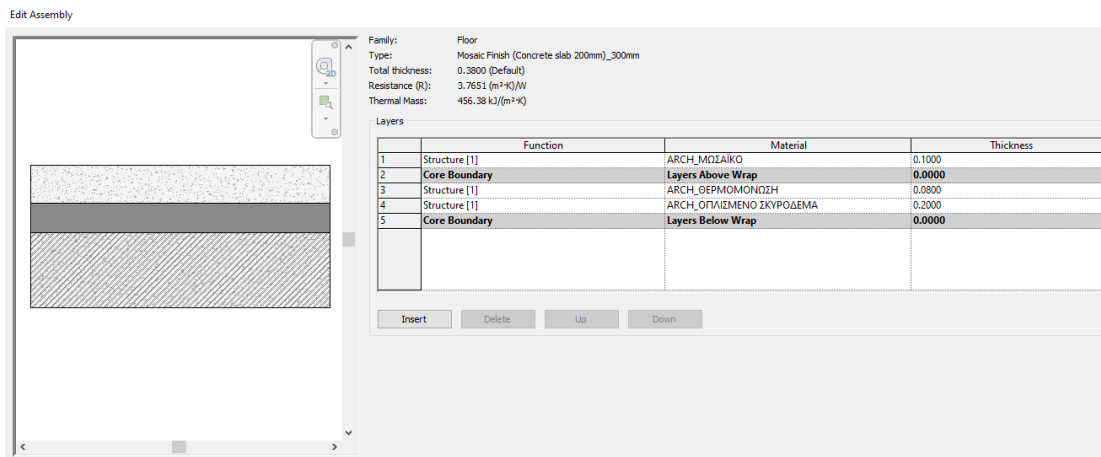
Η εξωτερική τοιχοποιία, η οποία βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα και οι στρώσεις των υλικών που απαρτίζουν την εν λόγω τοιχοποιία φαίνονται εικόνα 4.4, ενώ οι θερμικές τους ιδιότητες στην εικόνα 4.5. Επομένως, μπορεί να πραγματοποιηθεί απευθείας η σύγκριση της τιμής του συντελεστή θερμοπερατότητας που διαθέτει, με την αντίστοιχη τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ.

Συντελεστής θερμοπερατότητας : $U = 0,2283 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας : $U_{\max} = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (από

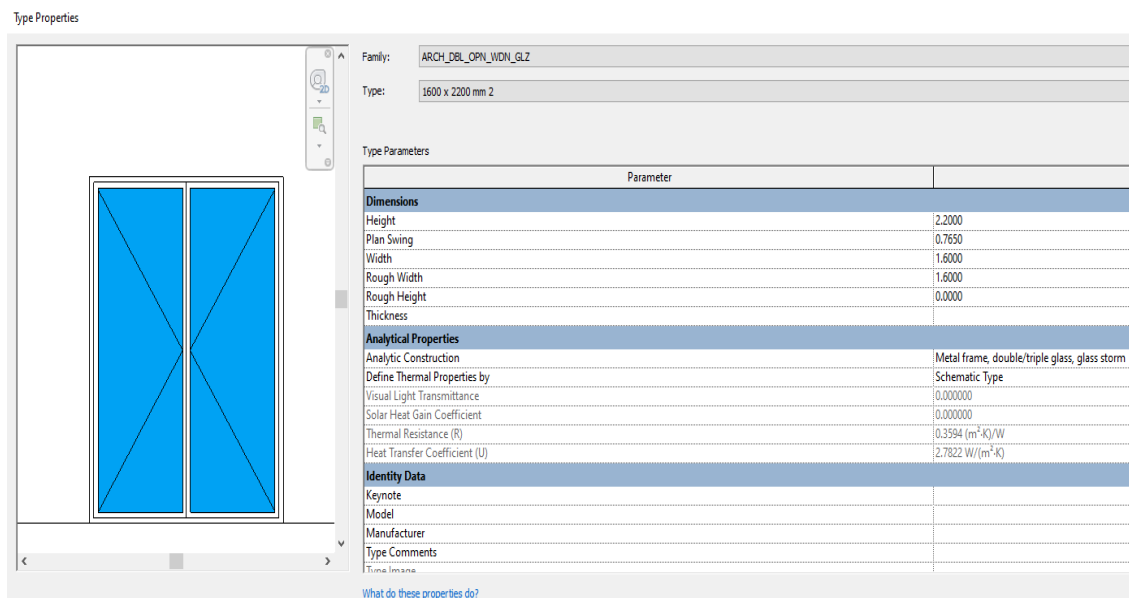
Πίνακα 2.1) Ισχύει $U \leq U_{\max}$

Άρα, η εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα πληροί τους περιορισμούς θερμομονωτικής επάρκειας, σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ.

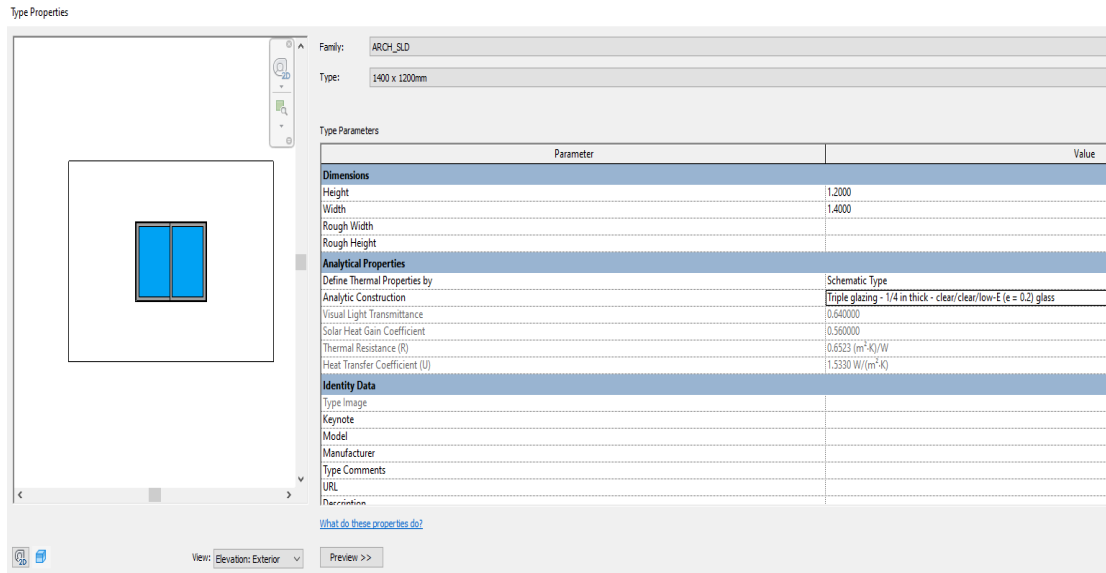


Εικόνα 4.6. Δομή δαπέδου σε επαφή με το φυσικό έδαφος.

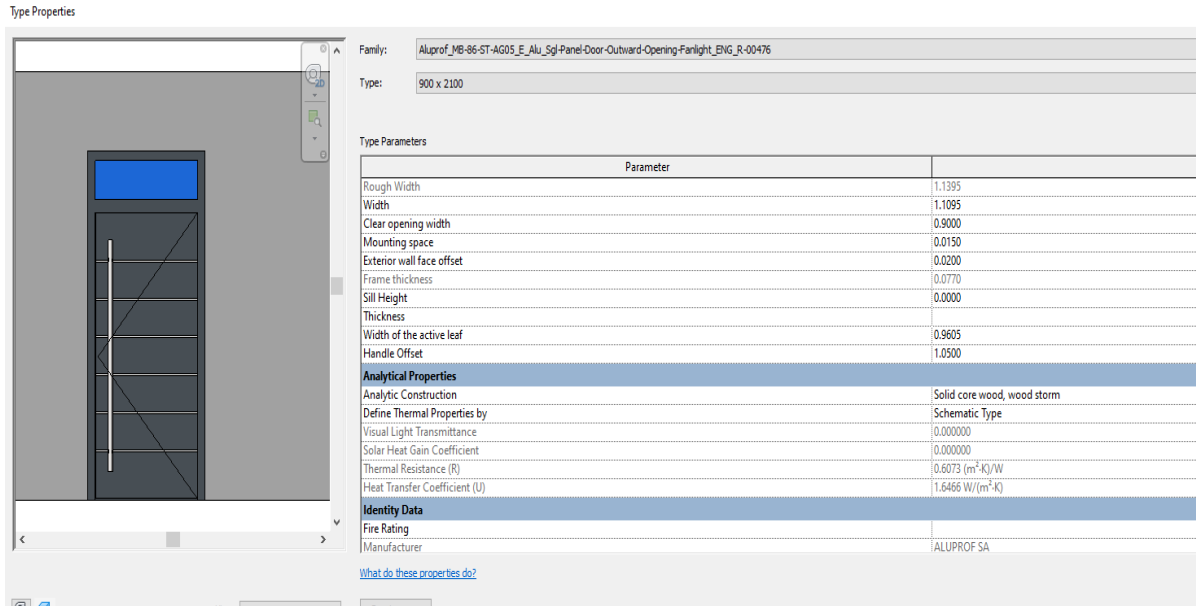
Όσον αφορά τον προσδιορισμό των συντελεστών θερμοπερατότητας των διαφανών δομικών στοιχείων του κτηρίου U_w (W/m²K), το Revit εξακολουθεί να τους υπολογίζει, ανάλογα με τον τύπο κουφώματος (παράθυρα, πόρτες) που επιλέγεται μέσω της βιβλιοθήκης που διαθέτει.



Εικόνα 4.7 Μοντελοποίηση μπαλκονόπορτας και συντελεστής θερμοπερατότητας.



Εικόνα 4.8 Μοντελοποίηση παραθύρου και συντελεστής θερμοπερατότητας.



Εικόνα 4.9 Μοντελοποίηση πόρτας και συντελεστής θερμοπερατότητας.

4.3 Εισαγωγή των συντελεστων θερμοπερατότητας του Revit στο πρόγραμμα του Κ.Εν.Α.Κ.

Με βάση όλα τα παραπάνω πηγαίνουμε το στο πρόγραμμα του Κ.Εν.Α.Κ. και δημιουργούμε το Σενάριο 2, όπου και συμπληρώνουμε τα δεδομένα μας, όπως ακριβώς κάναμε για το υπάρχον κτήριο και το Σενάριο 1.

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)	
▶ 1	Τοίχος	ΒΔ	309.80	90	30.66	0.25	
2	Τοίχος	ΒΑ	39.80	90	22.89	0.25	
3	Τοίχος	ΝΑ1	129.80	90	1.74	0.25	
4	Τοίχος	ΝΑ2	129.80	90	14.78	0.25	
5	Τοίχος	ΝΔ1	219.80	90	4.51	0.25	
6	Τοίχος	ΝΔ2	219.80	90	11.33	0.25	
7	Πόρτα	ΒΑ	39.80	90	2.4	1.7	
8	Οροφή		0	0	82.6	0.4	
* 9							

Εικόνα 4.10 Χαρακτηριστικά αδιαφανών στοιχείων.

Αδιαφανείς επιφάνειες		Σε επαφή με το έδαφος		Διαφανείς επιφάνειες				
Εισάγονται τα δεδομένα για τις αδιαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το έδαφος								
	Τύπος	Περιγραφή	Εμβαδόν (m ²)	U (W/m ² K)	Κ. Βάθος (m)	Α. Βάθος (m)	Περίμετρος (m)	Κόστος (€/m ²)
▶ 1	Δάπεδο		82.6	0.3	1			
* 2								

Εικόνα 4.11. Χαρακτηριστικά στοιχείων σε επαφή με το έδαφος (Δάπεδο).

Στην περίπτωση μας, οι διαφανείς επιφάνειες παραμένουν ίδιες, καθώς το σενάριο 1 αποτελεί μία σύγχρονη κατοικία, ενώ στις αδιαφανείς επιφάνειες ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας εισάγεται ώστε να λάβουμε τα αποτελέσματα.

Στα συστήματα θέρμανσης η επιλογή γίνεται πάλι σύμφωνα με την Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής, όπως και παραπάνω, που προτείνει αύξηση της κάλυψης των αναγκών από ηλεκτρισμό, γι' αυτό διαλέγουμε αντλία θερμότητας ισχύος 8.1 kW και με βαθμό απόδοσης COP 3.85 και Ενεργειακή κλάση A+++ στους 35°C που μας ωθεί στην επιλογή της ενδοδαπέδιας.

Η διαστασιολόγηση των συστημάτων γίνεται με βάση τις σχέσεις 1.4 & 1.5 του πρώτου κεφαλαίου θεωρώντας ότι έχουμε το χειρότερο δυνατό σενάριο (worst case scenario), το οποίο στην περίπτωση της θέρμανσης, δεν περιλαμβάνει τη θετική επίδραση των θερμικών κερδών (εσωτερική, ηλιακή).

Οι τιμή που λαμβάνουμε από τον τύπο είναι 5.616,11 W και προσθέτοντας τις απαιτήσεις για ZNX στο χειρότερο σενάριο, 1.34 kW, καταλήγουμε στα 6,956 kW. Αντίστοιχα, για την ψύξη το αποτέλεσμα είναι 5.209,12 W, δηλαδή 5.2 kW.

Θέρμανση | Ψύξη | ZNX

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Απ. (-)	COP (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Τοπική αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	8.1	1.0	3.85	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
* 2				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Απ. (-)	Μόνωση	Κόστος (€)
▶ 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου		Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.95	<input type="checkbox"/>	
2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>	

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Απ. (-)	Κόστος (€)
▶ 1	Ενδοδαπέδια	0.95	

Εικόνα 4.12 Θέρμανση με αντλία θερμότητας και ενδοδαπέδια.

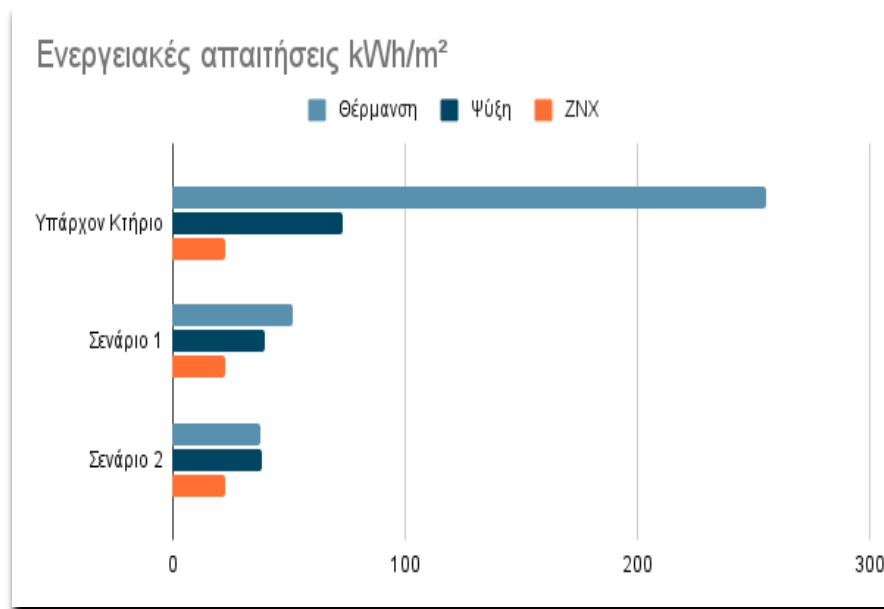
	Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶ Θέρμανση		3.9	2.7	1.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4	3.4	13.5
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ψύξη		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	3.4	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9
ZNX		2.5	2.2	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.8	2.0	2.4	14.7
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		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
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		6.4	4.9	3.9	0.4	0.0	2.6	3.4	3.0	1.5	1.9	3.5	5.8	37.1

Εικόνα 4.13 Ενεργειακή κατανάλωση ανά χρήση.

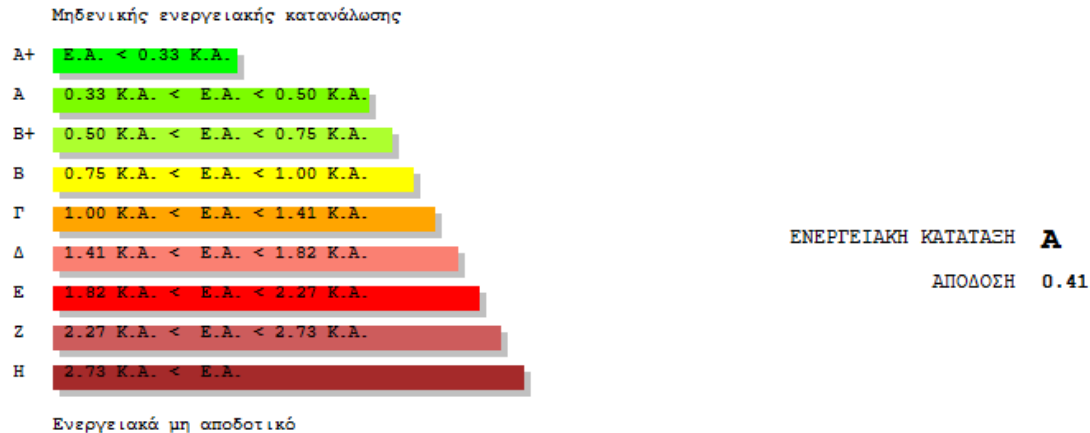
	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
▶	Ηλεκτρισμός	38.3	37.9
	Πετρέλαιο	0.0	0.0
	Φυσικό αέριο	0.0	0.0
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0	0.0
	Ηλιακή	0.0	0.0
	Βιομάζα	0.0	0.0
	Γεωθερμία	0.0	0.0
	Άλλο ΑΠΕ	0.0	0.0
	Σύνολο	37.1	37.9

Εικόνα 4.14 Ενεργειακή κατανάλωση και εκπομπές CO₂ ανά καύσιμο.

Πηγαίνοντας στην επιλογή “Αποτελέσματα” του προγράμματος, μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα “Ενεργειακής κατάταξης” για το σενάριο του ωμόπλινθου. Στην καρτέλα Αποτελέσματα - Απαιτήσεις - κατανάλωση μπορούμε να δούμε την ενεργειακή κατανάλωση ανά χρήση, ανά καύσιμο και τις εκπομπές CO₂.



Γραφήμα 4.1 Ενεργειακές απαιτήσεις υπάρχοντος κτηρίου, 1^{ου} και 2^{ου} σεναρίου.



Εικόνα 4.15. Ενεργειακή κατάταξη ωμόπλινθου κτηρίου.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	11.4	7.8	4.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	9.9	37.5
	Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	14.4	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	38.1
	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	2.5	2.2	2.3	2.0	1.8	1.5	1.4	1.3	1.5	1.8	2.0	2.4	22.7

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	3.9	2.7	1.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4	3.4	13.5
	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	0.0	2.6	3.4	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9
	ZNX	2.5	2.2	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.8	2.0	2.4	14.7
	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	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
	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	6.4	4.9	3.9	0.4	0.0	2.6	3.4	3.0	1.5	1.9	3.5	5.8	37.1

Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
►	Ηλεκτρισμός	38.3	37.9
	Πετρέλαιο	0.0	0.0
	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	37.1	37.9

Εικόνα 4.16. Ενεργειακές απαιτήσεις, καταναλώσεις και εκπομπές CO₂ σεναρίου 2.

4.4 Επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης

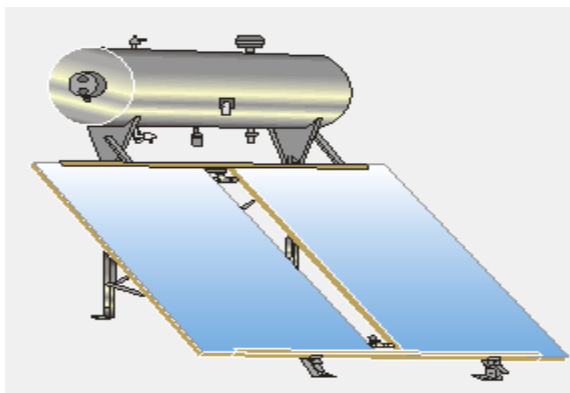
Το κτήριο μας από άποψη κελύφους και συστημάτων είναι ήδη ενεργειακής κλάσης Α, που σημαίνει ότι περαιτέρω επεμβάσεις δεν θα αλλάξουν δραστικά τα αποτελέσματά μας. Στόχος αυτού του κεφαλαίου και του Σεναρίου 3 είναι η επίτευξη ενεργειακής αυτονομίας ώστε η ενεργειακή του κλάση να γίνει Α+, και η αξιοποίηση του άρθρου 92 (Κίνητρα για τη δημιουργία κτηρίων ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης) τελικά η σύγκριση των αποτελεσμάτων.

-Φωτοβολταϊκά: Προστέθηκε ένα φωτοβολταϊκό 25 m², για να μειωθεί η κατανάλωση της αντλίας θερμότητας, των air condition, του φωτισμού και λοιπών συσκευών. Η επιλογή έγινε βάση του Προγράμματος «Φωτοβολταϊκά στη στέγη», που στοχεύει στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών για αυτοκατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, με δυνατότητα συνδυασμού και με συστήματα ηλεκτρικών συσσωρευτών (μπαταρίες), με 65% ποσοστό επιχορήγησης για Ισχύ ≤ 5kWp ΦΒ και 100% Ποσοστό Επιχορήγησης Μπαταρίας και με προϋπολογισμό ανέρχεται στο ποσό των 238.000.000 € και συγκεκριμένα 45.000.000 € για κατοικίες. (ΥΠΕΝ, 2024)

Στο Σενάριο 3 - Κτήριο 3 επιλέγουμε Φωτοβολταϊκά και συμπληρώνουμε τον τύπο, την ενδεικτική απόδοση καθώς και τους συντελεστές μείωσης λόγω παλαιότητας και λόγω σύνδεσης με βοηθητικά συστήματα από τον πίνακα 5.12 (πίνακας π.12) και την βέλτιστη κλίση για το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής από τον πίνακα 5.13 του ΤΟΤΕΕ_20701-1 ενότητα 6.3.2 (πίνακας π.13). Τέλος, ο συντελεστής σκίασης 1 αποδεικνύει ότι δεν υπάρχει καθόλου σκίαση των φωτοβολταϊκών πλαϊσίων.



Εικόνα 4.17 Φωτοβολταϊκό.



Εικόνα 4.18 Ηλιακός συλλέκτης.

Γενικά		ΣΗΘ		Φωτοβολταϊκά					
	Τύπος	Συν. Α. (-)	Επιφάνεια (m ²)	Ισχύς (kW)	γ (deg)	β (deg)	F _s (-)	Κόστος (€/m ²)	
▶	Πολυκρυσταλλικό	0.19	25	5	180	30	1.0	166.6	
*							1		

Εικόνα 4.19 Φωτοβολταϊκό ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ

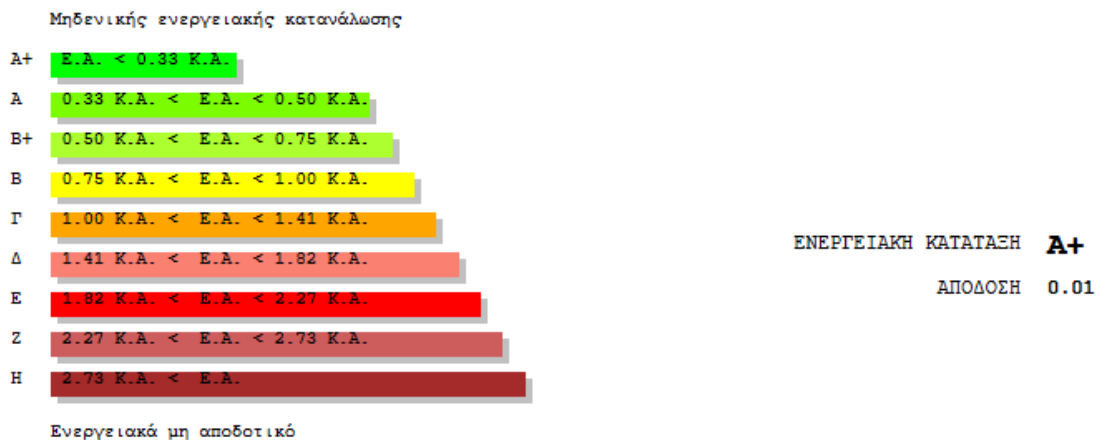
Τέλος, γίνεται η επιλογή ηλιακού συλλέκτη, ώστε να καλύψουμε το 70% των απαιτήσεων για ΖΝΧ και συμπληρώνουμε τα δεδομένα από τον πίνακα π.11 του παραρτήματος (Συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε κατοικίες) του ΤΟΤΕΕ_20701-1_2017 για την περιοχή της Λάρισας.

-Ηλιακός συλλέκτης, (80 €/m²)

Θέρμανση		Ψύξη		ΖΝΧ		Ηλιακός συλλέκτης					
	Τύπος	Θέρμανση	ΖΝΧ	Συν. α (-)	Συν. β (-)	Επιφάνεια (m ²)	γ (deg)	β (deg)	F _s (-)	Κόστος (€/m ²)	
▶ 1	Κενού	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.376		2.5	180	45	1.0	80	

Εικόνα 4.18 Ηλιακός συλλέκτης ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ.

Αφού γίνει η εκτέλεση στο πρόγραμμα του Κ.Ε.ν.Α.Κ., στα “Αποτελέσματα” βλέπουμε την τελική ενεργειακή κατάσταση (εικόνα 4.19), τις ενεργειακές απαιτήσεις, τις καταναλώσεις και τέλος τις εκπομπές CO₂ (εικόνα 4.20).



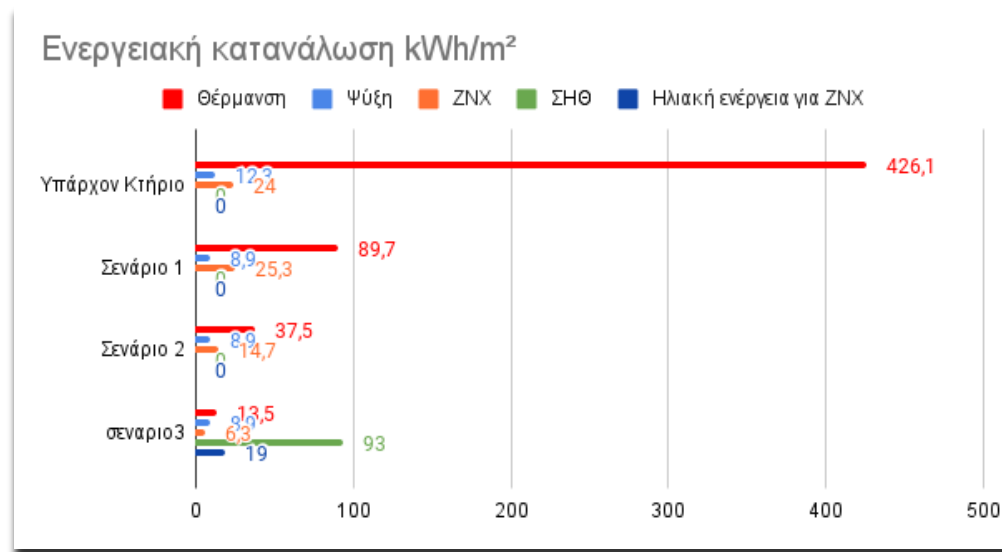
Εικόνα 4.19 Ενεργειακή κατάσταση, σενάριο 3.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	11.4	7.8	4.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	9.9	37.5
	Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	14.4	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	38.1
	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	2.5	2.2	2.3	2.0	1.8	1.5	1.4	1.3	1.5	1.8	2.0	2.4	22.7

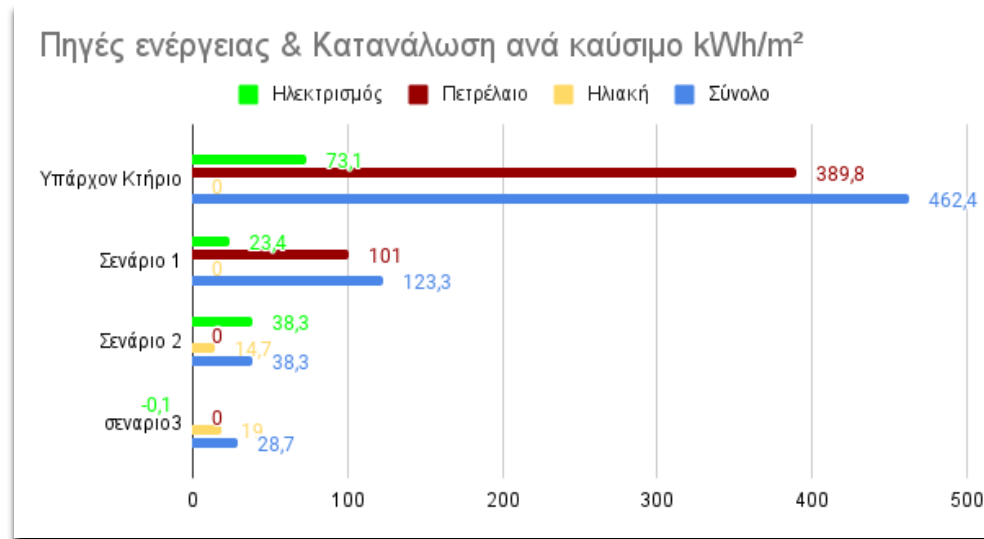
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	3.9	2.7	1.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4	3.4	13.5
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ψύξη	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	3.4	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9
	ZNX	1.5	1.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	1.5	6.3
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	1.1	1.1	1.5	1.7	1.9	2.0	2.1	2.1	1.8	1.5	1.1	1.0	19.0
	Φωτισμός	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
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	4.6	5.2	7.1	8.6	10.2	10.9	11.3	10.8	9.0	6.9	5.0	4.2	93.8
	Σύνολο	5.4	3.9	2.5	0.4	0.0	2.6	3.4	3.0	0.0	0.4	2.4	4.9	28.7

Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
►	Ηλεκτρισμός	-0.1	-0.1
	Πετρέλαιο	0.0	0.0
	Φυσικό αέριο	0.0	0.0
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0.0	0.0
	Ηλιακή	19.0	0.0
	Βιομάζα	0.0	0.0
	Γεωθερμία	0.0	0.0
	Άλλο ΑΠΕ	0.0	0.0
	Σύνολο	28.7	-0.1

Εικόνα 4.20. Ενεργειακές απαιτήσεις, καταναλώσεις και εκπομπές CO₂, σενάριο 3.



Γραφήμα 4.2 Ενεργειακή κατανάλωση υπάρχοντος κτηρίου, 1^{ου}, 2^{ου} και 3^{ου} σεναρίου.



Γραφήμα 4.3 Πηγές ενέργειας και κατανάλωση καυσίμων υπάρχοντος κτηρίου, 1^{ου}, 2^{ου} και 3^{ου} σεναρίου.

4.5 Σενάρια – σχολιασμός

Τελικά, μεγάλη διευκόλυνση προσφέρει στην παρούσα μελέτη η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων από τα σενάρια 1, 2 και 3 στα αντίστοιχα γραφήματα (γράφημα 4.1 & 4.2).

Η ενεργειακή κατανάλωση μειώνεται ραγδαία από το υπάρχον κτήριο μέχρι το σενάριο 3, όπου ελαχιστοποιείται.

Η πηγή ενέργειας και η κατανάλωση ανά καύσιμο παρατηρούμε να μειώνεται δραστικά, ακόμη και από σενάριο σε σενάριο. Μάλιστα, από το σενάριο 2 και μετά, εφόσον έχουμε καταφύγει πλήρως στον ηλεκτρισμό, έχουμε μεγάλη πτώση στην κατανάλωση καυσίμων, η οποία ελαχιστοποιείται στο 3^ο σενάριο, καθώς έγινε χρήση Φωτοβολταϊκών.

Όπως αναφέραμε στην εισαγωγή του πρώτου κεφαλαίου, στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η απανθρακοποίηση έως το 2050, ενώ μέσω συστημικής αναβάθμισης, μπορούν τα κτήρια να μετατραπούν σε ενεργειακά ευέλικτες μονάδες, προσφέροντας παραγωγή, έλεγχο, αποθήκευση και δυνατότητα απόκρισης ζήτησης ενέργειας. Επιπλέον, είναι δυνατόν να λειτουργήσουν ως πράσινοι σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Με την εξαγωγή του γραφήματος 4.4 και :

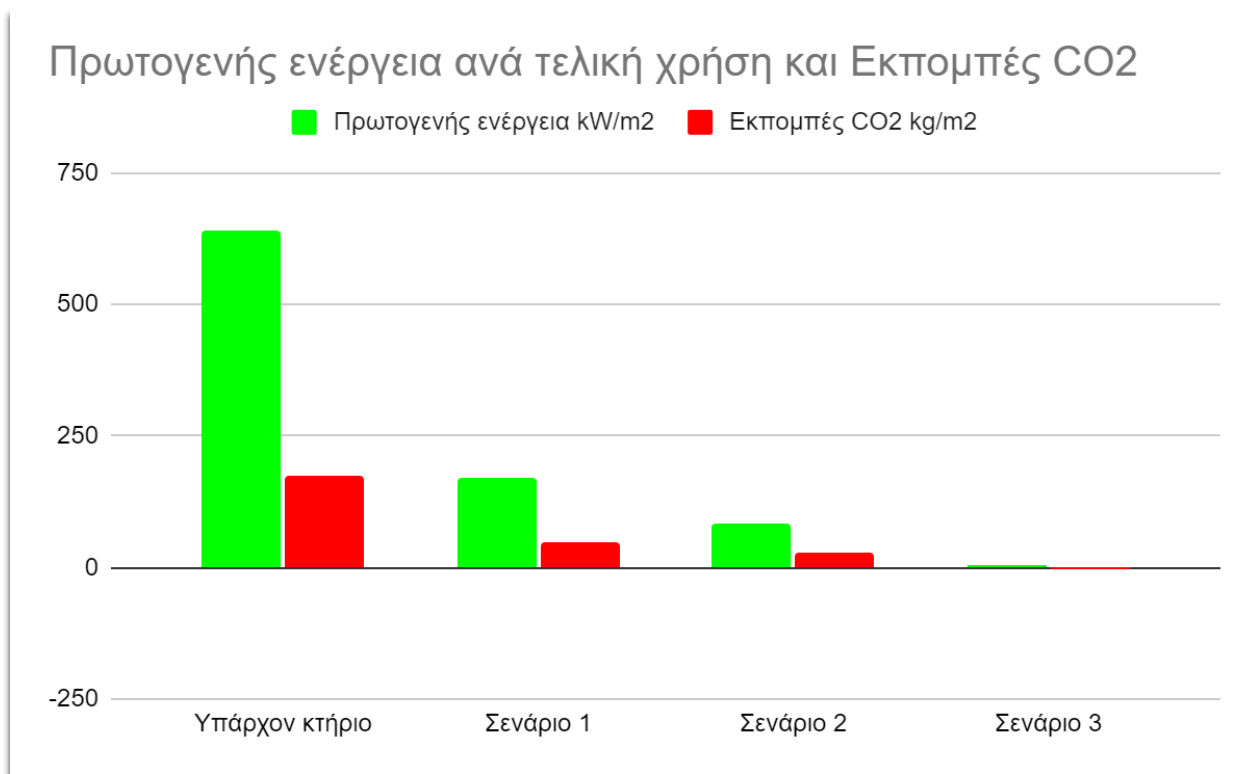
- Συγκρίνοντας τις εκπομπές CO₂ του υπάρχοντος κτηρίου (εικόνα 3.15) με αυτές του Σεναρίου 1 (εικόνα 3.25) παρατηρείται μείωση 73,1%.
- Συγκρίνοντας τις εκπομπές CO₂ του υπάρχοντος κτηρίου με αυτές του Σεναρίου 2 (εικόνα 4.16) παρατηρείται μείωση 83,9%.

- Συγκρίνοντας τις εκπομπές CO₂ του υπάρχοντος κτηρίου με αυτές του Σεναρίου 3 (εικόνα 4.20) παρατηρείται μείωση 100%.

Τέλος, μπορούμε να δούμε συνοπτικά την πρωτογενή ενέργεια ανά τελική χρήση. Παράλληλα, ο λόγος της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου προς μελέτη προς την συνολική πρωτογενή ενέργεια του κτηρίου αναφοράς μας δίνει την απόδοση του κτηρίου, ώστε να γίνει η ενεργειακή κατάταξη (εικόνα 4.21).

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	215.5	577.1	123.9	39.0	39.0
	Ψύξη	23.1	35.8	18.5	25.9	25.9
	ZNX	27.0	26.4	27.8	42.7	16.0
	Φωτισμός	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	0.0	0.0	81.3
	Σύνολο	265.6	639.4	170.2	107.6	-0.4
	Κατάταξη	-	Z	B+	A	A+

Εικόνα 4.21 Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση.



Γράφημα 4.4 Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση & Εκπομπές του CO₂

5. Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην αξιολόγηση της δόμησης κτηρίων με χρήση φυσικών υλικών, όπως η άργιλος και οι φυτικές ίνες. Στόχος της ήταν η ποσοτικοποίηση των πλεονεκτημάτων τους σε σχέση με το περιβάλλον, η άνεση και η ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η χρήση φυσικών υλικών προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη. Χαρακτηρίζονται από χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα, μειωμένη ενέργεια ενσωμάτωσης, βιώσιμο κύκλο ζωής και δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης στο τέλος της ζωής του κτιρίου. Επιπλέον, η εργασία επιβεβαιώνει ότι τα φυσικά υλικά συμβάλλουν στη θερμική άνεση των κτηρίων. Η θερμομονωτική τους ικανότητα, σε συνδυασμό με την υψηλή θερμοχωρητικότητα, διασφαλίζει σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας στο εσωτερικό, μειώνοντας την ανάγκη για τεχνητή θέρμανση και ψύξη.

Παράλληλα, η χρήση φυσικών υλικών βελτιώνει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Η φυσική διαπνοή τους επιτρέπει την κυκλοφορία καθαρού αέρα και την απομάκρυνση ρύπων, δημιουργώντας ένα υγιεινό και ευχάριστο περιβάλλον για τους χρήστες. Η προσομοίωση με τα λογισμικά της TOTE-KENAK και Revit επιβεβαίωσε τα οφέλη των φυσικών υλικών. Τα υπό διερεύνηση δωμάτια, με νότια ανοίγματα και βελτιστοποιημένη λειτουργία, απέδειξε μειωμένες ενεργειακές ανάγκες και σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας.

Βλέποντας την πρωτογενή ενέργεια ανά τελική χρήση & Εκπομπές CO₂, έχουμε να κάνουμε τις εξής παρατηρήσεις:

- Και στα δύο σενάρια αναβάθμισης η πρωτογενής ενέργεια και κατ'επέκταση το λειτουργικό κόστος μειώνεται δραστικά με το 3ο Σενάριο να είναι πιο οικονομικό σε βάθος χρόνου.
- Και στα δύο σενάρια η μείωση εκπομπών CO₂ είναι ραγδαία, της τάξεως του 73,1% και 83,9% αντίστοιχα, κάτι που είναι ζητούμενο στις αναβαθμίσεις κτηρίων τη σύγχρονη εποχή - λόγω της κλιματικής κρίσης και κρίνεται ως επιτακτική η μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος των ανθρώπινων ενεργειών κάτι που συμβαίνει στο 3ο σενάριο.
- Συνεπώς, η πρόταση μας για την ενεργειακή αναβάθμιση της εν λόγω κατοικίας είναι να ακολουθηθεί το 3ο Σενάριο ως πιο συμφέρον σε όλους τους τομείς

Συνολικά, η παρούσα διπλωματική εργασία τεκμηριώνει τα πλεονεκτήματα της δόμησης με φυσικά υλικά. Η χρήση τους συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος, στην άνεση και στην υγεία των χρηστών, καθιστώντας τα ιδανικά για βιώσιμη και υγιή αρχιτεκτονική. Τέλος με βάση την Αριθμ. 45008/Δ.Α.Ε.Φ.Κ.-Κ.Ε/Α325 (Συμπληρωματική οριοθέτηση περιοχών και χορήγηση στεγαστικής συνδρομής για την αποκατάσταση των ζημιών σε κτήρια από τις πλημμύρες του Σεπτεμβρίου 2023. ΟΙ ΥΠΟΥΡΓΟΙ ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ - ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ - ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ) και το Άρθρο 92, (Κίνητρα για τη δημιουργία κτηρίων ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης) λαμβάνοντας υπόψη την άνοδο του συντελεστή δόμησης και την επιτακτική ανάγκη για αξιοποίηση του διαθέσιμου χώρου, η ανέγερση ενός επιπλέον ορόφου καθίσταται μια ιδιαίτερα ελκυστική και υλοποιήσιμη λύση.

Παράρτημα πινάκων 2^{ου}, 3^{ου} και 4^{ου} κεφαλαίου

Πίνακας π.1. Τυπικό ωράριο λειτουργίας κτηρίων ανά χρήση.

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ώρες λειτουργίας	Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	Περίοδος λειτουργίας σε μήνες
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	18	7	12

Πίνακας π.2. Καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμοκρασία [°C]		Σχετική υγρασία [%]	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	20	26	40	45

Πίνακας π.3. Απαιτούμενος νωπός αέρας ανά χρήση κτηρίου (για χώρους μη καπνιζόντων) για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Άτομα / 100 m ² επιφ. δαπέδου	Νωπός αέρας [m ³ /h/άτομο]	Νωπός αέρας [m ³ /h/m ²]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	5	15	0,75

Πίνακας π.4. Στάθμη γενικού φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου, σύμφωνα με το EN 12464-1 2011.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]	Ισχύς για κτήριο αναφοράς [W/m ²]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	200	3,6	0,8

Πίνακας π.5. Τυπική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (σε θερμοκρασία 45° C) ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης [ℓ/άτομο/ημέρα]	Ημερήσια κατανάλωση ανά δομημ. επιφάνεια [ℓ/m ² /ημέρα]	Ετήσια κατανάλωση ανά δομημ. επιφάνεια [m ³ /m ² /έτος]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	50	2,50	0,91

Πίνακας π.6. Εκλυόμενη θερμότητα χρηστών ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμική ισχύς ανά άτομο [W/άτομο]	Θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημ. επιφάνειας [W/m ²]	Μέσος συντελεστής παρουσίας
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	80	4	0,75

Πίνακας π.7. Εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών / εξοπλισμού ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ισχύς εξοπλισμού [W/m ²]	Μέσος συντελεστής ετερίσμου	Ετεροχρον. ισχύς εξοπλ. [W/m ²]	Μέσος συντελεστής λειτουργίας
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	4	0,5	2	0,75

Πίνακας π.8. Συντελεστής σκίασης από οριζόντιους προβόλους Fov.

Γωνία β	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	NA και ΝΔ	A και Δ	BA και ΒΔ	B
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	θέρμανσης	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96
	ψύξης	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97
10°	θέρμανσης	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92
	ψύξης	0,89	0,91	0,93	0,93	0,94
15°	θέρμανσης	0,91	0,91	0,91	0,90	0,89
	ψύξης	0,84	0,86	0,89	0,90	0,90
20°	θέρμανσης	0,87	0,88	0,88	0,86	0,85
	ψύξης	0,78	0,82	0,85	0,87	0,87
25°	θέρμανσης	0,84	0,84	0,85	0,83	0,81
	ψύξης	0,73	0,77	0,81	0,83	0,84
30°	θέρμανσης	0,80	0,81	0,82	0,80	0,77
	ψύξης	0,67	0,72	0,77	0,80	0,80
35°	θέρμανσης	0,76	0,77	0,78	0,76	0,74
	ψύξης	0,61	0,67	0,72	0,76	0,77

40°	θέρμανσης	0,72	0,73	0,75	0,73	0,70
	ψύξης	0,56	0,62	0,68	0,72	0,74
45°	θέρμανσης	0,68	0,69	0,70	0,69	0,66
	ψύξης	0,51	0,57	0,63	0,68	0,70
50°	θέρμανσης	0,63	0,64	0,66	0,65	0,62
	ψύξης	0,46	0,52	0,58	0,64	0,67
55°	θέρμανσης	0,57	0,58	0,62	0,61	0,59
	ψύξης	0,42	0,48	0,53	0,59	0,63
60°	θέρμανσης	0,50	0,52	0,57	0,57	0,55
	ψύξης	0,39	0,43	0,48	0,55	0,60
65°	θέρμανσης	0,42	0,45	0,50	0,53	0,51
	ψύξης	0,36	0,39	0,43	0,49	0,56
70°	θέρμανσης	0,34	0,37	0,44	0,48	0,47
	ψύξης	0,33	0,34	0,38	0,44	0,52
80°	θέρμανσης	0,17	0,21	0,29	0,38	0,40
	ψύξης	0,28	0,26	0,27	0,32	0,41
≥90°	θέρμανσης	0,10	0,12	0,17	0,27	0,33
	ψύξης	0,24	0,19	0,18	0,22	0,30

Πίνακας π.9.α Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές Ffin από την αριστερή πλευρά.

Γωνία γ	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας							
		N	NΔ	Δ	ΒΔ	B	ΒΑ	A	NA
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	0,97
	ψύξης	0,97	0,97	1,00	1,00	0,97	0,96	0,99	0,99
20°	θέρμανσης	0,95	0,99	1,00	1,00	1,00	0,92	0,90	0,93
	ψύξης	0,95	0,94	0,99	1,00	0,95	0,93	0,98	0,99
30°	θέρμανσης	0,92	0,98	1,00	1,00	1,00	0,89	0,86	0,90
	ψύξης	0,93	0,90	0,99	1,00	0,93	0,89	0,96	0,98
40°	θέρμανσης	0,89	0,97	1,00	1,00	1,00	0,86	0,80	0,87
	ψύξης	0,91	0,86	0,98	1,00	0,92	0,84	0,95	0,97
50°	θέρμανσης	0,85	0,95	1,00	1,00	1,00	0,84	0,75	0,83
	ψύξης	0,89	0,81	0,97	1,00	0,92	0,79	0,93	0,96
60°	θέρμανσης	0,81	0,93	1,00	1,00	1,00	0,82	0,69	0,79
	ψύξης	0,88	0,76	0,96	1,00	0,92	0,73	0,91	0,96
≥70°	θέρμανσης	0,76	0,90	1,00	1,00	1,00	0,81	0,62	0,73
	ψύξης	0,86	0,71	0,94	1,00	0,92	0,66	0,88	0,95

Πίνακας π.9.β Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές Ffin από την δεξιά πλευρά.

Γωνία γ	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας							
		N	ΝΔ	Δ	ΒΔ	Β	ΒΑ	Α	ΝΑ
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,97	0,97	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	0,99
	ψύξης	0,97	0,99	0,99	0,96	0,97	1,00	1,00	0,97
20°	θέρμανσης	0,95	0,93	0,90	0,92	1,00	1,00	1,00	0,99
	ψύξης	0,95	0,99	0,98	0,93	0,95	1,00	0,99	0,94
30°	θέρμανσης	0,92	0,90	0,86	0,89	1,00	1,00	1,00	0,98
	ψύξης	0,93	0,98	0,96	0,89	0,93	1,00	0,99	0,90
40°	θέρμανσης	0,89	0,87	0,80	0,86	1,00	1,00	1,00	0,97
	ψύξης	0,91	0,97	0,95	0,84	0,92	1,00	0,98	0,86
50°	θέρμανσης	0,85	0,83	0,75	0,84	1,00	1,00	1,00	0,95
	ψύξης	0,89	0,96	0,93	0,79	0,92	1,00	0,97	0,81
60°	θέρμανσης	0,81	0,79	0,69	0,82	1,00	1,00	1,00	0,93
	ψύξης	0,88	0,96	0,91	0,73	0,92	1,00	0,96	0,76
≥70°	θέρμανσης	0,76	0,73	0,62	0,81	1,00	1,00	1,00	0,90
	ψύξης	0,86	0,95	0,88	0,66	0,92	1,00	0,94	0,71

Πίνακας π.10. Συντελεστής σκίασης από οριζόντιες περσίδες Fbl.

Τύπος περσίδων	Γωνία δ	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
			N	ΝΑ και ΝΔ	Α και Δ	ΒΑ και ΒΔ	Β
Σταθερές οριζόντιες	30°	θέρμανσης	0,65	0,65	0,64	0,64	0,65
		ψύξης	0,51	0,57	0,61	0,62	0,64
Σταθερές οριζόντιες	45°	θέρμανσης	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
		ψύξης	0,36	0,39	0,44	0,45	0,49
Κινητές οριζόντιες	45°	θέρμανσης	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
		ψύξης	0,03	0,07	0,12	0,23	0,41

Πίνακας π.11 Συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε κατοικίες.

Πόλεις της Ελλάδας	Τύπος ηλιακού συλλέκτη								
	Απλός			Επιλεκτικός			Κενού		
	Γωνία κλίσης εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών (°)								
	15°	45°	65°	15°	45°	65°	15°	45°	65°
Αλεξαν/πολη	0,318	0,325	0,329	0,341	0,353	0,350	0,360	0,367	0,369
Αθήνα	0,338	0,344	0,351	0,359	0,369	0,369	0,374	0,381	0,383
Ηράκλειο	0,333	0,339	0,343	0,355	0,364	0,361	0,370	0,375	0,378
Καστοριά	0,307	0,314	0,316	0,333	0,344	0,340	0,356	0,363	0,363
Λάρισα	0,327	0,334	0,341	0,350	0,360	0,360	0,369	0,376	0,378
Λήμνος	0,319	0,327	0,331	0,343	0,354	0,352	0,360	0,368	0,370
Νάξος	0,332	0,340	0,344	0,355	0,365	0,363	0,372	0,378	0,381
Πάτρα	0,335	0,342	0,348	0,357	0,366	0,366	0,373	0,381	0,382
Θεσσαλονίκη	0,325	0,332	0,337	0,348	0,358	0,358	0,368	0,375	0,376
Τρίπολη	0,317	0,324	0,327	0,340	0,349	0,347	0,363	0,369	0,370
Μέσος όρος	0,325	0,332	0,337	0,348	0,358	0,357	0,366	0,373	0,375

Πίνακας π.12 Βαθμός απόδοσης Φ/Β στοιχείων ανάλογα με την παλαιότητα.

Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων	Ενδεικτική απόδοση	Συντελεστές μείωσης	
		Λόγω παλαιότητας	Λόγω σύνδεσης με βοηθητικά συστήματα
Μονοκρυσταλλικά	12-19%	1,0% για κάθε έτος λειτουργίας	5%
Πολυκρυσταλλικά	12-19%		

Πίνακας π.13 Βέλτιστες κλίσεις φωτοβολταϊκών στοιχείων για διάφορα γεωγραφικά πλάτη στην Ελλάδα ανά περίοδο χρήσης.

Γεωγραφικό πλάτος περιοχής (φ) σε ($^{\circ}$)	Θερινή περίοδος	Ετήσια περίοδος	Χειμερινή περίοδος
$\varphi = 35,0^{\circ}$	7	25	44
$\varphi = 36,0^{\circ}$	8	26	45
$\varphi = 37,0^{\circ}$	9	27	46
$\varphi = 38,0^{\circ}$	10	28	47
$\varphi = 39,0^{\circ}$	11	29	48
$\varphi = 40,0^{\circ}$	12	30	49
$\varphi = 41,0^{\circ}$	13	31	50

Παραπομπές :

- About the Material Browser.* (2022). Ανάκτηση από AUTODESK REVIT 2022:
<https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ENU/?guid=GUID-0AA0E65D-55A4-4391-AA29-C53C06C048F4>
- CRATerre/EAG. (2014). *Earthen Architecture, Building Cultures and Sustainable Development*. Valencia , Spain. Ανάκτηση από https://craterre.org/wp-content/uploads/2023/11/craterre_2013_07_presentationchaireeng_hgbrmc.pdf
- easyKENAK. (n.d.). *easyKENAK*. Ανάκτηση από <https://docs.easykenak.gr/doku.php?id=start>
- Elhamdoun, Y. (2017). Thermophysical and mechanical characterization of clay bricks reinforced by alfa or straw fibers.
- Exintaveloni, N. (n.d.). MUD BRICK ARCHITECTURE AND THE CASE OF KORESTIA VILLAGES IN GREECE.
- Flaceliere, R. (1985). *Ο Δημόσιος και Ιδιωτικός Βίος των Αρχαίων Ελλήνων*. Αθήνα: Δημ. Ν. Παπαδήμα.
- Köppen–Geiger. (n.d.). *Köppen–Geiger climate classification*. Ανάκτηση από https://en.wikipedia.org:https://en.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppen_climate_classification
- Maria Costi de Castrillo, I. I. (2021). *Reproduction of traditional adobes using varying percentage contents of straw and sawdust*. Ανάκτηση από <https://www.sciencedirect.com/:https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821012769?via%3Dihub>
- Minke, G. (2006). *Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture*.
- N. Oudhof, M. C. (2015). *EASUREMENT OF THE HYGROTHERMAL PROPERTIES OF STRAW-CLAY MIXTURES*. <https://www.researchgate.net/>.
- Tricoire, J.-P. (2021). Why buildings are the foundation of an energy-efficient future. *World Economic Forum*.
- Vavili, N. E. (n.d.). MUD BRICK ARCHITECTURE AND THE CASE OF KORESTIA VILLAGES IN GREECE.
- Apostolos Mousourakis, M. A. (2020). Earthen Architecture in Greece: Traditional Techniques and Revaluation. *heritage*.
- ΒΟΓΙΑΤΖΗ Κ., Δ. Α. (n.d.). *Αποδοχή παραδοσιακών υλικών σε σύγχρονες κατασκευές και συμβατότητα με τον ισχύοντα ενεργειακό κανονισμό*.
- Γ.Μπέη. (2011). *Terra Europa, Earthen Architecture in the European Union*.
- Γ.Πανάρας . (n.d.). <https://eclass.uowm.gr/courses/MECH391/>. Ανάκτηση από Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων II.
- ΕΜΥ. (n.d.). *emy.gr*. Ανάκτηση από Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία:
http://www.emy.gr/emy/el/climatology/climatology_city?perifereia=Thessaly&poli=Larisa

Καρυπίδου, Μ. (2022). *Ο ακατέργαστος πηλός ως μέσο σύγχρονης δόμησης. Δυνατότητες και αστοχίες*. Πάτρα.

Κουκουλές, Φ. (1951). *Βυζαντινών Βίος και Πολιτισμός*. Εν Αθήναις: Παπαζήση.

Κωστάκης, Θ. (1996). *Ματιές στη ζωή των Αρχαίων μας*. Αθήνα: εκδ. Σμυρνιατώακη.

Μπατσουκα, Χ. (2016). *Ωμοπλινθοδομές: Πειραματική διερεύνηση ενίσχυσης της φέρουσας ικανότητας των ωμοπλινθοδομών με σταθεροποιημένες συμπίεσμένες ωμοπλίνθους και εξωτερικά ινοπλέγματα*.

ΥΠΕΝ. (2021). Έγκριση της έκθεσης μακροπρόθεσμης στρατηγικής ανακαίνισης του δημόσιου και ιδιωτικού κτιριακού αποθέματος και μετατροπής του σε κτιριακό δυναμικό απαλλαγμένο από ανθρακούχες εκπομπές και υψηλής ενεργειακής απόδοσης έως το έτος 2050, σύμφωνα με την παρ. 2. - . Ανάκτηση από www.ypen.gov.gr

ΥΠΕΝ. (2024). *Τροποποίηση και αντικατάσταση της υπό στοιχεία ΥΠΕΝ/ΥΔΕΝ/47129/720/28.4.2023 κοινής*. Ανάκτηση από https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2024/04/FEK-2024-Tefkos-B-02173-downloaded-09_04_2024.pdf

Φλώρα Μπουγιατιώτη, Ε. Α. (n.d.). *ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΩΝ* .

Φράγκου Χάρις, Χ. Ε. (2020). *ΓΗΙΝΗ ΔΟΜΗΣΗ - Αρχιτεκτονική του αύριο με υλικά του χτές*. Θεσσαλονίκη: ΑΠΘ.

Piliko.gr / Εργασίες / Δημοσιεύσεις - <http://piliko.gr/ergasies-dimosiefseis/>

Τεχνική Οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1. Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης [Βιβλίο] / συγγρ. ΤΕΕ. - Αθήνα : Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2017α.

Τεχνική Οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2. Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων [Βιβλίο] / συγγρ. ΤΕΕ. - Αθήνα : Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2017β.

Τεχνική Οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3. Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών. [Βιβλίο] / συγγρ. ΤΕΕ. - Αθήνα : Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2010.