



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Μελέτη φωτοβολταϊκού συστήματος για κάλυψη ενεργειακών αναγκών – Εφαρμογή σε
Νοσοκομείο της Αττικής

Διπλωματική Εργασία

Αθανάσιος Πέγκος

Επιβλέπων: Άρης Δημέας

Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2025

,

,



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Μελέτη φωτοβολταϊκού συστήματος για κάλυψη ενεργειακών αναγκών – Εφαρμογή σε
Νοσοκομείο της Αττικής**

Διπλωματική Εργασία

Αθανάσιος Πέγκος

Επιβλέπων: Άρης- Ευάγγελος Δημέας

Επίκ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 25^η Ιουνίου, 2025.

.....
Γεώργιος Κορρές
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Άρης - Ευάγγελος Δημέας
Επίκ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Γεώργιος Κιόκες
Επίκ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2025

.....
Αθανάσιος Πέγκος
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος
Μηχανικός και Μηχανικός
Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Αθανάσιος Πέγκος, 2025.
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

,

,

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση της ενεργειακής κατανάλωσης του Θριάσιου Νοσοκομείου και στην αξιολόγηση της δυνατότητας ενεργειακής αναβάθμισης του μέσω υβριδικών λύσεων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε εκτενής ενεργειακή επιθεώρηση του κτιριακού συγκροτήματος και καταγράφηκαν οι κυριότερες καταναλώσεις. Ακολούθησε αναλυτική μελέτη πρότασης για την εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος (PV) συνδεδεμένου με σύστημα αποθήκευσης ενέργειας και φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων. Η μελέτη βασίστηκε σε δεδομένα κατανάλωσης, προσομοιώσεις μέσω λογισμικού G-CAD της 4M και σε τεχνικοοικονομική αξιολόγηση που περιλαμβάνει κόστος εγκατάστασης, εξοικονομήσεις και περίοδο απόσβεσης της επένδυσης. Τέλος, εξετάστηκαν εναλλακτικά σενάρια και παρουσιάστηκαν προτεινόμενες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας με βάση το κόστος και την απόδοσή τους, με στόχο την επίτευξη βιώσιμης και αποδοτικής ενεργειακής στρατηγικής για το νοσοκομείο.

Λέξεις κλειδιά

Θριάσιο Νοσοκομείο , εξοικονόμηση ενέργειας, διαχείριση ενέργειας, νοσοκομειακές εγκαταστάσεις, ενεργειακή επιθεώρηση, ανάλυση κλιματισμού, θερμομόνωση, φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.

,

Abstract

This thesis focuses on the energy consumption analysis of Thriasio General Hospital and evaluates the potential for upgrading its energy performance through hybrid Renewable Energy Sources (RES) systems. Initially, an extensive energy audit was conducted to record and categorize the main consumption sectors. A detailed study was then carried out for the integration of a photovoltaic (PV) system combined with battery energy storage and electric vehicle (EV) chargers. The analysis was based on real consumption data, simulations conducted using G-CAD software by 4M, and a techno-economic assessment that includes installation costs, energy savings, and investment payback period. Additionally, alternative scenarios and proposed energy efficiency interventions were examined, categorized by cost and expected benefit, aiming to design a sustainable and efficient energy strategy for the hospital's infrastructure.

Key words

Thriasio Hospital, energy conservation, energy management, hospital facilities, energy audit, , conditioning study, listed building, , EV chargers, PV system

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Άρη Δημέα, για την αμέριστη υποστήριξή του και την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνω επίσης στον καθηγητή κύριο Γεώργιο Κιόκε, για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μετέδωσε μέσα από τα μαθήματά της σχολής, καθώς και για τη συμβολή και καθοδήγησή του στην διπλωματική εργασία.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον διοικητή του Θριασίου νοσοκομείου κ. Αντωνίου καθώς και κ. Καρούζο, διευθυντή της Τεχνικής Υπηρεσίας του νοσοκομείου, για όλη την βοήθεια και τις συμβουλές που μου προσέφεραν σε όλα τα στάδια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Ταυτόχρονα, ευχαριστίες οφείλω στην Τεχνική Υπηρεσία για την κατανόηση και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αλλά και σε όλο το προσωπικό του νοσοκομείου για την θερμή με την οποία με δέχτηκε στους χώρους του νοσοκομείου. Η συνεισφορά τους υπήρξε ανεκτίμητη και καθοριστική για την ολοκλήρωση του έργου μου. Επί προσθέτως θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρία 4m για το λογισμικό που μου εμπιστεύτηκε για να μπορέσουν να υλοποιηθούν οι υπολογισμοί της μελέτης.

Τέλος, εκφράζω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στη σύζυγό μου και στον γιο μου για τη διαρκή υποστήριξή τους, την ατελείωτη υπομονή και την ανεξάντλητη αγάπη τους. Η παρουσία τους στο πλευρό μου, σε κάθε βήμα αυτής της διαδρομής, ήταν για μένα φάρος δύναμης και κίνητρο να συνεχίσω. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την συμπαράστασή τους όλο αυτό ο διάστημα. Ιδιαίτερη μνεία οφείλω και στον ίδιο μου τον εαυτό. Για την επιμονή, την αντοχή και την αφοσίωση με την οποία αντιμετώπισα τις δυσκολίες και ολοκλήρωσα αυτό το έργο, παρά τις απαιτήσεις της καθημερινότητας και τις προσωπικές προκλήσεις. Η διαδρομή δεν ήταν εύκολη, αλλά το αποτέλεσμα δικαιώνει κάθε προσπάθεια.

Σας ευχαριστώ όλους από τα βάθη της καρδιάς μου.

Κλείνοντας, θα ήθελα να κρατήσω ως υπενθύμιση μια φράση που με συνόδευσε καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας:

«Οι δυσκολίες δεν είναι εμπόδια· είναι τα σκαλοπάτια που μας πάνε ψηλότερα.»

Αθανάσιος Πέγκος , Ιούνιος 2025

Περιεχόμενα

Περίληψη	8
Abstract	10
Ευχαριστίες	12
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή.....	16
1.1 Σκοπός της εργασίας.....	16
1.2 Δομή της εργασίας.....	16
Κεφάλαιο 2- Στοιχεία του νοσοκομείου	18
2.1 Το Γενικό Νοσοκομείο Ελευσίνας Θριάσιο	18
2.1.1 Ιστορικά στοιχεία	18
2.1.2 Το κτίριο του Θριασίου Νοσοκομείου	18
Κεφάλαιο 3- Νοσοκομειακές Εγκαταστάσεις	21
3.1 Κατανάλωση Νοσοκομειακών Εγκαταστάσεων	21
3.2 Ελληνικές Πρωτοβουλίες Ενεργειακής Αναβάθμισης Νοσοκομείων	22
Κεφάλαιο 4 - Ενεργειακές Καταναλώσεις Θριασίου	24
4.1 Η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος νοσοκομείου	24
4.2 Χρήση Φυσικού Αερίου.....	26
4.3 Σύγκριση χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου	27
Κεφάλαιο 5 - Ενεργειακή Επιθεώρηση Νοσοκομείου	30
5.1 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK)	30
5.1.1 Επιπρόσθετες Λεπτομέρειες για την Ενεργειακή Απόδοση	32
5.1.2 Η Σημασία της Εκπαίδευσης και Ευαισθητοποίησης	33
5.2 Μεθοδολογία ενεργειακής επιθεώρησης	33
5.2.1 Βήματα Ενεργειακής Επιθεώρησης	33
5.3 Διαδικασία Καταγραφής Δεδομένων.....	34
5.4 Κατηγορίες καταναλώσεων.....	35
5.4.1. Φωτισμός	35
5.4.2. Κλιματισμός.....	35
5.4.3 Συσσκευές.....	36
5.5 Η διαδικασία επίσκεψης των χώρων	37
Κεφάλαιο 6- Κλιματισμός	39
6.1 Τα είδη των συσκευών κλιματισμού.....	39
6.2 Inverter vs Συμβατικό.....	45
6.3 Παράγοντες αλλαγής κλιματιστικών.....	46
6.3.1 Ενεργειακή Κλάση Κλιματιστικού	46
6.3.2 Ψυκτικό μέσο	47

6.4 Επιλογή ισχύος (BTU)	50
6.5 Ανάλυση κλιματισμο	50
Παρατηρήσεις	55
Προτεινόμενες Δράσεις	56
6.6 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στον κλιματισμό.....	56
6.6.1 Αντικατάσταση παλαιών κλιματιστικών με νέα inverter	56
6.6.2 Συντήρηση μηχανημάτων κεντρικής θέρμανσης	58
6.7 Βελτίωση στα συστήματα ψύξης	59
Προτεινόμενες Επεμβάσεις για Βελτιστοποίηση Συστήματος Ψύξης.....	60
6.8 Τεχνολογία VRV-VRF.....	61
6.9 Συστήματα ERV, DCV και VHR	62
Κεφάλαιο 7- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων	63
7.1 Γενικά στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων	63
7.2 Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών πλαισίων	64
7.3 Μέθοδοι σύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ.....	67
7.3.1 Net Metering.....	68
7.4 Μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος.....	69
7.4.1 Βασικός εξοπλισμός του Φωτοβολταϊκού Συστήματος.....	69
7.4.2 Φωτοβολταϊκά Πλαίσια.....	70
7.4.3 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Πλαισίων	72
7.4.4 Αντιστροφείας Ισχύος (Inverter).....	76
7.4.5 Αποτελέσματα μελέτης φωτοβολταϊκών	81
Κεφάλαιο 8 - Συμπεράσματα και Προοπτικές Εφαρμογής Φωτοβολταϊκού Συστήματος και Υποδομής Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων στο Θριάσιο Νοσοκομείο	85
8.1 ZNX και Φωτοβολταϊκά	85
8.1.1 Υβριδικό Σύστημα PV/T και Κυψέλης Καυσίμου – Ανάλυση Παραγωγής ZNX και Θερμότητας	88
8.1.2 Θερμική Παραγωγή PV/T Συλλεκτών.....	89
8.1.3 Θερμική Παραγωγή Fuel Cell	90
8.2 Μελέτη Διάστασης φωτοβολταϊκού και Συστήματος Αποθήκευσης για Σταθμό Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων	92
8.2.1 Τεχνικά Δεδομένα Συστήματος.....	93
8.2.2 Περιγραφή Συστήματος.....	93
.....	93
Πίνακας 8.1: Μηνιαία Παραγωγή Ηλιακής Ενέργειας.....	94
8.2.3 Απόδοση Μπαταριών	95

8.2.4 Υποστήριξη Φορτιστών	95
Πίνακας 8.2: Μηνιαία Κατανάλωση από Δίκτυο	95
8.2.5 Ανάλυση Φόρτισης Οχημάτων και Παραγωγής Φωτοβολταϊκών.....	96
8.2.5.1 Περιγραφή Συστήματος.....	96
8.2.5.2 Συνάρτηση Στόχου.....	96
8.2.5.3 Περιορισμοί.....	97
8.2.5.4 Μεταβλητές Απόφασης.....	97
Πίνακας 8.3: Αναλυτικά Δεδομένα (kWh ανά ώρα)	98
8.2.6 Συμπεράσματα	98
8.2.7 Έκθεση Σύγκρισης: Φωτοβολταϊκά Συστήματα 185 kW vs 230 kW.....	99
8.2.8 Ανάλυση και Συμπεράσματα	100
8.2.9 Οικονομική Αξιολόγηση και Απόσβεση Επένδυσης.....	102
Κεφάλαιο 9 - Τελικά συμπεράσματα για εξοικονόμηση ηλεκτρικού ρεύματος.....	105
9.1 Κατηγοριοποίηση Ενεργειακών Παρεμβάσεων ανάλογα με το Κόστος και το Επίπεδο Εφαρμογής.....	105
9.2 Τελικά συμπεράσματα για εξοικονόμηση ηλεκτρικού ρεύματος.....	107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	109
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	114

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της εργασίας

Σύμφωνα με την κατανομή της χρήσης ενέργειας, οι μεγαλύτερες ενεργειακές καταναλώσεις προέρχονται από τον κτιριακό τομέα και τις μεταφορές. Τα κτίρια, που περιλαμβάνουν τα σπίτια και τις βιομηχανίες, αντιπροσωπεύουν πάνω από το 45% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας (Σχήμα 1.1) , τόσο τον ιδιωτικό όσο και τον δημόσιο τομέα. Ιδιαίτερα ενεργοβόρες είναι οι νοσοκομειακές μονάδες καθώς διαχειρίζονται φορτία με υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Είναι επιτακτική η ανάγκη ανάπτυξης μεθόδων για τη μείωση της χρήση ενέργειας αυτών των κτιρίων, χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία τους.



Σχήμα 1.1 : Κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα [1]

Η μελέτη του Γενικού Νοσοκομείου Ελευσίνας «Θριάσιο» στη Μαγούλα Αττικής, το οποίο πρωτο-λειτούργησε το 1989 είναι το κύριο θέμα της παρούσας εργασίας. Στόχος της μελέτης είναι η εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών του νοσοκομείου , λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες των κτιριακών υποδομών και της περιοχής

1.2 Δομή της εργασίας

Η διατριβή αποτελείται από οκτώ κεφάλαια όπου κάθε κεφάλαιο επικεντρώνεται στην ανάλυση και τη μελέτη συγκεκριμένων θεμάτων:

- Στο **πρώτο κεφάλαιο** , το οποίο είναι εισαγωγικό, παρουσιάζεται η συνολική δομή και το περιεχόμενο της εργασίας.

- Το **δεύτερο κεφάλαιο** περιγράφει τα κύρια χαρακτηριστικά ενός νοσοκομείου και περιλαμβάνει κατόψεις.
- Στο **τρίτο κεφάλαιο** εξετάζονται οι ειδικές απαιτήσεις νοσοκομειακών εγκαταστάσεων και αναφέρονται επίσης ορισμένες δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης που έχουν εφαρμοστεί στα ελληνικά νοσοκομεία.
- Το **τέταρτο κεφάλαιο** ασχολείται με την κατανάλωση ενέργειας στο νοσοκομείο εστιάζοντας σε δύο κύριες πηγές φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας.
- Το **πέμπτο κεφάλαιο** επικεντρώνεται στη λεπτομερή μελέτη της διαχείρισης ενέργειας που καλύπτει όλους τους τομείς εξοικονόμησης που αναμένονται.
- Στο **έκτο κεφάλαιο** αναλύεται ο κλιματισμός ο οποίος αποτελεί βασικό παράγοντα εξοικονόμησης ενέργειας καθώς συνεισφέρει περίπου το 30% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου.
- Το **έβδομο κεφάλαιο** υπογραμμίζει τη σημασία και τα οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων. Περιλαμβάνει επίσης τη μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των μέτρων και η συμβολή τους στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.
- Το **όγδοο κεφάλαιο** εξετάζει τη δυνατότητα συνδυασμένης κάλυψης των θερμικών και ηλεκτρικών φορτίων του Θριάσιου Νοσοκομείου μέσω ενός υβριδικού συστήματος Φωτοβολταϊκών Θερμικών Συλλεκτών (PV/T) και κυψέλης καυσίμου (Fuel Cell). Καθώς και τον προσδιορισμό της ισχύος ενός φωτοβολταϊκού (Φ/Β) συστήματος και ενός συστήματος αποθήκευσης ενέργειας (BESS) για την κάλυψη των αναγκών ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EV) στο Νοσοκομείο.
- Το **ένατο κεφάλαιο** αποτελεί σύνοψη των προτεινόμενων δράσεων της διπλωματικής εργασίας. Στο τέλος της εργασίας παρατίθεται βιβλιογραφία όπου καταγράφονται όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για τη συγγραφή της, καθώς και το παράρτημα με όλες τις μελέτες και την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε.

Κεφάλαιο 2- Στοιχεία του νοσοκομείου

2.1 Το Γενικό Νοσοκομείο Ελευσίνας Θριάσιο

2.1.1 Ιστορικά στοιχεία

Το Θριάσιο Γενικό Νοσοκομείο Ελευσίνας ιδρύθηκε για την κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών υγείας της περιοχής Θριάσιου αγρού που έχει μεγάλη βιομηχανική δραστηριότητα και κατοικούν περίπου 120.000 άτομα. Η ιδέα για τη δημιουργία νοσοκομειακής μονάδας ξεκίνησε το 1975 από την Προοδευτική Δημοτική Αρχή Ελευσίνας όταν δήμαρχος ήταν ο Μιχάλης Λεβέντης.

Το 1976 το Δημοτικό Συμβούλιο Ελευσίνας αποφασίζει τη δημιουργία νοσοκομείου 300 κλινών σε έκταση περίπου 15 στρεμμάτων που παραχωρούνται από τους Δήμους Ελευσίνας Μάνδρας και Κοινότητα Μαγούλας. Το 1982 ο Υπουργός Υγείας και Πρόνοιας Π. Αυγερινός ίδρυσε τη νέα νοσοκομειακή μονάδα που σχεδιάστηκε για 400 κλίνες.

Στις 28 Μαρτίου 1985 εκδόθηκε Προεδρικό Διάταγμα για ίδρυση Γενικού Νοσοκομείου Ελευσίνας. Το 1987 το νοσοκομείο μεταφέρθηκε από τον Θριάσιο Σύλλογο στο Υπουργείο Υγείας και το 1989 εκδόθηκε ο πρώτος Οργανισμός. Η κατασκευή και ο εξοπλισμός του ολοκληρώθηκε τον Δεκέμβριο του 1989 με προσωρινή παραλαβή. Η πλήρης λειτουργία του νοσοκομείου ξεκίνησε τον Ιούνιο του 1996.

Στις 2 Φεβρουαρίου 2005 το Κέντρο Εγκαυμάτων Λάτση έγινε επίσημη δωρεά και παραδόθηκε στο Ελληνικό Δημόσιο από το Φιλανθρωπικό Ίδρυμα Ιωάννη Λάτση το οποίο ενισχύει περισσότερο την υπηρεσία του νοσοκομείου.

Σήμερα, το Θριάσιο Νοσοκομείο συνεχίζει να παρέχει υψηλού επιπέδου υπηρεσίες υγείας για τις ανάγκες της Δυτικής Αττικής και συμβάλλει σημαντικά στο εθνικό σύστημα υγείας.

2.1.2 Το κτίριο του Θριασίου Νοσοκομείου

Το κτιριακό συγκρότημα του Γενικού Νοσοκομείου Ελευσίνας «Θριάσιο», (Σχήμα 2.2.) ξεκίνησε τη λειτουργία του κατά το έτος 1996. Η ανέγερση του διήρκεσε από το 1982 μέχρι το 1996. Ακολούθως προστέθηκαν παραπλεύρως του κυρίως κτηρίου, το

Λάτσειο Κέντρο Εγκαυμάτων (2003), το οποίο αποτελεί λειτουργικό τμήμα της συνολικής νοσοκομειακής μονάδας και το Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών (2004).



Σχήμα 2.2.: Το Θριάσιο νοσοκομείο

Το νοσοκομείο διαθέτει 428 Κλίνες και σκοπό έχει την παροχή πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας φροντίδας υγείας καλύπτοντας τους ακόλουθους τομείς:

- Παθολογικό
- Χειρουργικό
- Τομέα Εντατικής Ιατρικής
- Τομέα Ψυχικής Υγείας,
- Εργαστηριακό Τομέα
- Επειγόντων περιστατικών
- Τμήμα Ημερήσιας Νοσηλείας.

Αποτελείται από ένα κύριο κτιριακό συγκρότημα συνολικής επιφάνειας 35.442,43 τ.μ., το οποίο διαμορφώνεται σε 7 επίπεδα (υπόγειο, ισόγειο, μηχανόροφο και 4 ορόφους) και ενώνεται με το Λάτσειο Κέντρο Εγκαυμάτων το οποίο διαμορφώνεται σε 3 επίπεδα (υπόγειο, ισόγειο, και 1 όροφο)

Το Νοσοκομειακό συγκρότημα στεγάζει τόσο τα νοσηλευτικά όσο και τα διοικητικά τμήματα όπως αναφέρονται παρακάτω:

Υπόγειο: Εργαστήριο Φυσικοθεραπείας – Εργαστήριο Εργοθεραπείας – Φαρμακείο – Εργαστήριο Φυσικής Αποκατάστασης- Γραφεία Τεχνικής Υπηρεσίας– Συνεργεία Τεχνικής Υπηρεσίας- Κεντρική Αποθήκη/ Αποθήκη Υλικού – Παραλαβές – Γραφείο Υλικού – Αποστείρωση -Ιματιοθήκη – Γραφείο οδηγών – Μαγειρεία – Τμήμα Διατροφής–Πλυντήρια –Αποθήκη Τεχνικού υλικού – Νεκροθάλαμος – Ιατρικό αρχείο – Ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη-Υποσταθμός– Λεβητοστάσιο.

Ισόγειο: Χώρος κεντρικής εισόδου- Γραφείο Πληροφοριών – Γραφείο Υποδοχής Ασθενών – Γραμματεία- Παιδιατρική – -Τακτικό Εξωτερικό Ιατρείο Παιδιατρικής- Ψυχιατρική- Μονάδα Τεχνητού Νεφρού -Εστιατόριο Προσωπικού – Δωμάτια Εφημερευόντων – Γρ. Επιστασίας – Ακτινοδιαγνωστικό – Τ.Ε.Π. – Τακτικά Εξωτερικά Ιατρεία – Κυλικείο – Αμφιθέατρο – Αιμοδοσία – Κέντρο Ελέγχου – Τηλεφωνικό Κέντρο – Γρ. Κίνησης Ασθενών — Γρ. Επικοινωνίας με τον πολίτη.

1ος Όροφος: Μ.Ε.Θ. – Μαιευτήριο – Χειρουργεία –Εργαστήριο Βηματοδότησης-Μονάδα Στεφανιογραφίας- Εργαστηριακά τμήματα – Διοικητική Υπηρεσία – Γραφεία Διοίκησης – Γραφεία Νοσηλευτικής υπηρεσίας – Αίθουσες ΚΕΚ –Γραφεία κοινωνικής υπηρεσίας – Γραφείο Λογοθεραπείας.

2ος Όροφος: Νευροχειρουργική- Οφθαλμολογική – Νευρολογική- Γυναικολογική /Μαιευτική Ορθοπαιδική.

3ος Όροφος: Γενική Χειρουργική –Ουρολογική –ΩΡΛ -Καρδιολογική- Μονάδα Εμφραγμάτων.

4ος Όροφος: Α' Παθολογική- Β' Παθολογική -Πνευμονολογική

Κεφάλαιο 3- Νοσοκομειακές Εγκαταστάσεις

3.1 Κατανάλωση Νοσοκομειακών Εγκαταστάσεων

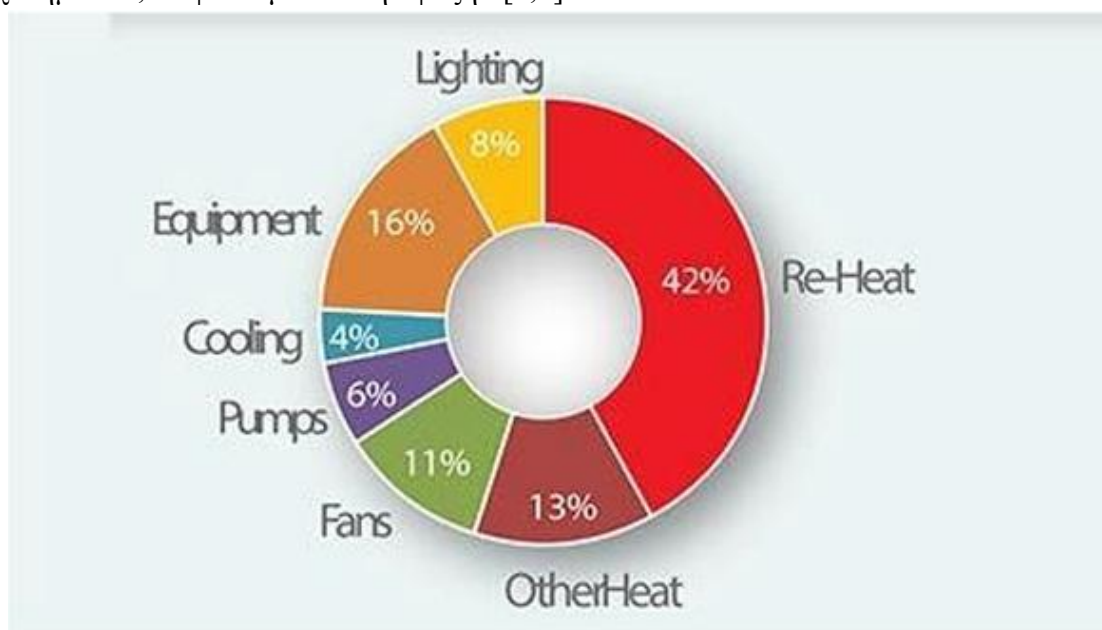
Το νοσοκομείο έχει ειδικές συνθήκες λειτουργίας, οι οποίες περιλαμβάνουν σταθερό φωτισμό, υγρασία και θερμοκρασία, καθώς και τη λειτουργία ζωτικών συστημάτων που χρειάζονται σταθερή παροχή ενέργειας. Ειδικά φορτία, όπως μηχανήματα υποστήριξης ζωής και ιατρικός εξοπλισμός πρέπει να λειτουργούν όλο το εικοσιτετράωρο, κάθε μέρα της εβδομάδας. Χρησιμοποιούνται συσκευές ελέγχου και μέτρα ασφαλείας για την εξασφάλιση της αδιάλειπτης λειτουργίας αυτών των φορτίων. Η παροχή ενέργειας διατηρείται ακόμη και σε έκτακτες διακοπές ρεύματος που προκαλούνται από προβλήματα δικτύου ή δυσμενείς καιρικές συνθήκες, χάρη στις εφεδρικές γεννήτριες οι οποίες συνήθως τοποθετούνται σε υπόγεια νοσοκομείων , (Σχήμα 3.1.).



Σχήμα 3.1 Πίνακας μέσης τάσης Θριασίου[3]

Η κατασκευή των νοσοκομείων κτιρίων υλοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να διαρκέσει περισσότερα από 50 χρόνια. Ωστόσο γίνονται σημαντικές βελτιώσεις στις εγκαταστάσεις και τα μηχανήματα τους κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου για να εγγραφούν το υψηλότερο επίπεδο φροντίδας για τους ασθενείς. Ενώ πρωταρχικός στόχος του νοσοκομείου είναι η αντιμετώπιση των ιατρικών αναγκών , εξίσου σημαντική είναι και η ενεργειακή απόδοση αυτού. Για παράδειγμα, το τμήμα

επειγόντων περιστατικών (ΤΕΠ) του Θριασίου νοσοκομείου, που λειτουργούσαν κανονικά μέχρι πρόσφατα, βρίσκονται υπό ανακαίνιση. Σημαντική εξοικονόμηση πόρων όπως η ηλεκτρική ενέργεια, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο προκύπτουν από τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μέσω των σωστών παρεμβάσεων. Μελέτες που έγιναν από την Ευρωπαϊκή Ένωση δείχνουν ότι η θέρμανση ευθύνεται για την πλειονότητα της χρήσης ενέργειας στα νοσοκομεία. (Σχήμα 3.2) Επιπλέον, ένα σημαντικό μέρος της ενέργειας χρησιμοποιείται για τη λειτουργία εξειδικευμένων μηχανημάτων, το φωτισμό και την ψύξη. [4,5]



Σχήμα 3.2 Ενεργειακή κατανάλωση στο νοσοκομείο Legacy Salmon Creek Vancouver [6]

3.2 Ελληνικές Πρωτοβουλίες Ενεργειακής Αναβάθμισης Νοσοκομείων

Το 2018, το Εθνικό Σύστημα Υγείας (ΕΣΥ) ξεκίνησε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα για την αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης των νοσοκομείων του χρησιμοποιώντας κονδύλια από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα νοσοκομεία πανελλαδικά είχαν υποβάλει 61 προτάσεις χρηματοδότησης έως τον Δεκέμβριο του 2020, συνολικού προϋπολογισμού περίπου 235 εκατομμυρίων ευρώ. Με συνολικό προϋπολογισμό περίπου 177 εκατ. ευρώ, 48 από αυτές τις προτάσεις έγιναν αποδεκτές και προστέθηκαν στο πρόγραμμα. Κάθε νοσοκομείο θα μπορούσε να υποβάλει μία μόνο πρόταση, επιλέγοντας επενδύσεις από τρεις κύριες κατηγορίες παρέμβασης. Οι οποίες είναι: βελτιώσεις και μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εγκατάσταση μονάδων συνδυασμένης θερμότητας και ισχύος (CHP) και σύγχρονα, πιο αποτελεσματικά συστήματα για την αντικατάσταση ιατρικού εξοπλισμού.

Η απαίτηση για αύξηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου κατά τουλάχιστον δύο ενεργειακές κλάσεις αποτελεί βασικό στοιχείο του προγράμματος. Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK), τα νοσοκομεία πρέπει να

κατηγοριοποιούνται σε ενεργειακή κλάση B' ή υψηλότερη μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων.

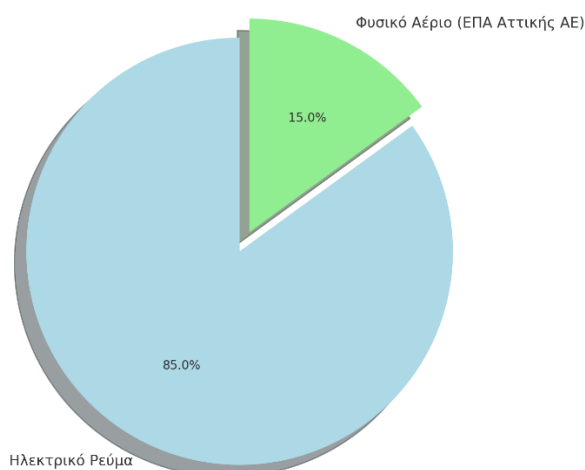
Η αρχική ταξινόμηση ενός νοσοκομείου ως κατηγορίας Γ', για παράδειγμα, πρέπει να βελτιωθεί τουλάχιστον στην κατηγορία B+ μέσω παρεμβάσεων. Αυτό απαιτεί ένα συνδυασμό μέτρων, όπως η εγκατάσταση σύγχρονων μονάδων θέρμανσης και ψύξης, η αναβάθμιση της μόνωσης, η μετάβαση σε ενεργειακά αποδοτικά παράθυρα και η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Λαμβάνοντας αυτά τα βήματα, τα νοσοκομεία μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τη χρήση ενέργειας και τα λειτουργικά τους έξοδα, ενώ ταυτόχρονα μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που υποστηρίζει τους στόχους της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας.[7,8]

Κεφάλαιο 4 - Ενεργειακές Καταναλώσεις Θριασίου

4.1 Η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος νοσοκομείου

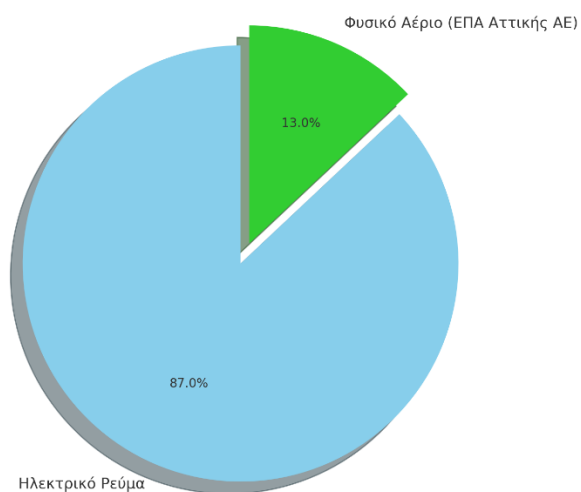
Η πρόσβαση στα στοιχεία των λογαριασμών ρεύματος και φυσικού αερίου δόθηκε κατόπιν σχετικής έγκρισης της διοίκησης και κατόπιν συνεννόησης με την τεχνική υπηρεσία του νοσοκομείου. Ειδικότερα για το ηλεκτρικό ρεύμα, χρησιμοποιήθηκαν οι συνολικοί μηνιαίοι λογαριασμοί για το 2023, ενώ για τα έτη 2021 και 2022 αντίστοιχα χρησιμοποιήθηκαν οι συνολικές πληρωμές που περιλαμβάνονται στους αντίστοιχους ετήσιους λογαριασμούς αυτών των ετών. Μια σύγκριση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου έχει ενσωματωθεί σε γραφήματα για τα έτη 2021 και 2022, (Σχήμα 4.1. , Σχήμα 4.2.). Αυτό καθιστά δυνατή τη σύγκριση των δύο πηγών ενέργειας και την κατανόηση του τρόπου κατανομής της κατανάλωσης ενέργειας.

Κατανομή Ενεργειακής Κατανάλωσης για το 2021



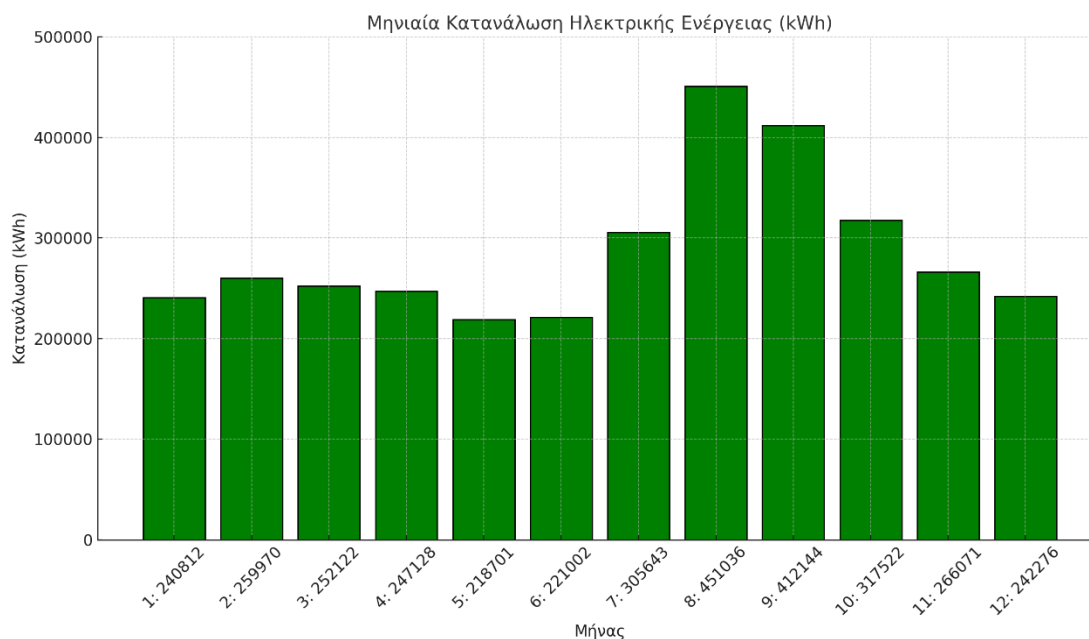
Σχήμα 4.1 Διάγραμμα για την κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης σε σχέση με το συνολικό κόστος για το 2021

Κατανομή Ενεργειακής Κατανάλωσης για το 2022



Σχήμα 4.2 Διάγραμμα για την κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης σε σχέση με το συνολικό κόστος για το 2022

Τα δεδομένα του 2023 κατέστησαν δυνατή μια πιο εμπειριστατωμένη ανάλυση, (Σχήμα 4.3).



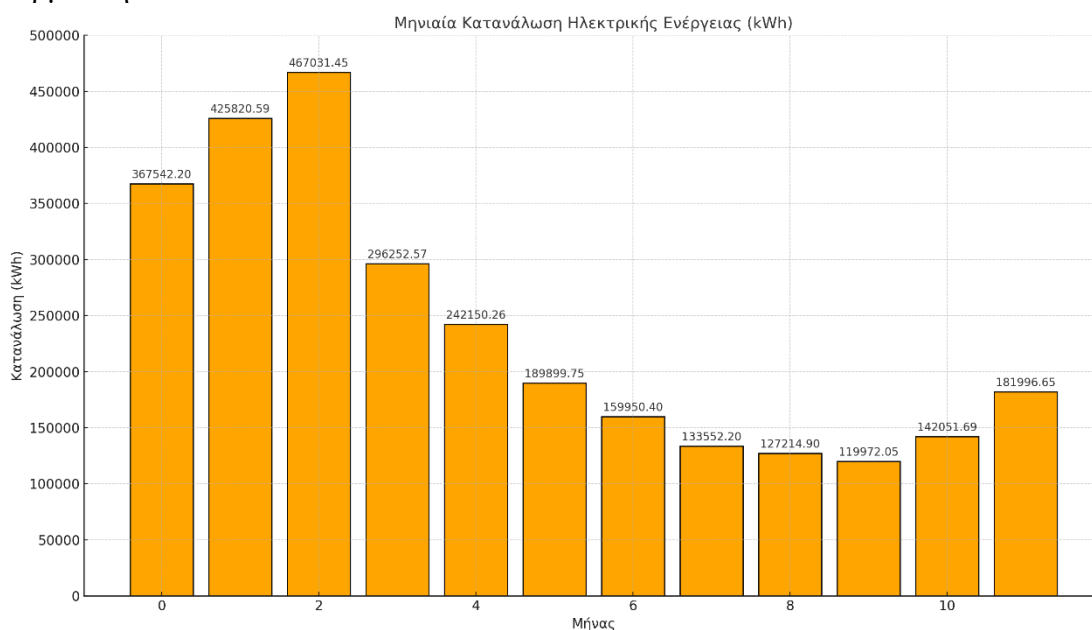
Σχήμα 4.3: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος Θριασίου νοσοκομείου το 2023

Οι εποχικές διακυμάνσεις είναι ιδιαίτερα αισθητές όταν εμφανίζεται η μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επειδή τα κλιματιστικά χρησιμοποιούνται εκτενώς για την ψύξη των κτιρίων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, παρατηρείται φυσικά μεγαλύτερη κατανάλωση κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Σημαντικός

παράγοντας που συμβάλλει στη σπατάλη ενέργειας, σύμφωνα με την τεχνική υπηρεσία του νοσοκομείου, είναι η έλλειψη συστημάτων αυτόματης διαχείρισης ενέργειας για τα κλιματιστικά. Αυτά τα συστήματα μπορεί να συμβάλουν στη μείωση της άσκοπης λειτουργίας και στην προώθηση της λογικής χρήσης του κλιματιστικού.

4.2 Χρήση Φυσικού Αερίου

Χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τους λογαριασμούς, γίνεται αναλυτική μηνιαία παρουσίαση της κατανάλωσης φυσικού αερίου για το 2023. Φυσικά, οι χειμερινοί μήνες καταγράφουν τη μεγαλύτερη κατανάλωση, δηλαδή από τον Δεκέμβριο του 2022 μέχρι τον Φεβρουάριο 2023. Δεδομένου ότι τα συστήματα θέρμανσης του νοσοκομείου βασίζονται κυρίως στο φυσικό αέριο, αυτό οφείλεται στην αυξημένη ζήτηση για θέρμανση.

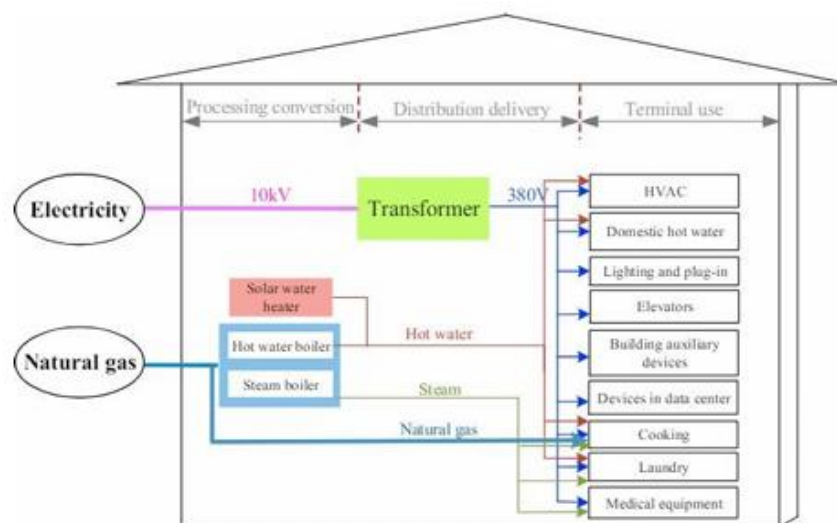


Σχήμα 4.4: Μηνιαία κατανάλωση φυσικού αερίου Θριασίου νοσοκομείου για το 2023

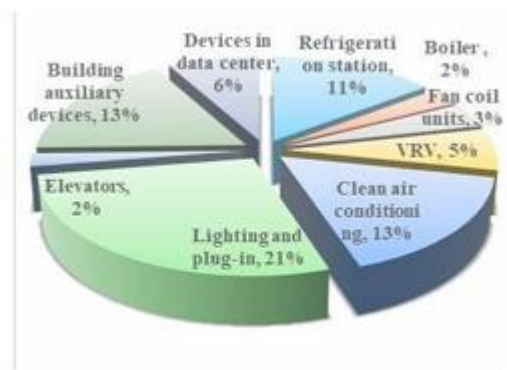
Βασικό συστατικό της συνολικής ενεργειακής στρατηγικής του νοσοκομείου είναι η διαχείριση του φυσικού αερίου. Η χρήση σύγχρονων συστημάτων θέρμανσης που είναι χαμηλής κατανάλωσης και υψηλής απόδοσης μπορεί να μειώσει σημαντικά τα έξοδα και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Τα λεβητοστάσια και τα συστήματα διανομής θερμότητας απαιτούν ανακαίνιση και εκσυγχρονισμό. Το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά με τεχνολογίες συνδυασμένης θερμότητας και ισχύος (CHP), οι οποίες παρέχουν υψηλής απόδοσης θερμική και ηλεκτρική ενέργεια.

4.3 Σύγκριση χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου

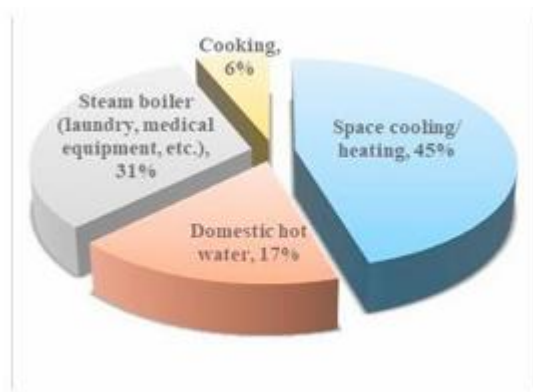
Ενδιαφέροντα μοτίβα εμφανίζονται κατά τη σύγκριση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου, (Σχήμα 4.5.). Είναι προφανές ότι ενώ η χρήση φυσικού αερίου είναι μεγαλύτερη το χειμώνα, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας το καλοκαίρι αυξάνεται απότομα ως αποτέλεσμα της ψύξης. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει το τρόπο χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου που χρησιμοποιεί ένα νοσοκομείο, λαμβάνοντας υπόψη ότι σύμφωνα με τα ελληνικά πρότυπα μέση τάση είναι 20 kV αντί 10 kV. Στα Σχήματα 4.6 και 4.7 αποτυπώνεται η κατανομή των καταναλώσεων ανά τύπο φορτίου, για την ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο αντίστοιχα.



Σχήμα 4.5 : Οι ενεργειακές καταναλώσεις ενός νοσοκομείου [9]

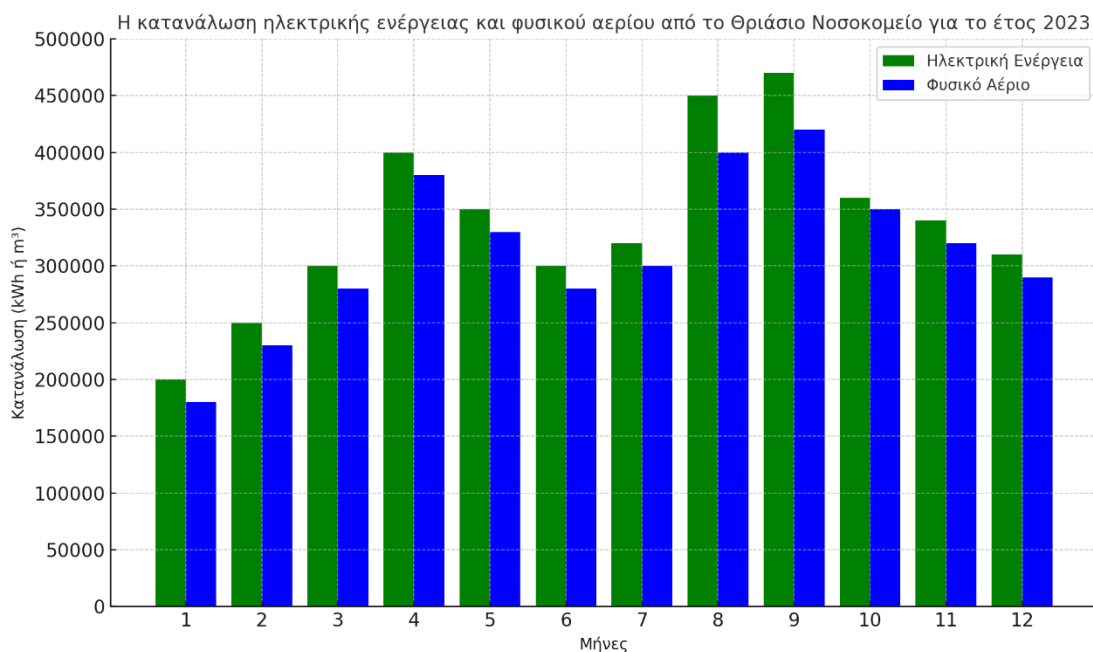


Σχήμα 4.6: Διάγραμμα Ενεργειακής Κατανομής με Ανάλυση Ηλεκτρικής Ενέργειας [9]



Σχήμα 4.7: Διάγραμμα Ενεργειακής Κατανομής με Ανάλυση του Φυσικού Αερίου [9]

Η μηνιαία κατανάλωση και των δύο πηγών ενέργειας του Θριάσιου νοσοκομείου, απεικονίζεται οπτικά στο παραπάνω διάγραμμα, το οποίο βοηθά στην εξαγωγή συμπερασμάτων για την ανάπτυξη μέτρων μείωσης του κόστους, (Σχήμα 4.8.). Το κόστος ενέργειας μπορεί να μειωθεί σημαντικά, για παράδειγμα, με την εφαρμογή προγραμματιζόμενων θερμοστατών και αυτόματων ελέγχων για κλιματισμό και φωτισμό.



Σχήμα 4.8: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και φυσικού αερίου Θριάσιου νοσοκομείου σε κοινούς άξονες για το 2023

Εν κατακλείδι οι παρακάτω ολοκληρωμένες λύσεις είναι απαραίτητες προκειμένου ένα νοσοκομείο όπως το «θριάσιο» να διαχειρίζεται αποτελεσματικά την ενέργειά του:

Εγκατάσταση συστημάτων αυτοματισμού: Τα προγραμματιζόμενα συστήματα και οι έξυπνοι αισθητήρες μπορούν να μεγιστοποιήσουν την απόδοση της θέρμανσης, της ψύξης και του φωτισμού.

Αναβαθμίσεις στον εξοπλισμό: Η κατανάλωση μπορεί να μειωθεί ανταλλάσσοντας παλιά συστήματα με πιο ενεργειακά αποδοτικά.

Επένδυση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: Η εγκατάσταση μονάδων ΣΗΘ ή φωτοβολταϊκών πάνελ θα μπορούσε να μειώσει την εξάρτηση από εξωτερικές πηγές ενέργειας.

Εκπαίδευση εργαζομένων: Η εκπαίδευση των εργαζομένων σχετικά με την αξία της εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματικότερη χρήση των διαθέσιμων πόρων.

Είναι εφικτό να μειωθεί σημαντικά η κατανάλωση ενέργειας με παράλληλη διατήρηση της απρόσκοπτης λειτουργίας των ζωτικών υπηρεσιών του νοσοκομείου με την εφαρμογή αυτών των μέτρων.

Κεφάλαιο 5 - Ενεργειακή Επιθεώρηση Νοσοκομείου

Η ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στο Θριάσιο Νοσοκομείο είχε ως βασικό στόχο την αποτύπωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου και τον εντοπισμό των ενεργοβόρων τομέων, με σκοπό τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας και τη μελλοντική ένταξη ενός Φ/Β συστήματος. Το λογισμικό GCAD της 4M χρησιμοποιήθηκε για την ψηφιακή αποτύπωση του κτιρίου, τον γεωμετρικό προσδιορισμό των επιφανειών και τη μοντελοποίηση του υφιστάμενου ενεργειακού συστήματος. Το GCAD αποτελεί ένα προηγμένο εργαλείο CAD με δυνατότητα ενσωμάτωσης ενεργειακών υπολογισμών, το οποίο επιτρέπει την εξαγωγή πλήρων αρχείων για χρήση σε λογισμικά TEE-KENAK. Μέσω του GCAD υπολογίστηκαν τα εμβαδά των όψεων, τα ανοίγματα, τα δομικά στοιχεία και οι προσανατολισμοί, ενώ εξήχθησαν αναφορές για θερμικές απώλειες και πιθανές παρεμβάσεις.

Η διαδικασία της μελέτης ενεργειακής διαχείρισης στο Θριάσιο νοσοκομείο θα γίνει με βάση τους εξής κανονισμούς:

- “Τ.Ο.ΤΕ.Ε 20701-1: “Αναλυτικές εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης”[10]
- KENAK : Υ.Α. Δ6/Β/οικ. 5825/2010 (ΦΕΚ 407/Β` 9.4.2010) [11]
- Υ.Α. ΔΕΠΕΑ/οικ. 170472/2018, (ΦΕΚ 181/Β/26.1.2018) [12]
- Υ.Α. ΔΕΠΕΑ/οικ.178581/2017, (ΦΕΚ 2367/Β/12.7.2017) [13]

5.1 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK)

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (KENAK) διαμορφώνει το θεσμικό πλαίσιο που διέπει τις αρχές και τους όρους για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Ο στόχος του κανονισμού είναι η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για λειτουργίες όπως η θέρμανση, η ψύξη, ο κλιματισμός (ΘΨΚ), ο φωτισμός και η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX), ενώ παράλληλα εξασφαλίζεται η άνεση των εσωτερικών χώρων. Η επίτευξη αυτών των στόχων πραγματοποιείται μέσω ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους των κτηρίων, της χρήσης υλικών και συστημάτων υψηλής ενεργειακής απόδοσης, καθώς και μέσω της αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και τεχνολογιών συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Ειδικότερα, οι βασικοί άξονες που υποστηρίζουν τον KENAK περιλαμβάνουν:

- **Μεθοδολογία υπολογισμού:** Καθορίζεται η μέθοδος εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης, λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση ενέργειας για ΘΨΚ, φωτισμό και ZNX.
- **Ελάχιστες απαιτήσεις:** Ορίζονται οι ελάχιστες προϋποθέσεις για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων και οι κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης.

- **Αρχιτεκτονικές προδιαγραφές:** Καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων και τις απαιτήσεις για τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα νέων ή ριζικά ανακαινισμένων κτηρίων.
- **Μελέτη ενεργειακής απόδοσης:** Περιγράφεται η δομή και το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης.
- **Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης:** Προσδιορίζεται η μορφή και το περιεχόμενο του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.
- **Ενεργειακές επιθεωρήσεις:** Καθορίζεται η διαδικασία για την ενεργειακή επιθεώρηση των κτηρίων, των λεβήτων και των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

Για την εφαρμογή του κανονισμού, έχουν θεσπιστεί τεχνικές οδηγίες από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ), οι οποίες εγκρίνονται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Αυτές οι οδηγίες επικαιροποιούνται ανάλογα με τις εθνικές ανάγκες και τεχνολογικές εξελίξεις. Η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων προσδιορίζεται βάσει της μεθοδολογίας υπολογισμού της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και περιλαμβάνει παραμέτρους όπως:

- **Χρήση και χαρακτηριστικά κτηρίου:** Περιλαμβάνουν τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό χρηστών.
- **Κλιματικά δεδομένα:** Λαμβάνονται υπόψη οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, όπως θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία.
- **Γεωμετρικά χαρακτηριστικά:** Εξετάζονται το σχήμα, η μορφή του κτηρίου, οι διαφανείς και μη διαφανείς επιφάνειες, τα σκίαστρα και ο προσανατολισμός.
- **Θερμικά χαρακτηριστικά:** Εξετάζεται η θερμοπερατότητα, η θερμική μάζα, η απορροφητικότητα και η διαπερατότητα των δομικών στοιχείων.
- **Ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα:** Περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού, φωτισμού και παραγωγής ΖΝΧ.

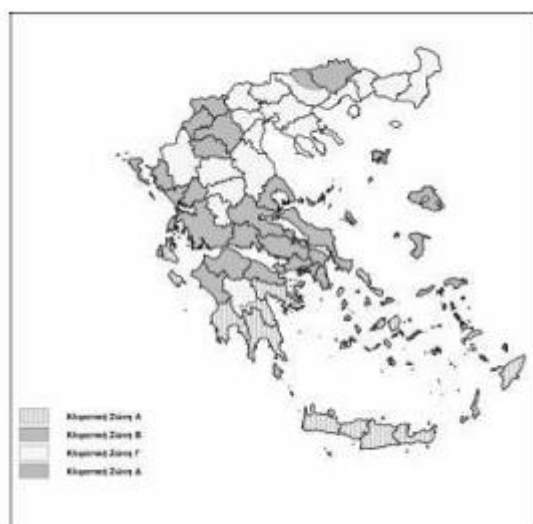
Επιπλέον, η μεθοδολογία υπολογισμού ενσωματώνει τη θετική επίδραση ενεργειακών τεχνολογιών, όπως:

- Ενεργητικά ηλιακά συστήματα και άλλες ΑΠΕ.
- Τεχνολογίες ΣΗΘ για παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.
- Κεντρικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης σε επίπεδο γειτονιάς (τηλεθέρμανση).
- Φυσικό φωτισμό.

Για την καλύτερη προσαρμογή στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας, η χώρα διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες, βάσει των βαθμομερών θέρμανσης. Αυτή η κατηγοριοποίηση επιτρέπει την ακριβέστερη εφαρμογή των μέτρων ενεργειακής απόδοσης, προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής.

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

Σχήμα 5.1: Νομοί ελληνικής επικράτειας ανά κλιματική ζώνη (πηγή KENAK) [11]



Σχήμα 5.2: Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας (πηγή KENAK)[11]

5.1.1 Επιπρόσθετες Λεπτομέρειες για την Ενεργειακή Απόδοση

Η ενσωμάτωση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών αποτελεί βασικό πυλώνα για την επίτευξη των στόχων του KENAK. Συστήματα που περιλαμβάνουν φωτοβολταϊκά πάνελ, αντλίες θερμότητας, συστήματα αυτοματισμού και "έξυπνων" δικτύων, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Παράλληλα, η χρήση δομικών υλικών υψηλής θερμικής απόδοσης συμβάλλει σημαντικά στη μείωση των απωλειών ενέργειας. Οι αρχιτεκτονικές λύσεις, όπως η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, η οποία λαμβάνει υπόψη το τοπικό κλίμα για τον σχεδιασμό του κτηρίου, έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικές. Η σωστή εκμετάλλευση του φυσικού φωτός, ο κατάλληλος προσανατολισμός του κτηρίου και η χρήση υλικών με χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα αποτελούν ουσιαστικά στοιχεία για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης.

Επιπλέον, η χρήση τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, όπως οι μπαταρίες, και η ενσωμάτωση λύσεων διαχείρισης ενέργειας (Energy Management Systems) συμβάλλουν στη μεγιστοποίηση της αξιοποίησης των ΑΠΕ. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας για χρήση σε ώρες αιχμής, μειώνοντας την ανάγκη για συμβατική ενέργεια.

5.1.2 Η Σημασία της Εκπαίδευσης και Ευαισθητοποίησης

Η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση των πολιτών και των επαγγελματιών του κλάδου της κατασκευής και διαχείρισης κτηρίων είναι εξίσου σημαντική. Μέσω προγραμμάτων επιμόρφωσης και ενημέρωσης, οι πολίτες μπορούν να κατανοήσουν τα οφέλη της ενεργειακής απόδοσης και να υιοθετήσουν πρακτικές που ενισχύουν τη βιωσιμότητα. Συνολικά, ο ΚΕΝΑΚ αποτελεί έναν ολοκληρωμένο οδηγό για τη μετάβαση σε πιο βιώσιμες πρακτικές στον τομέα της δόμησης, με στόχο τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας της χώρας.

5.2 Μεθοδολογία ενεργειακής επιθεώρησης

Η διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης ακολουθεί μια δομημένη μεθοδολογία που εξασφαλίζει την ακριβή συλλογή και ανάλυση των δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας. Η μεθοδολογία αυτή αποτελείται από διαδοχικά στάδια, τα οποία εφαρμόζονται με συστηματικό τρόπο, με σκοπό τον προσδιορισμό των ενεργειακών αναγκών και την εισήγηση βελτιωτικών μέτρων που θα ενισχύσουν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου.

5.2.1 Βήματα Ενεργειακής Επιθεώρησης

1. Προετοιμασία: Αρχικά, η τεχνική υπηρεσία παρέχει τις απαιτούμενες πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη τοπικών μετρητικών συστημάτων, πέρα από τους βασικούς μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου και πετρελαίου. Ιδιαίτερη σημασία έχει η καταγραφή τυχόν πρόσθετων μετρητών στο κτίριο, καθώς και η συλλογή των κατόψεων του κτιρίου, διευκολύνοντας έτσι τον εντοπισμό των χώρων που θα επιθεωρηθούν. Παράλληλα, συγκεντρώνονται οι λογαριασμοί κατανάλωσης ενέργειας των προηγούμενων ετών, ώστε να αναλυθούν οι μακροπρόθεσμες τάσεις και να εντοπιστούν πιθανά ενεργειακά προβλήματα.

2. Συλλογή δεδομένων: Αφού συγκεντρωθούν οι αρχικές πληροφορίες, ακολουθεί λεπτομερής ανάλυση των δεδομένων, η οποία στηρίζεται κυρίως στους λογαριασμούς ενέργειας, ιδίως όταν δεν υπάρχουν τοπικά μετρητικά συστήματα. Η συλλογή αυτών των δεδομένων επιτρέπει την εκτίμηση των επιμέρους καταναλώσεων και τη σύγκριση των προτύπων χρήσης ενέργειας του κτιρίου.

3. Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων: Τα δεδομένα εισάγονται σε ειδική πλατφόρμα ενεργειακής διαχείρισης, όπως το σύστημα Ggad της 4M . Μέσω της πλατφόρμας αυτής, αξιολογούνται οι συντελεστές θερμοπερατότητας και η ποιότητα της θερμομόνωσης του κτιρίου. Αυτή η ανάλυση επιτρέπει τον εντοπισμό σημείων με ενεργειακές απώλειες και υποδεικνύει τις απαιτούμενες παρεμβάσεις για τη μείωση της συνολικής κατανάλωσης.

4. Πρόταση μέτρων βελτίωσης: Με βάση την ανάλυση της ενεργειακής κατάστασης του κτιρίου, προτείνονται συγκεκριμένα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας. Αυτά αξιολογούνται λαμβάνοντας υπόψη το κόστος εφαρμογής και τον χρόνο απόσβεσης της επένδυσης, προκειμένου να εντοπιστούν οι πλέον συμφέρουσες λύσεις που προσφέρουν μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας με ελάχιστο οικονομικό ρίσκο.

5.3 Διαδικασία Καταγραφής Δεδομένων

Για την ακριβή καταγραφή της κατανάλωσης ενέργειας στους διάφορους χώρους ενός νοσοκομείου, απαιτείται σχετική άδεια από τη διοίκηση. Με τη βοήθεια της τεχνικής υπηρεσίας, συλλέγονται στοιχεία από όλους τους χώρους, εστιάζοντας σε τρεις βασικούς τομείς:

- **Φωτισμός:** Καταγράφεται η ισχύς και ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων, καθώς και η συνολική κατανάλωσή τους.
- **Κλιματισμός:** Εξετάζεται η απόδοση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, καθώς και η ενεργειακή τους κατανάλωση.
- **Κατανάλωση από ηλεκτρικές συσκευές:** Καταγράφονται οι ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούνται στους χώρους του νοσοκομείου, εστιάζοντας κυρίως σε οικιακού τύπου συσκευές, και όχι σε εξειδικευμένα ιατρικά μηχανήματα.

Η αδυναμία πλήρους καταγραφής της κατανάλωσης των ιατρικών μηχανημάτων δεν επηρεάζει την εγκυρότητα της μελέτης, καθώς η ενεργειακή επιθεώρηση επικεντρώνεται κυρίως στη συνολική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Επιπλέον, η αναβάθμιση τέτοιου εξοπλισμού συχνά δεν αποτελεί οικονομικά βιώσιμη επιλογή, καθώς το κόστος τους είναι πολύ υψηλό σε σχέση με την ενεργειακή εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί. Ωστόσο, οι συνολικές καταναλώσεις αυτών των συσκευών λαμβάνονται υπόψη στα ενεργειακά διαγράμματα, παρέχοντας μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας.

Το ερωτηματολόγιο για κάθε χώρο περιείχε τις εξής στήλες:

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΩΜΑΤΙΟΥ	ΧΩΡΟΣ ΚΑΤΟΨΗΣ	ΛΑΜΠΕΣ 18W	ΛΑΜΠΕΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ	ΛΑΜΠΕΣ T8 60CM	ΛΑΜΠΕΣ T8 120CM	ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΚΛΙΝΩΝ
ΑC	9000	12000	16000	18000	22000	24000
Η/Υ	ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ	ΤΗΛ	ΨΥΓΕΙΟ	ΤΟΣΤΙΕΡΑ	TV	ΚΑΦΕΤΙΕΡΑ
ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΟ ΣΩΜΑ	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΔΑΠΕΔΟΥ	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΟΡΟΦΗΣ	ΦΟΥΡΝΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜ.	ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ ΠΙΑΤΩΝ		

Πίνακας 5.1

5.4 Κατηγορίες καταναλώσεων

5.4.1. Φωτισμός

Μετά από συστηματική καταγραφή του 90-95% των χώρων του νοσοκομείου, διαπιστώθηκε ότι τα φωτιστικά που χρησιμοποιούνται ανήκουν σε έξι διαφορετικές κατηγορίες:

- Τετράγωνα φωτιστικά, εξοπλισμένα με τέσσερις λάμπες φθορισμού μήκους 0,6 μέτρων.
- Ορθογώνια φωτιστικά, που διαθέτουν δύο λάμπες φθορισμού μήκους 1,2 μέτρων.
- Λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας.
- Φωτιστικά ειδικά σχεδιασμένα για χρήση σε κλίνες ασθενών.
- Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFL).
- Φωτιστικά τύπου LED.

Η συντριπτική πλειοψηφία του φωτισμού στο νοσοκομείο προέρχεται κυρίως από τις δύο πρώτες κατηγορίες. Κατά την επιθεώρηση, διαπιστώθηκε ότι περίπου το 25% των λαμπτήρων φθορισμού αυτών των κατηγοριών ήταν εκτός λειτουργίας. Ωστόσο, για λόγους συγκρισιμότητας στην ανάλυση που θα ακολουθήσει, θεωρείται ότι όλες οι λάμπες λειτουργούν κανονικά.

Όσον αφορά τους τύπους λαμπτήρων, θα ληφθούν υπόψη συγκεκριμένα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στο νοσοκομείο εδώ και αρκετά χρόνια, ώστε να γίνει μια ακριβής αποτύπωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Με αυτόν τον τρόπο, θα υπάρχει μια σαφής εικόνα των τεχνικών χαρακτηριστικών των ήδη εγκατεστημένων λαμπτήρων.

5.4.2. Κλιματισμός

Από τα διαθέσιμα δεδομένα, προκύπτει ότι οι περισσότερες περιοχές του Θριασίου νοσοκομείου είναι εξοπλισμένες με συστήματα κεντρικού κλιματισμού καλύπτοντας τους χώρους από τον πρώτο έως τον τέταρτο όροφο. Ωστόσο, στο υπόγειο, σε επιλεγμένα τμήματα λειτουργούν συστήματα κλιματισμού τύπου multi-split. Για τους χώρους χειρουργείου και άλλες κρίσιμες περιοχές, εφαρμόζεται αντιβακτηριακός κεντρικός κλιματισμός, ο οποίος συμμορφώνεται πλήρως με τα απαιτούμενα υγειονομικά πρότυπα.

Όσον αφορά τις αυτόνομες μονάδες κλιματισμού, για τις ανάγκες της ανάλυσης, αυτές έχουν ταξινομηθεί σε κατηγορίες, που χαρακτηρίζονται με γράμματα από το Α έως το Ζ, σύμφωνα με τον αντίστοιχο πίνακα.

Πίνακας 5.2: Τα είδη συσκευών κλιματισμού [16]

	Είδος	Εικόνα
A	Ένιαία κλιματιστικά τοίχων ή παραθύρου	
B	Διαίρουμένες μονάδες δωματίου	
Γ	Μονάδες πολυδιαίρουμένου τύπου (multi-split)	
Δ	Φορητά κλιματιστικά	
Ε	Επιδαπέδιες μονάδες	
ΣΤ	Μονάδες τύπου «ντουλάπας»	
Ζ	Μονάδες οροφής κρυφού τύπου (καναλιό)	
Η	Μονάδες τύπου «κασέτας»	

Η πλειονότητα των εγκατεστημένων κλιματιστικών ανήκει στους τύπους Α, Β και Γ. Τα κλιματιστικά τύπου Α είναι παλιά και η παραγωγή τους έχει σταματήσει εδώ και χρόνια, ωστόσο, περίπου το 80% αυτών εξακολουθεί να λειτουργεί. Όσον αφορά τα κλιματιστικά τύπου Β, μόνο το 25% είναι νέες μονάδες με τεχνολογία inverter, ενώ τα υπόλοιπα χρησιμοποιούν παλαιότερη τεχνολογία. Οι δείκτες αποδοτικότητας που επιλέχθηκαν για τη μελέτη θα παρουσιαστούν στο επόμενο κεφάλαιο.

Επιπλέον, υπάρχουν και άλλα μοντέλα, όπως οι τύποι Ε και ΣΤ (που βρίσκονται κυρίως σε διαδρόμους, κουζίνες και ευρύχωρους χώρους), καθώς και ο τύπος Ζ. Για να διασφαλιστεί ότι η μελέτη καλύπτει τόσο τις ανάγκες θέρμανσης όσο και ψύξης, θεωρείται ότι όλα τα εγκατεστημένα κλιματιστικά βρίσκονται σε λειτουργία. Σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν αναλυτικά δεδομένα, θα γίνουν οι απαραίτητες παραδοχές.

5.4.3 Συσκευές

Μετά την καταγραφή βρέθηκε ότι στο νοσοκομείο οι συσκευές που υπάρχουν είναι οι εξής:

- Καφετιέρες
- Θερμαντικά σώματα
- Ανεμιστήρες δαπέδου
- Ανεμιστήρες οροφής
- Φούρνοι μικροκυμάτων
- Πλυντήρια πιάτων
- Ηλεκτρονικοί υπολογιστές
- Τηλέφωνα
- Ψυγεία
- Βραστήρες
- Τοστιέρες
- Τηλεοράσεις

Επιπλέον, υπήρχαν και ηλεκτρικές συσκευές που ήταν επαγγελματικές (πλυντήρια ρούχων και κουζίνες) αλλά η αντικατάστασή τους είναι κοστοβόρα και δεν καταγράφηκαν.

5.5 Η διαδικασία επίσκεψης των χώρων

Μετά την ολοκλήρωση της εκτύπωσης των κατόψεων των 6 ορόφων του νοσοκομείου, καθώς και των σχετικών ερωτηματολογίων, ξεκίνησε μια συστηματική και λεπτομερής διαδικασία καταγραφής των ενεργειακών δεδομένων για κάθε χώρο του νοσοκομείου. Η διαδικασία αυτή απαιτούσε ιδιαίτερη προσοχή, δεδομένου ότι η συλλογή πληροφοριών έπρεπε να γίνει με τρόπο μεθοδικό και οργανωμένο, ώστε να διασφαλιστεί η ακρίβεια και η αξιοπιστία των δεδομένων.

Κατά τη διάρκεια της παραμονής των υπεύθυνων καταγραφής στους χώρους του νοσοκομείου, η χρήση μάσκας ήταν υποχρεωτική, σύμφωνα με τις οδηγίες της Επιτροπής Λοιμώξεων του Θριασίου νοσοκομείου, με σκοπό την αποτροπή της διασποράς του κορονοϊού. Επιπλέον, για την πρόσβαση σε ειδικούς χώρους υψηλού κινδύνου, όπως η Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ) και οι χειρουργικές αίθουσες, απαιτήθηκε συνεννόηση με την Ιατρική Υπηρεσία. Παράλληλα, η είσοδος στους χώρους αυτούς πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ειδικού προστατευτικού εξοπλισμού, ο οποίος περιλάμβανε ποδιά μιας χρήσης, ποδονάρια και σκούφο, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος διασποράς μικροβίων και λοιμώξεων.

Λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών και των περιορισμών στους εν λόγω χώρους, ο διαθέσιμος χρόνος για την καταγραφή δεδομένων ήταν περιορισμένος. Για τον λόγο αυτό, αρκετά διαφορετικά δωμάτια καταγράφηκαν ως μία ενιαία μονάδα, ώστε να επιταχυνθεί η διαδικασία και να αποτυπωθεί με τον πιο αξιόπιστο δυνατό τρόπο η ενεργειακή τους κατανάλωση. Η καταγραφή των ορόφων του νοσοκομείου κάλυψε το σύνολο των χώρων από το υπόγειο έως και τον τέταρτο όροφο.

Η διαδικασία καταγραφής περιελάμβανε τη συλλογή πληροφοριών για διάφορες ενεργειακές πηγές και ηλεκτρικές συσκευές σε κάθε χώρο, όπως:

- Αριθμός φωτιστικών σωμάτων που υπήρχαν σε κάθε χώρο.
- Τύπος φωτιστικών, συμπεριλαμβανομένων τόσο των παλαιού τύπου όσο και των πιο σύγχρονων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας.
- Κατηγορίες και μοντέλα κλιματιστικών, προκειμένου να εκτιμηθεί η ενεργειακή τους κατανάλωση.
- Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές, όπως υπολογιστές, ψυγεία, ιατρικά μηχανήματα και λοιπές εγκαταστάσεις που συμβάλλουν στη συνολική κατανάλωση ενέργειας.

Παρότι η διαδικασία συλλογής δεδομένων ήταν εκτεταμένη, υπήρξαν ορισμένοι περιορισμοί που επηρέασαν τη δυνατότητα πλήρους αποτύπωσης της ενεργειακής εικόνας του νοσοκομείου:

- Χώροι στους οποίους δεν επιτράπηκε η πρόσβαση για λόγους ασφάλειας και υγιεινής. Σε αυτούς περιλαμβάνονται:
- Ο νεκροθάλαμος.
- Θάλαμοι ασθενών με ιδιαίτερα μολυσματικές νόσους.
- Χώροι όπου νοσηλεύονταν κρατούμενοι ασθενείς, για τους οποίους απαιτούνταν ειδική άδεια.
- Χώροι που ήταν κλειδωμένοι και δεν κατέστη δυνατή η εύρεση κλειδιών κατά την περίοδο της καταγραφής.

Για τους χώρους στους οποίους δεν κατέστη δυνατή η φυσική επίσκεψη, η ενεργειακή κατανάλωση εκτιμήθηκε βάσει των υποδείξεων του αρμόδιου προσωπικού, το οποίο είχε γνώση των εγκαταστάσεων και της λειτουργίας των ηλεκτρικών συστημάτων.

Με την παραπάνω διαδικασία, επιδιώκεται η δημιουργία μιας ολοκληρωμένης ενεργειακής εικόνας του νοσοκομείου, η οποία θα συμβάλλει στην εφαρμογή αποδοτικών στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας, τη βελτιστοποίηση των υποδομών και την αποτελεσματικότερη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων.

Κεφάλαιο 6- Κλιματισμός

6.1 Τα είδη των συσκευών κλιματισμού

- **Μονάδες τύπου «ντουλάπας»**
- **Μονάδες οροφής κρυφού τύπου (καναλάτο)**
- **Μονάδες τύπου «κασέτας»**
- **Μονάδες πολυδιαιρούμενου τύπου (multi-split)**
- **Φορητά κλιματιστικά**
- **Επιδαπέδιες μονάδες**
- **Ενιαία κλιματιστικά τοίχου ή παραθύρου**
- **Διαιρούμενες μονάδες δωματίου**

Πιο συγκεκριμένα:

- Μονάδες τύπου «ντουλάπας»

Είναι κλιματιστικά μεγάλης ισχύος (48.000 έως 72.000 BTU) και μεγάλων διαστάσεων, που προορίζονται κυρίως για την κάλυψη αναγκών ψύξης ή θέρμανσης σε επαγγελματικούς χώρους άνω των 60 τετραγωνικών μέτρων. Οι κλιματιστικές αυτές μονάδες παρόλο που προσφέρουν λύση για μεγάλους χώρους, θεωρούνται από τις λιγότερο αποδοτικές επιλογές, τόσο σε επίπεδο άνεσης όσο και ενεργειακά. Ο μεγάλος τους όγκος και η λειτουργία τους από ένα μόνο στόμιο που εκπέμπει αέρα υψηλής έντασης συχνά δημιουργούν δυσφορία στους παρευρισκόμενους. Όσοι κάθονται κοντά στην μονάδα μπορεί να αισθάνονται υπερβολικό ψύχος ή ζέστη, ανάλογα με την λειτουργία της. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν κάποιες πιο σύγχρονες μονάδες που καταφέρνουν να φτάσουν σε ενεργειακή απόδοση κατηγορίας A, αν και τα επιτοίχια ή τα μηχανήματα οροφής κρυφού τύπου μπορούν να φτάσουν έως και κατηγορία A+++.

Πλεονέκτημα αυτού του τύπου κλιματιστικού αποτελεί το χαμηλό κόστος εγκατάστασης σε σχέση με την κάλυψη μεγάλων χώρων.



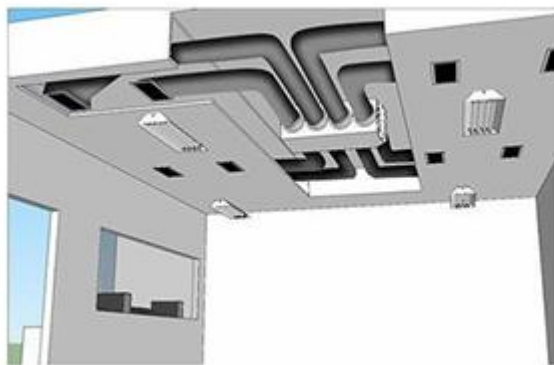
Σχήμα 6.1: Μονάδα τύπου «ντουλάπας» [16]

- Μονάδες οροφής κρυφού τύπου (καναλάτο)

Για να εγκαταστήσουμε αυτού του είδους τα κλιματιστικά απαιτείται η ύπαρξη ψευδοροφής, μέσα στην οποία τοποθετείται η εσωτερική μονάδα του συστήματος. Οι αγωγοί που επιτρέπουν την είσοδο και έξοδο του αέρα παραμένουν κρυφοί, με μοναδικά ορατά σημεία τα στόμια αέρα, από όπου και διαχέεται ο κλιματισμένος αέρας στον χώρο. Οι εσωτερικές μονάδες αυτού του τύπου θεωρούνται εξαιρετικά κατάλληλες για επαγγελματικά περιβάλλοντα όπου η αισθητική παίζει σημαντικό ρόλο και δεν είναι επιθυμητή η ορατή παρουσία κλιματιστικών, όπως σε δωμάτια ξενοδοχείων ή σε εμπορικά καταστήματα.



Σχήματα 6.2 : Μονάδα οροφής κρυφού τύπου (καναλάτο) [16]



Σχήματα 6.3 : Μονάδα οροφής κρυφού τύπου (καναλάτο) [16]

- Μονάδες τύπου «κασέτας»

Η βασική διαφορά ανάμεσα στα καναλλάτα κλιματιστικά και τις μονάδες τύπου κασέτας είναι ότι στις τελευταίες η εσωτερική μονάδα είναι εμφανής. Τα κλιματιστικά τύπου κασέτας προσφέρουν πιο ομοιόμορφη κατανομή του κλιματιζόμενου αέρα στον χώρο και διευκολύνουν τη διαδικασία της συντήρησης. Αυτό οφείλεται στο ότι η μάσκα του μηχανήματος, μέσω της οποίας ο τεχνικός αποκτά πρόσβαση στο εσωτερικό, βρίσκεται σε εμφανές και προσβάσιμο σημείο.



Σχήμα 6.4 : Μονάδα τύπου «κασέτας» [16]

- Μονάδες πολυδιαιρούμενου τύπου (multi-split)

Τα κλιματιστικά πολύ διαιρούμενου τύπου (multi split) περιλαμβάνουν μία εξωτερική μονάδα στην οποία μπορούν να συνδεθούν από δύο έως και πέντε εσωτερικές μονάδες, οι οποίες τοποθετούνται σε διαφορετικά δωμάτια. Αποτελούν ιδανική λύση για την ταυτόχρονη ψύξη ή θέρμανση πολλών χώρων, χωρίς την ανάγκη αγοράς και εγκατάστασης ξεχωριστών συστημάτων για κάθε δωμάτιο. Επιπλέον, είναι η ιδανική επιλογή σε περιπτώσεις όπου απαιτούνται πολλά κλιματιστικά στον ίδιο χώρο, αλλά

δεν υπάρχει επαρκής χώρος για πολλές εξωτερικές μονάδες – κάνοντάς τα την πιο πρακτική και αποδοτική επιλογή.



Σχήμα 6.5 : Μονάδα πολυδιαιρούμενου τύπου (multi-split) [16]

- Φορητά κλιματιστικά

Τα φορητά κλιματιστικά, γνωστά και ως φορητές μονάδες κλιματισμού, είναι συσκευές που ενσωματώνουν τόσο την εσωτερική όσο και την εξωτερική μονάδα μέσα σε ένα και μόνο περίβλημα. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι το μικρό τους μέγεθος, που επιτρέπει την εύκολη μεταφορά τους από δωμάτιο σε δωμάτιο, προσφέροντας τη δυνατότητα κλιματισμού σε διαφορετικούς χώρους, ανάλογα με τις ανάγκες. Δεν απαιτούν μόνιμη εγκατάσταση και διατίθενται σε χαμηλό κόστος αγοράς. Ωστόσο, παρουσιάζουν περιορισμένη ισχύ, γεγονός που μειώνει μεν την ενεργειακή τους κατανάλωση, αλλά επηρεάζει αρνητικά την απόδοσή τους τόσο στη θέρμανση όσο και στην ψύξη.



Σχήμα 6.6: Φορητό κλιματιστικό[16]

- Επιδαπέδιες μονάδες

Οι επιδαπέδιες μονάδες κλιματισμού αποτελούν μια επιλογή που προτιμάται συχνά για αισθητικούς λόγους, κυρίως σε χώρους όπου δεν είναι επιθυμητή η ορατή παρουσία επιτοιχίων μονάδων. Ένα σημαντικό τους πλεονέκτημα είναι ότι εισάγουν τον αέρα από το δάπεδο, εκεί όπου η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, γεγονός που τις καθιστά κατάλληλες για την αποτελεσματική θέρμανση μεγάλων ενιαίων ή ψηλοτάβανων χώρων. Σε αντίθεση με τα επιτοιχία κλιματιστικά, τα οποία συχνά θερμαίνουν περισσότερο τα ανώτερα στρώματα του αέρα, οι επιδαπέδιες μονάδες προσφέρουν πιο ομοιόμορφη κατανομή της θέρμανσης. Επιπλέον, μπορούν να τοποθετηθούν διακριτικά στο δάπεδο χωρίς να καταλαμβάνουν σημαντικό χώρο, ακόμη και κάτω από παράθυρα — σημεία που συνήθως δεν αξιοποιούνται. Διακρίνονται για την υψηλή θερμική τους απόδοση, την αθόρυβη λειτουργία και την ευκολία στη συντήρηση. Ωστόσο, υπολείπονται σε απόδοση ψύξης σε σύγκριση με τις επιτοιχίες μονάδες, καθώς ο θερμός αέρας τείνει να συγκεντρώνεται ψηλά, και επιπλέον έχουν υψηλότερο κόστος αγοράς.



Σχήμα 6.7 : Επιδαπέδια μονάδα[16]

- Ενιαία κλιματιστικά τοίχου ή παραθύρου

Τα σύγχρονα κλιματιστικά τύπου τοίχου ή παραθύρου είναι μονάδες μικρής σχετικά ισχύος που διαφέρουν από τα περισσότερα συστήματα, καθώς δεν διαθέτουν ξεχωριστές εσωτερικές και εξωτερικές μονάδες. Όλος ο μηχανισμός είναι ενσωματωμένος σε μία ενιαία, συμπαγή κατασκευή. Συνήθως τοποθετούνται σε διαμπερή ανοίγματα σε τοίχο ή παράθυρο, έτσι ώστε το πίσω μέρος της μονάδας να βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό χώρο, ενώ το εμπρόσθιο μέρος "βλέπει" στο εσωτερικό του δωματίου. Το βασικό μειονέκτημα αυτού του τύπου είναι η απαίτηση για κατασκευή ανοίγματος στον τοίχο, αρκετά μεγάλου ώστε να χωρέσει ολόκληρη η μονάδα. Τα ενιαία αυτά κλιματιστικά προσφέρουν δυνατότητα τόσο ψύξης όσο και θέρμανσης, και διατίθενται σε διάφορα μεγέθη ανάλογα με την απόδοσή τους. Ήταν τα πρώτα είδη κλιματιστικών που κατασκευάστηκαν για οικιακή χρήση και για τον λόγο αυτό στο παρελθόν ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένα, περισσότερο από ό,τι είναι σήμερα.



Σχήμα 6.8 : Ενιαίο κλιματιστικό τοίχου [16]



Σχήμα 6.9 : Ενιαίο κλιματιστικό παραθύρου[16]

- Διαιρούμενες μονάδες δωματίου

Οι διαιρούμενες μονάδες δωματίου (split units) αποτελούν σήμερα την πιο κοινή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μορφή κλιματιστικών. Είναι σχεδιασμένες για να καλύπτουν τις ανάγκες οικιακών χώρων, καθώς και μικρών επαγγελματικών χώρων όπως καταστήματα, γραφεία και επιχειρήσεις εστίασης. Αποτελούνται από μία εξωτερική μονάδα, που τοποθετείται στον εξωτερικό τοίχο, και μία εσωτερική μονάδα, που τοποθετείται στον εσωτερικό χώρο. Χαρακτηρίζονται από σύγχρονο σχεδιασμό που ενσωματώνεται εύκολα σε κάθε περιβάλλον, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, ενώ πολλά μοντέλα διαθέτουν και δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου μέσω Διαδικτύου.

Η τοποθέτησή τους σε ψηλό σημείο τοίχου ευνοεί τη λειτουργία ψύξης, καθώς ο θερμός αέρας ανεβαίνει και συγκεντρώνεται στα ανώτερα επίπεδα του χώρου. Τα επιτοίχια κλιματιστικά είναι τα πιο δημοφιλή στην αγορά, διαθέτουν την πιο οικονομική τιμή σε σχέση με άλλους τύπους αντίστοιχης ισχύος και προσφέρουν εξαιρετικές επιδόσεις τόσο ενεργειακά όσο και λειτουργικά.



Σχήμα 6.10 : Διαιρούμενη μονάδα δωματίου[16]

6.2 Inverter vs Συμβατικό

Τα κλιματιστικά τεχνολογίας inverter προσφέρουν τη δυνατότητα αυτόματης ρύθμισης της ισχύος λειτουργίας τους, με βάση τη θερμοκρασία που επιθυμούμε στον χώρο και τις θερμικές απώλειες του περιβάλλοντος. Έτσι, επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους λειτουργίας. Σε αντίθεση με τα συμβατικά κλιματιστικά σταθερών στροφών, τα οποία απενεργοποιούνται μόλις επιτευχθεί η ζητούμενη θερμοκρασία και επανεκκινούν όταν αυτή ξεφύγει από τα επιθυμητά όρια (μια διαδικασία που καταναλώνει αρκετή ενέργεια), τα inverter λειτουργούν διαφορετικά. Διαθέτουν συμπιεστή μεταβλητής απόδοσης που προσαρμόζει συνεχώς την ταχύτητα λειτουργίας του, ώστε να διατηρεί σταθερά τη θερμοκρασία στον χώρο χωρίς απότομες διακοπές και επανεκκινήσεις. [17]

Πλεονεκτήματα:

Το κύριο πλεονέκτημα των inverter είναι η υψηλή εξοικονόμηση ενέργειας, η οποία, ανάλογα με το μοντέλο και τις συνθήκες χρήσης, μπορεί να φτάσει από 25% έως και 50% σε σύγκριση με τα συμβατικά μοντέλα. Επιπλέον, επιτυγχάνουν την επιθυμητή θερμοκρασία πιο γρήγορα και λειτουργούν αξιόπιστα ακόμη και σε εξωτερικές θερμοκρασίες κάτω από το μηδέν, προσφέροντας ισχυρή θέρμανση.

Πότε είναι συμφέρουσα επιλογή:

Αν και η αρχική αγορά ενός κλιματιστικού inverter κοστίζει περισσότερο από αυτή ενός συμβατικού, η διαφορά καλύπτεται σχετικά σύντομα μέσω της μείωσης στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Το πόσο συμφέρει εξαρτάται κυρίως από τον χρόνο λειτουργίας της συσκευής: όσο περισσότερες ώρες χρησιμοποιείται, τόσο πιο γρήγορα γίνεται η απόσβεση του κόστους. Για συσκευές που προορίζονται για καθημερινή και πολύωρη χρήση, η επιλογή inverter είναι ξεκάθαρα επωφελής. Αντίθετα, αν προορίζεται για περιστασιακή χρήση, όπως μία ώρα την ημέρα, η εξοικονόμηση

ενέργειας είναι λιγότερο αισθητή και ίσως να μην δικαιολογεί την υψηλότερη αρχική δαπάνη.

6.3 Παράγοντες αλλαγής κλιματιστικών

Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικότεροι λόγοι που καθιστούν απαραίτητη την αντικατάσταση μιας κλιματιστικής μονάδας, ξεκινώντας με την ενεργειακή της κλάση.

6.3.1 Ενεργειακή Κλάση Κλιματιστικού [17]

Οι οικιακές συσκευές – συμπεριλαμβανομένων των κλιματιστικών – κατατάσσονται βάσει της ενεργειακής τους απόδοσης σε κλάσεις από A+++ (η πιο αποδοτική) έως G (η λιγότερο αποδοτική). Η ενεργειακή απόδοση αναφέρεται στο ποσοστό της ενέργειας που αξιοποιείται πραγματικά στον χώρο σε σχέση με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Παλιότερα, η κατάταξη γινόταν μέσω δύο βασικών δεικτών:

- **COP** (συντελεστής απόδοσης θέρμανσης)
- **EER** (συντελεστής απόδοσης ψύξης)

Αυτοί οι δείκτες προκύπτουν από τη διαίρεση της παραγόμενης ενέργειας (σε θέρμανση ή ψύξη) με την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Όσο υψηλότερες οι τιμές αυτών των δεικτών, τόσο πιο αποδοτικό είναι το κλιματιστικό. Για παράδειγμα, ένα κλιματιστικό με κατάταξη A+++ είναι περίπου 15% πιο αποδοτικό από ένα A+ και σχεδόν 27,5% πιο αποδοτικό από ένα μοντέλο κατηγορίας A.

Πλέον, η αξιολόγηση των συσκευών βασίζεται σε νέες ευρωπαϊκές οδηγίες, και συγκεκριμένα στην **οδηγία οικολογικού σχεδιασμού (ErP)**. Αυτή η οδηγία καθορίζει τις ελάχιστες προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν τα προϊόντα ώστε να είναι φιλικά προς το περιβάλλον και να μπορούν να διατεθούν στην ευρωπαϊκή αγορά.

Στο νέο σύστημα αξιολόγησης έχουν προστεθεί δύο εποχιακοί δείκτες:

- **SEER** (Seasonal Energy Efficiency Ratio) για την ψύξη
- **SCOP** (Seasonal Coefficient of Performance) για τη θέρμανση

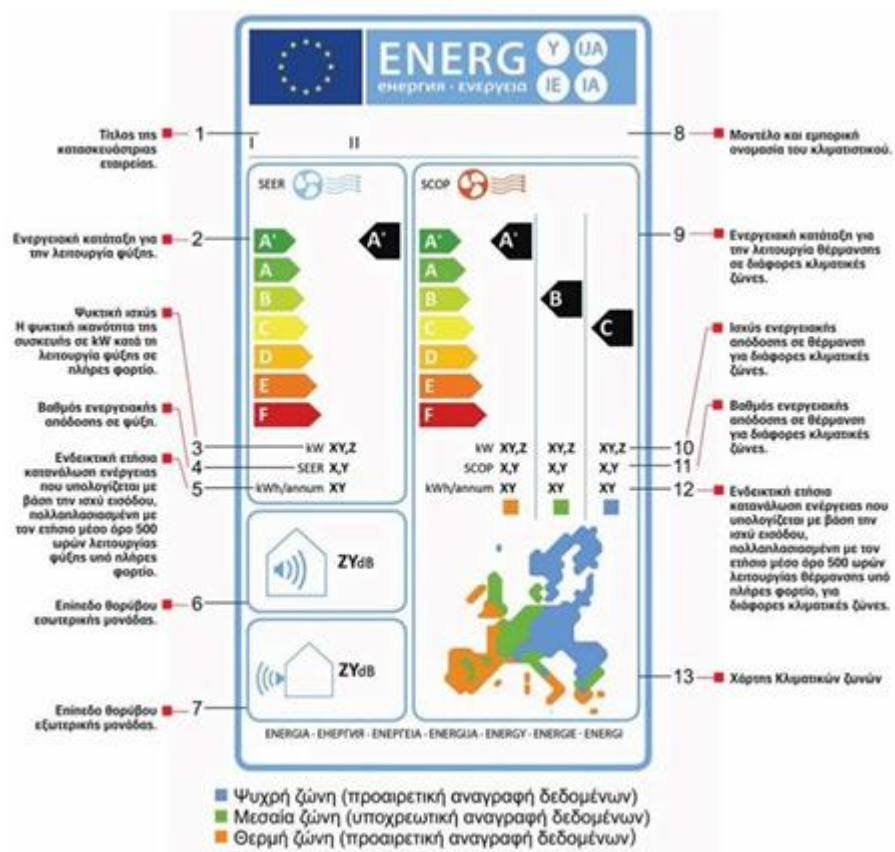
Σε αντίθεση με τους παλαιότερους δείκτες, οι SEER και SCOP λαμβάνουν υπόψη την πραγματική, ετήσια κατανάλωση ενέργειας, συμπεριλαμβάνοντας τις μεταβολές της θερμοκρασίας και τα διαστήματα που το σύστημα δεν λειτουργεί. Έτσι, αποτυπώνουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τη συνολική απόδοση της συσκευής καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Ενεργειακή Κατηγορία	SEER	SCOP
A+++	$8,50 \leq \text{SEER}$	$5,10 \leq \text{SCOP}$
A++	$6,10 \leq \text{SEER} < 8,50$	$4,80 \leq \text{SCOP} < 5,10$
A+	$5,60 \leq \text{SEER} < 6,10$	$4,00 \leq \text{SCOP} < 4,60$
A	$5,10 \leq \text{SEER} < 5,60$	$3,40 \leq \text{SCOP} < 4,00$
B	$4,60 \leq \text{SEER} < 5,10$	$3,10 \leq \text{SCOP} < 3,40$
C	$4,10 \leq \text{SEER} < 4,60$	$2,80 \leq \text{SCOP} < 3,10$
D	$3,60 \leq \text{SEER} < 4,10$	$2,50 \leq \text{SCOP} < 2,80$
E	$3,10 \leq \text{SEER} < 3,60$	$2,20 \leq \text{SCOP} < 2,50$
F	$2,60 \leq \text{SEER} < 3,10$	$1,90 \leq \text{SCOP} < 2,20$
G	$\text{SEER} \leq 2,60$	$\text{SCOP} \leq 1,90$

Σχήμα 6.11: Όρια ενεργειακών κλάσεων των συντελεστών SEER και SCOP [18]

Για να επιτραπεί η κυκλοφορία ενός νέου κλιματιστικού στην Ευρωπαϊκή Ένωση, απαιτείται:

- ο δείκτης **SEER** να υπερβαίνει το **3,60**
- ο δείκτης **SCOP** να υπερβαίνει το **3,40**



Σχήμα 6.12 : Πίνακας ενεργειακής κλάσης κλιματιστικού [18]

6.3.2 Ψυκτικό μέσο

Πολλές από τις κλιματιστικές μονάδες που είναι εγκατεστημένες σε νοσοκομεία χρησιμοποιούν ακόμη το ψυκτικό υγρό **R-22**, το οποίο, μαζί με άλλα παρόμοια ψυκτικά μέσα (όπως R-402A, R-402B, R-403B, R-408A, R-409A και R-409B), έχει

απαγορευτεί πλήρως από την **1η Ιανουαρίου 2015** σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) 2037/2000 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου.

Νομοθετικό Πλαίσιο

Συγκεκριμένα, το **Άρθρο 5** του κανονισμού προβλέπει:

- Από την **1η Ιανουαρίου 2010** απαγορεύτηκε η χρήση νέων υδροχλωροφθορανθράκων (όπως το R-22) για επισκευές και συντηρήσεις.
- Από την **1η Ιανουαρίου 2015**, απαγορεύτηκε **κάθε** χρήση των ουσιών αυτών, ανεξαρτήτως αν είναι νέες ή ανακυκλωμένες.

Η Ε.Ε. εξέτασε την ύπαρξη εναλλακτικών λύσεων με χαμηλότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση, και οποιαδήποτε αλλαγή στον κανονισμό εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα τέτοιων λύσεων. Επίσης, **απαγορεύεται η εμπορία R-22**, ενώ μόνο *ανακυκλωμένα ή ανακτημένα* αποθέματα μπορούν να χρησιμοποιούνται, και μόνο για υπάρχοντα συστήματα.

Εναλλακτικές λύσεις σε περίπτωση ανάγκης συμπλήρωσης:

1. Αντικατάσταση του R-22 με γνωστά ψυκτικά όπως R-404A, R-407, R-507 ή R-134a

Πλεονεκτήματα:

- Διαθέσιμα στην αγορά εδώ και χρόνια.
- Προβλέψιμη συμπεριφορά.
- Σχετικά οικονομικά.
Μειονεκτήματα:
- Απαιτείται **εκτενής καθαρισμός του κυκλώματος**, αλλαγή λαδιών και εκτονωτικών βαλβίδων.

2. Αντικατάσταση με σύγχρονα ψυκτικά υγρά (R-422D, R-417A, R-422A, R-427A)

Πλεονεκτήματα:

- Συνήθως **δεν απαιτείται αλλαγή λαδιού**.
- Αρκεί ρύθμιση των εκτονωτικών βαλβίδων, όχι αντικατάσταση.

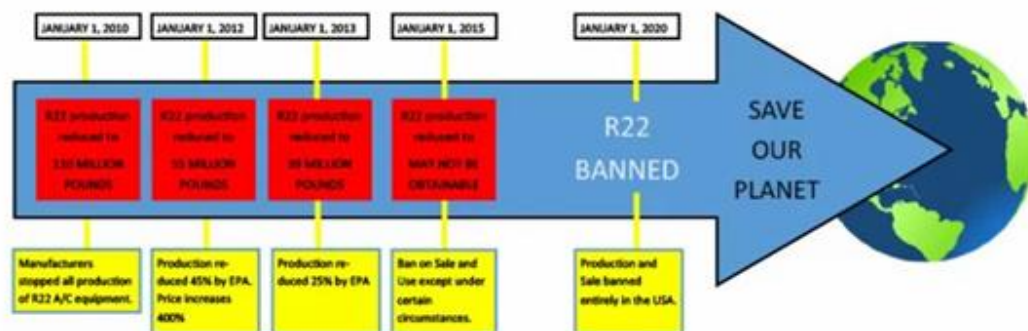
Μειονεκτήματα:

- **Ακριβότερα** σε σχέση με τις προηγούμενες επιλογές.
- Σε κάθε περίπτωση, το **παλιό ψυκτικό πρέπει να αφαιρεθεί εντελώς** πριν προστεθεί νέο, καθώς **δεν επιτρέπεται ο συνδυασμός διαφορετικών ψυκτικών υγρών**.

Χρονική εξέλιξη της απαγόρευσης του R-22 (Σχήμα 6.13) :

- **Από το 2003:** Απαγορεύτηκε η παραγωγή νέων μονάδων με R-22.
- **Από το 2010:** Απαγορεύτηκε η παραγωγή και χρήση του R-22 για συντήρηση.
- **Από το 2015:** Οριστική και καθολική απαγόρευση της χρήσης R-22.

Όσα κλιματιστικά το περιέχουν έχουν κατασκευαστεί πριν το 2003 και, εκτός από το ότι χρησιμοποιούν απαγορευμένο ψυκτικό, **έχουν πολύ χαμηλή ενεργειακή απόδοση** (κάτω από κατηγορία D), οπότε θεωρούνται πλέον **τεχνολογικά ξεπερασμένα** και πρέπει να αντικατασταθούν.



Σχήμα 6.13: Ιστορική εξέλιξη της απαγόρευσης του R22 [19]

Προβλήματα και ανάγκη προσοχής

Παρόλο που έχουν γίνει πολλές μελέτες για το ποιο ψυκτικό μέσο είναι ο καταλληλότερος αντικαταστάτης του R-22, δεν υπάρχει απόλυτη συμφωνία και η **μετάβαση σε νέο υγρό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα** στη λειτουργία του συστήματος. Η αντικατάσταση πρέπει να **σχεδιάζεται και να εκτελείται μόνο από εξειδικευμένους τεχνικούς**, μετά από αξιολόγηση όλων των παραμέτρων (Πίνακας 6.1).

Τύπος Ψυκτικού μέσου	ODP (ozone depletion potential)	GWP (global warming potential)
CFC Ψυκτικά (απαγορευμένα)		
R12	1	10600
HCFC Ψυκτικά (υπό αντικατάσταση)		
R22	0.055	1700
HFC Ψυκτικά (χωρίς χλώριο)		
R134a	0	1300
Τύπος Ψυκτικού μέσου		
ODP (ozone depletion potential)		
GWP (global warming potential)		
HFC Ψυκτικά (χωρίς χλώριο, μείγματα)		
R404A	0	3800
R507A	0	3900
R407C	0	1700
R410A	0	2000
R417A (Iscelon M059)	0	2200
R422D (Iscelon M029)	0	2230
Φυσικά Ψυκτικά (χωρίς αλογόνα)		
NH ₃ (αμμωνία)	0	0
CO ₂ (R744)	0	1
Προπάνιο, Βουτάνιο	0	3
Νερό (H ₂ O), Γλυκόλες	0	0

Πίνακας 6.1: Δείκτες ODP και GWP των ψυκτικών μέσων

Οικολογική προσέγγιση: Φυσικά ψυκτικά και έμμεση ψύξη

Η πιο ασφαλής και οικολογικά υπεύθυνη επιλογή είναι η χρήση **φυσικών ψυκτικών μέσων** με χαμηλό δείκτη GWP (Global Warming Potential). Μια επιπλέον λύση είναι η **έμμεση ψύξη**, όπου το βασικό ψυκτικό περιορίζεται στο ελάχιστο, καθώς χρησιμοποιείται ένα δευτερεύον κύκλωμα με **γλυκολούχο διάλυμα (coolant)**. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας και ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

6.4 Επιλογή ισχύος (BTU)

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε κλιματιστικής μονάδας είναι η **ισχύς της**, η οποία εκφράζεται σε μονάδες **BTU**. Το BTU (British Thermal Unit) είναι μονάδα μέτρησης της θερμικής ενέργειας και αντιστοιχεί στην ενέργεια που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία **0,4536 κιλών νερού (1 λίβρα)** κατά **0,556 βαθμούς Κελσίου** (ή 1 βαθμό Φαρενάιτ). Ένα BTU ισοδυναμεί περίπου με **252 θερμίδες** ή **1/3 της κιλοβατώρας (Wh)**.

Στην περίπτωση των κλιματιστικών, το BTU χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη **θερμική ισχύ** – δηλαδή την ποσότητα θερμότητας που μπορεί να **αφαιρέσει** η μονάδα κατά την ψύξη ή να **παράγει** κατά τη θέρμανση. Πρόκειται για την ικανότητά της να μεταβάλλει τη θερμοκρασία ενός χώρου από ένα αρχικό επίπεδο X σε ένα επιθυμητό επίπεδο Y.

Η επιλογή της κατάλληλης ισχύος είναι καθοριστική για την **αποτελεσματική και οικονομική λειτουργία** του κλιματιστικού. Για τον σωστό υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος, λαμβάνονται υπόψη διάφοροι παράγοντες, όπως:

- Ο **όγκος** του χώρου (επιφάνεια × ύψος)
- Τα **δομικά υλικά** και η **θερμομόνωση** του κτηρίου (π.χ. διπλά τζάμια, κουφώματα αλουμινίου)
- Το **ύψος ορόφου** στον οποίο βρίσκεται ο χώρος
- Ο **προσανατολισμός** του χώρου (π.χ. δυτικός ή νότιος έχει περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία)
- Ο **αριθμός των ατόμων** που βρίσκονται συνήθως στον χώρο
- Η **ισχύς των άλλων ηλεκτρικών συσκευών** που εκπέμπουν θερμότητα

6.5 Ανάλυση κλιματισμο

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα κλιματιστικά μηχανήματα του νοσοκομείου:

Πίνακας 6.2 : Τα κλιματιστικά του Θριασίου νοσοκομείου

A/A	Περιγραφή	Τεμάχια
1	Κλιματιστικά τύπου ντουλάπας	26
2	Κλιματιστικά παραθύρου	50
3	Fan coil οροφής	75
4	Κλιματιστικά split	316
5	Κλιματιστική μονάδα αέρος μοριακής βιολογίας ΑΕΡΟΔΟΜΗ 50000 BTU	1
6	Κλιματιστικές μονάδες πλυντηρίων Μάρκα: RHEEM 51180BTU	4
7	Κλιματιστική μονάδα λευκοπενικών Μάρκα: TRANE 50000 BTU R22!	1
A/A	Περιγραφή	Τεμάχια
8	Κλιματιστικές μονάδες χειρουργείων	5
9	Κλιματιστική μονάδα αέρος γραμμικού επιταχυντή 112000BTU	1
10	Υδροψυκτη Κλιματιστική μονάδα γραμμικού επιταχυντή 207000BTU	1
11	Κλιματιστική μονάδα ΜΕΘ-ΜΑΦ 50000 BTU	1
12	Ψυκτική μηχανή YORK	1
13	Πύργος ψύξης ΦΥΡΟΓΕΝΗΣ	1
14	Κλιματιστικές μονάδες Ακτινολογικού Μάρκα: RHEEM 50000 BTU	4
15	Κλιματιστικές μονάδες Βιοχημικού Μάρκα: RHEEM 50000 BTU	3
16	Κλιματιστική μονάδα χειρουργείου Νο6 Inventor 60000BTU	1
17	Κλιματιστικές μονάδες υποσταθμού Μάρκα: RHEEM 50000 BTU	2
18	Κλιματιστική μονάδα Εξ. Ιατρείου Γυναικολογικό LG 24.000BTU	1

Για να πραγματοποιηθεί σωστά η ανάλυση του κλιματισμού στο κτήριο, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την **ισχύ σε BTU** όλων των μονάδων, καθώς και τους **συντελεστές απόδοσης COP και EER** και τις **ώρες λειτουργίας** των μονάδων σε **θέρμανση και ψύξη** καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Δεδομένου, όμως, ότι ήταν πρακτικά αδύνατο να συλλεχθούν αναλυτικά δεδομένα για **500 διαφορετικές μονάδες**, στη μελέτη αυτή θα βασιστούμε σε **λογικές παραδοχές**.

Καταρχάς, παρόλο που κατά την επιτόπια επίσκεψη διαπιστώθηκε πως περίπου **1 στα 5 κλιματιστικά δεν λειτουργεί**, για τις ανάγκες της μελέτης υποθέτουμε πως **όλες οι μονάδες είναι σε λειτουργία**, ώστε η ανάλυση να καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις του νοσοκομείου.

Ορισμένα κλιματιστικά έχουν τοποθετηθεί ως **αντικατάσταση** παλαιότερων, μη λειτουργικών μονάδων στον ίδιο χώρο. Όσον αφορά τους δείκτες απόδοσης COP (θέρμανση) και EER (ψύξη), όπου δεν υπάρχουν ακριβή δεδομένα για κάθε μονάδα, χρησιμοποιούνται **τυπικές τιμές από τον Κ.Εν.Α.Κ.** (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων), οι οποίες καθορίζουν ενδεικτικούς συντελεστές απόδοσης με βάση την παλαιότητα και τον τύπο του συστήματος.

Τυπικές τιμές COP και EER για υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης (βάσει Κ.Εν.Α.Κ.):

1. Τοπικές αερόψυκτες μονάδες (split ή ενιαίες)

- COP:
 - 1.7 για συστήματα ηλικίας ~20 ετών
 - 2.2 για συστήματα ~10 ετών
- EER:
 - 1.5 για συστήματα ~20 ετών
 - 2.0 για συστήματα ~10 ετών

2. Κεντρικές μονάδες (split ή ενιαίες)

- COP:
 - 2.2 για συστήματα ~20 ετών
 - 2.7 για συστήματα ~10 ετών
- EER:
 - 2.0 για συστήματα ~20 ετών
 - 2.5 για συστήματα ~10 ετών

Κατηγοριοποίηση και παραδοχές για τα κλιματιστικά του νοσοκομείου:

- **22 Κεντρικές Μονάδες** με ισχύ άνω των **50.000 BTU**:
Αυτές θεωρούνται παλιές → **COP = 2.2, EER = 2.0** (Σχήματα 6.14 & 6.15)
- **Κλιματιστικά τύπου παραθύρου, ντουλάπας και fan coil**:
Υποθέτουμε ότι είναι **όλα παλιά** → **COP = 1.7, EER = 1.5**
- **321 split μονάδες** (316 + 5), (Σχήματα 6.16 & 6.17):
Υποθέτουμε ότι **1 στις 4** είναι καινούρια →
 - **80 split inverter** → **COP = 2.2, EER = 2.0**
 - **241 split παλιά** → **COP = 1.7, EER = 1.5**



Σχήματα 6.14 & 6.15: Κλιματιστικά παραθύρου του νοσοκομείου που λειτουργούν ακόμα[36]



Σχήματα 6.16: Παλιό κλιματιστικό split του νοσοκομείου [36]



Σχήματα 6.17: Κλιματιστικό split inverter καινούργιο μαζί με κλιματιστικό παραθύρου που δεν λειτουργεί [36]

Με βάση τα αρχεία της τεχνικής υπηρεσίας και τα δεδομένα καταγραφής των χώρων τα κλιματιστικά split είναι τα εξής:

Πίνακας 6.3: Τα κλιματιστικά split του νοσοκομείου και τα BTU τους [20]

A/A	ΤΥΠΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟΥ (BTU/H)	INVERTER	Παλαιά	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
1	9000	9	28	37
2	12000	31	95	126
3	17000	22	65	87
4	18000	11	35	46
5	22000	1	4	5
6	24000	5	15	20
			Σύνολο	321

Σύμφωνα με τα έγγραφα του νοσοκομείου τα κλιματιστικά είναι τα εξής:

Πίνακας 6.4: Το σύνολο των κλιματιστικών μηχανημάτων του Θριασίου [20]

Περιγραφή	Πλήθος	BTU (θέρμανσης/ ψύξης)	COP	EER	ώρες ψύξης/έτος	ώρες θέρμανσης/ έτος	kWh
Κλιματιστικά τύπου ντουλάπας	26	50000	1.7	1.5	500	500	545361.74
Κλιματιστικά παραθύρου	50	17000 (5kw)	1.7	1.5	300	300	213949.60
Fan coil οροφής	75	17000	1.7	1.5	300	300	320924.41
Κλιματιστικά split inverter	9	9000	2.2	2.0	300	300	15386.29
Κλιματιστικά split inverter	31	12000	2.2	2.0	300	300	70662.96
Κλιματιστικά split inverter	22	17000	2.2	2.0	300	300	71042.87
Κλιματιστικά split inverter	11	18000	2.2	2.0	300	300	37610.93
Κλιματιστικά split inverter	1	22000	2.2	2.0	300	300	4178.99
Κλιματιστικά split inverter	5	24000	2.2	2.0	300	300	22794.50
Κλιματιστικά split	28	9000	1.7	1.5	300	300	63429.77
Κλιματιστικά split	95	12000	1.7	1.5	300	300	286944.18
Κλιματιστικά split	65	17000	1.7	1.5	300	300	278134.49
Κλιματιστικά split	35	18000	1.7	1.5	300	300	158574.41
Κλιματιστικά split	4	22000	1.7	1.5	300	300	22150.08
Κλιματιστικά split	15	24000	1.7	1.5	300	300	90613.95
Κλιματιστική μονάδα αέρος μοριακής βιολογίας ΑΕΡΟΔΟΜΗ 50000 BTU	1	50000	2.2	2.0	300	300	9697.48
Κλιματιστικές μονάδες πλυντηρίων Μάρκα: RHEEM 51180BTU	4	51180	2.2	2.0	300	300	38887.42
Κλιματιστική μονάδα λευκοπενικών Μάρκα: TRANE 50000 BTU R22!	1	50000	2.2	2.0	200	200	8390.18
Κλιματιστικές μονάδες χειρουργείων	5	16000	2.2	2.0	1000	1000	50654.45
Κλιματιστική μονάδα αέρος γραμμικού επιταχυντή 112000BTU	1	112000	2.2	2.0	2000	2000	141832.46
Υδρόψυκτη Κλιματιστική μονάδα γραμμικού επιταχυντή 207000BTU	1	207000	2.2	2.0	2000	2000	262136.78
Κλιματιστική μονάδα ΜΕΘ- ΜΑΦ 50000 BTU	1	50000	1.7	1.5	200	200	8390.18
Ψυκτική μηχανή YORK	1	50000	2.2	2.0	2000	0	5000.00
Πύργος ψύξης ΦΥΡΟΓΕΝΗΣ	1	50000	2.2	2.0	2000	0	5000.00
Κλιματιστικές μονάδες Ακτινολογικού Μάρκα: RHEEM 50000 BTU	4	50000	1.7	1.5	200	200	33560.72
Κλιματιστικές μονάδες Βιοχημικού Μάρκα: RHEEM 50000 BTU	3	50000	1.7	1.5	200	200	25170.54
Κλιματιστική μονάδα χειρουργείου Νο6 Inventor 60000BTU	1	60000	1.7	1.5	200	200	10068.22
Κλιματιστικές μονάδες υποσταθμού Μάρκα: RHEEM 50000 BTU	2	50000	1.7	1.5	200	200	8390.18
Κλιματιστική μονάδα Εξ. Ιατρείου Γυναικολογικό LG 24.000BTU	1	24000	1.7	1.5	200	200	4558.80

Παρατηρήσεις

Όπως προκύπτει από τους συντελεστές COP και EER που καταγράφονται στους σχετικούς πίνακες, όλες οι κλιματιστικές μονάδες λειτουργούν κυρίως ως συστήματα θέρμανσης παρά ψύξης. Αυτό συμβαίνει επειδή οι τιμές COP είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες EER, γεγονός που τις εντάσσει σε καλύτερη ενεργειακή κλάση για τη θέρμανση.

Παρόλο που τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται και για ψύξη, οι χαμηλοί συντελεστές EER δείχνουν ότι η απόδοσή τους στη συγκεκριμένη λειτουργία είναι περιορισμένη. Συνεπώς, οι νέες μονάδες που θα επιλεγούν για αντικατάσταση πρέπει να είναι ενεργειακής κλάσης τουλάχιστον Α τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη.

Οι μονάδες του κεντρικού συστήματος θέρμανσης, σύμφωνα με την τεχνική υπηρεσία του νοσοκομείου, παρουσίασαν τεχνικά προβλήματα και κατά τη διάρκεια του 2023 είτε λειτούργησαν ελάχιστα είτε καθόλου. Για τον λόγο αυτό, οι ώρες λειτουργίας τους σε θέρμανση και ψύξη έχουν καταγραφεί ως μηδενικές. Εφόσον λειτουργούσαν κανονικά, η αναμενόμενη ετήσια χρήση τους θα ήταν 2.190 ώρες για θέρμανση και 2.190 ώρες για ψύξη, δηλαδή 12 ώρες ημερησίως επί 365 ημέρες.

Σημειώνεται ότι αρκετές μονάδες τύπου split έχουν τοποθετηθεί σε αντικατάσταση παλαιότερων κλιματιστικών τύπου παραθύρου ή fan coil οροφής που είχαν τεθεί εκτός λειτουργίας. Ως εκ τούτου, υπάρχουν ασάφειες ως προς τον ακριβή αριθμό των μη λειτουργικών μονάδων, κάτι που πιθανώς υπερεκτιμά τις συνολικές καταναλώσεις ενέργειας που εμφανίζονται στους πίνακες.

Προτεινόμενες Δράσεις

- Αντικατάσταση όλων των παλαιών κλιματιστικών μονάδων (παραθύρου, fan coil οροφής και split άνω των 20 ετών) με σύγχρονες, υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Η ενέργεια αυτή περιλαμβάνει πολλαπλές επενδύσεις, καθώς αφορά διαφορετικά είδη εξοπλισμού.
- Διεξαγωγή τακτικής και ολοκληρωμένης συντήρησης του κεντρικού συστήματος κλιματισμού, ώστε να επανέλθει σε πλήρη λειτουργικότητα και να ενισχυθεί η συνολική ενεργειακή του απόδοση.

6.6 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στον κλιματισμό

6.6.1 Αντικατάσταση παλαιών κλιματιστικών με νέα inverter

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα κλιματιστικά που θα αντικατασταθούν και τα κλιματιστικά τα οποία θα τα αντικαταστήσουν.

Πίνακας 6.5: Τα κλιματιστικά που προτείνεται να αντικατασταθούν.

Περιγραφή κλιματιστικών προς αντικατάσταση	Πλήθος	BTU (θέρμανσης/ ψύξης)	COP	EER	ώρες ψύξης/έτος	ώρες θέρμανσης/ έτος
Κλιματιστικά παραθύρου	50	17000 (5kw)	1.7	1.5	300	300
Fan coil οροφής	75	17000	1.7	1.5	300	300
Κλιματιστικά split	28	9000	1.7	1.5	300	300
Κλιματιστικά split	95	12000	1.7	1.5	300	300
Κλιματιστικά split	65	17000	1.7	1.5	300	300
Κλιματιστικά split	35	18000	1.7	1.5	300	300

Περιγραφή κλιματιστικών προς αντικατάσταση	Πλήθος	BTU (θέρμανσης/ψύξης)	COP	EER	ώρες ψύξης/έτος	ώρες θέρμανσης/ έτος
Κλιματιστικά split	4	22000	1.7	1.5	300	300
Κλιματιστικά split	15	24000	1.7	1.5	300	300
Κλιματιστική μονάδα Εξ. Ιατρείου Γυναικολογικό LG 24.000BTU	1	24000	2.2	2.0	300	300
Κλιματιστική μονάδα αέρος μοριακής βιολογίας ΑΕΡΟΔΟΜΗ 50000 BTU	1	50000	2.2	2.0	300	300
Κλιματιστικές μονάδες πλυντηρίων Μάρκα: RHEEM 51180BTU	4	51180	2.2	2.0	300	300
Κλιματιστική μονάδα λευκοπενικών Μάρκα: TRANE 50000 BTU R22	1	50000	2.2	2.0	300	300
Κλιματιστική μονάδα ΜΕΘ-ΜΑΦ 50000 BTU	1	50000	1.7	1.5	200	200
Κλιματιστικές μονάδες Ακτινολογικού Μάρκα: RHEEM 50000 BTU	4	50000	1.7	1.5	200	200
Κλιματιστικές μονάδες Βιοχημικού Μάρκα: RHEEM 50000 BTU	3	50000	1.7	1.5	200	200
Κλιματιστική μονάδα χειρουργείου Νο6 Inventor 60000BTU	1	60000	1.7	1.5	200	200
Κλιματιστικές μονάδες υποσταθμού Μάρκα: RHEEM 50000 BTU	2	50000	1.7	1.5	200	200

Κρίνεται απαραίτητο να αντικατασταθεί το υπογραμμισμένο κλιματιστικό εξαιτίας του ότι λειτουργεί με το ψυκτικό μέσο R22 . Για την αντικατάσταση του θα χρησιμοποιηθεί ένα κλιματιστικό τύπου ντουλάπας.

Θα υποθέσουμε ότι τα μισά κλιματιστικά παραθύρου και Fan coil οροφής αντικαθίστανται από κλιματιστικά των 16000BTU και τα άλλα μισά από κλιματιστικά των 12000BTU.

Πίνακας 6.6: Τα νέα αποδοτικά κλιματιστικά που προτείνεται να αντικαταστήσουν τα κλιματιστικά του πίνακα 6.5

Μοντέλο και μάρκα κλιματιστικού	BTU	Τιμή (€)	SCOP	SEER	πλήθος	Συνολικό κόστος(€)
Tesla TA27FFUL-0932IAW[21]	9000	334.00	4.03	6.5	28	9352
Tesla TA36FFLL-1232IA[22]	12000	354.77	4.1	6.1	95+75=170	24833.9
Tesla TA53FFLL-1832IA[23]	18000	699.99	4.1	6.6	50+65+35=150	105000
Toyotomi Hiro Eco HTN/HTG-721R32[24]	22000	879.00	4	6.1	4	3516
CHiQ 240B[25]	24000	730.00	4	6.1	16	11680
Sendo Artemis SFSU-50DMAART[26]	50000	2246.43	4	6.1	17	38189.31
					ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ(€)	156628.33

Κάθε ομάδα κλιματιστικών μονάδων που δύναται να αντικατασταθεί, αντιμετωπίζεται ως αυτόνομη επενδυτική ενέργεια και θα αξιολογηθεί ξεχωριστά στο πλαίσιο της μελέτης.

Όλες οι προτεινόμενες παρεμβάσεις θα εξεταστούν με ορίζοντα δεκαετίας (10 έτη), θεωρώντας ότι τα νέα κλιματιστικά θα λειτουργούν απρόσκοπτα χωρίς σημαντικά προβλήματα ή ανάγκη επισκευών εντός του συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.

6.6.2 Συντήρηση μηχανημάτων κεντρικής θέρμανσης

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Τεχνικής υπηρεσίας ,τόσο για τους 3 μήνες του καλοκαιριού όσο και για τους 3 του χειμώνα ο κεντρικός κλιματισμός δούλεψε 24/7.

Πίνακας 6.7 : Κεντρικός κλιματισμός του νοσοκομείου

Περιγραφή	Πλήθος	BTU (θέρμανσης/ ψύξης)	COP	EER	ώρες ψύξης/έτος	ώρες θέρμανσης/ έτος
Κλιματιστική μονάδα αέρος γραμμικού επιταχυντή 112000BTU	1	112000	2.2	2.0	0	0
Υδρόψυκτη Κλιματιστική μονάδα γραμμικού επιταχυντή 207000BTU	1	207000	2.2	2.0	0	0
Ψυκτική μηχανή YORK	1	50000	2.2	2.0	0	0
Πύργος ψύξης ΦΥΡΟΓΕΝΗΣ	1	50000	2.2	2.0	0	0

Τα δεδομένα που ακολουθούν πάρθηκαν αυτούσια από το pdf του διαγωνισμού για την παροχή υπηρεσιών ετήσιας τακτικής συντήρησης των ψυκτικών εγκαταστάσεων του θριασίου νοσοκομείου για το 2021 [20]

1. ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΑΕΡΟΣ-ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΑ ΑΕΡΟΣ ΤΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΗ

- Προϋπολογισμός: 1500.00€ πλέον ΦΠΑ
- ΜΑΡΚΑΣ: ΦΥΡΟΓΕΝΗΣ
- ΤΥΠΟΣ: FAWC131 SCR
- ΑΠΟΔΟΣΗ: 112000 BTU
- ΨΥΚΤΙΚΟ ΥΓΡΟ: R407
- ΜΟΝΑΔΑ ΑΕΡΟΣ: ΜΑΡΚΑΣ ΦΥΡΟΓΕΝΗ
- ΤΥΠΟΣ: MFE 22
- ΠΑΡΟΧΗ ΑΕΡΑ: 2200m³/h

2. ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΥΔΡΟΨΥΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ - ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΑΓΩΓΗΣ ΑΕΡΟΣ ΤΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΗ

Προϋπολογισμός: 3500.00€ πλέον ΦΠΑ

Στοιχεία:

- Ψυκτική Μάρκα: MACOU EI Ισχύς: 207000 BTU
- Πύργος Ψύξης: Μάρκα INTERKLIMA Ισχύς: 25 RT ψυκτικούς τόνους
- Μονάδα Προσαγωγής: Μάρκα INTERKLIMA Απόδοση: 4500m³ / h
- Ψυκτικό υγρό: R407

Με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα, η συντήρηση των υφιστάμενων μονάδων του κεντρικού κλιματισμού μπορεί να υλοποιηθεί με συγκριτικά χαμηλό κόστος, το οποίο εκτιμάται μεταξύ 5.000 και 10.000 ευρώ. Παρά το μικρό αυτό οικονομικό βάρος, η συγκεκριμένη παρέμβαση ενδέχεται να αποδειχθεί η πιο αποδοτική επένδυση για το νοσοκομείο, σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες που εξετάζονται στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης.

Αυτό δεν οφείλεται μόνο στο χαμηλό κόστος της παρέμβασης, αλλά κυρίως στο γεγονός ότι, με την επαναλειτουργία του κεντρικού συστήματος, τα τοπικά κλιματιστικά συστήματα θα λειτουργούν για σημαντικά λιγότερες ώρες. Αυτό συνεπάγεται μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και βελτίωση της ενεργειακής διαχείρισης σε τμήματα όπως, για παράδειγμα, σε ολόκληρη πτέρυγα του 3ου ορόφου.

6.7 Βελτίωση στα συστήματα ψύξης

Τα συστήματα ψύξης είναι βασικά για τον έλεγχο της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους. Η λειτουργία τους βασίζεται στην αφαίρεση θερμότητας από τον ψυχόμενο χώρο ώστε να διατηρείται σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Ανάλογα με την κλίμακα και τις ανάγκες του κτιρίου, τα συστήματα ψύξης διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- | | | | |
|---|----------|--------------|-----------|
| • | Αυτόνομα | κλιματιστικά | συστήματα |
| • | Κεντρικά | ψυκτικά | συστήματα |

Τα αυτόνομα συστήματα είναι εργοστασιακά συναρμολογημένες μονάδες που χρησιμοποιούνται κυρίως σε κατοικίες και μικρές εμπορικές εγκαταστάσεις. Περιλαμβάνουν split μονάδες, αντλίες θερμότητας και ολοκληρωμένα κλιματιστικά

(συστήματα οροφής, κάθετα και διαιρούμενα). Το μειονέκτημά τους είναι η περιορισμένη απόδοση και διάρκεια ζωής σε σύγκριση με τα κεντρικά συστήματα. Από την άλλη πλευρά, τα κεντρικά ψυκτικά συστήματα χρησιμοποιούνται σε μεγάλα κτίρια, στα οποία η ψύξη επιτυγχάνεται μέσω κυκλωμάτων νερού και συμπιεστών που λειτουργούν με ηλεκτρικούς κινητήρες, ατμό ή καύσιμα.

Προτεινόμενες Επεμβάσεις για Βελτιστοποίηση Συστήματος Ψύξης

1. Αντικατάσταση υφιστάμενων συστημάτων με συστήματα υψηλής ενεργειακής απόδοσης: Τα συστήματα άνω των 15 ετών πρέπει να αντικαθίστανται με σύγχρονα που διαθέτουν συμπιεστές μεταβλητής ταχύτητας ή ελικοειδείς συμπιεστές. Πολλές φορές τα παλαιά συστήματα είναι υπερδιαστασιολογημένα, οδηγώντας σε χαμηλή αποδοτικότητα και αυξημένη κατανάλωση ενέργειας.
2. Σχεδιασμός του κτηριακού κελύφους: Η ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου επηρεάζεται σημαντικά από την ηλιακή ακτινοβολία, τις μονώσεις και τις απώλειες θερμότητας. Ο περιορισμός γυάλινων επιφανειών, η αναβάθμιση των κουφωμάτων και η ενίσχυση της θερμικής αδράνειας συμβάλλουν σε σημαντική μείωση των θερμικών φορτίων.
3. Βελτιστοποίηση της μόνωσης: Η θερμομόνωση στους τοίχους, τις σωληνώσεις και τα ψυκτικά κυκλώματα μειώνει τις απώλειες θερμότητας κατά 10% έως 20%. Υλικά όπως η πολυουρεθάνη, το low-E γυαλί, το fiberglass και το πολυαιθυλένιο προσφέρουν αποτελεσματική θωράκιση.
4. Έλεγχος εσωτερικών θερμικών φορτίων: Παράγοντες όπως ο αριθμός των ατόμων, ο φωτισμός, τα ηλεκτρικά φορτία και ο αερισμός επηρεάζουν τις ανάγκες ψύξης και θέρμανσης. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ενέργειες εξοικονόμησης για την ψύξη μπορεί να αυξήσουν την κατανάλωση για τη θέρμανση.
5. Ορθή διαστασιολόγηση δικτύων και επιλογή περιφερειακών μονάδων: Ανεμιστήρες και αντλίες μπορεί να ευθύνονται για μεγάλο μέρος της κατανάλωσης. Ο σχεδιασμός των δικτύων πρέπει να ελαχιστοποιεί τις απώλειες πίεσης και να χρησιμοποιούνται αποδοτικές μονάδες.
6. Επιλογή αποδοτικού συστήματος παραγωγής ψύξης: Η αποδοτικότητα σε μερικά φορτία (partial load) είναι πιο σημαντική από την αποδοτικότητα στο πλήρες φορτίο. Επιλέγονται μονάδες με τον υψηλότερο εποχιακό δείκτη απόδοσης.
7. Τακτική λειτουργία και συντήρηση: Η συντήρηση είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας του συστήματος.
8. Συνεχής παρακολούθηση απόδοσης: Η ενεργειακή διαχείριση απαιτεί χρήση BEMS για καταγραφή καταναλώσεων και άμεση ανίχνευση δυσλειτουργιών.
9. Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: Η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών, γεωθερμίας και ηλιακών θερμικών συστημάτων συνεισφέρει στη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος.

10. Εφαρμογή αντλιών θερμότητας: Αν και έχουν αυξημένο αρχικό κόστος, προσφέρουν μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας. Οι πιο διαδεδομένες μορφές είναι οι αντλίες αέρος-νερού και οι γεωθερμικές.

11. Χρήση πολυζωνικών συστημάτων VRF: Προσφέρουν ανεξάρτητο έλεγχο θερμοκρασίας σε κάθε ζώνη του κτηρίου και συνδέουν πολλές εσωτερικές μονάδες σε μία εξωτερική.

12. Χρήση έξυπνων θερμοστατών: Δίνουν δυνατότητα ελέγχου μέσω κινητού τηλεφώνου και προσαρμόζουν αυτόματα τις ρυθμίσεις βάσει παρουσίας και συνθηκών.

13. Μελέτες βελτιστοποίησης ροής αέρα: Συστήματα εξαερισμού (φυσικά, τεχνητά ή υβριδικά) βελτιώνουν την ποιότητα αέρα και μειώνουν τα θερμικά φορτία.

6.8 Τεχνολογία VRV-VRF

Η τεχνολογία **VRF (Variable Refrigerant Flow)** ή **VRV (Variable Refrigerant Volume)** βασίζεται στον ακριβή έλεγχο της ροής του ψυκτικού υγρού προς κάθε εσωτερική μονάδα, ανάλογα με τις πραγματικές απαιτήσεις ψύξης ή θέρμανσης του κάθε χώρου. Ο σχεδιασμός του συστήματος επιτρέπει την προσαρμογή της ποσότητας του ψυκτικού που αποστέλλεται σε κάθε μονάδα, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες κάθε επιμέρους ζώνης με μέγιστη ακρίβεια και απόδοση.

Το σύστημα αποτελείται από:

- Κεντρική εξωτερική μονάδα ή συστοιχία μονάδων με συμπιεστές τεχνολογίας DC Inverter
- Εσωτερικές μονάδες απευθείας εκτόνωσης, διαφόρων τύπων και ισχύος
- Ηλεκτρονικές εκτονωτικές βαλβίδες, που εξασφαλίζουν λεπτομερή έλεγχο της ροής του ψυκτικού

Τα VRF/VRV συστήματα προσφέρουν υψηλά επίπεδα άνεσης, καλύπτοντας τις ανάγκες απαιτητικών χώρων όπως ξενοδοχεία, γραφεία και σύγχρονα κτίρια πολλαπλών χρήσεων. Παράλληλα, απαιτούν λιγότερο χώρο για την εγκατάσταση, τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό του κτιρίου, χάρη στις μικρότερες διαστάσεις των μονάδων και των σωληνώσεων σε σχέση με τα συμβατικά κεντρικά συστήματα.

Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι η ιδιαίτερα οικονομική λειτουργία τους, καθώς μπορούν να επιτυγχάνουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με τα παραδοσιακά συστήματα κεντρικού κλιματισμού.

Ωστόσο, λόγω της πολυπλοκότητας και της τεχνικής εξειδίκευσης που απαιτείται για τον πλήρη σχεδιασμό και τη μελέτη ενός τέτοιου συστήματος, η ανάλυση της τεχνολογίας αυτής ξεπερνά τα όρια της παρούσας διπλωματικής εργασίας και δεν θα εξεταστεί περαιτέρω στο παρόν κείμενο. [27]

6.9 Συστήματα ERV, DCV και VHR

Συστήματα ERV (Energy Recovery Ventilation)

Τα συστήματα ERV είναι σχεδιασμένα να βελτιώνουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα ενώ παράλληλα επιτυγχάνουν εξοικονόμηση ενέργειας. Ενσωματώνουν εναλλάκτες θερμότητας που επιτρέπουν την ανταλλαγή θερμότητας και υγρασίας ανάμεσα στον εξερχόμενο και τον εισερχόμενο αέρα. Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα ανακτά θερμική ενέργεια από τον αέρα που απομακρύνεται από τον χώρο και τη χρησιμοποιεί για να προθερμάνει ή να προψύξει τον καθαρό αέρα που εισέρχεται στο κτίριο. Η τεχνολογία αυτή συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση των αναγκών για επιπλέον ψύξη ή θέρμανση, καθιστώντας τη ιδιαίτερα αποδοτική σε περιόδους υψηλής θερμικής ζήτησης.

Συστήματα DCV (Demand-Controlled Ventilation)

Τα συστήματα DCV αποτελούν προηγμένες λύσεις εξαερισμού που προσαρμόζουν τη λειτουργία τους σε πραγματικό χρόνο, με βάση την πληρότητα του χώρου και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Χρησιμοποιώντας αισθητήρες για την παρακολούθηση επιπέδων CO₂, υγρασίας ή παρουσίας ανθρώπων, τα συστήματα DCV ρυθμίζουν τη ροή αέρα αυτόματα. Έτσι, η παροχή φρέσκου αέρα αυξάνεται μόνο όταν υπάρχει πραγματική ανάγκη, αποφεύγοντας άσκοπες ενεργειακές καταναλώσεις και συμβάλλοντας σημαντικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα του κτηρίου.

Συστήματα VHR (Ventilation Heat Recovery)

Τα συστήματα VHR λειτουργούν με την αρχή της ανάκτησης θερμότητας από τον αέρα που απομακρύνεται από τον χώρο, τον οποίο χρησιμοποιούν για να προθερμάνουν τον καθαρό, εισερχόμενο αέρα. Η διαδικασία αυτή μειώνει την ανάγκη θέρμανσης του εξωτερικού αέρα, ειδικά κατά τους χειμερινούς μήνες, συμβάλλοντας σημαντικά στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Με τη χρήση εναλλάκτη θερμότητας, επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός απόδοσης, ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζεται η ποιότητα και η συνεχής ανανέωση του αέρα στον εσωτερικό χώρο.

Κεφάλαιο 7- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων

7.1 Γενικά στοιχεία φωτοβολταϊκών πλαισίων

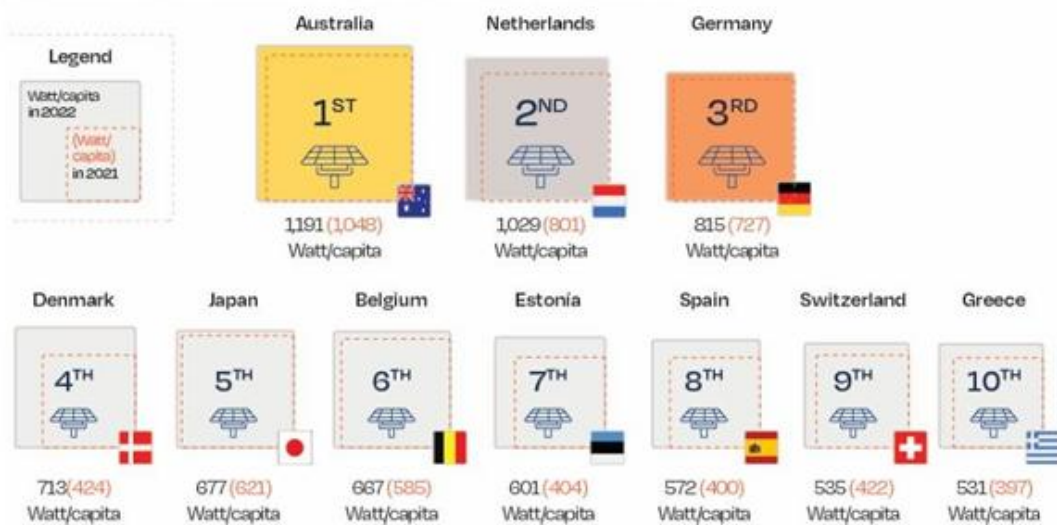
Φωτοβολταϊκό πάνελ είναι μια βιομηχανική κατασκευή που αποτελείται από πολλά φωτοβολταϊκά κύτταρα συνδεδεμένα μεταξύ τους σε σειρά. Πρόκειται ουσιαστικά για τεχνητούς ημιαγωγούς – κυρίως από Πυρίτιο – που ενώνονται ώστε να σχηματίσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Οι ημιαγωγοί αυτοί απορροφούν φωτόνια από την ηλιακή ακτινοβολία και παράγουν ηλεκτρική τάση μέσα από τη διαδικασία που ονομάζεται "φωτοβολταϊκό φαινόμενο". Τα φωτοβολταϊκά ανήκουν στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε). Στο πλαίσιο των ανανεώσιμων πηγών ηλιακής ενέργειας, τα ηλιοθερμικά συστήματα εμφανίζουν μεγαλύτερη αποδοτικότητα σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά [28]. Το ρεύμα που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ είναι συνεχές, και για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο οικιακό δίκτυο, πρέπει πρώτα να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο με τη χρήση ενός αναστροφέα. Σήμερα, χάρη στη διαρκώς εξελισσόμενη τεχνολογία, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να μετατρέπουν περίπου το 15% έως 23% της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική [28].



Σχήμα 7.1: Φωτοβολταϊκά τοποθετημένα σε ταράτσα οικίας [29]

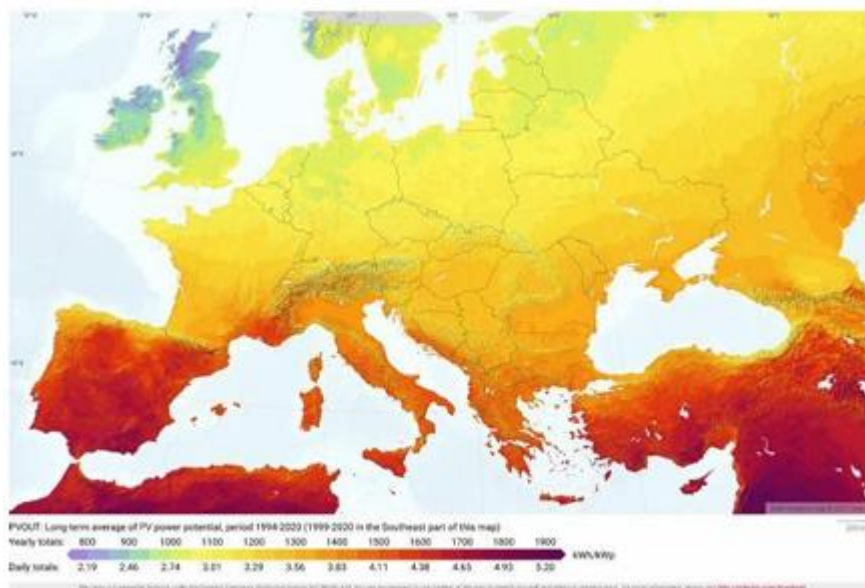
Η Ελλάδα συγκαταλέγεται μεταξύ των κορυφαίων χωρών παγκοσμίως στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Ειδικότερα στον τομέα των φωτοβολταϊκών, η χώρα βρίσκεται μέσα στις δέκα πρώτες παγκοσμίως ως προς την εγκατεστημένη ισχύ ανά κάτοικο, όπως παρουσιάζεται και στο επόμενο διάγραμμα.

FIGURE 14 WORLD TOP 10 COUNTRIES SOLAR CAPACITY PER CAPITA 2022



Σχήμα 7.2: World top 10 countries solar capacity per capita 2022 [30]

Αναμφίβολα, η γεωγραφική τοποθεσία της Ελλάδας συμβάλλει σημαντικά στην αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών συστημάτων.



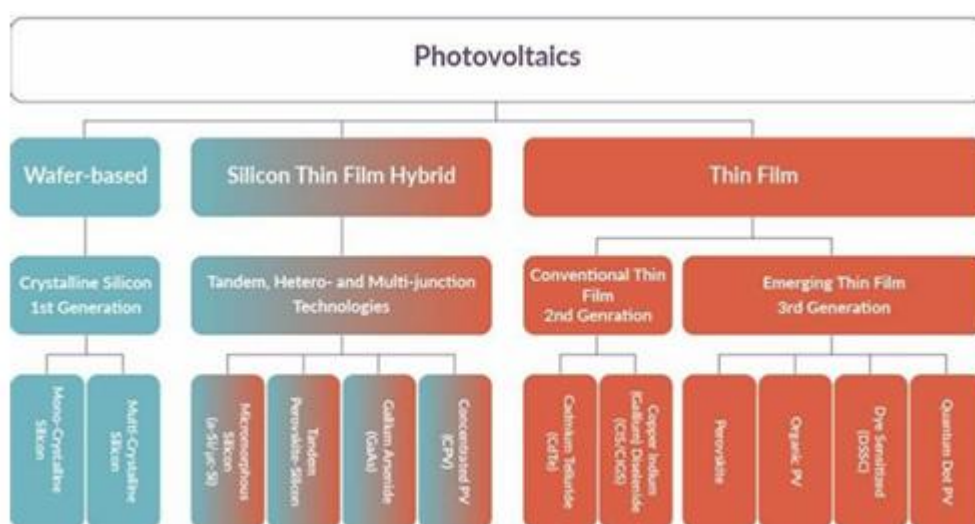
Σχήμα 7.3: kWh/ kWp based on map position [31]

7.2 Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών πλαισίων

Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά (ΦΒ) στοιχεία που βασίζονται στο πυρίτιο, δεν υπάρχουν ενδείξεις για κινδύνους ή προβληματισμούς σχετικά με πιθανές επιπτώσεις των χρησιμοποιούμενων υλικών στην υγεία όσων διαμένουν ή εργάζονται κοντά σε αυτά. Αντίθετα, στις τεχνολογίες ΦΒ λεπτών υμενίων είναι πιθανό να εμπλέκονται

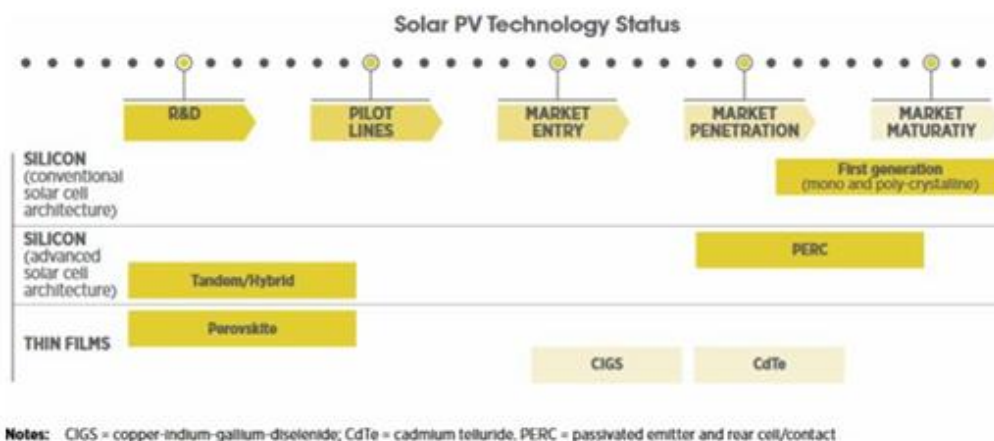
ορισμένα τοξικά υλικά, γεγονός που καθιστά αναγκαία την αξιολόγηση της καταλληλότητας των πλαισίων πριν επιλεγούν για συγκεκριμένες εφαρμογές. Για παράδειγμα, σε αρκετές χώρες έχει πρόσφατα επιβληθεί περιορισμός στη χρήση του καδμίου, απαγορεύοντας την εγκατάσταση ηλεκτρικών διατάξεων που το περιέχουν σε οικιακούς χώρους, ακόμη και όταν πρόκειται για πολύ μικρές ποσότητες. Παρόμοιοι περιορισμοί ισχύουν και για την αξιοποίηση κβαντικών κουκκίδων που περιλαμβάνουν υλικά όπως το CdSe σε στερεά ηλεκτρονικά συστήματα.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ταξινομούνται ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους σε τρεις βασικές κατηγορίες:



Σχήμα 7.4: Photovoltaic Technologies [32]

Ο παρακάτω πίνακας αποτυπώνει την τρέχουσα κατάσταση των διαθέσιμων τεχνολογιών. Όπως διαπιστώνεται, οι τεχνολογίες μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών (ΦΒ), οι οποίες απεικονίζονται και σε επόμενες εικόνες, έχουν προχωρήσει σημαντικά περισσότερο σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ήταν οι πρώτες μορφές φωτοβολταϊκής τεχνολογίας που αναπτύχθηκαν ιστορικά.



Σχήμα 7.5: Solar PV Technology Status [33]

Πρόσφατα, έχουν δοκιμαστεί και χρησιμοποιηθεί σε φωτοβολταϊκές εφαρμογές ορισμένα στοιχεία λεπτών υμενίων που παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένη απόδοση. Αυτά κατασκευάζονται από οξείδια μετάλλων, όπως το U_2O_5 , το οποίο προέρχεται από απεμπλουτισμένο ουράνιο. Λόγω των πιθανών κινδύνων που συνεπάγονται τέτοιες ενώσεις, είναι απαραίτητο να ζητείται πάντοτε η πλήρης και ακριβής χημική σύσταση των υλικών των φωτοβολταϊκών πάνελ. Αν οι πληροφορίες αυτές δεν παρέχονται, η επιλογή των συγκεκριμένων προϊόντων θα πρέπει να αποφεύγεται. Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο, σε χώρες με μακρά εμπειρία και ανεπτυγμένη τεχνογνωσία στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις – όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες – δεν επιτρέπεται η χρήση ΦΒ στοιχείων σε οικιακές εφαρμογές, εκτός αν είναι επισήμως καταχωρημένα ως αποδεκτά ("Listed") από τα αρμόδια εθνικά κέντρα ποιοτικού ελέγχου.

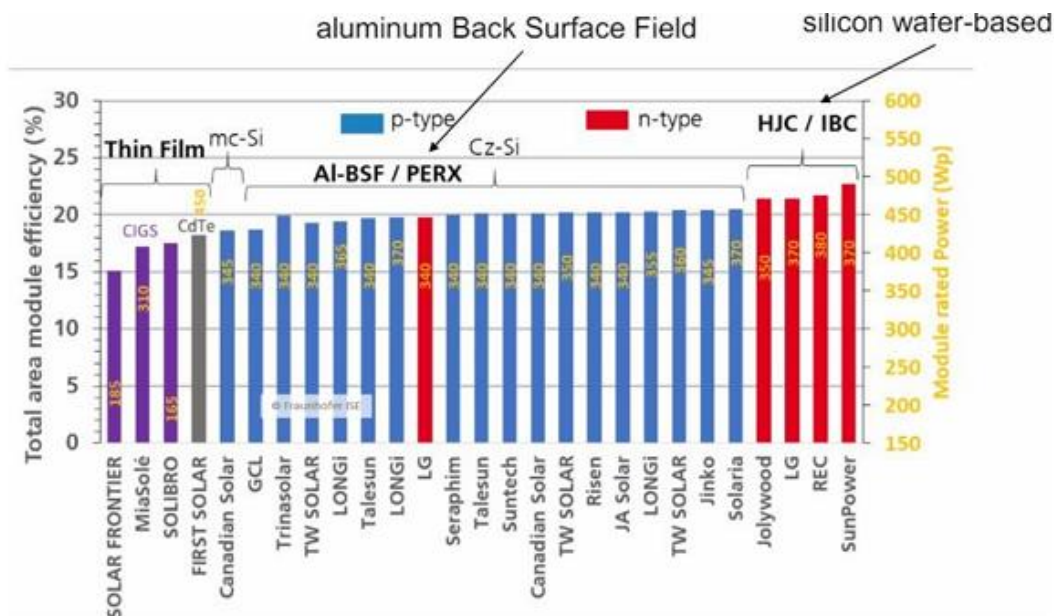


Σχήμα 7.6: Φωτοβολταϊκό από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο [29]



Σχήμα 7.7: Φωτοβολταϊκό από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο [29]

Το επόμενο διάγραμμα παρουσιάζει την απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε συνάρτηση με το υλικό κατασκευής τους. Παράλληλα, απεικονίζονται και αρκετές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην παραγωγή φωτοβολταϊκών συστημάτων.



Σχήμα 7.8: Απόδοση συναρτήσει του υλικού των φωτοβολταϊκών [34]

Αξίζει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτών υμενίων τεχνολογίας CIGS, τα οποία στον παραπάνω πίνακα εμφανίζονται με μωβ χρώμα. Η συγκεκριμένη τεχνολογία ξεχωρίζει για τις υψηλές αποδόσεις στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Τα CIGS πάνελ διαθέτουν σημαντικά πλεονεκτήματα, καθιστώντας τα ιδιαίτερα ανταγωνιστικά, ακόμη και σε συνθήκες μειωμένης ηλιοφάνειας, όπως συννεφιά ή διάχυτο φως. Ένα βασικό τους πλεονέκτημα είναι η χαμηλή θερμοκρασία λειτουργίας, η οποία συμβάλλει στη διατήρηση σταθερής απόδοσης ακόμα και όταν οι περιβαλλοντικές θερμοκρασίες είναι αυξημένες.

Επιπλέον, παρουσιάζουν υψηλή αντοχή σε μερική σκίαση, γεγονός που τους καθιστά ιδανική επιλογή για περιοχές όπου η σκίαση δεν μπορεί να αποφευχθεί. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και το φαινόμενο "Light soaking", το οποίο συμβάλλει στην αύξηση της παραγόμενης ισχύος μετά από παρατεταμένη έκθεση στον ήλιο – με τη συνολική ενεργειακή τους απόδοση να μπορεί να ενισχυθεί έως και κατά 10% σε σχέση με την αρχική κατάσταση. Συνολικά, η τεχνολογία CIGS αποτελεί μια ιδιαίτερα αποδοτική λύση για έργα που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια, προσφέροντας αυξημένη ενεργειακή παραγωγή και αξιοπιστία.

7.3 Μέθοδοι σύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ

Οι δύο βασικοί τρόποι σύνδεσης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος με το δίκτυο της ΔΕΗ είναι η διασυνδεδεμένη και η αυτόνομη εγκατάσταση.

1. **Διασυνδεδεμένη εγκατάσταση:** Σε αυτήν την περίπτωση, το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι απευθείας συνδεδεμένο με το δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται κατά τη διάρκεια της ημέρας χρησιμοποιείται αρχικά για την κάλυψη των αναγκών του σπιτιού, ενώ η πλεονάζουσα ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο. Δεν γίνεται αποθήκευση ενέργειας σε μπαταρίες.

2. **Αυτόνομη εγκατάσταση:** Εδώ, το φωτοβολταϊκό σύστημα λειτουργεί ανεξάρτητα από το δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ. Η παραγόμενη ενέργεια αποθηκεύεται σε συσσωρευτές (μπαταρίες), ώστε να χρησιμοποιείται τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και τις νυχτερινές ώρες ή σε περιόδους χαμηλής ηλιοφάνειας, όταν τα πάνελ δεν παράγουν επαρκή ενέργεια.

Κάθε τύπος εγκατάστασης έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και επιλέγεται με βάση τις ενεργειακές ανάγκες, τη γεωγραφική θέση και τις προτιμήσεις του χρήστη.



Σχήμα 7.9: α) Παράδειγμα διασυνδεδεμένης εγκατάστασης β) Παράδειγμα Αυτόνομης εγκατάστασης [38]

7.3.1 Net Metering

Το Net Metering αποτελεί ένα σύστημα που επιτρέπει τον ενεργειακό συμψηφισμό μεταξύ της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.), όπως τα φωτοβολταϊκά, και της ενέργειας που καταναλώνει ο χρήστης. Η πρακτική αυτή εφαρμόζεται ευρέως σε πολλές χώρες, όπως η Κύπρος, η Ιταλία, η Γερμανία, η Δανία και οι Ηνωμένες Πολιτείες. Μέσω του Net Metering, οι καταναλωτές μπορούν να καλύπτουν τις ενεργειακές τους ανάγκες με ιδιοπαραγόμενη ενέργεια, περιορίζοντας την εξάρτησή τους από το δημόσιο δίκτυο.

Το σύστημα λειτουργεί έτσι ώστε η ενέργεια που δεν καταναλώνεται τη στιγμή που παράγεται, διοχετεύεται στο δίκτυο, ενώ όταν οι ενεργειακές ανάγκες υπερβαίνουν την παραγωγή, ο χρήστης καλύπτει το υπόλοιπο μέσω του δικτύου. Με αυτόν τον τρόπο, η περίσσεια ενέργειας "αποθηκεύεται" έμμεσα στο δίκτυο για μεταγενέστερη χρήση. Ο όρος "καθαρή μέτρηση" αναφέρεται στον υπολογισμό της καθαρής διαφοράς μεταξύ παραχθείσας και καταναλωθείσας ενέργειας εντός συγκεκριμένης χρονικής περιόδου, η οποία βασίζεται στους κύκλους μέτρησης και τιμολόγησης.

Εφόσον υπάρχει πλεονάζουσα παραγωγή, αυτή δεν χάνεται αλλά μεταφέρεται για χρήση σε επόμενες περιόδους. Σύμφωνα με την ισχύουσα υπουργική απόφαση, η εκκαθάριση μεταξύ παραγόμενης και καταναλισκόμενης ενέργειας γίνεται ανά 12μηνο. Βάσει κανονισμών του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, η μέγιστη ισχύς ενός φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να φθάνει τα 20 kWp ή το 50% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης (εφόσον αυτό το ποσοστό υπερβαίνει τα 20 kWp).

Ειδικά για νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου που επιδιώκουν σκοπούς κοινωφελούς χαρακτήρα ή δημοσίου ενδιαφέροντος, η επιτρεπόμενη εγκατεστημένη

ισχύς μπορεί να φτάσει έως και το 100% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης. Στην περίπτωση που αναφέρεται, με συμφωνημένη ισχύ 1.600 kVA, η μέγιστη επιτρεπόμενη εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέλθει στα 800 kW.

7.4 Μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος

Η μελέτη του Φωτοβολταϊκού Συστήματος παρατίθεται αναλυτικά στο Παράρτημα Α, καθώς και τα λογισμικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν. Οι παρούσες Τεχνικές Προδιαγραφές αφορούν την πλήρη εγκατάσταση και ενεργοποίηση ενός Φωτοβολταϊκού Συστήματος με δυνατότητα ενεργειακού συμψηφισμού (Net Metering), συνολικής ονομαστικής ισχύος 499,82 kWp. Το σύστημα θα περιλαμβάνει τα φωτοβολταϊκά πάνελ, τους αντιστροφείς ισχύος (inverters), καθώς και τους απαραίτητους ηλεκτρικούς πίνακες.

Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πάνελ θα πραγματοποιηθεί κυρίως στα δώματα του κεντρικού κτιρίου του Θριασίου Νοσοκομείου, καλύπτοντας συνολική επιφάνεια περίπου 3.000 τ.μ. Τα πάνελ θα έχουν γωνία κλίσης 10° και θα παρουσιάζουν απόκλιση 10° από τον Νότο, σύμφωνα με τον προσανατολισμό του κτηρίου. Το σύστημα θα είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ και θα λειτουργεί βάσει του μηχανισμού ενεργειακού συμψηφισμού της παραγόμενης με την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Το προτεινόμενο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από 746 πάνελ, καθένα εκ των οποίων έχει ονομαστική ισχύ 670 Wp. Συνολικά, η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φτάνει τα 499,82 kWp. Η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί είναι μονοκρυσταλλικού πυριτίου, με απόδοση ανά πάνελ που ανέρχεται στο 21,60%. Η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών θα γίνει στα δώματα του κεντρικού κτηρίου, σύμφωνα με τα αντίστοιχα σχέδια γενικής διάταξης.

7.4.1 Βασικός εξοπλισμός του Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Ο βασικός εξοπλισμός του Φωτοβολταϊκού Συστήματος έχει ως ακολούθως:

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου.
- Μεταλλικές βάσεις στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων.
- Αντιστροφείς φωτοβολταϊκών πλαισίων (Αντιστροφέας ισχύος).
- Πίνακες ομαδοποίησης συνεχούς ρεύματος DC
- Πίνακες ομαδοποίησης εναλλασσόμενου ρεύματος AC
- Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης Φωτοβολταϊκού Συστήματος
- Πίνακας Διασύνδεσης με το Δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ
- Καλωδιώσεις σύνδεσης του εξοπλισμού

7.4.2 Φωτοβολταϊκά Πλαίσια

Για τον σχεδιασμό του συστήματος επελέγησαν, μονοκρυσταλλικά, Φωτοβολταϊκά πλαίσια. Θα εγκατασταθούν 746 Φωτοβολταϊκά πλαίσια ισχύος 670Wp (με θετική ανοχή 0+3Wp) έκαστο. Τα Φωτοβολταϊκά στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου παράγονται με την τεχνολογία EFG (Edge-defined Film Growth), κατά την οποία, η πρώτη ύλη “αναπτύσσεται” σε οκταγωνική κυλινδρική μορφή από καθαρό πυρίτιο. Ο διαχωρισμός των στοιχείων διαστάσεων γίνεται με κοπή laser.

Για την εγκατάσταση χρησιμοποιήθηκε το εξής πάνελ από την εταιρία Trina Solar



Σχήμα 7.10: Φωτοβολταϊκό Vertex Μονοκρυσταλλικό Φωτοβολταϊκό Πάνελ 670W [35]

Τα αναλυτικά στοιχεία του πάνελ αυτού βρίσκονται στον παρακάτω πίνακα.

Ηλεκτρικά		Κατασκευαστικά	
Ονομαστική Ισχύς, P_{nom} :	670 Wp	Ηλιακά Στοιχεία σε κάθε Πλαίσιο:	132
Τάση Μέγιστης Ισχύος, V_{mpp} :	38,20 V	Διαστάσεις Πλαισίου:	2384 mm × 1303mm
Ρεύμα Μέγιστης Ισχύος, I_{mpp} :	17,55 A		×33mm
Τάση Ανοικτού Κυκλώματος, V_{oc} :	46,01 V	Επιφάνεια Πλαισίου:	3,09 m ²
Ρεύμα Βραχυκύκλωσης, I_{sc} :	18,62 A	Πάχος Πλαισίου:	33mm
Ανώτατο Όριο Τάσης Συστήματος:	1500 Vdc	Βάρος Πλαισίου:	33,3 kg

Πίνακας 7.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού Πάνελ Vertex 670W

Η κάθε ομάδα Φωτοβολταϊκών του σταθμού θα έχει δική της ξεχωριστή γείωση, με την οποία θα επιτυγχάνεται αντίσταση γείωσης μικρότερη των 10Ω ($R < 10 \Omega$).

Όλα τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα αντιστοιχούν στο Φωτοβολταϊκό Σύστημα θα είναι των ίδιων τεχνικών χαρακτηριστικών και του ίδιου κατασκευαστικού οίκου. Η διάταξη των Φωτοβολταϊκών πλαισίων έγινε κατόπιν μελέτης ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή απόδοση κατά την διάρκεια του χειμώνα. Θα συνδέονται σε σειρές (strings) και ομάδες (groups). Ο αριθμός των πλαισίων σε κάθε σειρά και ο αριθμός των ομάδων που θα συνδεθούν σε κάθε αναστροφέα ισχύος θα είναι τέτοιος, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας των Φωτοβολταϊκών πλαισίων προς τους συσσωρευτές. Τα Φ/Β πλαίσια θα είναι όλα της ίδιας ονομαστικής ισχύος η οποία θα είναι 670Wp/πλαίσιο, θα έχουν όλα την ίδια χρωματική απόχρωση και θα έχουν όλα ακριβώς τις ίδιες γεωμετρικές διαστάσεις. Τα Φωτοβολταϊκά Πλαίσια θα είναι σε θέση να λειτουργούν κάτω από ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας (-40°C έως $+85^{\circ}\text{C}$), η ελάχιστη απόδοση του Φωτοβολταϊκού πλαισίου σε πρότυπες συνθήκες STC θα είναι τουλάχιστον 17,00%.

Τα Φωτοβολταϊκά στοιχεία μέσα στα Φωτοβολταϊκά πλαίσια θα προστατεύονται από μηχανική καταπόνηση και από υγρασία με την ενσωμάτωσή τους σε ένα κατάλληλο υλικό υψηλής διαύγειας που θα είναι αρκετά ελαστικό ώστε να επιτρέπει συστολές - διαστολές. Το υλικό αυτό πρέπει να μην φθείρεται και να μην προκαλούνται ρωγμές κλπ. Επίσης θα πρέπει να προβλεφθεί από την κατασκευή του πλαισίου (χωρίς να χρειάζεται επέμβαση εκ των υστέρων), τρόπος ώστε αν εισέλθουν υδρατμοί στο πλαίσιο να μην παγιδεύονται. Η εμπρόσθια επιφάνεια των Φωτοβολταϊκών πλαισίων θα προστατεύεται από ενισχυμένο γυαλί (tempered glass), χαμηλής περιεκτικότητας σε σίδηρο και υψηλής διαπερατότητας. Το γυάλινο αυτό κάλυμμα θα έχει αντοχή σε δυνατές κρούσεις, θερμικές καταπονήσεις και υψηλές ανεμοπιέσεις (άνεμος με υψηλή περιεκτικότητα άμμου). Η διάταξη θα περιβάλλεται από ένα μεταλλικό πλαίσιο κατασκευασμένο από κράμα αλουμινίου. Το πλαίσιο αυτό τοποθετείται για την προστασία των άκρων του γυάλινου καλύμματος του Φωτοβολταϊκού Πλαισίου και για να διευκολύνει τη στήριξή του. Η κατασκευή του περιβλήματος του κάθε Φωτοβολταϊκού Πλαισίου θα είναι κατάλληλη ώστε να επιτρέπονται θερμικές συστολές - διαστολές του γυάλινου καλύμματος του Φωτοβολταϊκού Πλαισίου. Επίσης, η κατασκευή του Φωτοβολταϊκού Πλαισίου θα πρέπει να επιτρέπει την εξάτμιση των συμπυκνωμάτων νερού. Για την αποφυγή γαλβανικής διάβρωσης εξ αιτίας ηλεκτρολυτικής δράσης, οι επαφές μεταξύ διαφορετικών μετάλλων στο συγκρότημα κάθε Φωτοβολταϊκού Πλαισίου πρέπει να είναι πλήρως ηλεκτρικά μονωμένες.

Κάθε Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο θα έχει στεγανό κιβώτιο ακροδεκτών (προστασίας $> \text{IP65}$), που θα είναι σταθερά προσαρτημένο στην κορυφή του πλαισίου στην πίσω πλευρά του. Τα κιβώτια αυτά θα περιέχουν τους ακροδέκτες για την απόληξη των ηλεκτρικών καλωδίων από τα Φωτοβολταϊκά στοιχεία και τη δίοδο παράκαμψης "by pass" που θα είναι συνδεδεμένη μέσα σε αυτά. Τα κιβώτια ακροδεκτών αυτά είναι

κατάλληλα διαμορφωμένα, ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση σε αυτά δύο καλωδίων. Η πολικότητα των κιβωτίων ακροδεκτών πρέπει να είναι ευκρινώς σημειωμένη. Θα είναι εξοπλισμένα με δύο στεγανούς μεταλλικούς στυπιοθλίπτες (με εσωτερικούς ελαστικούς διαιρούμενους ή μη δακτύλιους στεγανότητας μήκους όσο περίπου το μήκους του στυπιοθλίπτη) για τη διέλευση καλωδίων, με εξωτερική διάμετρο μεταξύ 7mm και 11 mm. Η απόδοση Φωτοβολταϊκού Πλαισίου σε σχέση με τη θερμοκρασία είναι το πηλίκο της ισχύος εξόδου προς το γινόμενο της έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κάθετα στο Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο επί την επιφάνεια του. Η απόδοση των Φωτοβολταϊκών Πλαισίων που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι τουλάχιστον 17,00% (Standard Test Conditions - STC). Κάθε Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο θα είναι ηλεκτρικά μονωμένο από το μεταλλικό περίβλημα και το οπίσθιο κάλυμμα. Ο έλεγχος της μόνωσης θα γίνει εφαρμόζοντας μια τάση συνεχούς ρεύματος 1000 Volts μεταξύ των βραχυκυκλωμένων άκρων εξόδου και του μεταλλικού πλαισίου και του οπισθίου καλύμματος. Όσον αφορά την μηχανική αντοχή Φωτοβολταϊκού Πλαισίου τα πλαίσια αυτά πρέπει να είναι πιστοποιημένα για κατάλληλα αυξημένη μηχανική αντοχή σε φορτίο χιονιού και πάγου στην εμπρόσθια όψη. Μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση 5400 Pa (στατικό φορτίο).

Τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια θα τοποθετηθούν σε ένα κατάλληλο σύστημα στήριξης, εξασφαλίζοντας την απρόσκοπτη λειτουργία και την ασφάλεια της εγκατάστασης σε ακραίες συνθήκες ανέμου, χιονόπτωσης, σεισμού και θερμοκρασιακών μεταβολών. Οι ακραίες αυτές συνθήκες, ο συνδυασμός τους καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές ασφάλειας, προδιαγράφονται στους Ευρωκώδικες, παράλληλα με επιπρόσθετους 63 ελέγχους, όπως για το σύνολο των δομικών κατασκευών. Η διαστασιολόγηση των βάσεων στήριξης των Φωτοβολταϊκών πλαισίων θα γίνει μετά από στατική μελέτη που θα ακολουθεί τις κείμενες διατάξεις και τους ισχύοντες κανονισμούς:

- ΕΑΚ 2000 (Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000 και αναθεωρήσεις του 2003),
- ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 1 (EN1991)-Δράσεις στις φέρουσες κατασκευές
- ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 3 (EN 1993) - Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από χάλυβα
- ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 9 (EN 1999) - Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από αλουμίνιο

και τις «Προσωρινές Συστάσεις για σχεδιασμό έργων Πολιτικού Μηχανικού σε συνδυασμό με τους αντίστοιχους Ευρωκώδικες (ΠΡΟΣΥ-ΠΜ)» (ΦΕΚ 2692 / 31-12-08) . Η αντοχή σε φορτίο αέρα του Συστήματος Στήριξης θα είναι 0,85 kN/m² δεδομένου ότι η εγκατάσταση βρίσκεται σε βεβαρυμένο περιβάλλον (θερμοκρασίας, υγρασίας, ρύπων), οι μεταλλικές βάσεις στήριξης των Φωτοβολταϊκών πλαισίων θα είναι από χαλύβδινα στοιχεία γαλβανισμένα εν θερμώ ή αλουμινένια στοιχεία με ανοδίωση για την καλύτερη αντιδιαβρωτική προστασία κατασκευής. Σε κάθε περίπτωση οι βάσεις στήριξης και τα συνδετικά υλικά θα είναι αντίστοιχων προδιαγραφών για την αποφυγή οξειδώσεων και ηλεκτρολυτικών αντιδράσεων. Απαγορεύονται ρητά οι επιτόπου συγκολλήσεις στοιχείων των σκελετών στήριξης των πλαισίων.

7.4.3 Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

Η τοποθέτηση των πλαισίων φαίνεται αναλυτικά στο Παράρτημα Α.

Παρουσιάζονται επίσης η δυτική και η ανατολική όψη του νοσοκομείου.



Σχήματα 7.11 & 7.12: Ανατολική και δυτική όψη του «Θριασίου» νοσοκομείου [36]

Η απόκλιση αυτή δεν έχει σημαντική επίδραση στην απόδοση των φωτοβολταϊκών καθώς ισχύει ότι:

Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο	Προσανατολισμός		
	Νότιος	Νοτιοανατολικός Νοτιοδυτικός	Ανατολικός Δυτικός
0° 	90%	90%	90%
15° 	98%	95%	88%
30° 	100%	95%	85%
90° 	60%	60%	50%

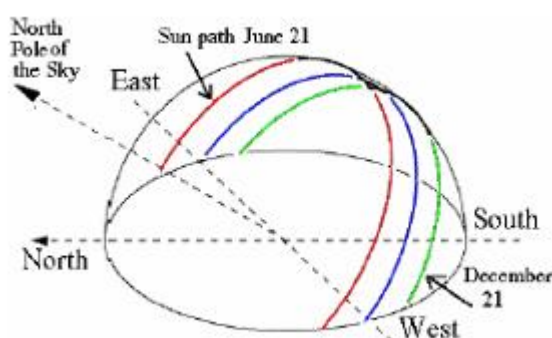
Πίνακας 7.2: Μείωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση εγκατάστασης [37]

Στο βόρειο ημισφαίριο, η βέλτιστη κλίση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου για τη μέγιστη ετήσια απόδοση σε ενέργεια αντιστοιχεί, κατά προσέγγιση, στο γεωγραφικό πλάτος της περιοχής εγκατάστασης. Επιπλέον, η ιδανική αζιμουθιακή γωνία είναι περίπου 0°, δηλαδή με κατεύθυνση προς τον νότο. Στην Ελλάδα, η βέλτιστη αξιοποίηση της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια σταθερή επιφάνεια επιτυγχάνεται όταν αυτή έχει νότιο προσανατολισμό και κλίση περίπου 30°. Κατά συνέπεια, στην παρούσα εγκατάσταση, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν τοποθετηθεί με κλίση 10° ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ετήσια ενεργειακή απόδοση.

Για να μπορέσει να προχωρήσει η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος, είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί ο διαθέσιμος χώρος χωρίς σκιάσεις. Πρώτο βήμα

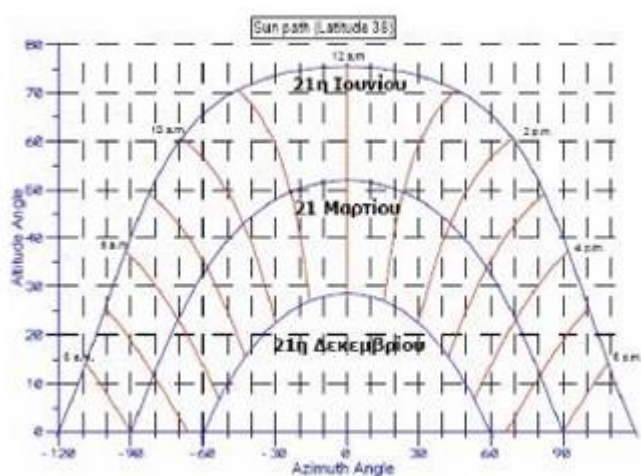
αποτελεί ο έλεγχος αν οι ταράτσες σκιάζονται από γειτονικά κτίρια. Ο υπολογισμός αυτός είναι κρίσιμος για τη μέγιστη δυνατή οικονομική απόδοση του έργου, καθώς απαιτείται τα φωτοβολταϊκά πάνελ να δέχονται απευθείας ηλιακή ακτινοβολία για τουλάχιστον τέσσερις ώρες ημερησίως.

Η ανάλυση των σκιάσεων θα πραγματοποιηθεί για την 21η Δεκεμβρίου, ημερομηνία που αντιστοιχεί στο χειμερινό ηλιοστάσιο. Η επιλογή αυτή γίνεται διότι τότε ο ήλιος βρίσκεται στο χαμηλότερο δυνατό ύψος στον ουρανό, άρα είναι η πιο απαιτητική περίοδος ως προς τις πιθανές σκιάσεις. Ο έλεγχος θα γίνει συγκεκριμένα για την ηλιακή ώρα 10:00 π.μ. Εφόσον διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχουν σκιάσεις σε αυτή την ώρα και ημέρα, θεωρείται βέβαιο ότι τα φωτοβολταϊκά δεν θα σκιάζονται ούτε κατά τις υπόλοιπες ώρες (μεταξύ 10 π.μ. και 2 μ.μ.), όταν ο ήλιος βρίσκεται σε υψηλότερη θέση στον ουρανό, διασφαλίζοντας έτσι την αποδοτική τους λειτουργία.



Σχήμα 7.13: Κίνηση του ήλιου κατά την 21η Ιουνίου , 21 Μαρτίου και κατά την 21η Δεκεμβρίου [38]

Το Σχήμα 7.13 απεικονίζει την τροχιά του ήλιου στον ουρανό κατά τις χαρακτηριστικές ημερομηνίες του ηλιακού κύκλου: 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο), 21 Μαρτίου (εαρινή ισημερία) και 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο). Αντίστοιχα, το Σχήμα 7.14 παρουσιάζει τη μεταβολή του ηλιακού ύψους και της αζιμουθιακής γωνίας σε σχέση με τον Νότο, καθ' όλη τη διάρκεια των ηλιοστασίων και των ισημεριών, για την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας.



Σχήμα 7.14: Μεταβολή του ηλιακού ύψους και της αζιμούθιας γωνίας ως προς το Νότο κατά τη διάρκεια των ηλιοστασίων και των ισημεριών στην περιοχή των Αθηνών [38]

Υπολογίσθηκε η κλίση β των ακτινών του ήλιου ως προς την ταράτσα, δηλαδή το ύψος του ήλιου από την εξής σχέση:

$$\sin\beta = \sin\delta * \sin\varphi + \cos\delta * \cos\varphi * \cos\omega$$

Εξίσωση 7.1: Εξίσωση υπολογισμού της κλίσης β των ακτινών του ήλιου ως προς την ταράτσα

Όπου:

- φ το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής του Πειραιά, όπου για μας $\varphi = 37^\circ 94' = 37.9^\circ$
- ω η ηλιακή ωριαία γωνία που αναλογεί στην ώρα υπολογισμού της θέσης του ήλιου που δίνεται από την σχέση $\omega = 15^\circ/h * (T_{solar} - 12)h$ όπου T_{solar} η ηλιακή ώρα σε ώρες, για μας $T_{solar} = 10h$ και άρα $\omega = -30^\circ$
- δ η ηλιακή απόκλιση της συγκεκριμένης ημερολογιακής ημέρας, όπου $\delta = -23.45^\circ$ αφού βρισκόμαστε στο χειμερινό ηλιοστάσιο
- β (η γωνία) για το ύψος του Ήλιου στη συγκεκριμένη περιοχή και ώρα

Μετά από αντικατάσταση προκύπτει ότι $\sin\beta = 0.38247 \Rightarrow \beta = 22.486^\circ$

Και για την σκίαση που μπορεί να προκύψει από την τοποθέτηση των ίδιων των φωτοβολταϊκών υπολογίζω την αζιμούθια γωνία η οποία στις 10πμ την 21η Δεκεμβρίου θα είναι:

$$\cos Z = (\sin\beta * \sin\varphi - \sin\delta) / (\cos\beta * \cos\varphi)$$

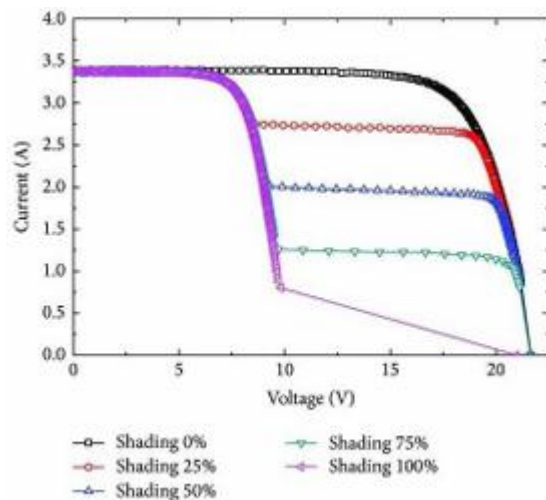
Εξίσωση 7.2: Εξίσωση υπολογισμού της αζιμούθιας γωνίας Z

Με αντικατάσταση προκύπτει ότι $\cos Z = 0.86$ και άρα $Z = 29.7662^\circ$

Η σκίαση αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα, καθώς όπως αποδεικνύεται και από την παρακάτω εικόνα επηρεάζει σημαντικά την απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Επιπλέον, συνδέεται άμεσα με το φαινόμενο της πρόωρης γήρανσης των φωτοβολταϊκών πλασίων, μειώνοντας έτσι τη συνολική τους διάρκεια ζωής και ενεργειακή απόδοση.

Απώλειες από σκίαση		
Σκίαση	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (1 strings x 9 modules)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (3 strings x 3 modules)
0.15%	-3.7%	-1.7%
2.6%	-16.5%	-7%
11.1%	-36.5%	-30.5%
12.5%	-18.3%	-17%

Πίνακας 7.3: Απώλεια ισχύος ανάλογα με την σκίαση[37]



Σχήμα 7.15: Γραφική Αναπαράσταση Της Επίδρασης Της Σκίασης Στο Ηλιακό Σύστημα [39]

7.4.4 Αντιστροφέας Ισχύος (Inverter)

Ο όρος "**αντιστροφέας**" (**inverter**) αναφέρεται σε μια ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει τη συνεχή τάση που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πάνελ σε εναλλασσόμενη τάση, συνήθως με ονομαστικές τιμές **230 V ανά φάση και συχνότητα 50 Hz**.

Η ΔΕΔΔΗΕ, αναγνωρίζοντας τον καθοριστικό ρόλο των αντιστροφέων σε ένα διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα, έχει ορίσει συγκεκριμένα τεχνικά πρότυπα για τη σύνδεσή τους με το δημόσιο δίκτυο. Οι βασικές απαιτήσεις περιλαμβάνουν:

- **Εύρος τάσης λειτουργίας** εντός των ορίων -20% έως +15%.
- **Ανοχή συχνότητας** έως $\pm 0,5$ Hz.
- **Μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό αρμονικής παραμόρφωσης (THD)** στο ρεύμα εξόδου $\leq 5\%$.
- **Όριο έγχυσης συνεχούς ρεύματος** $\leq 0,5\%$ της ονομαστικής έντασης, όταν δεν υπάρχει μετασχηματιστής απομόνωσης.
- **Προστασία έναντι νησιδοποίησης**, σύμφωνα με το πρότυπο **VDE 0126**. Ένας κρίσιμος δείκτης για την απόδοση ενός αντιστροφέα είναι ο **βαθμός απόδοσης (efficiency)**, ο οποίος επηρεάζεται από την ύπαρξη μετασχηματιστή απομόνωσης. Συνήθως:
 - Αντιστροφέας **με μετασχηματιστή** έχουν απόδοση 92–94%.
 - Αντιστροφέας **χωρίς μετασχηματιστή** φθάνουν αποδόσεις της τάξης του 96–98,5%.

Ανάλογα με την ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος και την ηλεκτρική σύνδεση, οι αντιστροφέες διακρίνονται σε:

- **Μονοφασικούς:** για συστήματα έως **5 kW**.
- **Μονοφασικούς ή τριφασικούς:** για ισχύ από **5 έως 15 kW**.
- **Υποχρεωτικά τριφασικούς:** για εγκαταστάσεις άνω των **15 kW**.

- **Σύνδεση στο δίκτυο μέσης τάσης:** για εγκαταστάσεις **μεγαλύτερες των 100 kW**. Σε επίπεδο αρχιτεκτονικής συστήματος, οι αντιστροφείς διακρίνονται και με βάση τον τρόπο διαχείρισης των φωτοβολταϊκών πλαισίων:
- **Κεντρικοί αντιστροφείς:** χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεγάλες εγκαταστάσεις. Συνήθως περιλαμβάνουν μετασχηματιστή και είναι σχεδιασμένοι για απευθείας σύνδεση στο δίκτυο, αν και έχουν περιορισμένο αριθμό εισόδων DC και απαιτούν εκτεταμένες καλωδιώσεις.
- **Αντιστροφείς κλάδων (string inverters):** ιδανικοί για μικρές έως μεσαίες εγκαταστάσεις. Διαθέτουν πολλαπλές εισόδους DC που επιτρέπουν τη σύνδεση πολλών σειρών πλαισίων.
- **Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων (multi-string inverters):** υποστηρίζουν ανεξάρτητη λειτουργία ανά είσοδο, κάτι που τους καθιστά κατάλληλους όταν τα φωτοβολταϊκά πάνελ έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά (π.χ. ισχύ ή προέλευση). Πέρα από τη βασική τους λειτουργία μετατροπής ρεύματος, οι αντιστροφείς επιτελούν και άλλη κρίσιμη λειτουργία: παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο τη μεταβαλλόμενη παραγόμενη ισχύ των φωτοβολταϊκών (λόγω ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας) και εντοπίζουν το **σημείο μέγιστης ισχύος (MPPT – Maximum Power Point Tracking)**. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω εξειδικευμένων αλγορίθμων, όπως ο **αλγόριθμος διαταραχής και παρατήρησης (Perturb & Observe)** ή άλλες τεχνικές MPPT, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή ενεργειακή απόδοση του συστήματος.

Στην περίπτωση του θριασίου νοσοκομείου για την μετατροπή του παραγόμενου συνεχούς ρεύματος (DC), σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), ποιότητας δικτύου της ΔΕΔΔΗΕ επελέγησαν, ενδεικτικά, για τους υπολογισμούς τριφασικοί αντιστροφείς ισχύος της Γερμανικής εταιρείας SMA Solar Technology AG και συγκεκριμένα οι τύποι :

- Sunny Tri Power X15 STP 15-50, ισχύος 15kW (6 τεμ.).
- Sunny Tri Power X20 STP 22-50, ισχύος 20kW (6 τεμ.).
- Sunny Tri Power X25 STP 25-50, ισχύος 25kW (13 τεμ.).



Σχήμα 7.16: Inverter Sunny Tri Power X25 STP [35]

Οι αντιστροφείς είναι τοπολογίας "string inverter", δηλ. συνδέουν το Φωτοβολταϊκό σύστημα απευθείας στο δίκτυο. Οι συγκεκριμένοι αντιστροφείς έχουν τη δυνατότητα υψηλής τάσης εισόδου συνεχούς ρεύματος DC, χαρακτηριστικό ιδιαίτερα χρήσιμο στην περίπτωση εν σειρά σύνδεσης πολλών και μεγάλης ισχύος Φωτοβολταϊκών πλαισίων. Οι αντιστροφείς διακόπτουν αυτομάτως τη λειτουργία τους σε περίπτωση διακοπής ρεύματος και έχουν ενσωματωμένες όλες τις διατάξεις ηλεκτρονόμων ορίου τάσης, ορίου συχνότητας, ασυμμετρίας τάσης και υπερέντασης.

Περιοχή τάσης εισόδου Φ/Β συστοιχίας :	Είσοδος A UPV 260V-800V / 345V-800V / 430V - 800V
Περιοχή τάσης εισόδου Φ/Β συστοιχίας :	Είσοδος B UPV 150V-188V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου Φ/Β συστοιχίας:	I_{pnmax} 24 A
Μέγιστη ισχύς εισόδου Φ/Β συστοιχίας :	PDC,max 22.500Wp / 30.000Wp / 37.500Wp
Μέγιστη ισχύς εξόδου:	PAC,max 15.000VA / 20.000VA / 25.000VA
Ονομαστική ισχύς εξόδου:	Pac. b 15.00W / 20.00W / 25.000W
Περιοχή τάσης λειτουργίας:	Uac 230V –400V
Περιοχή συχνότητας λειτουργίας:	fAc 44 Hz -56 Hz

Συντελεστής μέγιστης απόδοσης:	η_{max} 98,2% / 98,2% / 98,2%
Συντελεστής απόδοσης (“ευρωπαϊκός”):	η_{euro} 97,8% / 97,9% / 98,2%
Διαστάσεις (Π x Υ x Β) mm	728x 762 x 266
Βάρος kg:	35
Κατηγορία προστασίας:	IP 65
Περιοχή θερμοκρασίας λειτουργίας:	-25°C - +60°C

Πίνακας 7.4: Κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά των αντιστροφών SMA Sunny Tri Power X STP 15-50 / STP 20-50 / STP 25-50 [35]

Οι συγκεκριμένοι αντιστροφείς επελέγησαν διότι έχουν πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης, λειτουργούν πάντα κοντά στο σημείο Maximum Power Point Temperature (MPPT) και έχουν τη δυνατότητα άμεσης επιτήρησης του Φωτοβολταϊκού Συστήματος.

Επίσης μία άλλη επιλογή αντιστροφή μπορεί να είναι ο inverter Huawei SUN2000-100KTL-M1 είναι ένας τριφασικός string inverter, κατάλληλος για μεγάλες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, όπως το Θριάσιο Νοσοκομείο. Παρέχει υψηλή απόδοση, πολλαπλές εισόδους MPPT και προηγμένα συστήματα προστασίας, καθιστώντας τον μία αξιόπιστη επιλογή για εμπορικά και βιομηχανικά έργα.



Σχήμα 7.18: Inverter Huawei 185kW, on-grid, three-phase, 9 mppt, no display, no wifi [35]

Χαρακτηριστικό	Τιμή
Κατασκευαστής	Huawei
Χώρα Προέλευσης	Κίνα
Μοντέλο	SUN2000-100KTL-M1
Ονομαστική Ισχύς Εξόδου (AC)	100 kW
Μέγιστη Απόδοση	98.6%
Ευρωπαϊκή Απόδοση	98.4%
Αριθμός MPPT	10
Συνολικές Είσοδοι DC	20
Μέγιστη Ισχύς DC	150 kW
Τάση Εκκίνησης	200 V
Εύρος Τάσης MPPT	200 V – 1000 V
Μέγιστη Τάση Εισόδου	1100 V
Μέγιστο Ρεύμα Εισόδου ανά MPPT	26 A
Μέγιστο Ρεύμα Εξόδου	153 A
Τάση Εξόδου	400 V / 3φ + N / PE
Συχνότητα Εξόδου	50 Hz / 60 Hz
Συντελεστής Ισχύος	0.8 ind/cap (ρυθμιζόμενος)
Προστασία Υπέρτασης DC/AC	SPD Type II
Βαθμός Προστασίας	IP66
Διασύνδεση Επικοινωνίας	RS485, WLAN (προαιρετικό), SmartLogger
Διαστάσεις	1075 × 555 × 300 mm
Βάρος	74 kg
Εγγύηση	5 έως 10 έτη

Πίνακας 7.5: Κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα Huawei 185kW, on-grid, three-phase [35]

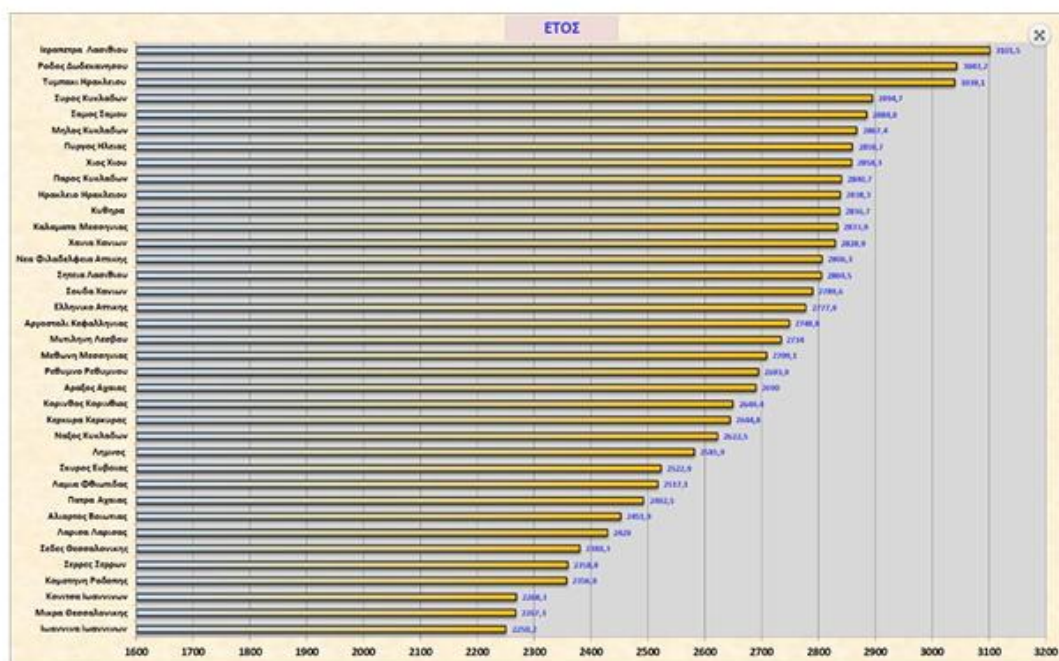
Ο Αντιστροφέας πρέπει να είναι εφοδιασμένος στην είσοδό του με κεντρικό διακόπτη αποσύνδεσης DC, ο οποίος θα απομονώνει τον Αναστροφέα από το DC Δίκτυο του Φωτοβολταϊκού Συστήματος. Επίσης, ο Αντιστροφέας πρέπει να είναι εφοδιασμένος στην έξοδό του, είτε με κεντρικό αυτόματο διακόπτη AC είτε με αποζεύκτη φορτίου και ασφάλειες, ο οποίος θα απομονώνει τον Αντιστροφέα από το AC Δίκτυο του Φωτοβολταϊκού Συστήματος. Τα ελάχιστα τεχνικά χαρακτηριστικά που πρέπει να ικανοποιεί ο Αντιστροφέας πρέπει να είναι πρωτίστως σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΔΕΔΔΗΕ και κατ' ελάχιστο:

- Ύπαρξη προστασίας απόζευξης μέσω διατάξεων του μετατροπέα τάσεως DC-AC, έτσι ώστε η εγκατάσταση να αποσυνδέεται σε περίπτωση έλλειψης τάσεως από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ (αποφυγή φαινομένου νησιδοποίησης), ή όταν η τάση και η συχνότητα του ρεύματος αποκλίνουν των παρακάτω ορίων:
 - α. Τάση από +15% έως -20% επί της ονομαστικής τιμής (220V)
 - β. Συχνότητα $\pm 0,5$ Hz της ονομαστικής τιμής (50Hz) Σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων αυτών, ο Αναστροφέας θα τίθεται αυτόματα εκτός λειτουργίας (αυτόματη απόζευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις:
 - α. Απόζευξη του Αναστροφέα σε 0,5 sec
 - β. Επανάζευξη του Αναστροφέα μετά από 3 min.
- Total Harmonic Distortion (THD) ρεύματος εξόδου μικρότερο από 5%.
- Στην περίπτωση Αναστροφέων τάσεως DC- AC χωρίς μετασχηματιστή σιδήρου, θα πρέπει η μέγιστη τιμή του εγγεόμενου συνεχούς ρεύματος στο ηλεκτρικό δίκτυο να είναι μικρότερη του 0,5% της τιμής του ονομαστικού ρεύματος εξόδου του Αναστροφέα.
- Κάθε Αναστροφέας θα πρέπει να διαθέτει Σύστημα Ελέγχου και Αντικεραυνική Προστασία.

7.4.5 Αποτελέσματα μελέτης φωτοβολταϊκών

Ένα φωτοβολταϊκό πάνελ ονομαστικής ισχύος **670 W** είναι σε θέση να παράγει ημερησίως από **2,7 έως 3,35 kWh**, υπό την προϋπόθεση ότι παραμένει εκτεθειμένο σε ηλιακή ακτινοβολία για περίπου **5 ώρες**. Στην Ελλάδα, οι ηλιόλουστες ημέρες είναι αρκετά συχνές, γεγονός που καθιστά εφικτό να υιοθετήσουμε την ανώτερη τιμή απόδοσης για τους υπολογισμούς μας. Συνεπώς, θεωρούμε πως κάθε πάνελ μπορεί να αποδώσει περίπου **3,35 kWh ανά ημέρα**.

Στο πλαίσιο της μελέτης, υπολογίστηκε ότι υπάρχει διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση **746 φωτοβολταϊκών πλαισίων**.



Πίνακας 7.5: ώρες ηλιοφάνειας/έτος [43]

Σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί, η περιοχή της Νέας Φιλαδέλφειας στην Αττική διαθέτει κατά μέσο όρο **2.806 ώρες ηλιοφάνειας ετησίως**. Δεδομένης της μικρής γεωγραφικής απόστασης, είναι εύλογο να θεωρήσουμε ότι παρόμοια ηλιακή ακτινοβολία ισχύει και για τον Πειραιά. Αυτό συνεπάγεται ότι, κατά μέσο όρο, το νοσοκομείο εκτίθεται στον ήλιο περίπου **7,6 ώρες την ημέρα** ($2.806 / 365$).

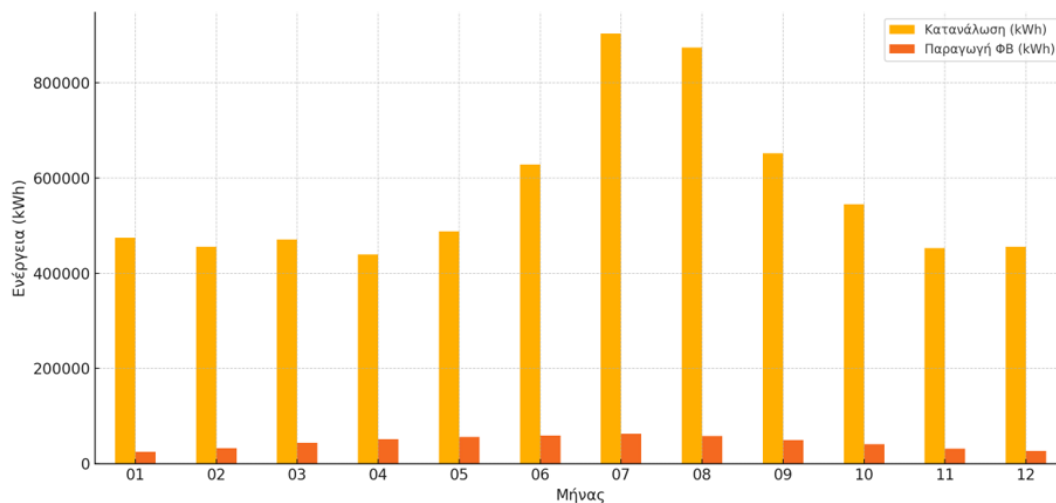
Αν και κάποιες ημέρες ενδέχεται να υπάρχουν καιρικές συνθήκες που μειώνουν την ηλιακή ακτινοβολία (όπως βροχή ή συννεφιά), αυτές οι μεταβλητότητες έχουν ληφθεί υπόψη στη σχετική μελέτη. Υπάρχουν, επίσης, ώρες κατά τις οποίες τα φωτοβολταϊκά μπορεί να παράγουν περισσότερη ενέργεια από αυτή που καταναλώνει το νοσοκομείο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η πλεονάζουσα ενέργεια μπορεί να διοχετεύεται στο δίκτυο μέσω συστημάτων ενεργειακού συμψηφισμού, όπως το **Net Metering**, εξασφαλίζοντας οικονομική ανταπόδοση.

Ως εκ τούτου, είναι λογικό να θεωρήσουμε ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ θα παράγουν κατά μέσο όρο **2.014,2 kWh ημερησίως** ($2,7 \text{ kWh} \times 746 \text{ πάνελ}$), αριθμός που υπολείπεται της θεωρητικής μέγιστης παραγωγής που προκύπτει βάσει των διαθέσιμων ωρών ηλιοφάνειας. Βάσει υπολογισμών του Προγράμματος PVSyst, για την περιοχή της Ελευσίνας, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα είναι περίπου **737.000kWh/έτος** (1.473kWh/kWp,έτος).

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που δόθηκαν από την τεχνική υπηρεσία του νοσοκομείου τόσο για την ενεργό ενέργεια και την εγχύσιμη, όσο και για την άεργο ενέργεια προκύπτει από τη σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας για το έτος 2023 με την εκτιμώμενη παραγωγή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος **737.000kWh/έτος**, λαμβάνοντας υπόψη εποχικούς συντελεστές και βαθμό απόδοσης **83%**.

Μήνας	Κατανάλωση (kWh)	Παραγωγή ΦΒ (kWh)	Διαφορά (kWh)	Ποσοστό Κάλυψης (%)
01	474595.50	24966.40	-449629.10	5.26
02	456000.00	32768.40	-423231.60	7.19
03	470520.00	43691.20	-426828.80	9.29
04	439873.50	51493.20	-388380.30	11.71
05	487627.50	56174.40	-431453.10	11.52
06	628486.50	59295.20	-569191.30	9.43
07	903426.00	62416.00	-841010.00	6.91
08	873816.00	57734.80	-816081.20	6.61
09	651777.00	49932.80	-601844.20	7.66
10	545070.00	40570.40	-504499.60	7.44
11	452778.00	31208.00	-421570.00	6.89
12	455545.50	26526.80	-429018.70	5.82

Πίνακας 7.6: Μηνιαία σύγκριση μεταξύ κατανάλωσης και εκτιμώμενης παραγωγής ΦΒ



Σχήμα 7.17: Σύγκριση μεταξύ μηνιαίας κατανάλωσης και εκτιμώμενης παραγωγής ΦΒ για το έτος 2023.

Κατά το έτος 2023, η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του νοσοκομείου ανήλθε στις **6.839.515,5 kWh**. Συνεπώς, με την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος, δύναται να επιτευχθεί **ενεργειακή εξοικονόμηση της τάξης του 10,78**

%, καλύπτοντας σημαντικό μέρος των αναγκών του νοσοκομείου είτε μέσω ιδιοκατανάλωσης είτε μέσω ενεργειακού συμψηφισμού με το δίκτυο.

Κεφάλαιο 8 - Συμπεράσματα και Προοπτικές Εφαρμογής Φωτοβολταϊκού Συστήματος και Υποδομής Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων στο Θριάσιο Νοσοκομείο

8.1 ΖΝΧ και Φωτοβολταϊκά

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να ενσωματωθούν με άλλα συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού (CHP) σε απομακρυσμένες περιοχές. Για τα πάνελ PV/T ως ανανεώσιμο CHP, είναι απαραίτητα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας όπως οι κυψέλες καυσίμου. Σε αυτή τη μελέτη, αναπτύσσεται ένα υβριδικό σύστημα PV/T–κυψέλης καυσίμου με βέλτιστη διαστασιολόγηση. Χρησιμοποιείται ένας ευρετικός αλγόριθμος βελτιστοποίησης και παρουσιάζονται αποτελέσματα προσομοίωσης για δύο μελέτες περίπτωσης. Δείχνει ότι το συνολικό κόστος είναι χαμηλότερο σε σχέση με την ξεχωριστή κάλυψη ζήτησης θερμότητας και ισχύος.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) μπορούν να αξιοποιηθούν για την παροχή αυτόνομων συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας (CHP) σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου το κόστος διανομής ενέργειας για μη ανανεώσιμες πηγές είναι δυσμενές. Ωστόσο, λόγω της διακοπτόμενης φύσης των ΑΠΕ, προκύπτει ανάγκη για αξιοποίηση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας σε συνδυασμό με τα συστήματα CHP, ώστε να καλύπτονται τα θερμικά και ηλεκτρικά φορτία ταυτόχρονα.

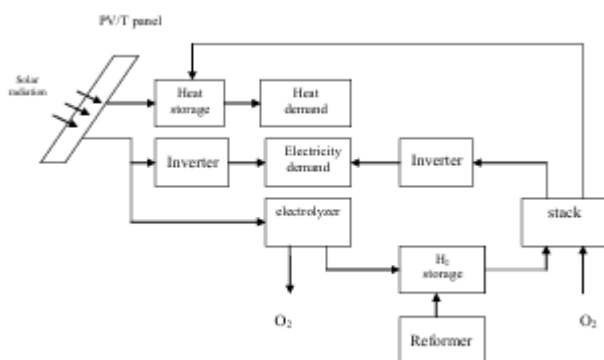
Δεδομένου ότι τα φωτοβολταϊκά-θερμικά (PV/T) πάνελ παράγουν θερμότητα και ηλεκτρισμό ταυτόχρονα, και σε σύγκριση με ξεχωριστά φωτοβολταϊκά και ηλιακά θερμικά συστήματα έχουν υψηλότερη συνολική απόδοση, τα PV/T θεωρούνται αποτελεσματική επιλογή. Μεταξύ των τεχνολογιών παραγωγής CHP, οι κυψέλες καυσίμου (FCs) είναι ιδιαίτερα ελκυστικές λόγω υψηλής απόδοσης (έως και 60%) και χαμηλών εκπομπών. Επίσης, δεν έχουν προβλήματα θορύβου ή δονήσεων και προσφέρουν υψηλή ευελιξία και συμβατότητα με τα κτίρια.

Η βέλτιστη διαστασιολόγηση ενός αυτόνομου συστήματος CHP με PV/T, ανεμογεννήτριες, αποθήκευση και φορτία, έχει εξεταστεί με ευριστικούς αλγόριθμους όπως το particle swarm optimization. Παρόμοιες προσεγγίσεις έχουν εφαρμοστεί σε συστήματα μικρο-CHP, καθώς και σε υβριδικά συστήματα με κυψέλες καυσίμου, ηλεκτρολύτες, μπαταρίες, supercapacitors, και άλλα. Ωστόσο, δεν έχει μελετηθεί εκτενώς η βέλτιστη διαστασιολόγηση ενός αυτόνομου συστήματος CHP βασισμένου σε PV/T και FC.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη ευριστικού μοντέλου βελτιστοποίησης για τη βέλτιστη διαστασιολόγηση ενός τέτοιου συστήματος, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος και να διασφαλιστεί η ενεργειακή επάρκεια.

1. Περιγραφή του συστήματος

Ένα πλαίσιο του συστήματος CHP παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Το σύστημα αποτελείται από PV/T, κυψέλη καυσίμου (FC), δεξαμενή υδρογόνου, αντιστροφέα και φορτία. Το PV/T λειτουργεί ως η κύρια πηγή ισχύος για την κάλυψη των αναγκών φορτίου και επίσης παρέχει ηλεκτρική ισχύ για τον ηλεκτρολύτη που είναι απαραίτητη για χημική αντίδραση, ενώ τα PV/T πάνελ παράγουν θερμότητα, η οποία είτε χρησιμοποιείται άμεσα για την κάλυψη της ζήτησης θερμότητας είτε αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση. Στην κυψέλη καυσίμου, λαμβάνει χώρα μια εξώθερμη αντίδραση που παράγει θερμότητα και ηλεκτρισμό, ο οποίος καλύπτει τις ανάγκες σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια του συστήματος.



Σχήμα 8.1: πλαίσιο του συστήματος CHP [57]

2. Μοντέλο PV/T πάνελ

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς παράγεται ηλεκτρισμός, η ηλιακή ακτινοβολία προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας στις κυψέλες PV/T, επηρεάζοντας αρνητικά την ηλεκτρική απόδοσή τους. Η κατάλληλη κυκλοφορία ψυκτικού υγρού στον εναλλάκτη θερμότητας του PV/T πάνελ εξάγει θερμότητα, διατηρώντας έτσι ικανοποιητικά επίπεδα ηλεκτρικής απόδοσης. Η θερμική ενέργεια που ανακτάται χρησιμοποιείται για να καλύψει μερικώς ή πλήρως τη ζήτηση θερμότητας, ενώ το πλεόνασμα μπορεί να αποθηκευτεί στο TES.

Ο θερμικός βαθμός απόδοσης ενός PV/T πάνελ υπολογίζεται από:

$$\eta'_{th} = F_R \left[\tau \alpha_{PV/T} - \frac{U_{loss} (T_f^i - T_a^i)}{G^i} \right] \quad [57]$$

3. Μοντέλο Κυψέλης Καυσίμου (FC)

Η μελέτη εξετάζει τη χρήση της τοπικής κυψέλης καυσίμου για την κάλυψη της ζήτησης φορτίου. Υποτίθεται ότι η FC παρέχει ηλεκτρική ενέργεια και θερμική ενέργεια που ανακτάται και χρησιμοποιείται για αποθήκευση. Πολλές μελέτες δείχνουν ότι η FC παράγει θερμότητα σχεδόν ισοδύναμη με την ηλεκτρική ισχύ της σε πλήρες φορτίο.

Η εξίσωση που περιγράφει τη θερμότητα που ανακτάται από την FC είναι:

$$H_h^{FC} = r_{th} (P_h^{FC-H_2} + P_h^{FC} + P_a) \quad [57]$$

Το υδρογόνο που αποθηκεύεται στη δεξαμενή υδρογόνου μετατρέπεται ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής.

4. Μοντέλο Αντιστροφέα

Για τον αντιστροφέα, η ονομαστική ισχύς P_{inv} ορίζεται στο 120% της αιχμής ζήτησης ώστε να διασφαλιστεί η κάλυψη των διακυμάνσεων της:

$$P_{inv} = 120\% \cdot P_{dmax}$$

Στην παραπάνω μελέτη, η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας επικεντρώνεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ωστόσο, η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παραγωγή **ζεστού νερού χρήσης (ZNX)**, μέσω ηλιακών θερμικών συλλεκτών. Παρότι η παρούσα ανάλυση δεν περιλαμβάνει μελέτη σε αυτόν τον τομέα – καθώς στα κτήρια που εξετάστηκαν δεν παρουσιάζεται σημαντική ζήτηση για ZNX – είναι σημαντικό να γίνει αναφορά σε αυτή την τεχνολογία.

Τα συστήματα που αξιοποιούν μηχανικά μέσα για τη χρήση της ηλιακής ενέργειας στη **θέρμανση, την ψύξη ή την παραγωγή ZNX**, ονομάζονται **ενεργητικά ηλιακά συστήματα**. Ανάλογα με το αν συνδυάζονται με συμβατικά θερμικά συστήματα ή όχι, ταξινομούνται σε **αυτόνομα, προθέρμανσης και υβριδικά**. Η συλλογή και αποθήκευση της θερμικής ενέργειας μπορεί να γίνεται είτε μέσω **αέρα** (ηλιακά συστήματα αέρα), είτε μέσω **υγρού μέσου** – η πλέον διαδεδομένη τεχνολογία – και τότε ονομάζονται **ηλιακά συστήματα υγρού**.

Τα **ενεργητικά θερμικά ηλιακά συστήματα** είναι ευρέως διαδεδομένα στην Ελλάδα, κυρίως για την κάλυψη αναγκών σε ZNX, αλλά μπορούν να εφαρμοστούν και σε κάθε άλλη χρήση θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας. Επιπλέον, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για **ψύξη και κλιματισμό** αναπτύσσεται δυναμικά, καθώς τα ψυκτικά φορτία αυξάνονται τις περιόδους με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία.

Η τεχνολογία των **ηλιοθερμικών συστημάτων** έχει εξελιχθεί σημαντικά, προσφέροντας πλέον μια **ανταγωνιστική εναλλακτική** λύση θέρμανσης, σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα με λέβητες. Η αποτελεσματικότητα αυτή ενισχύεται από την ανάπτυξη συστημάτων **χαμηλής θερμοκρασίας**, όπως:

- **Ενδοδαπέδια θέρμανση** (λειτουργεί με θερμοκρασίες κάτω των 35°C)
- **Θερμαντικά πάνελ** (λειτουργούν περίπου στους 50°C)

Σε αυτές τις θερμοκρασίες, οι **επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες** επιτυγχάνουν υψηλό βαθμό απόδοσης. Έτσι, οι λέβητες δεν περιορίζονται πλέον μόνο στην παραγωγή ZNX, αλλά μπορούν να υποστηρίξουν και τη **θέρμανση χώρων**.

Στην αγορά διατίθενται πλέον **ηλιοθερμικά συστήματα τύπου Combi**, τα οποία συνδυάζουν **παραγωγή ZNX και θέρμανση χώρων**. Διαφέρουν από τα απλά ηλιακά θερμικά συστήματα, κυρίως ως προς τον τρόπο παραγωγής και αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας.

Τα συστήματα **Combi** απαιτούν **υποχρεωτικά βοηθητική πηγή θερμότητας**, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι πάντα διαθέσιμη τη στιγμή που υπάρχει ζήτηση. Αν και το θερμοδοχείο (δοχείο αποθήκευσης θερμότητας) εξυπηρετεί τη λειτουργία κατά τη διάρκεια της νύχτας ή συννεφιάς, δεν επαρκεί για **παρατεταμένες περιόδους χωρίς ήλιο**. Γι' αυτόν τον λόγο, απαιτείται η χρήση **συμπληρωματικού συστήματος θέρμανσης**, όπως λέβητας πετρελαίου ή φυσικού αερίου, για την κάλυψη των επιπλέον ενεργειακών αναγκών.

8.1.1 Υβριδικό Σύστημα PV/T και Κυψέλης Καυσίμου – Ανάλυση Παραγωγής ZNX και Θερμότητας

Στην παρούσα ενότητα εξετάζεται η δυνατότητα συνδυασμένης κάλυψης των θερμικών και ηλεκτρικών φορτίων του Θριάσιου Νοσοκομείου μέσω ενός υβριδικού συστήματος Φωτοβολταϊκών Θερμικών Συλλεκτών (PV/T) και κυψέλης καυσίμου (Fuel Cell). Η επιλογή αυτής της τεχνολογίας ενισχύεται από το γεγονός ότι οι ενεργειακές ανάγκες του νοσοκομείου είναι ιδιαίτερα αυξημένες και κατανέμονται σε ετήσια βάση περίπου ως εξής:

1.Ετήσια θερμική ζήτηση : 2.000.000 kWh

Το Θριάσιο νοσοκομείο έχει θερμική ζήτηση περίπου 2.000.000 kwh ετησίως σύμφωνα με τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις (4 λέβητες φυσικού αερίου). Οπότε το σύστημα ΦΒ και Θέρμανση καλείται να καλύψει μέρος αυτής της ζήτησης. Συνεπώς προτείνεται να εγκατασταθεί ΦΒ ισχύος 500 Kw (θερμική απόδοση 45%) και fuel cell ισχύος 100 kW .

2.Ηλεκτρική ζήτηση : 3.434.433 kWh

Σύμφωνα με τις μετρήσεις καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας που έχει το νοσοκομείο.

Η ανάλυση βασίστηκε σε υπολογιστικό υπόδειγμα βελτιστοποίησης που αξιοποιεί την προσέγγιση ελαχιστοποίησης κόστους και μέγιστης κάλυψης θερμικών και ηλεκτρικών

φορτίων, όπως περιγράφεται στο paper των Chen et al. (2022)[57]. Η βασική μεθοδολογία περιλαμβάνει:

- Υπολογισμό ηλιακής ακτινοβολίας στον τόπο (Νοσοκομείο Θριάσιο).
- Προσδιορισμό της ωφέλιμης απόδοσης των PV/T σε ηλεκτρική και θερμική ισχύ.
- Διάσταση των συστημάτων ώστε να ελαχιστοποιείται η απώλεια φορτίου (Loss of Load Probability–LLP).
- Εφαρμογή εξισώσεων για θερμική και ηλεκτρική παραγωγή.

8.1.2 Θερμική Παραγωγή PV/T Συλλεκτών

Η ετήσια θερμική ενέργεια που αποδίδεται από το PV/T υπολογίζεται με τη σχέση:

$$Q_{PVT} = A_{PVT} \times G \times \eta_{th}$$

Όπου:

A_{PVT} : η συνολική επιφάνεια των PV/T (m^2)

G : μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία ($kWh/m^2/έτος$) $\approx 1700 kWh/m^2/έτος$

η_{th} : θερμική απόδοση του συστήματος $\approx 45\%$

Αν για εγκατεστημένη ισχύ PV 500 kWp (περίπου $2.500 m^2$) έχουμε:

$$Q_{PVT} = 2500 \times 1700 \times 0.45 = 1.912.500 kWh/έτος$$

Ωστόσο, με πιο ρεαλιστικό συντελεστή απόδοσης και απωλειών:

$$Q_{PVT} = 2500 \times 1600 \times 0.35 = 1.400.000 kWh/έτος [57]$$

Η επιλογή εγκατεστημένης ισχύος PV 500 kWp προέκυψε βάσει της προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό PVsyst για τις συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελευσίνα. Το σύστημα που προσομοιώθηκε περιλάμβανε 752 πάνελ ισχύος 665 Wp (TSM-DEG21C-20-665Wp), που συνολικά δίνουν ονομαστική ισχύ 500 kWp. Η έκταση που καταλαμβάνεται από αυτό το σύστημα είναι περίπου $2.336 m^2$.

Η θερμική απόδοση (η_{th}) προσεγγίστηκε βάσει βιβλιογραφικών αναφορών για PV/T συλλέκτες τύπου αέρα ή υγρού μέσου, οι οποίες αναφέρουν απόδοση μεταξύ 40–60% υπό ιδανικές συνθήκες. Λόγω θερμικών απωλειών και μη ιδανικής απόδοσης ανταλλαγής θερμότητας, επιλέχθηκε πιο ρεαλιστική τιμή 35% (0.35), ώστε να ληφθούν υπόψη συνθήκες πραγματικής εγκατάστασης, απώλειες μεταφοράς και ακτινοβολίας.

Με βάση τις εγκατεστημένες μονάδες φυσικού αερίου:

Συνολική θερμική ισχύς = ~3.200 kW

Ετήσια εκτίμηση κατανάλωσης :

$E_{\text{thermal}} = 2.000.000 \text{ kWh/έτος}$

8.1.3 Θερμική Παραγωγή Fuel Cell

Η κυψέλη καυσίμου λειτουργεί ως συμπαραγωγή (CHP), με θερμική απόδοση περίπου 50%.

Η ετήσια θερμική ενέργεια υπολογίζεται από:

$$Q_{\text{FC}} = P_{\text{FC}} \times h_{\text{FC}} \times t_{\text{op}}$$

Όπου:

P_{FC} : ονομαστική ισχύς FC = 100 kW

h_{FC} : θερμική απόδοση ≈ 0.5

t_{op} : ετήσιες ώρες λειτουργίας $\approx 6000 \text{ h}$

$$Q_{\text{FC}} = 100 \times 0.5 \times 6000 = 300.000 \text{ kWh/έτος}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{PVT}} + Q_{\text{FC}} = 1.400.000 + 300.000 = 1.700.000 \text{ kWh/έτος [57]}$$

Δηλαδή, το προτεινόμενο υβριδικό σύστημα καλύπτει:

$$(1.700.000 / 2.000.000) \times 100 \approx 85\% \text{ της συνολικής ετήσιας θερμικής ζήτησης.}$$

Βελτιστοποίηση

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται ο αλγόριθμος ευρετικής βελτιστοποίησης για το μέγεθος του συστήματος PV/T-FC με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους:

1. Συλλογή δεδομένων (ηλιακή ακτινοβολία, ζήτηση ηλεκτρικής/θερμικής ενέργειας, τιμές εξοπλισμού).
2. Προσδιορισμός βέλτιστου μεγέθους PV/T βάσει ζήτησης ηλεκτρισμού.

1 Προσδιορισμός μεγέθους FC

Βάσει της διαφοράς ανάμεσα σε ζήτηση και παραγωγή PV/T (ισχύς και θερμότητα).

2 Καθημερινός προγραμματισμός

Από την υψηλότερη ωριαία ζήτηση μεταξύ ανατολής και δύσης:

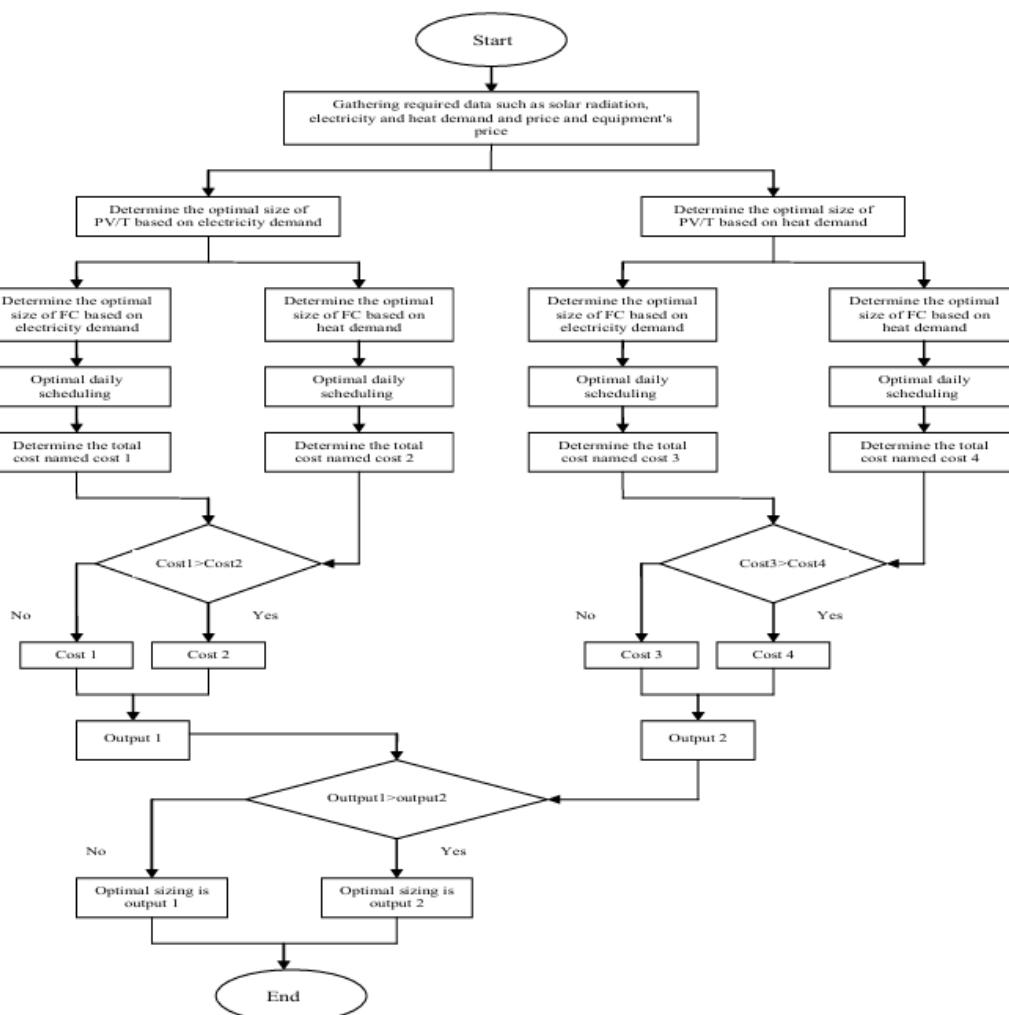
- Αν η παραγωγή PV/T > ζήτηση → το πλεόνασμα αποθηκεύεται.
- Αν η παραγωγή < ζήτηση → καλύπτεται από FC.

3 Υπολογισμός κόστους (Cost 1)

4 Επαναπροσδιορισμός FC

Βάσει της ζήτησης θερμότητας και της διαφοράς θερμότητας PV/T – FC.

Διάγραμμα Ροής για το Βέλτιστο Μέγεθος Συστήματος (Optimal Sizing) [57]



5 Ο βέλτιστος ημερήσιος προγραμματισμός του FC βάσει της θερμικής ζήτησης γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τη χρονική στιγμή με τη μεγαλύτερη θερμική ανάγκη μεταξύ ανατολής και δύσης. Αν η θερμική παραγωγή από το PV/T υπερβαίνει τη ζήτηση, το

πλεόνασμα χρησιμοποιείται για παραγωγή υδρογόνου στο FC. Σε αντίθετη περίπτωση, το FC καλύπτει τη θερμική ζήτηση.

6 Υπολογισμός του συνολικού κόστους

7 Η διαδικασία επαναλαμβάνεται και για την περίπτωση που η βέλτιστη διάσταση PV/T βασίζεται στη θερμική ζήτηση. Υπολογίζονται τα Κόστη 3 και 4.

8 Η τελική επιλογή βασίζεται στο μικρότερο κόστος από τα τέσσερα. Η βελτιστοποίηση γίνεται για μία ημέρα και επεκτείνεται σε ολόκληρο το έτος. Το διάγραμμα ροής απεικονίζεται στο διάγραμμα ροής.

8.2 Μελέτη Διάστασης φωτοβολταϊκού και Συστήματος Αποθήκευσης για Σταθμό Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων

Η ραγδαία αύξηση της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων (EVs) δημιουργεί την ανάγκη για αποδοτικά και βιώσιμα συστήματα φόρτισης. Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζεται μια προσέγγιση για τη βελτιστοποιημένη διαστασιολόγηση ενός φωτοβολταϊκού (ΦΒ) συστήματος σε συνδυασμό με σύστημα αποθήκευσης ενέργειας με μπαταρίες (BESS), με σκοπό την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων ενός σταθμού φόρτισης EV. Η μεθοδολογία ενσωματώνει τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας βάσει δύο συνιστωσών – κόστους ισχύος και κόστους κατανάλωσης – και στοχεύει στη μείωση του συνολικού κόστους καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης καταδεικνύουν ότι η χρήση ΦΒ και BESS συνδυαστικά μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση εξόδων και να ενισχύσει τη σταθερότητα του ηλεκτρικού δικτύου.

Η εξασφάλιση καθαρής και ενεργειακά αποδοτικής ηλεκτροδότησης αποτελεί βασικό πυλώνα της παγκόσμιας μετάβασης σε βιώσιμες μορφές ενέργειας. Η ηλεκτροκίνηση αποτελεί κεντρικό στοιχείο αυτής της μετάβασης, ωστόσο η μαζική υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων εντείνει τη ζήτηση και προκαλεί πιέσεις στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η ενσωμάτωση ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών, ιδίως μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων, καθώς και η χρήση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας όπως οι μπαταρίες, προσφέρουν αποδοτικές λύσεις για τη διαχείριση αυτής της αυξημένης ζήτησης.

Η εργασία αυτή αναπτύσσει ένα αριθμητικό μοντέλο για τη βέλτιστη διαστασιολόγηση του ΦΒ συστήματος και της αποθήκευσης με μπαταρίες σε έναν σταθμό φόρτισης EV. Η προσέγγιση βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και ενσωματώνει ανάλυση κόστους που περιλαμβάνει τόσο μεταβλητό όσο και πάγιο σκέλος του τιμολογίου ρεύματος. Ο στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού λειτουργικού κόστους σε μακροπρόθεσμη βάση, εξασφαλίζοντας παράλληλα επαρκή παροχή ισχύος και αξιόπιστη λειτουργία του σταθμού φόρτισης.

Η παρούσα μελέτη αφορά τον προσδιορισμό της ισχύος ενός φωτοβολταϊκού (Φ/Β) συστήματος και ενός συστήματος αποθήκευσης ενέργειας (BESS) για την κάλυψη των αναγκών ενός σταθμού φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EV) στο Θριάσιο Νοσοκομείο [56]. Πιο συγκεκριμένα τα δεδομένα αφορούν εγκατάσταση στον υπαίθριο χώρο (parking) του Θριάσιου, με 6 φορτιστές EV ισχύος 22 kW ο καθένας, σύστημα αποθήκευσης 400 kWh και φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος 220,5 kWp, 490 πλαισίων των 450 Wp με εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή 325.000 kWh.

8.2.1 Τεχνικά Δεδομένα Συστήματος

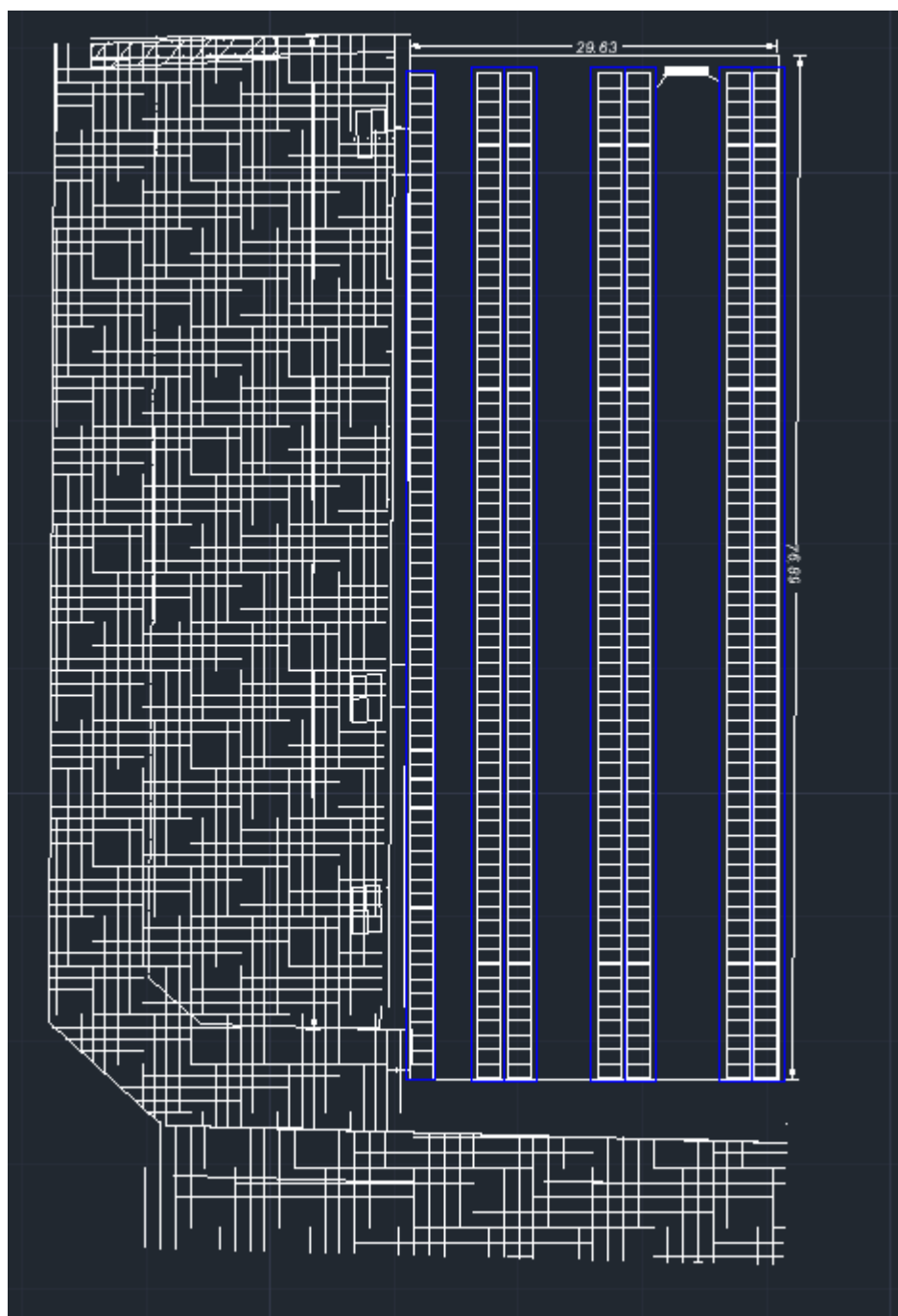
- Τοποθεσία: Μαγούλα Αττικής
- Φωτοβολταϊκή Ισχύς: 220,5 kWp (490 πάνελ $\times$ 450 Wp)
- Ετήσια Παραγωγή: 325.000 kWh (1.473 kWh/kWp/έτος)
- Σταθμός Φόρτισης: 6 $\times$ 22 kW, λειτουργία 8 ώρες/ημέρα
- Ημερήσια κατανάλωση: 6 $\times$ 22 $\times$ 8 = 1.056 kWh
- Ετήσια κατανάλωση EV φορτιστών: 1.056 $\times$ 365 = 385.440 kWh
- Σύστημα αποθήκευσης: 400 kWh

8.2.2 Περιγραφή Συστήματος

Η παρούσα αναφορά παρουσιάζει ανάλυση ενός φωτοβολταϊκού (Φ/Β) συστήματος εγκατεστημένου στην Αττική, με εγκατεστημένη ισχύ 185 kW, λόγο απόδοσης 0,83, δύο αντιστροφείς 100 kW και δύο μπαταρίες 200 kWh (συνολικά 400 kWh). Το φορτίο αποτελείται από 6 φορτιστές EV των 22 kW που λειτουργούν 8 ώρες την ημέρα.



Σχήμα 8.2: parking Θριάσιου νοσοκομείου [36]



Σχήμα 8.2: Διαστασιολόγηση φ/β πάνελ

Πίνακας 8.1: Μηνιαία Παραγωγή Ηλιακής Ενέργειας

Μήνας	Παραγωγή (kWh)
Ιαν	10,948.11
Φεβ	14,102.03
Μαρ	20,944.22
Απρ	25,796.40
Μαι	30,940.32
Ιουν	33,166.80
Ιουλ	36,176.38

Αυγ	33,320.35
Σεπ	27,178.35
Οκτ	19,992.21
Νοε	13,358.85
Δεκ	10,948.11

Συνολική Ετήσια Παραγωγή: 276,872.13 kWh

8.2.3 Απόδοση Μπαταριών

Η ημερήσια ζήτηση φόρτισης είναι 1056 kWh. Η μπαταρία φορτίζεται στο 100% τις καλές και μέσες ημέρες, και στο 88,29% τις χειρότερες. Η μέγιστη ενέργεια που απαιτείται από το δίκτυο σε τέτοιες περιπτώσεις είναι περίπου 303 kWh.

Εξισώσεις Χρησιμοποιημένες στη Μελέτη:

1. Ισοζύγιο Παραγωγής - Κατανάλωσης (ανά ώρα):

$$\Delta E(t) = E_PV(t) - E_EV(t) \quad [50]$$

2. Κατανάλωση από Μπαταρία (εάν απαιτείται):

$$E_bat-use(t) = \min(|\Delta E(t)|, SOC(t-1)) \quad [56]$$

3. SOC (State of Charge) της Μπαταρίας:

$$SOC(t) = SOC(t-1) + \eta_c \cdot E_PV(t) - E_bat-use(t) / \eta_d \quad [56]$$

4. Ετήσιο Ισοζύγιο:

$$E_self-used = \sum(\min(E_PV(t), E_EV(t) + E_bat-use(t))) \quad [56]$$

8.2.4 Υποστήριξη Φορτιστών

Ο αριθμός φορτιστών EV που μπορούν να υποστηριχθούν πλήρως για 8 ώρες είναι:

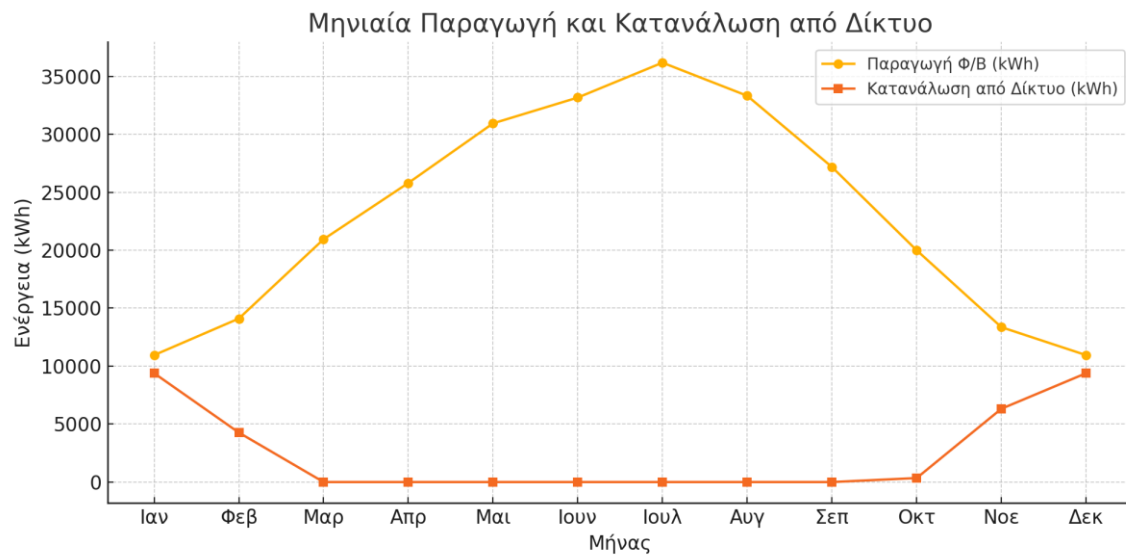
- Καλύτερη Ημέρα: 6 φορτιστές
- Μέση Ημέρα: 4 φορτιστές
- Χειρότερη Ημέρα: 2 φορτιστές

Πίνακας 8.2: Μηνιαία Κατανάλωση από Δίκτυο

Μήνας	Κατανάλωση από Δίκτυο (kWh)
Ιαν	9,387.89
Φεβ	4,265.97
Μαρ	0.00
Απρ	0.00
Μαι	0.00
Ιουν	0.00
Ιουλ	0.00
Αυγ	0.00

Σεπ	0.00
Οκτ	343.79
Νοε	6,321.15
Δεκ	9,387.89

Συνολική Ετήσια Κατανάλωση από Δίκτυο: 29,706.69 kWh



Σχήμα 8.3: σύγκριση μεταξύ παραγωγής Φ/Β και κατανάλωσης από το δίκτυο ανά μήνα.

8.2.5 Ανάλυση Φόρτισης Οχημάτων και Παραγωγής Φωτοβολταϊκών

Αυτή η ενότητα παρουσιάζει τη μαθηματική διατύπωση για τη βέλτιστη διαστασιολόγηση του φωτοβολταϊκού συστήματος (ΦΒ) και του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας με μπαταρίες (BESS) για έναν σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EV), βασισμένο σε τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας δύο επιπέδων.

8.2.5.1 Περιγραφή Συστήματος

Ο σταθμός φόρτισης EV αποτελείται από ένα ΦΒ σύστημα, μια μονάδα αποθήκευσης με μπαταρίες και τη σύνδεση με το δίκτυο. Το ΦΒ σύστημα μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, η οποία χρησιμοποιείται άμεσα ή αποθηκεύεται στις μπαταρίες. Όταν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, το σύστημα αντλεί ρεύμα από το δίκτυο. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους, που περιλαμβάνει επενδυτικό και λειτουργικό κόστος, ενώ ικανοποιείται η ενεργειακή ζήτηση.

8.2.5.2 Συνάρτηση Στόχου

Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση της καθαρής παρούσας αξίας (NPC), η οποία περιλαμβάνει: κόστος επένδυσης, αντικατάσταση μπαταριών, λειτουργία & συντήρηση και αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, αφαιρώντας τυχόν έσοδα από πώληση ενέργειας στο δίκτυο.

Μαθηματικά:

Ελαχιστοποίηση: $NPC = C_{inv} + C_{rep} + C_{om} + C_{grid} - C_{sale}$ [56]

Όπου:

- C_{inv} : κόστος επένδυσης
- C_{rep} : κόστος αντικατάστασης μπαταριών
- C_{om} : λειτουργικά και συντηρητικά κόστη
- C_{grid} : κόστος αγοράς ενέργειας από το δίκτυο
- C_{sale} : έσοδα από πώληση ενέργειας στο δίκτυο

8.2.5.3 Περιορισμοί

Το μοντέλο περιλαμβάνει διάφορους περιορισμούς:

- Ισοζύγιο ισχύος: Η προσφορά ενέργειας πρέπει να καλύπτει τη ζήτηση φόρτισης EV.
- Όριο παραγωγής ΦΒ: Εξαρτάται από την επιφάνεια των πάνελ, την απόδοση και την ηλιακή ακτινοβολία.
- Περιορισμοί μπαταρίας: Όρια κατάστασης φόρτισης (SoC), βάθος εκφόρτισης (DoD), ρυθμοί φόρτισης/εκφόρτισης.
- Περιορισμοί δικτύου: Μέγιστη επιτρεπτή έλξη ή εισαγωγή ισχύος στο δίκτυο.

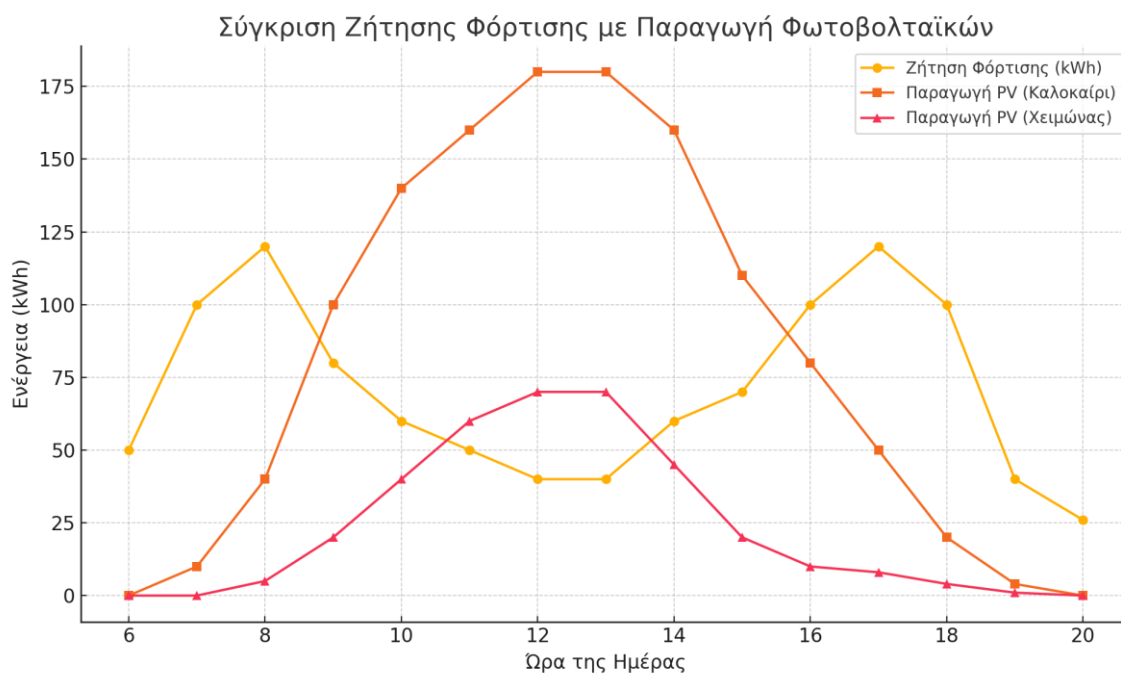
8.2.5.4 Μεταβλητές Απόφασης

Οι κύριες μεταβλητές απόφασης είναι:

- S_{pv} : μέγεθος του ΦΒ συστήματος (kW)
- C_{bess} : χωρητικότητα του BESS (kWh)
- $P_{grid}(t)$: ισχύς που αντλείται ή επιστρέφεται στο δίκτυο τη χρονική στιγμή t
- $P_{bess}(t)$: ισχύς φόρτισης/εκφόρτισης της μπαταρίας τη χρονική στιγμή t

Αυτή η διατύπωση επιτρέπει τον προσδιορισμό της πιο οικονομικής διάταξης που ικανοποιεί τις ενεργειακές απαιτήσεις και τις οικονομικές συνθήκες.

Η παρούσα ανάλυση εξετάζει τη συνδυασμένη λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 230 kW με εγκατάσταση φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Οι υπολογισμοί βασίζονται σε ημερήσια παραγωγή κατά την καλύτερη και χειρότερη εποχιακή ημέρα, συγκρινόμενη με τη ζήτηση των φορτιστών [56].



Σχήμα 8.4: Ωριαία Κατανάλωση και Παραγωγή

Πίνακας 8.3: Αναλυτικά Δεδομένα (kWh ανά ώρα)

Ωρα	Ζήτηση Φόρτισης	PV Καλοκαίρι	PV Χειμώνας	Ισοζύγιο (Καλοκαίρι)
6:00	50	0	0	-50
7:00	100	10	0	-90
8:00	120	40	5	-80
9:00	80	100	20	20
10:00	60	140	40	80
11:00	50	160	60	110
12:00	40	180	70	140
13:00	40	180	70	140
14:00	60	160	45	100
15:00	70	110	20	40
16:00	100	80	10	-20
17:00	120	50	8	-70
18:00	100	20	4	-80
19:00	40	4	1	-36
20:00	26	0	0	-26

Ο Πίνακας 8.3 προκύπτει από προσομοίωση ενεργειακού ισοζυγίου για έναν σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων που συνδυάζεται με φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος 230 kW. Η προσομοίωση περιλαμβάνει ωριαία δεδομένα για την κατανάλωση

φόρτισης, την παραγωγή από φωτοβολταϊκά για καλοκαιρινές και χειμερινές συνθήκες και την αντίστοιχη διαφορά τους (ισοζύγιο).

1. Ζήτηση Φόρτισης

Η ζήτηση φόρτισης ανά ώρα προκύπτει από σενάριο λειτουργίας με έως 6 φορτιστές (22 kW ο καθένας), οι οποίοι χρησιμοποιούνται κυρίως μεταξύ 6:00 και 20:00. Οι τιμές έχουν βασιστεί σε ημερήσιο προφίλ χρήσης EV και κατανομή φορτίου σε ώρες αιχμής.

2. Παραγωγή Φωτοβολταϊκών

Η παραγωγή φωτοβολταϊκών έχει υπολογιστεί με βάση την εγκατεστημένη ισχύ (230 kW) και τυπικές ωριαίες καμπύλες ηλιακής ακτινοβολίας από δεδομένα TMY2 ή PVGIS για καλοκαιρινή και χειμερινή ημέρα. Οι αποδόσεις κάθε ώρας διαμορφώνονται ανάλογα με τη θέση του ήλιου και την ακτινοβολία που λαμβάνεται.

3. Ισοζύγιο Ενέργειας (Καλοκαίρι)

Το ενεργειακό ισοζύγιο κάθε ώρας υπολογίζεται ως εξής:

Ισοζύγιο = Παραγωγή από Φ/Β - Ζήτηση Φόρτισης

Θετικό ισοζύγιο υποδηλώνει πλεόνασμα ενέργειας, ενώ αρνητικό σημαίνει έλλειψη που καλύπτεται από το δίκτυο.

8.2.6 Συμπεράσματα

Τις ηλιόλουστες μέρες του καλοκαιριού, το σύστημα καλύπτει σχεδόν πλήρως τη ζήτηση φόρτισης, ενώ τις χειμερινές απαιτείται σημαντική υποστήριξη είτε από το δίκτυο είτε από τις μπαταρίες. Η αποθήκευση ενέργειας με τις μπαταρίες των 400 kWh παίζει κρίσιμο ρόλο στην αντιστάθμιση των ωριαίων ελλείψεων παραγωγής.

8.2.7 Έκθεση Σύγκρισης: Φωτοβολταϊκά Συστήματα 185 kW vs 230 kW

Η παρούσα αναφορά συγκρίνει την παραγωγή ενέργειας, την εξάρτηση από το δίκτυο και την απόδοση φόρτισης μπαταριών μεταξύ δύο φωτοβολταϊκών συστημάτων εγκατεστημένων στην Αττική, Ελλάδα: ενός με ισχύ 185 kW και ενός με 230 kW. Και τα δύο συστήματα διαθέτουν αποθήκευση ενέργειας 400 kWh (μπαταρίες) και υποστηρίζουν 6 φορτιστές EV των 22 kW, που λειτουργούν για 8 ώρες ημερησίως.

Μήνας	Παραγωγή ή 185 kW (kWh)	Δίκτυο 185 kW (kWh)	Μπαταρί α 185 kW (%)	Παραγωγή ή 230 kW (kWh)	Δίκτυο 230 kW (kWh)	Μπαταρί α 230 kW (%)
Ιανουάριος	10.948,11	9.387,89	88,29%	13.611,17	6.724,83	100,00%
Φεβρουάριος	14.102,03	4.265,97	100,00%	17.532,26	835,74	100,00%
Μάρτιος	20.944,22	0,00	100,00%	26.038,76	0,00	100,00%

Απρίλιος	25.796,40	0,00	100,00%	32.071,20	0,00	100,00%
Μάιος	30.940,32	0,00	100,00%	38.466,35	0,00	100,00%
Ιούνιος	33.166,80	0,00	100,00%	41.234,40	0,00	100,00%
Ιούλιος	36.176,38	0,00	100,00%	44.976,04	0,00	100,00%
Αύγουστος	33.320,35	0,00	100,00%	41.425,30	0,00	100,00%
Σεπτέμβριος	27.178,35	0,00	100,00%	33.789,30	0,00	100,00%
Οκτώβριος	19.992,21	343,79	100,00%	24.855,18	0,00	100,00%
Νοέμβριος	13.358,85	6.321,15	100,00%	16.608,30	3.071,70	100,00%
Δεκέμβριος	10.948,11	9.387,89	88,29%	13.611,17	6.724,83	100,00%

8.2.8 Ανάλυση και Συμπεράσματα

Με βάση τα δεδομένα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.2.7 για τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα των 185 kW και 230 kW, παρουσιάζεται παρακάτω η εκτίμηση για την απόδοση και τα χαρακτηριστικά ενός ενδιάμεσου συστήματος ισχύος 220 kW, λαμβάνοντας υπόψη τη γραμμική συσχέτιση μεταξύ ισχύος και παραγωγής, τη χρήση του δικτύου και τη φόρτιση των μπαταριών.

1. Γραμμική Συσχέτιση Παραγωγής

Η παραγωγή Φ/Β είναι σχεδόν γραμμικά αναλογική με την ονομαστική ισχύ, υπό ίδιες συνθήκες. Η παραγωγή του συστήματος των 220 kW υπολογίζεται με βάση την ποσοστιαία αύξηση από το σύστημα των 185 kW. Για τον Ιανουάριο, για παράδειγμα, η παραγωγή του συστήματος 220 kW είναι περίπου 13.019 kWh.

Παράδειγμα Ιανουαρίου:

- Παραγωγή 185 kW: 10.948,11 kWh
- Παραγωγή 230 kW: 13.611,17 kWh
- Απόκλιση μεταξύ 230 και 185 kW: **+24,3%**

Άρα:

- Για 220 kW, το ποσοστό αύξησης από τα 185 kW είναι:

$$220-185/185=18.9\%$$

Εκτίμηση παραγωγής για 220 kW:

$$10.948,11 \times (1+0.189) \approx 13.019 \text{ kWh}$$

2. Ανάλυση Εξάρτησης από το Δίκτυο

Το σύστημα των 220 kW αναμένεται να έχει περιορισμένη ή μηδενική εξάρτηση από το δίκτυο, καθώς οι ανάγκες φόρτισης καλύπτονται πλήρως σχεδόν σε όλους τους μήνες, όπως δείχνει το σύστημα των 230 kW.

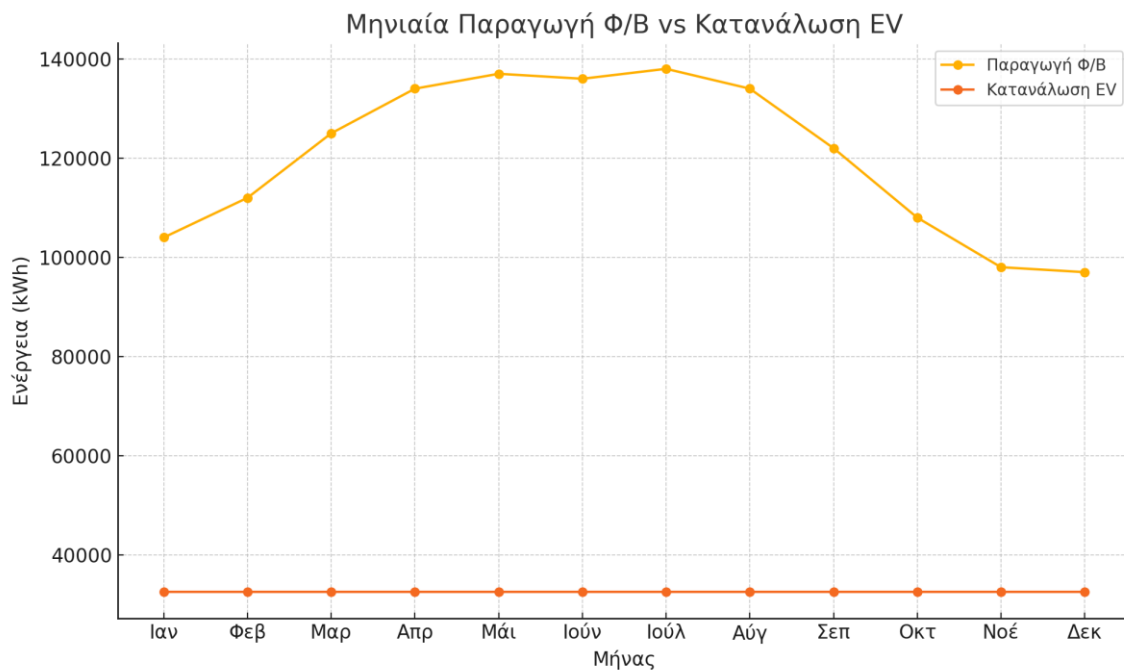
- Το 185 kW σύστημα βασίζεται στο δίκτυο για σημαντική κάλυψη (π.χ. Ιανουάριος: 9.387,89 kWh).
- Το 230 kW σύστημα τείνει να καλύπτει **πλήρως τη ζήτηση** (σε πολλές περιπτώσεις **0 kWh** από το δίκτυο).
- Άρα, το 220 kW σύστημα θα έχει **πολύ περιορισμένη ή μηδενική ανάγκη για ενέργεια από το δίκτυο**.

3. Απόδοση Μπαταρίας

Το σύστημα των 220 kW εξασφαλίζει 100% φόρτιση των μπαταριών για τις περισσότερες ημέρες του έτους, διασφαλίζοντας ενεργειακή αυτονομία και αξιοπιστία λειτουργίας.

Συνεπώς το φωτοβολταϊκό σύστημα των 220,5 kW σχεδόν καλύπτει τις ετήσιες ενεργειακές ανάγκες φόρτισης ($324.000 \text{ kWh} < 385.440 \text{ kWh}$). Αυτό παρέχει ένα καλό επίπεδο ενεργειακής αυτάρκειας και δυνατότητα πλήρους αξιοποίησης του Net Metering. Η μπαταρία των 400 kWh ενισχύει τη δυνατότητα αποθήκευσης ημερήσιου πλεονάσματος και χρήσης του τη νύχτα, ενώ μειώνει σημαντικά τις αιχμές κατανάλωσης από το δίκτυο.

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τη μηνιαία σύγκριση μεταξύ της παραγόμενης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα (220,5 kWp) και της κατανάλωσης ενέργειας από το σταθμό φόρτισης EV ($6 \text{ φορτιστές} \times 22 \text{ kW} \times 8 \text{ ώρες/ημέρα}$).



Σχήμα 8.5: Γραφική Απεικόνιση Παραγωγής Φ/Β και Κατανάλωσης EV

8.2.9 Οικονομική Αξιολόγηση και Απόσβεση Επένδυσης

Οι λογαριασμοί του ΔΕΔΔΗΕ κατηγοριοποιούν τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας σε δύο ομάδες: την ημέρα και τη νύχτα. Με διακυμάνσεις που κυμαίνονται από 0,1 έως 0,15 ευρώ/kWh, ειδικότερα παρατηρήθηκε ότι το νυχτερινό τιμολόγιο είναι συνεχώς χαμηλότερο. Προκειμένου να προσδιοριστεί το κέρδος από τις πρωτοβουλίες ενεργειακής αναβάθμισης, στην μελέτη χρησιμοποιήθηκε μέση τιμή 0,15 ευρώ ανά kWh για το 2023. Τα δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να συλλέγονται και να αναλύονται προκειμένου να εντοπιστούν τομείς που χρήζουν βελτίωσης.

Η αξιολόγηση της επένδυσης ενός υβριδικού ενεργειακού συστήματος, που περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πάνελ και συστοιχία συσσωρευτών (μπαταρίες), βασίζεται σε μια αναλυτική μεθοδολογία που περιλαμβάνει:

1. Καταγραφή του κόστους εγκατάστασης
2. Υπολογισμό της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας
3. Εκτίμηση της περιόδου απόσβεσης (payback period)

Η παρακάτω προσέγγιση παρουσιάζει βήμα-βήμα πώς προκύπτουν οι υπολογισμοί και οι αντίστοιχες εξισώσεις.

1. Εκτίμηση Κόστους Επένδυσης Φωτοβολταϊκού Συστήματος (CAPEX_PV)

Το κόστος επένδυσης για το φωτοβολταϊκό σύστημα υπολογίζεται με βάση την εγκατεστημένη ισχύ (σε kWp) και το μοναδιαίο κόστος ανά kWp.

$$\text{CAPEX_PV} = \text{Εγκατεστημένη Ισχύς (kWp)} \times \text{Κόστος ανά kWp}$$

$$\text{CAPEX_PV} = 202.5 \times 800 = 162,000 \text{ €}$$

2. Εκτίμηση Κόστους Επένδυσης Συσσωρευτών (CAPEX_BESS)

Το κόστος επένδυσης του συστήματος αποθήκευσης υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{CAPEX_BESS} = \text{Χωρητικότητα Μπαταρίας (kWh)} \times \text{Κόστος ανά kWh}$$

$$\text{CAPEX_BESS} = 400 \times 400 = 160,000 \text{ €}$$

3. Συνολικό Κόστος Επένδυσης (CAPEX_TOTAL)

$$\text{CAPEX_TOTAL} = \text{CAPEX_PV} + \text{CAPEX_BESS}$$

$$\text{CAPEX_TOTAL} = 162,000 \text{ €} + 160,000 \text{ €} = 322,000 \text{ €}$$

4. Εκτίμηση Ετήσιας Εξοικονόμησης

Η ετήσια εξοικονόμηση προκύπτει από τον υπολογισμό της ενέργειας που θα παραχθεί και θα καταναλωθεί εσωτερικά, επί της τιμής αγοράς ενέργειας, με βάση το τιμολόγιο του ΔΕΔΔΗΕ.

$$\text{Ετήσια Εξοικονόμηση} = \text{Παραγόμενη Ενέργεια} \times \text{Τιμή kWh}$$

$$\text{Ετήσια Εξοικονόμηση} = 324,000 \text{ kWh} \times 0.15 \text{ €/kWh} = 48,600 \text{ €}$$

5. Υπολογισμός Περιόδου Απόσβεσης

Η περίοδος απόσβεσης (Payback Period) υπολογίζεται ως το πηλίκο του συνολικού κόστους της επένδυσης προς την ετήσια εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται.

Τύπος:

$$\text{Payback Period} = \text{Συνολικό Κόστος Επένδυσης} / \text{Ετήσια Εξοικονόμηση}$$

$$\text{Payback Period} = 322,000 \text{ €} / 48,600 \text{ €} = \sim 6.63 \text{ έτη}$$

Η οικονομική αξιολόγηση δείχνει ότι η υλοποίηση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος 202,5 kWp σε συνδυασμό με αποθήκευση 400 kWh αποτελεί βιώσιμη επιλογή. Η περίοδος απόσβεσης είναι σχετικά μικρή (6–7 έτη), γεγονός που καθιστά την επένδυση ιδιαίτερα ελκυστική, με μακροχρόνια εξοικονόμηση κόστους και ενεργειακή ανεξαρτησία. Η υιοθέτηση τέτοιων λύσεων στα νοσοκομεία ενισχύει σημαντικά την ενεργειακή τους αυτάρκεια.

Συμπεράσματα

Η μελέτη ανέδειξε την εφικτότητα και την αναγκαιότητα της εφαρμογής ενός υβριδικού ενεργειακού συστήματος, βασισμένου σε φωτοβολταϊκή παραγωγή και σύστημα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στο Θριάσιο Νοσοκομείο. Μέσα από ανάλυση κατανάλωσης, διαστασιολόγηση, τεχνική αξιολόγηση και οικονομική

αποτίμηση, διαπιστώθηκε ότι η εγκατάσταση ενός συστήματος 500 kWp σε συνδυασμό με αποθήκευση ενέργειας 400 kWh και έξι σταθμούς φόρτισης EV είναι σε θέση να καλύψει ένα σημαντικό μέρος των ενεργειακών αναγκών του νοσοκομείου, ενισχύοντας ταυτόχρονα τη βιώσιμη κινητικότητα. Η περίοδος απόσβεσης υπολογίζεται σε εύλογο χρονικό διάστημα, και η ενεργειακή αυτάρκεια σε συνδυασμό με την περιβαλλοντική αποδοτικότητα καθιστούν την πρόταση τεχνικά ώριμη και οικονομικά αποδοτική. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να αποτελέσει πρότυπο για εφαρμογή και σε άλλα δημόσια κτίρια της χώρας.

Κεφάλαιο 9 - Τελικά συμπεράσματα για εξοικονόμηση ηλεκτρικού ρεύματος

9.1 Κατηγοριοποίηση Ενεργειακών Παρεμβάσεων ανάλογα με το Κόστος και το Επίπεδο Εφαρμογής

Οι ενεργειακές παρεμβάσεις σε ένα δημόσιο κτίριο, όπως το νοσοκομείο, μπορούν να διακριθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα με το οικονομικό τους αποτύπωμα και την απαίτηση διακοπής λειτουργίας του χώρου:

A) Παρεμβάσεις Χαμηλού Κόστους – Διαχειριστικές και Λειτουργικές Πρακτικές

Αφορούν μέτρα άμεσης εφαρμογής, χωρίς απαίτηση για χρηματοδότηση ή τεχνική ανακαίνιση. Εστιάζουν κυρίως σε ορθολογική χρήση του υπάρχοντος εξοπλισμού και στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των χρηστών. Η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από τη συνεχή ενημέρωση και την υιοθέτηση ενεργειακά υπεύθυνης στάσης από το προσωπικό.

Ενδεικτικά παραδείγματα:

- Ρυθμιστικός έλεγχος θερμοκρασιών και χρονοπρογραμματισμός του κλιματισμού.
- Αποσύνδεση συστημάτων φωτισμού ή ψύξης σε μη χρησιμοποιούμενους χώρους.
- Συντήρηση καυστήρων και λεβήτων για βελτιωμένη απόδοση.
- Μείωση απωλειών μέσω φραγής αεραγωγών, φρεατίων και κλιμακοστασίων.
- Εποχιακή προσαρμογή σκιάσεων και χρήση νυχτερινού αερισμού για ψύξη.

B) Παρεμβάσεις Μέτριου Κόστους – Οικονομικά Εφικτές Τεχνικές Λύσεις

Αυτές οι επεμβάσεις απαιτούν περιορισμένο οικονομικό πόρο και μπορούν να καλυφθούν από τον τακτικό προϋπολογισμό του φορέα. Η απόσβεση της επένδυσης γίνεται συνήθως εντός διετίας και η λειτουργία του κτιρίου δεν επηρεάζεται σημαντικά.

Ενδεικτικές επεμβάσεις:

- Αντικατάσταση κοινών λαμπτήρων με πιο αποδοτικούς (π.χ. LED, T5).
- Αναβάθμιση κουφωμάτων και υαλοπινάκων για θερμομονωτική ενίσχυση.
- Εγκατάσταση συστημάτων σκίασης (π.χ. περσίδες, φίλμ) σε υαλοστάσια.
- Τοποθέτηση αυτόματων μηχανισμών κλεισίματος θυρών.
- Προσθήκη θερμομονωτικών στρώσεων πίσω από θερμαντικά σώματα.
- Εγκατάσταση θερμοστατικών βαλβίδων για τοπική ρύθμιση θερμοκρασίας.

Γ) Παρεμβάσεις Υψηλού Κόστους – Κατασκευαστικές και Τεχνολογικές Αναβαθμίσεις

Πρόκειται για έργα μεγαλύτερης κλίμακας, με σημαντικό αρχικό κόστος και μεγαλύτερο χρόνο απόσβεσης. Οι παρεμβάσεις αυτής της κατηγορίας προϋποθέτουν συνήθως αναστολή της λειτουργίας μέρους του κτιρίου και ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών.

Εφαρμογές:

- Ολική θερμομόνωση του κελύφους (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδο).
- Εξάλειψη θερμογεφυρών και τοποθέτηση ψευδοροφών.
- Τοποθέτηση εξωτερικών σκιάστρων ή ενεργητικών συστημάτων σκίασης.
- Εφαρμογή παθητικών συστημάτων (π.χ. τοίχος Trombe, θερμοκήπια, φυσικός φωτισμός).
- Χρήση κινητήρων μεταβλητής ταχύτητας και εξοπλισμού διόρθωσης συντελεστή ισχύος.

Ειδικές Επεμβάσεις σε Επιμέρους Συστήματα του Κτιρίου

1. Βελτιώσεις στο Κτιριακό Κέλυφος

- Τοποθέτηση θερμομόνωσης σε τοίχους και στέγη.
- Εγκατάσταση ενεργειακών παραθύρων με μειωμένες απώλειες.
- Ενίσχυση στεγανοποίησης και αποτροπή ανεξέλεγκτου αερισμού.

2. Εξαερισμός και Κλιματισμός

- Αντικατάσταση παλαιών μονάδων με συστήματα υψηλής απόδοσης.
- Χρήση αυτοματισμών για έλεγχο θερμοκρασίας και χρονική ρύθμιση.

3. Συστήματα Ψύξης

- Επιλογή ψυκτικών μέσων χαμηλής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.
- Εφαρμογή φυσικού αερίου ή εναλλακτικών ψυκτικών παραγόντων.

4. Φωτισμός και Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός

- Αντικατάσταση όλων των φωτιστικών με LED.
- Τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης για αυτόματη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση φωτισμού.

5. Συστήματα Θέρμανσης

- Μετάβαση σε πηγές ανανεώσιμης ενέργειας για τη θέρμανση.

- Χρήση θερμοσυσσωρευτών για αποθήκευση θερμότητας.

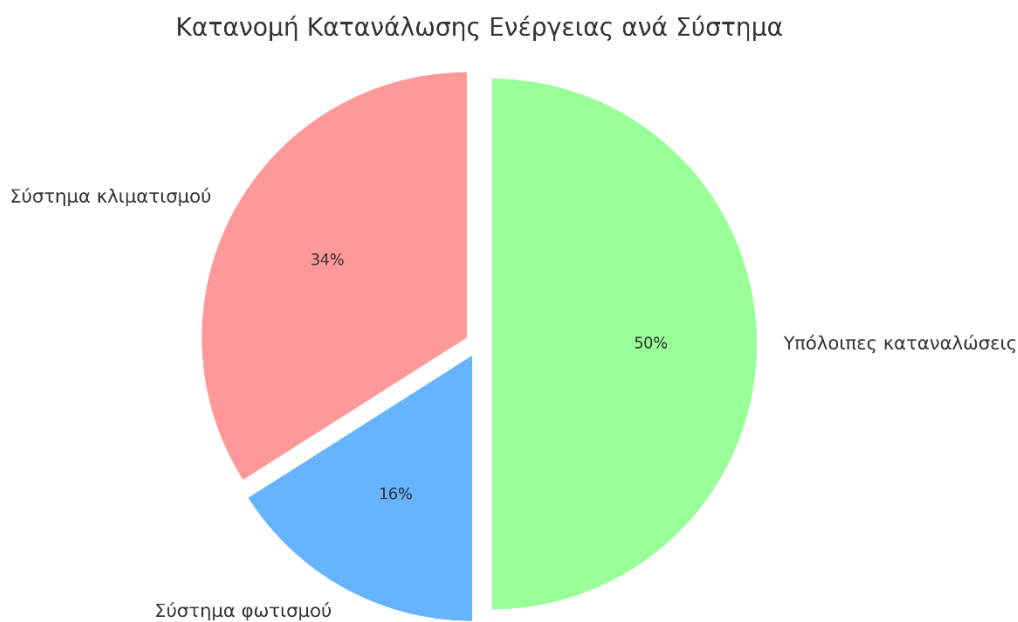
6. Ανανεώσιμες Πηγές και Εναλλακτικές Ενεργειακές Λύσεις

- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ή μικρών ανεμογεννητριών.

- Ενσωμάτωση συστημάτων εκμετάλλευσης αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας

9.2 Τελικά συμπεράσματα για εξοικονόμηση ηλεκτρικού ρεύματος

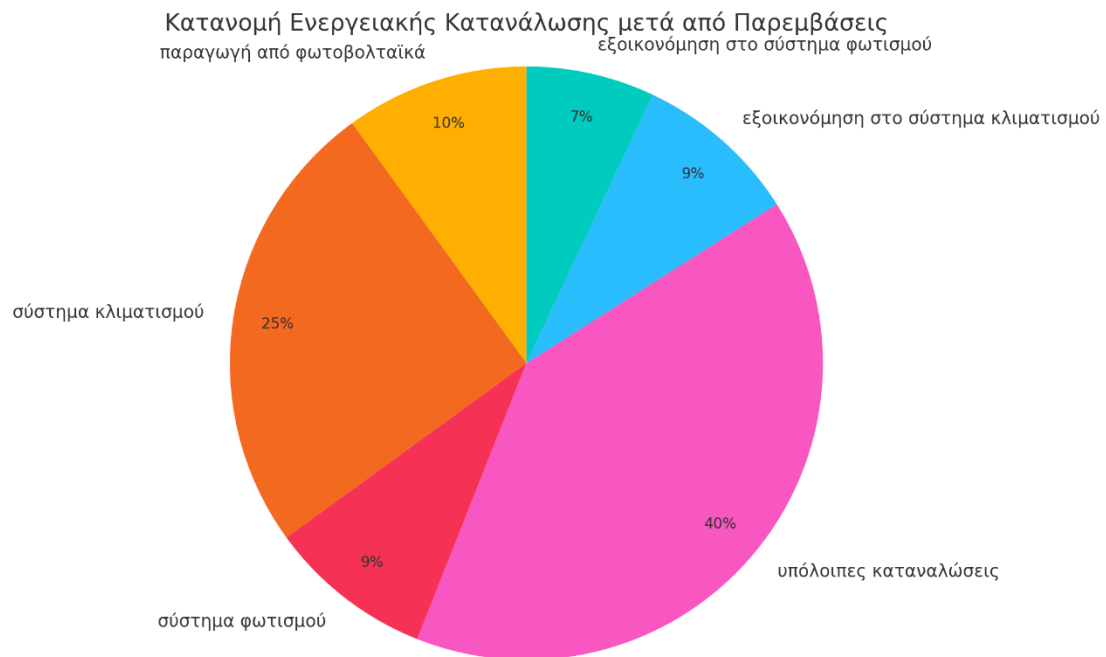
Σύμφωνα με τα δεδομένα του Σχήματος 9.1, η μεγαλύτερη επιμέρους ενεργειακή κατανάλωση εντοπίζεται στο σύστημα κλιματισμού, το οποίο ευθύνεται για περίπου το 34% της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου. Ακολουθούν τα συστήματα φωτισμού και οι πρίζες, τα οποία συνεισφέρουν κατά 21% στην κατανάλωση, ενώ το δίκτυο ισχύος απορροφά περίπου 13%. Το υπόλοιπο 32% προέρχεται από λοιπές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και συσκευές. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι ανάγκες του κλιματισμού και του φωτισμού από κοινού υπερβαίνουν το ήμισυ της συνολικής κατανάλωσης, γεγονός που καταδεικνύει τη σημασία παρεμβάσεων εξοικονόμησης στους συγκεκριμένους τομείς.



Σχήμα 9.1: Κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος πριν τις επενδύσεις κλιματισμού, φωτοβολταϊκών και φωτισμού

Η αναθεωρημένη κατανομή της ηλεκτρικής κατανάλωσης, όπως διαμορφώθηκε μετά την υλοποίηση επενδύσεων σε φωτοβολταϊκά συστήματα, φωτισμό και συστήματα κλιματισμού, παρουσιάζει αξιοσημείωτες διαφοροποιήσεις. Το μεγαλύτερο μερίδιο της ενέργειας, σε ποσοστό 40%, συνεχίζει να καταναλώνεται από λοιπές ενεργειακές

χρήσεις. Οι ανάγκες του συστήματος κλιματισμού καλύπτουν πλέον το 25% της συνολικής ζήτησης, ενώ ο φωτισμός περιορίζεται στο 9%. Παράλληλα, οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα κλιματισμού συνεισφέρουν κατά 9%, ενώ εκείνες στο φωτισμό κατά 7%. Η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων καλύπτει το 10% της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας, μειώνοντας περαιτέρω την εξάρτηση από συμβατικές πηγές.



Σχήμα 9.2: Κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μετά τις δράσεις εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, φωτισμού και κλιματισμού

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Νέα Ενέργειας, “Χρήση ενέργειας στα νοσοκομεία,” Ημερησία, para. 2, [Online], Available: <https://www.imerisia.gr/epiheiriseis/energeia/>. [Accessed: Jun. 10, 2024].
- [2] Ιστορία νοσοκομείου Μεταξά, “Ιστορία νοσοκομείου Μεταξά,” [Online], Available: <https://www.thriasio.gov.gr/nosokomeio/istoria/>. [Accessed: Feb. 4, 2024].
- [3] “Διαχείριση Ενέργειας & Περιβαλλοντική πολιτική”, Ιωάννης Ψαρράς, Αθήνα 2010
- [4] “Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις” Τόμος Ι, “Κτηριακές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις”, Π.Δ. Μπούρκας, Αθήνα 2012
- [5] “Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων και Βιομηχανιών”, Σταμάτης Δ. Πέρδιος, ΣΕΛΚΑ-4Μ, Αθήνα 2006
- [6] Χρήση ενέργειας στα νοσοκομεία, “How Hospitals Use Energy,” Facilities Net, para. 2, [Online], Available: <https://www.facilitiesnet.com/energyefficiency/article/How-Hospitals-Use-Energy--16905>. [Accessed: Jul. 24, 2024].
- [7] Ενεργειακή αναβάθμιση νοσοκομείων μέσω ΕΣΠΑ, “Ενεργειακή αναβάθμιση 68 νοσοκομείων της χώρας μέσω ΕΣΠΑ,” Ναυτεμπορική, para. 3, [Online], Available: <https://www.naftemporiki.gr/finance/1315241/energeiaki-anavathmisi-68-nosokomeion-tis-choras-meso-espa/>. [Accessed: Jul. 24, 2024].
- [8] Ενεργειακή αναβάθμιση νοσοκομείων ΕΣΥ, “Τα νοσοκομεία του ΕΣΥ που αναβαθμίζονται ενεργειακά με πόρους της Πολιτικής Συνοχής της ΕΕ,” Energypress, para. 4, [Online], Available: <https://energypress.gr/index.php/news/ta-nosokomeia-toy-esy-poy-anavathmizontai-energeiaka-me-poroys-tis-politikis-synohis-tis-ee>. [Accessed: Jul. 24, 2024].
- [9] Επιστημονικά άρθρα (ScienceDirect): <https://www.sciencedirect.com/science/article>
- [10] ΚΕΝΑΚ : Υ.Α. Δ6/Β/οικ. 5825/2010 (ΦΕΚ 407/Β` 9.4.2010) . Retrieved from https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/407b_2010.1423739423093.pdf.
- [11] Υ.Α. ΔΕΠΕΑ/οικ. 170472/2018, (ΦΕΚ 181/Β/26.1.2018) . Retrieved from https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/181b_2018.1517828555673.pdf.
- [12] “Τ.Ο.ΤΕ.Ε 20701-1: “Αναλυτικές εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης” . Retrieved from

[https://www.portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-1-Final
%D4%C5%C5-3rd%20edition.pdf](https://www.portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-1-Final%D4%C5%C5-3rd%20edition.pdf).

[13] Υ.Α. ΔΕΠΕΑ/οικ. 170472/2018, (ΦΕΚ 181/Β/26.1.2018). Retrieved from https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/181b_2018.1517828555673.pdf.

[14] "Φωτοτεχνία", 2η έκδοση, Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα 2014

[15] Πλατφόρμα Διαχείρισης Ενέργειας, ΕΜΠ

<https://energymanagement.epu.ntua.gr/>.

[16] "Συμβουλές για κλιματιστικά," [Online], Available: <https://klimatistika.wordpress.com/2016>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[17] "Θέρμανση," [Online], Available: <https://thermansipress.gr/thermansi/>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[18] "Εξοπλισμός κλιματισμού (AlphaClima)," [Online], Available: <https://alphaclima.gr/store/archives/25853>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[19] "R-22 Freon phaseout timeline," [Online], Available: <https://www.belred.com/blog/r-22-freon-phaseouttimeline/>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[20] "Εγχειρίδιο Θριασίου νοσοκομείου ," [Online], Available: <https://www.thriasio-hospital.gov.gr/wpcontent/uploads/>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[21] "Κλιματιστικό Tesla Inverter 9000 BTU," Skroutz, para. 2, [Online], Available: <https://www.skroutz.gr/mp/191489197/Tesla-TA27FFUL-0932IAW-Klimatistiko-Inverter-9000-BTU-A-Ame-WiFi.html>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[22] "Κλιματιστικό Tesla Inverter 12000 BTU," Skroutz, para. 2, [Online], Available: <https://www.skroutz.gr/mp/145184432/Tesla-TA36FFLL-1232IA-Klimatistiko-Inverter-12000-BTU-A-A.html>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[23] "Κλιματιστικό Tesla Inverter 18000 BTU," Skroutz, para. 2, [Online], Available: <https://www.skroutz.gr/mp/145184452/Tesla-TA53FFLL-1832IA-Klimatistiko-Inverter-18000-BTU-A-A.html>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[24] "Κλιματιστικό Toyotomi Hiro Eco 22000 BTU," Skroutz, para. 2, [Online], Available: <https://www.skroutz.gr/s/13190398/Toyotomi-Hiro-Eco-HTN-HTG-721R32-KlimatistikoInverter-22000-BTU-A-A-me-Ionisti-kai-WiFi.html#shops>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[25] "Κλιματιστικό CHiQ Inverter 24000 BTU," Skroutz, para. 2, [Online], Available:

<https://www.skroutz.gr/mp/200835535/CHiQ-24OB-Klimatistiko-Inverter-24000-BTU-A-A-me-Ionisti-kaiWiFi.html>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[26] “Κλιματιστικό Sendo Artemis,” BestPrice, para. 2, [Online], Available: <https://www.bestprice.gr/item/2156229041/sendo-artemis-sfsu-50dmaart.html>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[27] “LinkedIn Pulse articles,” LinkedIn, para. 2, [Online], Available: <https://www.linkedin.com/pulse/>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[28] “Οικονομικές ειδήσεις,” Η Καθημερινή, para. 2, [Online], Available: <https://www.kathimerini.gr/economy>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[29] “Παγκόσμια προοπτική ηλιακής ενέργειας,” Solar Power Europe, para. 2, [Online], Available: <https://www.solarpowereurope.org/insights/outlooks/global-market-outlook-for-solar-power-20232027/detail>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[30] “Χάρτες ηλιακής ενέργειας,” Solargis, para. 2, [Online], Available: <https://solargis.com/maps-and-gisdata/download/europe>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[31] “Λεπτομέρειες για thin-film PV,” PV Thin, para. 2, [Online], Available: <http://pvthin.org/what-is-thin-filmpv/>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[32] “Μέλλον της ηλιακής φωτοβολταϊκής ενέργειας,” IRENA, para. 2, [Online], Available: <https://www.irena.org/publications/2019/Nov/Future-of-Solar-Photovoltaic>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[33] “Ινστιτούτο Fraunhofer ISE,” [Online], Available: www.ise.fraunhofer.de. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[34] “Οδηγός φωτοβολταϊκών,” HELAPCO, para. 2, [Online], Available: https://helapco.gr/pdf/PV_Guide_Aug_2013.pdf. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[35] “Ηλιακά προϊόντα,” Sunen, para. 2, [Online], Available: <https://eshop.sunen.gr/>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[36] Google Maps
<https://www.google.com/maps/place/>.

[37] “Ερωτήσεις και απαντήσεις για ηλιακές στέγες,” HELAPCO, para. 2, [Online], Available: https://www.helapco.gr/ims/file/oikiaka/Solar_Roofs_Q&A_16July2013%281%29.pdf. [Accessed: Jul. 24, 2024].

- [38] “Διαχείριση ενέργειας σε νοσοκομειακές εγκαταστάσεις, Εφαρμογή στο Ιπποκράτειο Νοσοκομείο Αθηνών”, Κασαπίδου Μαρία, Αθήνα 2016
- [39] “Επίδραση σκίασης σε ηλιακά συστήματα,” DSN Solar, para. 2, [Online], Available:
<https://gr.dsnsolar.com/info/shading-effect-on-output-of-solar-pv-system-50734279.html>. [Accessed: Jul.24, 2024].
- [40] “Γεωμετρία PV συστοιχιών,” ResearchGate, para. 2, [Online], Available:
https://www.researchgate.net/figure/Arrangement-and-geometry-of-PV-arrays-obscuringangle-ps-the-angle-between-the_fig1_349043534. [Accessed: Jul. 24, 2024].
- [41] “Υπολογισμός ελάχιστης απόστασης PV πάνελ,” EasySolar, para. 2, [Online], Available:
<https://easysolar.app/en/ufaqs/how-to-calculate-the-minimum-distance-between-pv-panels/>. [Accessed: Jul. 24, 2024].
- [42] “Inverter SUN2000-185KTL,” Senetic, para. 2, [Online], Available:
<https://www.senetic.gr/product/SUN2000-185KTL->. [Accessed: Jul. 24, 2024].
- [43] “Στατιστικά ηλιοφάνειας για Ελλάδα,” Meteology, para. 2, [Online], Available:
<https://www.meteology.gr/statistika-iliofaneias-gia-tin-ellada/#!/prettyPhoto>. [Accessed: Jul. 24, 2024].
- [44] “Καθαρή παρούσα αξία,” Euretirio, para. 2, [Online], Available:
<https://euretirio.com/kathari-parousa-axiakpa-npv/>. [Accessed: Jul. 24, 2024].
- [45] “Προϊόντα KNX MDT,” KNX MDT, para. 2, [Online], Available:
<https://www.knxmdt.gr/abante/index.php?rt=product/category&path=114>. [Accessed: Jul. 24, 2024].
- [46] “Μετρητής ενέργειας 1 φάσης,” Kafkas, para. 2, [Online], Available:
<https://www.kafkas.gr/aftomatismos-ktiriou/ylika-kleiston-protokollon/yliko-ragas/rele/geyermetritis-energeias-1-fasikos-60a->. [Accessed: Jul. 24, 2024].
- [47] “Τριφασικός μετρητής ενέργειας,” Kafkas, para. 2, [Online], Available:
https://www.kafkas.gr/ilektrologika/iliko-ragas/metrisi/ilektronika-organa/ilektronikoimetrites-energeias/geyer-metritis-kilovatoras-kwh-trifasikos-100a_293572/. [Accessed: Jul. 24, 2024].
- [48] “Υπολογιστής καθαρής παρούσας αξίας,” CalculateStuff, para. 2, [Online], Available:
<https://www.calculatestuff.com/financial/npv-calculator>. [Accessed: Jul. 24, 2024].
- [49] “Υπολογιστής εσωτερικής απόδοσης,” CalculateStuff, para. 2, [Online], Available:

<https://www.calculatestuff.com/financial/irr-calculator>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[50] “Εθνικό Σχέδιο Ανάκαμψης (Greece 2.0),” [Online], Available: <https://greece20.gov.gr/>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[51] “Καυστήρας αερίου Riello,” AlphaClima, para. 2, [Online], Available: <https://www.alphaclimagr.gr/product/862517/riello-rls38-kaystiras-aerioy.html>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[52] “T.O.T.E.E. 20701-7/2021,” TEE, para. 2, [Online], Available: <https://web.tee.gr/wp-content/uploads/TOTEE-20701-7-2021.pdf>. [Accessed: Jul. 24, 2024].

[53] “Φωτοτεχνία”, Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου και Σταυρούλα Κουρτέση. Αθήνα 2018

[54] Wikipedia

<https://el.wikipedia.org>.

[55] “Φωτοβολταϊκά συστήματα από τη θεωρία στην πράξη”, Κωσταντίνος Θ. Δέρβος, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2013

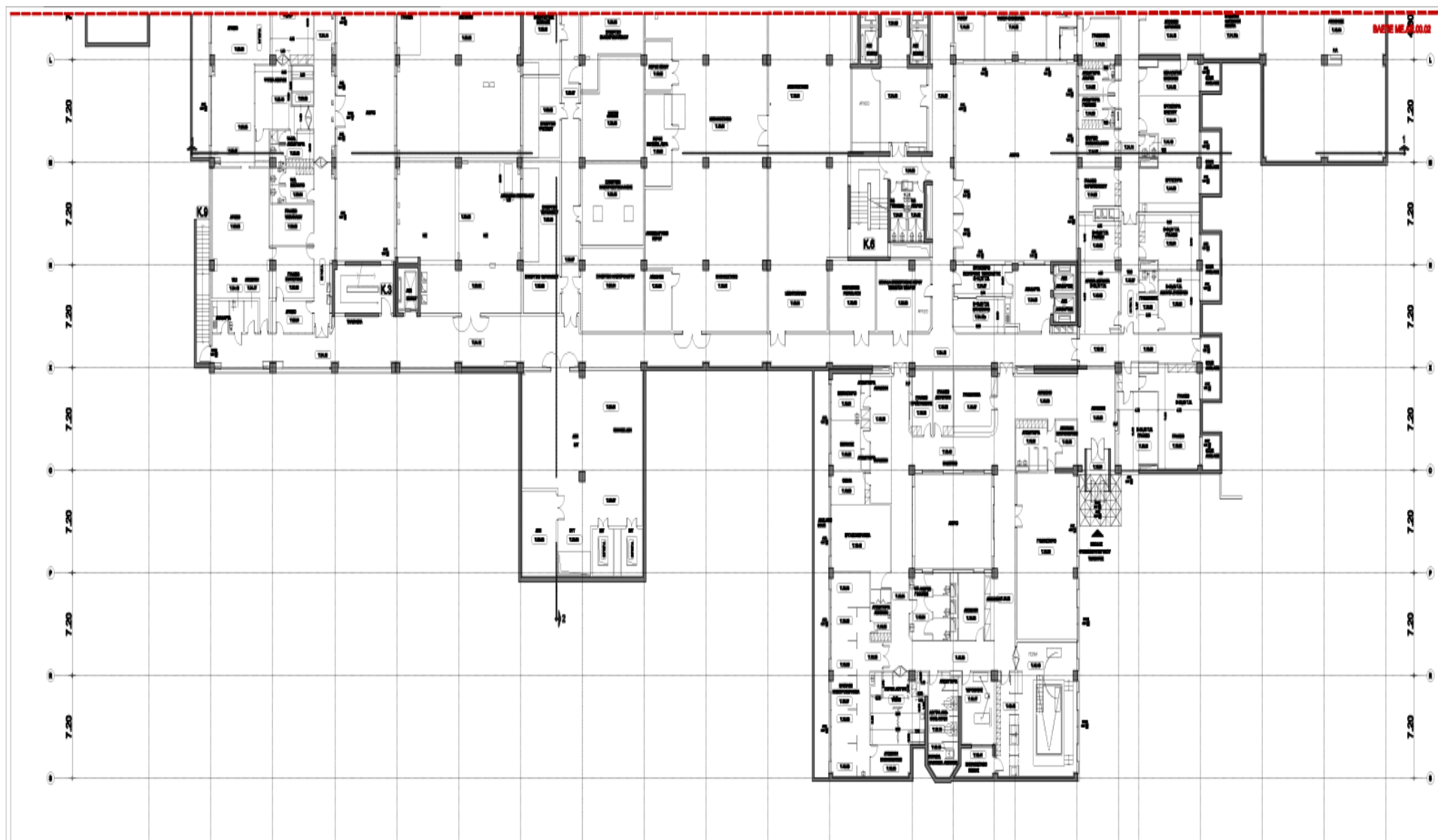
[56] Bernoosi, F., & Nazari, M. E. (2019). Optimal sizing of hybrid PV/T-fuel cell CHP system using a heuristic optimization algorithm. In *2019 34th International Power System Conference (PSC)* (pp. 57–63). IEEE.

[57] Daraeepour, A., Shafie-khah, M., & Siano, P. (2020). Optimal sizing of photovoltaic and battery energy storage for electric vehicle charging stations considering two-part electricity pricing. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120398.

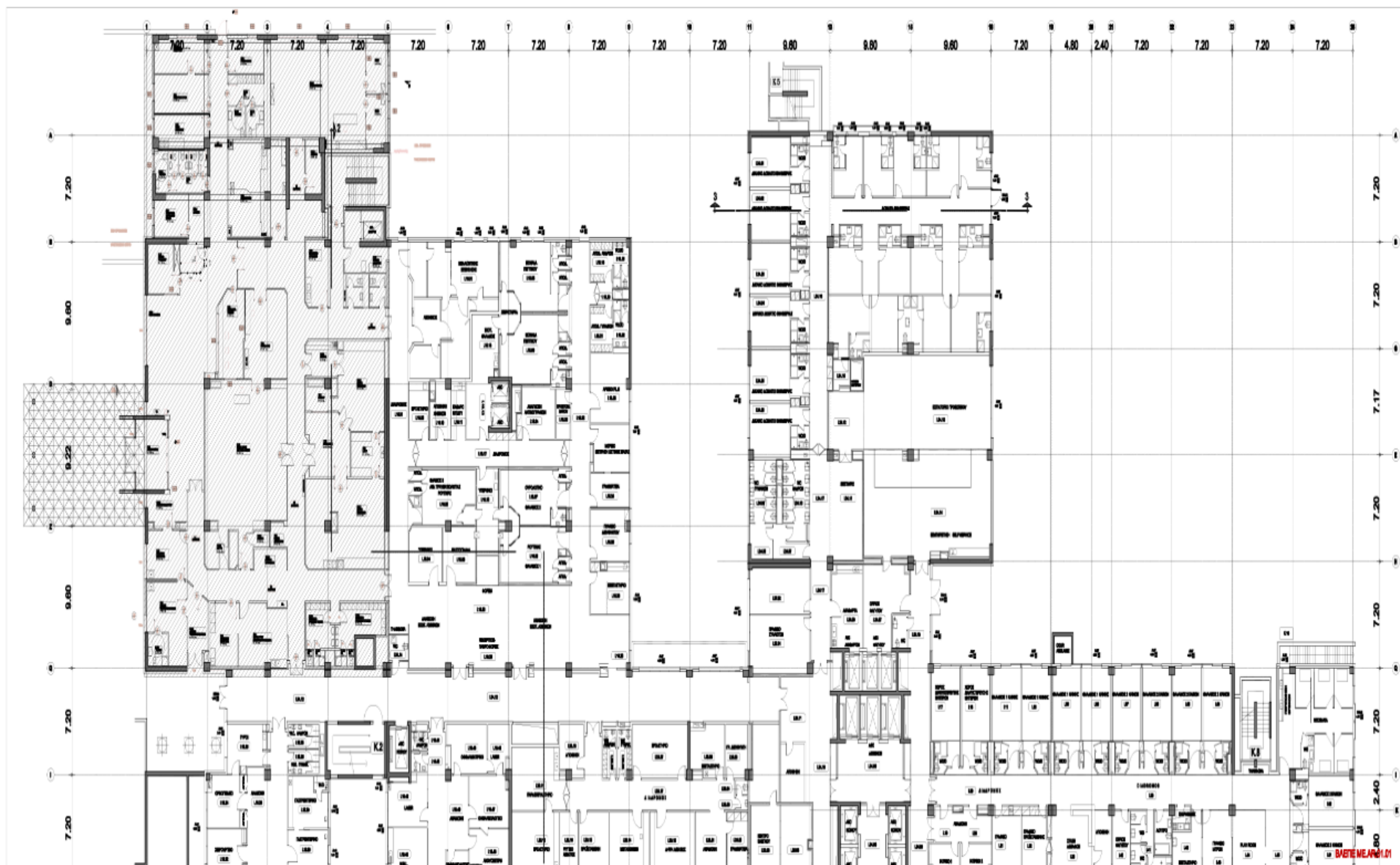
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



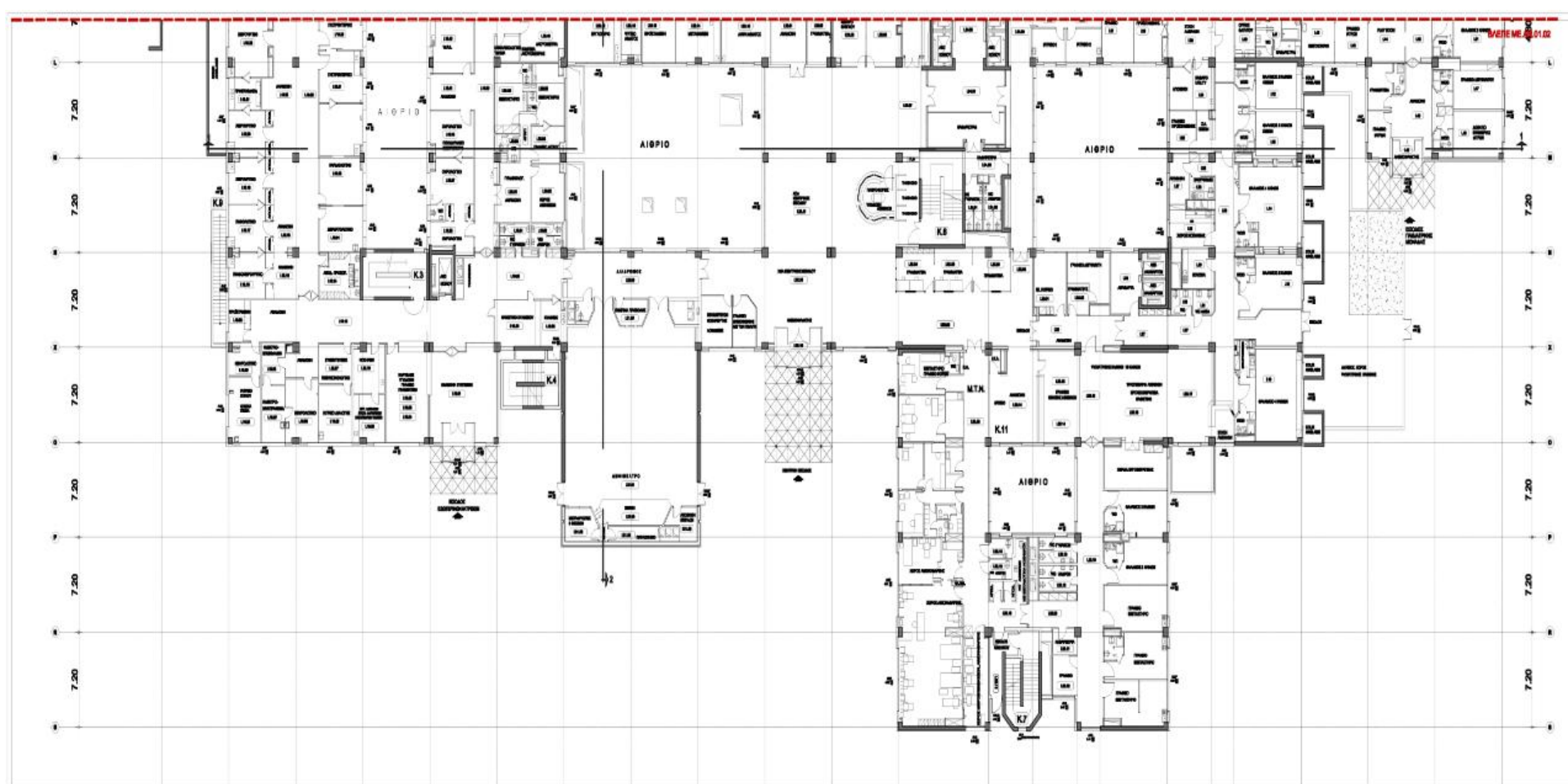
Κάτοψη Δ υπογείου Θριασίου



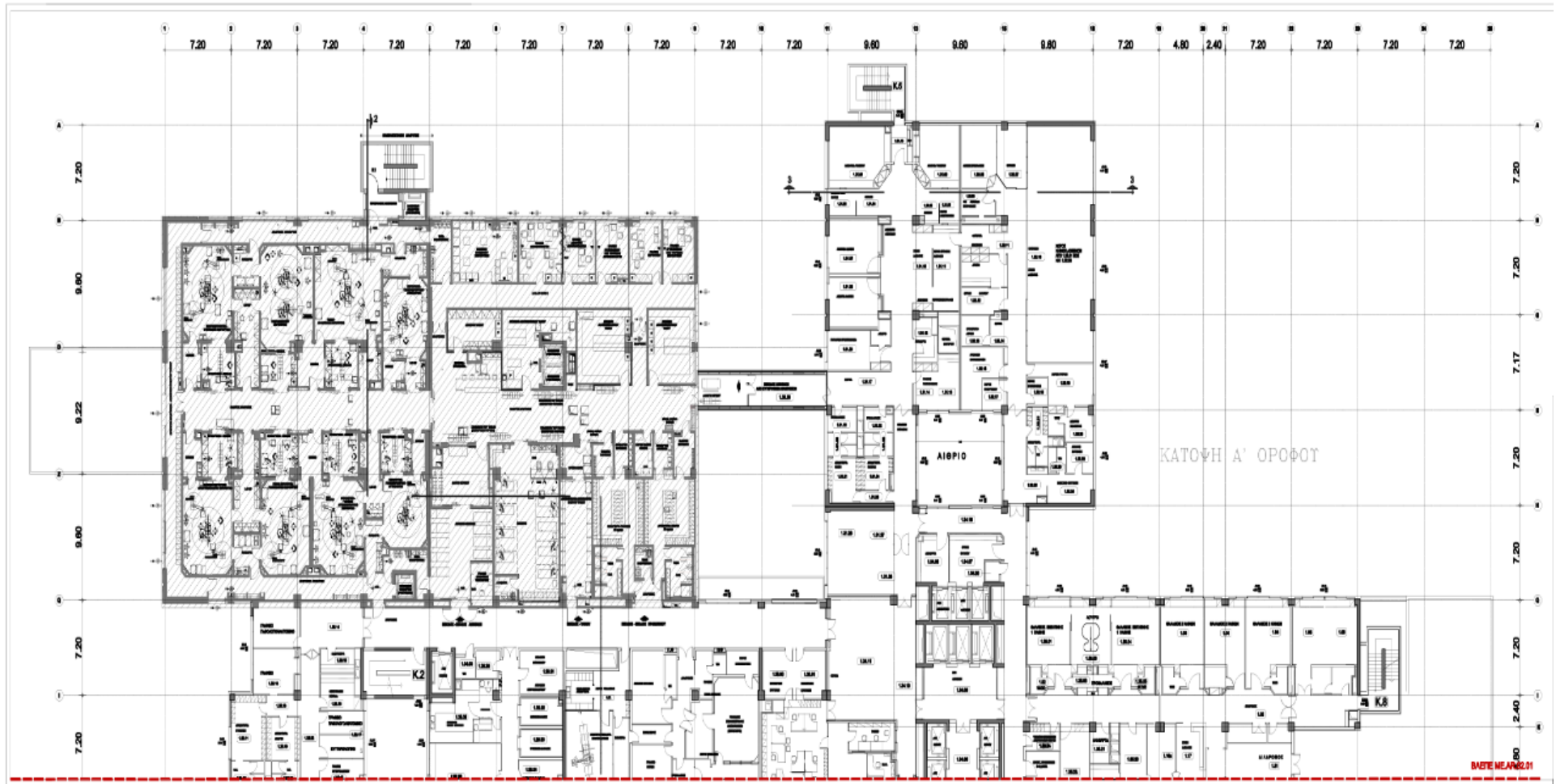
Κάτοψη Α υπογείου Θριασίου



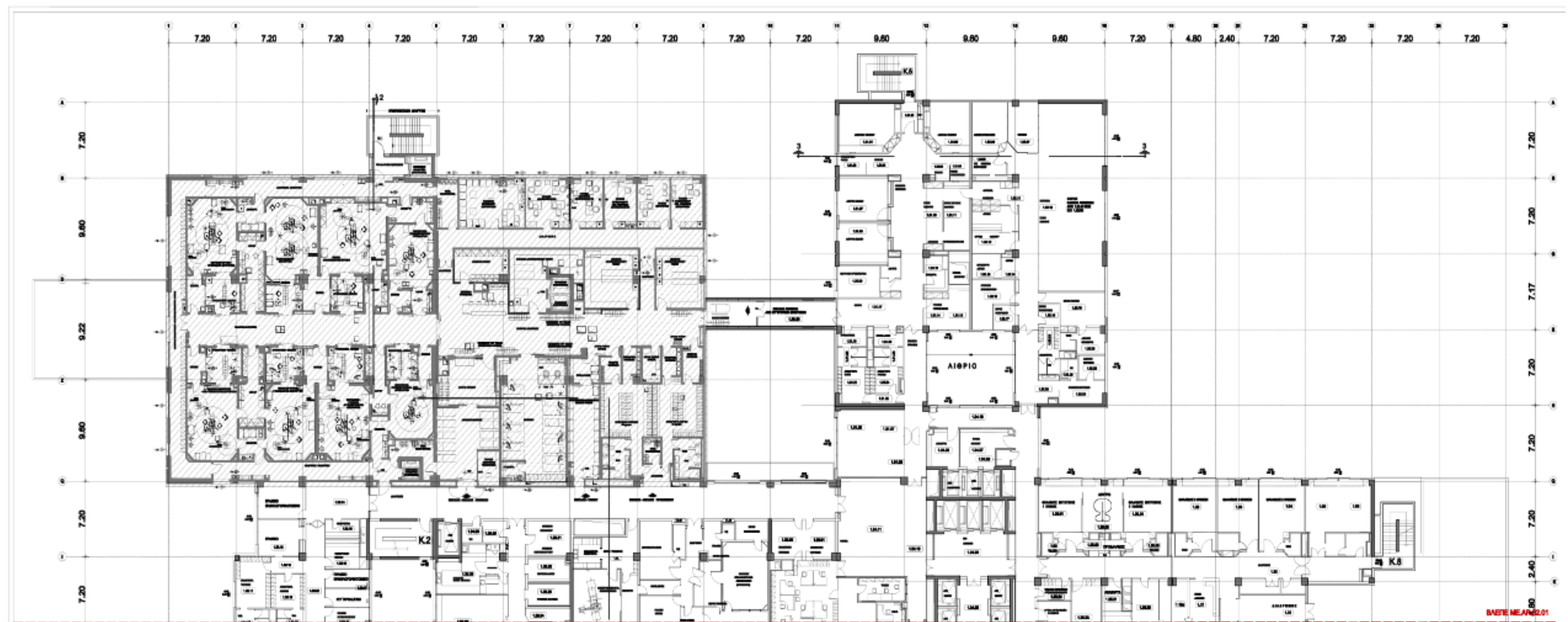
Κάτοψη Δ ισογείου Θριασίου



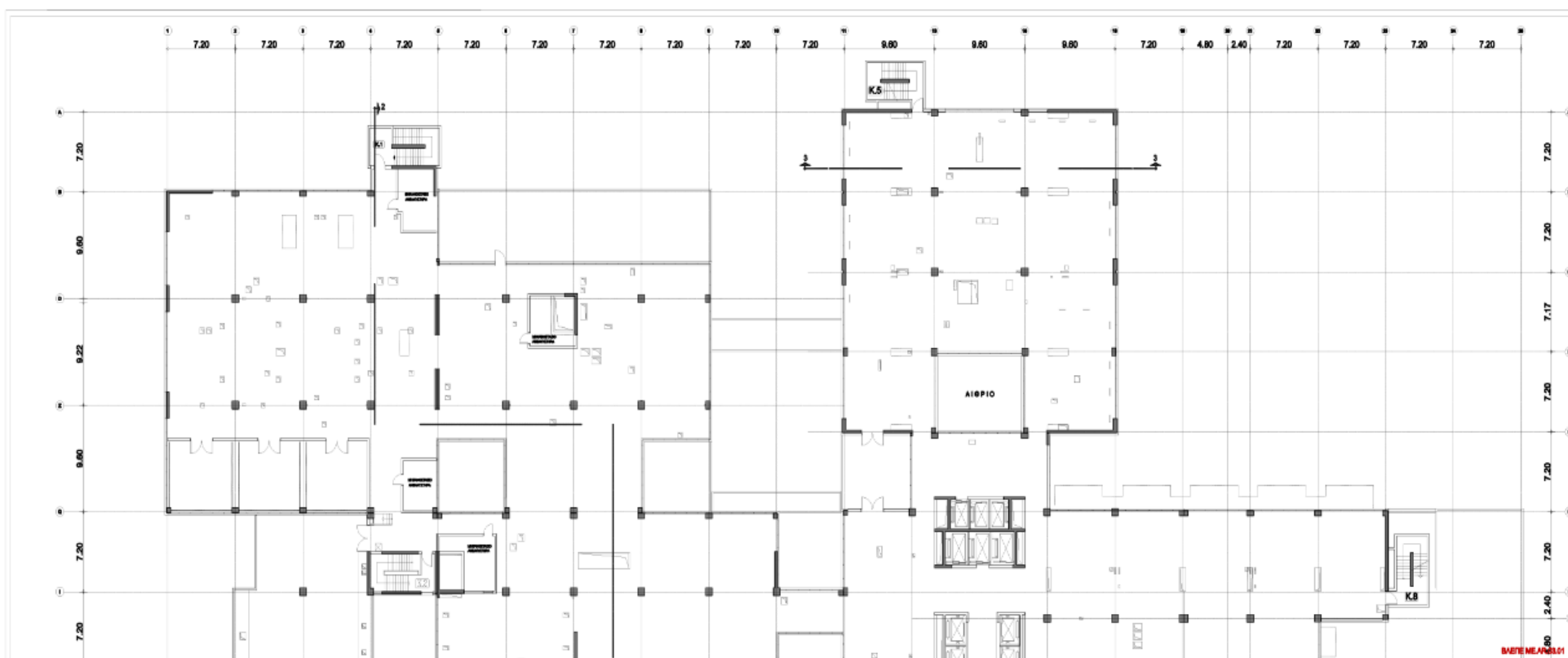
Κάτοψη Α ισογείου Θριασίου



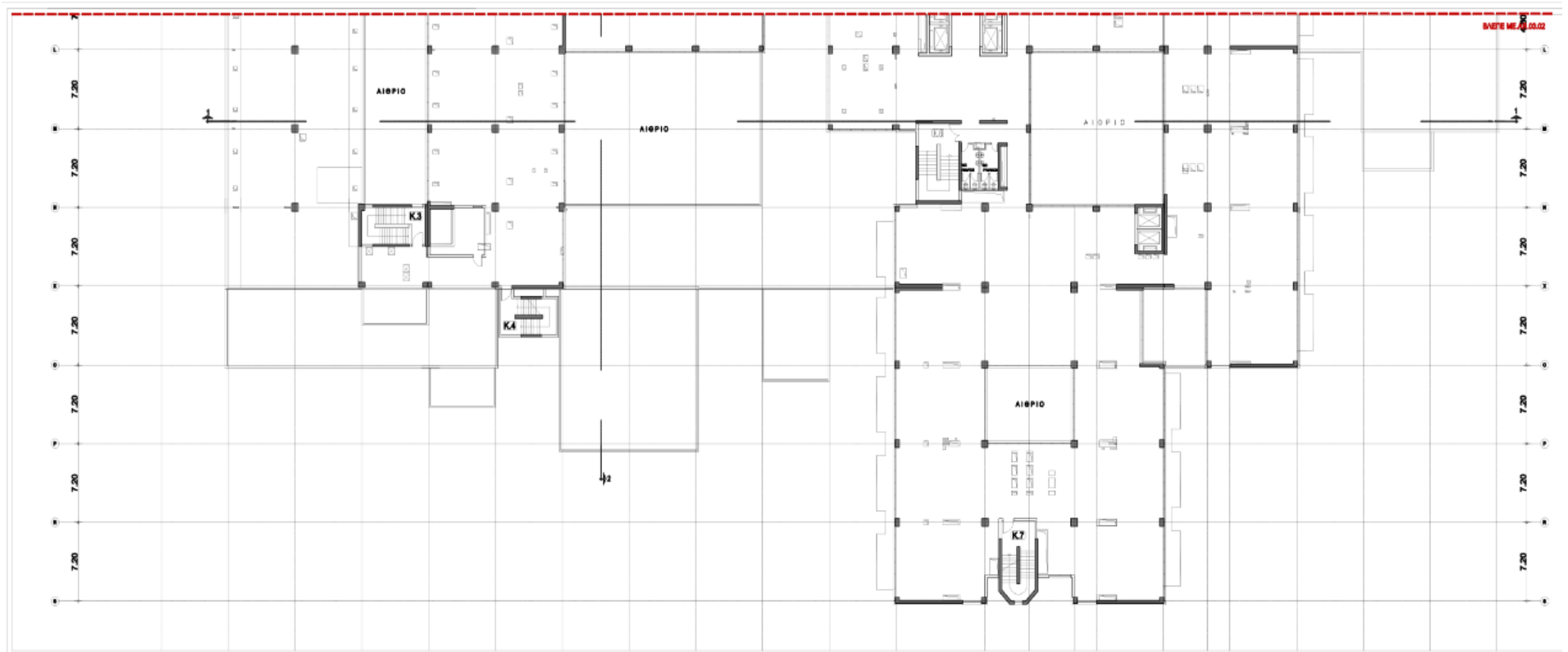
Κάτοψη Δ' Α' ορόφου Θριασίου



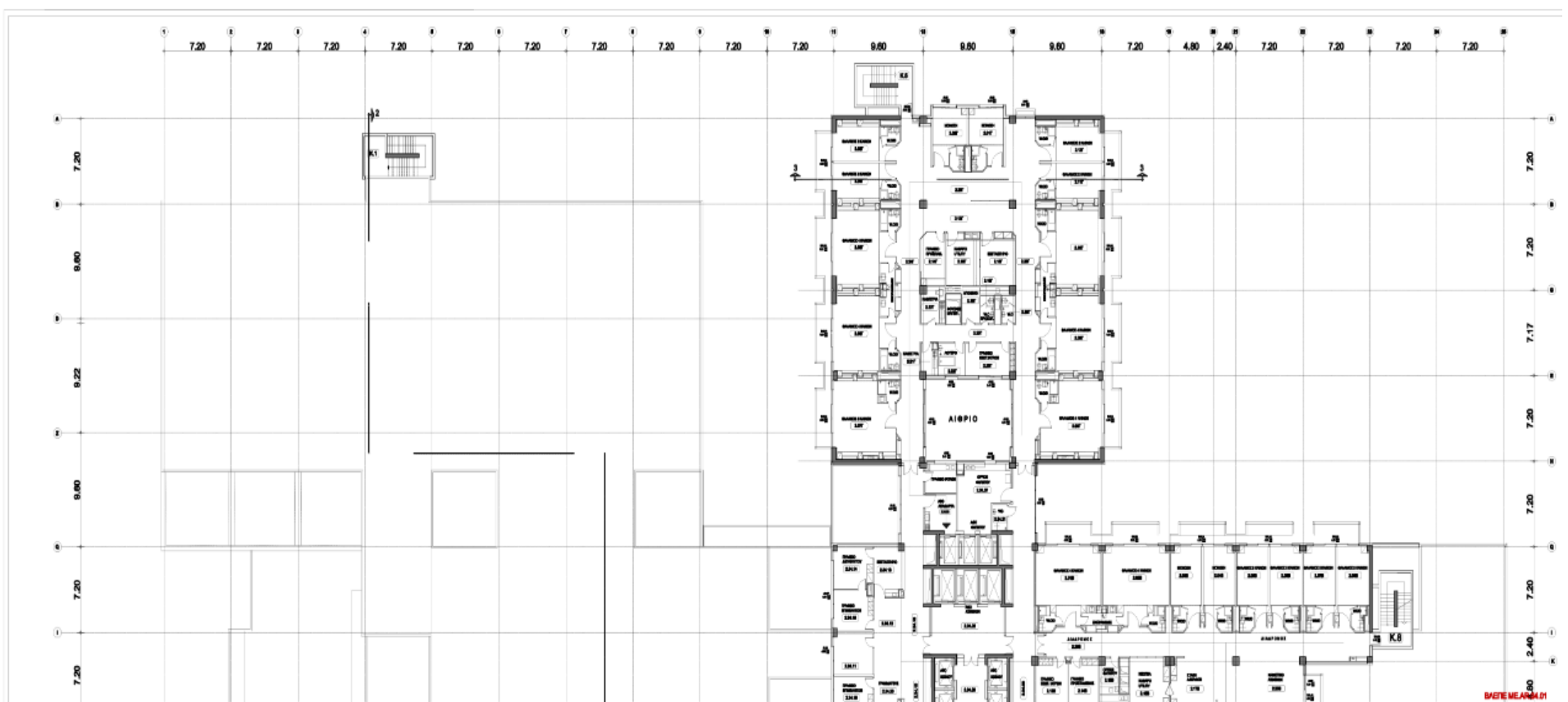
Κάτοψη Α' Α' ορόφου Θριασίου



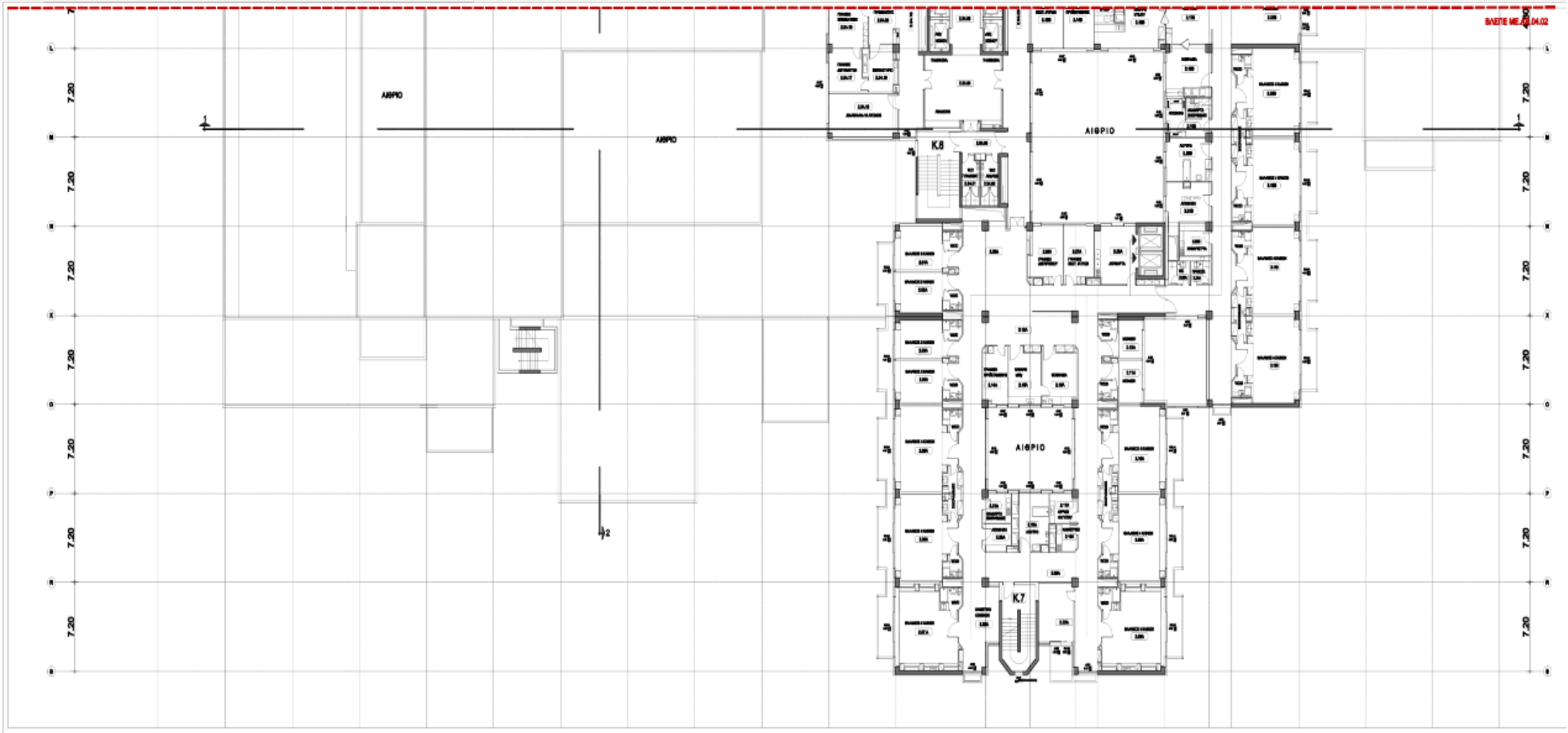
Κάτοψη Δ' μεσορόφου Θριασίου



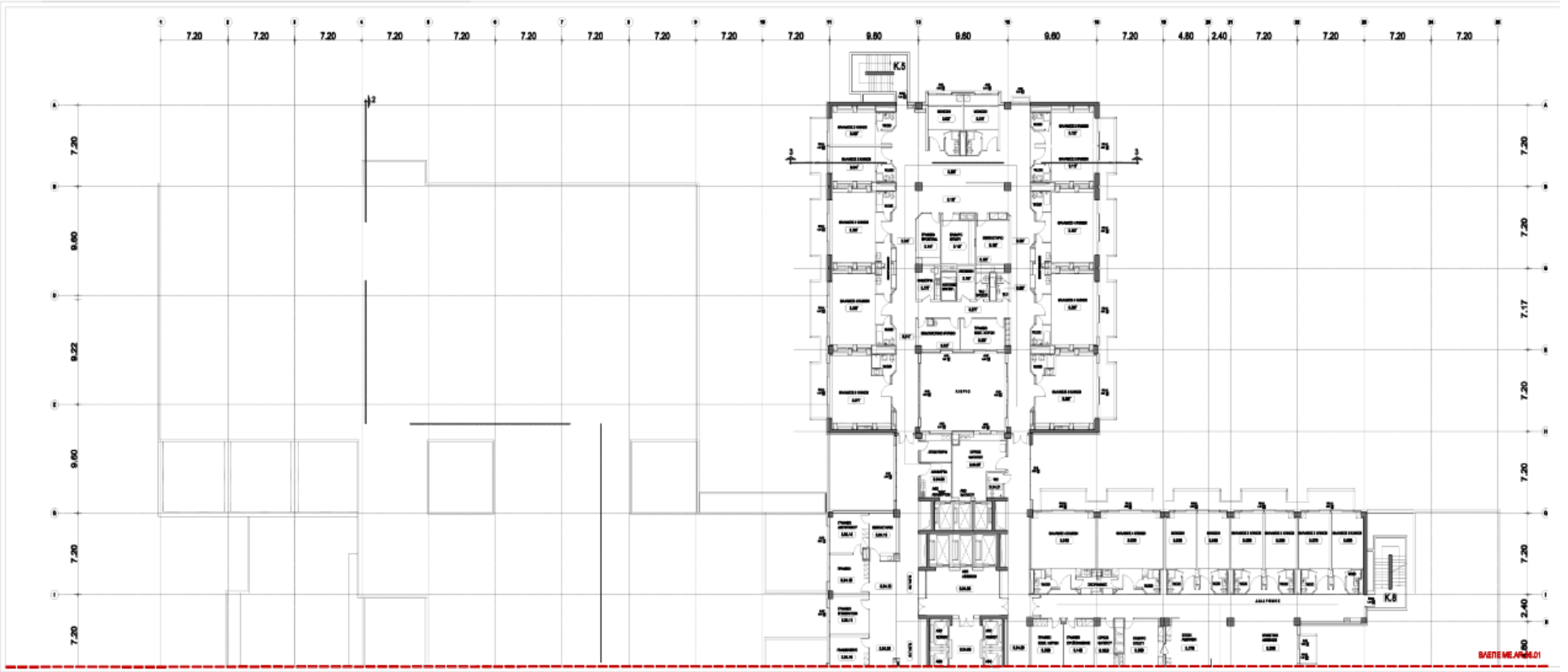
Κάτοψη Α μεσορόφου Θριασίου



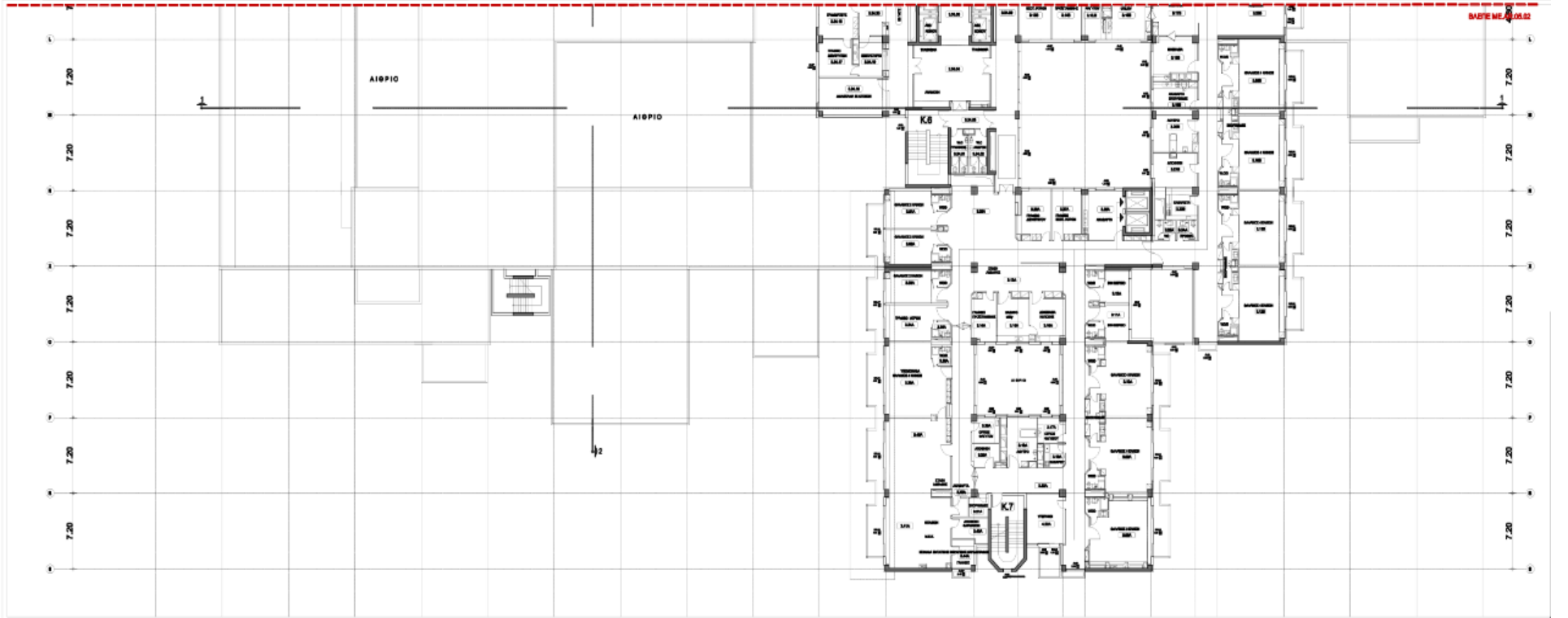
Κάτοψη Δ 2ου ορόφου Θριασίου



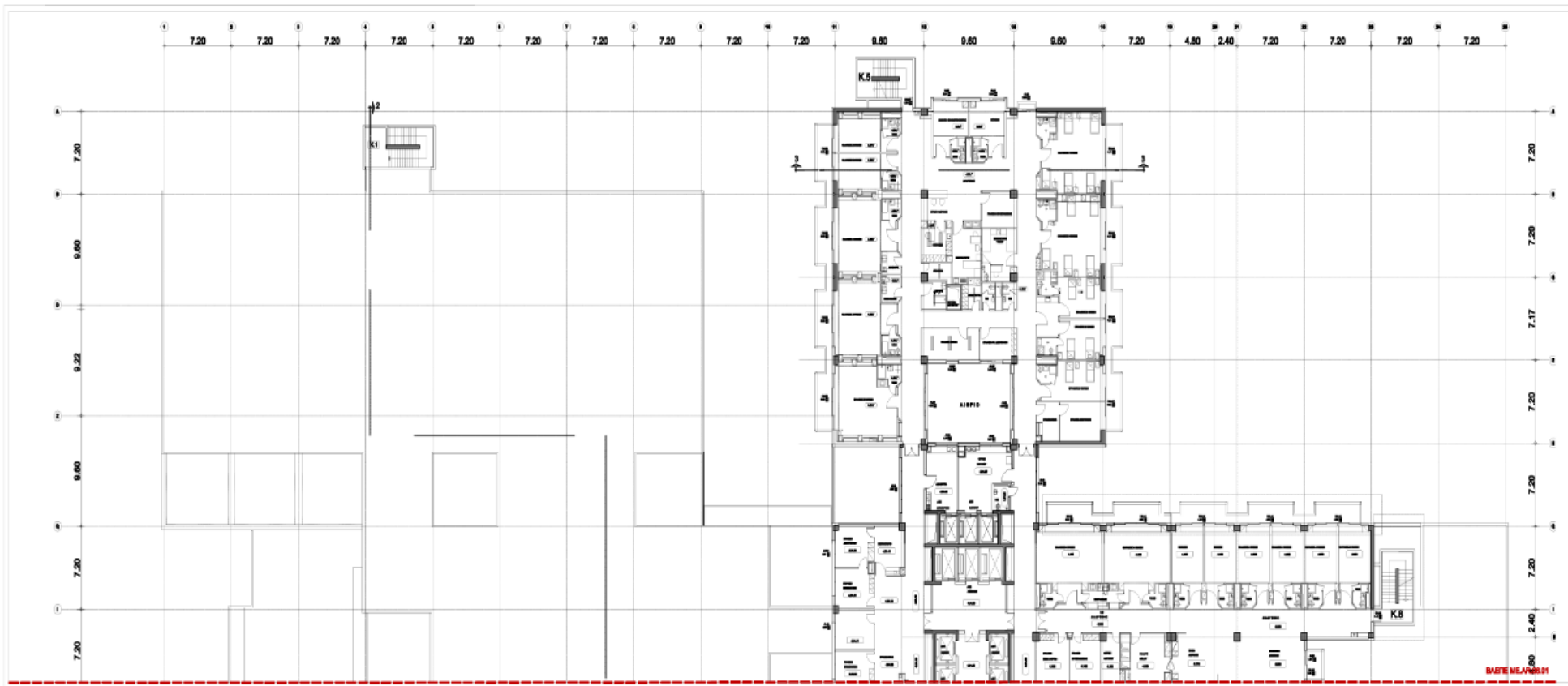
Κάτοψη Α Β' ορόφου Θριασίου



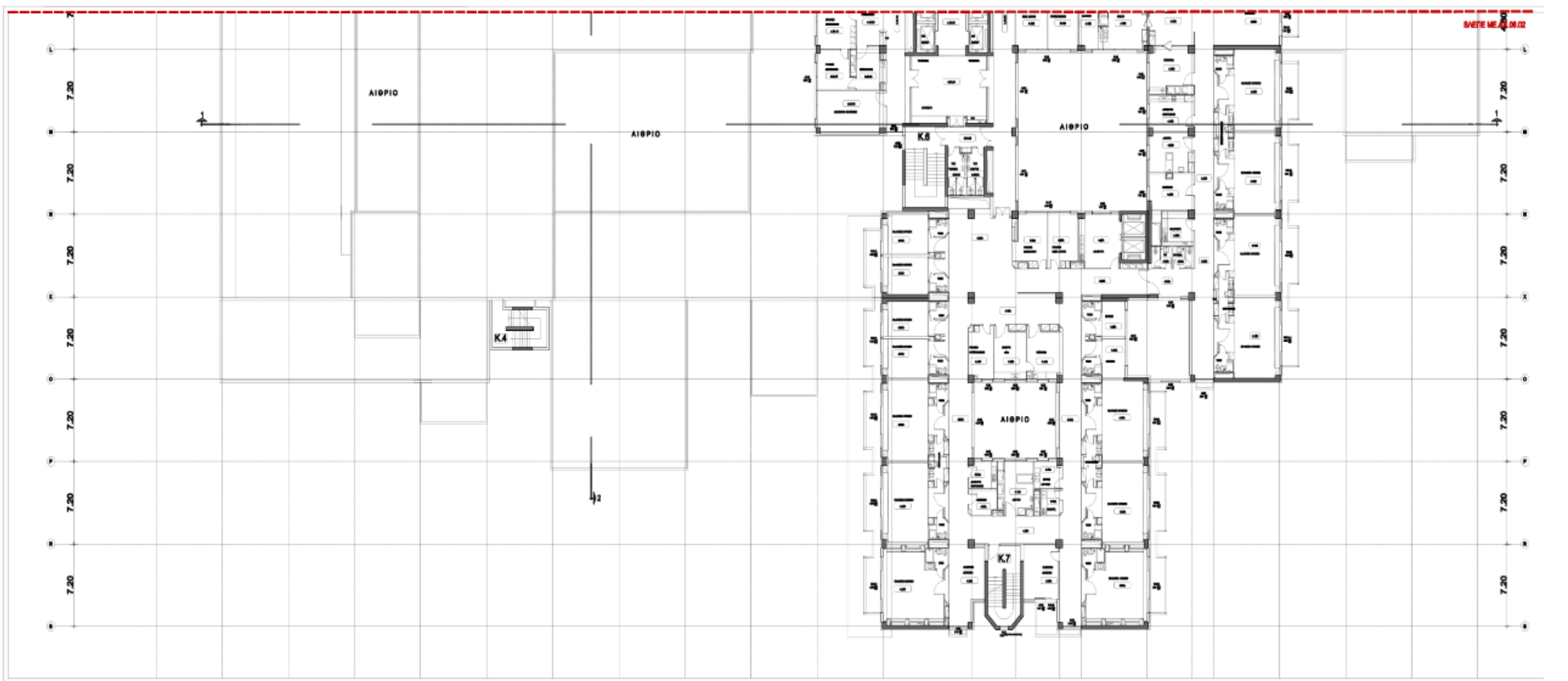
Κάτοψη Δ Γ' ορόφου Θριασίου



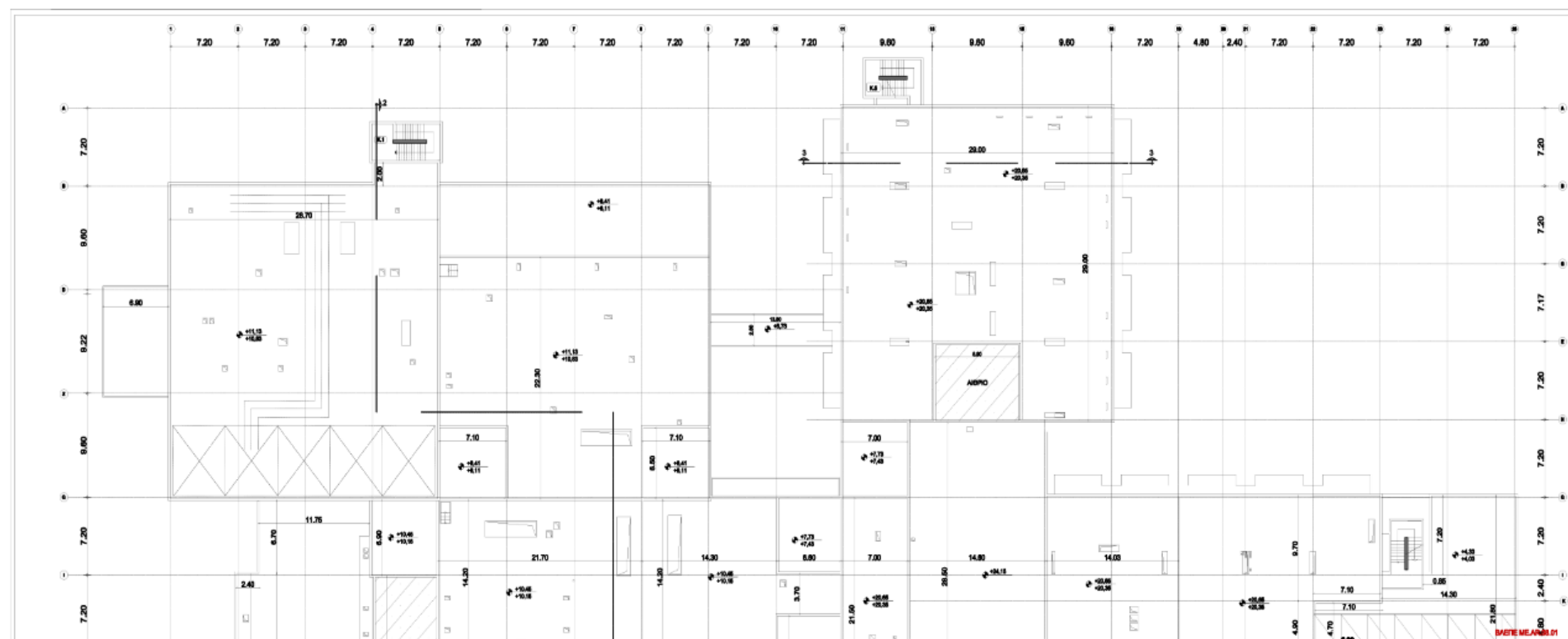
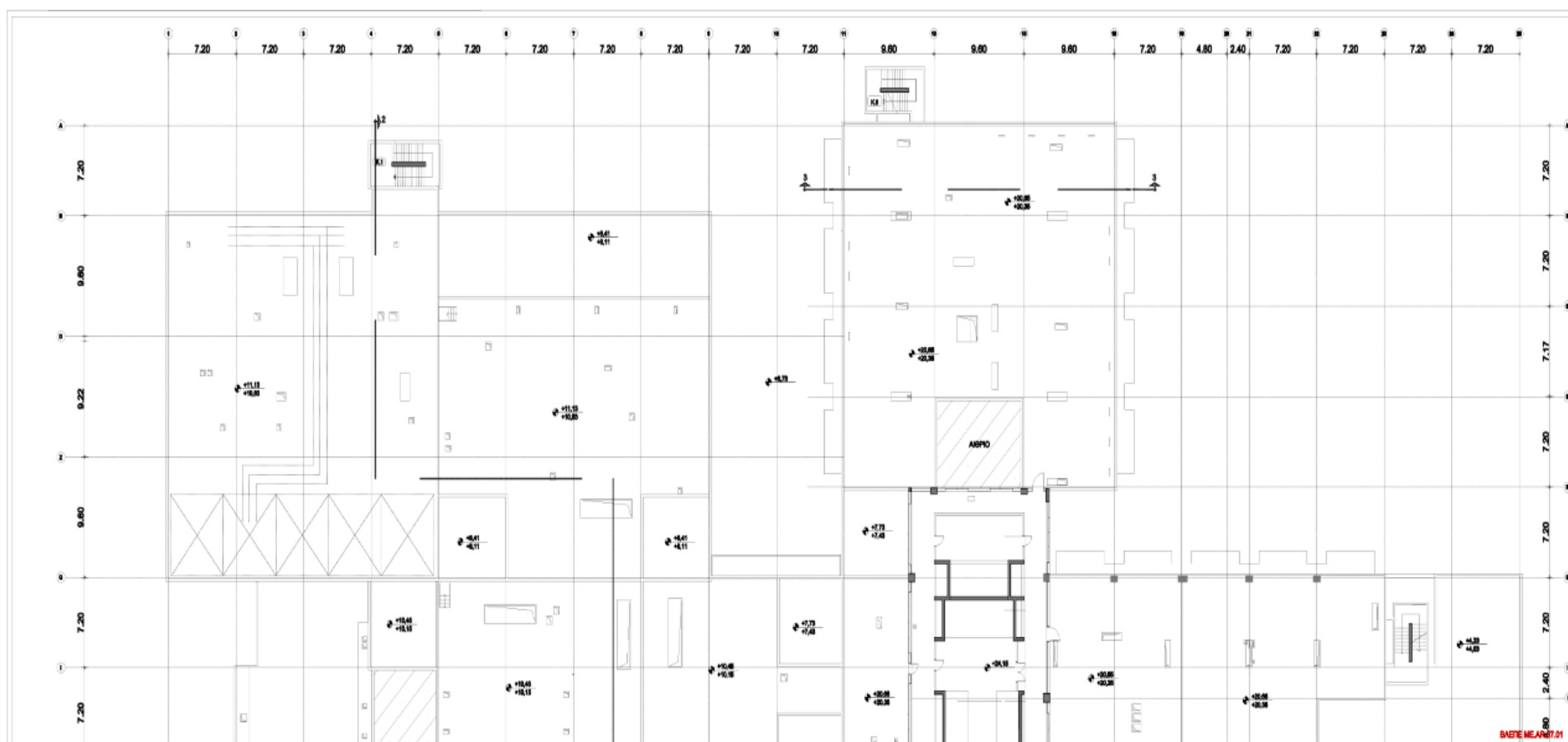
Κάτοψη Α Δ' ορόφου Θριασίου



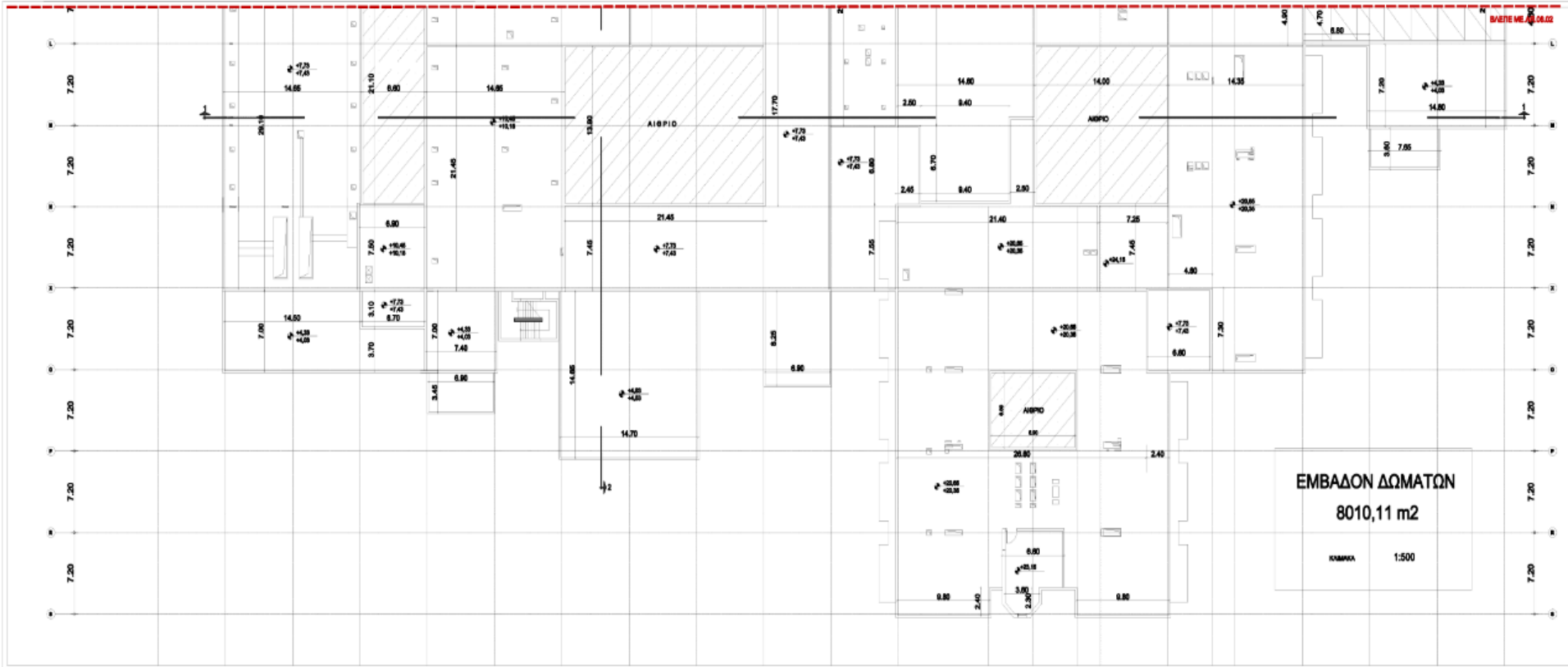
Κάτοψη Δ' Δ' ορόφου Θριασίου



Κάτοψη Α' Δ' ορόφου Θριασίου



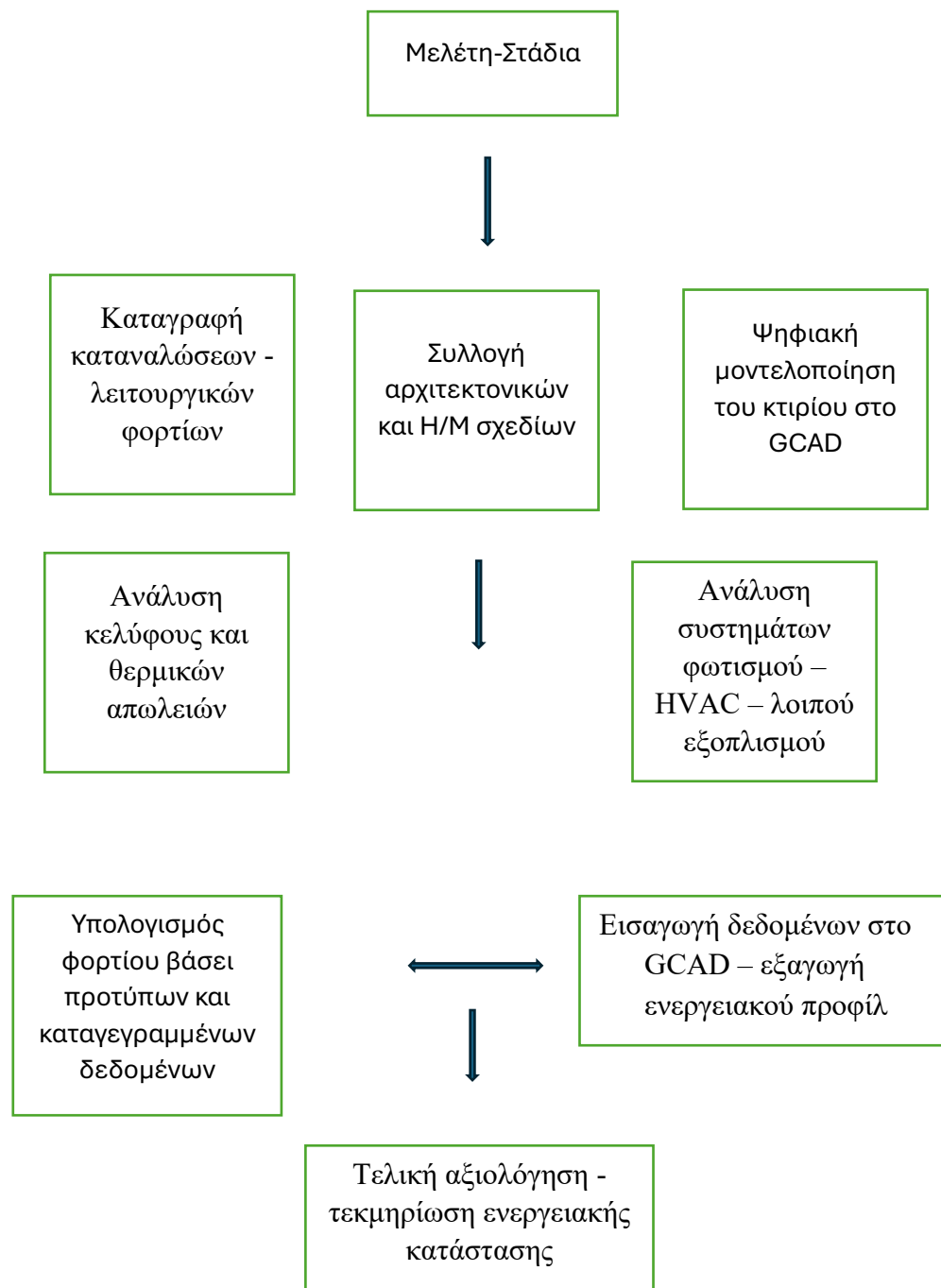
Κάτοψη Δ Υπερδώματος Θριασίου



Κάτοψη Α Υπερδώματος Θριασίου

Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Θριασίου νοσοκομείου

Διάγραμμα ροής

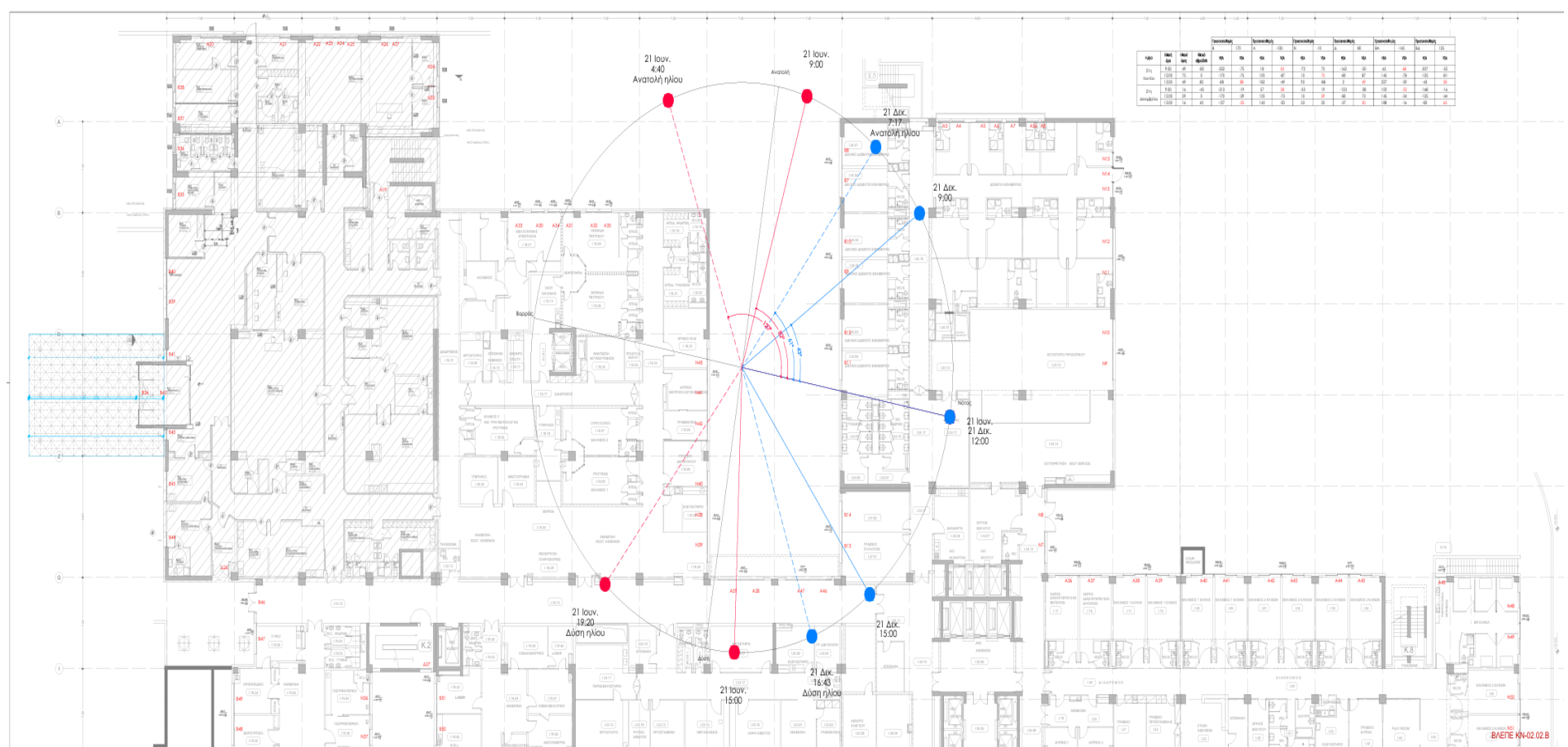


Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ενεργειακή επιθεώρηση του Θριασίου Νοσοκομείου βασίστηκε σε αυτοψίες, συλλογή δεδομένων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ανάλυση αρχιτεκτονικών σχεδίων και χρήση ειδικού λογισμικού. Η διαδικασία περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

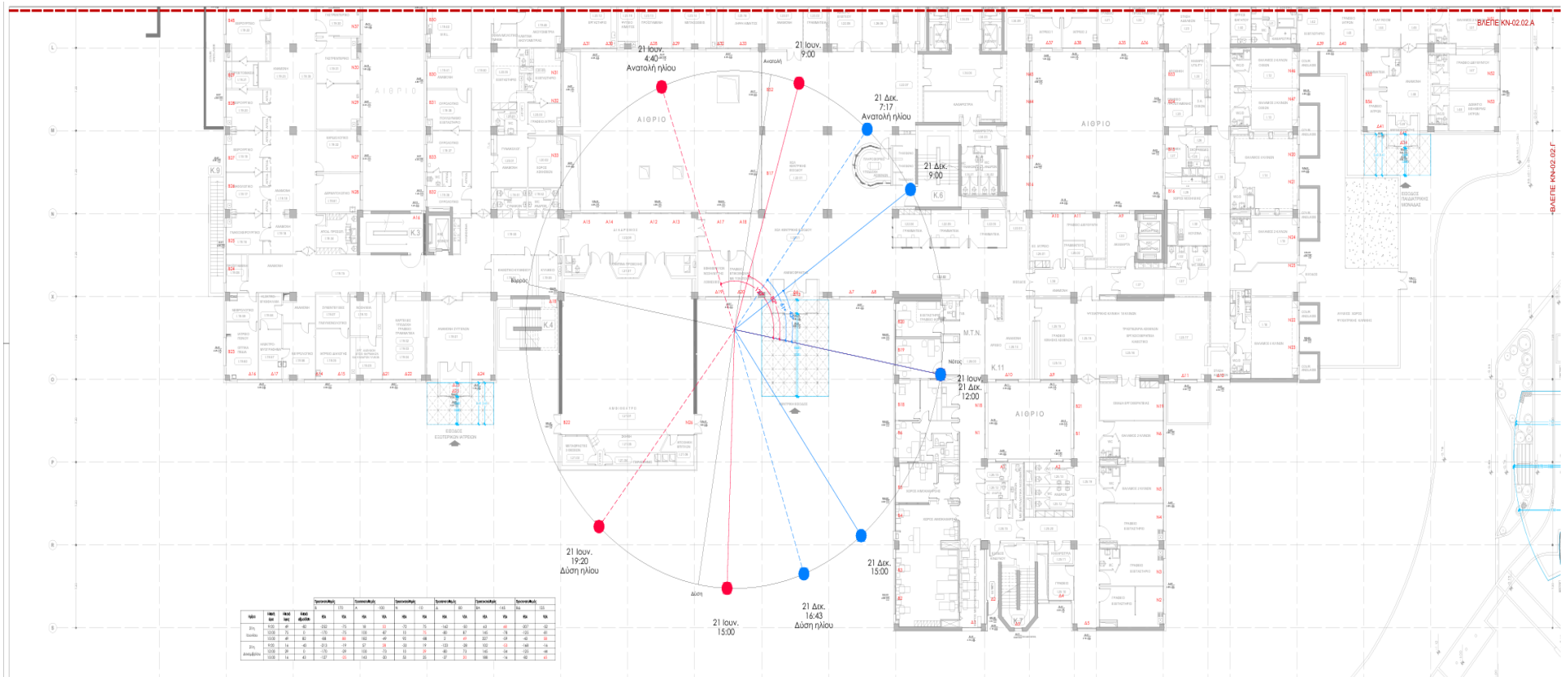
1. Καταγραφή όλων των καταναλώσεων ενέργειας ανά τμήμα και χρήση.
2. Ανάλυση των λογαριασμών ηλεκτρικού ρεύματος της τελευταίας 3ετίας.
3. Ανάπτυξη θερμικής και ηλεκτρικής ζώνης στο νοσοκομείο.
4. Υπολογισμός φορτίων HVAC, φωτισμού και λοιπού εξοπλισμού.
5. Εκτίμηση ενεργειακών απωλειών κελύφους.
6. Προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας μέσω Φ/Β συστήματος και παρεμβάσεων.



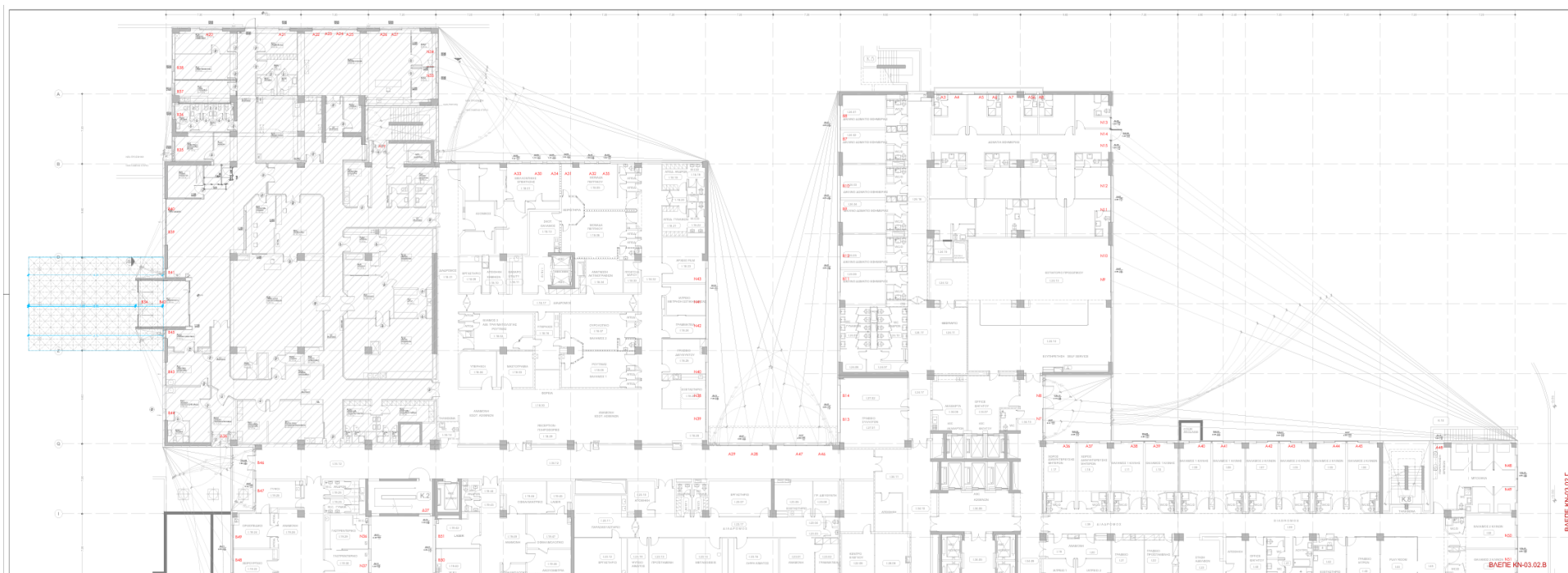
Κάτοψη Ισογείου Θριασίου- Μονώσεις



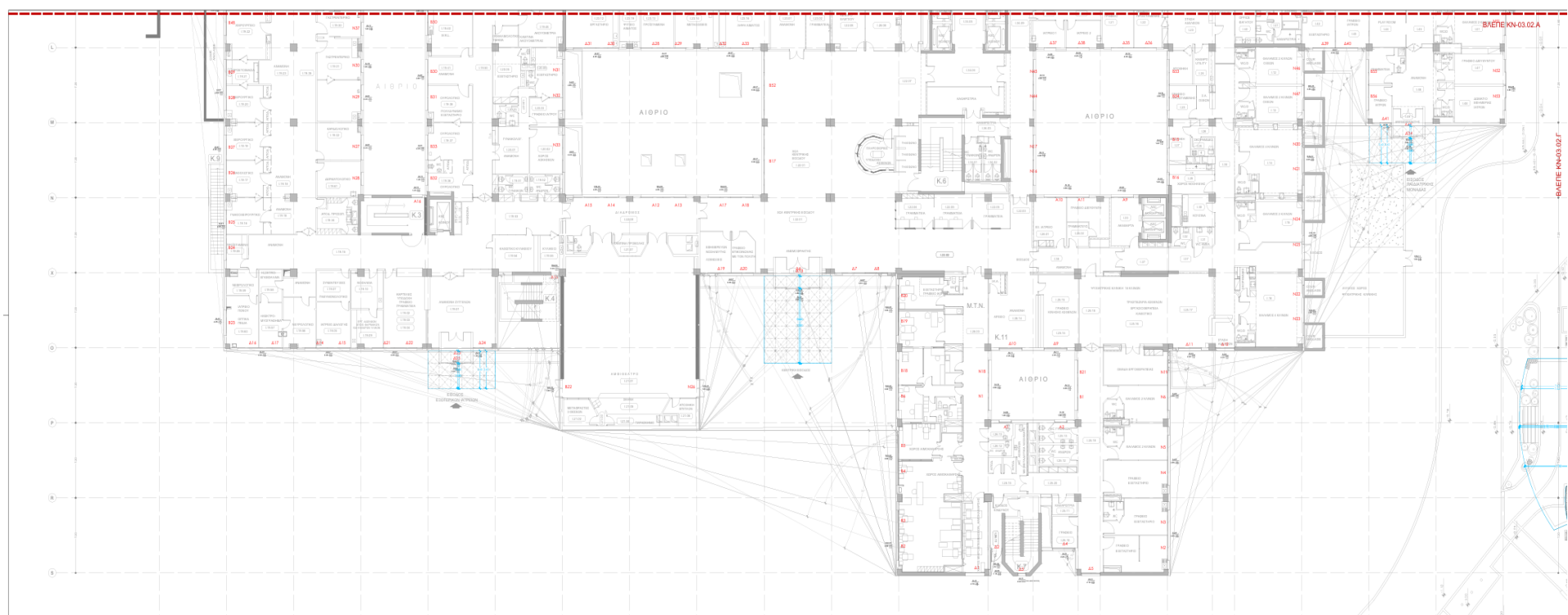
Κάτοψη Ισογείου Θριασίου- Σκιασμός ανοιγμάτων από προβόλους τμήμα Α



Κάτοψη Ισογείου Θριασίου- Γωνίες σκιασμού ανοιγμάτων από προβόλους & πλευρικά στοιχεία τμήμα Β



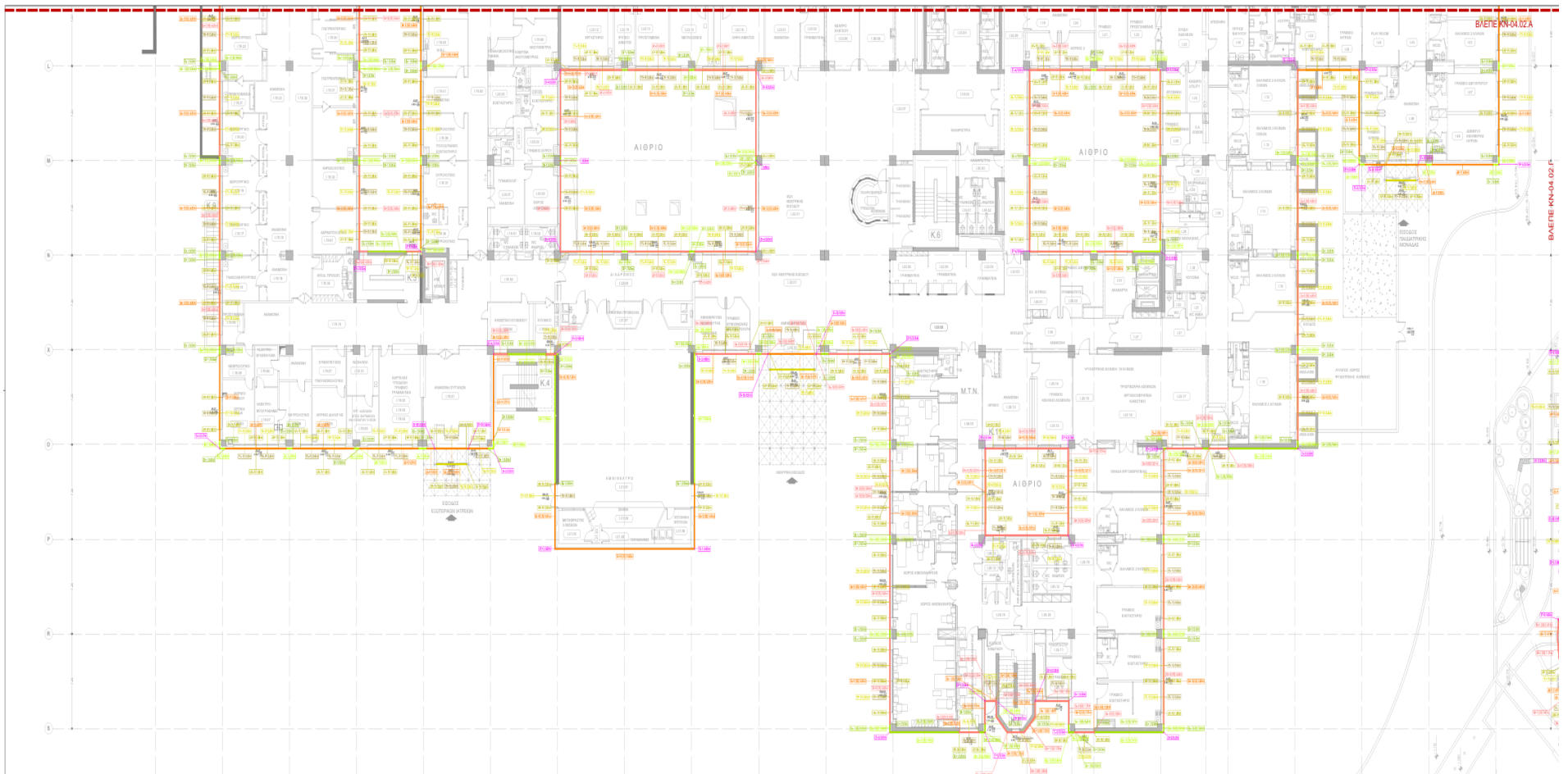
Κάτοψη Ισογείου Θριασίου- Γωνίες σκιασμού ανοιγμάτων από προβόλους & πλευρικά στοιχεία τμήμα Α



Κάτοψη Ισογείου Θριασίου- Γωνίες σκιασμού ανοιγμάτων από προβόλους & πλευρικά στοιχεία τμήμα Β



Κάτοψη Ισογείου Θριασίου-Θερμογέφυρες τμήμα Α



Κάτοψη Ισογείου Θριασίου-Θερμογέφυρες τμήμα Β

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης είναι υποχρεωτική, βάσει του νόμου 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α 89). για όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια με τις εξαιρέσεις του άρθρου 11, όπως αυτός τροποποιήθηκε σύμφωνα με τα άρθρα 10 και 10Α του νόμου 3851/2010. Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης εκπονείται βάσει του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων - Κ.Εν.Α.Κ. (ΦΕΚ 2367/Β/12-7-2017) και τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας του συντάχθηκαν υποστηρικτικά του κανονισμού όπως αυτές ισχύουν επικαιροποιημένες. Ειδικότερα, η μελέτη ενεργειακής απόδοσης βασίζεται στις εξής Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.:

- 20701-1/2017: «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
- 20701-2/2017: «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».
- 20701-3/2014: «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών πόλεων».

Η ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων (Π.Η.Σ.) πέραν του άμεσου κέρδους, εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ.) και συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού - θέρμανσης (Σ.Η.Θ.) θα καλυφθεί στην αμέσως επόμενη φάση με την έκδοση των ακόλουθων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. που θα καθορίσουν με σαφήνεια τις παραμέτρους και τις προδιαγραφές των σχετικών μελετών - εγκαταστάσεων:

- 20701-X/2010: «Βιοκλιματικός σχεδιασμός».
- 20701-X/2010: «Εγκαταστάσεις ΑΠΕ. σε κτήρια».
- 20701-X/2017: «Εγκατασταθείς Σ.Η.Θ. σε κτήρια».

Σύμφωνα με την εγκύκλιο οικ. 1603/4.10.2010: «Για την καλύτερη δυνατή εφαρμογή των απαιτήσεων της παραγράφου 1 του άρθρου 3 «Σχεδιασμός Κτιρίου», απαιτείται συστηματική προσέγγιση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτιρίου με επαρκή τεχνική τεκμηρίωση, στη βάση της διαθέσιμης βιβλιογραφίας και έως την έκδοση σχετικής Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Στην περίπτωση που αποδεδειγμένα υπάρχουν αρκετά περιορισμοί (πολεοδομικού, τεχνικού, αισθητικού, οικονομικού χαρακτήρα, κ.ά.) που ενδεχομένως αποκλείουν την εφαρμογή της βέλτιστης ενεργειακά λύσης, υποβάλλεται υποχρεωτικό Τεχνική Έκθεση, η οποία θα τεκμηριώνει επαρκώς τους λόγους μη εφαρμογής κάθε μίας από τις περιπτώσεις της παραγράφου 1 του άρθρου 8.

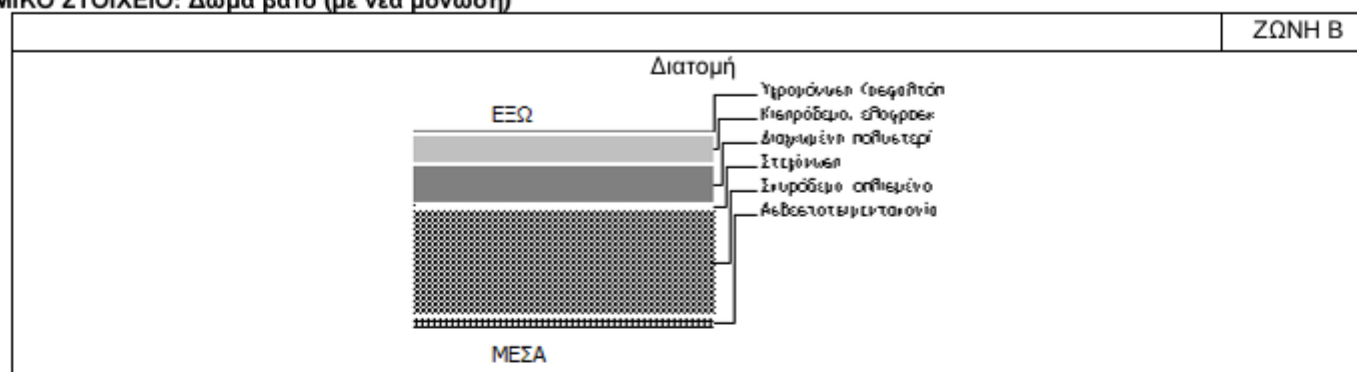
Στόχος της ενεργειακής μελέτης είναι η ελαχιστοποίηση κατά το δυνατόν της κατανάλωσης ενέργειας για την σωστή λειτουργία του κτηρίου, μέσω:

- του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτηριακού κελύφους, αξιοποιώντας τη θέση του κτηρίου ως προς τον περιβάλλοντα χώρο. την ηλιακή διαθέσιμη ακτινοβολία ανά προσανατολισμό όψης, κ.ά.,
- της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηρίου με την κατάλληλη εφαρμογή θερμομόνωσης στα αδιαφανή δομικά στοιχεία αποφεύγοντας κατά το δυνατόν τη δημιουργία θερμογεφυρών, καθώς και την επιλογή κατάλληλων κουφωμάτων, δηλαδή συνδυασμό υαλοπινάκων αλλά και πλαισίου,
- της επιλογής κατάλληλων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων υψηλής απόδοσης, για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης με την κατά το δυνατόν ελάχιστη κατανάλωση (ανενημένης) πρωτογενούς ενέργειας.
- της χρήσης τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) όπως ηλιοθερμικά συστήματα, φωτοβολταϊκά συστήματα, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (εδάφους, υπόγειων και επιφανειακών νερών) κ. ά. και
- της εφαρμογής διατάξεων αυτομάτου ελέγχου της λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, για τον περιορισμό της άσκοπης χρήσης τους.

Στοιχεία Κτιρίου

Πόλη	Αθήνα (Μαρούσι)
Αριθμός Θερμικών Ζωνών	1
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1 - 15)	1
Τυπικό Ύψος Επιπέδου (m)	3
Κλιματική Ζώνη	ΖΩΝΗ Β
Γωνία Περιστροφής	0
Υψόμετρο μεγαλύτερο των 500m	ΟΧΙ
Χρήση Κτιρίου	Νοσοκομείο
Τύπος κατασκευής	Βαρεία κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1
Βάθος δαπέδου στο έδαφος (m)	0
Περίμετρος κτιρίου (m)	0
Τύπος μελέτης/επιθεώρησης	1
Περίοδος έκδοσης οικοδομικής άδειας	3
Θερμομονωτική προστασία	2
Επιθυμητό συνολικό εμβαδό (m²)	
Επιθυμητός συνολικός όγκος (m³)	
Τμήμα κτηρίου	
Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής U_{lim} όπως προκύπτει από υπολογισμούς (για κτήρια πριν τον Κανονισμό Θερμομόνωσης)	

1. ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ: Δώμα βατό (με νέα μόνωση)

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΟΔΙΑΦΥΓΗΣ (R_L)

α/α	Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πυκνότητα ρ	Πάχος στρ. d	Συντ. θερμ. αγωγιμ. λ	Θερμ. αντίστ. d/λ_u	Θερμ. αντίστ. d/λ_v
		kg/m ³	m	W/(mK)	(m ² K)/W	(m ² K)/W
1	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1800	0.020	0.870	0.023	0.023
2	Σκυρόδεμα οπλισμένο με 2% χάλυ	2400	0.200	2.500	0.080	0.080
3	Στεγάνωση	1050	0.001	0.174	0.006	0.006
4	Εξηλασμένη πολυστερίνη		0.070	0.033	2.121	2.121
5	Κισηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα	500	0.050	0.200	0.250	0.250
6	Υγρομόνωση (ασφαλτόπανο)	1000	0.003	0.186	0.016	0.016
7						
8						
9						
10						
11						
12						
			$\Sigma d=0.344$		$R_{L,u}=2.496$	$R_{L,v}=2.496$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (U)

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ		R_i (εσωτερ.)	R_s (εξωτερ.)
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)		0.130	0.040
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.130	0.130
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος		0.130	0.000
Στέγες, δώματα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)		0.100	0.040
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο		0.100	0.100
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (pilotis)		0.170	0.040
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή)		0.170	0.170
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος		0.170	0.000

1	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R_i	(m ² K)/W	0.100
2	Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R_{L,u}$	(m ² K)/W	2.496
3	Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R_s	(m ² K)/W	0.04
4	Αντίσταση θερμοπερατότητας με κλειστό διάκενο αέρα	$R_{oL,u}$	(m ² K)/W	2.636
5	Αντίσταση θερμικής μετάβασης με πλήρως αεριζόμενο διάκενο αέρα (εσωτερικά)	R_i	(m ² K)/W	0.100
6	Αντίσταση θερμοπερατότητας με πλήρως αεριζόμενο διάκενο αέρα	$R_{L,v}$	(m ² K)/W	2.496
7	Αντίσταση θερμικής μετάβασης με πλήρως αεριζόμενο διάκενο αέρα (εξωτερικά)	R_s	(m ² K)/W	0.04
8	Εμβαδό θυρίδων	A_v	mm ²	0
9	Αντίσταση θερμοπερατότητας με κλειστό διάκενο αέρα	$R_{oL,v}$	(m ² K)/W	2.636

Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/(m ² K)	0.379
Μέγιστος επιτρ. συντελεστής θερμοπερατότητας	U_{max}	W/(m ² K)	0.45

Πρέπει $U \leq U_{max}$
ΙΣΧΥΕΙ

Τύπος πλαισίου: Μέταλλο με θερμοδιακοπή 24mm
 U_f πλαισίου: 2.8 W/m²K

Τύπος υαλοπίνακα: Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 10cm+μεμβράνη)
 U_g υαλοπίνακα: 1.3 W/m²K
 g υαλοπίνακα σε κάθε προσπτ.: 0.67
 g υαλοπίνακα: 0.60

γραμμική θερμοπερατότητα συναρμογής υάλου και πλαισίου Ψ_g : 0.11 W/mK
μέσο πλάτος πλαισίου: 0.100 m

Τύπος κουφώμα- τος	Πλάτος ανοίγματος [m]	Ύψος ανοίγματος [m]	Αριθμός φύλλων	Εμβαδό κουφώματος [m ²]
A1	0.90	2.20	1	1.98
A2	1.20	1.20	1	1.44
A3	2.40	2.40	2	5.76
A4	2.05	1.20	2	2.46
A5	2.40	1.20	2	2.88
A6	2.45	1.20	2	2.94
A7	1.20	2.40	1	2.88
A9	2.42	1.20	2	2.90
A10	2.40	1.05	2	2.52
A11	1.30	1.20	1	1.56
A12	1.75	1.20	2	2.10
A13	2.34	1.20	2	2.81
A14	1.25	1.20	1	1.50
A15	2.00	1.20	2	2.40
A17	2.55	1.20	2	3.06
A37	0.90	1.70	1	1.53
A59	2.10	1.20	2	2.52
A60	2.43	0.52	2	1.26
A61	6.50	2.40	2	15.60
A62	2.40	1.05	1	2.52
A63	2.43	1.05	1	2.55
A71	2.10	1.88	3	3.95
A72	2.40	1.88	3	4.51
A73	6.50	4.08	5	26.52
A74	2.43	1.88	3	4.57
A75	2.42	3.00	3	7.26
A76	1.20	1.88	2	2.26
A77	2.45	1.88	3	4.61
A78	4.80	2.36	2	11.33
A79	1.80	2.35	2	4.23
A80	3.20	2.36	2	7.55
A81	1.30	0.50	1	0.65
A82	0.40	0.50	1	0.20
A84	2.40	2.95	3	7.08
A85	2.40	3.00	3	7.20
A86	1.15	2.35	2	2.70
A88	1.60	3.03	3	4.85
A94	1.30	0.52	1	0.68
A100	2.40	0.52	2	1.25
A101	2.40	2.30	2	5.52
A102	2.60	2.35	2	6.11
A103	1.93	2.30	2	4.44
A104	1.93	2.30	2	4.44
A105	1.04	2.30	1	2.39
A106	1.20	3.00	2	3.60
A107	2.40	1.90	3	4.56
A108	2.15	2.95	3	6.34
A115	1.60	2.95	3	4.72
A116	2.40	0.53	2	1.27
A117	2.42	1.30	2	3.15
A118	1.90	1.20	2	2.28
A119	2.15	1.20	2	2.58
A120	1.85	1.20	2	2.22
A204	1.10	0.50	1	0.55
A216	2.30	0.60	2	1.38
A218	3.20	0.52	2	1.66
A219	4.80	0.52	2	2.50

Τύπος	Εμβαδό	Εμβαδό	Εμβαδό	Ποσοστό	Μήκος L_g	U	g_w
-------	--------	--------	--------	---------	-------------	---	-------

κουφώματος	πλαίσιου [m ²]	επ. ρολού [m ²]	υαλοπίνακα [m ²]	πλαίσιου	[m]	κουφώματος [W/(m ² K)]	κουφώματος
A1	0.58		1.40	29%	5.400	2.039	0.42
A2	0.44		1.00	31%	4.000	2.064	0.42
A3	1.36		4.40	24%	12.80	1.899	0.46
A4	0.81		1.65	33%	7.300	2.120	0.40
A5	0.88		2.00	31%	8.000	2.064	0.42
A6	0.89		2.05	30%	8.100	2.057	0.42
A7	0.68		2.20	24%	6.400	1.899	0.46
A9	0.88		2.02	30%	8.040	2.061	0.42
A10	0.82		1.70	33%	7.400	2.111	0.40
A11	0.46		1.10	29%	4.200	2.038	0.42
A12	0.75		1.35	36%	6.700	2.187	0.39
A13	0.87		1.94	31%	7.880	2.072	0.41
A14	0.45		1.05	30%	4.100	2.051	0.42
A15	0.80		1.60	33%	7.200	2.130	0.40
A17	0.91		2.15	30%	8.300	2.044	0.42
A37	0.48		1.05	31%	4.400	2.087	0.41
A59	0.82		1.70	33%	7.400	2.111	0.40
A60	0.61		0.65	49%	5.340	2.494	0.31
A61	2.18		13.42	14%	21.00	1.658	0.52
A62	0.65		1.87	26%	6.100	1.953	0.45
A63	0.66		1.90	26%	6.160	1.951	0.45
A71	1.43		2.52	36%	13.08	2.207	0.38
A72	1.49		3.02	33%	13.68	2.128	0.40
A73	5.18		21.34	20%	49.80	1.800	0.48
A74	1.49		3.07	33%	13.74	2.121	0.40
A75	2.16		5.10	30%	20.44	2.057	0.42
A76	0.91		1.34	40%	8.320	2.312	0.36
A77	1.50		3.11	33%	13.78	2.117	0.40
A78	1.82		9.50	16%	17.44	1.711	0.50
A79	1.22		3.01	29%	11.40	2.029	0.43
A80	1.50		6.05	20%	14.24	1.806	0.48
A81	0.32		0.33	49%	2.800	2.512	0.30
A82	0.14		0.06	70%	1.000	2.900	0.18
A84	2.13		4.95	30%	20.10	2.064	0.42
A85	2.16		5.04	30%	20.40	2.062	0.42
A86	1.09		1.61	40%	10.10	2.316	0.36
A88	2.02		2.83	42%	18.98	2.355	0.35
A94	0.32		0.35	48%	2.840	2.481	0.31
A100	0.61		0.64	49%	5.280	2.496	0.31
A101	1.32		4.20	24%	12.40	1.906	0.46
A102	1.38		4.73	23%	13.00	1.873	0.46
A103	1.23		3.21	28%	11.46	1.998	0.43
A104	1.23		3.21	28%	11.46	1.998	0.43
A105	0.63		1.76	26%	5.880	1.964	0.44
A106	1.36		2.24	38%	12.80	2.258	0.37
A107	1.50		3.06	33%	13.80	2.126	0.40
A108	2.08		4.26	33%	19.60	2.132	0.40
A115	1.97		2.75	42%	18.50	2.357	0.35
A116	0.61		0.66	48%	5.320	2.482	0.31
A117	0.92		2.22	29%	8.440	2.036	0.42
A118	0.78		1.50	34%	7.000	2.151	0.39
A119	0.83		1.75	32%	7.500	2.102	0.41
A120	0.77		1.45	35%	6.900	2.162	0.39
A204	0.28		0.27	51%	2.400	2.544	0.29
A216	0.62		0.76	45%	5.400	2.404	0.33
A218	0.77		0.90	46%	6.880	2.447	0.32
A219	1.09		1.41	44%	10.08	2.398	0.34

8. Θερμογέφυρες

Ζώνη: 1

Για τον έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας

αα	επίπεδο	κατηγορία	Ψ [W/(mK)]	l [m]	b	$\Sigma(b \times l \times \Psi)$ [W/K]
1	1	ΥΠ - 7	0.550	1.10	1	0.6
2	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20	1	0.0
3	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20	1	0.0
4	1	ΥΠ - 7	0.550	3.00	1	1.7
5	1	ΥΠ - 7	0.550	3.00	1	1.7
6	1	ΛΠ - 7	0.000	1.20	1	0.0
7	1	ΛΠ - 7	0.000	1.20	1	0.0
8	1	ΥΠ - 7	0.550	3.00	1	1.7
9	1	ΥΠ - 7	0.550	3.00	1	1.7
10	1	ΛΠ - 7	0.000	1.20	1	0.0
11	1	ΛΠ - 7	0.000	1.20	1	0.0
12	1	ΔΣ - 52	0.000	13.60	1	0.0
13	1	ΔΦ - 11	0.050	13.60	1	0.7
14	1	ΞΓ - 11	-0.20	3.00	1	-0.6
15	1	ΞΓ - 11	-0.20	3.00	1	-0.6
16	1	ΥΠ - 7	0.550	1.10		0.0
17	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
18	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
19	1	ΔΣ - 52	0.000	10.00	0.604	0.0
20	1	ΔΦ - 11	0.050	10.00	0.604	0.3
21	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00	0.604	0.2
22	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00	0.604	0.2
23	1	ΔΣ - 52	0.000	0.10		0.0
24	1	ΔΦ - 11	0.050	0.10		0.0
25	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00		0.0
26	1	ΔΣ - 52	0.000	0.10		0.0
27	1	ΔΦ - 11	0.050	0.10		0.0
28	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00		0.0
29	1	ΔΣ - 52	0.000	10.00	0.604	0.0
30	1	ΔΦ - 11	0.050	10.00	0.604	0.3
31	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00	0.604	0.2
32	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00	0.604	0.2
33	1	ΥΠ - 7	0.550	0.90		0.0
34	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
35	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
36	1	ΥΠ - 7	0.550	0.90		0.0
37	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
38	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
39	1	ΥΠ - 7	0.550	0.90		0.0
40	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
41	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
42	1	ΥΠ - 7	0.550	2.00		0.0
43	1	ΥΠ - 7	0.550	2.00		0.0
44	1	ΛΠ - 7	0.000	1.20		0.0
45	1	ΛΠ - 7	0.000	1.20		0.0
46	1	ΔΣ - 52	0.000	13.60	0.604	0.0
47	1	ΔΦ - 11	0.050	13.60	0.604	0.4
48	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00	0.604	0.2
49	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00	0.604	0.2
				174.90		8.8

Για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης

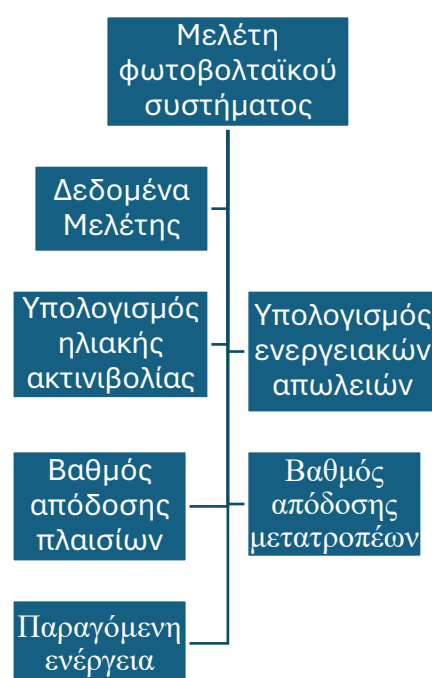
αα	επίπεδο	κατηγορία	Ψ [W/(mK)]	l [m]	b	$\Sigma(b \times l \times \Psi)$ [W/K]
1	1	ΥΠ - 7	0.550	1.10	1	0.6
2	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20	1	0.0
3	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20	1	0.0
4	1	ΥΠ - 7	0.550	3.00	1	1.7
5	1	ΥΠ - 7	0.550	3.00	1	1.7
6	1	ΛΠ - 7	0.000	1.20	1	0.0
7	1	ΛΠ - 7	0.000	1.20	1	0.0
8	1	ΥΠ - 7	0.550	3.00	1	1.7

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ

9	1	ΥΠ - 7	0.550	3.00	1	1.7
10	1	ΛΠ - 7	0.000	1.20	1	0.0
11	1	ΛΠ - 7	0.000	1.20	1	0.0
12	1	ΔΣ - 52	0.000	13.60	1	0.0
13	1	ΔΦ - 11	0.050	13.60	1	0.7
14	1	ΞΓ - 11	-0.20	3.00	1	-0.6
15	1	ΞΓ - 11	-0.20	3.00	1	-0.6
16	1	ΥΠ - 7	0.550	1.10		0.6
17	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
18	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
19	1	ΔΣ - 52	0.000	10.00	0.604	0.0
20	1	ΔΦ - 11	0.050	10.00	0.604	0.3
21	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00	0.604	0.2
22	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00	0.604	0.2
23	1	ΔΣ - 52	0.000	0.10		0.0
24	1	ΔΦ - 11	0.050	0.10		0.0
25	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00		0.3
26	1	ΔΣ - 52	0.000	0.10		0.0
27	1	ΔΦ - 11	0.050	0.10		0.0
28	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00		0.3
29	1	ΔΣ - 52	0.000	10.00	0.604	0.0
30	1	ΔΦ - 11	0.050	10.00	0.604	0.3
31	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00	0.604	0.2
32	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00	0.604	0.2
33	1	ΥΠ - 7	0.550	0.90		0.5
34	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
35	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
36	1	ΥΠ - 7	0.550	0.90		0.5
37	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
38	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
39	1	ΥΠ - 7	0.550	0.90		0.5
40	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
41	1	ΛΠ - 7	0.000	2.20		0.0
42	1	ΥΠ - 7	0.550	2.00		1.1
43	1	ΥΠ - 7	0.550	2.00		1.1
44	1	ΛΠ - 7	0.000	1.20		0.0
45	1	ΛΠ - 7	0.000	1.20		0.0
46	1	ΔΣ - 52	0.000	13.60	0.604	0.0
47	1	ΔΦ - 11	0.050	13.60	0.604	0.4
48	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00	0.604	0.2
49	1	ΣΓ - 9	0.100	3.00	0.604	0.2
				174.90		13.7

Μελέτη Φωτοβολταϊκού συστήματος

Διάγραμμα ροής για την μελέτη του φ/β συστήματος



1.Χρήση Λογισμικού PVsyst για τον Υπολογισμό Παραγωγής Ενέργειας

Περιγραφή της Μεθοδολογίας

Για την εκτίμηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας του φωτοβολταϊκού συστήματος στο Θριάσιο Νοσοκομείο, χρησιμοποιήθηκε το εξειδικευμένο λογισμικό προσομοιώσεων PVsyst (έκδοση 7.3.3), το οποίο αποτελεί διεθνές πρότυπο εργαλείο στον τομέα των ηλιακών εφαρμογών.

Εισαγόμενα Δεδομένα – Τοποθεσία και Κλίμα

Τοποθεσία: Ελευσίνια, Συντεταγμένες: 38.05°N, 23.53°E, Υψόμετρο: 13μ. Κλιματικά δεδομένα: Meteonorm 8.1. Ηλιακή ακτινοβολία: 1703,5 kWh/m²/έτος, Μέση θερμοκρασία: 18,5°C.

Χαρακτηριστικά του Συστήματος

Ισχύς: 500 kW_p, 752 πάνελ × 665 W_p, Επιφάνεια: 2.336 m², Κλίση: 10°, Απόκλιση: -10° από Νότο, 16 Inverters των 25 kW_{ac}, Συνολικό AC: 388 kW.

Αποτελέσματα

Παραγόμενη ενέργεια: 736.693 kWh/έτος, PR: 81,22%, Ειδική παραγωγή: 1473 kWh/kW_p/έτος, Παραγωγικότερος μήνας: Ιούνιος, Λιγότερο: Δεκέμβριος.

Απώλειες

Θερμικές: -7,36%, Inverter: -5,01%, Mismatch: -2,10%, Ποιότητα πάνελ: +0,38%, Καλωδιώσεις: -1,01%, IAM Loss: -2,65%.

Συμπεράσματα

Το PVsyst εξασφάλισε τεχνική αξιοπιστία και επαρκή πρόβλεψη παραγωγής για την προτεινόμενη εγκατάσταση, υπολογίζοντας παραγωγή 736.693 kWh/έτος.

2. Χρήση Λογισμικού 4M Fine για τον Σχεδιασμό Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Γενικά για το λογισμικό Fine

Το 4M Fine είναι CAD περιβάλλον βασισμένο σε αρχεία τύπου DWG, ιδανικό για μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές αποτυπώσεις, και χρησιμοποιήθηκε για την ακριβή σχεδίαση και χωροθέτηση του Φ/Β συστήματος.

Χρήση του Fine στη μελέτη

Χρησιμοποιήθηκε για την αποτύπωση του δώματος, τοποθέτηση πλαισίων, καθορισμό διαδρομών καλωδίων, βάσεων και γωνιακής διάταξης. Έγινε προσομοίωση του προσανατολισμού και υπολογισμός σκιάσεων.

Εισαγόμενα Δεδομένα

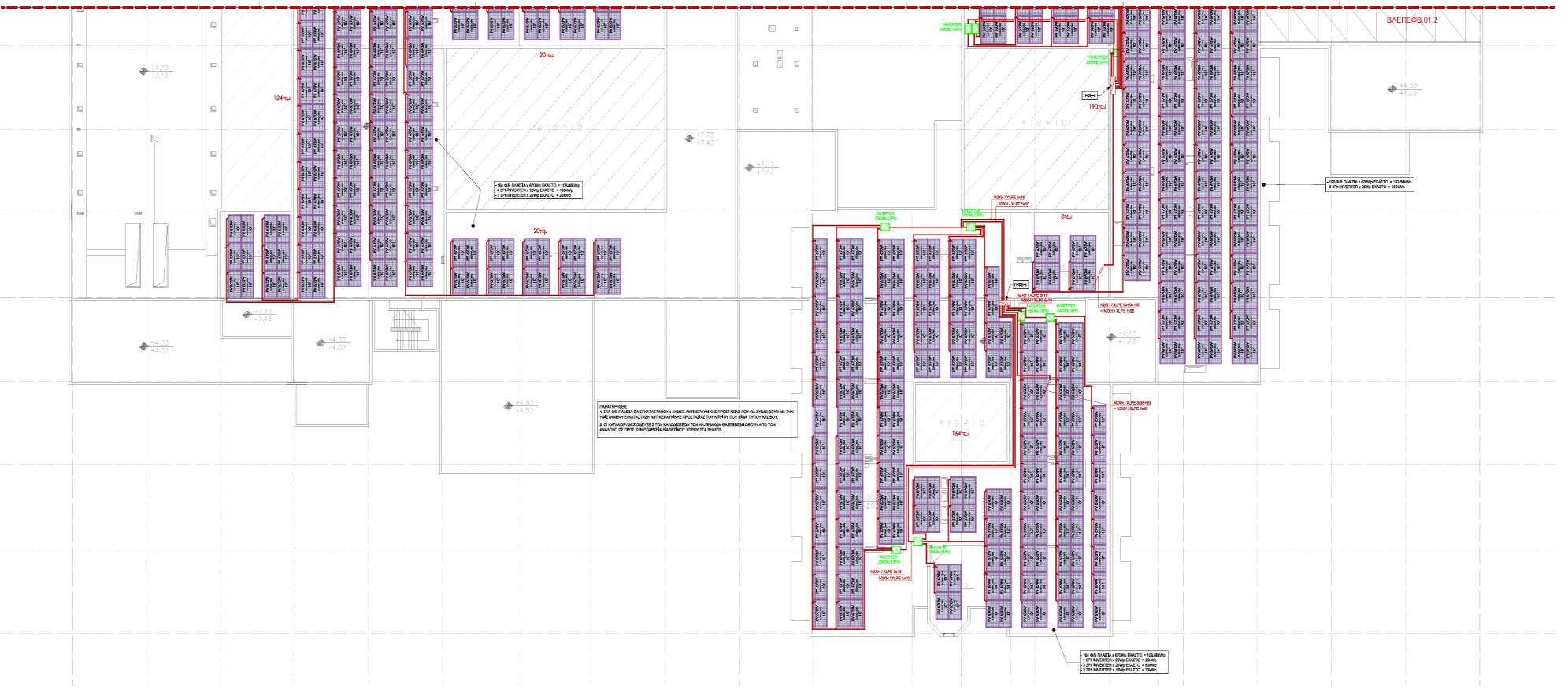
Κατόψεις: DWG, Επιφάνεια δώματος: 3.000 m², Κλίση: 10°, Απόκλιση: -10°, 746 πάνελ των 670 Wp, ελάχιστες αποστάσεις σκίασης.

Παραγόμενα Αρχεία

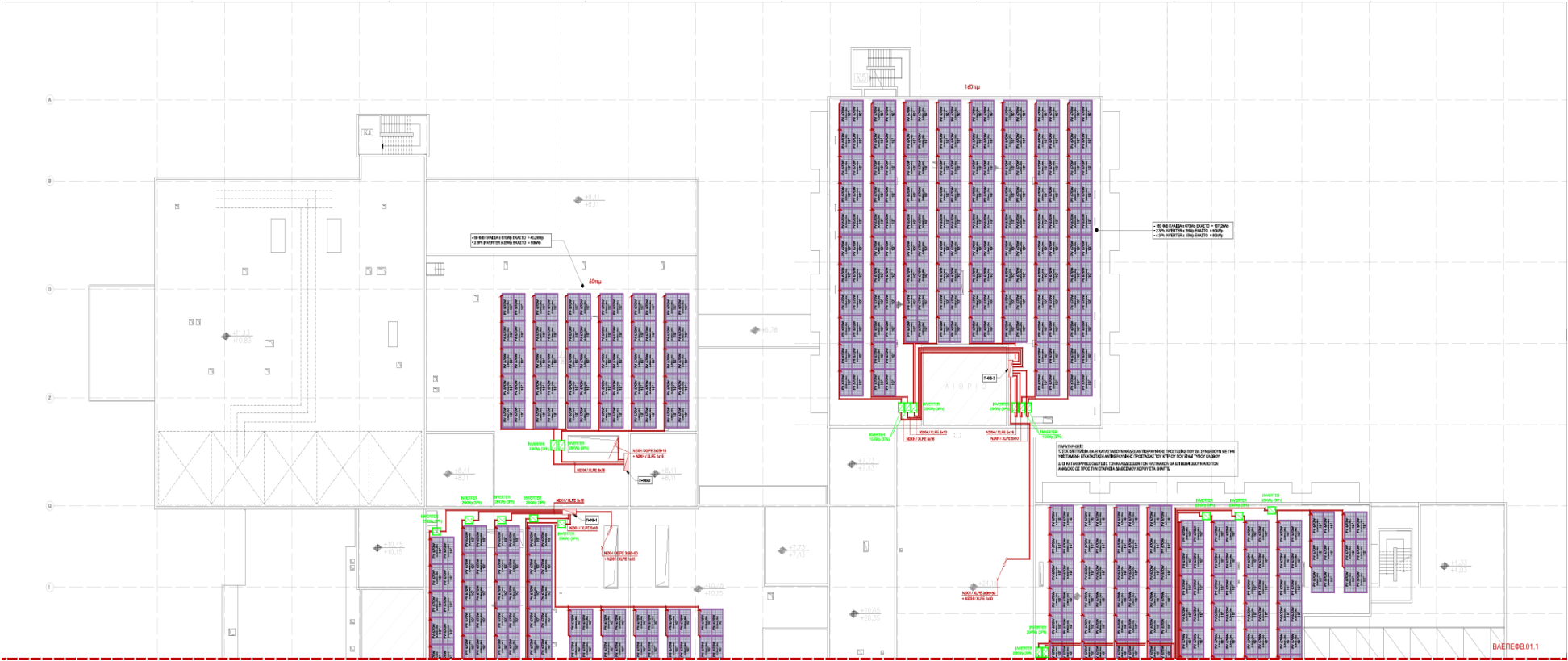
Παρήχθησαν τελικά αρχιτεκτονικά σχέδια τοποθέτησης, διατάξεις σύνδεσης, καλωδιώσεων και θέσεων inverters. Τα σχέδια εντάχθηκαν στον φάκελο μελέτης.

Συμπεράσματα

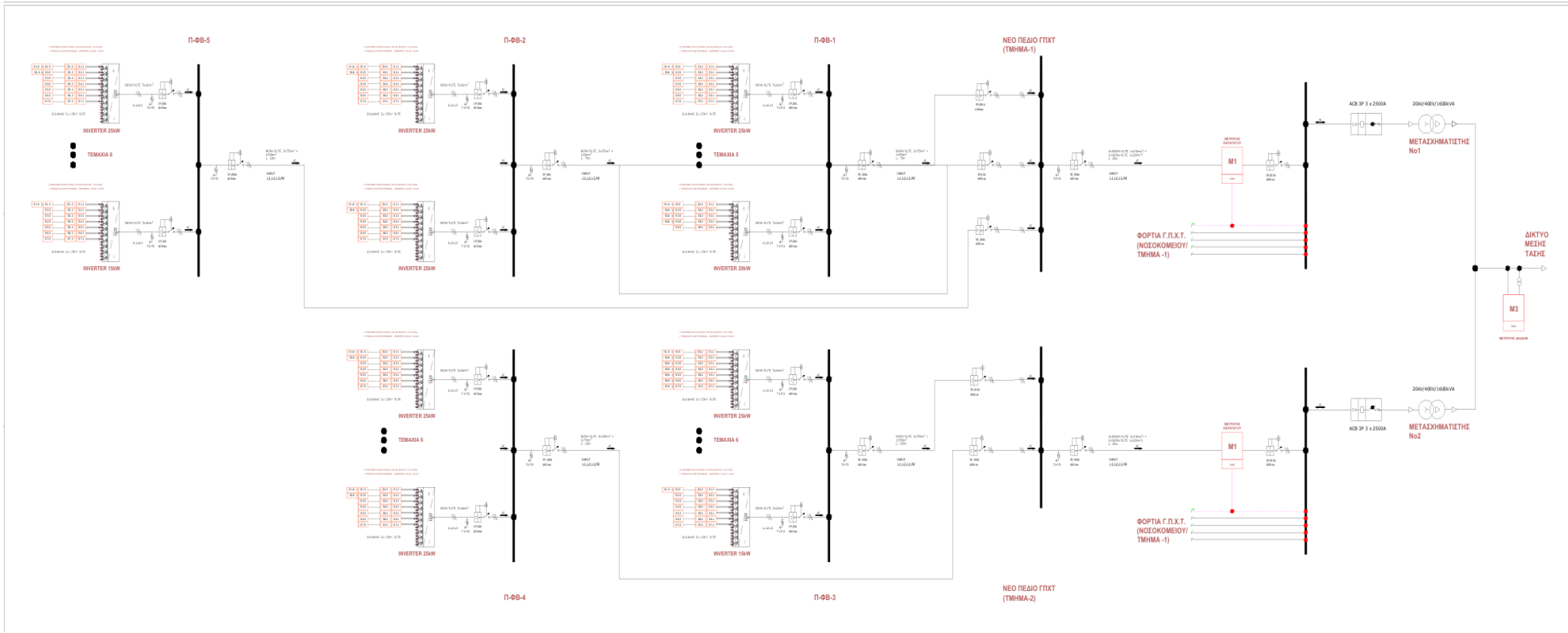
Το gCAD συνέβαλε καθοριστικά στη σωστή αποτύπωση του Φ/Β συστήματος και υποστήριξε το PVsyst με αξιόπιστη γεωμετρική τεκμηρίωση.



Κάτοψη Δωμάτων Θριασίου Τμήμα Α Φωτοβολταϊκό σύστημα



Κάτοψη Δωμάτων Θριασίου Τμήμα Β Φωτοβολταϊκό σύστημα



Μονογραμμικό Διάγραμμα Χ.Τ Φωτοβολταϊκού συστήματος Θριασίου

Τεύχος Μελέτης φωτοβολταϊκού συστήματος

ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη αφορά την τεχνο-οικονομική αξιολόγηση συστήματος Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών συνδεδεμένων με το δίκτυο της ΔΕΗ. Η σύνταξή της βασίστηκε στα ακόλουθα βοηθήματα:

α) Εφαρμογές της Ηλιακής Ενέργειας, Ε. Βαζαίος

β) Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις, Στ. Πέρδιος

γ) German Solar Energy Society, 'Planning and installing Photovoltaic Systems: A Guide for installers, Architects and Engineers.' James and James/Earthscan, 2005

2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Υπολογισμός Ηλεκτρικής Ενέργειας ΦΒ Πλαισίου

Λαμβάνοντας υπόψιν τους συντελεστές μείωσης της απόδοσης, η μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια, που παράγουν Ν ΦΒ πλαίσια επί ένα χρονικό διάστημα, δίνεται από τη σχέση:

$$E_{m\Pi} = E_{HA} \cdot N \times S_{\Pi} \times \eta_{\Pi} \cdot \sigma_{\alpha} \times \sigma_{\kappa} \times \sigma_{\mu}$$

Όπου:

E_{HA} : ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας

S_{Π} : επιφάνεια ΦΒ πλαισίου

η_{Π} : βαθμός απόδοσης ΦΒ πλαισίου $\eta_{\Pi} = \eta_{STC} \times \sigma_{\gamma} \times \sigma_{\delta} \times \sigma_{\theta} \times \sigma_{\rho}$

η_{STC} : βαθμός απόδοσης ΦΒ πλαισίου σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου STC

$\sigma_{\gamma} / \sigma_{\rho} / \sigma_{\theta} / \sigma_{\delta}$: συντελεστής γήρανσης/ρύπανσης/θερμοκρασίας/διόδου

$\sigma_{\alpha} \times / \sigma_{\kappa} / \sigma_{\mu}$: συντελεστής ανομοιογένειας/καλωδιώσεων/απωλειών μεταφοράς ενέργειας

Επίδραση της θερμοκρασίας

Η απόδοση των Φ/Β στοιχείων επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Ο συντελεστής απόδοσης που δίνεται για τα ηλιακά στοιχεία ή για τα Φ/Β πλαίσια αντιστοιχεί σε μια συμβατική θερμοκρασία 20°C, που συχνά, τους θερινούς μήνες διαφέρει αξιόλογα από την πραγματική θερμοκρασία του στοιχείου. Έχει μετρηθεί ότι λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται αλλά και λόγω των ηλεκτρικών απωλειών που πραγματοποιούνται πάνω τους, στις αντιστάσεις σειράς, τα ηλιακά στοιχεία αποκτούν κατά τη λειτουργία τους θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος κατά 25 ως 30 C, ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Για τη διόρθωση του παραπάνω σφάλματος χρησιμοποιείται ο αδιάστατος συντελεστής σ_{θ} που ορίζεται ως εξής:

$$\sigma_{\theta} = 1 - ((t_{\alpha} + 30) - 25) \cdot 0.004$$

όπου:

t_{α} : η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα

Βαθμός Απόδοσης ΦΒ Πλαισίου

Το πηλίκο της μέγιστης αποδιδόμενης ηλεκτρικής ισχύος προς την προσπίπτουσα ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας, ονομάζεται βαθμός απόδοσης η_{Π} του ΦΒ πλαισίου.

$$\eta_{\pi} = \frac{P_{m\pi}}{P_{HA}}$$

όπου:

P_{mΠ} : μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς ΦΒ πλαισίου

P_{HA} : ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας

Αν η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας δίνεται ανά μονάδα επιφάνειας, δηλαδή σε , η σχέση του βαθμού απόδοσης γίνεται

$$\eta_{\pi} = \frac{P_{m\pi}}{P_{HA} \cdot S_{\pi}}$$

όπου:

P_{mΠ} : μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς ΦΒ πλαισίου

P_{HA} : ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας

S_Π : επιφάνεια ΦΒ πλαισίου

Ο βαθμός απόδοσης η_π του ΦΒ πλαισίου επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

• Γήρανση

Η απόδοση του ΦΒ πλαισίου μειώνεται λόγω της αλλοίωσης των υλικών κατασκευής των ΦΒ στοιχείων. Για τη διαχρονική μείωση της απόδοσης λαμβάνουμε το **συντελεστή γήρανσης σ_γ = 0,90**.

• Ρύπανση επιφάνειας

Η απόδοση του ΦΒ πλαισίου μειώνεται λόγω της ρύπανσης της επιφάνειας του από την επικάθηση σκόνη, φύλλων, χιονιού, αλατιού από τη θάλασσα, εντόμων, ακαθαρσιών κλπ. Γι’ αυτό λαμβάνουμε ένα συντελεστή ρύπανσης σ_ρ με τις ακόλουθες τιμές:

σ_ρ = 0,95 για πλαίσια που καθαρίζονται συχνά

0,90 για πλαίσια ελαφρώς σκονισμένα

0,80 για πλαίσια οριζόντια και ακάθαρτα

• Δίοδος αντεπιστροφής

Η δίοδος αντεπιστροφής ΔΑ, που εμποδίζει την εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή διαμέσου του ΦΒ πλαισίου, όταν αυτό δεν φωτίζεται, προκαλεί απώλειες ενέργειας της τάξης του 1%. Οι απώλειες αυτές λαμβάνονται υπόψιν με τον **συντελεστή απωλειών διόδου σ_δ = 0,99**.

Στους υπολογισμούς των ΦΒ συστημάτων, ο βαθμός απόδοσης η_{STC} του ΦΒ πλαισίου, που δίνεται σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου STC, θα πρέπει να πολλαπλασιάζεται με το γινόμενο των συντελεστών μείωσης της απόδοσης (σ_γ × σ_δ × σ_θ × σ_ρ).

3.ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Η οικονομική αξιολόγηση της ΦΒ εγκατάστασης γίνεται με βάση τους εξής οικονομικούς συντελεστές

- α) τη καθαρά παρούσα αξία και
- β) τον εσωτερικό συντελεστή απόδοσης της εγκατάστασης.

Η έντοκη περίοδος αποπληρωμής καθορίζει το έτος από το οποίο αρχίζει η επένδυση να χαρακτηρίζεται βιώσιμη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ -					
ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ 1					
ΟΝΟΜΑ ΠΟΛΗΣ		: Αθήνα (Ελευσίνα)			
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ		: 38.05°			
ΚΛΙΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗ		: 10.0°			
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ		: N			
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΚΙΑΣΗΣ		: 1.0			
ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΕΣ	ΘΕΡΜ/ΣΙΑ	ΗΛ.ΑΚΤΙΝ.	ΗΛ.ΑΚΤΙΝ.	ΗΛ. ΑΚΤΙΝ.
	ΑΕΡΑ	ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ	ΑΝΑ ΜΗΝΑ	ΜΕ ΣΚΙΑΣΗ	
ΑΝΑ ΜΗΝΑ					
	(°C)	(KWh/m2)	(KWh/m2)	(KWh/m2)	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	10.3	3.16	98.03	98.03
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	10.6	3.88	108.65	108.65
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	12.3	4.32	133.99	133.99
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	16.0	5.65	169.44	169.44
ΜΑΙΟΣ	31	20.7	6.20	192.14	192.14
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	25.4	6.72	201.54	201.54
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	28.1	6.60	204.66	204.66
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	31	28.0	6.42	199.02	199.02
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	24.3	5.72	171.63	171.63
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	19.6	4.31	133.46	133.46
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	15.4	2.96	88.76	88.76
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	12	2.44	75.68	75.68
ΣΥΝΟΛΟ				1777.00	1777.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ - ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ 1					
ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΕΣ	ΗΛΙΑΚΗ	ΗΛΙΑΚΗ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ	ΠΑΡΑΓ. ΗΛ.
	ΑΚΤΙΝ/ΜΗΝΑ	ΑΚΤΙΝ/ΜΗΝΑ	ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΕΝΕΡΓ/ΗΜΕΡΑ	
	(KWh)	ΜΕ ΣΚΙΑΣΗ	(KWh)		
		(KWh)			
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31	98.03	98.03	0.00	0.00
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	28	108.65	108.65	0.00	0.00
ΜΑΡΤΙΟΣ	31	133.99	133.99	0.00	0.00
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	30	169.44	169.44	0.00	0.00
ΜΑΙΟΣ	31	192.14	192.14	0.00	0.00
ΙΟΥΝΙΟΣ	30	201.54	201.54	0.00	0.00
ΙΟΥΛΙΟΣ	31	204.66	204.66	0.00	0.00
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	31	199.02	199.02	0.00	0.00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30	171.63	171.63	0.00	0.00
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	31	133.46	133.46	0.00	0.00
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	30	88.76	88.76	0.00	0.00
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	31	75.68	75.68	0.00	0.00
	ΣΥΝΟΛΟ	1777.00	1777.00	0.00	

ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το ΦΒ σύστημα που είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο περιλαμβάνει τη ΦΒ συστοιχία, το μετατροπέα τάσεως DC-AC (inverter) και δυο μετρητές για την εξερχόμενη και εισερχόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

1.Επιθυμητή ισχύς αιχμής ΦΒ συστοιχίας P_{pΣ}

P _{pΣ} (W _p)	Προσανατολισμός (°)
670	180

2.Επιθυμητή επιφάνεια εγκατάστασης ΦΒ συστοιχίας S_Σ

S _Σ (m ²)	Προσανατολισμός (°)
427.50	180

3.Γωνία κλίσης πλαισίων

Επιλέγεται γωνία κλίσης β και προσανατολισμός ως εξής:

Γωνία κλίσης β (°)	Προσανατολισμός ς (°)
10.00	180

4.Αριθμός συλλεκτών

Επιλέγεται συλλέκτης τύπου **Trina Solar** με ισχύ αιχμής συλλέκτη **P_{pΠ} = 0.67kW_p**

$$N = \frac{P_{p\Sigma}}{P_{p\Pi}}$$

N=746 συλλέκτες

P_{pΠ}

Ο αριθμός των συλλεκτών ανά στοιχειοσειρά που επιλέγεται θα πρέπει να είναι μεταξύ 12 και 19 και ο αριθμός των στοιχειοσειρών ανά μετατροπέα τάσης δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το 4.

Επομένως, θα τοποθετηθούν **12 συλλέκτες ανά στοιχειοσειρά** και συνολικά **62 στοιχειοσειρές**.

5. Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά συλλεκτών

Οι συγκεκριμένοι συλλέκτες έχουν τα εξής ηλεκτρικά χαρακτηριστικά:

Τάση ανοιχτού κυκλώματος στους -10°C : $V_{oc(-10^{\circ}\text{C})} = 46.01$

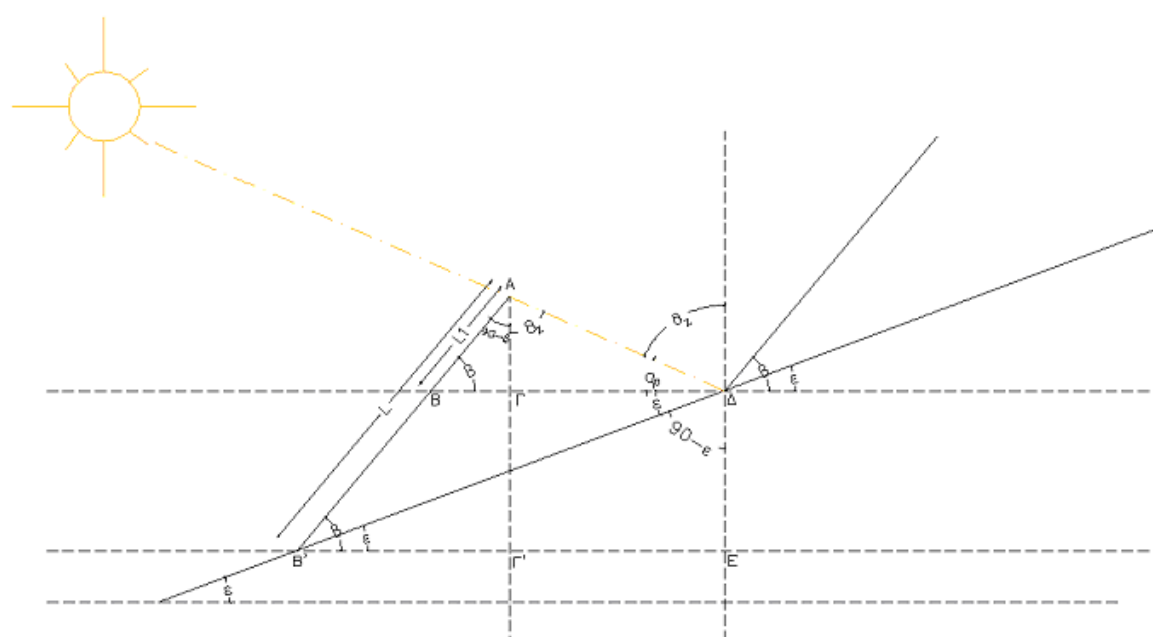
Τάση στο μέγιστο σημείο ισχύος στους 70°C : $V_{mpp(70^{\circ}\text{C})} = 38.20$

Ρεύμα στο μέγιστο σημείο ισχύος σε STC : $I_{mpp} = 17.55$

6. Συνδεσμολογία ΦΒ συστοιχίας – Απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των συλλεκτών

Κατά την τοποθέτηση των ΦΒ πλαισίων της συστοιχίας απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, γιατί δεν πρέπει η μια σειρά πλαισίων να σκιάζει αισθητά την επόμενη.

Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δυο γειτονικών σειρών ΦΒ πλαισίων υπολογίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:



$$B'D = L * \sin(\beta + \alpha_p) / \sin(\alpha_p + \epsilon)$$

Όπου:

β : Κλίση ηλιακού συλλέκτη

ϵ : Κλίση του επιπέδου τοποθέτησης του συλλέκτη

φ : Γεωγραφικό μήκος

γ : Αζιμούθια γωνία

ω : Ωριαία γωνία

L : Μήκος συλλέκτη

α_p : Γωνία που σχηματίζει ο Ήλιος με το οριζόντιο επίπεδο

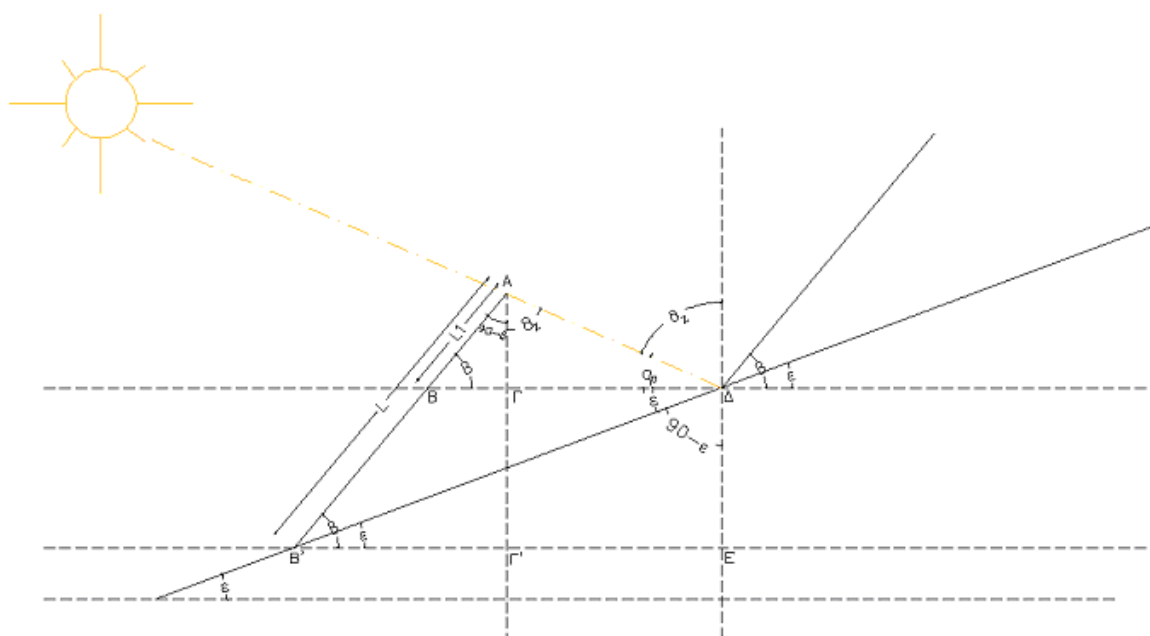
$B'D$: Η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των συλλεκτών

Η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των συλλεκτών για κάθε προσανατολισμό φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Ελάχιστη απόσταση συλλεκτών (m)	Προσανατολισμός (°)
4.03	180

7.Εμβαδόν οριζόντιας έκτασης

Το εμβαδόν της οριζόντιας έκτασης που απαιτείται για την τοποθέτηση των ΦΒ πλαισίων ή συστοιχιών, ανά προσανατολισμό, βρίσκεται από του παρακάτω υπολογισμού:



Η απόσταση B'E υπολογίζεται ως εξής: $B'E = \cos(\epsilon) * L * \sin(\beta + \alpha_p) / \sin(\alpha_p + \epsilon)$

Το απαιτούμενο εμβαδόν οικοπέδου δίνεται από τη σχέση: $A = B'E * \pi$

Όπου:

A : Απαιτούμενο εμβαδόν οικοπέδου

π : Πλάτος πλαισίου

ϵ : Κλίση του επιπέδου τοποθέτησης του συλλέκτη

B'E : οριζόντια απόσταση μεταξύ συλλεκτών

β : Κλίση ηλιακού συλλέκτη

ϕ : Γεωγραφικό μήκος

γ : Αζιμούθια γωνία

ω : Ωριαία γωνία

L : Μήκος συλλέκτη

α_p : Γωνία που σχηματίζει ο Ήλιος με το οριζόντιο επίπεδο

B'D : Η απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των συλλεκτών

Στην περίπτωσή μας το συνολικό απαιτούμενο εμβαδόν τοποθέτησης των ΦΒ πλαισίων υπολογίζεται ίσο με **3000.00 m²**.

Παρατηρούμε ότι το απαιτούμενο εμβαδόν τοποθέτησης των ΦΒ πλαισίων καλύπτεται πλήρως από τα τετραγωνικά της επιθυμητής επιφάνειας εγκατάστασης.

8.Ισχύς αιχμής εγκατάστασης

Η υπολογιζόμενη ισχύς αιχμής της εγκατάστασης είναι το γινόμενο της ισχύος αιχμής συλλέκτη επί τον αριθμό συλλεκτών της εγκατάστασης:

$$P = 0.67 \cdot 746 = 499.82 \text{ KW}_P$$

Παρατηρούμε ότι η υπολογιζόμενη ισχύς αιχμής της εγκατάστασης υπερκαλύπτει την επιθυμητή ισχύ αιχμής.

9.Μετατροπéας τάσης DC/AC (Inverter)

Επιλέγεται μετατροπéας τάσης τύπου Sunny Tri Power X 22-50 με μέγιστη ισχύ εισόδου DC ίση με **30000.00 W** και ονομαστική ισχύ εξόδου AC ίση με **20000.00 W**.

Ο βαθμός χρησιμοποίησης του μετατροπέα είναι 2.97 και τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του είναι:

Μέγιστη τάση εισόδου : **$V_{\max \text{ DC}} = 1000.00$**

Ελάχιστη τάση εισόδου mpp : **$V_{\min \text{ mpp}} = 580.00$**

Μέγιστη τάση εισόδου mpp : **$V_{\max \text{ mpp}} = 800.00$**

Μέγιστο ρεύμα εισόδου : **$I_{\max \text{ DC}} = 24.00$**

Μέγιστος βαθμός απόδοσης : **$\eta_{\max} = 0.982$**

Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης : **$\eta_{\text{EURO}} = 0.979$**

10. Έλεγχοι ανά στοιχειοσειρά της εγκατάστασης

Προκειμένου να γίνει σωστή αντιστοίχιση των στοιχειοσειρών της εγκατάστασης με τον μετατροπέα τάσης DC/AC, ελέγχονται οι παρακάτω ανισότητες και το αποτέλεσμα είναι ότι ισχύουν και οι τρεις.

$V_{OC(-10^{\circ}\text{C})}$ (στοιχειοσειράς) $\leq V_{\max \text{ DC}} \hat{=} 601.32 \leq 1000.00$

$V_{\text{mpp}(70^{\circ}\text{C})}$ (στοιχειοσειράς) $\geq V_{\min \text{ mpp}} \hat{=} 519.60 \geq 580.00$

$V_{\text{mpp}(20^{\circ}\text{C})}$ (στοιχειοσειράς) $\leq V_{\max \text{ mpp}} \hat{=} 559.92 \leq 800.00$

Ο ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: ΘΡΙΑΣΙΟ

Variant: New simulation variant

No 3D scene defined, no shadings

System power: 500 kWp

Elefsí na - Greece

Project summary			
Geographical Site Elefsi na Greece	Situation		Project settings
	Latitude	38.05 °N	Albedo
	Longitude	23.53 °E	0.20
	Altitude	13 m	
	Time zone	UTC+2	
Meteo data Elefsi na Meteonorm 8.1 (2005-2013), Sat=100% - Synthetic			

System summary			
Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation		Near Shadings	
Fixed plane		No Shadings	
Tilt/Azimuth		User's needs	
10 / -10 °		Unlimited load (grid)	
System information			
PV Array		Inverters	
Nb. of modules		Nb. of units	
752 units		15.5 units	
Pnom total		Pnom total	
500 kWp		388 kWac	
		Pnom ratio	
		1.291	

Results summary					
Produced Energy	736693 kWh/year	Specific production	1473 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	81.22 %

Table of contents	
Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Predef. graphs	6

General parameters		
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation		
Orientation	Sheds configuration	Models used
Fixed plane	No 3D scene defined	Transposition Perez
Tilt/Azimuth	10 / -10 °	Diffuse Perez, Meteonorm
		Circumsolar separate
Horizon	Near Shadings	User's needs
Free Horizon	No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics			
PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	TSM-DEG21C-20-665Wp Vertex	Model	Sunny Tripower 25000TL-30
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	665 Wp	Unit Nom. Power	25.0 kWac
Number of PV modules	752 units	Number of inverters	31 * MPPT 50% 15.5 units
Nominal (STC)	500 kWp	Total power	388 kWac
Modules	47 Strings x 16 In series	Operating voltage	390-800 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	1.29
Pmpp	458 kWp	No power sharing between MPPTs	
U mpp	556 V		
I mpp	824 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	500 kWp	Total power	388 kWac
Total	752 modules	Nb. of inverters	16 units
Module area	2336 m²		0.5 unused
		Pnom ratio	1.29

Array losses		
Thermal Loss factor	DC wiring losses	Module Quality Loss
Module temperature according to irradiance	Global array res.	Loss Fraction
Uc (const)	11 mΩ	-0.4 %
Uv (wind)	Loss Fraction	
0.0 W/m²K/m/s	1.5 % at STC	
Module mismatch losses	Strings Mismatch loss	
Loss Fraction	Loss Fraction	
2.0 % at MPP	0.1 %	
IAM loss factor		
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290		
0°	30°	50°
1.000	0.999	0.987
	60°	70°
	0.962	0.892
	75°	80°
	0.816	0.681
	85°	90°
	0.440	0.000

Main results

System Production

Produced Energy

736693 kWh/year

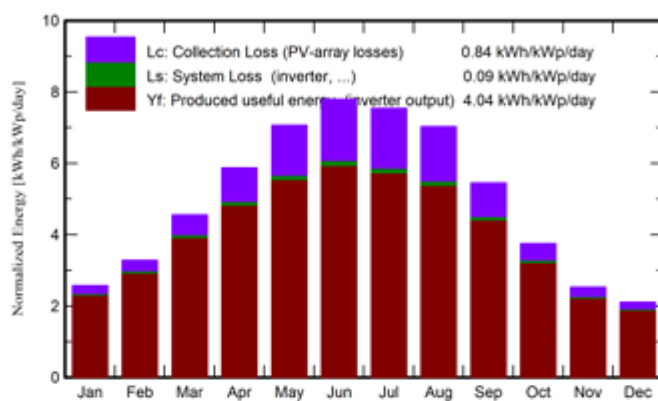
Specific production

1473 kWh/kWp/year

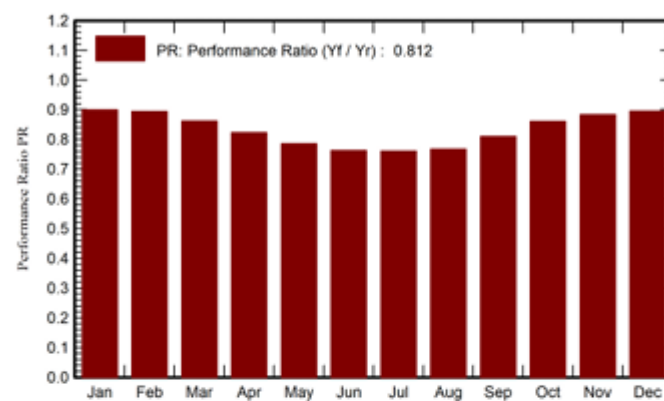
Perf. Ratio PR

81.22 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	ratio
January	65.4	27.83	9.13	79.6	76.3	36539	35788	0.899
February	80.8	41.40	9.69	91.8	88.8	41886	41027	0.894
March	129.4	61.13	12.56	141.1	137.2	62116	60835	0.862
April	167.6	72.65	15.71	176.2	171.9	74088	72507	0.823
May	215.0	76.26	21.13	219.1	214.1	87949	86018	0.785
June	232.5	69.05	25.80	233.7	228.7	91251	89144	0.763
July	231.0	72.05	29.45	233.8	228.6	91078	88939	0.761
August	209.1	63.82	29.49	217.8	212.9	85509	83531	0.767
September	151.2	56.66	23.91	163.5	159.4	67741	66218	0.810
October	102.6	48.37	19.30	116.2	112.6	51117	50015	0.861
November	65.1	36.46	14.71	75.8	72.7	34166	33446	0.883
December	53.9	28.46	10.80	65.3	62.4	29857	29227	0.896
Year	1703.5	654.15	18.53	1813.8	1765.7	753296	736693	0.812

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation

DiffHor Horizontal diffuse irradiation

T_Amb Ambient Temperature

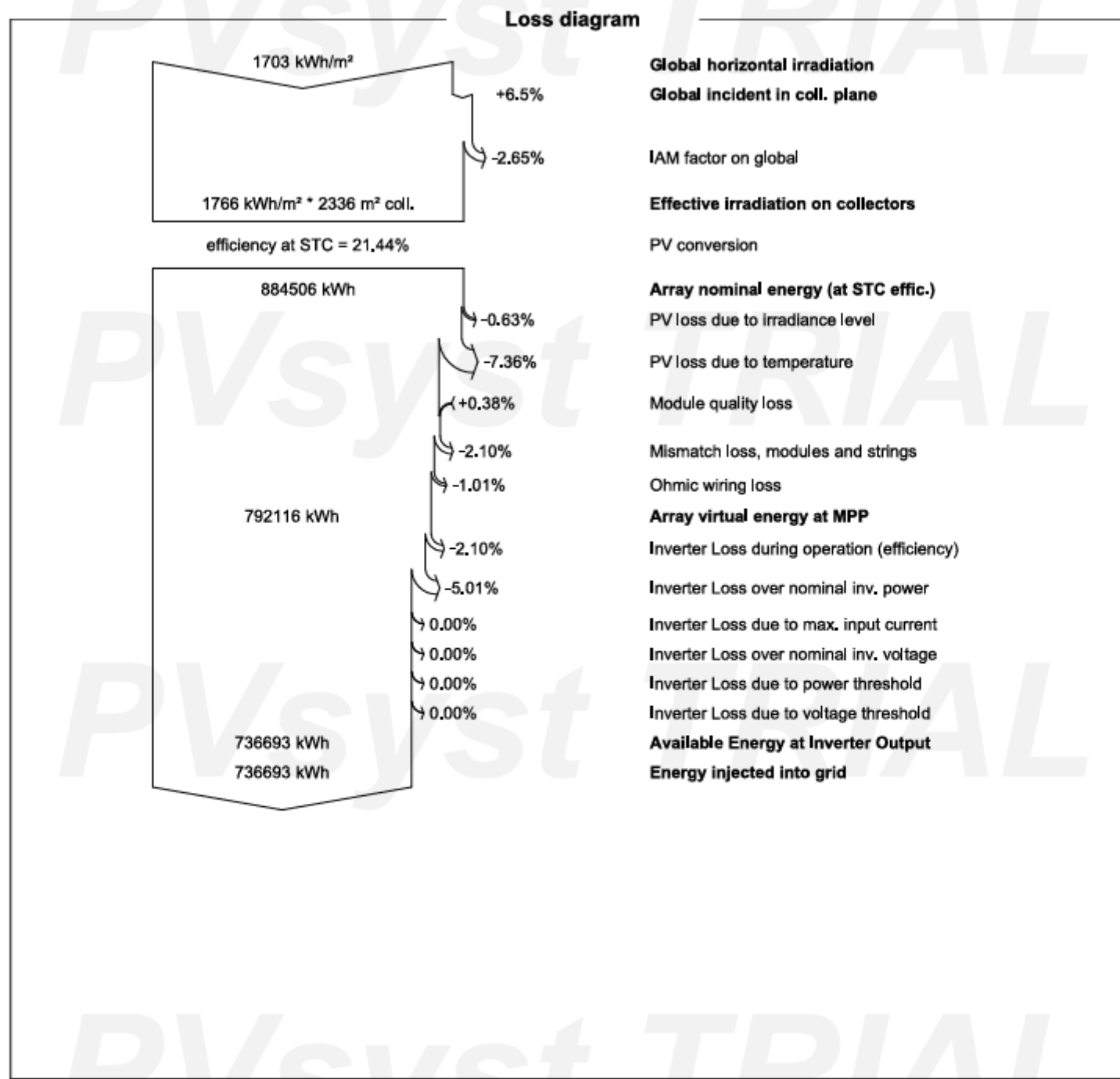
GlobInc Global incident in coll. plane

GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

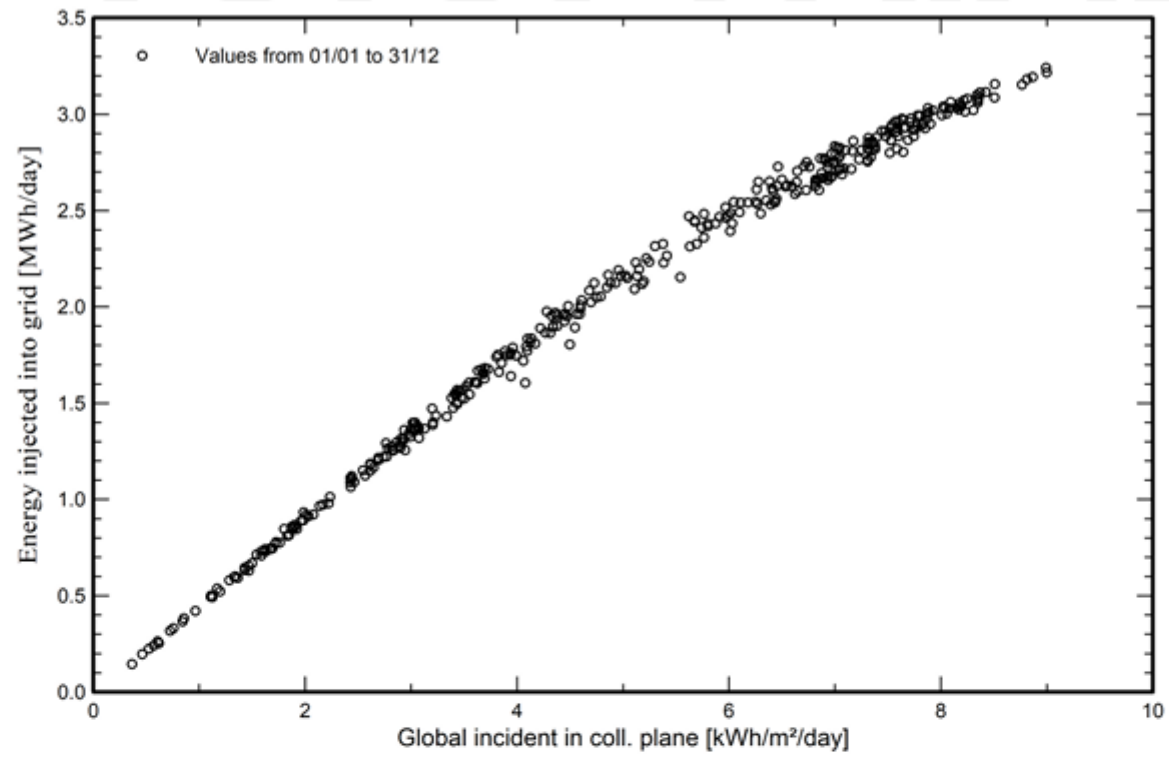
EArray Effective energy at the output of the array

E_Grid Energy injected into grid

PR Performance Ratio



Predef. graphs
Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution

