



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Αποτύπωση Δημαρχείου Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης
για ενεργειακή αξιολόγηση επεμβάσεων με το λογισμικό
ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ. και σύγκριση με αποτελέσματα λογισμικών
μοντελοποίησης»

Της Μεταπτυχιακής Φοιτήτριας

Χαλεπλή Βασιλικής

Επιβλέπων

Καρέλλας Σωτήριος, Καθηγητής,
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:	«Αποτύπωση Δημαρχείου Βάρης - Βούλας - Βουλιαγμένης για ενεργειακή αξιολόγηση επεμβάσεων με το λογισμικό ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ. και σύγκριση με αποτελέσματα λογισμικών μοντελοποίησης»
ΦΟΙΤΗΤΗΣ:	Χαλεπλή Βασιλική
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:	Καρέλλας Σωτήριος, Καθηγητής, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ:	2018-19

Σύνοψη

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί ζητούμενο, ιδιαίτερα στη σύγχρονη εποχή. Δεδομένου ότι τόσο ο οικιακός όσο και ο τριτογενής τομέας ευθύνονται αθροιστικά για το 37% της κατανάλωσης ενέργειας και το 36% των ολικών εκπομπών CO₂ σε επίπεδο ΕΕ, αναδεικνύεται η επιτακτική ανάγκη ενεργειακής αναβάθμισης του κτηριακού τομέα. Προς αυτή την κατεύθυνση, στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η ενεργειακή αναβάθμιση του υπάρχοντος κτηρίου – Δημαρχείου Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης με τη χρήση λογισμικού και προτάσεις κατάλληλων επεμβάσεων. Η ανάλυση έγινε με τη χρήση δύο μεθοδολογιών. Στην πρώτη περίπτωση, κατασκευάστηκε το τρισδιάστατο ακριβές σχέδιο του κτηρίου και εισήχθη στο πρόγραμμα TRNSYS για την προσομοίωση αυτού και των προσδιορισμό σε ετήσια βάση των ωριαίων φορτίων αυτού. Με βάση τα εξαγόμενα από το TRNSYS αποτελέσματα, εφαρμόστηκαν διάφορα σενάρια επεμβάσεων σε επίπεδο ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, με το σενάριο της προσθήκης συμβατικής αντλίας θερμότητας και φωτοβολταϊκών να αναδεικνύεται το πιο συμφέρον τόσο ενεργειακά όσο και οικονομικά, με μέση ηλιακή απόδοση μετατροπής ενέργειας της τάξης του 32,7% και περίοδο αποπληρωμής ελαφρώς μεγαλύτερη από 5 έτη. Σχετικά με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ., προέκυψε ότι η βέλτιστη οικονομικά λύση αποτελούσε ο συνδυασμός επεμβάσεων στο κέλυφος του κτηρίου και προσθήκης φωτοβολταϊκού πεδίου στην οροφή του κτηρίου.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική συνίσταται στην λεπτομερή αποτύπωση του δημαρχείου της Βούλας με χρήση σχεδιαστικού λογισμικού και η χρήση των δεδομένων που θα εξαχθούν από το αναλυτικό σχέδιο του χώρου για την ενεργειακή αξιολόγηση του εν λόγω κτηρίου με τη χρήση του λογισμικού ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ.. Η ανάπτυξη ενός μοντέλου του κτηρίου εντός του λογισμικού ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ. θα επιτρέψει την αξιολόγηση πιθανής εγκατάστασης συστήματος ψύξης/θέρμανσης τροφοδοτούμενο από ηλιακούς συλλέκτες. Τα συστήματα ηλιακής ψύξης/θέρμανσης αποτελούν μια ραγδαία αναπτυσσόμενη τεχνολογία και προς αυτή την κατεύθυνση η μελέτη πρακτικών εφαρμογών στην Ελλάδα αποτελεί αντικείμενο έντονου επιστημονικού ενδιαφέροντος.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης στο λογισμικό του ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ. θα αντιπαραβληθούν με αποτελέσματα αντίστοιχων λογισμικών μοντελοποίησης, τα οποία διαθέτουν μεγαλύτερη ακρίβεια στους υπολογισμούς σχετικών συστημάτων. Κατά αυτό τον τρόπο τα κύρια συμπεράσματα της παρούσας εργασίας κινούνται σε δύο βασικούς άξονες:

- Η αξιολόγηση συστημάτων ηλιακής ψύξης/θέρμανσης σύμφωνα με την ανάλυση που προβλέπει το λογισμικό ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ.
- Η διερεύνηση της ακρίβειας πρόβλεψης συμπεριφοράς συστημάτων ηλιακής ψύξης/θέρμανσης από το λογισμικό ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ. χρησιμοποιώντας σαν συστήματα αναφοράς ήδη αναπτυχθέντα μοντέλα τέτοιων συστημάτων σε πιο εξειδικευμένα περιβάλλοντα προσομοίωσης

POST-GRADUATE THESIS: « Assessment of energetic upgrade on Vari's - Voula's - Vouliagmeni's city hall using TEE KENAK software and comparison with results of simulation models»

STUDENT: Chalepli Vasiliki

SUPERVISOR: Karellas Sotirios, Professor, School of Mechanical Engineering

ACADEMIC YEAR: 2018-19

Abstract

Energy savings is a serious issue, especially in the modern era. As both the residential and tertiary sectors together account for 37% of energy consumption and 36% of total CO₂ emissions at EU level, the energetic upgrading of these buildings is of significant importance. Towards this direction, the present study examined the energy upgrading of the existing building - Town Hall of Vari - Voula - Vouliagmeni using software and suggestions for appropriate interventions. The analysis was conducted using two methodologies. In the first case, the building's three-dimensional accurate sketch was constructed and introduced into the TRNSYS program for simulation and determination of its hourly loads on an annual basis. Based on the TRNSYS outputs, various scenarios of electromagnetic equipment upgrading were evaluated, with the scenario of adding a conventional heat pump and photovoltaics to prove to be the most energetically and economically efficient, with an average solar conversion efficiency of 32.7% and a payback period of slightly longer than 5 years. With regards to the analysis carried out by the TEE K.Ev.A.K tool, it was found that the best financial solution was the combination of interventions in the shell of the building and the addition of a photovoltaic field on the roof of the building.

Summary

The main object of this thesis is to provide a detailed mapping of the municipality of Voula premises using the sketchup software tool . Afterwards, the respective data output will be imported to TEE K.Ev.A.K software tool in order to evaluate the energy efficiency. As a result of developing a bulding model via TEE K.Ev.A.K software,an evaluation can be raised whether a cooling/thermal system could be placed by solar panels power supply. These innovative systems are using cutting edge technologies and are a subject of intense interest in Greek scientific community.

The results of TEE K.Ev.A.K tool, will be contrasted to other even more efficient and optimal system models results with more computational power. In particular, the main conclusions of this thesis move between two main pillars:

- Solar cooling/thermal system evaluation according to TEE K.Ev.A.K software tool analysis.
- Investigation of TEE K.Ev.A.K prediction accuracy for solar cooling/thermal systems, using different models of such systems as reference in more specialized simulation environments.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας». Με την εκπόνηση της εν λόγω εργασίας μου δόθηκε η δυνατότητα να μελετήσω, να αποτυπώσω και να εξετάσω την ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου και συγκεκριμένα του Δημαρχείου Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένη με τη χρήση του λογισμικού TEE Κ.Εν.Α.Κ. Στόχος της παρούσας διπλωματικής ήταν η ακριβής αποτύπωση του συγκεκριμένου κτηρίου, η αξιολόγηση των ενεργειακών απαιτήσεων του και η εφαρμογή νέων πολιτικών εξοικονόμησης ενέργειας.

Στο πλαίσιο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή και επιβλέποντα της παρούσας εργασίας κ. Σωτήριο Καρέλλα για την ανάθεση της συγκεκριμένης εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στον κ.Πάλλη Πλάτωνα και τον Ρουμπεδάκη Τρύφωνα για την άψογη συνεργασία, την υποστήριξη, την καθοδήγηση, την ανταλλαγή ιδεών αλλά και για το χρόνο που αφιέρωσαν προς επίλυση αποριών και τυχόν ζητημάτων που ανέκυπταν κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά το οικογενειακό και φιλικό μου περιβάλλον για την υποστήριξη, όχι μόνο κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας, αλλά και καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	v
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	vi
ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	ix
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ	xiv
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Το ενεργειακό πρόβλημα	1
1.2 Η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια	3
1.2.1 Η ενεργειακή κατάσταση των κτηρίων στην Ευρώπη	3
1.2.2 Αξιολόγηση των κτηριακών προτύπων στην Ευρώπη.....	5
1.2.3 Αναθεωρημένη Οδηγία για την Ευρωπαϊκή Απόδοση των κτηρίων, EPBD - Energy performance of buildings directive	6
1.2.4 Ενεργειακή κατάσταση των κτηρίων στην Ελλάδα	7
1.2.5 Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο για την εξοικονόμηση ενέργειας	10
1.2.6 Κτήριο αναφοράς	14
1.3 Ενεργειακή αναβάθμιση κτηρίων	15
1.3.1 Επεμβάσεις στο κέλυφος του κτηρίου	16
1.4 Συστήματα ηλιακής ψύξης/θέρμανσης	20
1.4.1 Ψυκτικός κύκλος με μηχανική συμπίεση.....	21
1.4.2 Ψυκτικός κύκλος με απορρόφηση.....	23
1.4.3 Ψυκτικός κύκλος με προσρόφηση	25
1.5 Επιστημονικό ερώτημα	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΟ ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ ΒΑΡΗΣ - ΒΟΥΛΑΣ – ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ.....	29
2.1 Γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης	29
2.2 Επισκόπηση του Δημαρχείου Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης.....	30
2.3 Αποτύπωση υπάρχουσας κατάστασης του Δημαρχείου	35
2.4 Προσομοίωση του Δημαρχείου στο πρόγραμμα του Sketch Up	47
2.4.1 Γενικά στοιχεία του προγράμματος	47
2.4.2 Περιγραφή του περιβάλλοντος.....	47
2.4.3 Περιγραφή σχεδίασης του τρισδιάστατου μοντέλου	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΜΕΣΩ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΤΗΡΙΟΥ ΑΠΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ TRNSYS	53

3.1 Εισαγωγή.....	53
3.2 Σενάρια.....	54
3.2.1 Προσθήκη λέβητα φυσικού αερίου για θέρμανση	54
3.2.2 Το σύστημα zeosol.....	54
3.2.3 Ηλιακή ψύξη/θέρμανση με Φ/Β και αντλία θερμότητας	55
3.2.4 Δείκτες απόδοσης συστημάτων.....	56
3.3 Αποτελέσματα.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ.	65
4.1 Εφαρμογή του λογισμικού ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ.	65
4.1.1 Καθορισμός Θερμικών Ζωνών	65
4.1.2 Εισαγωγή των δεδομένων του Δημαρχείου στο πρόγραμμα	65
4.1.3 Ωράριο και Περίοδος Λειτουργίας Κτηρίου	67
4.1.4 Επιθυμητές Εσωτερικές Συνθήκες Χώρων	67
4.1.5 Θερμοκρασία Εσωτερικών Χώρων.....	68
4.1.6 Σχετική Υγρασία Εσωτερικών Χώρων	68
4.1.7 Απαιτούμενος Νωπός Αέρας Εσωτερικών Χώρων.....	69
4.1.8 Απαιτήσεις και Απαραίτητες Στάθμες Φωτισμού.....	69
4.1.9 Κλιματολογικά Δεδομένα Περιοχής	70
4.1.10 Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίου.....	70
4.1.11 Έλεγχος Θερμομονωτικής Επάρκειας Αδιαφανούς Δομικού Στοιχείου.....	71
4.1.12 Ισοδύναμες επιφάνειες αδιαφανών δομικών στοιχείων	72
4.1.13 Συντελεστής Απορρόφησης Ηλιακής Ακτινοβολίας και Εκπομπής στη Θερμική Ακτινοβολία	73
4.1.14 Συντελεστές Σκίασης	73
4.1.15 Συντελεστές σκίασης κτηρίου αναφοράς.....	74
4.1.16 Συντελεστής σκίασης ορίζοντα F_{hor}	75
4.1.17 Συντελεστής σκίασης από προβόλους F_{ov}	76
4.1.18 Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin}	76
4.1.19 Συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών	79
4.1.20 Αερισμός	80
4.1.21 Αερισμός Κτηρίου Αναφοράς.....	80
4.1.22 Αερισμός λόγω Αεροστεγανότητας (Διείσδυσης του Αέρα)	81
4.1.23 Σύστημα θέρμανσης.....	82

4.1.24 Σύστημα ψύξης.....	82
4.1.25 Σύστημα φωτισμού.....	85
4.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης με το λογισμικό TEE – Κ.Εν.Α.Κ.	86
4.2.1 Ενεργειακές απαιτήσεις Δημαρχείου	86
4.2.2 Ενεργειακές καταναλώσεις Δημαρχείου	86
4.2.3 Ενεργειακή κατάταξη Δημαρχείου Βάρης - Βούλας – Βουλιαγμένης.....	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ.	91
5.1 Ανάπτυξη σεναρίων στο λογισμικό ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ.	91
5.1.1 Σενάριο Νο1 - Παρέμβαση με φωτοβολταϊκά	91
5.1.2 Σενάριο 2 - Αντικατάσταση κουφωμάτων και μόνωση των οριζόντιων επιφανειών ..	93
5.1.3 Σενάριο Νο3 – συνδυασμός σεναρίων Νο1 και Νο2	95
5.1.4 Συγκεντρωτικά στοιχεία.....	96
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.....	98
Εκπομπές CO ₂	98
5.1.5 Οικονομοτεχνική Ανάλυση	98
5.2 Συμπεράσματα.....	99
5.3 Προοπτικές εφαρμογής	101
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	103

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Εικ. 1.1. Η κατανάλωση ενέργειας παγκοσμίως (δεδομένα του 2015. Κάθε 10000 TWh/y ισοδυναμούν κατά μέσο όρο με 1.142TW. [1]	1
Εικ. 1.2. Ετήσιες εκπομπές CO ₂ των τεσσάρων βασικών πομπών. Πηγή δεδομένων: CDIAC; Le Quére et al 2018; Global Carbon Budget 2018[2]	2
Εικ. 1.3. Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας παγκοσμίως, μετρημένη σε TWh ανα χρόνο. Με τον όρο άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας νοούνται όλες οι νέες ανανεώσιμες τεχνολογίες πέραν των γνωστών (ηλιακή, αιολική, υδροηλεκτρική κτλπ.). Πηγή αναφοράς: Vaclav Smil (2017), Energy Transitions: Global and National Perspectives. & BP Statistical Review of World Energy[5].....	3
Εικ. 1.4. Επιδιωκόμενα κλιματικά αποτελέσματα για το 2020 και 2030. Πηγή αναφοράς: Ενεργειακή ένωση και κλιματική αλλαγή, ΕΕ 2017 [6]	4
Εικ. 1.5. Καταναλωτές ενέργειας στην Ε.Ε	4
Εικ. 1.6. Ποσοστό κατανάλωσης τελικής ενέργειας στην Ελλάδα ανά τομέα. Πηγή αναφοράς: ΚΑΠΕ CRES Centre for Renewable Energy sources and saving, 2018[4]	7
Εικ. 1.7. Κατανομή κτηρίων ανα χρήση το 2011. Πηγή αναφοράς: Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ)[9].....	8
Εικ. 1.8. Κατάσταση κατοικιών (νοικοκυριών) απογραφής 2011. Πηγή αναφοράς: Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) [10].....	8
Εικ. 1.9. Κατανομή κτηρίων ανά χρονική περίοδο κατασκευής Πηγή αναφοράς: Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ)[9].....	9
Εικ. 1.10. Ποσοστιαία κατανομή συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τελική χρήση και νοικοκυριό. Πηγή αναφοράς: Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ)[9]	10
Εικ. 1.11. Σχηματική απεικόνιση ενεργειακών κατηγοριών για τιμές αναφοράς και κτήριο αναφοράς.Πηγή αναφοράς:ΤΕΕ, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος 2011[17]	15
Εικ. 1.12. Τυπική διάταξη κύκλου ψύξης μηχανικής συμπίεσης ατμών (Vapor Compression Cycle-VCC).....	21
Εικ. 1.13. Τυπική διάταξη κύκλου ψύξης με απορρόφηση.....	23
Εικ. 1.14. Τυπική διάταξη κύκλου ψύξης με προσρόφηση.....	26
Εικ. 2.1. Φωτογραφία Δήμου Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης. Πηγή αναφοράς:Google maps, 2019[27]	29
Εικ. 2.2. Φωτογραφία κάτοψης Δημαρχείου από δορυφόρο. Πηγή αναφοράς: Google earth[27]	31
Εικ. 2.3. Είσοδος Δημαρχείου Βάρης - Βούλας - Βουλιαγμένης.....	32
Εικ. 2.4. Γραφείο Αντιδημάρχου στο Δημαρχείο Βάρης - Βούλας – Βουλιαγμένης	32
Εικ. 2.5. Γραφείο Διοίκησης στο Δημαρχείο Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης	33
Εικ. 2.6. Προσθήκη γραφείων στο ισόγειο του Δημαρχείου Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης	33
Εικ. 2.7. Αίθουσα συνεδριάσεων Δημοτικού Συμβουλίου	34
Εικ. 2.8. Χώρος εσωτερικού κλιμακοστασίου	34
Εικ. 2.9. Κάτοψη ισογείου Δημαρχείου Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης, Autocad.....	36
Εικ. 2.10. Κάτοψη δώματος Δημαρχείου Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης, AutoCad.....	37
Εικ. 2.11. Καταμέτρηση εξωτερικών τοίχων στο ισόγειο, AutoCAD	38
Εικ. 2.12. Όψη Νο1 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	38

Εικ. 2.13. Όψη Νο2 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	39
Εικ. 2.14. Όψη Νο3 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	39
Εικ. 2.15. Όψη Νο4 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	39
Εικ. 2.16. Όψη Νο5 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	39
Εικ. 2.17. Όψη Νο6 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	40
Εικ. 2.18. Όψη Νο7 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	40
Εικ. 2.19. Όψη Νο8 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	40
Εικ. 2.20. Όψη Νο9 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	41
Εικ. 2.21. Όψη Νο10 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	41
Εικ. 2.22. Όψη Νο11 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	41
Εικ. 2.23. Όψη Νο12 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	42
Εικ. 2.24. Όψη Νο13 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	42
Εικ. 2.25. Όψη Νο14 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	42
Εικ. 2.26. Όψη Νο15 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	42
Εικ. 2.27. Όψη Νο16 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	43
Εικ. 2.28. Όψη Νο17 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	43
Εικ. 2.29. Όψη Νο18 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	43
Εικ. 2.30. Όψη Νο19 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	43
Εικ. 2.31. Όψη Νο20 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	44
Εικ. 2.32. Όψη Νο21 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	44
Εικ. 2.33. Καταμέτρηση εξωτερικών τοίχων στο δώμα, AutoCAD.....	44
Εικ. 2.34. Όψη Νο22 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	45
Εικ. 2.35. Όψη Νο23 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	45
Εικ. 2.36. Όψη Νο24 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	45
Εικ. 2.37. Όψη Νο25 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	45
Εικ. 2.38. Όψη Νο26 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	46
Εικ. 2.39. Όψη Νο27 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	46
Εικ. 2.40. Όψη Νο28 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	46
Εικ. 2.41. Όψη Νο28 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD.....	47
Εικ. 2.42. Εισαγωγή κάτοψης δώματος σε μορφή dwg. στο SketchUp.....	49
Εικ. 2.43. Εισαγωγή κάτοψης ισογείου σε μορφή dwg. στο SketchUp.....	49
Εικ. 2.44. Δημιουργία τρισδιάστατων στοιχείων του ισογείου στο SketchUp.....	50
Εικ. 2.45. Δημιουργία τρισδιάστατων στοιχείων του δώματος στο SketchUp.....	50
Εικ. 2.46. Τρισδιάστατη αναπαράσταση του ισογείου στο Δημαρχείο Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης.....	51
Εικ. 2.47. Τρισδιάστατη αναπαράσταση του δώματος στο Δημαρχείο Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης.....	52
Εικ. 2.48. Τρισδιάστατη αναπαράσταση του Δημαρχείου Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης.....	52
Εικ. 3.1. Μετεωρολογικά δεδομένα για την Αθήνα όπως εξήχθησαν από το TRNSYS.....	53
Εικ. 3.2. Αποτελέσματα TRNSYS για τα θερμικά/ψυκτικά φορτία του Δημαρχείου.....	54
Εικ. 3.3. Σχηματική απεικόνιση του συστήματος ZEOSOL.....	55
Εικ. 3.4. Σχηματική απεικόνιση διάταξης φ/β με αντλία θερμότητας σε χειμερινή λειτουργία..	56
Εικ. 3.5. Κατανομή κόστους επένδυσης εγκατάστασης Zeosol με τερματικές μοναδες.....	58

Εικ. 3.6. Κατανομή κόστους επένδυσης εγκατάστασης φ/β με αντλία θερμότητας.....	58
Εικ. 3.7. Αποτελέσματα μοντέλου Φ/Β-αντλίας θερμότητας για διάφορες επιφάνειες φ/β στοιχείων.....	60
Εικ. 3.8. Αποτελέσματα μελέτης σεναρίων σχετικά με τον ενεργειακό βαθμό μετατροπής της ηλιακής ενέργειας.....	61
Εικ. 3.9. Αποτελέσματα μελέτης σεναρίων σχετικά με το LCOE	62
Εικ. 4.1. Όθονη εισαγωγής δεδομένων λογισμικού TEE-K.Εν.Α.Κ.....	65
Εικ. 4.2. Όθονη εισαγωγής δεδομένων λογισμικού TEE-K.Εν.Α.Κ.....	66
Εικ. 4.3. Όθονη εισαγωγής γενικών στοιχείων θερμικής ζώνης λογισμικού TEE-K.Εν.Α.Κ.	66
Εικ. 4.4. Γραφική απεικόνιση της γωνίας θέασης α που σχηματίζουν τα εμπόδια για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλούν σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (θύρας ή παραθύρου).Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017	75
Εικ. 4.5. Γραφική απεικόνιση της γωνίας β, που σχηματίζει πρόβολος με την κατακόρυφη επιφάνεια, για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017.....	76
Εικ. 4.6. Γραφική απεικόνιση της γωνίας γ που σχηματίζει η πλευρική προεξοχή για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017	77
Εικ. 4.7. Εισαγωγή δεδομένων για τις αδιαφανείς επιφάνειες σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για το γραφείο. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.	78
Εικ. 4.8.Εισαγωγή δεδομένων για τις αδιαφανείς επιφάνειες σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για το γραφείο. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.	78
Εικ. 4.9.Εισαγωγή δεδομένων για τις διαφανείς επιφάνειες Π1-Π15. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.	79
Εικ. 4.10.Εισαγωγή δεδομένων για τις διαφανείς επιφάνειες Π16-Π30. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.	79
Εικ. 4.11.Εισαγωγή δεδομένων για τις διαφανείς επιφάνειες Π31-Π45. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.	79
Εικ. 4.12.Εισαγωγή δεδομένων για τις διαφανείς επιφάνειες Π38-Π50. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.	80
Εικ. 4.13. Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. για το σύστημα θέρμανσης στο Δημαρχείο Βάρης - Βούλας – Βουλιαγμένης. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.	82
Εικ. 4.14.Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. για το σύστημα θέρμανσης στο Δημαρχείο Βάρης - Βούλας – Βουλιαγμένης. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.	84
Εικ. 4.15.Εισαγωγή στο λογισμικό των δεδομένων για το σύστημα φωτισμού του γραφείου. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.	85
Εικ. 4.16.Ενεργειακές απαιτήσεις Δημαρχείου Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.	86
Εικ. 4.17.Ενεργειακές απαιτήσεις κτηρίου αναφοράς. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.	86
Εικ. 4.18.Διάγραμμα μηνιαίων ενεργειακών καταναλώσεων Δημαρχείου Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης (kWh/m^2). Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.	86

Εικ. 4.19.Αποτελέσματα ενεργειακών καταναλώσεων Δημαρχείου. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.	87
Εικ. 4.20.Αποτελέσματα ενεργειακών καταναλώσεων κτηρίου αναφοράς. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.	87
Εικ. 4.21.Σύγκριση μηνιαίων καταναλώσεων για θέρμανση για το Δημαρχείο και το κτήριο αναφοράς	88
Εικ. 4.22.Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις για ψύξη για το υπάρχον κτήριο και το κτήριο αναφοράς	88
Εικ. 4.23.Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την κατοικία. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.	89
Εικ. 4.24.Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για το υπάρχον κτήριο και το κτήριο αναφοράς .	89
Εικ. 5.1 Ενεργειακές καταναλώσεις για το σενάριο Νο1 - επέμβασης με αυτόνομο Φ/Β σύστημα. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.	92
Εικ. 5.2 Ετήσιες καταναλώσεις για το υπάρχον κτήριο και το σενάριο Νο1.	92
Εικ. 5.3 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανα τελική χρήση – σενάριο Νο1. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.	93
Εικ. 5.4 Ενεργειακές καταναλώσεις για το σενάριο Νο2 - Αντικατάσταση κουφωμάτων και μόνωση των οριζόντιων επιφανειών. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.....	93
Εικ. 5.5 Ετήσιες καταναλώσεις για το υπάρχον κτήριο και το σενάριο Νο2.	94
Εικ. 5.6 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανα τελική χρήση – σενάριο Νο2. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.	94
Εικ. 5.7 Ετήσιες καταναλώσεις για το υπάρχον κτήριο, το σενάριο Νο1 και Νο2.....	94
Εικ. 5.8 Ενεργειακές καταναλώσεις για το σενάριο Νο3 – συνδυασμός σεναρίων Νο1 και Νο2. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.	95
Εικ. 5.9 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανα τελική χρήση – σενάριο Νο3. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.	95
Εικ. 5.10 Ετήσιες καταναλώσεις για το υπάρχον κτίο, το σενάριο Νο1-Νο2 και Νο3.	96
Εικ. 5.11 Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων	96
Εικ. 5.12 Σύγκριση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας	97
Εικ. 5.13 Σύγκριση εκπομπών CO ₂	97
Εικ. 5.14 Οικονομοτεχνική ανάλυση ΤΕΕ- Κ.Ε.ν.Α.Κ.....	98
Εικ. 5.15 Σύγκριση σεναρίων σύμφωνα με το αρχικό κόστος επένδυσης. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Ε.ν.Α.Κ.	98
Εικ. 5.16 Σύγκριση σεναρίων σύμφωνα με την περίοδο αποπληρωμής. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Ε.ν.Α.Κ.	99

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πιν. 1.1. Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηριακού τομέα	10
Πιν. 2.1. Κλιματικά δεδομένα Πειραιά – ΕΜΥ 1981-2010. Πηγή αναφοράς: Meteoclub.gr[28]	30
Πιν. 3.1. Συντελεστές ισοδύναμων εκπομπών CO ₂	59
Πιν. 3.2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εναλλακτικών συστημάτων	63
Πιν. 4.1. Προφίλ Λειτουργίας Κτηρίου. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017	67
Πιν. 4.2. Απαιτήσεις Θερμοκρασίας Εσωτερικών Χώρων. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017.....	68
Πιν. 4.3. Απαιτήσεις Σχετικής Εργασίας Εσωτερικών Χώρων. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017	68
Πιν. 4.4. Απαιτήσεις Παροχής Νωπού Αέρα. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017	69
Πιν. 4.5. Προδιαγραφές Επιθυμητής Στάθμης Φωτισμού. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017.....	69
Πιν. 4.6. Εγκατεστημένη Ισχύ Φωτισμού ανάλογα τη Στάθμη Φωτισμο. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017	70
Πιν. 4.7. Κλιματολογικά Δεδομένα Περιοχής. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017	70
Πιν. 4.8. Συμβατικός τρόπος υπολογισμού του εμβαδού που καταλαμβάνει ο φέρων οργανισμός του κτηρίου ως ποσοστό επί της επιφάνειας της όψης του σε περίπτωση που δεν είναι εφικτή η αποτύπωσή του φέροντος οργανισμού. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017.....	71
Πιν. 4.9. Μέγιστος Επιτρεπόμενος Συντελεστής Θερμοπερατότητας για Ανέγερση Κτηρίου. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017	71
Πιν. 4.10. Υπολογισμός ισοδύναμων επιφανειών.....	72
Πιν. 4.11. Συντελεστές σκίασης για το Δημαρχείο Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης	77
Πιν. 4.12. Τυπικές Τιμές Διείσδυσης Αέρα λόγω Ύπαρξης Χαραμιάδων ανά Μονάδα Επιφανείας και Είδος Κουφώματος	81
Πιν. 4.13. Τιμές για τον παράγοντα διακοπτόμενης λειτουργίας fim (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)	83
Πιν. 4.14. Τιμές για τον παράγοντα υδραυλικής ισορροπίας fhydr (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1.2017)	83
Πιν. 4.15. Απόδοση ηem τερματικών μονάδων ψύξης	83

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

A_{col}	Επιφάνεια συλλεκτών /φ/β,	m^2
CAPEX	Κόστος επένδυσης,	€
CF_{pr}	Ετήσια κέρδη,	€
COP_{th}	Θεωρητικός συντελεστής συμπεριφοράς,	-
d_j	Πάχος	m
EER	Δείκτης ενεργειακής απόδοσης,	$KW KW^{-1}$
EG_i	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια	kWh
F_{fin}	Συντελεστής σκίασης από πλευρικό εμπόδιο,	-
F_{hor}	Συντελεστής σκίασης από εμπόδιο του περιβάλλοντος χώρου,	-
F_{ove}	Συντελεστής σκίασης από οριζόντιο πρόβολο ή εξωτερικό σκίαστρο,	-
F_s	Συνολικός σκιασμός δομικού στοιχείου,	-
f_{hydr}	Παράγοντας για την υδραυλική ισορροπία του δικτύου,	-
f_{im}	Παράγοντας διακοπτόμενης λειτουργίας,	-
I_{glob}	Μέση ολική ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου,	$W m^{-2}$
LCoE	Σταθμισμένο Κόστος Ενέργειας,	€ kWh^{-1}
OPEX	Λειτουργικό κόστος,	€
$OPEX_m$	Λειτουργικά κόστη για συντήρηση,	€
P_{el}	Παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς,	W
P_{bP}	Περίοδος αποπληρωμής	έτη
Q_{air}	Διείσδυση αέρα	$m^3 h^{-1}$
Q_{sav}	Εξοικονομούμενη ενέργεια,	kWh
\dot{Q}_{sol}	Παραγόμενη ηλιακή ισχύς,	W
$\dot{Q}_{tot,cool}$	Ψυκτική ισχύς,	W
$\dot{Q}_{tot,heat}$	Θερμική ισχύς ,	W
\dot{Q}_{out}	Εξαγόμενη ισχύς,	W
R_a	Αντίσταση θερμικής μετάβασης του υλικού από την εξωτερική πλευρά του υλικού	$m^2K W^{-1}$
R_i	Αντίσταση θερμικής μετάβασης του υλικού από την εσωτερική πλευρά του υλικού	$m^2K W^{-1}$
R_δ	Θερμική αντίσταση κλειστού διάκενου αέρα	$m^2K W^{-1}$
r	Επιτόκιο,	-
U	Συντελεστής θερμοπερατότητας	$W m^{-2}K^{-1}$
<u>Ελληνικά Σύμβολα</u>		
α	συντελεστής απορροφητικότητας επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία,	-
η	Βαθμός απόδοσης,	-
ΚΠΑ	Καθαρά Παρούσα Αξία,	€
λ_j	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας,	$W m^{-1}K^{-1}$
ρ	συντελεστής ανακλαστικότητας επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία,	-

Δείκτες

<i>cases</i>	Σενάρια
<i>conv</i>	Συμβατικό σύστημα
<i>em</i>	Εκπομπή τερματικών μονάδων ψύξης
<i>em,t</i>	Τερματικές μονάδες ψύξης
<i>net</i>	Ωφέλιμη
<i>tot</i>	Συνολικό

Ακρωνύμια

<i>HP</i>	Αντλία θερμότητας
<i>Κ.Εν.Α.Κ.</i>	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
<i>Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.</i>	Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ
<i>Φ/Β</i>	Φωτοβολταϊκά

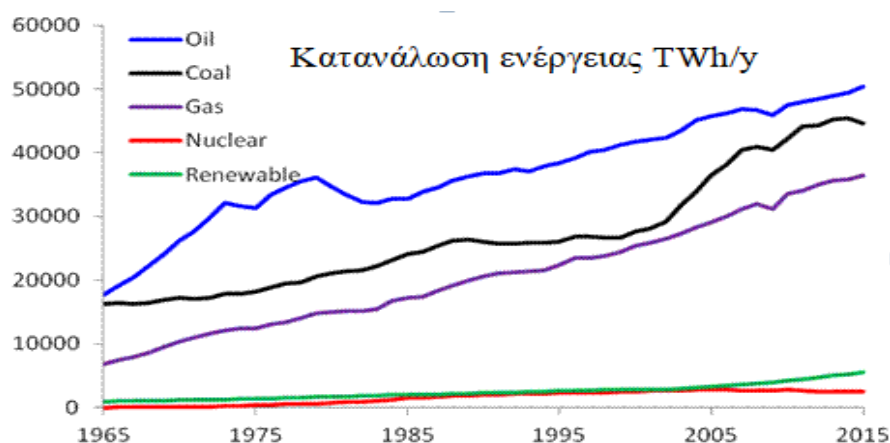
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το ενεργειακό πρόβλημα

Αναμφίβολα, η ενέργεια διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη ζωή των ανθρώπων αλλά και γενικότερα σε όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η παραγωγή ενέργειας αποτελούσε πάντοτε ένα θέμα ιδιαίτερης σημασίας, άμεσα συνδεδεμένο με καθοριστικούς για την ανθρωπότητα κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες.

Είναι γνωστό ότι μέχρι το 19ο αι. οι ενεργειακές απαιτήσεις του ανθρώπου καλύπτονταν μόνο από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή, η αιολική(ανεμόμυλοι) ή η υδραυλική(νερόμυλοι). Ωστόσο, με τη παρέλευση του χρόνου και την έλευση της βιομηχανικής επανάστασης (~1750), τα ορυκτά καύσιμα-φυσικοί πόροι της Γης όπως το πετρέλαιο, οι γαιάνθρακες και το φυσικό αέριο αποτέλεσαν τις κύριες μορφές ενέργειας για την ανθρώπινη κοινωνία και την οικονομία. Η συμβολή των παραπάνω πηγών ενέργειας αδιαμφισβήτητα ήταν καθοριστική όσον αφορά την εξέλιξη και την πρόοδο όλων των σύγχρονων κοινωνιών. Παρ'όλα αυτά, η αλόγιστη χρήση τους δημιούργησε στις μέρες μας το αποκαλούμενο «ενεργειακό ζήτημα», ένα πρόβλημα υψίστης σημασίας τόσο για το μέλλον της ανθρώπινης διαβίωσης όσο και του ίδιου του πλανήτη.

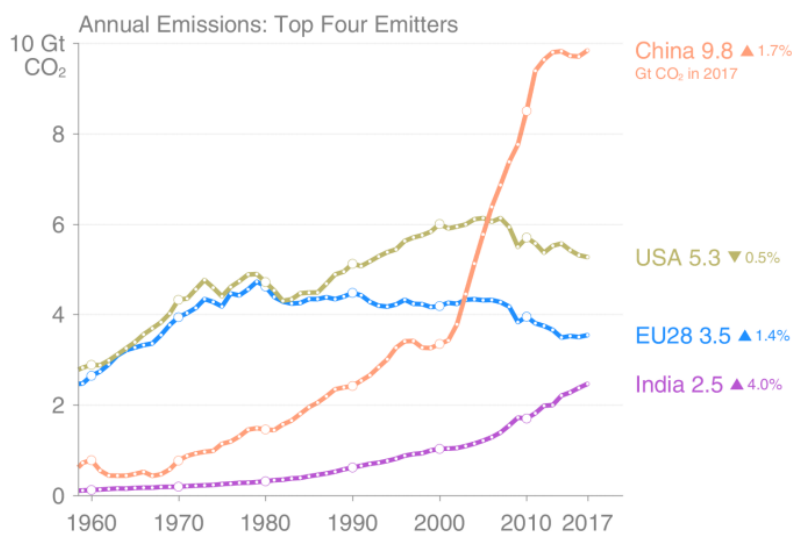
Ο πυρήνας του ενεργειακού προβλήματος βρίσκεται στην συσχέτιση των ενεργειακών αποθεμάτων που διαρκώς μειώνονται με τις απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας που διαρκώς αυξάνονται. Πλέον, οι ενεργειακές ανάγκες δεν καλύπτονται από πόρους που υπάρχουν ελεύθερα διαθέσιμοι στο φυσικό περιβάλλον κάθε χώρας, αλλά από πόρους που ανθούσαν σε μια μειοψηφία χωρών, ενώ οι υπόλοιπες καλούνται να κάνουν εισαγωγή. Εξαιτίας αυτής της κατάστασης οι έντονες διακυμάνσεις στις τιμές των ορυκτών καυσίμων είναι αναπόφευκτες και όπως είναι φυσικό επακόλουθο, οδηγούν στην οικονομική και πολιτική εξάρτηση όλων των κρατών από τις προμηθευτήριες χώρες.



Εικ. 1.1. Η κατανάλωση ενέργειας παγκοσμίως (δεδομένα του 2015. Κάθε 10000 TWh/y ισοδυναμούν κατά μέσο όρο με 1.142TW. [1]

Ταυτόχρονα, η χρήση των ορυκτών καυσίμων δημιουργεί πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα με δυσμενέστερες συνέπειες στα οικοσυστήματα, στην υγεία και γενικότερα στη διαβίωση του

ανθρώπου. Δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) απελευθερώνονται κάθε χρόνο στην ατμόσφαιρα κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων, καθώς και άλλων αερίων, όπως το μεθάνιο, το υποξείδιο του αζώτου και τα φθοριούχα αέρια αλλάζοντας τη σύσταση των αερίων που παρέμενε σταθερή για δεκάδες χιλιάδες χρόνια. Η ανατροπή αυτή της σύστασης έχει προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στο κλίμα του πλανήτη και η επίδραση αυτής θα γίνεται ολοένα και πιο δραστική με τις ακόλουθες συνέπειες ως προς το περιβάλλον και κατ' επέκταση της ίδιας μας της ζωής.



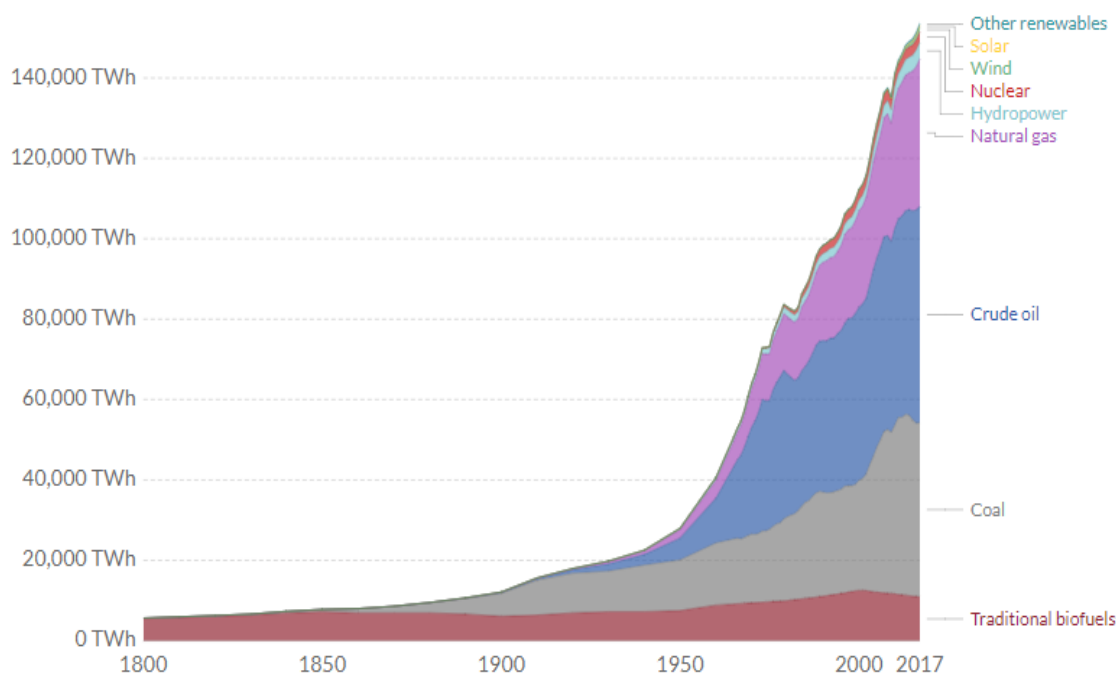
Εικ. 1.2. Ετήσιες εκπομπές CO₂ των τεσσάρων βασικών πομπών. Πηγή δεδομένων: CDIAC; Le Quéré et al 2018; Global Carbon Budget 2018[2]

Το CO₂ είναι το αέριο του θερμοκηπίου που παράγεται συχνότερα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και ευθύνεται για το 63% της υπερθέρμανσης του πλανήτη που οφείλεται σ' αυτές τις δραστηριότητες. Η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα είναι σήμερα κατά 40% υψηλότερη από ό,τι κατά την έναρξη της εκβιομηχάνισης. Άλλα αέρια του θερμοκηπίου εκλύονται σε μικρότερες ποσότητες αλλά παγιδεύουν τη θερμότητα πολύ περισσότερο από το CO₂, και σε μερικές περιπτώσεις είναι κατά πολύ ισχυρότερα. Το μεθάνιο ευθύνεται για το 19% της υπερθέρμανσης του πλανήτη από ανθρωπογενείς αιτίες και το υποξείδιο του αζώτου για το 6% [3]. Το διοξείδιο του άνθρακα ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από την καύση ορυκτών καυσίμων σε εφαρμογές που συνδέονται κατά κύριο λόγο με τα κτήρια, τις μεταφορές και τις βιομηχανικές δραστηριότητες ενώ το μεθάνιο προέρχεται από διάφορα οργανικά απόβλητα και την κτηνοτροφία. Ενδεικτικά να αναφερθεί ότι η Ευρώπη συμβάλει κατά 10% στο σύνολο των ετήσιων εκπομπών CO₂, η Κίνα κατά 27%, η Ινδία το 7% και οι Η.Π.Α κατά 15% [2].

Οι εκπομπές του CO₂, το οποίο είναι το κατεξοχήν υπεύθυνο αέριο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, προέρχονται κατά 94% από τον ευρύτερο ενεργειακό τομέα (πρωτογενή παραγωγή). Τα ορυκτά καύσιμα θεωρούνται ότι συμβάλλουν δραματικά στις εκπομπές, ενώ μόνο η κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου συμβάλει κατά 50% στις ετήσιες συνολικές εκπομπές του CO₂ στην Ευρωπαϊκή Ένωση [4]. Καθώς οι ενεργειακές ανάγκες πολλαπλασιάζονται, προκύπτουν διάφορα θέματα. Τα κύρια συνεισφέρουν αρνητικά στην εξάντληση των αποθεμάτων ορυκτού πλούτου, στις ολοένα και δυσμενέστερες επιπτώσεις που έχει η χρήση ορυκτών καυσίμων στο περιβάλλον και στις έντονες διακυμάνσεις των τιμών των

ορυκτών καυσίμων, καθώς και στην ανάγκη μείωσης της οικονομικής και πολιτικής εξάρτησης των χωρών καταναλωτών από τις προμηθεύτριες χώρες. Το σύγχρονο παγκόσμιο ενεργειακό ζήτημα έχει αναχθεί σε πηγή σημαντικών γεωπολιτικών προβλημάτων, χρόνιας οικονομικής αστάθειας, ανησυχητικής περιβαλλοντικής ρύπανσης και σοβαρών κοινωνικών ανισοτήτων.

Η προβλεπόμενη εξέλιξη της σημερινής ενεργειακής πολιτικής στα προσεχή έτη θα εντείνει την ανάγκη απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, γι' αυτό άλλωστε και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν την εναλλακτική λύση στο ενεργειακό και περιβαλλοντικό πρόβλημα. Πολλές χώρες επενδύουν πλέον στην ανάπτυξη, τη διάδοση και την εφαρμογή νέων τεχνολογιών που θα αξιοποιήσουν στο μέγιστο βαθμό τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



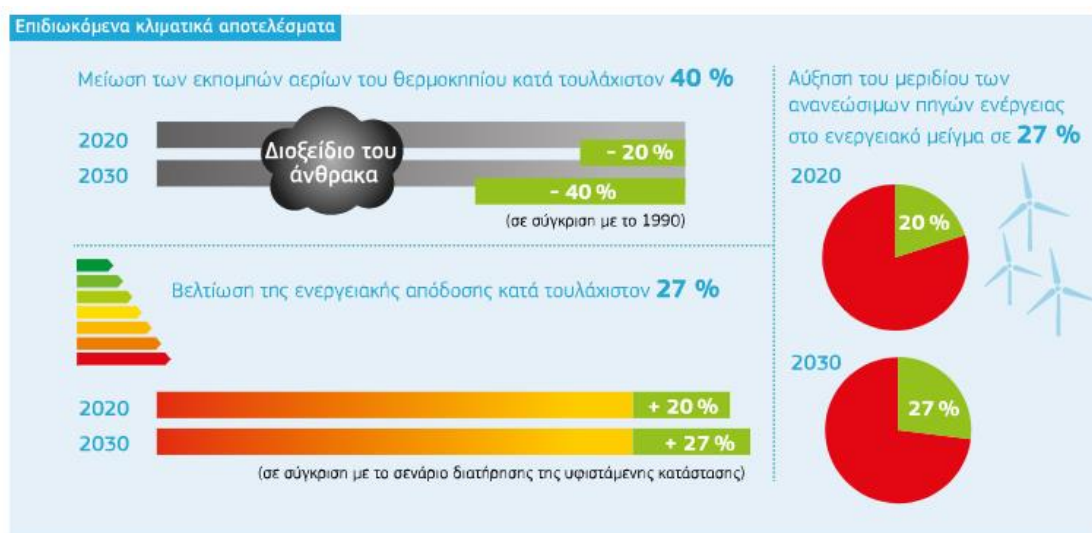
Εικ. 1.3. Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας παγκοσμίως, μετρημένη σε TWh ανα χρόνο. Με τον όρο άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας νοούνται όλες οι νέες ανανεώσιμες τεχνολογίες πέραν των γνωστών (ηλιακή, αιολική, υδροηλεκτρική κτλπ.). Πηγή αναφοράς: Vaclav Smil (2017), *Energy Transitions: Global and National Perspectives*. & BP Statistical Review of World Energy[5]

1.2 Η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια

1.2.1 Η ενεργειακή κατάσταση των κτηρίων στην Ευρώπη

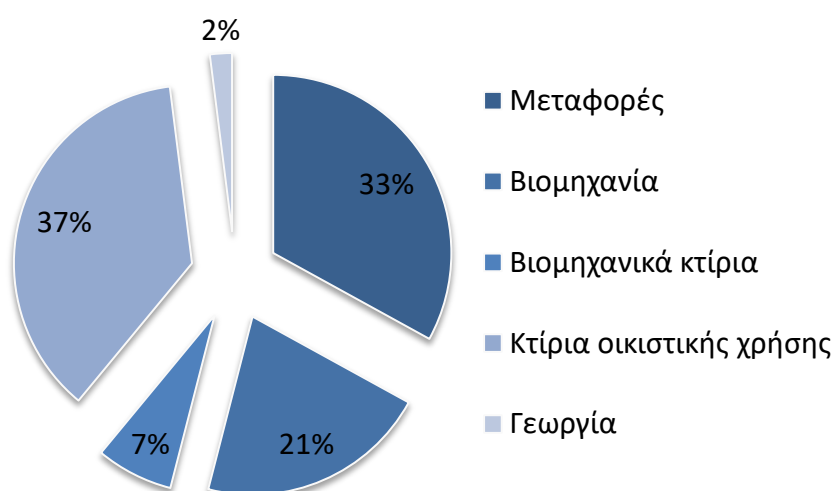
Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και ιδανικά η εξάλειψη της σπατάλης ενέργειας είναι σημαντικοί στόχοι σε παγκόσμιο επίπεδο. Για την ανάσχεση των επιπτώσεων κατά του πλανήτη κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή πολιτικών για την εξοικονόμηση και την ορθολογική χρήση της ενέργειας με ταυτόχρονη στόχευση του «πακέτου 20-20-20» βάσει του οποίου το 2020 η ΕΕ οφείλει να εξοικονομήσει 20% ενέργεια, να μειώσει 20% τους εκλυόμενους ρύπους σε σχέση με το 1990 και να διατηρήσει το επίπεδο διαβίωσης [6]. Επίκεντρο της ενεργειακής πολιτικής της ΕΕ είναι η υλοποίηση ώστε να καλύπτει το 20% της καταναλισκόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έως το 2020 [6]. Με άλλα λόγια, η ΕΕ έχει δεσμευτεί να έχει κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας που δεν θα υπερβαίνει τα 1.483 Mtoe και τελική κατανάλωση ενέργειας

που δεν θα υπερβαίνει τα 1.086 Μτοε το 2020. Για το 2030, επιδιώκεται μείωση κατά 40% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, αύξηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε 27% και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 27% [6]. Τέλος, ο στόχος για το 2050 είναι η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95%, συνεπώς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι πλήρως αποδεδουλευμένη από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα [6].



Εικ. 1.4. Επιδιωκόμενα κλιματικά αποτελέσματα για το 2020 και 2030. Πηγή αναφοράς: Ενεργειακή ένωση και κλιματική αλλαγή, ΕΕ 2017 [6]

Με σκοπό την επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων σημαντική κρίθηκε η εξέταση των βασικών καταναλωτών ενέργειας όπως είναι τα κτήρια, τα μέσα μεταφοράς και οι βιομηχανίες με σκοπό την μείωση των απαιτήσεων τους. Αν παρατηρήσει κανείς στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.), το σημαντικότερο κομμάτι της ενεργειακής κατανάλωσης (σχεδόν 40%) οφείλεται στον κτηριακό τομέα όπως επιβεβαιώνεται και παρακάτω [7].



Εικ. 1.5. Καταναλωτές ενέργειας στην Ε.Ε

Όπως προκύπτει από το παραπάνω γράφημα η μελέτη των ενεργειακών καταναλώσεων στα κτήρια κρίθηκε επιτακτική. Για να επιτευχθεί ο στόχος, δόθηκαν κατευθυντήριες γραμμές για κάθε κράτος μέλος της Ε.Ε. Κάθε χώρα εφάρμοσε μια μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής αποτελεσματικότητας των κτηρίων και τέθηκαν οι ελάχιστες απαιτήσεις ώστε να είναι ενεργειακά αποδεκτά. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων είναι ένας οικονομικά αποδοτικός τρόπος για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και τη βελτίωση της ενεργειακής ασφάλειας, δημιουργώντας παράλληλα θέσεις εργασίας κυρίως στον οικοδομικό τομέα και η Ευρώπη δεν πρέπει να υποτιμά το δυνητικό οικονομικό όφελος από τις επενδύσεις σε κτήρια με ιδιαίτερα υψηλή ενεργειακή απόδοση.

1.2.2 Αξιολόγηση των κτηριακών προτύπων στην Ευρώπη

Η ενεργειακή απόδοση στα κατασκευαστικά πρότυπα αναγνωρίζεται παγκοσμίως ως μια πρακτική και οικονομική μέθοδο που σκοπό έχει την μείωση κατανάλωσης ενέργειας στα οικιστικά και εμπορικά κτήρια. Όλες οι χώρες διεθνώς σχεδιάζουν και εφαρμόζουν πολιτικές και προγράμματα σε οικιστικά και εμπορικά κτήρια ώστε να μειώσουν τις απώλειες ενέργειας σε καινούργια αλλά και υφιστάμενα κτήρια.

Η αναθεωρημένη ευρωπαϊκή οδηγία (2018/844/ΕΕ) που δημοσιεύτηκε στις 19 Ιουνίου 2018 για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων αποτελεί γνώμονα για κάθε κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης και θα πρέπει να είναι ισοδύναμα σεβαστή. Τα βασικά στοιχεία αυτής της Ευρωπαϊκής οδηγίας είναι τα εξής [8]:

- Οι χώρες της ΕΕ θα πρέπει να θέσουν σε εφαρμογή ισχυρότερες και μακροπρόθεσμες στρατηγικές αναβάθμισης των κτηρίων, με στόχο την πλήρη αποδέσμευση αυτών από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.
- Οι έξυπνες τεχνολογίες θα πρέπει να προωθηθούν περαιτέρω, για παράδειγμα μέσω της χρήσης συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχου κτηρίων και σε συσκευές που ρυθμίζουν τη θερμοκρασία σε επίπεδο δωματίου.
- Οι χώρες της ΕΕ θα πρέπει να εκφράσουν τις εθνικές τους απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης με τρόπους που επιτρέπει η διεθνής αγορά.
- Όλα τα νέα κτήρια πρέπει να είναι κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020. Για τα δημόσια κτήρια θα ίσχυε η ημερομηνία 31 Δεκεμβρίου 2018.
- Τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης πρέπει να εκδίδονται όταν ένα κτήριο πωλείται ή ενοικιάζεται και πρέπει επίσης να περιλαμβάνονται σε όλες τα επίσημα έγγραφα για την πώληση ή την ενοικίαση κτηρίων.
- Οι χώρες της ΕΕ πρέπει να θεσπίσουν συστήματα επιθεώρησης για συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού ή να εφαρμόσουν μέτρα ισοδύναμου αποτελέσματος.
- Οι χώρες της ΕΕ πρέπει να καθορίσουν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τα νέα κτήρια, τα όρια τα οποία τίθενται ώστε να καθίσταται απαραίτητη η ανακαίνιση υφιστάμενων κτηρίων και η αντικατάσταση ή η ανακαίνιση στοιχείων κτηρίων (συστήματα θέρμανσης και ψύξης, στέγες, τοίχοι κλπ.),
- Οι χώρες της ΕΕ πρέπει να καταρτίσουν καταλόγους εθνικών χρηματοδοτικών μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.

1.2.3 Αναθεωρημένη Οδηγία για την Ευρωπαϊκή Απόδοση των κτηρίων, EPBD - Energy performance of buildings directive

Το βασικό νομοθετικό μέσο που θα οδηγήσει στα εν δυνάμει αποθέματα ενέργειας από τον οικοδομικό τομέα είναι η Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων (EPBD- Energy performance of buildings directive), συνοδευόμενη και από άλλες σχετικές διατάξεις όπως είναι η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση, οι οδηγίες για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η οδηγία για το οικολογικό σχεδιασμό.

Η Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων ρυθμίζει τόσο τα «παθητικά» μέτρα για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του κτηρίου, όσο και τα «ενεργητικά συστήματα», όπως είναι η θέρμανση, η ψύξη και ο φωτισμός. Σύμφωνα με τη οδηγία EPBD εισήχθησαν πιστοποιητικά, τα οποία ποσοτικοποιούν την ενεργειακή κατάσταση ενός κτηρίου, επιτρέποντας τη συγκριτική αξιολόγηση του. Θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθεί ότι τα πιστοποιητικά περιλαμβάνουν έναν κατάλογο με οικονομικά αποδοτικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

Μετά την πρώτη έκδοση, η επικαιροποιημένη οδηγία αναφέρεται σε βραχυπρόθεσμους στόχους εισάγοντας την φιλόδοξη έννοια των κτηρίων που καταναλώνουν σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, συμπεριλαμβάνοντας συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μετά το 2020, αυτό θα είναι υποχρεωτικό για όλες τις νέες κατασκευές ενώ για τις δημόσιες κατασκευές η οδηγία οφείλεται να εφαρμόζεται από 1/2019 [8].

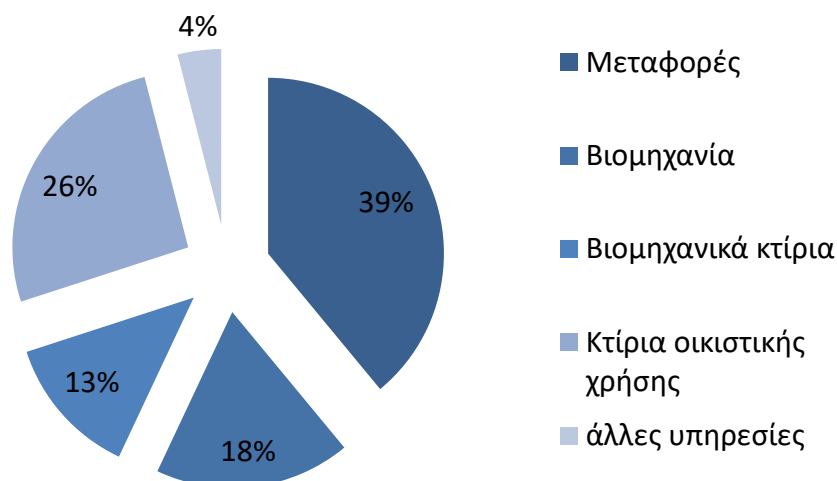
Βάσει της κοινοτικής Οδηγίας 2010/31/ΕΕ (άρθρο 2): "Κτήριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας" νοείται ένα κτήριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση του οποίου η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών, καλύπτεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, περιλαμβανομένης της ενέργειας που παράγεται επιτόπου ή πλησίον του κτηρίου. Τα κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB) θα πρέπει να διαθέτουν δομικά στοιχεία υψηλών ενεργειακών προδιαγραφών, Η/Μ εγκαταστάσεις ιδιαίτερα υψηλής ενεργειακής απόδοσης και ένα σημαντικό μερίδιο της κατανάλωσης τους ενέργειας θα καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε τοπικό επίπεδο.

Όσον αφορά την τελική ευθύνη της εφαρμογής του EPBD είναι συνήθως των εκάστοτε σχετικών υπουργίων ανα κράτος μέλος της Ε.Ε. , όπως είναι το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών. Η πραγματική επιβολή της οδηγίας EPBD ανατίθεται σε τοπικό επίπεδο μέσω κανονισμών και οδηγιών. Ανάλογα με το επιλεγμένο μοντέλο, οι τοπικές κυβερνήσεις θα μπορούσαν να προσλάβουν ελεγκτές του ιδιωτικού τομέα, οι οποίοι είναι επίσημα διαπιστευμένοι, για την τελική εκτέλεση.

Τέλος, η οδηγία EPBD αναφέρει συγκεκριμένα ότι η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων πρέπει να υπολογίζεται βάσει μεθοδολογίας, η οποία μπορεί να διαφοροποιηθεί σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Ωστόσο, η μεθοδολογία αυτή πρέπει να εξετάζει τα υφιστάμενα ευρωπαϊκά πρότυπα.

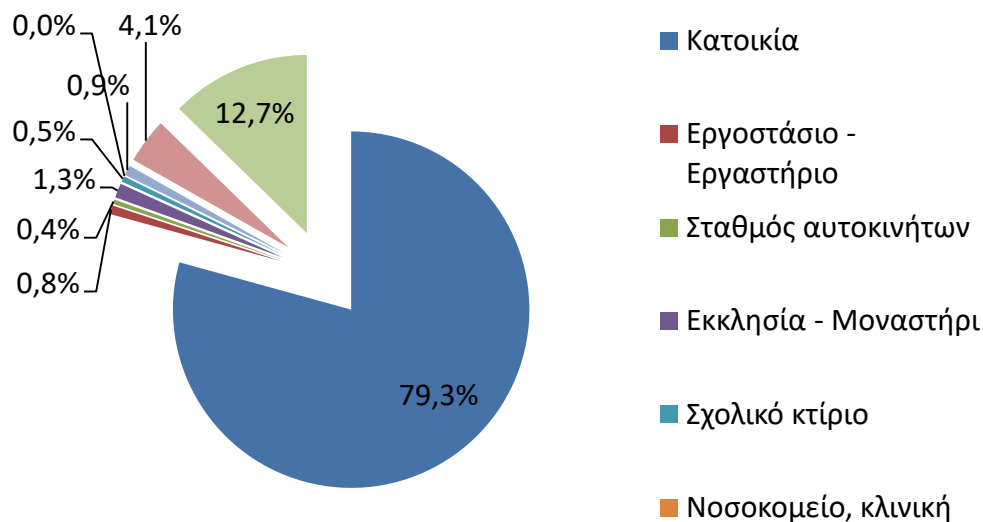
1.2.4 Ενεργειακή κατάσταση των κτηρίων στην Ελλάδα

Τα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα δεν φαίνεται να παρουσιάζουν αισθητές διαφορές σε σχέση με τα ευρωπαϊκά ποσοστά που παρουσιάστηκαν στη παραπάνω ενότητα. Ο κτηριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 26% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας, ποσοστό που καθιστά απαραίτητη την εφαρμογή μέτρων στη χώρα μας σε συμφωνία πάντα με τις προδιαγραφές που τίθενται από την ΕΕ [4].



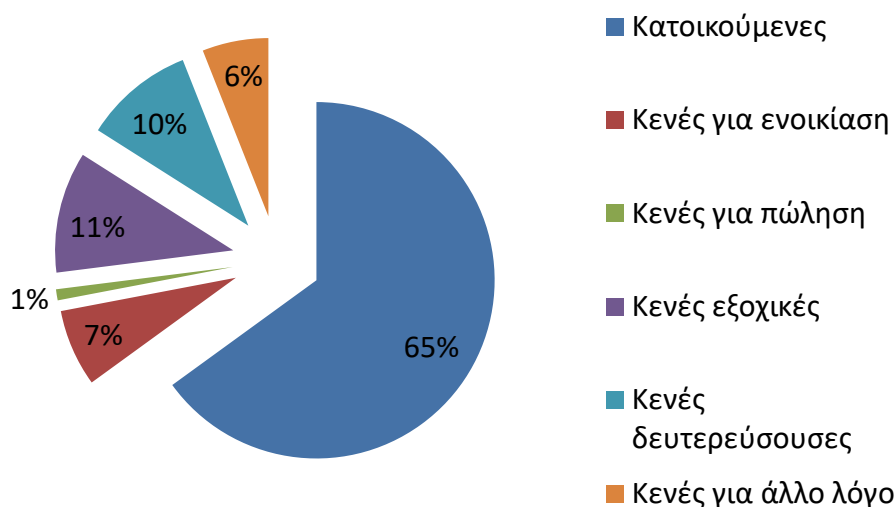
Εικ. 1.6. Ποσοστό κατανάλωσης τελικής ενέργειας στην Ελλάδα ανά τομέα. Πηγή αναφοράς: ΚΑΠΕ CRES Centre for Renewable Energy sources and saving, 2018[4]

Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, το ελληνικό κτηριακό απόθεμα (4.105.637 κτήρια) αποκλειστικής χρήσης και μικτής χρήσης κατά είδος κύριας χρήσης, αποτελείται κατά 79% από κατοικίες, ενώ τα μη οικιστικά κτήρια αντιπροσωπεύουν το 21% [9]. Αυτά στεγάζουν γραφεία και εμπορικά καταστήματα (5%), σχολεία (1%), νοσοκομεία, ξενοδοχεία (1%), εκκλησίες-μοναστήρια (1%), εργοστάσια-εργαστήρια (1%) ενώ οι άλλες χρήσεις των κτηρίων (12%) περιλαμβάνουν κυρίως εγκαταστάσεις που έχουν περιοδική χρήση και περιορισμένη συμβολή στη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Στην Εικ. 1.7 φαίνεται αναλυτικά η κατανομή των ελληνικών κτηρίων ανά χρήση.



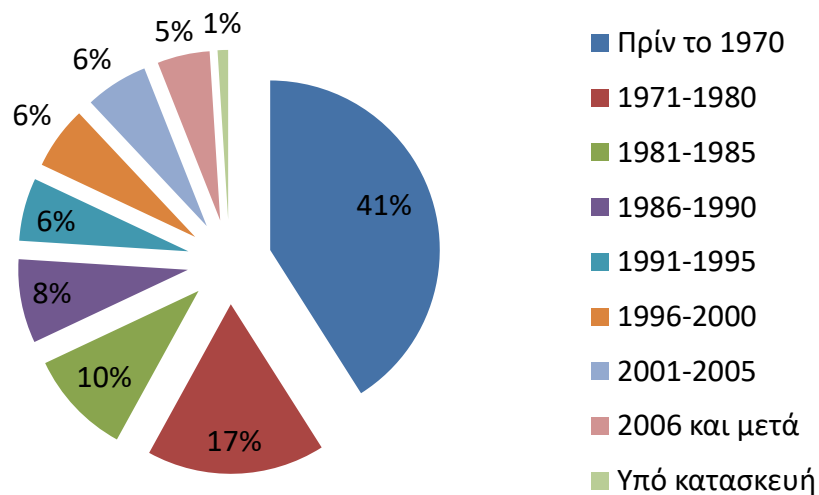
Εικ. 1.7. Κατανομή κτηρίων ανα χρήση το 2011. Πηγή αναφοράς: Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ)[9]

Ειδικά σε ότι αφορά τις κανονικές κατοικίες, η απογραφή του 2011 αποτυπώνει το πλήθος των κανονικών κατοικιών νοικοκυριών που είναι κατοικούμενα ή κενά, όπως παρουσιάζονται στο Εικ. 1.8. Ο αριθμός των κατοικούμενων νοικοκυριών, όπως έχει ήδη αναφερθεί, μετρήθηκε σε 4.105.637 [10].



Εικ. 1.8. Κατάσταση κατοικιών (νοικοκυριών) απογραφής 2011. Πηγή αναφοράς: Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) [10]

Σύμφωνα με τα παρακάτω στατιστικά στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ διαπιστώνεται ότι τα κτήρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, δηλαδή πριν τεθεί σε ισχύ ο κανονισμός θερμομόνωσης κτηρίων (ΚΘΚ), αντιστοιχούν περίπου στο 58% του συνολικού δυναμικού (41% είναι τα κτήρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1970 και 17% είναι το ποσοστό των κτηρίων που αναγέρθηκαν την επόμενη δεκαετία). Στην Εικ.1.9 φαίνεται η κατανομή του ελληνικού κτηριακού αποθέματος ανά χρονική περίοδο κατασκευής, σύμφωνα και πάλι με στοιχεία της απογραφής κτηρίων του 2011[9].



Εικ. 1.9. Κατανομή κτηρίων ανά χρονική περίοδο κατασκευής Πηγή αναφοράς: Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ)[9]

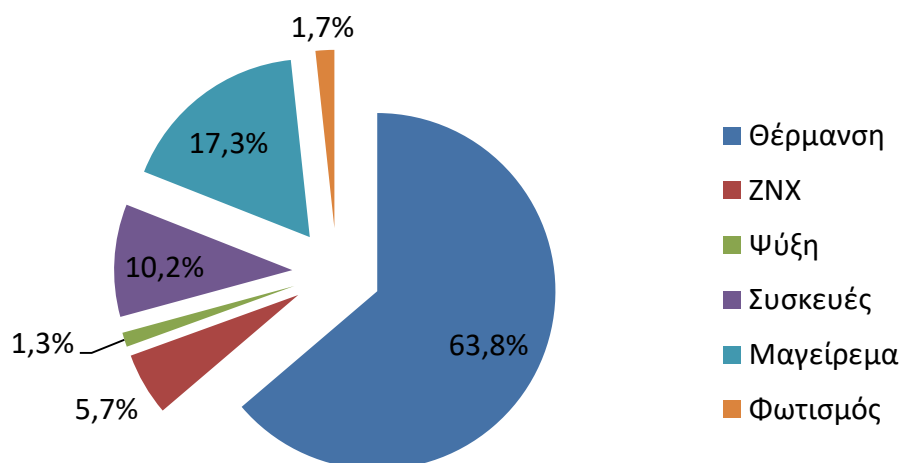
Παρατηρείται ότι οι ηλικίες των κτηρίων μπορεί να κατανεμηθούν σε 3 βασικές περιόδους, οι οποίες διαφοροποιούνται με βάση το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο, το οποίο αρχικά υιοθετήθηκε το 1980 με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτηρίων (ΚΘΚ) και στη συνέχεια το 2010 με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ) και ανάλογα με την ποιοτική κατάσταση και τις εφαρμοζόμενες τεχνολογίες του κελύφους και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων[10]. Κατά συνέπεια, οι ηλικιακές κλάσεις που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση είναι οι παρακάτω:

- πριν το 1980, όπου τα κτήρια είναι θερμικά απροστάτευτα εκτός ολίγων εξαιρέσεων που φέρουν μόνωση στην οροφή και οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις τους αν δεν έχουν ανακαινιστεί, είναι παλιάς τεχνολογίας με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν κακή ενεργειακή απόδοση,
- από το 1981 έως το 2000, όπου σταδιακά εφαρμόζονται συστήματα θερμομόνωσης και άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής τους απόδοσης,
- από το 2001 έως το 2010, όπου αναπτύσσονται και εφαρμόζονται νέες τεχνολογίες και προϊόντα .

Τα νεότερα κτήρια παρουσιάζουν μείωση της πραγματικής τελικής ειδικής κατανάλωσης θερμικής ενέργειας (kWh/m² a), ενώ η ηλεκτρική αυξάνεται κυρίως λόγω της αύξησης των αναγκών κλιματισμού. Σημειώνεται ότι η πραγματική τελική ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας στα ελληνικά κτήρια είναι υψηλότερη από το μέσο όρων των κτηρίων στην Ευρώπη, παρά τις ευνοϊκότερες κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας. Αυτό οφείλεται κυρίως στην κακή διαχείριση ενέργειας από τους χρήστες αλλά και στην κατασκευή κτηρίων χωρίς τις απαραίτητες τεχνικές προδιαγραφές [11].

Σύμφωνα με την έρευνα το 2011 της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ) κατά μέσο όρο, κάθε νοικοκυριό της χώρας καταναλώνει 13.994 kWh ετησίως για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών εκ των οποίων 10.244 kWh είναι θερμική ενέργεια και 3.750 kWh ηλεκτρική [12]. Με βάση τα εξαγόμενα της ίδιας έρευνας, στη Εικ.1.10 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή

συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τελική χρήση και νοικοκυριό όπου οι ανάγκες για θέρμανση αποτελούν το 64% της συνολικής κατανάλωσης.



Εικ. 1.10. Ποσοστιαία κατανομή συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τελική χρήση και νοικοκυριό. Πηγή αναφοράς: Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ)[9]

Είναι προφανές ότι η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια και ιδιαίτερα στον οικιακό τομέα αποτελεί σημαντικό ζήτημα τόσο για την Ελλάδα όσο και για την ΕΕ. Προκειμένου να συμμορφωθεί με τις οδηγίες της ΕΕ που περιγράφηκαν παραπάνω, η ελληνική κυβέρνηση συνέταξε τον κανονισμό για την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ.), ο οποίος περιγράφεται αναλυτικά στις επόμενες ενότητες.

1.2.5 Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο για την εξοικονόμηση ενέργειας

Το εθνικό νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηριακού τομέα, περιλαμβάνει νόμους, κανονισμούς, προεδρικά διατάγματα και υπουργικές αποφάσεις, εξελίσσεται με μια χρονική υστέρηση παράλληλα με εκείνο της ΕΕ-28 και από το 1975 έως σήμερα δίδεται στον Πίνακα 1.1 που ακολουθεί [13].

Πιν. 1.1. Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηριακού τομέα

ΕΤΟΣ	ΦΕΚ	ΝΟΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
2015	N4342/2015	ΦΕΚ Α' 143/9.11.2015	Ενεργειακή απόδοση, τροποποίηση και κατάργηση Οδηγιών
2013	N4342/2013	ΦΕΚ Α' 42/19.2.2013	Ενεργειακή απόδοση των κτηρίων
2008	N3661/2008	ΦΕΚ Α' 89/19.5.2008	Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις
2007	B-651	ΥΑ Α 7	Συντήρηση στις κλιματιστικές εγκαταστάσεις Δημ. κτηρίων κλπ για εξοικονόμηση ηλεκτρ.ενέργειας
2007	B-742	ΥΑ Δ5	Οικονομικά κίνητρα σε καταναλωτές για την μείωση της ζήτησης ισχύος τον Ιούλιο του 2007

2003	YA Δ6	B -266	Ενδειξη κατανάλωσης ενέργειας για τις οικιακές κλιματιστικές συσκευές
2003	YA Δ6	B - 267	Οικιακοί ηλεκτρικοί φούρνοι-Συμμόρφωση προς την οδηγία 2002/40/ΕΚ
2003	YA 219	B - 877	Συγκρότηση κύριας επιτροπής, και ειδικών επιτροπών αξιολόγησης, των υποβληθέντων επενδυτικών προτάσεων στο πλαίσιο του μέτρου 2.1
2001	YA Δ6/B/17682	B -1407	Απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τα στραγγαλιστικά πηνία που προορίζονται για λαμπτήρες φθορισμού σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 2000/55/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 18ης Σεπτεμβρίου 2000.
1999	YA Δ6	B-1792	Κατανάλωση ενέργειας οικιακών λαμπτήρων (ΟΔΕΟΚ 98/11)
1999	YA Δ6	B-1526	Κατευθύνσεις διεξαγωγής ενεργειακών επιθεωρήσεων
1998	N 2601	A-81	Ενισχύσεις Ιδ. Επενδύσεων Ανατοκισμός, φορολογία κλπ
1998	YA Δ6	B-591	Κατανάλωση ενέργειας οικιακών πλυντηρίων πιάτων (ΟΔΕΟΚ)
1998	ΠΔ 178	A-131	Προσαρμογή στην 96/57/ΕΚ (οικιακές ηλεκτρικές συσκευές)
1998	YA 322	B-480	Πρόγραμμα συμπληρωματικών μέτρων υπέρ των νέων αγροτών
1998	YA 333	B-384	Κίνητρα και ενισχύσεις για προσαρμογή γεωργικών διαρθρώσεων
1997	N 2508	A-124	Βιώσιμη Οικιστική Ανάπτυξη πόλεων και οικισμών κ.ά.
1997	YA Δ6	B-386	Ενδειξη κατανάλωσης ενέργειας για οικιακά πλυντήρια-ΕΟΚ
1996	YA Δ6	B-234	Ενδειξη κατανάλωσης ενέργειας για οικιακά πλυντήρια ρούχων
1996	YA Δ6	B-247	Ενδειξη κατανάλωσης ενέργειας οικιακών στεγνωτήριων ρούχων
1995	ΠΔ 456	A-269	Κωδικοποίηση διατάξεων περί Επενδυτικών κινήτρων
1994	YA 3391	B-875	Κριτήρια αξιολόγησης επιχειρηματικών σχεδίων - βαθμολόγηση
1994	ΠΔ 334	A-176	Προϊόντα Δομικών Κατασκευών
1994	Π.Δ. 180	A - 114	'Ενδειξη της καταναλώσεως ενέργειας και λοιπών πόρων των οικιακών συσκευών
1994	YA 439	B-922	Επενδυτικά έργα ξενοδοχειακών επιχ/σεων
1994	YA Δ6	B-943	Κατανάλωση ενέργειας για ηλεκτρικά ψυγεία-οδηγία ΕΟΚ
1993	ΠΔ 335	A-143	Προδιαγραφές καυστήρων - λεβήτων (ΕΟΚ)
1993	ΠΔ 92	A-38	Αρμοδιότητες που διατηρούνται από Υπ. Βιομηχανίας Ενέργειας & Τεχνολογίας
1993	YA 103	B-369	Σταθ. εστίας καύσης για θέρμανση κτηρίων-νερού
1991	YA 223	B-30	Αξιολόγηση κλπ επενδύσεων δευτερογενούς τομέα-N.1892/90.

1990	N 1892	A-101	Επενδύσεις ΒΛ.Ν.2601/98-ΔΙΟΙΚΗΣΗ-ΠΡΟΝΟΙΑ-ΦΟΡΟΙ ΚΛΠ
1989	ΥΑ 304	Δ-59	Κτηριοδομικός Κανονισμός
1987	ΑΠΟΦ 530	B-557	Τουριστικές εγκαταστάσεις Τεχνικές προδιαγραφές
1987	ΥΑ 8356	B-187	Μείωση εκπομπών καύσης Βαφείων - Φινιριστηρίων Υφανσίμων Αθήνας
1987	ΥΑ ΙΕ	B-233	Διαδικασίες - όροι ένταξης στα ΜΟΠ του Τομέα Μεταποίησης
1987	ΥΑ ΙΕ	B-269	Στοιχεία Αξιολόγησης Επενδύσεων Πρωτογενούς Τομέα Παραγωγής - Ν.1262/82
1987	ΥΑ ΙΕ	B-270	Αξιολόγηση Επενδύσεων Δευτερογενούς Τομέα Παραγωγής - Επιχոր. Ν.1262/82
1985	N 1512	A-4	Πολοδομικές σημαντικές ρυθμίσεις κλπ διατάξεις
1981	ΥΑ 127	B-320	Περί εφαρμογής ΠΥΣ 237/80 - Λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
1981	ΠΥΣ 213	A-286	Λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
1979	ΠΥΣ 96	A-150	Λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
1979	ΠΔ 04	Δ-362	Έγκριση κανονισμού για την θερμομόνωση κτηρίων
1977	N 602	A-169	ΔΣ. Διεθνούς προγράμματος ενεργείας
1977	N 602	A-169	ΔΣ. Διεθνούς προγράμματος ενεργείας
1975	ΠΥΣ 118	A-141	Μέτρα εξοικονομήσεως ενεργείας (1975)
1975	ΠΥΣ 166	A-220	Απαγόρευση χρήσης "μαζούτ" για κεντρική θέρμανση
1975	N N 40	A-90	Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

Με το Ν.3661/2008 “Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις” (ΦΕΚ Α’ 89) εναρμονίστηκε στην εθνική νομοθεσία η οδηγία 91/2002/ΕΚ “Για την ενεργειακή απόδοση κτηρίων”.

Ο νόμος προβλέπει:

- Τον καθορισμό της γενικής δομής του **Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων-Κ.Εν.Α.Κ.**,
- Την ικανοποίηση των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτήρια και τα υφιστάμενα κτήρια που υπόκεινται σε ριζική ανακαίνιση,
- Την υποβολή ενεργειακής μελέτης για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια,
- Την έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.), για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια, καθώς επίσης και κατά την μίσθωση ή πώληση υφιστάμενων κτηρίων,
- Την τακτική επιθεώρηση λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης
- Την τακτική επιθεώρηση εγκαταστάσεων ψύξης και κλιματισμού
- Τη δημιουργία ειδικής υπηρεσίας επιθεωρητών
- Την ύπαρξη επιθεωρητών.

Κατ’ εξουσιοδότηση του Ν. 3661/2008 εκδόθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) που εγκρίθηκε με την Δ6/Β/οικ.5825/30-03-2010 Κοινή Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και ΠΕΚΑ (ΦΕΚ Β’ 407)[14]. Για την υποστήριξη της εφαρμογής του

Κ.Εν.Α.Κ. εγκρίθηκαν με την οικ. 2618/2014 Απόφαση Υπουργού ΠΕΚΑ (ΦΕΚ 2945/Β/3.11.2014) οι παρακάτω Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ε.Ε.).

- ΤΟΤΕΕ 20701–1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»,
- ΤΟΤΕΕ 20701–2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων»,
- ΤΟΤΕΕ 20701–3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών»,
- ΤΟΤΕΕ 20701–4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού».
- ΤΟΤΕΕ 20701–5/2012 «Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε κτήρια».

Θα μπορούσε να αναφερθεί ότι το Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. έχει ως στόχο να καλύψει το κενό που προκύπτει από την έλλειψη έγκυρων ελληνικών τεχνικών προδιαγραφών στον τομέα των κατασκευών και της παραγωγής και αποτελεί την επιβεβαίωση του Τ.Ε.Ε. (Τεχνικό Τμήμα της Ελλάδας) να συμβάλει στη δημιουργία τεχνολογικής υποδομής στην Ελλάδα.

Στον Κ.Εν.Α.Κ. μεταξύ άλλων καθορίζονται οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων κτηρίων, καθώς και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης αυτών.

Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου προσδιορίζεται βάσει της υπολογιζόμενης ή της πραγματικής ετήσιας ενέργειας που καταναλώνεται για να καλυφθούν οι διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση και περιλαμβάνουν τις ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και ψύξης (ενέργεια που απαιτείται για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση) για να διατηρηθούν οι επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας του κτηρίου και οι οικιακές ανάγκες ζεστού νερού. Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου εκφράζεται κατά διαφανή τρόπο και περιλαμβάνει δείκτη ενεργειακής απόδοσης και αριθμητικό δείκτη για τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας, βάσει των παραγόντων πρωτογενούς ενέργειας ανά φορέα ενέργειας, που ενδέχεται να βασίζονται στους εθνικούς ή περιφερειακούς ετήσιους σταθμισμένους μέσους όρους ή σε ειδική τιμή για την επιτόπια παραγωγή [15]. Για τον υπολογισμό λαμβάνονται υπόψη τουλάχιστον τα ακόλουθα:

- Τα θερμικά χαρακτηριστικά του κτηρίου (συμπεριλαμβανομένων των εσωτερικών χωρισμάτων του),
- Η εγκατάσταση θέρμανσης και παροχής ζεστού νερού, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών των μονώσεων τους,
- Η εγκατάσταση κλιματισμού,
- Ο αερισμός (φυσικός ή μηχανικός), που μπορεί να περιλαμβάνει και την αεροστεγανότητα,
- Η εγκατάσταση φωτισμού, (κυρίως στον τομέα που δεν αφορά την κατοικία),
- Ο σχεδιασμός, η θέση και ο προσανατολισμός του κτηρίου, περιλαμβανομένων των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών,
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα και η ηλιακή προστασία,
- Οι κλιματικές συνθήκες εσωτερικού χώρου στις οποίες περιλαμβάνονται οι επιδιωκόμενες συνθήκες εσωτερικού κλίματος,
- Τα εσωτερικά φορτία.

Να σημειωθεί ότι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη κατά τους υπολογισμούς είναι οι εξής:

- Οι τοπικές συνθήκες έκθεσης στον ήλιο, ενεργητικά ηλιακά συστήματα και άλλα συστήματα θέρμανσης και ηλεκτρισμού βασιζόμενα σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές,
- Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται με συμπαραγωγή,
- Τα συστήματα τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου,
- Ο φυσικός φωτισμός.

Τα κτήρια για διευκόλυνση των υπολογισμών κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Μονοκατοικίες διαφόρων τύπων,
2. Συγκροτήματα διαμερισμάτων,
3. Γραφεία,
4. Εκπαιδευτικά κτήρια
5. Νοσοκομεία,
6. Ξενοδοχεία και εστιατόρια,
7. Αθλητικές εγκαταστάσεις,
8. Κτήρια υπηρεσιών χονδρικού και λιανικού εμπορίου,
9. Άλλα είδη κτηρίων που καταναλώνουν ενέργεια.

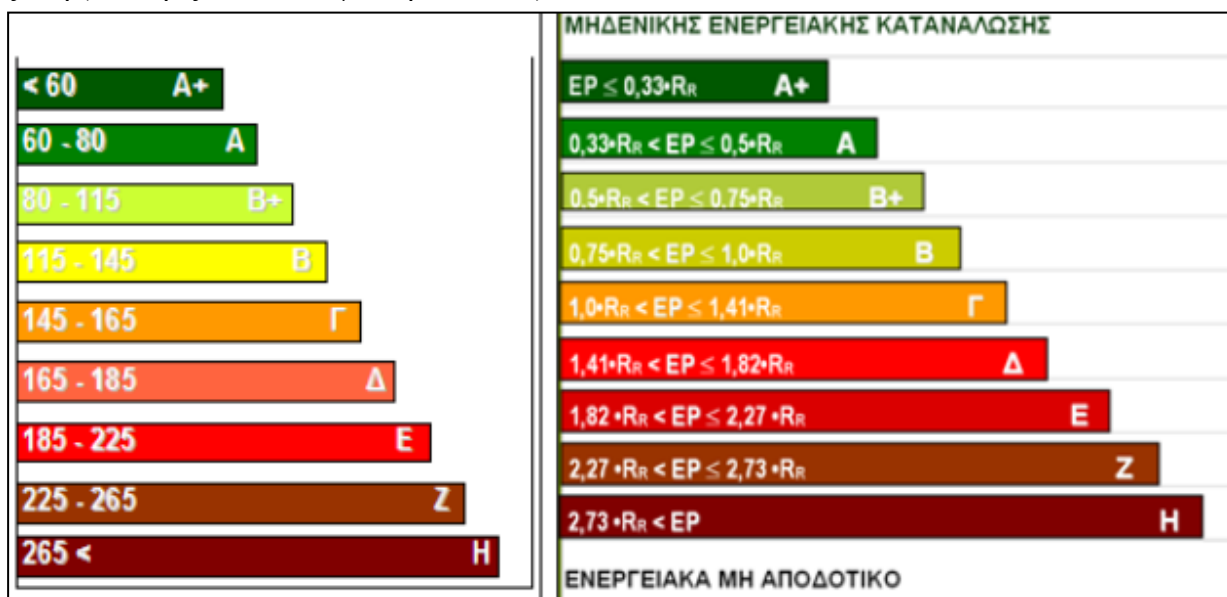
Η οδηγία 91/2002/ΕΚ τροποποιήθηκε από την οδηγία 2010/31/ΕΕ (αναδιατύπωση) και η εναρμόνισή της Ελλάδας έγινε με την έκδοση του νόμου 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) «Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις». Ο Κ.Εν.Α.Κ. σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 23, παράγραφο 2, του νόμου 4122/2013, εξακολουθεί να ισχύει μέχρι την έκδοση νέας απόφασης για αναθεώρηση του Κανονισμού [16]. Την 12η Ιουλίου 2017, δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 2367B/12.07.2017 η υπ' αρ. ΔΕΠΕΑ/οικ. 178581 Απόφαση των Υπουργών 2367B/12.07.2017 η υπ' αρ. ΔΕΠΕΑ/οικ. 178581 Απόφαση των Υπουργών Ενεργειακές πολιτικές και τεχνολογίες για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος στον κτηριακό τομέα Οικονομικών και Περιβάλλοντος & Ενέργειας με τίτλο "Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων" δηλ. ο αναθεωρημένος "Κ.Εν.Α.Κ. 2017", σε αντικατάσταση του Κανονισμού εκδόσεως 2010. Η αναθεώρηση αυτή, υποχρεωτική από τον νόμο 3661/2013, έγινε προς συμμόρφωση του εν λόγω Κανονισμού με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ. Ουσιαστικά, πρόκειται για μια εξέλιξη του προηγούμενου κανονισμού, με βελτιώσεις και εμπλουτισμό σε μεμονωμένα άρθρα και μικρή αύξηση των απαιτήσεων για τα νέα κτήρια.

1.2.6 Κτήριο αναφοράς

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί ένα κτήριο καταναλώνει ενέργεια για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, ζεστό νερό και φωτισμό. Για να καταταχθεί το εξεταζόμενο κτήριο ενεργειακά είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας τόσο ανά τελική χρήση (Θ.Ψ.Λ., ΖΝΧ, φωτισμό) όσο και αθροιστικά και εν συνεχεία γίνει σύγκριση με την αντίστοιχη κατανάλωση του κτηρίου αναφοράς.

Θα ήταν παράλειψη να μην σημειωθεί ότι ο καθορισμός των ελαχίστων απαιτήσεων σύμφωνα με τη νομοθεσία μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: είτε μέσω τιμών αναφοράς, είτε μέσω κτηρίου αναφοράς. Στις δύο αυτές περιπτώσεις διαμορφώνονται αντίστοιχα οι ενεργειακές κατηγορίες

Εικ.1.11 για κάθε χρήση κτηρίου (κατοικίες, γραφεία, ξενοδοχεία, κλπ.) και για κάθε κλιματική ζώνη (τέσσερις συνολικά για την Ελλάδα).



Εικ. 1.11. Σχηματική απεικόνιση ενεργειακών κατηγοριών για τιμές αναφοράς και κτήριο αναφοράς. Πηγή αναφοράς: TEE, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος 2011[17]

Ως κτήριο αναφοράς ορίζεται ένα κτήριο που είναι το ίδιο με το υπό μελέτη. Πιο συγκεκριμένα θεωρείται ότι έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπό εξέταση κτήριο. Ο λόγος χρήσης του κτηρίου αναφοράς είναι ότι αυτό πληρεί τις ελάχιστες προδιαγραφές που απαιτούνται και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά όσον αφορά τα εξωτερικά δομικά του στοιχεία, τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις για Θ.Ψ.Κ. των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ΖΝΧ και το φωτισμό. Το κτήριο αναφοράς καταλαμβάνει πάντα τη θέση Β στον πίνακα κατάταξης.

Η ενεργειακή κατάταξη ενός κτηρίου αποδίδει σε αυτό ένα ποιοτικό δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης (οι τάξεις του οποίου καθορίζονται στον Κ.Εν.Α.Κ.: A+, A, B+, B, Γ, Δ, E, Z, H), ο οποίος επιτρέπει στο χρήστη του κτηρίου να έχει μια γενική εικόνα τόσο για την ποιότητα της κατασκευής του (από πλευράς θερμομόνωσης και εφαρμογής ενεργειακών λύσεων) όσο και των ηλεκτρομηχανολογικών του εγκαταστάσεων. Το γεγονός αυτό δίνει επιπλέον στο χρήστη τη δυνατότητα να υπολογίσει το ύψος των εξόδων που απαιτούνται ώστε να εξασφαλίζονται στο κτήριο οι επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας του. Όλα τα νέα κτήρια πρέπει να έχουν ενεργειακή κατάταξη ίδια ή καλύτερη από την κατηγορία Β. Τα υφιστάμενα κτήρια που ανακαινίζονται ριζικά, σύμφωνα με τα όσα ορίζονται από τη νομοθεσία, έχουν υποχρέωση συμμόρφωσης ως προς την ενεργειακή κατηγορία Β στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό κάτι το οποίο τεκμηριώνεται επαρκώς στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης.

1.3 Ενεργειακή αναβάθμιση κτηρίων

Στις κεφάλαιο αυτό περιγράφονται ορισμένες από τις επεμβάσεις που μπορούν να εφαρμοστούν τόσο στο κτηριακό κέλυφος, όσο και στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις υφιστάμενων κτηρίων, προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή τους απόδοση και να μειωθεί η τελική κατανάλωση ενέργειας. Οι επεμβάσεις στο κτηριακό κέλυφος έχουν στόχο να μειώσουν τις

απαιτήσεις για ψύξη, θέρμανση κ.λπ., ενώ οι επεμβάσεις στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις αποσκοπούν στην εγκατάσταση ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού, ο οποίος πιθανόν να αξιοποιεί τις τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

1.3.1 Επεμβάσεις στο κέλυφος του κτηρίου

Πρόκειται για τις οικοδομικές επεμβάσεις στα δομικά στοιχεία του κτηρίου, με τις οποίες μειώνονται οι θερμικές απώλειες κατά τη χειμερινή περίοδο και αυξάνονται θερμικά κέρδη κατά τη θερινή περίοδο, δηλαδή περιορίζονται οι ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ εσωτερικών χώρων και εξωτερικού περιβάλλοντος. Στις επεμβάσεις αυτές γίνεται χρήση θερμομονωτικών υλικών (εκτός από την περίπτωση της αντικατάστασης κουφωμάτων). Θερμομονωτικά χαρακτηρίζονται τα υλικά, τα οποία συντελούν στη μείωση της ροής θερμότητας μέσω των δομικών στοιχείων της κτηριακής κατασκευής, με σκοπό να βελτιωθεί η θερμική συμπεριφορά της. Τα θερμομονωτικά υλικά εξασφαλίζουν την απαιτούμενη θερμική προστασία μέσω του αέρα που είναι εγκλωβισμένος στη μάζα τους, είτε μέσα σε κλειστές ή ανοικτές κυψελίδες είτε ανάμεσα σε πολλές μικρές και λεπτές ίνες, ο οποίος θεωρείται πρακτικά ακίνητος και ως εκ τούτου παρουσιάζει πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα.

Συνοπτικά, οι δυνατές επεμβάσεις μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες:

Επεμβάσεις στα κουφώματα, όπως:

- Σφράγιση των αρμών μεταξύ των τοίχων και κάσας των κουφωμάτων.
- Βελτίωση της αεροστεγανότητας των αρμών μεταξύ κινητών και ακίνητων φύλλων των κουφωμάτων
- Αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς
- Τοποθέτηση και δεύτερου κουφώματος
- Μετατροπή ορισμένων κουφωμάτων από κινητά σε ακίνητα
- Τοποθέτηση μηχανισμού επαναφοράς των θυρών

Επεμβάσεις στα αδιαφανή δομικά στοιχεία, όπως:

- Θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων (από την εσωτερική ή εξωτερική όψη)
- Θερμομόνωση των κιβωτίων των ρολών των παραθύρων
- Θερμομόνωση του δώματος και των εσοχών των ορόφων
- Θερμομόνωση της οροφής κάτω από τη στέγη
- Θερμομόνωση της οροφής των υπόστυλων χώρων ή της οροφής του υπογείου
- Θερμομόνωση δαπέδου επί του εδάφους

Επεμβάσεις βιοκλιματικού χαρακτήρα, όπως:

- Δημιουργία θαλάμου ανάσχεσης της ροής θερμότητας στην είσοδο του κτηρίου
- Ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων (άμεσο ηλιακό κέρδος, τοίχος θερμικής αποθήκευσης, προσάρτηση θερμοκηπίου κ.τ.λ.)
- Τοποθέτηση εσωτερικών ή εξωτερικών ηλιοπροστατευτικών διατάξεων
- Προσαρμογή συστημάτων φωτισμού
- Ανάπτυξη συστημάτων αερισμού

Η επιλογή της πλέον κατάλληλης επέμβασης καθορίζεται κάθε φορά από το ίδιο το κτήριο και την ενεργειακή του συμπεριφορά

Επεμβάσεις στα κουφώματα

Οι πόρτες και τα παράθυρα αποτελούν αποδεδειγμένα τα ασθενέστερα σημεία του κελύφους ως προς τις θερμικές του απώλειες. Οι απώλειες θερμότητας από ένα κούφωμα με απλούς υαλοπίνακες είναι περίπου τριπλάσιες από τις αντίστοιχες μιας μπατικής οπτοπλινθοδομής που δεν είναι μονωμένη και σχεδόν εξαπλάσιες ως οκταπλάσιες από αυτές μιας που είναι μονωμένη. Η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με δίδυμους (ή διπλούς, όπως έχει καθιερωθεί να αποκαλούνται στην καθημερινή γλώσσα) μπορεί να περιορίσει τις θερμικές απώλειες ενός κτηρίου σε σημαντικό ποσοστό, που σε ορισμένες περιπτώσεις (ανάλογα με τον προσανατολισμό, το ποσοστό επιφανείας των ανοιγμάτων κ.τ.λ.) μπορεί να φθάσει μέχρι 50% του συνόλου [18]. Ως εναλλακτική λύση στην τοποθέτηση διπλού ή δίδυμου υαλοπίνακα μπορεί να θεωρηθεί η τοποθέτηση δεύτερου κουφώματος. Το διπλό κούφωμα προσφέρει μεγαλύτερη θερμική προστασία από το μονό κούφωμα με διπλό ή δίδυμο υαλοπίνακα. Βασικό μειονέκτημα ωστόσο και στις δύο περιπτώσεις αποτελεί το υψηλό σχετικά κόστος. Οι επεμβάσεις στα κουφώματα είναι γενικά δαπανηρότερες από άλλες οικοδομικές επεμβάσεις στο κέλυφος.

Επεμβάσεις στην τοιχοποιία

Η τοιχοποιία καταλαμβάνει κατά κανόνα το μεγαλύτερο ποσοστό της εξωτερικής επιφάνειας ενός κτηρίου. Είναι φυσικό, επομένως, να παρατηρούνται μεγάλα ποσοστά απωλειών θερμότητας απ' αυτήν, όταν δεν είναι θερμομονωμένη. Η θερμομόνωση των τοίχων μιας υφιστάμενης κατασκευής μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:

- με τοποθέτηση θερμομονωτικής στρώσης εσωτερικά
- με τοποθέτηση θερμομονωτικής στρώσης εξωτερικά

Η δικέλυφη κατασκευή με θερμομόνωση στον πυρήνα, αν και είναι η πλέον συνήθης στη χώρα μας, προφανώς δεν είναι εύκολο να εφαρμοσθεί σε μια υφιστάμενη τοιχοποιία, επειδή προϋποθέτει την καθαίρεση και την εκ νέου κατασκευή της τοιχοποιίας [18].

Η **εξωτερική θερμική προστασία** προτιμάται σε κτήρια συνεχούς χρήσης (κατοικίες, νοσοκομεία κ.τ.λ.), στα οποία είναι επιθυμητή η σταθερή θερμοκρασία και ενδιαφέρει περισσότερο η διατήρηση της θερμότητας μετά τη διακοπή της θέρμανσης, παρά η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης.

Στα **πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμικής προστασίας** μεταξύ των άλλων μπορούν να συνυπολογισθούν η εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας της υφιστάμενης τοιχοποιίας και η διατήρηση της θερμοκρασίας του χώρου μετά τη διακοπή λειτουργίας των θερμαντικών σωμάτων, η μείωση στο ελάχιστο της πιθανότητας σχηματισμού θερμογεφυρών, η προστασία της τοιχοποιίας από τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας, η πιό εύκολη διάχυση των υδρατμών με μειωμένο το ενδεχόμενο σχηματισμού υγρασίας συμπύκνωσης, η περιορισμένη σχετικά αναστάτωση κατά την εκτέλεση των οικοδομικών εργασιών κ.τ.λ.

Στα **μειονεκτήματα** μπορούν να συμπεριληφθούν η αλλοίωση των εξωτερικών αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών του κτηρίου, η απαίτηση για προστασία της θερμομονωτικής στρώσης από τα καιρικά φαινόμενα, η απαίτηση για ιδιαίτερες κατασκευαστικές λύσεις στις θέσεις των κουφωμάτων, η εγκατάσταση κριωμάτων, η υποχρέωση αναστολής εκτέλεσης των

οικοδομικών εργασιών σε κακές καιρικές συνθήκες, η καθυστέρηση αρχικής θέρμανσης του χώρου, το μεγαλύτερο κόστος κατασκευής συγκριτικά με την εσωτερική θερμική προστασία.

Αντίθετα προς την εξωτερική, η **εσωτερική θερμική προστασία** προτιμάται σε κτήρια διακοπτόμενης χρήσης, στα οποία ζητείται η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης και δεν ενδιαφέρει η θερμοκρασιακή διακύμανση μετά τη διακοπή της λειτουργίας της εγκατάστασης θέρμανσης ή ψύξης (δημόσιες υπηρεσίες, σχολεία, αίθουσες εκδηλώσεων, θέατρα, κινηματογράφοι κ.τ.λ.). Επίσης η λύση αυτή είναι προτιμητέα σε κτήρια που απαιτούνται μικρής έκτασης επεμβάσεις, σύντομες και με μικρό κόστος.

Στα **πλεονεκτήματα της εσωτερικής θερμικής προστασίας** μεταξύ των άλλων μπορούν να συνυπολογισθούν η σύντομη θέρμανση του χώρου, το γεγονός ότι η επέμβαση δεν είναι εξωτερικά ορατή, το ότι δεν απαιτεί ιδιαίτερη προστασία των θερμομονωτικών υλικών, η δυνατότητα εκτέλεσης των οικοδομικών εργασιών υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες, το ότι δεν απαιτεί την εγκατάσταση ικριωμάτων, το μικρότερο κόστος κατασκευής από αυτό μιας επέμβασης με εξωτερική θερμική προστασία.

Στα **μειονεκτήματα** μπορούν να συμπεριληφθούν η αδυναμία εκμετάλλευσης της θερμοχωρητικότητας της υφιστάμενης τοιχοποιίας και η σύντομη ψύξη του χώρου μετά τη διακοπή λειτουργίας των θερμαντικών σωμάτων, ο σχηματισμός θερμογεφυρών κυρίως στα σημεία σύνδεσης των ενδιάμεσων τοίχων με την εξωτερική τοιχοποιία, καθώς και στα σημεία διακοπής της τοιχοποιίας από τα πατώματα των ορόφων, ο ευνοϊκότερος σχηματισμό συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών, η μείωση του ελεύθερου χώρου του κτηρίου, η επερχόμενη αναστάτωση κατά την εκτέλεση των οικοδομικών εργασιών, οι μετατροπές σε δίκτυα ύδρευσης, θέρμανσης και παροχής ηλεκτρισμού. Είναι πάντως σκόπιμο, είτε η μία είτε η άλλη λύση επιλεγεί, να ληφθεί υπόψη η συνεργασιμότητα των υλικών και να εξετασθεί το ενδεχόμενο δημιουργίας νέων προβλημάτων από την εφαρμογή της. Είναι συχνό το φαινόμενο να εμφανίζονται μετά την επέμβαση νέες βλάβες, που οφείλονται στην έλλειψη συνεργασίας μεταξύ παλαιών και νέων υλικών ή σε κατασκευαστικά λάθη (π.χ. λανθασμένη διαδοχή των στρώσεων).

Επεμβάσεις στο δώμα και στις εσοχές των ορόφων

Τα δώματα ως στοιχεία του εξωτερικού κελύφους δέχονται και αυτά έντονα τις επιδράσεις του περιβάλλοντος. Η προστασία τους παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του εσωκλίματος του κτηρίου, κυρίως στον υποκάτω από αυτά τελευταίο όροφο, τόσο κατά το χειμώνα για τον περιορισμό των απωλειών θερμότητας, όσο και κατά το καλοκαίρι για την αποφυγή υπερθέρμανσης λόγω κατακόρυφης πρόσπτωσης της ισχυρής ηλιακής ακτινοβολίας.

Η σωστή σειρά τοποθέτησης των στρώσεων αποτελεί προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία του και την καλή προστασία του. Η λανθασμένη σειρά των στρώσεων και η κακή απόληξή τους στα άκρα ή σε προεξέχουσες στο δώμα κατασκευές μπορεί να προκαλέσει σειρά φθορών και να επιφέρει μόνιμες βλάβες στην κατασκευή. Επειδή κατά κανόνα η αποξήλωση και επανακατασκευή των επικαλύψεων ενός υφισταμένου δώματος ανεβάζει κατά πολύ το κόστος, οι προσφορότερες λύσεις που μπορεί κανείς να προτείνει σε μια υφιστάμενη κατασκευή για τη θερμική και παράλληλα υγρασιακή της προστασία είναι συνήθως τρεις:

- Κατασκευή συμπαγούς αντεστραμμένου δώματος
- Κατασκευή αεριζόμενου δώματος υπό μορφή δικέλυφης κατασκευής

- Διαμόρφωση στέγης

Στην περίπτωση του αντεστραμμένου δώματος τα συνηθέστερα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται είναι πλάκες αφρώδους εξηλασμένης πολυστυρόλης και πολουρεθάνη υπό μορφή σκληρών πλακών ή εκτοξευόμενου αφρού.

Στο αεριζόμενο δώμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν όλα τα θερμομονωτικά υλικά, αρκεί να μη κινδυνεύουν να προσβληθούν από την υγρασία. Για τις εσοχές των ορόφων ισχύουν οι ίδιες εναλλακτικές δυνατότητες με αυτές της προστασίας του δώματος, δηλαδή η λύση του συμπαγούς ή αεριζόμενου κελύφους.

Και στις δύο εναλλακτικές λύσεις θα πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη το πάχος των νέων στρώσεων που θα υπερυψώσει την τελική στάθμη, προκειμένου να δοθούν οι κατάλληλες κλίσεις ρύσεων και να αποφευχθεί ο κίνδυνος διείσδυσης των νερών της βροχής στους εσωτερικούς χώρους από τα κουφώματα. Η υπερύψωση της τελικής στάθμης εξαναγκάζει σε αλλαγή του κουφώματος.

Επεμβάσεις στη στέγη

Σε μια υφιστάμενη κατασκευή οι δυνατότητες επέμβασης για τη βελτίωση της θερμικής προστασίας της στέγης εξαρτώνται από το είδος της:

Στη μονοκέλυφη κατασκευή οι δυνατές περιπτώσεις είναι κυρίως δύο:

- Τοποθέτηση θερμομονωτικής στρώσης στο κάτω μέρος του κεκλιμένου φλοιού.
- Διαμόρφωση θερμομονωμένης ψευδοροφής στο ύψος συνάντησης των κατακόρυφων με το κεκλιμένο επίπεδο μονοκέλυφης στέγης.

Στην κάθε περίπτωση η σειρά των στρώσεων και η τοποθέτησή τους αποτελούν και πάλι τις βασικές προϋποθέσεις για τη σωστή λειτουργία της στέγης και την αποφυγή λαθών που μπορεί να είναι ιδιαίτερα επιζήμια για την κατασκευή. Ως θερμομονωτικά υλικά προτιμώνται αυτά που δεν προσδίδουν ιδιαίτερα επιπλέον βάρος στη στέγη και είναι εύκολα στην τοποθέτηση τους (Υαλοβάμβακας, ορυκτοβάμβακας ή άλλα ανόργανα ινώδη σε πάπλωμα ή σκληρές πλάκες, υλικά από φυτικές ίνες, αφρώδης εξηλασμένη πολυστυρόλη ή διογκωμένη πολυστερίνη, πολουρεθάνη σε σκληρές πλάκες ξυλλόμαλλο τύπου σάντουιτς με ενδιάμεση στρώση διογκωμένης πολυστερίνης κ.τ.λ.).

Επεμβάσεις στα πατώματα και στα δάπεδα

Το δάπεδο αποτελεί επίσης μία σημαντική οδό διαφυγής της θερμότητας. Η έλλειψη θερμομονωτικής στρώσης σ' αυτό επιτρέπει την αύξηση των απωλειών θερμότητας και την πτώση της θερμοκρασίας του. Η θερμοκρασία του δαπέδου είναι καθοριστική για τη διαμόρφωση του αισθήματος της άνεσης σ' έναν εσωτερικό χώρο. Αν και ο κανονισμός θερμομόνωσης κτηρίων επιβάλλει τη θερμική προστασία ολόκληρου του κελύφους των κτηρίων, δεν είναι σπάνιο το φαινόμενο, ακόμη και σε σύγχρονα κτήρια, το δάπεδο να παραμένει απροστάτευτο για λόγους άγνοιας, αδιαφορίας ή οικονομίας.

Οι συνηθέστερες περιπτώσεις πατωμάτων που χρειάζονται θερμομόνωση είναι:

- Πατώματα επάνω από ανοικτές διαβάσεις και υπόστυλους χώρους
- Προεξοχές ορόφων
- Πατώματα επάνω από υπόγεια
- Πατώματα επάνω στο έδαφος

Σε μια υφιστάμενη κατασκευή στις 3 πρώτες περιπτώσεις η αντιμετώπιση του προβλήματος δεν είναι σχετικά δύσκολη υπόθεση, διότι η επέμβαση μπορεί να γίνει έξωτερικά χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα. Στις περιπτώσεις αυτές ως θερμομονωτική στρώση μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν όλα τα θερμομονωτικά υλικά, επειδή δεν κινδυνεύουν να προσβληθούν από την υγρασία. Απαραίτητη προϋπόθεση όμως κατά την εφαρμογή τους αποτελεί η καλή στερέωση και η συνεργασία τους με το υλικό επικάλυψης.

Αντίθετα, στη τελευταία περίπτωση η επέμβαση δεν είναι εύκολη υπόθεση, διότι μπορεί να γίνει μόνον εσωτερικά και αφού προηγουμένως διακοπεί η χρήση του και απελευθερωθεί ο χώρος από την εσωτερική του επίπλωση. Παράλληλα θα πρέπει να διασφαλισθεί και η προστασία έναντι της υγρασίας εδάφους, της ανερχόμενης μέσω των τριχοειδών αγγείων των υλικών. Εφόσον διασφαλισθεί η προστασία από την υγρασία εδάφους ως θερμομονωτική στρώση μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα σχεδόν τα θερμομονωτικά υλικά, αρκεί να μην παραμορφώνονται όταν δέχονται ισχυρά φορτία. Για το λόγο αυτό η επιλογή του υλικού εξαρτάται από τον τύπο του δαπέδου και τη χρήση του.

1.4 Συστήματα ηλιακής ψύξης/θέρμανσης

Εκτός από τον ηλεκτρισμό και της θερμότητα που παράγεται με έναν θερμοδυναμικό κύκλο, ένα σύστημα συμπαραγωγής μετατρέπεται σε τρι-παραγωγής όταν μπορεί να παράξει και ψύξη από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας. Η μέθοδος της τρι-παραγωγής εφαρμόζεται στον κτηριακό τομέα κυρίως σε νοσοκομεία, ξενοδοχεία, δημόσια κτήρια, κτήρια γραφείων, εμπορικά κέντρα και αεροδρόμια ή σε συστήματα τηλεθέρμανσης – τηλεψύξης. Γενικά χρησιμοποιείται σε κτήρια με ταυτόχρονες συνεχείς ανάγκες για ηλεκτρισμό, θέρμανση ή/και ψύξη που υπερβαίνουν τις 4500–5000 ώρες ετησίως.

Η ψύξη θεωρείται μία από τις κύριες κατηγορίες κατανάλωσης ενέργειας καθώς χρησιμοποιείται σε διάφορες εφαρμογές. Μια από τις βασικές, αποτελεί ο κλιματισμός εσωτερικών χώρων με σκοπό να δημιουργηθούν αλλά και να διατηρηθούν συνθήκες άνεσης με ισορροπημένα επίπεδα θερμοκρασιών και υγρασίας στους χώρους κατοικίας και εργασίας. Εξίσου γνωστή εφαρμογή αποτελεί η ψύξη τροφίμων και ποτών για την συντήρηση αυτών για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθεί ότι η ψύξη αξιοποιείται στη χημική βιομηχανία σε εφαρμογές όπως η αφύγρανση, η υγροποίηση και ο διαχωρισμός αερίων.

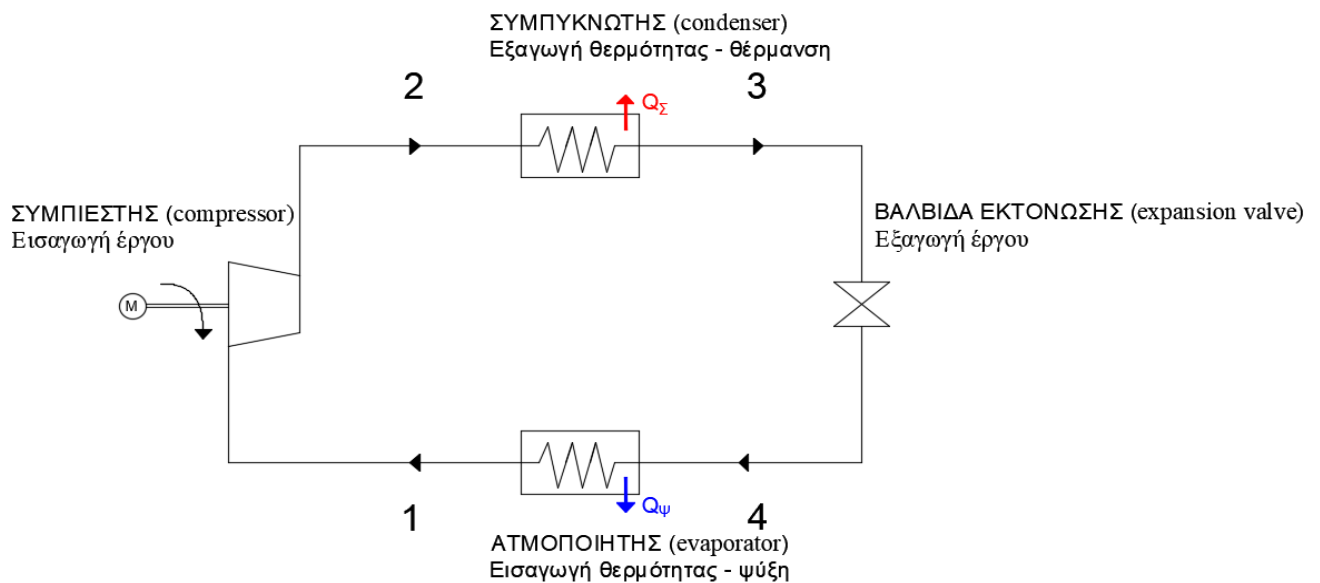
Με το όρο ψύξη αναφερόμαστε στη μεταφορά θερμότητας από ένα σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας σε ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας, για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του πρώτου κάτω από ένα επιθυμητό επίπεδο. Ο πιο διαδεδομένος και απλός τρόπος παραγωγής ψύξης βασίζεται στο φαινόμενο της αλλαγής φάσης ενός ρευστού και των θερμικών συναλλαγών που συνοδεύουν τη μεταβολή αυτή (εξάτμιση ή ατμοποίηση). Συγκεκριμένα, κατά την αλλαγή φάσης το πτητικό ρευστό απορροφά από το περιβάλλον του την απαιτούμενη θερμότητα ατμοποίησης, με αποτέλεσμα την ψύξη του περιβάλλοντος και την παραγωγή του επιθυμητού ψυκτικού αποτελέσματος[19]. Παρακάτω, παρατίθενται οι επικρατέστεροι ψυκτικοί κύκλοι, οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε πρακτικές εφαρμογές ψύξης.

1.4.1 Ψυκτικός κύκλος με μηχανική συμπίεση

Ο ψυκτικός κύκλος μηχανικής συμπίεσης ατμών (Vapor Compression Cycle-VCC) είναι ο πιο διαδεδομένος και ευρέως μελετημένος κύκλος ψύξης. Χρησιμοποιείται σε πρακτικές εφαρμογές καλύπτοντας απαιτήσεις μερικών δεκάδων W έως αρκετές μονάδες MW ανά μονάδα. Μια συμβατική διάταξη παραγωγής ψύξης με μηχανική συμπίεση απαρτίζεται τουλάχιστον από ένα συμπιεστή, του οποίου η κύρια λειτουργία είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος με σκοπό την αύξηση της πίεσης του ψυκτικού μέσου.

Στην Εικ. 1.12 παρουσιάζεται μια τυπική διάταξη του εν λόγω ψυκτικού κύκλου. Τα βασικά μέρη του κύκλου είναι:

- Ο συμπιεστής (compressor)
- Ο συμπυκνωτής (condenser)
- Η βαλβίδα εκτόνωσης (expansion valve)



Εικ. 1.12. Τυπική διάταξη κύκλου ψύξης μηχανικής συμπίεσης ατμών (Vapor Compression Cycle-VCC)

Στην παραπάνω ψυκτική διάταξη, το ψυκτικό μέσο εκτελώντας ένα πλήρη ιδανικό κύκλο υφίσταται τις εξής διεργασίες:

Μεταβολή 1-2 → Συμπίεση

Το ψυκτικό μέσο εξέρχεται από τον ατμοποιητή σε κατάσταση κορεσμένου ατμού χαμηλής πίεσης (σημείο 1) και εισέρχεται στον συμπιεστή, όπου συμπιέζεται με αποτέλεσμα να αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του. Κατά τη διαδικασία της συμπίεσης είναι απαραίτητη η πρόσδοση μηχανικής ισχύος \dot{W}_{th} . Μετά τη συμπίεση, ο ατμός εξέρχεται από το συμπιεστή ως υπέρθερμος ατμός με υψηλή πίεση και θερμοκρασία (σημείο 2).

Μεταβολή 2-3 → Συμπύκνωση

Μετά την έξοδο από το συμπιεστή (σημείο 2), ο ατμός εισάγεται στο συμπυκνωτή, ο οποίος είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας. Κατά τη διεργασία αυτή ο ατμός ξεκινά να αποβάλλει θερμότητα προς το μέσο του δευτερεύοντος κυκλώματος που συνήθως αποτελείται από νερό ή αέρα, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του αρχικά να μειώνεται, ενώ όταν γίνει ίση με τη θερμοκρασία

συμπύκνωσης για την πίεση που επικρατεί, αρχίζει η συμπύκνωσή του, μέχρι όλο το ψυκτικό μέσο να εξέλθει σε (κορεσμένη) υγρή κατάσταση (σημείο 3) -περίπτωση μηδενικής υπόψυξης. Το ψυκτικό υγρό εξέρχεται από το συμπυκνωτή σε κατάσταση υψηλής πίεσης και μειωμένης θερμοκρασίας. Κατά τη συμπύκνωση του αερίου ψυκτικού μέσου, αποβάλλεται θερμότητα προς το περιβάλλον \dot{Q}_Σ .

Μεταβολή 3-4 → Εκτόνωση

Το ψυκτικό μέσο αφού εξέλθει από τον συμπυκνωτή, θα πρέπει να μειωθεί η πίεση του μέχρι να γίνει ίση με την πίεση που επικρατεί μέσα στον ατμοποιητή. Για μπορέσει να επιτευχθεί αυτό, το εργαζόμενο μέσο περνάει από μία βαλβίδα εκτόνωσης ή στραγγαλισμού όπου μειώνεται η πίεση και η θερμοκρασία του και εξέρχεται σε δι-φασική κατάσταση. Κατά την διεργασία της εκτόνωσης του ψυκτικού μέσου δεν πραγματοποιείται καμία συναλλαγή ενέργειας από ή προς το περιβάλλον.

Μεταβολή 4-1 → Ατμοποίηση

Τέλος, μετά την διάταξη εκτονώσεως το ψυκτικό μέσο εισάγεται στον ατμοποιητή σε κατάσταση χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας (σημείο 4). Πρόκειται ξανά για έναν εναλλάκτη θερμότητας στον οποίο το ψυκτικό μέσο απορροφά θερμότητα από το δευτερεύον κύκλωμα του ατμοποιητή, ατμοποιείται και εξέρχεται από αυτόν σε κατάσταση ψυχρού κορεσμένου ατμού χαμηλής πίεσης (σημείο 1). Ουσιαστικά, το ψυκτικό φαινόμενο λαμβάνει χώρα στον ατμοποιητή, όταν δηλαδή απομακρύνεται η θερμότητα από το χώρο μέσω του ψυκτικού. Πιο συγκεκριμένα η θερμότητα που απορροφάται από το ψυκτικό μέσο στον ατμοποιητή είναι η θερμότητα ατμοποίησης \dot{Q}_ψ . Η θερμότητα αυτή είναι η ωφέλιμη θερμότητα ψύξης. Θεωρητικά η θέρμανση του ψυκτικού μέσου 4→1 είναι ισοβαρής μεταβολή. Στον ατμοποιητή γίνεται απορρόφηση θερμικής ισχύος (ωφέλιμη ψυκτική ισχύς) από το χώρο του σε αντίθεση με τον συμπυκνωτή στον οποίο αποβάλλεται θερμική ισχύς.

Συντελεστής συμπεριφοράς ψυκτικού κύκλου μηχανικής συμπίεσης – COP (Coefficient of Performance)

Κατά την διεργασία εντός του ατμοποιητή γίνεται απορρόφηση θερμικής ισχύος \dot{Q}_ψ (ωφέλιμη ψυκτική ισχύς) από το χώρο που τον περιβάλλει κι έτσι αυτός ψύχεται. Αντιθέτως, στην περίπτωση αερόψυκτου ή υδρόψυκτου συμπυκνωτή, αποβάλλεται θερμική ισχύς \dot{Q}_Σ στο χώρο γύρω από αυτόν στον αέρα. Παρατηρείται λοιπόν, ότι η ψυκτική διάταξη έχει την δυνατότητα να παράγει και ψύξη και θέρμανση σε ένα χώρο αξιοποιώντας τη θερμότητα συμπύκνωσης. Θα μπορούσε να αναφερθεί ότι η ψυκτική διάταξη αποτελεί μια αντλία θερμότητας η οποία αφαιρεί θερμότητα από τον χώρο του ατμοποιητή, και την αποβάλλει στο περιβάλλον του συμπυκνωτή.

Ο ατμοποιητής απορροφά θερμική ισχύ \dot{Q}_ψ , ο συμπυκνωτής αποδίδει θερμική ισχύ στο περιβάλλον \dot{Q}_Σ ενώ ο συμπιεστής καταναλώνει μηχανική ισχύ \dot{W}_{th} για να λειτουργήσει. Ο ενεργειακός ισολογισμός σε έναν τέτοιο κύκλο ψύξης θεωρώντας τις απώλειες αμελητέες είναι:

$$\dot{Q}_\Sigma = \dot{Q}_\psi + \dot{W}_{th} \quad (1.1)$$

Κατά τη διάρκεια αυτών των μεταβολών ισχύος, η μόνη κατανάλωση είναι η μηχανική ισχύς που δαπανάται στο συμπιεστή \dot{W}_{th} , ενώ η ωφέλιμη είναι η ψυκτική ισχύς που απορροφάται στον ατμοποιητή \dot{Q}_ψ . Έτσι, ορίζεται ο θεωρητικός συντελεστής συμπεριφοράς COP_{th} (Coefficient of Performance) μια ψυκτικής διάταξης μηχανικής συμπίεσης, ο οποίος εκφράζει τη θεωρητική αποτελεσματικότητα της ψυκτικής διάταξης. Ο θεωρητικός συντελεστής συμπεριφοράς COP_{th} ισούται με τον λόγο της ωφέλιμης προς τη δαπανούμενη ισχύ ανά κύκλο:

$$COP_{th} = \frac{\dot{Q}_\psi}{\dot{W}_{th}} \quad (1.2)$$

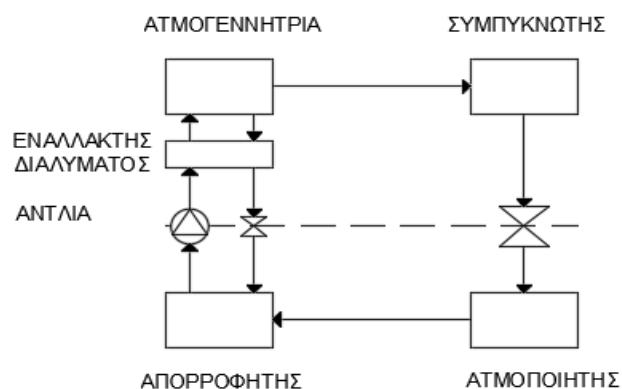
Στην πραγματικότητα ο συντελεστής συμπεριφοράς COP λαμβάνει μικρότερες τιμές σε σχέση με το θεωρητικό συντελεστή εφόσον λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες θερμότητας και ισχύος στο σύστημα.

1.4.2 Ψυκτικός κύκλος με απορρόφηση

Ο ψυκτικός κύκλος απορρόφησης (absorption refrigeration cycle) λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο σε σχέση με την τεχνολογία της συμπίεσης ατμών. Το εργαζόμενο ψυκτικό μέσο και στις δυο περιπτώσεις συμπυκνώνεται σε υψηλή πίεση, αποτονώνεται μέσω μιας βαλβίδας και οδηγείται στον ατμοποιητή για να εξατμιστεί. Η κύρια διαφορά με την ψύξη με μηχανική συμπίεση ατμών έγκειται στον τρόπο με τον οποίο ο ατμός αποκτά ξανά υψηλή πίεση μετά την εξάτμισή του. Στην εν λόγω διεργασία ο συμπιεστής αντικαθίσταται από ένα κύκλωμα απορρόφησης το οποίο αντί για μηχανικό έργο δέχεται κατά κύριο λόγο ως είσοδο θερμική ισχύ. Αύτη η τεχνολογία είναι ιδιαίτερος ελκυστική σε περιπτώσεις που υπάρχει αφθονία σε πηγές θερμότητας, όπως για παράδειγμα μέσω ηλιακών συλλεκτών ή απορριπτόμενης θερμότητας από ένα σύστημα ηλεκτροπαραγωγής ή συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας. Επίσης σημαντική εφαρμογή μπορεί να έχει ένα τέτοιο σύστημα σε περιοχές που είναι δύσκολη ή υψηλού κόστους η πρόσβαση σε ηλεκτρικό ρεύμα [20]. Ένα τυπικό κύκλωμα ψύξης αποτελείται από:

- έναν ατμοποιητή
- έναν συμπυκνωτή
- έναν απορροφητή
- μια γεννήτρια και
- μια αντλία διαλύματος

Η συμπίεση του ατμού του ψυκτικού μέσου επιτυγχάνεται με το συνδυασμό του απορροφητή, της αντλίας διαλύματος και της ατμογεννήτριας. Παρακάτω, στην Εικ. 1.13 παρουσιάζεται μια τυπική διάταξη διεργασίας ψύξης με απορρόφηση.



Εικ. 1.13. Τυπική διάταξη κύκλου ψύξης με απορρόφηση

Στο παραπάνω σύστημα, το εργαζόμενο ψυκτικό μέσο μετά τον ατμοποιητή μεταφέρεται στον απορροφητή και αναμιγνύεται με ένα διάλυμα πλούσιο σε απορροφητικό μέσο. Μετά την ανάμιξη, το διάλυμα που προκύπτει στον απορροφητή (το οποίο είναι φτωχό σε απορροφητικό μέσο πλέον) οδηγείται σε μια αντλία κυκλοφορίας ώστε να μεταφερθεί στην υψηλή πίεση και να

κατευθυνθεί προς την ατμογεννήτρια . Η γεννήτρια αυτή είναι ουσιαστικά η μηχανή στην οποία προσδίδεται θερμότητα για να λειτουργήσει ο κύκλος, αφού η αντλία λειτουργεί ως κυκλοφορητής. Στην γεννήτρια το φτωχό διάλυμα διαχωρίζεται, έτσι ώστε να κατευθυνθεί προς τον συμπυκνωτή μόνο ο κορεσμένος ατμός ψυκτικού μέσου ενώ το πλούσιο διάλυμα που μένει θα οδηγηθεί πάλι προς τον απορροφητή για να επανεκκινήσει ο κύκλος. Το πλούσιο διάλυμα πρέπει να περάσει από μια στραγγαλιστική βαλβίδα για να αποκτήσει την ίδια πίεση με τον απορροφητή. Συχνά χρησιμοποιείται και ένας εναλλάκτης διαλύματος (Solution Heat Exchanger) ώστε να προθερμάνει το φτωχό διάλυμα, ελαττώνοντας έτσι την απαραίτητη θερμική ισχύ που πρέπει να προσδοθεί στη γεννήτρια [21]. Η διακεκομμένη γραμμή στην Εικ. 1.13 έχει βοηθητικό χαρακτήρα ώστε να καταστήσει διακριτά τα δύο επίπεδα πίεσης στον κύκλο απορρόφησης.

Ο ενεργειακός ισολογισμός στον κύκλο ψύξης απορρόφησης είναι ο ακόλουθος:

$$\dot{Q}_\psi + \dot{Q}_G = \dot{Q}_\Sigma + \dot{Q}_A \quad (1.3)$$

Όπου:

- \dot{Q}_ψ είναι η απορρόφηση θερμότητας στον ατμοποιητή από τον κλιματιζόμενο χώρο και παραγωγή ψύξης
- \dot{Q}_G είναι η παροχή θερμότητας στη γεννήτρια
- \dot{Q}_Σ είναι η αποβολή θερμότητας στο συμπυκνωτή
- \dot{Q}_A είναι η αποβολή θερμότητας από τον απορροφητή

Ενώ ο συντελεστής συμπεριφοράς αυτού του κύκλου, είναι ίσος με:

$$COP_{th} = \frac{\dot{Q}_\psi}{\dot{Q}_G} \quad (1.4)$$

Η μεγιστοποίηση της απόδοσης ενός ψυκτικού κύκλου με απορρόφηση επιτυγχάνεται όταν οι δύο ουσίες (ψυκτικό και απορροφητικό μέσο) που συγκροτούν το σύστημα έχουν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά [21]. Το ψυκτικό θα πρέπει να είναι περισσότερο πτητικό από τον απορροφητή έτσι ώστε να διαχωρίζεται εύκολα από το απορροφητικό μέσο[21]. Επιπλέον, το απορροφητικό μέσο δεν θα πρέπει να συσχετίζεται με το ψυκτικό το οποίο απαιτείται να έχει μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα [21]. Τέλος, βασικό χαρακτηριστικό των δύο ουσιών αποτελεί ο μικρός βαθμός διάβρωσης και ο μηδενικός βαθμός τοξικότητα για λόγους ασφαλείας [21].

Τα συνηθέστερα ζεύγη ψυκτικών – απορροφητικών μέσων για κύκλους απορρόφησης είναι:

- Το διάλυμα νερού - βρωμιούχου λιθίου (LiBr)
- Το διάλυμα νερού - αμμωνίας (NH₃)

Στο πρώτο συνδυασμό οι μηχανές λειτουργούν κατά κύριο λόγο σε μερικό κενό. Η πηγή θερμότητας πρέπει να είναι σε ελάχιστη θερμοκρασία των 70°C-90°C για συστήματα μίας βαθμίδας. Το συγκεκριμένο ζεύγος εργασίας ενδείκνυται για εφαρμογές ψύξης όπου απαιτούνται θερμοκρασίες άνω των 0°C[21].

Ο δεύτερος συνδυασμός χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για κατάψυξη σε χαμηλές θερμοκρασίες εξάτμισης, μικρότερες των 0°C. Η εφαρμογή αυτού του ζεύγους συναντάται κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης [21].

Οι ψυκτικοί κύκλοι με απορρόφηση παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα έναντι των συμβατικών ψυκτικών συστημάτων που βασίζονται σε κύκλο συμπίεσης. Το κύριο πλεονέκτημα τους είναι η χαμηλή κατανάλωση σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ

παράλληλα έχουν ελάχιστα κινούμενα τμήματα. Επιπλέον, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, είναι αξιόπιστα και έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης. Δεν εκπέμπουν ρυπογόνες ουσίες κατά τη λειτουργία τους και συνεπώς δεν προκαλούν ρύπανση στο περιβάλλον ενώ παράλληλα έχουν χαμηλά επίπεδα θορύβου και κραδασμών.

Ωστόσο, οι ψυκτικοί κύκλοι με απορρόφηση αποτελούνται από ογκώδεις μονάδες οι οποίες έχουν αρκετά υψηλό κόστος εγκατάστασης και απαιτούν την κατανάλωση νερού σε πύργους ψύξης. Επίσης, ο συντελεστής συμπεριφοράς σε σχέση με τους συμβατικούς κύκλους ψύξης είναι μικρότερος [21].

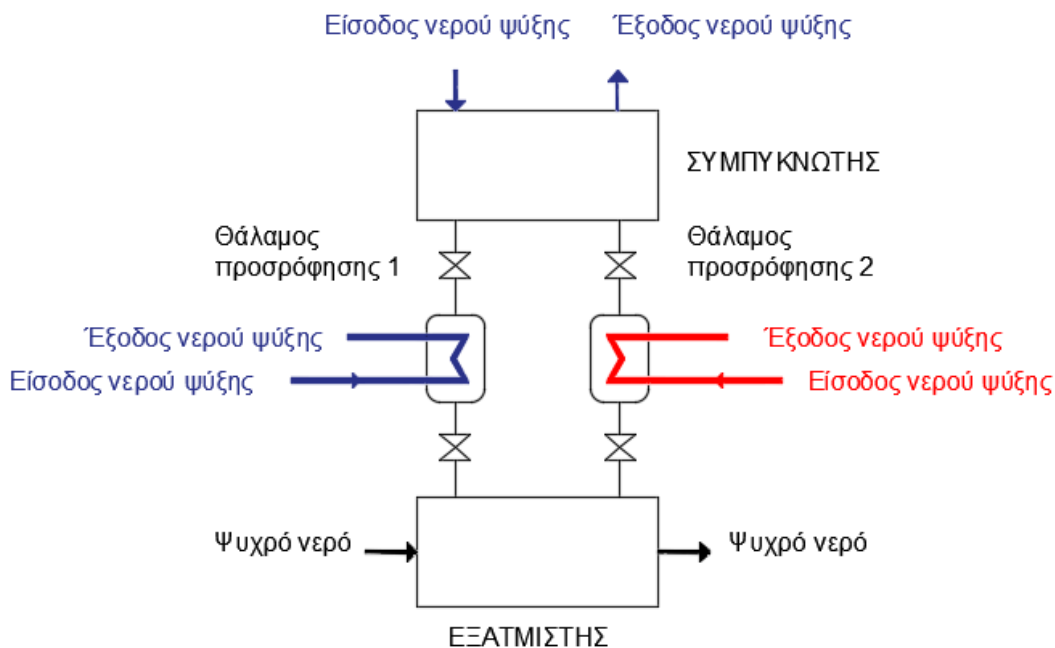
1.4.3 Ψυκτικός κύκλος με προσρόφηση

Ο ψυκτικός κύκλος με προσρόφηση (Adsorption Refrigeration Cycle - ARC) έχει παρόμοια λειτουργία με την ψύξη μηχανικής συμπίεσης. Το ψυκτικό μέσο και στις δυο περιπτώσεις συμπυκνώνεται εντός του συμπυκνωτή της διάταξης σε υψηλή πίεση εκλύοντας θερμότητα και ατμοποιείται στον ατμοποιητή της εγκατάστασης σε χαμηλή πίεση απορροφώντας θερμότητα. Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων είναι η δημιουργία των δύο επιπέδων πίεσης, καθώς στην ψύξη με προσρόφηση ο θάλαμος προσρόφησης τροφοδοτούμενος με θερμική ισχύ λειτουργεί σαν συμπιεστής και ο θάλαμος εκρόφησης σαν εκτονωτική βαλβίδα.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα κύρια στάδια του ψυκτικού κύκλου με προσρόφηση:

- **Θέρμανση και συμπίεση (Heating & Pressurization):** Στο στάδιο αυτό, το οποίο ισοδυναμεί με εκείνο της συμπίεσης στη μηχανική συμπίεση ατμών, πηγή θερμότητας (νερό) υψηλής θερμοκρασίας θερμαίνει τον προσροφητή και παράλληλα αυξάνεται η πίεση του από την πίεση ατμοποίησης στην πίεση συμπύκνωσης.
- **Εκρόφηση και συμπύκνωση (Desorption & Condensation):** Στο δεύτερο αυτό στάδιο, ο προσροφητής συνεχίζει να τροφοδοτείται με θερμότητα και η θερμοκρασία του συνεχίζει να αυξάνεται κι έτσι ο ατμός που υπάρχει μέσα στο προσροφητικό υλικό να διαφεύγει από αυτό (εκρόφηση). Στη συνέχεια, ο ατμός οδηγείται στο συμπυκνωτή, συμπυκνώνεται και αποβάλλει θερμότητα στο περιβάλλον μέσω του δευτερεύοντος κυκλώματος νερού μέσης θερμοκρασίας. Το στάδιο αυτό ισοδυναμεί με τη συμπύκνωση στον κύκλο συμπίεσης ατμού.
- **Ψύξη και αποσυμπίεση (Cooling & Depressurization):** Στο στάδιο αυτό, ο προσροφητής αποσυνδέεται από το συμπυκνωτή και ψύχεται από νερό μέσης θερμοκρασίας (MT), ενώ η πίεση του μειώνεται από την πίεση συμπύκνωσης στην πίεση ατμοποίησης. Το στάδιο αυτό ισοδυναμεί με εκείνο της εκτόνωσης του ψυκτικού μέσου στο κύκλο μηχανικής συμπίεσης ατμών.
- **Προσρόφηση και ατμοποίηση (Adsorption & Evaporation):** Στο τέταρτο στάδιο, ο προσροφητής συνδέεται με τον ατμοποιητή, και συνεχίζει να ψύχεται από νερό μέσης θερμοκρασίας. Καθώς η θερμοκρασία του μειώνεται προσροφά τον παραγόμενο στον ατμοποιητή ατμό και έτσι επιτυγχάνεται η ψύξη. Η θερμότητα ατμοποίησης λαμβάνεται από νερό χαμηλής θερμοκρασίας. Αυτό το στάδιο είναι ισοδύναμο με την ατμοποίηση του ψυκτικού στο συμβατικό κύκλο συμπίεσης ατμών.

Παρακάτω παρατίθεται στην Εικ. 1.14 μια τυπική διάταξη ψυκτικού κύκλου με προσρόφηση:



Εικ. 1.14. Τυπική διάταξη κύκλου ψύξης με προσρόφηση

Επειδή στην παραπάνω διαδικασία ο ατμοποιητής δεν λειτουργεί συνεχώς, στον απλό κύκλο προσρόφησης μονού θαλάμου συμπεραίνεται πως δεν γίνεται συνεχής παραγωγή ψύξης. Η διαδικασία γίνεται συνεχής με την προσθήκη ενός δευτέρου θαλάμου που λειτουργεί με διαφορά φάσης μισού κύκλου από τον πρώτο. Συγκεκριμένα όταν ο ένας θάλαμος προσροφά ο άλλος εκροφά και ανάποδα.

Οι βασικότεροι προσροφητές καθώς και τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι οι εξής:

- **Silica gel-νερό:** Είναι μια κοκκώδης, υαλώδης, πορώδης μορφή διοξειδίου του πυριτίου που παρασκευάζεται συνθετικά από πυριτικό νάτριο και πρόκειται για το πιο συνηθισμένο προσροφητικό μέσο στους ψύκτες προσρόφησης. Η ειδική του επιφάνεια κυμαίνεται από 320–650 m²/g [22] [23] ενώ η μέση διάμετρος του πόρου του είναι 2,5-25 nm [22]. Έχει θερμότητα προσρόφησης περίπου 2800 kJ/kgads [24] και μπορεί να αναγεννηθεί χρησιμοποιώντας πηγές χαμηλής θερμοκρασίας (60–90 °C) [24]. Αξίζει να σημειωθεί βέβαια πως χάνει την ικανότητα του αν υπερθερμανθεί.
- **Ζεόλιθος:** Είναι ένα μικροπορώδες αργυλοπυριτικό ορυκτό με κρυσταλλική δομή που μπορεί να είναι αυτοφυές ή να παράγεται βιομηχανικά. Οι ζεόλιθοι παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία ως προς την κρυσταλλική τους δομή καθώς υπάρχουν πάνω από 200 τύποι διαφορετικών κρυσταλλικών δομών [25]. Παρουσιάζουν υψηλές τιμές ειδικής επιφάνειας 800-1200 m²/g. Έχει θερμότητα προσρόφησης στα 3300–4200 kJ/kgads [24] και μπορεί να αναγεννηθεί χρησιμοποιώντας πηγές υψηλής θερμοκρασίας, άνω των 150°C [24]
- **Ενεργός άνθρακας – Μεθανόλη:** Θεωρείται το πιο διαδεδομένο προσροφητικό μέσο. Έχει χαμηλό κόστος, ισχυρή τάση προσρόφησης οργανικών ουσιών και μπορεί να παραχθεί από σχεδόν κάθε ανθρακούχο υλικό (ξύλο, πριονίδι, γεωργικά παραπροϊόντα, λιγνίτης, διάφορα είδη ορυκτών ανθράκων, διάφορα κλάσματα πετρελαίου κ.τ.λ.).

Τα πλεονεκτήματα των ψυκτών προσρόφησης είναι: η απλότητα κατασκευής τους και η μηχανική τους αντοχή. Δεν υπόκεινται σε περιορισμούς όσον αφορά τη θερμοκρασία απόρριψης

θερμότητας, καθώς δεν υφίσταται κανένας κίνδυνος κρυστάλλωσης. Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται είναι ελάχιστη εφόσον δεν υπάρχει συμπιεστής. Ωστόσο έχουν μεγάλο όγκο και βάρος, ενώ λόγω του μικρού αριθμού παραγόμενων μονάδων, η τιμή των ψυκτών προσρόφησης παραμένει υψηλή.

1.5 Επιστημονικό ερώτημα

Όπως προκύπτει και από τις προηγούμενες ενότητες, το ενεργειακό πρόβλημα πέρα από την εναρμόνιση των νέων κτηρίων, απαιτεί και την αναβάθμιση των υπαρχόντων ώστε να μειωθούν δραστικά οι καταναλώσεις αυτών. Στα πλαίσια αυτών των δράσεων, η συγκεκριμένη εργασία μελετά την ανάλυση των θερμικών απαιτήσεων του Δημαρχείου του Δήμου Βάρης-Βούλας-Βουλιαγμένης και παρουσιάζει τα αποτελέσματα των προτεινόμενων λύσεων. Προς αυτή την κατεύθυνση, τα κύρια ερωτήματα που θα κληθεί στα επόμενα κεφάλαια να απαντήσει η παρούσα διπλωματική είναι τα ακόλουθα:

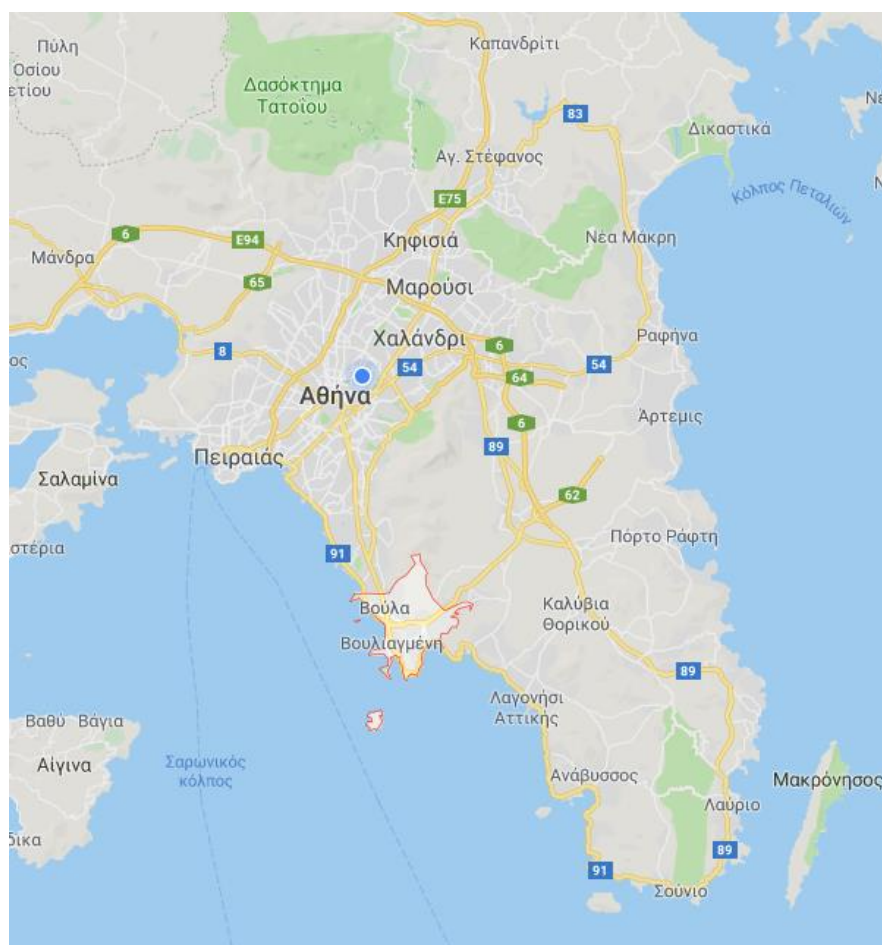
- Πώς πραγματοποιείται μια λεπτομερής αποτύπωση ενός κτηρίου με σκοπό την αξιολόγηση των επεμβάσεων με εξειδικευμένα λογισμικά;
- Ποια η εκτίμηση των θερμικών απαιτήσεων του εν λόγω κτηρίου μέσω των υπό έλεγχο λογισμικών;
- Πόσο ανταγωνιστικές είναι οι επεμβάσεις σε συστήματα ψύξης/θέρμανσης;
- Πόση απόκλιση έχουν τα αποτελέσματα των εξειδικευμένων μοντέλων σε σχέση με το λογισμικό TEE KENAK;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΟ ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ ΒΑΡΗΣ - ΒΟΥΛΑΣ – ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ

2.1 Γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

Ο Δήμος Βάρης - Βούλας - Βουλιαγμένης είναι δήμος της περιφέρειας Αττικής που συστάθηκε με το Πρόγραμμα Καλλικράτης. Ο δήμος σχηματίστηκε με την συνένωση των καταργηθέντων δήμων Βάρης, Βουλιαγμένης και Βούλας. Η έκταση του νέου Δήμου είναι 33.94 τ.χλμ και ο πληθυσμός του 48.399 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2011[26]. Έδρα του δήμου είναι η Βούλα. Η περιοχή του Δήμου είναι μέρος του πολεοδομικού συγκροτήματος Αθηνών και ανήκει διοικητικά στην περιφερειακή ενότητα Ανατολικής Αττικής.

Ο Δήμος Βάρης - Βούλας - Βουλιαγμένης διαιρείται σε 3 «δημοτικές ενότητες», οι οποίες αντιστοιχούν στους 3 καταργηθέντες δήμους πριν την εφαρμογή του Καλλικράτη[26]. Κάθε δημοτική ενότητα διαιρείται σε «κοινότητες», οι οποίες αντιστοιχούν στα διαμερίσματα των καταργηθέντων ΟΤΑ. Οι σημερινές κοινότητες του Δήμου, ήταν αυτόνομες κοινότητες και δήμοι πριν την εφαρμογή του προγράμματος Καποδίστρια.



Εικ. 2.1. Φωτογραφία Δήμου Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης. Πηγή αναφοράς: Google maps, 2019[27]

Η δημοτική Ενότητα Βάρης καταλαμβάνει έκταση 22,189 km² και έχει συνολικό πραγματικό πληθυσμό 15.855 κατοίκους, κατά την Απογραφή του 2011 και έδρα της είναι η Βάρη. Αντίστοιχα η δημοτική Ενότητα Βούλας καταλαμβάνει έκταση 8,787 km² και έχει συνολικό πραγματικό πληθυσμό 28.364 κατοίκους και έδρα της είναι η Βούλα. Τέλος, η δημοτική Ενότητα Βουλιαγμένης καταλαμβάνει έκταση 5,805 km² και έχει συνολικό πραγματικό πληθυσμό 4.180 κατοίκους, και έδρα της είναι η Βουλιαγμένη.

Η Αθηναϊκή Ριβιέρα, μέρος της οποίας είναι και η περιοχή μελέτης της παρούσας διπλωματικής, έχει ζεστό κλίμα και θεωρείται η θερμότερη περιοχή της ηπειρωτικής Ευρώπης. Παρουσιάζει γενικά ήπιο και ξηρό κλίμα με λίγες βροχές.

Πιν. 2.1. Κλιματικά δεδομένα Πειραιά – ΕΜΥ 1981-2010. Πηγή αναφοράς: Meteoclub.gr[28]

Κλιματικά δεδομένα Πειραιά - Ε.Μ.Υ (1981-2010)													
Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Έτος
Μέγιστη Μηνιαία °C (°F)	14.1	14.4	16.6	20.3	25.1	29.9	32.8	32.9	29.1	24.2	18.9	15.4	22,81
Μέση Μηνιαία °C (°F)	11.1	11.2	13.3	16.9	21.4	26.3	29.0	28.8	25.2	20.6	15.8	12.6	19,35
Ελάχιστη Μηνιαία °C (°F)	8.2	7.9	10.0	13.4	17.7	22.2	24.8	25.0	21.5	17.4	12.9	9.7	15,89
Βροχόπτωση mm (ίντσες)	41,95	36,26	34,09	30,34	15,95	5,08	5,56	3,07	11,37	30,5	58,87	58,84	331.9

Από τα στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας για το Ελληνικό Αττικής και τον Πειραιά προκύπτει πως η Αθηναϊκή Ριβιέρα κατατάσσεται στα θερμά ημίξηρα κλίματα σύμφωνα με την Κλιματική ταξινόμηση Κέππεν.

2.2 Επισκόπηση του Δημαρχείου Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης

Το εν λόγω κτήριο που στεγάζει το Δημαρχείο Βάρη Βούλας Βουλιαγμένης βρίσκεται στην περιοχή της Βούλας στην οδό Λ.Καραμανλή 18 και κατασκευάστηκε στις αρχές του 1970. Η αρχική χρήση του κτηρίου ήταν νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, ωστόσο από το 1985 πέρασε στην ιδιοκτησία του Δήμου και έκτοτε χρησιμοποιείται για τις ανάγκες αυτού. Το κτήριο έχει βορειοανατολικό προσανατολισμό και οι γεωγραφικές συντεταγμένες του είναι: γεωγραφικό πλάτος 37°50'10.35'' Βόρεια και γεωγραφικό μήκος 23°45'59.80'' Ανατολικά και είναι σε υψόμετρο 12,00 μέτρα. Στην βόρεια όψη συνορεύει με τη λεωφόρο Καραμανλή, στην νότια με την ακτρογραμμή της θάλασσας ενώ πλευρικά βρίσκεται σε επαφή με όμορο ισόγειο κτήριο από τη μία πλευρά. Αδιαμφισβήτα, το κτήριο του δημαρχείου είναι εκτεθειμένο στις καιρικές συνθήκες της περιοχής και η παραθαλάσσια θέση του καθιστά αδύνατη την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων αυτού. Σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά σχέδια, έχει κάλυψη 1321,35 m² και αποτελείται από δύο επίπεδα, ένα ισόγειο και ένα δώμα.



Εικ. 2.2. Φωτογραφία κάτοψης Δημαρχείου από δορυφόρο. Πηγή αναφοράς: Google earth[27]

Προσμετρώντας όλα τα επίπεδα στη δόμηση, η δόμηση προκύπτει ίση με $1758,11 \text{ m}^2$ και αναλυτικά: $1321,35 \text{ m}^2$ (ισόγειο) και $436,76 \text{ m}^2$ (δώμα). Ο συνολικός όγκος του κτηρίου είναι περίπου ίσος με $5274,30 \text{ m}^3$.

Κατά την αυτοψία στο εν λόγω κτήριο παρατηρήθηκε ότι ο φέρον οργανισμός του δομήματος αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Όσον αφορά τα κατακόρυφα στοιχεία του κτηρίου διαπιστώθηκε ότι βρίσκονται κυρίως στη περίμετρο αυτού. Αυτό γίνεται εύκολα κατανοητό αν αναλογιστεί κανείς και την πρωταρχική χρήση του κτηρίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειοψηφία των κουφωμάτων είναι κατασκευασμένη από ξύλινα πλαίσια με μονό υαλοπίνακα, γεγονός που αυτομάτως καθιστά το υπό μελέτη κτήριο αρκετά αδύναμο στις ενεργειακές του αποδόσεις. Θα ήταν παράληψη να μην αναφερθεί ότι στην οροφή ισόγειου ή διαφορετικά στη πλάκα μεταξύ ισόγειου και δώματος έχει τοποθετηθεί συνθετικό υλικό στεγανοποίησης που πιθανόν αποτρέπει την υγρασία και την εισροή υδάτων στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου. Στο ισόγειο έχει γίνει προσθήκη περίπου 100 m^2 στην νότια όψη του κτηρίου και έχουν χρησιμοποιηθεί κουφώματα από αλουμίνιο. Συγκεκριμένα, τα κουφώματα αποτελούνται από αλουμίνιο στο πλαίσιο τους και απαρτίζονται από διπλό υαλοπίνακα με ενδιάμεσο διάκενο 12 mm . Στον εσωτερικό χώρο του ισόγειου υπάρχει πληθώρα γραφείων τα οποία διαχωρίζονται από ξύλινα πλαίσια με μονό υαλοπίνακα ή υαλότουβλο. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι χώροι αυτοί δεν ορίζουν διαφορετικές θερμικές ζώνες στο κτήριο μιας και δεν υπάρχει ουσιαστική διαφοροποίηση αυτών. Στην πραγματικότητα, τα περισσότερα γυάλινα διαχωριστικά έχουν τοποθετηθεί για διακοσμητικούς λόγους και το ύψος τους δεν ταυτίζεται με το τυπικό ύψος του ορόφου. Η σύνδεση των δύο επιπέδων γίνεται με εσωτερικό κλιμακοστάσιο, οι επιφάνειες του οποίου είναι επιστρωμένες με μαρμαρίνες πλάκες.

Το δώμα, όπως και το υπόλοιπο κτήριο, είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η στέγη έχει ιδιαίτερη γεωμετρία που θα μπορούσε από την αεροφωτογραφία να παραπέμψει σε χαρταετό λόγω του πολυγωνικού της σχήματος. Οι κλίσεις αυτής είναι έντονες, γεγονός που διευκολύνει τις ρύσεις των ομβρίων να καταλήγουν στην οροφή του ισογείου. Τέλος, στο εξωτερικό τμήμα της στέγης έχει τοποθετηθεί ομοίως συνθετικό υλικό στεγανοποίησης.

Παρακάτω, παρουσιάζονται κάποιες εικόνες τόσο από τον εξωτερικό όσο και από τον εσωτερικό χώρο του Δημαρχείου.



Εικ. 2.3. Είσοδος Δημαρχείου Βάρης - Βούλας - Βουλιαγμένης



Εικ. 2.4. Γραφείο Αντιδημάρχου στο Δημαρχείο Βάρης - Βούλας – Βουλιαγμένης



Εικ. 2.5. Γραφείο Διοίκησης στο Δημαρχείο Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης



Εικ. 2.6. Προσθήκη γραφείων στο ισόγειο του Δημαρχείου Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης



Εικ. 2.7. Αίθουσα συνεδριάσεων Δημοτικού Συμβουλίου



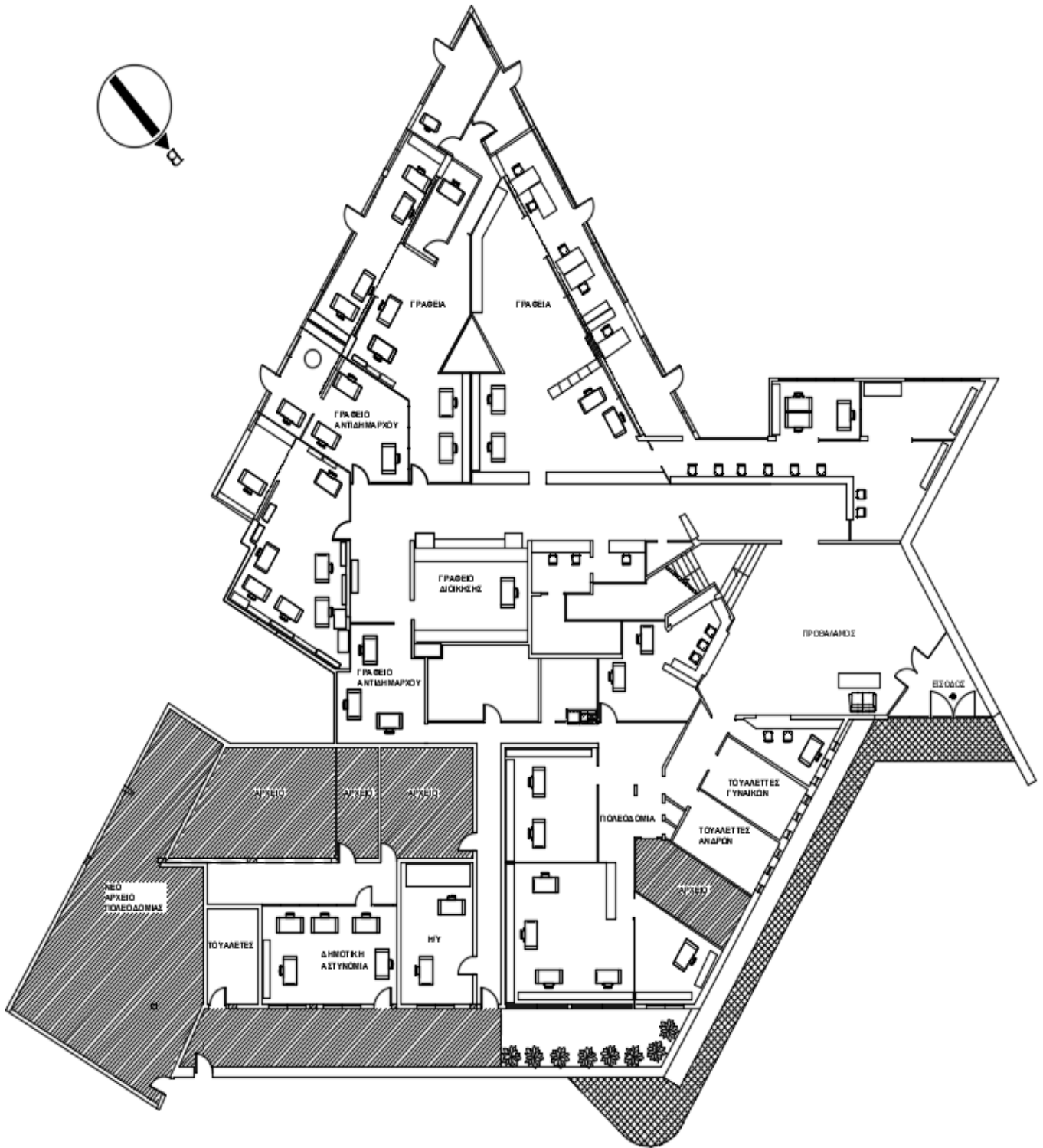
Εικ. 2.8. Χώρος εσωτερικού κλιμακοστασίου

2.3 Αποτύπωση υπάρχουσας κατάστασης του Δημαρχείου

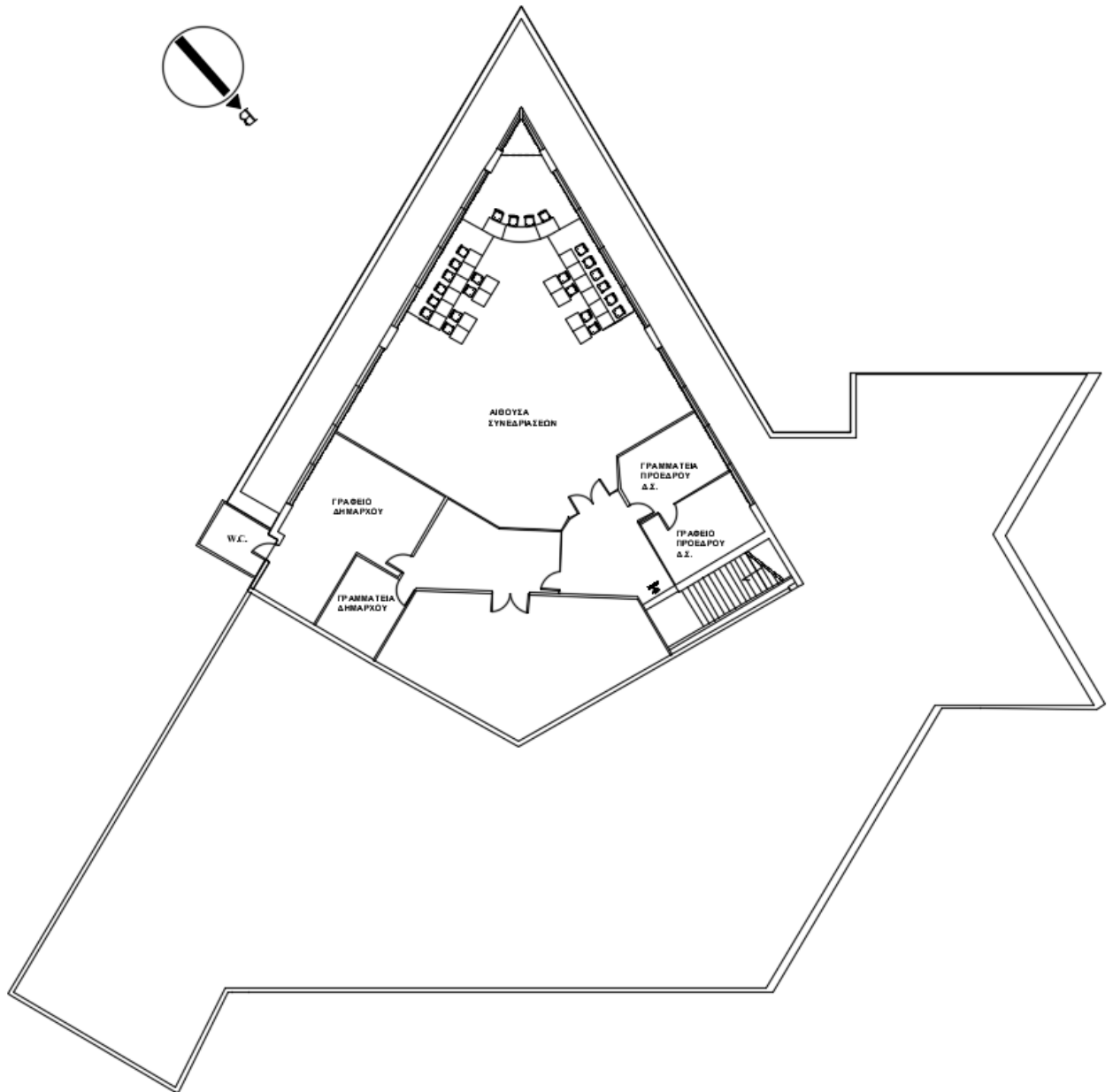
Για να πραγματοποιηθεί η τρισδιάστατη προσομοίωση του Δημαρχείου, απαραίτητη κρίθηκε η αποτύπωση αυτού. Κατά την αυτοψία, μετρήθηκαν οι διαστάσεις των χώρων που απαρτίζουν το κτήριο, συλλέχθηκαν ακριβή στοιχεία για τα κουφώματα και τα εσωτερικά χωρίσματα των γραφείων και στη συνέχεια με χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD ολοκληρώθηκαν οι κατόψεις του Δημαρχείου.

Το AutoCAD είναι το πιο διαδεδομένο πρόγραμμα CAD σε παγκόσμιο επίπεδο που απευθύνεται σε αρχιτέκτονες, πολιτικούς μηχανικούς, διακοσμητές, σχεδιαστές, κ.λ.π. και γενικότερα για όσους σχεδιάζουν τεχνικό σχέδιο. Διαθέτει εργαλεία και δυνατότητες για σχεδιασμό σε δύο (2D) ή τρεις διαστάσεις (3D) και ακόμα πιο εύκολο φωτορεαλισμό αλλά πάντα συμβατό με παλαιότερες εκδόσεις βοηθάει ακόμη περισσότερο τον χρήστη στην διεκπεραίωση της δουλειάς του. Με το AutoCAD η αξία των παραγόμενων σχεδίων μεγιστοποιείται. Η επεξεργασία, η διαμόρφωση, η κοινοποίηση των σχεδίων γίνεται πλέον σε πραγματικό χρόνο εύκολα, γρήγορα και πάντα με τη γνωστή ακρίβεια του AutoCAD. Μέσα από το Internet ή κάποιο τοπικό δίκτυο ολόκληρη η ομάδα μελέτης μοιράζεται τις εργασίες, επιταχύνοντας έτσι την ολοκλήρωση του έργου.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τελικές κατόψεις του κτηρίου στο ισόγειο και το δώμα.

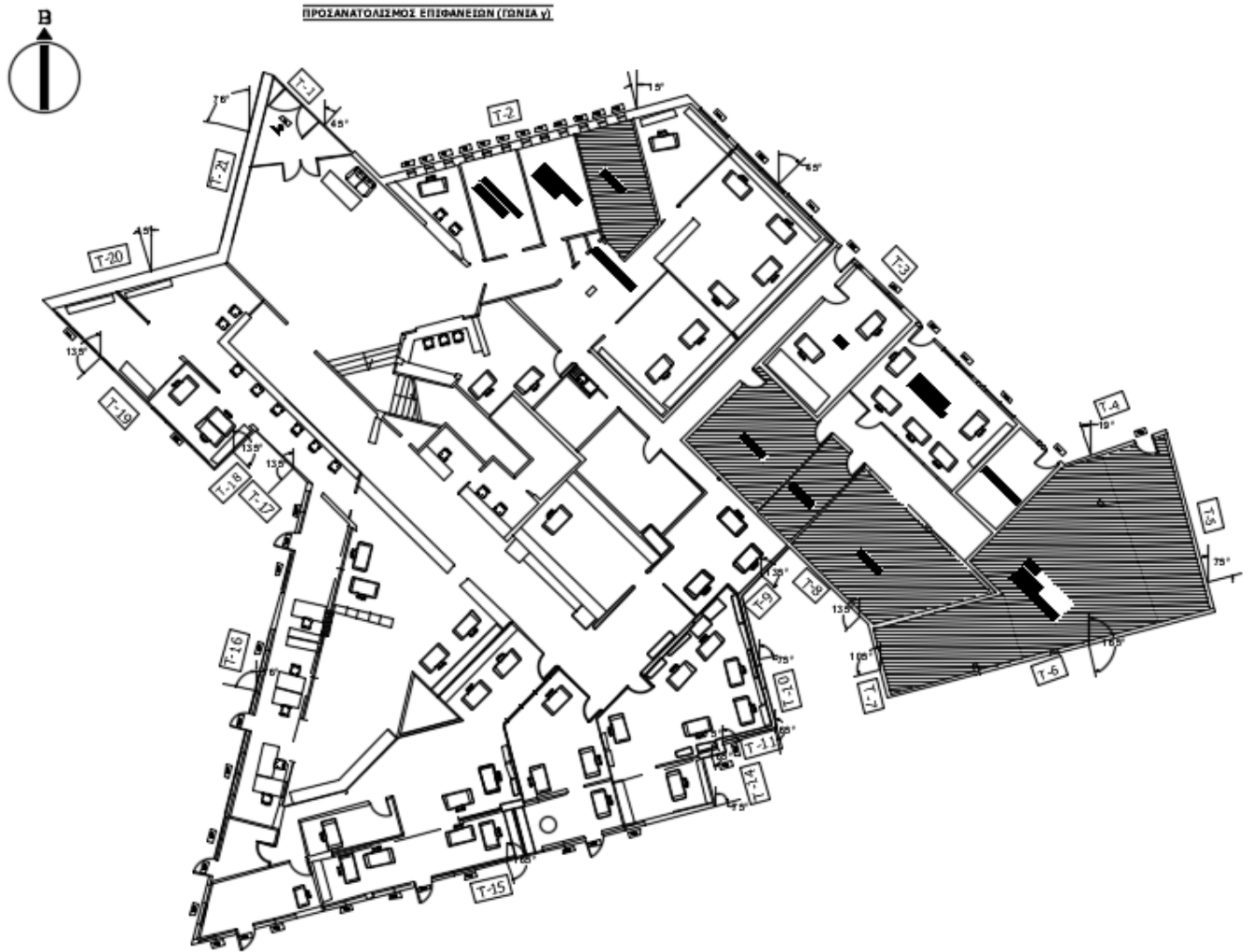


Εικ. 2.9. Κάτοψη ισογείου Δημαρχείου Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης, Autocad

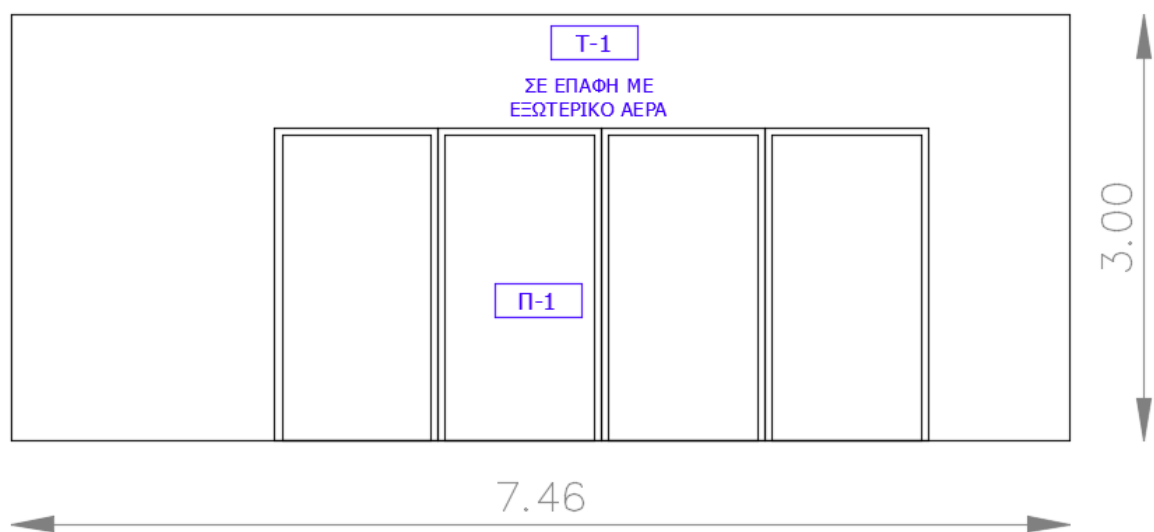


Εικ. 2.10. Κάτοψη δώματος Δημαρχείου Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης, AutoCad

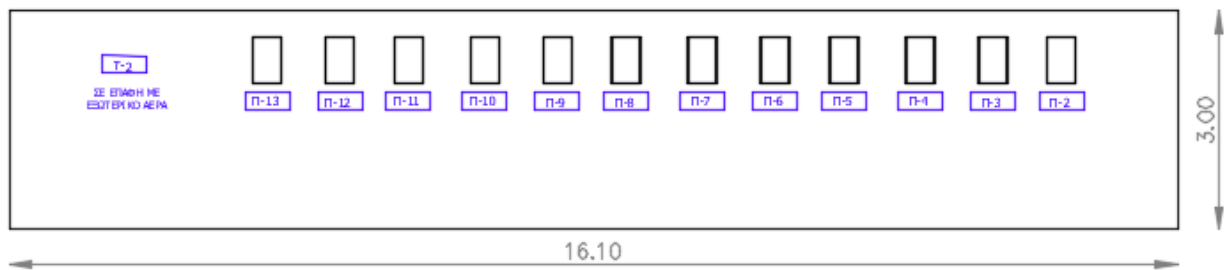
Για την καλύτερη και ταχύτερη εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα Sketch up σχεδιάστηκαν όπως παρουσιάζονται και στη συνέχεια οι όψεις περιμετρικά του κτηρίου.



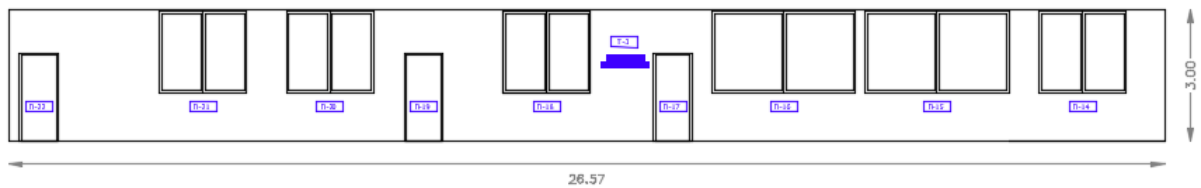
Εικ. 2.11. Καταμέτρηση εξωτερικών τοίχων στο ισόγειο, AutoCAD



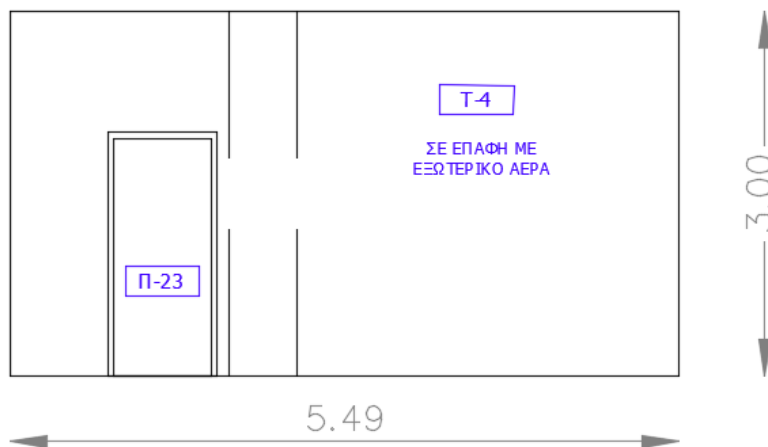
Εικ. 2.12. Όψη Νο1 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



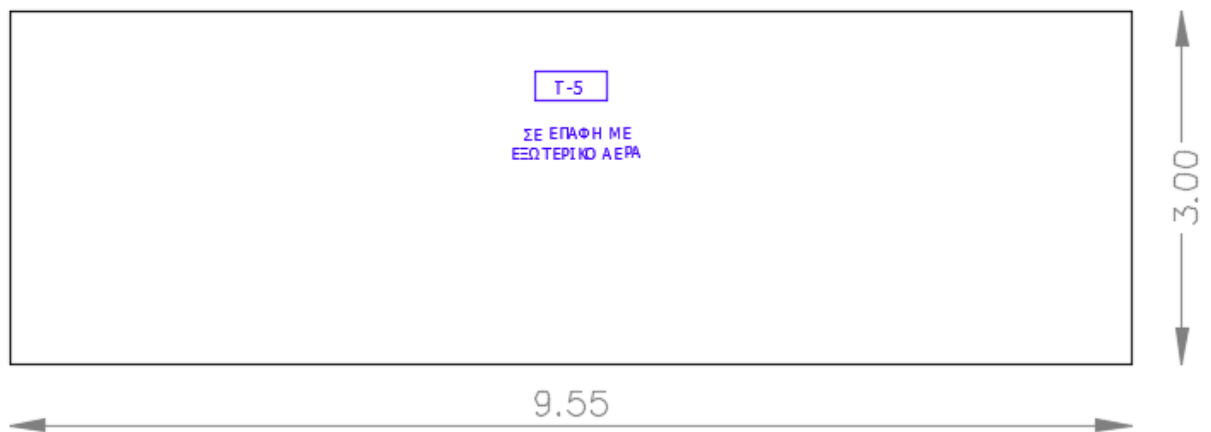
Εικ. 2.13. Όψη Νο2 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



Εικ. 2.14. Όψη Νο3 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



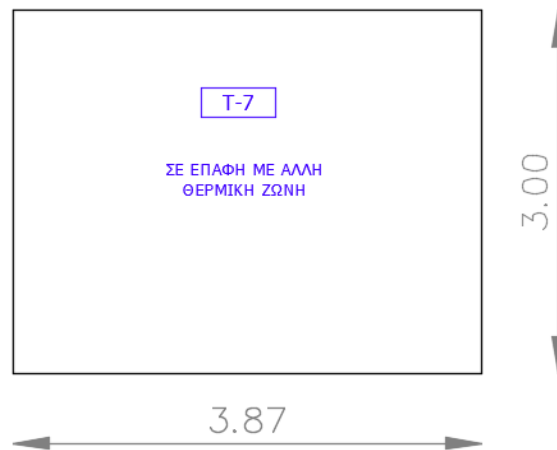
Εικ. 2.15. Όψη Νο4 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



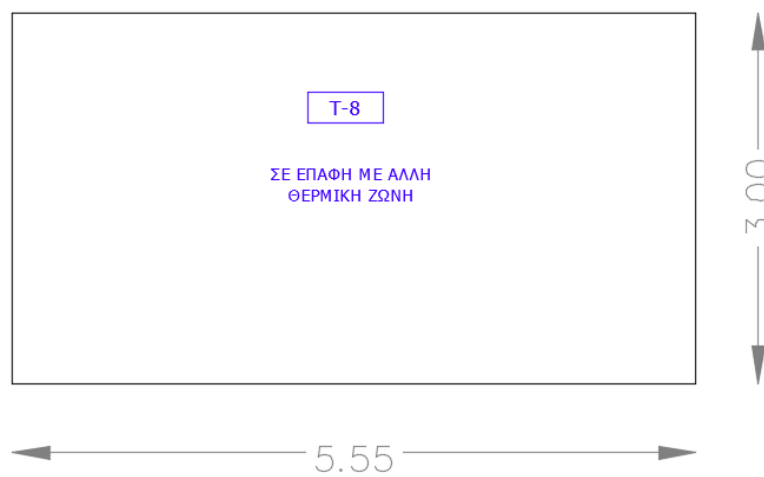
Εικ. 2.16. Όψη Νο5 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



Εικ. 2.17. Όψη Νο6 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



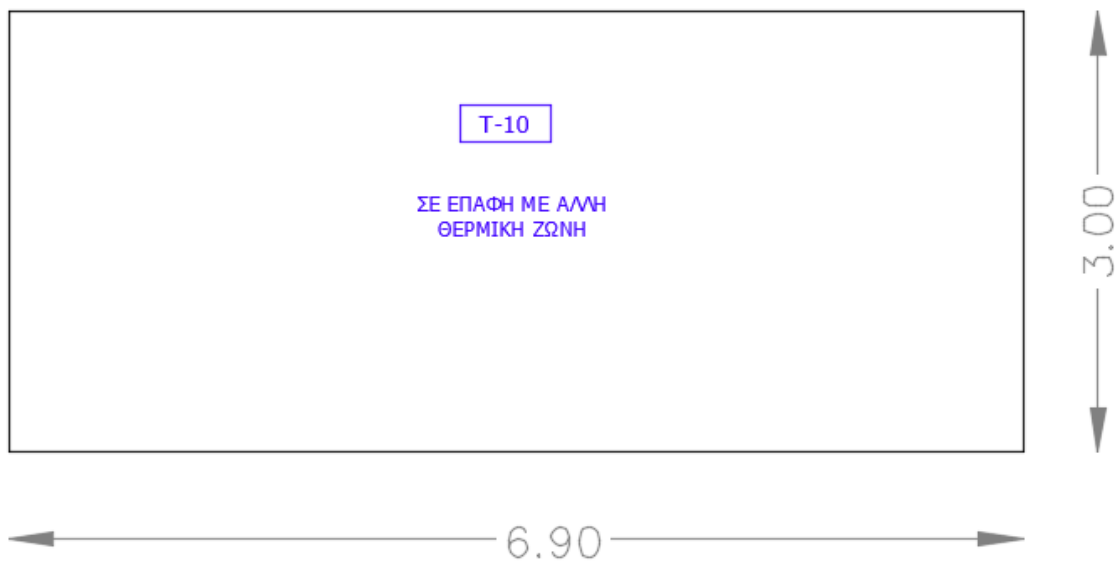
Εικ. 2.18. Όψη Νο7 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



Εικ. 2.19. Όψη Νο8 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



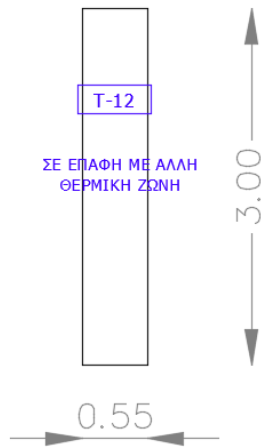
Εικ. 2.20. Όψη Νο9 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



Εικ. 2.21. Όψη Νο10 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



Εικ. 2.22. Όψη Νο11 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



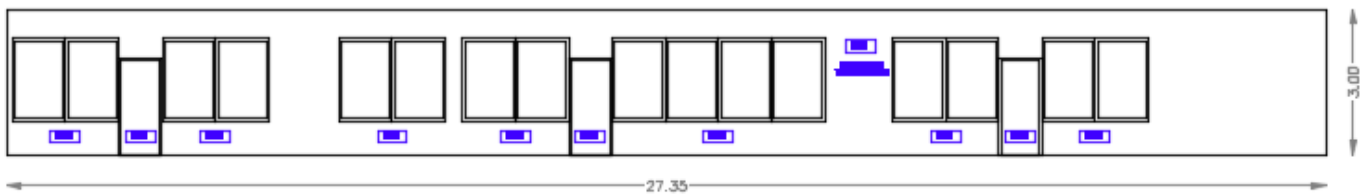
Εικ. 2.23. Όψη Νο12 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



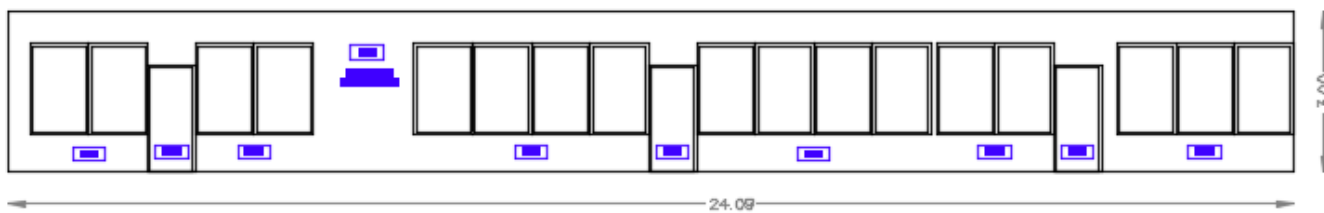
Εικ. 2.24. Όψη Νο13 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



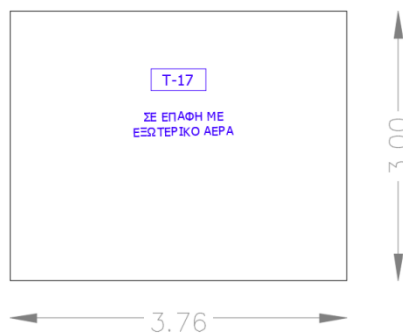
Εικ. 2.25. Όψη Νο14 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



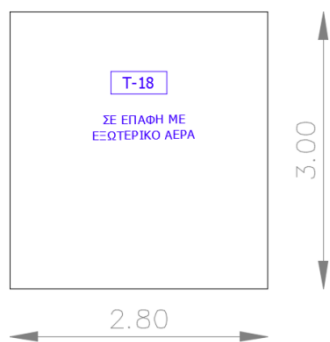
Εικ. 2.26. Όψη Νο15 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



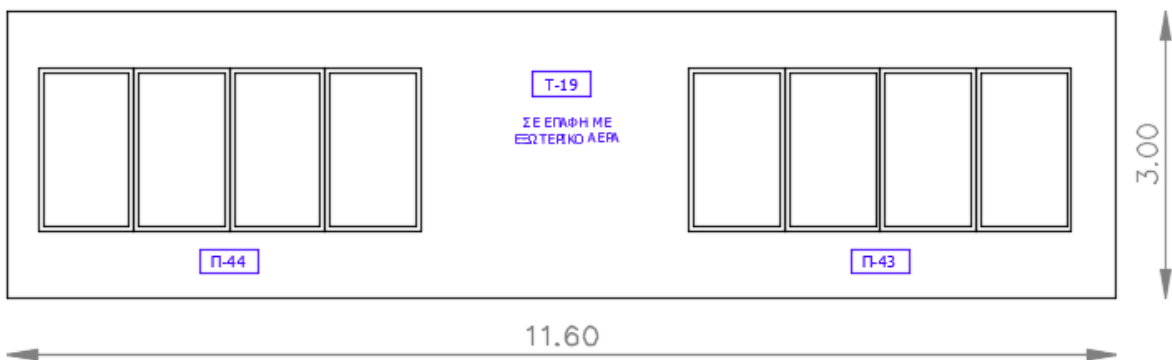
Εικ. 2.27. Όψη Νο16 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



Εικ. 2.28. Όψη Νο17 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



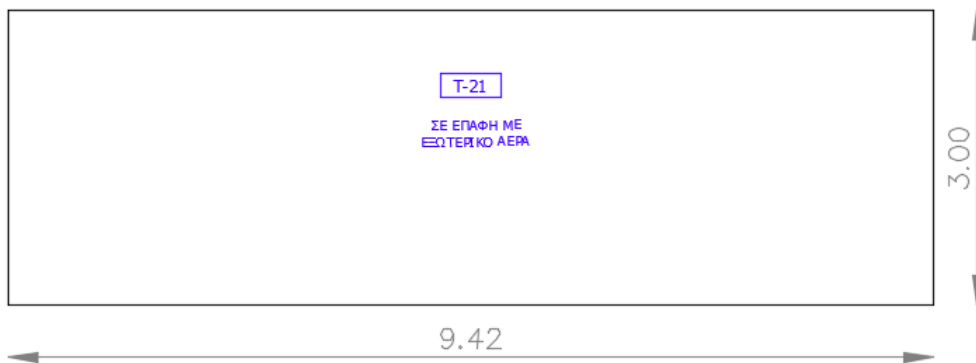
Εικ. 2.29. Όψη Νο18 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



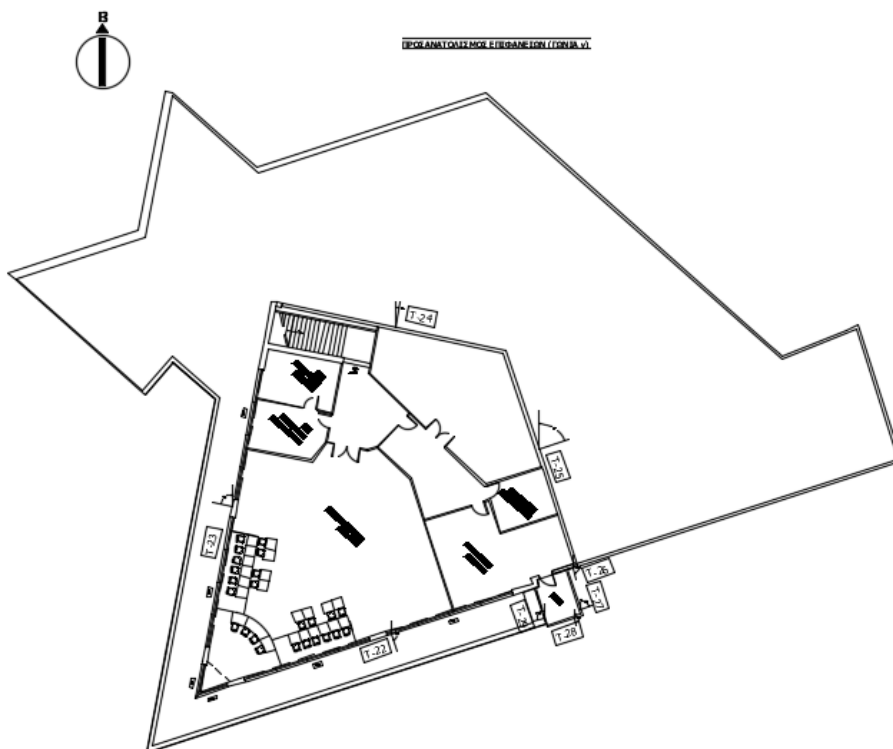
Εικ. 2.30. Όψη Νο19 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



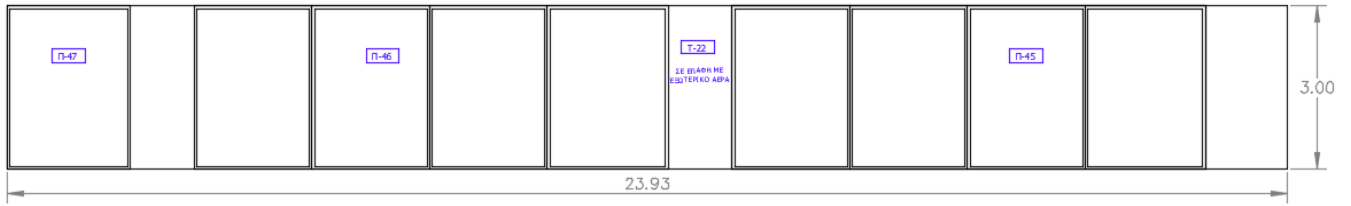
Εικ. 2.31. Όψη Νο20 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



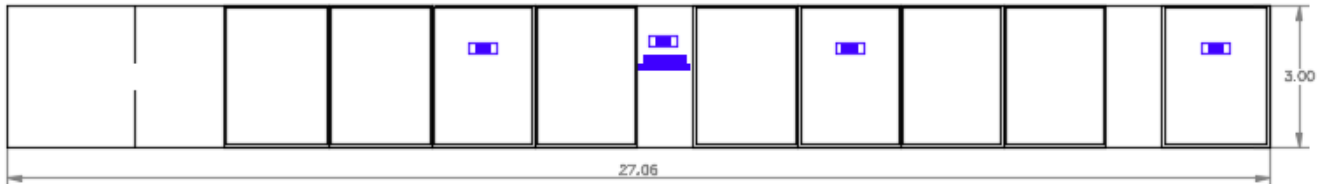
Εικ. 2.32. Όψη Νο21 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



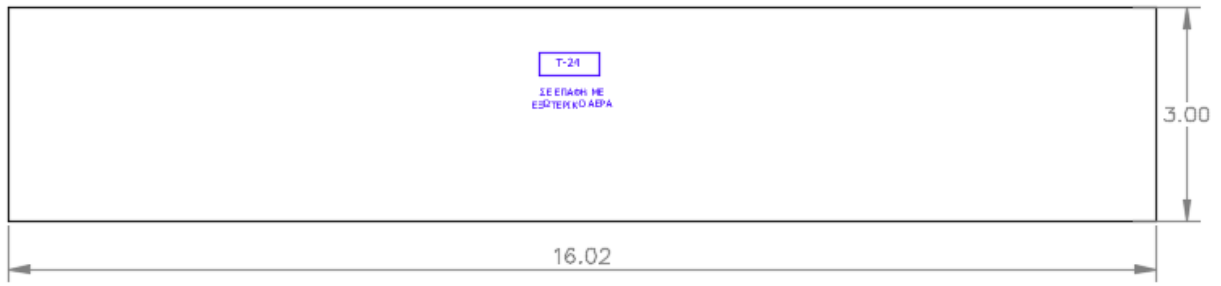
Εικ. 2.33. Καταμέτρηση εξωτερικών τοίχων στο δώμα, AutoCAD



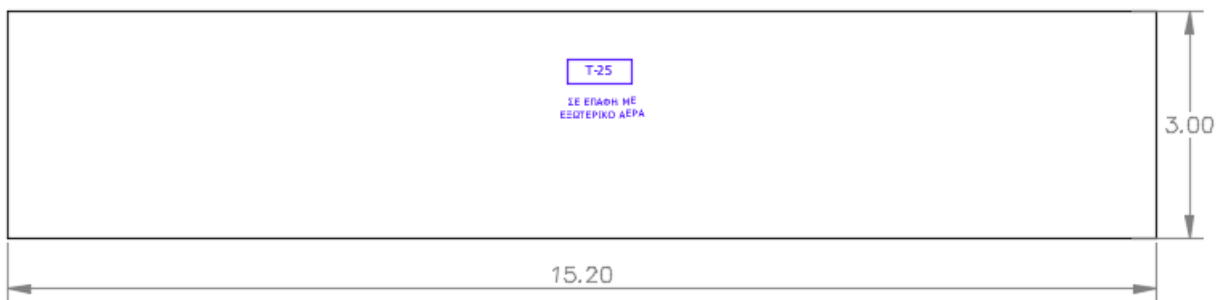
Εικ. 2.34. Όψη Νο22 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



Εικ. 2.35. Όψη Νο23 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



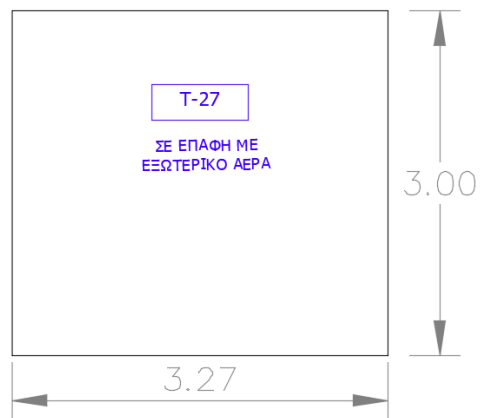
Εικ. 2.36. Όψη Νο24 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



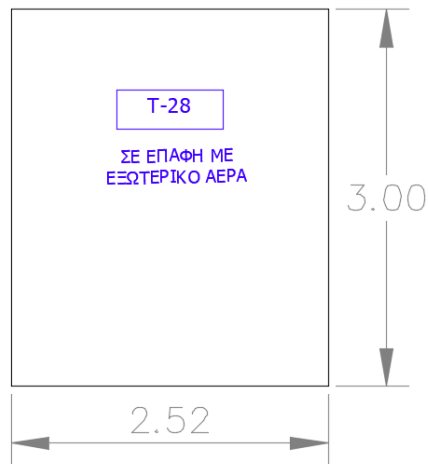
Εικ. 2.37. Όψη Νο25 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



Εικ. 2.38. Όψη Νο26 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



Εικ. 2.39. Όψη Νο27 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



Εικ. 2.40. Όψη Νο28 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD



Εικ. 2.41. Όψη Νο28 στην κάτοψη ισογείου, AutoCAD

2.4 Προσομοίωση του Δημαρχείου στο πρόγραμμα του Sketch Up

2.4.1 Γενικά στοιχεία του προγράμματος

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί τρισδιάστατη προσομοίωση του Δημαρχείου Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης μέσω του προγράμματος Sketch Up. Το SketchUp αρχικά ήταν ένα πρόγραμμα της εταιρείας Last Software σχεδιασμένο για αρχιτέκτονες, πολιτικούς μηχανικούς, σκηνοθέτες, παραγωγούς video-games και ξεκίνησε να γίνεται γνωστό ως ένα γενικής χρήσης εργαλείο σχεδιασμού τρισδιάστατων (3D) μοντέλων. Κατά τη πρώτη του εμπορική επίδειξη το έτος 2000 κατέκτησε το βραβείο επιλογής του κοινού (Community Choice Award), γεγονός που το κατέστησε γρήγορα ως το κύριο εργαλείο πολλών βιομηχανιών αρχιτεκτονικής και σχεδιασμού κτηρίων. Το κλειδί για την άμεση επιτυχία του ήταν το εύχρηστο περιβάλλον του (interface), το οποίο το έκανε κατανοητό και προσιτό ακόμα και στον πιο απλό χρήστη. Το Μάρτιο του 2006 η πασίγνωστη πλέον Google αποκτά την Last Software, αξιοποιώντας την πρόσθετη λειτουργία του SketchUp που του επέτρεπε να αλληλεπιδρά με το Google Earth. Πλέον, με το Google SketchUp μπορούμε να κατασκευάσουμε εύκολα σχεδόν ο,τιδήποτε, από έναν κύβο μέχρι και ένα πολύπλοκο αυτοκίνητο. Το Google SketchUp διατίθεται σε δύο εκδόσεις: τη δωρεάν (Free) και την επαγγελματική (PRO). Οι βασικές διαφορές είναι η προσθήκη των λειτουργιών LayOut2 και Style Builder στη PRO: με το LayOut2 οι χρήστες μπορούν να μετατρέψουν τα τρισδιάστατα μοντέλα που κατασκευάζουν σε δισδιάστατες (2D) επαγγελματικές παρουσιάσεις γρήγορα και εύκολα, προσθέτοντας κείμενο και λεζάντες, ενώ με το Style Builder μπορούν να μετατρέψουν τα μοντέλα τους σε σχέδια, προσδίδοντάς τους μια καλλιτεχνική πινελιά.

2.4.2 Περιγραφή του περιβάλλοντος

Τα βασικά εργαλεία του προγράμματος είναι η γραμμή, το παραλληλόγραμμο, ο κύκλος, το τόξο, η γόμα, η μετροταινία (μέτρηση αποστάσεων), το γέμισμα, η ανύψωση επιφάνειας, η μετακίνηση και η περιστροφή αντικειμένου. Με τη χρήση όλων αυτών των εργαλείων είναι εφικτό να σχεδιαστεί μια τεράστια ποικιλία αντικειμένων, σκηνών, υφών. Το Google SketchUp διαθέτει επίσης και εργαλεία αλληλεπίδρασης με το Google Earth, ενώ δίνεται και η δυνατότητα να ενσωματωθούν έτοιμα αντικείμενα από το Google 3D Warehouse για να εμπλουτιστούν οι προσομοιώσεις. Χρησιμοποιώντας το Google SketchUp Pro, μπορούμε να προσθέσουμε

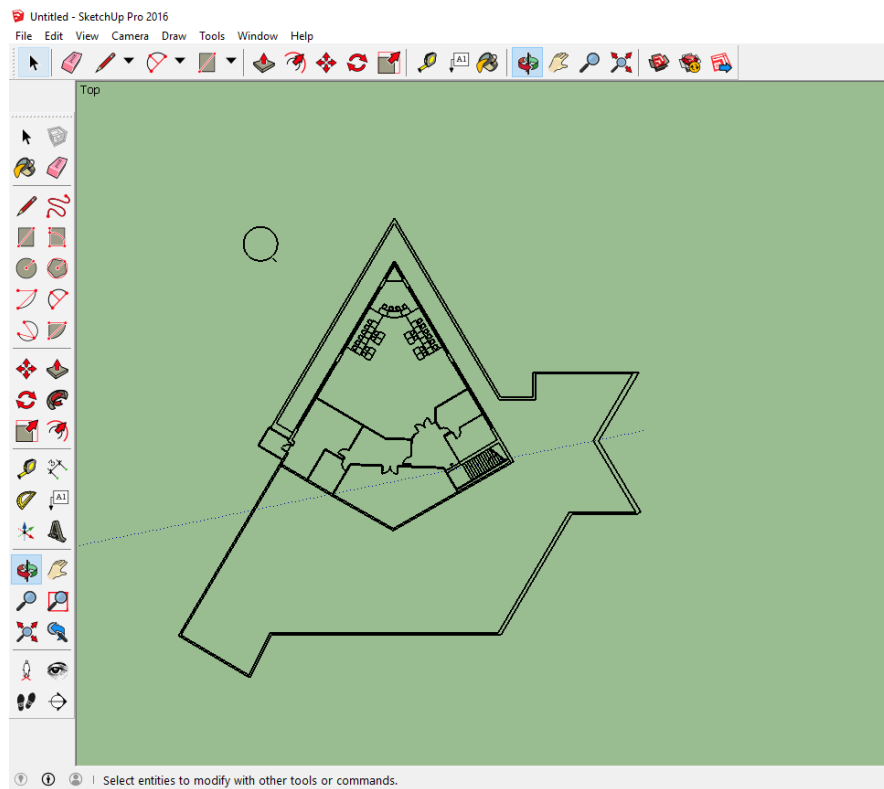
χαρακτήρες στα μοντέλα μας χρησιμοποιώντας τα Δυναμικά Στοιχεία. Το LayOut, "ο βοηθός 2D", αποδεικνύεται πολύτιμο στη δημιουργία τελικών αρχείων όπως είναι τα κατασκευαστικά πλάνα και οι άδειες οικοδόμησης, οι ψηφιακές παρουσιάσεις πλήρους οθόνης και τα έγγραφα παρουσίασης.

Τα βασικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την σχεδίαση της τρισδιάστατης προσομοίωσης παρουσιάζονται παρακάτω:

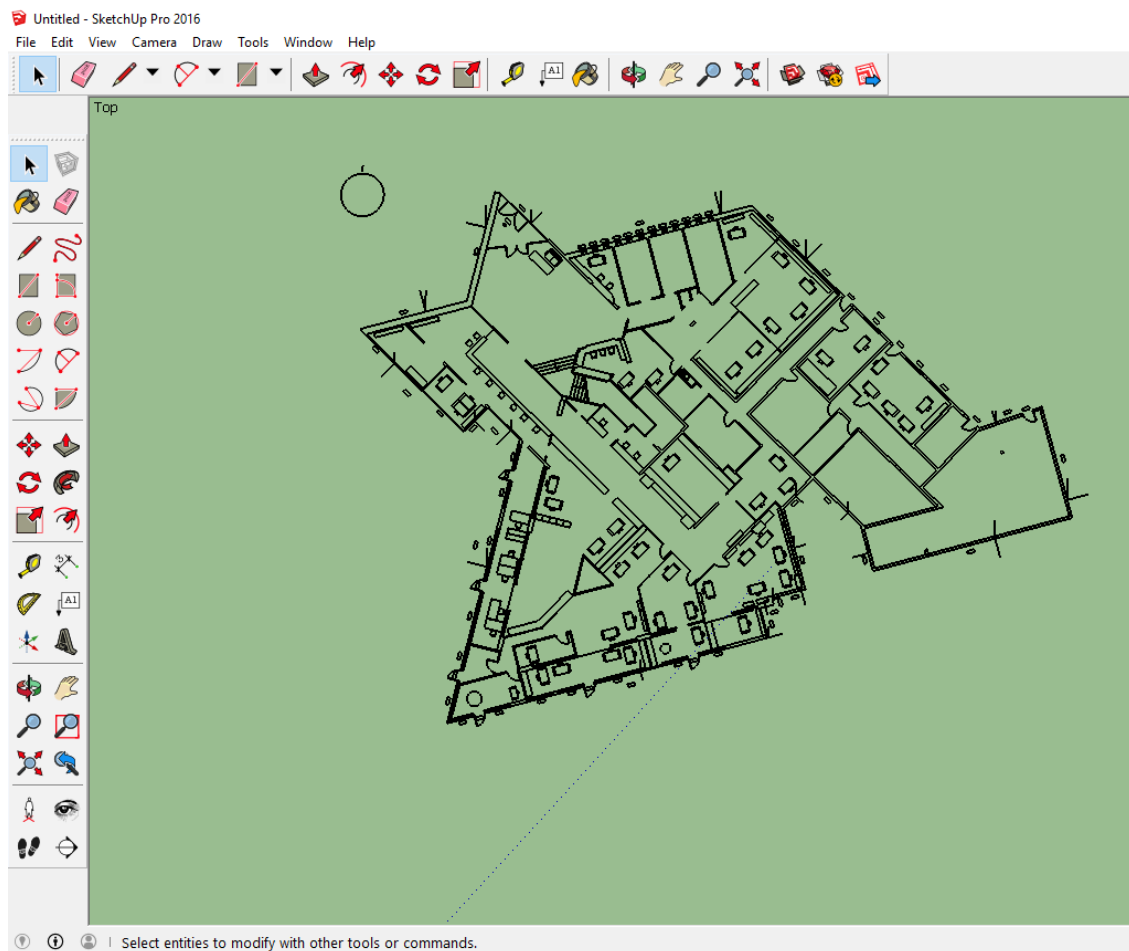
- Orbit tool: εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για να προβάλλεται το μοντέλο από διάφορες οπτικές γωνίες.
- Zoom tool: Χρησιμοποιήθηκε για να κάνουμε zoom-in και zoom-out στο μοντέλο.
- Pan tool: Χρησιμοποιήθηκε για την μετακίνηση της κάμερας αριστερά, δεξιά, πάνω και κάτω.
- Rectangle tool: Χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό ορθογωνίων.
- Push/pull tool: Χρησιμοποιήθηκε για την μετατροπή των αντικειμένων σε τρισδιάστατα. Το συγκεκριμένο εργαλείο ήταν το πιο σημαντικό για την δημιουργία των εξωτερικών και εσωτερικών τοιχωμάτων.
- Line tool: Χρησιμοποιήθηκε για τη χάραξη γραμμών. Στο εν λόγω προσομοίωμα χρησιμοποιήθηκε εκτενώς για την δημιουργία και χάραξη κουφωμάτων στη περίμετρο αλλά και στο εσωτερικό του κτηρίου.
- Rotate tool: Χρησιμοποιήθηκε για τη περιστροφή αντικειμένων. Ιδιαίτερη σημασία απαιτείται κατά τη χρήση του ώστε να γίνεται η σωστή επιλογή άξονα (x,y,z).

2.4.3 Περιγραφή σχεδίασης του τρισδιάστατου μοντέλου

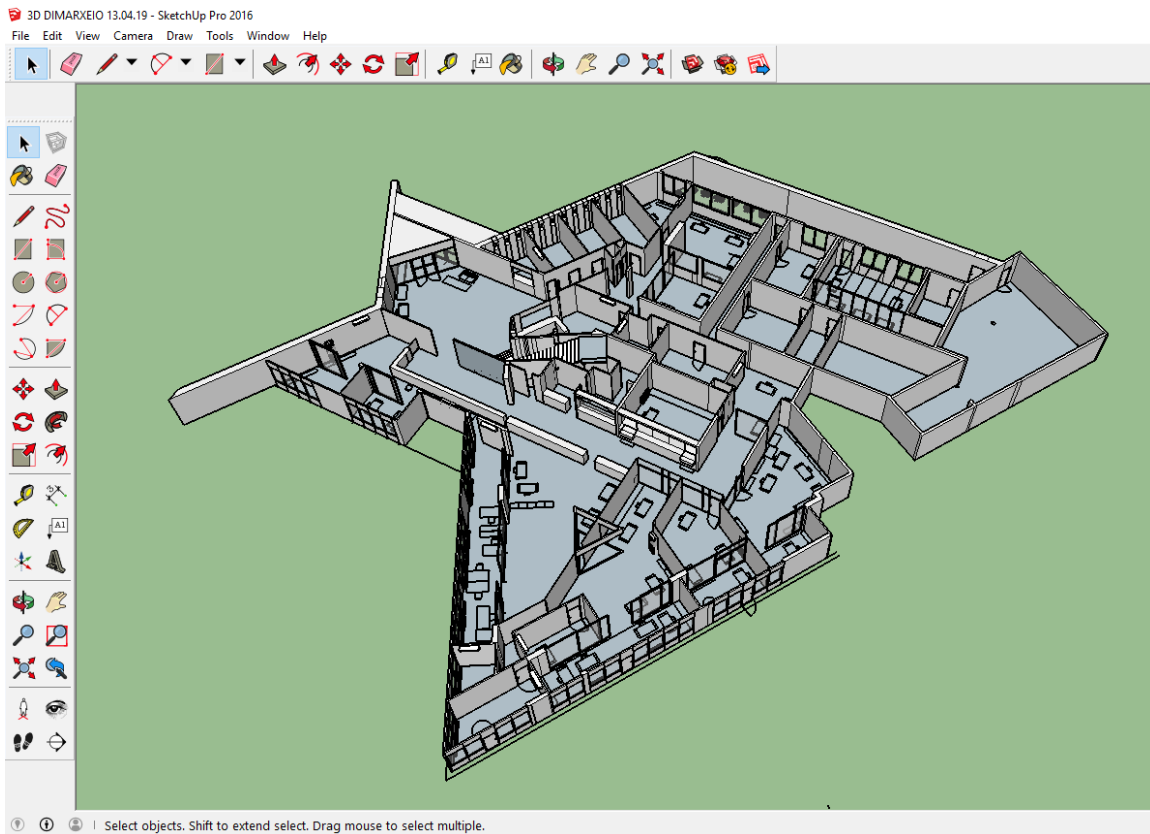
Αρχικά, έγινε εισαγωγή της κατόψης του Δημαρχείου σε μορφή dwg (αρχείο που προέρχεται από το σχεδιαστικό πρόγραμμα του AutoCAD) στο τρισδιάστατο πρόγραμμα σχεδίασης SketchUp Pro. Στη συνέχεια, με την εντολή line σε συνδυασμό με την εντολή push/pull tool σχεδιάστηκαν όλοι οι τοίχοι περιμετρικά αλλά και στο εσωτερικό του κτηρίου. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές εικόνες από τα πρωταρχικά στάδια του μοντέλου.



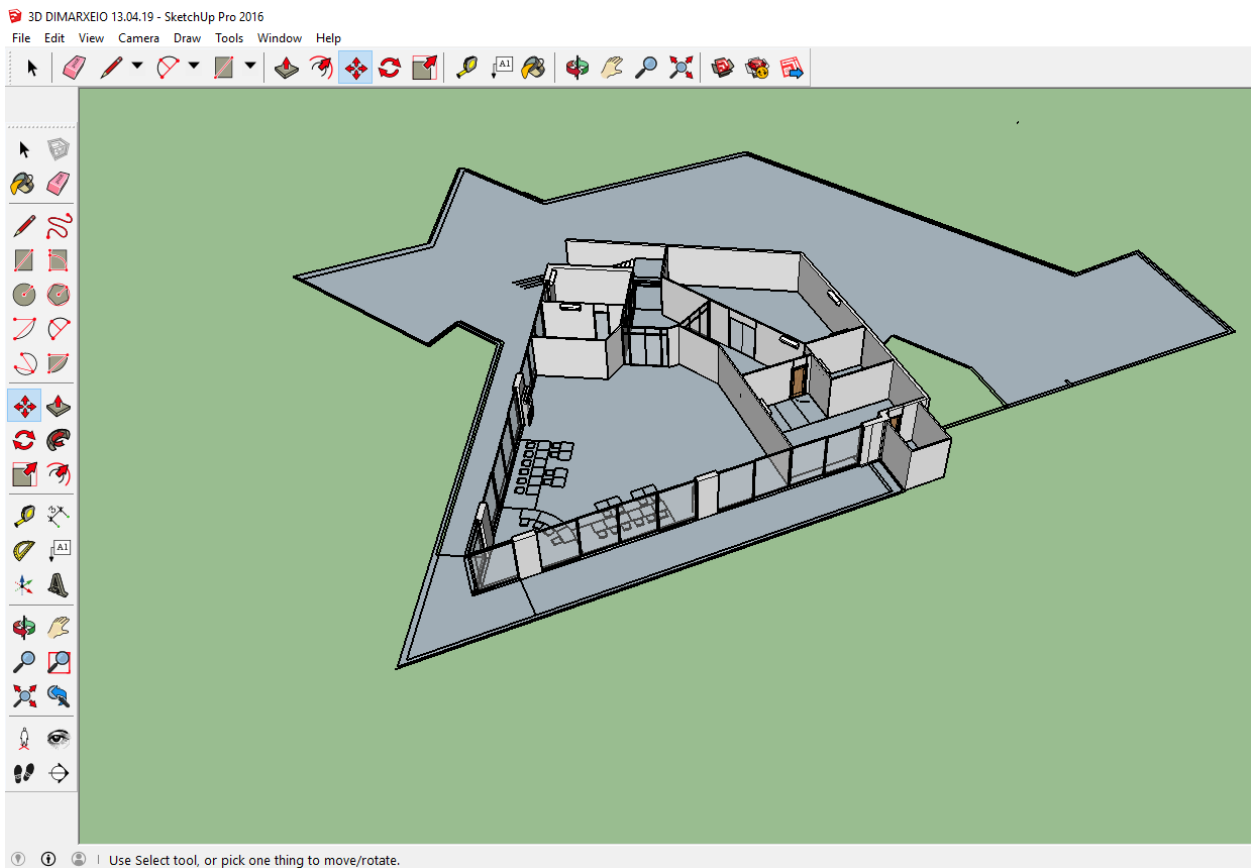
Εικ. 2.42. Εισαγωγή κάτοψης δωματιού σε μορφή dwg. στο SketchUp



Εικ. 2.43. Εισαγωγή κάτοψης ισογείου σε μορφή dwg. στο SketchUp



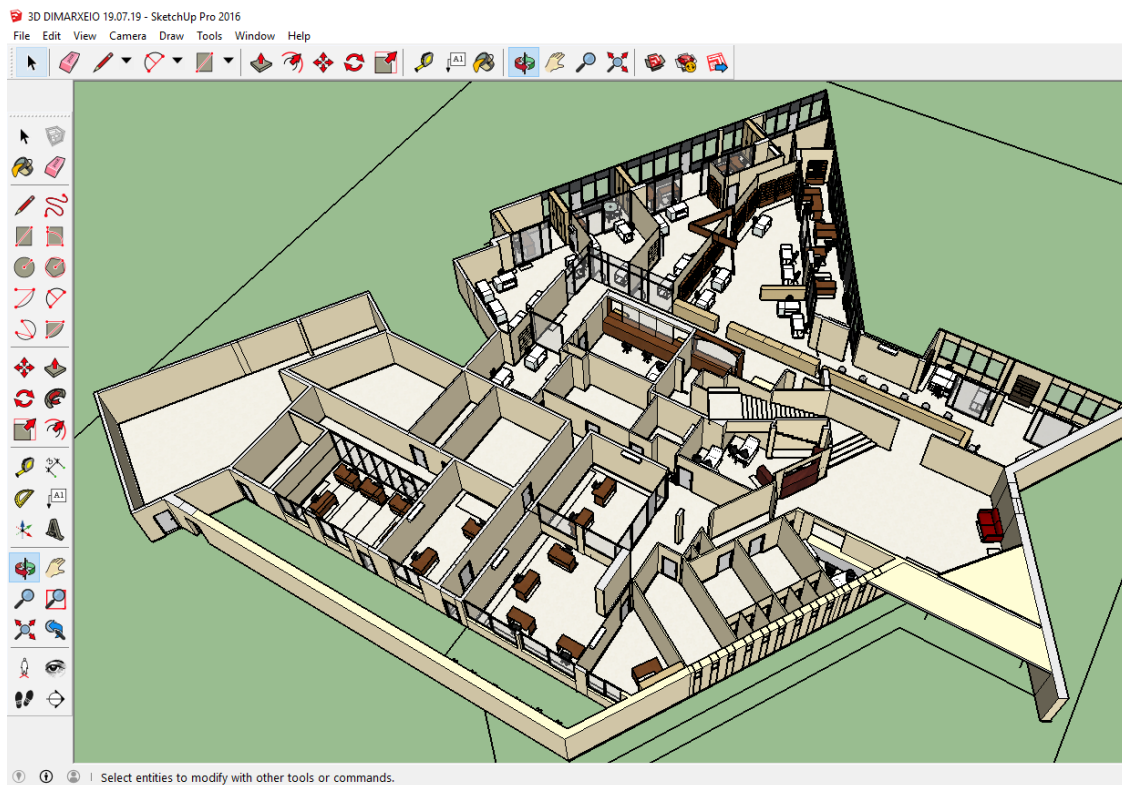
Εικ. 2.44. Δημιουργία τρισδιάστατων στοιχείων του ισογείου στο SketchUp



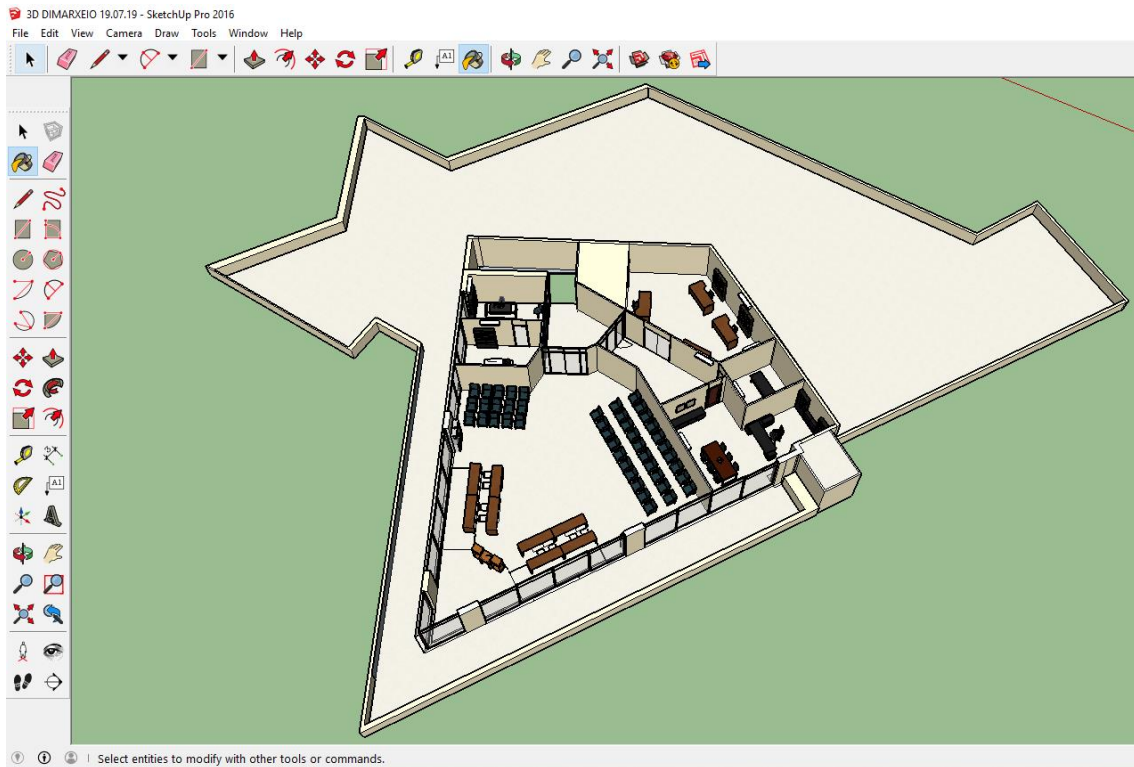
Εικ. 2.45. Δημιουργία τρισδιάστατων στοιχείων του δώματος στο SketchUp

Μετά την δημιουργία των σταθερών τοίχων ακολούθησε ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων. Θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθεί ότι στη προσομοίωση των κουφωμάτων χρησίμευσαν ιδιαίτερα οι όψεις που είχαν σχεδιαστεί στο AutoCad. Γνωρίζοντας τις ακριβείς θέσεις των παραθύρων και των πορτών και χρησιμοποιώντας την εντολή line προσδιορίστηκαν οι θέσεις αυτών και στους τρισδιάστατους όγκους. Στην συνέχεια με την εντολή push/pull tool αφαιρέθηκαν από τους τοίχους ενώ στη θέση τους τοποθετήθηκαν πλαίσια και υαλοπίνακες. Χρησιμοποιώντας την εντολή materials και στη συνέχεια με την εντολή select επιλέχθηκαν τα ξύλινα κουφώματα ή αλουμινένια ενώ για την προσομοίωση τζαμιών χρησιμοποιήθηκε επιπλέον η εντολή edit και συγκεκριμένα μειώθηκε το opacity ώστε το στοιχείο να γίνει διαφανές.

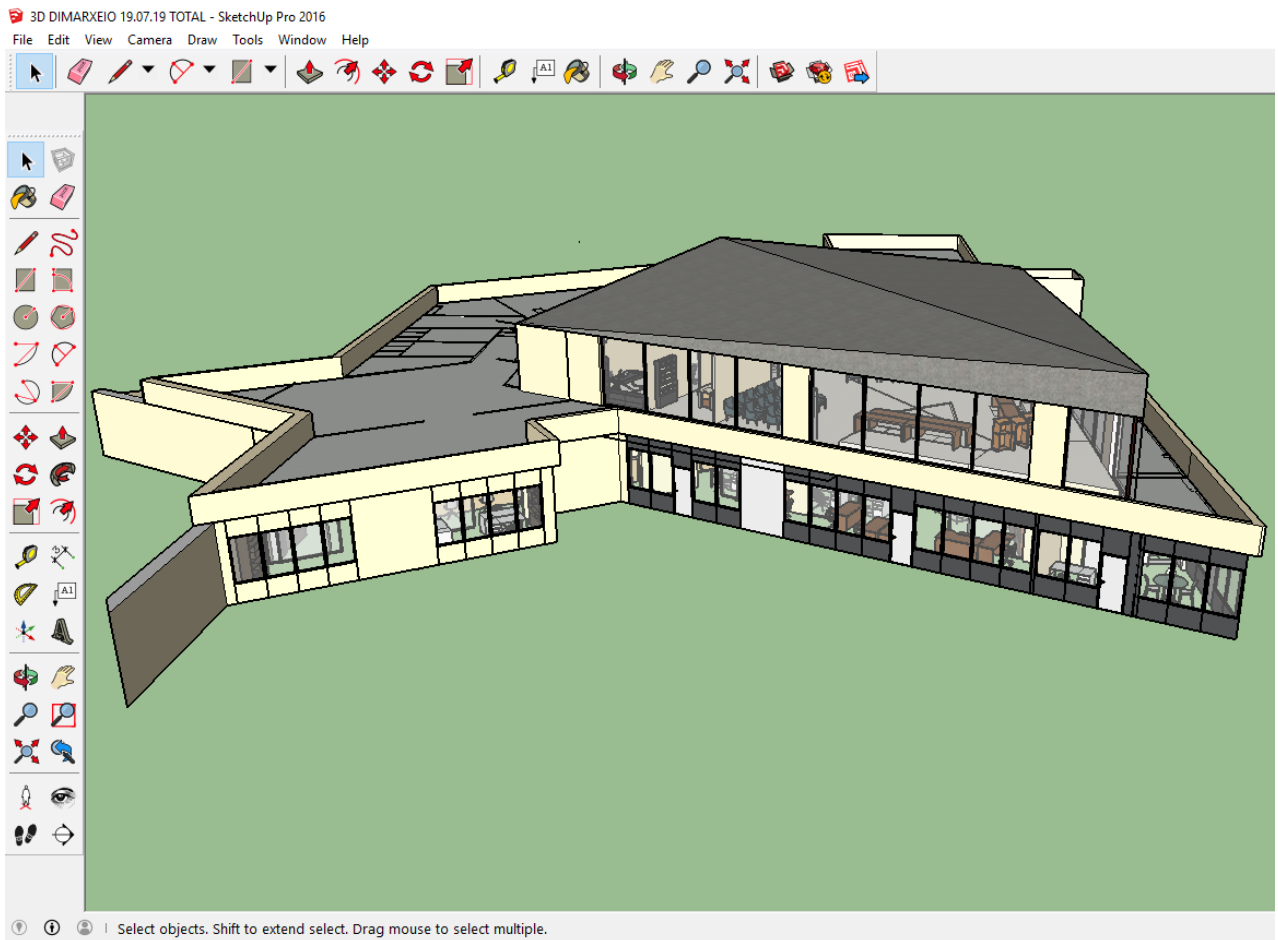
Η διαδικασία των παραπάνω βημάτων συνεχίστηκε μέχρι να ολοκληρωθεί το κτήριο στο σύνολο του. Τέλος, προστέθηκαν κάποια βασικά στοιχεία που βρίσκονται στο χώρο του δημαρχείου όπως γραφεία, βιβλιοθήκες, είδη υγιεινής και A/C. Για να γίνει η εισαγωγή αυτών των αντικειμένων επιλέχθηκε η εντολή 3d warehouse. Ανοίγοντας αυτή τη καρτέλα που βρίσκεται στο οριζόντιο πλαίσιο των κύριων λειτουργιών ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αναζητήσει έτοιμα στοιχεία που θέλει και να τα τοποθετήσει μέσα στο τρισδιάστατο μοντέλο. Επίσης, κάθε στοιχείο έχει τη δυνατότητα να αλλάξει χρώμα και μέγεθος κατ' εντολή του χρήστη.



Εικ. 2.46. Τρισδιάστατη αναπαράσταση του ισόγειου στο Δημαρχείο Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης



Εικ. 2.47. Τρισδιάστατη αναπαράσταση του δωματίου στο Δημαρχείο Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης

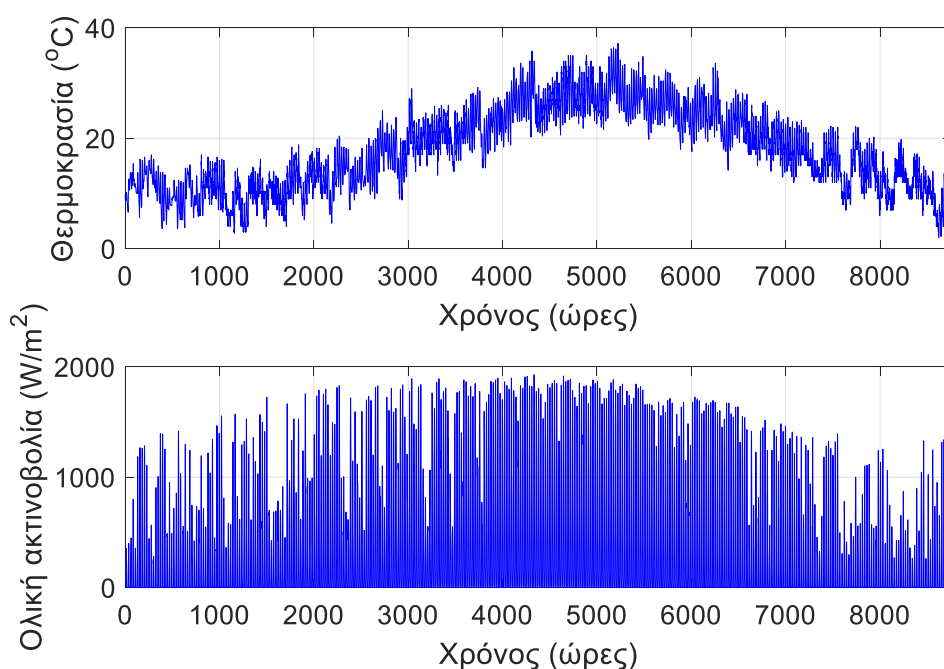


Εικ. 2.48. Τρισδιάστατη αναπαράσταση του Δημαρχείου Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΜΕΣΩ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΤΗΡΙΟΥ ΑΠΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ TRNSYS

3.1 Εισαγωγή

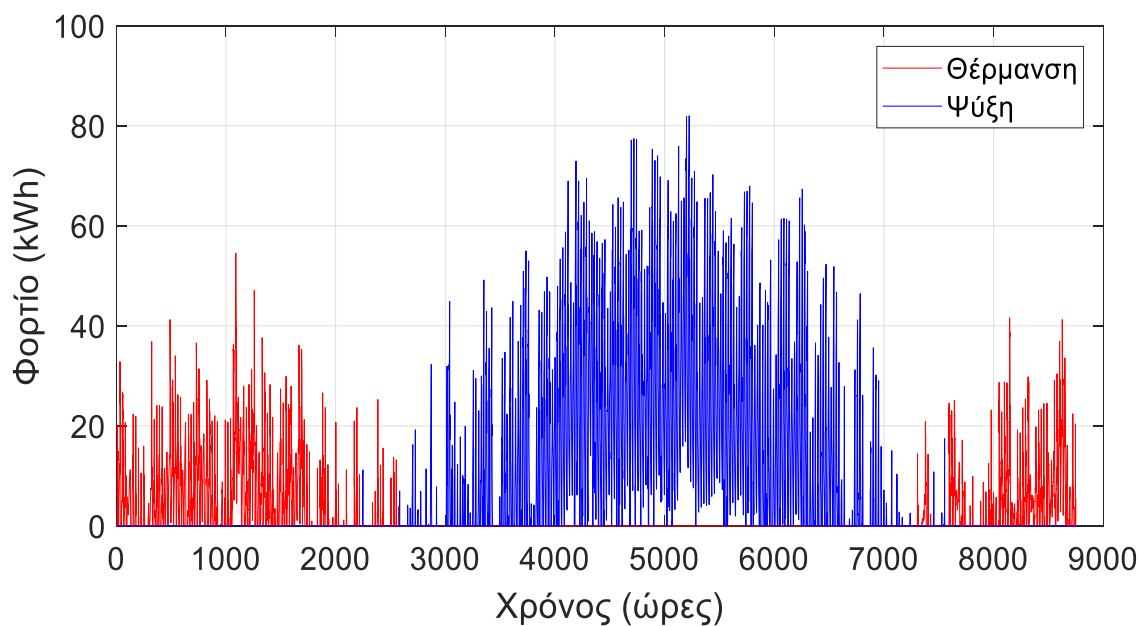
Στην παρούσα φάση, το αναπτυχθέν στο Sketchup μοντέλο εισήχθη στο λογισμικό TRNSYS για την ακριβή προσομοίωση των θερμικών αλληλεπιδράσεων του κτηριακού κελύφους με το περιβάλλον σε ένα έτος, μέσω μετεωρολογικών δεδομένων για ένα τυπικό έτος στην Αθήνα, όπως αυτά συνοψίζονται στην Εικ. 3.1.



Εικ. 3.1. Μετεωρολογικά δεδομένα για την Αθήνα όπως εξήχθησαν από το TRNSYS

Δεδομένου ότι βασικός άξονας της συγκεκριμένης μελέτη είναι η αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων επεμβάσεων, κρίθηκε μη σκόπιμο να γίνει περαιτέρω ανάλυση στη μεθοδολογία υπολογισμού των θερμικών φορτίων μέσα από τα δεδομένα του τρισδιάστατου σχεδίου εντός του TRNSYS.

Μια σύνοψη των αποτελεσμάτων για τα θερμικά και ψυκτικά φορτία που υπολογίσθηκαν από το TRNSYS παρουσιάζεται στην Εικ. 3.2. Όπως παρατηρείται, το μέγιστο ψυκτικό φορτίο του κτηρίου ανέρχεται στα 82 kW, ενώ το αντίστοιχο θερμικό στα 54 kW. Αντίστοιχα, η ετήσια απαίτηση σε θέρμανση ανέρχεται σε 20,3 MWh, ενώ η ψυκτική απαίτηση σε ετήσια βάση ισούται με 72,7 MWh. Δεδομένου, λοιπόν, ότι στην υπάρχουσα κατάσταση η κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του κτηρίου υλοποιείται εκ ολοκλήρου από ατομικές μονάδες air conditioning, οι προαναφερθείσες θερμικές και ψυκτικές απαιτήσεις μεταφράζονται σε μία μέση ηλεκτρική κατανάλωση της τάξης των 6,3 MWh για θέρμανση και 24,3 MWh για ψύξη, αντίστοιχα.



Εικ. 3.2. Αποτελέσματα TRNSYS για τα θερμικά/ψυκτικά φορτία του Δημαρχείου

3.2 Σενάρια

Στην παρούσα φάση τα δεδομένα που εξήχθησαν από το TRNSYS χρησιμοποιήθηκαν σε αντιπαραβολή με ήδη διαθέσιμα, στο εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων, μοντέλα προσομοίωσης της λειτουργίας διαφόρων ενεργειακών συστημάτων για την πρόβλεψη της ανταγωνιστικότητας των υπό μελέτη σεναρίων στην προκείμενη εφαρμογή.

3.2.1 Προσθήκη λέβητα φυσικού αερίου για θέρμανση

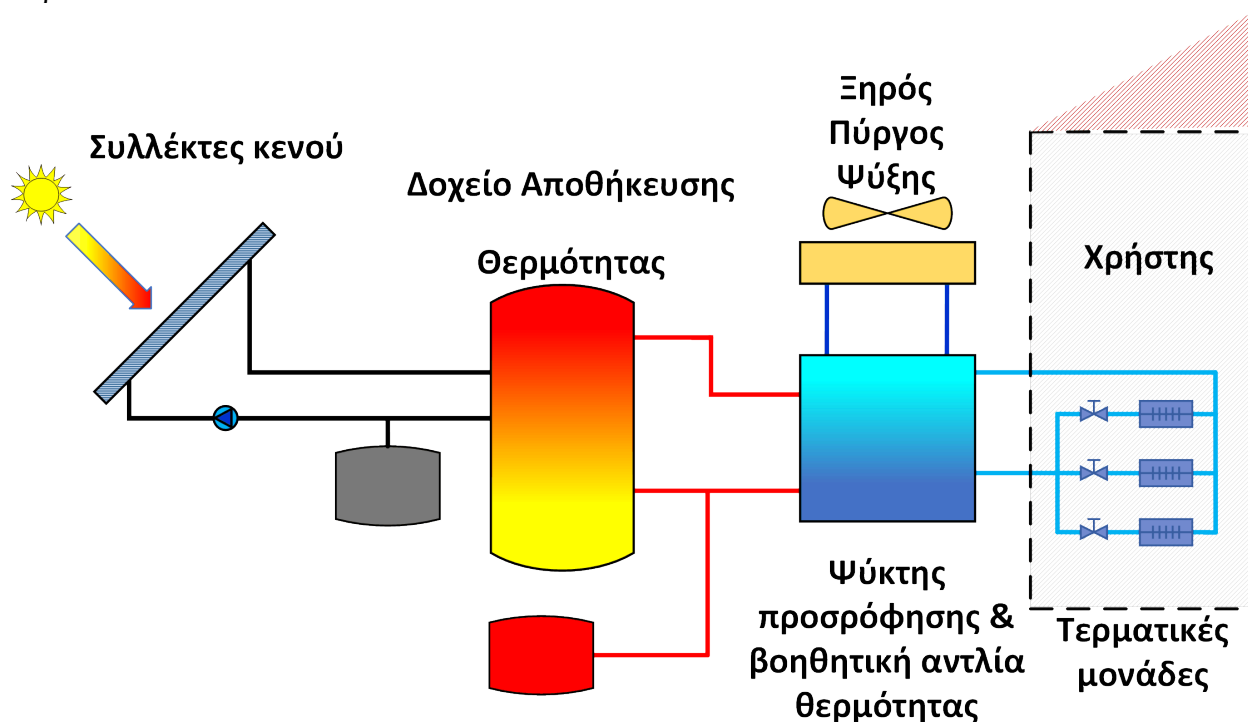
Στο πρώτο και πιο απλοϊκό σενάριο επέμβασης μελετήθηκε η προσθήκη ενός συμβατικού λέβητα φυσικού αερίου θερμικής απόδοσης 95% για την κάλυψη των φορτίων θέρμανσης. Το εν λόγω σενάριο συμπεριλήφθηκε με το σκοπικό να συγκριθεί με την παρούσα κατάσταση της μεγάλης εξάρτησης από την ηλεκτρική ενέργεια.

3.2.2 Το σύστημα zeosol

Η βασική φιλοσοφία του έργου ZEOSOL έγκειται στη σύζευξη ενός ψύκτη προσρόφησης ζεολίθου-νερού με ηλιακούς συλλέκτες. Η ονομαστική ισχύς ψύξης του εν λόγω υβριδικού ψυκτικού συστήματος υπερβαίνει τα 10 kW με μέγιστη αναφερόμενη COP 0,65 και αναπτύχθηκε από την Fahrenheit AG. Προκειμένου να μειωθεί η ισχύς αιχμής του ψυκτικού συστήματος και συνεπώς η απαιτούμενη περιοχή ηλιακού πεδίου, αυξάνοντας ταυτόχρονα την απόδοση στη λειτουργία εκτός ονομαστικού σημείου, μια εφεδρική αντλία θερμότητας συνδέεται με τον ψύκτη προσρόφησης. Η εφεδρική αντλία θερμότητας έχει ονομαστική ισχύ 10 kW και χρησιμοποιείται κυρίως για την κάλυψη φορτίων αιχμής. Το ηλιακό πεδίο αποτελείται από 40 m² ηλιακών συλλεκτών κενού που κατασκευάζονται από την AkoTec [29]. Μια σχηματική απεικόνιση του συστήματος παρουσιάζεται στην Εικ. 3.3.

Για τις ανάγκες της εν λόγω μελέτης, η ονομαστική ισχύς του συστήματος θα έπρεπε να πενταπλασιαστεί. Με αυτή τη λογική, πρακτικά θεωρείται η λειτουργία πέντε παράλληλα

συνδεδεμένων μονάδων Zeosol ονομαστικής ισχύος 20 kW έκαστη, όπως αυτή που αναφέρθηκε παραπάνω.



Εικ. 3.3. Σχηματική απεικόνιση του συστήματος ZEOSOL

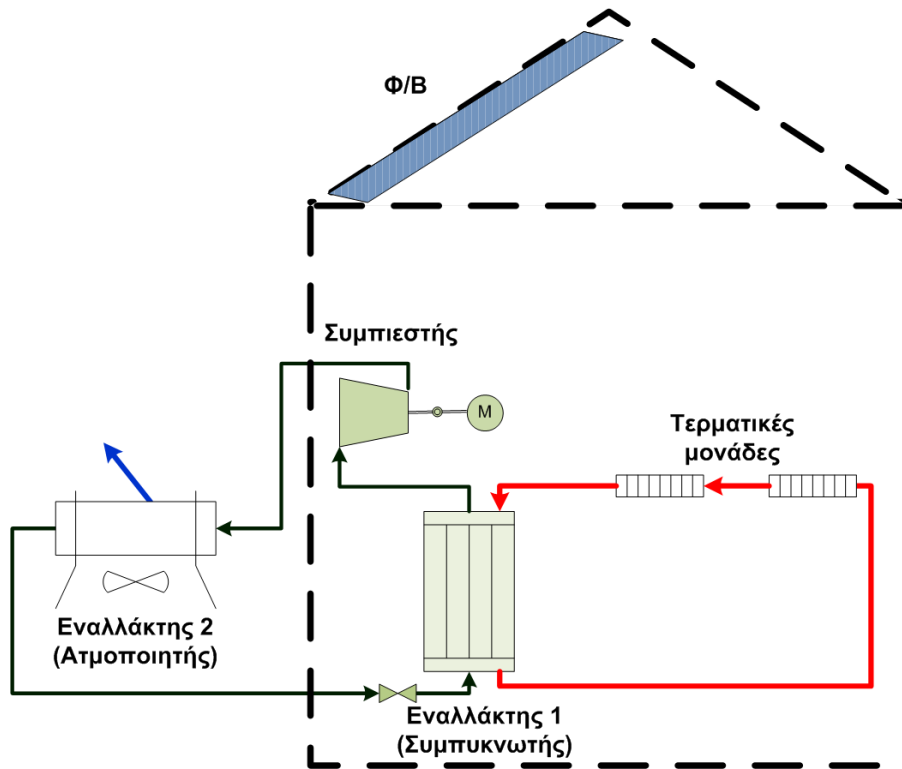
Δεδομένης της μη πλήρους εμπορικότητας του εν λόγω συστήματος, αναπτύχθηκαν προς μελέτη τρία επιμέρους σενάρια:

- Zeosol 1: Πλήρης κάλυψη από την ηλιακά εκκινούμενη αντλία θερμότητας με προσρόφηση μέσω ηλιακού πεδίου 200 m²
- Zeosol 2: Πλήρης κάλυψη από το συνδυασμό της ηλιακά εκκινούμενης αντλίας θερμότητας με προσρόφηση μέσω ηλιακού πεδίου 100 m² και αυξημένη χρήση της εφεδρικής συμβατικής αντλίας θερμότητας για την κάλυψη των φορτίων αιχμής
- Zeosol 3: Μερική κάλυψη από την ηλιακά εκκινούμενη αντλία θερμότητας με προσρόφηση μέσω ηλιακού πεδίου 80 m² και υπερδιαστασιολόγηση της εφεδρικής συμβατικής αντλίας θερμότητας για την κάλυψη των φορτίων βάσης

3.2.3 Ηλιακή ψύξη/θέρμανση με Φ/Β και αντλία θερμότητας

Το τελευταίο σενάριο, που μελετήθηκε σε αυτό το σκέλος της εργασίας, περιλαμβάνει την προσθήκη διάταξης φ/β με αντλία θερμότητας για την πλήρη κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών αναγκών του κτηρίου.

Το φωτοβολταϊκό πεδίο που θεωρήθηκε χρησιμοποιείται πρωτίστως για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών της συμβατικής αντλίας θερμότητας, ενώ τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια εγχύεται στο δίκτυο και πραγματοποιείται ενεργειακός συμψηφισμός με τις λοιπές ηλεκτρικές καταναλώσεις του Δημαρχείου.



Εικ. 3.4. Σχηματική απεικόνιση διάταξης φ/β με αντλία θερμότητας σε χειμερινή λειτουργία.

3.2.4 Δείκτες απόδοσης συστημάτων

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται συνοπτικά οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση και σύγκριση των εναλλακτικών σεναρίων σε ενεργειακό, οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο.

Όσον αφορά τη ενεργειακή προσέγγιση, η πιο κοινή έκφραση που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη λειτουργία του κύκλου είναι η ολική θερμική απόδοση ή ηλιακός βαθμός μετατροπής (solar conversion efficiency). Στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση:

$$\eta_{tot} = \frac{\dot{Q}_{out}}{\dot{Q}_{sol}} \quad (3.1)$$

Με

$$\dot{Q}_{sol} = I_b \cdot A_{col} \quad (3.2)$$

Ενώ η εξαγόμενη ισχύς να ισούται εξ ολοκλήρου με (i) το άθροισμα των ψυκτικών και θερμικών απαιτήσεων του κτηρίου στην περίπτωση των σεναρίων της προσθήκης λέβητα και των σεναρίων που αφορούν το σύστημα Zeosol και (ii) το άθροισμα των ψυκτικών και θερμικών απαιτήσεων του κτηρίου προσαυξημένο με την πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια στην περίπτωση του συστήματος με τα φ/β:

$$\dot{Q}_{out} = \begin{cases} \dot{Q}_{tot,cool} + \dot{Q}_{tot,heat} & , \quad \text{λοιπά σεσνάρια} \\ \dot{Q}_{tot,cool} + \dot{Q}_{tot,heat} + P_{el,net} & , \quad \text{σεσνάριο φ/β} \end{cases} \quad (3.3)$$

Αναφορικά με την εξοικονομούμενη ενέργεια στην περίπτωση του σεναρίου των φ/β, αυτή υπολογίζεται ως εξής:

$$Q_{sav} = \sum P_{el,\phi/B} - \sum P_{el,HP} = \sum P_{el,net} \quad (3.4)$$

Η ανάλυση επεμβάσεων που περιλαμβάνει τα άνωθεν συστήματα για να είναι ολοκληρωμένη θα πρέπει να βασίζεται επίσης στην οικονομική του σκοπιμότητα, που συνεπάγεται τον υπολογισμό της ανταγωνιστικότητας των προτεινόμενων λύσεων. Υπάρχουν διάφοροι δείκτες που θα μπορούσαν να περιγράψουν την οικονομική απόδοση των υπό μελέτη σεναρίων. Αυτές που επιλέγησαν σαν πιο συχνά εφαρμοζόμενες σε μελέτες συστημάτων εκκινούμενων από ηλιακή ενεέργεια είναι η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ), η Περίοδος Αποπληρωμής (Payback Period- PbP) και το Σταθμισμένο Κόστος Ενέργειας (Levelized cost of energy - LCoE).

Η ΚΠΑ είναι το άθροισμα της παρούσας αξίας όλων των μελλοντικών εισροών που μειώνονται με την παρούσα αξία όλων των μελλοντικών εκροών (λειτουργικό κόστος για τη συντήρηση, $OPEX_m$, και αρχική επένδυση, CAPEX) και προκύπτει από την κατωτέρω εξίσωση. Εάν η τελική τιμή είναι θετική, σημαίνει ότι η επένδυση θα είναι οικονομικά κερδοφόρα κατά τη διάρκεια της ζωής της. Αντίθετα, η αρνητική ΚΠΑ αντιπροσωπεύει ένα μη βιώσιμο επενδυτικό σχέδιο.

$$ΚΠΑ = -CAPEX + \sum_{t=1}^{t=20} \frac{(CF_{pr} - OPEX_m)}{(1+r)^t} \quad (3.5)$$

Το επιτόκιο για την ανάλυση αυτή και για όλους τους δείκτες ελήφθη ίσο με 6%.

Με τα ετήσια κέρδη να υπολογίζονται ως η εξοικονόμηση εξόδων σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση ετησίων καταναλώσεων ηλεκτρικού ρεύματος και συντήρησης για την κάλυψη των θερμικών και ψυκτικών φορτίων του κτηρίου:

$$CF_{pr} = OPEX_{conv} - OPEX_{cases} \quad (3.6)$$

Όπου τα κόστη συντήρησης, $OPEX_m$, λήφθησαν κατά περίπτωση όπως φαίνεται στον συγκεντρωτικό Πιν. 3.2.

Αντίστοιχα, για τα αρχικά κόστη επένδυσης λήφθησαν τα εξής:

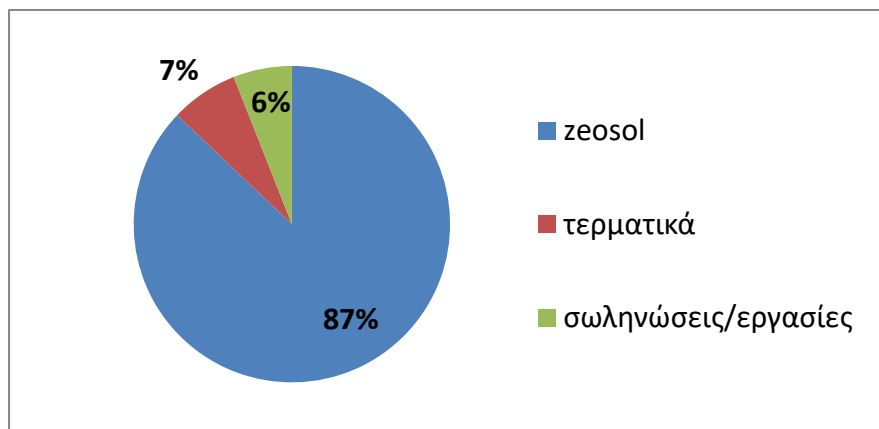
I. Σενάριο προσθήκης λέβητα φυσικού αερίου για θέρμανση

- Το κόστος απόκτησης ενός λέβητα φυσικού αερίου ονομαστικής θερμικής ισχύος 55 kW θεωρήθηκε ίσο με 2500 € (δεδομένο από τρέχουσες τιμές της αγοράς)
- Το κόστος για τερματικές μονάδες θέρμανσης λήφθηκε ίσο 10 €/τμήμα (θερμική απόδοση τμήματος 129 W)
- Τα κόστη σωληνώσεων/εγκατάστασης προσεγγιστικά λήφθησαν περί τα 7500 €

II. Σενάριο ZEOSOL

- Το κόστος απόκτησης του συστήματος Zeosol λήφθηκε ίσο με 2000 €/kWc για την περίπτωση 1. Για το σενάριο με τη μειωμένη επιφάνεια ηλιακών το συνολικό κόστος μειώθηκε κατά το κόστος των 100 m² συλλεκτών που δεν χρησιμοποιήθηκαν, δεδομένου ότι το ειδικό κόστος των ηλιακών συλλεκτών κενού είναι ίσο με 700 €/m² [30]. Τέλος για το σενάριο 3, το συνολικό κόστος για το zeosol στα δεδομένα kW ελήφθη στο 40% του σεναρίου 1 (λόγω μειωμένου κόστους της αντλίας θερμότητας και περαιτέρω μείωσης της επιφάνειας των ηλιακών συλλεκτών)

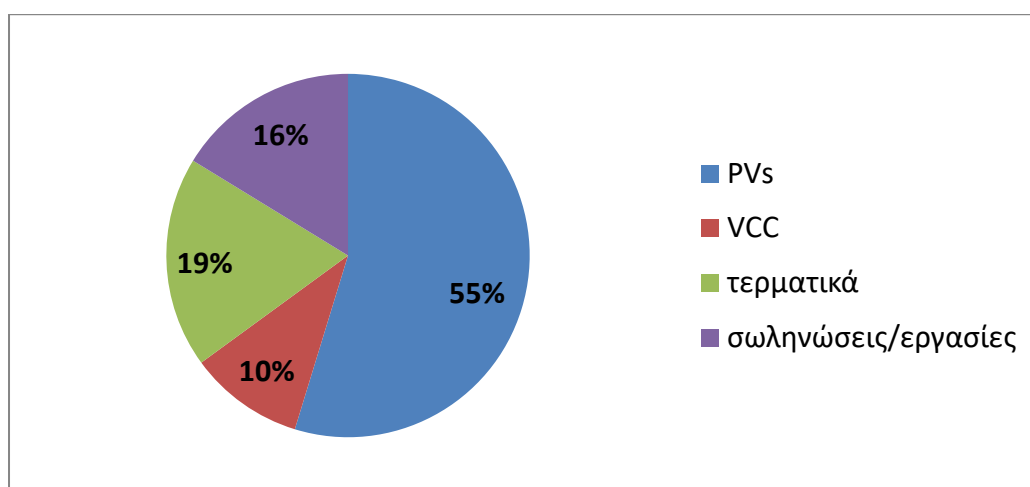
- Το κόστος για τις τερματικές μονάδες (fancoils) λήφθηκε ίσο με 550 €/μονάδα (ψυκτική ισχύς μονάδας 3,5 kWc)
- Τα κόστη σωληνώσεων/εγκατάστασης προσεγγιστικά λήφθησαν περί τα 10000 €



Εικ. 3.5. Κατανομή κόστους επένδυσης εγκατάστασης Zeosol με τερματικές μονάδες

III. Σενάριο Φ/Β και αντλία θερμότητας

- Το κόστος απόκτησης μιας αντλίας θερμότητας ονομαστικής ψυκτικής ισχύος 85 kWc ελήφθη ίσο με 6294 €, δεδομένο από τρέχουσες τιμές της αγοράς.
- Το ειδικό κόστος κτήσης των φ/β συμπεριλαμβανομένων των παρελκομένων σύνδεσης με το δίκτυο (ηλεκτρονικά ισχύος, βάσεις στήριξης κ.ο.κ.) θεωρήθηκε ίσο με 1100 €/kW_p [31]
- Το κόστος για τις τερματικές μονάδες (fancoils) λήφθηκε ίσο με 550 €/μονάδα (ψυκτική ισχύς μονάδας 3,5 kWc)
- Τα κόστη σωληνώσεων/εγκατάστασης προσεγγιστικά λήφθησαν περί τα 10000 € (δεδομένου ότι οι εργασίες είναι όμοιες με την περίπτωση των σεναρίων του συστήματος Zeosol)



Εικ. 3.6. Κατανομή κόστους επένδυσης εγκατάστασης φ/β με αντλία θερμότητας

Σχετικά με τα κόστη ενέργειας, αυτά λήφθηκαν από δεδομένα της Eurostat για την περίπτωση του φυσικού αερίου επαγγελματικών καταναλωτών [32]. Αναφορικά με τα κόστη ηλεκτρικής ενέργειας, το τιμολόγιο του Δημαρχείου είναι κατηγορίας Γ22.

Το Επαγγελματικό Τιμολόγιο Γ22 απευθύνεται σε επαγγελματίες Χαμηλής Τάσης, για χρήση σε κτήρια γραφείων, μεγάλα καταστήματα, μεσαίες βιοτεχνίες κ.λπ. Χορηγείται σε μονάδες με εγκατεστημένη ισχύ μεγαλύτερη από 25 kVA και έως 250 kVA [33]. Βάσει του τιμοκαταλόγου της ΔΕΗ, εξήχθησαν για την περίπτωση των ηλεκτρικών καταναλώσεων το συνολικό κόστος ηλεκτρικού ρεύματος κατά περίπτωση.

Σχετικά με την μείωση του συνολικού κόστους από τη χρήση φ/β για το τελευταίο υπό μελέτη σενάριο, η τιμή έγχυσης της παραγόμενης από τα φ/β ενέργειας στο δίκτυο προέκυψε από το ανταγωνιστικό μέρος του λογαριασμού, όπως ακριβώς εφαρμόζεται και στην πραγματικότητα σύμφωνα με το τρέχον καθεστώς. Για αυτό το σκοπό, εισήχθησαν τα αποτελέσματα των πραγματικών μετρήσεων κατανάλωσης συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας όπως προέκυψαν από καταγραφές της ΔΕΗ για το έτος 2016 στους δύο μετρητές του κτηρίου. Βάσει των μηνιαίων τιμολογίων προέκυψε με αυτό το τρόπο ότι οι ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος για το έτος 2016 ανήλθαν σε 229.680 kWh.

Η περίοδος αποπληρωμής ορίζεται ως η διάρκεια ζωής στην οποία η ΚΠΑ είναι ίση με το μηδέν. Προκειμένου η επένδυση να είναι κερδοφόρα, το υπολογιζόμενο PbP πρέπει να είναι χαμηλότερο από την αντίστοιχη επιλεγμένη διάρκεια ζωής.

$$PBP = - \frac{\ln\left(\frac{1-i \cdot CAPEX}{CF_{pr} - OPEX_m}\right)}{\ln(1+r)} \quad (3.7)$$

Τέλος, το Σταθμισμένο Κόστος Ενέργειας υπολογίζει το κόστος της παραγόμενης ενέργειας εντός της διάρκειας ζωής του συστήματος. Υπολογίζεται διαιρώντας τα έξοδα παραγωγής, μειωμένα σε ετήσια περίοδο, με την αντίστοιχη ετήσια ενέργεια και καθορίζει το κόστος μιας ηλεκτρικής kWh, μέσα από την εξίσωση [34]:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^{t=20} \frac{(CAPEX_t + CF_{pr} - OPEX_m)}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{t=20} \frac{(EG_t)}{(1+r)^t}} \quad (3.8)$$

Όπου EG_t είναι η ετήσια παραγόμενη ενέργεια ανά σενάριο.

Τέλος σχετικά με τον υπολογισμό εξοικονόμησης ισοδύναμων εκπομπών CO₂ αυτό πραγματοποιήθηκε μέσω συντελεστών εκπομπής ανά παραγόμενη kWh, όπως αυτά εξήχθησαν από το πρόγραμμα SimaPro με χρήση της μεθόδου ReciPe2016 για δεδομένα του ηλεκτρικού μείγματος της Ελλάδας στην περίπτωση του ηλεκτρισμού και αντίστοιχα δεδομένα λέβητα φυσικού αερίου από τη βιβλιοθήκη της ecoinvent 3.2 [35]. Οι συντελεστές που χρησιμοποιήθηκαν εμφανίζονται στον Πιν.3.1.

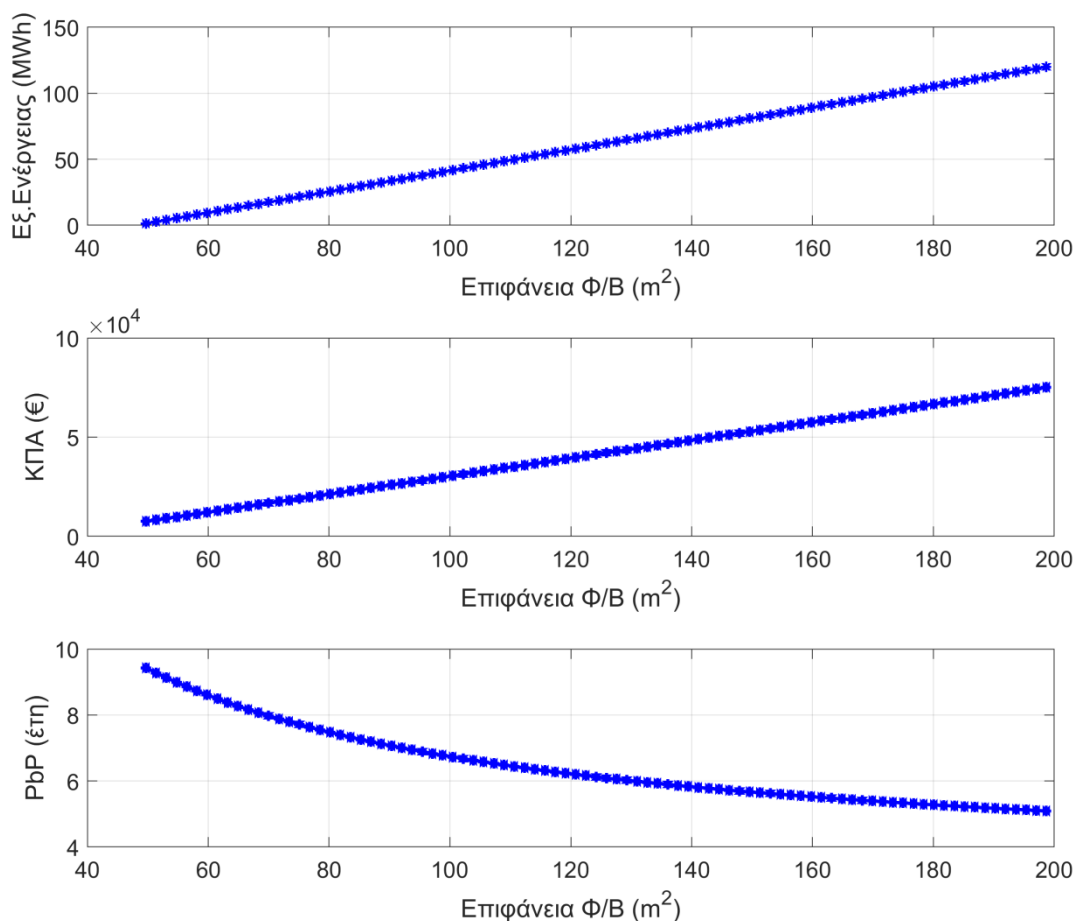
Πιν. 3.1. Συντελεστές ισοδύναμων εκπομπών CO₂

	Ηλεκτρική ενέργεια	Θερμική ενέργεια από λέβητα φυσικού αερίου
Συντελεστής ($tn_{eq,CO_2}/MWh$)	0,8904266	0,2452353

3.3 Αποτελέσματα

Με τη χρήση των άνωθεν δεικτών και των μοντέλων προσομοίωσης των συστημάτων των επιμέρους σεναρίων, όπως αυτά είχαν αναπτυχθεί εντός του εργαστηρίου, εξήχθησαν τα βασικά αποτελέσματα για την δυναμική των υπό μελέτη συστημάτων.

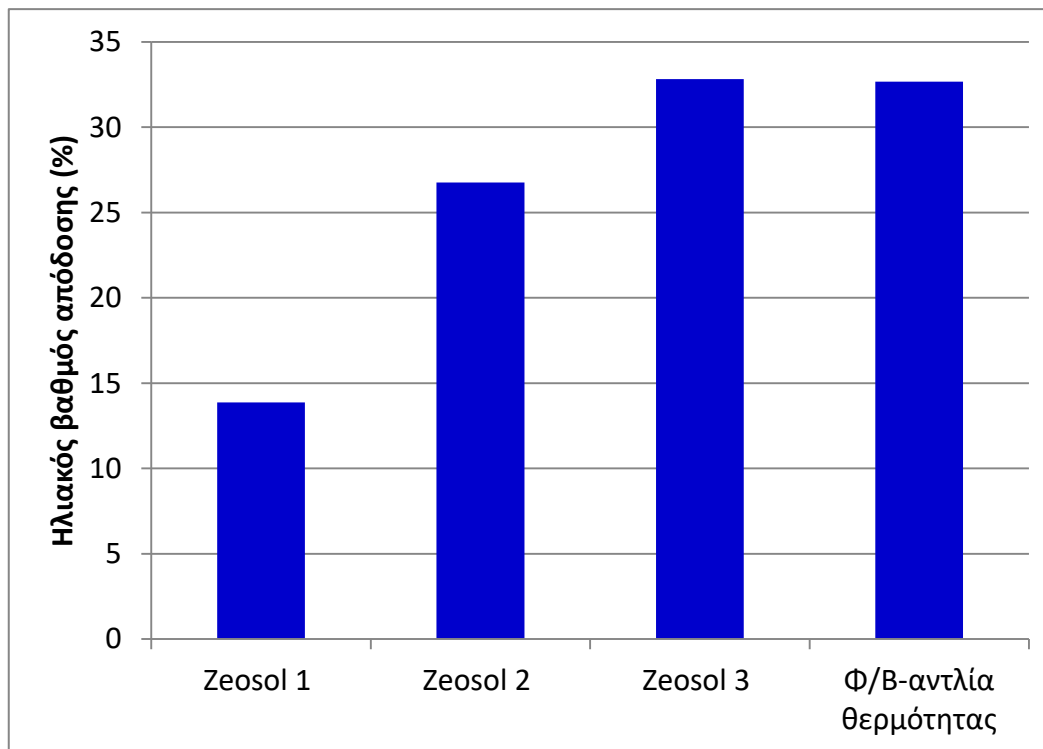
Και στα τρία επίπεδα, ενεργειακά, οικονομικά και περιβαλλοντικά, πιο συμφέρουσα αποδείχθηκε η περίπτωση των φ/β με αντλία θερμότητας. Για αυτό το λόγο έγινε και μια περαιτέρω ανάλυση του εν λόγω σεναρίου για διάφορες επιφάνειες του φ/β πεδίου, όπως φαίνεται και στην Εικ. 3.7. Όπως παρατηρείται, αυξανόμενη της επιφάνειας των φ/β τα οικονομικά της εγκατάστασης βελτιώνονται. Αυτό οφείλεται αφενός στο πλεόνασμα ηλιακής ενέργειας που διαθέτει ένα τυπικό έτος στην Αθήνα καθώς και στα μεγάλα ηλεκτρικά φορτία του κτηρίου που επιτρέπουν την υλοποίηση του ενεργειακού συμψηφισμού σε κάθε περίπτωση. Βάσει και αυτών των αποτελεσμάτων τα λοιπά διαγράμματα όπως και ο συγκεντρωτικός Πιν. 3.2 θα εστιάσουν στο σενάριο του μέγιστου φ/β πεδίου των 200 m².



Εικ. 3.7. Αποτελέσματα μοντέλου Φ/Β-αντλίας θερμότητας για διάφορες επιφάνειες φ/β στοιχείων

Όσον αφορά τον βαθμό μετατροπής της ενέργειας, ο μικρότερος υπολογίστηκε στην περίπτωση της πλήρους κάλυψης από το σύστημα Zeosol με 13,9% λόγω του χαμηλού COP του ψύκτη προσρόφησης. Από την άλλη πλευρά, όσο αυξάνεται η συνεισφορά της εφεδρικής αντλίας θερμότητας, δεδομένου του υψηλού COP της, αυξάνεται και ο συνολικός βαθμός μετατροπής της ενέργειας (σενάρια Zeosol 2-3), όπως φαίνεται και στην Εικ. 3.8. Μάλιστα ο μεγαλύτερος

βαθμός μετατροπής καταγράφηκε για την περίπτωση του Zeosol 3, με τιμή ίση με 32,8% πράγμα που αναδεικνύει ότι η σύμπραξη της εφεδρικής αντλίας θερμότητας με την αντλία προσρόφησης προσφέρει μεγάλα περιθώρια εξοικονόμησης. Σε κάθε περίπτωση, σταθερά μεγάλο βαθμό μετατροπής καταγράφει το σύστημα των φ/β με τη συμβατική αντλία θερμότητας με τιμή ίση με 32,6%.



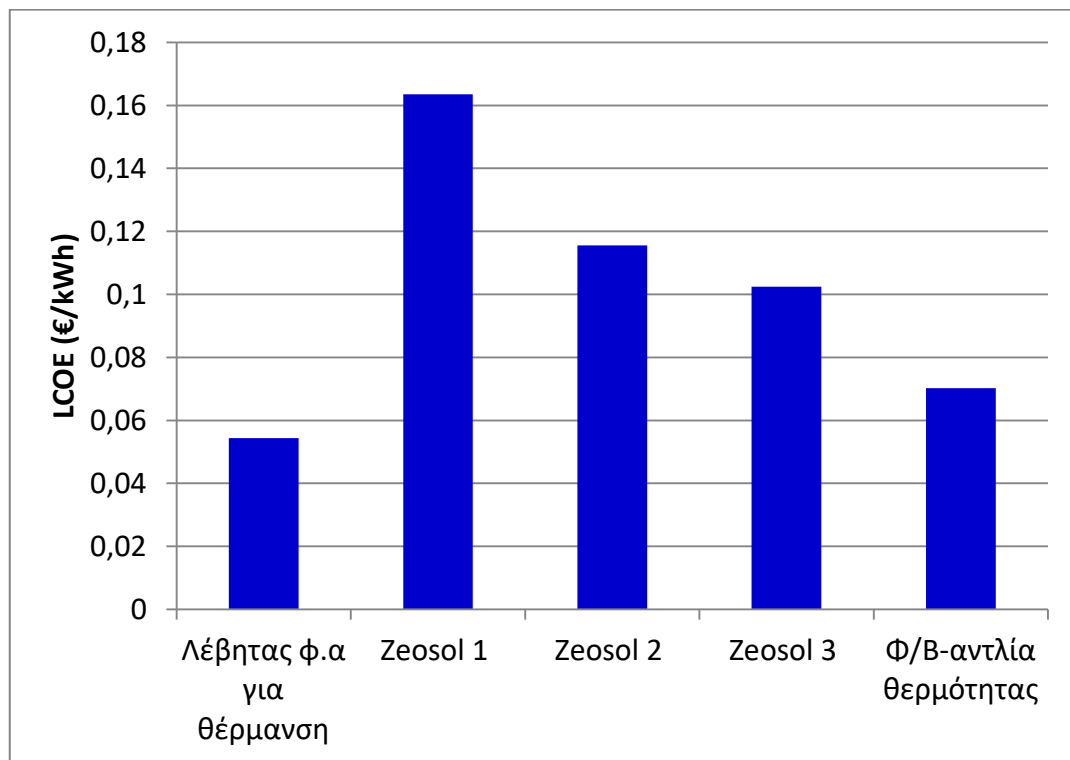
Εικ. 3.8. Αποτελέσματα μελέτης σεναρίων σχετικά με τον ενεργειακό βαθμό μετατροπής της ηλιακής ενέργειας

Σχετικά με τους οικονομικούς δείκτες, διαπιστώθηκε μεγάλη απόκλιση ανά δείκτη και τεχνολογία. Στην περίπτωση της ΚΠΑ και της περιόδου αποπληρωμής τη βέλτιστη συμπεριφορά εμφανίζει το σενάριο των φ/β με τη συμβατική αντλία θερμότητας, λόγω της ωριμότητας των δύο τεχνολογιών εν συγκρίσει με τα λοιπά σενάρια (Πιν. 3.2).

Ιδιάζουσα μορφή παρουσιάζει το αποτέλεσμα του σταθμισμένου κόστους ενέργειας όπως φαίνεται και στην Εικ. 3.9. Σε αυτή την περίπτωση το χαμηλότερο κόστος παρουσιάζει το σενάριο του λέβητα φ.α. με τιμή 0,05 €/kWh. Ωστόσο, αν ληφθεί υπόψη ότι το συγκεκριμένο σύστημα καταναλώνει σε ένα μεγάλο βαθμό φυσικό αέριο (με τιμή 0,0335 €/kWh [32]) τότε συνειδητοποιεί κανείς ότι το σταθμισμένο κόστος της τεχνολογίας αυτής δεν είναι τόσο ανταγωνιστικό. Από την άλλη πλευρά, στα ηλιακά βοηθούμενα συστήματα, σε πλήρη αναλογία με τους λοιπούς οικονομικούς δείκτες, την καλύτερη απόδοση εμφανίζει το σύστημα των φ/β με τη συμβατική αντλία θερμότητας με τιμή του LCOE ίση με 0,07 €/kWh, τιμή αισθητά χαμηλότερη από την αντίστοιχη τιμή αγοράς της ηλεκτρικής kWh από το δίκτυο.

Τέλος, αναφορικά με την εξοικονόμηση ρύπων, παρατηρείται ότι εν τέλει το σύστημα του λέβητα δεν προσφέρει καν κάποια εξοικονόμηση ενέργειας και άρα συνεπάγεται επιβάρυνση του περιβαλλοντικού αντικτύπου. Αντίθετα, μέγιστη εξοικονόμηση επιτυγχάνεται με τα φ/β, καθώς το πλεονάζον ποσό παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτει και μέρος των λοιπών

ηλεκτρικών καταναλώσεων του Δημαρχείου με αποτέλεσμα να επιτρέπει τη σημαντική μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του εν λόγω κτηρίου.



Εικ. 3.9. Αποτελέσματα μελέτης σεναρίων σχετικά με το LCOE

Πιν. 3.2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εναλλακτικών συστημάτων

	Τρέχουσα κατάσταση	Λέβητας φ.α για θέρμανση	Zeosol 1	Zeosol 2	Zeosol 3	Φ/Β-αντλία θερμότητας
Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρισμού (kWh)	30667	24328	12942	18498	20090	-
Ετήσια κατανάλωση φυσικού αερίου (kWh)		21351	-	-	-	-
Κόστη						
Κόστη συντήρησης, OPEX _m (€)	850	475	100	175	313	3366
Ετήσια λειτουργικά κόστη (€)	4098	3767	1471	2134	2440	3366
Κόστος επένδυσης, CAPEX (€)		15640	167005	104667	86197	61504
Απόδοση συστήματος						
Ηλιακός βαθμός απόδοσης(%)		-	13,86	26,76	32,82	32.66
Δείκτες οικονομικής απόδοσης						
PbP (έτη)		47,25118	63,57161	53,30217	52,00205	5,09
NPV (€)		-11843,5	-136873	-82144,1	-67184,5	75080
LCOE (€/kWh)		0,054327	0,163493	0,1155	0,102458	0,070206
Περιβαλλοντικοί δείκτες						
εξ. CO ₂ (tn/έτος)		-0,40802	15,78245	10,83524	9,417682	106,8512

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ.

4.1 Εφαρμογή του λογισμικού ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ.

4.1.1 Καθορισμός Θερμικών Ζωνών

Για τη μελέτη του κτηρίου απαιτείται ο διαχωρισμός του σε θερμικές ζώνες. Οι θερμικές ζώνες είναι χώροι με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 τμήματα του κτηρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτηρίου πρέπει να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών. Βάσει λοιπόν της θεώρησης ότι οι κοινόχρηστοι χώροι του κλιμακοστασίου καταλαμβάνουν λιγότερο από το 10% της συνολικής κάτοψης του κτηρίου (δηλαδή επιφάνεια <132,135m²), δεν θα θεωρηθεί ανεξάρτητη θερμική ζώνη ο χώρος του κλιμακοστασίου. Το προς μελέτη κτήριο είναι ενιαίας χρήσης αφού και το ισόγειό του και το δώμα λειτουργούν ως γραφεία.. Έτσι λοιπόν, για την περίπτωση αυτή η ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 δεν απαιτεί ξεχωριστούς υπολογισμούς για την ενεργειακή απόδοση και ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου. Για την εκτέλεση της ακόλουθης μελέτης θεωρήθηκε μια θερμική ζώνη όλο το κτήριο.

4.1.2 Εισαγωγή των δεδομένων του Δημαρχείου στο πρόγραμμα

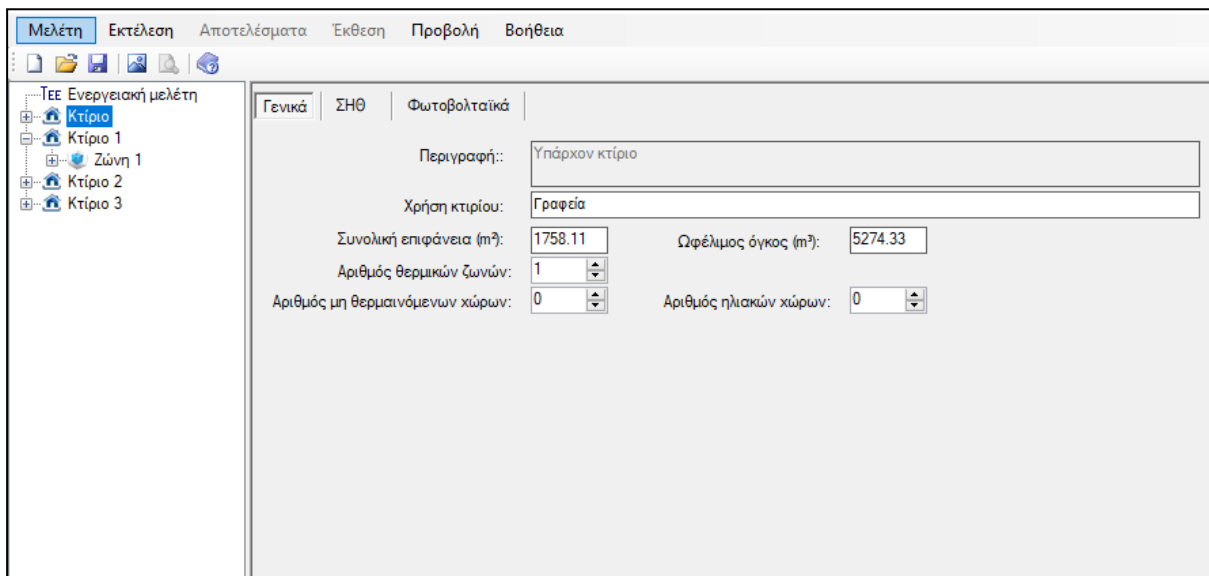
Αρχικά θα πρέπει να καθορίσουμε τις θερμικές ζώνες στο Δημαρχείο. Στην περίπτωσή μας ορίζουμε:

- Μία θερμική ζώνη (θερμαινόμενο χώρο) με εμβαδό 1758,11 m²
- Κανέναν μη θερμαινόμενο χώρο
- Κανέναν ηλιακό χώρο

Στην συνέχεια εισάγουμε τα απαραίτητα εισαγωγικά στοιχεία όπως φαίνεται παρακάτω:

Κατάσταση κατασκευής	Συνοπτική περιγραφή	Πηγή	Έτος Ωκ. Αδ.	Έτος
▶ Αρκ. κατασκευή		Προσφορική επικοινωνία με τον	--	1970-1972

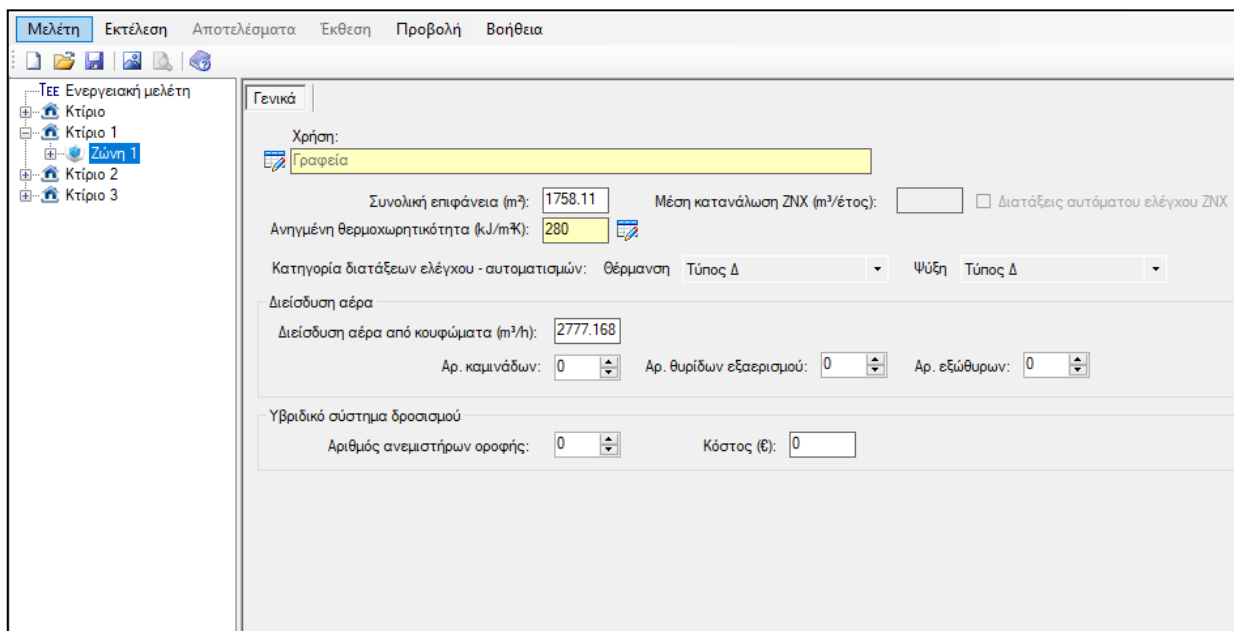
Εικ. 4.1. Όθονη εισαγωγής δεδομένων λογισμικού ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.



Εικ. 4.2. Οθόνη εισαγωγής δεδομένων λογισμικού TEE-K.Ev.A.K.

Εισάγουμε δεδομένα που αφορούν τον συνολικό όγκο του γραφείου, την θερμαινόμενη επιφάνεια, τον αριθμό ορόφων κλπ. Απο αυτά τα δεδομένα μόνο η συνολική επιφάνεια και ο θερμαινόμενος όγκος λαμβάνονται στους υπολογισμούς. Τα δεδομένα για την κατανάλωση ενέργειας και την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος επίσης δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς, αλλά χρησιμοποιούνται για στατιστικούς λόγους. Το ίδιο ισχύει και για τις καρτέλες ύδρευση, αποχέτευση, άρδευση και ανελκυστήρες.

Συνεχίζοντας, για τη θερμική ζώνη που ορίσαμε, πρέπει να εισάγουμε τα ακόλουθα στοιχεία όπως φαίνονται στην εικόνα 4.3:



Εικ. 4.3. Οθόνη εισαγωγής γενικών στοιχείων θερμικής ζώνης λογισμικού TEE-K.Ev.A.K.

4.1.3 Ωράριο και Περίοδος Λειτουργίας Κτηρίου

Σύμφωνα με το τυπικό ωράριο κτηρίων λειτουργίας ανά χρήση, βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 (πίνακας 2.1), για το παρόν κτήριο το οποίο αποτελεί γραφείο, ισχύουν τα παρακάτω:

Πιν. 4.1. Προφίλ Λειτουργίας Κτηρίου. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017

Κατηγορία κτηρίου	Χρήση κτηρίου ή θερμικών ζωνών	Ώρες λειτουργίας	Ημέρες λειτουργίας ανά βδομάδα	Περίοδος λειτουργίας σε μήνες
Γραφείο	Γραφείο	10	5	12

4.1.4 Επιθυμητές Εσωτερικές Συνθήκες Χώρων

Ο σκοπός κάθε συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού είναι η επίτευξη θερμικής άνεσης στους χώρους διαμονής και δραστηριότητας των χρηστών κάθε κτηρίου. Η θερμική άνεση είναι μια σχετικά υποκειμενική κατάσταση, που επηρεάζεται από σειρά παραμέτρων και συνθηκών, οι σημαντικότερες των οποίων είναι οι ακόλουθες:

- η θερμοκρασία (ξηρού θερμομέτρου) του αέρα,
- η μέση θερμοκρασία «ακτινοβολίας» των περιβάλλουσων επιφανειών ενός χώρου, όπως αυτή διαμορφώνεται από τη θερμοκρασία των επιφανειών, τα υλικά τους (συγκεκριμένα τους συντελεστές εκπομπής τους στο μεγάλο μήκος κύματος), την εγκατεστημένη ενεργή ηλεκτρική ισχύ εξοπλισμού και τον πληθυσμό,
- η σχετική υγρασία του αέρα,
- η ένδυση των χρηστών,
- η δραστηριότητα των χρηστών,
- η ταχύτητα εσωτερικών ρευμάτων αέρα.

Προκειμένου να καθοριστούν οι τυπικές συνθήκες σχεδιασμού συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, θεωρούνται, ανάλογα με τη χρήση κάθε κτηρίου, σχεδόν σταθερές οι παράμετροι ένδυσης και δραστηριότητας των χρηστών, καθώς και οι ταχύτητες εσωτερικών ρευμάτων αέρα (που ούτως ή άλλως πρέπει να διατηρούνται στα επιβαλλόμενα όρια, προκειμένου να μην υπάρχει δυσφορία εκ μέρους των χρηστών). Έτσι, οι απομένουσες παράμετροι, που θα διαμορφώσουν τη θερμική άνεση σε ένα χώρο, είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα και η θερμοκρασία των περιβάλλουσων επιφανειών. Εν συνεχεία παρουσιάζονται βασικές απαιτήσεις του κτηρίου όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία του αέρα αλλά και ο απαιτούμενος νωπός αέρας και οι απαιτούμενες στάθμες φωτισμού.

4.1.5 Θερμοκρασία Εσωτερικών Χώρων

Η εσωτερική θερμοκρασία είναι η βασικότερη παράμετρος διαμόρφωσης της θερμικής άνεσης σε ένα χώρο. Είναι σαφές ότι, δεδομένης της υποκειμενικότητας του επιπέδου θερμικής άνεσης και των επιλογών του εκάστοτε χρήστη, η επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικών χώρων μπορεί να ποικίλλει. Ωστόσο, για τις ανάγκες της εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου πρέπει να καθοριστούν σε εθνικό επίπεδο τα επιθυμητά όρια εσωτερικής θερμοκρασίας ανά χρήση. Αυτό πρέπει να γίνει στη βάση της επίτευξης της θερμικής άνεσης με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 (πίνακας 2.2) οι καθορισμένες τιμές θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του παρόντος κτηρίου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πιν. 4.2. Απαιτήσεις Θερμοκρασίας Εσωτερικών Χώρων. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017

Χρήσεις Κτηρίων ή Θερμικών Ζωνών	Θερμοκρασία [°C]	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Γραφείο	20	26

4.1.6 Σχετική Υγρασία Εσωτερικών Χώρων

Για το βέλτιστο έλεγχο των εσωτερικών συνθηκών στα κτήρια, εγκαθίστανται συστήματα κλιματισμού, στα οποία εκτός της θερμοκρασίας του αέρα, ελέγχεται και ρυθμίζεται και η σχετική του υγρασία. Οι καθορισμένες τιμές σχετικής υγρασίας εσωτερικών χώρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του παρόντος κτηρίου διαμορφώνονται ως εξής σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 (πίνακας 2.2):

Πιν. 4.3. Απαιτήσεις Σχετικής Εργασίας Εσωτερικών Χώρων. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017

Χρήσεις Κτηρίων ή Θερμικών Ζωνών	Σχετική υγρασία [%]	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Γραφείο	35	45

4.1.7 Απαιτούμενος Νωπός Αέρας Εσωτερικών Χώρων

Για την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής στο εσωτερικό κάθε κτηρίου και κάθε ανεξάρτητου τμήματος κτηρίου απαιτείται η ανανέωση του αέρα, δηλαδή η αντικατάσταση μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος. Οι τιμές του απαιτούμενου νωπού αέρα για την προκείμενη πολυκατοικία διαμορφώνονται, βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 (πίνακας 2.3), ως εξής:

Πιν. 4.4. Απαιτήσεις Παροχής Νωπού Αέρα. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017

Χρήσεις Κτηρίων ή Θερμικών Ζωνών	Άτομα/100m ² επιφάνειας δαπέδου	Νωπός αέρας [m ³ /h/άτομο]	Νωπός αέρας [m ³ /h/ m ²]
Γραφείο	10	30	3,00

4.1.8 Απαιτήσεις και Απαραίτητες Στάθμες Φωτισμού

Σε κάθε χώρο πρέπει να παρέχεται ο φωτισμός που εξασφαλίζει στους χρήστες οπτική άνεση, δηλαδή ένα περιβάλλον με την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού, που επιτρέπει την ευχάριστη διαμονή και την άσκηση προβλεπόμενης δραστηριότητά τους, χωρίς φαινόμενα που να οδηγούν στην οπτική δυσφορία ή/και κόπωση. Αντίστοιχα με τις παραπάνω απαιτήσεις, σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 (πίνακας 2.4), η στάθμη γενικού φωτισμού κτηρίου γραφείων ορίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πιν. 4.5. Προδιαγραφές Επιθυμητής Στάθμης Φωτισμού. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017

Χρήσεις Κτηρίων ή Θερμικών Ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]	Δείκτης θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία φωτισμού U ₀ [min/μέση τιμή]
Γραφείο	500	0,8	19	0,6

Όσον αφορά την εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού αυτή δίνεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 (πίνακας 2.4 α) ακολούθως:

Πιν. 4.6. Εγκατεστημένη Ισχύ Φωτισμού ανάλογα τη Στάθμη Φωτισμο. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017

Ζώνες τεχνητού φωτισμού / Στάθμη φωτισμού [lx]	Ισχύς για κτήριο αναφοράς [W/m ²]	Ισχύς για ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτηρίων [W/m ²]
500	16	14

4.1.9 Κλιματολογικά Δεδομένα Περιοχής

Η μέση μηνιαία θερμοκρασία νερού δικτύου για τη ζώνη Β, στην οποία κατατάσσεται το εν λόγω κτήριο δίνεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 (πίνακας 2.6) ως εξής:

Πιν. 4.7. Κλιματολογικά Δεδομένα Περιοχής. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017

Περιοχή	ΙΑ Ν	ΦΛ Ε	ΜΑ Ρ	ΑΠ Ρ	ΜΑ Ι	ΙΟΥ Ν	ΙΟΥ Λ	ΑΥ Γ	ΣΕ Π	ΟΚ Τ	ΝΟ Ε	ΔΕ Κ
Αθήνα	Μέση μηνιαία θερμοκρασία 24ώρου (°C)											
	10,4	10,1	11,7	14,8	18,9	23,1	25,6	25,8	23,5	19,7	15,5	12,2

4.1.10 Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίου

Ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηρίου αποτελεί το πρώτο βήμα της ενεργειακής μελέτης. Αρχικά υπολογίζονται οι ανταλλαγές θερμότητας του κτηρίου με το περιβάλλον μέσω αγωγιμότητας και συναγωγής και εν συνεχεία εξετάζεται αν αυτές περιορίζονται μέσα σε συγκεκριμένα όρια.

Για κτήρια με έτος έκδοσης της οικοδομικής τους άδειας μέχρι και το 1999, σε περίπτωση που δεν είναι εφικτή η αποτύπωση του φέροντος οργανισμού, το εμβαδό του μπορεί να ληφθεί από τον πίνακα 3.1. ως ποσοστό επί της όψης του κτηρίου κατά την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017. Έτσι και για το εν λόγω κτήριο έγινε οι παρακάτω επιλογή:

Πιν. 4.8. Συμβατικός τρόπος υπολογισμού του εμβαδού που καταλαμβάνει ο φέρων οργανισμός του κτηρίου ως ποσοστό επί της επιφάνειας της όψης του σε περίπτωση που δεν είναι εφικτή η αποτύπωσή του φέροντος οργανισμού. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017

Έτος έκδοσης οικοδομικής άδειας	Πλήθος ορόφων		
	Έως 2	2 < όροφοι < 5	≥ 5
Προ του 1980	15%	20%	23%

4.1.11 Έλεγχος Θερμομονωτικής Επάρκειας Αδιαφανούς Δομικού Στοιχείου

Ο έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας γίνεται μέσω του υπολογισμού των συντελεστών θερμοπερατότητας U των δομικών στοιχείων. Η γενική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων, όπως δίνεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \left(\frac{d_j}{\lambda_j} \right) + R_s + R_a} [W/(m^2 \cdot K)] \quad (4.1)$$

d_j : το πάχος της ομογενούς και ισότροπης στρώσης δομικού υλικού j,

λ_j : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ομογενούς και ισότροπου δομικού υλικού j,

R_a : αντίσταση θερμικής μετάβασης του υλικού από την εξωτερική πλευρά του δομικού υλικού,

R_i : αντίσταση θερμικής μετάβασης του υλικού από την εσωτερική πλευρά του δομικού υλικού,

R_s : θερμική αντίσταση κλειστού διάκενου αέρα.

Κάθε δομικό στοιχείο θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας του κανονισμού ώστε η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του εκάστοτε δομικού στοιχείου να μην υπερβαίνει την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας U_{max} , που ορίζει ο κανονισμός ανά κλιματική ζώνη για κάθε κατηγορία δομικών στοιχείων. Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 (πίνακας 3.3α.) οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας σε περίπτωση ανέγερσης κτηρίου, δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πιν. 4.9. Μέγιστος Επιτρεπόμενος Συντελεστής Θερμοπερατότητας για Ανέγερση Κτηρίου. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017

Δομικό Στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
	Ζώνη Β'

Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,40
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,45
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	0,80

4.1.12 Ισοδύναμες επιφάνειες αδιαφανών δομικών στοιχείων

Λαμβάνοντας υπόψη τις επιμέρους θερμοπερατότητες των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτηρίου:

- Τοιχοποιίες: $U=3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ και
- το ποσοστό τοιχοποιίας και σκυροδέματος στην κάθε όψη του κτηρίου 0,15

υπολογίστηκε η ισοδύναμη επιφάνεια και ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων ανά προσανατολισμό – όψη. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας από τον οποίο προέκυψαν οι συντελεστές θερμοπερατότητας που εισήχθησαν στο πρόγραμμα του TEE Κ.Εν.Α.Κ.[36].

Πιν. 4.10. Υπολογισμός ισοδύναμων επιφανειών

ΑΔΙΑΦΑΝΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΣ											
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ											
	Σε επαφή με εξωτερικό αέρα	Σε επαφή με άλλη θερμική ζώνη (αδιαβατικές επιφάνειες)	Αεσιφ. όψης (Επιφάνεια όψης από Autocad)	Αανοιγμ. (Επιφάνεια ανοιγμάτων από Autocad)	Επιφάνεια εκτός ανοιγμάτων από Autocad	Ασκυρ. (Επιφάνεια φερόντων στοιχείων)	Ατοιχ. (Επιφάνεια οπτοκλινοδομής)	Υτοιχ. (Τιμές από πίνακα 3.5)	Μειωτικός συντελεστής δ για Μ.Θ.Χ.	Υσοδ. (Σε επαφή με εξ. αέρα)	Ατελικό.τοιχ.
ΩΨΗ 1	T-1	-	22,38	10,12	12,26	3,36	8,90	2,20	1,00	2,53	12,26
ΩΨΗ 2	T-2	-	48,30	2,87	45,43	7,25	38,18	2,20	1,00	2,39	45,43
ΩΨΗ 3	T-3	-	79,71	32,41	47,30	11,96	35,34	2,20	1,00	2,50	47,30
ΩΨΗ 4	T-4	-	16,47	1,80	14,67	2,47	12,20	2,20	1,00	2,40	14,67
ΩΨΗ 5	T-5	-	28,65	0,00	28,65	4,30	24,35	2,20	1,00	2,38	28,65
ΩΨΗ 6	-	T-6	51,27	0,00	51,27	7,69	43,58	2,20	1,00	2,38	51,27
ΩΨΗ 7	-	T-7	11,61	0,00	11,61	1,74	9,87	2,20	1,00	2,38	11,61
ΩΨΗ 8	-	T-8	16,65	0,00	16,65	2,50	14,15	2,20	1,00	2,38	16,65
ΩΨΗ 9	-	T-9	10,29	0,00	10,29	1,54	8,75	2,20	1,00	2,38	10,29
ΩΨΗ 10	-	T-10	20,70	0,00	20,70	3,10	17,59	2,20	1,00	2,38	20,70
ΩΨΗ 11	-	T-11	8,55	0,00	8,55	1,28	7,27	2,20	1,00	2,38	8,55
ΩΨΗ 12	-	T-12	1,65	0,00	1,65	0,25	1,40	2,20	1,00	2,38	1,65
ΩΨΗ 13	-	T-13	3,42	0,00	3,42	0,51	2,91	2,20	1,00	2,38	3,42
ΩΨΗ 14	-	T-14	7,50	0,00	7,50	1,13	6,38	2,20	1,00	2,38	7,50
ΩΨΗ 15	T-15	-	82,05	35,32	46,73	12,31	34,42	2,20	1,00	2,52	46,73
ΩΨΗ 16	T-16	-	72,27	37,19	35,08	10,8405	24,2395	2,20	1,00	2,57	35,08
ΩΨΗ 17	T-17	-	11,28	0,00	11,28	1,692	9,588	2,20	1,00	2,38	11,28
ΩΨΗ 18	T-18	-	8,40	0,00	8,40	1,26	7,14	2,20	1,00	2,38	8,40
ΩΨΗ 19	T-19	-	34,80	13,60	21,20	5,22	15,98	2,20	1,00	2,50	21,20
ΩΨΗ 20	T-20	-	27,60	0,00	27,60	4,14	23,46	2,20	1,00	2,38	27,60
ΩΨΗ 21	T-21	-	28,26	0,00	28,26	4,24	24,021	2,20	1,00	2,38	28,26
ΩΨΗ 22	T-22	-	71,79	60,00	11,79	10,7685	1,0215	2,20	1,00	3,30	11,79
ΩΨΗ 23	T-23	-	81,18	60,00	21,18	12,18	9,003	2,20	1,00	2,89	21,18
ΩΨΗ 24	T-24	-	48,06	0,00	48,06	7,209	40,851	2,20	1,00	2,38	48,06
ΩΨΗ 25	T-25	-	45,60	0,00	45,60	6,84	38,76	2,20	1,00	2,38	45,60
ΩΨΗ 26	T-26	-	1,95	0,00	1,95	0,2925	1,6575	2,20	1,00	2,38	1,95
ΩΨΗ 27	T-27	-	9,81	0,00	9,81	1,47	8,3385	2,20	1,00	2,38	9,81
ΩΨΗ 28	T-28	-	7,56	0,00	7,56	1,134	6,426	2,20	1,00	2,38	7,56
ΩΨΗ 29	T-29	-	8,16	0,00	8,16	1,22	6,936	2,20	1,00	2,38	8,16

4.1.13 Συντελεστής Απορρόφησης Ηλιακής Ακτινοβολίας και Εκπομπης στη Θερμική Ακτινοβολία

Η ακτινοβολία που προσπίπτει σε μία αδιαφανή επιφάνεια μπορεί να ανακλαστεί ή να απορροφηθεί από αυτή. Το άθροισμα του ποσοστού της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται και του ποσοστού που απορροφάται από μια επιφάνεια ισούται με τη μονάδα, δηλαδή:

$$\rho + \alpha = 1 \quad (4.2)$$

Όπου:

ρ : ο συντελεστής ανακλαστικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία,

α : ο συντελεστής απορροφητικότητας της επιφάνειας στην ηλιακή ακτινοβολία.

Τόσο η ανακλαστικότητα, όσο και η απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία ενός αδιαφανούς υλικού ή μιας επιφάνειας εξαρτώνται κυρίως από τη διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας, δηλαδή από το χρώμα και την υφή της. Σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ. για το κτήριο αναφοράς, η απορροφητικότητα των εξωτερικών του επιφανειών λαμβάνεται ίση με

- 0,40 για τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία,
- 0,40 για τα δώματα.

Ένα ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που έχει απορροφηθεί από μία εξωτερική επιφάνεια εκπέμπεται προς το περιβάλλον με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας. Η ικανότητα εκπομπής της θερμικής ακτινοβολίας διαφοροποιείται ανάλογα με το υλικό και τη διαμόρφωση της τελικής του επιφάνειας. Κατά την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ. για το κτήριο αναφοράς ο συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας για τις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου αναφοράς λαμβάνεται ίσος με 0,80, όπως και για κάθε σύνηθες δομικό υλικό (πίνακας 3.16, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017).

4.1.14 Συντελεστές Σκίασης

Τα δομικά στοιχεία ενός κτηρίου μπορεί να σκιάζονται εξωτερικά λόγω ύπαρξης εξωτερικών εμποδίων αλλά και στοιχείων του ίδιου του κτηρίου, όπως προστεγάσματα, πλευρικά στοιχεία ή ακόμη και τμήματα της κατασκευής (π.χ. εσοχές). Τα εσωτερικά σκίαστρα (κουρτίνες, περσίδες) των ανοιγμάτων και τα εξωτερικά παραθυρόφυλλα, τα οποία επίσης δεν θεωρούνται σταθερά σκίαστρα, δεν λαμβάνονται υπόψη.

Η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς, είτε πρόκειται για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης ενός νέου ή ριζικώς ανακαινιζόμενου κτηρίου όπως το εν λόγω κτήριο είτε για την ενεργειακή επιθεώρηση, με τη χρήση τριών ανεξάρτητων μεταξύ του συντελεστών σκίασης.

Οι συντελεστές σκίασης, καθορίζονται ανάλογα με το είδος των σκιάστρων (οριζόντια, πλευρικά εξωτερικά εμπόδια και σκίαστρα) και την γεωμετρία τους. Επειδή ανάλογα με την εποχή οι συντελεστές σκίασης αλλάζουν, καθορίζονται για κάθε εξωτερική επιφάνεια με ορισμένο προσανατολισμό, οι αντίστοιχοι μέσοι συντελεστές σκίασης, ένας για τη χειμερινή περίοδο και ένας για τη θερινή περίοδο, ανάλογα με το είδος σκιάστρου. Στην περίπτωση

ταυτόχρονης ύπαρξης προβόλου και εξωτερικού σκιάστρου η σκίαση λόγω προβόλου αγνοείται. Ο συνολικός σκιασμός δομικού στοιχείου προκύπτει ως το γινόμενο των τριών συντελεστών σκίασης:

- του συντελεστή σκίασης από εμπόδιο του περιβάλλοντος χώρου (γειτνιάζοντα κτήρια κ.τ.λ.), F_{hor} ,
- του συντελεστή σκίασης από οριζόντιο πρόβολο ή εξωτερικό σκίαστρο, F_{ove} ,
- του συντελεστή σκίασης από πλευρικό εμπόδιο, F_{fin} ,

Τελικά:

$$F_S = F_{hor} \cdot F_{ove} \cdot F_{fin} \quad (4.3)$$

Οι συντελεστές αυτοί είναι μειωτικοί, οπότε όταν δεν υπάρχει σκίαση τίθενται ίση με τη μονάδα και μηδέν για πλήρη σκίαση.

4.1.15 Συντελεστές σκίασης κτηρίου αναφοράς

Σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ., τα κατακόρυφα ανοίγματα του κτηρίου αναφοράς διαθέτουν τα απαραίτητα σταθερά εξωτερικά οριζόντια ή πλευρικά σκιάστρα (προβόλους, εξωτερικές περσίδες, πέργκολες, μπαλκόνια κ.ά.), λόγω των οποίων ο μέσος συντελεστής σκίασής τους ($F_{ovexF_{fin}}$) κατά τη θερινή περίοδο είναι:

- 0,70 για τις νότιες όψεις
- 0,75 για τις όψεις με δυτικό και ανατολικό προσανατολισμό.

Για τους ενδιάμεσους προσανατολισμούς ισχύουν οι συντελεστές:

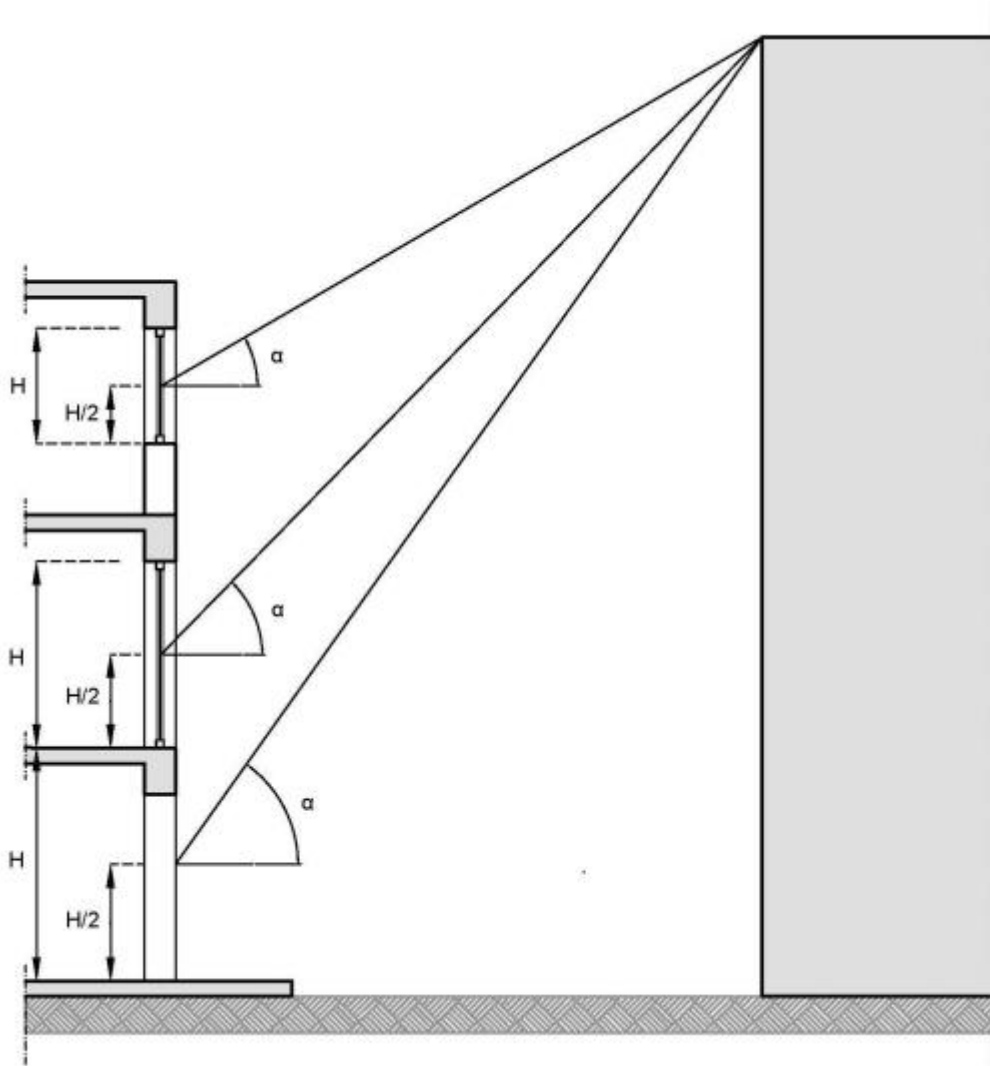
- 0,80 για βορειοανατολικό και βορειοδυτικό
- 0,73 για νοτιοανατολικό και νοτιοδυτικό
- 1,00 για βόρειο

Για τη χειμερινή περίοδο ο μέσος συντελεστής σκίασης των ανοιγμάτων ($F_{ovexF_{fin}}$) του κτηρίου αναφοράς λαμβάνεται ίσος με τον καθοριζόμενο στο εξεταζόμενο κτήριο και προκύπτει ανάλογα με τον τύπο σκιάστρου. Για ανοίγματα σε οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια (δωμάτων ή στεγών) ο μέσος συντελεστής σκίασης θα είναι 1 (χωρίς σκίαση), τόσο κατά τη θερινή, όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Ο μέσος συντελεστής σκίασης (από οριζόντια ή πλευρικά σκιάστρα, $F_{ovexF_{fin}}$) του κτηρίου αναφοράς των αδιαφανών κατακόρυφων επιφανειών του κτηρίου αναφοράς, τόσο κατά τη θερινή, όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο, καθορίζεται σε 0,90, σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ. Ο μέσος συντελεστής σκίασης των αδιαφανών οριζόντιων ή κεκλιμένων επιφανειών του κτηρίου αναφοράς (δώματα ή στέγες), τόσο κατά τη θερινή, όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο, ορίζεται σε 1. Η σκίαση του κτηρίου αναφοράς λόγω εξωτερικών εμποδίων (κτηρίων, ανάγλυφου του εδάφους κ.ά.), δηλαδή ο συντελεστής σκίασης ορίζοντα, F_{hor} , τόσο κατά τη θερινή, όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο, λαμβάνεται ίσος με τον καθοριζόμενο στο εξεταζόμενο κτήριο για όλα τα δομικά στοιχεία (οριζόντια ή κατακόρυφα, διαφανή ή αδιαφανή).

4.1.16 Συντελεστής σκίασης ορίζοντα F_{hor}

Αυτός ο συντελεστής προσδιορίζει τη σκίαση που προκύπτει στις επιφάνειες του κτηρίου από την ύπαρξη φυσικών εμποδίων ή τεχνητών (π.χ. υψηλών κτηρίων). Όταν ο ορίζοντας είναι ελεύθερος ο συντελεστής ισούται με τη μονάδα ($F_{hor} = 1$), ενώ για πλήρη σκίαση παίρνει την τιμή μηδέν ($F_{hor} = 0$).



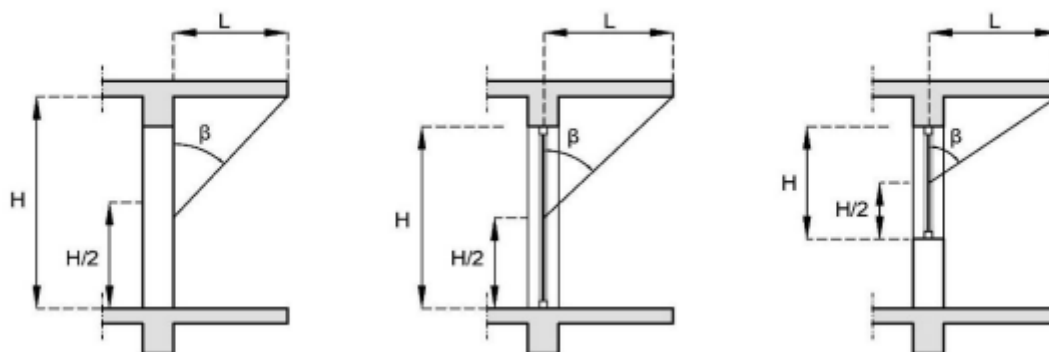
Εικ. 4.4. Γραφική απεικόνιση της γωνίας θέασης α που σχηματίζουν τα εμπόδια για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλούν σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (θύρας ή παραθύρου). Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017

Για τον προσδιορισμό του συντελεστή σκίασης ορίζοντα μιας επιφάνειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας θέασης α του εμποδίου (Εικ 4.4.). Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτηρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης. Η τιμή της γωνίας θέασης α πρέπει να υπολογιστεί για κάθε διαφανές στοιχείο ξεχωριστά και αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου που διέρχεται από το μέσο του ανοίγματος και της ευθείας που ενώνει το κέντρο του ανοίγματος με την άνω παρειά του εμποδίου (Εικ 4.4.).

Η τιμή του συντελεστή σκίασης ορίζεται τόσο για την περίοδο θέρμανσης, όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 (πίνακας 3.19) ανάλογα με τη γωνία θέασης του εμποδίου α (κυμαίνεται από 10° έως 70°) και τον προσανατολισμό της επιφάνειας.

4.1.17 Συντελεστής σκίασης από προβόλους F_{ov}

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



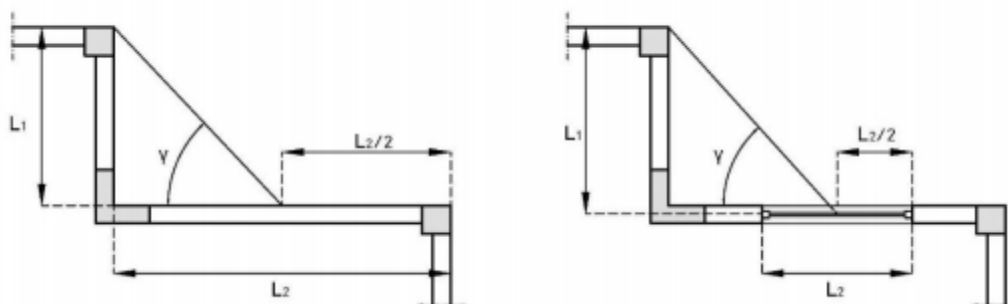
Εικ. 4.5. Γραφική απεικόνιση της γωνίας β , που σχηματίζει πρόβολος με την κατακόρυφη επιφάνεια, για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017

Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από προβόλους είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας β του προβόλου. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτηρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης. Κατά παραδοχή, είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ενιαίας τιμής για το συντελεστή σκίασης προβόλου για τα αδιαφανή στοιχεία του κτηρίου μιας όψης (με ίδιο προσανατολισμό). Σ' αυτήν την περίπτωση η γωνία β αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται από το κατακόρυφο επίπεδο της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της όψης με το πέρας του προβόλου (Εικ. 4.5.). Στο εν λόγω κτήριο ο συγκεκριμένος συντελεστής υπολογίστηκε στην όψη 1 που αποτελεί την είσοδο στο Δημαρχείο. Η τιμή του συντελεστή σκίασης από προβόλους τόσο για την περίοδο θέρμανσης, όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει από τον πίνακα 3.2 βάσει του Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 ανάλογα με τη γωνία β του προβόλου (κυμαίνεται από 10° έως 90°) και τον προσανατολισμό της επιφάνειας. Συγκεκριμένα, στην όψη 1 του υπό μελέτη κτηρίου η γωνία β ισούται με 53° .

4.1.18 Συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές F_{fin}

Ο συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές (F_{fin}) προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτηρίου λόγω ύπαρξης κατακόρυφων προεξοχών. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει πλευρική προεξοχή ($\gamma = 0^\circ$) ο συντελεστής ισούται με μονάδα ($F_{fin} = 1$), ενώ όταν η σκίαση είναι πλήρης ($\gamma = 90^\circ$) ο συντελεστής γίνεται ίσος με μηδέν ($F_{fin} = 0$). Στο συγκεκριμένο κτήριο υπάρχουν πλευρικές προεξοχές (τμήματα του ίδιου κτηρίου) περιμετρικά στην εξωτερική επιφάνεια.

Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας γ της πλευρικής προεξοχής. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτηρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης. Η γωνία γ πρέπει να υπολογιστεί για κάθε διαφανές στοιχείο (άνοιγμα) ξεχωριστά. Αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του κατακόρυφου επιπέδου του εξεταζόμενου ανοίγματος και της ευθείας που ενώνει το μέσο του ανοίγματος με το πέρασ της πλευρικής προεξοχής (Εικ 4.6.).



Εικ. 4.6. Γραφική απεικόνιση της γωνίας γ που σχηματίζει η πλευρική προεξοχή για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο και σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο. Πηγή αναφοράς: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017

Η τιμή του συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές τόσο για την περίοδο θέρμανσης, όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει από τον πίνακα 3.21.α Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017 για πλευρική προεξοχή στη αριστερή μεριά της επιφάνειας όπως φαίνεται από έξω και από τον πίνακα 3.21.β για πλευρική προεξοχή στην δεξιά μεριά της επιφάνειας, ανάλογα με τη γωνία γ της πλευρικής προεξοχής (κυμαίνεται από 10° έως 70°) και τον προσανατολισμό της επιφάνειας. Στην περίπτωση που η επιφάνεια σκιάζεται και από τις δύο μεριές, λαμβάνονται και οι δύο συντελεστές ανεξάρτητα και γίνεται χρήση του συνολικού συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές, ο οποίος ισούται με το γινόμενο των δύο. Στη συγκεκριμένη μελέτη ο συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές υπολογίστηκε για τα ανοίγματα Π14 έως Π22 που βρίσκονται στη όψη 3 όπως παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 2 (Εικ. 2.15) καθώς επίσης και για τις επιφάνειες των τοίχων Τ17-Τ18-Τ20-Τ21-Τ1 και Τ3. Παρακάτω παρουσιάζεται ο συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμών των συντελεστών σκίασης για το εν λόγω κτήριο.

Πιν. 4.11. Συντελεστές σκίασης για το Δημαρχείο Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης

επιφάνεια	προσανατολισμός	τέντα	γωνία μακρινού εμποδίου	γωνία προβόλου	γωνία αριστερού πλαινού	γωνία δεξιού πλαινού	F_{hor}		F_{ov}		F_{fin}	
							F_{hor} θέρμανση	F_{hor} ψύξη	F_{ov} θέρμανση	F_{ov} ψύξη	F_{fin} θέρμανση	F_{fin} ψύξη
π14	45	οχι	21,45	0	95	6	0,89	0,84	1,00	1,00	0,81	0,66
π15	45	οχι	21,45	0	42	7	0,89	0,84	1,00	1,00	0,86	0,83
π16	45	οχι	21,45	0	23	8	0,89	0,84	1,00	1,00	0,91	0,92
π17	45	οχι	35,54	0	17	10	0,84	0,76	1,00	1,00	0,93	0,94
π18	45	οχι	21,45	0	13	12	0,89	0,84	1,00	1,00	0,94	0,95
π19	45	οχι	35,54	0	11	14	0,84	0,76	1,00	1,00	0,95	0,95
π20	45	οχι	21,45	0	9	18	0,89	0,84	1,00	1,00	0,96	0,96
π21	45	οχι	21,45	0	8	26	0,89	0,84	1,00	1,00	0,96	0,96
π22	45	οχι	35,54	0	7	53	0,84	0,76	1,00	1,00	0,97	0,97
τ3	45	οχι	28,18	0	14	11	0,86	0,81	1,00	1,00	0,94	0,94
τ17	225	οχι	0	0	56	56	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,75
τ18	135	οχι	0	0	69	0	1,00	1,00	1,00	1,00	0,74	0,95
τ20	350	οχι	0	0	0	46	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,90
τ21	289	οχι	0	0	35	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
τ1	165	οχι	0	53	0	0	1,00	1,00	0,59	0,46	1,00	1,00

Σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία 20701-1/2017, για την περίπτωση ενεργειακής επιθεώρησης, τα δομικά στοιχεία σε επαφή με γειτονικά κτήρια λαμβάνονται ως αδιαβατικά.

Σημείωση: Εδώ, επειδή ο φέρων οργανισμός και οι εξωτερικές τοιχοποιίες έχουν τον ίδιο συντελεστή θερμοπερατότητας U δεν χρειάζεται να υπολογιστεί η μέση τιμή. Συνεπώς, τα εισάγουμε στο πρόγραμμα ενιαία.

Μπορούμε λοιπόν να εισάγουμε στο πρόγραμμα τα δεδομένα για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του Δημαρχείου όπως φαίνεται στην εικόνα 4.6 και 4.7.

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

Αδιαφανείς επιφάνειες | Σε επαφή με το έδαφος | Διαφανείς επιφάνειες

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

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	U^* (W/m ² K)	a^* (-)	e^* (-)	F_{hor_h} (-)	F_{hor_c} (-)	F_{ov_h} (-)	F_{ov_c} (-)	F_{fin_h} (-)	F_{fin_c} (-)
▶ 1	Τοίχος	T1	45	90	12.26	2.53	0.4	0.8	1	1	0.59	0.46	1	1
2	Τοίχος	T2	345	90	45.43	2.39	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
3	Τοίχος	T3	45	90	47.30	2.50	0.4	0.8	0.86	0.81	1	1	0.94	0.94
4	Τοίχος	T4	341	90	14.67	2.40	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
5	Τοίχος	T5	75.00	90	28.65	2.38	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
6	Μεσοτοιχία	T6			51.27									
7	Μεσοτοιχία	T7			11.61									
8	Μεσοτοιχία	T8			16.65									
9	Μεσοτοιχία	T9			10.29									
10	Μεσοτοιχία	T10			20.70									
11	Μεσοτοιχία	T11			8.55									
12	Μεσοτοιχία	T12			1.65									
13	Μεσοτοιχία	T13			3.42									
14	Μεσοτοιχία	T14			7.50									
15	Τοίχος	T15	165.00	90	46.73	2.52	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1

Εικ. 4.7. Εισαγωγή δεδομένων για τις αδιαφανείς επιφάνειες σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για το γραφείο. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

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

Αδιαφανείς επιφάνειες | Σε επαφή με το έδαφος | Διαφανείς επιφάνειες

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

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	U^* (W/m ² K)	a^* (-)	e^* (-)	F_{hor_h} (-)	F_{hor_c} (-)	F_{ov_h} (-)	F_{ov_c} (-)	F_{fin_h} (-)	F_{fin_c} (-)
16	Τοίχος	T16	284	90	35.08	2.57	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
17	Τοίχος	T17	225.00	90	11.28	2.38	0.4	0.8	1	1	1	1	0.75	0.75
18	Τοίχος	T18	135.00	90	8.40	2.38	0.4	0.8	1	1	1	1	0.74	0.95
19	Τοίχος	T19	225	90	21.20	2.50	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
20	Τοίχος	T20	345	90	27.60	2.38	0.4	0.8	1	1	1	1	0.96	0.90
21	Τοίχος	T21	284	90	28.26	2.38	0.4	0.8	1	1	1	1	1	0.99
22	Τοίχος	T22	162.00	90	11.79	3.30	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
23	Τοίχος	T23	281.00	90	21.18	2.89	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
24	Τοίχος	T24	12.00	90	48.06	2.38	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
25	Τοίχος	T25	71.00	90	45.60	2.38	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
26	Τοίχος	T26	162.00	90	1.95	2.38	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
27	Τοίχος	T27	72.00	90	9.81	2.38	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
28	Τοίχος	T28	162.00	90	7.56	2.38	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
29	Τοίχος	T29	252.00	90	8.16	2.38	0.4	0.8	1	1	1	1	1	1
30	Οροφή	O1	0	0	436.76	2.90	0.65	0.8	1	1	1	1	1	1

Εικ. 4.8. Εισαγωγή δεδομένων για τις αδιαφανείς επιφάνειες σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για το γραφείο. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

4.1.19 Συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών

Για τα κουφώματα δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία από δελτία αποστολής ή σχετικά πιστοποιητικά ποιότητας. Τα δεδομένα που εισήχθησαν στο πρόγραμμα προέρχονται από την αυτοψία και την καταγραφή των αδιαφανών επιφανειών στο εν λόγω κτήριο. Συνοπτικά αξίζει να αναφερθεί ότι τα κουφώματα του Α΄ ορόφου αποτελούνται από ξύλινα πλαίσια με ποσοστό πλαισίου 20%. Στο ισόγειο υπάρχουν διάφοροι τύποι διαφανών επιφανειών και τα είδη ποικίλουν. Παρακάτω, παρουσιάζονται τα δεδομένα όπως εισήχθησαν στο πρόγραμμα .

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

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις 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 (t)	F_hor_h (t)	F_hor_c (t)	F_ov_h (t)	F_ov_c (t)	F_fin_h (t)	F_fin_c (t)
Ανοιγόμενο	P11	45	90	10.12	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Ξύλινο 20% Μονός	5.0	0.62	1	1	0.59	0.46	1	1
Μη ανοιγόμενο	P12	345	90	0.26	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Δίδυμος με διάκενο	4.5	0.48	1	1	1	1	1	1
Μη ανοιγόμενο	P13	345	90	0.26	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Δίδυμος με διάκενο	4.5	0.48	1	1	1	1	1	1
Μη ανοιγόμενο	P14	345	90	0.26	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Δίδυμος με διάκενο	4.5	0.48	1	1	1	1	1	1
Μη ανοιγόμενο	P15	345	90	0.26	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Δίδυμος με διάκενο	4.5	0.48	1	1	1	1	1	1
Μη ανοιγόμενο	P16	345	90	0.26	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Δίδυμος με διάκενο	4.5	0.48	1	1	1	1	1	1
Μη ανοιγόμενο	P17	345	90	0.26	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Δίδυμος με διάκενο	4.5	0.48	1	1	1	1	1	1
Μη ανοιγόμενο	P18	345	90	0.26	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Δίδυμος με διάκενο	4.5	0.48	1	1	1	1	1	1
Μη ανοιγόμενο	P19	345	90	0.26	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Δίδυμος με διάκενο	4.5	0.48	1	1	1	1	1	1
Μη ανοιγόμενο	P10	345	90	0.26	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Δίδυμος με διάκενο	4.5	0.48	1	1	1	1	1	1
Μη ανοιγόμενο	P11	345	90	0.26	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Δίδυμος με διάκενο	4.5	0.48	1	1	1	1	1	1
Μη ανοιγόμενο	P12	345	90	0.26	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Δίδυμος με διάκενο	4.5	0.48	1	1	1	1	1	1
Μη ανοιγόμενο	P13	345	90	0.26	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Δίδυμος με διάκενο	4.5	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P14	45	90	3.70	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός	6.0	0.62	0.89	0.84	1	1	0.81	0.66
Ανοιγόμενο	P15	45	90	2.72	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός	6.0	0.62	0.89	0.84	1	1	0.86	0.83

Εικ. 4.9.Εισαγωγή δεδομένων για τις διαφανείς επιφάνειες Π11-Π15. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

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

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις 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 (t)	F_hor_h (t)	F_hor_c (t)	F_ov_h (t)	F_ov_c (t)	F_fin_h (t)	F_fin_c (t)
Ανοιγόμενο	P16	45	90	2.72	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός	6.0	0.62	0.89	0.84	1	1	0.91	0.92
Ανοιγόμενο	P17	45	90	1.80	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός	6.0	0.62	0.84	0.76	1	1	0.93	0.94
Ανοιγόμενο	P18	45	90	3.70	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός	6.0	0.62	0.89	0.84	1	1	0.94	0.95
Ανοιγόμενο	P19	45	90	1.80	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός	6.0	0.62	0.84	0.76	1	1	0.95	0.95
Ανοιγόμενο	P20	45	90	3.70	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός	6.0	0.62	0.89	0.84	1	1	0.96	0.96
Ανοιγόμενο	P21	45	90	3.70	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός	6.0	0.62	0.89	0.84	1	1	0.96	0.96
Ανοιγόμενο	P22	45	90	1.80	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός	6.0	0.62	0.84	0.76	1	1	0.97	0.97
Ανοιγόμενο	P23	341	90	1.80	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Μονός	6.0	0.62	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P24	165	90	3.74	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P25	165	90	1.80	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P26	165	90	3.74	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P27	165	90	3.60	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P28	165	90	1.80	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P29	165	90	3.74	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P30	165	90	3.74	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1

Εικ. 4.10.Εισαγωγή δεδομένων για τις διαφανείς επιφάνειες Π16-Π30. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

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

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις 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 (t)	F_hor_h (t)	F_hor_c (t)	F_ov_h (t)	F_ov_c (t)	F_fin_h (t)	F_fin_c (t)
Ανοιγόμενο	P31	165	90	3.74	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P32	165	90	1.80	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P33	165	90	3.74	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P34	284	90	5.61	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P35	284	90	1.80	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P36	284	90	3.74	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P37	284	90	7.48	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P38	284	90	1.80	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P39	284	90	7.48	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P40	284	90	3.74	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P41	284	90	1.80	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P42	284	90	3.74	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P43	225	90	6.8	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Ξύλινο 30% Μονός	4.7	0.54	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P44	225	90	6.8	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Ξύλινο 30% Μονός	4.7	0.54	1	1	1	1	1	1
Ανοιγόμενο	P45	162	90	26.55	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	1	1	1	1	1	1

Εικ. 4.11.Εισαγωγή δεδομένων για τις διαφανείς επιφάνειες Π31-Π45. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

Εισάγονται τα δεδομένα για τις διαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα														
Αριθμός	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος*	U (W/m ² K)	g_w (t)	F_hor_h (t)	F_hor_c (t)	F_ov_h (t)	F_ov_c (t)	F_fin_h (t)	F_fin_c (t)
38	Ανοιγόμενο	P38	284	90	1.80	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
39	Ανοιγόμενο	P39	284	90	7.48	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
40	Ανοιγόμενο	P40	284	90	3.74	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
41	Ανοιγόμενο	P41	284	90	1.80	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
42	Ανοιγόμενο	P42	284	90	3.74	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό με θ.δ. 12mm 30% Δίδυμος με διάκενο	3.2	0.48	1	1	1	1	1	1
43	Ανοιγόμενο	P43	225	90	6.8	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Ξύλινο 30% Μονός	4.7	0.54	1	1	1	1	1	1
44	Ανοιγόμενο	P44	225	90	6.8	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Ξύλινο 30% Μονός	4.7	0.54	1	1	1	1	1	1
45	Ανοιγόμενο	P45	162	90	26.55	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	1	1	1	1	1	1
46	Ανοιγόμενο	P46	162	90	26.55	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	1	1	1	1	1	1
47	Ανοιγόμενο	P47	162	90	6.9	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	1	1	1	1	1	1
48	Ανοιγόμενο	P48	162	90	6.9	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	1	1	1	1	1	1
49	Ανοιγόμενο	P49	162	90	26.55	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	1	1	1	1	1	1
50	Ανοιγόμενο	P50	162	90	26.55	Χωρίς προστατευτικά φύλλα Ξύλινο 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	2.9	0.54	1	1	1	1	1	1

Εικ. 4.12.Εισαγωγή δεδομένων για τις διαφανείς επιφάνειες P38-P50. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.

4.1.20 Αερισμός

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, για τον υπολογισμό του αερισμού του κτηρίου λαμβάνεται υπόψη ξεχωριστά ο αερισμός από τις διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας του κτηρίου (διείσδυση αέρα από χαραμάδες κουφωμάτων κλπ.), από τη χρήση φυσικού αερισμού για την επίτευξη άνετων και υγιεινών συνθηκών διαβίωσης και από τη χρήση μηχανικού αερισμού στην περίπτωση που υπάρχει ανάλογη διάταξη.

Οι διαφυγές αέρα λόγω αεροστεγανότητας υπολογίζονται με τη χρήση τιμών αεροστεγανότητας, που αναφέρονται συνολικά στο χώρο, προκειμένου να συμπεριληφθούν οι διαφυγές τόσο από τα κουφώματα (θέσεις συναρμογής με τα περιμετρικά δομικά στοιχεία και θέσεις επαφής των σταθερών πλαισίων με τα κινητά φύλλα), όσο και από άλλες διόδους του κελύφους (αρμούς κλπ.). Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων λαμβάνεται υπόψη μόνον ο αερισμός λόγω της ύπαρξης των χαραμιάδων στα κουφώματα, όπως περιγράφεται ακολούθως.

Ο φυσικός και ο μηχανικός αερισμός πραγματοποιούνται με την ανανέωση του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος, για την επίτευξη αποδεκτών συνθηκών υγιεινής και άνεσης. Στη μεθοδολογία ορίζονται τα απαιτούμενα επίπεδα νωπού αέρα ανάλογα με την κατηγορία και τη χρήση του κτηρίου.

Οι τιμές για τα δύο είδη αερισμού λαμβάνονται ξεχωριστά, δεδομένου ότι ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας έχει συνεχή λειτουργία, ενώ ο αερισμός για την επίτευξη αποδεκτών συνθηκών ποιότητας αέρα πραγματοποιείται μόνο κατά τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου.

4.1.21 Αερισμός Κτηρίου Αναφοράς

Σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ. , στο κτήριο αναφοράς για κτήρια κατοικίας θεωρείται ότι εφαρμόζεται φυσικός αερισμός σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις νωπού αέρα, όπως αυτές καθορίζονται στον πίνακα 2.3. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και δίνονται στον Πίνακα 4.4. της παρούσας εργασίας. Για το εν λόγω κτήριο η απαίτηση είναι: 3,00 m³/h/ m². Συνεπώς για την συνολική επιφάνεια του κτηρίου που υπολογίστηκε στα 1.758,11m² ο απαιτούμενος νωπός αέρας φτάνει τα:

$$3,00 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h} * \text{m}^2} \right] * 1758.11[\text{m}^2] = 5.274,33 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

4.1.22 Αερισμός λόγω Αεροστεγανότητας (Διείσδυσης του Αέρα)

Ο αερισμός λόγω αεροστεγανότητας του κτηρίου ή θερμικής ζώνης (διείσδυσης του αέρα), πραγματοποιείται μέσω των χαραμάδων των κουφωμάτων του κελύφους (συναρμογές κουφωμάτων με περιμετρικά δομικά στοιχεία, συναρμογή κινητών φύλλων κουφωμάτων) ή των θυρίδων αερισμού (για συσκευές αερίου) ή των καμινάδων εστιών καύσης (τζάκι, θερμάστρα πετρελαίου ή ξύλων κ.ά.), καθώς επίσης και από τους αρμούς των δομικών αδιαφανών επιφανειών του κτηρίου.

Για τους υπολογισμούς του αερισμού λόγω αεροστεγανότητας η διείσδυση αέρα μέσω των δομικών αδιαφανών εξωτερικών επιφανειών του κτηριακού κελύφους θεωρείται αμελητέα και λαμβάνεται ίση με μηδέν. Ο αερισμός λόγω ύπαρξης χαραμάδων στα κουφώματα εξαρτάται από το μήκος των χαραμάδων, την ποιότητα των κουφωμάτων (βαθμός αεροστεγανότητας), τον αριθμό (και την επιφάνεια) των ανοιγμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου.

Οι τυπικές τιμές διείσδυσης αέρα λόγω ύπαρξης χαραμάδων ανά μονάδα επιφάνειας και είδος κουφώματος δίνονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (πίνακας 3.24.) και φαίνονται για τα κουφώματα και τις πόρτες που επιλέχθηκαν στον συγκεκριμένο κτήριο στον παρακάτω πίνακα:

Πιν. 4.12. Τυπικές Τιμές Διείσδυσης Αέρα λόγω Ύπαρξης Χαραμάδων ανά Μονάδα Επιφανείας και Είδος Κουφώματος

Είδος ανοίγματος (υαλοστάσια, πόρτες κ.ά.)	Διείσδυση του αέρα	
	Πόρτα	Παράθυρο
	[m ³ /h/m ²]	[m ³ /h/m ²]
Κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο χωρίς πιστοποίηση		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	11,8	15,1
Κουφώματα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο χωρίς πιστοποίηση		
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες, χωνευτό. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	5,3	6,8
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	7,4	8,7

Κατά τη μελέτη του υπό μελέτη κτηρίου προκειμένου να γίνει ο υπολογισμός της ενεργειακής του απόδοσης καταμετρήθηκε ο τύπος όλων των κουφωμάτων και η συνολική επιφάνεια για κάθε κούφωμα. Από τον παραπάνω πίνακα επιλέχθηκε η κατάλληλη τιμή του συντελεστή διείσδυσης του αέρα για κάθε κούφωμα και πολλαπλασιάστηκε με τη αντίστοιχη επιφάνειά του για να προκύψει η διείσδυση αέρα από κάθε κούφωμα. Η συνολική διείσδυση αέρα για το κτήριο είναι το άθροισμα της διείσδυσης αέρα όλων των ανοιγόμενων ή μερικώς ανοιγόμενων κουφωμάτων που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Βάσει των παραπάνω η διείσδυση αέρα λόγω χαραμάδων σε παράθυρα και πόρτα υπολογίζεται για συνολικά για όλο το κτήριο του Δημαρχείου:

$$Q_{\text{air}} = 2.777,168 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

4.1.23 Σύστημα θέρμανσης

Το εξεταζόμενο κτήριο δεν διαθέτει σύστημα θέρμανσης ωστόσο κατά την αυτοψία στον χώρο του Δημαρχείου καταγράφηκαν είκοσι τοπικές κλιματιστικές μονάδες ισχύος 9000BTU ή 2,64kW η κάθε μία, τέσσερις μονάδες των 15000BTU ή 4,4Kw και τέσσερις πύργοι ψύξης των 10,5kW ο καθένας. Έτσι λοιπόν η τελική παραγόμενη εγκατεστημένη ισχύς προκύπτει 112 kW . Συνεπώς, εισάγουμε τα δεδομένα για το σύστημα θέρμανσης, όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα:

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης: Υγραση Μηχανικός αερισμός Ηλεκτρικός αερισμός Φωτισμός

Θέρμανση | Ψύξη | Μηχανικός αερισμός | Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. An.* (-)	COP (-)	Jan (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Τοπική αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	112	1.0	2.2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
* 2				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. An.* (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου		Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	1.00	<input type="checkbox"/>
2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. An.* (-)
▶ 1	-	0.94

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
▶ 1	Κυκλοφορητές	1	0.0
* 2		1	0

Εικ. 4.13. Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. για το σύστημα θέρμανσης στο Δημαρχείο Βάρης - Βούλας – Βουλιαγμένης. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.

4.1.24 Σύστημα ψύξης

Ομοίως με το σύστημα θέρμανσης οι ίδιες μονάδες θέρμανσης χρησιμοποιούνται κατά τους θερινούς μήνες ως μονάδες ψύξης. Έτσι λοιπόν η τελική παραγόμενη εγκατεστημένη ισχύς προκύπτει 112 kW.

Καθώς δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία για τον δείκτη αποδοτικότητας, λαμβάνεται η τιμή EER=2,0 για συστήματα δεκαετίας, όπως ορίζει η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 στο σχετικό κεφάλαιο.

Τερματικές μονάδες απόδοσης ψύξης

Ο βαθμός απόδοσης ($\eta_{em,t}$) των τερματικών μονάδων ψύξης υπολογίζεται απο την ακόλουθη σχέση:

$$\eta_{em,t} = \frac{\eta_{em}}{f_{im} \cdot f_{hydr}} \quad (4.4)$$

- f_{im} ο παράγοντας της διακοπτόμενης λειτουργίας με την έννοια της μείωσης (ρύθμισης) της θερμοκρασίας ανά χώρο του κτηρίου, που παίρνει τιμές απο τον ακόλουθο πίνακα:

Πιν. 4.13. Τιμές για τον παράγοντα διακοπτόμενης λειτουργίας f_{im} (T.O.T.E.E. 20701-1/2017)

Για τερματικές μονάδες ψύξης με:	f_{im}
συνεχή λειτουργία	1,00
διακοπτόμενη λειτουργία	0,97

- f_{hydr} ο παράγοντας για την υδραυλική ισορροπία του δικτύου των τερματικών μονάδων, που παίρνει τιμές από τον ακόλουθο πίνακα:

Πιν. 4.14. Τιμές για τον παράγοντα υδραυλικής ισορροπίας f_{hydr} (T.O.T.E.E. 20701-1.2017)

Για τερματικές μονάδες ψύξης με:	$f_{hydr}f_{hydr}$
υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα	1,00
συστήματα εκτός ισορροπίας	1,03

- η_{em} η απόδοση εκπομπής της ίδιας της μονάδας. Ενδεικτικές τιμές δίνονται στον πίνακα 4.15.

Πιν. 4.15. Απόδοση η_{em} τερματικών μονάδων ψύξης

Τύπος τερματικής μονάδας	Απόδοση εκπομπής η_{em} μονάδων ψύξης
Άμεσα συστήματα: π.χ. μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (fan-coils), δαπέδου ή οροφής, εσωτερικές μονάδες τοπικών συστημάτων άμεσης εξάτμισης, τερματικά	0,93

στοιχεία κυκλοφορίας αέρα κ.ά	
Ενσωματωμένες τερματικές μονάδες: π.χ. ενδοτοιχίο, ενδοδαπέδιο, ψυχόμενες οροφές	0,90
Τοπικές αντλίες θερμότητας	0,93

Τελικά, επιλέγουμε: $f_{im}=0,97$ (διακοπτόμενη λειτουργία), $f_{hydr}=1,0$ (υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα) και $\eta_{em}=0,93$. Επομένως, $\eta_{em,t}=0,959$ τιμή την οποία εισάγουμε στο πρόγραμμα. Προφανώς, τοπικές αντλίες θερμότητας δεν διαθέτουν δίκτυο διανομής και βοηθητικά συστήματα.

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης: Υγραση Μηχανικός αερισμός Ηλιακός συλλέκτης Φωτισμός

Θέρμανση | Ψύξη | Μηχανικός αερισμός | Φωτισμός

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Ap. (-)	EER' (-)	Ian (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Αερόμικτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	112	1.0	2.2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
* 2				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Ap. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου	0		0.95	<input type="checkbox"/>
2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Ap.' (-)
▶ 1		0.959

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
▶ 1	Αντλίες	1	.879
* 2		1	0

Εικ. 4.14.Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. για το σύστημα θέρμανσης στο Δημαρχείο Βάρης - Βούλας – Βουλιαγμένης. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.

4.1.25 Σύστημα φωτισμού

Ο φωτισμός δεν εξετάζεται στα κτήρια κατοικίας. Για τα συστήματα φωτισμού στα κτήρια του τριτογενούς τομέα καθορίζεται ότι στο υπό μελέτη κτήριο (νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια) η φωτεινή απόδοση είναι 60 lm/W, καθώς στο κτήριο αναφοράς η φωτεινή απόδοση είναι κατ' ελάχιστον 55 lm/W. Στον πίνακα 2.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 δίνονται και οι τιμές εγκατεστημένης ισχύος ανά μονάδα ωφέλιμης επιφάνειας (W/m²) για το κτήριο αναφοράς, που καθορίστηκαν με βάση τις προτεινόμενες τιμές ανά χρήση χώρων όπως δίνονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15193:2007 και οι τιμές εγκατεστημένης ισχύος ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας (W/m²) για ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.

Ο χώρος του Δημαρχείου αποτελεί κτήριο τριτογενούς τομέα (ΤΕΕ, 2017a). Επειδή ήταν αδύνατον να υπολογιστεί η στάθμη φωτισμού προσεγγίστηκε ο υπολογισμός της εγκατεστημένης ισχύος από τον Πίνακα 5.1α. της ΤΟΤΕΕ 20701-1. Συγκεκριμένα επιλέχθηκε συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού με πυκνότητα ισχύος 4,5 W/m²/100lx και επειδή το γραφείο αναφοράς ζητά 500 lx έχουμε 500lx*4,5W/m²/100lx = 22,5 W/m².

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης: Υγραση Μηχανικός αερισμός Ηλιακός συλλέκτης Φωτισμός

Θέρμανση | Ψύξη | Μηχανικός αερισμός | **Φωτισμός**

Εγκατεστημένη ισχύς (kW): 22.50

Εγκατεστημένη ισχύς που ελέγχεται μόνο με αισθητήρες ΦΦ (kW): 0

Εγκατεστημένη ισχύς που ελέγχεται μόνο με αισθητήρες παρουσίας (kW): 0

Εγκατεστημένη ισχύς που ελέγχεται με αισθητήρες ΦΦ και παρουσίας (kW): 0

Περιοχή ΦΦ (%):

	Ζώνες τεχνητού φωτισμού - Στάθμη φωτισμού (lx)	Ποσοστό (%)
▶ 1	1000	0
2	500	100
3	400	0
4	300	0
5	250	0
6	200	0
7	100	0

Αυτοματισμοί ελέγχου ΦΦ: 2. Χειροκίνητος

Αυτοματισμοί ανίνευσης κίνησης: 1. Χειροκίνητος διακόπτης (αφής/σβέσης)

Κόστος (€):

Σύστημα απομάκρυνσης θερμότητας

Φωτισμός ασφαλείας

Σύστημα εφεδρείας

Εικ. 4.15.Εισαγωγή στο λογισμικό των δεδομένων για το σύστημα φωτισμού του γραφείου. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

4.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης με το λογισμικό TEE – Κ.Εν.Α.Κ.

4.2.1 Ενεργειακές απαιτήσεις Δημαρχείου

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το υπάρχον κτήριο και το κτήριο αναφοράς. Οι ενεργειακές απαιτήσεις που προκύπτουν για θέρμανση και ψύξη κατά τη διάρκεια του έτους είναι οι εξής:

Υπάρχον κτήριο		Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)												
		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	5,6	4,5	3,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	4,3	19,1
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	16,1	32,2	30,9	5,5	0,0	0,0	0,0	88,2
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

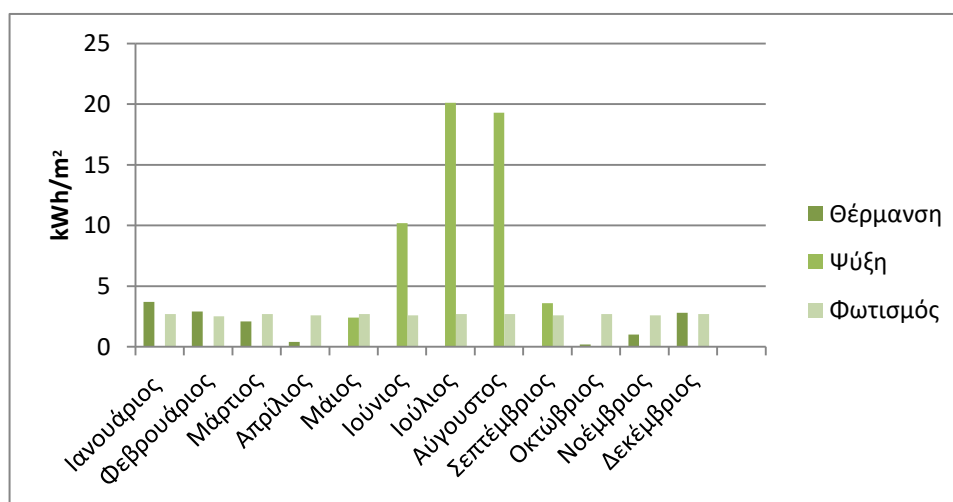
Εικ. 4.16.Ενεργειακές απαιτήσεις Δημαρχείου Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης. Πηγή αναφοράς: TEE-Κ.Εν.Α.Κ.

Κτήριο αναφοράς		Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)												
		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	0,7	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,8
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	9,1	16,5	16,4	3,8	0,0	0,0	0,0	48,3
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Εικ. 4.17.Ενεργειακές απαιτήσεις κτηρίου αναφοράς. Πηγή αναφοράς: TEE-Κ.Εν.Α.Κ.

Παρατηρούμε ότι το υπάρχον κτήριο έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις σε θέρμανση με 19,1 kWh/m² έναντι 1,8 kWh/m² του κτηρίου αναφοράς. Επιπλέον, έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ψύξη με 88,2 kWh/m², ενώ το κτήριο αναφοράς απαιτεί 48,3 kWh/m².

4.2.2 Ενεργειακές καταναλώσεις Δημαρχείου



Εικ. 4.18.Διάγραμμα μηνιαίων ενεργειακών καταναλώσεων Δημαρχείου Βάρης – Βούλας - Βουλιαγμένης (kWh/m².) Πηγή αναφοράς: TEE-Κ.Εν.Α.Κ.

Υπάρχον κτίριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	5,6	4,5	3,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	4,3	19,1
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	16,1	32,2	30,9	5,5	0,0	0,0	0,0	88,2
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	3,7	2,9	2,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	2,8	13,2
	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	2,4	10,2	20,1	19,3	3,6	0,0	0,0	0,0	55,7
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	2,7	2,5	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	32,0
	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	5,4	4,9	3,0	5,1	12,8	22,8	22,1	6,3	2,9	3,6	5,5	100,8
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	100,9		99,8										
	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	100,8		99,8										

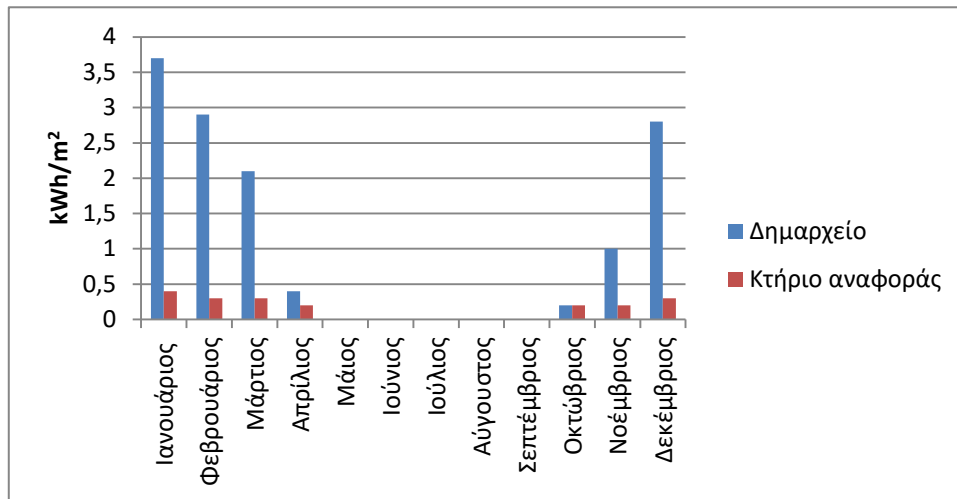
Εικ. 4.19. Αποτελέσματα ενεργειακών καταναλώσεων Δημαρχείου. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

Κτίριο αναφοράς														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	0,7	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,8
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	9,1	16,5	16,4	3,8	0,0	0,0	0,0	48,3
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	0,4	0,3	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3	1,9
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	3,8	6,8	6,7	1,7	0,0	0,0	0,0	20,2
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	3,5	3,1	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,0
	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	3,9	3,5	3,7	3,6	4,7	7,2	10,2	10,2	5,1	3,7	3,6	3,8	63,0
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	63,0		62,3										
	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	63,0		62,3										

Εικ. 4.20. Αποτελέσματα ενεργειακών καταναλώσεων κτηρίου αναφοράς. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

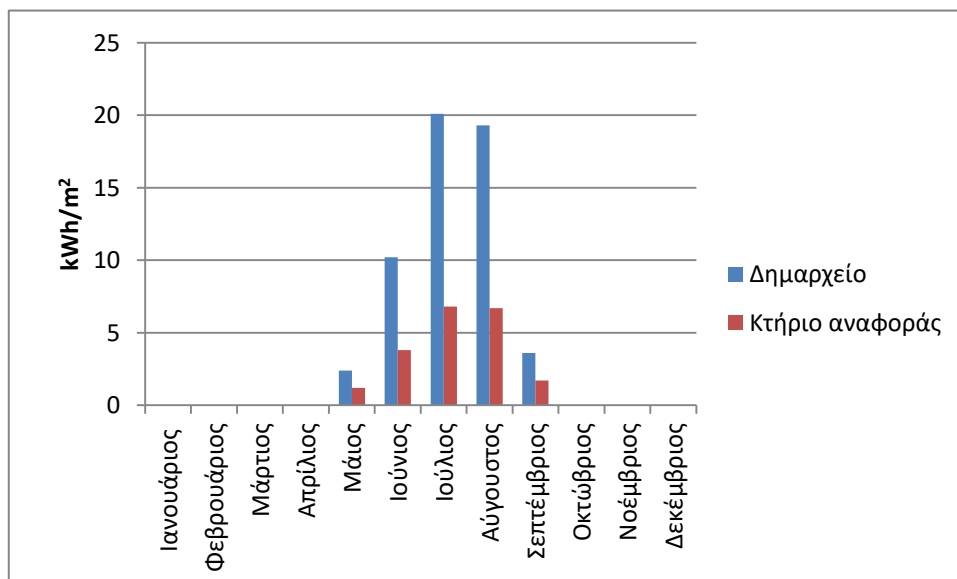
Παρατηρούμε ότι οι συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά μεταξύ τους. Το εξεταζόμενο κτήριο καταναλώνει συνολικά $100,8 \text{ kWh/m}^2$, ενώ το κτήριο αναφοράς $63,0 \text{ kWh/m}^2$.

Το υπάρχον κτήριο καταναλώνει για θέρμανση $13,2 \text{ kWh/m}^2$, ενώ το κτήριο αναφοράς $1,9 \text{ kWh/m}^2$. Η διαφορά αυτή μπορεί να εξηγηθεί βάσει της καλύτερης απόδοσης του συστήματος θέρμανσης του κτηρίου αναφοράς.



Εικ. 4.21. Σύγκριση μηνιαίων καταναλώσεων για θέρμανση για το Δημαρχείο και το κτήριο αναφοράς

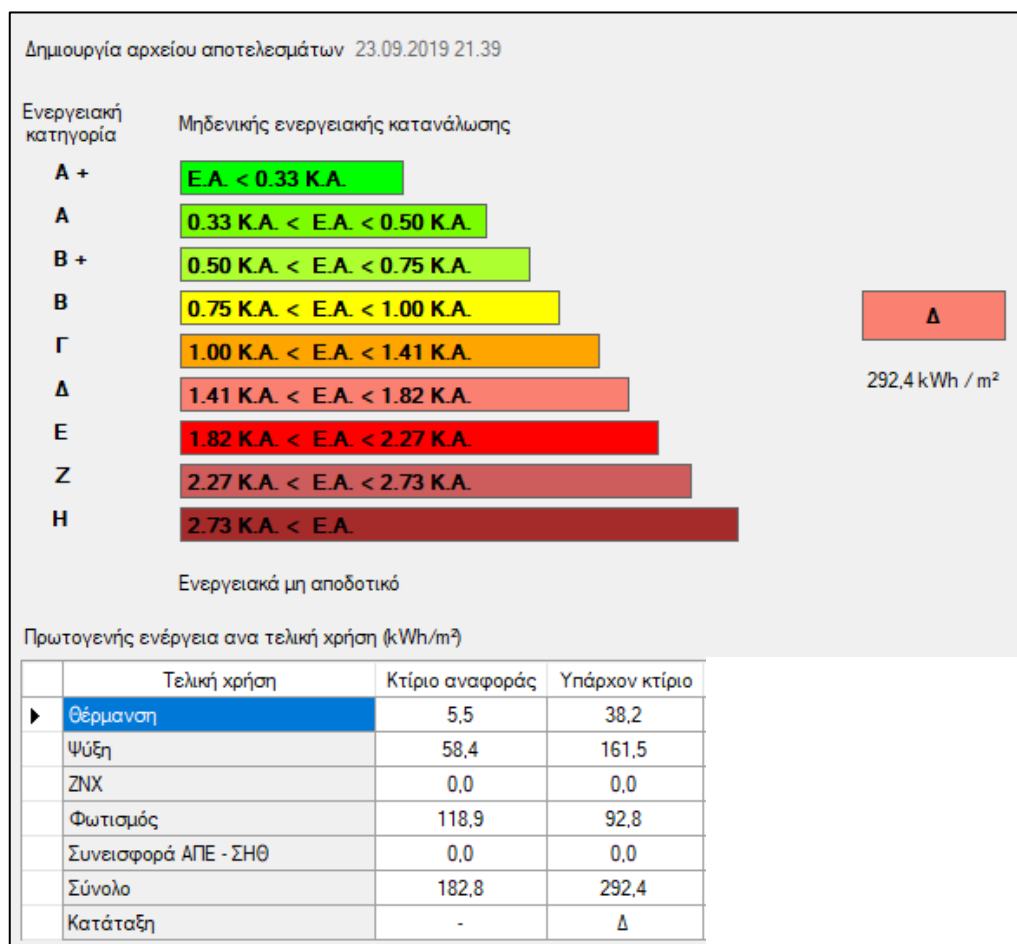
Όσον αφορά την ψύξη, το υπάρχον κτήριο καταναλώνει $55,7 \text{ kWh/m}^2$, ενώ αντίθετα το κτήριο αναφοράς καταναλώνει $20,2 \text{ kWh/m}^2$. Ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης των τοπικών κλιματιστικών μονάδων του κτηρίου αναφοράς είναι $EER=3,0$, ενώ για το εξεταζόμενο κτήριο είναι $EER=2,8$. Φυσικά και εδώ παίζουν καθοριστικό ρόλο οι διαφορές στην αεροστεγανότητα και τη μόνωση του κελύφους.



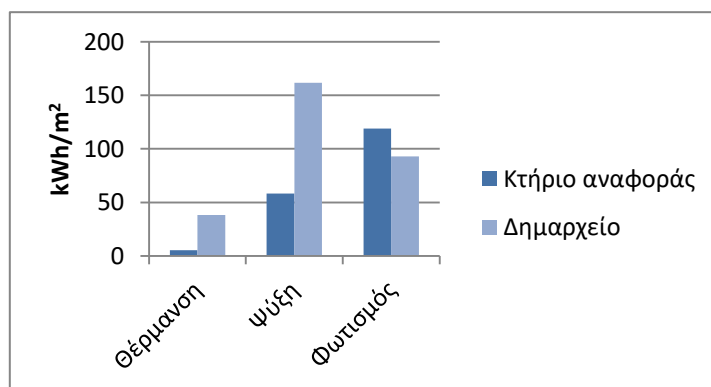
Εικ. 4.22. Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις για ψύξη για το υπάρχον κτήριο και το κτήριο αναφοράς

4.2.3 Ενεργειακή κατάταξη Δημαρχείου Βάρης - Βούλας – Βουλιαγμένης

Με βάση τις καταναλώσεις των καυσίμων και τους αντίστοιχους συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται η πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m²) τόσο για το υπάρχον κτήριο όσο και για το κτήριο αναφοράς. Έτσι έχουμε:



Εικ. 4.23. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την κατοικία. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.



Εικ. 4.24. Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για το υπάρχον κτήριο και το κτήριο αναφοράς

Βάσει του λόγου των δύο συνολικών καταναλώσεων προκύπτει η ενεργειακή κατάταξη της Δημαρχείου, που αντιστοιχεί στην ενεργειακή κατηγορία Δ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ.

5.1 Ανάπτυξη σεναρίων στο λογισμικό ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ.

Στο παρόν κεφάλαιο γίνονται προτάσεις παρεμβάσεων στο κτήριο για την εξοικονόμηση ενέργειας στο Δημαρχείο. Όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, το γραφείο κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία Δ. Παρότι το αποτέλεσμα αυτό θεωρείται πολύ ικανοποιητικό δεδομένης της ηλικίας του κτηρίου και τις ελάχιστες παρεμβάσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, είναι προφανής η ανάγκη για βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτηρίου και της μείωσης των εκπομπών CO₂.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η συμπεριφορά του κτηρίου στην πραγματικότητα διαφέρει από αυτή που απεικονίζει η μελέτη προς το χειρότερο. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας των πολλών τοπικών φθορών που έχουν επέλθει με το χρόνο σε στοιχεία του κτηρίου όπως παράθυρα και αρμούς. Αυτές οι τοπικές φθορές δεν μπορούν να απεικονιστούν πιστά με το λογισμικό και ζημιώνουν την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου σε σημαντικό βαθμό.

Από τον παραπάνω απολογισμό και δεδομένου ότι η χρήση του κτηρίου θα συνεχιστεί για πολλά χρόνια ακόμα είτε σαν κτήριο δημοσίων υπηρεσιών είτε εναλλακτικά σαν εκθεσιακός χώρος γίνεται φανερό ότι επιβάλλεται η εφαρμογή παρεμβάσεων για την βελτίωση της ενεργειακής του συμπεριφοράς.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας και μετά από τη συλλογή στοιχείων για το κτήριο και την προσεκτική αξιολόγηση και μελέτη τους παρουσιάζονται ενδεικτικά σενάρια επεμβάσεων για το Δημαρχείο με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμισή του.

5.1.1 Σενάριο Νο1 - Παρέμβαση με φωτοβολταϊκά

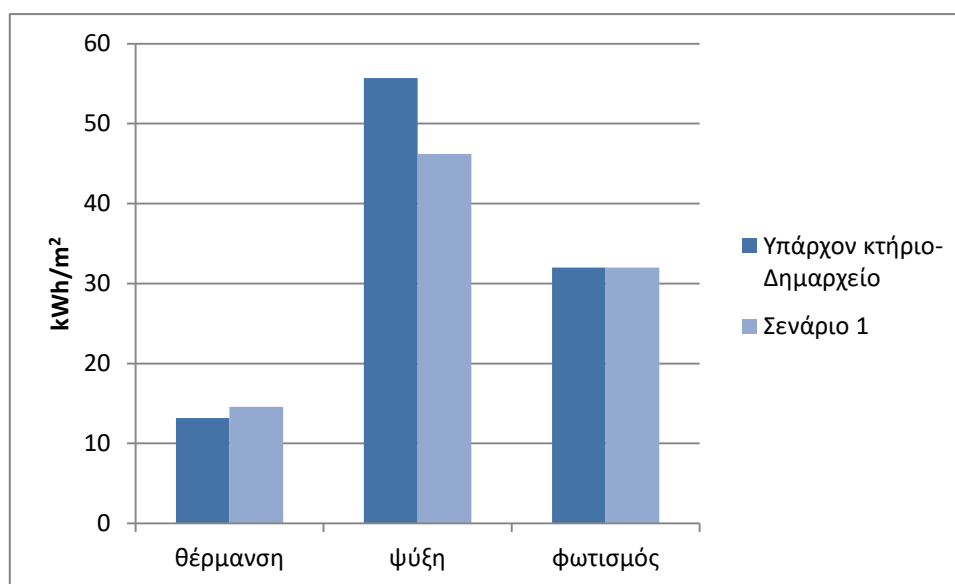
Στο σενάριο αυτό εξετάζεται η περίπτωση επέμβασης με την εισαγωγή φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του κτηρίου για την εξοικονόμηση ενέργειας. Αναμένεται ενεργειακή αναβάθμιση, γιατί ό,τι παράγεται από το φωτοβολταϊκό θα αφαιρείται από το δίκτυο ηλεκτρισμού με αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Η συνεισφορά από τις ΑΠΕ όπως θα υπολογιστεί από το λογισμικό θα είναι αυτή που θα καθορίσει την τελική κατάταξη του Δημαρχείου.

Έτσι, επιλέγουμε μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πλαίσια με προσανατολισμό 28°, ονομαστικής ισχύος 32kW, βαθμού απόδοσης 15% και επιφάνεια 200m². Σύμφωνα με το λογισμικό, έχουμε τις ακόλουθες ενεργειακές καταναλώσεις:

Σενάριο 1														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	6,7	4,9	3,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	4,5	21,5
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	12,7	27,4	26,5	4,4	0,0	0,0	0,0	73,3
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	4,3	3,2	2,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,1	3,0	14,6
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	8,0	17,0	16,5	2,9	0,0	0,0	0,0	46,2
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	2,7	2,5	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	32,0
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	1,5	1,7	2,2	2,6	3,1	3,3	3,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,4	29,1
	Σύνολο	7,0	5,6	5,1	3,1	4,4	10,7	19,8	19,2	5,5	2,9	3,7	5,7	92,8
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
►	Ηλεκτρισμός	63,7		63,0										
	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	92,8		63,0										

Εικ. 5.1 Ενεργειακές καταναλώσεις για το σενάριο Νο1 - επέμβασης με αυτόνομο Φ/Β σύστημα. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

Όπως αναφέραμε, με την εγκατάσταση αυτόνομου Φ/Β συστήματος δεν υπάρχει επέμβαση στα φορτία θέρμανσης και ψύξης, αλλά η ενεργειακή εξοικονόμηση προέρχεται από τη συνεισφορά των ΑΠΕ. Τελικά η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι 107,7 kWh/m² και η μείωση εκπομπών CO₂ 36,8 kg/m². Το κτήριο κατατάσσεται στην κατηγορία Γ.



Εικ. 5.2 Ετήσιες καταναλώσεις για το υπάρχον κτήριο και το σενάριο Νο1.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)				
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Θέρμανση	5,5	38,2	42,5
	Ψύξη	58,4	161,5	133,9
	ZNX	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	118,9	92,8	92,8
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	84,4
	Σύνολο	182,8	292,4	184,7
	Κατάταξη	-	Δ	Γ

Εικ. 5.3 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανα τελική χρήση – σενάριο Νο1. Πηγή αναφοράς: TEE-Κ.Εν.Α.Κ.

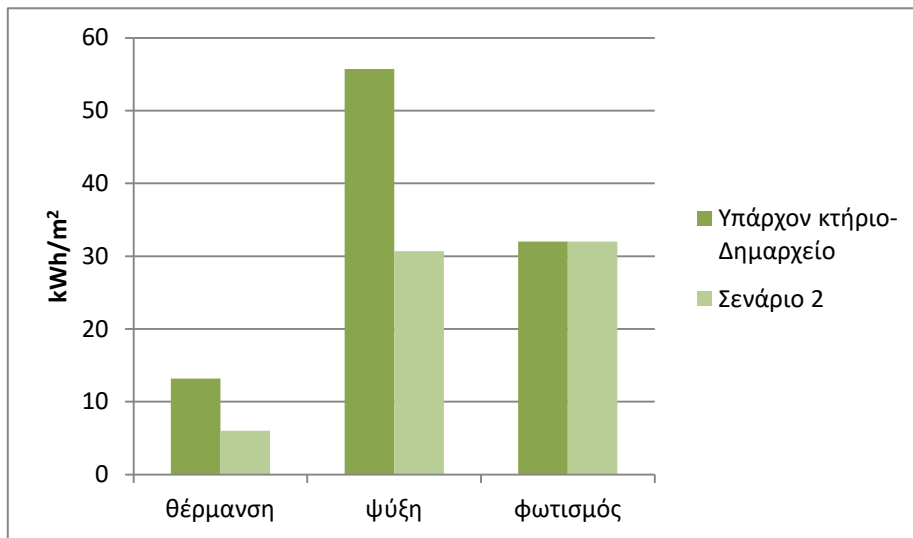
5.1.2 Σενάριο 2 - Αντικατάσταση κουφωμάτων και μόνωση των οριζόντιων επιφανειών

Διαπιστώθηκε ότι το κτήριο του Δημαρχείου διαθέτει διάφορα είδη κουφωμάτων με την πλειοψηφία αυτών να έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας $U=3,2-6 \text{ W/m}^2\text{K}$ που είναι μεγαλύτερος από τον μέγιστο επιτρεπτό ($3 \text{ W/m}^2\text{K}$) για την κλιματική ζώνη Β, σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. Επομένως, μια επέμβαση που αξίζει να εξεταστεί είναι αυτή της αντικατάστασης κουφωμάτων με νέα, μικρότερου συντελεστή θερμοπερατότητας. Επιλέγονται λοιπόν κουφώματα με συντελεστή θερμοπερατότητας $U=2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ και ταυτοχρόνα προτείνεται μόνωση στην οροφή ισογείου αλλά και στη οροφή του Α' ορόφου και έχουμε τις ακόλουθες ενεργειακές καταναλώσεις:

Σενάριο 2														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	2,8	2,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,4	7,4
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	8,6	16,9	16,8	3,5	0,0	0,0	0,0	47,6
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	1,9	1,4	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	1,1	6,0
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	5,6	10,7	10,6	2,4	0,0	0,0	0,0	30,7
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	2,7	2,5	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	2,6	32,0
	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	4,6	3,9	3,5	2,9	4,1	8,2	13,5	13,4	5,0	2,9	3,0	3,8	68,7
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	68,7		67,9										
	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	68,7		67,9										

Εικ. 5.4 Ενεργειακές καταναλώσεις για το σενάριο Νο2 - Αντικατάσταση κουφωμάτων και μόνωση των οριζόντιων επιφανειών. Πηγή αναφοράς: TEE-Κ.Εν.Α.Κ.

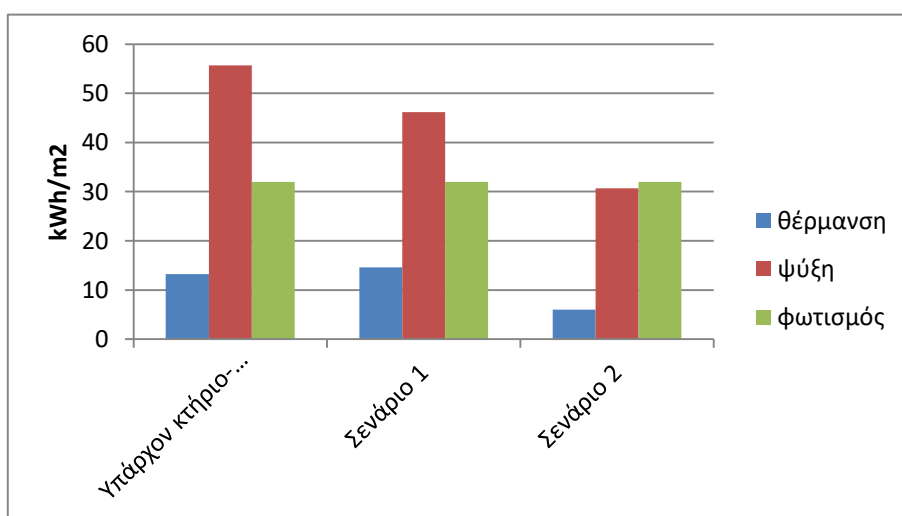
Βλέπουμε ότι η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια είναι $68,7 \text{ kWh/m}^2$, ενώ για το υφιστάμενο κτήριο είναι $100,8 \text{ kWh/m}^2$. Η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι $93,2 \text{ kWh/m}^2$ (32%) και το κτήριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Γ.



Εικ. 5.5 Ετήσιες καταναλώσεις για το υπάρχον κτήριο και το σενάριο Νο2.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²)					
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
	Θέρμανση	5,5	38,2	42,5	17,3
	Ψύξη	58,4	161,5	133,9	89,1
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	118,9	92,8	92,8	92,8
▶	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	84,4	0,0
	Σύνολο	182,8	292,4	184,7	199,2
	Κατάταξη	-	Δ	Γ	Γ

Εικ. 5.6 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανα τελική χρήση – σενάριο Νο2. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.



Εικ. 5.7 Ετήσιες καταναλώσεις για το υπάρχον κτήριο, το σενάριο Νο1 και Νο2.

5.1.3 Σενάριο Νο3 – συνδυασμός σεναρίων Νο1 και Νο2

Στο εν λόγω σενάριο επιλέχθηκε η εφαρμογή των δύο παραπάνω σεναρίων. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε τοποθέτηση φωτοβολταϊκών, μείωση των συντελεστών θερμοπερατότητας των αδιαφανών στοιχείων και τοποθέτηση μόνωσης στις οριζόντιες επιφάνειες. Τα εξαγόμενα αυτού του σεναρίου είναι τα ακόλουθα:

Σενάριο 3													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)													
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαί.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	2,8	2,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,4	7,4
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	8,6	16,9	16,8	3,5	0,0	0,0	0,0	47,6
Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)													
	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαί.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	1,9	1,4	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	1,1	6,0
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	5,6	10,7	10,6	2,4	0,0	0,0	0,0	30,7
ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	2,7	2,5	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	32,0
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	1,5	1,7	2,2	2,6	3,1	3,3	3,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,4	29,1
Σύνολο	4,6	3,9	3,5	2,9	4,1	8,2	13,5	13,4	5,0	2,9	3,0	3,8	68,7

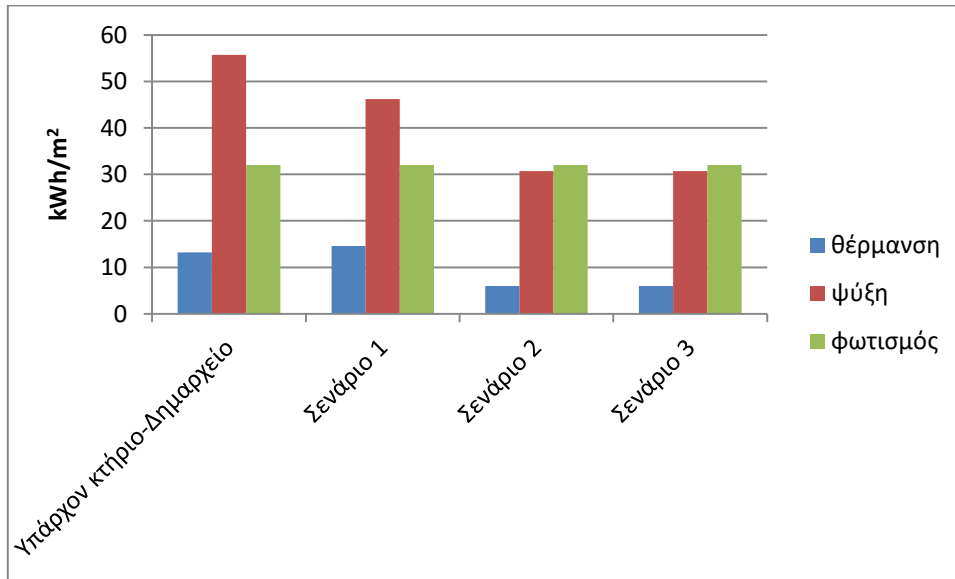
Πηγή ενέργειας			Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)	
► Ηλεκτρισμός			39,6		39,2	
Πετρέλαιο			0,0		0,0	
Φυσικό αέριο			0,0		0,0	
Άλλα ορυκτά καύσιμα			0,0		0,0	
Ηλιακή			0,0		0,0	
Βιομάζα			0,0		0,0	
Γεωθερμία			0,0		0,0	
Άλλο ΑΠΕ			0,0		0,0	
Σύνολο			68,7		39,2	

Εικ. 5.8 Ενεργειακές καταναλώσεις για το σενάριο Νο3 – συνδυασμός σεναρίων Νο1 και Νο2.
Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.

Παρατηρείται ότι η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση παραμένει σταθερή σε σχέση με το σενάριο Νο2 και αυτό είναι αποδεκτό μιας και δεν επηρεάζεται από την εισαγωγή του φωτοβολταϊκού συστήματος. Στο επίπεδο της πρωτογενούς ενέργειας όμως, έχουμε εξοικονόμηση 177,6 kWh/m² (60,7%) και μείωση εκπομπών CO₂ κατά 60,6 kg/m². Αξίζει να σημειωθεί ότι το κτήριο άλλαξε ενεργειακή κατηγορία και αναβαθμίστηκε σε κατηγορίας B+.

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m ²)						
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	5,5	38,2	42,5	17,3	17,3
	Ψύξη	58,4	161,5	133,9	89,1	89,1
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	118,9	92,8	92,8	92,8	92,8
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	84,4	0,0	84,4
	Σύνολο	182,8	292,4	184,7	199,2	114,8
	Κατάταξη	-	Δ	Γ	Γ	B+

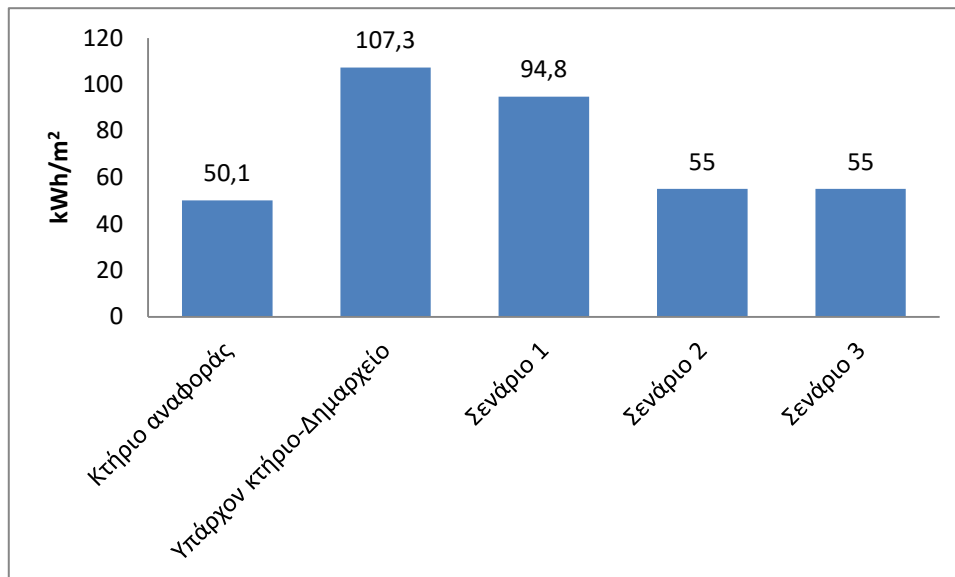
Εικ. 5.9 Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανα τελική χρήση – σενάριο Νο3. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Εν.Α.Κ.



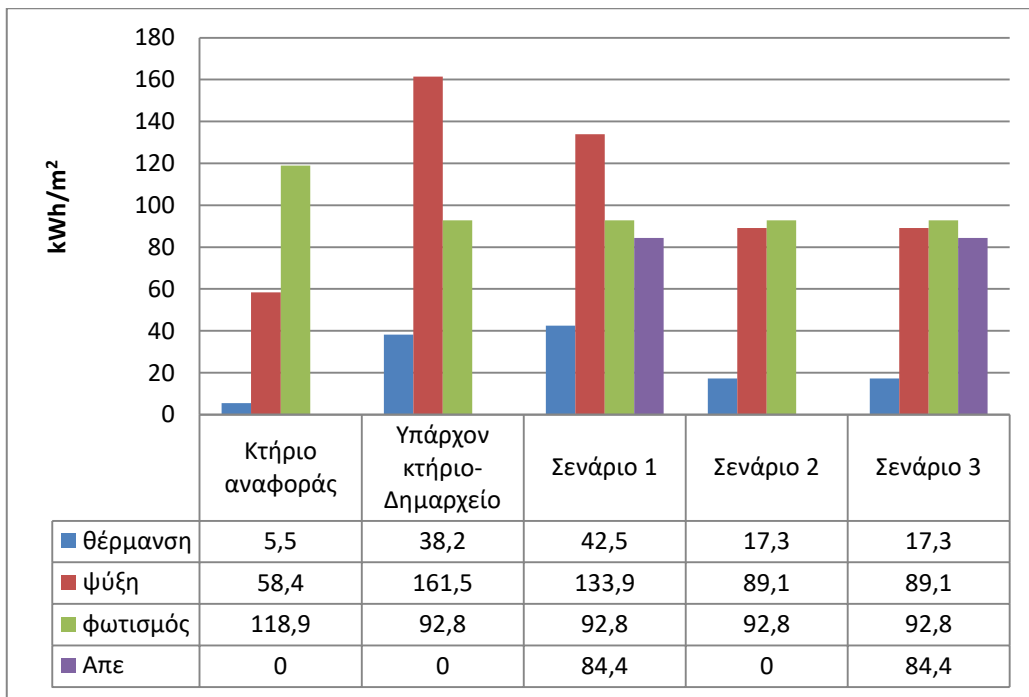
Εικ. 5.10 Ετήσιες καταναλώσεις για το υπάρχον κτίο, το σενάριο Νο1-Νο2 και Νο3.

5.1.4 Συγκεντρωτικά στοιχεία

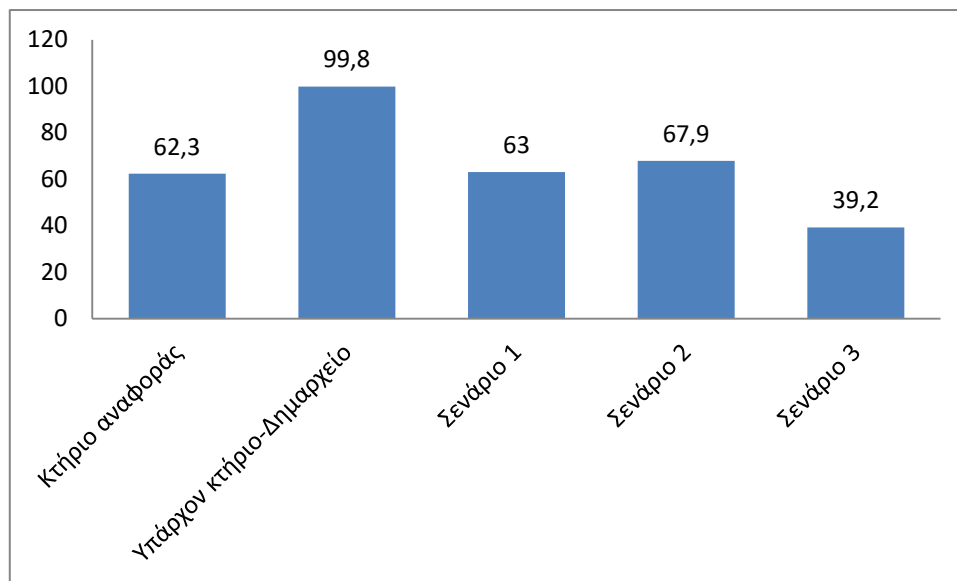
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του λογισμικού για το αρχικό κτήριο το κτήριο αναφοράς και τα τρία σενάρια προκύπτουν τα διαγράμματα:



Εικ. 5.11 Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων



Εικ. 5.12 Σύγκριση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας



Εικ. 5.13 Σύγκριση εκπομπών CO₂

Ενεργειακές απαιτήσεις

Η μείωση στις ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου ανέρχεται στο 8,83% για το σενάριο 1 και στο 51,20% για το σενάριο 2. Όσον αφορά το σενάριο 3 οι ενεργειακές απαιτήσεις του είναι ίδιες με το σενάριο 2.

Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας

Η μείωση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται στο 36,83% για το σενάριο 1, στο 31,87% για το σενάριο 2 και στο 60,74% για το σενάριο 3.

Εκπομπές CO₂

Η μείωση στις εκπομπές CO₂ ανέρχεται 36,8% για το σενάριο 1, στο 31,9% για το σενάριο 2 και 60,7% για το σενάριο 3.

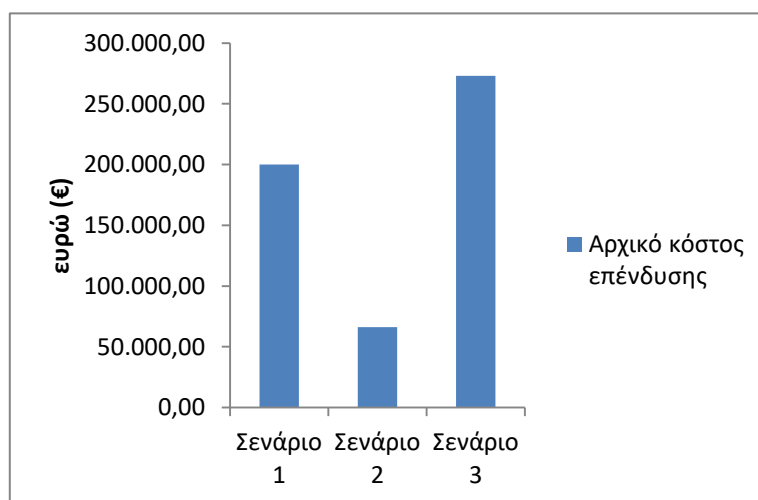
5.1.5 Οικονομοτεχνική Ανάλυση

Η οικονομοτεχνική ανάλυση που ακολουθεί γίνεται σε μια προσπάθεια εφαρμογής των θεωρητικών προσεγγίσεων που αναπτύχθηκαν στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. Σκοπός της συγκεκριμένης ανάλυσης είναι η ανάδειξη μιας πρότασης που όχι μόνο θα είναι τεχνικά πραγματοποιήσιμη και αποτελεσματική αλλά θα είναι οικονομικά προσεγγίσιμη και συνεπώς εφικτή στο να εφαρμοστεί.

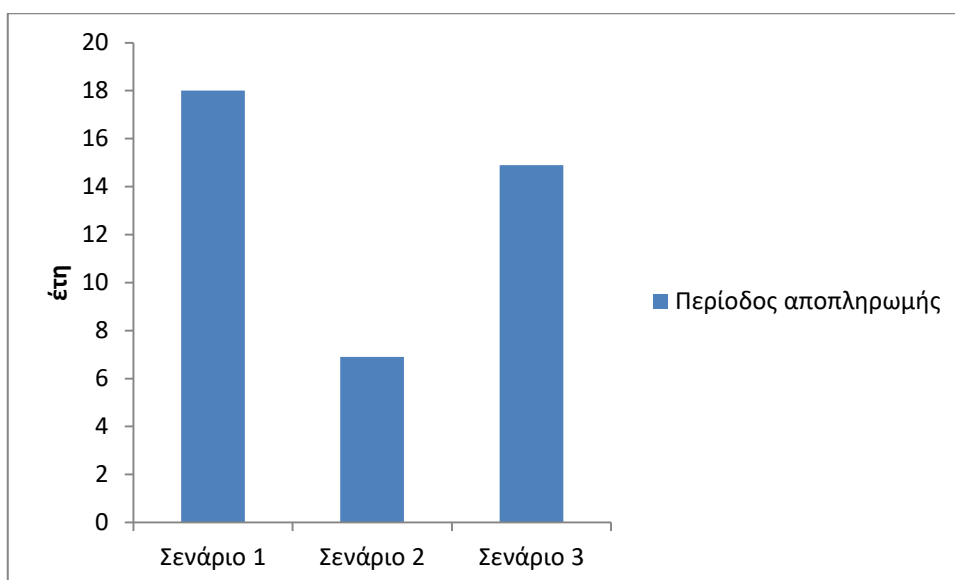
Όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί το λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει το κόστος και την περίοδο αποπληρωμής της κάθε πρότασης. Στην πρώτη εικόνα φαίνονται τα σενάρια 1,2,3.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής						
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	18.831,9	30.125,7	19.025,3	20.514,6	11.819,6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			200.000,0	66.067,0	272.873,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			107,8	93,3	177,7
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			36,8	31,9	60,8
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1,1	0,4	0,9
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			36,8	31,9	60,7
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			18,0	6,9	14,9

Εικ. 5.14 Οικονομοτεχνική ανάλυση TEE- K.Ε.ν.Α.Κ.



Εικ. 5.15 Σύγκριση σεναρίων σύμφωνα με το αρχικό κόστος επένδυσης. Πηγή αναφοράς: TEE-K.Ε.ν.Α.Κ.



Εικ. 5.16 Σύγκριση σεναρίων σύμφωνα με την περίοδο αποπληρωμής. Πηγή αναφοράς: ΤΕΕ-Κ.Ε.ν.Α.Κ.

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα η εικόνα που σχηματίζεται για τα σεσάρια που μελετήθηκαν ποικίλει. Η περίοδος αποπληρωμής για τις προτάσεις που μελετήθηκαν κυμαίνεται στα 18 έτη για το σεσάριο 1, 6,9 για το σεσάριο 2 και 14,9 για το σεσάριο 3. Λαμβάνοντας υπόψην και την ενεργειακή απόδοση του εκάστοτε σεναρίου καταλληλότερη επιλογή θα μπορούσε να αποτελέσει η εφαρμογή του τρίτου σεναρίου. Ωστόσο, θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθεί ότι το αρχικό κόστος αυτού του σεναρίου είναι το πιο υψηλό.

Γενικά αξίζει να γίνουν κάποια σχόλια όσο αφορά την οικονομική ανάλυση του λογισμικού. Το λογισμικό προσφέρει στον χρήστη τη δυνατότητα καθορισμού του λειτουργικού κόστους, παρόλο αυτά δεν δίνει πληροφορίες και για το πως αυτό καθορίζεται (τιμές ηλεκτρικού ρεύματος, καυσίμων κλπ). Επίσης δεν υπάρχει η δυνατότητα καθορισμού από τον χρήστη παραμέτρων των επενδύσεων όπως το επιτόκιο ή η διάρκεια ζωής της επένδυσης με αποτέλεσμα να επηρεάζεται ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης. Αν τέτοιοι παράμετροι συμπεριλαμβάνονταν σε μελλοντική έκδοση το πρόγραμμα θα βελτιωνόταν αισθητά.

5.2 Συμπεράσματα

Παρακάτω παρουσιάζονται τα κυριότερα σημεία αναφοράς στο πλαίσιο της βιβλιογραφικής αναζήτησης της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

- Ο οικιακός τομέας και οι υπηρεσίες (δηλ. τα κτήρια) ευθύνονται για το 37% της κατανάλωσης ενέργειας και το 36% των ολικών εκπομπών CO₂ σε επίπεδο ΕΕ,
- Στην ΕΕ τα κτηριακά αποθέματα ποικίλουν και ένα σημαντικό μέρος αυτών έχει ηλικία άνω των 50 ετών,
- Η μέση ηλικία των υφιστάμενων κτηρίων και το ποσοστό των νέων κτηρίων επί του συνολικού αριθμού αυτών, αποτελούν τους βασικούς δείκτες ενεργειακής απόδοσης του κτηριακού αποθέματος,

- Για το 2030, επιδιώκεται μείωση κατά 40% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, αύξηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε 27% και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 27% [6].
- Ο στόχος για το 2050 είναι η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95%, συνεπώς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι πλήρως αποδεδουλευμένη από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα [6].
- Στις περισσότερες χώρες της ΕΕ, οι ορισμοί nZEB αφορούν τη μέγιστη πρωτογενή ενέργεια ως έναν από τους κύριους δείκτες,
- Για τα κτήρια κατοικιών, οι περισσότερες χώρες στοχεύουν σε μια χρήση πρωτογενούς ενέργειας που δεν υπερβαίνει τα 50 kWh/(m² a),
- Οι ανακαινίσεις πρέπει να είναι μεγαλύτερης έκτασης, συνδυάζοντας μέτρα εξοικονόμησης που βελτιώνουν συνολικά το κτήριο, τόσο το κέλυφος όσο και τα λειτουργικά του συστήματα,
- Οι βασικές τελικές χρήσεις που συμπεριλαμβάνονται, είναι η θέρμανση, το ζεστό νερό χρήσης, η ψύξη, ο εξαερισμός και (κυρίως σε μη οικιακό τομέα) ο φωτισμός.

Όσον αφορά τα κυριότερα σημεία - συμπεράσματα από την παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, αυτά συνοψίζονται ως ακολούθως.

- Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε η ενεργειακή αναβάθμιση του υπάρχοντος κτηρίου –Δημαρχείου Βάρης – Βούλας – Βουλιαγμένης με τη χρήση λογισμικού και προτάσεις κατάλληλων επεμβάσεων,
- Η αποτύπωση του υφιστάμενου κτηρίου και η σχεδίαση αυτού στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD κρίθηκε αναγκαία ώστε να δημιουργηθεί η τρισδιάστατη μορφή αυτού στο SketchUp.
- Αξίζει να αναφερθεί ότι η συλλογή των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή του λογισμικού αποδείχτηκε δύσκολη και χρονοβόρα λόγω απώλειας πολύτιμων στοιχείων και σχεδίων με την πάροδο του χρόνου. Χρειάστηκε γι' αυτό το λόγω η υφισταμένη επί τόπου έρευνα και η χρήση παραδοχών.
- Σύμφωνα με την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε στο TRNSYS το μέγιστο ψυκτικό φορτίο του κτηρίου ανέρχεται στα 82 kW, ενώ το αντίστοιχο θερμικό στα 54 kW

- Μελετήθηκαν μέσω των εξαγομένων από το TRNSYS αποτελεσμάτων συνολικά πέντε σενάρια επεμβάσεων: (i) προσθήκης λέβητα φ.α. για την κάλυψη των θερμικών φορτίων (ii)-(iv) εναλλακτικά σενάρια σχετικά με το σύστημα ηλιακής ψύξης/θέρμανσης Zeosol και (v) ένα σενάριο συμβατικής αντλίας θερμότητας και φ/β
- Τόσο από ενεργειακή άποψη όσο και από οικονομική ανταγωνιστικότητα, το πιο αποδοτικό σενάριο κρίθηκε η προσθήκη συμβατικής αντλίας θερμότητας και φ/β. Πιο συγκεκριμένα, η μέση ηλιακή απόδοση μετατροπής ενέργειας υπολογίστηκε να είναι της τάξης του 32,7% και η περίοδο αποπληρωμής του ίδιου συστήματος ελαφρώς μεγαλύτερη από 5 έτη.
- Το πρόγραμμα TEE – KENAK δεν επαρκεί για την αξιολόγηση κτηρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης σύμφωνα με τη μεθοδολογία προσδιορισμού του δείκτη πρωτογενούς ενέργειας που έχει υιοθετηθεί στην Ευρώπη.
- Σημειώνεται ότι πέρα από τις επεμβάσεις που προτείνονται, σημαντικό ρόλο για την ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου έχει η σωστή και τακτική συντήρησή του. Απλές επεμβάσεις, όπως η συστηματική βαφή με κατάλληλο ανοιχτό χρώμα και η επίβλεψη των κουφωμάτων για διαρροές και ελαττωματικές καθώς και ο τακτικός έλεγχος της κατάστασης της μόνωσης του δώματος συμβάλλουν ιδιαίτερα στην εξοικονόμηση ενέργειας του κτηρίου
- Συνοψίζοντας, κάθε προσπάθεια για ενεργειακή αναβάθμιση απαιτεί διάθεση χρημάτων. Κάτι που στην παρούσα συγκυρία προκαλεί δισταγμούς και προβληματισμό σε ένα Δήμο. Παρόλα αυτά η χρησιμότητά της γίνεται φανερή αν αναλογιστούμε τη σημαντικότητα του κτηρίου και το γεγονός ότι κάθε παρέμβαση αποτελεί επένδυση στο μέλλον.

5.3 Προοπτικές εφαρμογής

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην εν λόγω εργασία, έχουν γίνει κάποιες παραδοχές λόγω απώλειας πολύτιμων στοιχείων και σχεδίων για το κτήριο του Δημαρχείου. Θα μπορούσε λοιπόν να γίνει μια πιο ακριβής καταγραφή των κουφωμάτων από ειδικούς που θα προσδιόριζαν τα στοιχεία κάθε ανοίγματος με μεγαλύτερη ακρίβεια. Όσον αφορά τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, και σε αυτή τη περίπτωση θα μπορούσε να γίνει μια ακριβέστερη καταγραφή των διαθέσιμων συστημάτων και της απόδοσης αυτών. Τέλος, θα αποτελούσε ιδιαίτερο ενδιαφέρον αν γινόταν ακριβής μέτρηση των στοιχείων φωτισμού από ειδικό.

Το εν λόγω κτήριο θα μπορούσε να εισαχθεί και στο ενεργειακό πρόγραμμα EnergyPlus που αποτελεί επέκταση του SketchUp. Το EnergyPlus αποτελεί πρόγραμμα προσομοίωσης ενεργειακής ανάλυσης ολόκληρων κτηρίων. Χρησιμοποιείται για την δημιουργία μοντέλων κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, ψύξης, εξαερισμού, φωτισμού και γενικότερα ηλεκτρικών συσκευών, καθώς και για την χρήση νερού στα κτήρια.

Στη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή εργασία μελετήθηκαν τρία σενάρια για την ενεργειακή αναβάθμιση του συγκεκριμένου κτηρίου στο λογισμικό TEE- K.E.v.A.K.. Θα μπορούσε λοιπόν να μελετηθούν περισσότεροι συνδυασμοί τεχνολογικών επιλογών όπως π.χ. χρήση ανεμογεννητριών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. BP, *Bp statistical review of world energy 2016*. 2016.
2. al, L.Q.e., *Global Carbon Budget 2018*. 2018.
3. Commission, E., 2019.
4. ΚΑΠΕ, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα, ΚΑΠΕ*.
5. Smil, V., *Energy Transitions: Global and National Perspectives. & BP Statistical Review of World Energy*. 2017.
6. Ένωση, Ε., *Ενεργειακή ένωση και κλιματική αλλαγή*. 2017.
7. IEA, *Energy Efficiency: Buildings The global exchange for energy efficiency policies, data and analysis*. 2019.
8. European Parliament, O.J.E.U.D., *Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency*. 2018.
9. ΕΛΣΤΑΤ, *Απογραφή Κτιρίων 2011*. 2015.
10. Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ε.κ.Κ.Α.Υ., *Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος*. 2014.
11. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ε.κ.κ.α., *Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων*. 2011.
12. (ΕΛΣΤΑΤ), Ε.Σ.Α., *ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ, 2011-2012*. 2012.
13. ΚΑΠΕ, *Νομικό Πλαίσιο ΕΞΕ*. 2015.
14. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ε.κ.κ.α., *ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ & ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ*. 2010.
15. CYLAW, *Παράρτημα IV Κοινό γενικό πλαίσιο για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων*. 2006.
16. Ελλάδα, Τ.Τ.Ε., *Εφαρμογή Κ.Εν.Α.Κ.* . 2019.
17. Ελλάδα, Τ.Τ.Ε., *ΘΕΣΜΙΚΟΠΛΑΙΣΙΟ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ*. 2011.
18. ΑΡΑΒΑΝΤΙΝΟΣ, Δ., *Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων*. 2009.
19. Katsaprakakis, D.a.M.M.T.M.M.T.E., ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ, *Ψύξη και συστήματα διανομής ψύξης*. 2015.
20. Santner, J., *Absorption Cooling* 2009.
21. ΚΑΡΑΓΙΩΡΓΑΣ, Μ., *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ*, in *ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΕΒΗΕ*. 2008.
22. Cooper, C.D.a.F.C.A., *Air pollution control: A design approach*. Waveland Press, 2002.
23. Ng, K., et al., *Experimental investigation of the silica gel–water adsorption isotherm characteristics*. *Applied Thermal Engineering*. 2001.
24. Deng, J., R.Z. Wang, and G.Y. Han, *A review of thermally activated cooling technologies for combined cooling, heating and power systems*. , in *Progress in Energy and Combustion Science*. 2011.
25. Baerlocher, C.a.L.B.M., *Database of Zeolite Structures*. 2017.
26. Wikipedia. 2019; Available from: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AE%CE%BC%CE%BF%CF%82_%CE%92%CE%AC%CF%81%CE%B7%CF%82_%CE%92%CE%BF%CF%8D%CE%BB%CE%B1%CF%82_%CE%92%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B7%CF%82.
27. Google. 2019; Available from: <https://earth.google.com/web/>.

28. Υπηρεσία, Ε.Μ. *Κλιματικά δεδομένα Πειραιά (Ε.Μ.Υ)*. 2010; Available from: <http://www.meteoclub.gr/themata/statistika-metstathmon/7510-klimatika-dedomena-peiraias-emy>.
29. Kallis, G., et al., *Environmental performance of ZEOSOL solar cooling setup*, in *ECOS 2019 - The 32nd International conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and environmental impact of energy systems*. 2019: Wroclaw, Poland.
30. ©AkoTec. *OEM Vario 1000 Solar Keymark certificate*. 2014; Available from: <https://akotec.eu/wp-content/uploads/16-03-17-df-SolarKeymarkErklaerung.pdf>.
31. Jäger-Waldau, A., *PV Status Report 2018*. 2018, Renewable Energy Unit.
32. Eurostat. *Natural gas prices in 2018*. 2019 Φεβρουάριος 2019]; Available from: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Natural_gas_price_statistics.
33. ΔΕΗ. *Τιμοκατάλογος - Επαγγελματικό Γ22*. 2019; Available from: https://www.dei.gr/Documents2/TIMOLOGIA/NEA-TIMOLOGIA-SEPT2019/SEPT19-V2/TIMOK-XT-2019-G22-SEPT19_v2.pdf.
34. Patil, V.R., et al., *Techno-economic comparison of solar organic Rankine cycle (ORC) and photovoltaic (PV) systems with energy storage*. *Renewable Energy*, 2017. **113**: p. 1250-1260.
35. Huijbregts, M.A.J., et al., *ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level*. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2017. **22**(2): p. 138-147.
36. ΤΕΕ, *Κατάρτιση ενεργειακών επιθεωρητών* 2011.