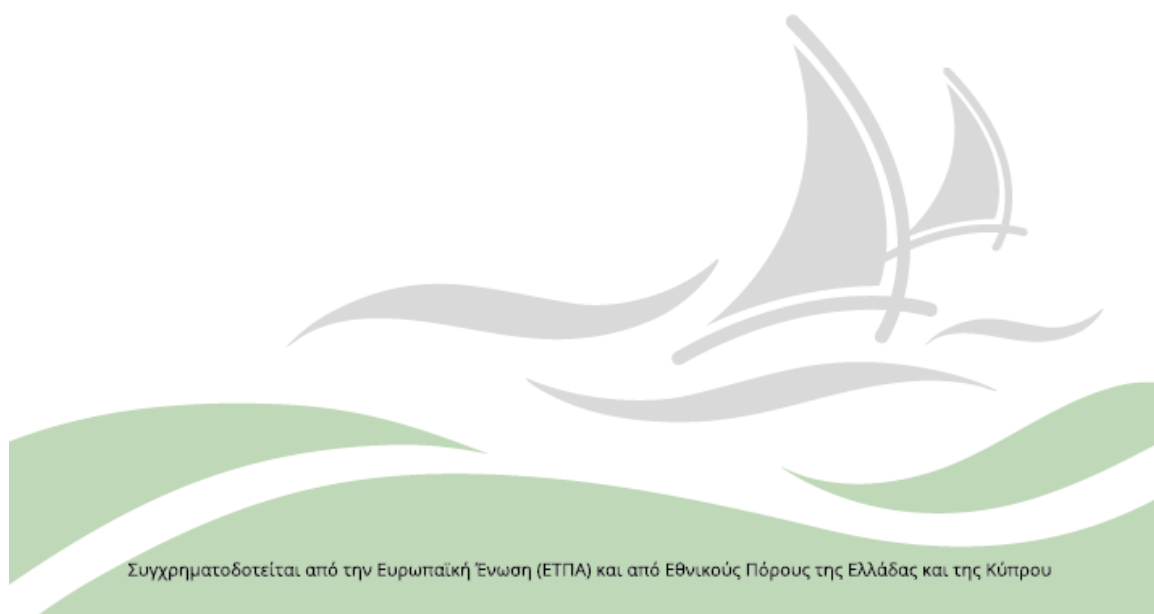




ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ – ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ (ΑΡ. ΠΑΡΑΔΟΤΕΟΥ 3.6.2)

**ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ**

Ημερομηνία: 23/09/2022



Συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς Πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	8
1.2. ΘΕΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ.....	10
1.3. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	11
1.4. ΣΥΝΟΨΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΒΑΣΕΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	13
2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	15
2.1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	16
2.2. ΥΕΤΟΣ	20
2.3. ΥΓΡΑΣΙΑ	21
2.4. ΑΝΕΜΟΣ	23
2.5. ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	27
3. ΦΟΡΤΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ...	31
3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΗΡΙΟΥ - ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ.....	31
3.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΗΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ.....	35
3.3. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	37
3.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	41
3.5. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	44
4. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ	47
4.1. ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	48
5. ΦΟΡΤΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ 57	
6. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ (ΘΕΡΜΑΝΣΗ – ΨΥΞΗ).....	61
6.1. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	63
6.2. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	74
6.2.1. Αντλία θερμότητας.....	74
6.2.2. Επιδαπέδιες τερματικές υδρονικές μονάδες.....	77

6.2.3. Κυκλοφορητές υδραυλικού δικτύου.....	78
6.2.4. Σωληνώσεις.....	79
6.3. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	79
6.4. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	82
7. ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ.....	83
7.1. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	83
7.2. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	89
7.3. ΝΕΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	92
8. ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΎΔΡΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ.....	94
9. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Α.Π.Ε.....	95
9.1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	95
9.2. Ο ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	96
9.2.1. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο.....	96
9.2.2. Έδραση φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	97
9.2.3. Ο αντιστροφέας ισχύος του φωτοβολταϊκού σταθμού.....	99
9.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	100
9.4. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ.....	102
9.5. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	103
10. ΣΥΝΟΨΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	106
11. ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΡΓΟΥ.....	107
12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	108
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	109

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ

Έκδοση	Ημερομηνία	Συντάχθηκε από
1 ^η έκδοση	31/03/2022	Ομάδα έργου
2 ^η έκδοση	23/09/2022	Ομάδα έργου



έργο:

« ΑΝΑΒΑΘΜΙΖΩ - Ενεργειακή αναβάθμιση της Λότζια - Δημαρχείου Ηρακλείου»
Συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς
Πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου στο πλαίσιο της πράξης ΑΝΑΒΑΘΜΙΖΩ με
κωδικό ΟΠΣ 5050661

ΑΚΡΩΝΥΜΟ ΠΡΑΞΗΣ: ΑΝΑΒΑΘΜΙΖΩ

C.P.V. : 45259900-6 - Εργασίες αναβάθμισης εγκαταστάσεων

Κτήριο Δημαρχείου Δήμου Ηρακλείου «Λότζια»



Ηράκλειο Κρήτης
Σεπτέμβριος 2022

ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η παρούσα εργασία με τίτλο «Μελέτη Παρεμβάσεων Εξοικονόμησης Ενέργειας και Παραγωγής από Α.Π.Ε.» αφορά στην ενεργειακή αναβάθμιση του Δημοτικού Μεγάρου «Λότζια» του Δήμου Ηρακλείου και εκπονήθηκε από το Εργαστήριο Σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου, στα πλαίσια της πράξης «**ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΩ - Ενεργειακή αναβάθμιση των ιστορικών κτηρίων του Προεδρικού Μεγάρου της Κυπριακής Δημοκρατίας και της Λότζιας - Δημαρχείου Ηρακλείου**», που υλοποιείται στο πλαίσιο του προγράμματος Συνεργασίας «INTERREG V-A Ελλάδα-Κύπρος 2014-2020» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς Πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου.

Σε όλους τους κάτωθι αναφερόμενους με αλφαβητική σειρά απευθύνονται βαθιές και ειλικρινείς ευχαριστίες, για την πολύτιμη συνεργασία και τη συνδρομή που προσέφεραν κατά την εκπόνηση της παρούσας μελέτης:

- **Δεληγιώργη Χρήστο**, για την τεχνική λύση στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο δώμα του κτηρίου
- **Εργαζάκη Ιωάννη**, Πολιτικό Μηχανικό, για την παροχή τεχνικών και οικονομικών στοιχείων για τη μόνωση του τμήματος δώματος του κτηρίου που σήμερα παραμένει αμόνωτο
- **Κόντο Χαράλαμπο**, Δημοτικό Υπάλληλο Δήμου Ηρακλείου στο Τμήμα Ηλεκτροφωτισμού & Σήμανσης, για την παροχή των στοιχείων καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας στο κτήριο
- **Σπυριδάκη Γεώργιο**, Αρχιτέκτονα Μηχανικό Δήμου Ηρακλείου, για την αρχιτεκτονική αποτύπωση του κτηρίου
- **Τσεκούρα Αριστοτέλη**, Μηχανικό Παραγωγής και Διοίκησης, Αντιπρόεδρο Διοικούσας Επιτροπής Τ.Ε.Ε. Τμήμα Ανατολικής Κρήτης, για τις υποδείξεις του στη σχεδίαση του συστήματος κλιματισμού.

Η Ομάδα Εργασίας του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου:

- **Κατσαπρακάκης Δημήτρης**, Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός, Καθηγητής Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, Επιστημονικώς Υπεύθυνος της Πράξης για το λογαριασμό του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου
- **Γιαννακουδάκης Ιωάννης**, Μηχανολόγος Μηχανικός MSc
- **Δακανάλη Ειρήνη**, Μηχανολόγος Μηχανικός T.E.
- **Ζηδιανάκης Γεώργιος**, Φυσικός MSc
- **Αντωνάκης Ιωάννης**, Μηχανολόγος Μηχανικός T.E.MSc

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η Ενετική Λέσχη των ευγενών - Loggia αποτελεί για την πόλη του Ηρακλείου το χαρακτηριστικό κτήριο σύμβολο της Ενετοκρατίας. Οι Ενετοί σε κάθε πόλη της επικράτειάς τους έκτιζαν ανάλογα μεγαλοπρεπή κτίσματα. Την εποχή εκείνη, τα πολιτικά και κοινωνικά ήθη χρειάζονταν ένα δημόσιο οικοδόμημα για να συνέρχονται σε αυτό οι ευγενείς, οι άρχοντες, οι φεουδάρχες, να συσκέπτονται και να αποφασίζουν για διάφορα ζητήματα που αφορούσαν στην πολιτεία, στην οικονομική και στην εμπορική ζωή του τόπου αλλά και τους ίδιους, για να περνούν τις ελεύθερες ώρες τους. Ήταν είδος Επιμελητηρίου και Λέσχης με τη σημερινή έννοια.

Η πρώτη Λέσχη των ευγενών (και όχι Loggia που σημαίνει αναγεννησιακής αρχιτεκτονικής στοά) στο Χάνδακα χτίστηκε περίπου στα μέσα του 13^{ου} αιώνα, δηλαδή στις αρχές της εγκατάστασης των Ενετών στην Κρήτη. Στη σημερινή μορφή της είναι η τέταρτη κατά σειρά και τελευταία λέσχη τύπου Loggia, κτισμένη σε επαφή με το δυτικό τοίχο της Armeria. Ανοικοδομήθηκε επί Γενικού Προβλεπτή Fr. Morozini στο διάστημα 1626-1628.

Είναι χωρίς αμφιβολία το πιο διακεκριμένο μεταξύ των ενετικών μνημείων της Κρήτης (G.Gerola, Monumenti Veneti nel isola di Creta, vol. III.) Ο ρυθμός της Loggia ακολουθεί τις επιταγές του λεγόμενου Παλλαδιανού ρυθμού που ήταν ιδιαίτερα προσφιλής στην Ευρώπη της Αναγέννησης. (βλ. Basilica Palladiana του Andrea Palladio). Τα περιστύλια με τους επάλληλους κίονες, η χρησιμοποίηση του δωρικού ρυθμού στο ισόγειο και του Ιωνικού στον όροφο είναι χαρακτηριστικά δείγματα του ρυθμού αυτού. Στο ισόγειο η κύρια όψη χαρακτηρίζεται από έξι δωρικούς αρράβδωτους ημικίονες και δύο παραστάδες επίσης Δωρικού ρυθμού. Στον όροφο ο ρυθμός είναι ιωνικός με οκτώ ραβδωτούς ημικίονες αντίστοιχους των κάτω. Τα τόξα μεταξύ των κίωνων, κάτω είναι ανοιχτά. Η δυτική πλευρά είχε επτά τόξα. Όλο το οικοδόμημα στηριζόταν σε ελαφρώς επικλινές βάθρο.

Η Armeria (οπλοθήκη), μολοντί εξυπηρετούσε διαφορετικό σκοπό από τη Loggia, εν τούτοις αποτελούσαν ενιαίο οικοδόμημα.

Μετά την κατάληψη της Κρήτης από τους Τούρκους, το Σεπτέμβριο του 1669, η ενετική λέσχη έπαψε να εκπληρώνει τον αρχικό προορισμό της. Οι Τούρκοι την χρησιμοποίησαν για να στεγάσουν την ανώτερη Οικονομική Υπηρεσία της Κρήτης του Δεφτερντάρ, που είχε σε χρήση και τη συνεχόμενη Armeria, κυρίως ως αποθήκη κυριευμένων όπλων, γνωστή και ως «Τσεπχανές». Εκεί στεγάστηκε ο Γραμματικός της Πόρτας. Κατά το διάστημα της Τουρκοκρατίας το κτήριο υπέστη σοβαρές βλάβες και λόγω της παρέλευσης του χρόνου, αλλά και από τους πολλούς και συχνούς σεισμούς.

Μετά το 1898 και την απελευθέρωση της Κρήτης αποφασίζεται η αναστήλωση του κτηρίου. Εκείνη την εποχή, χάρις στις προσπάθειες των Ιωσήφ Χατζηδάκη, Στέφανου Ξανθουδίδη, του Άγγλου Αρχαιολόγου Άρθουρ Έβανς και του Ιταλού Άλμπερτ, ήλθε στο φως ο Μινωικός Πολιτισμός. Έτσι, αποφασίστηκε η στέγαση του πολύτιμου αρχαιολογικού θησαυρού των Μινωιτών στην Loggia.

Το 1900 εκτίθεται σε μειοδοτική δημοπρασία η μεταρρύθμιση του μνημείου σε Αρχαιολογικό Μουσείο, βάσει των σχεδίων του μηχανικού δημοσίων έργων κ. Ν. Σαλίβερου. Αφού δαπανήθηκαν πολλά χρήματα κατά τις εργασίες μεταρρύθμισης, διαπιστώθηκε ότι το οικοδόμημα δεν είχε την απαιτούμενη στερεότητα και αντοχή. Κατά συνέπεια, εγκατέλειψαν το μνημείο περιβλημένο με ικρίωματα.

Τα έτη 1900 – 1902 βρισκόταν στην Κρήτη ο G.Gerola ως απεσταλμένος του R. Istituto Veneto delle Scienze, lettere ed arti, με αποκλειστικό σκοπό τη μελέτη και καταγραφή των ενετικών μνημείων της Κρήτης. Ενδιαφέρθηκε ιδιαίτερα για τη Loggia και αφού συνέλεξε όλα τα διαθέσιμα στοιχεία, τα απέστειλε στον Ιταλό αρχιτέκτονα Federico Berchet για να εκπονήσει το σχέδιο αναστήλωσής της. Ο Berchet παρουσίασε το σχέδιό του στον Πρίγκιπα Γεώργιο, Ύπατο Αρμοστή της Κρήτης. Το σχέδιο δεν προχώρησε σε εφαρμογή λόγω δριμύτατης αντίδρασης για τη σκοπιμότητα ή μη της διατήρησης του μνημείου.

Το Σεπτέμβριο του 1904, με την πρόφαση ότι ο όροφος ήταν επικινδύνως ετοιμόρροπος, άρχισε η κατεδάφισή του. Τότε γκρεμίστηκαν τα αρχιτεκτονικά μέλη του ορόφου στο δρόμο, ακρωτηριάστηκαν τα εξέχοντα τμήματα του ισογείου και καταθρυμματίστηκαν, αντί να αφαιρούνται με προσοχή, να αριθμούνται και να φυλάσσονται, όπως αναφέρει ο Ξανθουδίδης που υπήρξε και αυτόπτης μάρτυρας στα «Παναθήναια» της 15^{ης} Δεκεμβρίου 1904.

Σε αυτή την κατάσταση βρισκόταν το μνημείο της Loggia όταν σκέφτηκαν να την χρησιμοποιήσουν ως Δημαρχείο της πόλης. Στις 5 Οκτωβρίου 1905, ο Ύπατος Αρμοστής της Κρήτης Πρίγκιπας Γεώργιος της Ελλάδας, εξέδωσε το 788 Διάταγμα «περί παραχωρήσεως της Loggia στο Δήμο Ηρακλείου για να οικοδομήσει Δημαρχιακό κατάστημα».

Το Μάιο του 1914, ήλθε στο Ηράκλειο, μαζί με τον G. Gerola, ο αρχιτέκτονας M. Ongaro, που εκπόνησε τα γενικά σχέδια αναστήλωσης της "LOGGIA". Στις 21 Ιανουαρίου 1915 τέθηκε επίσημα ο θεμέλιος λίθος για την αναστήλωση του ιστορικού μνημείου, από τον Γενικό Διοικητή Κρήτης Λουκά Κανακάρη Ρούφο και με την παρουσία του Γενικού Πρόξενου της Ιταλίας Bart. Godolini και του τότε Δημάρχου Ηρακλείου Στυλιανού Γεωργίου. Ο Α΄ Παγκόσμιος Πόλεμος προκάλεσε δυσκολίες στην προμήθεια των αναγκαίων οικοδομικών υλικών, σίδερου, τσιμέντου κλπ. Έτσι, το έργο διακόπηκε στις αρχές Οκτωβρίου 1915.

Το Δημοτικό Συμβούλιο, σε συνεδρίασή του της 9^{ης} Μαΐου 1916, μετά από διαβήματα της Ιταλικής Κυβέρνησης αποφάσισε τη συνέχιση των εργασιών μέχρι την αποπεράτωση του ισογείου σύμφωνα με τις υποδείξεις του μηχανικού M. Ongaro. Εν τούτοις, το έργο διακόπηκε οριστικά.

Το 1917, ο Ιωάννης Βογιατζάκης, Δήμαρχος Ηρακλείου, ενεργώντας σύμφωνα με Αποφάσεις του Δημοτικού Συμβουλίου, υπέγραψε σύμβαση με τον αντιπρόσωπο της Κυβέρνησης Ι. Τσιριμώκο, σύμφωνα με την οποία η Κυβέρνηση θα αναλάμβανε την υποχρέωση να συνεχίσει τις εργασίες ανοικοδόμησης της Loggia με βάση τα σχέδια του M. Ongaro, και να παραδώσει το οικοδόμημα στο Δήμο κατά κυριότητα.

Ο Ευρωπαϊκός Πόλεμος και η Μικρασιατική Εκστρατεία δεν επέτρεψαν τη συνέχιση των εργασιών. Η Loggia χρησιμοποιήθηκε ως αποθήκη ασβέστη και άλλων υλικών. Η Armeria φιλοξένησε πολλούς πρόσφυγες το 1922.

Το 1931 συντάχθηκε μελέτη από το μηχανικό του Δήμου Αλ. Τσαντηράκη, βάσει των σχεδίων του M. Ongaro, για την ανοικοδόμηση τμήματος της Ενετικής Λέσχης.

Το Μάρτιο του 1932 προκηρύχθηκε από το Δήμο δημοπρασία για την ανοικοδόμηση της Armeria σύμφωνα με τη μελέτη και τα σχέδια που είχαν συνταχθεί από τον Αλ. Τσαντηράκη και είχαν εγκριθεί από τον τότε Διευθυντή Αναστήλωσης και συντήρησης αρχαίων και ιστορικών μνημείων, Α. Ορλάνδο. Εργολάβος αναδείχθηκε ο Ανδρέας Μαυράκης.

Στις αρχές του 1935 εγκαταστάθηκαν οι δημοτικές υπηρεσίες στην Armeria.

Το 1937 εγκαταστάθηκε ο εργολάβος Ι. Παπαδογιάννης για την εκτέλεση και ολοκλήρωση του έργου με βάση σχέδια του αρχιτέκτονα του Δήμου κ. Ι. Τζομπανάκη. Το έργο της αναστήλωσης μετά την κατεδάφισή της, έφτασε μέχρι το βάθρο της οικοδομής, στην αποκομιδή των υλικών, των γλυπτών του διαζώματος, κίωνων, ξεστών λιθοδομών κλπ. Τα νέα πολεμικά γεγονότα του 1940 και η Γερμανική Κατοχή διέκοψαν το έργο.

Το 1960, επί Δημαρχίας Ν. Κρασαδάκη, ανατέθηκε στους αρχιτέκτονες Ι. Τζομπανάκη και στην Εριφύλη Μαθιουδάκη η σύνταξη μελέτης αναστήλωσης της Loggia Ηρακλείου και η επίβλεψη των εργασιών. Η αναστηλωμένη ή μάλλον η εκ θεμελίων **ανακατασκευασμένη** Ενετική Λέσχη, όπως και η σύνδεσή της με την ήδη αναστηλωμένη Armeria, ανοικοδομήθηκαν με νέα αρχιτεκτονικά μέλη και νέα υλικά.

Το Αρχαιολογικό Συμβούλιο με την 62/3.11.1961 Πράξη του ενέκρινε τα οριστικά σχέδια της Loggia, και με την 4753/12.4.1962 Απόφαση «περί εκτελέσεως εργασιών αναστηλώσεως της Ενετικής Λέσχης Ηρακλείου», αποφασίστηκε η εκτέλεση της πρώτης φάσης του έργου και συγκεκριμένα η ανοικοδόμηση του πρόσθιου κύριου τμήματος. Στις 5 Μαΐου του 1962 ξεκίνησαν οι εργασίες ανακατασκευής στη Loggia.

Επί Δημαρχίας Ανδρέα Καλοκαιρινού, στις 12 Μαρτίου 1965, το Δημοτικό Συμβούλιο με Απόφασή του, ανέθεσε το δεύτερο τμήμα της αρχιτεκτονικής μελέτης για την ολοκλήρωση του έργου στην αρχιτέκτονα Εριφύλη Μαθιουδάκη – Λυμπερίου, δηλαδή τη διαρρύθμιση του παλαιού μεγάρου της Armeria και τη σύνδεσή του με την Loggia. Τον Οκτώβριο του 1976 ο ΕΟΤ ανέθεσε στην ίδια αρχιτέκτονα την εκπόνηση της μελέτης επίπλωσης και διακόσμησης της “LOGGIA”. Το 1978 υποβλήθηκε η Οριστική Μελέτη και η Μελέτη Εφαρμογής επίπλωσης και διακόσμησης της Loggia στην Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων Κρήτης και στον ΕΟΤ. Η μελέτη βασίστηκε στα στοιχεία και στις φωτογραφίες που συνέλεξε η αρχιτέκτονας από μουσεία στην Ιταλία (Φλωρεντία, Βενετία Βιντσέντζα κλπ). Οι μετόπες της Loggia, κατασκευάστηκαν σύμφωνα με τις φωτογραφίες του Gerola και τις ελάχιστες αυθεντικές (μετόπες) που βρίσκονται στο Ιστορικό Μουσείο Κρήτης σε καλούπια, που διαμορφώθηκαν βάσει προπλασμάτων από πηλό, με μείγμα λευκού τσιμέντου και τρήματα πέτρας, όπως οι κιονίσκοι των στηθαίων και οι οδόντες του γείσου.

Η Λέσχη των Ευγενών του Χάνδακα, όπως την αποκαλούσαν την περίοδο της Ενετοκρατίας, τελειώνει στα 1982 και παραδίδεται προς χρήση, στεγάζοντας πια τις Υπηρεσίες του Δήμου, το γραφείο του Δημάρχου και το Δημοτικό Συμβούλιο για τις συνεδριάσεις του στη μεγαλοπρεπή μεγάλη αίθυσά της.

Το 1988, σε πανευρωπαϊκό διαγωνισμό ανάμεσα σε 34 χώρες, η ανακατασκευή της Loggia διακρίθηκε λαμβάνοντας το Διεθνές Βραβείο της Europa Nostra.

1.2. ΘΕΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ

Η Ενετική Λέσχη – LOGGIA βρίσκεται στο τμήμα της πόλης του Ηρακλείου το οποίο είναι κηρυγμένος και οριοθετημένος αρχαιολογικός χώρος (ΦΕΚ 92/τ.ΑΑΠ/27-3-2012) και συγκεκριμένα στην οδό Αγ. Τίτου 1. Σήμερα στεγάζει το Δημαρχείο της πόλης. Η κήρυξη του κτηρίου «LOGGIA» ως ιστορικό διατηρητέο μνημείο έγινε το 1931 σύμφωνα με το ΠΔ 8-6-1931 που δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 159/τ.Α/13-06-1931.

Το συνολικό εμβαδόν του υπό μελέτη κτηρίου προσμετρήθηκε στα 1.469,24m². Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του κτηρίου είναι 35° 20' 23.35" Β και 25° 08' 02,96" Ε.

Στο χάρτη 1 παρουσιάζεται η θέση του κτηρίου επί της πόλης του Ηρακλείου και η κάτοψη του κτηρίου.



Χάρτης 1: Θέση του κτηρίου και κάτοψη επί της πόλης του Ηρακλείου.

Στην εικόνα 1 παρουσιάζεται γενική όψη του κτηρίου από βορειοδυτικά.



Εικόνα 1: Γενική όψη του κτηρίου.

1.3. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

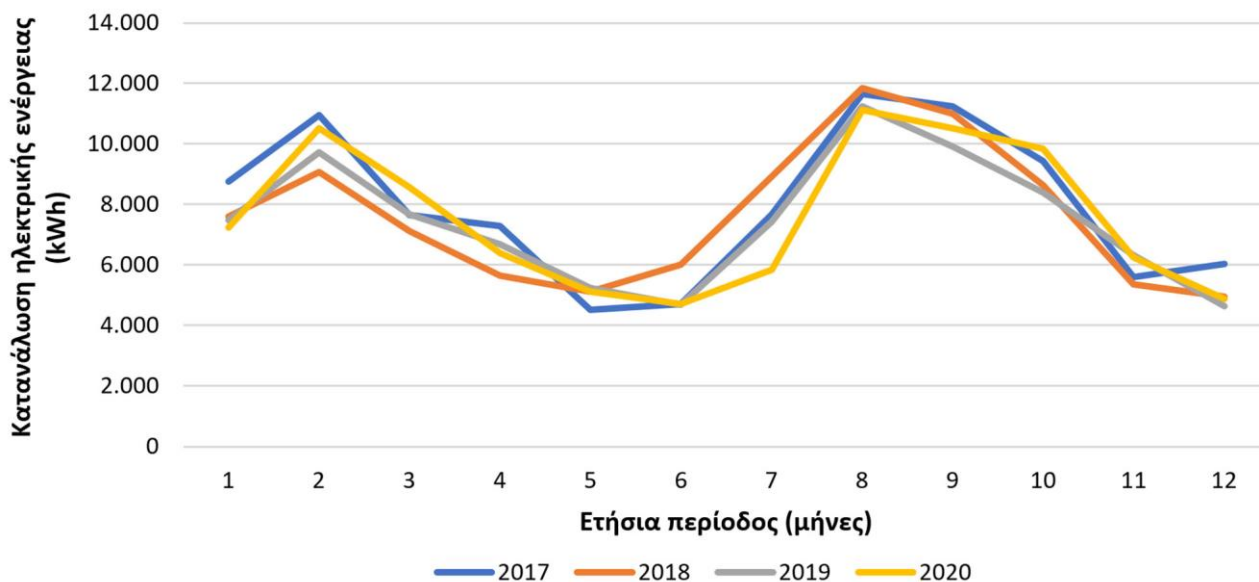
Στο κτήριο της Λότζια καταναλώνεται αποκλειστικά ηλεκτρική στις συσκευές κλιματισμού, στις υποδομές φωτισμού και στους κινητήρες των ανελκυστήρων. Στο εξεταζόμενο κτηριακό συγκρότημα σήμερα δεν αξιοποιείται καμία μορφή Ανανεώσιμης Πηγής Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τα έτη 2017 - 2020 και το κόστος προμήθειας αυτής αναλύεται ανά μήνα στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Ετήσιες ενεργές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και κόστος προμήθειας.

Μήνας	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)				Κόστος προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας (€)			
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
1	8.760	7.600	7.480	7.240	1.614	1.353	1.494	1.477
2	10.960	9.080	9.720	10.520	2.185	1.814	1.833	2.008
3	7.640	7.120	7.680	8.560	1.547	1.282	1.392	1.090
4	7.280	5.640	6.680	6.400	1.176	865	1.193	1.231
5	4.520	5.120	5.240	5.120	782	951	857	878
6	4.720	6.000	4.680	4.720	961	1.098	673	948
7	7.680	8.920	7.440	5.840	1.404	1.492	1.357	1.202
8	11.640	11.840	11.240	11.120	2.186	2.202	1.958	2.005
9	11.240	11.000	9.920	10.520	1.981	1.722	1.541	1.973
10	9.440	8.640	8.400	9.840	1.433	1.702	1.655	1.784
11	5.600	5.360	6.320	6.240	1.053	928	1.160	1.158
12	6.040	4.960	4.640	4.880	1.084	694	778	923
Ετήσια	95.520	91.280	89.440	91.000	17.406	16.103	15.891	16.677

Μέση ετήσια τιμή προμήθειας (€/kWh) 0,1822 0,1764 0,1777 0,1833

Η ετήσια διακύμανση ανά μήνα της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα έτη 2017 – 2020 δίδεται επίσης γραφικά στο σχήμα 1.



Σχήμα 1: Ετήσια διακύμανση ανά μήνα της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα έτη 2017 – 2020 στη Λότζια.

Με βάση τον πίνακα 1 και το σχήμα 1 μπορούν να γίνουν οι εξής παρατηρήσεις, οι οποίες, εν συνεχεία, θα καθορίσουν το πλαίσιο των προτεινόμενων δράσεων στα πλαίσια της παρούσας μελέτης σκοπιμότητας:

- Εν γένει καταγράφονται υψηλές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες μεγιστοποιούνται τους χειμερινούς και τους θερινούς μήνες. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ελαχιστοποιείται κατά τους μήνες της άνοιξης και του φθινοπώρου. Τούτο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η μεγιστοποίηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στη Λότζια οφείλεται κυρίως στη λειτουργία του συστήματος κλιματισμού. Ο περιορισμός της χρήσης του συστήματος κλιματισμού στις περιόδους του έτους κατά τις οποίες οι συνθήκες περιβάλλοντος προσεγγίζουν περισσότερο τις επιθυμητές συνθήκες θερμικής άνεσης εσωτερικών χώρων, δηλαδή κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο, οδηγούν στην ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο κτήριο. Το ανωτέρω συμπέρασμα είναι λογικό και αναμενόμενο, λαμβάνοντας υπόψη το δεδομένο ότι στη Λότζια δεν αξιοποιείται καμία άλλη μορφή ενέργειας, πέραν της ηλεκτρικής, συνεπώς και οι ανάγκες κλιματισμού, οι οποίες είναι οι θεμελιώδεις στον κτηριακό τομέα, καλύπτονται από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και, κατά συνέπεια, διαμορφώνουν την ετήσια διακύμανση της κατανάλωσής της.
- Ο συντελεστής ισχύος της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης στο κτήριο της Λότζια καταγράφεται της τάξης του 0,99, κάτι που σημαίνει ότι, παρά την ύπαρξη σημαντικών επαγωγικών φορτίων λόγω των κλιματιστικών μονάδων, δεν υφίσταται κατανάλωση άεργης ισχύος. Τούτο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στην ηλεκτρολογική εγκατάσταση εκτελείται αντιστάθμιση κατανάλωσης άεργου ισχύος με κατάλληλο πίνακα αντιστάθμισης.
- Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 1, η μέση τιμή χρέωσης της προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας στη Λότζια κυμαίνεται για τα έτη 2017 – 2020 μεταξύ 0,1764 €/kWh και 0,1822 €/kWh.

Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία, με στόχο, αρχικά, τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο κτήριο της Λότζια, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις θα πρέπει να αποσκοπούν:

- στον περιορισμό των φορτίων θέρμανσης και ψύξης των εσωτερικών χώρων του κτηρίου, μέσω της εισαγωγής παθητικών συστημάτων (θερμομόνωση, στοιχεία βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, βιοκλιματικές παρεμβάσεις περιβάλλοντος χώρου), λαμβάνοντας υπόψη τον αρχαιολογικό χαρακτήρα του κτηρίου
- στην αναβάθμιση των υφιστάμενων ενεργητικών συστημάτων ψύξης-θέρμανσης με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας
- στη βελτίωση του συντελεστή ισχύος των επαγωγικών καταναλώσεων του κτηρίου, μέσω εγκατάστασης διάταξης αντιστάθμισης άεργου ισχύος
- στον περιορισμό των φορτίων φωτισμού του κτηρίου μέσω της εγκατάστασης λαμπτήρων και προβολέων χαμηλής κατανάλωσης ισχύος και συστήματος αυτοματισμού λειτουργίας
- στην εγκατάσταση κεντρικού συστήματος διαχείρισης των φορτίων ψύξης-θέρμανσης και του φωτισμού του κτηρίου
- στην εγκατάσταση ενεργητικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.

1.4. ΣΥΝΟΨΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΒΑΣΕΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Με βάση τη διεξαχθείσα έρευνα, την Ενεργειακή Επιθεώρηση του κτηρίου και τα παραχωρηθέντα στοιχεία από την Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Ηρακλείου, προτείνονται οι ακόλουθες παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης του κτηρίου Λότζια στο οποίο στεγάζεται το Δημαρχείο Ηρακλείου. Οι παρεμβάσεις που παρουσιάζονται στη συνέχεια έχουν εμπλουτιστεί με στόχο, πέρα από την τεχνικοοικονομική και ενεργειακή σκοπιμότητά τους, να προσεγγίζεται η εφαρμογή κατά το δυνατόν περισσότερων καινοτόμων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας και παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. ώστε, δεδομένης της υψηλής επισκεψιμότητας του κτηρίου ειδικά από πολίτες του Δήμου, να μεγιστοποιείται η επιδεκτικότητά τους, συμβάλλοντας έτσι στην καλλιέργεια ενεργειακής παιδείας. Εκτιμάται ότι ετησίως πάνω από 100.000 πολίτες επισκέπτονται το Δημαρχείο Ηρακλείου.

- Κτηριακό κέλυφος

Το κτηριακό κέλυφος δεν είναι μονωμένο αναφορικά με τις κατακόρυφες τοιχοποιίες. Ωστόσο, το κτήριο είναι κατασκευασμένο στα πρότυπα ενετικής σχεδίασης, με φέροντα οργανισμό από σκυρόδεμα λιθόκτιστο, με πάχος κατακόρυφης τοιχοποιίας που ξεπερνάει το 0,5m. Τα συγκεκριμένα δομικά χαρακτηριστικά εξασφαλίζουν ικανοποιητική θερμική συμπεριφορά, δεδομένης επίσης της κλιματικής ζώνης και της θέσης (εντός του αστικού ιστού) που βρίσκεται το κτήριο. Επίσης, αναφορικά με το δώμα του κτηρίου, με βάση την πληροφόρηση από την Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Ηρακλείου, πρόσφατα έγινε εγκατάσταση θερμομόνωσης σε αυτό πάχους 5cm, η οποία επιβεβαιώθηκε με επιτόπια αυτοψία. Συνεπώς, αναφορικά με τις αδιαφανείς επιφάνειες, το κτήριο δεν χρήζει κάποιας παθητικής παρέμβασης, κάτι το οποίο επιπλέον είναι επιθυμητό για να μην αλλοιωθεί η εξωτερική όψη του, αφενός για την περίπτωση εξωτερικής θερμομόνωσης, η οποία για αρχαιολογικούς λόγους είναι απαγορευτική, αλλά και, αφετέρου, για να μην επηρεαστεί η λειτουργικότητα του κτηρίου, στην περίπτωση εσωτερικής θερμομόνωσης. Επίσης, λόγω του αρχαιολογικού χαρακτήρα του έργου, δεν είναι δυνατή η εγκατάσταση προβόλων σκίασης στα ανοίγματα του κτηρίου.

- Ανοίγματα

Το σύνολο των ανοιγμάτων (παράθυρα και πόρτες) του κτηρίου αποτελούνται από ξύλινο πλαίσιο με μονό υαλοπίνακα. Συνεπώς η σχετική παρέμβαση αντικατάστασής τους κρίνεται σκόπιμη. Λόγω

του αρχαιολογικού χαρακτήρα του κτηρίου, προκειμένου να μην προκύψει καμία παρέμβαση στις όψεις του κτηρίου που πιθανώς να δυσχεραίνει την αδειοδότηση του έργου, προτείνεται η αντικατάσταση όλων των υφιστάμενων κουφωμάτων με νέα κουφώματα, τα οποία θα είναι πιστά αντίγραφα των υφιστάμενων, θα αποτελούνται από ξύλο υψηλής ποιότητας (π.χ. ιρόκο ή νιαγκόν) και θα φέρουν διπλό υαλοπίνακα.

- Θέρμανση

Το κτήριο διαθέτει παλιό λέβητα πετρελαίου με χαμηλό βαθμό απόδοσης. Τα δίκτυα της θέρμανσης ξεκινούν από το λεβητοστάσιο στο υπόγειο και μέσω δικτύου (δισωλήνιο) χαλυβδοσωλήνων καταλήγουν σε σύνδεση με χαλύβδινα θερμαντικά σώματα. Τα τελευταία χρόνια το σύστημα θέρμανσης δεν χρησιμοποιείται και προτείνεται να αντικατασταθεί με ένα σύγχρονο σύστημα που θα χρησιμοποιείται τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη.

- Ψύξη

Η ψύξη (αλλά και η θέρμανση αφού δεν χρησιμοποιείται ο λέβητας) του κτηρίου γίνεται με αυτόνομα κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου και rooftop unit με αεραγωγούς (στην αίθουσα τελετών και Δημοτικού Συμβουλίου). Προτείνεται ένα κεντρικό σύστημα κλιματισμού (θέρμανσης-ψύξης) με αντλία θερμότητας αέρος – νερού, τερματικές υδρονικές μονάδες (Fan Coil Units) και δίκτυο σωληνώσεων πολυπροπυλενίου με σπλισμό υαλονημάτων (SDR11), εκτός από την αίθουσα τελετών και Δημοτικού Συμβουλίου όπου θα παραμείνει το υπάρχον σύστημα ψυκτικής ισχύος 58 kW και θερμικής 64 kW. Αν και αρχικά είχε αποφασιστεί η συγκεκριμένη αίθουσα να κλιματιστεί με FCU, τελικά η ιδέα αυτή εγκαταλείφθηκε για αρχαιολογικούς λόγους (να μην καταστραφούν τα ξυλόγλυπτα που καλύπτουν τους τοίχους της), αλλά και γιατί επισκευάστηκε η rooftop unit και μπορεί να την καλύψει σε θέρμανση και ψύξη.

- Παρεμβάσεις στο σύστημα ηλεκτροφωτισμού

Προτείνεται η αντικατάσταση όλων των υφιστάμενων λαμπτήρων και προβολέων φθορίου πυράκτωσης με λαμπτήρες και προβολείς LED, καθώς και ο έλεγχος λειτουργίας τους μέσω κεντρικού συστήματος διαχείρισης.

- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.

Η διαθεσιμότητα ηλιακής ακτινοβολίας στη θέση του κτηρίου δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σταθμού στο δώμα του κτηρίου. Τα φωτοβολταϊκά προτείνεται να εγκατασταθούν σε καθεστώς συμψηφισμού ηλεκτρικής ενέργειας. Προκειμένου να μην αλλοιωθεί η εικόνα και ο όγκος του κτηρίου, λόγω του ιστορικού χαρακτήρα του, τα πλαίσια προτείνεται να εγκατασταθούν οριζόντια.

2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η περιοχή ενδιαφέροντος ανήκει στη μεσογειακή κλιματολογική ζώνη, που προσδίδει τον κύριο κλιματικό χαρακτήρα της, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως εύκρατος. Η ατμόσφαιρα γενικά χαρακτηρίζεται από υψηλή υγρασία, ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες. Ο χειμώνας είναι γενικά ήπιος, με θερμοκρασίες συνήθως από 5 °C έως 15 °C. Οι βροχοπτώσεις είναι μέτριες.

Για την περιγραφή των κλιματικών συνθηκών στην περιοχή ενδιαφέροντος χρησιμοποιήθηκαν κλιματικά δεδομένα από:

- τη διεθνή βάση δεδομένων ERA-5 του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts - ECMWF) για την περίοδο 2011 – 2020 [1], από όπου αντλήθηκαν μετεωρολογικά στοιχεία από το γεωγραφικό σημείο με γεωγραφικές συντεταγμένες 35° 15' 0'' Β και 25° 15' 0'' Α.
- μετεωρολογικό σταθμό που εγκαταστάθηκε το 2015 από το Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης στον οικισμό Ρουσοχωρίων [2].

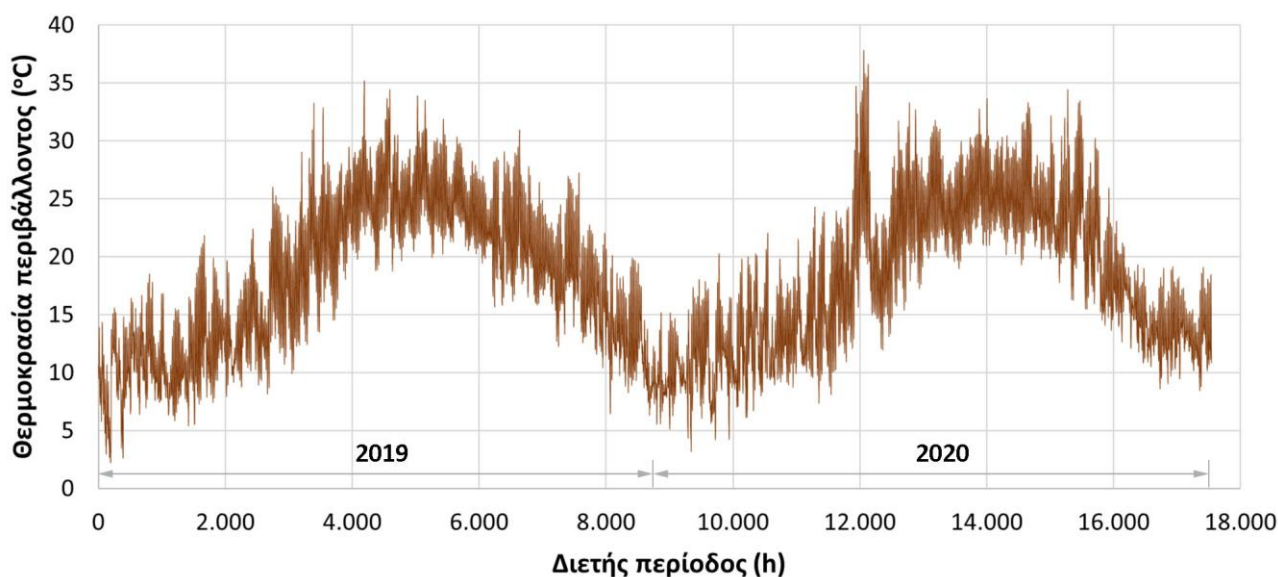
Οι θέσεις των σημείων λήψης μετεωρολογικών δεδομένων ως προς το Ηράκλειο αποτυπώνονται στον χάρτη 2



Χάρτης 2: Γεωγραφική θέση σημείου λήψης μετρήσεων μετεωρολογικών δεδομένων από τη βάση ERA-5 [1] ως προς το Αρκαλοχώρι.

2.1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης ωριαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος, βάσει των μετρήσεων από τη βάση δεδομένων ERA-5, για τα έτη 2019 και 2020.



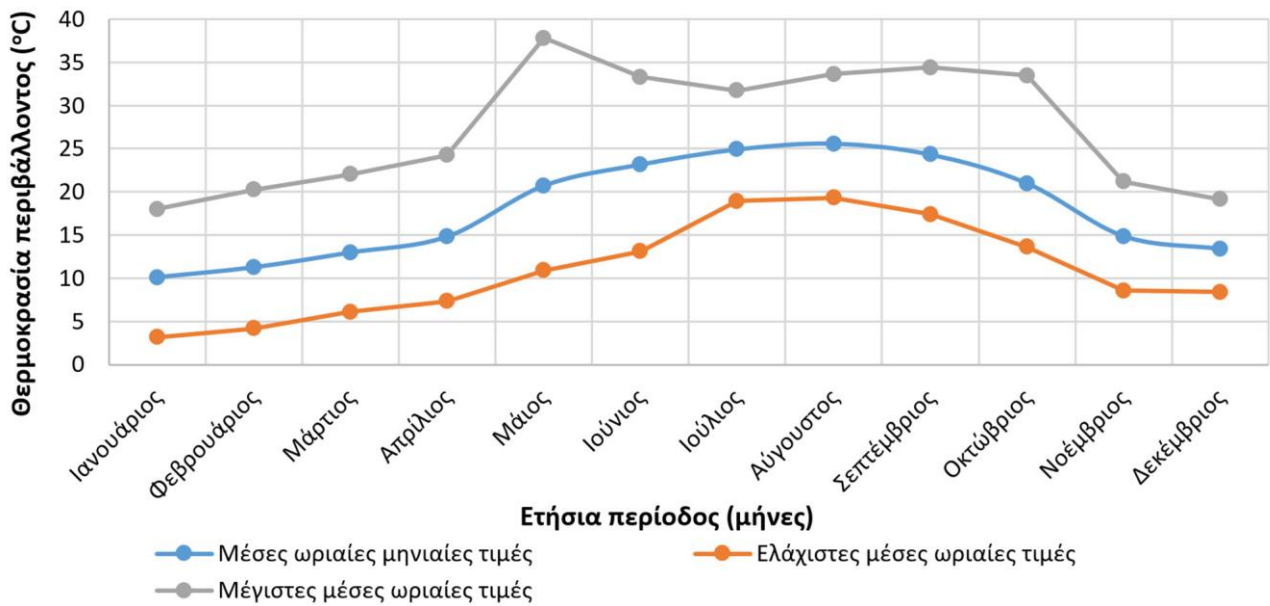
Σχήμα 2: Διακύμανση της μέσης ωριαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος, βάσει των μετρήσεων από τη βάση δεδομένων ERA-5, για τα έτη 2019 και 2020.

Με βάση τις ανωτέρω χρονοσειρές για τα έτη 2019 και 2020, η μέγιστη και η ελάχιστη μέση ωριαία τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος και οι χρονικές στιγμές στις οποίες τούτες εμφανίζονται αναλύονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2: Μέγιστες και ελάχιστες ετήσιες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος για τα έτη 2019 και 2020.

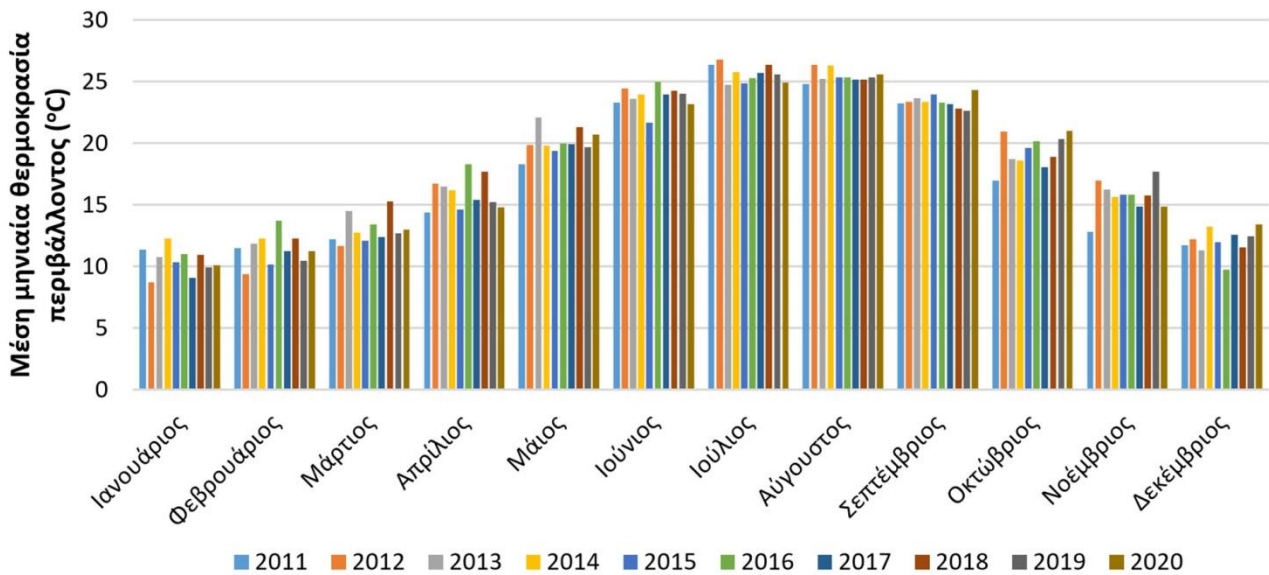
	2019		2020	
	Ελάχιστη	Μέγιστη	Ελάχιστη	Μέγιστη
Θερμοκρασία (°C)	2,21	35,19	3,16	37,82
Τρέχουσα ώρα από την αρχή του έτους	195	4.190	586	3.302
Ημερομηνία	9 / 1	24 / 6	24 / 1	18 / 5
Ώρα εικοσιτετραώρου	2:00 - 3:00	14:00 - 15:00	9:00 - 10:00	14:00 - 15:00

Στο σχήμα 3 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες, μέγιστες και ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος βάσει των μετρήσεων της βάσης δεδομένων ERA-5 για το 2020.

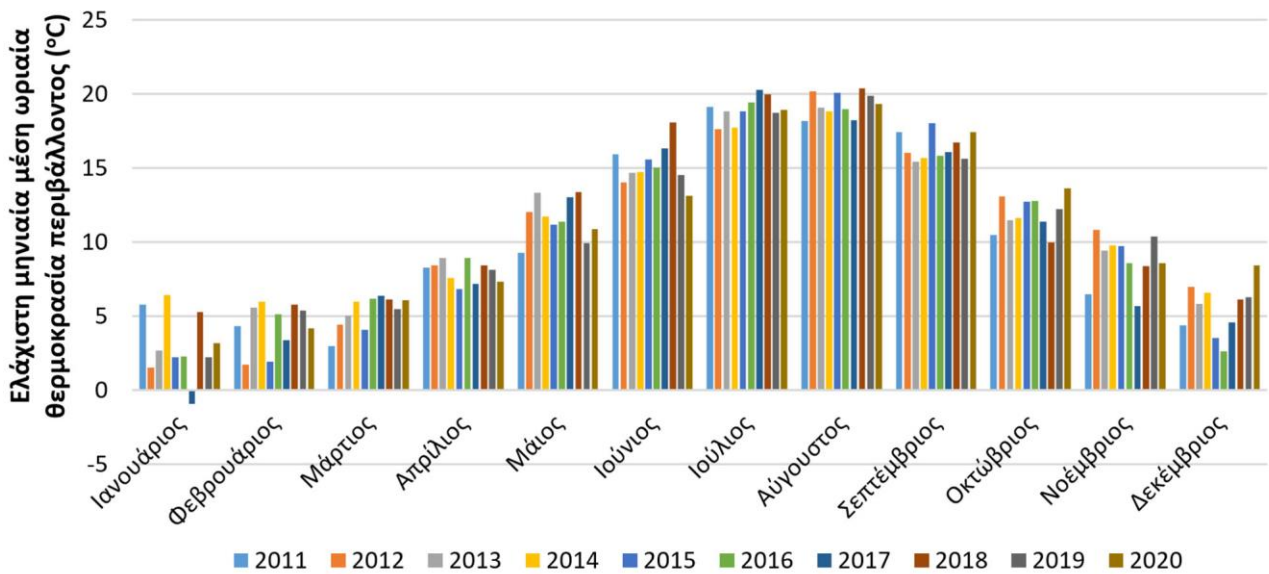


Σχήμα 3: Ετήσια διακύμανση της μέσης μηνιαίας, ελάχιστης και μέγιστης μέσης ωριαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος, βάσει των μετρήσεων από τη βάση δεδομένων ERA-5, για το 2020.

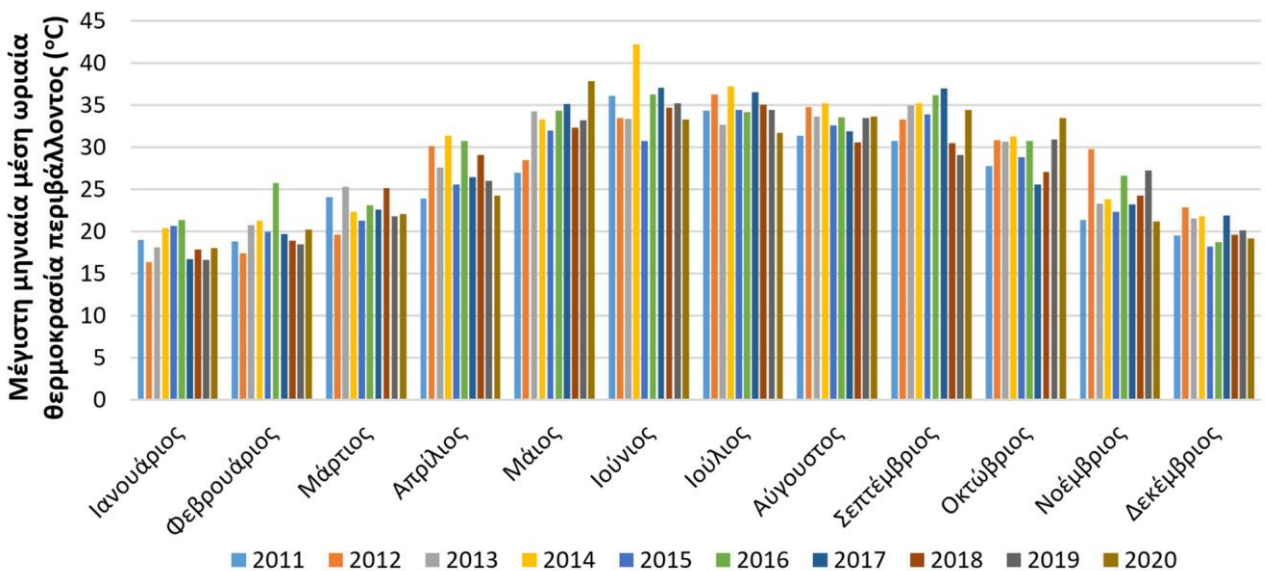
Στο σχήμα 4 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τη δεκαετία 2011 – 2020, με βάση τις μετρήσεις από τη βάση δεδομένων ERA-5. Στο σχήμα 5 και στο σχήμα 6 παρουσιάζονται αντίστοιχα οι ελάχιστες μηνιαίες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος για την ίδια περίοδο.



Σχήμα 4: Ετήσια διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τα έτη 2011 – 2020 [1].



Σχήμα 5: Ετήσια διακύμανση της ελάχιστης μηνιαίας μέσης ωριαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τα έτη 2011 – 2020 [1].



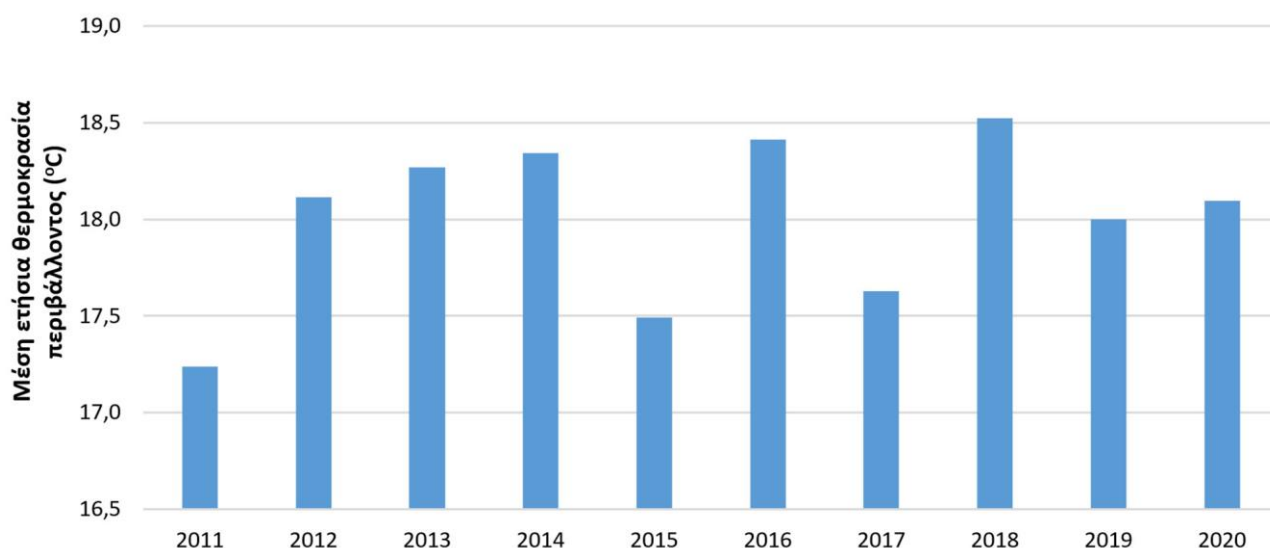
Σχήμα 6: Ετήσια διακύμανση της μέγιστης μηνιαίας μέσης ωριαίας θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τα έτη 2011 – 2020 [1].

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι μηνιαίες μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 2011 – 2020.

Πίνακας 3: Μηνιαίες μέσες, μέγιστες και ελάχιστες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 2011 – 2020 με βάση τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

Μήνας	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας περιβάλλοντος ανά μήνα (°C)										
Ιανουάριος	11,3	8,7	10,7	12,3	10,4	11,0	9,1	10,9	9,9	10,1
Φεβρουάριος	11,5	9,4	11,8	12,3	10,2	13,7	11,3	12,3	10,4	11,3
Μάρτιος	12,2	11,7	14,5	12,7	12,1	13,4	12,4	15,3	12,7	13,0
Απρίλιος	14,4	16,7	16,5	16,2	14,6	18,3	15,4	17,7	15,2	14,8
Μάιος	18,3	19,9	22,1	19,8	19,4	20,0	19,9	21,3	19,7	20,7
Ιούνιος	23,3	24,5	23,6	24,0	21,7	25,0	24,0	24,3	24,0	23,2
Ιούλιος	26,4	26,8	24,8	25,8	24,9	25,3	25,7	26,4	25,6	24,9
Αύγουστος	24,8	26,3	25,2	26,3	25,3	25,4	25,2	25,2	25,3	25,6
Σεπτέμβριος	23,2	23,3	23,7	23,4	23,9	23,3	23,2	22,8	22,6	24,3
Οκτώβριος	16,9	21,0	18,7	18,6	19,6	20,1	18,0	18,9	20,4	21,0
Νοέμβριος	12,8	16,9	16,2	15,6	15,8	15,8	14,9	15,8	17,7	14,9
Δεκέμβριος	11,7	12,2	11,3	13,2	12,0	9,7	12,6	11,6	12,4	13,4
Ετήσια	17,2	18,1	18,3	18,3	17,5	18,4	17,6	18,5	18,0	18,1
Μέγιστες μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας περιβάλλοντος ανά μήνα (°C)										
Ιανουάριος	19,0	16,4	18,1	20,4	20,7	21,4	16,7	17,9	16,7	18,0
Φεβρουάριος	18,8	17,4	20,8	21,3	20,0	25,7	19,7	18,9	18,5	20,3
Μάρτιος	24,1	19,6	25,3	22,3	21,2	23,1	22,6	25,1	21,8	22,0
Απρίλιος	23,9	30,2	27,6	31,4	25,5	30,7	26,5	29,1	26,0	24,3
Μάιος	27,0	28,4	34,2	33,3	32,0	34,3	35,1	32,3	33,2	37,8
Ιούνιος	36,1	33,5	33,4	42,3	30,8	36,3	37,0	34,7	35,2	33,3
Ιούλιος	34,3	36,3	32,6	37,3	34,4	34,2	36,5	35,1	34,4	31,8
Αύγουστος	31,4	34,7	33,7	35,3	32,6	33,5	31,9	30,6	33,5	33,6
Σεπτέμβριος	30,7	33,3	35,0	35,2	33,9	36,2	37,0	30,5	29,1	34,4
Οκτώβριος	27,8	30,8	30,6	31,2	28,8	30,7	25,6	27,0	30,9	33,5
Νοέμβριος	21,3	29,8	23,3	23,8	22,3	26,7	23,2	24,3	27,2	21,2
Δεκέμβριος	19,6	22,9	21,5	21,8	18,2	18,8	21,9	19,6	20,1	19,1
Ετήσια	36,1	36,3	35,0	42,3	34,4	36,3	37,0	35,1	35,2	37,8
Ελάχιστες μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας περιβάλλοντος ανά μήνα (°C)										
Ιανουάριος	5,8	1,5	2,7	6,4	2,2	2,3	-0,9	5,3	2,2	3,2
Φεβρουάριος	4,3	1,7	5,6	6,0	1,9	5,1	3,4	5,8	5,4	4,2
Μάρτιος	3,0	4,4	5,0	6,0	4,1	6,2	6,4	6,1	5,5	6,1
Απρίλιος	8,3	8,4	8,9	7,6	6,8	8,9	7,2	8,4	8,1	7,3
Μάιος	9,3	12,0	13,4	11,7	11,2	11,4	13,0	13,4	9,9	10,9
Ιούνιος	15,9	14,0	14,7	14,7	15,6	15,1	16,3	18,1	14,5	13,1
Ιούλιος	19,1	17,6	18,8	17,7	18,8	19,4	20,3	20,0	18,7	18,9
Αύγουστος	18,2	20,2	19,1	18,8	20,1	19,0	18,2	20,4	19,9	19,3
Σεπτέμβριος	17,4	16,0	15,4	15,7	18,0	15,8	16,1	16,7	15,6	17,4
Οκτώβριος	10,5	13,1	11,5	11,6	12,7	12,8	11,4	10,0	12,2	13,6
Νοέμβριος	6,5	10,8	9,4	9,8	9,7	8,6	5,7	8,4	10,4	8,6
Δεκέμβριος	4,4	6,9	5,8	6,6	3,5	2,6	4,6	6,1	6,3	8,4
Ετήσια	3,0	1,5	2,7	6,0	1,9	2,3	-0,9	5,3	2,2	3,2

Τέλος, αναφορικά με τη θερμοκρασία, στο σχήμα 7 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος από το 2011 έως το 2020.



Σχήμα 7: Δεκαετής διακύμανση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τα έτη 2011 – 2020 [1].

Από όλα τα ανωτέρω δεδομένα και διαγράμματα αναδεικνύεται ο ήπιος χαρακτήρας του κλίματος στο Αρκαλοχώρι, με ελάχιστες ετήσιες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες της τάξης των 5 °C και μέγιστες ετήσιες που κινούνται λίγο πάνω από τους 30 °C. Η μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος κυμαίνεται μεταξύ 17,2 °C και 18,5 °C. Ο θερμότερος μήνας του έτους καταγράφεται ο Αύγουστος, με μέση μέγιστη ωριαία τιμή τους 25,6 °C, ενώ ο ψυχρότερος μήνας του έτους καταγράφεται ο Ιανουάριος με μέση ελάχιστη ωριαία τιμή τους 3,2 °C. Και οι δύο ανωτέρω τιμές υπολογίζονται για την περίοδο 2011 – 2020.

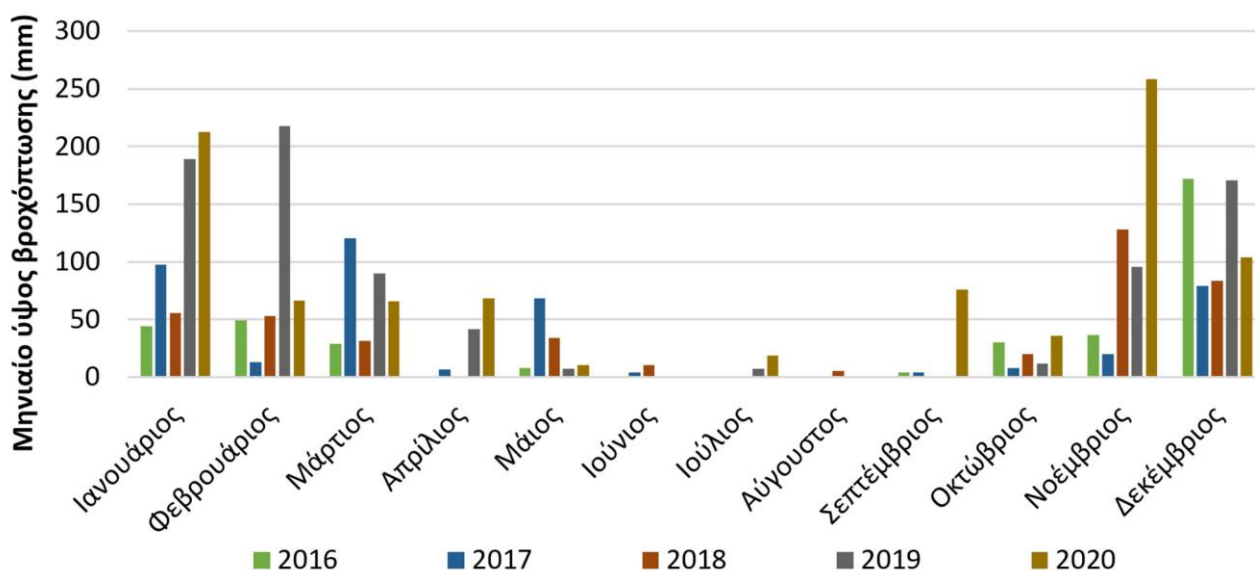
2.2. ΥΕΤΟΣ

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται οι μηνιαίες τιμές του ύψους βροχόπτωσης στην περιοχή ενδιαφέροντος, με βάση τις διαθέσιμες μετρήσεις κλιματολογικών δεδομένων από το μετεωρολογικό σταθμό Ρουσοχωριών για τα έτη 2016 – 2020 [2]. Επίσης, στο σχήμα 8 παρουσιάζεται η ίδια πληροφορία σε γραφική μορφή.

Πίνακας 4: Μηνιαία ύψη βροχόπτωσης στην περιοχή ενδιαφέροντος σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό Ρουσοχωριών της Διεύθυνσης Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης.

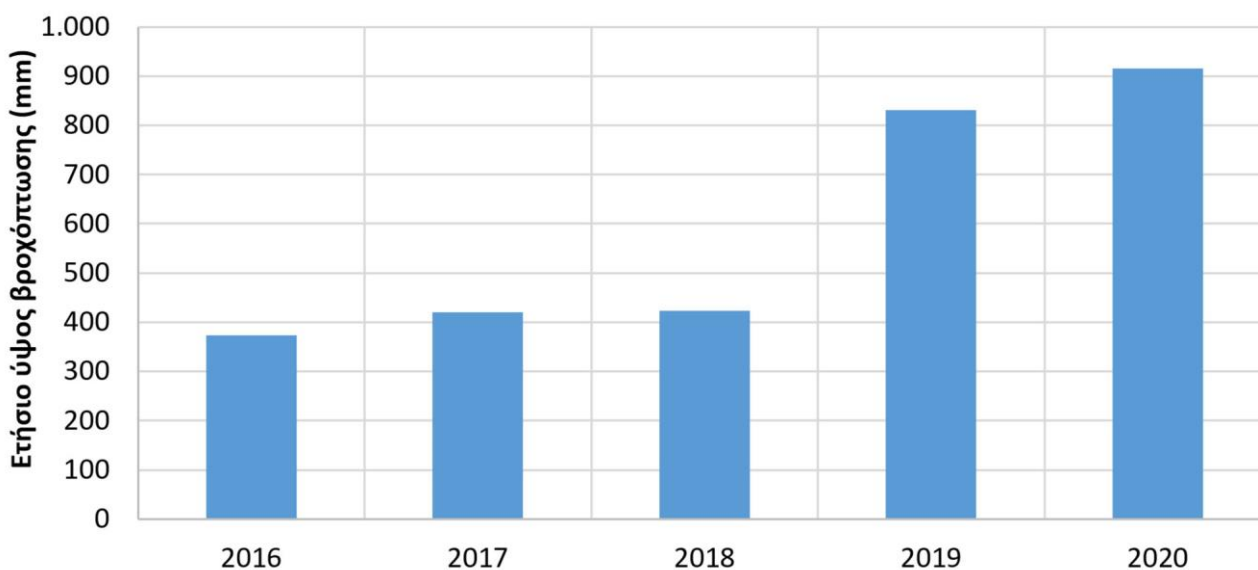
Μήνας	2016	2017	2018	2019	2020
Μηνιαία ύψη βροχόπτωσης (mm)					
Ιανουάριος	44,4	97,8	55,6	189,2	212,4
Φεβρουάριος	49,0	13,0	52,8	217,6	66,4
Απρίλιος	0,0	6,6	0,6	41,4	68,0
Μάιος	8,0	68,0	34,2	7,0	10,2
Ιούνιος	0,0	4,0	10,2	0,0	0,0
Ιούλιος	0,0	0,0	0,8	7,0	18,4
Αύγουστος	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0
Σεπτέμβριος	3,8	4,2	1,2	0,8	76,2
Οκτώβριος	30,4	7,8	19,8	11,8	35,8
Νοέμβριος	36,6	19,8	128,0	95,8	258,6
Δεκέμβριος	171,8	79,2	83,4	170,8	103,8

Ετήσιο ύψος **372,8** **420,6** **423,6** **831,2** **915,8**



Σχήμα 8: Διακύμανση μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης για τα έτη 2016 – 2020 στην περιοχή ενδιαφέροντος με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό «Ρουσοχωρίων» [2].

Στο σχήμα 9 παρουσιάζεται η διακύμανση του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης όπως καταγράφηκε από το μετεωρολογικό σταθμό Ρουσοχωρίων κατά τα έτη 2016 – 2020.



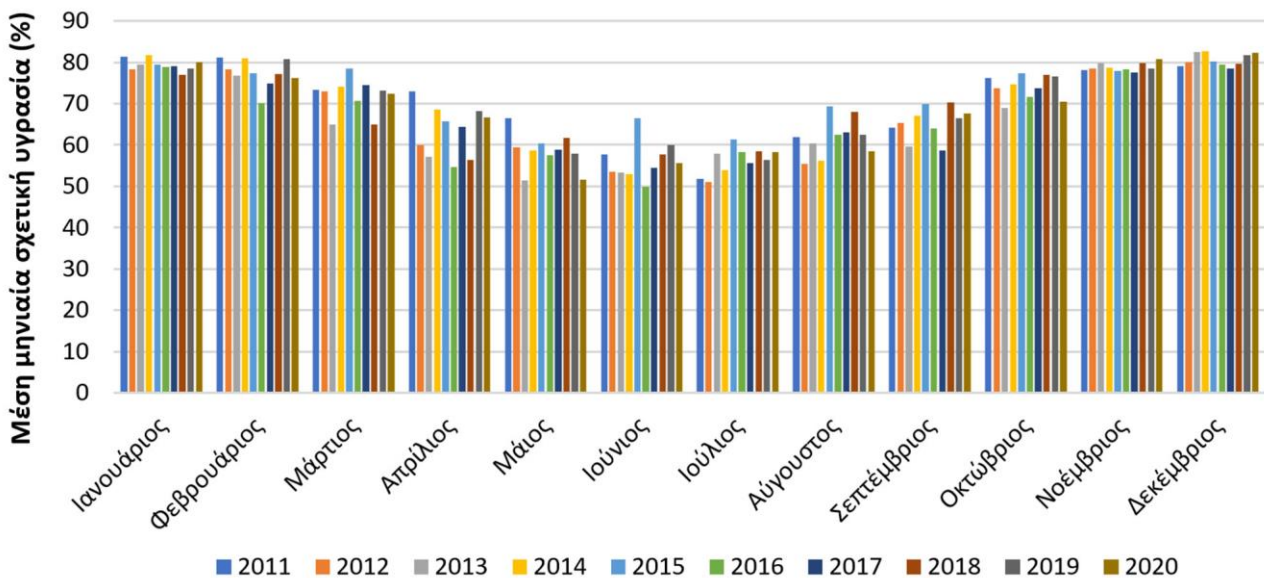
Σχήμα 9: Διακύμανση ετήσιου ύψους βροχόπτωσης για τα έτη 2016 – 2020 στην περιοχή ενδιαφέροντος με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό «Ρουσοχωρίων» [2].

2.3. ΥΓΡΑΣΙΑ

Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της σχετικής υγρασίας περιβάλλοντος, βάσει της βάσης δεδομένων ERA-5 για τα έτη 2011 – 2020. Η ίδια πληροφορία δίνεται σε γραφική μορφή στο σχήμα 10.

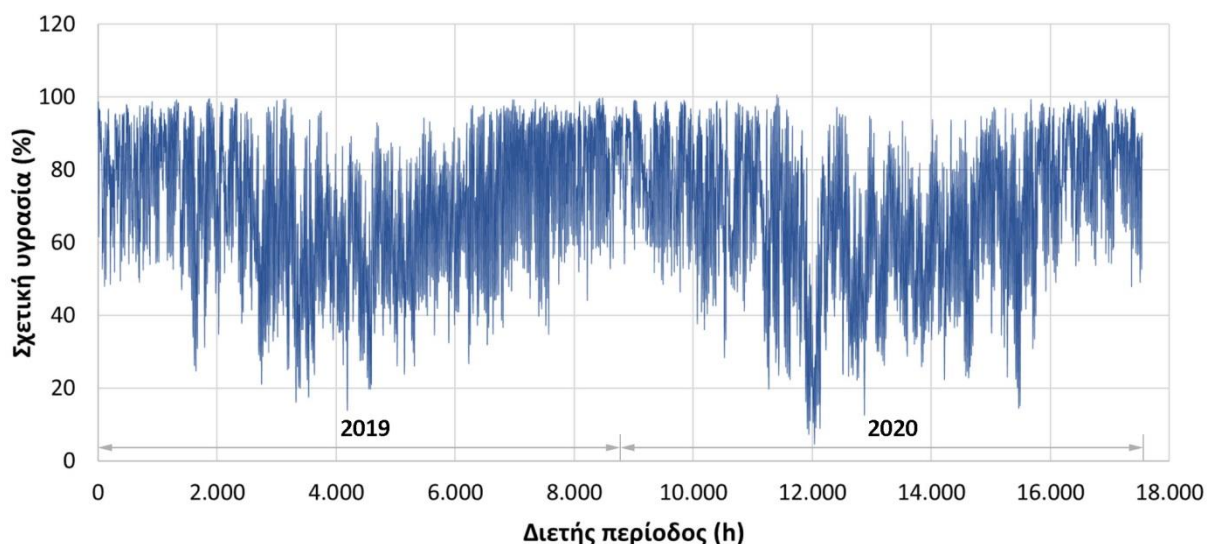
Πίνακας 5: Μηνιαίες μέσες ωριαίες τιμές σχετικής υγρασίας περιβάλλοντος στην περιοχή μελέτης για την περίοδο 2011 – 2020 με βάση τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

Μήνας	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Σχετική υγρασία περιβάλλοντος (%)										
Ιανουάριος	81,3	78,2	79,4	81,8	79,5	78,8	79,0	77,0	78,4	80,0
Φεβρουάριος	81,2	78,2	76,8	80,9	77,3	70,1	74,8	77,2	80,9	76,3
Μάρτιος	73,4	73,0	65,0	74,1	78,5	70,6	74,5	65,0	73,2	72,5
Απρίλιος	72,9	60,0	57,0	68,6	65,7	54,6	64,4	56,3	68,3	66,7
Μάιος	66,6	59,4	51,5	58,7	60,4	57,5	58,8	61,7	57,9	51,6
Ιούνιος	57,7	53,6	53,4	52,9	66,4	49,8	54,5	57,7	60,1	55,6
Ιούλιος	51,8	51,0	57,9	53,8	61,4	58,2	55,6	58,4	56,3	58,2
Αύγουστος	61,9	55,5	60,3	56,1	69,3	62,5	63,1	68,0	62,5	58,5
Σεπτέμβριος	64,1	65,4	59,6	67,0	69,9	64,1	58,7	70,3	66,5	67,7
Οκτώβριος	76,3	73,7	69,0	74,7	77,3	71,6	73,6	76,9	76,6	70,4
Νοέμβριος	78,2	78,5	79,8	78,6	77,9	78,3	77,5	79,9	78,6	80,8
Δεκέμβριος	79,0	80,1	82,5	82,7	80,2	79,5	78,6	79,7	81,8	82,3
Ετήσια	70,4	67,2	66,0	69,2	72,0	66,3	67,8	69,0	70,1	68,4



Σχήμα 10: Διακύμανση μέσης μηνιαίας σχετικής υγρασίας για τα έτη 2011 – 2020 στην περιοχή ενδιαφέροντος με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα τη βάση δεδομένων ERA-5 [1].

Στην σχήμα 11 παρουσιάζεται η διακύμανση της σχετικής υγρασίας περιβάλλοντος, βάσει των δορυφορικών μετρήσεων της βάσης ERA-5 για τα έτη 2019 – 2020.



Σχήμα 11: Διακύμανση της σχετικής υγρασίας περιβάλλοντος, βάσει των δορυφορικών μετρήσεων της βάσης ERA-5 για τα έτη 2019 – 2020 [1].

2.4. ANEMΟΣ

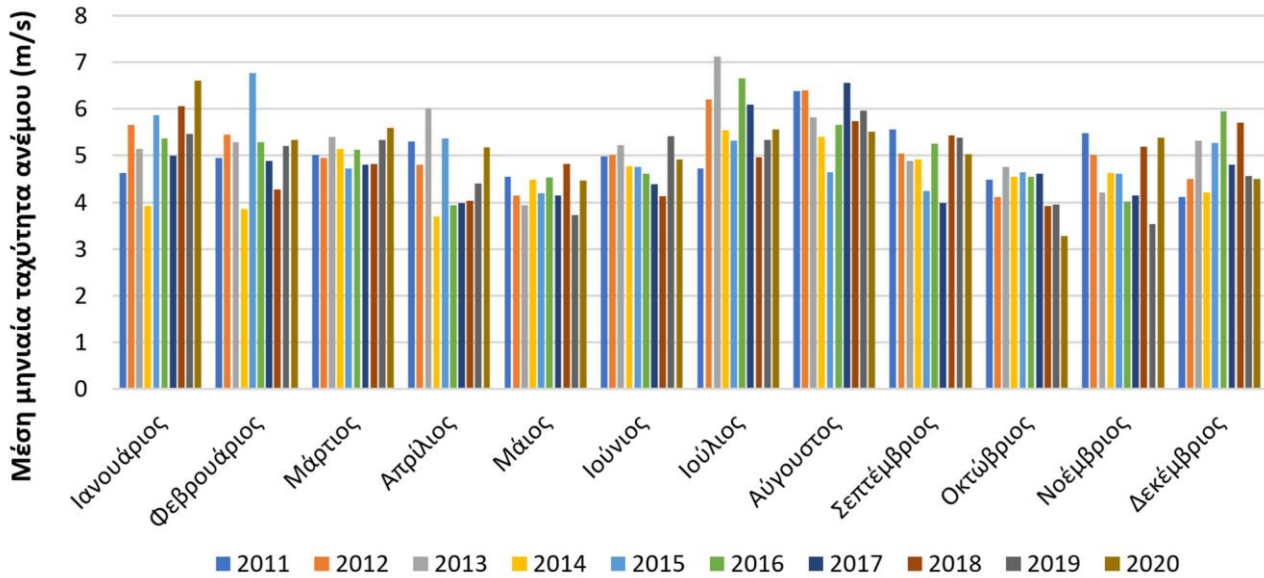
Ο άνεμος γενικότερα χαρακτηρίζεται από έντονη μεταβλητότητα τόσο χρονική όσο και τοπολογική, σε περιπτώσεις έντονης εδαφικής μορφολογίας, όπως στην ευρύτερη περιοχή μελέτης. Κατά τεκμήριο τα πλέον ακριβή δεδομένα αναφορικά με την ένταση πνοής ανέμου προκύπτουν από επίγειες μετρήσεις. Παρόλα αυτά, η επεξεργασία των επίγειων δεδομένων από το σταθμό Ρουσοχωρίων οδήγησε σε μέσες ετήσιες ταχύτητες εξαιρετικά υψηλές για τα έτη 2019 και 2020 (της τάξης των 10 m/s) και υπερδιπλάσιες από αυτές που καταγράφηκαν για τα τρία πρώτα έτη μετρήσεων 2016 – 2018 (κάτω των 5 m/s). Επιπλέον, βάσει της εμπειρίας από τη γνώση του ανέμου στην περιοχή, οι ταχύτητες αυτές είναι πολύ ψηλές. Προφανώς οι τιμές για τα έτη 2019 και 2020 προέκυψαν λόγω βλάβης του ανεμομέτρου. Για το λόγο αυτό, για την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού στην περιοχή επιλέχθηκε η χρήση των δορυφορικών δεδομένων ως πιο αξιόπιστα.

Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της ταχύτητας του ανέμου. Η ίδια πληροφορία παρέχεται γραφικά στο σχήμα 12.

Πίνακας 6: Μέσες μηνιαίες τιμές ταχύτητας ανέμου στην περιοχή ενδιαφέροντος για την περίοδο 2011 – 2020 με βάση τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

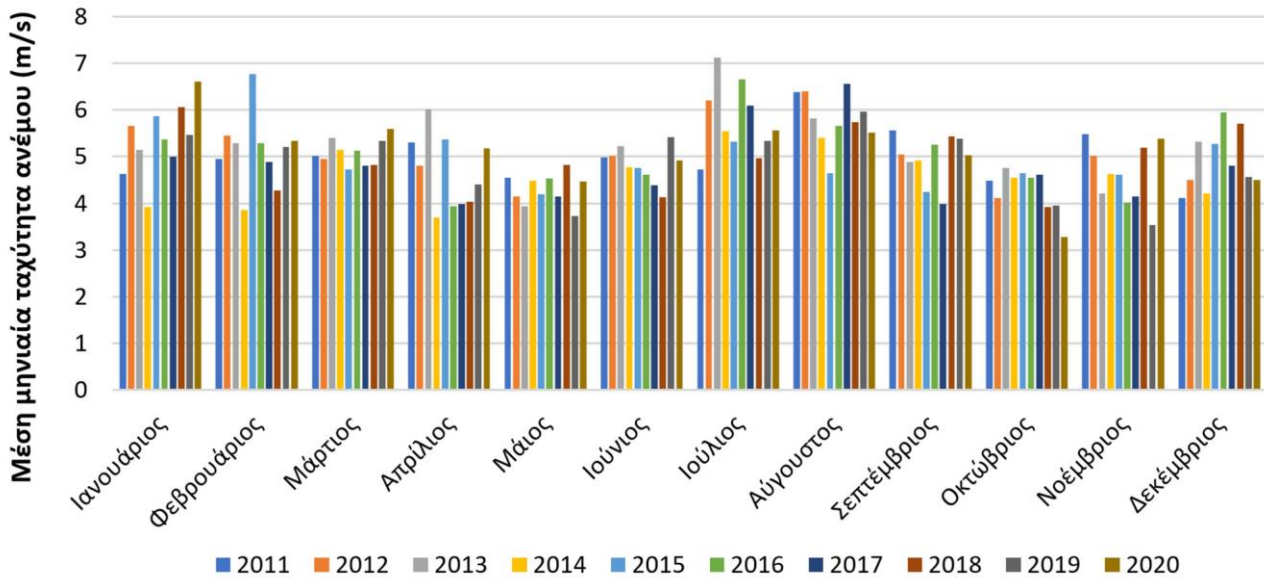
Μήνας	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ταχύτητα ανέμου (m/s)										
Ιανουάριος	4,6	5,7	5,1	3,9	5,9	5,4	5,0	6,1	5,5	6,6
Φεβρουάριος	4,9	5,4	5,3	3,9	6,8	5,3	4,9	4,3	5,2	5,3
Μάρτιος	5,0	4,9	5,4	5,1	4,7	5,1	4,8	4,8	5,3	5,6
Απρίλιος	5,3	4,8	6,0	3,7	5,4	3,9	4,0	4,0	4,4	5,2
Μάιος	4,5	4,1	3,9	4,5	4,2	4,5	4,1	4,8	3,7	4,5
Ιούνιος	5,0	5,0	5,2	4,8	4,8	4,6	4,4	4,1	5,4	4,9
Ιούλιος	4,7	6,2	7,1	5,5	5,3	6,7	6,1	5,0	5,3	5,6
Αύγουστος	6,4	6,4	5,8	5,4	4,6	5,7	6,6	5,7	6,0	5,5
Σεπτέμβριος	5,6	5,1	4,9	4,9	4,2	5,3	4,0	5,4	5,4	5,0
Οκτώβριος	4,5	4,1	4,8	4,5	4,6	4,6	4,6	3,9	4,0	3,3
Νοέμβριος	5,5	5,0	4,2	4,6	4,6	4,0	4,1	5,2	3,5	5,4
Δεκέμβριος	4,1	4,5	5,3	4,2	5,3	5,9	4,8	5,7	4,6	4,5

Ετήσια 5,0 5,1 5,3 4,6 5,0 5,1 4,8 4,9 4,9 5,1



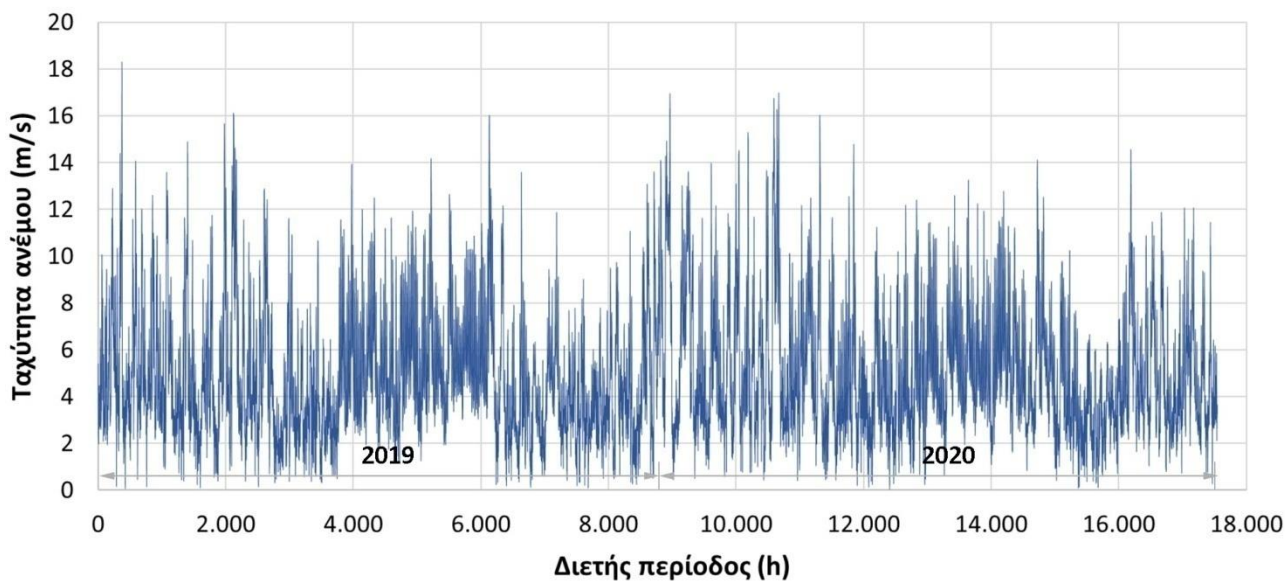
Σχήμα 12: Διακύμανση μέσης μηνιαίας ταχύτητας ανέμου για τα έτη 2011 – 2020 στην περιοχή ενδιαφέροντος με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα από τη βάση δεδομένων ERA-5 [1].

Οι μηνιαίες μέγιστες μέσες ωριαίες τιμές ταχύτητας ανέμου παρουσιάζονται στο σχήμα 13.



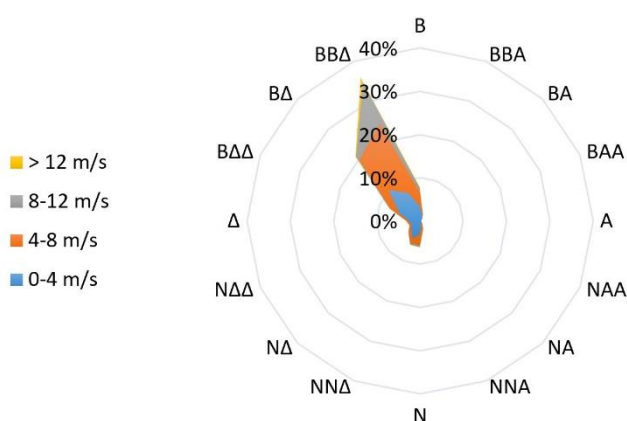
Σχήμα 13: Διακύμανση μηνιαίας μέγιστης μέσης ωριαίας ταχύτητας ανέμου για τα έτη 2016 – 2020 στην περιοχή ενδιαφέροντος με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα από τη βάση δεδομένων ERA-5 [1].

Στο σχήμα 14 παρουσιάζεται η διακύμανση της ταχύτητας του ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις ERA-5 για τα έτη 2019 – 2020.

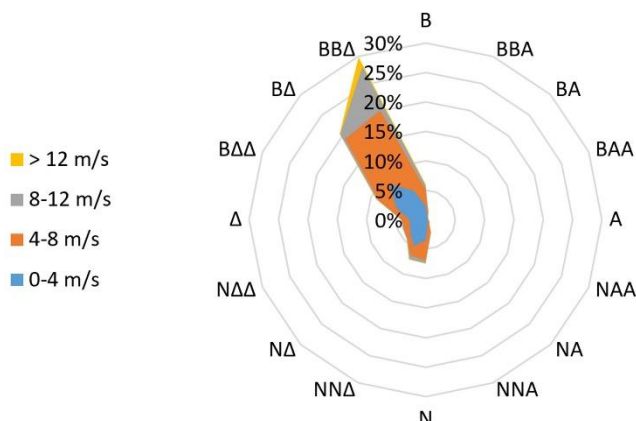


Σχήμα 14: Διακύμανση του μέτρου της ταχύτητας του ανέμου για τα έτη 2019 – 2020 βάσει των δορυφορικών μετεωρολογικών μετρήσεων [1].

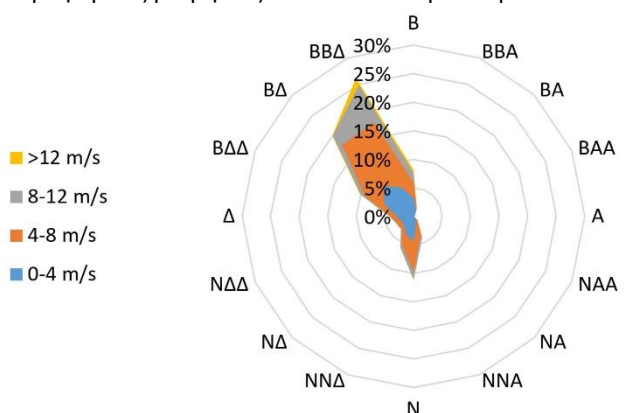
Στα σχήματα 15 παρουσιάζονται τα ετήσια ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου για τα έτη 2011 – 2020. Παρατηρούνται οι σταθερές, κύριες διευθύνσεις πνοής ανέμου από βόρεια και βόρειο-βορειοδυτικά.



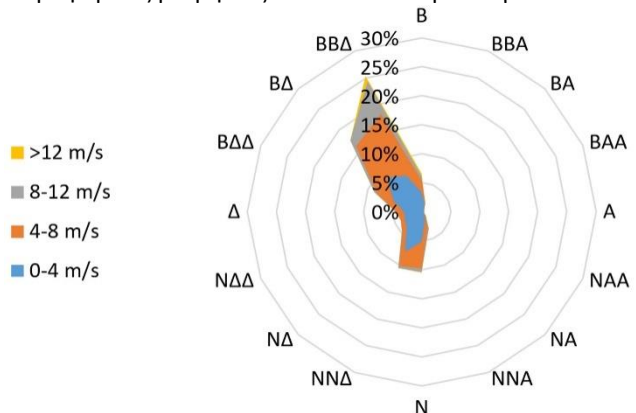
Σχήμα 15α: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2011.



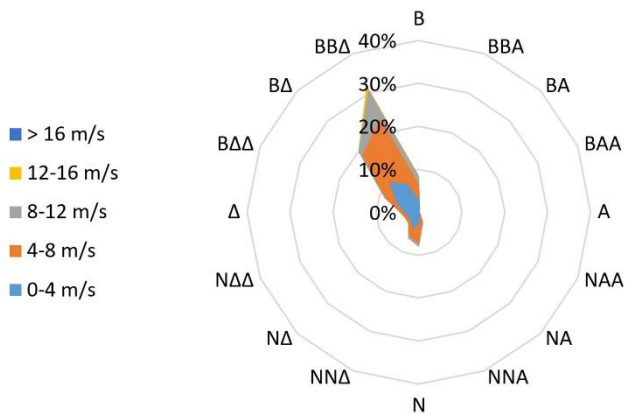
Σχήμα 15β: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2012.



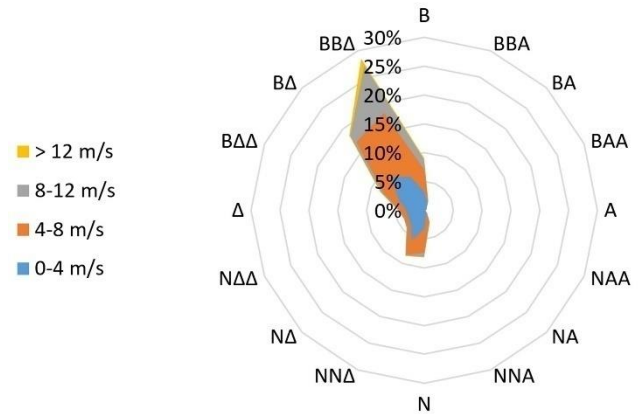
Σχήμα 15γ: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2013.



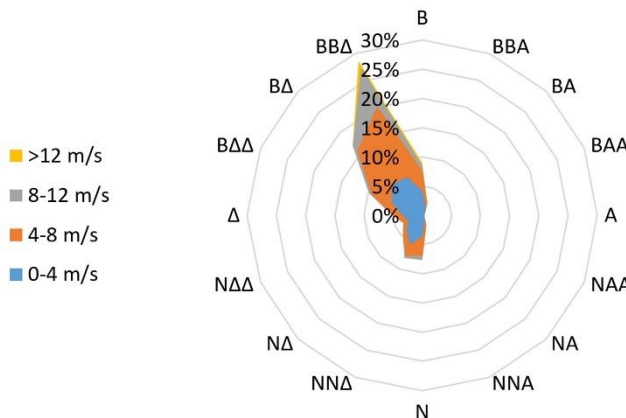
Σχήμα 15δ: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2014.



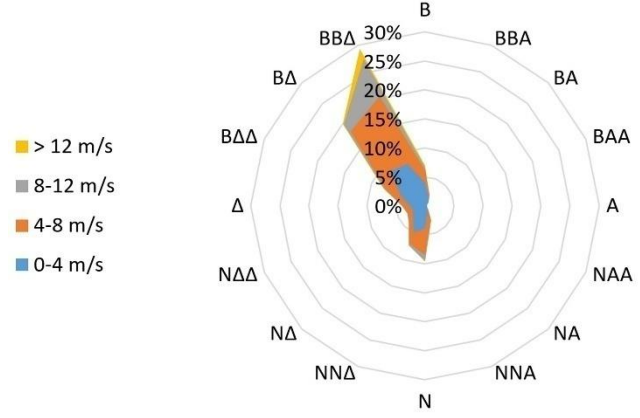
Σχήμα 15ε: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2015.



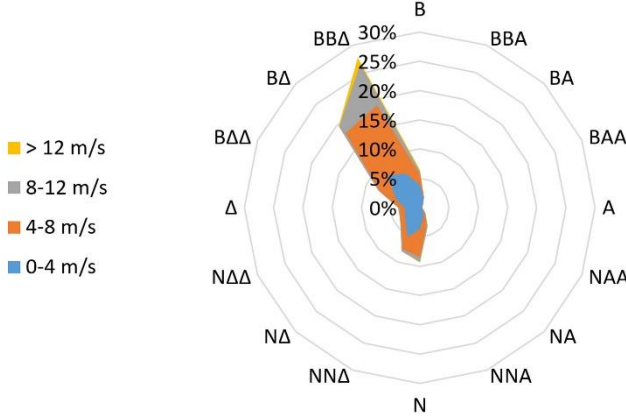
Σχήμα 15στ: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2016.



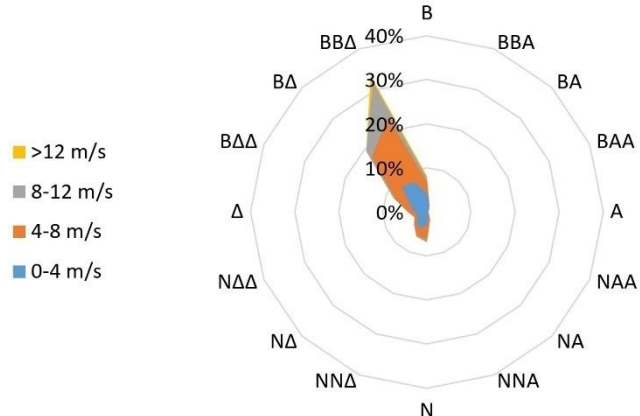
Σχήμα 15ζ: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2017.



Σχήμα 15η: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2018.

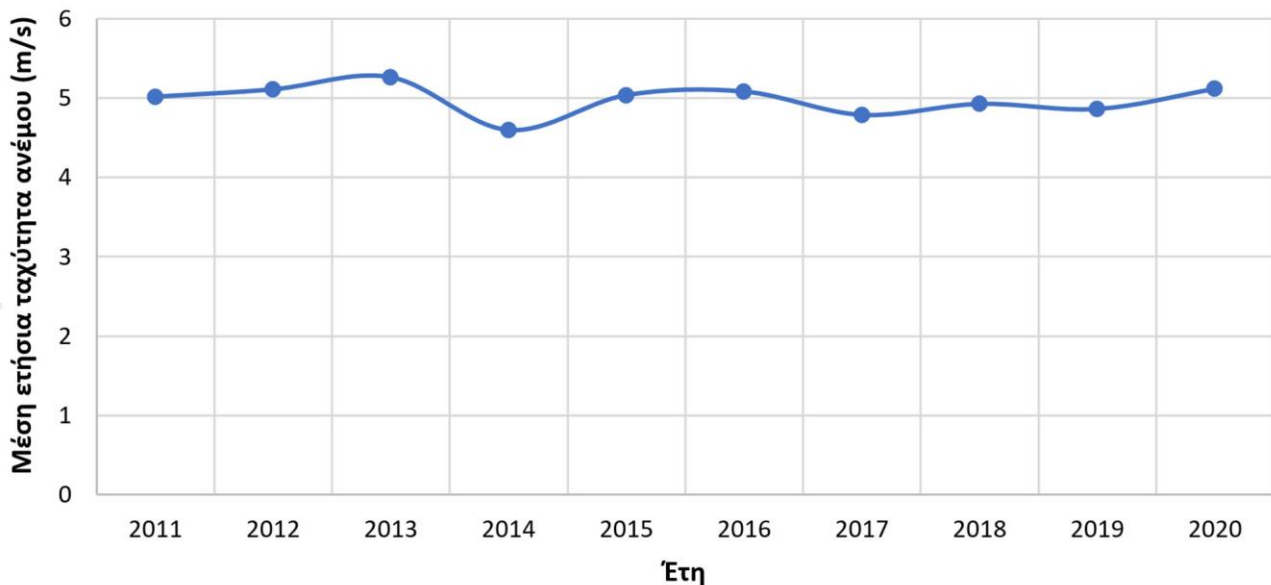


Σχήμα 15θ: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2019.



Σχήμα 15ι: Ροδόγραμμα ταχύτητας ανέμου με βάση τις δορυφορικές μετρήσεις αιολικού δυναμικού για το 2020.

Τέλος, στο σχήμα 16 παρουσιάζεται η διακύμανση από το 2011 μέχρι το 2020 της μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου στη θέση του αιολικού πάρκου και για το ύψος των 10 m από το έδαφος με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα από τη βάση ERA-5.



Σχήμα 16: Μέσες ετήσιες ταχύτητες του ανέμου για τα έτη 2011 – 2020 βάσει των δορυφορικών μετεωρολογικών μετρήσεων [1].

2.5. ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

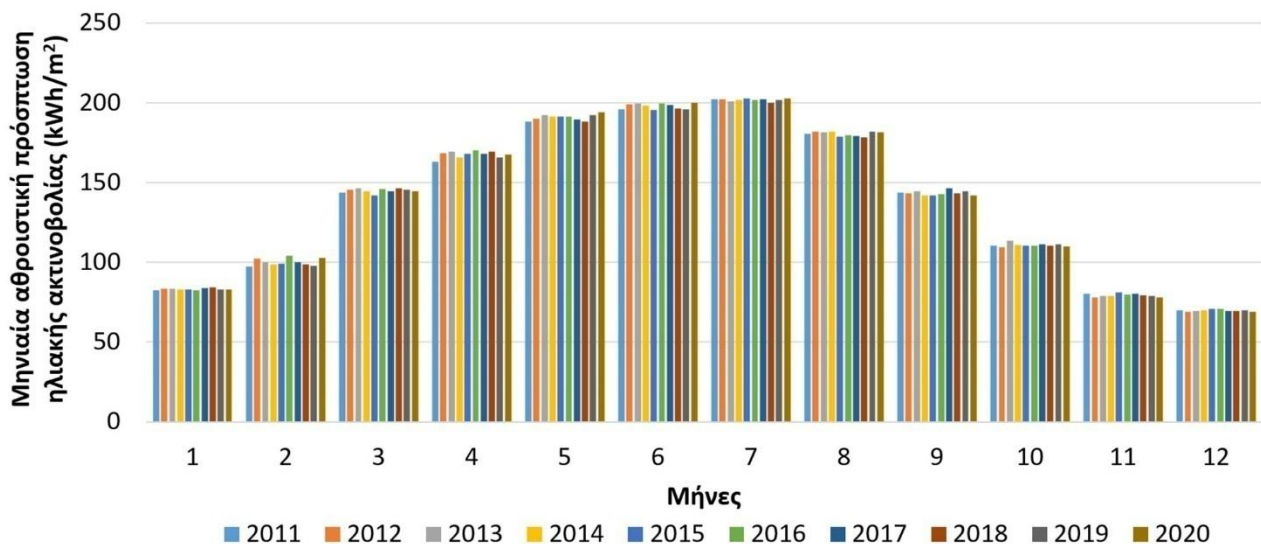
Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται η αθροιστική πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα, ενώ στον πίνακα 8 παρουσιάζεται η μέγιστη μέση ωριαία πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο ανά μήνα για την περίοδο 2011 - 2020. Η ίδια πληροφορία παρουσιάζεται γραφικά στα σχήματα 17 και 18.

Πίνακας 7: Αθροιστική πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα στην περιοχή ενδιαφέροντος για την περίοδο 2011 – 2020 με βάση τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

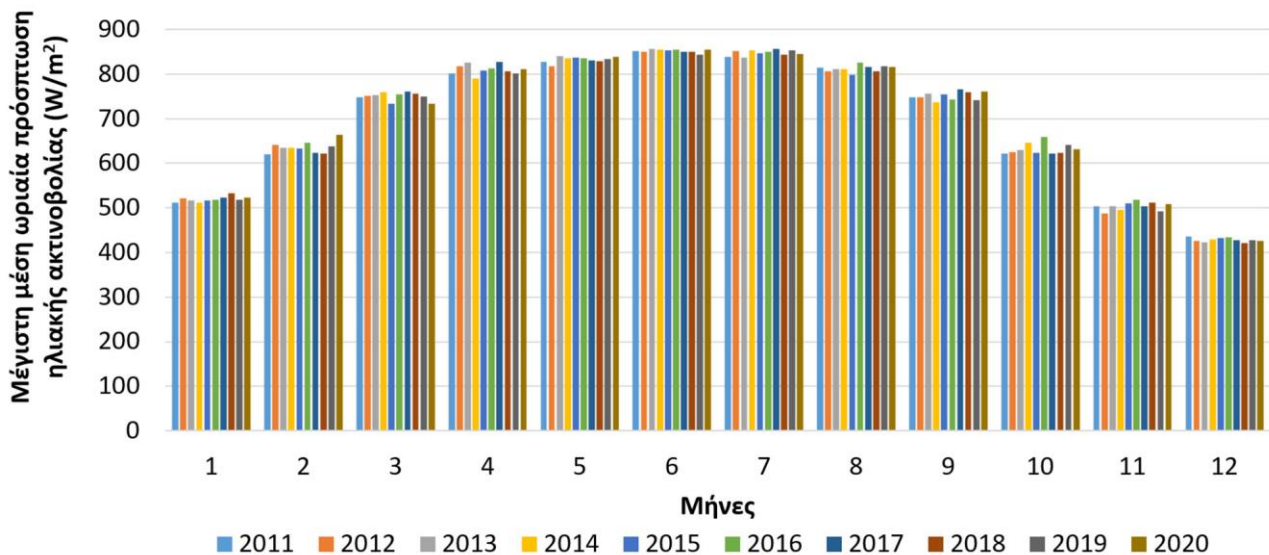
Μήνας	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Αθροιστική πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m²)										
Ιανουάριος	82	83	84	83	83	83	84	84	83	83
Φεβρουάριος	98	102	100	99	99	104	100	99	98	103
Μάρτιος	144	146	146	145	142	146	144	147	145	145
Απρίλιος	163	169	169	166	168	170	168	169	166	168
Μάιος	188	190	192	192	192	191	189	188	192	194
Ιούνιος	196	199	199	198	195	199	199	197	196	200
Ιούλιος	202	202	201	201	202	202	202	200	202	202
Αύγουστος	181	182	181	182	179	179	179	178	182	182
Σεπτέμβριος	144	143	145	142	142	143	146	143	145	142
Οκτώβριος	110	110	113	111	110	111	111	110	111	110
Νοέμβριος	80	78	79	79	81	80	80	80	79	78
Δεκέμβριος	70	69	69	70	71	71	70	70	70	69
Ετήσια	1.658	1.673	1.679	1.667	1.664	1.678	1.673	1.664	1.669	1.675

Πίνακας 8: Μέγιστη μέση ωριαία πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα στην περιοχή ενδιαφέροντος για την περίοδο 2011 – 2020 με βάση τη βάση μετεωρολογικών δεδομένων ERA-5.

Μήνας	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Μέγιστη μέση ωριαία πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας (W/m²)										
Ιανουάριος	511	522	517	512	517	519	523	533	518	523
Φεβρουάριος	621	642	635	634	633	646	623	622	638	663
Μάρτιος	748	751	753	760	734	755	761	756	750	734
Απρίλιος	801	817	826	791	808	812	828	806	801	812
Μάιος	828	819	840	835	838	835	831	830	833	839
Ιούνιος	852	850	856	856	854	855	850	850	843	854
Ιούλιος	838	851	837	853	847	851	856	843	854	845
Αύγουστος	814	807	812	811	799	826	816	806	818	816
Σεπτέμβριος	749	748	756	736	754	743	766	759	742	761
Οκτώβριος	622	626	630	646	623	659	622	624	641	632
Νοέμβριος	504	488	503	495	509	518	504	511	492	508
Δεκέμβριος	436	427	423	429	432	433	427	421	427	427
Ετήσια	852	851	856	856	854	855	856	850	854	854

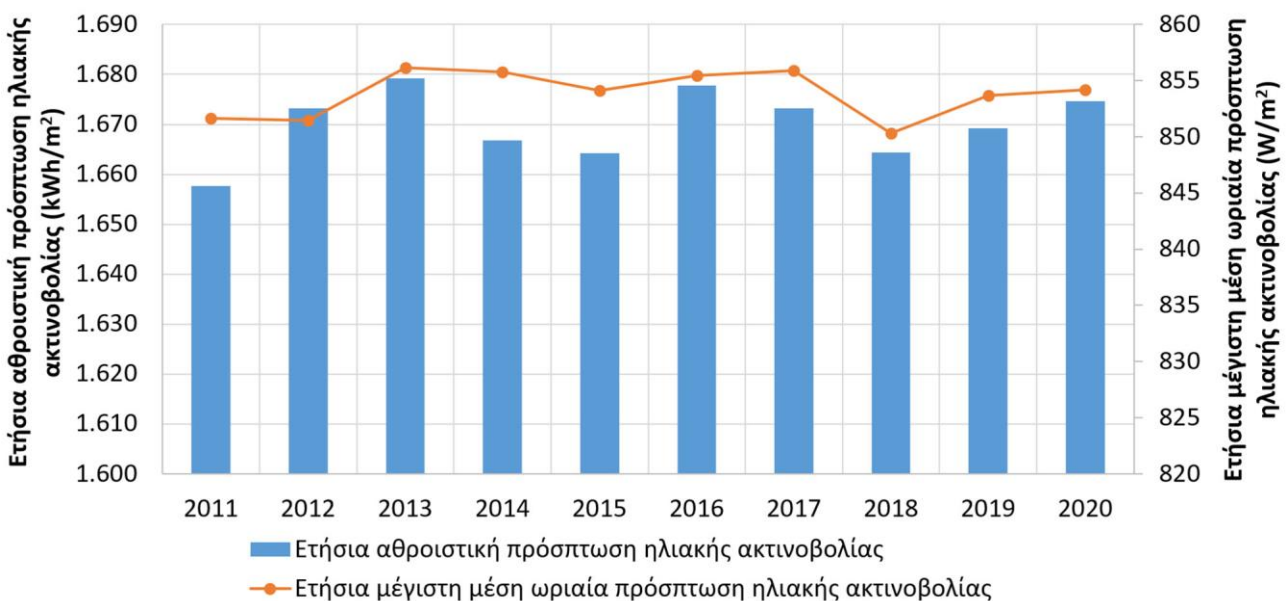


Σχήμα 17: Διακύμανση αθροιστικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα στο σημείο λήψης μετεωρολογικών δεδομένων και για την περίοδο 2011 - 2020.



Σχήμα 18: Διακύμανση μέγιστης μέσης ωριαίας πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα στο οριζόντιο επίπεδο στο σημείο λήψης μετεωρολογικών δεδομένων και για την περίοδο 2011 - 2020.

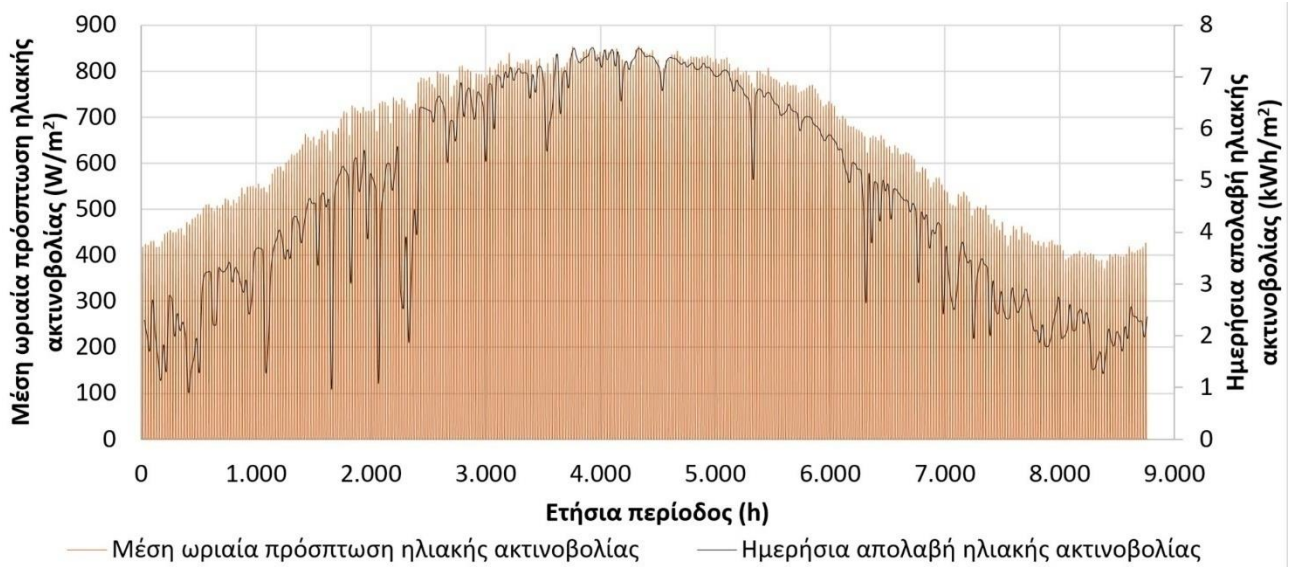
Η διακύμανση της ετήσιας αθροιστικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και της ετήσιας μέγιστης μέσης ωριαίας πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο στο σημείο λήψης μετεωρολογικών δεδομένων και για την περίοδο 2011 – 2020 παρουσιάζεται στο σχήμα 19.



Σχήμα 19: Διακύμανση ετήσιας αθροιστικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και ετήσιας μέγιστης μέσης ωριαίας πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο στο σημείο λήψης μετεωρολογικών δεδομένων και για την περίοδο 2011 - 2020.

Με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 7, η ετήσια αθροιστική πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο εμφανίζει ελάχιστη τιμή δεκαετίας το 2011 (1.658 kWh/m²) και μέγιστη τιμή το 2013 (1.679 kWh/m²). Η μέση τιμή δεκαετίας υπολογίζεται στις 1.670 kWh/m².

Στο σχήμα 20 παρουσιάζεται η ετήσια διακύμανση της μέσης ωριαίας πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας και της αθροιστικής ημερήσιας απολαβής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο για το πιο πρόσφατο πλήρες έτος, ήτοι το 2020. Παρατηρείται εύλογα η μεγιστοποίηση της μέσης ωριαίας προσπίπτουσας και της ημερήσιας απολαβής ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους θερινούς μήνες.



Σχήμα 20: Ετήσια διακύμανση μέσης ωριαίας πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας και της ημερήσιας αθροιστικής απολαβής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο για τη θέση λήψης μετεωρολογικών δεδομένων και για το έτος 2020.

3. ΦΟΡΤΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Ο υπολογισμός των φορτίων κλιματισμού (θέρμανση και ψύξη) των εσωτερικών χώρων του κτηρίου της Λότζια γίνεται βάσει της κλασσικής θεωρίας μεταφοράς θερμότητας, καθώς και της μεθόδου TMF της ASHRAE υπολογισμού ψυκτικών φορτίων [3-5]. Όσον αφορά στις τιμές των εμπλεκόμενων παραμέτρων λήφθηκε υπόψη η Τεχνική Οδηγία του Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [6]. Οι όγκοι και τα εμβαδά των χώρων υπολογίστηκαν βάσει των κατόψεων του κτηρίου. Η χρήση των χώρων, τα ωράρια λειτουργίας και ο μέσος αριθμός ατόμων ανά ημέρα δόθηκαν από το προσωπικό του Δήμου Ηρακλείου.

3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΗΡΙΟΥ - ΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ

Το Ενετικό Κτήριο Λότζια εκτείνεται σε τρία επίπεδα, το υπόγειο, το ισόγειο και τον Α΄ όροφο. Το υπόγειο φιλοξενεί βοηθητικούς αποθηκευτικούς χώρους και το μηχανοστάσιο του κτηρίου. Στο ισόγειο και στον Α΄ όροφο στεγάζονται χώροι γραφείων Δημάρχου, Αντιδημάρχων, Προέδρου Δημοτικού Συμβουλίου και Γραμματειών, χώροι εξυπηρέτησης κοινού και χώροι συνεδριάσεων και συνελεύσεων. Ως κτηριακή υποδομή, το κτήριο της Λότζια είναι πανταχόθεν ελεύθερο, κτισμένο στο κέντρο της πόλης του Ηρακλείου. Στον πίνακα 9 αναλύονται η καθαρή στεγασμένη επιφάνεια του κτηρίου (εξαιρουμένης της τοιχοποιίας) και ο αντίστοιχος ολικός όγκος του.

Πίνακας 9: Συνολική στεγασμένη επιφάνεια και όγκος κτηρίου Λότζια.

Θερμικές ζώνες	Στεγασμένη επιφάνεια (m ²)	Όγκος (m ³)	Επίπεδο
Θερμική ζώνη 1 (όλα τα γραφεία, διάδρομοι, WC, κυλικείο)	1.008,53	5.042,65	Ισόγειο και όροφος
Θερμική ζώνη 2 (αίθουσα τελετών και Δημοτικού Συμβουλίου)	211,32	1.056,60	Όροφος
Θερμική ζώνη 3 (μη κλιματιζόμενοι χώροι υπογείου)	249,39	860,40	Υπόγειο
Σύνολο κλιματιζόμενων χώρων	1.219,85	6.099,25	
Σύνολο μη κλιματιζόμενων χώρων	249,39	860,40	
Σύνολο χώρων	1.469,24	6.959,65	

Για τις ανάγκες της προσομοίωσης της θερμικής λειτουργίας του κτηρίου, η συνολική κτηριακή υποδομή χωρίστηκε σε 3 θερμικές ζώνες, με βάση τη χρήση των χώρων και τις επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας. Οι θερμικές ζώνες, η καθαρή ωφέλιμη επιφάνειά τους και ο αντίστοιχος όγκος τους (εξαιρουμένης της εσωτερικής και εξωτερικής τοιχοποιίας) παρουσιάζονται στον πίνακα 10. Όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 10, η συνολική ωφέλιμη επιφάνεια των εσωτερικών χώρων της Λότζια υπολογίζεται στα 1.469,24 m², από τα οποία τα 1.219,85 m² αφορούν σε κλιματιζόμενους χώρους και τα 249,39 m² σε μη κλιματιζόμενους χώρους.

Πίνακας 10: Εμβαδά και όγκοι θερμικών ζωνών του κτηρίου της Λότζια.

Θερμική ζώνη	Επίπεδο	Περιγραφή χώρου	Στεγασμένη επιφάνεια (m ²)	Όγκος (m ³)	Επιφάνεια ζώνης (m ²)	Όγκος ζώνης (m ³)
1	Ισόγειο	WC	26,95	134,75	1.008,53	5.042,65
		Ταμειακές βεβαιώσεις	54,21	271,05		

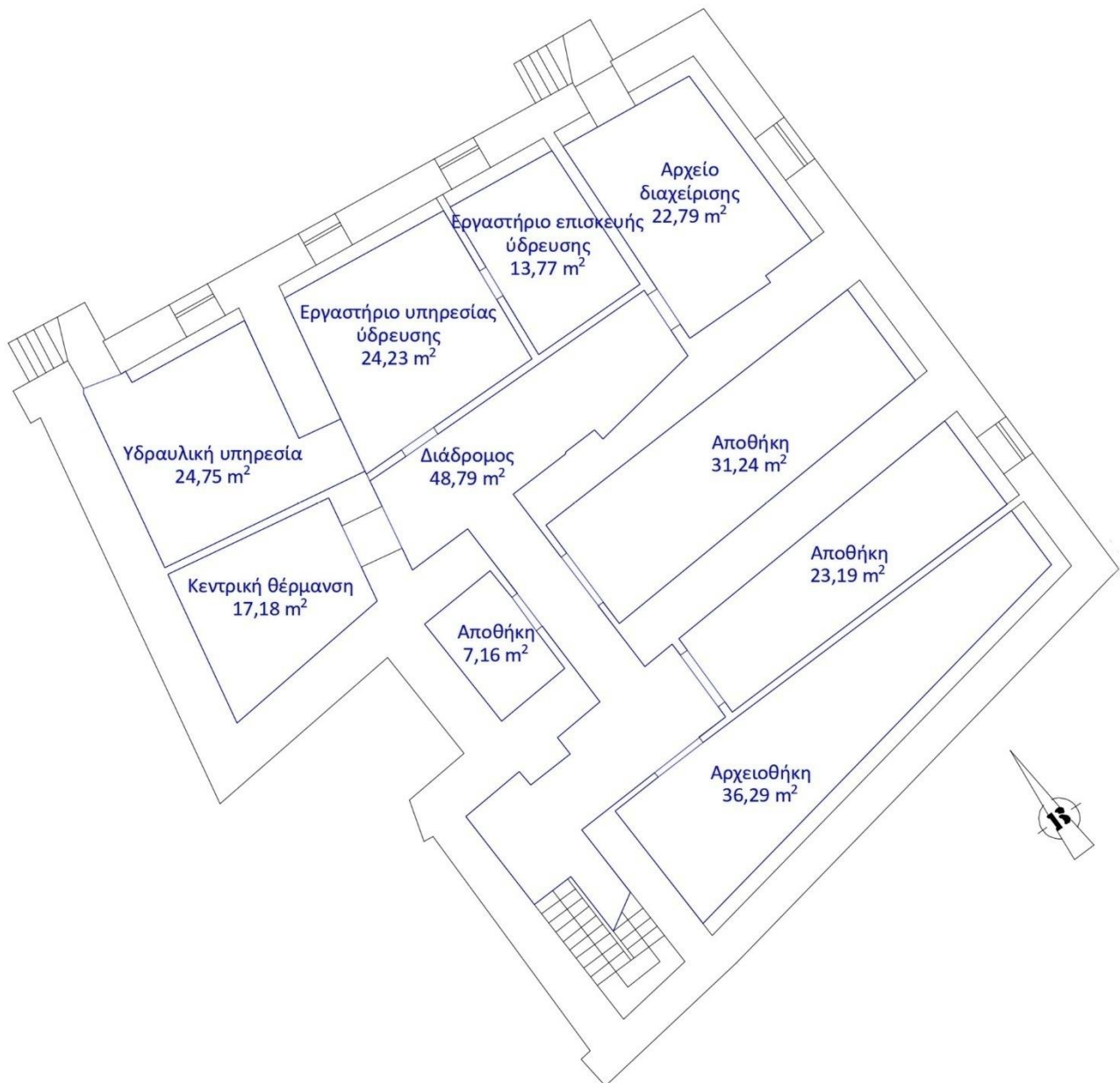
Πίνακας 10: Εμβαδά και όγκοι θερμικών ζωνών του κτηρίου της Λότζια.

Θερμική ζώνη	Επίπεδο	Περιγραφή χώρου	Στεγασμένη επιφάνεια (m ²)	Όγκος (m ³)	Επιφάνεια ζώνης (m ²)	Όγκος ζώνης (m ³)	
		ΤΑΠ	43,29	216,45			
		Τέλη καθαριότητας και φωτισμού	51,84	259,20			
		Εκκαθάριση δαπανών	39,96	199,80			
		Διεύθυνση οικονομικών και διοίκησης	42,60	213,00			
		Ταμείο	37,63	188,15			
		Τροχονομικές παραβάσεις	24,47	122,35			
		Έλεγχος προσόδων	36,12	180,60			
		Πρωτόκολλο	20,60	103,00			
		Διάδρομος ισογείου	120,69	603,45			
	Όροφος	Γραφείο Δημάρχου	47,77	238,85			
		Γραμματεία Δημάρχου	20,69	103,45			
		Γραφείο Τύπου	18,69	93,45			
		Γενική Γραμματεία	22,29	111,45			
		Γραφείο Αντιδημάρχου 1	14,27	71,35			
		Γραφείο Αντιδημάρχου 2	20,32	101,60			
		Γραφείο Αντιδημάρχου 3	10,86	54,30			
		Γραμματεία Αντιδημάρχου	7,76	38,80			
		Γραφείο Αντιδημάρχου 4	24,03	120,15			
		Γραφείο Αντιδημάρχου 5	16,22	81,10			
		Γραφείο Προέδρου Δημοτικού Συμβουλίου	25,74	128,70			
		Γραμματεία Δημοτικού Συμβουλίου	38,70	193,50			
		Καφενείο	13,54	67,70			
		Διάδρομος ορόφου	135,19	675,95			
		Αποθήκη	6,53	32,65			
		Αίθουσα συνεδριάσεων	87,57	437,85			
2			Αίθουσα τελετών και Συμβουλίου	211,32	1.056,60	211,32	1.056,60
		Υπόγειο	Αποθήκη	31,24	107,78		
	Αποθήκη		23,19	80,01			
	Υδραυλική υπηρεσία		24,75	85,39			
	Κεντρική θέρμανση		17,18	59,27			
3	Αποθήκη		7,16	24,70	249,39	860,40	
	Αρχειοθήκη		36,29	125,20			
	Εργαστήριο υπηρεσίας ύδρευσης		24,23	83,59			
	Εργαστήριο επισκευής ύδρευσης		13,77	47,51			
	Αρχείο διαχείρισης		22,79	78,63			
	Διάδρομος		48,79	168,33			
		Σύνολο κλιματιζόμενων χώρων	1.219,85	6.099,25			
		Σύνολο μη κλιματιζόμενων χώρων	249,39	860,40			

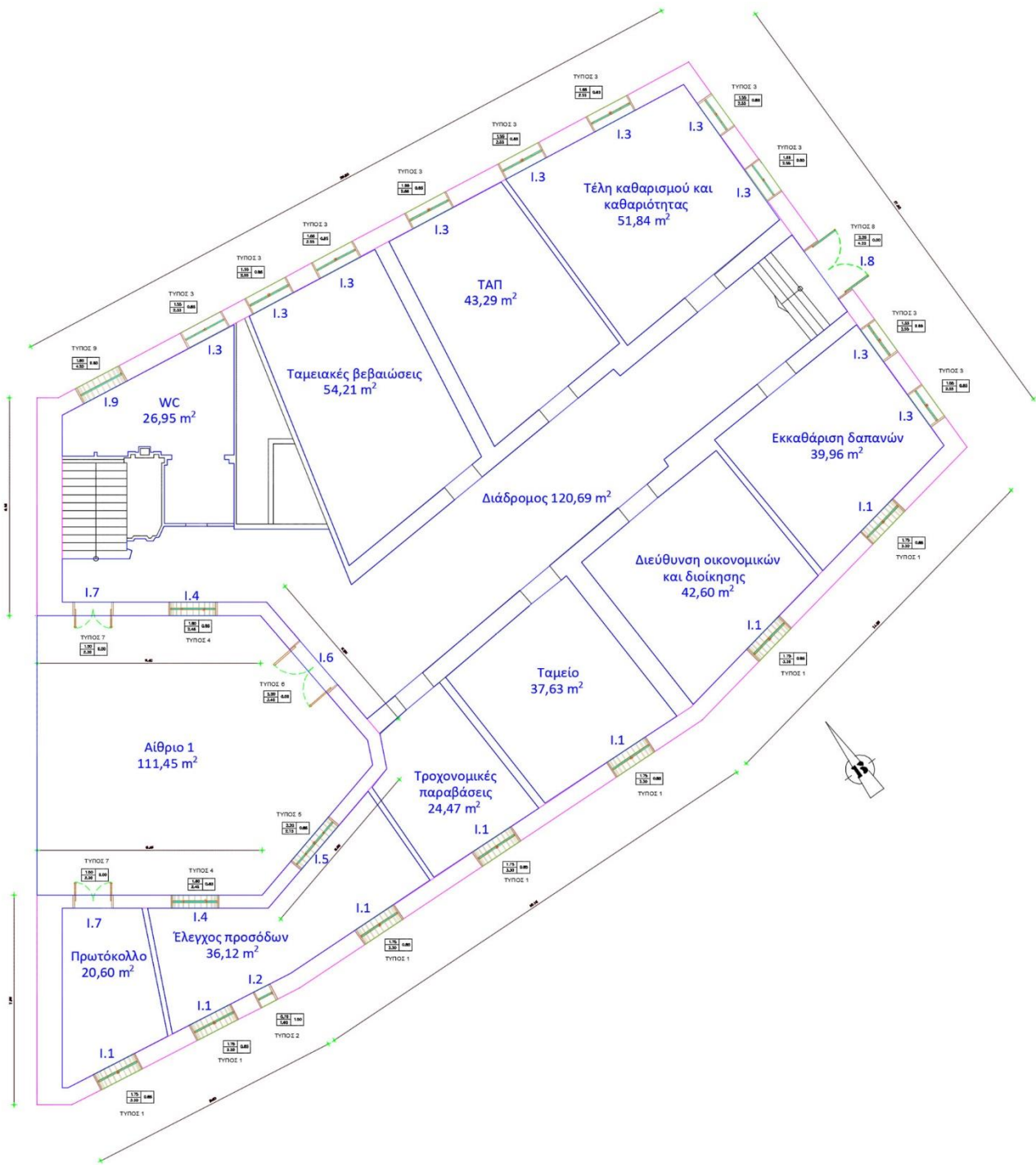
Πίνακας 10: Εμβαδά και όγκοι θερμικών ζωνών του κτηρίου της Λότζια.

Θερμική ζώνη	Επίπεδο	Περιγραφή χώρου	Στεγασμένη επιφάνεια (m ²)	Όγκος (m ³)	Επιφάνεια ζώνης (m ²)	Όγκος ζώνης (m ³)
Σύνολο καθαρής επιφάνειας			1.469,24	6.959,65		

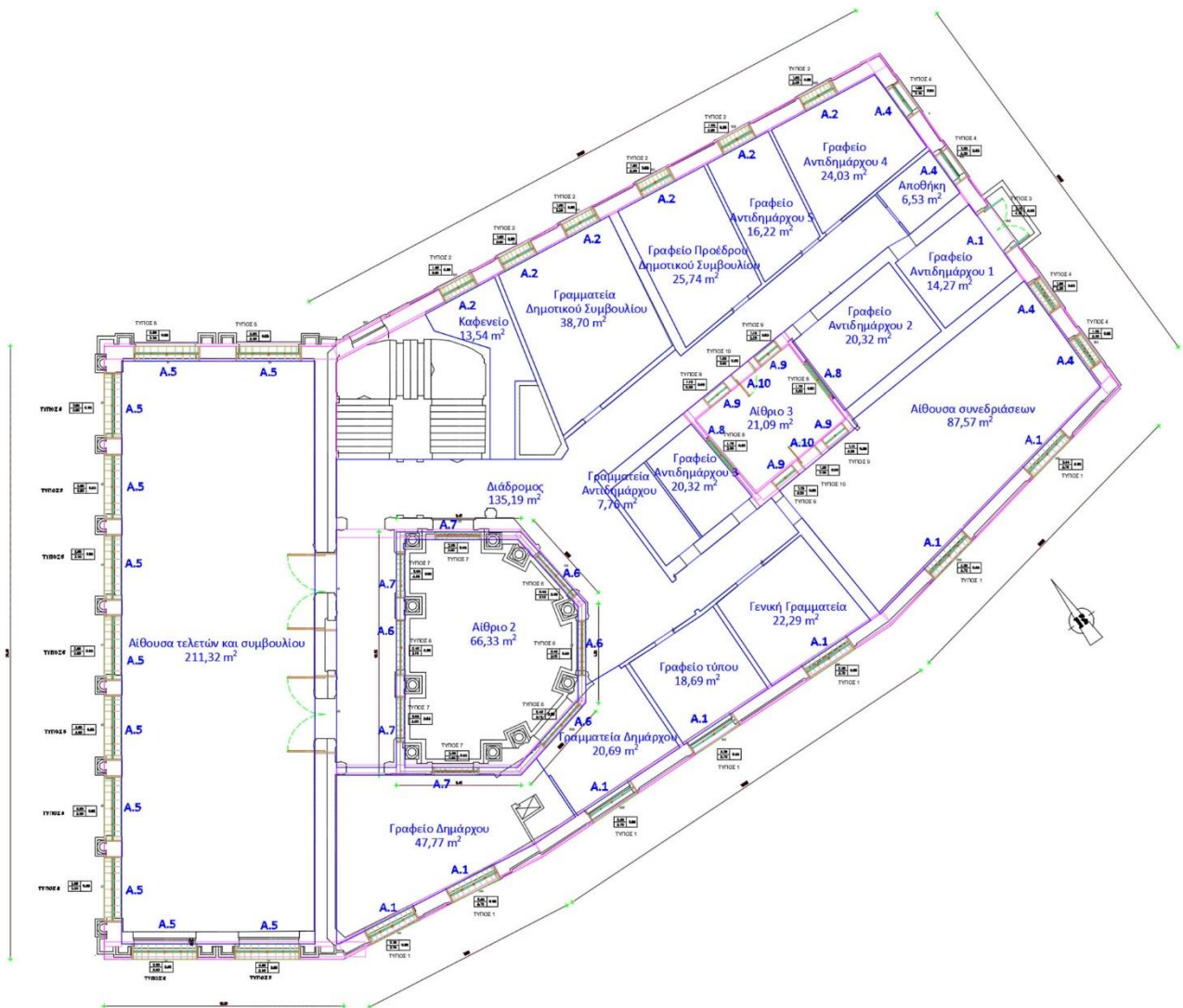
Αρχιτεκτονική αποτύπωση του κτηρίου παρουσιάζεται στις κατόψεις που δίνονται στα σχήματα 21. Στις κατόψεις αυτές με τα μπλε πολύγωνα υποδεικνύονται όλοι οι εσωτερικοί χώροι του κτηρίου.



Σχήμα 21α: Κάτοψη υπογείου κτηρίου Λότζια.



Σχήμα 21β: Κάτοψη ισογείου κτηρίου Λότζια.



Σχήμα 21γ: Κάτοψη ορόφου κτηρίου Λότζια.

3.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΗΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κτηρίου λήφθηκαν σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 [6], πίνακας 3.5, για δομικά στοιχεία με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία, με βάση τα πραγματικά δομικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κτηρίου και όλες τις υφιστάμενες διακριτές αδιαφανείς επιφάνειες του κτηριακού κελύφους. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης δεδομένα από κατασκευαστές δομικών στοιχείων. Αναλυτική περιγραφή των δομικών χαρακτηριστικών ανά δομικό στοιχείο με τους αντίστοιχους συντελεστές θερμοπερατότητας παρουσιάζονται στον πίνακα 11.

Πίνακας 11: Υλικά κατασκευής αδιαφανών επιφανειών κτηρίου και συντελεστές θερμοπερατότητας αυτών στην υφιστάμενη κατάσταση.

Δομικό στοιχείο	Περιγραφή	Συνολικό πάχος(cm)	Συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m ² ·K)
Οριζόντιο δομικό στοιχείο Δώμα σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm, Σκυρόδεμα 25cm, Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm, πλάκες εξηλασμένης πολυστερόλης 6cm	35	0,54 (ΠΕΑ)
Οριζόντιο δομικό στοιχείο Πάτωμα σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm, Σκυρόδεμα 25cm, Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm	29	2,75 KENAK (Πίνακας 3.5β)
Οριζόντιο δομικό στοιχείο Πάτωμα σε επαφή με έδαφος	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm, Σκυρόδεμα 25cm, Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm	29	3,10 KENAK (Πίνακας 3.5β)
Οριζόντιο δομικό στοιχείο Πάτωμα σε επαφή με ΜΘΧ	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm, Σκυρόδεμα 25cm, Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm	29	2,00 KENAK (Πίνακας 3.5β)
Οριζόντιο δομικό στοιχείο Δώμα αίθουσας τελετών και δημοτικού συμβουλίου σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm, Σκυρόδεμα 25cm, Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 2cm, επένδυση ξύλου εσωτερικά πάχους 4cm Ο φέρων οργανισμός της Λότζια αποτελείται από υποστυλώματα -δοκούς και πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα, πλήρωση από λιθοδομή από ημίξεστους λίθους και πλήρη επένδυση από λαξευτούς λίθους πάχους περίπου 20 cm.Οι δοκοί εσωτερικά έχουν επενδυθεί από ξύλο πάχους περίπου 5 cm.	33	1,68 Υπολογισμένο
Κατακόρυφο δομικό στοιχείο Τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον	Επίχρισμα 2cm, κοινή οπτολιθοδομή 10cm, επίχρισμα 2cm	65	1,48 υπολογισμένο
Κατακόρυφο δομικό στοιχείο Εσωτερική τοιχοποιία	Επίχρισμα 2cm, κοινή οπτολιθοδομή 10cm, επίχρισμα 2cm	14	2,40 KENAK (Πίνακας 3.5α)

Για τον υπολογισμό των συντελεστών θερμοπερατότητας των αδιαφανών επιφανειών, οι συντελεστές θερμικής μετάβασης εσωτερικού και εξωτερικού χώρου h_i και h_o αντίστοιχα έχουν ληφθεί ίσοι με:

- $h_i = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$ και $h_o = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ για ροή αέρα επί οριζόντιας επιφάνειας και για μέση ταχύτητα αέρα περιβάλλοντος 5 m/s
- $h_i = 7,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ και $h_o = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ για ροή αέρα επί κάθετης επιφάνειας και για μέση ταχύτητα αέρα περιβάλλοντος 5 m/s.

Επίσης, λόγω μέτριας απόχρωσης χρώματος της τοιχοποιίας, ο συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας θεωρήθηκε 0,6.

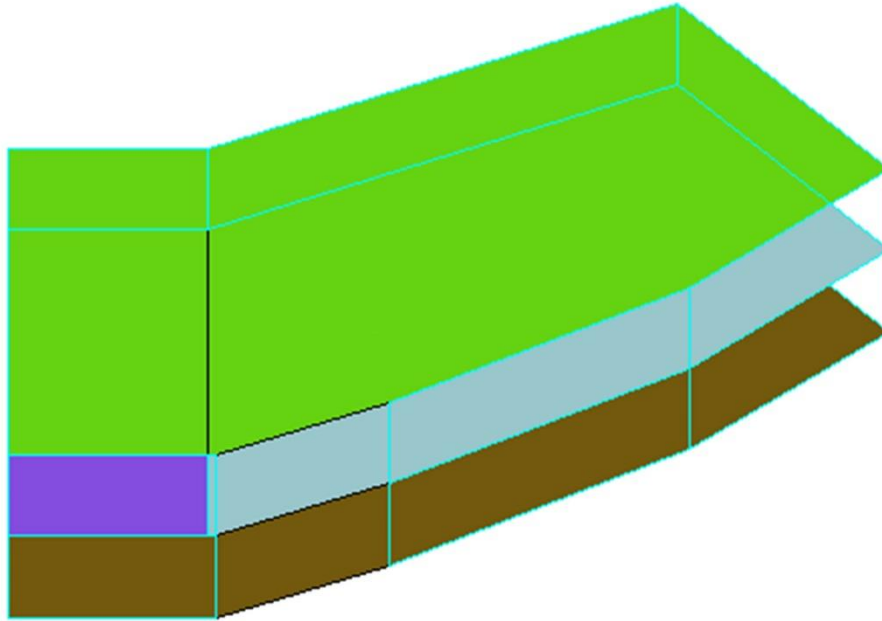
Στον πίνακα 12 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των υφιστάμενων ανοιγμάτων και οι συνολικοί συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακών κερδών αυτών.

Πίνακας 12: Τύπος ανοιγμάτων του κτηρίου και συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακών κερδών.

Περιγραφή	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου (W/m ² K)	Ποσοστό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα (W/m ² K)	Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφώματος (W/m ² K)	Συντελεστής ηλιακών κερδών
Παράθυρο με ξύλινο πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα	2,20 (KENAK 3.9)	20%	5,7 (KENAK 3.8)	0,77 (KENAK 3.17)	0,77
Πόρτα Ξύλινη δίφυλλη	3,5 (KENAK 3.13.α)	-	-	-	-
Πόρτα Ξύλινη δίφυλλη με σταθερό, μονό υαλοπίνακα	2,20	30%	5,7 (KENAK 3.8)	0,77 (KENAK 3.17)	0,77
Πόρτα σιδερένια δίφυλλη με σταθερό, μονό υαλοπίνακα	7 (KENAK 3.9)	30%	5,7 (KENAK 3.8)	0,77 (KENAK 3.17)	0,77

3.3. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Για τον υπολογισμό των φορτίων χρησιμοποιήθηκε λογισμικό πεπερασμένων στοιχείων προσομοίωσης ωριαίας βάσης για ένα χρόνο, που αναπτύχθηκε από τους μελετητές. Για τις απαιτήσεις του προγράμματος το κτήριο σχεδιάστηκε υπολογιστικά. Στο σχήμα 22 απεικονίζεται το προφίλ της συνολικής κτηριακής υποδομής σε τρισδιάστατη όψη.



Σχήμα 22: Το κτηριακό κέλυφος της Λότζια σε ψηφιοποιημένη μορφή.

Οι παράμετροι προσομοίωσης καθορίζονται με βάση τα παρακάτω:

- Απαιτήσεις εξαερισμού:

Οι απαιτήσεις εξαερισμού υπολογίστηκαν με βάση την Τεχνική Οδηγία του Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [6].

- Διείσδυση αέρα:

Η διείσδυση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου υπολογίστηκε βάσει της οδηγίας της ASHRAE, σύμφωνα με την οποία ένα ρεαλιστικό μοντέλο για τη διείσδυση αέρα δίνεται από τη σχέση [5]:

$$ACH = K_1 + K_2 \cdot (T_{zone} - T_{amb}) + K_3 \cdot \text{windspeed}$$

όπου ACH (airchanges per hour) οι εναλλαγές αέρα ανά ώρα και K_1 , K_2 , K_3 συντελεστές που εξαρτώνται από την αεροστεγανότητα των κουφωμάτων και δίνονται από τον πίνακα 13.

Πίνακας 13: Συντελεστές διείσδυσης αέρα.

Αεροστεγανότητα	K_1	K_2	K_3
Χαμηλή	0,100	0,023	0,070
Μεσαία	0,100	0,017	0,049
Υψηλή	0,100	0,011	0,034

Με βάση τον επιτόπιο έλεγχο και τις προφορικές πληροφορίες που δόθηκαν από το Δήμο Ηρακλείου, για την περίπτωση του υπό μελέτη κτηρίου λήφθηκε χαμηλή αεροστεγανότητα.

- Ωράριο λειτουργίας – Αριθμός επισκεπτών:

Το ωράριο λειτουργίας του Γυμναστηρίου ακολουθεί το τυπικό ωράριο λειτουργίας εργασίας σε χώρους δημοτικούς χώρους άθλησης και παρουσιάζεται στον πίνακα 14.

Πίνακας 14: Αριθμός ατόμων ανά θερμική ζώνη και ωράριο λειτουργίας

Θερμική ζώνη	Αριθμός	Ωράριο λειτουργίας
--------------	---------	--------------------

	ατόμων/ώρα	
Θερμική ζώνη 1 (Γραφεία, διάδρομοι, wc, κυλικείο)	75	07:00 – 16:00 Δευτέρα - Παρασκευή
Θερμική ζώνη 2 (Αίθουσα τελετών και συμβουλίου)	10	07:00 – 16:00 Δευτέρα – Παρασκευή
	60	18:00 – 22:00
Θερμική ζώνη 3 (υπόγειο – μη κλιματιζόμενοι χώροι)	-	Μία φορά την εβδομάδα -

Ο μέσος συντελεστής ανθρώπινης παρουσίας θεωρείται 1, συνεπώς ο παραπάνω αριθμός ατόμων βρίσκεται επί συνεχούς βάσης στις θερμικές ζώνες του κτηρίου κατά τις περιόδους λειτουργίας του.

- Επιθυμητή τιμή θερμοκρασίας και υγρασίας κλιματιζόμενων χώρων:

Οι συνιστώμενες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας κλιματιζόμενων χώρων για τη χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο καθορίστηκαν με βάση την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [6].

- Εσωτερικά θερμικά κέρδη:

Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη αφορούν στους ανθρώπους που βρίσκονται εντός του κτηρίου, το φωτισμό και τις διάφορες ηλεκτρικές συσκευές που παράγουν θερμότητα. Τα παραπάνω καθορίστηκαν με βάση την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [6]. Κατά τον υπολογισμό των φορτίων θέρμανσης δεν λήφθηκαν υπόψη εσωτερικά θερμικά κέρδη και ανθρώπινη δραστηριότητα ώστε να διασφαλιστεί το δυσμενέστερο σενάριο.

- Σκίαση

Το κτήριο είναι πανταχόθεν ελεύθερο, ωστόσο, λόγω της πυκνής δόμησης στην περιοχή εγκατάστασης του κτηρίου, τούτο σκιάζεται από τα διπλανά κτήρια.

- Τιμές παραμέτρων προσομοίωσης:

Με βάση τα ανωτέρω αναφερόμενα, στον πίνακα 15 παρουσιάζονται οι τελικές τιμές παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση του Γυμναστηρίου. Όσον αφορά στη διείσδυση του αέρα από τα ανοίγματα, τούτη υπολογίστηκε με βάση την ανωτέρω αναφερόμενη σχέση και για τούτο στον ακόλουθο πίνακα εμφανίζεται ως “input”.

Οι υπόλοιπες τιμές είναι σύμφωνες με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 [6].

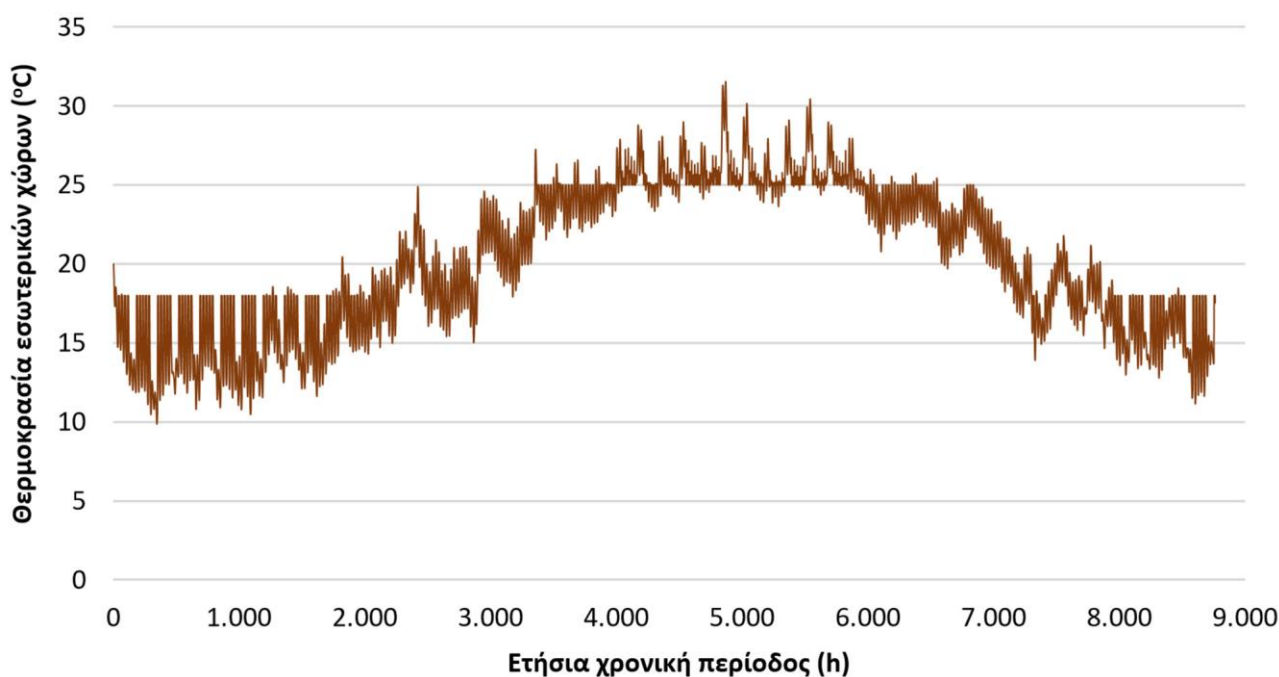
Πίνακας 15: Τιμές παραμέτρων προσομοίωσης για τους εσωτερικούς χώρους του κτηρίου.

Θερμική ζώνη	Θέρμανση		Ψύξη		Διείσδυση αέρα	Εξαερισμός (m ³ /h & άτομο)	Θερμικά κέρδη	
	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)			Άτομα/ώρα	Θερμικά κέρδη λόγω εξοπλισμού (W)
Θερμική ζώνη 1 (γραφεία, διάδρομοι, WC, κυλικείο)	20	35	26	45	input	30	75	1.361,5
Θερμική ζώνη 2 (αίθουσα τελετών και Δημοτικού Συμβουλίου)	20	35	26	45	input	30	10-60	285,3
Θερμική ζώνη 3 (υπόγειο)	-	-	-	-	-	-	-	-

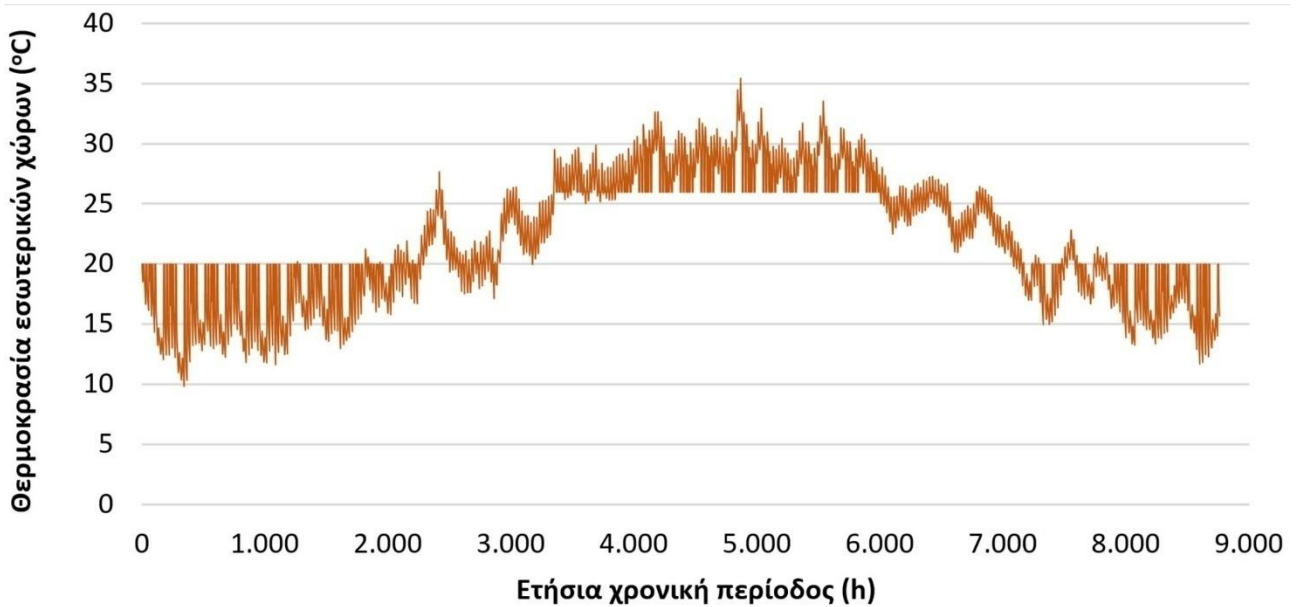
3.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Τα αποτελέσματα της θερμικής προσομοίωσης της λειτουργίας του κτηρίου αφορούν στον υπολογισμό της απαιτούμενης τελικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη της κτηριακής υποδομής. Για τον υπολογισμό των φορτίων κλιματισμού γίνεται η υπόθεση ότι επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής άνεσης εντός των κλιματιζόμενων χώρων του κτηρίου. Η ίδια προφανώς υπόθεση θα ισχύσει και για τον υπολογισμό των φορτίων κλιματισμού του κτηρίου μετά την υλοποίηση των προτεινόμενων παθητικών παρεμβάσεων, οι οποίες θα παρουσιαστούν στην επόμενη ενότητα.

Στα σχήματα 23 παρουσιάζεται η ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας των εσωτερικών κλιματιζόμενων χώρων σε κάθε κλιματιζόμενη θερμική ζώνη του κτηρίου κατά τη διάρκεια του έτους, όπως προκύπτει από την υπολογιστική προσομοίωση της λειτουργίας του κτηρίου. Οι χρονοσειρές αυτές, δεδομένης της υπόθεσης για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης πριν και μετά τις προτεινόμενες παθητικές παρεμβάσεις, παραμένουν αμετάβλητες και στις δύο περιπτώσεις μελέτης, δηλαδή και στην υφιστάμενη κατάσταση και στην αναμενόμενη κατάσταση μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων παθητικών ενεργειακών συστημάτων.

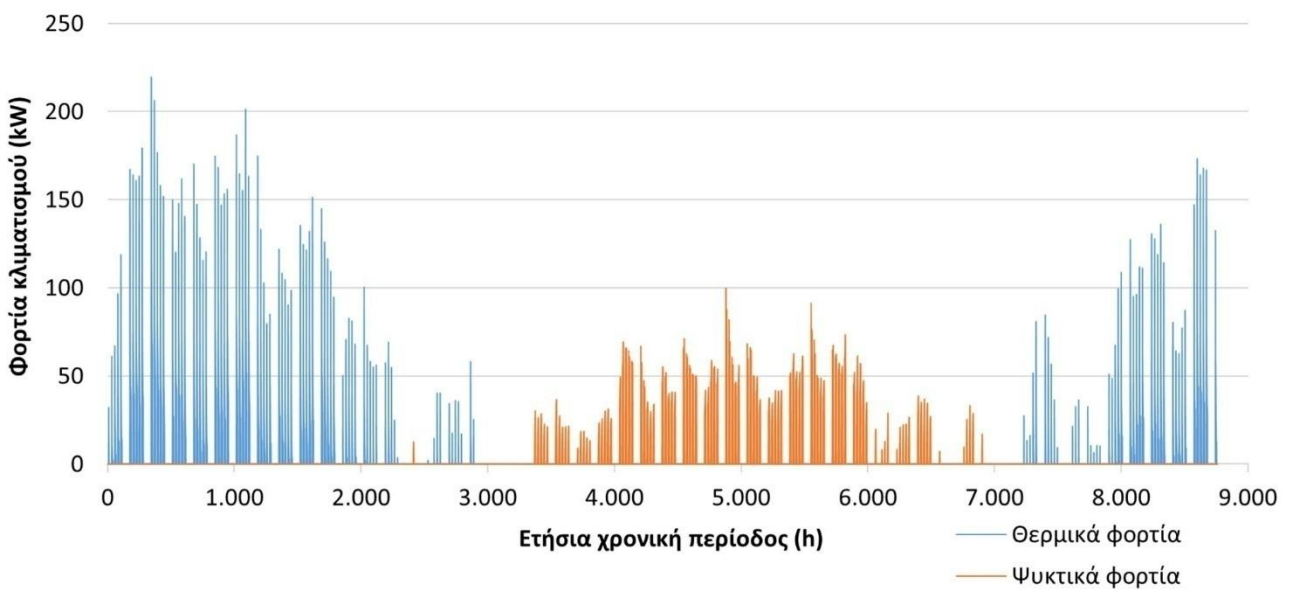


Σχήμα 23α: Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς κλιματιζόμενους χώρους του κτηρίου (θερμική ζώνη 1) πριν ή μετά τις παρεμβάσεις στο κτηριακό κέλυφος.

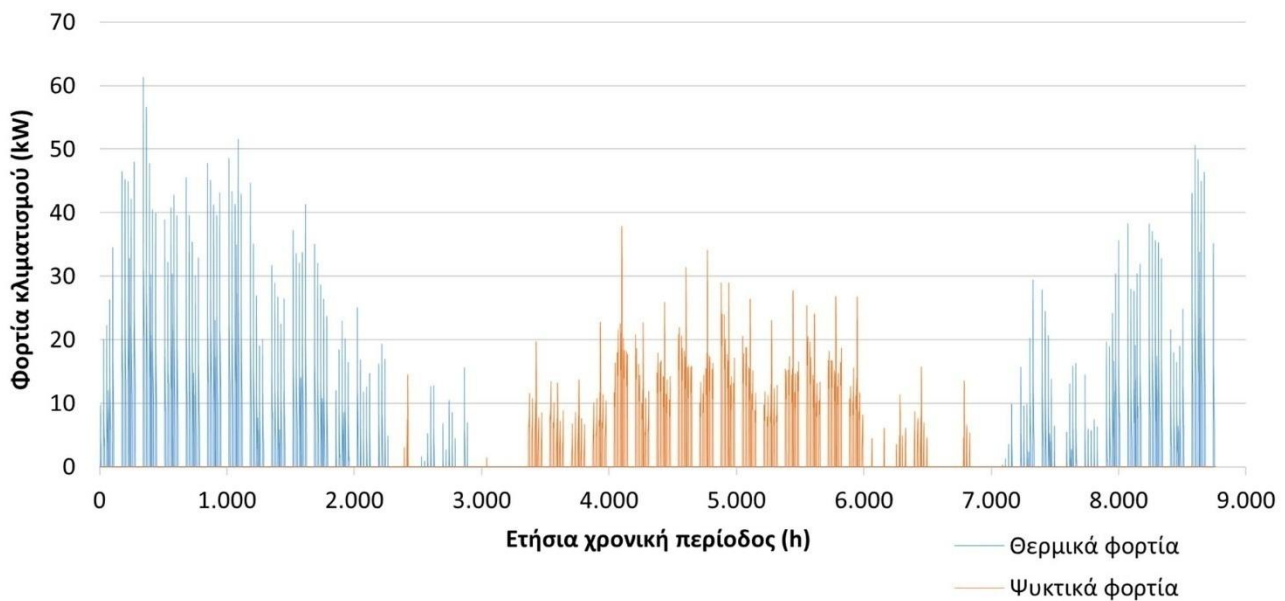


Σχήμα 23β: Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς κλιματιζόμενους χώρους της θερμικής ζώνης 2 του κτηρίου πριν ή μετά τις παρεμβάσεις στο κτηριακό κέλυφος.

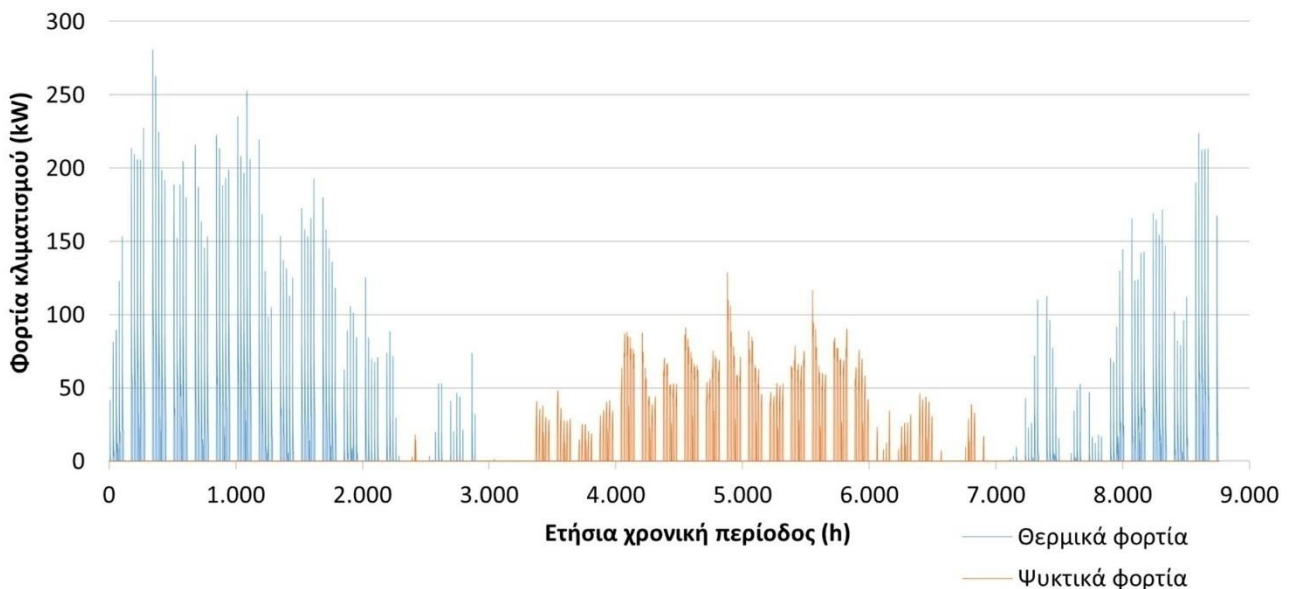
Στα σχήματα 24 απεικονίζεται η ετήσια διακύμανση των φορτίων κλιματισμού στις δύο κλιματιζόμενες θερμικές ζώνες του κτηρίου και συνολικά για ολόκληρη την κτηριακή υποδομή.



Σχήμα 24α: Ετήσια διακύμανση φορτίων ψύξης και θέρμανσης της θερμικής ζώνης 1 του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας.



Σχήμα 24β: Ετήσια διακύμανση φορτίων ψύξης και θέρμανσης της θερμικής ζώνης 2 του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας.



Σχήμα 24γ: Ετήσια διακύμανση συνολικών φορτίων ψύξης και θέρμανσης του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας.

Στον πίνακα 16 παρατίθενται οι μηνιαίες και ετήσιες τιμές των συνολικών φορτίων θέρμανσης και ψύξης στην υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου.

Πίνακας 16: Μηνιαία φορτία κλιματισμού στην υφιστάμενη κατάσταση του κτηρίου.

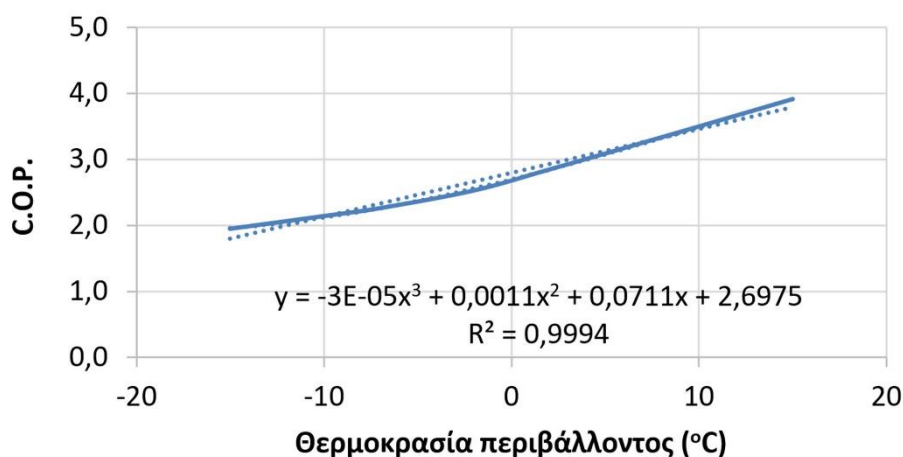
Μήνες	Αιχμές φορτίου (kW _{th})		Μηνιαία φορτία (kWh)	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	277,4	0,0	14.252,8	0,0
Φεβρουάριος	250,6	0,0	11.628,2	0,0
Μάρτιος	191,3	0,0	6.983,9	0,0
Απρίλιος	88,1	18,2	973,4	108,2
Μάιος	32,2	48,0	32,6	1.982,5

Ιούνιος	0,0	87,0	0,0	7.523,8
Ιούλιος	0,0	126,3	0,0	13.138,2
Αύγουστος	0,0	114,4	0,0	12.779,3
Σεπτέμβριος	0,0	75,5	0,0	4.563,2
Οκτώβριος	43,0	38,6	148,3	597,4
Νοέμβριος	143,6	0,0	2.647,0	0,0
Δεκέμβριος	222,1	0,0	9.756,5	0,0
Ετήσια σύνολα / μέγιστα:	277,4	126,3	46.422,8	40.692,5
Συνολική τελική ενέργεια κλιματισμού (kWh):			87.115,4	
Εμβαδό κλιματιζόμενων χώρων (m²)			1.219,9	
Ειδική κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη (kWh/m²)			38,06	33,36
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m²)			71,41	

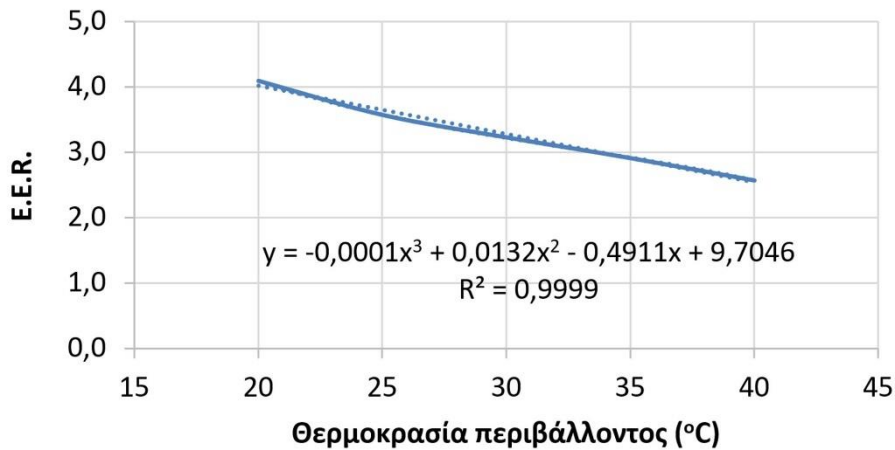
3.5. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Οι εσωτερικοί κλιματιζόμενοι χώροι του κτηρίου κατά την υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας του κλιματίζονται με τη χρήση αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων και μίας κεντρικής κλιματιστικής μονάδας που είναι εγκατεστημένη στην αίθουσα συνεδριάσεων του Δημοτικού Συμβουλίου.

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, προκειμένου να προκύψει ένα κοινό μέτρο σύγκρισης μεταξύ της υφιστάμενης και της προτεινόμενης κατάστασης, θα υποτεθεί ότι οι χώροι του κτηρίου κλιματίζονται πλήρως με τις υφιστάμενες αντλίες θερμότητας αέρος – αέρος, επιτυγχάνοντας κανονικά τις προδιαγεγραμμένες συνθήκες θερμικής άνεσης. Για τον υπολογισμό της ετήσιας χρονοσειράς κατανάλωσης ηλεκτρικής ισχύος για τις ανάγκες κλιματισμού (θέρμανση και ψύξη) του κτηρίου από τις υφιστάμενες αντλίες θερμότητας, θα θεωρηθεί ότι οι συντελεστές COP και EER αυτών μεταβάλλονται συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, βάσει των καμπύλων του σχήματος 25.



Σχήμα 25α: Διακύμανση συντελεστή COP των υφιστάμενων αντλιών θερμότητας αέρος – αέρος συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.



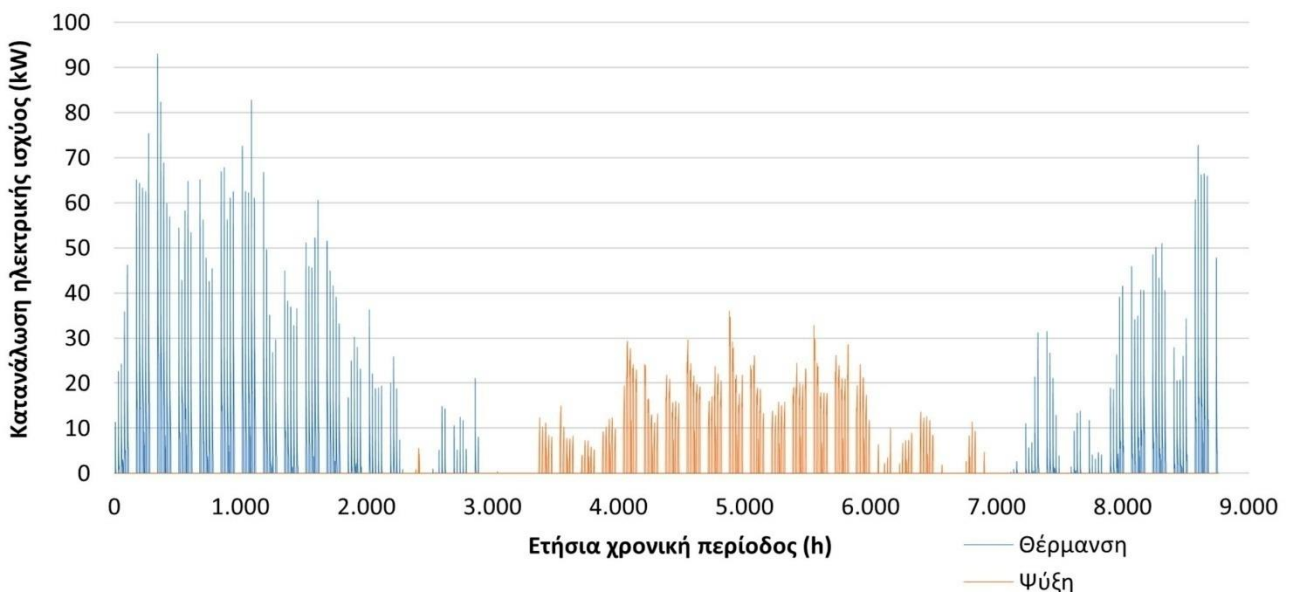
Σχήμα 25β: Διακύμανση συντελεστή EER των υφιστάμενων αντλιών θερμότητας αέρος – αέρος συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη θέρμανση ή την ψύξη του κτηρίου υπολογίζεται ανά ωριαίο χρονικό βήμα με βάση την καμπύλη θερμικού ή ψυκτικού φορτίου (σχήμα 24γ) και τον εκάστοτε συντελεστή COP ή EER, ο οποίος λαμβάνεται συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος με βάση το σχήμα 25. Η σχέση υπολογισμού είναι η:

$$P_{el} = \frac{P_h}{COP} \quad (1)$$

$$P_{el} = \frac{P_c}{EER} \quad (2)$$

όπου P_{el} η κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος από τις αντλίες θερμότητας, P_h το τρέχον θερμικό φορτίο και P_c το τρέχον ψυκτικό φορτίο του χώρου. Η ετήσια καμπύλη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό των κλιματιζόμενων χώρων του κτηρίου δίνεται στο σχήμα 26. Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες κλιματισμού του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας αναλύεται σε μηνιαία βάση στον πίνακα 17.



Σχήμα 26: Ετήσια διακύμανση κατανάλωσης ηλεκτρικής ισχύος για την κάλυψη των φορτίων κλιματισμού του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας.

Πίνακας 17: Μηνιαία ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό του κτηρίου, στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας.

Μήνες	Μηνιαία φορτία (kWh)		Μηνιαία αιχμή ηλεκτρικής ισχύος (kW)		Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)		Μέση απόδοση αντλιών θερμότητας	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη	COP	EER
Ιανουάριος	14.252,8	0,0	91,9	0,0	4.110,1	0,0	3,5	
Φεβρουάριος	11.628,2	0,0	82,1	0,0	3.325,3	0,0	3,5	
Μάρτιος	6.983,9	0,0	60,2	0,0	1.937,3	0,0	3,6	
Απρίλιος	973,4	108,2	25,8	5,6	262,2	32,0	3,7	3,4
Μάιος	32,6	1.982,5	8,1	15,0	8,2	560,3	4,0	3,5
Ιούνιος	0,0	7.523,8	0,0	29,3	0,0	2.209,1		3,4
Ιούλιος	0,0	13.138,2	0,0	35,4	0,0	3.873,1		3,4
Αύγουστος	0,0	12.779,3	0,0	32,2	0,0	3.721,8		3,4
Σεπτέμβριος	0,0	4.563,2	0,0	24,0	0,0	1.296,1		3,5
Οκτώβριος	148,3	597,4	11,0	11,4	38,0	168,2	3,9	3,6
Νοέμβριος	2.647,0	0,0	41,3	0,0	721,0	0,0	3,7	
Δεκέμβριος	9.756,5	0,0	72,3	0,0	2.731,6	0,0	3,6	
Μέγιστες τιμές / σύνολα	46.422,8	40.692,5	91,9	35,4	13.133,7	11.860,6	3,5	3,4

Η πρωτογενής ενέργεια που αντιστοιχεί στην ανωτέρω κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών κλιματισμού των εσωτερικών κλιματιζόμενων χώρων του κτηρίου υπολογίζεται, βάσει KENAK [7], υιοθετώντας έναν συντελεστή ίσο με 2,9 επί της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ο συνολικός υπολογισμός παρουσιάζεται στον πίνακα 18.

Πίνακας 18: Υπολογισμός κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για τον κλιματισμό του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση.

Μέγεθος	Ηλεκτρική ενέργεια	Πρωτογενής ενέργεια
Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh)	13.133,7	38.087,8
Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh)	11.860,6	34.395,7
Συνολική κατανάλωση ενέργειας (kWh)	24.994,3	72.483,5

Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα 18 και τη συνολική υφιστάμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο κτήριο (πίνακας 1), καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό του κτηρίου αντιστοιχεί στο 27,9% της συνολικής ετήσιας ενεργής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (89.440 kWh).

4. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΑΘΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ

Έχει ήδη αναφερθεί στην περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης του κτηριακού κελύφους ότι η κατακόρυφη τοιχοποιία δεν έχει θερμομόνωση. Επίσης, το μεγαλύτερο μέρος του δώματος του κτηρίου έχει θερμομόνωση. Μόνο το τμήμα του δώματος που βρίσκεται πάνω από την αίθουσα συνεδριάσεων του Δημοτικού Συμβουλίου δεν έχει θερμομόνωση, το οποίο όμως, λόγω της στενότητας του διαθέσιμου προϋπολογισμού, δεν προτείνεται να θερμομονωθεί.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας ενεργειακής αναβάθμισης του κτηρίου, και με δεδομένο τον ιστορικό χαρακτήρα του κτηρίου, προτείνονται τα ακόλουθα παθητικά μέτρα:

- Αντικατάσταση όλων των υφιστάμενων κουφωμάτων με νέα κουφώματα, τα οποία θα είναι πιστά αντίγραφα των υφιστάμενων αναφορικά με τις όψεις, τις διαστάσεις τα καΐτια και το μεταλλικό διάκοσμο, θα αποτελούνται από ξύλο υψηλής ποιότητας (π.χ. ιρόκο ή νιαγκόν) και θα φέρουν διπλό υαλοπίνακα.

Πέραν των ανωτέρω διακριτών παρεμβάσεων, για πρακτικούς, οικονομικούς και κυρίως αδειοδοτικούς λόγους, με δεδομένη την ιστορικότητα του κτηρίου, δεν προτείνεται καμία άλλη παρέμβαση παθητικού χαρακτήρα στο κτήριο. Συγκεκριμένα:

- Τα κατακόρυφα δομικά αδιαφανή στοιχεία είναι κατασκευασμένα με σκυρόδεμα και πέτρα και έχουν πάχος 65 cm, εμφανίζοντας έτσι συντελεστή θερμοπερατότητας της τάξης του 1,5 W/m²K. Λόγω της ιστορικότητας του κτηρίου, δεν δύναται να τοποθετηθεί εξωτερική θερμομόνωση. Επίσης, η δυνατότητα τοποθέτησης εσωτερικής θερμομόνωσης, εκτός του ότι επίσης προσκρούει στην αισθητική του κτηρίου, επιπλέον θα προκαλέσει σημαντικές συνέπειες στη λειτουργικότητα του κτηρίου για όσο χρονικό διάστημα διαρκέσουν οι εργασίες εγκατάστασης. Τέλος, παρόλο που ο υφιστάμενος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι περίπου τριπλάσιος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο βάσει Κ.ΕΝ.Α.Κ. [7] (0,5 W/m²K), εντούτοις παραμένει σχετικά σε ανεκτά όρια, με δεδομένες και τις ήπιες σχετικά συνθήκες που διαμορφώνονται στο αστικό περιβάλλον εγκατάστασης του κτηρίου. Για όλους τους ανωτέρω λόγους, δεν προτείνεται η εγκατάσταση εξωτερικής ή εσωτερικής θερμομόνωσης στην κατακόρυφη τοιχοποιία του κτηριακού κελύφους.
- Προφανώς, λόγω της απαίτησης για διατήρηση των αρχιτεκτονικών όψεων του κτηρίου, δεν δύναται να προταθεί κάποιος τύπος εξωτερικής σκίασης των ανοιγμάτων ή κάποιο άλλο στοιχεία βιοκλιματικού χαρακτήρα που θα αλλοιώσει κάποια από τις εξωτερικές όψεις του κτηρίου.

4.1. ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ

Το σύνολο των ανοιγμάτων του κτηρίου αποτελούνται από ξύλινο πλαίσιο και μονό υαλοπίνακα. Παρουσιάζουν υψηλούς συντελεστές θερμοπερατότητας και υψηλή διείσδυση αέρα λόγω κακής συναρμογής. Στόχος της αντικατάστασης ανοιγμάτων είναι η επίτευξη τιμής για το συντελεστή θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών μικρότερης των ανώτατων προβλεπόμενων τιμών στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων για την Α΄ κλιματική ζώνη [7]. Η τιμή αυτή είναι ίση με $2,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ για τα ανοίγματα. Ωστόσο, με τα προτεινόμενα ανοίγματα τίθεται αυστηρότερος στόχος, όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

Τα κουφώματα θα πρέπει να κατασκευαστούν από ξύλο τρικολλητό, αρίστης ποιότητας κατηγορία Α΄, διατομής 68 X 84mm. Η χρήση της τρικολλητής αντικολλητής ξυλείας προσφέρει μεγαλύτερη σταθερότητα, αποφυγή στρέβλωσης και πετσικαρίσματος ώστε να μεγιστοποιηθεί η διάρκεια ζωής των κουφωμάτων. Θα έχουν τριπλή περιμετρική μόνωση με τρία (3) λάστιχα (2 στο φύλλο & 1 στην κάσα) για μέγιστη θερμομόνωση, ηχομόνωση υδατοστεγανότητα & αντοχή στην ανεμοπίεση. Οι υαλοπίνακες θα είναι διπλοί, ενεργειακοί, μαλακής επίστρωσης, ευρωπαϊκών προδιαγραφών, low-e, με διάκενο με πρόσθετο αέριο αργού και πάχη 4/16/4 mm. Θα τοποθετηθούν ρυθμιζόμενοι μηχανισμοί επώνυμων εταιριών, με περιμετρικό κλείσιμο σε διαφορετικά σημεία & δυνατότητα διαφορετικών επιπέδων ασφαλείας, καθώς και νεροσταλλάκτης από ανοδευμένο αλουμίνιο με λάστιχο, επενδυμένος με ξύλο. Η βαφή του κουφώματος θα πρέπει να γίνει με βερνίκια υδατοδιαλυτά εμποτισμού, τα οποία είναι πιστοποιημένα & οικολογικά μη τοξικά, με φίλτρα UV κατά της ηλιακής ακτινοβολίας, τα οποία προσδίδουν πολύ μεγάλη αντοχή στην πάροδο του χρόνου. Η εφαρμογή τους θα γίνεται με αυτόματο ρομπότ ηλεκτροστατικής βαφής σε τρία στάδια(προεργασία, δευτέρωμα & τελείωμα). Θα συνοδεύονται με πόμολο επώνυμης εταιρείας, με αντικλεπτικό μηχανισμό.

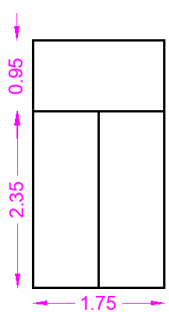

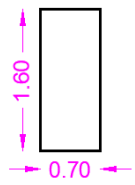

Ο μεταλλικός διάκοσμος θα αφαιρεθεί με προσοχή από τα υφιστάμενα κουφώματα, θα συντηρηθεί και θα επανατοποθετηθεί στην αρχική του θέση.

Όλα τα νέα κουφώματα θα είναι από ξύλινο πλαίσιο υψηλής ποιότητας (π.χ. ιρόκο ή νιαγκόν), με συντελεστή θερμοπερατότητας $\leq 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

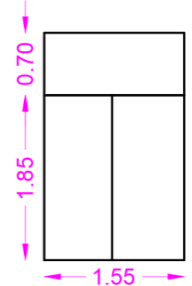

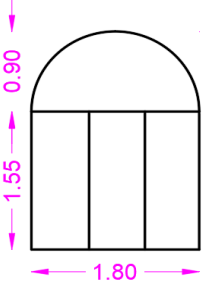

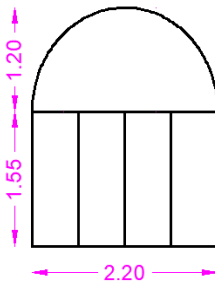

Η διαδικασία παραγωγής θα πρέπει να έχει πιστοποιηθεί με ISO 9001:2015. Επίσης θα πρέπει να φέρουν τη σήμανση CE. Τέλος θα πρέπει να συνοδεύονται από εγγύηση καλής λειτουργίας τουλάχιστον δέκα (10) ετών.

Στον πίνακα 19 παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα προς αντικατάσταση ανοίγματα του κτηρίου, μετά διαστάσεων και φωτογραφιών.

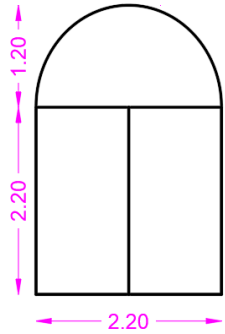

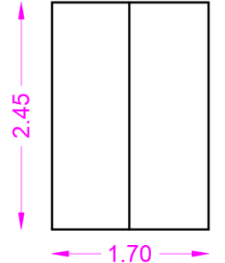

Πίνακας 19: Αναλυτική καταγραφή ανοιγμάτων κτηρίου ανά χώρο και προσανατολισμό τοιχοποιίας.

A/A	Χώρος	Είδος κουφώματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Ύψωμα (m)	Εμβαδό (m ²)	Ποσότητα	Πρόοψη	Συνολικό εμβαδό (m ²)	Φώτο
Ισόγειο										
I.1	Πρωτόκολλο Έλεγχος προσόδων Τροχονομικές παραβάσεις Ταμείο Διεύθυνση οικονομικών Εκκαθάριση δαπανών	Παράθυρο ξύλινο δίφυλλο με ανακλινόμενο πίνακα	1,75	3,30	0,95	5,78	7		40,43	
I.2	Έλεγχος προσόδων	Παράθυρο ξύλινο μονόφυλλο	0,70	1,60	-	1,12	1		1,12	

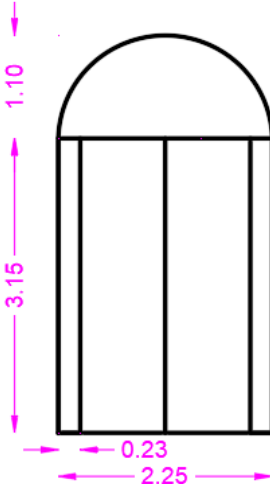

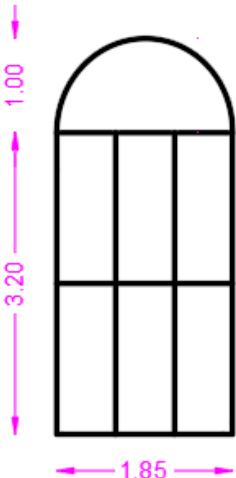
Πίνακας 19: Αναλυτική καταγραφή ανοιγμάτων κτηρίου ανά χώρο και προσανατολισμό τοιχοποιίας.

A/A	Χώρος	Είδος κουφώματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Ύψωμα (m)	Εμβαδό (m ²)	Ποσότητα	Πρόοψη	Συνολικό εμβαδό (m ²)	Φώτο
1.3	Εκκαθάριση δαπανών Τέλη καθαριότητας και φωτισμού ΤΑΠ Ταμειακές βεβαιώσεις WC	Παράθυρο ξύλινο δίφυλλο με ανακλινόμενο πίνακα	1,55	2,55	0,70	3,95	10		39,53	
1.4	Αίθριο	Παράθυρο ξύλινο τρίφυλλο με σταθερό υαλοπίνακα	1,80	2,45	0,90	4,07	2		8,14	
1.5	Αίθριο	Παράθυρο ξύλινο τετράφυλλο με σταθερό υαλοπίνακα	2,20	2,75	1,20	5,48	1		5,48	

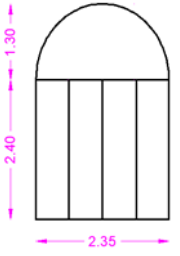

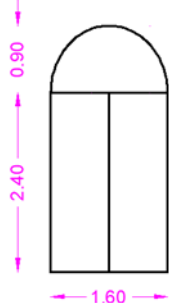

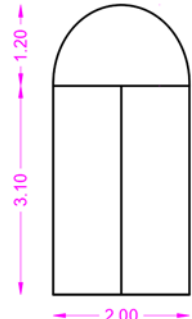
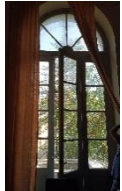
Πίνακας 19: Αναλυτική καταγραφή ανοιγμάτων κτηρίου ανά χώρο και προσανατολισμό τοιχοποιίας.

A/A	Χώρος	Είδος κουφώματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Ύψωμα (m)	Εμβαδό (m ²)	Ποσότητα	Πρόοψη	Συνολικό εμβαδό (m ²)	Φώτο
1.6	Κεντρική είσοδος	Πόρτα ξύλινη δίφυλλη με σταθερό υαλοπίνακα	2,20	3,40	1,20	6,92	1		6,92	
1.7	Πλάγια Είσοδος (πρωτόκολλο-σκάλα)	Πόρτα ξύλινη δίφυλλη	1,70	2,45	-	4,17	2		8,33	

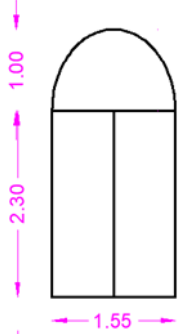

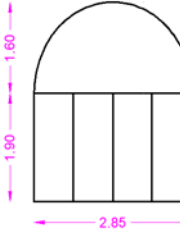

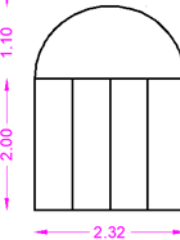

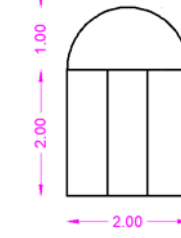

Πίνακας 19: Αναλυτική καταγραφή ανοιγμάτων κτηρίου ανά χώρο και προσανατολισμό τοιχοποιίας.

A/A	Χώρος	Είδος κουφώματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Ύψωμα (m)	Εμβαδό (m ²)	Ποσότητα	Πρόοψη	Συνολικό εμβαδό (m ²)	Φώτο
1.8	Ανατολική είσοδος	Πόρτα σιδερένια δίφυλλη με σταθερό υαλοπίνακα	2,25	4,25	1,08	9,08	1		9,08	
1.9	Σκάλα προς όροφο	Παράθυρο ξύλινο εξάφυλλο (4 φύλλα ανοιγόμενα) με σταθερό, μονό υαλοπίνακα	1,85	4,20	1,00	7,380	1		7,38	

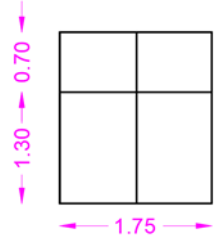
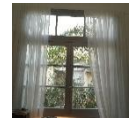
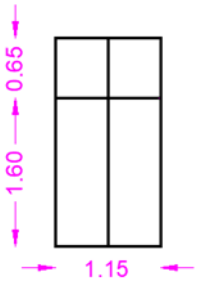

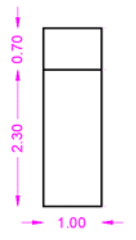

Πίνακας 19: Αναλυτική καταγραφή ανοιγμάτων κτηρίου ανά χώρο και προσανατολισμό τοιχοποιίας.

A/A	Χώρος	Είδος κουφώματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Ύψωμα (m)	Εμβαδό (m ²)	Ποσότητα	Πρόοψη	Συνολικό εμβαδό (m ²)	Φώτο
Όροφος										
A.1	Γραφείο Δημάρχου Γραμματεία Δημάρχου Γραφείο τύπου Γενική Γραμματεία Αίθουσα συνεδριάσεων Γραφείο Αντιδημάρχου 4 & 5	Παράθυρο ξύλινο τετράφυλλο με σταθερό υαλοπίνακα	2,35	3,70	1,30	8,04	7		56,28	
A.2	Γραφείο Προέδρου Δημοτικού Συμβουλίου Γραμματεία Δημοτικού Συμβουλίου Καφενείο	Παράθυρο ξύλινο δίφυλλο με ανακλινόμενο υαλοπίνακα	1,60	3,30	0,90	4,97	6		29,82	
A.3	Γραφείο Αντιδημάρχου 1	Μπαλκονόπορτα ξύλινη δίφυλλη με ανακλινόμενο υαλοπίνακα	2,00	4,30	1,20	8,10	1		8,10	

Πίνακας 19: Αναλυτική καταγραφή ανοιγμάτων κτηρίου ανά χώρο και προσανατολισμό τοιχοποιίας.

A/A	Χώρος	Είδος κουφώματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Ύψωμα (m)	Εμβαδό (m ²)	Ποσότητα	Πρόοψη	Συνολικό εμβαδό (m ²)	Φώτο
A.4	Αίθουσα συνεδριάσεων Γραφείο Αντιδημάρχου 4 Αποθήκη	Παράθυρο ξύλινο δίφυλλο με ανακλινόμενο υαλοπίνακα	1,55	3,30	1,00	4,78	4		19,13	
A.5	Αίθουσα τελετών και Συμβουλίου	Παράθυρο ξύλινο τετράφυλλο με σταθερό υαλοπίνακα	2,85	3,50	1,60	9,00	11		98,96	
A.6	Αίθριο 2	Παράθυρο ξύλινο τετράφυλλο με σταθερό υαλοπίνακα	2,30	3,10	1,10	6,59	4		26,35	
A.7	Αίθριο 2	Παράθυρο ξύλινο τρίφυλλο με σταθερό υαλοπίνακα	3,00	2,00	1,00	5,57	4		22,28	

Πίνακας 19: Αναλυτική καταγραφή ανοιγμάτων κτηρίου ανά χώρο και προσανατολισμό τοιχοποιίας.

A/A	Χώρος	Είδος κουφώματος	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Ύψωμα (m)	Εμβαδό (m ²)	Ποσότητα	Πρόοψη	Συνολικό εμβαδό (m ²)	Φώτο
A.8	Αίθριο 3	Παράθυρο ξύλινο δίφυλλο με ανακλινόμενο υαλοπίνακα	1,75	2,00	0,70	3,50	2		7,00	
A.9	Αίθριο 3	Παράθυρο ξύλινο δίφυλλο με ανακλινόμενο υαλοπίνακα	1,15	2,25	0,65	2,59	4		10,35	
A.10	Αίθριο 3	Πόρτα ξύλινη μονόφυλλη με σταθερό υαλοπίνακα	1,00	3,00	0,70	3,00	2		6,00	

Τα συνολικά και προς αντικατάσταση κουφώματα του κτηρίου συνοψίζονται στον πίνακα 20.

Πίνακας 20: Συνολικά προς αντικατάσταση κουφώματα του κτηρίου.

	Τεμάχια	Επιφάνεια (m ²)
Ισόγειο		
Παράθυρα	22	102,08
Πόρτες	4	24,329
Συνολική επιφάνεια ανοιγμάτων ισογείου(m ²)		126,41
Όροφος		
Παράθυρα	42	270,168
Πόρτες	3	14,095
Συνολική επιφάνεια ανοιγμάτων ορόφου (m ²)		284,26
Συνολικά κτηρίου		
Παράθυρα	64	372,247
Πόρτες	7	38,424
Συνολική επιφάνεια ανοιγμάτων κτηρίου (m ²)		410,671

Η αρίθμηση των ανοιγμάτων είναι μοναδική, με την έννοια ότι κάθε άνοιγμα έχει το δικό του αύξοντα αριθμό. Οι αριθμοί αυτοί αναπαρίστανται όλοι στις κατόψεις, στις όψεις και στις τομές του κτηρίου που δίνονται στα σχήματα 21β και 21γ.

Μετά την αντικατάσταση των ανοιγμάτων του κτηρίου, προκύπτουν τα νέα διαφανή δομικά στοιχεία με τους αντίστοιχους συντελεστές θερμοπερατότητας που παρουσιάζονται στον πίνακα 21.

Πίνακας 21: Θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των νέων αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτηρίου.

Περιγραφή	Ποσοστό πλαισίου	Συντελεστής θερμ/τας πλαισίου (W/m ² K)	Συντελεστής θερμ/τας υαλοπίνακα (W/m ² K)	Συντελεστής ηλιακών κερδών	Συντελεστής θερμ/τας κουφώματος (W/m ² K)
Άνοιγμα με συνθετικό πλαίσιο, δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο 12 mm αέρα και με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπομπής (ε = 0,10)	20%	2,8	1,8	0,60	2,2

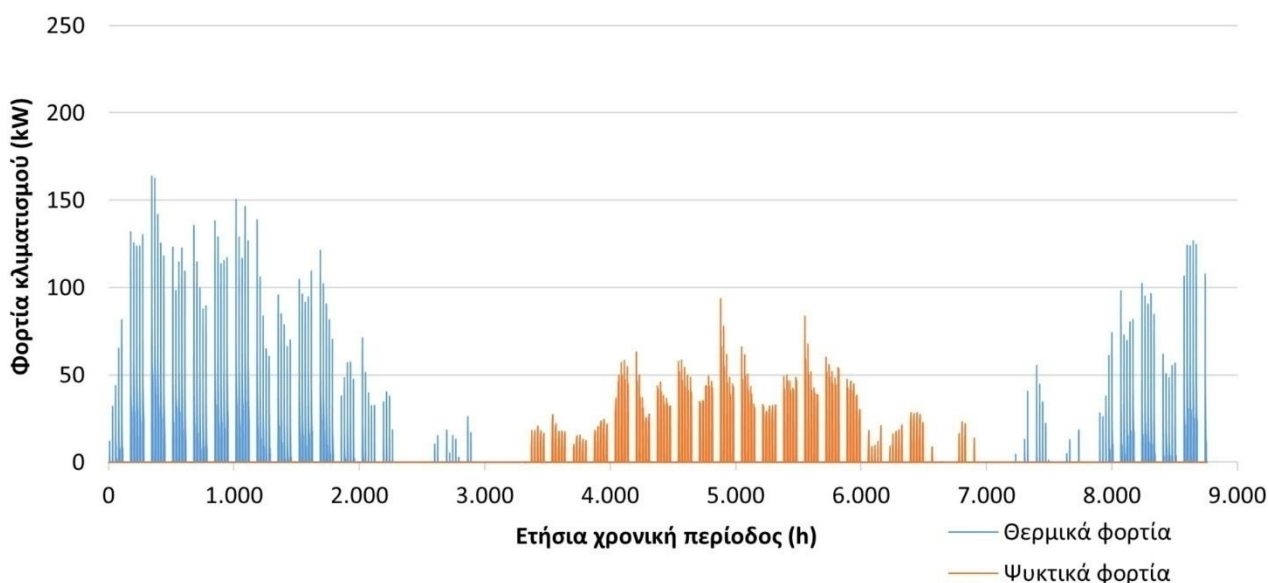
5. ΦΟΡΤΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Για τον υπολογισμό των φορτίων κλιματισμού στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας υιοθετούνται οι ίδιες παραδοχές και παράμετροι που παρουσιάστηκαν ανωτέρω και για την υφιστάμενη κατάσταση. Αλλάζουν μόνο οι παράμετροι που αφορούν στα προς αντικατάσταση ανοίγματα. Τα νέα κουφώματα θα έχουν τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στον πίνακα 22.

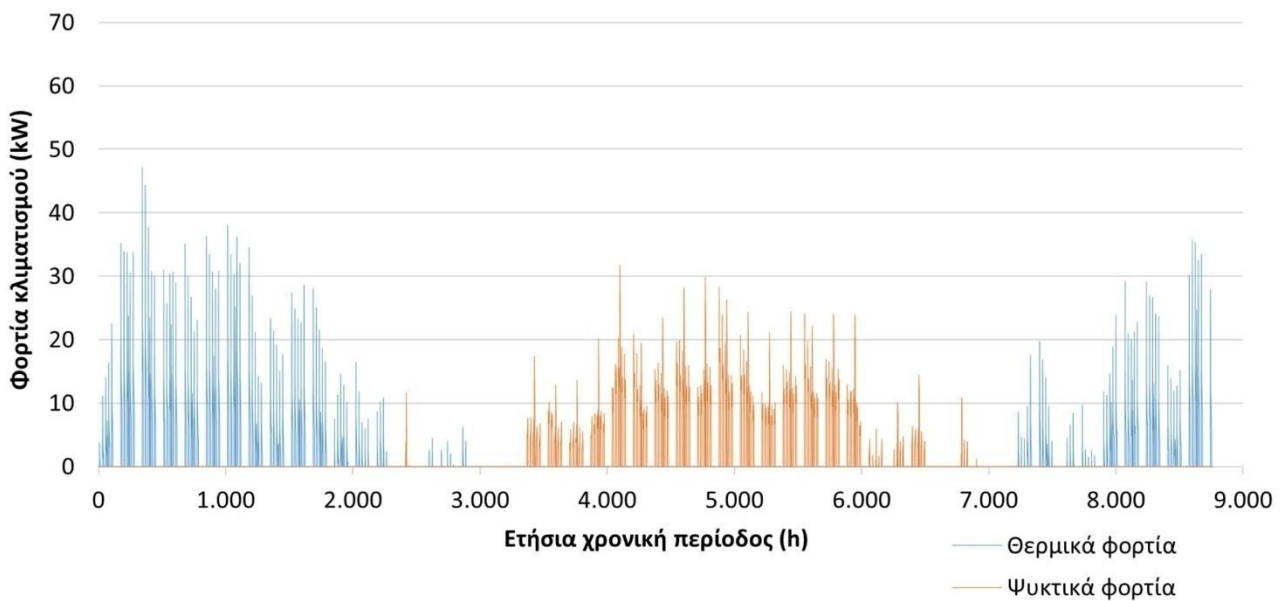
Πίνακας 22: Τύπος ανοιγμάτων του κτηρίου και συντελεστές θερμοπερατότητας και ηλιακών κερδών.

Περιγραφή	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου (W/m ² K)	Ποσοστό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας υαλοπίνακα (W/m ² K)	Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφώματος (W/m ² K)	Συντελεστής ηλιακών κερδών
Παράθυρο με ξύλινο πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή και διπλό υαλοπίνακα	1,42 και 1,47	20% - 30%	1,0	1,8	0,60
Πόρτα Ξύλινη δίφυλλη	1,47	-	-	-	-
Πόρτα Ξύλινη δίφυλλη με σταθερό, διπλό υαλοπίνακα	1,47	30%	1,0	1,8	0,60
Πόρτα σιδερένια δίφυλλη με σταθερό, διπλό υαλοπίνακα	1,47	30%	1,0	1,8	0,60

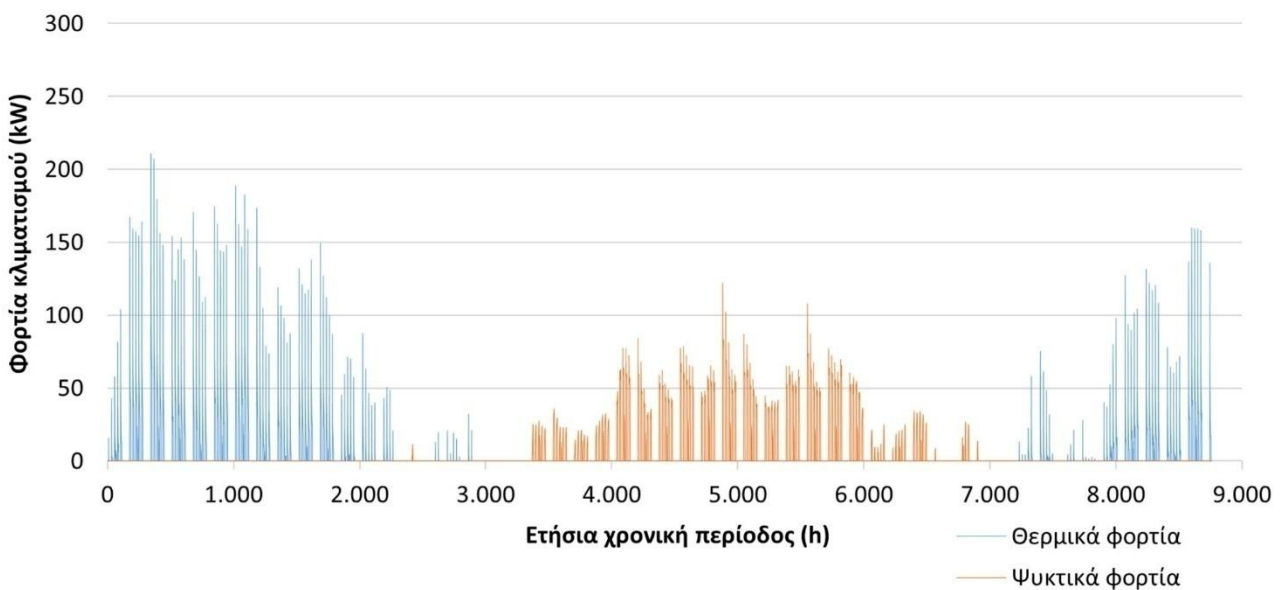
Στο σχήμα 27 απεικονίζονται τα φορτία κλιματισμού για τη θερμική ζώνη 1, τη θερμική ζώνη 2 και για το σύνολο των κλιματιζόμενων χώρων του κτηρίου στην προτεινόμενη κατάσταση.



Σχήμα 27α: Ετήσια διακύμανση συνολικών φορτίων ψύξης και θέρμανσης των κλιματιζόμενων χώρων στη θερμική ζώνη 1 του κτηρίου στην προτεινόμενη κατάσταση.



Σχήμα 27β: Ετήσια διακύμανση συνολικών φορτίων ψύξης και θέρμανσης των κλιματιζόμενων χώρων στη θερμική ζώνη 2 του κτηρίου στην προτεινόμενη κατάσταση.



Σχήμα 27γ: Ετήσια διακύμανση συνολικών φορτίων ψύξης και θέρμανσης για το σύνολο των κλιματιζόμενων χώρων κτηρίου στην προτεινόμενη κατάσταση.

Στον πίνακα 23 παρατίθενται οι μηνιαίες και ετήσιες τιμές των συνολικών φορτίων θέρμανσης και ψύξης μετά τις παρεμβάσεις για το σύνολο των κλιματιζόμενων χώρων του κτηρίου στην προτεινόμενη κατάσταση.

Πίνακας 23: Μηνιαία φορτία κλιματισμού στην προτεινόμενη κατάσταση του κτηρίου.

Μήνες	Αιχμές φορτίου (kW)		Μηνιαία φορτία (kWh)	
	Θέρμανση	Ψύξη	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	208,4	0,0	10.292,3	0,0
Φεβρουάριος	187,4	0,0	8.491,9	0,0
Μάρτιος	148,5	0,0	4.865,6	0,0
Απρίλιος	50,4	11,4	385,5	41,8
Μάιος	21,0	35,8	21,0	1.640,3
Ιούνιος	0,0	82,1	0,0	6.527,3
Ιούλιος	0,0	118,9	0,0	11.067,9
Αύγουστος	0,0	105,1	0,0	10.838,6
Σεπτέμβριος	0,0	59,5	0,0	4.075,5
Οκτώβριος	13,2	26,8	30,7	431,4
Νοέμβριος	97,6	0,0	1.322,1	0,0
Δεκέμβριος	158,9	0,0	6.843,2	0,0
Ετήσια σύνολα / μέγιστα:	208,4	118,9	32.252,3	34.622,9
Συνολική τελική ενέργεια κλιματισμού (kWh) :			66.875,2	
Εμβαδό κλιματιζόμενων χώρων (m²) :			1.219,9	
Ειδική κατανάλωση για θέρμανση / ψύξη (kWh/m²) :			26,44	28,38
Συνολική ειδική κατανάλωση ενέργειας (kWh/m²) :			54,82	

Η ετήσια αιχμή θερμικού φορτίου προκύπτει ίση με 208,4kW_{th} και ψυκτικού φορτίου ίση με 118,9 kW_{th}. Η διαστασιολόγηση του συστήματος θα γίνει με βάση τη 10^η μεγαλύτερη τιμή φορτίου κλιματισμού σε θέρμανση και ψύξη, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 24 ξεχωριστά για τις δύο θερμικές ζώνες του κτηρίου και συνολικά για το κτήριο.

Πίνακας 24: Μέγιστες ετήσιες τιμές και δέκατες μεγαλύτερες τιμές ζήτησης ισχύος για θέρμανση και ψύξη ανά θερμική ζώνη του κτηρίου και συνολικά για το κτήριο.

Χώρος	Θέρμανση		Ψύξη	
	Μέγιστη ετήσια ζήτηση (kW)	10 ^η μεγαλύτερη ετήσια τιμή ζήτησης (kW)	Μέγιστη ετήσια ζήτηση (kW)	10 ^η μεγαλύτερη ετήσια τιμή ζήτησης (kW)
Θερμική ζώνη 1	180,9	129,5	47,0	34,9
Θερμική ζώνη 2	91,3	64,5	31,6	25,7
Συνολικό κτήριο	208,4	169,6	118,9	79,7

Στον πίνακα 25 παρουσιάζεται η ετήσια μείωση των φορτίων κλιματισμού των εσωτερικών χώρων του κτηρίου λόγω της εφαρμογής των προτεινόμενων παθητικών παρεμβάσεων. Παρατηρείται σημαντική μείωση των φορτίων θέρμανσης (61,7%), όμως επίσης σημαντική αύξηση των φορτίων ψύξης (55,5%).

Πίνακας 25: Μείωση φορτίων κλιματισμού με εφαρμογή των προτεινόμενων παθητικών παρεμβάσεων.

Λειτουργία κλιματισμού	Φορτία κλιματισμού (kWh)		Μείωση φορτίων	
	Υφιστάμενη λειτουργία	Με την εφαρμογή των παθητικών παρεμβάσεων	(kWh)	(%)
Θέρμανση	46.423	32.252	14.171	30,52
Ψύξη	40.693	34.623	6.070	14,92
Σύνολα	87.115	66.875	20.240	23,23

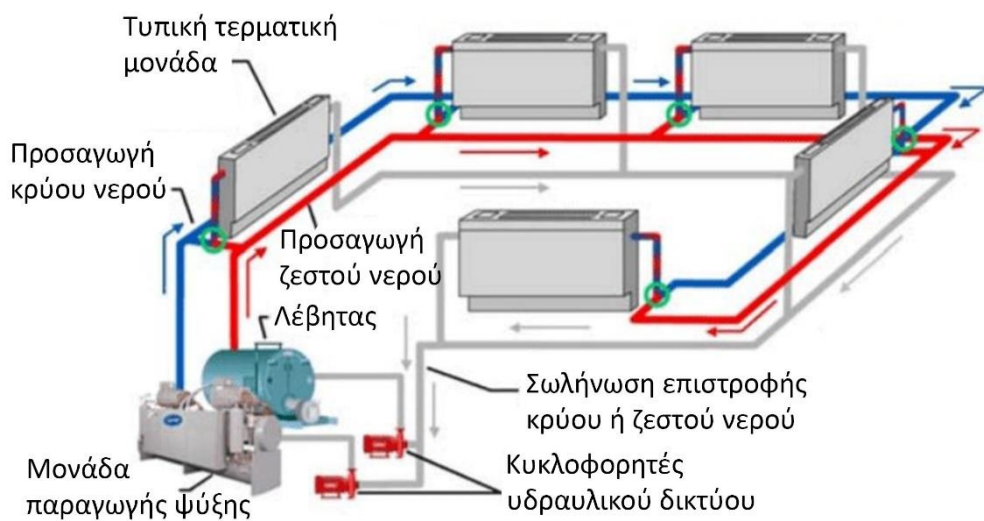
6. ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ (ΘΕΡΜΑΝΣΗ – ΨΥΞΗ)

Για τον κλιματισμό του κτηρίου, με δεδομένα τον ταυτοχρονισμό χρήσης των χώρων και τα θερμικά και ψυκτικά φορτία τους, προτείνεται η εγκατάσταση ενός συστήματος το οποίο θα αποτελείται από:

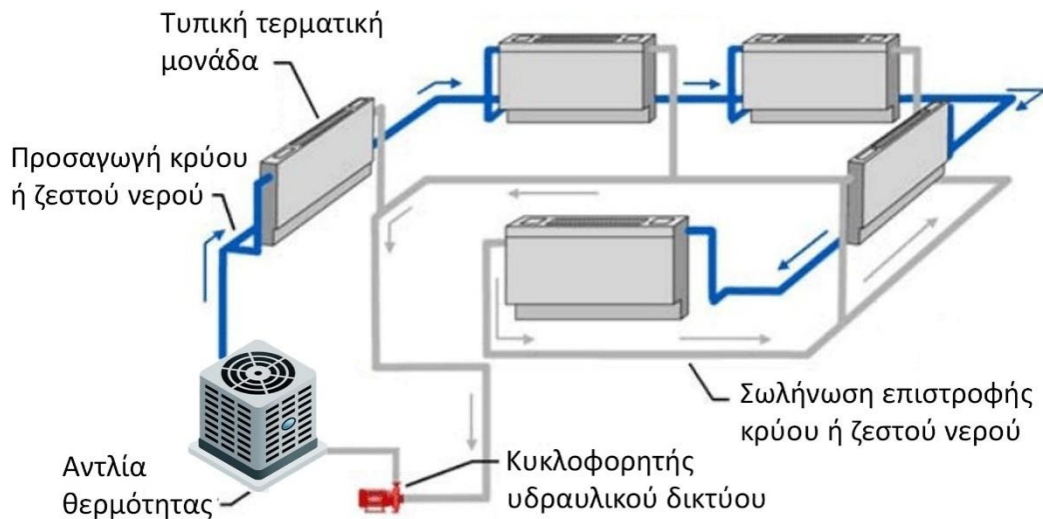
- την αντλία θερμότητας αέρος – νερού για την επιθυμητή θέρμανση ή ψύξη του εργαζόμενου μέσου (νερού)
- το δίκτυο σωληνώσεων για τη μεταφορά του νερού προς και από τις τερματικές μονάδες
- τις υδρονικές τερματικές μονάδες (Fan Coil Units) για την παραλαβή των θερμικών και ψυκτικών φορτίων από τους κλιματιζόμενους χώρους
- τις απαιτούμενες συσκευές και διατάξεις (κυκλοφορητές, βαλβίδες, δοχείο διαστολής κλπ) για την ασφαλή και επαρκή λειτουργία του συστήματος.

Η θέρμανση– ψύξη και η διανομή του νερού σε ένα τέτοιο σύστημα μπορούν να γίνουν με έναν από τους εξής τρόπους:

- Τετρασωλήνιο σύστημα (σχήμα 28α): Η ψύξη του νερού γίνεται από ψύκτη (chiller) και η θέρμανση από λέβητα. Τα δίκτυα προσαγωγής θερμού και ψυχρού νερού είναι ανεξάρτητα, ενώ το δίκτυο της επιστροφής είναι κοινό.
- Δισωλήνιο σύστημα (σχήμα 28β): Η θέρμανση και η ψύξη του νερού γίνονται από αντλία θερμότητας. Το δίκτυο προσαγωγής και επιστροφής θερμού ή ψυχρού νερού είναι κοινό.



Σχήμα 28α: Τετρασωλήνιο σύστημα θέρμανσης -ψύξης.



Σχήμα 28β: Δισωλήνιο σύστημα θέρμανσης - ψύξης.

Για το υπό μελέτη κτήριο προτείνεται το δισωλήνιο σύστημα. Αυτό επιλέγεται γιατί στο κτήριο δεν απαντώνται ταυτόχρονα θερμικά ή ψυκτικά φορτία. Η επιλογή του δισωλήνιου συστήματος συνεπάγεται ότι ανά πάσα χρονική στιγμή θα είναι εφικτή η παραγωγή και διανομή μόνο θέρμανσης ή ψύξης στο δίκτυο του συστήματος, όχι όμως ταυτόχρονα και των δύο, π.χ. σε διαφορετικούς χώρους του κτηρίου. Επίσης, η χρήση λέβητα που θα κατανάλωνε πετρέλαιο θα προκαλούσε ενεργειακή υποβάθμιση και όχι αναβάθμιση.

Η δυνατότητα σύνδεσης ικανού αριθμού εσωτερικών μονάδων διαφορετικού τύπου και μεγέθους, οι οποίες ελέγχονται ανεξάρτητα, σε ένα δίκτυο κλιματισμού, οδηγεί στη μέγιστη εκμετάλλευση του ετεροχρονισμού στο κτήριο, στη μείωση της εγκατεστημένης κλιματιστικής ισχύος των εξωτερικών μονάδων και στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας.

6.1. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η εξωτερική αντλία θερμότητας αέρος – νερού διαστασιολογείται με βάση τα αποτελέσματα υπολογισμού των φορτίων κλιματισμού του κτηρίου μετά τις προτεινόμενες παθητικές παρεμβάσεις και επιπλέον με βάση τα επιλεγέντα φορτία σχεδίασης (πίνακας 24). Με βάση τα στοιχεία αυτά, επιλέγεται μία αντλία θερμότητας με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στον πίνακα 26.

Πίνακας 26: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας θερμότητας συστήματος κλιματισμού.

Αντιστρέψιμος ψυκτικός κύκλος	NAI
Τύπος Συμπιεστή	Ερμητικός περιστροφικός (SCROLL)
Αριθμός συμπιεστών	Δύο
Ψυκτικά κυκλώματα	Ένα
Ψυκτικό υγρό	R454b
Εξωτερικής τοποθέτησης	NAI
Αντιδονητική στήριξη	NAI
Ηλεκτρονική προστασία υπερθέρμανσης συμπιεστών	NAI
Κεντρική χειροκίνητη επαναφορά συμπιεστών	NAI
Εναλλάκτης χρήσης (υδρόψυκτος)	Απευθείας εκτόνωσης πλακοειδής με μόνωση νεοπρενίου
Εναλλάκτης πηγής (αερόψυκτός)	Πτερυγιοφόρος από σωλήνες χαλκού και πτερύγια αλουμινίου
Αντιδιαβρωτική επεξεργασία αερόψυκτου εναλλάκτη	Ειδική ρητίνη πολυεστέρα, ανθεκτική για πάνω από 1000 ώρες σε θαλασσινό σπρέι (κατά ASTM B117) και σε υπεριώδη ακτινοβολία
Γρίλιες προστασίας αερόψυκτου εναλλάκτη	NAI
Ανεμιστήρες	Αξονικοί συνεχώς μεταβαλλόμενης ταχύτητας (EC Fans)
Βάνες απομόνωσης συμπιεστών	NAI
Ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα	NAI
Ηλεκτρολογικός πίνακας σύμφωνα με τα πρότυπα	EN60204-1 και EC204
Άφορτη εκκίνηση (Soft Starter)	NAI
Αυτόματες ασφάλειες ισχύος	NAI
Ηλεκτρονικό χειριστήριο	NAI
Ενεργειακή κατηγορία	A
Αντλία κυκλοφορίας νερού	Ενσωματωμένη
Δοχείο αδρανείας	Ενσωματωμένο
Χωρητικότητα δοχείου αδρανείας	Τουλάχιστον 500 λίτρα
Ψυκτική ισχύς κατά EN14511	>118kW
EER κατά EN14511	>2,99 kW/kW
ESEER κατά EN14511	> 4,10 kW/kW
Θερμική ισχύς κατά EN14511	>130kW
COP κατά EN14511	>3,39 kW/kW
SCOP (Reg.813/2013 EU)	> 3,80 kW/kW
Total Sound Pressure	<55dB(A) at 10m σε ελεύθερο πεδίο
Sound Power level in heating	<85dB(A) σύμφωνα με το ISO-9614

Η διαστασιολόγηση των FCU προκύπτει με βάση τα θερμικά και ψυκτικά φορτία του επιμέρους εσωτερικού χώρου τον οποίο η κάθε μονάδα κλιματίζει. Τα φορτία αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα 27.

Πίνακας 27: Θερμικά και ψυκτικά φορτία επιμέρους εσωτερικών χώρων.

Ονομασία χώρου	Ψυκτικό φορτίο χώρου (kW)	Θερμικό φορτίο χώρου (kW)
Ταμειακές βεβαιώσεις	3,5	7,0
ΤΑΠ	2,8	5,6
Τέλη καθαριότητας και φωτισμού	3,3	6,7
Διάδρομος ισογείου	7,7	15,5
Εκκαθάριση δαπανών	2,6	5,1
Διεύθυνση οικονομικών και διοίκησης	2,7	5,5
Ταμείο	2,4	4,8
Τροχονομικές παραβάσεις	1,6	3,1
Έλεγχος προσόδων	2,3	4,6
Πρωτόκολλο	1,3	2,6
Καφενείο	1,6	1,7
Γραμματεία Δημοτικού Συμβουλίου	2,5	5,0
Προέδρος Δημοτικού Συμβουλίου	1,6	3,3
Γραφείο Αντιδημάρχου 5	1,0	2,1
Γραφείο Αντιδημάρχου 4	1,5	3,1
Διάδρομος ορόφου	15,4	17,4
Γραμματεία Αντιδημάρχου 3	0,5	1,0
Γραφείο Αντιδημάρχου 3	0,7	1,4
Γραφείο Αντιδημάρχου 2	1,3	2,6
Γραμματεία Αντιδημάρχου 1	0,5	1,0
Αίθουσα συνεδριάσεων	11,2	12,2
Γενική Γραμματεία	1,4	2,9
Γραφείο Τύπου	1,2	2,4
Γραμματεία Δημάρχου	2,5	2,7
Γραφείο Δημάρχου	3,1	6,1
Γραφείο Αντιδημάρχου 1	0,9	1,8

Ως θέσεις των τερματικών μονάδων κλιματισμού προτείνονται οι θέσεις των υφιστάμενων χαλύβδινων θερμαντικών σωμάτων τα οποία προβλέπεται να αποξηλωθούν. Συνεπώς, οι τερματικές μονάδες κλιματισμού θα είναι επιδαπέδιες.

Η επιλογή των τερματικών μονάδων βασίστηκε σε ενδεικτικό κατάλογο FCU του εμπορίου, με τα ονομαστικά φορτία να δίνονται στη μέση ταχύτητα ανεμιστήρα, και παρουσιάζεται στον πίνακα 28.

Το δίκτυο του κλιματισμού θα κατασκευαστεί από σωλήνες πολυπροπυλενίου με υαλονήματα (PPR SDR11). Η όδευση των σωλήνων προτείνεται να ακολουθήσει το υφιστάμενο δίκτυο χαλυβδοσωλήνων για τους οποίους προβλέπεται η αποξήλωση τους. Επίσης, με το δεδομένο της ελαχιστοποίησης της όποιας εξωτερικής παρέμβασης της όψης του κτηρίου, οι κατακόρυφες στήλες κλιματισμού θα οδεύσουν εσωτερικά εντός καναλιού. Οι σωλήνες των συμπυκνωμάτων θα κατασκευαστούν από μονωμένους σωλήνες πολυπροπυλενίου διαμέτρου από Φ32 έως Φ40, θα οδεύσουν παράλληλα με τις σωλήνες του κλιματισμού και θα καταλήξουν στο υπόγειο, ώστε από εκεί να βγουν εκτός κτηρίου. Όπου αυτό δεν είναι

δυνατό, θα οδηγηθούν σε σημείο που θα υποδείξει η τεχνική υπηρεσία του Δήμου, ώστε να μην προσβάλλεται η αισθητική του κτηρίου. Έτσι, η χωροθέτηση των μονάδων και ο σχεδιασμός του δικτύου κλιματισμού προκύπτουν ως συνέπεια της τοπολογίας και της διάταξης του κτηρίου και των εσωτερικών χώρων του, με στόχο τη διευκόλυνση της εγκατάστασης και την ελαχιστοποίηση των μηκών των σωληνώσεων κλιματισμού.

Πίνακας 28: Επιλογή μονάδων Fan Coil.

A/A Μονάδας	Ονομασία χώρου	Πλήθος μονάδων	Ονομαστικό Ψυκτικό Φορτίο (kW)	Ονομαστικό Θερμικό Φορτίο (kW)	Τύπος Μονάδας
I1, I5	Ταμειακές βεβαιώσεις	2	3,06	3,44	FCU0602
I2, I7	ΤΑΠ	2	3,06	3,44	FCU0602
I3, I4	Τέλη καθαριότητας και φωτισμού	2	3,06	3,44	FCU0602
I6, I8, I9	Διάδρομος ισογείου	3	4,40	5,36	FCU0802
I10, I11	Εκκαθάριση δαπανών	2	2,65	3,00	FCU0502
I12, I13	Διεύθυνση οικονομ. & διοίκησης	2	2,65	3,00	FCU0502
I14, I15	Ταμείο	2	2,00	2,37	FCU0402
I16	Τροχονομικές παραβάσεις	1	2,65	3,00	FCU0502
I17	Έλεγχος προσόδων	1	3,95	4,88	FCU0702
I18	Πρωτόκολλο	1	2,65	3,00	FCU0502
O1	Καφενείο	1	2,00	2,37	FCU0402
O2, O3	Γραμματεία Δημοτ. Συμβουλίου	2	2,65	3,00	FCU0502
O4	Προέδρος Δημοτικού Συμβουλίου	1	3,06	3,44	FCU0602
O5	Γραφείο Αντιδ/χου 5	1	2,00	2,37	FCU0402
O6	Γραφείο Αντιδ/χου 4	1	3,06	3,44	FCU0602
O7, O10, O18	Διάδρομος ορόφου	3	4,40	5,36	FCU0802
O8	Γραμματεία Αντιδ/χου 3	1	2,00	2,37	FCU0402
O9	Γραφείο Αντιδ/χου 3	1	2,00	2,37	FCU0402
O11	Γραφείο Αντιδ/χου 2	1	2,65	3,00	FCU0502
O12	Γραμματεία Αντιδ/χου 1	1	2,00	2,37	FCU0402
O13, O14, O15	Αίθουσα συνεδριάσεων	3	3,95	4,88	FCU0702
O16	Γενική Γραμματεία	1	2,65	3,00	FCU0502
O17	Γραφείο Τύπου	1	2,65	3,00	FCU0502
O19	Γραμματεία Δημάρχου	1	2,65	3,00	FCU0502
O20, O21	Γραφείο Δημάρχου	2	3,06	3,44	FCU0602
O22	Γραφείο Αντιδ/χου 1	1	2,00	2,37	FCU0402

Οι υπολογισμοί του δικτύου έγιναν λαμβάνοντας υπόψη τις εξής παραμέτρους:

Πίνακας 29: Παράμετροι υπολογισμού του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού.

Παράμετρος	Ψύξη	Θέρμανση
Θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου	27 °C	20 °C
Θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου	19 °C	-
Θερμοκρασία εισόδου FCU	7 °C	45 °C
Θερμοκρασία εξόδου FCU	12 °C	40 °C
Μέγιστη ταχύτητα νερού στο σωλήνα	0,9 m/s	1,2 m/s

Τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης των σωληνώσεων σε ψύξη παρουσιάζονται στον πίνακα 30.

Πίνακας 30: Διαστασιολόγηση σωληνώσεων σε ψύξη.

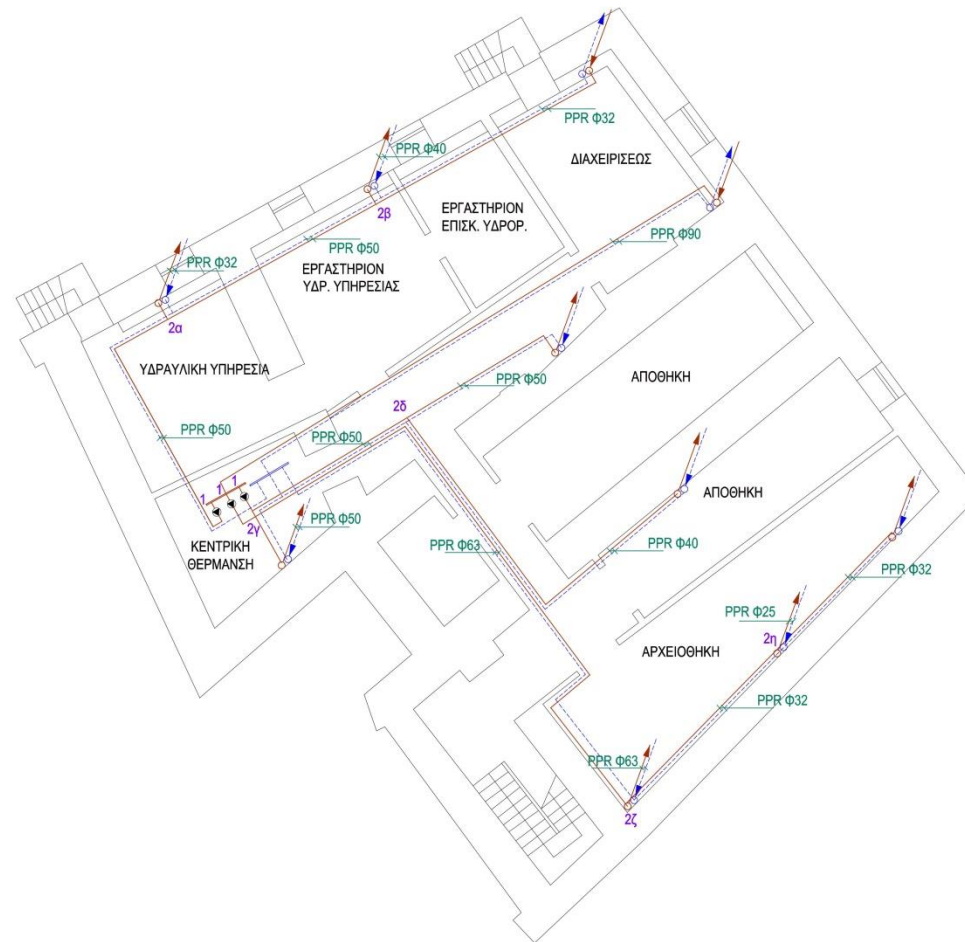
Τμήμα δικτύου	Μήκος σωλήνα (m)	Παροχή νερού (m ³ /h)	Διάμετρος σωλήνα (mm)	Ταχύτητα νερού (m/s)	Τριβές εξαρτημάτων (mΥΣ)	Τριβές σωληνών (mΥΣ)	Ολικές τριβές (mΥΣ)
A.B	80	13,08	PP-90	0,854	0,093	0,863	0,956
1.2α	16,8	4,076	PP-50	0,866	0,096	0,385	0,480
2α.3	6	1,358	PP-32	0,892	0,101	0,293	0,395
3.11	2	0,516	PP-25	0,662	1,179	0,088	1,268
3.4	12	0,842	PP-32	0,553	0,039	0,254	0,293
4.4α	6	0,550	PP-32	0,361	0,017	0,061	0,077
4α.01	5,4	0,258	PP-25	0,331	0,223	0,072	0,295
4α.02	2	0,292	PP-25	0,375	0,329	0,033	0,363
4.03	3,4	0,292	PP-25	0,375	0,329	0,056	0,386
2α.2β	14,4	2,718	PP-50	0,577	0,042	0,161	0,203
2β.5	12	1,686	PP-40	0,709	0,064	0,296	0,360
5.12	2,8	0,516	PP-25	0,662	1,179	0,124	1,303
5.13	2,8	0,516	PP-25	0,662	1,179	0,124	1,303
5.6	12	0,654	PP-32	0,430	0,024	0,164	0,187
6.04	2,6	0,396	PP-25	0,508	0,739	0,073	0,812
6.05	2,6	0,258	PP-25	0,331	0,223	0,035	0,258
2β.7	14,8	1,032	PP-32	0,678	0,059	0,447	0,505
7.14	2	0,516	PP-25	0,662	1,179	0,088	1,268
7.06	15,6	0,516	PP-25	0,662	1,179	0,690	1,869
1.2γ	2	6,604	PP-63	0,884	0,100	0,036	0,135
2γ.8	8	2,408	PP-50	0,512	0,033	0,072	0,106
8.15	2	0,516	PP-25	0,662	1,179	0,088	1,268
8.16	3	0,688	PP-32	0,452	0,343	0,045	0,388
8.9	12	1,204	PP-32	0,791	0,080	0,475	0,554
9.07	2	0,688	PP-32	0,452	0,343	0,030	0,373
9.10	2,4	0,516	PP-32	0,452	0,056	0,106	0,162
10.08	2	0,258	PP-25	0,331	0,223	0,027	0,250
10.09	2	0,258	PP-25	0,331	0,223	0,027	0,250
2γ.2δ	11	4,196	PP-50	0,892	0,101	0,265	0,367
2δ.11	6	2,700	PP-50	0,574	0,042	0,066	0,108
11.17	2	0,516	PP-25	0,662	1,179	0,088	1,268
11.18	2,4	0,688	PP-32	0,452	0,343	0,036	0,379
11.12	12	1,496	PP-40	0,629	0,050	0,240	0,290
12.010	2	0,688	PP-32	0,452	0,343	0,030	0,373
12.011	2,4	0,292	PP-25	0,375	0,329	0,040	0,369
12.23	7,8	0,516	PP-32	0,452	0,056	0,345	0,401
23.012	2	0,258	PP-25	0,331	0,223	0,027	0,250
23.023	5,5	0,258	PP-25	0,331	0,223	0,074	0,297
2δ.13	30,4	1,496	PP-40	0,629	0,050	0,607	0,658

Πίνακας 30: Διαστασιολόγηση σωληνώσεων σε ψύξη.

Τμήμα δικτύου	Μήκος σωλήνα (m)	Παροχή νερού (m ³ /h)	Διάμετρος σωλήνα (mm)	Ταχύτητα νερού (m/s)	Τριβές εξαρτημάτων (mΥΣ)	Τριβές σωλήνων (mΥΣ)	Ολικές τριβές (mΥΣ)
13.Ι9	2,4	0,688	PP-32	0,452	0,343	0,036	0,379
13.Ι10	2	0,292	PP-25	0,375	0,329	0,033	0,363
13.Ο13	12	0,516	PP-25	0,662	1,179	0,531	1,710
1.2ζ	53	5,898	PP-63	0,790	0,080	0,774	0,854
2ζ.2η	9,6	1,100	PP-32	0,723	0,067	0,324	0,390
2η.Ι12	6	0,292	PP-25	0,375	0,329	0,099	0,429
2η.14	24	0,808	PP-32	0,531	0,036	0,472	0,508
14.Ι11	2	0,292	PP-25	0,375	0,329	0,033	0,363
14.Ο14	12	0,516	PP-25	0,662	1,179	0,531	1,710
2ζ.15	6	4,798	PP-63	0,642	0,053	0,061	0,113
15.Ι13	2	0,292	PP-25	0,375	0,329	0,033	0,363
15.16	12	0,860	PP-32	0,565	0,041	0,263	0,304
16.Ο15	2	0,516	PP-25	0,662	1,179	0,088	1,268
16.Ο16	2	0,344	PP-25	0,441	0,439	0,044	0,482
15.17	5	3,646	PP-50	0,775	0,077	0,094	0,170
17.Ι14	2	0,258	PP-25	0,331	0,223	0,027	0,250
17.18	8,2	3,388	PP-50	0,720	0,066	0,135	0,201
18.Ο17	16,4	0,292	PP-25	0,375	0,329	0,272	0,601
18.19	6,2	0,946	PP-32	0,622	0,049	0,161	0,210
19.Ι15	2	0,258	PP-25	0,331	0,223	0,027	0,250
19.Ο18	19	0,688	PP-32	0,452	0,343	0,283	0,626
18.20	2	2,150	PP-50	0,457	0,027	0,015	0,041
20.Ι16	4,6	0,292	PP-25	0,375	0,329	0,076	0,406
20.Ο19	16	0,344	PP-25	0,441	0,439	0,351	0,789
20.21	14,4	1,514	PP-40	0,637	0,052	0,294	0,346
21.Ι17	2	0,430	PP-25	0,552	0,856	0,065	0,920
21.Ο20	15,4	0,396	PP-25	0,508	0,739	0,430	1,169
21.22	16,6	0,688	PP-32	0,452	0,026	0,247	0,273
22.Ι18	2	0,292	PP-25	0,375	0,329	0,033	0,363
22.Ο21	14	0,396	PP-25	0,508	0,739	0,391	1,130

Οι παραπάνω διάμετροι σωλήνα υπολογίστηκαν και σε θέρμανση ώστε να βεβαιωθεί ότι πληρούν τις απαιτήσεις σε παροχή και δεν υπερβαίνεται η μέγιστη ταχύτητα της ροής εντός των σωληνώσεων.

Οι κατόψεις του δικτύου κλιματισμού παρουσιάζονται στα σχήματα 29α, 29β, 29γ και 29δ. Στο σχήμα 30 παρουσιάζεται το κατακόρυφο διάγραμμα του δικτύου κλιματισμού.



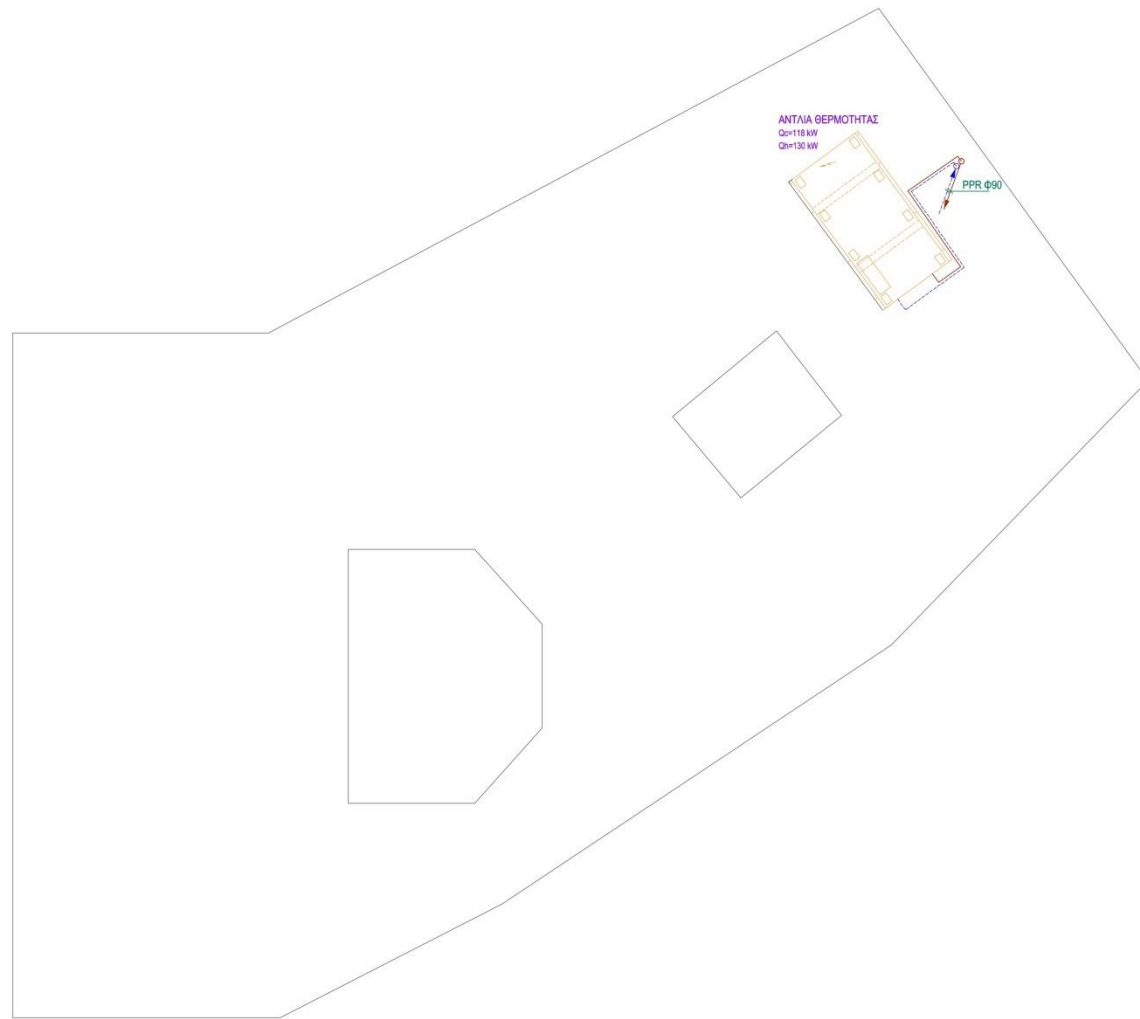
Σχήμα 29α: Δίκτυο κλιματισμού – κάτοψη υπογείου.



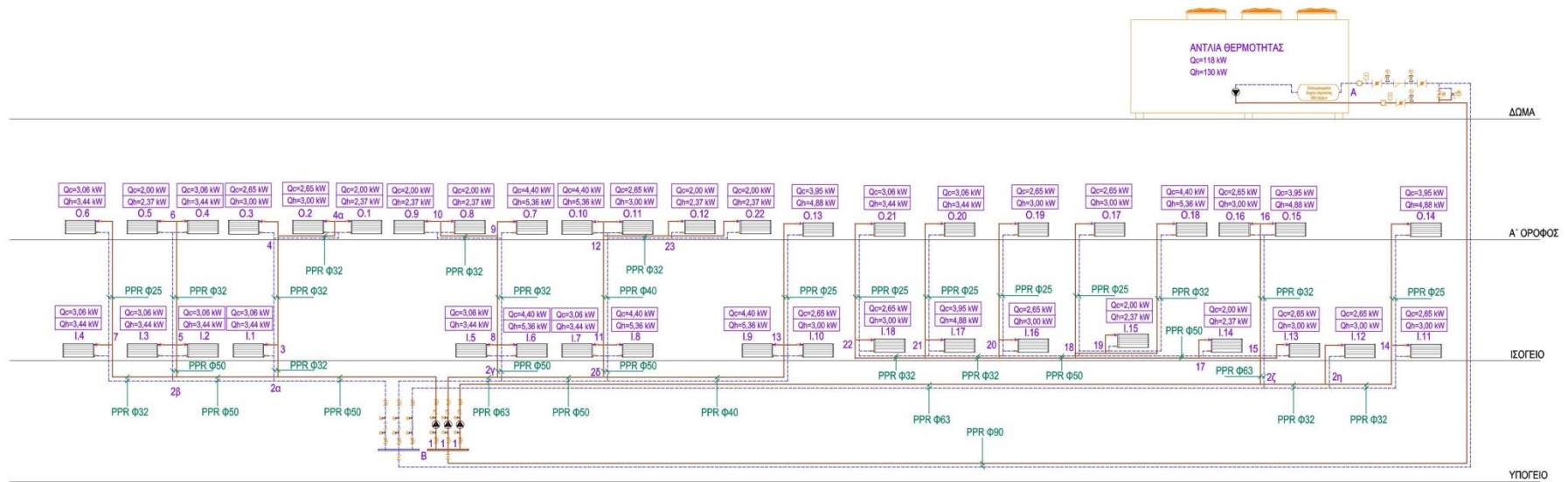
Σχήμα 29β: Δίκτυο κλιματισμού – κάτοψη ισογείου.



Σχήμα 29γ: Δίκτυο κλιματισμού – κάτω όροφος.



Σχήμα 29δ: Δίκτυο κλιματισμού – κάτοψη δώματος.



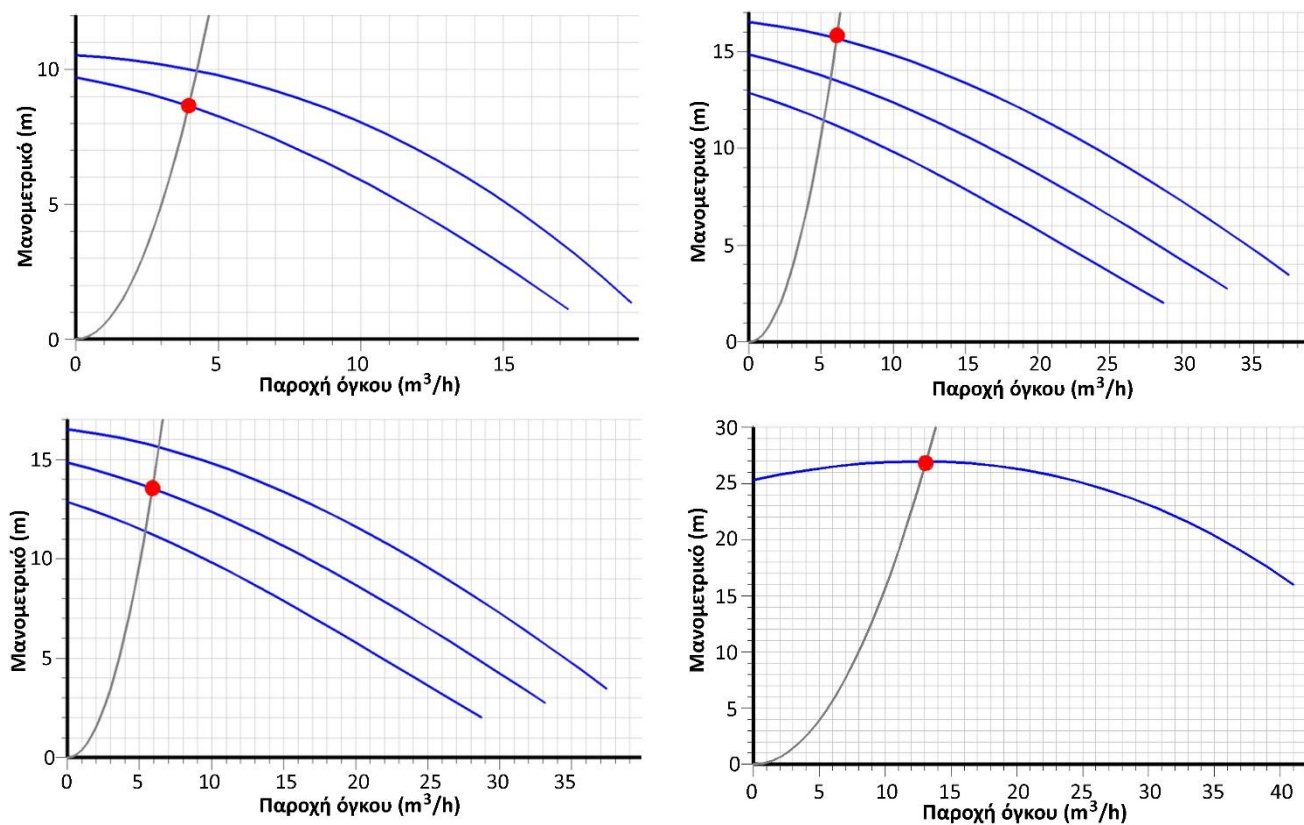
Σχήμα 30: Κατακόρυφο διάγραμμα δικτύου κλιματισμού

Με βάση τον υπολογισμό της πτώσης πίεσης σε κάθε κλάδο του υδραυλικού δικτύου κλιματισμού και τη μέγιστη διακινούμενη παροχή, επιλέγονται κυκλοφορητές με τα ονομαστικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στον πίνακα 31.

Πίνακας 31: Ονομαστικά χαρακτηριστικά κυκλοφορητών κλάδων υδραυλικού δικτύου κλιματισμού.

A/A κυκλοφορητή	Παροχή νερού (m ³ /h)	Δυσμενέστερος κλάδος	Μανομετρικό ύψος (mΥΣ)
1	4,08	1...06	8,54
2	6,60	1...013	15,52
3	5,90	1...021	13,55
4	13,08	A...B	26,96

Ο κυκλοφορητής 4 θα είναι ενσωματωμένος στην αντλία θερμότητας. Το σημείο λειτουργίας κάθε κυκλοφορητή πάνω στη χαρακτηριστική καμπύλη του πρέπει να εξασφαλίζει σταθερή παροχή για μεγάλες μεταβολές της υδραυλικής αντίστασης του δικτύου σωληνώσεων. Στα σχήματα 31 παρουσιάζονται ενδεικτικές καμπύλες κυκλοφορητών κατάλληλων για τους διαφορετικούς κλάδους. Με κόκκινο σημειώνεται το σημείο λειτουργίας βάσει του πίνακα 31.



Σχήμα 31: Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας μανομετρικού – παροχής για τους κυκλοφορητές του δικτύου κλιματισμού.

6.2. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

6.2.1. Αντλία θερμότητας

Αερόψυκτη αντλία θερμότητας, εξωτερικής εγκατάστασης με δυνατότητα αντιστρέψιμης λειτουργίας, για την παραγωγή ζεστού ή κρύου νερού, με ερμητικούς περιστροφικούς (scroll) συμπιεστές, αξονικούς ανεμιστήρες, εναλλάκτης κελύφους - αυλών, με εποξειδική βαφή προστασίας και ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα. Τα εξωτερικά καλύμματα θα φέρουν επένδυση από φύλλα χάλυβα και η βάση είναι κατασκευασμένη από γαλβανισμένο χάλυβα με βαφή προστασίας. Η μονάδα θα είναι εξοπλισμένη με δύο παράλληλους συμπιεστές σε διάταξη μονού ψυκτικού κυκλώματος και θα διαθέτει ενσωματωμένο ψυχοστάσιο με δοχείο αδρανείας και αντλία υψηλού μανομετρικού.

Η δομή θα είναι ειδικά σχεδιασμένη για εγκατάσταση σε εξωτερικό χώρο. Η βάση θα αποτελείται από γαλβανισμένο χάλυβα με βαφή πολυεστερικής σκόνης και το πλαίσιο της μονάδας από μπάρες αλουμινίου. Θα πρέπει να είναι εξοπλισμένη με ειδικά διαμορφωμένα καλύμματα για εξωτερική εγκατάσταση από κράμα αλουμινίου, τα οποία θα εξασφαλίζουν προστασία από τις καιρικές συνθήκες, θα αφαιρούνται εύκολα και θα είναι φτιαγμένα ώστε να επιτρέπουν εύκολη πρόσβαση στο εσωτερικό της μονάδας για να πραγματοποιηθούν επιθεωρήσεις ή λειτουργίες συντήρησης (αφαίρεση του μπροστινού ή των πλαϊνών καλυμμάτων). Το σύστημα συλλογής και απόρριψης συμπυκνωμάτων θα αποτελείται από διπλή λεκάνη, μονωμένη με νεοπρένιο και θερμαινόμενη μέσω ηλεκτρικών αντιστάσεων. Θα διατίθεται διπλό ακροφύσιο για εξώθηση του νερού με διάμετρο 1&1/4'' και εξαερισμό των εξαρτημάτων του συμπιεστή. Η μονάδα θα στηρίζεται σε αντιδονητικά στηρίγματα.

Τα κύρια μέλη του ψυκτικού κυκλώματος είναι:

- Ερμητικοί σπειροειδείς (scroll) συμπιεστές σε παράλληλη διάταξη
- Εναλλάκτης κελύφους - αυλών
- Θέρμανση στον στροφαλοθάλαμο κάθε συμπιεστή
- Φίλτρο αφύγρανσης με ανταλλάξιμο πυρήνα
- Τζαμάκι επιθεώρησης με δείκτη υγρασίας
- Μανόμετρα χαμηλής και υψηλής πίεσης
- Βάνες απομόνωσης συμπιεστών
- Ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα
- Βαλβίδες ασφαλείας υψηλής και χαμηλής πίεσης, συνδεδεμένες με εξωτερική αποχέτευση
- Τετράοδες βάνες αντιστροφής του κύκλου
- Διπλές ανακουφιστικές βαλβίδες
- Μετατροπείς υψηλής και χαμηλής πίεσης
- Ασφαλιστική διάταξη για μείωση της πίεσης

Το ψυκτικό υγρό που θα χρησιμοποιηθεί είναι το R454B, ένα από τα πιο φιλικά προς το περιβάλλον ψυκτικά αέρια για την αντικατάσταση του R410A, λόγω του 76% χαμηλότερου δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP). Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του ψυκτικού υγρού είναι τα παρακάτω:

- ταξινόμηση ασφαλείας (ASHRAE / ISO 817): A2L
- κατηγορία PED: 1
- δυναμικό καταστροφής όζοντος (ODP) (R11=1): 0
- AR5 (AR4) GWP (CO2=1): 467 (466)
- σύσταση (Wt %): 68,9% R32, 31,1% R1234yf
- κατώτερο όριο ανάφλεξης LFL@23°C, 50% RH (% o/o): 11,7
- ανώτερο όριο ανάφλεξης UFL@23°C, 50% RH (% o/o): 22,0
- ταχύτητα καύσης (cm/s): 5,2
- ελάχιστη ενέργεια ανάφλεξης (mJ) (ASTME582-13): 100-300.

Η αντλία θα διαθέτει από την πλευρά του χρήστη υδρόψυκτο εναλλάκτη με συγκολλήσεις από ορείχαλκο κατά AISI 316, με εξωτερική επένδυση από νεοπρένιο. Μια ηλεκτρική αντίσταση με θερμοστάτη εμποδίζει

το σχηματισμό πάγου στο εσωτερικό της μονάδας όταν αυτή βρίσκεται εκτός λειτουργίας, ενώ όταν λειτουργεί, η ασφάλεια επιτυγχάνεται μέσω ενός διαφορικού διακόπτη πίεσης που βρίσκεται στην πλευρά του νερού. Η μονάδα μπορεί να λειτουργήσει και με αντιπαγετικά μίγματα (παρουσία γλυκόλης), με θερμοκρασίες εξόδου από τον εναλλάκτη έως -8°C .

Από την πλευρά της πηγής (αέρας), θα διατίθεται πτερυγιοφόρος αερόψυκτος εναλλάκτης, κατασκευασμένος από σωλήνες χαλκού και πτερύγια αλουμινίου με χημική επεξεργασία για την απομάκρυνση ακαθαρσιών, βαμμένος με ειδική ρητίνη πολυεστέρα, ανθεκτική για πάνω από 1.000 ώρες σε θαλασσινό σπρέι (κατά ASTM B117) και σε υπεριώδη ακτινοβολία. Οι αποστάσεις μεταξύ των πτερυγίων θα πρέπει να είναι τέτοιες, ώστε να εξασφαλίζεται η βέλτιστη μεταφορά θερμότητας. Ο εναλλάκτης θα διαθέτει γρίλιες για την αποφυγή εισόδου ξένων σωμάτων. Ο αερόψυκτος εναλλάκτης θα διαθέτει ανεμιστήρες με τεχνολογία EC. Ο κινητήρας του ανεμιστήρα θα ελέγχεται από ειδικό ελεγκτή και θα ρυθμίζει συνεχώς την ταχύτητα περιστροφής των ανεμιστήρων. Με αυτό τον τρόπο θα μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας και η κατανάλωση ρεύματος και θα βελτιώνεται η απόδοση της μονάδας.

Στο πρωτεύον κύκλωμα του νερού υπάρχει μία αντλία κυκλοφορίας υψηλού μανομετρικού, μεταβλητών στροφών λειτουργίας, με δοχείο αδρανείας χωρητικότητας 500 λίτρων. Στο κύκλωμα νερού περιλαμβάνονται: διαφορικός πρεσοστάτης στον εναλλάκτη μαζί με την αντίστοιχη κάρτα επέκτασης για την ανάγνωση των μετρήσεων του, βαλβίδες ασφαλείας, εξαεριστικά, μανόμετρα, δοχείο διαστολής, βαλβίδα πλήρωσης, βαλβίδες αποστράγγισης, βαλβίδα αποκοπής, αισθητήρια θερμοκρασίας στην είσοδο και την έξοδο του εναλλάκτη και διαφορικό μετατροπέα πίεσης (VPF.D).

Όλες οι αποδόσεις της αντλίας θερμότητας θα πρέπει να είναι κατά EN14511 πιστοποιημένες από επίσημο φορέα (EUROVENT) και θα ικανοποιούν τις ακόλουθες τιμές:

- ψυκτική ισχύς: $> 118 \text{ kW}$
- EER: $> 2,90$
- ESEER: $> 4,10$
- Θερμική ισχύς: $> 130 \text{ kW}$
- COP: $> 3,40$
- SCOP: $> 3,80$ (Official Reg. 813/2013 EU)
- Total Sound Pressure: $< 53\text{dB(A)}$ στα 10 m σε ελεύθερο πεδίο
- Sound Power level in heating: $< 85 \text{ dB(A)}$ σύμφωνα με το ISO-9614

Η αντλία θερμότητας θα πρέπει να είναι ενεργειακής κατηγορίας τουλάχιστον A κατά Eurovent. Η έκδοση θα πρέπει να διαθέτει ειδική ηχομόνωση στο συγκρότημα των συμπιεστών και στις αντλίες, μειωμένη ταχύτητα ανεμιστήρων και μεγαλύτερο τμήμα συμπίκνωσης. Η ταχύτητα περιστροφής του ανεμιστήρα θα αυξάνεται αυτόματα σε περίπτωση δυσχερών καιρικών συνθηκών.

Η αντλία θερμότητας θα πρέπει να υποστηρίζεται από πλήρη ηλεκτρικό πίνακα ισχύος και ελέγχου σύμφωνα με τα πρότυπα EN60204-1 και EC204-1 με:

- μετασηματιστή στο κύκλωμα ελέγχου
- κλειδαριά πόρτας πίνακα ελέγχου
- διάταξη ομαλής εκκίνησης (softstarter)
- αυτόματες ασφάλειες
- ασφάλειες και επαφές για τους συμπιεστές και τους ανεμιστήρες
- τερματικά για συνολικό έλεγχο ειδοποιήσεων
- τερματικά για απομακρυσμένο έλεγχο ON/OFF
- τερματικά για έλεγχο κυκλωμάτων
- διακόπτη για την προστασία από υψηλή τάση
- πίνακα ελέγχου με δύο πόρτες και μόνωση για εξωτερική τοποθέτηση
- ηλεκτρονικό χειριστήριο
- τερματικό έλεγχο αντλίας 0-10V για έλεγχο εξωτερικής αντλίας μεταβλητών στροφών με το σύστημα VPF (σταθερό ΔT στην πλευρά της κατανάλωσης για το πρωτεύον υδραυλικό κύκλωμα μόνο και τερματικά με παράκαμψη)

- παροχή ισχύος 400V/3Φ/50Hz.

Η μονάδα θα πρέπει να είναι συμβατή με τις παρακάτω οδηγίες και τις τροπολογίες τους:

- EUROVENT Certification program
- CE - Declaration of conformity certificate for the European Union
- Machinery Directive 2006/42/EC
- PED Directive 2014/68/EC
- 2014/30/EC EMC Directive
- ErP Directive 2009/125/EC.

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής της αντλίας θερμότητας θα πραγματοποιούνται έλεγχοι σύμφωνα με τις διαδικασίες που προβλέπονται στο ISO 9001. Οι μετρήσεις για την απόδοση ή τον θόρυβο μπορούν να γίνουν παρουσία του πελάτη με την παρουσία εξειδικευμένου προσωπικού. Κατά την διάρκεια των ελέγχων θα πρέπει να γίνονται μετρήσεις των παρακάτω:

- ηλεκτρικά μεγέθη
- παροχές νερού
- θερμοκρασίες λειτουργίας
- ισχύς εισόδου
- ισχύς εξόδου
- πτώση πίεσης στον εναλλάκτη θερμότητας σε πλήρες (στις ονομαστικές και στις δυσμενέστερες για το συμπυκνωτή συνθήκες) και σε μερικό φορτίο.

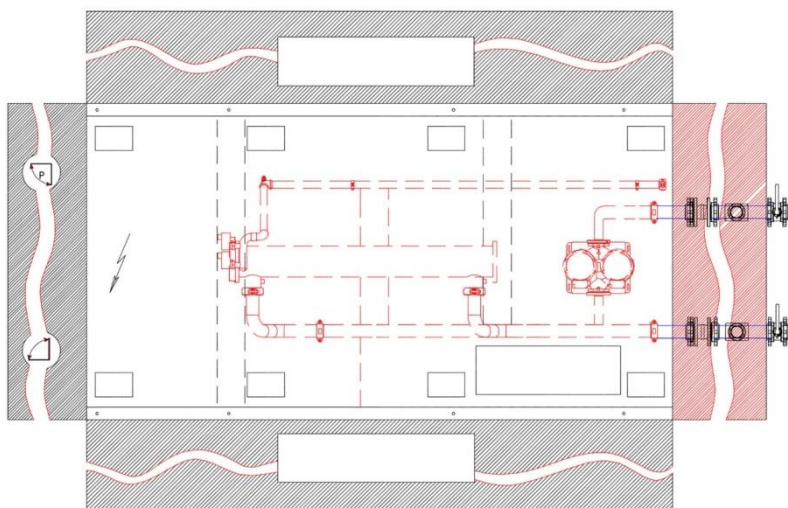
Κατά τους ελέγχους θα προσομοιώνονται και οι βασικές συνθήκες σφαλμάτων. Η απόδοση στους ελέγχους στάθμης θορύβου θα γίνονται βάση του προτύπου ISO 9614.

Η αντλία θερμότητας θα διαθέτει ηλεκτρονικό χειριστήριο. Το χειριστήριο θα διαθέτει ένα εύχρηστο μενού και μια οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD) που επιτρέπει στο χρήστη να επιβλέπει και να παρεμβαίνει στη λειτουργία της μονάδας μέσω ενός πολύγλωσσου μενού. Η ρύθμιση της μονάδας θα βασίζεται σε αλγόριθμο ο οποίος διαθέτει χαρακτηριστικά αυτορρυθμισμού, ακόμα και σε συστήματα με μικρή ποσότητα νερού. Ως εναλλακτική, η ρύθμιση της μονάδας με αναλογικό (proportional) ή αναλογικό-ολοκληρωτικό (proportional-integral) ελεγκτή θα πρέπει να είναι διαθέσιμη. Οι διαγνωστικές λειτουργίες του χειριστηρίου θα πρέπει να περιλαμβάνουν πλήρη διαχείριση των ειδοποιήσεων, με λειτουργίες καταγραφής διάφορων παραμέτρων λειτουργίας και ιστορικό των ειδοποιήσεων για ανάλυση της λειτουργίας της μονάδας.

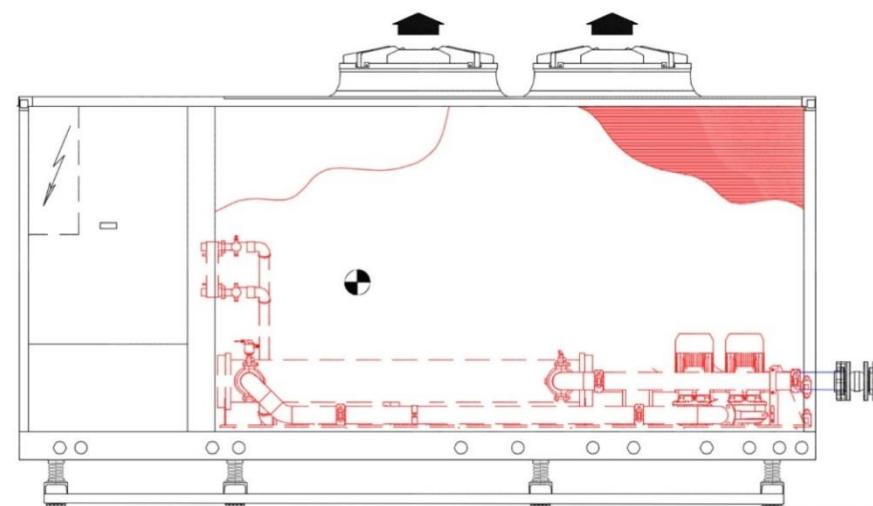
Η καταγραφή της κατανάλωσης και των επιδόσεων θα πρέπει να είναι επίσης δυνατή. Η επίβλεψη της μονάδας θα γίνεται χρησιμοποιώντας είτε συσκευές του χρήστη, είτε τρίτα πρωτόκολλα όπως τα ModBus, BACnet MS/TP RS485, BACnet-over-IP, Konnex, ModBus TCP/IP, SNMP και Echelon LonWork. Θα πρέπει να υπάρχει συμβατότητα με απομακρυσμένο χειριστήριο. Το προγραμματιζόμενο χρονόμετρο θα μπορεί να διαχειριστεί ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα οργανωμένο σε χρονικές ζώνες για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του μηχανήματος μέσω της μείωσης κατανάλωσης ισχύος κατά τη διάρκεια περιόδων μη λειτουργίας. Θα πρέπει να μπορούν να οριστούν μέχρι 10 χρονικές ζώνες. Η λειτουργία απόψυξης (defrost) θα υιοθετεί και αυτή αυτό-προσαρμοζόμενη λογική, που αφορά στην παρακολούθηση συγκεκριμένων δευτερευόντων παραμέτρων. Έτσι, ο αριθμός και ο χρόνος των κύκλων απόψυξης θα ελαττώνονται, κάτι το οποίο επιδρά θετικά στην ενεργειακή απόδοση του συστήματος.

Η αντλία θερμότητας θα εγκατασταθεί στο δώμα του κτηρίου και θα στηρίζεται σε αντιδονητικά στηρίγματα ελατηρίου ή καουτσούκ. Τα στηρίγματα θα είναι βιδωμένα σε μεταλλική βάση, με τουλάχιστον 4 βίδες το καθένα, στα σημεία που υποδεικνύει ο κατασκευαστής για την ισοκατανομή του φορτίου. Η βάση θα είναι κατασκευασμένη από τυποποιημένο μεταλλικό δοκό διατομής Π (πι) του εμπορίου γαλβανισμένο πλάτους 125mm. Θα αποτελείται από 4 εγκάρσιες δοκούς που θα ηλεκτροσυγκολληθούν σε σκελετό (τύπου τελάρo) από όμοιας διατομής δοκό. Οι εγκάρσιες δοκοί θα ακουμπάνε πάνω στο τελάρo και θα ηλεκτροσυγκολληθούν στα σημεία επαφής. Στα σημεία κατανομής βάρους, από την κάτω μεριά θα ηλεκτροσυγκολληθούν χαλύβδινες λάμες πάχους 5mm (ελάχιστο) με κάτοψη 125mm x 125mm. Μετά την ηλεκτροσυγκόλληση τα σημεία θα επεξεργαστούν και θα βαφούν με βαφή γαλβανίσματος. Η βάση θα βαφεί στο σύνολό της μετά την επεξεργασία με μεταλλικό χρώμα (δύο χέρια). Κάτω από τις χαλύβδινες

λάμες θα τοποθετηθούν κιτ ελαστικών εδράνων. Τα ελαστικά έδρανα θα είναι "σταυρωτά" μεταξύ τους και θα παρεμβάλλεται φύλλο γαλβανισμένης λαμαρίνας πάχους 1,5mm ανάμεσα. Η βάση θα προεκτείνεται από το πλάι του μηχανήματος για να διασφαλίζει μεγαλύτερη σταθερότητα. Στο σχήμα 32 παρουσιάζεται η γενική διάταξη εγκατάστασης της αντλίας θερμότητας σε κάτοψη και πλάγια όψη.



Σχήμα 32α: Κάτοψη δομής εγκατάστασης αντλίας θερμότητας στο δώμα του κτηρίου.



Σχήμα 32β: Πλάγια όψη δομής εγκατάστασης αντλίας θερμότητας στο δώμα του κτηρίου.

6.2.2. Επιδαπέδιες τερματικές υδρονικές μονάδες

Οι μονάδες θα διαθέτουν στοιχείο νερού με χαλκοσωλήνες από φυγοκεντρικό ανεμιστήρα διπλής αναρρόφησης, με αυτόματο μετασχηματιστή 6 διαθέσιμων ταχυτήτων για επιλογή 3 ταχυτήτων λειτουργίας, λεκάνη συγκεντρώσεως συμπυκνωμάτων, φίλτρο αέρα κλάσης G2 με μεταλλικό πλαίσιο στερέωσης, βαλβίδα δυναμικής εξισορρόπησης που θα φέρει ηλεκτροκινητήρα on/off και δύο διακόπτες νερού.

Τα συμπεριλαμβανόμενα μέλη θα είναι κατασκευασμένα από πλαστικό κατηγορίας ABS στα πλάγια και τις περισίδες εξόδου (ρύθμιση κατά 180°) και χοντρό επιστρωμένο μεταλλικό έλασμα στο μπροστινό κάλυμμα. Το προστατευτικό καπάκι θα είναι από υλικό ABS με αδιαπέραστη βίδα σύσφιξης σε συμφωνία με την οδηγία EN ISO 60335-2-40 και την τροπολογία A1 που αφορά στο αυτόματο κλείσιμο του καπακιού και την

προστασία ηλεκτρολογικού εξοπλισμού έναντι νερού. Θα διατίθενται υποδοχές για γρήγορη εγκατάσταση των χειριστηρίων στην μονάδα.

Το πλαίσιο της μονάδας θα είναι από γαλβανισμένο χάλυβα με υψηλή αντίσταση στη σκουριά, με επένδυση από μονωτικά καλύμματα με θερμοαπορροφητικό υλικό κατηγορίας 1. Η λεκάνη συγκέντρωσης συμπυκνωμάτων θα είναι από γαλβανισμένο χαλυβδοέλασμα με θερμομόνωση, κατάλληλο για οριζόντια και κατακόρυφη τοποθέτηση. Τέλος θα διατίθεται τερματική πλακέτα με επαφές ελατηρίου για συνδέσεις ισχύος και απομακρυσμένου ελέγχου.

Ο εναλλάκτης θερμότητας θα διαθέτει στοιχείο με κυματοειδή πτερύγια αλουμινίου και σωλήνες χαλκού, δοκιμασμένο στο 100% με ξηρό αέρα. Οι υδραυλικές συνδέσεις θα διαθέτουν μηχανισμό αντι-συστροφής, εξαιρεστικό και αποχέτευση νερού.

Το φίλτρο αέρα θα είναι κλάσης G2, με μεταλλικό πλαίσιο στερέωσης του υλικού του. Θα διαθέτει εύκολα αφαιρέσιμο πλέγμα αναρρόφησης (intake grill)/φίλτρο μέσω των βιδών ¼ περιστροφής.

Τα όρια λειτουργίας των χαρακτηριστικών μεγεθών της μονάδας είναι:

- Μέγιστη πίεση λειτουργίας: 15 bar
- Μέγιστη θερμοκρασία νερού: 80°C
- Ελάχιστη θερμοκρασία χώρου: 0°C
- Μέγιστη θερμοκρασία χώρου: 45°C.

Οι τερματικές μονάδες θα πρέπει να είναι συμβατές με τις παρακάτω οδηγίες και τροπολογίες τους:

- Eurovent certification κατά EN 14511 – 3:2013
- Regulation (EU) N. 2016/2281
- ISO 3741 – Eurovent 8/2 (για την ηχητική ισχύ)

6.2.3. Κυκλοφορητές υδραυλικού δικτύου

Κυκλοφορητές κατάλληλοι για άντληση νερού θέρμανσης (κατά VDI 2035), κρύου νερού και μίγματος νερού-γλυκόλης με μέγιστη πίεση λειτουργίας 16bar. Θα είναι τύπου Inline με ενσωματωμένο ηλεκτρονικό έλεγχο ισχύος (Inverter), υπέρ-υψηλής απόδοσης, με σύγχρονο EC αερόψυκτο ηλεκτροκινητήρα ξηρού ρότορα μόνιμου μαγνήτη (διαθέσιμες ισχύς από 0,6kW έως 22 kW), ενεργειακής κλάσης IE5 κατά IEC 60034-30-2 και βαθμό προστασίας IP55.

Το υδραυλικό μέρος κάθε κυκλοφορητή θα έχει υψηλή απόδοση, βέλτιστα προσαρμοσμένο στην τεχνολογία κινητήρα EC με δείκτη ελάχιστης απόδοσης (MEI) $\geq 0,7$ πάνω από την ελάχιστη τιμή του 2ου σταδίου της Οδηγίας ErP 2009/125/EK [Κανονισμός Επιτροπής (ΕΕ) 547/2012] και θα διαθέτει μηχανικό στυπιοθλίπτη (AQ1EGG) με ολισθαίνοντα δακτύλιο για τη στεγανοποίηση του.

Το κέλυφος κάθε κυκλοφορητή θα είναι κατασκευασμένο από χυτοσίδηρο (EN-GJL-250), η πτερωτή από συνθετικό υλικό περιεκτικότητας 40% σε ίνες γυαλιού (PPS-GF40) για θερμοκρασία ρευστού από -20°C έως +140°C και ο άξονας από ανοξείδωτο χάλυβα (1.4122).

Οι κυκλοφορητές θα διαθέτουν ενσωματωμένο έλεγχο διαφορικής πίεσης για την απόδοση σταθερού ($\Delta p-C$) και τον έλεγχο αναλογικού μανομετρικού ($\Delta p-V$), με ρύθμιση του επιθυμητού μανομετρικού σε βήματα του 0,1m, έλεγχο PID & έλεγχο για λειτουργία σταθερών στροφών ($n = \text{σταθερό}$) και υποδοχή για μονάδες Wilo IF όπως Modbus, BACnet, CAN, PLR, LON για διασύνδεση στον αυτοματισμό του κτιρίου (BEMS).

Οι σύνδεση τους θα γίνει μέσω φλαντζών για διατομές από DN40 έως και DN100, με στόμια αναρρόφησης /κατάθλιψης in-line, ίδιας ονομαστικής διαμέτρου. Οι φλάντζες θα είναι τρυπημένες σύμφωνα με το EN

1092-2 και θα διαθέτουν ειδικές υποδοχές μέτρησης πίεσης (R 1/8) για την σύνδεση αισθητηρίου πίεσης ή μανομέτρου.

6.2.4. Σωληνώσεις

Η παραγωγή των σωληνώσεων PPR και ο έλεγχος ως προς την ποιότητά τους θα πρέπει να έχουν γίνει σύμφωνα με τα πρότυπα που ισχύουν για τους απλούς σωλήνες πολυπροπυλενίου (EN 15874 & DIN 8077/78) και σε συμφωνία με την ειδική οδηγία HR 3.28 του Γερμανικού Ινστιτούτου SKZ. Οι σωληνώσεις θα είναι τριστρωματικές, με μηχανική ενίσχυση υαλονημάτων στο μεσαίο στρώμα. Το πολυπροπυλένιο που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να χαρακτηρίζεται ως πολυπροπυλένιο Random ειδικής κρυσταλλικότητας (PP-R 112) και να κατατάσσεται σύμφωνα με τα DIN 8077/78 (έκδοση 2007) στην κατηγορία MRS 11,2.0 MPa (PP-R 112), χάρις των υψηλών μηχανικών αντοχών του (ιδιαίτερα σε υψηλές θερμοκρασίες) και της μεγάλης διάρκειας ζωής του. Με τις σωληνώσεις PPR SDR 11 θα επιτυγχάνονται:

- μείωση της θερμικής γραμμικής διαστολής κατά 75% (0,030mm/m/°C) σε σχέση με τους απλούς σωλήνες πολυπροπυλενίου.
- υψηλή ακαμψία σωλήνων
- αντοχή στις πιέσεις μεγαλύτερη κατά 25% σε σχέση με τους κλασικούς σωλήνες
- μεγαλύτερη ποσότητα μεταφερόμενου νερού
- οι θερμοσυγκολλήσεις των σωλήνων με τα εξαρτήματα πολυπροπυλενίου θα γίνονται με την ίδια ευκολία όπως στους απλούς σωλήνες.



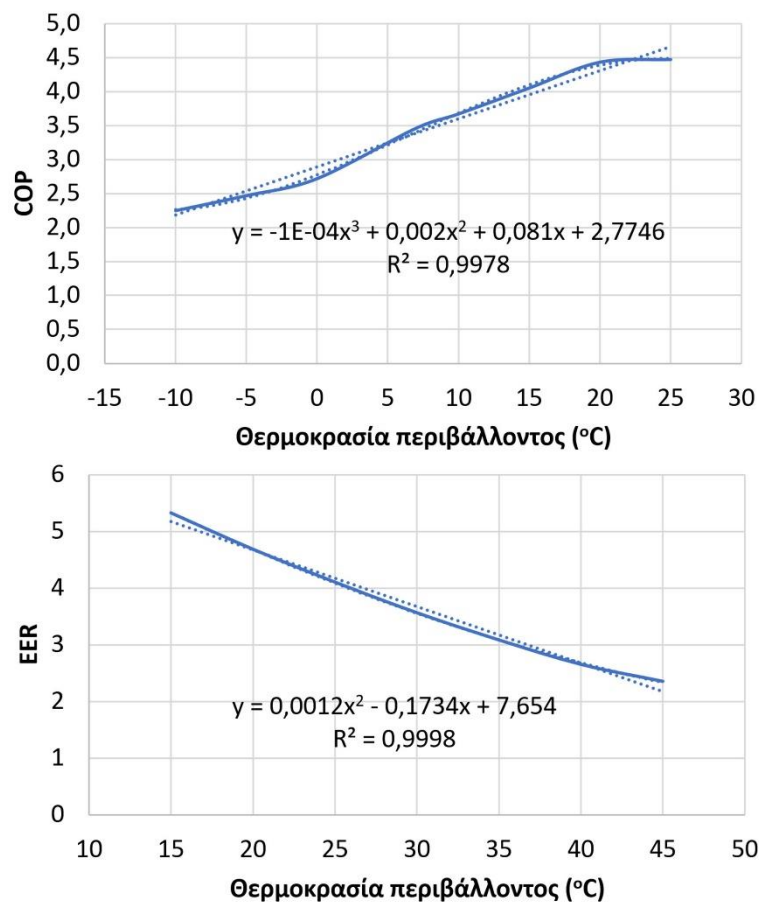
Εικόνα 2: Σωλήνες πολυπροπυλενίου SDR11.

6.3. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα κλιματισμού για τη θέρμανση και την ψύξη του κτηρίου υπολογίζεται με βάση την υπολογιστική προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος. Για το σκοπό αυτό λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

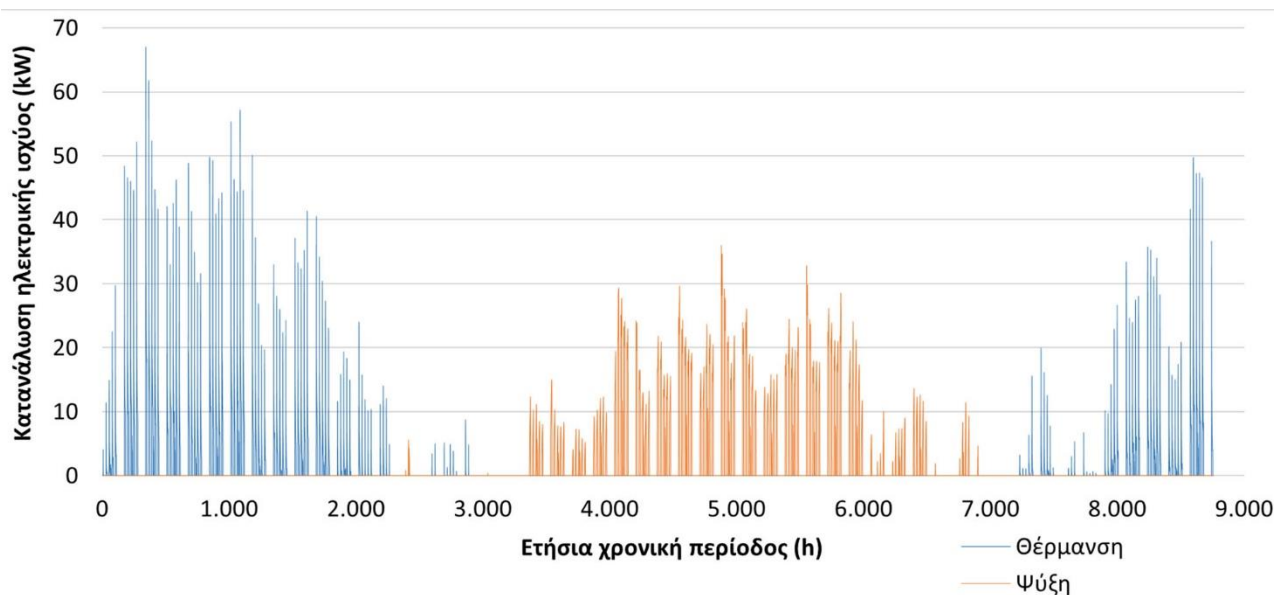
- η ετήσια χρονοσειρά θερμοκρασίας περιβάλλοντος, (ενότητα 2.1, σχήμα 2), η οποία θα θεωρηθεί ως θερμοκρασία άντλησης θερμότητας το καλοκαίρι και απόρριψης φορτίων ψύξης το καλοκαίρι

- τα ετήσια συνολικά φορτία κλιματισμού σε λειτουργία θέρμανσης και ψύξης μετά τις προτεινόμενες παθητικές παρεμβάσεις, όπως υπολογίστηκαν και παρουσιάστηκαν στην ενότητα 5 (σχήμα 27γ)
- η διακύμανση του συντελεστή COP και EER για την εξωτερική αντλία θερμότητας αέρος – νερού, που θα χρησιμοποιηθεί, η οποία διακύμανση, για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, θεωρήθηκε ότι ακολουθεί τη μορφή των διαγραμμάτων του σχήματος 33, συναρτήσει της θερμοκρασίας του μέσου άντλησης και απόρριψης θερμότητας (ατμοσφαιρικός αέρας). Οι συγκεκριμένες καμπύλες σε λειτουργία της αντλίας θερμότητας στο 100% της ονομαστικής ισχύος της.



Σχήμα 33: Διακύμανση συντελεστών COP και EER της εξωτερικής αντλίας θερμότητας αέρος – νερού συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Με βάση τα ανωτέρω, υπολογίζεται η ετήσια χρονοσειρά κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των φορτίων κλιματισμού του κτηρίου (θέρμανση και ψύξη) από το προτεινόμενο σύστημα κλιματισμού και πάλι με χρήση των σχέσεων 1 και 2 (ενότητα 3.5). Η ετήσια διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό του κτηρίου παρουσιάζεται στο σχήμα 34.



Σχήμα 34: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το νέο σύστημα κλιματισμού του κτηρίου.

Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το νέο σύστημα κλιματισμού για την ψύξη του κτηρίου αναλύεται σε μηνιαία βάση στον πίνακα 32.

Πίνακας 32: Μηνιαία ανάλυση ψυκτικών φορτίων και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για την ψύξη του κτηρίου, μετά τις προτεινόμενες παθητικές και ενεργητικές παρεμβάσεις.

Μήνας	Μηνιαίες αιχμές ψύξης (kW)	Μηνιαία φορτία ψύξης (kWh)	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας		Απόδοση	
			Μηνιαίες αιχμές (kW)	Μηνιαία κατανάλωση (kWh)	COP	EER
Ιανουάριος	66,2	0,0	2.822,5	0,0	3,6	
Φεβρουάριος	56,8	0,0	2.303,8	0,0	3,7	
Μάρτιος	41,2	0,0	1.282,6	0,0	3,8	
Απρίλιος	14,0	3,0	99,0	10,9	3,9	3,9
Μάιος	4,9	10,2	4,9	410,6	4,3	4,0
Ιούνιος	0,0	20,2	0,0	1.713,8		3,8
Ιούλιος	0,0	29,8	0,0	2.935,2		3,8
Αύγουστος	0,0	26,5	0,0	2.831,8		3,8
Σεπτέμβριος	0,0	16,8	0,0	1.028,0		4,0
Οκτώβριος	3,2	7,2	7,5	107,9	4,1	4,0
Νοέμβριος	26,6	0,0	342,7	0,0	3,9	
Δεκέμβριος	49,5	0,0	1.818,7	0,0	3,8	
Ετήσια μέγιστα / σύνολα / μέσες τιμές	66,2	29,8	8.681,7	9.038,2	3,7	3,8
Συνολική ηλεκτρική ενέργεια (kWh)				17.719,9		
Πρωτογενής ενέργεια (kWh)				51.387,7		

6.4. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της κατανάλωσης ηλεκτρικής και πρωτογενούς ενέργειας για τον κλιματισμό του κτηρίου:

- αρχικά για την υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας
- και έπειτα της κατάστασης λειτουργίας που προκύπτει μετά την εφαρμογή τόσο των προτεινόμενων παθητικών παρεμβάσεων, όσο και των προτεινόμενων ενεργητικών συστημάτων κλιματισμού

καταλήγουμε τελικά στην εκτίμηση της αναμενόμενης εξοικονόμησης ηλεκτρικής και πρωτογενούς ενέργειας από το σύνολο των παθητικών και ενεργητικών παρεμβάσεων κλιματισμού στη Λότζια. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 33.

Πίνακας 33: Εξοικονόμηση ενέργειας συνολικά στο σύστημα κλιματισμού του κτηρίου με παθητικές και ενεργητικές παρεμβάσεις.

Ενέργεια	Φορτία – Καταναλώσεις (kWh)		Μείωση – Εξοικονόμηση	
	Υφιστάμενη λειτουργία	Με την εφαρμογή των παθητικών και ενεργητικών συστημάτων	(kWh)	(%)
Φορτία κλιματισμού	87.115,4	66.875,2	20.240	23,23
Ηλεκτρική ενέργεια	24.994,3	17.719,9	7.274	29,10
Πρωτογενής ενέργεια	72.483,5	51.387,7	21.096	29,10

7. ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

Οι καταναλώσεις φωτισμού στο κτήριο της Λότζια συνίστανται κυρίως σε καταναλώσεις εσωτερικών χώρων και δευτερευόντως σε καταναλώσεις εξωτερικών χώρων.

7.1. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Στον πίνακα 34 παρουσιάζονται οι λαμπτήρες οι οποίοι βρίσκονται σήμερα εγκατεστημένοι στο κτήριο. Εν γένει αποτελούνται από λαμπτήρες φθορισμού, λαμπτήρες LED, λαμπτήρες ιωδίνης και προβολείς αλογόνου.

Πίνακας 34: Υφιστάμενα φωτιστικά κτηρίου.

Περιγραφή αίθουσας	Είδος φωτιστικού σώματος	Αριθμός φωτιστικών	Αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό	Τύπος & ισχύς λαμπτήρα (W)	Ισχύς φωτιστικού (W)	Συνολική ισχύς φωτιστικών σωμάτων (W)
		Ισόγειο				
	Φωτιστικό σώμα κρεμαστό σιδερένιο	14	1	LED / 23	23	322
	Προβολείς	2	1	Ιωδίνης / 150	150	300
Κύρια είσοδος και διάδρομοι	Φωτιστικό σώμα κρεμαστό σιδερένια μπάλα	7	1	LED / 15	15	105
	Μικροί προβολείς διαδρόμου	6	1	LED / 15	15	90
	Φωτιστικό σώμα επιτόκιο σιδερένιο	2	1	LED / 10	10	20
Αίθριο	Προβολείς	6	1	Αλογόνου / 200	200	1.200
Τμήμα Πρωτοκόλλου	Φωτιστικό σώμα "Φούσκα"	4	1	LED / 15	15	60
Τμήμα προσωπικού-ΟΓΑ-Τμήμα εσόδων-εξόδων-	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής	10	2	Γραμμικός φθορισμού / 18	36	360

Πίνακας 34: Υφιστάμενα φωτιστικά κτηρίου.

Περιγραφή αίθουσας	Είδος φωτιστικού σώματος	Αριθμός φωτιστικών	Αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό	Τύπος & ισχύς λαμπτήρα (W)	Ισχύς φωτιστικού (W)	Συνολική ισχύς φωτιστικών σωμάτων (W)
πληρωμών- Δ/νση οικονομικών υπηρεσιών- Λογιστήριο- Τμήμα δημοτικής περιουσίας- Τμήμα λογαριασμών- Τμήμα εισπράξεων, διαχείρισης		20	2	Γραμμικός φθορισμού / 36	72	1.440
	Μονόφωτο	2	1	LED / 10	10	20
WC	Μονόφωτο	8	1	LED / 10	10	80
Φωτισμός σκάλας	Επιτοίχια πολύφωτα σιδερένια	2	7	LED / 7	49	98
Συνολική ισχύς φωτιστικών ισογείου(W):						4.095
Όροφος						
Είσοδος	Φωτιστικό σώμα μεγάλο σιδερένιο	1	1	LED / 23	23	23
Γραμματεία δημοτικού συμβουλίου	Μονόφωτο	5	1	LED / 23	23	115
	Πολύφωτο	1	6	LED / 4	24	24
Γραμματεία (κισές)	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής	2	2	Γραμμικός φθορισμού / 36	72	144
Διάδρομοι	Φωτιστικό σώμα κρεμαστό σιδερένια μπάλα	9	1	LED / 23	23	207
Γραφεία αντιδημάρχων και γραφείο τύπου, γραμματεία	Πολύφωτο	4	6	Συμπαγής φθορισμού / 23	138	552
	Πολύφωτο	1	5	Συμπαγής φθορισμού / 23	115	115

Πίνακας 34: Υφιστάμενα φωτιστικά κτηρίου.

Περιγραφή αίθουσας	Είδος φωτιστικού σώματος	Αριθμός φωτιστικών	Αριθμός λαμπτήρων ανά φωτιστικό	Τύπος & ισχύς λαμπτήρα (W)	Ισχύς φωτιστικού (W)	Συνολική ισχύς φωτιστικών σωμάτων (W)
	Φωτιστικό σώμα φθορισμού οροφής	5	2	Γραμμικός φθορισμού / 18	36	180
	Μονόφωτο	2	2	LED / 4	8	16
Αίθουσα συνεδριάσεων	Πολύφωτο	8	10	LED / 7	70	560
	Πολυέλαιοι	3	38	LED / 4	152	456
Αίθουσα δημοτικού συμβουλίου	Επιτοίχια πολύφωτα	3	5	LED / 4	20	60
	Επιτοίχια πολύφωτα	8	2	LED / 4	8	64
Γραμματεία Δημάρχου	Μονόφωτο	1	1	LED / 25	25	25
Γραφείο Δημάρχου	Χωνευτά	10	1	LED / 14	14	140
	Μονόφωτο	4	1	LED / 14	14	56
Συνολική ισχύς φωτιστικών ορόφου (W):						2.737
Εξωτερικοί χώροι						
Περιμετρικός εξωτερικός φωτισμός	Φανάρι μεταλλικό	1	1	Πυράκτωσης / 70	70	70
	Προβολείς εξωτερικού χώρου	35	1	Ιωδίνης / 70	70	2.450
Συνολική ισχύς φωτιστικών εξωτερικού χώρου (W):						2.520
Συνολική ισχύς φωτιστικών κτηρίου (W):						9.352

Στις εικόνες 3 παρουσιάζονται χαρακτηριστικές φωτογραφίες από τα υφιστάμενα φωτιστικά σώματα στο κτήριο Λότζια.



Εικόνα 3α: Προβολείς αλογόνου στο αίθριο του ισογείου του κτηρίου.



Εικόνα 3β: Προβολέας ιωδίνης στην κύρια είσοδο του κτηρίου.



Εικόνα 3γ: Φωτιστικό σώμα «φούσκα» με λαμπτήρες LED στο τμήμα πρωτοκόλλου.



Εικόνα 3δ: Επίτοιχο φωτιστικό με λαμπτήρες LED στη σκάλα του κτηρίου.



Εικόνα 3ε: Πολύφωτο φωτιστικό με λαμπτήρες LEDστη Γραμματεία Δημοτικού Συμβουλίου.



Εικόνα 3στ: Πολυέλαιος με λαμπτήρες LEDστη αίθουσα Δημοτικού Συμβουλίου.



Εικόνα 3ζ: Χωνευτά φωτιστικά με λαμπτήρες LEDστο γραφείο του Δημάρχου.



Εικόνα 3η: Φωτιστικά φθορισμού οροφής σε διάφορους χώρους του κτηρίου.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτιστικά εσωτερικών χώρων του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας παρουσιάζεται στον πίνακα 35. Ο υπολογισμός της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού των εσωτερικών χώρων του κτηρίου προκύπτει με βάση την εγκατεστημένη ισχύ, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 34, ένα συντελεστή ταυτοχρονισμού λειτουργίας και το ωράριο λειτουργίας του κτηρίου.

Πίνακας 35: Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, για τις ανάγκες φωτισμού των εσωτερικών χώρων του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας του.

Μήνας	Χρόνος λειτουργίας καθημερινά (h)	Συντελεστής ταυτοχρονισμού	Μέρες ανά μήνα	Μηνιαίος χρόνος λειτουργίας (h)	Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	10	0,8	21	210	1.147,8
Φεβρουάριος	10	0,7	22	220	1.052,1
Μάρτιος	10	0,6	23	230	942,8
Απρίλιος	10	0,5	22	220	751,5
Μάιος	10	0,4	23	230	628,5
Ιούνιος	10	0,2	22	220	300,6
Ιούλιος	10	0,2	23	230	314,3
Αύγουστος	10	0,2	23	230	314,3
Σεπτέμβριος	10	0,3	22	220	450,9
Οκτώβριος	10	0,5	23	230	785,7
Νοέμβριος	10	0,7	22	220	1.052,1
Δεκέμβριος	10	0,8	21	210	1.147,8
Ετήσια σύνολα:				2.670	8.888,4
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας:					25.776,5

Επιπλέον, για τους εξωτερικούς χώρους του κτηρίου θεωρείται ότι οι υφιστάμενοι προβολείς λειτουργούν πλήρως από τη δύση ως την ανατολή του ηλίου για όλο το έτος. Ο υπολογισμός της αντίστοιχης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται στον πίνακα 36.

Πίνακας 36: Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, για τις ανάγκες φωτισμού των εξωτερικών χώρων του κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας του.

Μήνας	Ημέρες μήνα	Χρόνος λειτουργίας καθημερινά (h)	Μηνιαίος χρόνος λειτουργίας (h)	Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	31	13,0	403,0	1.015,6
Φεβρουάριος	28	12,0	336,0	846,7
Μάρτιος	31	11,5	356,5	898,4
Απρίλιος	30	10,0	300,0	756,0
Μάιος	31	8,5	263,5	664,0
Ιούνιος	30	7,5	225,0	567,0
Ιούλιος	31	7,5	232,5	585,9
Αύγουστος	31	8,0	248,0	625,0
Σεπτέμβριος	30	9,0	270,0	680,4
Οκτώβριος	31	10,5	325,5	820,3
Νοέμβριος	30	11,5	345,0	869,4
Δεκέμβριος	31	13,0	403,0	1.015,6
Ετήσια σύνολα:			3.708,0	9.344,2
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας:				27.098,1

Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους πίνακες 35 και 36, η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο κτήριο για τις ανάγκες φωτισμού ανέρχεται σε **18.232,6kWh**. Με βάση τη συνολική υφιστάμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο κτήριο (πίνακας 1), καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό αντιστοιχεί στο 20,4% της συνολικής ετήσιας ενεργής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (89.440 kWh).

Η ετήσια υφιστάμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί σε 52.874,5 kWh πρωτογενούς ενέργειας, θεωρώντας, βάσει του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.) συντελεστή μετατροπής ίσο με 2,9 [7].

7.2. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Για την ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού του κτηρίου προτείνεται η αντικατάσταση όσων λαμπτήρων του κτηρίου δεν είναι τεχνολογίας LED με νέους, χαμηλής κατανάλωσης. Στον πίνακα 37 παρουσιάζονται οι λαμπτήρες και τα φωτιστικά που προτείνονται προς εγκατάσταση στη θέση των υφιστάμενων. Όλοι οι υφιστάμενοι λαμπτήρες φθορίου ή πυρακτώσεως αντικαθίστανται από λαμπτήρες LED με φωτεινή ροή αντίστοιχη των υφιστάμενων. Επίσης επιλέγονται λαμπτήρες LED χαμηλότερης κατανάλωσης από τους υφιστάμενους. Διευκρινίζεται ότι στη συνολική κατανάλωση ισχύος συνυπολογίζεται και η κατανάλωση των ballasts των φωτιστικών φθορίου.

Πίνακας 37: Υφιστάμενα φωτιστικά κτηρίου.

Περιγραφή αίθουσας	Τύπος & ισχύς λαμπτήρα (W)	Αριθμός λαμπτήρων	Συνολική ισχύς (W)	Τύπος & ισχύς λαμπτήρα (W)	Αριθμός λαμπτήρων	Συνολική ισχύς (W)
Ισόγειο						
Κύρια είσοδος και διάδρομοι	LED / 23	14	322	LED / 18	14	252
	Ιωδίνης / 150	2	300	LED / 50	2	100
	LED / 15	7	105	LED / 15	7	105
	LED / 15	6	90	LED / 10	6	60
Αίθριο	LED / 10	2	20	LED / 10	2	20
	Αλογόνου / 200	6	1200	LED / 12	6	72
Τμήμα Πρωτοκόλλου	LED / 15	4	60	LED / 15	4	60
Τμήμα προσωπικού-ΟΓΑ-Τμήμα εσόδων-εξόδων-	Γραμμικός φθορισμού / 18	20	360	LED / 10	20	200

Πίνακας 37: Υφιστάμενα φωτιστικά κτηρίου.

Περιγραφή αίθουσας	Τύπος & ισχύς λαμπτήρα (W)	Αριθμός λαμπτήρων	Συνολική ισχύς (W)	Τύπος & ισχύς λαμπτήρα (W)	Αριθμός λαμπτήρων	Συνολική ισχύς (W)
πληρωμών-Δ/νση οικονομικών υπηρεσιών-Λογιστήριο-Τμήμα δημοτικής περιουσίας-Τμήμα λογαριασμών-Τμήμα εισπράξεων, διαχείρισης	Γραμμικός φθορισμού / 36	40	1440	LED / 20	40	800
WC	LED / 10	2	20	LED / 9	2	18
Φωτισμός σκάλας	LED / 10	8	80	LED / 9	8	72
	LED / 7	14	98	LED / 4	14	56
	Σύνολα:	125	4.095		125	1.815
Όροφος						
Είσοδος	LED / 23	1	23	LED / 18	1	18
Γραμματεία δημοτικού συμβουλίου	LED / 23	5	115	LED / 18	5	90
	LED / 4	6	24	LED / 4	6	24
Γραμματεία (κισές)	Γραμμικός φθορισμού / 36	4	144	LED / 20	4	80
Διάδρομοι	LED / 23	9	207	LED / 18	9	162
	Συμπαγής φθορισμού / 23	24	552	LED / 8	24	192
Γραφεία αντιδημάρχων και γραφείο τύπου, γραμματεία	Συμπαγής φθορισμού / 23	5	115	LED / 8	5	40
	Γραμμικός φθορισμού / 18	10	180	LED / 10	10	100
	LED / 4	4	16	LED / 4	4	16
Αίθουσα	LED / 7	80	560	LED / 8	80	640

Πίνακας 37: Υφιστάμενα φωτιστικά κτηρίου.

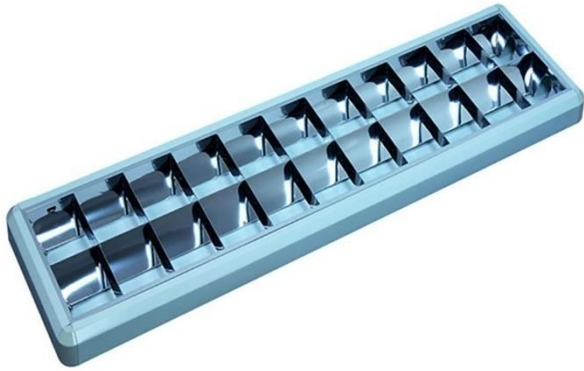
Περιγραφή αίθουσας	Τύπος & ισχύς λαμπτήρα (W)	Αριθμός λαμπτήρων	Συνολική ισχύς (W)	Τύπος & ισχύς λαμπτήρα (W)	Αριθμός λαμπτήρων	Συνολική ισχύς (W)
συνεδριάσεων						
Αίθουσα δημοτικού συμβουλίου	LED / 4	114	456	LED / 4	114	456
Γραμματεία Δημάρχου	LED / 4	15	60	LED / 4	15	60
Γραμείο Δημάρχου	LED / 4	16	64	LED / 4	16	64
	LED / 25	1	25	LED / 22	1	22
	LED / 14	10	140	LED / 12	10	120
	LED / 14	4	56	LED / 13	4	52
	Σύνολα:	308	2.737		308	2.136
Εξωτερικοί χώροι						
Περιμετρικός εξωτερικός φωτισμός	Πυράκτωσης / 70	1	70	LED / 9	1	9
	Ιωδίνης / 70	35	2.450	LED / 20	35	700
	Σύνολα:	36	2.520		36	709
	Σύνολα κτηρίου:	469	9.352		469	4.660

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 37, στον πίνακα 38 συνοψίζονται τα αποτελέσματα σχετικά με τη μείωση της εγκατεστημένης ισχύος φωτιστικών σωμάτων.

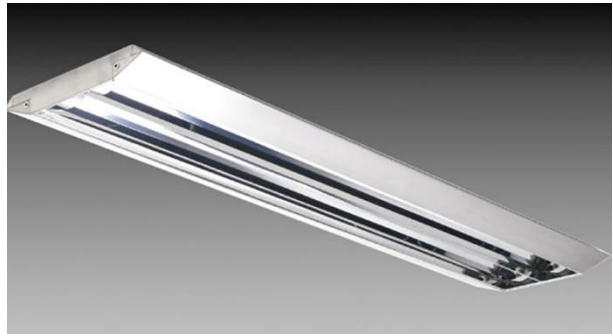
Πίνακας 38: Μείωση ονομαστικής ισχύος φωτισμού στο κτήριο.

Χώρος	Ονομαστική ισχύς φωτισμού (W)		Εξοικονόμηση	
	Υφιστάμενη	Προτεινόμενη	Ισχύς (W)	Ποσοστό (%)
Ισόγειο	4.095,0	1.815,0	2.280,0	55,68
Όροφος	2.737,0	2.136,0	601,0	21,96
Σύνολο εσωτερικών χώρων	6.832,0	3.951,0	2.881,0	42,17
Εξωτερικοί χώροι	2.520,0	709,0	1.811,0	71,87
Σύνολο κτηρίου	9.352,0	4.660,0	4.692,0	50,17

Πλέον της αντικατάστασης λαμπτήρων, προτείνεται επίσης η αντικατάσταση όλων των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων φθορίου με νέα, ανακλαστικά, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται υψηλή συγκέντρωση φωτεινής ροής και μεγιστοποίηση της απόδοσης του λαμπτήρα. Όλα τα νέα φωτιστικά οροφής θα είναι εφοδιασμένα με ηλεκτρονικό ballast, με σώμα από ατσάλι, βαμμένο λευκό με ηλεκτροστατική βαφή, διπλό παραβολικό από ανοδιωμένο αλουμίνιο. Με βάση την επιτόπια αποτύπωση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων, θα χρειαστεί να εγκατασταθούν 42 νέα φωτιστικά σώματα φθορισμού. Ενδεικτικά παρέχονται οι εικόνες 4 για τα νέα προτεινόμενα φωτιστικά φθορισμού.



Εικόνα 4α: Φωτιστικό 2 x T8 1.200mm.



Εικόνα 4β: Φωτιστικό 2 x T8 1.500mm

7.3. ΝΕΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω των παρεμβάσεων φωτισμού επιτυγχάνεται λόγω της μείωσης της ονομαστικής ισχύος από τους προτεινόμενους λαμπτήρες και προβολείς.

Η μείωση της ονομαστικής ισχύος των νέων λαμπτήρων παρουσιάζεται και υπολογίζεται αναλυτικά στον πίνακα 38. Ο υπολογισμός της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού του κτηρίου ακολουθεί την ίδια φιλοσοφία με τον υπολογισμό για την υφιστάμενη κατανάλωση που παρουσιάστηκε στους πίνακες 35 και 36, ενημερωμένος ωστόσο με βάση τα νέα δεδομένα αναφορικά με τη συνολική ισχύ των λαμπτήρων εσωτερικών χώρων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες 39 και 40 για τον εσωτερικό και τον εξωτερικό φωτισμό του κτηρίου αντίστοιχα.

Πίνακας 39: Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, για τις ανάγκες φωτισμού των εσωτερικών χώρων του κτηρίου στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας του.

Μήνας	Χρόνος λειτουργίας καθημερινά (h)	Συντελεστής ταυτοχρονισμού	Μέρες ανά μήνα	Μηνιαίος χρόνος λειτουργίας (h)	Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	10	0,8	21	210	663,8
Φεβρουάριος	10	0,7	22	220	608,5
Μάρτιος	10	0,6	23	230	545,2
Απρίλιος	10	0,5	22	220	434,6
Μάιος	10	0,4	23	230	363,5
Ιούνιος	10	0,2	22	220	173,8
Ιούλιος	10	0,2	23	230	181,7
Αύγουστος	10	0,2	23	230	181,7
Σεπτέμβριος	10	0,3	22	220	260,8
Οκτώβριος	10	0,5	23	230	454,4
Νοέμβριος	10	0,7	22	220	608,5
Δεκέμβριος	10	0,8	21	210	663,8
Ετήσια σύνολα:				2.670	5.140,3
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας:					14.906,7

Πίνακας 40: Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, για τις ανάγκες φωτισμού των εξωτερικών χώρων του κτηρίου στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας του.

Μήνας	Ημέρες μήνα	Χρόνος λειτουργίας καθημερινά (h)	Μηνιαίος χρόνος λειτουργίας (h)	Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	31	13,0	403,0	285,7
Φεβρουάριος	28	12,0	336,0	238,2
Μάρτιος	31	11,5	356,5	252,8
Απρίλιος	30	10,0	300,0	212,7
Μάιος	31	8,5	263,5	186,8
Ιούνιος	30	7,5	225,0	159,5
Ιούλιος	31	7,5	232,5	164,8
Αύγουστος	31	8,0	248,0	175,8
Σεπτέμβριος	30	9,0	270,0	191,4
Οκτώβριος	31	10,5	325,5	230,8
Νοέμβριος	30	11,5	345,0	244,6
Δεκέμβριος	31	13,0	403,0	285,7
Ετήσια σύνολα:			3.708,0	2.629,0
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας:				7.624,0

Η ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής και πρωτογενούς ενέργειας στο σύστημα φωτισμού συνοψίζεται στον πίνακα 41. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που αντιστοιχεί στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής 2,9 βάσει του Κ.ΕΝ.Α.Κ. [7].

Πίνακας 41: Σύνοψη αποτελεσμάτων εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτηρίου.

Χώρος	Υφιστάμενη λειτουργία		Προτεινόμενη λειτουργία		Εξοικονόμηση		Ποσοστό (%)
	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής ενέργεια (kWh)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής ενέργεια (kWh)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής ενέργεια (kWh)	
Εσωτερικοί χώροι	8.888,4	25.776,5	5.140,3	14.906,7	3.748,2	10.869,7	42,2
Εξωτερικοί χώροι	9.344,2	27.098,1	2.629,0	7.624,0	6.715,2	19.474,0	71,9
Σύνολο κτηρίου	18.232,6	52.874,5	7.769,2	22.530,7	10.463,4	30.343,8	57,4

8. ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΞΕΡΓΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Με βάση την υφιστάμενη λειτουργία του κτηρίου και τους υπολογισμούς που προηγήθηκαν για τις υφιστάμενες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα κλιματισμού και φωτισμού του κτηρίου, εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα για το έτος αναφοράς 2019:

- ετήσια συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: 89.440 kWh (πίνακας 1, ενότητα 1.3)
- ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό: 24.994 kWh (πίνακας 18, ενότητα 3.5)
- ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό: 18.233 kWh (πίνακες 35 & 36, ενότητα 7.1).

Αθροίζοντας τις ανωτέρω ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό και το φωτισμό του κτηρίου, παίρνουμε συνολική ετήσια κατανάλωση για τις δύο αυτές χρήσεις ίση με 43.227 kWh, η οποία αντιστοιχεί στο 48,3% της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο κτήριο. Η υπόλοιπη ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ισούται με 46.213kWh και καταναλώνεται κυρίως στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές του κτηρίου.

Για την εκτίμηση της συμβολής αυτής λαμβάνονται οι ακόλουθες παραδοχές:

- αριθμός ηλεκτρονικών υπολογιστών στο κτήριο βάσει επιτόπιας αυτοψίας: 84
- ποσοστό ταυτοχρονισμένης λειτουργίας: 60%
- μέση κατανάλωση ισχύος ανά ηλεκτρονικό υπολογιστή: 400W
- χρόνος λειτουργίας: 8 ώρες ημερησίως x 5 ημέρες εβδομαδιαίως x 52 εβδομάδες ετησίως = 2.080h.

Με βάση τις ανωτέρω παραδοχές, η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές του κτηρίου υπολογίζεται:

$$84 \times 400W \times 2.080h \times 0,60 = 41.932,8 \text{ kWh.}$$

Προκύπτουν ακόμα 4.280,2 kWh ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες καταναλώνονται στον ανελκυστήρα, στα πιεστικά συγκροτήματα και σε διάφορες λοιπές μικρότερες συσκευές.

Οι τελευταίες αυτές καταναλώσεις δεν θα αλλάξουν με τη νέα λειτουργία του κτηρίου μετά τις παρεμβάσεις. Με βάση τα ανωτέρω, μπορούμε πλέον να εκτιμήσουμε τη σύνθεση της νέας, προκύπτουσας ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία παρουσιάζεται στον πίνακα 42.

Πίνακας 42: Σύνθεση νέας ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατανάλωση συστήματος κλιματισμού	17.719,9
Κατανάλωση φωτισμού	7.769,2
Κατανάλωση ηλεκτρονικών υπολογιστών	41.932,8
Λοιπές καταναλώσεις	4.280,2
Νέα κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	71.702,1

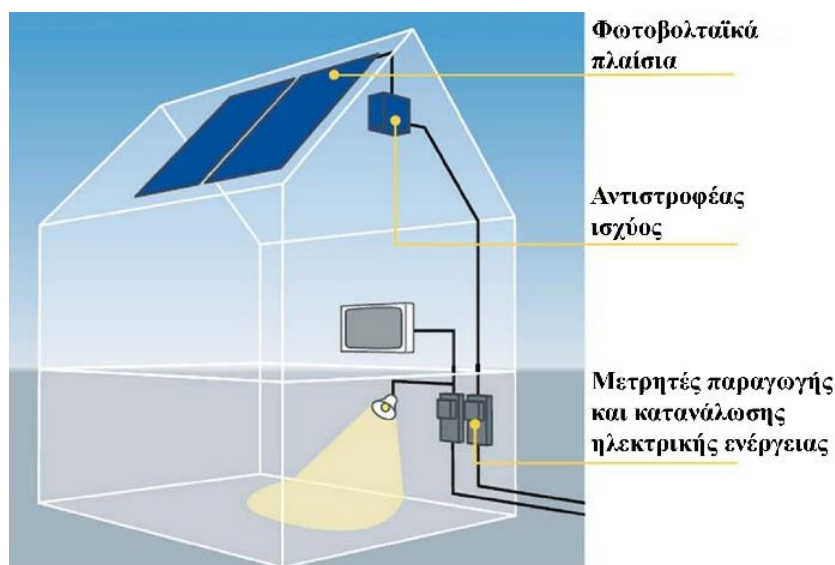
9. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Α.Π.Ε.

9.1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. θα αποτελείται από φωτοβολταϊκό σταθμό, ο οποίος θα εγκατασταθεί επί του δώματος του κτηρίου. Ο φωτοβολταϊκός σταθμός θα εγκατασταθεί με στόχο το συμψηφισμό της παραγωγής και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο κτήριο για τις ανάγκες κλιματισμού και φωτισμού του κτηρίου, οι οποίες συνυπολογίζονται για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου βάσει Κ.ΕΝ.Α.Κ. Το μέγεθος του φωτοβολταϊκού σταθμού θα καθοριστεί από τη διαθέσιμη έκταση του δώματος, η οποία με δεδομένη την υφιστάμενη διαμόρφωση, το χώρο που καταλαμβάνεται από τα αίθρια και για την εγκατάσταση της αντλίας θερμότητας, ανέρχεται σε ένα καθαρό διαθέσιμο χώρο περίπου 800 m² ο οποίος διατίθεται στο κυρίως δώμα του κτηρίου, καθώς επίσης και από τη μέγιστη δυνάμενη να εγκατασταθεί ισχύ για καθεστώς ετήσιου ενεργειακού συμψηφισμού (net metering).

Η μέγιστη ισχύς που δύναται να εγκατασταθεί στο αυτόνομο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης σε καθεστώς net metering, για φορείς δημοσίου συμφέροντος, όπως ο Δήμος Ηρακλείου, και με σύνδεση στη χαμηλή τάση, ισούται με 100 kWp, με την προϋπόθεση ότι τούτη δεν υπερβαίνει το 100% της συμφωνημένης ισχύος διασύνδεσης της τοπικής κατανάλωσης με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η συμφωνημένη ισχύς διασύνδεσης της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης του Δημαρχείου Ηρακλείου με το τοπικό δίκτυο ισούται με 85kVA, η οποία καθορίζει και τη μέγιστη δυνάμενη ισχύ για το φωτοβολταϊκό σταθμό στα 85kWp. Το σύστημα θα συμπληρώνεται από πίνακες ελέγχου και μετατροπείς ισχύος (inverter) για τη διάθεση της ισχύος στο τοπικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η φιλοσοφία εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού σε καθεστώς net metering παρουσιάζεται γραφικά στο σχήμα 35. Συγκεκριμένα, το παραγόμενο συνεχές ρεύμα από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο σε μετατροπέα για να διατεθεί στο δίκτυο. Ένας μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας μετράει την ενέργεια που διοχετεύεται στο δίκτυο από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, ενώ ένας δεύτερος μετρητής ενέργειας καταγράφει την ενέργεια που καταναλώνεται από το δίκτυο για τις ανάγκες λειτουργίας του κτηρίου. Η χρέωση ή η πίστωση ηλεκτρικής ενέργειας στον τελικό καταναλωτή προκύπτει από το αλγεβρικό άθροισμα παραγωγής – κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 35: Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκό σταθμό με στόχο το συμψηφισμό της παραγωγής – κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

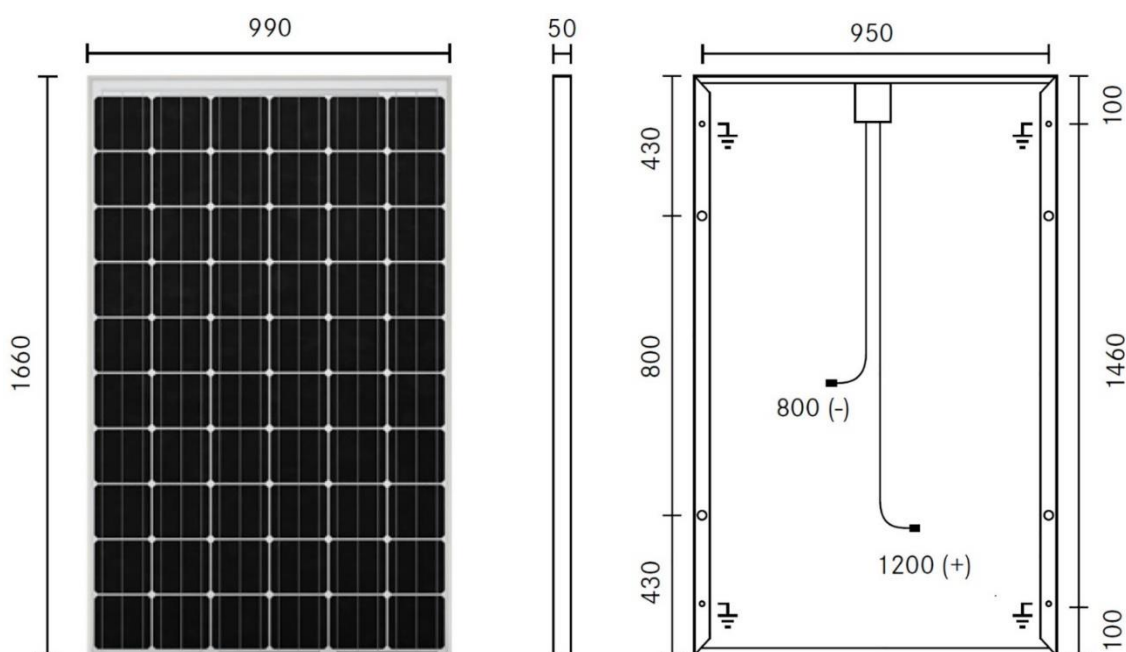
9.2. Ο ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

9.2.1. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Με δεδομένα την υψηλή δυνάμενη να εγκατασταθεί μέγιστη ισχύ του φωτοβολταϊκού σταθμού και τη σχετικά περιορισμένη διαθέσιμη έκταση, προτείνεται φωτοβολταϊκό πλαίσιο με υψηλή ονομαστική ισχύ. Ως εκ τούτου προτείνεται η εγκατάσταση μονοκρυσταλλικού φωτοβολταϊκού πλαισίου. Ενδεικτικά, στον πίνακα 43 παρουσιάζονται βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού πλαισίου που προτείνεται να χρησιμοποιηθεί. Στο σχήμα 36 παρουσιάζεται η εμπρόσθια όψη του πλαισίου και σκαρίφημα με τις βασικές διαστάσεις του σε mm.

Πίνακας 43: Προδιαγραφές φωτοβολταϊκού πλαισίου.

Ονομαστική ισχύς (Wp)	≥300
Τύπος στοιχείου	μονοκρυσταλλικό
Θερμοκρασιακό πεδίο λειτουργίας (°C)	-40 – 85
Ονομαστική τάση λειτουργίας (V)	31,2
Ονομαστική ένταση λειτουργίας (A)	9,63
Τάση ανοιχτού κυκλώματος σε πρότυπες συνθήκες (V)	39,40
Ένταση βραχυκύκλωσης (A)	9,97
Θερμοκρασιακός συντελεστής τάσης ανοιχτού κυκλώματος (%/°C)	-0,290
Απόδοση στοιχείου στο ονομαστικό σημείο λειτουργίας (%)	18,25
Βάρος (kg)	20
Μέγιστη αντοχή σε μηχανική τάση (Pa)	2.400



Σχήμα 36: Εμπρόσθια όψη του φωτοβολταϊκού πλαισίου και σκαρίφημα με τις βασικές διαστάσεις του σε mm.

9.2.2. Έδραση φωτοβολταϊκών πλαισίων

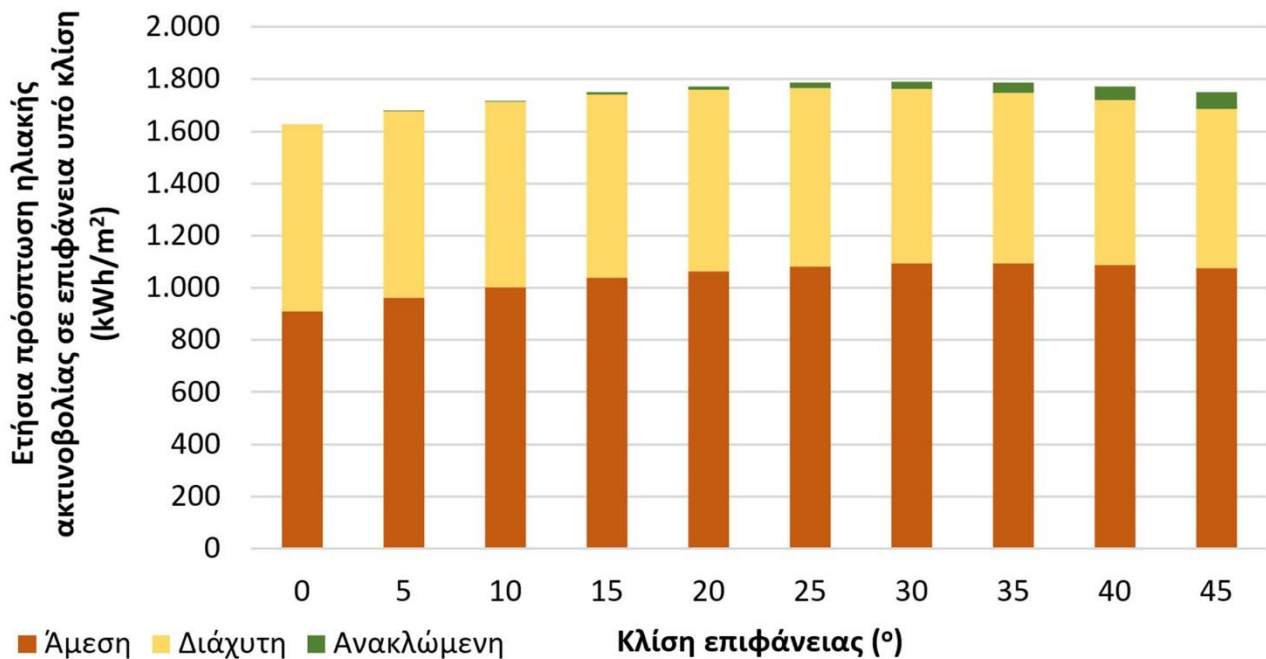
Ο βέλτιστος προσανατολισμός εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι ο νότιος (αζιμούθιο επιφανείας 0°), ενώ η βέλτιστη κλίση εγκατάστασης των πλαισίων, με δεδομένο το γεωγραφικό πλάτος της θέσης του κτηρίου, είναι της τάξης των 25° – 35°. Ωστόσο, με βάση σχετική παρατήρηση της αρμόδιας αρχαιολογικής υπηρεσίας, με δεδομένο τον ιστορικό χαρακτήρα του κτηρίου, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η όποια οπτική αλλοίωση και ο συνολικός όγκος του κτηρίου, απαιτήθηκε η οριζόντια εγκατάσταση των πλαισίων, δηλαδή με κλίση 0° ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Συνεπώς, η χωροθέτηση των πλαισίων θα πρέπει να γίνει με προσανατολισμό παράλληλο με τις ακμές του κτηρίου, δηλαδή είτε νοτιοδυτικό, είτε νοτιοανατολικό.

Στον πίνακα 44 παρουσιάζεται η διακύμανση της συνολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, σε επίπεδη επιφάνεια εγκατεστημένη στις γεωγραφικές συντεταγμένες του κτηρίου, συναρτήσει της κλίσης εγκατάστασής της ως προς το οριζόντιο επίπεδο, για νότιο προσανατολισμό. Η μέγιστη προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία προκύπτει για κλίση εγκατάστασης 35° ως προς το οριζόντιο επίπεδο (1.791 kWh/m²). Ωστόσο, με βάση τα προαναφερόμενα, η εγκατάσταση αυτή δεν είναι εφικτή. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια επιβάλλεται να τοποθετηθούν επίπεδα επί του δώματος του κτηρίου, με κλίση εγκατάστασης 0°. Η υστέρηση στην ετήσια πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας λόγω μη βέλτιστης κλίσης εγκατάστασης, υπολογίζεται ίση με 163 kWh/m² (9,1 %). Ας σημειωθεί ότι με την οριζόντια εγκατάσταση των πλαισίων επί του δώματος του κτηρίου αποφεύγεται η οποιαδήποτε οπτική όχληση ή αισθητική αλλοίωση του κτηρίου, καθώς και η αλλαγή του όγκου του κτηρίου.

Πίνακας 44: Υπολογισμός και ανάλυση της συνολικής ετήσιας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε kWh/m² σε επίπεδη επιφάνεια στη θέση του κτηρίου Λότζια, συναρτήσει της κλίσης της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Συνιστώσα ηλιακής ακτινοβολίας	Κλίση εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πλαισίων (°)									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	Ετήσια πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας σε επίπεδη επιφάνεια υπό κλίση (kWh/m ²)									
Άμεση	911	961	1.003	1.038	1.064	1.083	1.093	1.095	1.089	1.074
Διάχυτη	716	715	711	704	695	683	668	651	632	611
Ανακλώμενη	0	1	3	7	13	20	29	39	51	64
Συνολική	1.628	1.677	1.717	1.749	1.772	1.786	1.791	1.786	1.772	1.749

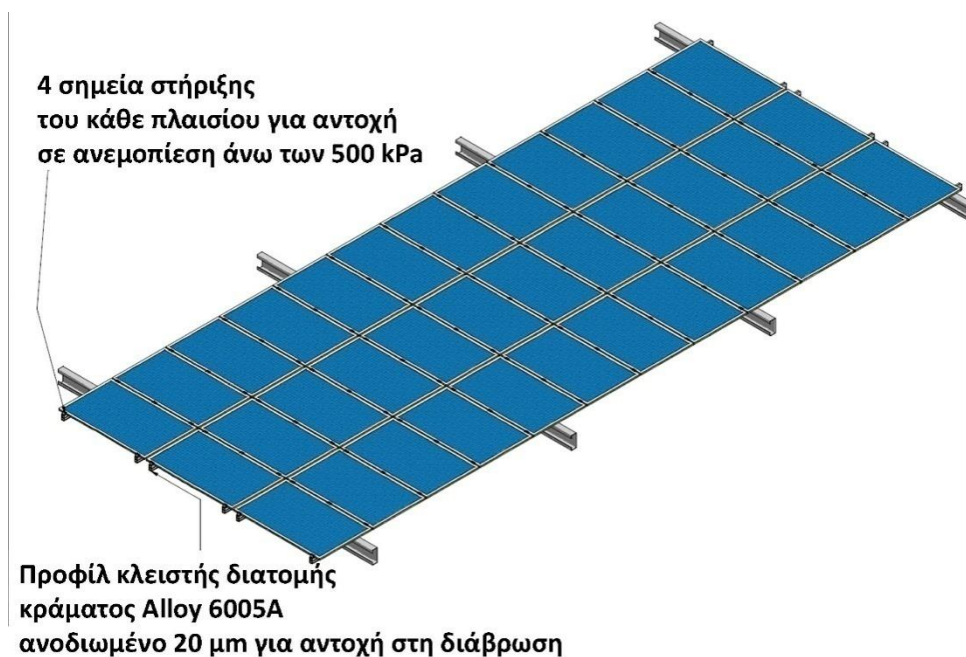
Η πληροφορία του πίνακα 44 παρουσιάζεται επίσης σε μορφή διαγράμματος στο σχήμα 37.



Σχήμα 37: Διακύμανση της ετήσιας πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας σε επιφάνεια συναρτήσεως της κλίσης εγκατάστασής της προς το οριζόντιο επίπεδο, για τη θέση του υπό μελέτη κτηρίου.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα τοποθετηθούν σταθερά επί βάσεως αλουμινίου, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 38, βάσει προτεινόμενου σχεδιασμού εμπειρογνώμονα που εξειδικεύεται στα συστήματα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πλαισίων επί του εδάφους και επί στεγών. Όπως εξηγείται στο σχήμα 38, κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο εδράζεται σε δύο οριζόντιες τεγίδες. Συνολικά το κάθε πλαίσιο εδράζεται σε 4 σημεία (2 σημεία ανά τεγίδα). Τα υλικά έδρασης θα είναι από κράμα αλουμινίου Alloy 6005A, με πάχος ανοδίωσης 20μm και με τα ακόλουθα πιστοποιητικά:

- πιστοποιητικό κράματος
- πιστοποιητικό ανοδίωσης
- 20ετή εγγύηση προϊόντος
- πιστοποιήσεις κατασκευαστή κατά ISO 9001, 14001 και ΕΛΟΤ 1801.



Σχήμα 38: Σκαρίφημα έδρασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε δώμα.

Όσον αφορά στη σύνδεση του συστήματος έδρασης με το δώμα του κτηρίου, θα εφαρμοστεί κατάλληλη αγκύρωση. Αυτή μπορεί να γίνει εναλλακτικά είτε με την προσθήκη φορτίου, ή με τη χρήση κοχλιών. Στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει το βάρος που θα τοποθετηθεί να είναι σύμφωνο με τη στατική μελέτη του κτηρίου. Στην περίπτωση χρήσεως κοχλιών, θα πρέπει να μην τραυματιστεί η υφιστάμενη μόνωση. Και στις δύο περιπτώσεις, ο προμηθευτής του συστήματος έδρασης οφείλει να παράσχει τις προδιαγραφές για την αγκύρωση και να μεριμνήσει σχετικά με τα ανωτέρω.

9.2.3. Ο αντιστροφείας ισχύος του φωτοβολταϊκού σταθμού

Ο επιλεγμένος τύπος αντιστροφεία θα έχει μέγιστη τάση κατάλληλη για τη σύνδεση των Φ/Β πλαισίων ενώ θα διαθέτει και την υψηλότερη δυνατή απόδοση για μεγιστοποίηση της ενεργειακής απολαβής, με σύστημα ανίχνευσης μέγιστης παραγωγής ισχύος (maximum power point tracking). Ενδεικτικά στον πίνακα 45 παρέχονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά κατάλληλου για την περίπτωση τύπου αντιστροφεία ισχύος για φωτοβολταϊκά πλαίσια και ειδικότερα για το απαιτούμενο μέγεθος με βάση την ονομαστική ισχύ του συγκεκριμένου σταθμού.

Πίνακας 45: Προδιαγραφές αντιστροφή ισχύος.

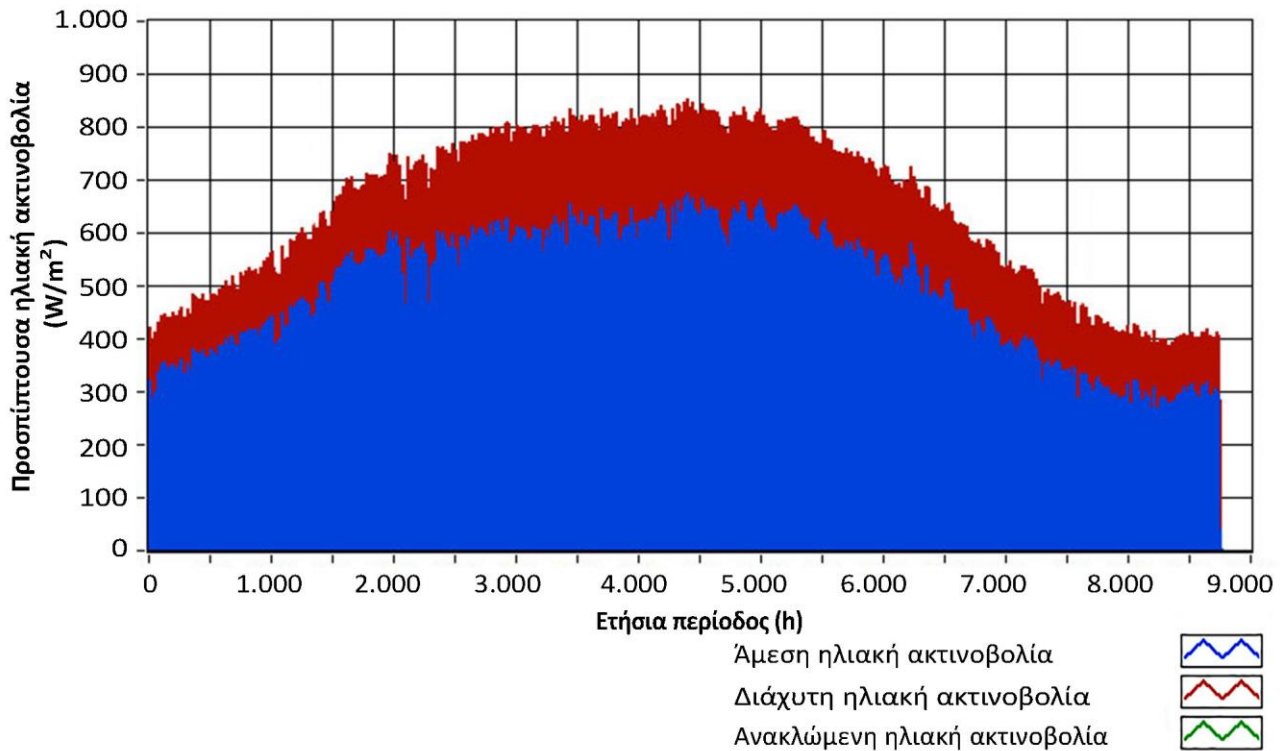
Τιμές εισόδου	
Μέγιστη ισχύς εισόδου DC (kWp)	20,44
Μέγιστη τάση εισόδου (V)	1.000
Ονομαστική τάση εισόδου (V)	600
Ελάχιστη τάση εισόδου (V)	150
Τάση εκκίνησης (V)	188
Μέγιστη τάση MPP (V)	800
Μέγιστη ένταση εισόδου ανά ανίχνευση σημείου μέγιστης ισχύος (A)	33
Μέγιστη ένταση βραχυκύκλωσης ανά ανίχνευση σημείου μέγιστης ισχύος (A)	43
Στοιχειοσειρές ανά είσοδο MPP	3 / 3
Τιμές εξόδου	
Μέγιστη φαινόμενη ισχύς AC (kVA)	20,00
Ισχύς μέτρησης (kW)	20,00
Εύρος ονομαστικής τάσης AC (V)	160 – 280
Συχνότητα δικτύου (Hz)	44 – 65
Φάσεις τροφοδοσίας	3
Μέγιστος βαθμός απόδοσης (%)	98,5
Γενικά	
Βάρος (kg)	61
Τύπος προστασίας	IP65
Διαστάσεις (Π x Υ x Β) (mm)	665 x 690 x 265

9.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

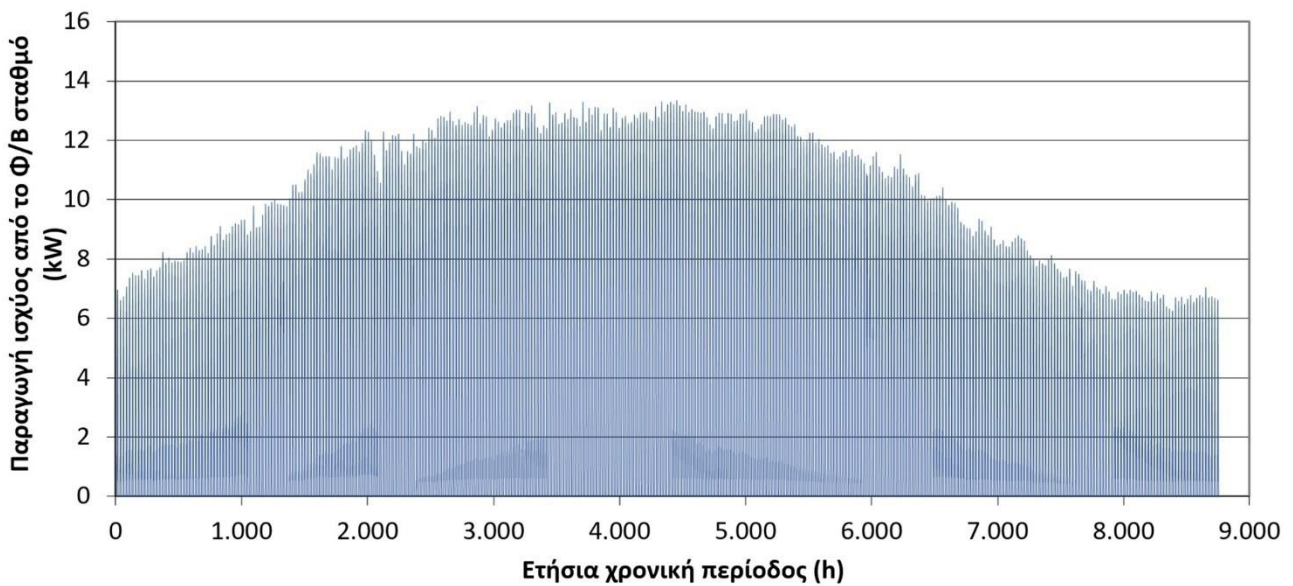
Για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία οι ενεργειακοί υπολογισμοί του συστήματος υλοποιούνται με μέσες ωριαίες τιμές για διάστημα ενός έτους. Για τον υπολογισμό της απώριψης θερμότητας προς το περιβάλλον λόγω θερμικής συναγωγής χρησιμοποιείται η προαναφερόμενη χρονοσειρά ταχύτητας ανέμου (ενότητα 2.4). Για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας των φωτοβολταϊκών στοιχείων χρησιμοποιείται ετήσια χρονοσειρά μέσων ωριαίων τιμών θερμοκρασιών περιβάλλοντος βάσει των μετεωρολογικών δεδομένων που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 2.1. Τέλος, χρησιμοποιείται η χρονοσειρά ηλιακής ακτινοβολίας που παρουσιάστηκε στην ενότητα 2.5. Από τη χρονοσειρά αυτή, ακολουθώντας τη βασική θεωρία ηλιακής γεωμετρίας και ακτινοβολίας [3, 4], υπολογίζεται τελικά η ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στα φωτοβολταϊκά πλαίσια, με δεδομένη την εγκατάσταση με κλίση 0° ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Όλα τα μετεωρολογικά δεδομένα λήφθηκαν για το έτος αναφοράς 2019. Η ετήσια διακύμανση της ολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια, με διάκριση σε άμεση, διάχυτη και ανακλώμενη, παρουσιάζεται στο σχήμα 39.

Παρατηρείται ότι η συμβολή της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας είναι μηδαμινή, όπως άλλωστε αναμενόταν, λόγω της μηδενικής κλίσης εγκατάστασης των πλαισίων.

Η διαδικασία υπολογισμού παραγωγής ισχύος από το φωτοβολταϊκό σταθμό περιγράφεται στη σχετική βιβλιογραφία [8, 9]. Η τελικά προτεινόμενη ονομαστική ισχύς για το φωτοβολταϊκό σταθμό ανέρχεται στα 19,5kWp, η οποία διαμορφώνεται από την εγκατάσταση 65 πλαισίων ισχύος 300Wp έκαστο. Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από το φωτοβολταϊκό σταθμό παρουσιάζεται στο σχήμα 40.



Σχήμα 39: Διακύμανση της ολικής προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια.



Σχήμα 40: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από τον προτεινόμενο φωτοβολταϊκό σταθμό.

Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σταθμό υπολογίζεται με ολοκλήρωση της ανωτέρω ετήσιας χρονοσειράς ίση με **26.109,4 kWh**, η οποία αντιστοιχεί σε ετήσιο τελικό συντελεστή απασχόλησης ίσο με **15,3 %**. Η ανωτέρω παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί σε αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με **75.717,2kWh**, λαμβάνοντας συντελεστή μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας σε πρωτογενή ίση με 2,9, βάσει της σχετικής Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ) 20701-1/2017 [7].

9.4. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Για την εγκατάσταση συνολικά 19,5kWp φωτοβολταϊκής ισχύος θα χρησιμοποιηθούν 65 πλαίσια ονομαστικής ισχύος 300Wp έκαστο. Για τη διασύνδεσή τους με το τοπικό δίκτυο θα χρησιμοποιηθεί ένας (1) αντιστροφέας ισχύος ονομαστικής ισχύος 20 kW.

Στην είσοδο A του αντιστροφέα θα διασυνδεθούν δύο στοιχειοσειρές φωτοβολταϊκών πλαισίων με 22 πλαίσια ανά στοιχειοσειρά και στην είσοδο B του μετατροπέα θα διασυνδεθεί μία στοιχειοσειρά με 21 πλαίσια. Η συνολική ισχύς ανά στοιχειοσειρά συνεπώς διαμορφώνεται στα:

- είσοδος A: $22 \times 300\text{Wp} = 6,6\text{kWp}$
- είσοδος B: $21 \times 300\text{Wp} = 6,3\text{kWp}$

και η συνολική ισχύς εισόδου DC στον αντιστροφέα ισχύος διαμορφώνεται στα:

$$2 \times 6,6 + 1 \times 6,3 \text{ kWp} = 19,5\text{kWp}.$$

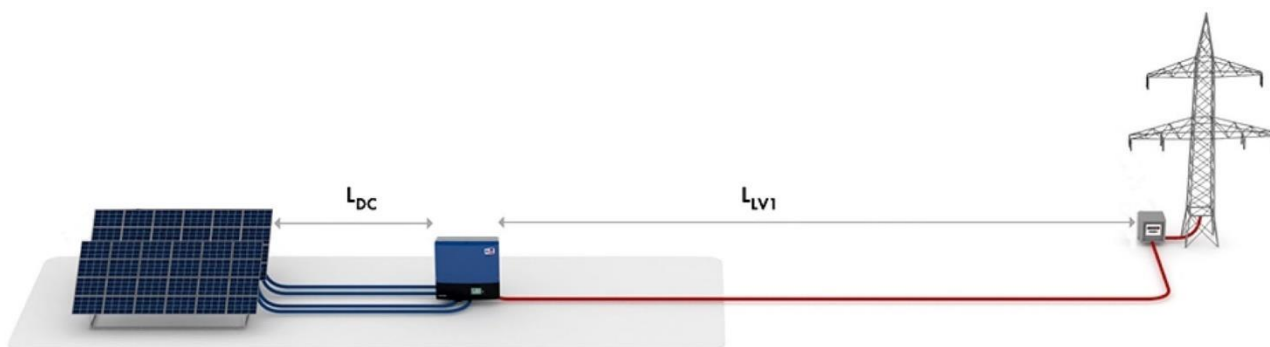
Συνεπώς προκύπτουν συνολικά 3 στοιχειοσειρές φωτοβολταϊκών πλαισίων. Τα ανωτέρω συνοψίζονται στον πίνακα 46.

Πίνακας 46: Διαμόρφωση φωτοβολταϊκού σταθμού.

	Είσοδος A	Είσοδος B
Αριθμός στοιχειοσειρών	2	1
Φωτοβολταϊκά πλαίσια ανά στοιχειοσειρά	22	21
Ισχύς αιχμής DC (kWp)	13,2	6,3
Συνολική ισχύς αιχμής DC (kWp)	19,5	
Συνολικές στοιχειοσειρές	3	
Ελάχιστη τάση εισόδου DC (V)	595	568
Μέγιστη τάση εισόδου DC (V)	992	947
Μέγιστη ένταση εισόδου DC ανά ανίχνευση σημείου μέγιστης ισχύος (A)	18,5	9,3

Στο σχήμα 41 παρουσιάζεται το ηλεκτρολογικό δίκτυο διασύνδεσης του φωτοβολταϊκού σταθμού με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Το δίκτυο αποτελείται από δύο μέρη:

- το τμήμα συνεχούς, το οποίο αφορά στη διασύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων με τον αντιστροφέα ισχύος με 3 παράλληλους βρόχους συνεχούς με μέσο εκτιμώμενο μήκος ανά βρόγχο 50m και συνολικό μήκος $3 \times 50\text{m} = 150\text{m}$
- το τμήμα εναλλασσόμενης, χαμηλής τάσης, το οποίο αφορά στη διασύνδεση του αντιστροφέα ισχύος με τον ηλεκτρικό πίνακα του κτηρίου, μέσω του οποίου ο φωτοβολταϊκός σταθμός θα διασυνδεθεί με το δίκτυο χαμηλής τάσης, το οποίο αποτελείται από 1 κλάδο με εκτιμώμενο μήκος 60m, βάσει της χωροθέτησης του σταθμού και της θέσης του κεντρικού πίνακα τροφοδοσίας του κτηρίου.



Σχήμα 41: Γραφική απεικόνιση της δομής διασύνδεσης του φωτοβολταϊκού σταθμού.

Η διαστασιολόγηση των αγωγών και οι απώλειες μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας δίνονται στον πίνακα 47.

Πίνακας 47: Διαστασιολόγηση αγωγών μεταφοράς ισχύος και απώλειες μεταφοράς.

Είσοδος	Αγωγός	Μέσο απλό μήκος (m)	Διατομή (mm ²)	Ένταση ρεύματος (A)	Τάση (V)	Πτώση τάσης (V)	Ποσοστιαίες απώλειες μεταφοράς (%)
Αγωγοί DC							
A	Cu	25	3,5	20,73	654,38	2,5	0,39
B	Cu	25	2,5	10,36	624,64	3,6	0,57
Αγωγός AC							
-	Cu	60	16	29,75	3 ~ 230	1,9	0,87

Οι καλωδιώσεις συνεχούς και εναλλασσόμενου θα πρέπει να είναι από πολύκλωνους ή λεπτοπολύκλωνους αγωγούς από συρματίδια ανωπτημένου χαλκού, με διπλή μόνωση. Ο αντιστροφέας ισχύος δύναται να τοποθετηθεί σε ειδικό κιβώτιο που θα εγκατασταθεί στο δώμα του κτηρίου. Από εκεί θα οδεύσει η καλωδίωση εναλλασσόμενου ρεύματος που θα καταλήξει στον κεντρικό πίνακα τροφοδοσίας του κτηρίου. Η καλωδίωση εναλλασσόμενου ρεύματος, κατά μήκος της κατακόρυφης οδευσής της, θα διέλθει εσωτερικά του κτηρίου.

9.5. ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Για την εγκατάσταση συνολικά 19,5kWp φωτοβολταϊκής ισχύος, λαμβάνοντας ονομαστική ισχύ 300Wp ανά πλαίσιο, θα χρειαστεί να εγκατασταθούν 65 φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η ισχύς αυτή και ο αντίστοιχος αριθμός των απαιτούμενων πλαισίων έχουν προκύψει με βάση τη διαθέσιμη έκταση επί του κυρίως δώματος και του δώματος του εξώστη του κτηρίου, επί του οποίου θα γίνει η εγκατάσταση των πλαισίων, αλλά και με βάση τη μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ εγκατάστασης φωτοβολταϊκού σταθμού σε καθεστώς net metering, που για το συγκεκριμένο κτήριο ισούται με 85kWp, βάσει της συμφωνημένης ισχύος διασύνδεσης με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Η δέσμευση επιφάνειας επί της διαθέσιμης επιφάνειας εγκατάστασης προκύπτει με βάση τις διαστάσεις του κάθε πλαισίου (1.660x 990 mm) και την κλίση εγκατάστασής του ως προς το οριζόντιο επίπεδο (0°). Η χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων παρουσιάζεται στο σχήμα 42.

Με βάση το σχήμα 42, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται σε τρεις σειρές των 11 πλαισίων βόρεια του ανατολικού αίθριου του κτηρίου, δύο σειρές των έντεκα πλαισίων νότια του ίδιου αίθριου και τέσσερα και έξι πλαίσια διατεταγμένα αντίστοιχα σε δύο και τρεις δυάδες εκατέρωθεν του εν λόγω αίθριου στη διεύθυνση ανατολής – δύσης. Όλες οι σειρές χωροθετούνται με την επιμήκη πλευρά των πλαισίων παράλληλα στη διεύθυνση βορρά – νότου. Μεταξύ των σειρών των πλαισίων διατηρούνται διάδρομοι πλάτους 0,5 m, προκειμένου να είναι δυνατή η προσέγγιση των πλαισίων για τις εργασίες καθαρισμού και εν γένει συντήρησης. Περιμετρικά της συνολικής επιφάνειας εγκατάστασης στο δώμα θα αφήνονται

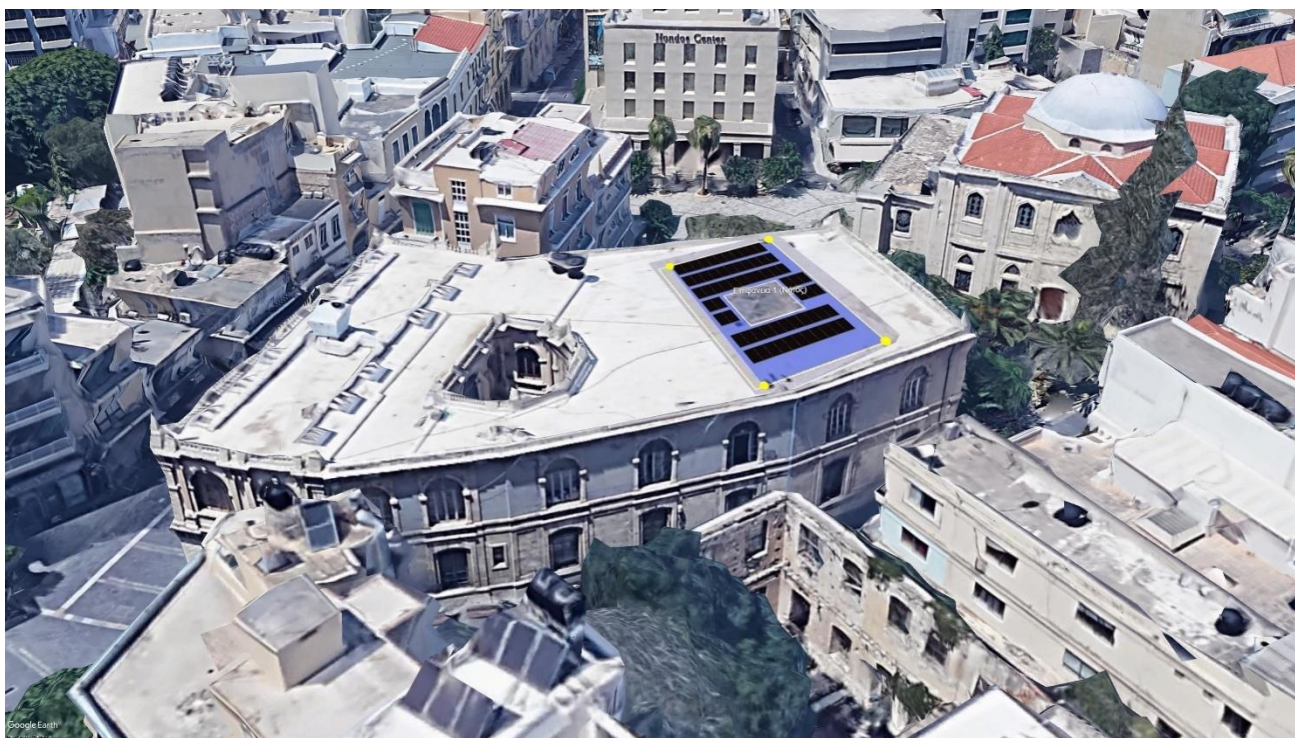
διάδρομοι διέλευσης πλάτους τουλάχιστον 2 m, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφάλεια προσέγγισης στα πλαίσια. Διάδρομος πλάτους 0,5m αφήνεται επίσης ανάμεσα στις σειρές των πλαισίων και στο ανατολικό αίθριο του κτηρίου, εκατέρωθεν του οποίου μοιράζονται ανά οι σειρές εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Με την ανωτέρω χωροθέτηση, η συνολική έκταση που δεσμεύεται για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού επί του δώματος του κτηρίου, η οποία οριοθετείται από τις κόκκινες διακεκομμένες γραμμές στο σχήμα 42, ισούται με 131,9m².



Σχήμα 42: Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων επί του δώματος του κτηρίου.

Στο σχήμα 43 παρουσιάζεται τρισδιάστατη απεικόνιση της εγκατάστασης των πλαισίων στο δώμα του κτηρίου.



Σχήμα 43: Τρισδιάστατη απεικόνιση της εγκατάστασης των πλαισίων στο δώμα του κτηρίου.

10. ΣΥΝΟΨΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Με τις προτεινόμενες παθητικές και ενεργητικές παρεμβάσεις προκύπτει η τελική κατανάλωση στο σύστημα κλιματισμού και φωτισμού του κτηρίου και παραγωγή ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σταθμό που παρουσιάζονται στον πίνακα 48.

Πίνακας 48: Σύνοψη αποτελεσμάτων νέας κατανάλωσης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Παρέμβαση	Νέα κατανάλωση / παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	Νέα κατανάλωση / παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας (kWh)
Παθητικές και ενεργητικές παρεμβάσεις κλιματισμού	17.719,9	51.387,7
Σύστημα φωτισμού	7.769,2	22.530,7
Παραγωγή από φωτοβολταϊκό σταθμό	26.109,4	75.717,2
Τελική νέα κατανάλωση	-620,3	-1.798,8

Με βάση τα παρουσιαζόμενα αποτελέσματα στον πίνακα 48, η νέα συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται στις **-1.798,8kWh**, η οποία αντιστοιχεί σε ετήσια ειδική εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίση με **-1,47kWh/m²**. Η αρνητική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σημαίνει ότι το σύνολο των παρεμβάσεων εξοικονόμησης και παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. συμψηφιζόμενο με τη συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού και κλιματισμού του κτηρίου, οδηγεί σε περίσσεια παραγωγής. Άρα, με τις προτεινόμενες παρεμβάσεις, το κτήριο αναβαθμίζεται σε **κτήριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης**. Στον πίνακα 49 συνοψίζεται η επιτευχθείσα εξοικονόμηση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο κτήριο με τις προτεινόμενες παρεμβάσεις στο σύστημα κλιματισμού και φωτισμού του κτηρίου.

Πίνακας 49: Σύνοψη αποτελεσμάτων εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας.

Τελική χρήση	Υφιστάμενη	Προτεινόμενη	Εξοικονόμηση (kWh)	(%)
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για κλιματισμό (kWh)	72.483,5	51.387,7	21.095,8	29,1
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό (kWh)	52.874,5	22.530,7	30.343,8	57,4
Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	125.358,0	73.918,4	51.439,6	41,0

11. ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΡΓΟΥ

Στην παρούσα ενότητα υπολογίζονται οι ακόλουθοι χαρακτηριστικοί δείκτες αξιολόγησης της προτεινόμενης επένδυσης:

- Περίοδος αποπληρωμής επένδυσης:

Υπολογίζεται με βάση το κόστος υλοποίησης των προτεινόμενων παρεμβάσεων άνευ Φ.Π.Α. (**598.000 €**) και την προσδοκώμενη μείωση του λειτουργικού κόστους κάλυψης των ενεργειακών δαπανών (**7.093 €**). Οι ανωτέρω τιμές λαμβάνονται αμφότερες χωρίς Φ.Π.Α.

Ο λόγος των δύο αυτών τιμών δίνει την άτοκη περίοδο αποπληρωμής:
598.000 € / 7.093 € = 84,3 έτη.

- Ετήσια ποσοστιαία εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας:

Η υφιστάμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για τις ανάγκες κλιματισμού και φωτισμού του κτηρίου ισούται με 125.358,0kWh.

Η νέα κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για τις ίδιες τελικές χρήσεις ισούται με 73.918,4kWh.

Η επιτευχθείσα εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ισούται με 51.439,6kWh.

Τα ανωτέρω συνεπάγονται ετήσια ποσοστιαία εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίση με: **41,0%**.

- Ενσωμάτωση τεχνολογιών Α.Π.Ε.:

Η ποσοστιαία ενσωμάτωση τεχνολογιών Α.Π.Ε. επί της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας θα υπολογιστεί με κοινή βάση την κατανάλωση και παραγωγή από Α.Π.Ε. πρωτογενούς ενέργειας στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας.

Η παραγωγή ενέργειας από Α.Π.Ε. στην προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας προκύπτει από την παραγωγή 26.109,4 kWh ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σταθμό, που αντιστοιχεί σε 75.717,2kWh πρωτογενούς ενέργειας. Η πρωτογενής αυτή ενέργεια αντιστοιχεί σε ποσοστό **102,4%** ως προς τη συνολική κατανάλωση 195.634kWh πρωτογενούς ενέργειας στην προτεινόμενη λειτουργία του κτηρίου για τις ανάγκες φωτισμού και κλιματισμού.

- Ετήσια μείωση εκπομπών CO₂:

Η εκλυόμενη ποσότητα ρύπων CO₂ ανά μονάδα κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που αντιστοιχεί σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει ίση με 0,989 kg/kWh, σύμφωνα με τον πίνακα Β.1 του άρθρου 5 του Κ.ΕΝ.Α.Κ. [7]. Με βάση την ειδική αυτή εκπομπή ρύπων προκύπτει η ετήσια μείωση στις εκπομπές CO₂ λόγω των προτεινόμενων παρεμβάσεων, η οποία παρουσιάζεται στον πίνακα 51.

Πίνακας 51: Υπολογισμός ετήσιας μείωσης εκπομπών CO₂ λόγω των προτεινόμενων παρεμβάσεων, βάσει Κ.ΕΝ.Α.Κ.

	Πρωτογενής ενέργεια (kWh)	Εκπομπές CO ₂ (kg)
Πριν τις παρεμβάσεις	125.358	123.979
Μετά τις παρεμβάσεις	-1.799	-1.779
Μείωση	127.157	125.758
Ποσοστιαία μείωση (%)	101,4	

12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα βασικά συμπεράσματα της μελέτης σκοπιμότητας που παρουσιάστηκε μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Όλες οι προτεινόμενες παρεμβάσεις έχουν υψηλό ενεργειακό αποτέλεσμα, τόσο αναφορικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., όσο και αναφορικά με την εξοικονόμηση ενέργειας. Η ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου είναι η μέγιστη δυνατή, αφού οδηγεί σε κτήριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.
- Η ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι της τάξης του 41,0%.
- Η ενσωμάτωση τεχνολογιών παραγωγής από ΑΠΕ υπερβαίνει το 102,4%
- Η ετήσια ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και της εκπομπής CO₂ ισούται με 101,4%.
- Η πολύ υψηλή περίοδος αποπληρωμής των προτεινόμενων παρεμβάσεων, η οποία υπολογίστηκε ίση με 84,3 έτη οφείλεται στο υψηλό κόστος των παθητικών συστημάτων και στο χαμηλό υφιστάμενο κόστος προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας.
- Όλες οι προτεινόμενες παρεμβάσεις χωροθετήθηκαν με απόλυτο σεβασμό στην ιστορικότητα του κτηρίου και με βασικό γνώμονα την απαλοιφή της οποιασδήποτε οπτικής αλλοίωσης της οπτικής των όψεων του κτηρίου. Οι μόνες αλλοιώσεις περιορίζονται αποκλειστικά στο δώμα του κτηρίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF): ERA5 from the Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store.
<https://cds.climate.copernicus.eu/#!/search?text=ERA5&type=dataset> (τελευταία πρόσβαση: Οκτώβριος 2021).
- [2] Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης. Διεύθυνση Υδάτων. Μετεωρολογικά Δεδομένα Μετεωρολογικού Σταθμού "Ρουσοχώρια".
https://data.apdkritis.gov.gr/el/search/field_topic/%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF-%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF-%CF%83%CF%84%CE%B1%CE%B8%CE%BC%CE%BF%CE%AF-71?sort_by=changed&page=0%2C1
(τελευταία πρόσβαση: Οκτώβριος 2021).
- [3] Κατσαπρακάκης Δημήτριος, Μονιάκης Μύρων. Θέρμανση, Ψύξη, Κλιματισμός. Αθήνα 2015: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. ISBN: 978-960-603-339-1.
Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/6167> (τελευταία πρόσβαση: Οκτώβριος 2021).
- [4] Jan Kreider, Ari Rabl, Peter Curtiss, Jan F. Kreider. Heating and Cooling of Buildings. McGraw-Hill Education – Europe 2002. ISBN: 0071130632.
- [5] 2009 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI Edition). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [6] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017: Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Αθήνα, Σεπτέμβριος 2017. Φ.Ε.Κ. 4003Β'/17-11-2017.
- [7] Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων. Αριθμός ΔΕΠΕΑ/οικ.178581. Φ.Ε.Κ. 2367Β'/12-7-2017.
- [8] Ιωάννης Ε. Φραγκιαδάκης. Φωτοβολταϊκά συστήματα. 1η έκδοση. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη 2007. ISBN: 978-960-456-007-3.
- [9] Dimitris Al. Katsaprakakis, Nikos Papadakis, George Kozirakis, Yiannis Minadakis, Dimitris G. Christakis, Konstantinos Kondaxakis. Electrification of the island of Dia based on renewable energy sources. Applied Energy 2009; 86: 516–527.