



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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση
εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα
φωτισμού του κτηρίου Χημικών Μηχανικών
Ε.Μ.Π. - Επίπεδα 2, 4 και 5

Αθανάσιος-Αλέξανδρος Ι. Γεωργίου

Επιβλέπων Καθηγητής : Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Ομότιμος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Επιβλέπων : Ευάγγελος – Νικόλαος Δ. Μαδιάς
Υποψήφιος Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2023



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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση
εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα
φωτισμού του κτηρίου Χημικών Μηχανικών
Ε.Μ.Π. - Επίπεδα 2, 4 και 5

Αθανάσιος-Αλέξανδρος Ι. Γεωργίου

Επιβλέπων Καθηγητής : Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ

Επιβλέπων : Ευάγγελος – Νικόλαος Δ. Μαδιάς
Υποψήφιος Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 26η
Οκτωβρίου 2023.

Τριμελής Επιτροπή Εξέτασης

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Ομότιμος Καθηγητής
ΕΜΠ

.....
Ιωάννης Φ. Γρόνος
Καθηγητής
ΕΜΠ

.....
Πάυλος Σ. Γεωργιλιάκης
Καθηγητής
ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

(Υπογραφή)

.....
Αθανάσιος-Αλέξανδρος Ι. Γεωργίου
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και
Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © -Αθανάσιος-Αλέξανδρος Ι. Γεωργίου, 2023.
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 αποτελεί μια ενεργειακή μελέτη στο φωτισμό των εσωτερικών χώρων των επιπέδων 2, 4 και 5 του κτηρίου της σχολής των Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στόχος της μελέτης είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού σε συνδυασμό με την βελτιστοποίηση της ποιότητας φωτισμού των χώρων που απαρτίζουν τα τρία προς μελέτη επίπεδα.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας παρουσιάζονται τα συνηθέστερα είδη λαμπτήρων που συναντώνται στις εγκαταστάσεις φωτισμού των κτηρίων του τριτογενούς τομέα (λαμπτήρες φθορισμού και LED) και επισημαίνεται η υπεροχή των LED τόσο στο τεχνολογικό κομμάτι όσο και στην ενεργειακή απόδοση. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στα Ευρωπαϊκά Πρότυπα και το Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), που ορίζουν τόσο την σωστή εκπόνηση μιας ενεργειακής μελέτης από τον μελετητή όσο και τις προδιαγραφές που αυτή πρέπει να καλύπτει. Τέλος γίνεται μια περιγραφή του κτηρίου των Χημικών Μηχανικών και των τριών επιπέδων που μελετήθηκαν στην εργασία.

Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται η αποτύπωση της υφιστάμενης εγκατάστασης φωτισμού όπως προέκυψε κατά την επιθεώρηση του κτηρίου και οι τρεις προτάσεις για την αναβάθμιση της. Η πρώτη πρόταση (Πρόταση Α) αποτελείται από την αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων (πυρακτώσεως, φθορισμού) με φωτιστικά σώματα με φωτοεκπέμπουσες διόδους (LED). Η δεύτερη πρόταση (Πρόταση Β) αφορά την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού των χώρων του κτηρίου μέσω της τοποθέτησης αισθητήρων φωτισμού. Τέλος η τρίτη πρόταση (Πρόταση Γ) στοχεύει στην αξιοποίηση των χώρων περιορισμένης κίνησης με την χρήση αισθητήρων παρουσίας-κίνησης.

Το τρίτο και τελευταίο μέρος της εργασίας απαρτίζεται από την οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση των τριών προτάσεων και την εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων με βάση αυτές.

Λέξεις κλειδιά: ενεργειακή αναβάθμιση, αισθητήρας φωτισμού, αισθητήρας παρουσίας/κίνησης, ενεργειακή μελέτη φωτισμού, αξιοποίηση φυσικού φωτισμού, Relux, εξοικονόμηση ενέργειας, φωτισμός κτηρίων εκπαίδευσης

Abstract

This thesis constitutes an energy study of the lighting in the interior spaces of levels 2, 4, and 5 of the building of the School of Chemical Engineering at the National Technical University of Athens. The remaining levels that make up the building were assigned to another student. The study's objective is the energy upgrade of the artificial lighting system in combination with the optimization of the lighting quality in the areas comprising the three levels under investigation.

In the first part of the thesis, the most common types of lamps found in the lighting installations of tertiary sector buildings (fluorescent and LED lamps) are presented, highlighting the superiority of LEDs in both technological aspects and energy efficiency. Additionally, reference is made to European Standards and the Building Energy Efficiency Regulation (KENAK), which define the correct conduct of an energy study by the engineer, as well as the specifications it should cover. Finally, there is a description of the building of the School of Chemical Engineering and the three levels examined in the thesis.

In the second part, the existing lighting installation, as revealed during the building inspection, is outlined along with the three proposed upgrades. The first proposal (Proposal A) involves replacing the existing luminaires (incandescent, fluorescent) with luminaires equipped with LED technology. The second proposal (Proposal B) concerns the utilization of natural lighting in the building's spaces through the installation of lighting sensors. Finally, the third proposal (Proposal C) aims to utilize areas with limited movement using presence/motion sensors.

The third and final part of the thesis consists of the economic and environmental evaluation of the three proposals and the draw of final conclusions based on them.

Key words: energy upgrade, lighting sensor, presence/motion sensor, lighting energy study, natural lighting utilization, Relux, energy saving, educational building lighting

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο, με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικές εργασίας, θα ήθελα να αναφερθώ και να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλαν στην προσπάθεια αυτή.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Φραγκίσκο Β. Τοπαλή, Ομότιμο Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου την παρούσα διπλωματική εργασία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου τον Υποψήφιο Διδάκτορα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Ευάγγελο-Νικόλαο Δ. Μαδιά για την πολύτιμη βοήθεια του, για την άριστη συνεργασία και την κρίσιμη καθοδήγηση του κατά την διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους/συμφοιτητές και συγγενείς μου για την συνεχή υποστήριξη και την θετική τους ενέργεια σε όλο το απαιτητικό αυτό διάστημα εκπόνησης της εργασίας μου.

Στο τέλος αυτής της μακράς διαδρομής όμως, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στην οικογένεια μου, στους γονείς μου Ιωάννη και Ευαγγελία, στην αδερφή μου Κατερίνα και στους παππούδες μου Χρήστο και Κατερίνα. Με το κλείσιμο αυτού του κύκλου, γνωρίζω πως δεν θα βρισκόμουν εδώ χωρίς την αμέριστη υποστήριξη, κατανόηση και αγάπη τους. Αυτή η διπλωματική εργασία αφιερώνεται σε εκείνους.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	7
Ευχαριστίες	9
1 Φωτεινές Πηγές	22
1.1 Εισαγωγή	22
1.2 Λαμπτήρες φθορισμού	22
1.2.1 Δομή και λειτουργία	22
1.2.1.1 Εκκινήτης και ballast	23
1.2.2 Βασικότερα είδη λαμπτήρων φθορισμού	25
1.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα	26
1.3 Φωτοεκπέμπουσες δίοδοι (LED)	26
1.3.1 Δομή και λειτουργία	27
1.3.1.1 Οδηγοί φωτιστικών LED (LED drivers)	28
1.3.2 Βασικότερα είδη φωτεινών πηγών LED	29
1.3.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα	29
1.4 Επιλογή μεταξύ λαμπτήρων φθορισμού και LED	30
2 Ευρωπαϊκά Πρότυπα και Κ.Εν.Α.Κ.	31
2.1 Εισαγωγή	31
2.2 Κ.Εν.Α.Κ.	31
2.3 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε	32
3 Περιγραφή του κτηρίου	34
3.1 Εισαγωγή	34
3.2 Επίπεδα προς Μελέτη	36
3.2.1 Επίπεδο 2	37
3.2.2 Επίπεδο 4	49
3.2.3 Επίπεδο 5	56
4 Υφιστάμενη Εγκατάσταση Τεχνητού Φωτισμού	59
4.1 Εισαγωγή	59
4.2 Αποτύπωση	59
4.3 Καταγραφή εγκατεστημένης ισχύος	59
4.3.1 Επίπεδο 2	61

4.3.2	Επίπεδο 4	68
4.3.3	Επίπεδο 5	72
4.4	Ανάλυση δεδομένων	74
4.4.1	Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού	74
4.4.2	Απαιτήσεις χώρων	75
4.4.3	Όρια εγκατεστημένης ισχύος επιπέδων	77
4.4.4	Σύγκριση υφιστάμενης ισχύος και ορίων ισχύος	79
4.4.5	Ενεργειακή κατανάλωση υφιστάμενης εγκατάστα- σης	80
4.4.5.1	Ετήσιες ώρες λειτουργίας	80
4.4.5.2	Υπολογισμός κατανάλωσης	81
5	Πρόταση Α : Αναβάθμιση Εγκατάστασης Τεχνη- τού Φωτισμού	82
5.1	Εισαγωγή	82
5.2	Περιγραφή προτεινόμενης εγκατάστασης	82
5.2.1	Επίπεδο 2	84
5.2.2	Επίπεδο 4	92
5.2.3	Επίπεδο 5	100
5.3	Ανάλυση δεδομένων	102
5.3.1	Πρόταση Α	102
5.3.2	Σύγκριση πρότασης Α με υφιστάμενη εγκατάστα- ση	103
5.3.2.1	Μείωση εγκατεστημένης ισχύος	104
5.3.2.2	Μείωση καταναλισκόμενης ενέργειας	104
6	Πρόταση Β : Αξιοποίηση Φυσικού Φωτισμού	106
6.1	Εισαγωγή	106
6.2	Παράγοντας φυσικού φωτισμού	106
6.3	Υπολογισμός τιμών DF κτηρίου	107
6.4	Σύστημα ελέγχου φωτισμού	111
6.4.1	Αισθητήρες φωτισμού	111
6.4.2	Επιλογή αισθητήρων	112
6.4.2.1	Πρωτόκολλο DALI	112
6.4.2.2	Προτεινόμενος εξοπλισμός	113
6.5	Καταναλισκόμενη ενέργεια εγκατάστασης πρότασης Β	114
6.5.1	Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού	114
6.5.2	Υπολογισμός καταναλισκόμενης ενέργειας	115

6.5.2.1	Επίπεδο 2	116
6.5.2.2	Επίπεδο 4	122
6.5.2.3	Επίπεδο 5	126
6.6	Ανάλυση δεδομένων	128
6.6.1	Σύγκριση πρότασης Β με πρόταση Α	128
6.6.2	Σύγκριση πρότασης Β με υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού	129
7	Πρόταση Γ : Αξιοποίηση Χώρων Περιορισμένης Κίνησης	130
7.1	Εισαγωγή	130
7.2	Χώροι περιορισμένης κίνησης	130
7.3	Σύστημα ελέγχου παρουσίας/κίνησης	130
7.3.1	Αισθητήρες παρουσίας/κίνησης	130
7.3.2	Επιλογή αισθητήρα κίνησης	131
7.4	Καταναλισκόμενη ενέργεια	132
7.4.1	Συντελεστής επίδρασης χρηστών	132
7.4.2	Συντελεστής επίδρασης χρηστών και αξιοποίηση φυσικού φωτισμού	132
7.4.3	Υπολογισμός καταναλισκόμενης ενέργειας	133
7.4.3.1	Επίπεδο 2	134
7.4.3.2	Επίπεδο 4	141
7.4.3.3	Επίπεδο 5	146
7.4.4	Ανάλυση δεδομένων	147
7.4.5	Σύγκριση πρότασης Γ με πρόταση Β	147
7.4.6	Σύγκριση πρότασης Γ με υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού	148
8	Οικονομική Αξιολόγηση	149
8.1	Εισαγωγή	149
8.2	Αρχικό κόστος/κόστος επένδυσης	149
8.2.1	Κόστος εγκατάστασης	149
8.2.2	Κόστος εξοπλισμού	150
8.3	Υπολογισμός κόστους επένδυσης	152
8.3.1	Πρόταση Α	152
8.3.2	Πρόταση Β	153
8.3.3	Πρόταση Γ	154
8.4	Ετήσια εξοικονόμηση	155
8.4.1	Ετήσια μείωση ενέργειας	156

8.4.2	Χρέωση ενέργειας	156
8.5	Υπολογισμός ετήσιας εξοικονόμησης	158
8.6	Υπολογισμός απλής περιόδου αποπληρωμής [SPP]	159
9	Περιβαλλοντική Αξιολόγηση	161
9.1	Εισαγωγή	161
9.2	Περιβαλλοντικό αποτύπωμα	161
9.3	Πρωτογενής ενέργεια	161
9.4	Παραγωγή ρύπων	163
9.5	Υπολογισμός περιβαλλοντικού αποτυπώματος	163
10	Συμπεράσματα	165
	Παράρτημα Α	172
	Παράρτημα Β	181
	Παράρτημα Γ	190

Κατάλογος Σχημάτων

1	Αναπαράσταση δομής και συνδεσμολογίας λαμπτήρα φθορισμού.	23
2	Ενδεικτικά παραδείγματα ηλεκτρονικού και μαγνητικού ballast.	25
3	Ενδεικτικά παραδείγματα λαμπτήρων φθορισμού.	26
4	Η δομή της φωτοεκπέμπουσας διόδου (LED).	27
5	Ενδεικτικά παραδείγματα οδηγών φωτιστικών LED.	28
6	Ενδεικτικά παραδείγματα φωτιστικών LED.	29
7	Δορυφορική φωτογραφία του κτηρίου των Χημικών Μηχανικών	34
8	Επίπεδα και πτέρυγες	35
9	Κάτοψη Επιπέδου 2	37
10	Κάτοψη πτέρυγας Α του επιπέδου 2 (μέρος 1ο)	38
11	Κάτοψη πτέρυγας Α του επιπέδου 2 (μέρος 2ο)	39
12	Κάτοψη αμφιθέατρου 211 του επιπέδου 2	40
13	Κάτοψη πτέρυγες Β-ΒΘ του επιπέδου 2	41
14	Κάτοψη πτέρυγες Γ-ΓΘ του επιπέδου 2	42
15	Κάτοψη πτέρυγες Δ-ΔΘ του επιπέδου 2	43
16	Κάτοψη πτέρυγες Ε-ΕΘ του επιπέδου 2	44

17	Κάτοψη πτέρυγες Z-ZΘ του επιπέδου 2	45
18	Κάτοψη πτέρυγας Η του επιπέδου 2	46
19	Κάτοψη πτέρυγας Θ του επιπέδου 2 (μέρος 1ο)	47
20	Κάτοψη πτέρυγας Θ του επιπέδου 2 (μέρος 2ο)	48
21	Κάτοψη Επιπέδου 4	49
22	Κάτοψη πτέρυγες Δ-ΔΘ του επιπέδου 4	50
23	Κάτοψη πτέρυγες Ε-ΕΘ του επιπέδου 4	51
24	Κάτοψη πτέρυγες Ζ-ΖΘ του επιπέδου 4	52
25	Κάτοψη πτέρυγα Η του επιπέδου 4	53
26	Κάτοψη πτέρυγα Η1 του επιπέδου 4	54
27	Κάτοψη πτέρυγα Θ του επιπέδου 4	55
28	Κάτοψη επιπέδου 5	56
29	Κάτοψη πτέρυγας Ζ του επιπέδου 5	57
30	Κάτοψη πτέρυγας Η1 του επιπέδου 5	58
31	Κατανομή εγκατεστημένης ισχύος ανά επίπεδο	74
32	Σύγκριση υφιστάμενης εγκατάστασης με τα όρια εγκατεστημένης ισχύος	79
33	Προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού επίπεδου 2 , πτέρυγες Α,Β,Γ	84
34	Προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού επίπεδου 2 (Δ,Ε,Ζ,Η,Θ)	84
35	Προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού επίπεδου 2 , αμφιθέατρο Α211	85
36	Προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού επίπεδου 4, πτέρυγες Δ,Ε,Ζ,Η	93
37	Προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού επίπεδου 4, πτέρυγες Η,Η1,Θ	93
38	Προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού επίπεδου 5	100
39	Σύγκριση πρότασης Α με τα όρια εγκατεστημένης ισχύος	103
40	Αισθητήρας Lunatone sensor DALI-2 CS	113
41	Γραφικός υπολογισμός χρονικής απόσβεσης των τριών προτάσεων	160
42	Σύγκριση υφιστάμενης εγκατάστασης με όρια Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.	165
43	Απεικόνιση ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης	166
44	Απεικόνιση συνολικού κόστους επένδυσης	167
45	Απεικόνιση περιβαλλοντικού αποτυπώματος μέσω της ετήσιας εκπομπής ρύπων CO ₂	168
46	Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο Β.207-210	172
47	Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο Ε.201δ	173
48	Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο Ζ.201	174

49	Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο Ε.4 Διαδρ .	175
50	Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο Η.406	176
51	Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο Θ.402	177
52	Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο Ζ.507-510 . .	178
53	Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο Η1.504η . .	179
54	Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο Η1.505 . . .	180
55	Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Α.210	181
56	Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Β.201-204 .	182
57	Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Θ.204β . . .	183
58	Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Δ.401-404 .	184
59	Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Η.401β . . .	185
60	Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Η1.405β . .	186
61	Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Ζ.507-510 Γραφ	187
62	Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Ζ.501-502β .	188
63	Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Ζ.503	189
64	Τεχνηκά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ1 μέρος 1ο . .	190
65	Τεχνηκά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ1 μέρος 2ο . .	191
66	Τεχνηκά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ2 μέρος 1ο . .	191
67	Τεχνηκά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ2 μέρος 2ο . .	192
68	Τεχνηκά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ3 μέρος 1ο . .	192
69	Τεχνηκά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ3 μέρος 2ο . .	193
70	Τεχνηκά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ4 μέρος 1ο . .	193
71	Τεχνηκά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ4 μέρος 2ο . .	194
72	Τεχνηκά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ5 μέρος 1ο . .	194
73	Τεχνηκά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ5 μέρος 2ο . .	195
74	Τεχνηκά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ6 μέρος 1ο . .	195
75	Τεχνηκά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ6 μέρος 2ο . .	196
76	Τεχνηκά χαρακτηριστικά αισθητήρα DALI-2 CS μέρος 1ο	197
77	Τεχνηκά χαρακτηριστικά αισθητήρα DALI-2 CS μέρος 2ο	198
78	Τεχνηκά χαρακτηριστικά αισθητήρα DALI-2 CS μέρος 3ο	199
79	Τεχνηκά χαρακτηριστικά αισθητήρα DALI-2 CS μέρος 4ο	200
80	Τεχνηκά χαρακτηριστικά αισθητήρα DALI-2 CS μέρος 5ο	201

Κατάλογος Πινάκων

1	Πτέρυγες/Επίπεδα	36
2	Συντελεστής προσαύξησης ισχύος f_{gear}	61
3	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στη πτέρυγα Α του επιπέδου 2	62
4	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Β του επιπέδου 2	63
5	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΒΘ του επιπέδου 2	63
6	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Γ του επιπέδου 2	64
7	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΓΘ του επιπέδου 2	64
8	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Δ του επιπέδου 2	64
9	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΔΘ του επιπέδου 2	65
10	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Ε του επιπέδου 2	65
11	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΕΘ του επιπέδου 2	65
12	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Ζ του επιπέδου 2	66
13	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΖΘ του επιπέδου 2	66
14	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Η του επιπέδου 2	67
15	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Θ του επιπέδου 2	67
16	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Δ του επιπέδου 4	68
17	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΔΘ του επιπέδου 4	68
18	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Ε του επιπέδου 4	69
19	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΕΘ του επιπέδου 4	69

20	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Ζ του επιπέδου 4	69
21	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΖΘ του επιπέδου 4	70
22	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Η του επιπέδου 4	70
23	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Η1 του επιπέδου 4	71
24	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Θ του επιπέδου 4	72
25	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Ζ του επιπέδου 5	73
26	Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Η1 του επιπέδου 5	73
27	Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενης κατάστασης ανα επιφάνεια	74
28	Απαιτήσεις χώρου ανάλογα με την χρήση του	77
29	Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m^2) κτηρίου αναφοράς ανάλογα της στάθμης φωτισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης	77
30	Όριο εγκατεστημένης ισχύος ανα στάθμη φωτισμού και επίπεδο	78
31	Ετήσιες ώρες λειτουργίας ανα χρήση χώρου	81
32	Συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση επιπέδων	81
33	Προτεινόμενα φωτιστικά σώματα	82
34	Σύνολο φωτιστικών σωμάτων επιπέδου 2	84
35	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Α του επιπέδου 2	86
36	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Β του επιπέδου 2	87
37	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΒΘ του επιπέδου 2	87
38	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Γ του επιπέδου 2	87
39	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΓΘ του επιπέδου 2	88
40	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Δ του επιπέδου 2	88
41	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΔΘ του επιπέδου 2	88
42	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Ε του επιπέδου 2	89
43	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΕΘ του επιπέδου 2	89
44	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Ζ του επιπέδου 2	90
45	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΖΘ του επιπέδου 2	90
46	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Η του επιπέδου 2	91
47	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Θ του επιπέδου 2	91

48	Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση επιπέδου 2	92
49	Σύνολο φωτιστικών σωμάτων επιπέδου 4	92
50	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Δ του επιπέδου 4 . .	94
51	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΔΘ του επιπέδου 4 .	94
52	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Ε του επιπέδου 4 . .	95
53	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΕΘ του επιπέδου 4 .	95
54	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Ζ του επιπέδου 4 . . .	96
55	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΖΘ του επιπέδου 4 . .	96
56	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Η του επιπέδου 4 . .	97
57	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Η1 του επιπέδου 4 . .	98
58	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Θ του επιπέδου 4 . .	99
59	Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση επιπέδου 4	99
60	Σύνολο φωτιστικών σωμάτων επιπέδου 5	100
61	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Ζ του επιπέδου 5 . . .	101
62	Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Η1 του επιπέδου 5 . .	101
63	Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση επιπέδου 5	102
64	Εγκατεστημένη ισχύς πρότασης Α	102
65	Μείωση εγκατεστημένης ισχύος	104
66	Μείωση καταναλισκόμενης ενέργειας	105
67	Επίδραση Φυσικού Φωτισμού με βάση τον DF	107
68	Χρήσεις χώρων για τους οποίους υπάρχει αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	108
69	Χώροι για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού του επιπέδου 2	109
70	Χώροι για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού του επιπέδου 2	109
71	Χώροι για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού του επιπέδου 4	110
72	Χώροι για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού του επιπέδου 4	110
73	Χώροι για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού του επιπέδου 5	111
74	Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού	115
75	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Α του επιπέδου 2 . .	116
76	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Α του επιπέδου 2 . .	117
77	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Β του επιπέδου 2 . .	117
78	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΒΘ του επιπέδου 2 .	117
79	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Γ του επιπέδου 2 . .	118
80	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΓΘ του επιπέδου 2 .	118
81	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Δ του επιπέδου 2 .	118
82	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΔΘ του επιπέδου 2	119
83	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ε του επιπέδου 2 . .	119
84	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΕΘ του επιπέδου 2 .	119
85	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ζ του επιπέδου 2 . .	120

86	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΖΘ του επιπέδου 2 .	120
87	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Η του επιπέδου 2 . .	121
88	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Θ του επιπέδου 2 .	121
89	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Δ του επιπέδου 4 .	122
90	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΔΘ του επιπέδου 4	122
91	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ε του επιπέδου 4 . .	123
92	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΕΘ του επιπέδου 4 .	123
93	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ζ του επιπέδου 4 . .	123
94	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΖΘ του επιπέδου 4 .	124
95	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Η του επιπέδου 4 . .	124
96	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Η1 του επιπέδου 4 .	125
97	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Θ του επιπέδου 4 .	126
98	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ζ του επιπέδου 5 . .	127
99	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Η1 του επιπέδου 5 .	127
100	Σύγκριση Πρότασης Β με Πρόταση Α	128
101	Σύγκριση Πρότασης Β με Υφιστάμενη Εγκατάσταση .	129
102	Τυπικές τιμές του συντελεστή επίδρασης παρουσίας ή απουσίας χρηστών	132
103	Συντελεστής επίδρασης παρουσίας ή απουσίας χρηστών σε συνδυασμό με την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	133
104	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Α του επιπέδου 2 . .	135
105	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Β του επιπέδου 2 . .	136
106	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΒΘ του επιπέδου 2 .	136
107	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Γ του επιπέδου 2 . .	137
108	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΓΘ του επιπέδου 2 .	137
109	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Δ του επιπέδου 2 .	137
110	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΔΘ του επιπέδου 2	138
111	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ε του επιπέδου 2 . .	138
112	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΕΘ του επιπέδου 2 .	138
113	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ζ του επιπέδου 2 . .	139
114	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΖΘ του επιπέδου 2 .	139
115	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Η του επιπέδου 2 . .	140
116	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Θ του επιπέδου 2 .	140
117	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Δ του επιπέδου 4 .	141
118	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΔΘ του επιπέδου 4	141
119	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ε του επιπέδου 4 . .	142
120	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΕΘ του επιπέδου 4 .	142
121	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ζ του επιπέδου 4 . .	143
122	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΖΘ του επιπέδου 4 .	143

123	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Η του επιπέδου 4 . . .	144
124	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Η1 του επιπέδου 4 . . .	145
125	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Θ του επιπέδου 4 . . .	146
126	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ζ του επιπέδου 5 . . .	146
127	Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Η1 του επιπέδου 5 . . .	147
128	Σύγκριση Πρότασης Γ με Πρόταση Β	148
129	Σύγκριση Πρότασης Γ με Υφιστάμενη Εγκατάσταση . . .	148
130	Τιμοκατάλογος Προτεινόμενων Φωτιστικών Σωμάτων . . .	151
131	Τιμοκατάλογος Προτεινόμενων Αισθητήρων	151
132	Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Α του επιπέδου 2	152
133	Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Α του επιπέδου 4	152
134	Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Α του επιπέδου 5	153
135	Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Β του επιπέδου 2	153
136	Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Β του επιπέδου 4	154
137	Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Β του επιπέδου 5	154
138	Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Γ του επιπέδου 2	155
139	Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Γ του επιπέδου 4	155
140	Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Γ του επιπέδου 5	155
141	Χρέωση ενέργειας ΔΕΗ για κάθε μήνα του 2023	157
142	Ετήσια εξοικονόμηση Πρότασης Α ανά επίπεδο	158
143	Ετήσια εξοικονόμηση Πρότασης Β ανά επίπεδο	158
144	Ετήσια εξοικονόμηση Πρότασης Γ ανά επίπεδο	158
145	Υπολογισμός SPP για τις τρεις προτάσεις αναβάθμισης	159
146	Συντελεστής αναγωγής της καταναλισκόμενης ενέργειας του συστήματος σε πρωτογενή ενέργεια	162
147	Υπολογισμός ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας συστήματος	162
148	Υπολογισμός ρύπων	163
149	Αριθμός δέντρων για την απορρόφηση των ετήσιων ρύπων	164

150	Συνολική ετήσια ενεργειακή εξοικονόμηση συγκριτικά με την υφιστάμενη εγκατάσταση	166
151	Απλή περίοδος αποπληρωμής των τριών προτάσεων . . .	167
152	Ετήσια μείωση πρωτογενούς ενέργειας σε σχέση με υφιστάμενη εγκατάσταση	168
153	Συγκεντρωτικός πίνακας Πρότασης Γ	169

1 Φωτεινές Πηγές

1.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια στα κτήρια του τριτογενούς τομέα, και πιο συγκεκριμένα στα κτήρια γραφείων, για το σύστημα τεχνητού φωτισμού επικρατεί η χρήση δυο κατηγοριών φωτιστικών σωμάτων. Η πρώτη κατηγορία είναι τα φωτιστικά με λαμπτήρες φθορισμού και η δεύτερη τα φωτιστικά με φωτοεκπέμπουσες διόδους (LED).

1.2 Λαμπτήρες φθορισμού

Οι φθορισμού είναι λαμπτήρες χαμηλής πίεσης στους οποίους το φως παρέχεται κυρίως από φθορίζουσες επιστρώσεις που ενεργοποιούνται από υπεριώδη ακτινοβολία παραγόμενες από ένα τόξο υδραργύρου. Ο λαμπτήρας περιέχει ατμούς υδραργύρου σε χαμηλή πίεση με μια μικρή ποσότητα αδρανούς αερίου για έναυση. Όταν εφαρμόζεται η κατάλληλη τάση, παράγεται ένα τόξο ρεύματος ανάμεσα στα ηλεκτρόδια μέσω των ατμών υδραργύρου. Παράγεται έτσι μια μικρή ποσότητα ορατής ακτινοβολίας και κυρίως αόρατης υπεριώδους. Στη συνέχεια, οι φθορίζουσες επιστρώσεις ενεργοποιούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία το οποίο τους καθιστά ικανούς να παράγουν φως [1].

1.2.1 Δομή και λειτουργία

Ο λαμπτήρας φθορισμού αποτελείται από αρκετά στοιχεία που συνεργάζονται για να παράγουν φως με βάση έναν μηχανισμό που συνδυάζει την εκπομπή αερίου και τις φωσφορικές επικαλύψεις. Τα κύρια στοιχεία παρουσιάζονται παρακάτω [1]:

1. Σωλήνας: Αυτός είναι ο κύριος σκελετός του λαμπτήρα και κατασκευάζεται συνήθως από γυαλί ή πλαστικό. Είναι ένας μακρύς, στενός σωλήνας με φθορίζουσες επιστρώσεις στο εσωτερικό.
2. Ηλεκτρόδια: Βρίσκονται σε κάθε άκρο του σωλήνα. Τα ηλεκτρόδια αυτά είναι σχεδιασμένα για λειτουργία είτε ψυχρής είτε θερμής καθόδου και κατασκευάζονται από ένα καλώδιο βολφραμίου. Λειτουργούν για τη μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος στο εσωτερικό του σωλήνα. Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσω των ηλεκτροδίων, ιονίζει το αέριο μέσα στον σωλήνα.
3. Αέριο πλήρωσης: Ο σωλήνας γεμίζεται με αέριο χαμηλής πίεσης, συνήθως αργόν, και μια μικρή ποσότητα ατμού υδραργύρου.

Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσα από το αέριο, το ιονίζει, δημιουργώντας έναν ηλεκτρικό τόξο.

4. Φθορίζουσες Επιστρώσεις: Η εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα επιστρώνεται με φθορίζουσες ουσίες. Όταν το αέριο μέσα στο σωλήνα εκπέμπει υπεριώδη (UV) ακτινοβολία λόγω της διαδικασίας ιονισμού, οι φθορίζουσες επιστρώσεις την απορροφούν και την επαναεκπέμπουν ως ορατό φως. Το χρώμα του ορατού αυτού φωτός εξαρτάται από το φάσμα εκπομπής της φθορίζουσας ουσίας.
5. Άκρα ή Βάσεις: Αυτά τα στοιχεία κρατούν τον σωλήνα στη θέση του και παρέχουν ηλεκτρικές συνδέσεις στα ηλεκτρόδια. Κάποιες κατηγορίες βάσεων εσωκλείουν τα απαραίτητα βοηθητικά κυκλώματα για την έναυση του λαμπτήρα, ενώ κάποιες άλλες όχι, έτσι ώστε να απαιτείται η εξωτερική τοποθέτηση των κυκλωμάτων αυτών.



Σχήμα 1: Αναπαράσταση δομής και συνδεσμολογίας λαμπτήρα φθορισμού.

Η εφαρμογή τάσης στα ηλεκτρόδια, προκαλεί την ιονισμό του αέριου με αποτέλεσμα την δημιουργία υπεριώδους φωτός. Το υπεριώδες φως στη συνέχεια χτυπά φωσφορίζουσα επίστρωση, η οποία απορροφά την υπεριώδη ενέργεια και την εκπέμπει ξανά ως ορατό φως, παράγοντας τον φωτισμό που βλέπουμε από τους λαμπτήρες φθορισμού.

1.2.1.1 Εκκινητής και ballast

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 1 πέρα από τα βασικά δομικά στοιχεία που απαρτίζουν τον λαμπτήρα φθορισμού, για την σωστή και αποδοτική λειτουργία του απαιτούνται δύο ακόμη μικροσυσκευές. Αυτές είναι

το ballast και σε μικρότερο βαθμό ο εκκινητής, που σε συνδυασμό παίζουν κρίσιμο ρόλο στον έλεγχο του ηλεκτρικού ρεύματος για την διασφάλιση ενός σταθερού και αποδοτικού φωτισμού.

Ο εκκινητής, σε παλαιότερα συστήματα, χρησιμοποιούνταν για να ξεκινήσει τη ροή του ρεύματος μέσα από τα ηλεκτρόδια. Σε σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα ballast, ο εκκινητής συχνά ενσωματώνεται στο ballast.

Οπότε τα σύγχρονα ballast αναλαμβάνουν μια πληθώρα λειτουργιών [2]:

1. Εκκίνηση της Λάμπας: Ένας από τους βασικούς ρόλους ενός ballast είναι να ξεκινήσει την ανάφλεξη του λαμπτήρα. Όταν ενεργοποιείτε έναν λαμπτήρα φθορισμού, τα ηλεκτρόδια του εκπέμπουν ηλεκτρόνια. Αρχικά το αέριο μέσα στον σωλήνα δεν είναι αγώγιμο και το ballast παρέχει μία άνοδο της τάσης για να δημιουργήσει την ανάφλεξη που ιονίζει το αέριο, επιτρέποντάς του να γίνει αγώγιμο.
2. Διατήρηση του Ρεύματος: Αφού ο λαμπτήρας ανάψει, το ballast εξασφαλίζει ότι το ρεύμα παραμένει σταθερό. Οι λάμπες φθορισμού, λόγω της φύσης τους αφού αρχίσουν να άγουν ηλεκτρισμό, η αντίστασή τους μειώνεται. Χωρίς ballast, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ανεξέλεγκτη και ενδεχομένως βλαβερή αύξηση του ρεύματος. Το ballast περιορίζει και ρυθμίζει το ρεύμα, αποτρέποντας την υπερθέρμανση και καταστροφή της λάμπας.
3. Μείωση του flickering effect: Οι διακυμάνσεις στην τάση τροφοδοσίας των φωτιστικών φθορισμού μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία φωτεινής πάλμωσης (flicker) του λαμπτήρα φθορισμού. Η πάλμωση αυτή αρκετές φορές είναι αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι και μπορεί να προκαλέσει δυσφορία. Τα ηλεκτρονικά ballasts βοηθούν στην μείωση του φαινομένου αυτού.

Η χρήση όμως των ballasts επιφέρει και κάποια αρνητικά αποτελέσματα που αφορούν την αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης των λαμπτήρων φθορισμού. Αυτή προκαλείται ως επακόλουθο της θερμοκρασίας και των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούν τα ballasts κατά την λειτουργία τους. Η κατανάλωση αυτή έχει μειωθεί σημαντικά στα καινούρια τεχνολογία ballasts (ηλεκτρονικά) σε σχέση με τα παλαιότερα (μαγνητικά).



Σχήμα 2: Ενδεικτικά παραδείγματα ηλεκτρονικού και μαγνητικού ballast.

1.2.2 Βασικότερα είδη λαμπτήρων φθορισμού

Παρακάτω αναφέρονται τα πέντε βασικότερα είδη λαμπτήρων φθορισμού [3]:

- Λαμπτήρες φθορισμού T-12
- Λαμπτήρες φθορισμού εξοικονόμησης ενέργειας
- Λαμπτήρες φθορισμού T-8
- Λαμπτήρες φθορισμού T-5
- Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (Compact Fluorescent Lamps-CFL)

Στην εικόνα 3 παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιοι λαμπτήρες φθορισμού.



Σχήμα 3: Ενδεικτικά παραδείγματα λαμπτήρων φθορισμού.

1.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Οι λαμπτήρες φθορισμού έχουν υψηλή αποδοτικότητα (85% ή 40-80 lumen/watt), αναπτύσσουν μικρές θερμοκρασίες, χαρακτηρίζονται από υψηλή χρωματική απόδοση και απαιτούν λιγότερη συντήρηση. Τέλος έχουν διάρκεια ζωής που κυμαίνεται μεταξύ 7000-20000 ωρών [4].

Ένα από τα μειονεκτήματά τους είναι το μέγεθος/βάρος τους (ανά μονάδα αποδιδόμενης φωτεινής έντασης) αφού συχνά κάθε φωτιστικό χρειάζεται πολλούς λαμπτήρες λόγω της μειωμένης φωτεινής έντασης τους. Ωστόσο το σημαντικότερο μειονέκτημα τους είναι ο τοξικός υδράργυρος που περιέχουν καθώς δημιουργεί τόσο οικονομικό όσο και περιβαλλοντικό πρόβλημα στην διαχείριση απορριμμάτων κατά το τέλος της ζωής τους [5].

1.3 Φωτοεκπέμπουσες δίοδοι (LED)

Οι φωτοεκπέμπουσες δίοδοι ή απλώς φωτεινές πηγές LED, είναι συνδυασμός ημιαγωγών p-n, όπου όταν εφαρμοσθεί τάση στους δύο ημιαγωγούς εκπέμπεται ακτινοβολία. Μπορεί να εκπέμπεται υπέρυθρη ή ορατή ακτινοβολία. Τα μήκη κύματος του φωτός που εκπέμπεται από τους ημιαγωγούς καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα, από τα πιο χαμηλά όρια της ορατής ακτινοβολίας μέχρι τα πολύ μεγάλα μήκη κύματος της υπέρυθρης. Τέλος ο συνδυασμός των ημιαγωγικών υλικών παράγει το επιθυμητό αποτέλεσμα στην απόχρωση του εκπεμπόμενου φωτός [6].

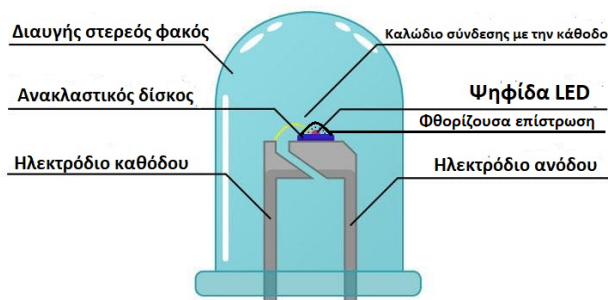
1.3.1 Δομή και λειτουργία

Η δομή της φωτοεκπέμπουσας διόδου (LED) μπορεί να περιγραφεί σε δύο μέρη. Πρώτο μέρος είναι η ψηφίδα LED (LED chip), που αποτελείται από τα εξής [1]:

1. Ημιαγωγός τύπου p: Έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων ή περίσσεια οπών, οι οποίες δρουν σαν θετικά φορτία
2. Ημιαγωγός τύπου n: Έχει συγκεντρωμένη περίσσεια ηλεκτρονίων.
3. Διεπιφάνεια: Οι ημιαγωγοί p-n συνδυάζονται δημιουργώντας μεταξύ τους μια διεπιφάνεια (junction). Κατά την εφαρμογή μιας τάσης στη διάταξη αυτή, τα ηλεκτρόνια από τον ημιαγωγό τύπου n μετακινούνται προς τον ημιαγωγό τύπου p, όπου συναντώνται με τις οπές. Κατά την συνάντησή τους, παράγεται εκπομπή φωτονίων λόγω της ανακλαστικής επιφάνειας και των ανακλαστήρων στη διάταξη. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία καθορίζεται από τη σύνθεση των ημιαγωγών και εμφανίζεται ως ορατή ακτινοβολία ή υπέρυθη ακτινοβολία, ανάλογα με την ενέργεια των φωτονίων.

Η ψηφίδα παράγει συνήθως φωτεινή ακτινοβολία μπλε φωτός. Πάνω στην ψηφίδα τοποθετείται μια επίστρωση φωτοευαίσθητων ουσιών (φθορίζουσες επιστρώσεις), οι οποίες απορροφούν το μπλε φως και το επαναεκπέμπουν ως λευκό.

Η ψηφίδα (LED chip) όπως φαίνεται και στο σχήμα 4 τοποθετείται στο εσωτερικό ενός διαυγούς στερεού φακού. Την δομή της φωτοεκπέμπουσας διόδου (LED) ολοκληρώνουν τα ηλεκτρόδια καθόδου και ανόδου τα οποία συνδέονται με τους ημιαγωγούς n και p αντίστοιχα και βοηθούν στην απαραίτητη εφαρμογή τάσης στην διάταξη.



Σχήμα 4: Η δομή της φωτοεκπέμπουσας διόδου (LED).

1.3.1.1 Οδηγοί φωτιστικών LED (LED drivers)

Όπως για την σωστή λειτουργία των φωτιστικών με λαμπτήρες φθορισμού χρησιμοποιούνται τα ballasts, έτσι και τα φωτιστικά με φωτοεκπέμπουσες διόδους χρησιμοποιούν τους οδηγούς LED. Οι οδηγοί παρέχουν στα φωτιστικά το ηλεκτρικό ρεύμα που χρειάζονται για να λειτουργήσουν και να αποδώσουν στον καλύτερό τους βαθμό [7].

Οι κύριοι λόγοι χρήσεις οδηγών είναι:

1. Τα φωτιστικά LED λειτουργούν με χαμηλή τάση (12-24V), συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος. Ωστόσο, στις περισσότερες περιοχές παρέχεται υψηλότερης τάσης (120-277V), εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Ένας οδηγός LED μετατρέπει το υψηλότερης τάσης εναλλασσόμενο ρεύμα σε χαμηλής τάση συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα.
2. Οι οδηγοί προστατεύουν επίσης τα φωτιστικά LED από διακυμάνσεις τάσης ή ρεύματος. Οποιαδήποτε αλλαγή στην τάση μπορεί να προκαλέσει αλλαγή στο ρεύμα που παρέχεται στα φωτιστικά [8].

Η εκπομπή φωτός των φωτιστικών LED είναι ανάλογη με την παροχή ρεύματος τους και έχουν κατασκευαστεί για να λειτουργούν εντός ενός συγκεκριμένου εύρους ρεύματος. Επομένως, υπερβολικό ή ανεπαρκές ρεύμα μπορεί να προκαλέσει διακυμάνσεις στο εκπνευόμενο φως, φθορές λόγω υψηλών θερμοκρασιών και θερμικές απώλειες.



Σχήμα 5: Ενδεικτικά παραδείγματα οδηγών φωτιστικών LED.

1.3.2 Βασικότερα είδη φωτεινών πηγών LED

Τα βασικότερα είδη φωτεινών πηγών LED είναι:

- LED E27 (LED Bulbs)
- LED Λαμπτήρες Κεριά (LED Candle Bulbs)
- LED Φωτιστικά Σποτ (LED Spotlights)
- LED Ταινίες (LED Strips)
- Σωληνωτοί Λαμπτήρες LED (LED Tubes)

Στην εικόνα 6 παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιοι λαμπτήρες LED.



Σχήμα 6: Ενδεικτικά παραδείγματα φωτιστικών LED.

1.3.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα των φωτεινών πηγών LED περιλαμβάνουν την ενεργειακή αποδοτικότητα, την ανθεκτικότητα και τα περιβαλλοντικά οφέλη. Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές λυχνίες αλογόνου ή φθορισμού, χρησιμοποιούν σημαντικά λιγότερο ηλεκτρικό ρεύμα, μειώνοντας το κόστος της ενέργειας και μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα [1]. Επιπλέον, οι λαμπτήρες LED διαρκούν πολύ περισσότερο (50000-100000 ώρες ζωής), απαιτούν λιγότερες αντικαταστάσεις και κοστίζουν λιγότερο στη συντήρηση. Είναι μια περιβαλλοντικά ωφέλιμη επιλογή, καθώς δεν περιέχουν επικίνδυνες ουσίες όπως τον υδράργυρο και είναι εξαιρετικά ανακυκλώσιμοι [9].

Ως μοναδικό μειονέκτημά των λαμπτήρων LED μπορεί να αναφερθεί το αυξημένο κόστος αγοράς τους σε σχέση με τους παραδοσιακούς λαμπτήρες αλογόνου ή φθορισμού.

1.4 Επιλογή μεταξύ λαμπτήρων φθορισμού και LED

Στις καινούριες μελέτες φωτισμού για κτήρια εκπαίδευσης επιλέγονται αποκλειστικά φωτιστικά LED. Όπως έγινε αντιληπτό και από τα πλεονεκτήματα που προαναφέρθηκαν, τα φωτιστικά LED υπερτερούν σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με τα φωτιστικά φθορισμού.

Πιο αναλυτικά, προσφέρουν πολύ σημαντική ενεργειακή και οικονομική εξοικονόμηση σε σύγκριση με τα φωτιστικά φθορισμού καθώς επιτυγχάνουν πολύ μεγαλύτερες τιμές απόδοσης (130lm/W και 80lm/W αντίστοιχα) ενώ συγχρόνως εξαλείφουν την χρήση ballast, τα οποία προκαλούν επιπλέον ενεργειακές και οικονομικές επιβαρύνσεις.

Επίσης ένας ακόμη πολύ σημαντικός λόγος της επικράτησης τους είναι ότι συμμορφώνονται με τα σύγχρονα πρότυπα για τον φωτισμό εκπαιδευτικών χώρων [10] [11] που ορίζονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

2 Ευρωπαϊκά Πρότυπα και Κ.Εν.Α.Κ.

2.1 Εισαγωγή

Η εκπόνηση μιας ενεργειακής μελέτης φωτισμού, στοχεύει τόσο στην ορθή λειτουργία των υπό μελέτη κτηρίων/χώρων όσο και στην μείωση της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Έτσι, όπως γίνεται αντιληπτό πρέπει να υπάρχουν κάποια αναγνωρισμένα πρότυπα που να ορίζουν τόσο την σωστή εκπόνηση της μελέτης από τον μελετητή/μηχανικό όσο και τις προδιαγραφές που αυτή πρέπει να καλύπτει.

Η ανάγκη ύπαρξης αυτών των προτύπων απαντήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) με την Κοινοτική Οδηγία 2002/91ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Η Ελλάδα ως μέλος της ΕΕ, καθιέρωσε τον Νόμο 3661/2008, ο οποίος θέτει την εφαρμογή των προτύπων της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91ΕΚ υποχρεωτική.

Η αντίστοιχη αρμόδια ελληνική αρχή, το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (Τ.Ε.Ε) ανέλαβε, βασιζόμενη στην Κοινοτική Οδηγία 2002/91ΕΚ και στο ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790, την έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και των Τεχνικών Οδηγιών του Τ.Ε.Ε (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε) που τον απαρτίζουν.

2.2 Κ.Εν.Α.Κ.

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) αποτελεί έναν κρίσιμο νομοθετικό πλαίσιο που αφορά την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Αυτός ο κανονισμός καθορίζει τη μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και επιβάλλει τις ελάχιστες απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν τα κτήρια και τα δομικά τους στοιχεία. Ανάμεσα στα σημαντικά στοιχεία του Κ.Εν.Α.Κ. περιλαμβάνονται [12]:

1. Ο υπολογισμός ενεργειακής απόδοσης: Ο Κ.Εν.Α.Κ. παρέχει μια λεπτομερή μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, λαμβάνοντας υπόψη πολλούς παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας.
2. Οι ελάχιστες απαιτήσεις: Ο Κ.Εν.Α.Κ. καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Αυτές οι απαιτήσεις έχουν σχεδιαστεί για να διασφαλίσουν τη βέλτιστη ισορροπία μεταξύ κόστους κατασκευής και ενεργειακών δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του κτηρίου.

3. Το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ): Το ΠΕΑ περιέχει πληροφορίες σχετικά με την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου και προσφέρει οικονομικές συμβουλές για τη βελτίωσή του. Αυτό το πιστοποιητικό είναι απαραίτητο για την πώληση και ενοικίαση κτηρίων και πρέπει να εκδίδεται από ενεργειακό επιθεωρητή.
4. Η υποχρεωτική δήλωση: Για την πώληση ή ενοικίαση κτηρίων, απαιτείται η υποχρεωτική δήλωση του δείκτη ενεργειακής απόδοσης σε διαφημίσεις και καταχωρήσεις. Επιπλέον, η ηλεκτρονική δήλωση μίσθωσης περιλαμβάνει τον αριθμό πρωτοκόλλου του ΠΕΑ.
5. Το πιστοποιητικό ελέγχου κατασκευής (ΠΕΚ): Το ΠΕΚ απαιτείται μετά την ολοκλήρωση οικοδομικών εργασιών νέων κτηρίων, προσθήκης, ή ριζικής ανακαίνισης και αποδεικνύει ότι το κτήριο συμμορφώνεται με τις ενεργειακές απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ..

2.3 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε

Οι Τ.Ο.Τ.Ε.Ε συντάχθηκαν με τον σκοπό να αποτελέσουν εργαλείο για όλους τους συντελεστές που συμμετέχουν και συνεργάζονται για την ολοκλήρωση ενός έργου. Έχουν σκοπό να κλείσουν οποιαδήποτε κενά στις Τεχνικές Προδιαγραφές που διέπουν τον κλάδο της κατασκευής και της παραγωγής στην Ελλάδα και να επιβεβαιώσουν τη δέσμευση του Τ.Ε.Ε. για την υποστήριξη της ανάπτυξης της τεχνολογικής υποδομής της χώρας.

Τα κείμενα του Τ.Ε.Ε. παρέχουν συμβουλές σχετικά με τον σχεδιασμό τεχνικών έργων, την επιλογή υλικών και εξαρτημάτων, την κατασκευή, την εγκατάσταση, τη συντήρηση και τη χρήση. Αυτές οι εκδόσεις υποστηρίζουν τον στόχο του Τ.Ε.Ε. να παρέχει ακριβείς πληροφορίες και να καθιερώσει τους κανόνες της τέχνης και της επιστήμης σε όλα τα στάδια της ύπαρξης ενός τεχνικού έργου (σχεδιασμός, μελέτη, κατασκευή, επίβλεψη, παράδοση, συντήρηση, χρήση).

Τα κείμενα αναφέρονται σε πρότυπα του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛΟΤ) και σε περίπτωση που αυτά απουσιάζουν, σε διεθνή πρότυπα (ISO, Ευρωπαϊκά) ή αναγνωρισμένα εθνικά πρότυπα (DIN, BS, AFNOR, κλπ.).

Οι Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. μετά την διαβούλευση και έγκριση τους από το Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος (ΥΠΕΝ) δημοσιεύονται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας.

Παρακάτω αναφέρονται οι Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. που απαρτίζουν τον Κ.Εν.Α.Κ.:

- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 : Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2017 : Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 : Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2017 : Οδηγίες και έντυπα εκθέσεων ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων, συστημάτων θέρμανσης και συστημάτων κλιματισμού
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-5/2017 : Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας & ψύξης : Εγκαταστάσεις σε κτήρια

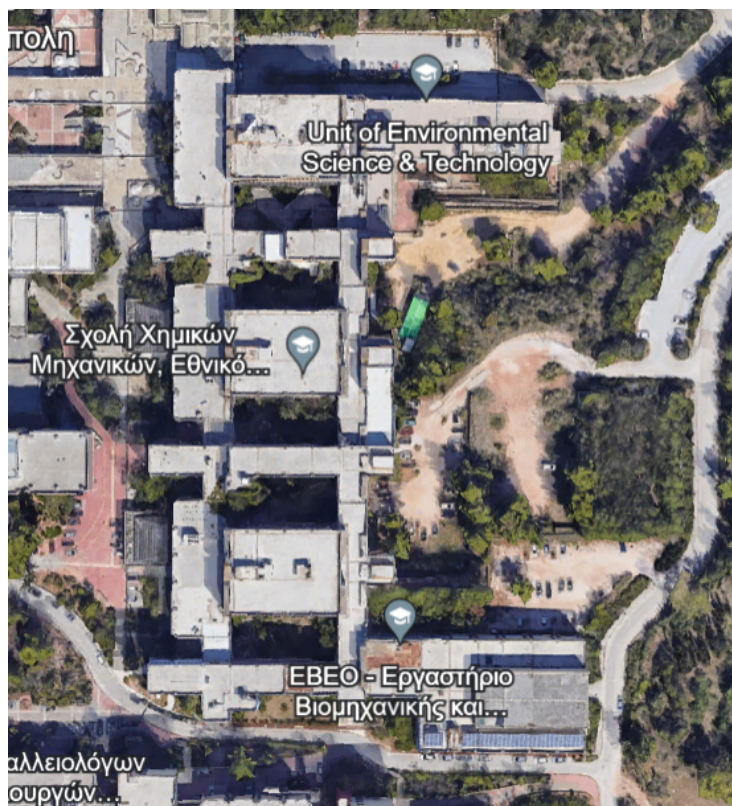
Η εκπόνηση της παρούσας μελέτης βασίστηκε στις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021: Τεχνητός και φυσικός φωτισμός κτηρίων. Κατά όλη την διάρκεια της εργασίας θα υπάρχουν οι αντίστοιχες αναφορές στις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. όπου θεωρείται απαραίτητο.

3 Περιγραφή του κτηρίου

3.1 Εισαγωγή

Η ενεργειακή μελέτη φωτισμού πραγματοποιήθηκε για το κτήριο της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Το κτήριο βρίσκεται στο εσωτερικό του Campus του Πολυτεχνείου στην περιοχή Ζωγράφου της Αθήνας.

Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα το κτήριο βρίσκεται κοντά στην κεντρική πλατεία του Πολυτεχνείου. Γειτονεύει βόρεια με την σχολή των Μηχανολόγων Μηχανικών, δυτικά με την ΣΕΜΦΕ (Σχολή Εφαρμοσμένων Φυσικών και Μαθηματικών Επιστημών) και νότια με τα παλιά κτήρια των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών.



Σχήμα 7: Δορυφορική φωτογραφία του κτηρίου των Χημικών Μηχανικών

Το κτήριο χωρίζεται σε επίπεδα (ορόφους) και πτέρυγες (οριζόντιους και κάθετους διαδρόμους). Τα επίπεδα είναι 7 στο πλήθος (-1,0,1,2,3,4,5,6)

, όπου -1 το υπόγειο και 6 το δώμα του κτηρίου. Οι πτέρυγες του είναι 9, δυο κάθετες (Α,Θ) και επτά οριζόντιες (Β,Β1,Γ,Δ,Ε,Ζ,Η,Η1).

Ο διάδρομος που βρίσκεται στο μπροστά μέρος του κτηρίου αντιστοιχεί στην Πτέρυγα Α, ενώ αυτός στο πίσω μέρος στην Πτέρυγα Θ. Οι δύο αυτές πτέρυγες είναι οι μεγαλύτερες σε μέγεθος και ενώνονται μεταξύ τους από τις οριζόντιες πτέρυγες Β έως Η (βόρεια προς νότια). Οι πτέρυγες Β1 και Η1 που αναφέρθηκαν, αποτελούν προεκτάσεις των Β,Η που πραγματοποιήθηκαν σε μεταγενέστερη προσπάθεια επέκτασης του κτηρίου.

Λόγω της μορφολογίας του εδάφους στο οποίο είναι χτισμένο το κτήριο (πρόποδες Υμηττού), ενώ διαθέτει εισόδους σε όλη την περίμετρό του, καθεμία οδηγεί σε διαφορετικό επίπεδο. Όπως γίνεται αντιληπτό από όσα προαναφέρθηκαν, δεν είναι όλα τα επίπεδα προσβάσιμα σε όλες τις πτέρυγες. Έτσι, στην πτέρυγα Α είναι προσβάσιμα τα επίπεδα 0 έως 3, ενώ στην νοτιότερη πτέρυγα τα επίπεδα 2 έως 4 στο μπροστινό μέρος και 3 έως 5 στο πίσω μέρος του κτηρίου.

Επίπεδο	Υπολογιστικό Κέντρο	Πτέρυγα
5	Μονάδα Ηλεκτρικής Μηχανικής	Πτέρυγα Η1
	Εργαστήριο Σχεδίασης - Ανάλυση Διαγραμμάτων	Πτέρυγα Η1
	Εργαστήριο Οργανικής Χημείας	Πτέρυγα Η1
	Εργαστήριο Οργανικής Χημικής Τεχνολογίας	Πτέρυγα Ζ
	Εργαστήριο Τεχνικής Χημικής Διαγραμμάτων (ΤΧΔ)	Πτέρυγα Ζ
4	Εργαστήριο Οργανικής Χημείας	Πτέρυγα Δ
	Εργαστήριο Τεχνολογίας Ανόργανων Υλικών	Πτέρυγα Δ
	Εργαστήριο Οργανικής Χημικής Τεχνολογίας	Πτέρυγα Ζ
	Εργαστήριο Φαρμακοποιίας και Φαρμακείου Μεταφοράς	Πτέρυγα Η
	Εργαστήριο Φαρμακοποιίας και Ενεργειακής Οικονομίας 1	Πτέρυγα Η1
3	Εργαστήριο Υπολογιστικής Μηχανικής	Πτέρυγα Η1
	Εργαστήριο Οργανικής Χημείας	Πτέρυγα Η1
	Μέθοδοι Διδασκαλίας 31, 32, 33, 34	Πτέρυγα Α
	Εργαστήριο Ανάλυσης & Αναλυτικής Χημείας, Ασκήσεις - Έρευνα	Πτέρυγα Β
	Εργαστήριο Βιοτεχνολογίας	Πτέρυγα Δ
2	Εργαστήριο Οργανικής Χημείας	Πτέρυγα Δ
	Εργαστήριο Τεχνολογίας Πολυμερών	Πτέρυγα Ζ
	Εργαστήριο Τεχνολογίας Πολυμερών	Πτέρυγα Ζ
	Εργαστήριο Βιοχημικής και Ενεργειακής Οικονομίας 2 & 3	Πτέρυγα Η1
	Μονάδα Διαχείρισης Ενέργειας και Περιβαλλοντικών Συστημάτων	Πτέρυγα Α & Η
1	Αίθουσα Διδασκαλίας 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29	Πτέρυγα Α
	Εργαστήριο Ανάλυσης & Αναλυτικής Χημείας, Ασκήσεις	Πτέρυγα Β
	Εργαστήριο Γενικής Χημείας, Ασκήσεις - Έρευνα	Πτέρυγα Δ
	Εργαστήριο Τεχνολογίας Τροφίμων	Πτέρυγα Δ
	Εργαστήριο Τεχνολογίας Καυσίμων Απαιτητικών	Πτέρυγα Ζ
0	Μονάδα Υπολογιστικής Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών	Πτέρυγα Ζ
	Εργαστήριο ΔΤΜΕ Επιστήμης Υλικών	Πτέρυγα Η
	Αίθουσα Διδασκαλίας 12, 13	Πτέρυγα Θ
	Εργαστήριο Φυσικοχημείας και Εφαρμοσμένης Ηλεκτροχημείας	Πτέρυγα Α
	Εργαστήριο Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών	Πτέρυγα Β
-1	Εργαστήριο Φαρμακοποιίας	Πτέρυγα Β
	Εργαστήριο Ανάλυσης & Αναλυτικής Χημείας	Πτέρυγα Β
	Εργαστήριο Ανάλυσης & Αναλυτικής Χημείας, Ασκήσεις - Έρευνα	Πτέρυγα Β
	Εργαστήριο Τεχνολογίας Ανόργανων Υλικών	Πτέρυγα Β1
	Εργαστήριο Γενικής Χημείας, Ασκήσεις - Έρευνα	Πτέρυγα Δ
-1	Εργαστήριο Μονάδα Βιοχημικών - Φαρμακοποιίας	Πτέρυγα Δ & Β1
	Εργαστήριο Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών	Πτέρυγα Α
	Εργαστήριο Φαρμακοποιίας και Ενεργειακής Οικονομίας	Πτέρυγα Β
	Εργαστήριο Ανάλυσης & Αναλυτικής Χημείας	Πτέρυγα Β
	Εργαστήριο Φαρμακοποιίας	Πτέρυγα Β
-1	Εργαστήριο Φυσικοχημείας και Εφαρμοσμένης Ηλεκτροχημείας	Πτέρυγα Β
	Εργαστήριο Μονάδα Υπολογιστικής Επιστήμης & Τεχνικής των Υλικών	Πτέρυγα Β
	Εργαστήριο Βιοχημικής & Ναυτιλοχημείας	Πτέρυγα Β1
	Εργαστήριο Μονάδα μη Κατασκευαστικών Εξοπλισμών	Πτέρυγα Β1
	Διπολικό Εργαστήριο Υδροχλωρικών Κοινοτήτων, Τομείς I, III, IV	Πτέρυγα Β1

Σχήμα 8: Επίπεδα και πτέρυγες

Σε κάθε διάδρομο υπάρχουν δυο κλιμακοστάσια, ένα στο μπροστινό και ένα στο πίσω μέρος του κτηρίου. Οι αίθουσες διδασκαλίας εκτείνονται στα επίπεδα 1, 2, 3 και η αρίθμηση τους είναι αντίστοιχη. Έτσι, η «αίθουσα 26» είναι η έκτη αίθουσα στο επίπεδο 2. Το «Αμφιθέατρο 1» έχει την εσωτερική είσοδό του στο επίπεδο 1 και το «Αμφιθέατρο 2» έχει την εσωτερική είσοδό του στο επίπεδο 2. Το κυλικείο βρίσκεται στο επίπεδο 1. Τα εργαστήρια εκτείνονται κυρίως στους διαδρόμους που ενώνουν το μπροστινό με το πίσω μέρος του κτηρίου.

3.2 Επίπεδα προς Μελέτη

Από το υπεύθυνο τμήμα του ΕΜΠ αποκτήθηκαν τα διαθέσιμα σχέδια του κτηρίου. Με βάση αυτά και κατόπιν αυτοψίας όλων των χώρων ώστε να επικυρωθεί η εγκυρότητά τους, πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη. Τα επίπεδα για τα οποία εκπονήθηκε η μελέτη είναι τα 2, 4 και 5. Αυτά απαρτίζονται από 282 χώρους (αίθουσες, διαδρόμους, γραφεία κλπ.) με συνολική έκταση $13.834m^2$. Πιο αναλυτικά ο συνδυασμός επιπέδων με πτέρυγες φαίνεται στο παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1: Πτέρυγες/Επίπεδα

Πτέρυγα	Επίπεδο		
	2	4	5
A	✓		
B	✓		
Γ	✓		
Δ	✓	✓	
E	✓	✓	
Z	✓	✓	✓
H	✓	✓	
H1		✓	✓
Θ	✓	✓	

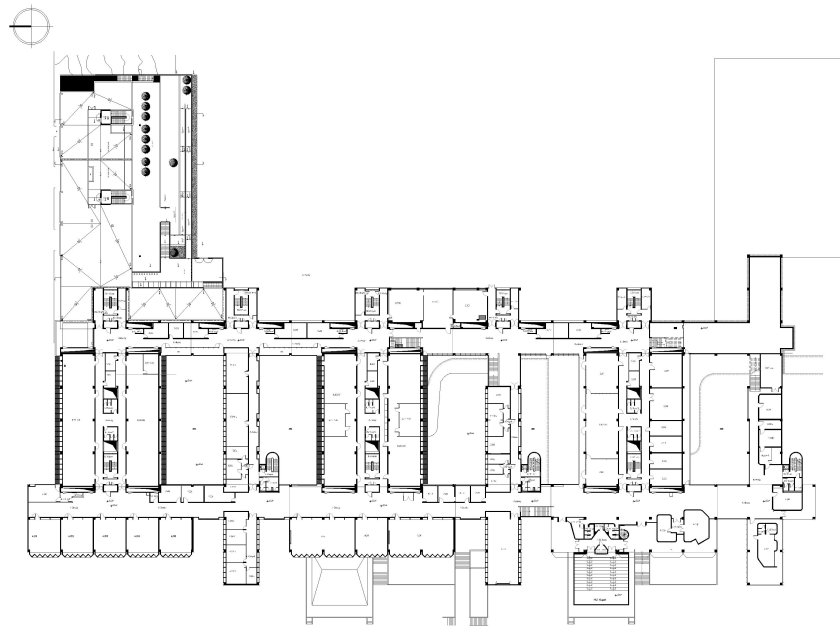
3.2.1 Επίπεδο 2

Αποτελεί το μεγαλύτερο από τα τρία επίπεδα που μελετήθηκαν τόσο σε έκταση όσο και σε πλήθος χώρων. Οι πτέρυγες Α, Θ λειτουργούν ως διάδρομοι, στην δυτική και ανατολική πλευρά αντίστοιχα. Οι πτέρυγες αυτές αποτελούνται στο μεγαλύτερο μέρος τους από αίθουσες διδασκαλίας και γραφεία καθηγητών.

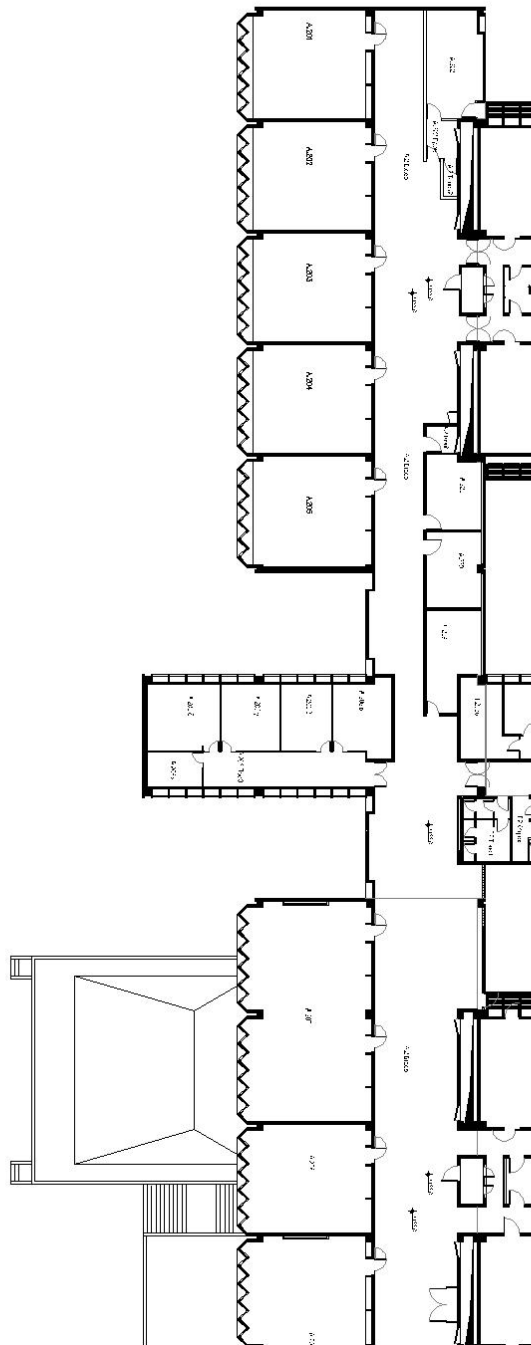
Ακόμη είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η κτηριακή μονάδα των Χημικών Μηχανικών διαθέτει δύο μεγάλα αμφιθέατρα. Το ένα από αυτά (αμφιθέατρο 211) βρίσκεται στην πτέρυγα Α του επιπέδου 2.

Τις πτέρυγες Α,Θ ενώνουν οι κάθετες πτέρυγες Β,Γ,Δ,Ε,Ζ,Η. Οι πτέρυγες Β,Δ,Ζ αποτελούνται κυρίως από μεγάλους χώρους με χρήση εργαστηρίου. Οι Γ,Ε,Η απαρτίζονται από γραφεία και αίθουσες.

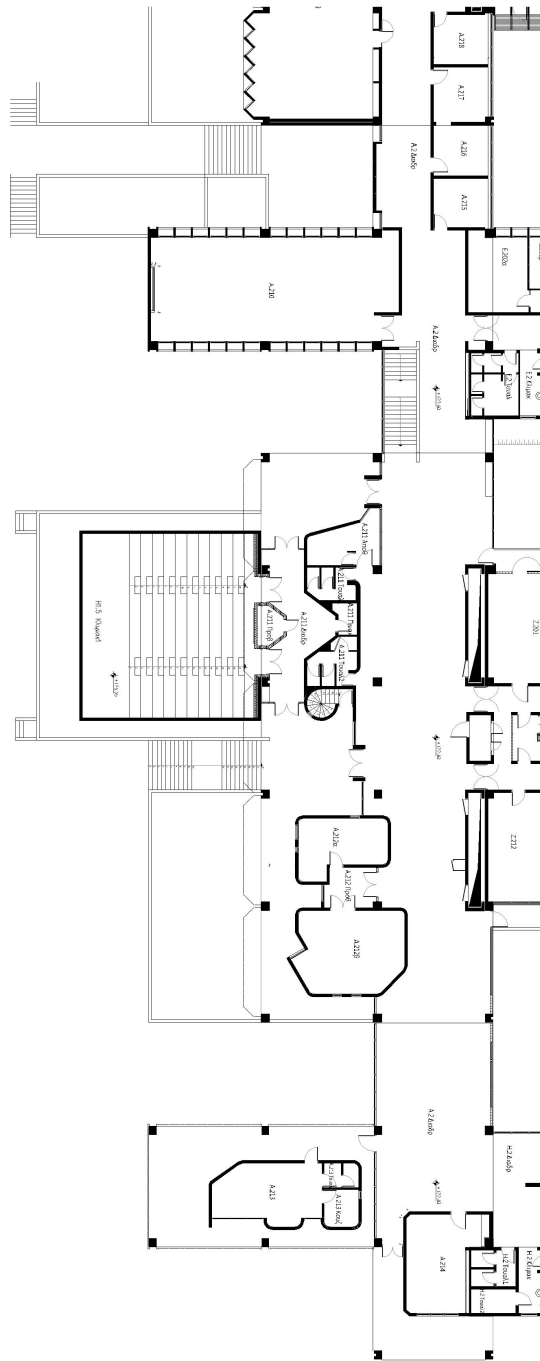
Ακολουθούν τα αρχιτεκτονικά σχέδια της κάτοψης του επιπέδου 2 από το πρόγραμμα AutoCAD για καλύτερη οπτικοποίηση του.



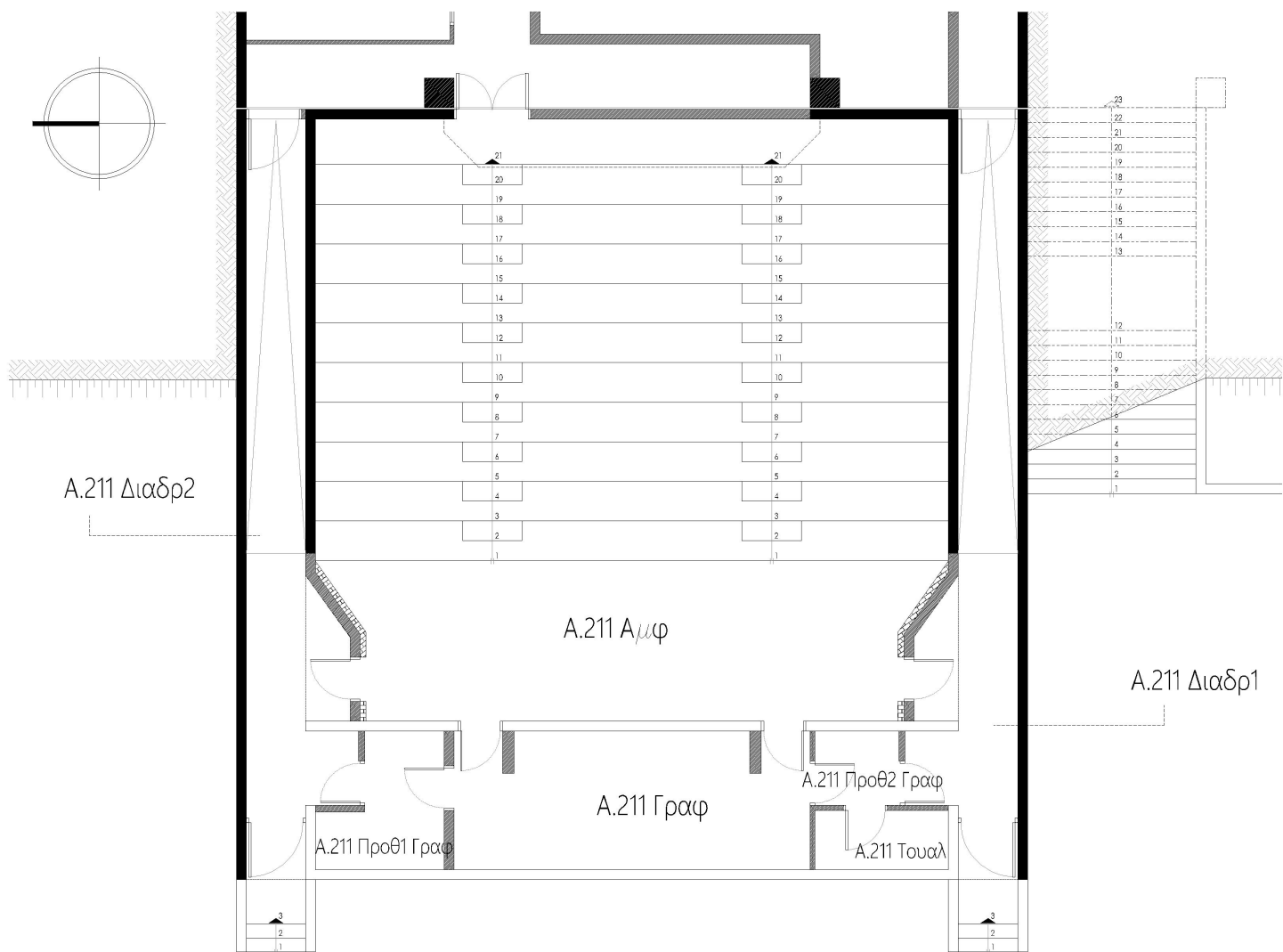
Σχήμα 9: Κάτοψη Επιπέδου 2



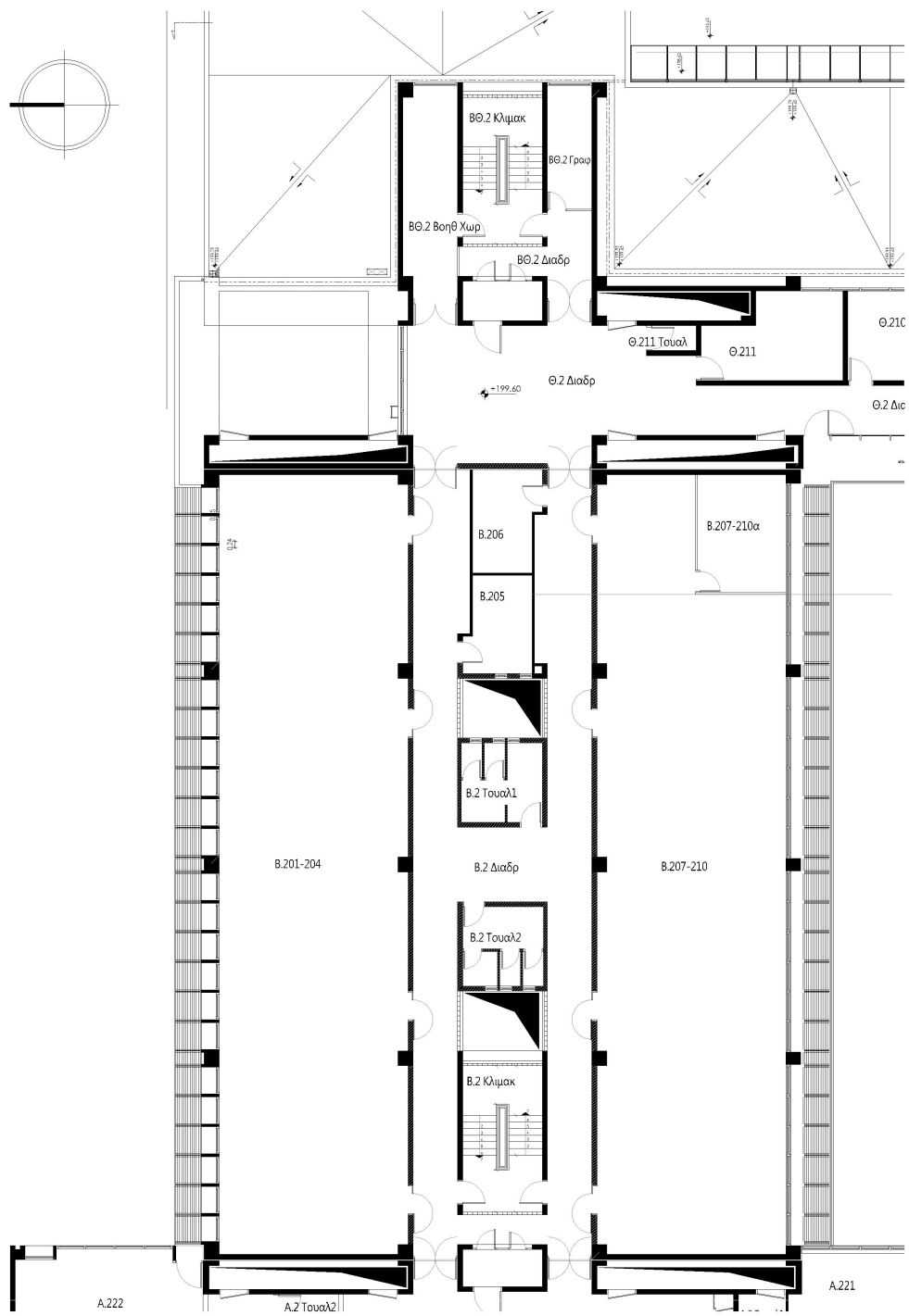
Σχήμα 10: Κάτοψη πτέρυγας Α του επιπέδου 2 (μέρος 1ο)



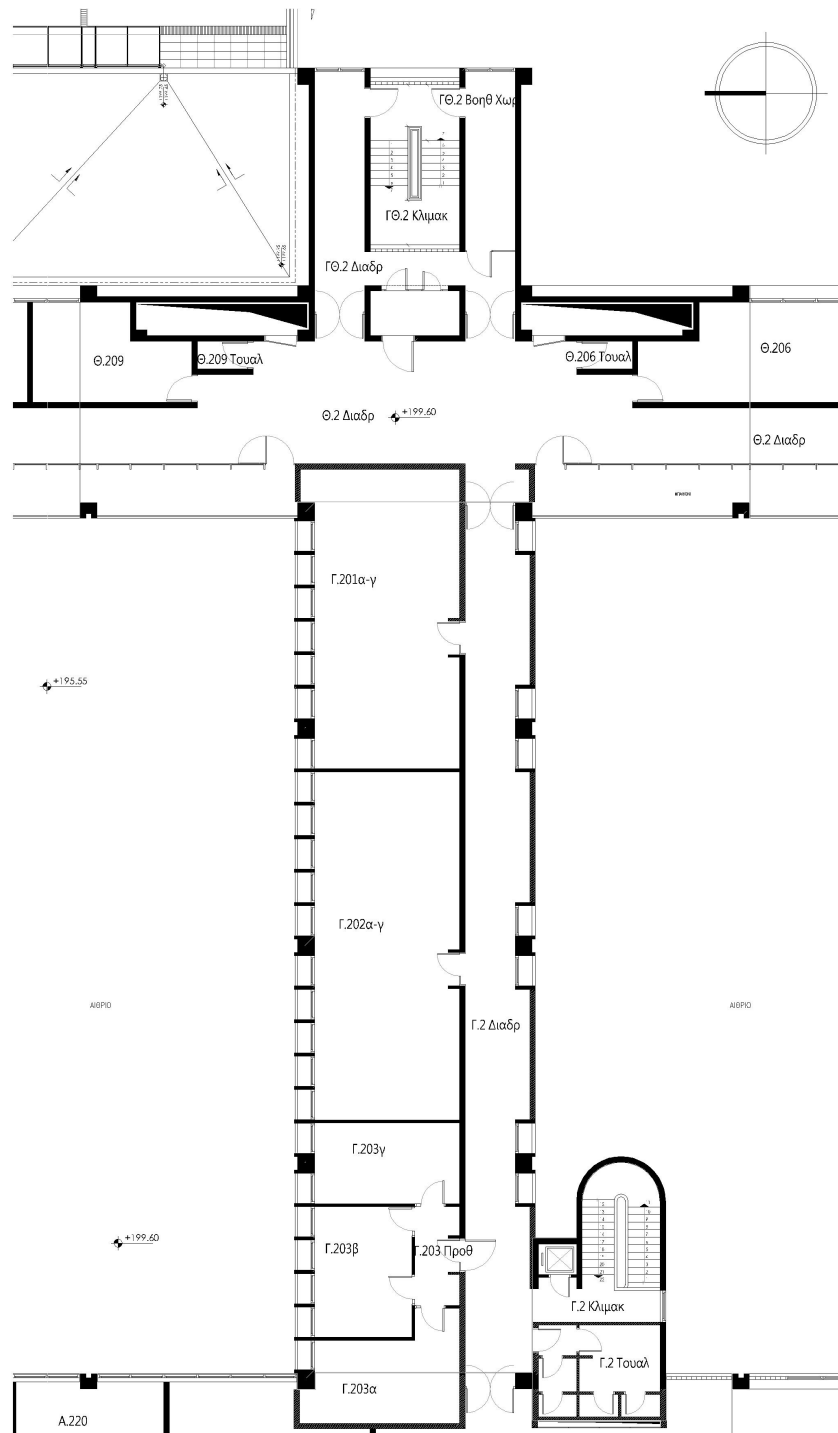
Σχήμα 11: Κάτοψη πτέρυγας Α του επιπέδου 2 (μέρος 2ο)



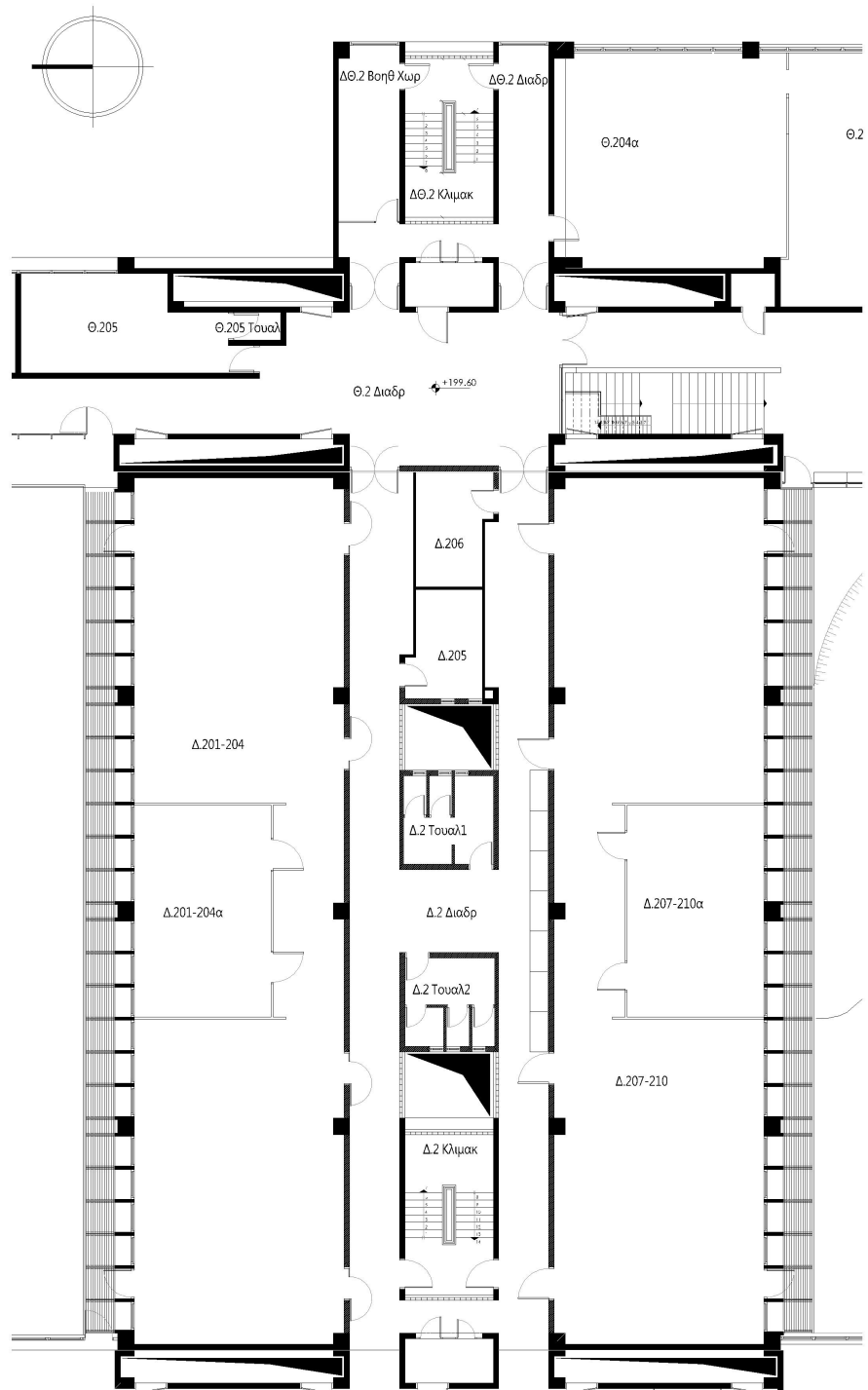
Σχήμα 12: Κάτοψη αμφιθέατρου 211 του επιπέδου 2



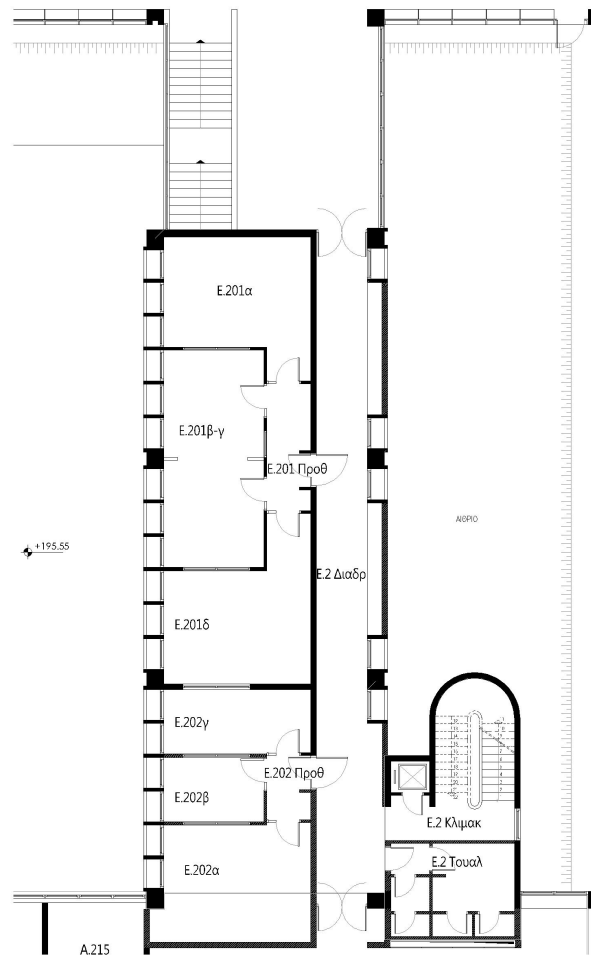
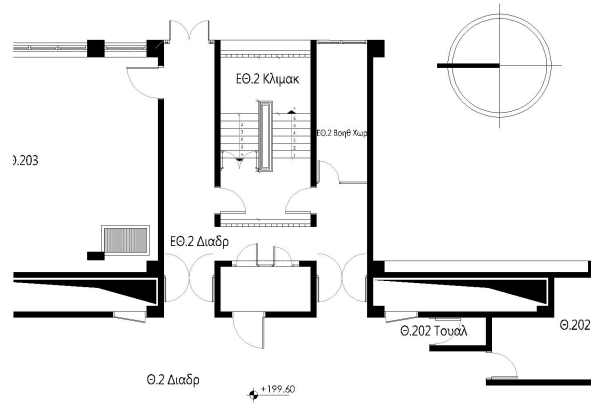
Σχήμα 13: Κάτοψη πτέρυγες Β-ΒΘ του επιπέδου 2



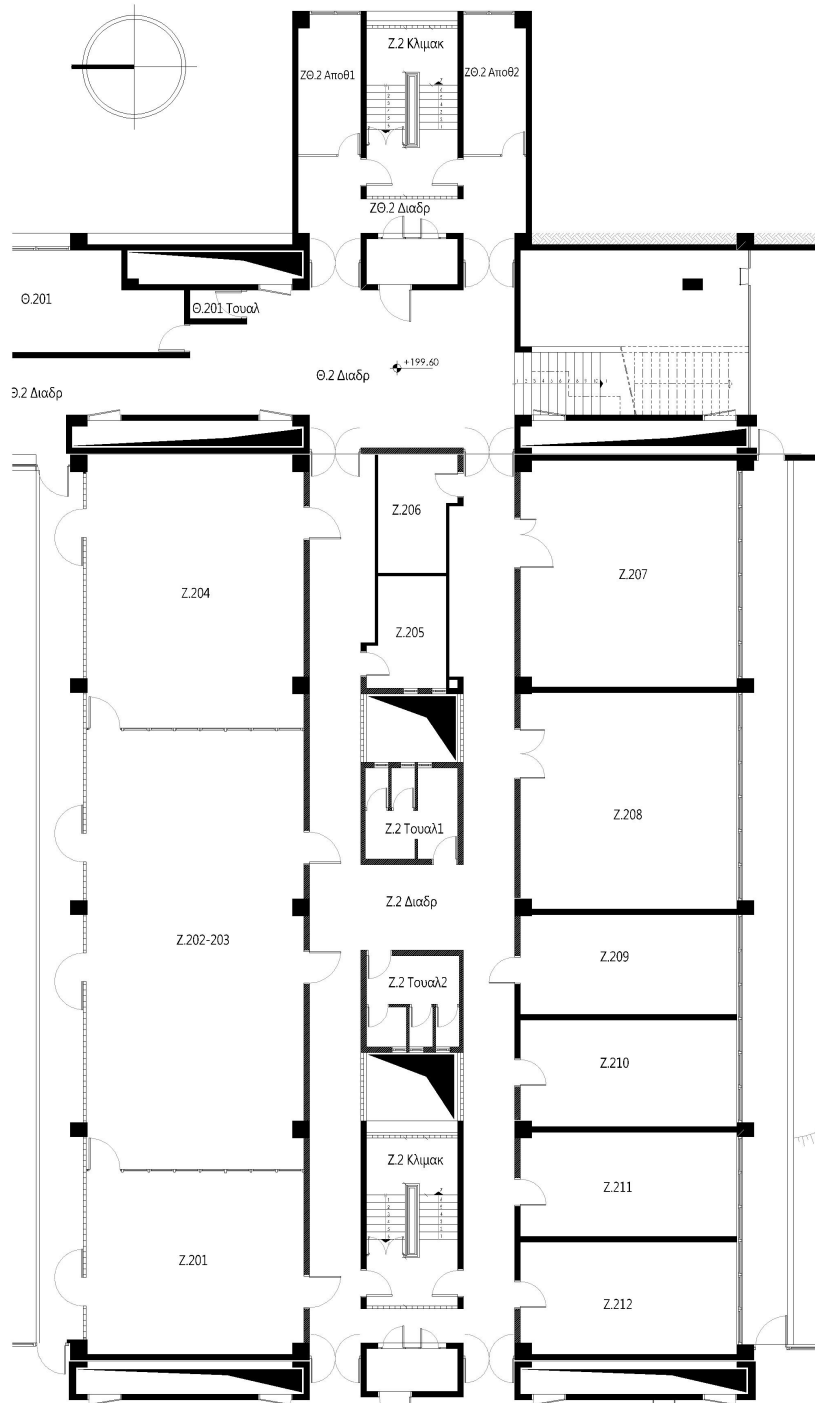
Σχήμα 14: Κάτοψη πτέρυγες Γ-ΓΘ του επιπέδου 2



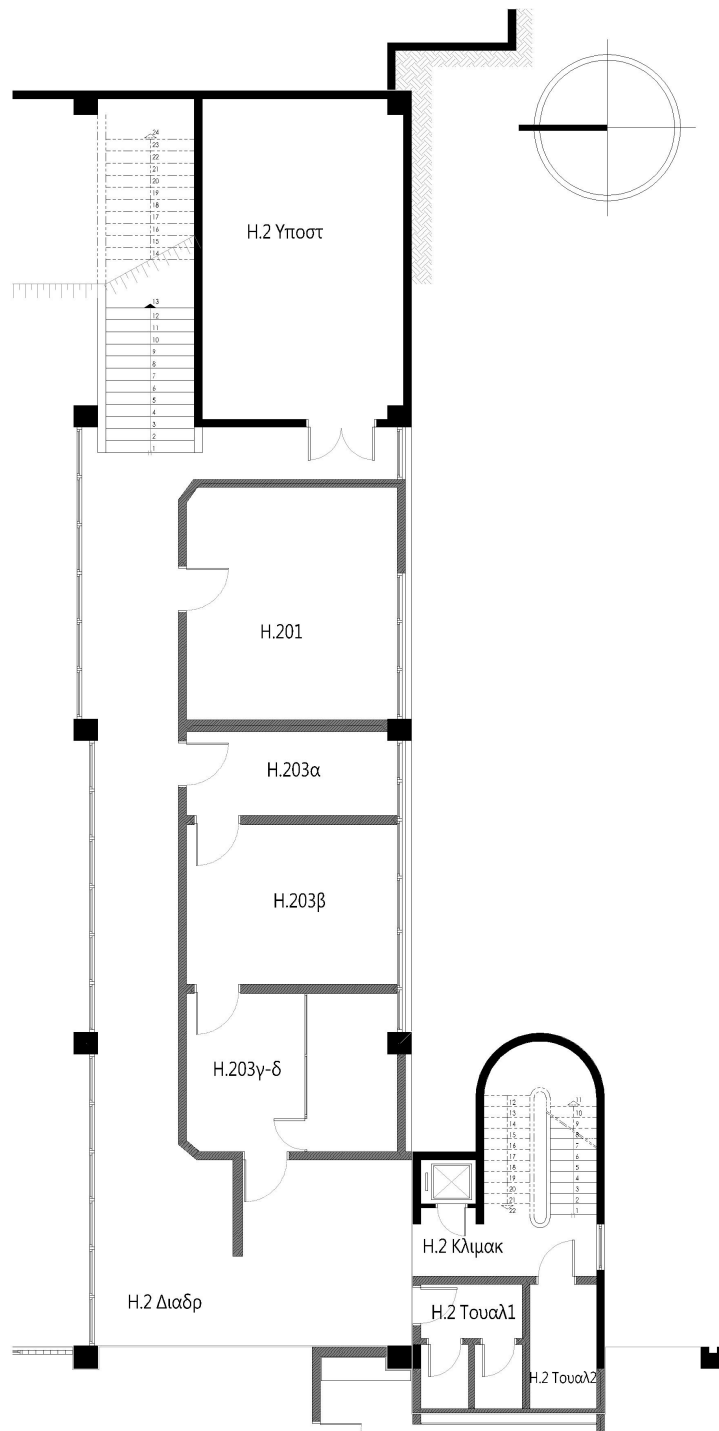
Σχήμα 15: Κάτοψη πτέρυγες Δ-ΔΘ του επιπέδου 2



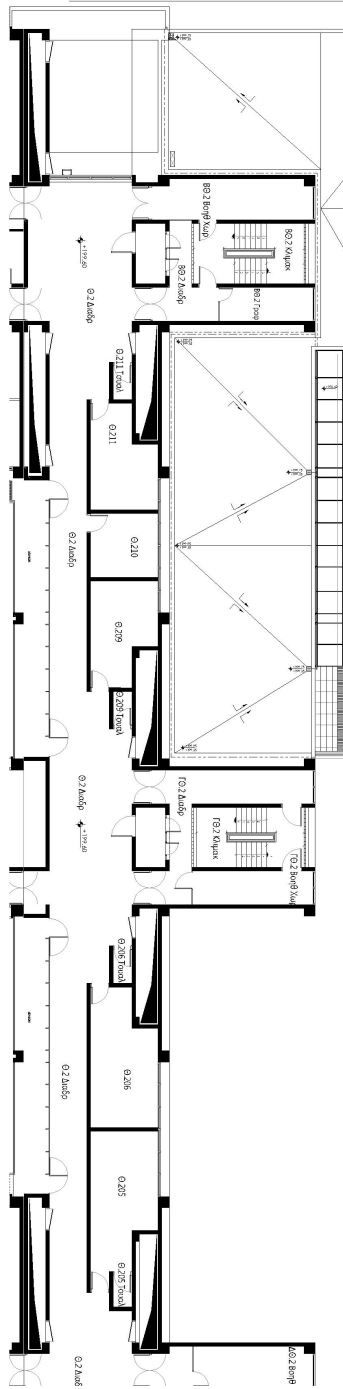
Σχήμα 16: Κάτοψη πτέρυγες Ε-ΕΘ του επιπέδου 2



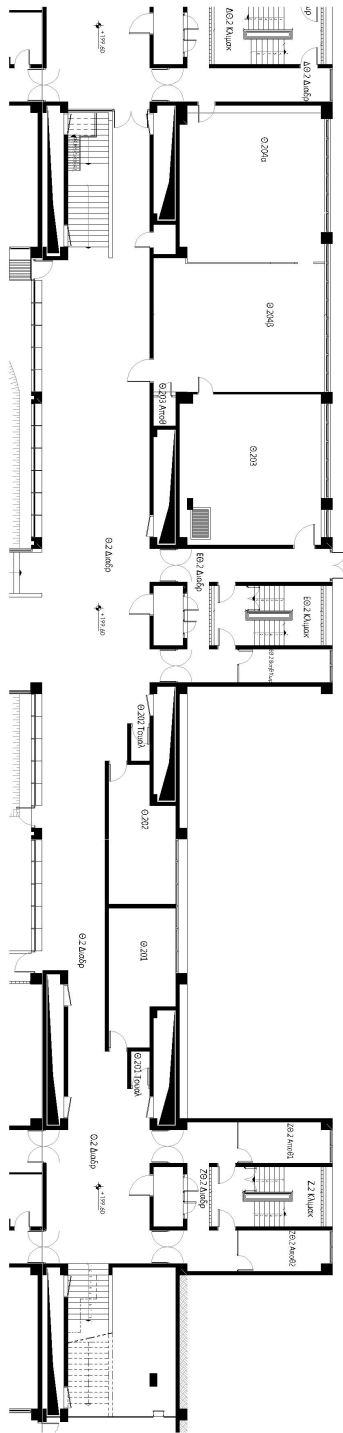
Σχήμα 17: Κάτοψη πτέρυγες Z-ZΘ του επιπέδου 2



Σχήμα 18: Κάτοψη πτέρυγας Η του επιπέδου 2



Σχήμα 19: Κάτοψη πτέρυγας Θ του επιπέδου 2 (μέρος 1ο)



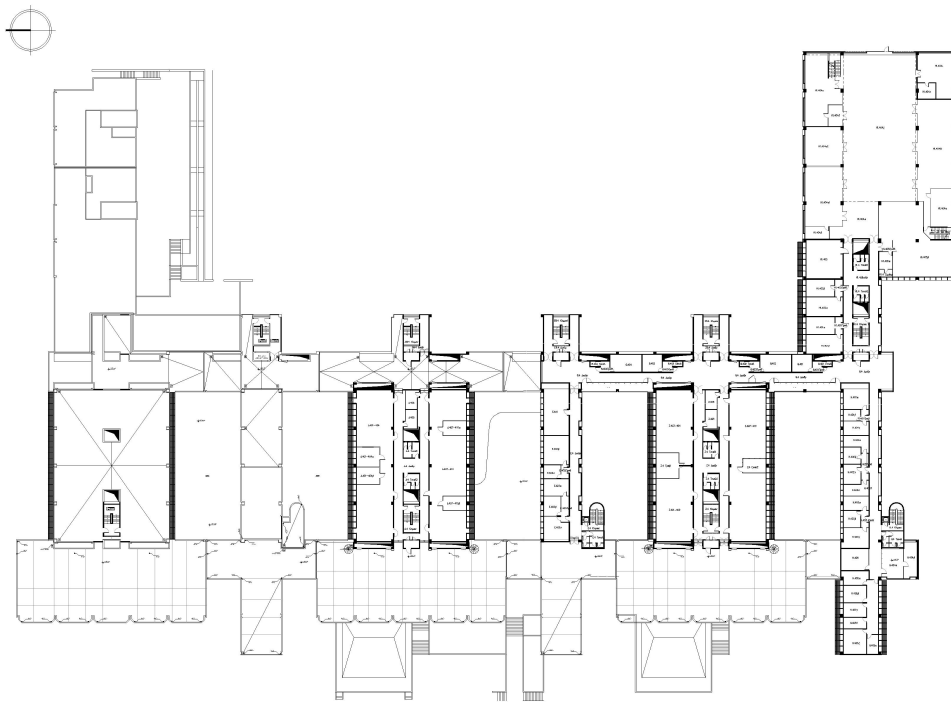
Σχήμα 20: Κάτοψη πτέρυγας Θ του επιπέδου 2 (μέρος 2ο)

3.2.2 Επίπεδο 4

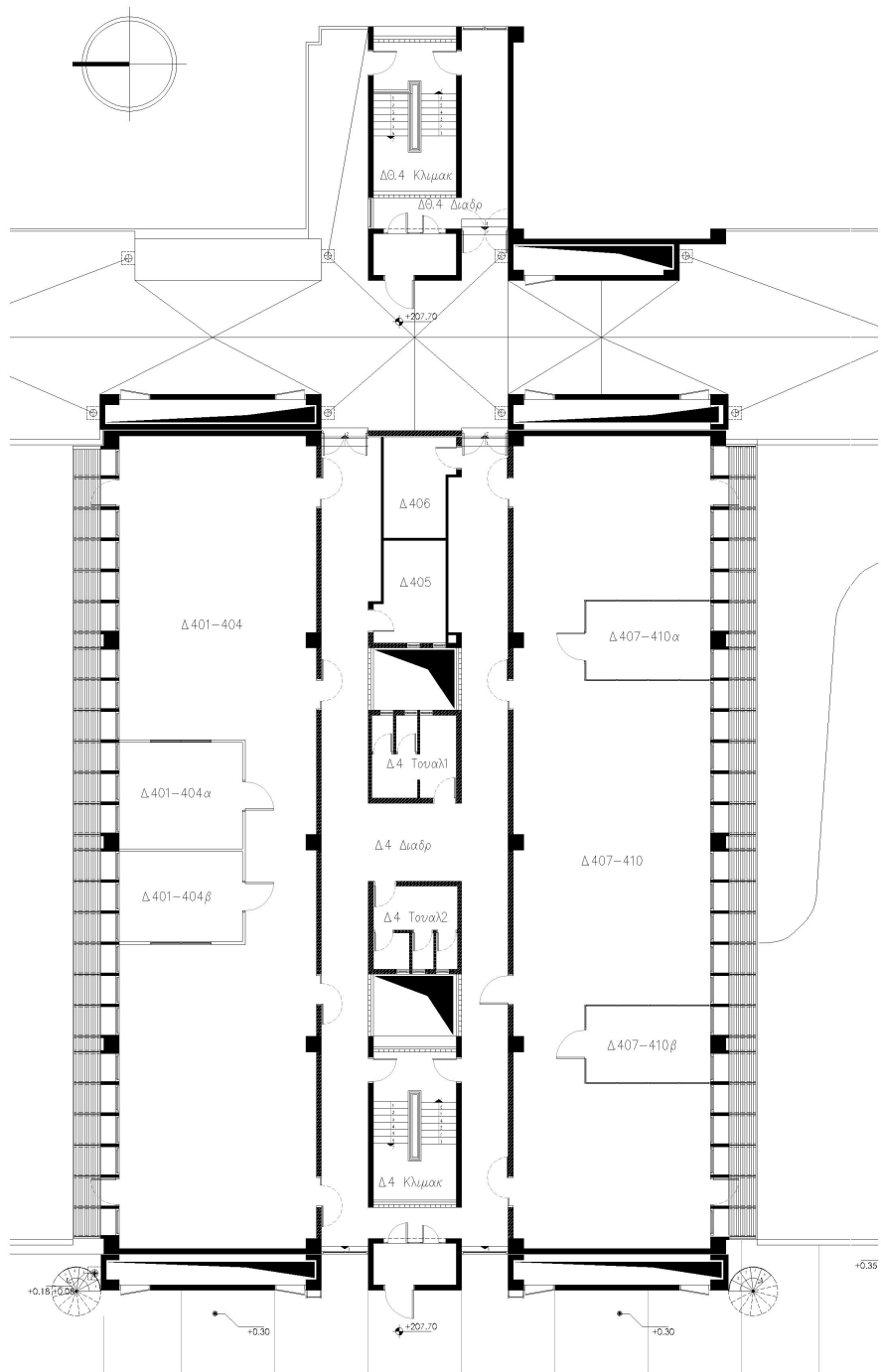
Αποτελείται από τις πτέρυγες Δ,Ε,Ζ,Η,Η1 και Θ. Στην πτέρυγα Θ βρίσκεται ένα εργαστήριο και πληθώρα γραφείων. Η Θ δίνει την δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των πτερυγών Ε,Ζ,Η και Η1. Οι πτέρυγες Ζ και Η1 φέρουν το μεγαλύτερο πλήθος εργαστηρίων αυτού του επιπέδου ενώ οι Ε και Η αποτελούνται αποκλειστικά από γραφεία.

Η πτέρυγα Δ είναι προσβάσιμη μόνο από κλιμακοστάσια και ασανσέρ από άλλο επίπεδο και δεν επικοινωνεί με καμία άλλη πτέρυγα του επιπέδου 4. Διαθέτει 4 μεγάλους χώρους εργαστηρίων και κάποιους χώρους αποθήκευσης.

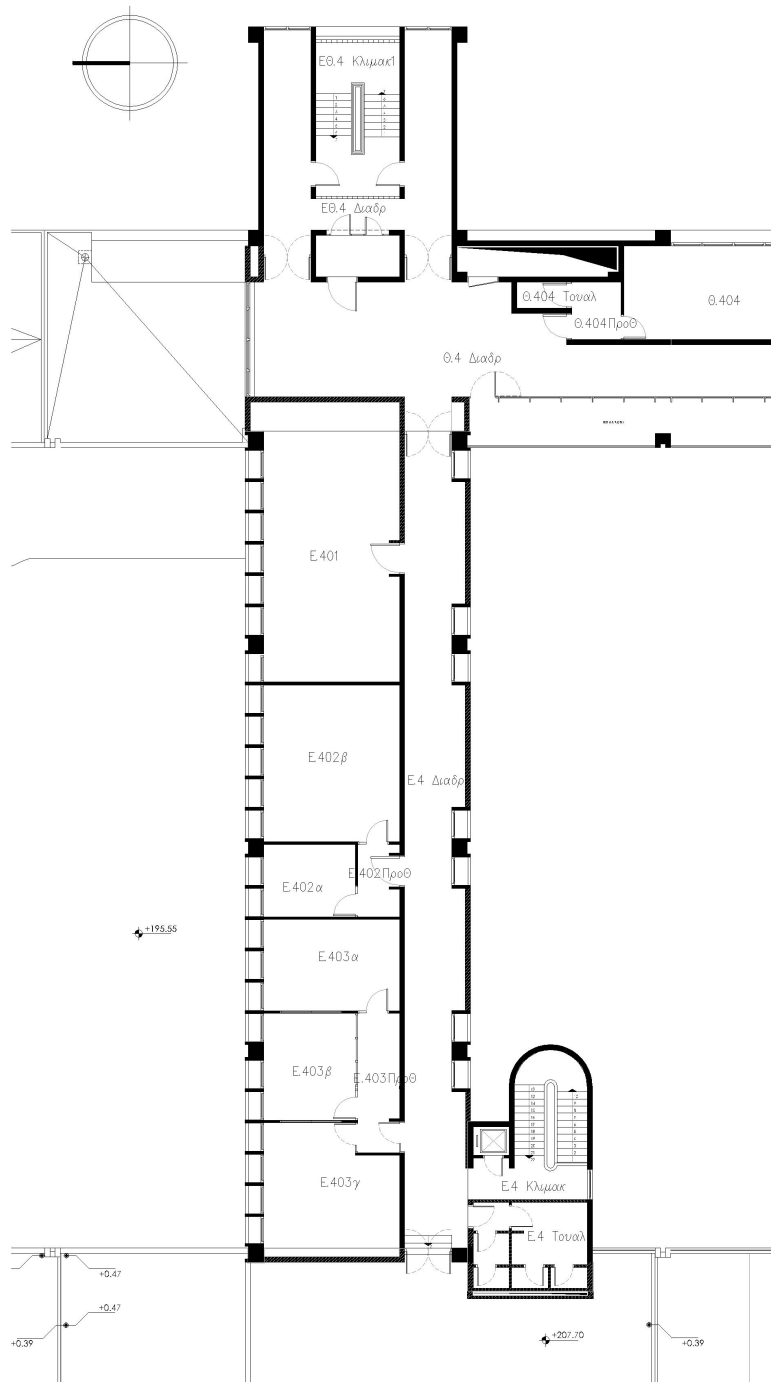
Η κάτοψη του επίπεδο 4 και των χώρων του φαίνεται παρακάτω:



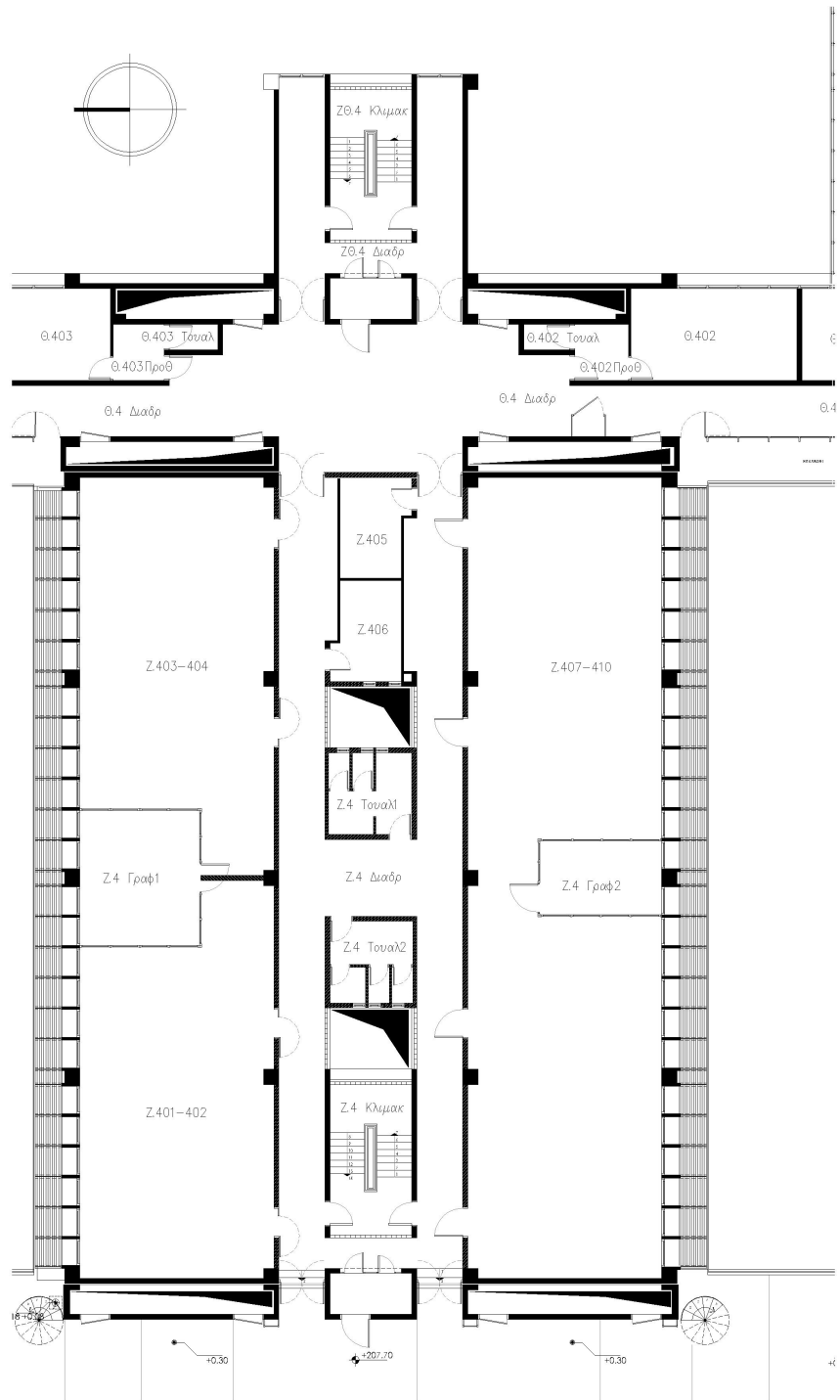
Σχήμα 21: Κάτοψη Επιπέδου 4



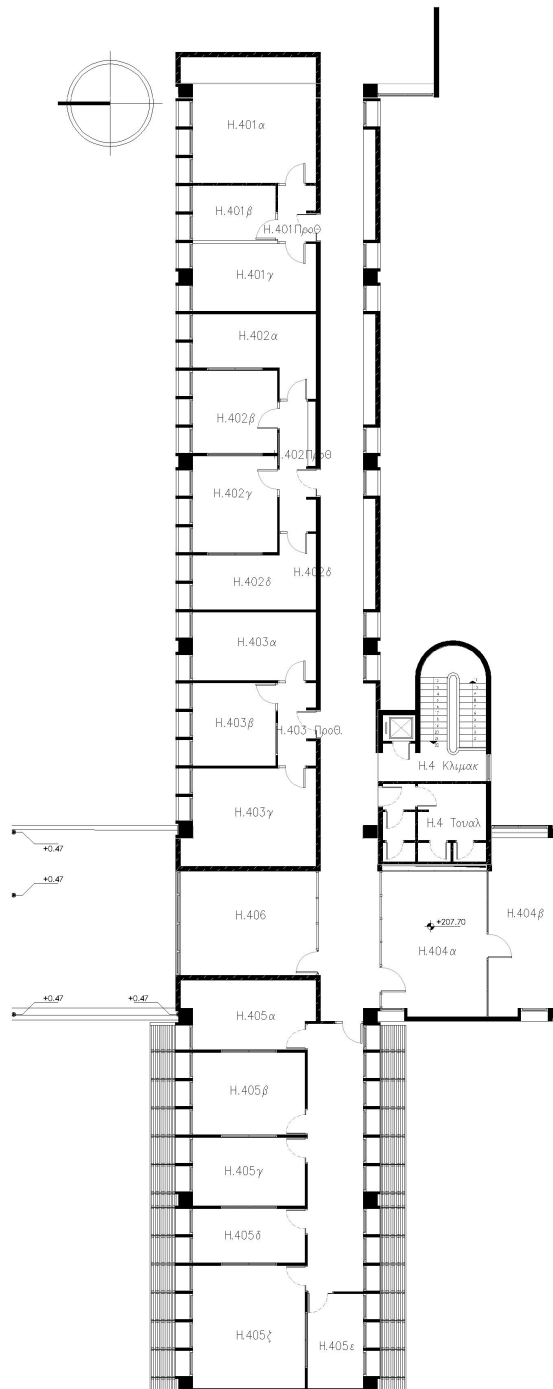
Σχήμα 22: Κάτοψη πτέρυγες Δ-ΔΘ του επιπέδου 4



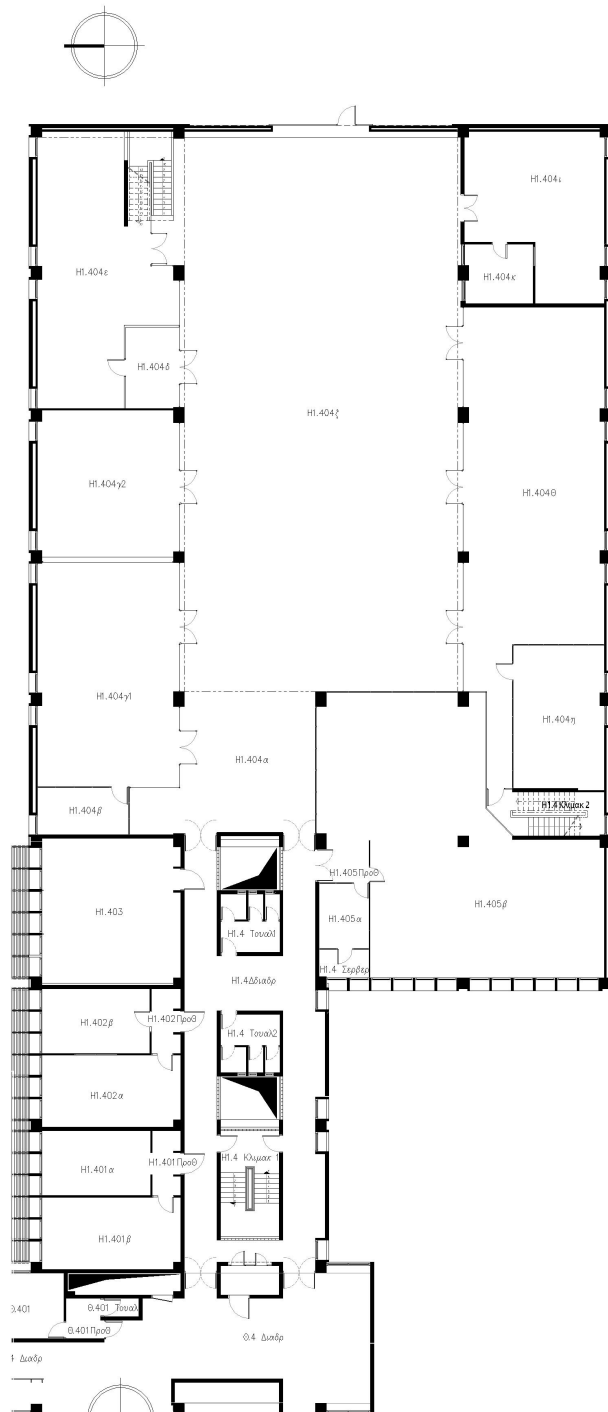
Σχήμα 23: Κάτοψη πτέρυγες E-EΘ του επιπέδου 4



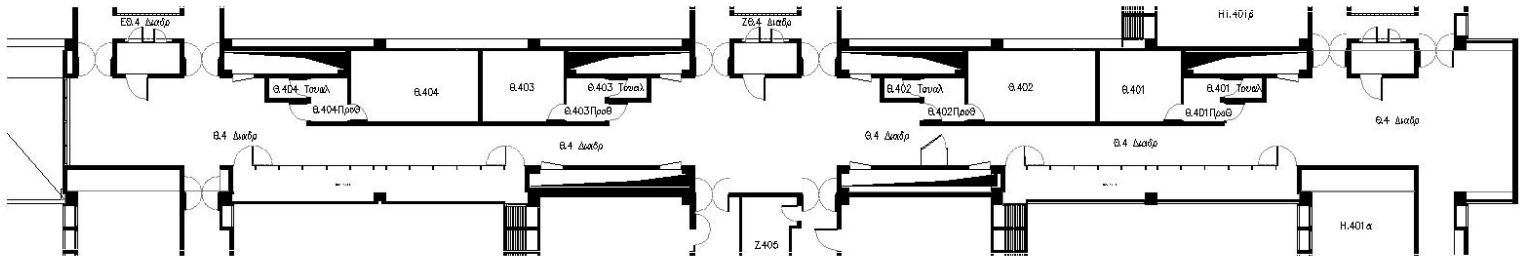
Σχήμα 24: Κάτοψη πτέρυγες Z-ZΘ του επιπέδου 4



Σχήμα 25: Κάτοψη πτέρυγα Η του επιπέδου 4



Σχήμα 26: Κάτοψη πτέρυγα Η1 του επιπέδου 4



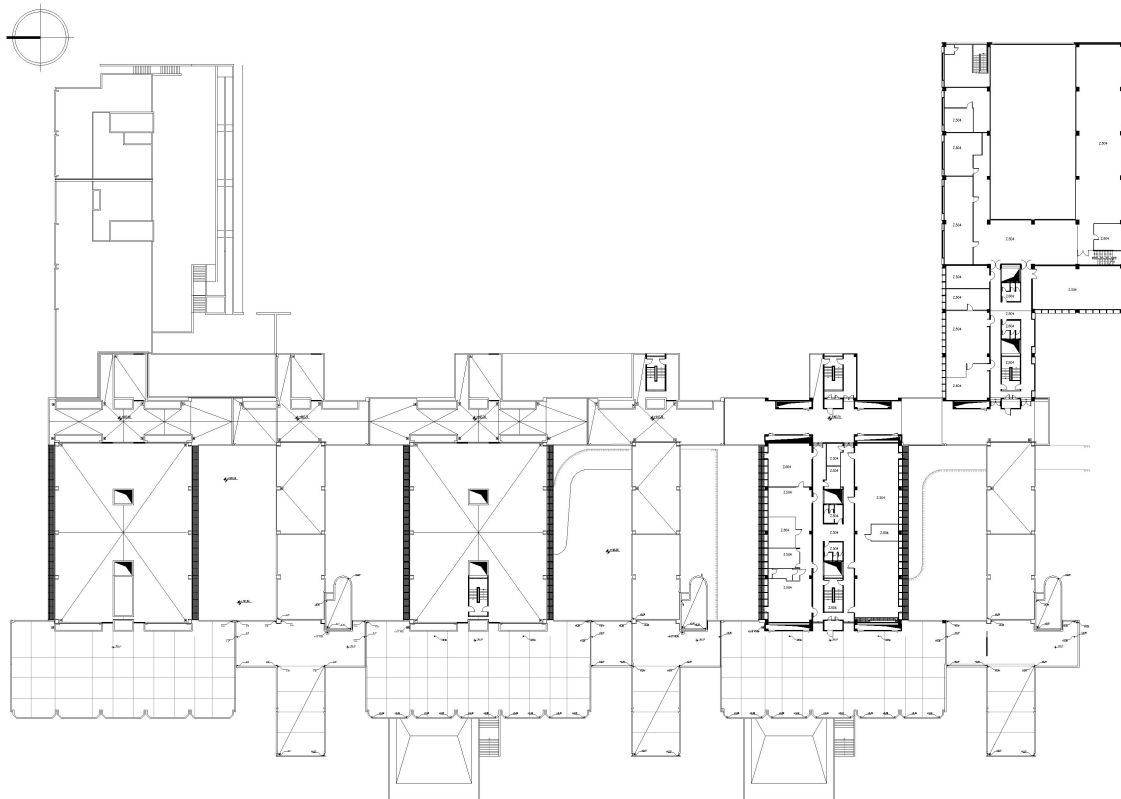
Σχήμα 27: Κάτοψη πτέρυγα Θ του επιπέδου 4

3.2.3 Επίπεδο 5

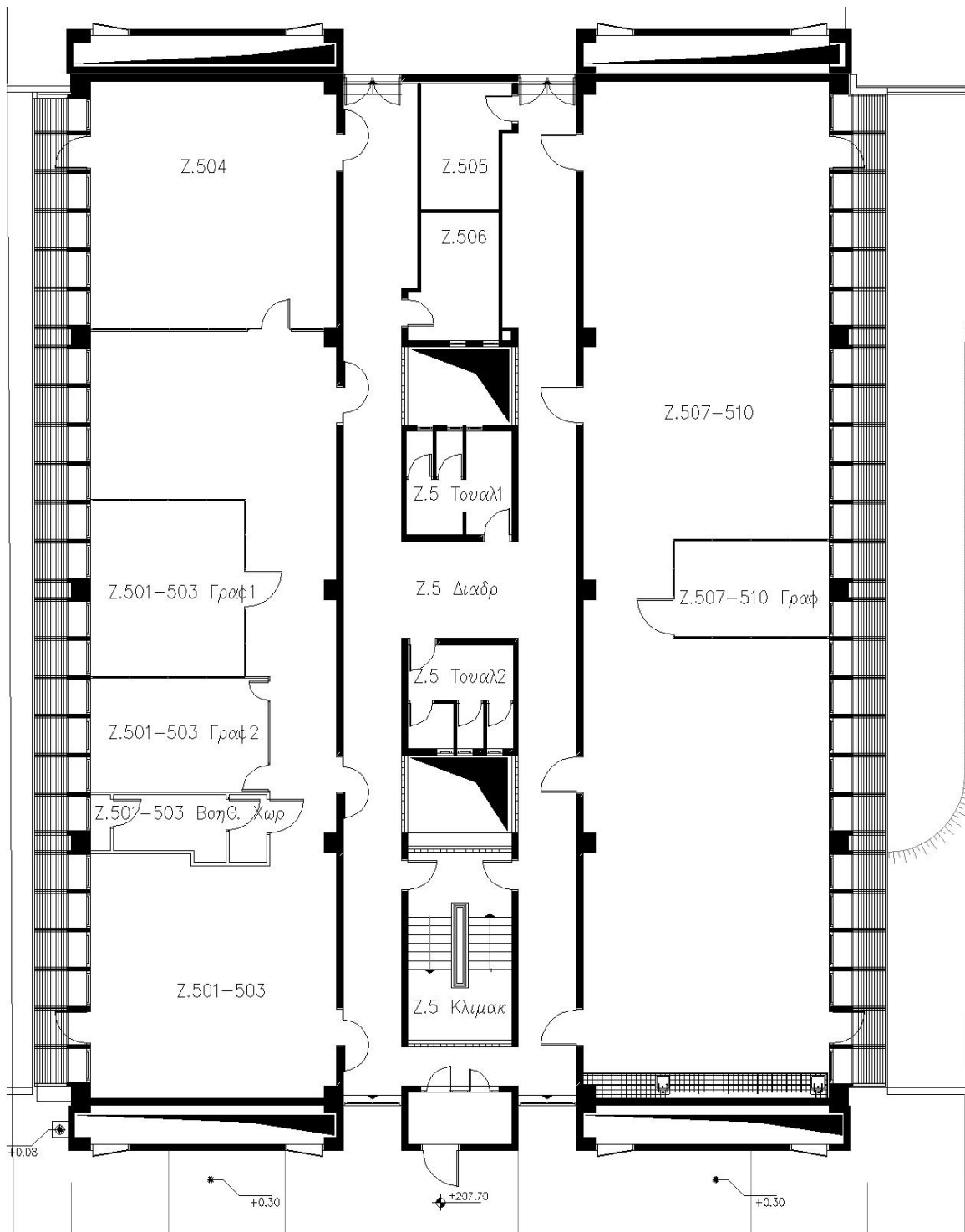
Το επίπεδο 5 αποτελεί το υψηλότερο και μικρότερο σε έκταση επίπεδο του κτηρίου. Πάνω από αυτό δεν υπάρχουν λειτουργικοί εσωτερικοί χώροι παρά μόνο το δώμα (επίπεδο 6).

Το απαρτίζουν 2 πτέρυγες οι Ζ και Η1 οι οποίες δεν επικοινωνούν μεταξύ τους. Τόσο η Ζ όσο και η Η1 αποτελούνται κυρίως από εργαστήρια και κάποιους βοηθητικούς χώρους.

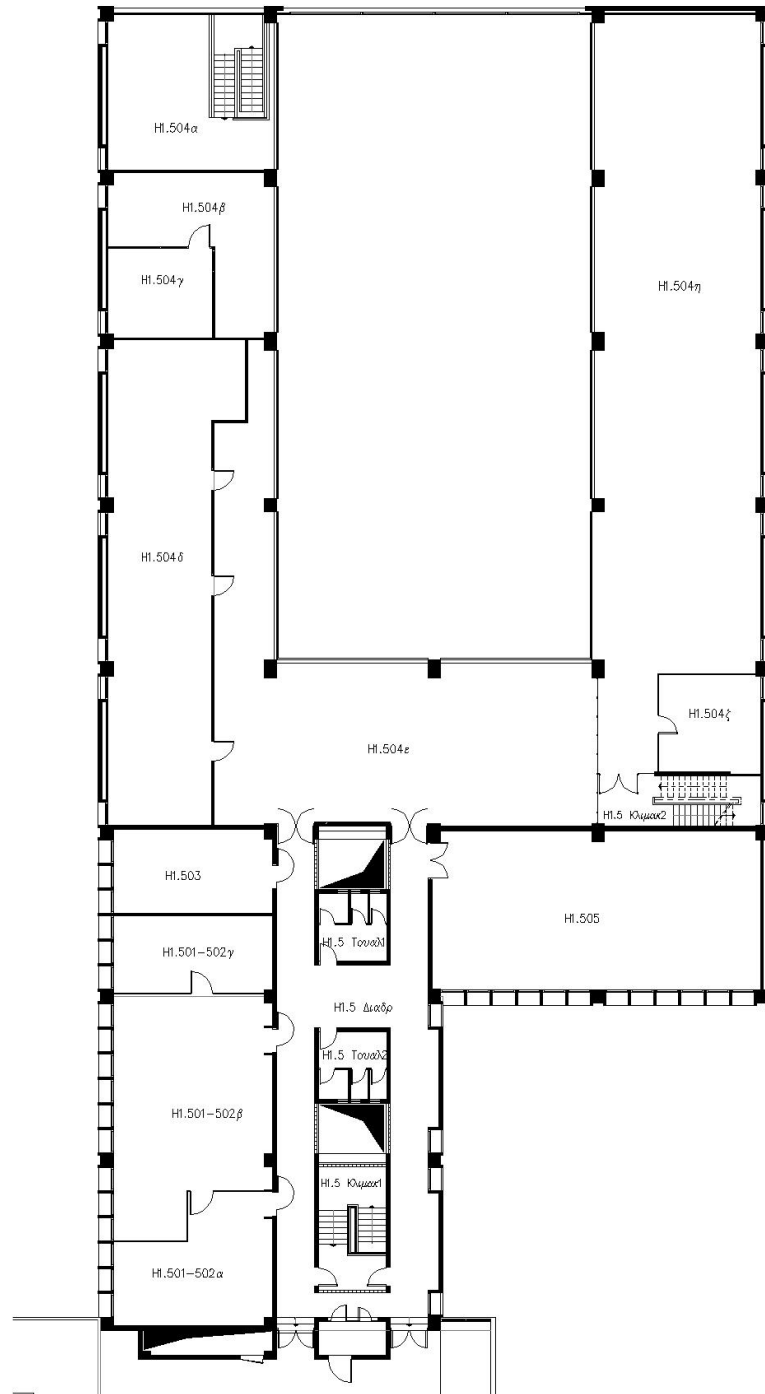
Η κάτοψη του επιπέδου από το πρόγραμμα AutoCAD φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 28: Κάτοψη επιπέδου 5



Σχήμα 29: Κάτοψη πτέρυγας Z του επιπέδου 5
57



Σχήμα 30: Κάτοψη πτέρυγας H1 του επιπέδου 5

4 Υφιστάμενη Εγκατάσταση Τεχνητού Φωτισμού

4.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε η αποτύπωση όλων των φωτιστικών σωμάτων της υφιστάμενης εγκατάστασης. Στην συνέχεια ακολούθησε ο υπολογισμός της εγκατεστημένης ισχύος και της καταναλισκόμενης ενέργειας για τα τρία προς μελέτη επίπεδα.

4.2 Αποτύπωση

Αρχικά πραγματοποιήθηκε επιθεώρηση σε όλους τους εσωτερικούς χώρους των επιπέδων 2, 4 και 5 του κτηρίου των Χημικών Μηχανικών. Στα επίπεδα αυτά καταγράφηκε ότι χρησιμοποιούνται, για τον τεχνητό φωτισμό του κτηρίου, τα παρακάτω είδη λαμπτήρων:

- Φθορισμού T5
- Φθορισμού T8
- Συμπαγής φθορισμού (CFL)
- Πυρακτώσεως E27
- Πυρακτώσεως B22d
- Αλογόνου R27s
- LED

Επίσης πρέπει να επισημανθεί πως μόνο για την οδήγηση των φωτιστικών φθορισμού χρησιμοποιούνται ηλεκτρομαγνητικά ballasts.

4.3 Καταγραφή εγκατεστημένης ισχύος

Ο υπολογισμός της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος του συστήματος φωτισμού για ένα χώρο (σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021) εξαρτάται από τον τύπο των φωτιστικών σωμάτων που είναι εγκατεστημένα και τον αριθμό τους. Ο αριθμός των φωτιστικών ανά τύπο τους, έχει καταμετρηθεί κατά την αποτύπωση του κτηρίου και η εγκατεστημένη ισχύς για κάθε διαφορετικό τύπο φωτιστικού λαμβάνεται από το δελτίο πληροφοριών προϊόντος του φωτιστικού σώματος.

$$P_l = \sum n_{lum} * P_{lum} \quad (1)$$

Όπου:

- $P_l[W]$: η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού του χώρου
- $n_{lum}[-]$: ο αριθμός των ίδιων φωτιστικών σωμάτων
- $P_{lum}[W]$: η ονομαστική ισχύς του κάθε τύπου φωτιστικού

Ωστόσο, στην συγκεκριμένη περίπτωση λόγω έλλειψης στοιχείων από τον κατασκευαστή, η συνολική ισχύς εκτιμάται από την ονομαστική ισχύ του συνόλου των λαμπτήρων που περιλαμβάνονται στον εξεταζόμενο τύπο φωτιστικού συνυπολογίζοντας τις προσαυξήσεις που προκαλούνται ανάλογα με τον τύπο του ηλεκτρονικού συστήματος έναυσης και ελέγχου (ballast). Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του συντελεστή προσαύξησης ισχύος. Έτσι ο παραπάνω τύπος (1) γίνεται τελικά:

$$P_l = \sum n_{lum} * P_{lamp} * f_{gear} \quad (2)$$

Όπου:

- $P_l[W]$: η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού του χώρου
- $n_{lum}[-]$: ο αριθμός των ίδιων φωτιστικών σωμάτων
- $P_{lamp}[W]$: το άθροισμα της ισχύος των λαμπτήρων του κάθε φωτιστικού
- f_{gear} : ο συντελεστής προσαύξησης ισχύος

Οι τιμές του συντελεστή δίνονται από την TOTEE 20701-7 και φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2: Συντελεστής προσαύξησης ισχύος f_{gear}

Τύπος	Συντελεστής f_{gear}
Ηλεκτρομαγνητικό ballast	1.20
Ηλεκτρονικό ballast	1.05
Driver	1.00
Χωρίς ballast	1.00

4.3.1 Επίπεδο 2

Το επίπεδο 2 αποτελεί το μεγαλύτερο σε επιφάνεια ($7567 m^2$) του κτηρίου. Απαρτίζεται από 6 πτέρυγες (Α,Β,Γ,Δ,Ε,Ζ,Η,Θ) και έχει συνολικά 145 χώρους. Για την μελέτη χρησιμοποιήθηκε ο τύπος 2 και υπολογίστηκε η συνολική ισχύς φωτισμού, ανά πτέρυγα, όπως φαίνεται και στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 3: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στη πτέρυγα Α του επιπέδου 2

Πτέρυγα Α					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
A.201	12	2	36	Φθορισμού T8	1036.8
A.202	12	2	36	Φθορισμού T8	1036.8
A.203	12	2	36	Φθορισμού T8	1036.8
A.204	12	2	36	Φθορισμού T8	1036.8
A.205	12	2	36	Φθορισμού T8	1036.8
A.206 Προθ	9	4	36	Φθορισμού T8	1555.2
A.206α	5	4	36	Φθορισμού T8	864
A.206β	5	4	36	Φθορισμού T8	864
A.206γ	5	4	36	Φθορισμού T8	864
A.206δ	7	4	36	Φθορισμού T8	1209.6
A.206ε	3	4	36	Φθορισμού T8	518.4
A.207	24	2	36	Φθορισμού T8	2073.6
A.208	12	2	36	Φθορισμού T8	1036.8
A.209	24	2	36	Φθορισμού T8	2073.6
A.210	22	4	36	Φθορισμού T8	3801.6
	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
A.211 Αμφ	31	2	36	Φθορισμού T8	2678.4
	6	1	15	CFL	108
A.211 Διαδρ	12	1	36	Φθορισμού T8	518.4
	2	1	40	Πυρακτώσεως E27	80
A.211 Αποθ	1	4	36	Φθορισμού T8	172.8
	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
A.211 Τουαλ1	3	1	40	Πυρακτώσεως E27	120
A.211 Πινακ	1	1	36	Φθορισμού T8	43.2
A.211 Τουαλ2	3	1	40	Πυρακτώσεως E27	120
A.211 Προβ	1	1	40	Πυρακτώσεως E27	40
A.211 Διαδρ1	5	1	40	Πυρακτώσεως E27	200
A.211 Διαδρ2	5	1	40	Πυρακτώσεως E27	200
A.211 Προθ1 Γραφ	1	1	58	Φθορισμού T8	69.6
A.211 Προθ2 Γραφ	1	1	58	Φθορισμού T8	69.6
A.211 Γραφ	4	1	58	Φθορισμού T8	278.4
	1	1	18	Φθορισμού T8	21.6
A.211 Τουαλ Γραφ	1	1	40	Πυρακτώσεως E27	40
A.212 Προθ	2	4	58	Φθορισμού T8	556.8
A.212α	4	4	18	Φθορισμού T8	345.6
A.212β	8	3	58	Φθορισμού T8	1670.4
A.213	6	4	18	Φθορισμού T8	518.4
A.213 Κουζ	1	3	58	Φθορισμού T8	208.8
A.213 Τουαλ	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
A.214	2	2	58	Φθορισμού T8	278.4
A.215	2	2	58	Φθορισμού T8	278.4
A.216	2	2	58	Φθορισμού T8	278.4
A.217	2	2	58	Φθορισμού T8	278.4
A.218	2	2	58	Φθορισμού T8	278.4
A.219	5	2	36	Φθορισμού T8	432
A.220	4	2	36	Φθορισμού T8	345.6

Πτέρυγα Α					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
A.221	4	2	36	Φθορισμού T8	345.6
A.2 Τουαλ1	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
A.2 Τουαλ2	1	1	40	Πυρακτώσεως E27	40
A.222 Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
A.222	3	2	58	Φθορισμού T8	417.6
A.2 Διαδρ	47	2	36	Φθορισμού T8	4060.8
	8	2	18	CFL	345.6
	1	4	18	Φθορισμού T8	86.4
Συνολική Ισχύς					36441.6

Η πτέρυγα Α έχει συνολικά 36.4 kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 4: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Β του επιπέδου 2

Πτέρυγα Β					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
B.201-204	75	2	36	Φθορισμού T8	6480
B.205	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
B.206	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
B.207-210	74	2	36	Φθορισμού T8	6393.6
B.207-210α	4	4	18	Φθορισμού T8	345.6
B.2 Διαδρ	35	1	58	Φθορισμού T8	2436
B.2 Κλιμακ	3	2	18	Φθορισμού T8	129.6
B.2 Τουαλ1	5	1	40	Πυρακτώσεως E27	200
B.2 Τουαλ2	3	1	8	LED	24
Συνολική Ισχύς					16181.6

Πίνακας 5: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΒΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΒΘ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
BΘ.2 Βοηθ Χωρ	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
BΘ.2 Γραφ	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
BΘ.2 Διαδρ	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
BΘ.2 Κλιμακ	2	2	18	Φθορισμού T8	86.4
Συνολική Ισχύς					446.4

Οι πτέρυγες Β,ΒΘ έχουν συνολικά 16.6 kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 6: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Γ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Γ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Γ.201α-γ	14	3	36	Φθορισμού T8	1814.4
Γ.202α-γ	16	3	36	Φθορισμού T8	2073.6
Γ.203 Προθ	2	3	36	Φθορισμού T8	259.2
Γ.203α	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
Γ.203β-γ	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
Γ.203δ	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
Γ.2 Διαδρ	14	1	58	Φθορισμού T8	974.4
Γ.2 Κλιμακ	3	2	18	Φθορισμού T8	129.6
Γ.2 Τουαλ	7	1	40	Πυρακτώσεως E27	280
Συνολική Ισχύς					7086.4

Πίνακας 7: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΓΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΓΘ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
ΓΘ.2 Βοηθ Χωρ	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
ΓΘ.2 Διαδρ	4	1	60	Πυρακτώσεως E27	240
ΓΘ.2 Κλιμακ	3	2	18	Φθορισμού T8	129.6
Συνολική Ισχύς					429.6

Οι πτέρυγες Γ,ΓΘ έχουν συνολικά 7.5 kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 8: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Δ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Δ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Δ.201-204	64	2	36	Φθορισμού T8	5529.6
Δ.201-204α	8	4	18	Φθορισμού T8	691.2
Δ.205	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Δ.206	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Δ.207-210	64	2	36	Φθορισμού T8	5529.6
Δ.207-210α	12	2	36	Φθορισμού T8	1036.8
Δ.2 Διαδρ	35	1	58	Φθορισμού T8	2436
Δ.2 Κλιμακ	3	2	18	Φθορισμού T8	129.6
Δ.2 Τουαλ1	3	1	8	LED	24
	2	1	40	Πυρακτώσεως E27	80
Δ.2 Τουαλ2	5	1	60	Πυρακτώσεως E27	300
Συνολική Ισχύς					15929.6

Πίνακας 9: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΔΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΔΘ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
ΔΘ.2 Βοηθ Χωρ	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
ΔΘ.2 Διαδρ	4	1	60	Πυρακτώσεως E27	240
ΔΘ.2 Κλιμακ	3	2	18	Φθορισμού T8	129.6
Συνολική Ισχύς					489.6

Οι πτέρυγες Δ,ΔΘ έχουν συνολικά 16.4 kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 10: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Ε του επιπέδου 2

Πτέρυγα Ε					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
E.201 Προθ	2	3	36	Φθορισμού T8	259.2
E.201α	6	3	36	Φθορισμού T8	777.6
E.201β-γ	12	3	36	Φθορισμού T8	1555.2
E.201δ	6	3	36	Φθορισμού T8	777.6
E.202 Προθ	1	3	36	Φθορισμού T8	129.6
E.202α	6	4	36	Φθορισμού T8	1036.8
E.202β	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
E.202γ	4	4	36	Φθορισμού T8	691.2
E.2 Διαδρ	12	1	58	Φθορισμού T8	835.2
E.2 Κλιμακ	3	2	18	Φθορισμού T8	129.6
E.2 Τουαλ	7	1	40	Πυρακτώσεως E27	280
Συνολική Ισχύς					6990.4

Πίνακας 11: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΕΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΕΘ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
ΕΘ.2 Βοηθ Χωρ	1	4	18	Φθορισμού T8	86.4
ΕΘ.2 Διαδρ	3	1	60	Πυρακτώσεως E27	180
ΕΘ.2 Κλιμακ	3	2	18	Φθορισμού T8	129.6
Συνολική Ισχύς					396

Οι πτέρυγες Ε,ΕΘ έχουν συνολικά 7.4 kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 12: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Ζ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Ζ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Z.201	15	2	36	Φθορισμού T8	1296
Z.202-203	40	2	36	Φθορισμού T8	3456
Z.204	20	2	36	Φθορισμού T8	1728
Z.205	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Z.206	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Z.207	12	4	18	Φθορισμού T8	1036.8
Z.208	6	2	58	Φθορισμού T8	835.2
Z.209	4	2	36	Φθορισμού T8	345.6
Z.210	4	2	36	Φθορισμού T8	345.6
Z.211	4	2	36	Φθορισμού T8	345.6
Z.212	4	4	18	Φθορισμού T8	345.6
	1	2	58	Φθορισμού T8	139.2
Z.2 Διαδρ	35	1	58	Φθορισμού T8	2436
Z.2 Κλιμακ	3	2	18	Φθορισμού T8	129.6
Z.2 Τουαλ1	1	1	18	Φθορισμού T8	21.6
	4	1	40	Πυρακτώσεως E27	160
Z.2 Τουαλ2	1	1	18	Φθορισμού T8	21.6
	3	1	40	Πυρακτώσεως E27	120
Συνολική Ισχύς					12935.2

Πίνακας 13: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΖΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΖΘ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
ZΘ.2 Αποθ Χωρ1	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
ZΘ.2 Αποθ Χωρ2	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
ZΘ.2 Διαδρ	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
ZΘ.2 Κλιμακ	3	2	18	Φθορισμού T8	129.6
Συνολική Ισχύς					369.6

Οι πτέρυγες Ζ,ΖΘ έχουν συνολικά 13.3 kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 14: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Η του επιπέδου 2

Πτέρυγα Η					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Η.201	4	2	58	Φθορισμού T8	556.8
	1	4	18	Φθορισμού T8	86.4
Η.203α	2	2	58	Φθορισμού T8	278.4
Η.203β	4	2	58	Φθορισμού T8	556.8
Η.203γ-δ	4	2	58	Φθορισμού T8	556.8
Η.2 Διαδρ	1	2	18	CFL	43.2
Η.2 Κλιμακ	3	2	18	Φθορισμού T8	129.6
Η.2 Τουαλ1	1	2	58	Φθορισμού T8	139.2
	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
Η.2 Τουαλ2	1	1	18	Φθορισμού T8	21.6
	1	2	58	Φθορισμού T8	139.2
Η.2 Υποστ	3	2	36	Φθορισμού T8	259.2
Συνολική Ισχύς					2887.2

Η πτέρυγα Η έχει συνολικά 2.9 kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 15: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Θ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Θ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Θ.201	5	2	36	Φθορισμού T8	432
Θ.201 Τουαλ	1	1	40	Πυρακτώσεως E27	40
Θ.202	6	2	36	Φθορισμού T8	518.4
Θ.202 Τουαλ	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
Θ.203	18	4	18	Φθορισμού T8	1555.2
Θ.203 Αποθ	9	4	18	Φθορισμού T8	777.6
Θ.204α	12	4	18	Φθορισμού T8	1036.8
Θ.204β	8	4	18	Φθορισμού T8	691.2
Θ.205	5	2	36	Φθορισμού T8	432
Θ.205 Τουαλ	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
Θ.206	5	2	36	Φθορισμού T8	432
Θ.206 Τουαλ	2	1	40	Πυρακτώσεως E27	80
Θ.209	1	2	54	Φθορισμού T8	129.6
	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Θ.209 Τουαλ	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
Θ.210	2	2	36	Φθορισμού T8	172.8
Θ.211	1	2	54	Φθορισμού T8	129.6
	2	2	36	Φθορισμού T8	172.8
Θ.211 Τουαλ	1	1	40	Πυρακτώσεως E27	40
Θ.2 Διαδρ	21	2	36	Φθορισμού T8	1814.4
Συνολική Ισχύς					8720.8

Η πτέρυγα Θ έχει συνολικά 8.7 kW εγκατεστημένη ισχύ.

Όπως προκύπτει και από τους παραπάνω πίνακες το επίπεδο 2 έχει εγκατεστημένη ισχύ 109.3 kW.

4.3.2 Επίπεδο 4

Το επίπεδο 4 αποτελείται από τις πτέρυγες Δ,Ε,Ζ,Η,Η1,Θ οι οποίες απαρτίζονται από 107 χώρους και 4354m² συνολικά. Ακολουθεί αναλυτικά η εγκατεστημένη ισχύς ανά πτέρυγα :

Πίνακας 16: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Δ του επιπέδου 4

Πτέρυγα Δ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Δ.401-404	64	2	36	Φθορισμού T8	5529.6
Δ.401-404α	6	2	36	Φθορισμού T8	518.4
Δ.401-Δ404β	6	2	36	Φθορισμού T8	518.4
Δ.405	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Δ.406	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Δ.407-Δ410	64	2	36	Φθορισμού T8	5529.6
Δ.407-Δ410α	6	2	36	Φθορισμού T8	518.4
Δ.407-Δ410β	6	2	36	Φθορισμού T8	518.4
Δ.4 Διαδρ	35	1	58	Φθορισμού T8	2436
Δ.4 Κλιμακ	2	2	18	Φθορισμού T8	86.4
	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
Δ.4 Τουαλ1	5	1	60	Πυρακτώσεως E27	300
Δ.4 Τουαλ2	5	1	60	Πυρακτώσεως E27	300
Συνολική Ισχύς					16548

Πίνακας 17: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΔΘ του επιπέδου 4

Πτέρυγα ΔΘ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
ΔΘ.4 Διαδρ	4	1	60	Πυρακτώσεως E27	240
ΔΘ.4 Κλιμακ	2	2	18	Φθορισμού T8	86.4
	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
Συνολική Ισχύς					446.4

Οι πτέρυγες Δ-ΔΘ έχουν συνολικά 17kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 18: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Ε του επιπέδου 4

Πτέρυγα Ε					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
E.401	22	3	36	Φθορισμού T8	2851.2
E.402 Προθ	2	3	36	Φθορισμού T8	259.2
E.402α	6	3	36	Φθορισμού T8	777.6
E.402β	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
E403 Προθ	3	3	36	Φθορισμού T8	388.8
E.403α	6	3	36	Φθορισμού T8	777.6
E.403β	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
E.403γ	8	3	36	Φθορισμού T8	1036.8
E.4 Διαδρ	16	1	58	Φθορισμού T8	1113.6
E.4 Κλιμακ	3	1	60	Πυρακτώσεως E27	180
E.4 Τουαλ	7	1	40	Πυρακτώσεως E27	280
Συνολική Ισχύς					8701.6

Πίνακας 19: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΕΘ του επιπέδου 4

Πτέρυγα ΕΘ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
EΘ.4 Διαδρ	6	1	60	Πυρακτώσεως E27	360
EΘ.4 Κλιμακ	2	2	18	Φθορισμού T8	86.4
	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
Συνολική Ισχύς					566.4

Οι πτέρυγες Ε-ΕΘ έχουν συνολικά 9.3kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 20: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Ζ του επιπέδου 4

Πτέρυγα Ζ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Z.401-402	31	2	36	Φθορισμού T8	2678.4
Z.403-404	31	2	36	Φθορισμού T8	2678.4
Z.4 Γραφ1	4	4	18	Φθορισμού T8	345.6
Z.405	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Z.406	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Z.407-410	72	2	36	Φθορισμού T8	6220.8
Z.4 Γραφ2	6	2	36	Φθορισμού T9	518.4
Z.4 Διαδρ	33	1	58	Φθορισμού T8	2296.8
Z.4 Κλιμακ	3	2	18	Φθορισμού T8	129.6
Z.4 Τουαλ1	5	1	40	Πυρακτώσεως E27	200
Z.4 Τουαλ2	5	1	40	Πυρακτώσεως E27	200
Συνολική Ισχύς					15440.8

Πίνακας 21: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα ΖΘ του επιπέδου 4

Πτέρυγα ΖΘ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
ΖΘ.4 Διαδρ	6	1	60	Πυρακτώσεως E27	360
ΖΘ.4 Κλιμακ	2	2	18	Φθορισμού T8	86.4
	2	1	60	Πυρακτώσεως E27	120
Συνολική Ισχύς					566.4

Οι πτέρυγες Ζ-ΖΘ έχουν συνολικά 16 kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 22: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Η του επιπέδου 4

Πτέρυγα Η					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Η.401 Προθ	1	3	36	Φθορισμού T8	129.6
Η.401α	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
Η.401β	4	4	18	Φθορισμού T8	345.6
Η.401γ	4	4	18	Φθορισμού T8	345.6
Η.402 Προθ	1	3	36	Φθορισμού T8	129.6
Η.402α	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
Η.402β	2	4	18	Φθορισμού T8	172.8
Η.402γ	2	4	18	Φθορισμού T8	172.8
Η.402δ	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
Η.403 Προθ	1	3	36	Φθορισμού T8	129.6
Η.403α	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
Η.403β	8	3	36	Φθορισμού T8	1036.8
Η.403γ	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
Η.406	4	2	18	CFL	172.8
Η.404 Προθ	1	1	58	Φθορισμού T8	69.6
Η.404α	4	2	36	Φθορισμού T8	345.6
Η.404β	2	2	36	Φθορισμού T8	172.8
	4	2	18	CFL	172.8
Η.405 Προθ	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
Η.405α	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
Η.405β	6	3	36	Φθορισμού T8	777.6
Η.405γ	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
Η.405δ	4	3	36	Φθορισμού T8	518.4
Η.405ε	8	4	36	Φθορισμού T8	1382.4
Η.405ζ	2	3	36	Φθορισμού T8	259.2
Η.4 Διαδρ	16	1	58	Φθορισμού T8	1113.6
Η.4 Κλιμακ	2	2	18	Φθορισμού T8	86.4
	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
Η.4 Τουαλ	7	1	40	Πυρακτώσεως B22D	280
Συνολική Ισχύς					12020.8

Η πτέρυγα Η έχει συνολικά 12 kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 23: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Η1 του επιπέδου 4

Πτέρυγα Η1					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
H1.401 Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
H1.401α	8	2	36	Φθορισμού T8	691.2
H1.401β	6	2	36	Φθορισμού T8	518.4
H1.402 Προθ	1	4	18	Φθορισμού T8	86.4
H1.402α	8	4	18	Φθορισμού T8	691.2
H1.402β	6	4	18	Φθορισμού T8	518.4
H1.403	16	2	36	Φθορισμού T8	1382.4
H1.404α	7	3	65	Φθορισμού T8	1638
H1.404β	1	2	65	Φθορισμού T8	156
	1	3	50	Πυρακτώσεως E27	150
H1.404γ1	8	3	65	Φθορισμού T8	1872
H1.404γ2	4	3	65	Φθορισμού T8	936
H1.404δ	3	2	36	Φθορισμού T8	259.2
H1.404ε	8	3	65	Φθορισμού T8	1872
	32	3	65	Φθορισμού T8	7488
H1.404ζ	38	2	65	Φθορισμού T8	5928
	8	3	65	Φθορισμού T8	1872
H1.404η	8	3	65	Φθορισμού T8	1872
	3	1	150	Αλογόνου R7s	450
H1.404θ	4	3	65	Φθορισμού T8	936
	2	2	36	Φθορισμού T8	172.8
H1.404κ	1	2	65	Φθορισμού T8	156
H1.405 Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
H1.405α	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
	14	2	36	Φθορισμού T8	1209.6
	6	3	40	Φθορισμού T8	864
H1.405β	3	2	36	Φθορισμού T8	259.2
	20	1	58	Φθορισμού T8	1392
H1.4 Διαδρ	2	2	18	Φθορισμού T8	86.4
H1.4 Κλιμακ1	2	2	18	Φθορισμού T8	86.4
H1.4 Κλιμακ2	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
H1.4 Τουαλ1	5	1	40	Πυρακτώσεως E27	200
H1.4 Τουαλ2	5	1	40	Πυρακτώσεως E27	200
H1.4 Σερβερ	1	2	65	Φθορισμού T8	156
Συνολική Ισχύς					34332.4

Η πτέρυγα Η1 έχει συνολικά 34.3 kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 24: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Θ του επιπέδου 4

Πτέρυγα Θ					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Θ.401	4	2	36	Φθορισμού T8	345.6
Θ.401 Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Θ.401 Τουαλ	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
Θ.402	4	2	36	Φθορισμού T8	345.6
Θ.402 Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Θ.402 Τουαλ	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
Θ.403	4	2	36	Φθορισμού T8	345.6
Θ.403 Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Θ.403 Τουαλ	1	1	40	Πυρακτώσεως E27	40
Θ.404	3	2	36	Φθορισμού T8	259.2
Θ.404 Προθ	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Θ.404 Τουαλ	1	1	60	Πυρακτώσεως E27	60
Θ.4 Διαδρ	8	2	36	Φθορισμού T8	691.2
	16	2	58	Φθορισμού T8	2227.2
	2	2	18	Φθορισμού T8	86.4
Συνολική Ισχύς					4866.4

Η πτέρυγα Θ έχει συνολικά 4.9 kW εγκατεστημένη ισχύ. Όπως προκύπτει και από τους παραπάνω πίνακες το επίπεδο 4 έχει εγκατεστημένη ισχύ 93.5 kW.

4.3.3 Επίπεδο 5

Το επίπεδο 5 είναι το μικρότερο από τα τρία ($1913m^2$). Αποτελείται από τις πτέρυγες Z και H1 με συνολικά 30 χώρους. Η εγκατεστημένη ισχύς ανα πτέρυγα παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 25: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα Z του επιπέδου 5

Πτέρυγα Z					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Z.501-503	39	2	36	Φθορισμού T8	3369.6
Z.501-503 Γραφ1	4	4	18	Φθορισμού T8	345.6
Z.501-503 Γραφ2	3	2	36	Φθορισμού T8	259.2
Z.501-503 Βοηθ Χωρ	3	2	36	Φθορισμού T8	259.2
Z.504	20	2	36	Φθορισμού T8	1728
Z.505	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Z.506	1	2	36	Φθορισμού T8	86.4
Z.507-510	72	2	36	Φθορισμού T8	6220.8
Z.507-510 Γραφ	3	4	18	Φθορισμού T8	259.2
Z.5 Διαδρ	33	1	58	Φθορισμού T8	2296.8
Z.5 Κλιμακ	2	2	18	Φθορισμού T8	86.4
	2	1	60	Πυράκτωσης E27	120
Z.5 Τουαλ1	5	1	60	Πυράκτωσης E27	300
Z.5 Τουαλ2	5	1	60	Πυράκτωσης E27	300
Συνολική Ισχύς					15717.6

Η πτέρυγα Z έχει συνολικά 15.7 kW εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 26: Ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης στην πτέρυγα H1 του επιπέδου 5

Πτέρυγα H1					
Χώρος	Πλήθος Φωτιστικών	Αριθμός Λαμπτήρων Ανά Φωτιστικό	Ισχύς Λαμπτήρα [W]	Τύπος Λαμπτήρα	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
H1.501-502α	4	2	35	Φθορισμού T5	336
H1.501-502β	8	2	35	Φθορισμού T5	672
H1.501-502γ	2	2	54	Φθορισμού T5	259.2
H1.503	2	2	54	Φθορισμού T5	259.2
H1.504.α	4	2	54	Φθορισμού T5	518.4
H1.504.β	4	2	35	Φθορισμού T5	336
H1.504.γ	2	2	35	Φθορισμού T5	168
H1.504δ	6	2	54	Φθορισμού T5	777.6
H1.504ε	4	2	35	Φθορισμού T5	336
H1.504ζ	2	2	54	Φθορισμού T5	259.2
H1.504η	1	1	35	Φθορισμού T5	42
	12	2	80	Φθορισμού T5	2304
H1.505	16	2	35	Φθορισμού T5	1344
H1.5 Διαδρ	7	2	21	Φθορισμού T5	352.8
H1.5 Κλιμακ1	1	2	21	Φθορισμού T5	50.4
H1.5 Κλιμακ2	3	1	35	Φθορισμού T5	126
H1.5 Τουαλ1	5	1	15	CFL	90
H1.5 Τουαλ2	5	1	15	CFL	90
Συνολική Ισχύς					8320.8

Η πτέρυγα H1 έχει συνολικά 8.3 kW εγκατεστημένη ισχύ. Όπως προκύπτει και από τους παραπάνω πίνακες το επίπεδο 5 έχει εγκατεστημένη ισχύ 24 kW.

4.4 Ανάλυση δεδομένων

4.4.1 Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στο προηγούμενο υποκεφάλαιο ολοκληρώθηκε η καταγραφή όλων των φωτιστικών σωμάτων και για τα τρία προς μελέτη επίπεδα του κτηρίου. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η συνολική ισχύς ανά επιφάνεια επιπέδου της εγκατάστασης φωτισμού από τον παρακάτω τύπο:

$$P_{tot} = \frac{P_{floor}}{S_{floor}} \quad (3)$$

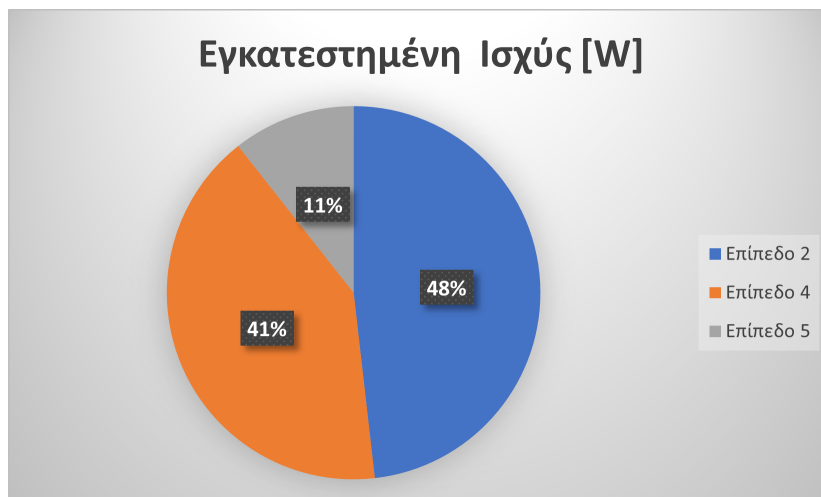
Όπου:

- $P_{tot}[W/m^2]$: συνολική ισχύς ανά επιφάνεια
- $P_{floor}[W]$: η εγκατεστημένη ισχύς του επιπέδου
- $S_{floor}[m^2]$: η επιφάνεια του επιπέδου

Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 27.

Πίνακας 27: Εγκατεστημένη ισχύς υφιστάμενης κατάστασης ανα επιφάνεια

	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]	Επιφάνεια [m ²]	[W/m ²]
Επίπεδο 2	109304	6574	16.6
Επίπεδο 4	93489.2	4346	21.5
Επίπεδο 5	24038.4	1912	12.6



Σχήμα 31: Κατανομή εγκατεστημένης ισχύος ανά επίπεδο

Όπως υπολογίστηκε στο πίνακα 27, η εγκατεστημένη ισχύς λαμβάνει υπερβολικά υψηλές τιμές σε σχέση με την επιφάνεια του κάθε επιπέδου.

4.4.2 Απαιτήσεις χώρων

Οι χώροι του κτηρίου ανάλογα με την χρήση τους ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Αίθουσες διδασκαλίας
- Αμφιθέατρα
- Γραφεία
- Διάδρομοι, Προθάλαμοι
- Εργαστήρια
- Κλιμ/σια, αποθήκες, W.C
- Κουζίνες

Τόσο ο υπερφωτισμός ή ο υποφωτισμός ενός χώρου, μπορούν να μετατρέψουν τον χώρο σε μη παραγωγικό και να καθιστήσουν την χρήση του προβληματική ή ακόμη και επικίνδυνη. Για να αποφευχθεί αυτό, στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021 καθορίζονται οι απαιτήσεις για κάθε χώρο μέσα από τέσσερα μεγέθη: το επίπεδο αναφοράς, η στάθμη ή επίπεδο φωτισμού, η ομοιομορφία φωτισμού και ο συντελεστής θάμβωσης.

Το επίπεδο αναφοράς αποτελεί την νοητή, παράλληλη στο έδαφος, επιφάνεια για την οποία επικεντρώνεται η μελέτη φωτισμού μέσα σε ένα χώρο. Η επιφάνεια αυτή ορίζεται από την απόσταση των πλευρών της από τους τοίχους του εκάστοτε χώρου και από το ύψος που απέχει από το έδαφος. Τα δυο αυτά μεγέθη αλλάζουν ανάλογα με την χρήση του χώρου.

Οι τιμές της έντασης φωτισμού ονομάζονται διατηρητέες μέσες τιμές E_m . Αποτελούν την ελάχιστη τιμή κάτω από την οποία η μέση ένταση φωτισμού στην επιφάνεια αναφοράς δεν πρέπει να είναι χαμηλότερη σε όλη τη διάρκεια ζωής του συστήματος φωτισμού. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να γίνουν δράσεις συντήρησης ή αντικατάστασης του συστήματος φωτισμού.

Ο όρος ομοιομορφία φωτισμού (U_o) αναφέρεται στις έντονες διακυμάνσεις της έντασης του φωτός εντός ενός συγκεκριμένου χώρου.

Αυτή η ομοιομορφία καθορίζεται από τον λόγο της ελάχιστης προς τη μέση ένταση φωτισμού εντός μιας δεδομένης περιοχής.

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{av}} \quad (4)$$

Όπου:

- $E_{min}[lx]$: η ελάχιστη ένταση φωτισμού εντός μιας δεδομένης περιοχής
- $E_{av}[lx]$: η μέση ένταση φωτισμού εντός μιας δεδομένης περιοχής

Η διατήρηση της ομοιομορφίας του φωτισμού είναι σημαντική, καθώς οι μεγάλες διακυμάνσεις στον φωτισμό εντός του χώρου εργασίας μπορεί να προκαλέσουν οπτική κόπωση και δυσφορία για τον χρήστη. Εξαιρούνται οι περιπτώσεις που η έντονη αντίθεση αποτελεί μέρος της ιδέας φωτισμού (concept).

Ως συντελεστής θάμβωσης (UGR), ορίζεται «η αίσθηση που προκαλείται όταν η λαμπρότητα στο οπτικό πεδίο είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την λαμπρότητα στην οποία είναι προσαρμοσμένα τα μάτια και προκαλεί ενόχληση, δυσφορία ή μείωση της απόδοσης ή/και της ορατότητας».

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0.25}{L_B} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \quad (5)$$

Όπου:

- $L_B[cd/m^2]$: η λαμπρότητα του υποβάθρου, η οποία υπολογίζεται ως E_{ind}/π , όπου E_{ind} είναι η κατακόρυφη έμμεση ένταση φωτισμού στα μάτια του παρατηρητή
- $L[cd/m^2]$: η μέση λαμπρότητα των φωτεινών μερών του φωτιστικού στην κατεύθυνση του παρατηρητή
- $\omega[sr]$: η στερεά γωνία των φωτεινών μερών κάθε φωτιστικού που είναι ορατά από τη θέση του παρατηρητή
- $p[-]$: ο δείκτης θέσης Guth για κάθε ανεξάρτητο φωτιστικό

Ανάμεσα στα είδη θάμβωσης που παρατηρούνται στο εσωτερικό των κτηρίων κυριαρχούν δυο από αυτά, η θάμβωση ανικανότητας (Disability glare) και η θάμβωση δυσφορίας (Discomfort glare). Η πρώτη

εμποδίζει την όραση χωρίς αναγκαστικά να προκαλεί δυσφορία. Συνήθως όταν δημιουργηθεί, η αντίδραση είναι άμεση με τροποποίηση της θέσης εργασίας (δηλ. με τροποποίηση της διεύθυνσης παρατήρησης). Στην δεύτερη προκαλείται απλώς δυσφορία χωρίς απαραίτητα να επηρεάζεται η ικανότητα εκτέλεσης κάποιας εργασίας. Το γεγονός ότι μπορεί να μην ανιχνεύεται άμεσα όταν συμβαίνει δεν σημαίνει ότι συσσωρευτικά δεν παρατηρούνται και αντιδράσεις (π.χ. πονοκέφαλοι).

Οι τιμές των μεγεθών που προαναφέρθηκαν παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 28: Απαιτήσεις χώρου ανάλογα με την χρήση του

Χρήση Χώρου	Μέση Ένταση Φωτισμού E_m [lx]	Επίπεδο Αναφοράς Μέτρησης [m]	Δείκτης Θάμβωσης UGR [-]	Ομοιομορφία Φωτισμού U_o min/average [-]
Αίθουσα διδασκαλίας	500	0.8	19	0.6
Αμφιθέατρο	500	0.8	19	0.6
Γραφείο	500	0.8	19	0.6
Διάδρομος, Προθάλαμος	100	0	25	0.4
Εργαστήριο	500	0.8	19	0.6
Κλιμ/σιο, Αποθήκη, W.C.	100	0.8	25	0.4
Κουζίνα	500	0.8	22	0.6

4.4.3 Όρια εγκατεστημένης ισχύος επιπέδων

Όπως γίνεται αντιληπτό η μέση ένταση φωτισμού για όλους τους χώρους των επιπέδων είναι 100 ή 500 lx.

Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 καθορίζονται τα όρια της εγκατεστημένης ισχύος τεχνητού φωτισμού καθώς και οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης σε συσχέτιση με τις ζώνες τεχνητού φωτισμού.

Πίνακας 29: Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W/m^2) κτηρίου αναφοράς ανάλογα της στάθμης φωτισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης

Ζώνες τεχνητού φωτισμού στάθμη φωτισμού [lx]	Ισχύς για κτήριο αναφοράς [W/m^2]	Ισχύς για ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτηρίων [W/m^2]
1000	32	28
500	16	14
400	12.8	11.0
300	9.6	8.4
250	8	7
200	6.4	5.6
100	3.2	2.8

Για κάθε επίπεδο καταγράφονται οι ζώνες τεχνητού φωτισμού που δημιουργούνται από την ομαδοποίηση των χώρων του επιπέδου ανάλογα με τις απαιτούμενες στάθμες του τεχνητού φωτισμού. Αυτές καθορίζονται από το EN12464-1, ανάλογα τη χρήση των χώρων. Η κάθε ζώνη τεχνητού φωτισμού αντιστοιχεί σε καθορισμένο ποσοστό κάλυψης σε σχέση με το συνολικό εμβαδόν του επιπέδου. Έτσι συνδυάζονται τα ποσοστά κάλυψης με τα αντίστοιχα όρια της εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού (W/m^2) ανά επίπεδο. Ο σκοπός είναι η δημιουργία ενός μέσου ορίου εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού (W/m^2) που να είναι μοναδικό για καθένα από τα τρία επίπεδα και να συσχετίζεται με τις ανάγκες φωτισμού των χώρων του.

Όσον αφορά τα επίπεδα μελέτης, σύμφωνα με τον πίνακα 29 για τις στάθμες φωτισμού 500 lx και 100 lx, η ισχύς αναφοράς είναι $16 W/m^2$ και $3.2 W/m^2$ αντίστοιχα. Επίσης έχει υπολογιστεί το ποσοστό της επιφάνειας κάθε επιπέδου που αντιστοιχεί σε χώρους με καθεμία από τις δύο ζώνες φωτισμού. Οπότε ο τύπος για την εύρεση του μέσου ορίου εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού (W/m^2) είναι:

$$P_{max} = [(S_{500} * 16W/m^2) + (S_{100} * 3.2W/m^2)] * 100 \quad (6)$$

όπου:

- $P_{max}[W/m^2]$: το μέσο όριο εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού
- $S_{500}[\%]$: το ποσοστό της επιφάνειας του επιπέδου που αντιστοιχεί σε χώρους με στάθμη φωτισμού 500 lx
- $S_{100}[\%]$: το ποσοστό της επιφάνειας του επιπέδου που αντιστοιχεί σε χώρους με στάθμη φωτισμού 100 lx

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα όρια ισχύος που υπολογίστηκαν για τα τρία επίπεδα:

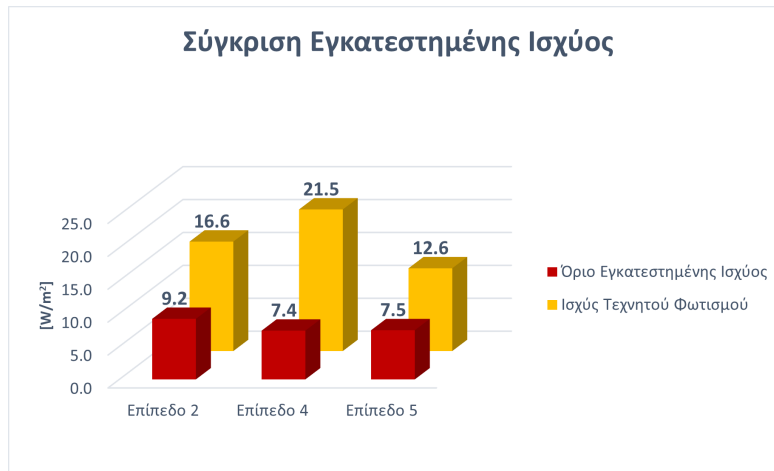
Πίνακας 30: Όριο εγκατεστημένης ισχύος ανα στάθμη φωτισμού και επίπεδο

	Επιφάνεια [m^2]	Στάθμη φωτισμού 500lx[%]	Στάθμη φωτισμού 100lx[%]	Όριο εγκατεστημένης ισχύος [W/m^2]
Επίπεδο 2	6574	46.85	53.15	9.2
Επίπεδο 4	4346	32.83	67.17	7.4
Επίπεδο 5	1912	26.78	73.22	6.6

4.4.4 Σύγκριση υφιστάμενης ισχύος και ορίων ισχύος

Γίνεται εμφανές από την σύγκριση των ορίων εγκατεστημένης ισχύος για κάθε επίπεδο με την υφιστάμενη ισχύ της εγκατάστασης τεχνητού φωτισμού πως προκύπτουν σημαντικές αποκλίσεις. Για το επίπεδο 2, η συνολική ισχύς του τεχνητού φωτισμού είναι 16.6 W/m^2 , δηλαδή 80.8% μεγαλύτερη του ορίου εγκατεστημένης ισχύος 9.2 W/m^2 . Για το επίπεδο 4, η συνολική ισχύς του τεχνητού φωτισμού είναι 21.5 W/m^2 , δηλαδή 190.5% μεγαλύτερη του ορίου εγκατεστημένης ισχύος 7.4 W/m^2 . Τέλος για το επίπεδο 5, η συνολική ισχύς του τεχνητού φωτισμού είναι 12.6 W/m^2 , δηλαδή 89.7% μεγαλύτερη του ορίου εγκατεστημένης ισχύος 6.6 W/m^2 .

Οι αποκλίσεις απεικονίζονται στο παρακάτω γράφημα:



Σχήμα 32: Σύγκριση υφιστάμενης εγκατάστασης με τα όρια εγκατεστημένης ισχύος

Οι αποκλίσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω προκαλούνται από την μη συντήρηση και χρήση φωτιστικών σωμάτων με φωτεινές πηγές παλαιότερης τεχνολογίας (φθορισμού, πυρακτώσεως) οι οποίες δεν συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές που θέτουν οι νέες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. . Αποτέλεσμα αυτών των αποκλίσεων είναι οι αυξημένες ενεργειακές καταναλώσεις του κτηρίου, σε μια αρκετά κρίσιμη ενεργειακά περίοδο, αλλά και η δυσλειτουργία πολλών χώρων λόγω της μη κάλυψης των απαιτήσεων φωτισμού τους. Τα παραπάνω προβλήματα λήφθηκαν υπόψιν και αντιμετωπίστηκαν με τις προτάσεις που ακολουθούν στα επόμενα κεφάλαια.

4.4.5 Ενεργειακή κατανάλωση υφιστάμενης εγκατάστασης

Για να γίνει καλύτερα αντιληπτή η ανάγκη αναβάθμισης της εγκατάστασης τεχνητού φωτισμού, έπρεπε να καταγραφεί η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των τριών επιπέδων του κτηρίου.

4.4.5.1 Ετήσιες ώρες λειτουργίας

Για τους υπολογισμούς της καταναλισκόμενης ενέργειας για τον φωτισμό, χρησιμοποιούνται ο μέγιστος αριθμός ωρών λειτουργίας του κτηρίου όταν υπάρχει διαθέσιμος φυσικός φωτισμός $T_D[h]$ (π.χ. ώρες λειτουργίας κατά τη διάρκεια της ημέρας) και ο αριθμός ωρών λειτουργίας τους όταν δεν υπάρχει διαθέσιμος φυσικός φωτισμός $T_N[h]$ (π.χ. νυκτερινές ώρες). Αυτά τα δεδομένα καθορίζουν ουσιαστικά την απαίτηση για γενικό φωτισμό ενός κτηρίου ή την συνολική εγκατεστημένη ισχύ που διαχειρίζονται οι αισθητήρες φυσικού φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας και/ή της νύχτας.

Βασιζόμενες στο ωράριο λειτουργίας, στις ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα και στους μήνες λειτουργίας ανά έτος, αυτές οι ώρες αντιπροσωπεύουν τον τυπικό αριθμό ωρών λειτουργίας για όλες τις χρήσεις κτηρίων σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας. Στα κτήριο με 24ώρη λειτουργία λήφθηκε υπόψη και η διακοπή ή/και ο περιορισμός λειτουργίας του γενικού φωτισμού κατά τις βραδινές ώρες για όσους χώρους δεν χρησιμοποιούνται τις ώρες αυτές.

Συνιστάται να χρησιμοποιούνται χρονοδιακόπτες στα κτήριο γραφείων προκειμένου να απενεργοποιείται ο γενικός φωτισμός τους από τις 23:30 έως τις 5:30, τόσο στους εσωτερικούς όσο και στους εξωτερικούς χώρους. Έτσι ικανοποιούνται οι ελάχιστες προδιαγραφές για την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου. Εάν ένας χρήστης βρίσκεται με φυσική παρουσία στο κτήριο κατά την ώρα αυτή, μπορεί να παρακάμψει αυτήν τη ρύθμιση. Εξαίρεση αποτελεί ο φωτισμός ασφαλείας.

Οι ετήσιες ώρες λειτουργίας ανάλογα με την χρήση του χώρου δίνονται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, 2017 και ακολουθούν στο παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 31: Ετήσιες ώρες λειτουργίας ανα χρήση χώρου

Χρήση χώρου	Ώρες λειτουργίας ημέρας (T_D)[h]	Ώρες λειτουργίας νύκτας (T_N)[h]	Σύνολο ωρών ($T_T = T_N + T_D$)[h]
Αίθουσα διδασκαλίας	1800	200	2000
W.C., Κλιμ/σια	2250	250	2500
Διάδρομοι, Προθάλαμοι	2250	250	2500
Λεβητοστάσια	50	-	50
Γραφεία	2250	250	2500
Αμφιθέατρα	1300	260	1560
Εργαστήρια	1800	200	2000
Βοθητικοί Χώροι	1800	200	2000
Σέρβερ	50	-	50

4.4.5.2 Υπολογισμός κατανάλωσης

Η κατανάλωση ενέργειας για ένα έτος στον κάθε χώρο, προκύπτει από την συνολική εγκατεστημένη ισχύ του και τις ετήσιες ώρες λειτουργίας του.

$$E_{room} = P_{room} * T_T \quad (7)$$

όπου:

- $E_{room}[kW/h]$: η ετήσια κατανάλωση ενέργειας του χώρου
- $P_{room}[kW]$: η εγκατεστημένη ισχύς του χώρου
- $T_T[h]$: οι ώρες λειτουργίας του χώρου εντός ενός έτους

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών αναγράφονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 32: Συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση επιπέδων

Επίπεδο 2		Επίπεδο 4		Επίπεδο 5	
	Κατανάλωση [kWh/έτος]		Κατανάλωση [kWh/έτος]		Κατανάλωση [kWh/έτος]
Πτέρυγα Α	80611.1	Πτέρυγα Δ	35754	Πτέρυγα Ζ	34282.8
Πτέρυγα Β	33930.8	Πτέρυγα ΔΘ	1116	Πτέρυγα Η1	18957
Πτέρυγα ΒΘ	1116	Πτέρυγα Ε	21754	Σύνολο [MWh/έτος]	53.24
Πτέρυγα Γ	17716	Πτέρυγα ΕΘ	1416		
Πτέρυγα ΓΘ	1074	Πτέρυγα Ζ	32726.8		
Πτέρυγα Δ	34208	Πτέρυγα ΖΘ	1416		
Πτέρυγα ΔΘ	1224	Πτέρυγα Η	30052		
Πτέρυγα Ε	17476	Πτέρυγα Η1	73628.8		
Πτέρυγα ΕΘ	946.8	Πτέρυγα Θ	12006.4		
Πτέρυγα Ζ	27730	Σύνολο [MWh/έτος]	209.87		
Πτέρυγα ΖΘ	864				
Πτέρυγα Η	6583				
Πτέρυγα Θ	20938				
Σύνολο [MWh/έτος]	244.42				

Όπως προκύπτει και από τους πίνακες που προηγήθηκαν, η συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των τριών προς μελέτη επιπέδων είναι 507.53 MWh.

5 Πρόταση Α : Αναβάθμιση Εγκατάστασης Τεχνητού Φωτισμού

5.1 Εισαγωγή

Η πρώτη πρόταση στοχεύει στην βελτίωση του τεχνητού φωτισμού του εσωτερικού των τριών επιπέδων προς μελέτη και στην εξοικονόμηση της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Αποτελείται από την αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων (πυρακτώσεως, φθορισμού) με φωτιστικά σώματα με φωτοεκπέμπουσες διόδους (LED). Τα φωτιστικά LED προσφέρουν πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση και έτσι επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της εγκατεστημένης ισχύος.

5.2 Περιγραφή προτεινόμενης εγκατάστασης

Πραγματοποιήθηκε μια εκτενής σειρά δοκιμών σε μεγάλο αριθμό φωτιστικών σωμάτων. Αυτά που τελικά επιλέχθηκαν είναι της εταιρείας Philips και κατηγοριοποιούνται παρακάτω:

Πίνακας 33: Προτεινόμενα φωτιστικά σώματα

Κωδικός Φωτιστικού Σώματος	Ονομασία	Τοποθέτηση	Λαμπτήρας Φωτιστικού	Συντομογραφία Φωτιστικού
SM530C L1130 OC	TrueLine	Surface Mounted	1 x LED15S/830 10.6 W 1500 lm	Φ1
RC402B POE W31L125	SlimBlend Rectangular	Recessed	1 x LED36S/830 31.5 W 3600 lm	Φ2
RC400B PSU W30L120 EL3 EM	SlimBlend Rectangular	Recessed	1 x LED28S/840 3 W 410 lm	Φ3
SM150C L602	FastSet	Surface Mounted	1 x LED24S/830 20 W 2400 lm	Φ4
SM530C L1130 OC	TrueLine	Surface Mounted	1 x LED25S/830 18.2 W 2500 lm	Φ5
SP542P PSD L1480 OC	TrueLevel	Suspended	1 x LED29S/840 17.2 W 2900 lm	Φ6

Η δοκιμή και η επιλογή των φωτιστικών σωμάτων έγινε μέσω του προγράμματος Relux που χρησιμοποιεί την πλατφόρμα του RADIANCE. Στο Relux σχεδιάστηκαν όλοι οι χώροι των τριών επιπέδων με την βοήθεια των κατόψεων AutoCAD και εισήχθησαν τα γεωμετρικά τους δεδομένα.

Στην συνέχεια μέσω τις ηλεκτρονικής βιβλιοθήκης του (ReluxNet) εισήχθησαν στο πρόγραμμα τα φωτομετρικά αρχεία των φωτιστικών σωμάτων και πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητοι υπολογισμοί σύμφωνα με το πρότυπο EN 12464-1: «Light and lighting. Lighting of work places. Indoor work places». Για την πραγματοποίηση των υπολογισμών ο συντελεστής maintenance factor θεωρήθηκε ίσος με 0.8.

Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε να ικανοποιούνται όλες οι απαιτήσεις για τις τιμές των E_m , UGR και U_o όπως ορίζονται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021 (πίνακας 28) και αναφέρθηκαν στον προηγούμενο κεφάλαιο.

Τα φωτιστικά που απαρτίζουν το προτεινόμενο τεχνητό σύστημα φωτισμού είναι αποκλειστικά με φωτοεκπέμπουσες διόδους (LED). Ως αποτέλεσμα, χρησιμοποιήθηκε το πλήθος των φωτιστικών και η ισχύς που τους αντιστοιχεί για τον υπολογισμό της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος κάθε χώρου (τύπος 1) και στην συνέχεια ο τύπος 7 για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάστηκαν συγκεντρωμένα ανά φωτιστικό στον πίνακα 33 που προηγήθηκε.

Στο Παράρτημα Α απεικονίζονται τα αποτελέσματα από τις δοκιμές των προτεινόμενων φωτιστικών στο πρόγραμμα Relux. Αντίστοιχα τα τεχνικά χαρακτηριστικά όλων των φωτιστικών σωμάτων παρατίθενται στο Παράρτημα Γ.

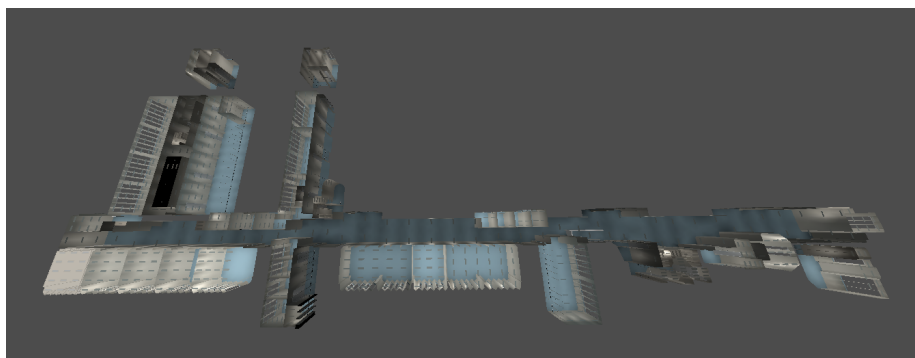
5.2.1 Επίπεδο 2

Το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για τον φωτισμό του επιπέδου 2 καταγράφονται στον πίνακα 34:

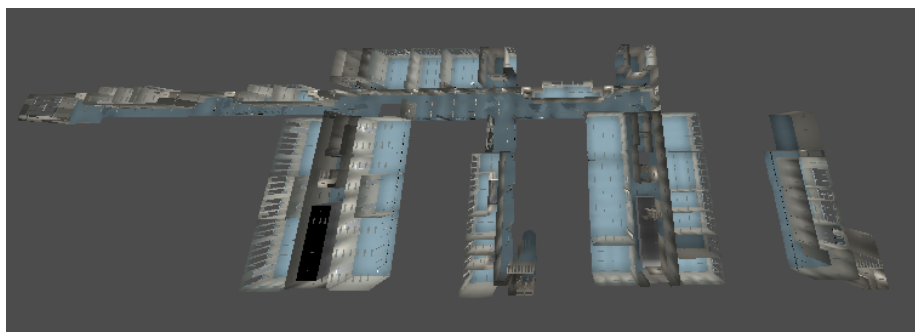
Πίνακας 34: Σύνολο φωτιστικών σωμάτων επιπέδου 2

	Τύπος Φωτιστικού					
	Φ1	Φ2	Φ3	Φ4	Φ5	Φ6
Πλήθος	332	368	108	44	475	65

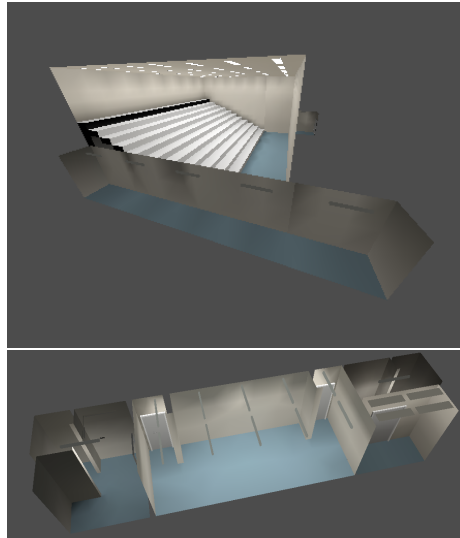
Παρακάτω ακολουθούν τα αντίστοιχα αποκόμματα από την 3D σχεδίαση του προτεινόμενου εξοπλισμού του επιπέδου 2 στο πρόγραμμα Relux.



Σχήμα 33: Προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού επιπέδου 2 , πτέρυγες Α,Β,Γ



Σχήμα 34: Προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού επιπέδου 2 (Δ,Ε,Ζ,Η,Θ)



Σχήμα 35: Προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού επίπεδου 2 , αμφιθέατρο A211

Η Πρόταση Α για κάθε πτέρυγα του επιπέδου 2 αποτελείται από τους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 35: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Α του επιπέδου 2

Πτέρυγα Α				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
A.201	Φ2	15	31.5	472.5
A.202	Φ2	15	31.5	472.5
A.203	Φ2	15	31.5	472.5
A.204	Φ2	15	31.5	472.5
A.205	Φ2	15	31.5	472.5
A.206 Προθ	Φ1	4	10.6	42.4
A.206α	Φ5	6	18.2	109.2
A.206β	Φ1	8	10.6	84.8
A.206γ	Φ1	9	10.6	95.4
A.206δ	Φ1	10	10.6	106
A.206ε	Φ5	3	18.2	54.6
A.207	Φ2	24	31.5	756
A.208	Φ2	15	31.5	472.5
A.209	Φ2	24	31.5	756
A.210	Φ5	32	18.2	582.4
A.211 Αμφ	Φ2	42	31.5	1323
A.211 Διαδρ	Φ3	21	3	63
A.211 Αποθ	Φ1	2	10.6	21.2
A.211 Τουαλ1	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
A.211 Πινακ	Φ3	3	3	9
A.211 Τουαλ2	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
A.211 Προβ	Φ3	3	3	9
A.211 Διαδρ1	Φ1	5	10.6	53
A.211 Διαδρ2	Φ1	5	10.6	53
A.211 Προθ1 Γραφ	Φ5	1	18.2	18.2
A.211 Προθ2 Γραφ	Φ1	1	10.6	10.6
A.211 Γραφ	Φ1	10	10.6	106
A.211 Τουαλ Γραφ	Φ3	4	3	12
A.212 Προθ	Φ1	2	10.6	21.2
A.212α	Φ1	10	10.6	106
A.212β	Φ2	9	31.5	283.5
A.213	Φ1	7	31.8	222.6
A.213 Κουζ	Φ5	2	18.2	36.4
A.213 Τουαλ	Φ1	1	10.6	10.6
A.214	Φ2	7	31.5	220.5
A.215	Φ1	8	10.6	84.8
A.216	Φ1	8	10.6	84.8
A.217	Φ1	8	10.6	84.8
A.218	Φ1	8	10.6	84.8
A.219	Φ1	11	10.6	116.6
A.220	Φ1	10	10.6	106
A.221	Φ5	6	18.2	109.2
A.2 Τουαλ1	Φ3	3	3	9
A.2 Τουαλ2	Φ3	3	3	9
A.222 Προθ	Φ1	1	10.6	10.6
A.222	Φ5	8	18.2	145.6
A.2 Διαδρ	Φ2	75	31.5	2362.5
Συνολική Ισχύς				11266.3

Η πτέρυγα Α έχει 11.3 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 36: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Β του επιπέδου 2

Πτέρυγα Β				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
B.201-204	Φ2	44	31.5	1386
B.205	Φ1	2	10.6	21.2
B.206	Φ1	2	10.6	21.2
B.207-210	Φ5	56	18.2	1019.2
B.207-210α	Φ1	9	10.6	95.4
B.2 Διαδρ	Φ1	23	10.6	243.8
B.2 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
B.2 Τουαλ1	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
B.2 Τουαλ2	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				2884.8

Πίνακας 37: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΒΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΒΘ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
BΘ.2 Βοηθ Χωρ	Φ5	6	18.2	109.2
BΘ.2 Γραφ	Φ1	6	10.6	63.6
BΘ.2 Διαδρ	Φ1	2	10.6	21.2
BΘ.2 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				234

Οι πτέρυγες Β-ΒΘ έχουν 3.1 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 38: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Γ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Γ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Γ.201α-γ	Φ5	15	18.2	273
Γ.202α-γ	Φ1	30	10.6	318
Γ.203 Προθ	Φ1	1	10.6	10.6
Γ.203α	Φ1	9	10.6	95.4
Γ.203β-γ	Φ1	8	10.6	84.8
Γ.203δ	Φ1	8	10.6	84.8
Γ.2 Διαδρ	Φ5	8	18.2	145.6
Γ.2 Κλιμακ	Φ3	8	3	24
	Φ3	3	3	9
Γ.2 Τουαλ	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				1074.2

Πίνακας 39: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΓΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΓΘ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
ΓΘ.2 Βοηθ Χωρ	Φ5	4	18.2	72.8
ΓΘ.2 Διαδρ	Φ1	6	10.6	63.6
ΓΘ.2 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				176.4

Οι πτέρυγες Γ-ΓΘ έχουν 1.3 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 40: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Δ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Δ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Δ.201-204	Φ5	47	18.2	855.4
Δ.201-204α	Φ2	8	31.5	252
Δ.205	Φ1	2	10.6	21.2
Δ.206	Φ1	2	10.6	21.2
Δ.207-210	Φ2	40	31.5	1260
Δ.207-210α	Φ5	10	18.2	182
Δ.2 Διαδρ	Φ1	23	10.6	243.8
Δ.2 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
Δ.2 Τουαλ1	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
Δ.2 Τουαλ2	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				2933.6

Πίνακας 41: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΔΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΔΘ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
ΔΘ.2 Βοηθ Χωρ	Φ5	4	18.2	72.8
ΔΘ.2 Διαδρ	Φ1	6	10.6	63.6
ΔΘ.2 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				176.4

Οι πτέρυγες Δ-ΔΘ έχουν 3.1 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 42: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Ε του επιπέδου 2

Πτέρυγα Ε				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
E.201 Προθ	Φ1	2	10.6	21.2
E.201α	Φ2	5	31.5	157.5
E.201β-γ	Φ5	8	18.2	145.6
E.201δ	Φ5	7	18.2	127.4
E.202 Προθ	Φ4	1	20	20
E.202α	Φ5	6	18.2	109.2
E.202β	Φ5	3	18.2	54.6
E.202γ	Φ5	4	18.2	72.8
E.2 Διαδρ	Φ5	6	18.2	109.2
E.2 Κλιμακ	Φ3	8	3	24
	Φ3	3	3	9
E.2 Τουαλ	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				879.5

Πίνακας 43: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΕΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΕΘ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
EΘ.2 Βοηθ Χωρ	Φ5	4	18.2	72.8
EΘ.2 Διαδρ	Φ1	6	10.6	63.6
EΘ.2 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				176.4

Οι πτέρυγες E-EΘ έχουν 1.1 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 44: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Ζ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Ζ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Z.201	Φ5	12	18.2	218.4
Z.202-203	Φ5	30	18.2	546
Z.204	Φ5	20	18.2	364
Z.205	Φ1	2	10.6	21.2
Z.206	Φ1	2	10.6	21.2
Z.207	Φ5	16	18.2	291.2
Z.208	Φ5	15	18.2	273
Z.209	Φ5	8	18.2	145.6
Z.210	Φ5	8	18.2	145.6
Z.211	Φ4	3	20	60
Z.212	Φ5	9	18.2	163.8
Z.2 Διαδρ	Φ1	23	10.6	243.8
Z.2 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
Z.2 Τουαλ1	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
Z.2 Τουαλ2	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				2591.8

Πίνακας 45: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΖΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΖΘ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
ZΘ.2 Αποθ Χωρ1	Φ1	2	10.6	21.2
ZΘ.2 Αποθ Χωρ2	Φ1	2	10.6	21.2
ZΘ.2 Διαδρ	Φ4	3	20	60
ZΘ.2 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				142.4

Οι πτέρυγες Ζ-ΖΘ έχουν 2.7 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 46: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Η του επιπέδου 2

Πτέρυγα Η				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
H.201	Φ5	9	18.2	163.8
H.203α	Φ1	6	10.6	63.6
H.203β	Φ5	6	18.2	109.2
H.203γ-δ	Φ1	10	10.6	106
H.2 Διαδρ	Φ1	4	10.6	42.4
	Φ5	10	18.2	182
H.2 Κλιμακ	Φ3	8	3	24
	Φ3	3	3	9
H.2 Τουαλ1	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
H.2 Τουαλ2	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
H.2 Υποστ	Φ4	3	20	60
Συνολική Ισχύς				818

Η πτέρυγα Η έχει 0.8 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 47: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Θ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Θ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Θ.201	Φ5	7	18.2	127.4
Θ.201 Τουαλ	Φ4	1	20	20
Θ.202	Φ5	7	18.2	127.4
Θ.202 Τουαλ	Φ4	1	20	20
Θ.203	Φ5	16	18.2	291.2
Θ.203 Αποθ	Φ3	2	3	6
Θ.204α	Φ5	16	18.2	291.2
Θ.204β	Φ5	16	18.2	291.2
Θ.205	Φ5	7	18.2	127.4
Θ.205 Τουαλ	Φ4	1	20	20
Θ.206	Φ5	7	18.2	127.4
Θ.206 Τουαλ	Φ4	1	20	20
Θ.209	Φ5	5	18.2	91
Θ.209 Τουαλ	Φ4	1	20	20
Θ.210	Φ1	6	10.6	63.6
Θ.211	Φ5	5	18.2	91
Θ.211 Τουαλ	Φ4	1	20	20
θ.2 Διαδρ	Φ6	65	17.2	1118
Συνολική Ισχύς				2872.8

Η πτέρυγα Θ έχει 2.9kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Επίσης μέσα από τον τύπο 7 υπολογίστηκε και η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση του επιπέδου 2 :

Πίνακας 48: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση επιπέδου 2

Επίπεδο 2	
	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Πτέρυγα Α	24368.5
Πτέρυγα Β	5988.2
Πτέρυγα ΒΘ	585
Πτέρυγα Γ	2685.5
Πτέρυγα ΓΘ	441
Πτέρυγα Δ	6255.1
Πτέρυγα ΔΘ	441
Πτέρυγα Ε	2198.8
Πτέρυγα ΕΘ	404.6
Πτέρυγα Ζ	5509.2
Πτέρυγα ΖΘ	334.8
Πτέρυγα Η	1838.2
Πτέρυγα Θ	6890.8
Σύνολο [MWh/έτος]	57.94

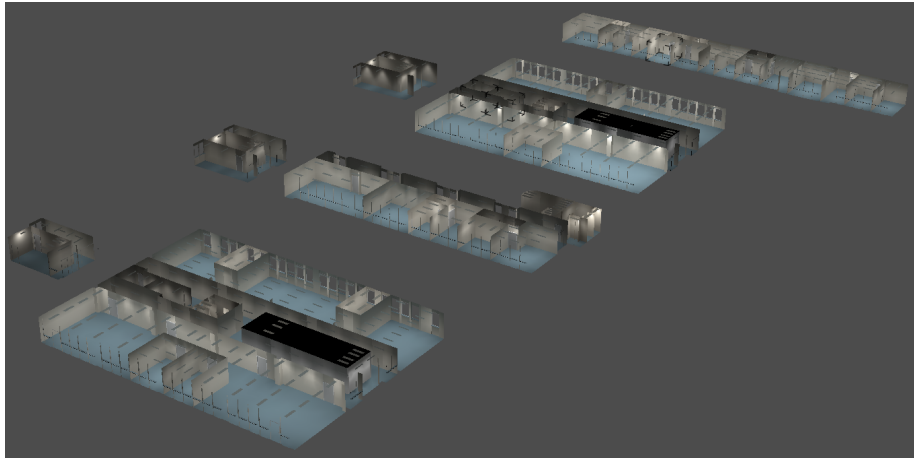
5.2.2 Επίπεδο 4

Η πρόταση Α για το επίπεδο 4 φαίνεται παρακάτω:

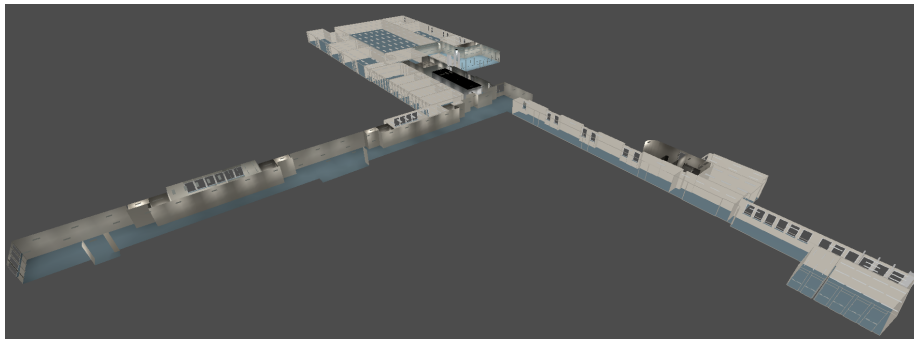
Πίνακας 49: Σύνολο φωτιστικών σωμάτων επιπέδου 4

	Τύπος Φωτιστικού				
	Φ1	Φ2	Φ3	Φ4	Φ5
Πλήθος	327	382	35	72	169

Παρακάτω ακολουθούν τα αντίστοιχα αποκόμματα από την σχεδίαση του προτεινόμενου εξοπλισμού του επιπέδου 4 στο πρόγραμμα Relux.



Σχήμα 36: Προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού επίπεδου 4, πτέρυγες Δ,Ε,Ζ,Η



Σχήμα 37: Προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού επίπεδου 4, πτέρυγες Η,Η1,Θ

Στους πίνακες που ακολουθούν υπολογίζεται αναλυτικά η εγκατεστημένη ισχύς για όλους τους χώρους του επιπέδου.

Πίνακας 50: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Δ του επιπέδου 4

Πτέρυγα Δ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Δ.401-404	Φ2	37	31.5	1165.5
Δ.401-404α	Φ5	6	18.2	109.2
Δ.401-Δ404β	Φ1	8	10.6	84.8
Δ.405	Φ1	2	10.6	21.2
Δ.406	Φ1	2	10.6	21.2
Δ.407-Δ410	Φ5	52	18.2	946.4
Δ.407-Δ410α	Φ2	4	31.5	126.0
Δ.407-Δ410β	Φ2	4	31.5	126.0
Δ.4 Διαδρ	Φ1	23	10.6	243.8
Δ.4 Κλιμακ	Φ4	1	20	20.0
	Φ4	1	20	20.0
Δ.4 Τουαλ1	Φ3	3	3	9.0
	Φ4	1	20	20.0
Δ.4 Τουαλ2	Φ3	3	3	9.0
	Φ4	1	20	20.0
Σύνολικη Ισχύς				2942.1

Πίνακας 51: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΔΘ του επιπέδου 4

Πτέρυγα ΔΘ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
ΔΘ.4 Διαδρ	Φ1	5	10.6	53
ΔΘ.4 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
Σύνολικη Ισχύς				93.0

Οι πτέρυγες Δ-ΔΘ έχουν 3 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 52: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Ε του επιπέδου 4

Πτέρυγα Ε				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
E.401	Φ2	12	31.5	378
E.402 Προθ	Φ2	1	31.5	31.5
E.402α	Φ2	3	31.5	94.5
E.402β	Φ1	9	78.2	703.8
E403 Προθ	Φ1	2	10.6	21.2
E.403α	Φ2	4	31.5	126
E.403β	Φ2	3	31.5	94.5
E.403γ	Φ1	11	10.6	116.6
E.4 Διαδρ	Φ5	8	18.2	145.6
E.4 Κλιμακ	Φ3	8	3	24
	Φ3	3	3	9
E.4 Τουαλ	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				1773.7

Πίνακας 53: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΕΘ του επιπέδου 4

Πτέρυγα ΕΘ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
EΘ.4 Διαδρ	Φ1	8	10.6	84.8
EΘ.4 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				124.8

Οι πτέρυγες Ε-ΕΘ έχουν 1.9 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 54: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Ζ του επιπέδου 4

Πτέρυγα Ζ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Z.401-402	Φ2	22	31.5	693
Z.403-404	Φ2	22	31.5	693
Z.4 Γραφ1	Φ2	6	31.5	189
Z.405	Φ1	2	10.6	21.2
Z.406	Φ1	2	10.6	21.2
Z.407-410	Φ2	41	31.5	1291.5
Z.4 Γραφ2	Φ5	4	18.2	72.8
Z.4 Διαδρ	Φ1	23	10.6	243.8
Z.4 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
Z.4 Τουαλ1	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
Z.4 Τουαλ2	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				3323.5

Πίνακας 55: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα ΖΘ του επιπέδου 4

Πτέρυγα ΖΘ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
ZΘ.4 Διαδρ	Φ1	8	10.6	84.8
ZΘ.4 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				124.8

Οι πτέρυγες Ζ-ΖΘ έχουν 3.4 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 56: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Η του επιπέδου 4

Πτέρυγα Η				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
H.401 Προθ	Φ4	2	20	40
H.401α	Φ2	6	31.5	189
H.401β	Φ1	5	10.6	53
H.401γ	Φ1	8	10.6	84.8
H.402 Προθ	Φ4	2	20	40
H.402α	Φ2	4	31.5	126
H.402β	Φ2	3	31.5	94.5
H.402γ	Φ2	3	31.5	94.5
H.402δ	Φ5	4	18.2	72.8
H.403 Προθ	Φ5	1	18.2	18.2
H.403α	Φ1	8	10.6	84.8
H.403β	Φ5	4	18.2	72.8
H.403γ	Φ1	10	10.6	106
H.406	Φ1	12	10.6	127.2
H.404 Προθ	Φ1	4	10.6	42.4
H.404α	Φ2	6	31.5	189
H.404β	Φ5	6	18.2	109.2
H.405 Προθ	Φ5	3	18.2	54.6
H.405α	Φ1	8	10.6	84.8
H.405β	Φ1	8	10.6	84.8
H.405γ	Φ5	4	18.2	72.8
H.405δ	Φ1	6	10.6	63.6
H.405ε	Φ1	12	10.6	127.2
H.405ζ	Φ1	6	10.6	63.6
H.4 Διαδρ	Φ2	6	31.5	189
H.4 Κλιμακ	Φ4	1	20	20
	Φ4	1	20	20
H.4 Τουαλ	Φ3	3	3	9
	Φ4	1	20	20
Συνολική Ισχύς				2353.6

Η πτέρυγα Η έχει 2.4 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 57: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Η1 του επιπέδου 4

Πτέρυγα Η1				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
H1.401 Προθ	Φ4	2	20	40.0
H1.401α	Φ1	10	10.6	106.0
H1.401β	Φ1	14	10.6	148.4
H1.402 Προθ	Φ2	1	31.5	31.5
H1.402α	Φ1	14	10.6	148.4
H1.402β	Φ1	10	10.6	106.0
H1.403	Φ2	12	31.5	378.0
H1.404α	Φ2	14	31.5	441.0
H1.404β	Φ5	4	18.2	72.8
H1.404γ1	Φ2	18	31.5	567.0
H1.404γ2	Φ2	12	31.5	378.0
H1.404δ	Φ2	3	31.5	94.5
H1.404ε	Φ1	48	10.6	508.8
H1.404ζ	Φ2	81	31.5	2551.5
H1.404η	Φ1	21	10.6	222.6
H1.404θ	Φ2	32	31.5	1008.0
H1.404ι	Φ2	12	31.5	378.0
H1.404κ	Φ5	4	18.2	72.8
H1.405 Προθ	Φ1	2	10.6	21.2
H1.405α	Φ5	3	18.2	54.6
H1.405β	Φ5	48	18.2	873.6
H1.4 Διαδρ	Φ5	14	18.2	254.8
H1.4 Κλιμακ1	Φ4	1	20	20.0
	Φ4	1	20	20.0
H1.4 Κλιμακ2	Φ4	1	20	20.0
	Φ4	1	20	20.0
H1.4 Τουαλ1	Φ3	3	3	9.0
	Φ4	1	20	20.0
H1.4 Τουαλ2	Φ3	3	3	9.0
	Φ4	1	20	20.0
H1.4 Σερβερ	Φ4	1	20	20.0
Συνολική Ισχύς				8615.5

Η πτέρυγα Η1 έχει 8.6 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 58: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Θ του επιπέδου 4

Πτέρυγα Θ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Θ.401	Φ1	8	10.6	84.8
Θ.401 Προθ	Φ5	1	18.2	18.2
Θ.401 Τουαλ	Φ4	1	20	20
Θ.402	Φ2	5	31.5	157.5
Θ.402 Προθ	Φ5	1	18.2	18.2
Θ.402 Τουαλ	Φ4	1	20	20
Θ.403	Φ1	8	10.6	84.8
Θ.403 Προθ	Φ5	1	18.2	18.2
Θ.403 Τουαλ	Φ4	1	20	20
Θ.404	Φ2	5	31.5	157.5
Θ.404 Προθ	Φ5	1	18.2	18.2
Θ.404 Τουαλ	Φ4	1	20	20
Θ.4 Διαδρ	Φ4	37	20	740
Συνολική Ισχύς				1377.4

Η πτέρυγα Θ έχει 1.4 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Όπως προκύπτει και από τους παραπάνω πίνακες το επίπεδο 4 έχει προτεινόμενη εγκατεστημένη ισχύ 20.7 kW και η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση του είναι:

Πίνακας 59: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση επιπέδου 4

Επίπεδο 4	
	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Πτέρυγα Δ	6278.1
Πτέρυγα ΔΘ	232.5
Πτέρυγα Ε	4434.3
Πτέρυγα ΕΘ	312
Πτέρυγα Ζ	6948.8
Πτέρυγα ΖΘ	312
Πτέρυγα Η	5884
Πτέρυγα Η1	18509.1
Πτέρυγα Θ	3354.8
Σύνολο [MWh/έτος]	46.27

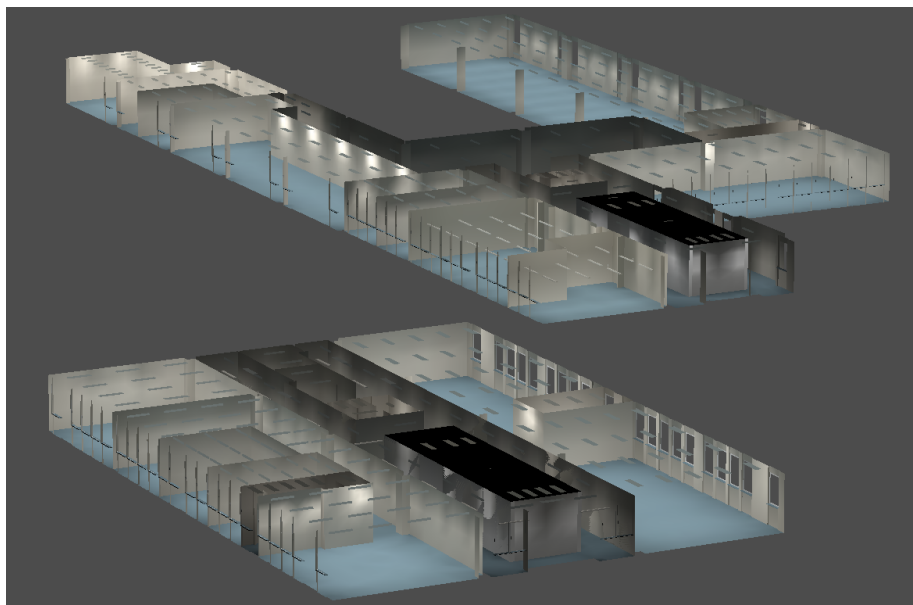
5.2.3 Επίπεδο 5

Στο επίπεδο 5 χρησιμοποιήθηκαν τα εξής φωτιστικά σώματα:

Πίνακας 60: Σύνολο φωτιστικών σωμάτων επιπέδου 5

	Τύπος Φωτιστικού					
	Φ1	Φ2	Φ3	Φ4	Φ5	Φ6
Πλήθος	78	103	12	45	136	34

Παρακάτω ακολουθούν τα αντίστοιχα αποκόμματα από την σχεδίαση του προτεινόμενου εξοπλισμού του επιπέδου 5 στο πρόγραμμα Relux.



Σχήμα 38: Προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού επιπέδου 5

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τον υπολογισμό ισχύος της προτεινόμενης εγκατάστασης ανά πτέρυγα.

Πίνακας 61: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Ζ του επιπέδου 5

Πτέρυγα Ζ				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
Z.501-503	Φ5	35	18.2	637.0
Z.501-503 Γραφ1	Φ6	6	17.2	103.2
Z.501-503 Γραφ2	Φ1	12	10.6	127.2
Z.501-503 Βοηθ χώρος	Φ1	10	10.6	106.0
Z.504	Φ2	12	31.5	378.0
Z.505	Φ1	2	10.6	21.2
Z.506	Φ1	2	10.6	21.2
Z.507-510	Φ2	42	31.5	1323.0
Z.507-510 Γραφ	Φ2	3	31.5	94.5
Z.5 Διαδρ	Φ1	23	10.6	243.8
Z.5 Κλιμακ	Φ4	1	20	20.0
	Φ4	1	20	20.0
Z.5 Τουαλ1	Φ3	3	3	9.0
	Φ4	1	20	20.0
Z.5 Τουαλ2	Φ3	3	3	9.0
	Φ4	1	20	20.0
Συνολική Ισχύς				3153.1

Η πτέρυγα Ζ έχει 3.2 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Πίνακας 62: Ισχύς πρότασης Α στην πτέρυγα Η1 του επιπέδου 5

Πτέρυγα Η1				
Χώρος	Τύπος Φωτιστικού	Πλήθος Φωτιστικών	Ισχύς Φωτιστικού [W]	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]
H1.501-502α	Φ6	10	17.2	172.0
H1.501-502β	Φ6	18	17.2	309.6
H1.501-502γ	Φ5	8	18.2	145.6
H1.503	Φ5	9	18.2	163.8
H1.504.α	Φ4	19	20	380.0
H1.504.β	Φ4	16	20	320.0
H1.504.γ	Φ5	6	18.2	109.2
H1.504δ	Φ2	25	31.5	787.5
H1.504ε	Φ1	19	10.6	201.4
H1.504ζ	Φ1	10	10.6	106.0
H1.504η	Φ5	64	18.2	1164.8
H1.505	Φ2	21	31.5	661.5
H1.5 Διαδρ	Φ5	14	18.2	254.8
H1.5 Κλιμακ1	Φ4	1	20	20.0
	Φ4	1	20	20.0
H1.5 Κλιμακ2	Φ4	1	20	20.0
	Φ4	1	20	20.0
H1.5 Τουαλ1	Φ3	3	3	9.0
	Φ4	1	20	20.0
H1.5 Τουαλ2	Φ3	3	3	9.0
	Φ4	1	20	20.0
Συνολική Ισχύς				4914.2

Η πτέρυγα Η1 έχει 4.9 kW συνολική εγκατεστημένη ισχύ.

Όπως προκύπτει και από τους παραπάνω πίνακες το επίπεδο 5 έχει προτεινόμενη εγκατεστημένη ισχύ 8.1 kW.

Επίσης η συνολική ετήσια κατανάλωση της προτεινόμενης εγκατάστασης φωτισμού για το επίπεδο 5 , υπολογίστηκε:

Πίνακας 63: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση επιπέδου 5

Επίπεδο 5	
	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Πτέρυγα Z	6828.6
Πτέρυγα H1	11372.4
Σύνολο [MWh/έτος]	18.2

5.3 Ανάλυση δεδομένων

5.3.1 Πρόταση Α

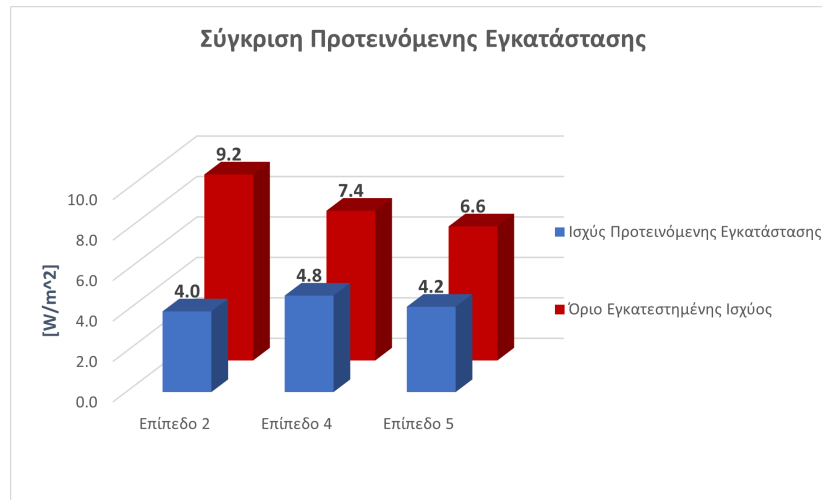
Για να γίνει αντιληπτή η αποτελεσματικότητα της πρότασης Α έπρεπε να υπολογιστεί η εγκατεστημένη ισχύς προς το εμβαδόν κάθε επιπέδου. Αυτό πραγματοποιήθηκε μέσω του τύπου 3 και τα αποτελέσματα ακολουθούν στον πίνακα 64.

Πίνακας 64: Εγκατεστημένη ισχύς πρότασης Α

	Εγκατεστημένη Ισχύς [W]	Επιφάνεια [m²]	[W/m²]
Επίπεδο 2	26226.6	6574	4.0
Επίπεδο 4	20728.4	4346	4.8
Επίπεδο 5	8067.3	1912	4.2

Παρατηρούμε πως με την προτεινόμενη εγκατάσταση επιτεύχθηκε πολύ σημαντική μείωση της εγκατεστημένης ισχύος. Οι νέες τιμές ισχύος βρίσκονται μέσα στα όρια που είχαν υπολογιστεί στον πίνακα 30 του προηγούμενου κεφαλαίου.

Πιο συγκεκριμένα , για το επίπεδο 2 η συνολική ισχύς της πρότασης Α είναι 4 W/m^2 , δηλαδή 56.6% μικρότερη του ορίου εγκατεστημένης ισχύος 9.2 W/m^2 . Για το επίπεδο 4 η συνολική ισχύς είναι 4.8 W/m^2 , δηλαδή 35.6% μικρότερη του ορίου εγκατεστημένης ισχύος 7.4 W/m^2 . Τέλος για το επίπεδο 5 η ισχύς του προτεινόμενου τεχνητού φωτισμού είναι 4.2 W/m^2 , δηλαδή 36.3% κάτω του ορίου εγκατεστημένης ισχύος 6.6 W/m^2 . Τα παραπάνω οπτικοποιούνται στο γράφημα που ακολουθεί.



Σχήμα 39: Σύγκριση πρότασης Α με τα ορια εγκατεστημένης ισχύος

5.3.2 Σύγκριση πρότασης Α με υφιστάμενη εγκατάσταση

Η προτεινόμενη εγκατάσταση φωτισμού υπερτερεί σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με την υφιστάμενη. Αρχικά, με την πρόταση Α για κάθε χώρο ξεχωριστά επιτυγχάνονται τα σωστά επίπεδα φωτισμού και θάμβωσης. Τα επίπεδα αυτά σε μεγάλο πλήθος χώρων δεν δύναται να επιτευχθούν με την υφιστάμενη εγκατάσταση είτε λόγω των παλαιών τεχνολογικά φωτιστικών της είτε της κακής τους συντήρησης που προκαλεί υπολειτουργία.

Επίσης τα φωτιστικά LED της πρότασης Α, προσφέρουν την δυνατότητα ελέγχου της φωτεινής ροής τους μέσω σύγχρονων πρωτοκόλλων (DALI). Αυτό επιτρέπει, όπως θα παρουσιαστεί και αναλυτικά στο κεφάλαιο που ακολουθεί, την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού του χώρου σε συνδυασμό με τον τεχνητό. Κάτι τέτοιο δεν δύναται να πραγματοποιηθεί με την υφιστάμενη εγκατάσταση που αποτελείται από φωτιστικά φθορισμού και πυρακτώσεως.

Τέλος το πιο σημαντικό προτέρημα της πρότασης Α, σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα που προαναφέρθηκαν, είναι ότι επιτυγχάνεται πολύ σημαντική μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας από το σύστημα τεχνητού φωτισμού. Αυτή η εξοικονόμηση ενέργειας γίνεται αντιληπτή μέσα από την ελάττωση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος.

5.3.2.1 Μείωση εγκατεστημένης ισχύος

Τα ποσοστά μείωσης της εγκατεστημένης ισχύος υπολογίστηκαν από τον τύπο:

$$Red = \frac{P_{totYf} - P_{totA}}{P_{totYf}} * 100\% \quad (8)$$

όπου:

- $Red[\%]$: το ποσοστό μείωσης της εγκατεστημένης ισχύος
- $P_{totYf}[W/m^2]$: η ισχύς της υφιστάμενης εγκατάστασης του επιπέδου προς την επιφάνεια του
- $P_{totA}[W/m^2]$: η ισχύς της προτεινόμενης εγκατάστασης του επιπέδου προς την επιφάνεια του

Τα αποτελέσματα παραθέτονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 65: Μείωση εγκατεστημένης ισχύος

	Υφιστάμενη Εγκατάσταση [W/m ²]	Πρόταση Α [W/m ²]	Μείωση Ισχύος [%]
Επίπεδο 2	16.6	4.0	76
Επίπεδο 4	21.5	4.8	77.8
Επίπεδο 5	12.6	4.2	66.4

Η συνολική ισχύς της υφιστάμενης εγκατάστασης των τριών επιπέδων είναι 226.8 kW, ενώ της πρότασης Α είναι 55 kW. Έτσι ενώ βρίσκεται μέσα στα όρια ισχύος, το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού προσφέρει επιπλέον 75.7% μείωση ισχύος.

5.3.2.2 Μείωση καταναλισκόμενης ενέργειας

Η ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια, τόσο της υφιστάμενης εγκατάστασης όσο και της προτεινόμενης εγκατάστασης, έχουν υπολογιστεί σε προηγούμενα κεφάλαια. Με τα δεδομένα αυτά σε συνδυασμό με τον τύπο που ακολουθεί υπολογίστηκε η εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρει η πρόταση Α.

$$Red = \frac{E_{totYf} - E_{totA}}{E_{totYf}} * 100\% \quad (9)$$

Όπου:

- $Red[\%]$: το ποσοστό μείωσης της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας
- E_{totYf} [$kWh/έτος$]: η ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια της υφιστάμενης εγκατάστασης
- E_{totA} [$kWh/έτος$]: η ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια της Πρότασης Α

Ο παρακάτω πίνακας απαρτίζεται από τα αποτελέσματα.

Πίνακας 66: Μείωση καταναλισκόμενης ενέργειας

	Υφιστάμενη Εγκατάσταση [MWh/έτος]	Πρόταση Α [MWh/έτος]	Μείωση Ενέργειας [%]
Επίπεδο 2	244.42	57.94	76.3
Επίπεδο 4	209.87	46.27	78
Επίπεδο 5	53.24	18.2	65.8

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 66, η συνολική ετήσια ενέργεια από 507.53 MWh στην υφιστάμενη εγκατάσταση μειώθηκε σε 122.41 MWh στην πρόταση Α. Οπότε με την προτεινόμενη εγκατάσταση επιτυγχάνεται 75.9 % μείωση στην συνολική ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια των τριών επιπέδων.

6 Πρόταση Β : Αξιοποίηση Φυσικού Φωτισμού

6.1 Εισαγωγή

Η πρόταση Β είναι συμπληρωματική στην πρόταση Α. Αφορά εκτός από την αναβάθμιση των φωτιστικών σωμάτων που προηγήθηκε, επιπλέον μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Αυτή εξασφαλίζεται αξιοποιώντας των φυσικό φωτισμό των χώρων του κτηρίου μέσω αισθητήρων φωτισμού.

6.2 Παράγοντας φυσικού φωτισμού

Ο Παράγοντας Φυσικού Φωτισμού (Π.Φ.Φ) (Daylight Factor (DF)) αποτελεί έναν από τους πιο διαδεδομένους δείκτες. Ορίζεται ως ο λόγος της έντασης φωτισμού στο εσωτερικό κάποιου χώρου προς την αντίστοιχη τιμή του οριζόντιου φωτισμού στο εξωτερικό. Ο ορισμός αυτός ισχύει υπό την προϋπόθεση ότι ο ουρανός είναι πλήρως νεφοσκεπής και χωρίς την ύπαρξη εμποδίων τα οποία μειώνουν την τιμή του εξωτερικού φωτισμού. Λόγω της αζιμουθιακής συμμετρίας της κατανομής λαμπρότητας στον ουρανό οι τιμές του DF δεν εξαρτώνται από τον προσανατολισμό του χώρου (αν και έχουν προταθεί συντελεστές διόρθωσης) καθώς επίσης ούτε και από τον χρόνο. Η μαθηματική εξίσωση του φαίνεται παρακάτω:

$$DF = \frac{E_{int}}{E_{ext}} * 100\% \quad (10)$$

όπου :

- $DF[\%]$: ο παράγοντας φυσικού φωτισμού
- $E_{int}[lx]$: η ένταση φωτισμού στο εσωτερικό κάποιου χώρου
- $E_{ext}[lx]$: η ένταση φωτισμού εξωτερικά

6.3 Υπολογισμός τιμών DF κτηρίου

Για να επιλεγθούν οι χώροι για τους οποίους είναι δυνατή η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού του κτηρίου υπολογίστηκε ο DF για καθένα από αυτούς.

Σε προηγούμενο βήμα σχεδιάστηκαν όλα τα επίπεδα και οι χώροι του κτηρίου στην εφαρμογή Relux και ορίστηκε η σωστή τοποθεσία της Αθήνας με γεωγραφικό μήκος 23.73° και γεωγραφικό πλάτος 37.98° .

Ακόμη για τον υπολογισμό των τιμών DF ορίστηκε η ζώνη ώρας στην οποία ανήκει η Αθήνα και ο βόρειος προσανατολισμός του κτηρίου σε 270° .

Ανάλογα με την τιμή του DF η επίδραση του φυσικού φωτισμού, για την πιθανή εξοικονόμηση ενέργειας, κατηγοριοποιείται με τον τρόπο που παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021):

Πίνακας 67: Επίδραση Φυσικού Φωτισμού με βάση τον DF

Επίδραση Φυσικού Φωτισμού	DF
Καμία	$DF < 1\%$
Μικρή	$1\% \leq DF < 2\%$
Μεσαία	$2\% \leq DF < 3\%$
Ισχυρή	$3\% \leq DF$

Για να θεωρηθεί η επίδραση φυσικού φωτισμού σε έναν χώρο επαρκής, ώστε να συνδυαστεί με τον τεχνητό φωτισμό, θα πρέπει να καλύπτονται δύο προϋποθέσεις. Πρώτα η τιμή του DF να μην είναι μικρότερη του 2.6% και 0.5% για χώρους με στάθμη φωτισμού 500lx και 100lx αντίστοιχα. Έπειτα ο χώρος να έχει μία από τις χρήσεις σύμφωνα με τον πίνακα του Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021 που φαίνεται παρακάτω:

Πίνακας 68: Χρήσεις χώρων για τους οποίους υπάρχει αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

	Χρήσεις Χώρων	Αξιοποίηση Φυσικού Φωτισμού	Αξιοποίηση Φυσικού Φωτισμού Με Χειροκίνητους Διακόπτες
1	Reception, Lobby	✓	-
2	Εσωτερική πισίνα - Spa	✓	-
3	Χώρος εκθέσεων τέχνης, Μουσείο (κύριοι χώροι)	✓	-
4	Αίθουσα γυμναστηρίου, χοροδιδασκαλείο	✓	-
5	Αίθουσα διδασκαλίας 1-βάθμιας και 2-βάθμιας εκπαίδευσης	✓	✓
6	Αίθουσα διδασκαλίας 3-βάθμιας εκπαίδευσης	✓	✓
7	Αίθουσα διδασκαλίας φροντιστηρίου	✓	✓
8	Νηπιαγωγείο (αίθουσα απασχόλησης και δραστηριοτήτων)	✓	✓
9	Δωμάτια ασθενών (πτέρυγα)	✓	✓
10	Εξωτερικά ιατρεία (αίθουσα εξέτασης)	✓	-
11	Αίθουσες θεραπείας - αμμοδοσίας	✓	-
12	Αίθουσες - διάδρομοι αναμονής	✓	-
13	Εργαστήρια	✓	-
14	Φυσικοθεραπευτήριο - Γυμναστήριο	✓	-
15	Αγροτικό ιατρείο, Υγειονομικός σταθμός	✓	✓
16	Βρεφικός - Παιδικός σταθμός (χώρος φροντίδας)	✓	✓
17	Υπεραγορά τροφίμων	✓	-
18	Ινστιτούτο αισθητικής, παροχή υπηρεσιών καλλωπισμού	✓	✓
19	Κλειστά γραφεία	✓	✓
20	Ανοιχτοί γραφειακοί χώροι	✓	-
21	Διάδρομοι και Χώροι κυκλοφορίας	✓	-

Οι χώροι των τριών επιπέδων που καλύπτουν τις απαιτούμενες προϋποθέσεις και μπορεί να αξιοποιηθεί ο φυσικός τους φωτισμό παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 69: Χώροι για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού του επιπέδου 2

Πτέρυγα Α		Πτέρυγα Β	
Χώρος	DF	Χώρος	DF
A.206 Προθ	7.88	B.201-204	3.4
A.206α	2.67	B.207-210	4.3
A.206β	4.7	B.207-210α	8.3
A.206γ	4.1	Πτέρυγα ΒΘ	
A.206δ	5	Χώρος	DF
A.206ε	8.9	ΒΘ.2 Βοηθ Χωρ	2.8
A.210	6.2	ΒΘ.2 Γραφ	4.9
A.211 Αποθ	7	Πτέρυγα Γ	
A.211 Προθ1 Γραφ	2.66	Χώρος	DF
A.212 Προθ	2.77	Γ.201α-γ	4
A.212α	2.83	Γ.202α-γ	4.8
A.212β	2.63	Γ.203β-γ	6.9
A.213	4.5	Γ.203δ	3.3
A.214	2.8	Πτέρυγα ΓΘ	
A.215	7	Χώρος	DF
A.216	8	ΓΘ.2 Βοηθ Χωρ	3.5
A.217	7.9	Πτέρυγα Δ	
A.218	8.1	Χώρος	DF
A.219	6.5	Δ.201-204	2.6
A.220	6	Δ.201-204α	4.6
A.221	7.2	Δ.207-210	2.7
A.222	6.5	Δ.207-210α	4.6

Πίνακας 70: Χώροι για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΔΘ		Πτέρυγα Η	
Χώρος	DF	Χώρος	DF
ΔΘ.2 Βοηθ Χωρ	3.2	H.201	4.1
Πτέρυγα Ε		H.203α	4.4
Χώρος	DF	H.203β	6.1
E.201α	3.9	H.203γ-δ	5.8
E.201β-γ	6.4	H.2 Διαδρ	4.84
E.201δ	3.7	Πτέρυγα Θ	
E.202α	2.69	Χώρος	DF
E.202β	6.1	Θ.201	5.1
E.202γ	4.2	Θ.202	5.1
		Θ.203	3.6
		Θ.204α	3.6
		Θ.204β	3.4
		Θ.205	5
		Θ.206	5
		Θ.209	2.6
		Θ.210	7.7
		Θ.211	2.7

Στο επίπεδο 2 σε 60 από τους 145 χώρους του κρίθηκε δυνατό να αξιοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός.

Πίνακας 71: Χώροι για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού του επιπέδου 4

Πτέρυγα Δ		Πτέρυγα Ε	
Χώρος	DF	Χώρος	DF
Δ.401-404	2.6	E.401	4
Δ.401-404α	4.4	E.402α	5.5
Δ.401-404β	4.7	E.402β	4.6
Δ.407-410	2.8	E.403α	4.3
Δ.407-410α	3.5	E.403β	5.4
Δ.407-410β	3.5	E.403γ	4.6
Πτέρυγα ΔΘ		Πτέρυγα Ζ	
Χώρος	DF	Χώρος	DF
ΔΘ.4 Διαδρ	2.6	Z.401-402	3.1
		Z.403-404	3
		Z.4 Γραφ1	4.5
		Z.407-410	3.3
		Z.4 Γραφ2	3.5

Πίνακας 72: Χώροι για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού του επιπέδου 4

Πτέρυγα Η		Πτέρυγα Η1	
Χώρος	DF	Χώρος	DF
H.401α	3.1	H1.401α	3.6
H.401β	6.1	H1.401β	2.9
H.401γ	3.3	H1.402α	2.7
H.402α	3.9	H1.402β	3.7
H.402β	6.2	H1.403	3.1
H.402γ	5.9	H1.405β	2.62
H.403α	3.3	Πτέρυγα Θ	
H.403β	6.3	Χώρος	DF
H.403γ	2.62	Θ.401	4.6
H.406	4.8	Θ.402	6.8
H.404β	4.3	Θ.403	4.7
H.405 Προθ	8.2	Θ.404	6.8
H.405β	4.7		
H.405γ	4		
H.405δ	4.4		
H.405ε	4.8		
H.405ζ	6.2		

Στο επίπεδο 4, 45 συνολικά χώροι έχουν επαρκή φυσικό φωτισμό για να αξιοποιηθεί.

Πίνακας 73: Χώροι για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού του επιπέδου 5

Πτέρυγα Ζ		Πτέρυγα Η1	
Χώρος	DF	Χώρος	DF
Z.501-503	2.6	H1.501-502α	2.62
Z.501-503 γραφ1	4.5	H1.501-502β	3.5
Z.501-503 γραφ2	4	H1.501-502γ	2.9
Z.504	2.6	H1.503	2.8
Z.507-510	3	H1.505	3.5
Z.507-510 γραφ	3.4		

Τέλος στο επίπεδο 5, 11 χώροι έχουν επαρκή φυσικό φωτισμό για να αξιοποιηθεί.

Στο Παράρτημα Β παρουσιάζονται ενδεικτικά οι υπολογισμοί των τιμών DF στο πρόγραμμα Relux.

6.4 Σύστημα ελέγχου φωτισμού

Για τον συνδυασμό του τεχνητού φωτισμού της πρότασης Α με τον φυσικό φωτισμό, στους χώρους που προαναφέρθηκαν, χρησιμοποιήθηκε το ανάλογο σύστημα ελέγχου φωτισμού. Το σύστημα αυτό, που κάνει δυνατή την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού είναι οι αισθητήρες φωτισμού.

6.4.1 Αισθητήρες φωτισμού

Η βασική λειτουργία ενός αισθητήρα φωτισμού είναι η παραγωγή μιας τάσης ελέγχου η οποία σχετίζεται με την ένταση και την κατανομή του φωτισμού μέσα στον χώρο. Η λειτουργία του αισθητήρα είναι περίπλοκη διότι εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των εξής:

- Την κατανομή του φωτισμού στο χώρο που βρίσκεται ο αισθητήρας.
- Την φασματική κατανομή του φυσικού και τεχνητού φωτισμού.
- Τις ρυθμίσεις της θέσης σε λειτουργία του αισθητήρα (commissioning).
- Τα εξωτερικά επίπεδα φωτισμού.

Ο αισθητήρας φωτισμού αποτελεί μια πλήρη μονάδα ελέγχου. Απαρτίζεται από ένα φωτοαισθητήριο (φωτοκύτταρο), το απαιτούμενο

ηλεκτρονικό κύκλωμα για την παραγωγή του σήματος ελέγχου και ειδικούς φακούς για την είσοδο του φωτός.

Ο αισθητήρας μετατρέπει τα δεδομένα εισόδου σε ένα σήμα εξόδου. Αυτό ελέγχει τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων φθορισμού (Electronic Dimmable Ballast, EDB), τους οδηγητές των πηγών LED (drivers) ή το κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας ενός κτηρίου.

Οι αισθητήρες φωτισμού χρησιμοποιούνται στις στρατηγικές ελέγχου εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού (daylighting harvesting) και της διατήρησης των επιπέδων φωτισμού (lumen maintenance, constant light output).

6.4.2 Επιλογή αισθητήρων

Οι χώροι που κρίθηκαν κατάλληλοι για να αξιοποιήσουμε τον φυσικό τους φωτισμό χρησιμοποιούν τα φωτιστικά τύπου Φ1, Φ2, Φ4, και Φ5. Τα συγκεκριμένα φωτιστικά, επιλέχθηκαν εκτός από την πολύ καλή αποδοτικότητα τους και για την δυνατότητα συνδυασμού τους με συστήματα ελέγχου και ρύθμισης έντασης. Συγκεκριμένα, μπορούν να συνδεθούν με συστήματα ελέγχου DALI (Digital Addressable Lighting Interface).

6.4.2.1 Πρωτόκολλο DALI

Το πρωτόκολλο DALI αντιπροσωπεύει ένα ευφυές σύστημα διαχείρισης φωτισμού σε σύγχρονες εγκαταστάσεις. Αποτελεί ένα διεθνώς αποδεκτό και αναγνωρισμένο ανοιχτό πρωτόκολλο επικοινωνίας, καθάρια για τον έλεγχο φωτισμού, που οι αρχές και οι κανονισμοί του καθορίζονται στο τεχνικό πρότυπο IEC 62386.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα του πρωτοκόλλου DALI είναι:

1. Είναι διευθυνσιοδοτούμενο. Αυτή η ιδιότητα ανοίγει τον δρόμο για πολλά πολύτιμα χαρακτηριστικά, όπως η ομαδοποίηση, η ρύθμιση σκηνών και ο δυναμικός έλεγχος, όπως η αλλαγή των αισθητήρων και των διακοπών που ελέγχουν τα φωτιστικά ή σε αλλαγές στη διάταξη του γραφείου.
2. Είναι ψηφιακό, όχι αναλογικό. Αυτό σημαίνει ότι το DALI μπορεί να προσφέρει πολύ πιο ακριβή έλεγχο του επιπέδου φωτισμού και πιο συνεπή απόχρωση.

3. Αποτελεί ένα πρότυπο. Οπότε, για παράδειγμα η καμπύλη απόχρωσης είναι τυποποιημένη, πράγμα που σημαίνει ότι ο εξοπλισμός είναι συμβατός μεταξύ διαφορετικών κατασκευαστών.
4. Λοιπά πλεονεκτήματα: Μπορεί να διαχειρίζεται τον έλεγχο του χρώματος, την αλλαγή χρώματος, τον έλεγχο του φωτισμού σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης και την ανατροφοδότηση, τη ρύθμιση σκηνών και πολλές άλλες λειτουργίες που σχετίζονται με τον φωτισμό.

6.4.2.2 Προτεινόμενος εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός που επιλέχθηκε είναι ο αισθητήρας DALI-2 CS της εταιρείας Lunatone. Ο αισθητήρας αυτός αποτελεί σύστημα συλλογής φωτός ημέρας για φωτιστικά με διασύνδεση DALI. Χρησιμοποιεί το φως της ημέρας για να αντισταθμίσει την ποσότητα του τεχνητού φωτισμού που απαιτείται για να φωτίσει επαρκώς έναν χώρο, με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Είναι σε θέση να αποσβέσει ή να διακόπτει τον φωτισμό ανάλογα με την διαθεσιμότητα του φωτός της ημέρας.



Σχήμα 40: Αισθητήρας Lunatone sensor DALI-2 CS

Ο προτεινόμενος αισθητήρας μπορεί να εγκατασταθεί είτε πάνω στα φωτιστικά σώματα είτε πάνω στην οροφή του χώρου. Το εύρος ανίχνευσης του κυμαίνεται ανάλογα με το ύψος και τον χώρο εγκατάστασης του. Για γραφεία, αίθουσες και εργαστήρια που είναι το

μεγαλύτερο ποσοστό των προς μελέτη χώρων, το εύρος ανίχνευσης του είναι $29m^2$.

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας επιλέχθηκε για τρεις λόγους. Αρχικά μπορεί να συνδυαστεί με τα φωτιστικά σώματα LED από τα οποία αποτελείται η πρόταση Α. Ακόμη επιτρέπει την διασύνδεση πολλών αισθητήρων σε ένα χώρο λόγω του πρωτοκόλλου DALI που υποστηρίζει. Τέλος διαθέτει πολλαπλές λειτουργίες :

- Λειτουργία 1 (Λ1): μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ανιχνευτής φωτός στους χώρους των επιπέδων που κρίθηκε δυνατή η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.
- Λειτουργία 2 (Λ2): μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αισθητήρας παρουσίας/κίνησης (η λειτουργία αυτή αξιοποιείται στην πρόταση Γ του επόμενου κεφαλαίου).

Στο Παράρτημα Γ, παρατίθενται αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα Lunatone DALI-2 CS.

6.5 Καταναλισκόμενη ενέργεια εγκατάστασης πρότασης Β

Για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας με την χρήση των αισθητήρων φωτισμού χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού.

6.5.1 Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού

Ο συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού (F_D) είναι ο συντελεστής μείωσης της αρχικά υπολογιζόμενης καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό, λόγω της χρήσης διατάξεων αυτομάτου ελέγχου που παρέχουν τη δυνατότητα αξιοποίησης φυσικού φωτισμού σε ένα χώρο. Τα φωτιστικά σώματα πρέπει να διαθέτουν τη δυνατότητα για ρύθμιση της έντασης φωτισμού (dimming) για να μπορούν να συνεργάζονται με τον αντίστοιχο αισθητήρα φωτισμού.

Στον πίνακα 74, καθορίζονται οι τυπικές τιμές του συντελεστή επίδρασης φυσικού φωτισμού, οι οποίες θα λαμβάνονται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής κατανάλωσης για φωτισμό.

Πίνακας 74: Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού

Διατάξεις αυτοματισμών ελέγχου για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	F_D
Χειροκίνητος έλεγχος φωτισμού για όλες τις χρήσεις κτηρίων	1
Αυτόματος έλεγχος φωτισμού (με αισθητήρα φυσικού φωτισμού) για όλες τις χρήσεις κτηρίων εκτός εκπαίδευσης και περίθαλψης	0.7
Αυτόματος έλεγχος φωτισμού (με αισθητήρα φυσικού φωτισμού) για κτήρια εκπαίδευσης και περίθαλψης	0.6

Ο συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού ισχύει μόνο για το ποσοστό της επιφάνειας του κτηρίου που θεωρείται περιοχή φυσικού φωτισμού και εφόσον υπάρχει επάρκεια αξιοποίησης φυσικού φωτισμού (χώροι με $DF \geq 2.6\%$ για 500lx και $DF \geq 0.5\%$ για 100lx).

6.5.2 Υπολογισμός καταναλισκόμενης ενέργειας

Η καταναλισκόμενη ενέργεια της πρότασης Β κάθε χώρου προκύπτει από την συνολική ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια του χώρου όπως υπολογίστηκε στην πρόταση Α και τον συντελεστή επίδρασης φυσικού φωτισμού.

Ωστόσο επειδή ο αισθητήρας Lunatone sensor DALI-2 CS για την λειτουργία του απαιτεί μια κατανάλωση ισχύος μεγέθους 0.1W, αυτή συνυπολογίζεται στην συνολική ενεργειακή κατανάλωση του κάθε χώρου. Οπότε ο τύπος για τον υπολογισμό της κατανάλωσης γίνεται:

$$E_{Broom} = E_{Aroom} * F_D + \frac{N_{sens} * P_{sens} * T_T}{1000} \quad (11)$$

όπου :

- $E_{Broom}[kWh/έτος]$: η καταναλισκόμενη ενέργεια του χώρου της πρότασης Β
- $E_{Aroom}[kWh/έτος]$: η καταναλισκόμενη ενέργεια του χώρου της πρότασης Α
- $F_D[-]$: ο συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού
- $N_{sens}[-]$: ο αριθμός των αισθητήρων σε κάθε χώρο
- $P_{sens}[W]$: η ισχύς του αισθητήρα
- $T_T[h/έτος]$: οι ώρες λειτουργίας του χώρου εντός ενός έτους

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες με τις καταναλώσεις κάθε χώρου των τριών επιπέδων με την χρήση των προτεινόμενων αισθητήρων.

6.5.2.1 Επίπεδο 2

Στο επίπεδο 2 χρησιμοποιούνται συνολικά 92 αισθητήρες για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται οι καταναλώσεις κάθε πτέρυγας.

Πίνακας 75: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Α του επιπέδου 2

Πτέρυγα Α			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
A.201	-	-	945
A.202	-	-	945
A.203	-	-	945
A.204	-	-	945
A.205	-	-	945
A.206 Προθ	Λ1	1	63.9
A.206α	Λ1	1	164.1
A.206β	Λ1	1	127.5
A.206γ	Λ1	1	143.4
A.206δ	Λ1	1	159.3
A.206ε	Λ1	1	82.2
A.207	-	-	1512
A.208	-	-	945
A.209	-	-	1512
A.210	Λ1	4	699.7
A.211 Αμφ	-	-	2063.9
A.211 Διαδρ	-	-	157.5
A.211 Αποθ	Λ1	1	25.6
A.211 Τουαλ1	-	-	72.5
A.211 Πινακ	-	-	0.5
A.211 Τουαλ2	-	-	72.5
A.211 Προβ	-	-	0.5
A.211 Διαδρ1	-	-	132.5
A.211 Διαδρ2	-	-	132.5
A.211 Προθ1 Γραφ	Λ1	1	27.6
A.211 Προθ2 Γραφ	-	-	26.5
A.211 Γραφ	-	-	265
A.211 Τουαλ Γραφ	-	-	30
A.212 Προθ	Λ1	1	32.1
A.212α	Λ1	1	159.3
A.212β	Λ1	1	425.5
A.213	Λ1	1	334.2
A.213 Κουζ	-	-	56.8
A.213 Τουαλ	-	-	26.5
A.214	Λ1	1	331
A.215	Λ1	1	127.5
A.216	Λ1	1	127.5
A.217	Λ1	1	127.5

Πίνακας 76: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Α του επιπέδου 2

Πτέρυγα Α			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
A.218	Λ1	1	127.5
A.219	Λ1	1	175.2
A.220	Λ1	1	159.3
A.221	Λ1	1	164.1
A.2 Τουαλ1	-	-	22.5
A.2 Τουαλ2	-	-	22.5
A.222 Προθ	-	-	26.5
A.222	Λ1	1	218.7
A.2 Διαδρ	-	-	5906.3
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			21.71

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας Α είναι 21.71 MWh.

Πίνακας 77: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Β του επιπέδου 2

Πτέρυγα Β			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
B.205	-	-	42.4
B.206	-	-	42.4
B.207-210	Λ1	7	1224.4
B.207-210α	Λ1	1	143.4
B.2 Διαδρ	-	-	609.5
B.2 Κλιμακ	-	-	100
B.2 Τουαλ1	-	-	72.5
B.2 Τουαλ2	-	-	72.5
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			3.97

Πίνακας 78: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΒΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΒΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
BΘ.2 Βοηθ Χωρ	Λ1	1	164.1
BΘ.2 Γραφ	Λ1	1	95.7
BΘ.2 Διαδρ	-	-	53
BΘ.2 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			412.7

Οι πτέρυγες Β-ΒΘ έχουν συνολικά 4.38 MWh ετήσια ενεργειακή κατανάλωση.

Πίνακας 79: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Γ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Γ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Γ.202α-γ	Λ1	2	477.5
Γ.203 Προθ	-	-	26.5
Γ.203α	-	-	238.5
Γ.203β-γ	Λ1	1	127.5
Γ.203δ	Λ1	1	127.5
Γ.2 Διαδρ	-	-	364
Γ.2 Κλιμακ	-	-	82.5
Γ.2 Τουαλ	-	-	72.5
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			1.93

Πίνακας 80: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΓΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΓΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ΓΘ.2 Βοηθ Χωρ	Λ1	1	109.5
ΓΘ.2 Διαδρ	-	-	159
ΓΘ.2 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			368.5

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Γ-ΓΘ 2.29 MWh.

Πίνακας 81: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Δ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Δ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Δ.201-204	Λ1	7	1027.9
Δ.201-204α	Λ1	1	378.3
Δ.205	-	-	42.4
Δ.206	-	-	42.4
Δ.207-210	Λ1	7	1513.4
Δ.207-210α	Λ1	1	273.3
Δ.2 Διαδρ	-	-	609.5
Δ.2 Κλιμακ	-	-	100
Δ.2 Τουαλ1	-	-	72.5
Δ.2 Τουαλ2	-	-	72.5
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			4.13

Πίνακας 82: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΔΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΔΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ΔΘ.2 Βοηθ Χωρ	Λ1	1	109.5
ΔΘ.2 Διαδρ	-	-	159
ΔΘ.2 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			368.5

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Δ-ΔΘ 4.5 MWh.

Πίνακας 83: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ε του επιπέδου 2

Πτέρυγα Ε			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Ε.201 Προθ	-	-	53
Ε.201α	Λ1	1	236.5
Ε.201β-γ	Λ1	1	218.7
Ε.201δ	Λ1	1	191.4
Ε.202 Προθ	-	-	50
Ε.202α	Λ1	1	164.1
Ε.202β	Λ1	1	82.2
Ε.202γ	Λ1	1	109.5
Ε.2 Διαδρ	-	-	273
Ε.2 Κλιμακ	-	-	82.5
Ε.2 Τουαλ	-	-	72.5
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			1.53

Πίνακας 84: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΕΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΕΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ΕΘ.2 Βοηθ Χωρ	-	-	145.6
ΕΘ.2 Διαδρ	-	-	159
ΕΘ.2 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			404.6

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Ε-ΕΘ 1.94 MWh.

Πίνακας 85: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Z του επιπέδου 2

Πτέρυγα Z			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Z.201	-	-	436.8
Z.202-203	-	-	1092
Z.204	-	-	728
Z.205	-	-	42.4
Z.206	-	-	42.4
Z.207	-	-	582.4
Z.208	-	-	546
Z.209	-	-	291.2
Z.210	-	-	364
Z.211	-	-	120
Z.212	-	-	409.5
Z.2 Διαδρ	-	-	609.5
Z.2 Κλιμακ	-	-	100
Z.2 Τουαλ1	-	-	72.5
Z.2 Τουαλ2	-	-	72.5
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			5.51

Πίνακας 86: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ZΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ZΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ZΘ.2 Αποθ Χωρ1	-	-	42.4
ZΘ.2 Αποθ Χωρ2	-	-	42.4
ZΘ.2 Διαδρ	-	-	150
ZΘ.2 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			334.8

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Z-ZΘ 5.84 MWh.

Πίνακας 87: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Η του επιπέδου 2

Πτέρυγα Η			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Η.201	Λ1	1	246
Η.203α	Λ1	1	59.7
Η.203β	Λ1	1	164.1
Η.203γ-δ	Λ1	1	159.3
Η.2 Διαδρ	Λ1	2	337.4
Η.2 Κλιμακ	-	-	82.5
Η.2 Τουαλ1	-	-	72.5
Η.2 Τουαλ2	-	-	72.5
Η.2 Υποστ	-	-	3
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			1.2

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στην πτέρυγα Η 1.2 MWh.

Πίνακας 88: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Θ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Θ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Θ.201	Λ1	1	191.4
Θ.201 Τουαλ	-	-	50
Θ.202	Λ1	1	191.4
Θ.202 Τουαλ	-	-	50
Θ.203	Λ1	2	437.3
Θ.203 Αποθ	-	-	15
Θ.204α	Λ1	2	349.8
Θ.204β	Λ1	2	349.8
Θ.205	Λ1	1	191.4
Θ.205 Τουαλ	-	-	50
Θ.206	Λ1	1	191.4
Θ.206 Τουαλ	-	-	50
Θ.209	Λ1	1	136.8
Θ.209 Τουαλ	-	-	50
Θ.210	Λ1	1	95.7
Θ.211	Λ1	1	136.8
Θ.211 Τουαλ	-	-	50
θ.2 Διαδρ	-	-	2795
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			5.38

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στην πτέρυγα Θ 5.38 MWh.

Στο επίπεδο 2 η συνολική ενεργειακή κατανάλωση είναι 47.25 MWh.

6.5.2.2 Επίπεδο 4

Ο προτεινόμενος εξοπλισμός για το επίπεδο Β αποτελείται από 70 αισθητήρες. Σε συνδυασμό με τον εξοπλισμό της πρότασης Α, οι καταναλώσεις κάθε πτέρυγας παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 89: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Δ του επιπέδου 4

Πτέρυγα Δ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Δ.401-404	Λ1	7	1400
Δ.401-404α	Λ1	1	164.1
Δ.401-Δ404β	Λ1	1	127.5
Δ.405	-	-	42.4
Δ.406	-	-	42.4
Δ.407-Δ410	Λ1	7	1137.1
Δ.407-Δ410α	Λ1	1	189.3
Δ.407-Δ410β	Λ1	1	189.3
Δ.4 Διαδρ	-	-	609.5
Δ.4 Κλιμακ	-	-	100
Δ.4 Τουαλ1	-	-	72.5
Δ.4 Τουαλ2	-	-	72.5
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			4.15

Πίνακας 90: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΔΘ του επιπέδου 4

Πτέρυγα ΔΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ΔΘ.4 Διαδρ	Λ1	1	79.8
ΔΘ.4 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			179.8

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Δ-ΔΘ 4.33 MWh.

Πίνακας 91: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ε του επιπέδου 4

Πτέρυγα Ε			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Ε.402 Προθ	-	-	78.8
Ε.402α	Λ1	1	142
Ε.402β	Λ1	1	1056
Ε403 Προθ	-	-	53
Ε.403α	Λ1	1	189.3
Ε.403β	Λ1	1	142
Ε.403γ	Λ1	1	175.2
Ε.4 Διαδρ	-	-	364
Ε.4 Κλιμακ	-	-	82.5
Ε.4 Τουαλ	-	-	72.5
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			2.92

Πίνακας 92: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΕΘ του επιπέδου 4

Πτέρυγα ΕΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ΕΘ.4 Διαδρ	-	-	212
ΕΘ.4 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			312

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Ε-ΕΘ 3.23 MWh.

Πίνακας 93: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ζ του επιπέδου 4

Πτέρυγα Ζ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Z.401-402	Λ1	3	832.2
Z.403-404	Λ1	3	832.2
Z.4 Γραφ1	Λ1	1	283.8
Z.405	-	-	42.4
Z.406	-	-	42.4
Z.407-410	Λ1	8	1551.4
Z.4 Γραφ2	Λ1	1	109.5
Z.4 Διαδρ	-	-	609.5
Z.4 Κλιμακ	-	-	100
Z.4 Τουαλ1	-	-	72.5
Z.4 Τουαλ2	-	-	72.5
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			4.55

Πίνακας 94: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΖΘ του επιπέδου 4

Πτέρυγα ΖΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ΖΘ.4 Διαδρ	-	-	212
ΖΘ.4 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			312

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Ζ-ΖΘ 4.86 MWh.

Πίνακας 95: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Η του επιπέδου 4

Πτέρυγα Η			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Η.401 Προθ	-	-	100
Η.401α	Λ1	1	283.8
Η.401β	Λ1	1	79.8
Η.401γ	Λ1	1	127.5
Η.402 Προθ	-	-	100
Η.402α	Λ1	1	189.3
Η.402β	Λ1	1	142
Η.402γ	Λ1	1	142
Η.402δ	-	-	182
Η.403 Προθ	-	-	45.5
Η.403α	Λ1	1	127.5
Η.403β	Λ1	1	109.5
Η.403γ	Λ1	1	159.3
Η.406	Λ1	1	191.1
Η.404 Προθ	-	-	106
Η.404α	-	-	472.5
Η.404β	Λ1	1	164.1
Η.405 Προθ	Λ1	1	82.2
Η.405α	-	-	212
Η.405β	Λ1	1	127.5
Η.405γ	Λ1	1	109.5
Η.405δ	Λ1	1	95.7
Η.405ε	Λ1	1	191.1
Η.405ζ	Λ1	1	95.7
Η.4 Διαδρ	-	-	472.5
Η.4 Κλιμακ	-	-	100
Η.4 Τουαλ	-	-	72.5
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			4.28

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας Η είναι 4.28 MWh.

Πίνακας 96: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας H1 του επιπέδου 4

Πτέρυγα H1			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
H1.401 Προθ	-	-	100
H1.401α	Λ1	1	127.4
H1.401β	Λ1	1	222.9
H1.402 Προθ	-	-	78.8
H1.402α	Λ1	1	222.9
H1.402β	Λ1	1	159.3
H1.403	Λ1	2	567.5
H1.404α	-	-	882
H1.404β	-	-	182
H1.404γ1	-	-	1417.5
H1.404γ2	-	-	945
H1.404δ	-	-	189
H1.404ε	-	-	1017.6
H1.404ζ	-	-	5103
H1.404η	-	-	556.5
H1.404θ	-	-	2016
H1.404ι	-	-	756
H1.404κ	-	-	182
H1.405 Προθ	-	-	53
H1.405α	Λ1	1	82.2
H1.405β	-	-	1747.2
H1.4 Διαδρ	-	-	637
H1.4 Κλιμακ1	-	-	100
H1.4 Κλιμακ2	-	-	100
H1.4 Τουαλ1	-	-	72.5
H1.4 Τουαλ2	-	-	72.5
H1.4 Σερβερ	-	-	1
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			17.59

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας H1 είναι 17.59 MWh.

Πίνακας 97: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Θ του επιπέδου 4

Πτέρυγα Θ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Θ.401	Λ1	1	127.5
Θ.401 Προθ	-	-	45.5
Θ.401 Τουαλ	-	-	40
Θ.402	Λ1	1	236.5
Θ.402 Προθ	-	-	45.5
Θ.402 Τουαλ	-	-	50
Θ.403	Λ1	1	127.5
Θ.403 Προθ	-	-	45.5
Θ.403 Τουαλ	-	-	50
Θ.404	Λ1	1	189.2
Θ.404 Προθ	-	-	45.5
Θ.404 Τουαλ	-	-	50
Θ.4 Διαδρ	-	-	1850
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			2.9

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας Θ είναι 2.9 MWh.

Με την χρήση των αισθητήρων επιτυγχάνεται η συνολική κατανάλωση του επιπέδου 4 να είναι 37.19 MWh.

6.5.2.3 Επίπεδο 5

Στο επίπεδο 5 τοποθετούνται 26 αισθητήρες. Οι καταναλώσεις κάθε πτέρυγας παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 98: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Z του επιπέδου 5

Πτέρυγα Z			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Z.501-503	Λ1	4	765.2
Z.501-503 Γραφ1	Λ1	1	155.1
Z.501-503 Γραφ2	Λ1	1	191.1
Z.501-503 Βοηθ Χώρος	-	-	212
Z.504	Λ1	2	567.5
Z.505	-	-	42.4
Z.506	-	-	42.4
Z.507-510	Λ1	8	1589.2
Z.507-510 Γραφ	Λ1	1	142
Z.5 Διαδρ	-	-	609.5
Z.5 Κλιμακ	-	-	100
Z.5 Τουαλ1	-	-	72.5
Z.5 Τουαλ2	-	-	72.5
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			4.56

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας Z είναι 4.56 MWh.

Πίνακας 99: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας H1 του επιπέδου 5

Πτέρυγα H1			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
H1.501-502α	Λ1	1	258.3
H1.501-502β	Λ1	2	464.9
H1.501-502γ	Λ1	1	218.7
H1.503	Λ1	1	246
H1.504.α	-	-	950
H1.504.β	-	-	800
H1.504.γ	-	-	273
H1.504δ	-	-	1968.8
H1.504ε	-	-	503.5
H1.504ζ	-	-	265
H1.504η	-	-	2329.6
H1.505	Λ1	4	794.6
H1.5 Διαδρ	-	-	637
H1.5 Κλιμακ1	-	-	100
H1.5 Κλιμακ2	-	-	100
H1.5 Τουαλ1	-	-	72.5
H1.5 Τουαλ2	-	-	72.5
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			10.05

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας H1 είναι 10.05 *MWh*.

Η συνολική ενεργειακή κατανάλωση του επιπέδου 5 σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες είναι 14.62 *MWh*.

6.6 Ανάλυση δεδομένων

Η σημασία της χρήσης αισθητήρων και της αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού του κτηρίου γίνεται αντιληπτή με δύο συγκρίσεις (μέσω του τύπου 9). Αρχικά με την σύγκριση της πρότασης A και τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας και σε δεύτερη φάση με τη σύγκριση της ενεργειακής κατανάλωσης της υφιστάμενης εγκατάστασης και τελικά τον υπολογισμό της συνολικής μείωσης της.

6.6.1 Σύγκριση πρότασης B με πρόταση A

Έχοντας υπολογίσει σε προηγούμενα βήματα τις ενεργειακές καταναλώσεις για κάθε πτέρυγα και επίπεδο, στον πίνακα που ακολουθεί προκύπτει η μείωση που θα επιτευχθεί με τους αισθητήρες.

Πίνακας 100: Σύγκριση Πρότασης B με Πρόταση A

	Πρόταση A [MWh/έτος]	Πρόταση B [MWh/έτος]	Μείωση Ενέργειας [%]
Επίπεδο 2	57.94	47.25	18.4
Επίπεδο 4	46.27	37.19	19.6
Επίπεδο 5	18.2	14.62	19.7

Η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια μειώνεται από 122.41 *MWh* της πρότασης A σε 99.06 *MWh* της πρότασης B. Άρα η επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται είναι 19.1 %.

6.6.2 Σύγκριση πρότασης Β με υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού

Η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας της Πρότασης Β είναι:

Πίνακας 101: Σύγκριση Πρότασης Β με Υφιστάμενη Εγκατάσταση

	Υφιστάμενη Εγκατάσταση [MWh/έτος]	Πρόταση Β [MWh/έτος]	Μείωση Ενέργειας [%]
Επίπεδο 2	244.42	47.25	80.7
Επίπεδο 4	209.87	37.19	82.3
Επίπεδο 5	53.24	14.62	72.5

Η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια μειώνεται από 507.53 *MWh* της υφιστάμενης εγκατάστασης σε 99.06 *MWh* της πρότασης Β. Άρα η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται είναι 80.5 %.

7 Πρόταση Γ : Αξιοποίηση Χώρων Περιορισμένης Κίνησης

7.1 Εισαγωγή

Η πρόταση Γ είναι συμπληρωματική στην πρόταση Β. Αφορά εκτός από την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, που προηγήθηκε, επιπλέον μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Αυτή εξασφαλίζεται περιορίζοντας το χρονικό διάστημα λειτουργίας της εγκατάστασης τεχνητού φωτισμού της πρότασης Α με χρήση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης.

7.2 Χώροι περιορισμένης κίνησης

Στα τρία προς μελέτη επίπεδα υπάρχουν χώροι στους οποίους η χρήση τους γίνεται για περιορισμένο χρόνο κατά την διάρκεια της ημέρας. Σύμφωνα με τον Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, 2017 , αυτοί είναι οι χώροι με τις παρακάτω λειτουργίες:

- Ατομικά Γραφεία
- Μικρά Γραφεία (2-4 ατόμων)
- Διάδρομοι
- Προθάλαμοι
- Βοηθητικοί Χώροι/Αποθήκες
- W.C.

Σε χώρους κίνησης, όπως στους διαδρόμους, τα φωτιστικά θα πρέπει να διαθέτουν δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής ροής τους και ο αισθητήρας να μην απενεργοποιεί το σύστημα φωτισμού αλλά να το οδηγεί σταδιακά στην ελάχιστη δυνατή στάθμη φωτισμού. Σε αυτούς τους χώρους μπορεί να επιτευχθεί μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας με τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας και κίνησης.

7.3 Σύστημα ελέγχου παρουσίας/κίνησης

7.3.1 Αισθητήρες παρουσίας/κίνησης

Οι αισθητήρες παρουσίας έχουν την δυνατότητα να διακόπτουν αυτόματα τη λειτουργία των κυκλωμάτων φωτισμού που ελέγχουν (ή

τα οδηγούν σταδιακά στην ελάχιστη δυνατή στάθμη φωτισμού). Αυτό συμβαίνει όταν δεν ανιχνεύουν ανθρώπινη παρουσία στους χώρους στους οποίους είναι τοποθετημένοι. Ως αποτέλεσμα μειώνεται η ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου.

Συνήθως αποτελούνται από μια μονάδα ελέγχου και από έναν ανιχνευτή κίνησης. Η μονάδα ελέγχου λαμβάνει ένα σήμα από τον αισθητήρα και το χρησιμοποιεί για να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει το σύστημα φωτισμού.

Οι περισσότεροι αισθητήρες διαθέτουν χειροκίνητες και αυτόματες επιλογές. Αυτές αξιοποιούνται για τη ρύθμιση της ευαισθησίας στην ανίχνευση της κίνησης και της χρονικής καθυστέρησης για την απενεργοποίηση του συστήματος φωτισμού, από τη στιγμή που ο αισθητήρας δεν αντιλαμβάνεται παρουσία ατόμου στον χώρο που ελέγχει.

Ο ανιχνευτής κίνησης χρησιμοποιεί υπερήχους ή υπέρυθρη ακτινοβολία για να συλλέξει δεδομένα εισόδου. Χρησιμοποιώντας έναν καθιερωμένο αλγόριθμο ελέγχου, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου μετατρέπει τις πληροφορίες που λαμβάνονται από τον ανιχνευτή και διαπιστώνει την παρουσία ανθρώπου στην περιοχή.

Οι σύγχρονοι αισθητήρες είναι διπλής χρήσης καθώς χρησιμοποιούν και την τεχνολογία υπέρυθρων και υπερήχων. Σκοπός τους είναι να μειώνουν τα σφάλματα από λανθασμένη λειτουργία. Ενεργοποιούν το φωτισμό μόνο όταν και οι δυο τεχνικές ανιχνεύουν παρουσία, ενώ παραμένει ενεργός εφόσον τουλάχιστον μία από τις δυο συνεχίζει να την ανιχνεύει.

7.3.2 Επιλογή αισθητήρα κίνησης

Ο αισθητήρας Lunatone sensor DALI-2 CS, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο στην Πρόταση Β, μπορεί να αξιοποιηθεί και σε αυτή την πρόταση. Η λειτουργία 2 (Λ2) δίνει την δυνατότητα χρήσης του ως αισθητήρα κίνησης.

Επιλέγοντας αισθητήρα που μπορεί να αξιοποιηθεί και στις δυο προτάσεις (Β και Γ) επιτυγχάνεται μείωση του συνολικού πλήθους αισθητήρων που χρειάζονται για την προτεινόμενη εγκατάσταση Γ.

Προκύπτουν περιπτώσεις στις οποίες ένας χώρος, στον οποίο έχουν ήδη τοποθετηθεί αισθητήρες για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού, ανήκει στα είδη χώρων που αναφέρθηκαν στην ενότητα 7.2. Τότε δεν θα τοποθετηθούν επιπλέον αισθητήρες κίνησης αλλά θα ενεργοποιηθεί η λειτουργία 2 (Λ2) των ήδη τοποθετημένων.

7.4 Καταναλισκόμενη ενέργεια

Ο υπολογισμός της μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας της προτεινόμενης εγκατάστασης Γ ορίζεται από τον συντελεστή επίδρασης χρηστών.

7.4.1 Συντελεστής επίδρασης χρηστών

Ο συντελεστής F_O , είναι ο συντελεστής μείωσης της αρχικά υπολογιζόμενης κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό λόγω της χρήσης διατάξεων αυτοματισμών ανίχνευσης κίνησης ή παρουσίας. Οι τιμές του συντελεστή δίνονται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και φαίνονται στον πίνακα 102.

Πίνακας 102: Τυπικές τιμές του συντελεστή επίδρασης παρουσίας ή απουσίας χρηστών

Συστήματα με αισθητήρες ανίχνευσης παρουσίας ή κίνησης	F_O
Αυτόματη έναυση και σβέση	0.8
Χειροκίνητη έναυση/αυτόματη σβέση	0.75

Για να ισχύουν οι τιμές του πίνακα 102, υπάρχουν κάποιιοι περιορισμοί σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. :

1. Σε περιοχές με πολλούς χρήστες (εκτός και αν είναι σε αίθουσα συναντήσεων) ή σε μεγάλους χώρους πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον ένας αισθητήρας ανά περιοχή $30m^2$.
2. Ο φωτισμός να ελέγχεται ανά επιμέρους χώρο (αίθουσα, κ.ά.) του κτηρίου και όχι κεντρικά για όλο το κτήριο ή σε ομαδοποιημένες περιοχές (πχ όλοι οι διάδρομοι μαζί κλπ).
3. Οι τιμές του πίνακα θα χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας μόνο από τα φωτιστικά που ελέγχονται από αισθητήρα κίνησης/παρουσίας.

7.4.2 Συντελεστής επίδρασης χρηστών και αξιοποίηση φυσικού φωτισμού

Αν σε έναν χώρο τα φωτιστικά σώματα ελέγχονται ταυτόχρονα και από αισθητήρα παρουσίας-ανίχνευσης κίνησης και αισθητήρα φωτισμού τότε η εξοικονόμηση δεν υπολογίζεται αθροιστικά. Σε αυτή την περίπτωση για τον υπολογισμό της χρησιμοποιείται ο συντελεστής επίδρασης παρουσίας ή απουσίας χρηστών σε συνδυασμό με την αξιο-

ποίηση του φυσικού φωτισμού (F_{OD}). Οι τιμές του δίνονται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 103: Συντελεστής επίδρασης παρουσίας ή απουσίας χρηστών σε συνδυασμό με την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Συστήματα με ταυτόχρονη χρήση αισθητήρων ανίχνευσης παρουσίας ή κίνησης και αισθητήρων φωτισμού	F_{OD}
Συστήματα χωρίς αισθητήρες	1
Αυτόματη έναυση και σβέση και αυτόματος έλεγχος φωτισμού (με αισθητήρα φυσικού φωτισμού)	0.56
Χειροκίνητη έναυση / αυτόματη σβέση και αυτόματος έλεγχος φωτισμού (με αισθητήρα φυσικού φωτισμού)	0.525

7.4.3 Υπολογισμός καταναλισκόμενης ενέργειας

Η καταναλισκόμενη ενέργεια της πρότασης Γ κάθε χώρου προκύπτει από την συνολική ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια του χώρου, όπως υπολογίστηκε στην πρόταση Β και τον συντελεστή επίδρασης χρηστών.

Επιπλέον μειωμένη κατανάλωση υπάρχει μόνο στους χώρους που ο Lunatone sensor DALI-2 CS λειτουργεί σαν αισθητήρας παρουσίας/κίνησης ενώ στους υπόλοιπους η κατανάλωση παραμένει ίδια με αυτή που υπολογίστηκε στην πρόταση Β. Ο τύπος για τον υπολογισμό της μειωμένης κατανάλωσης προκύπτει ανάλογα με την λειτουργία του αισθητήρα.

Για τους χώρους που οι αισθητήρες έχουν την λειτουργία 2 (Λ2) ο τύπος είναι:

$$E_{Groom} = E_{Broom} * F_O + \frac{N_{sens} * P_{sens} * T_T}{1000} \quad (12)$$

Όπου :

- $E_{Groom}[kWh/έτος]$: η καταναλισκόμενη ενέργεια του χώρου της πρότασης Γ
- $E_{Broom}[kWh/έτος]$: η καταναλισκόμενη ενέργεια του χώρου της πρότασης Β
- $F_O[-]$: ο συντελεστής επίδρασης χρηστών (πίνακας 102)
- $N_{sens}[-]$: ο αριθμός των αισθητήρων σε κάθε χώρο
- $P_{sens}[W]$: η ισχύς του αισθητήρα

- $T_T[h/\acute{\epsilon}\tau\omicron\varsigma]$: οι ώρες λειτουργίας του χώρου εντός ενός έτους

Για τους χώρους που οι αισθητήρες έχουν διπλή λειτουργία 1,2 (Λ1 και Λ2) ο τύπος γίνεται:

$$E_{Groom} = E_{Aroom} * F_{OD} + \frac{N_{sens} * P_{sens} * T_T}{1000} \quad (13)$$

Όπου :

- $E_{Groom}[kWh/\acute{\epsilon}\tau\omicron\varsigma]$: η καταναλισκόμενη ενέργεια του χώρου της πρότασης Γ
- $E_{Aroom}[kWh/\acute{\epsilon}\tau\omicron\varsigma]$: η καταναλισκόμενη ενέργεια του χώρου της πρότασης Α
- $F_{OD}[-]$: Συντελεστής επίδρασης χρηστών σε συνδυασμό με την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (πίνακας 103)
- $N_{sens}[-]$: ο αριθμός των αισθητήρων σε κάθε χώρο
- $P_{sens}[W]$: η ισχύς του αισθητήρα
- $T_T[h/\acute{\epsilon}\tau\omicron\varsigma]$: οι ώρες λειτουργίας του χώρου εντός ενός έτους

Στους τύπους 12 και 13 συνυπολογίζεται και η κατανάλωση ισχύος των αισθητήρων κάθε χώρου.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες με τις καταναλώσεις κάθε χώρου των τριών επιπέδων με την χρήση των προτεινόμενων αισθητήρων.

7.4.3.1 Επίπεδο 2

Στους παρακάτω πίνακες υπολογίστηκαν οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις για όλες τις πτέρυγες του επιπέδου 2.

Πίνακας 104: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Α του επιπέδου 2

Πτέρυγα Α			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
A.201	-	-	945
A.202	-	-	945
A.203	-	-	945
A.204	-	-	945
A.205	-	-	945
A.206 Προθ	Λ1,Λ2	1	59.6
A.206α	Λ1,Λ2	1	153.1
A.206β	Λ1,Λ2	1	119
A.206γ	Λ1,Λ2	1	133.8
A.206δ	Λ1,Λ2	1	148.7
A.206ε	Λ1,Λ2	1	76.7
A.207	-	-	1512
A.208	-	-	945
A.209	-	-	1512
A.210	Λ1	4	699.7
A.211 Αμφ	-	-	2063.9
A.211 Διαδρ	Λ2	1	126.3
A.211 Αποθ	Λ1,Λ2	1	23.9
A.211 Τουαλ1	Λ2	1	58.3
A.211 Πινακ	Λ2	1	0.4
A.211 Τουαλ2	Λ2	1	58.3
A.211 Προβ	Λ2	1	0.4
A.211 Διαδρ1	Λ2	1	106.3
A.211 Διαδρ2	Λ2	1	106.3
A.211 Προθ1 Γραφ	Λ1,Λ2	1	25.7
A.211 Προθ2 Γραφ	Λ2	1	21.5
A.211 Γραφ	Λ2	1	212.3
A.211 Τουαλ Γραφ	Λ2	1	24.3
A.212 Προθ	Λ1,Λ2	1	29.9
A.212α	Λ1,Λ2	1	148.7
A.212β	Λ1,Λ2	1	397.2
A.213	Λ1,Λ2	1	311.9
A.213 Κουζ	Λ2	1	45.6
A.213 Τουαλ	Λ2	1	21.5
A.214	Λ1,Λ2	1	309
A.215	Λ1,Λ2	1	119
A.216	Λ1,Λ2	1	119
A.217	Λ1,Λ2	1	119
A.218	Λ1,Λ2	1	119
A.219	Λ1,Λ2	1	163.5
A.220	Λ1,Λ2	1	148.7
A.221	Λ1,Λ2	1	153.1
A.2 Τουαλ1	Λ2	1	18.3
A.2 Τουαλ2	Λ2	1	18.3
A.222 Προθ	Λ2	1	21.5
A.222	Λ1,Λ2	1	204.1
A.2 Διαδρ	Λ2	35	4733.8
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			20.11

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας Α είναι 20.11 *MWh*.

Πίνακας 105: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Β του επιπέδου 2

Πτέρυγα Β			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
B.201-204	Λ1	8	1664.8
B.205	Λ2	1	34.1
B.206	Λ2	1	34.1
B.207-210	Λ1	7	1224.4
B.207-210α	Λ1,Λ2	1	133.8
B.2 Διαδρ	Λ2	6	489.1
B.2 Κλιμακ	-	-	100
B.2 Τουαλ1	Λ2	1	58.3
B.2 Τουαλ2	Λ2	1	58.25
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			3.8

Πίνακας 106: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΒΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΒΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
BΘ.2 Βοηθ Χωρ	Λ1,Λ2	1	153.1
BΘ.2 Γραφ	Λ1,Λ2	1	89.3
BΘ.2 Διαδρ	Λ2	1	42.7
BΘ.2 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			385.1

Οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις των πτερύγων Β-ΒΘ είναι 4.18 *MWh*.

Πίνακας 107: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Γ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Γ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Γ.201α-γ	Λ1,Λ2	2	382.7
Γ.202α-γ	Λ1,Λ2	2	445.7
Γ.203 Προθ	Λ2	1	21.5
Γ.203α	Λ2	1	191.1
Γ.203β-γ	Λ1,Λ2	1	119
Γ.203δ	Λ1,Λ2	1	119
Γ.2 Διαδρ	Λ2	2	291.7
Γ.2 Κλιμακ	-	-	82.5
Γ.2 Τουαλ	Λ2	1	58.25
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			1.71

Πίνακας 108: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΓΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΓΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ΓΘ.2 Βοηθ Χωρ	Λ1,Λ2	1	102.2
ΓΘ.2 Διαδρ	Λ2	1	127.5
ΓΘ.2 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			329.6

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των Γ-ΓΘ σύμφωνα με τους πίνακες που προηγήθηκαν είναι 2.04 MWh.

Πίνακας 109: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Δ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Δ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Δ.201-204	Λ1	7	1027.9
Δ.201-204α	Λ1,Λ2	1	353.1
Δ.205	Λ2	1	34.1
Δ.206	Λ2	1	34.1
Δ.207-210	Λ1	7	1513.4
Δ.207-210α	Λ1,Λ2	1	255.1
Δ.2 Διαδρ	Λ2	6	489.1
Δ.2 Κλιμακ	-	-	100
Δ.2 Τουαλ1	Λ2	1	58.3
Δ.2 Τουαλ2	Λ2	1	58.25
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			3.92

Πίνακας 110: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΔΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΔΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ΔΘ.2 Βοηθ Χωρ	Λ1,Λ2	1	102.2
ΔΘ.2 Διαδρ	Λ2	1	127.5
ΔΘ.2 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			329.6

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Δ-ΔΘ είναι 4.25 MWh.

Πίνακας 111: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ε του επιπέδου 2

Πτέρυγα Ε			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Ε.201 Προθ	Λ2	1	42.7
Ε.201α	Λ1,Λ2	1	220.8
Ε.201β-γ	Λ1,Λ2	1	204.1
Ε.201δ	Λ1,Λ2	1	178.6
Ε.202 Προθ	Λ2	1	40.3
Ε.202α	Λ1,Λ2	1	153.1
Ε.202β	Λ1,Λ2	1	76.7
Ε.202γ	Λ1,Λ2	1	102.2
Ε.2 Διαδρ	Λ2	1	218.7
Ε.2 Κλιμακ	-	-	82.5
Ε.2 Τουαλ	Λ2	1	58.25
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			1.38

Πίνακας 112: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΕΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ΕΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ΕΘ.2 Βοηθ Χωρ	Λ2	1	116.7
ΕΘ.2 Διαδρ	Λ2	1	127.5
ΕΘ.2 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			344.1

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Ε-ΕΘ είναι 1.72 MWh.

Πίνακας 113: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Z του επιπέδου 2

Πτέρυγα Z			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Z.201	-	-	436.8
Z.202-203	-	-	1092
Z.204	-	-	728
Z.205	Λ2	1	34.1
Z.206	Λ2	1	34.1
Z.207	-	-	582.4
Z.208	-	-	546
Z.209	-	-	291.2
Z.210	Λ2	1	291.5
Z.211	Λ2	1	96.2
Z.212	Λ2	1	327.9
Z.2 Διαδρ	Λ2	6	489.1
Z.2 Κλιμακ	-	-	100
Z.2 Τουαλ1	Λ2	1	58.3
Z.2 Τουαλ2	Λ2	1	58.25
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			5.17

Πίνακας 114: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ZΘ του επιπέδου 2

Πτέρυγα ZΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ZΘ.2 Αποθ Χωρ1	Λ2	1	34.1
ZΘ.2 Αποθ Χωρ2	Λ2	1	34.1
ZΘ.2 Διαδρ	Λ2	1	120.3
ZΘ.2 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			288.5

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Z-ZΘ είναι 5.45 MWh.

Πίνακας 115: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Η του επιπέδου 2

Πτέρυγα Η			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Η.201	Λ1,Λ2	1	229.6
Η.203α	Λ1	1	59.7
Η.203β	Λ1,Λ2	1	153.1
Η.203γ-δ	Λ1,Λ2	1	148.7
Η.2 Διαδρ	Λ1,Λ2	2	314.7
Η.2 Κλιμακ	-	-	82.5
Η.2 Τουαλ1	Λ2	1	58.3
Η.2 Τουαλ2	Λ2	1	58.25
Η.2 Υποστ	Λ2	1	2.405
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			1.11

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας Η είναι 1.11 MWh.

Πίνακας 116: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Θ του επιπέδου 2

Πτέρυγα Θ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Θ.201	Λ1,Λ2	1	178.6
Θ.201 Τουαλ	Λ2	1	40.3
Θ.202	Λ1,Λ2	1	178.6
Θ.202 Τουαλ	Λ2	1	40.3
Θ.203	Λ1,Λ2	2	408.2
Θ.203 Αποθ	Λ2	1	12.3
Θ.204α	Λ1	2	349.8
Θ.204β	Λ1	2	349.8
Θ.205	Λ1,Λ2	1	178.6
Θ.205 Τουαλ	Λ2	1	40.3
Θ.206	Λ1,Λ2	1	178.6
Θ.206 Τουαλ	Λ2	1	40.3
Θ.209	Λ1,Λ2	1	127.7
Θ.209 Τουαλ	Λ2	1	40.3
Θ.210	Λ1,Λ2	1	89.3
Θ.211	Λ1,Λ2	1	127.7
Θ.211 Τουαλ	Λ2	1	40.3
θ.2 Διαδρ	Λ2	20	2241
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			4.66

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας Θ είναι 4.66 MWh.

Όπως προκύπτει από τους πίνακες 104-116 η συνολική ετήσια κα-

ταναλισχόμενη ενέργεια του επιπέδου 2 είναι 43.53 *MWh*.

7.4.3.2 Επίπεδο 4

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για κάθε πτέρυγα του επιπέδου 4 υπολογίστηκε και παρουσιάζεται αναλυτικά στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 117: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Δ του επιπέδου 4

Πτέρυγα Δ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Δ.401-404	Λ1	7	1400
Δ.401-404α	Λ1,Λ2	1	153.1
Δ.401-Δ404β	Λ1,Λ2	1	119
Δ.405	Λ2	1	34.1
Δ.406	Λ2	1	34.1
Δ.407-Δ410	Λ1	7	1137.1
Δ.407-Δ410α	Λ1,Λ2	1	176.7
Δ.407-Δ410β	Λ1,Λ2	1	176.7
Δ.4 Διαδρ	Λ2	6	489.1
Δ.4 Κλιμακ	-	-	100
Δ.4 Τουαλ1	Λ2	1	58.3
Δ.4 Τουαλ2	Λ2	1	58.25
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			3.94

Πίνακας 118: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΔΘ του επιπέδου 4

Πτέρυγα ΔΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ΔΘ.4 Διαδρ	Λ1,Λ2	1	74.5
ΔΘ.4 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			174.5

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Δ-ΔΘ είναι 4.11 *MWh*.

Πίνακας 119: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ε του επιπέδου 4

Πτέρυγα Ε			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
E.401	Λ1,Λ2	2	529.7
E.402 Προθ	Λ2	1	63.3
E.402α	Λ1,Λ2	1	132.6
E.402β	Λ1,Λ2	1	985.6
E403 Προθ	Λ2	1	42.7
E.403α	Λ1,Λ2	1	176.7
E.403β	Λ1,Λ2	1	132.6
E.403γ	Λ1,Λ2	1	163.5
E.4 Διαδρ	Λ2	2	291.7
E.4 Κλιμακ	-	-	82.5
E.4 Τουαλ	Λ2	1	58.25
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			2.66

Πίνακας 120: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ΕΘ του επιπέδου 4

Πτέρυγα ΕΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
EΘ.4 Διαδρ	Λ2	1	170
EΘ.4 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			270

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Ε-ΕΘ είναι 2.93 MWh.

Πίνακας 121: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Z του επιπέδου 4

Πτέρυγα Z			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Z.401-402	Λ1	3	832.2
Z.403-404	Λ1	3	832.2
Z.4 Γραφ1	Λ1,Λ2	1	264.9
Z.405	Λ2	1	34.1
Z.406	Λ2	1	34.1
Z.407-410	Λ1	8	1551.4
Z.4 Γραφ2	Λ1,Λ2	1	102.2
Z.4 Διαδρ	Λ2	6	489.1
Z.4 Κλιμακ	-	-	100
Z.4 Τουαλ1	Λ2	1	58.3
Z.4 Τουαλ2	Λ2	1	58.25
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			4.36

Πίνακας 122: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας ZΘ του επιπέδου 4

Πτέρυγα ZΘ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
ZΘ.4 Διαδρ	Λ2	1	170
ZΘ.4 Κλιμακ	-	-	100
Συνολική Κατανάλωση [kWh/έτος]			270

Η συνολική ετήσια κατανάλωση στις πτέρυγες Z-ZΘ είναι 4.63 MWh.

Πίνακας 123: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Η του επιπέδου 4

Πτέρυγα Η			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Η.401 Προθ	Λ2	1	80.3
Η.401α	Λ1,Λ2	1	264.9
Η.401β	Λ1,Λ2	1	74.5
Η.401γ	Λ1,Λ2	1	119
Η.402 Προθ	Λ2	1	80.3
Η.402α	Λ1,Λ2	1	176.7
Η.402β	Λ1,Λ2	1	132.6
Η.402γ	Λ1,Λ2	1	132.6
Η.402δ	Λ2	1	145.9
Η.403 Προθ	Λ2	1	36.7
Η.403α	Λ1,Λ2	1	119
Η.403β	Λ1,Λ2	1	102.2
Η.403γ	Λ1,Λ2	1	148.7
Η.406	Λ1,Λ2	1	178.3
Η.404 Προθ	Λ2	1	85.1
Η.404α	Λ2	1	378.3
Η.404β	Λ1,Λ2	1	153.1
Η.405 Προθ	Λ1,Λ2	1	76.7
Η.405α	Λ2	1	169.9
Η.405β	Λ1,Λ2	1	119
Η.405γ	Λ1,Λ2	1	102.2
Η.405δ	Λ1,Λ2	1	89.3
Η.405ε	Λ1,Λ2	1	178.3
Η.405ζ	Λ1,Λ2	1	89.3
Η.4 Διαδρ	Λ2	2	378.5
Η.4 Κλιμακ	-	-	100
Η.4 Τουαλ	Λ2	1	58.3
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			3.77

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας Η είναι 3.77 MWh.

Πίνακας 124: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας H1 του επιπέδου 4

Πτέρυγα H1			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
H1.401 Προθ	Λ2	1	80.3
H1.401α	Λ1	1	127.4
H1.401β	Λ1,Λ2	1	208
H1.402 Προθ	Λ2	1	63.3
H1.402α	Λ1,Λ2	1	208
H1.402β	Λ1,Λ2	1	148.7
H1.403	Λ1,Λ2	2	529.7
H1.404α	-	-	882
H1.404β	Λ2	1	145.9
H1.404γ1	Λ2	3	1134.8
H1.404γ2	Λ2	2	756.5
H1.404δ	-	-	189
H1.404ε	-	-	1017.6
H1.404ζ	-	-	5103
H1.404η	Λ2	1	445.5
H1.404θ	-	-	2016
H1.404ι	-	-	756
H1.404κ	Λ2	1	145.9
H1.405 Προθ	Λ2	1	42.7
H1.405α	Λ1,Λ2	1	76.7
H1.405β	-	-	1747.2
H1.4 Διαδρ	Λ2	5	510.9
H1.4 Κλιμακ1	-	-	100
H1.4 Κλιμακ2	-	-	100
H1.4 Τουαλ1	Λ2	1	58.3
H1.4 Τουαλ2	Λ2	1	58.25
H1.4 Σερβερ	Λ2	1	0.805
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			16.65

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας H1 είναι 16.65 MWh.

Πίνακας 125: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Θ του επιπέδου 4

Πτέρυγα Θ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Θ.401	Λ1,Λ2	1	119
Θ.401 Προθ	Λ2	1	36.7
Θ.401 Τουαλ	Λ2	1	32.2
Θ.402	Λ1,Λ2	1	220.8
Θ.402 Προθ	Λ2	1	36.7
Θ.402 Τουαλ	Λ2	1	40.3
Θ.403	Λ1,Λ2	1	119
Θ.403 Προθ	Λ2	1	36.7
Θ.403 Τουαλ	Λ2	1	40.3
Θ.404	Λ1	1	189.2
Θ.404 Προθ	Λ2	1	36.7
Θ.404 Τουαλ	Λ2	1	40.3
Θ.4 Διαδρ	Λ2	9	1482.3
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			2.43

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας Θ είναι 2.43 MWh.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση του επιπέδου 4 είναι 34.52 MWh.

7.4.3.3 Επίπεδο 5

Στο επίπεδο 5 με την χρήση των αισθητήρων , επιτεύχθηκαν οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις που υπολογίστηκαν παρακάτω.

Πίνακας 126: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας Ζ του επιπέδου 5

Πτέρυγα Ζ			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
Z.501-503	Λ1	4	765.2
Z.501-503 Γραφ1	Λ1,Λ2	1	144.7
Z.501-503 Γραφ2	Λ1,Λ2	1	178.3
Z.501-503 Βοηθ Χώρος	Λ2	1	169.8
Z.504	Λ1,Λ2	2	529.7
Z.505	Λ2	1	34.1
Z.506	Λ2	1	34.1
Z.507-510	Λ1	8	1589.2
Z.507-510 Γραφ	Λ1,Λ2	1	132.6
Z.5 Διαδρ	Λ2	6	489.1
Z.5 Κλιμακ	-	-	100
Z.5 Τουαλ1	Λ2	1	58.3
Z.5 Τουαλ2	Λ2	1	58.3
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			4.28

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας Z είναι 4.28 *MWh*.

Πίνακας 127: Ενεργειακή κατανάλωση πτέρυγας H1 του επιπέδου 5

Πτέρυγα H1			
Χώρος	Λειτουργία	Αριθμός Αισθητήρων	Κατανάλωση [kWh/έτος]
H1.501-502α	Λ1,Λ2	1	241.5
H1.501-502β	Λ1,Λ2	2	433.9
H1.501-502γ	Λ1,Λ2	1	204.9
H1.503	Λ1,Λ2	1	229.6
H1.504.α	Λ2	1	760.3
H1.504.β	Λ2	1	640.3
H1.504.γ	Λ2	1	218.7
H1.504δ	Λ2	4	1576
H1.504ε	Λ2	6	404.3
H1.504ζ	Λ2	1	212.3
H1.504η	-	-	2329.6
H1.505	Λ1	4	794.6
H1.5 Διαδρ	Λ2	5	510.9
H1.5 Κλιμακ1	-	-	100
H1.5 Κλιμακ2	-	-	100
H1.5 Τουαλ1	Λ2	1	58.3
H1.5 Τουαλ2	Λ2	1	58.3
Συνολική Κατανάλωση [MWh/έτος]			8.87

Η συνολική ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας H1 είναι 8.87 *MWh*.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση του επιπέδου 5 είναι 13.16 *MWh*.

7.4.4 Ανάλυση δεδομένων

Η αποτελεσματικότητα της πρότασης Γ στην μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας αναδεικνύεται από την σύγκριση των δεδομένων που έχουν υπολογιστεί στα κεφάλαια που προηγήθηκαν (με την βοήθεια του τύπου 9).

7.4.5 Σύγκριση πρότασης Γ με πρόταση Β

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η Πρόταση Γ αποτελεί προέκταση της Πρότασης Β. Έτσι πρέπει να υπάρξει μια σύγκριση μεταξύ τους για να γίνει εμφανής η επιπλέον μείωση ενέργειας που προσφέρει.

Η σύγκριση αυτή παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 128: Σύγκριση Πρότασης Γ με Πρόταση Β

	Πρόταση Β [MWh/έτος]	Πρόταση Γ [MWh/έτος]	Μείωση Ενέργειας [%]
Επίπεδο 2	47.25	43.53	7.9
Επίπεδο 4	37.2	34.52	7.2
Επίπεδο 5	14.62	13.16	10

Η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια μειώνεται από 99.06 *MWh* της πρότασης Β σε 91.20 *MWh* της πρότασης Γ. Οπότε η επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται είναι 7.9 %.

7.4.6 Σύγκριση πρότασης Γ με υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού

Για να υπάρχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα, υπολογίστηκε παρακάτω η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας της προτεινόμενης εγκατάστασης Γ σε σχέση με την υφιστάμενη.

Πίνακας 129: Σύγκριση Πρότασης Γ με Υφιστάμενη Εγκατάσταση

	Υφιστάμενη Εγκατάσταση [MWh/έτος]	Πρόταση Γ [MWh/έτος]	Μείωση Ενέργειας [%]
Επίπεδο 2	244.42	43.53	82.2
Επίπεδο 4	209.87	34.52	83.6
Επίπεδο 5	53.24	13.16	75.3

Η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια μειώνεται από 507.53 *MWh* της υφιστάμενης εγκατάστασης σε 91.2 *MWh* της πρότασης Γ. Οπότε η συνολική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται είναι 82%.

8 Οικονομική Αξιολόγηση

8.1 Εισαγωγή

Κατά την λήψη αποφάσεων σχετικά με την αναβάθμιση ενός συστήματος φωτισμού, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης, ιδίως εάν το τρέχον σύστημα δεν αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα λειτουργίας. Αυτό ισχύει επίσης και για την ανάλυση νέων συστημάτων φωτισμού. Για να επιλεγεί η πιο οικονομικά αποδοτική εναλλακτική λύση είναι κρίσιμο να υπολογιστούν και να συγκριθούν τα οικονομικά πλεονεκτήματα διάφορων εναλλακτικών λύσεων.

Η μελέτη πρέπει να διεξάγεται κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής της εγκατάστασης, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα έξοδα που σχετίζονται με την κατασκευή, τη συντήρηση και τη λειτουργία. Οι υπολογισμοί πρέπει επίσης να λαμβάνουν υπόψη πιθανά φορολογικά οφέλη και υποχρεώσεις.

Η απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) είναι ένας χρήσιμος δείκτης για μια προκαταρκτική αξιολόγηση της επένδυσης, ακόμα κι αν αγνοεί το κόστος του χρήματος. Ο παρακάτω τύπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της SPP:

$$SPP = \frac{\textit{investment cost}}{\textit{yearly savings}} \quad (14)$$

όπου:

8.2 Αρχικό κόστος/κόστος επένδυσης

Στο κόστος επένδυσης (investment cost) συνυπολογίζονται όλες οι δαπάνες που απαιτούνται για την αφαίρεση της υφιστάμενης εγκατάστασης και την τοποθέτηση του καινούριου προτεινόμενου εξοπλισμού. Επιπλέον πρέπει να συμπεριληφθεί και το κόστος αγοράς του εκάστοτε εξοπλισμού.

$$\textit{investment cost} = \textit{installation cost} + \textit{equipment cost} \quad (15)$$

8.2.1 Κόστος εγκατάστασης

Το κόστος εγκατάστασης (installation cost) αφορά τις εργατοώρες που θα χρειαστούν για την εγκατάσταση των καινούριων φωτιστικών

σωμάτων. Για τον υπολογισμό του, θεωρήθηκε πως ο τεχνικός με τον βοηθό του χρειάζεται απασχόληση 20 λεπτών της ώρας για την τοποθέτηση ενός φωτιστικού και 8 λεπτά για έναν αισθητήρα.

Η τιμή της εργατοώρας ανέρχεται στα 30€/ώρα για τον τεχνικό και 19.5€/ώρα για τον βοηθό του (συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ). Οπότε το κόστος της τοποθέτησης ενός φωτιστικού προκύπτει στα 16.5€/τεμάχιο ενώ για έναν αισθητήρα στα 6.6€/τεμάχιο.

Το συνολικό κόστος εγκατάστασης προκύπτει από το πλήθος των φωτιστικών και αισθητήρων και το κόστος τοποθέτησης που περιγράφηκε:

$$installation\ cost = N_{lum} * C_{inst/lum} + N_{sens} * C_{inst/sens} \quad (16)$$

όπου:

- $installation\ cost[€]$: το κόστος εγκατάστασης της εκάστοτε πρότασης
- $N_{lum}[-]$: πλήθος φωτιστικών της εκάστοτε πρότασης
- $C_{inst/lum}[€]$: το κόστος εγκατάστασης ενός φωτιστικού
- $N_{sens}[-]$: το πλήθος των αισθητήρων της εκάστοτε πρότασης
- $C_{inst/sens}[€]$: το κόστος εγκατάστασης ενός αισθητήρα

8.2.2 Κόστος εξοπλισμού

Το κόστος εξοπλισμού αφορά την αγορά του προτεινόμενου εξοπλισμού κάθε πρότασης. Οπότε υπολογίζεται από το κόστος του κάθε φωτιστικού ή αισθητήρα και το αντίστοιχο πλήθος τους.

$$equipment\ cost = N * C \quad (17)$$

όπου:

- $equipment\ cost[€]$: το κόστος εγκατάστασης της εκάστοτε πρότασης
- $N[-]$: το πλήθος ενός είδους φωτιστικών ή των αισθητήρων της εκάστοτε πρότασης
- $C[€]$: το κόστος του αντίστοιχου είδους φωτιστικών ή του αισθητήρα

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται ο τιμοκατάλογος για τον εξοπλισμό που προτάθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια.

Πίνακας 130: Τιμοκατάλογος Προτεινόμενων Φωτιστικών Σωμάτων

Φωτιστικά Σώματα	
Όνομασία	Κόστος Αγοράς Ανα Τεμάχιο (Συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ) [€]
SM530C L1130 OC 1 x LED15S/830 [Φ1]	90
RC402B POE W31L125 1 x LED36S/830 [Φ2]	135
RC400B PSU W30L120 EL3 EM 1 x LED28S/840 [Φ3]	30
SM150C L602 1 x LED24S/830 [Φ4]	120
SM530C L1130 OC 1 x LED25S/830 [Φ5]	108
SP542P PSD L1480 OC 1 x LED29S/840 [Φ6]	110

Πίνακας 131: Τιμοκατάλογος Προτεινόμενων Αισθητήρων

Αισθητήρες Φωτισμού και Παρουσίας/Κίνησης	
Όνομασία	Κόστος Αγοράς Ανα Τεμάχιο (Συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ) [€]
Lunatone sensor DALI-2 CS [Λ1][Λ2]	85

8.3 Υπολογισμός κόστους επένδυσης

Το κόστος επένδυσης υπολογίστηκε (με χρήση των τύπων 15 ,16 ,17) ξεχωριστά για κάθε πρόταση.

8.3.1 Πρόταση Α

Στους πίνακες 132, 133, 134 υπολογίστηκε το κόστος επένδυσης της Πρότασης Α για κάθε επίπεδο προς μελέτη.

Πίνακας 132: Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Α του επιπέδου 2

Επίπεδο 2				
Ονομασία	Πλήθος Φωτιστικών	Κόστος Αγοράς Εξοπλισμού [€]	Κόστος Τοποθέτησης [€]	Κόστος Επένδυσης [€]
Φ1	332	29880	8217	38097
Φ2	368	49680	9108	58788
Φ3	108	3240	2673	5913
Φ4	44	5280	1089	6369
Φ5	475	51300	11756.3	63056.3
Φ6	65	7150	1608.8	8758.8
Συνολικό Κόστος Επένδυσης Επιπέδου				180982

Πίνακας 133: Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Α του επιπέδου 4

Επίπεδο 4				
Ονομασία	Πλήθος Φωτιστικών	Κόστος Αγοράς Εξοπλισμού [€]	Κόστος Τοποθέτησης [€]	Κόστος Επένδυσης [€]
Φ1	327	29430	8093.3	37523.3
Φ2	382	51570	9454.5	61024.5
Φ3	35	1050	866.3	1916.3
Φ4	72	8640	1782	10422
Φ5	169	18252	4182.8	22434.8
Φ6	-	-	-	-
Συνολικό Κόστος Επένδυσης Επιπέδου				133320.8

Πίνακας 134: Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Α του επιπέδου 5

Επίπεδο 5				
Ονομασία	Πλήθος Φωτιστικών	Κόστος Αγοράς Εξοπλισμού [€]	Κόστος Τοποθέτησης [€]	Κόστος Επένδυσης [€]
Φ1	78	7020	1930.5	8950.5
Φ2	103	13905	2549.3	16454.3
Φ3	12	360	297	657
Φ4	45	5400	1113.8	6513.8
Φ5	136	14688	3366	18054
Φ6	34	3740	841.5	4581.5
Συνολικό Κόστος Επένδυσης Επιπέδου				55211

Όπως γίνεται αντιληπτό από τους πίνακες που προηγήθηκαν, το συνολικό κόστος επένδυσης για την αναβάθμιση της υφιστάμενης εγκατάστασης τεχνητού φωτισμού στην αντίστοιχη της πρότασης Α ανέρχεται σε 369513.8€.

8.3.2 Πρόταση Β

Η Πρόταση Β είναι συμπληρωματική της Πρότασης Α . Οπότε το κόστος επένδυσης της προκύπτει από το κόστος επένδυσης της Α συνυπολογίζοντας την αγορά και τοποθέτηση των αισθητήρων φωτισμού.

Πίνακας 135: Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Β του επιπέδου 2

Επίπεδο 2				
Ονομασία	Πλήθος Αισθητήρων	Κόστος Αγοράς Εξοπλισμού [€]	Κόστος Τοποθέτησης [€]	Κόστος Επένδυσης [€]
Λ1	92	7820	599.8	8419.8
Κόστος Επένδυσης Επιπέδου Προτ Α				180982
Συνολικό Κόστος Επένδυσης Επιπέδου				189401.8

Πίνακας 136: Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Β του επιπέδου 4

Επίπεδο 4				
Ονομασία	Πλήθος Αισθητήρων	Κόστος Αγοράς Εξοπλισμού [€]	Κόστος Τοποθέτησης [€]	Κόστος Επένδυσης [€]
Λ1	70	5950	456.4	6406.4
Κόστος Επένδυσης Επιπέδου Προτ Α				133320.8
Συνολικό Κόστος Επένδυσης Επιπέδου				139727.2

Πίνακας 137: Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Β του επιπέδου 5

Επίπεδο 5				
Ονομασία	Πλήθος Αισθητήρων	Κόστος Αγοράς Εξοπλισμού [€]	Κόστος Τοποθέτησης [€]	Κόστος Επένδυσης [€]
Λ1	26	2210	169.5	2379.5
Κόστος Επένδυσης Επιπέδου Προτ Α				55211
Συνολικό Κόστος Επένδυσης Επιπέδου				57590.5

Όπως γίνεται αντιληπτό από τους πίνακες που προηγήθηκαν, το συνολικό κόστος επένδυσης για την αναβάθμιση της υφιστάμενης εγκατάστασης τεχνητού φωτισμού και την τοποθέτηση αισθητήρων φωτός είναι 386719.5€.

8.3.3 Πρόταση Γ

Η Πρόταση Γ είναι συμπληρωματική των Προτάσεων Α και Β. Οπότε το κόστος επένδυσης της προκύπτει από το κόστος επένδυσης της Β συνυπολογίζοντας την αγορά και τοποθέτηση των αισθητήρων που θα χρησιμοποιηθούν μόνο ως αισθητήρες παρουσίας/κίνησης (Λ2).

Υπάρχει περίπτωση σε ένα χώρο να χρησιμοποιούνται αισθητήρες και για αξιοποίηση φυσικού φωτισμού και για παρουσία/κίνηση. Τότε δεν χρειάζεται η τοποθέτηση επιπλέον αισθητήρων, αλλά η ενεργοποίηση της διπλής λειτουργίας (Λ1,Λ2) των ήδη εγκατεστημένων.

Πίνακας 138: Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Γ του επιπέδου 2

Επίπεδο 2				
Ονομασία	Πλήθος Αισθητήρων	Κόστος Αγοράς Εξοπλισμού [€]	Κόστος Τοποθέτησης [€]	Κόστος Επένδυσης [€]
Λ2	130	11050	847.6	11897.6
Κόστος Επένδυσης Επιπέδου Πρωτ Β				189401.8
Συνολικό Κόστος Επένδυσης Επιπέδου				201299.4

Πίνακας 139: Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Γ του επιπέδου 4

Επίπεδο 4				
Ονομασία	Πλήθος Αισθητήρων	Κόστος Αγοράς Εξοπλισμού [€]	Κόστος Τοποθέτησης [€]	Κόστος Επένδυσης [€]
Λ2	73	6205	475.96	6681
Κόστος Επένδυσης Επιπέδου Πρωτ Β				139727.2
Συνολικό Κόστος Επένδυσης Επιπέδου				146408.1

Πίνακας 140: Υπολογισμός κόστους επένδυσης Πρότασης Γ του επιπέδου 5

Επίπεδο 5				
Ονομασία	Πλήθος Αισθητήρων	Κόστος Αγοράς Εξοπλισμού [€]	Κόστος Τοποθέτησης [€]	Κόστος Επένδυσης [€]
Λ2	32	2720	208.6	2928.6
Κόστος Επένδυσης Επιπέδου Πρωτ Β				57590.5
Συνολικό Κόστος Επένδυσης Επιπέδου				60519.2

Όπως γίνεται αντιληπτό από τους πίνακες που προηγήθηκαν, το συνολικό κόστος επένδυσης για την αναβάθμιση της υφιστάμενης εγκατάστασης τεχνητού φωτισμού και την τοποθέτηση αισθητήρων φωτός και παρουσίας/κίνησης είναι 408226.7€.

8.4 Ετήσια εξοικονόμηση

Η ετήσια μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση κάθε πρότασης οδηγεί απευθείας σε ετήσια εξοικονόμηση (yearly savings). Η δομή και η χρέωση του προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας, στον οποίο είναι συνδεδεμένη η εγκατάσταση, καθορίζουν το κόστος της ενέργειας. Ανάλογα με την ημέρα της εβδομάδας και/ή την ώρα της ημέρας (διαφο-

ρετικές ζώνες χρέωσης), οι τιμές μπορεί να αλλάζουν. Σε ορισμένες περιπτώσεις, επιπλέον ενδέχεται να υπάρχει χρέωση ισχύος.

Για την εκπόνηση της οικονομικής αξιολόγησης υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας του συστήματος φωτισμού με βάση τη δομή και τη χρέωση του προμηθευτή. Σε περίπτωση που ισχύει χρέωση ισχύος πρέπει επίσης να υπολογιστεί το συναφές κόστος.

Συνιστάται να χρησιμοποιείται το τιμολόγιο του κύριου προμηθευτή (ΔΕΗ) για την ολοκλήρωση των υπολογισμών, στην περίπτωση μιας νέας εγκατάστασης ή στη περίπτωση που η χρέωση σύνδεσης είναι ασαφής.

Ο τύπος για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης είναι:

$$\text{yearly savings} = E_{red} * C_{kWh} \quad (18)$$

όπου:

- $\text{yearly savings}[\text{€}]$: η ετήσια εξοικονόμηση της εκάστοτε πρότασης
- $E_{red}[\text{kWh}]$: η ετήσια μείωση ενέργειας της εκάστοτε πρότασης
- $C_{kWh}[\text{€/kWh}]$: η χρέωση της kWh

8.4.1 Ετήσια μείωση ενέργειας

Στα προηγούμενα κεφάλαια έγινε αναλυτικός υπολογισμός της μείωσης της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας. Στους πίνακες 66, 101, 129 υπάρχουν όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στα επόμενα βήματα.

8.4.2 Χρέωση ενέργειας

Οι τιμές της ενέργειας σημείωσαν πρωτοφανή άνοδο το 2022, ιδίως εξαιτίας της ενεργειακής κρίσης με την οποία βρίσκονται αντιμέτωπες οι χώρες της ΕΕ. Η χονδρική τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στην εσωτερική αγορά της ΕΕ συνδέεται άμεσα με την τιμή του φυσικού αερίου, το οποίο ως επί των πλείστων είναι εισαγόμενο.

Το εσχεμμένο εμπόργκο που έχει ασκήσει η ΕΕ σε χώρες εφοδιασμού με αέριο έχει άμεσο αντίκτυπο στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, οι οποίοι λειτουργούν με αέριο, ενώ συνεπάγεται και γενικότερες συνέπειες στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα οι νέοι κανονισμοί έκτακτης ανάγκης που εφαρμόστηκαν από την ΕΕ είχαν ως αποτέλεσμα

την μείωση της τιμής του ρεύματος . Ωστόσο η εξομάλυνση της δεν έχει επιτευχθεί ακόμη πλήρως το 2023.

Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω αλλά και του τρόπου διαμόρφωσης της τιμής της ενέργειας, μέσω του χρηματιστηρίου ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα η τιμή της κιλοβατώρας να διαφοροποιείται από μήνα σε μήνα.

Για τον υπολογισμό της οικονομικής αξιολόγησης θα αξιοποιηθεί ο παρακάτω τιμοκατάλογος με χρεώσεις της ΔΕΗ για τους μήνες του 2023. Αφορά κατηγορία Γ21, δηλαδή επαγγελματικό προϊόν ηλεκτρικής ενέργειας χαμηλής τάσης χωρίς χρονική δέσμευση.

Πίνακας 141: Χρέωση ενέργειας ΔΕΗ για κάθε μήνα του 2023

Μήνας	Πάγιο [€/μήνα]	Χρέωση Ενέργειας [€/kWh]	Κρατική Επιδότηση ΤΕΜ [€/kWh]	Τελική Χρέωση Ενέργειας [€/kWh]
Σεπτέμβριος	1.5	0.167	0	0.167
Αύγουστος	1.5	0.167	0	0.167
Ιούλιος	1.5	0.167	0	0.167
Ιούνιος	1.5	0.167	0	0.167
Μάιος	1.5	0.171	0	0.171
Απρίλιος	1.5	0.177	0	0.177
Μάρτιος	1.5	0.201	0	0.201
Φεβρουάριος	1.5	0.201	0.02	0.181
Ιανουάριος	1.5	0.501	0.213	0.288

Ως τιμή kWh για την διεξαγωγή της μελέτης θεωρήθηκε η μέση τιμή χρέωσης από τους μήνες του 2023 , $C_{kWh} = 0.187\text{€/kWh}$.

8.5 Υπολογισμός ετήσιας εξοικονόμησης

Η ετήσια εξοικονόμηση υπολογίστηκε με χρήση του τύπου 18, ξεχωριστά για κάθε πρόταση.

Πίνακας 142: Ετήσια εξοικονόμηση Πρότασης Α ανά επίπεδο

Πρόταση Α			
Επίπεδο	Ετήσια Μείωση Ενέργειας [MWh/έτος]	Χρέωση Ενέργειας [€/kWh]	Ετήσια Εξοικονόμηση [€/έτος]
2	186.48	0.187	34933.3
4	163.60	0.187	30648.6
5	35.04	0.187	6564

Η ετήσια συνολική εξοικονόμηση της Πρότασης Α ανέρχεται σε 72145.9 €.

Πίνακας 143: Ετήσια εξοικονόμηση Πρότασης Β ανά επίπεδο

Πρόταση Β			
Επίπεδο	Ετήσια Μείωση Ενέργειας [MWh/έτος]	Χρέωση Ενέργειας [€/kWh]	Ετήσια Εξοικονόμηση [€/έτος]
2	197.17	0.187	36935.9
4	172.68	0.187	32348
5	38.62	0.187	7235.6

Η ετήσια εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με εφαρμογή της Πρότασης Β είναι 76519.5 €.

Πίνακας 144: Ετήσια εξοικονόμηση Πρότασης Γ ανά επίπεδο

Πρόταση Γ			
Επίπεδο	Ετήσια Μείωση Ενέργειας [MWh/έτος]	Χρέωση Ενέργειας [€/kWh]	Ετήσια Εξοικονόμηση [€/έτος]
2	200.88	0.187	37632.4
4	175.35	0.187	32849.5
5	40.08	0.187	7509.2

Η Πρόταση Γ προσφέρει την μεγαλύτερη εξοικονόμηση ύψους 77991.1 € ετησίως.

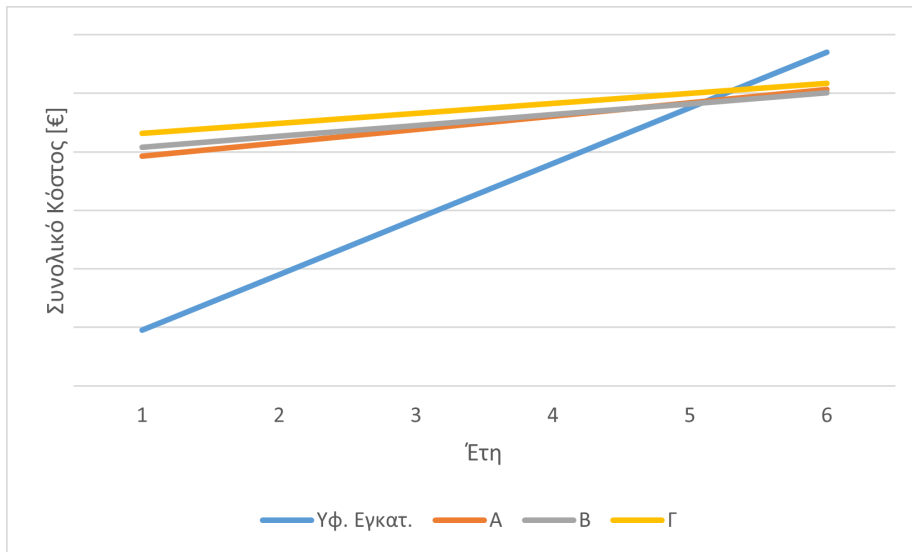
8.6 Υπολογισμός απλής περιόδου αποπληρωμής [SPP]

Τόσο τα κόστη επένδυσης όσο και οι ετήσιες εξοικονομήσεις υπολογίστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Οπότε μέσω του τύπου 14 προκύπτουν οι SPP για καθεμία από τις προτάσεις αναβάθμισης.

Πίνακας 145: Υπολογισμός SPP για τις τρεις προτάσεις αναβάθμισης

Πρόταση	Κόστος Επένδυσης [€]	Ετήσια Εξοικονόμηση [€/έτος]	SPP [έτη]
A	369513.8	72145.9	5.1
B	386719.5	76519.5	5.1
Γ	408226.7	77991.1	5.2

Εκτός από την χρήση του τύπου 14 , η αποπληρωμή είναι δυνατόν να υπολογιστεί και γραφικά. Αρχικά πρέπει να απεικονιστούν στο ίδιο διάγραμμα τα κόστη της υφιστάμενης εγκατάστασης και των τριών προτάσεων (A,B,Γ). Τα σημεία τομής των γραφικών αναπαραστάσεων της κάθε πρότασης με την υφιστάμενη δίνουν την περίοδο αποπληρωμής της καθεμιάς (σχήμα 41).



Σχήμα 41: Γραφικός υπολογισμός χρονικής απόσβεσης των τριών προτάσεων

Η απλή περίοδος αποπληρωμής και για τις τρεις προτάσεις είναι πολύ κοντά στα 5 έτη. Έτσι με οικονομικά κριτήρια και οι τρεις αξιολογούνται ως πραγματοποιήσιμες ενώ η τελική επιλογή για το ποιά θα επιλεγεί ώστε να υλοποιηθεί εξαρτάται μόνο από την διαθεσιμότητα του αρχικού κόστους επένδυσης.

9 Περιβαλλοντική Αξιολόγηση

9.1 Εισαγωγή

Στο προηγούμενο κεφάλαιο και οι τρεις προτάσεις αναβάθμισης εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν με βάση οικονομικά κριτήρια. Ωστόσο, για την διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης αξιολόγησης κάθε πρότασης, έπρεπε να υπολογιστεί και το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα.

9.2 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα

Το σύνολο των επιπτώσεων της ανθρώπινης δραστηριότητας στη Γη, το νερό και την ατμόσφαιρα αναφέρεται ως «περιβαλλοντικό αποτύπωμα». Ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος προκύπτει τόσο από τη χρήση φυσικών πόρων στην παραγωγή των αγαθών και υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται όσο και από τη διάθεση των αποβλήτων που προκύπτουν από αυτήν τη χρήση.

Στην Ελλάδα καταναλώνονται φυσικοί πόροι 2.5 φορές ταχύτερα σε σχέση με το χρόνο που χρειάζονται τα οικοσυστήματα προκειμένου να τους αναπληρώσουν. Το μεγαλύτερο βήμα που μπορεί να πραγματοποιηθεί για μια πιο φιλική προς το περιβάλλον χώρα είναι η ενεργειακή αναβάθμιση των κτηρίων. Ανάμεσα στις πολλές εργασίες που μπορούν να καταστήσουν ένα κτήριο λιγότερο ενεργοβόρο βρίσκεται και η αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού του.

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα στην περίπτωση της εγκατάστασης τεχνητού φωτισμού αφορά τους ρύπους CO_2 που δημιουργούνται από την παραγωγή της πρωτογενούς ενέργειας, η οποία αντιστοιχεί στο εκάστοτε προτεινόμενο σύστημα φωτισμού.

9.3 Πρωτογενής ενέργεια

Ως «πρωτογενής ενέργεια» ορίζεται η ενέργεια των πρώτων υλών όπως αυτές λαμβάνονται από τη φύση (π.χ. εξόρυξη λιγνίτη, άντληση αργού πετρελαίου) και μέσω των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής μετατρέπεται στην ηλεκτρική ενέργεια.

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει κάθε σύστημα ανάγεται στην πρωτογενή μέσω του συντελεστή αναγωγής (n_{hl}). Στην 20701-1/2017 δίνονται οι τιμές των συντελεστών αναγωγής ανάλογα με την πηγή ενέργειας:

Πίνακας 146: Συντελεστής αναγωγής της καταναλισκόμενης ενέργειας του συστήματος σε πρωτογενή ενέργεια

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια
Φυσικό αέριο	1.05
Πετρέλαιο θέρμανσης	1.10
Ηλεκτρική ενέργεια	2.90
Υγραέριο	10.50
Βιομάζα	1.00
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0.70
Τηλεθέρμανση από Α.Π.Ε.	0.50

Οπότε σύμφωνα με τον πίνακα 146 ο συντελεστής αναγωγής της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε πρωτογενή είναι 2.90. Άρα η πρωτογενής ενέργεια υπολογίζεται μέσω του τύπου:

$$primary\ energy = system\ energy\ consumption * n_{hl} \quad (19)$$

όπου:

- $primary\ energy[kWh]$: η πρωτογενής ενέργεια
- $system\ energy\ consumption[kWh]$: η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια του συστήματος
- $n_{hl}[-]$: ο συντελεστής αναγωγής σε πρωτογενή ενέργεια

Η ετήσια πρωτογενής ενέργεια για καθένα από τα συστήματα τεχνικού φωτισμού είναι:

Πίνακας 147: Υπολογισμός ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας συστήματος

	Ετήσια Καταναλισκόμενη Ενέργεια [MWh/έτος]	Πρωτογενής Ενέργεια [GWh/έτος]
Υφιστάμενη Εγκατάσταση	507.53	1.472
Πρόταση Α	122.41	0.355
Πρόταση Β	99.06	0.287
Πρόταση Γ	91.2	0.264

9.4 Παραγωγή ρύπων

Οι εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής δίνεται από την 20701-1/2017 και ισούται με $0.989 kg CO_2/kWh$. Οπότε ο τύπος για την εύρεση των ρύπων είναι:

$$CO_2 = primary\ energy * 0.989\ kg/kWh \quad (20)$$

όπου:

- $CO_2[kg]$: η ποσότητα των ρύπων CO_2
- $primary\ energy[kWh]$: η πρωτογενής ενέργεια

Οπότε οι ετήσιοι εκλυόμενοι ρύποι που αντιστοιχούν στην πρωτογενή ενέργεια κάθε πρότασης υπολογίστηκαν:

Πίνακας 148: Υπολογισμός ρύπων

	Πρωτογενής Ενέργεια [GWh/έτος]	Ρύποι CO_2 [tn/έτος]
Υφιστάμενη Εγκατάσταση	1.472	1455.64
Πρόταση Α	0.355	351.08
Πρόταση Β	0.287	284.12
Πρόταση Γ	0.264	261.58

9.5 Υπολογισμός περιβαλλοντικού αποτυπώματος

Όπως προαναφέρθηκε, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα αφορά την χρήση «φυσικών πόρων». Το CO_2 που υπολογίστηκε ότι προκύπτει από την παραγωγή της πρωτογενούς ενέργειας, απορροφάται από τα δέντρα. Κάθε δέντρο θεωρείται πως μπορεί να απορροφήσει $25kg CO_2$ ετησίως. Άρα ο αριθμός των δέντρων που απαιτείται για την απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα δίνεται από τον τύπο:

$$N_{tree} = \frac{CO_2}{25kg} \quad (21)$$

όπου:

- $N_{tree}[-]$: ο αριθμός των δέντρων που απαιτείται για την απορρόφηση του CO_2
- $CO_2[kg]$: η ποσότητα των ρύπων CO_2

Οπότε τα δέντρα που αντιστοιχούν στους ετήσιους ρύπους κάθε εγκατάστασης είναι:

Πίνακας 149: Αριθμός δέντρων για την απορρόφηση των ετήσιων ρύπων

	Ρύποι CO ₂ [tn]	Αριθμός Δέντρων
Υφιστάμενη Εγκατάσταση	1455.64	58226
Πρόταση Α	351.08	14043
Πρόταση Β	284.12	11365
Πρόταση Γ	261.58	10463

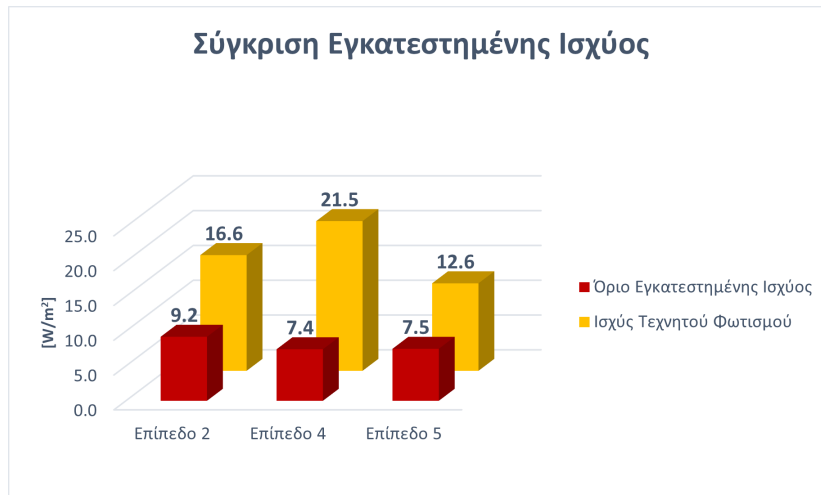
Ο αριθμός των δέντρων μειώνεται σε ετήσια βάση με πολύ μεγάλους ρυθμούς λόγω των φυσικών καταστροφών, της κλιματικής αλλαγής, είτε ακόμη λόγω της αποψίλωσης των δασών. Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό, η πρόταση που θα επιλεγεί, να περιορίζει σε μεγάλο βαθμό τον αριθμό των δέντρων που χρειάζονται για την απορρόφηση του CO₂.

Έτσι η Πρόταση Γ, έχει το μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο που αντιστοιχεί σε αριθμό 10463 δέντρων και κρίνεται η καλύτερη για υλοποίηση από περιβαλλοντικής άποψης.

10 Συμπεράσματα

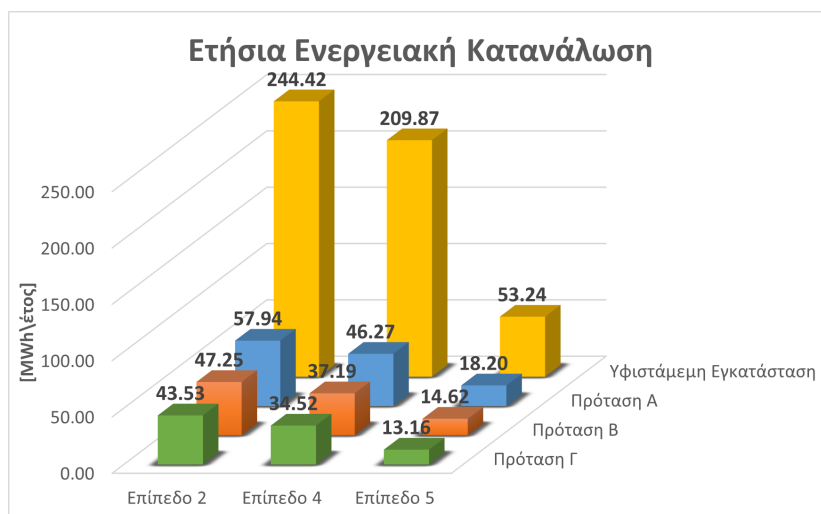
Με την ολοκλήρωση της ενεργειακής μελέτης φωτισμού στα τρία επίπεδα του κτηρίου προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Η υφιστάμενη εγκατάσταση φωτισμού, λόγω των φωτιστικών σωμάτων με λαμπτήρες παλαιάς τεχνολογίας (φθορισμού, πυρακτώσεως) αλλά και της έλλειψης συντήρησής τους, έχει ως αποτέλεσμα την υπολειτουργία πολλών χώρων των επιπέδων και την απόκλιση των τριών προς μελέτη επιπέδων από τα όρια ισχύος που θέτουν οι νέες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., προκαλώντας υψηλές ενεργειακές καταναλώσεις.



Σχήμα 42: Σύγκριση υφιστάμενης εγκατάστασης με όρια Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

2. Με κάποιες αρκετά σημαντικές αλλαγές, όπως η αναβάθμιση τεχνολογικού φωτισμού με σώματα LED (πρόταση Α), η αξιοποίηση φυσικού φωτισμού με αισθητήρες φωτός (πρόταση Β) και η αξιοποίηση χώρων περιορισμένης κίνησης με αισθητήρες παρουσίας (πρόταση Γ), επιτυγχάνεται συμμόρφωση σύμφωνα με τα όρια των Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. διασφαλίζοντας την καλή λειτουργικότητα των χώρων αλλά και πολύ σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση.



Σχήμα 43: Απεικόνιση ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης

Πίνακας 150: Συνολική ετήσια ενεργειακή εξοικονόμηση συγκριτικά με την υφιστάμενη εγκατάσταση

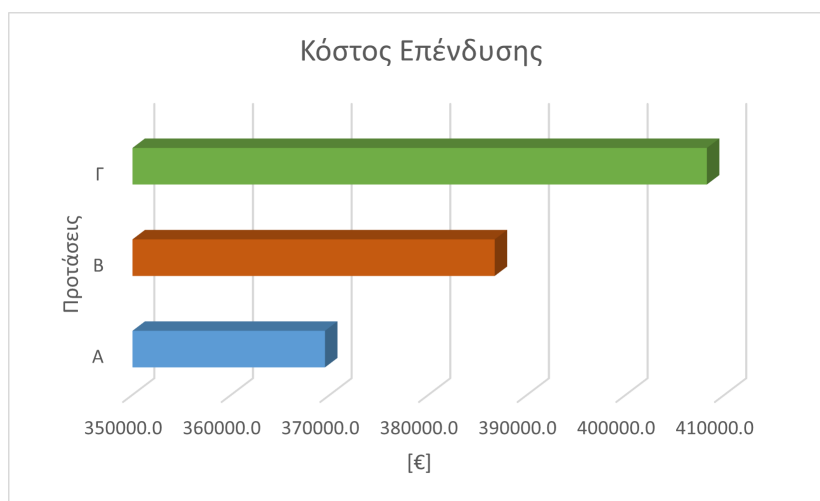
	Πρόταση Α	Πρόταση Β	Πρόταση Γ
Ετήσια Ενεργειακή Εξοικονόμηση [%]	75.9	80.5	82

3. Μετά από οικονομική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, προκύπτει πως η απλή περίοδος αποπληρωμής των τριών προτάσεων είναι πολύ κοντά στα 5 έτη.

Πίνακας 151: Απλή περίοδος αποπληρωμής των τριών προτάσεων

	Πρόταση Α	Πρόταση Β	Πρόταση Γ
SPP [έτη]	5.1	5.1	5.2

Έτσι, η επιλογή της πρότασης για υλοποίηση προτείνεται να γίνει με βάση την διαθεσιμότητα του αρχικού κόστους επένδυσης, το οποίο διαφέρει σημαντικά μεταξύ των τριών προτάσεων.

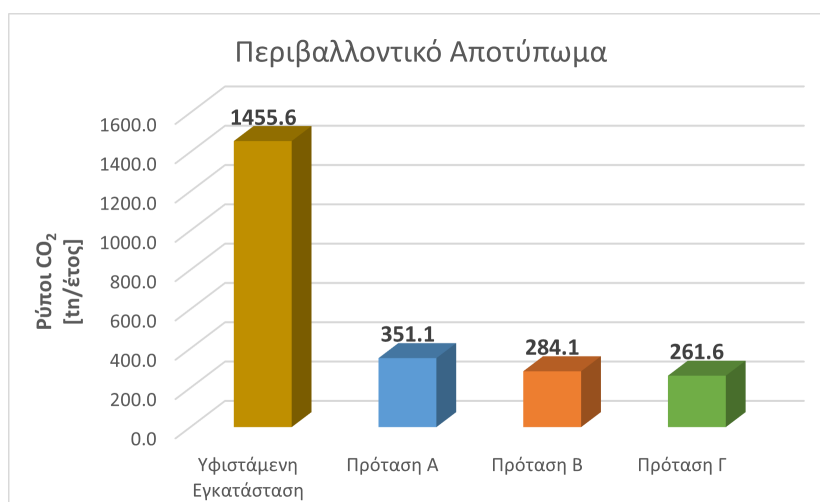


Σχήμα 44: Απεικόνιση συνολικού κόστους επένδυσης

4. Οι τρεις προτάσεις μειώνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την πρωτογενή καταναλισκόμενη ενέργεια οπότε και την αντίστοιχη εκπομπή ρύπων CO_2 σε σχέση με την υφιστάμενη εγκατάσταση. Ωστόσο, προτείνεται η υλοποίηση της πρότασης Γ διότι επιτυγχάνει το μικρότερο δυνατό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Πίνακας 152: Ετήσια μείωση πρωτογενούς ενέργειας σε σχέση με υφιστάμενη εγκατάσταση

	Πρόταση Α	Πρόταση Β	Πρόταση Γ
Μείωση Πρωτογενούς Ενέργειας [GWh/έτος]	1.117	1.185	1.207



Σχήμα 45: Απεικόνιση περιβαλλοντικού αποτυπώματος μέσω της ετήσιας εκπομπής ρύπων CO_2

5. Η πρόταση Γ προσφέρει ιδιαίτερα σημαντική ετήσια ενεργειακή εξοικονόμηση σε συνδυασμό με ένα πολύ χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Οπότε, παρά το μεγάλο κόστος υλοποίησης της, χαρακτηρίζεται ως η βέλτιστη για υλοποίηση πρόταση από το σύνολο των τριών.

Πίνακας 153: Συγκεντρωτικός πίνακας Πρότασης Γ

Πρόταση Γ				
Κατανάλωση [MWh/έτος]	Συνολικό Κόστος Επένδυσης [€]	SPP [έτη]	Ρύποι CO ₂ [tn/έτος]	Αντιστοίχιση Ρύπων Σε Δένδρα
91.2	408226.71	5.2	261.58	10463

Αναφορές

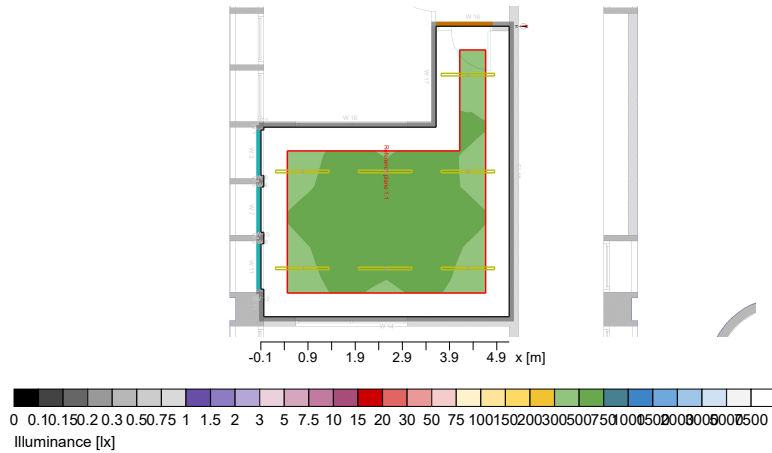
- [1] Φραγκίσκος Β Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου και Σταυρούλα Κουρτέση. ‘Φωτοτεχνία’. Στο: *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα* (2018).
- [2] NATIONAL LIGHTING PRODUCT INFORMATION PROGRAM. “Electronic Ballasts Non-dimming electronic ballasts for 4-foot and 8-foot fluorescent lamps”. In: *The objective source of lighting product information*. Vol. 8. 1. 2000.
- [3] IES Lighting Handbook. “Illuminating engineering society of North America”. In: *Lighting Measurements and Testing* (2020).
- [4] Robert Wolsey. “Lighting Answers”. In: *T8 Fluorescent Lamps* (1993).
- [5] Quanyin Tan and Jinhui Li. “A study of waste fluorescent lamp generation in mainland China”. In: *Journal of Cleaner Production* 81 (2014).
- [6] E Fred Schubert. “Light-Emitting Diodes (2018)”. In: (2018).
- [7] Yijie Wang, J. Marcos Alonso, and Xinbo Ruan. “A Review of LED Drivers and Related Technologies”. In: *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 64.7 (2017), pp. 5754–5765. DOI: 10.1109/TIE.2017.2677335.
- [8] Ignacio Castro et al. “A Review on Flicker-Free AC–DC LED Drivers for Single-Phase and Three-Phase AC Power Grids”. In: *IEEE Transactions on Power Electronics* 34.10 (2019), pp. 10035–10057. DOI: 10.1109/TPEL.2018.2890716.
- [9] F.K. Yam and Z. Hassan. “Innovative advances in LED technology”. In: *Microelectronics Journal* 36.2 (2005), pp. 129–137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mejo.2004.11.008>.
- [10] Daniel F. Espejel-Blanco et al. “Comparison of Energy Consumption of Fluorescent Vs LED Lighting System of an Academic Building”. In: *2018 IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech)*. 2018, pp. 1–6. DOI: 10.1109/SusTech.2018.8671348.
- [11] EneDir Ghisi et al. “Electricity savings due to the replacement of fluorescent lamps with LEDs in classrooms”. In: *European Journal of Sustainable Development* 8.4 (2019).
- [12] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. *Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων*. URL: <https://www.ypen.gov.gr/energeia/energeiakieξοικονομισι/κτιρια/κενακ/> (επίσκεψη 20/08/2023).
- [13] Richard Caple FSELL. “Lifetime metrics for LED luminaires”. In: *The Society of Light and Lighting Part of the Chartered Institution of Building Services Engineers*. 2022.
- [14] A.E. Emanuel and L. Peretto. “The response of fluorescent lamp with magnetic ballast to voltage distortion”. In: *IEEE Transactions on Power Delivery* 12.1 (1997), pp. 289–295. DOI: 10.1109/61.568252.

- [15] C Michael Bourget. *An introduction to light-emitting diodes*. Vol. 43. 7. American Society for Horticultural Science, 2008, pp. 1944–1946.
- [16] Yang-Sheng Lin et al. “Design and Implementation of Electronic Ballast for Fluorescent Lamps with Low Lighting Flicker”. In: *2006 CES/IEEE 5th International Power Electronics and Motion Control Conference*. Vol. 2. 2006, pp. 1–5. DOI: 10.1109/IPEMC.2006.4778176.
- [17] Arpad A Paul Jeremy Bergh and Dean. “Light-emitting diodes”. In: *Proceedings of the IEEE* 60.2 (1972), pp. 156–223.
- [18] M.S. Rea and Illuminating Engineering Society of North America. *The IESNA Lighting Handbook: Reference & Application*. IESNA LIGHTING HANDBOOK. Illuminating Engineering Society of North America, 2000.
- [19] Rensselaer Polytechnic Institute. *Lighting Research Center*. URL: <https://www.lrc.rpi.edu/index.asp> (visited on 09/15/2023).
- [20] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. *Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας*. ΓΡΑ: ηττπς : // ωεβ . τεε . γρ / δ - ε - κ - α - δ / τμιμα - επισιμονικοψ - και - αναπτξιακοψ - εργοψ / τοτεε / (επίσκεψη 20/09/2023).
- [21] Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης. *Πρότυπα - Τυποποιητικά Έγγραφα*. ΓΡΑ: ηττπς : // ελοτ . γρ / προτψπα - τψποιοιιτικα - εγγραφα (επίσκεψη 20/09/2023).
- [22] ISO. *ISO 13790:2008 Energy performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling*. URL: <https://www.iso.org/standard/41974.html> (visited on 09/20/2023).
- [23] European Union. *EUR-Lex , Access to European Union Law*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>.
- [24] Relux. *ReluxNet*. URL: <https://reluxnet.relux.com/en/>.
- [25] Philips. URL: <https://www.philips.gr/>.
- [26] Lunatone. URL: <https://www.lunatone.com/en/>.

E.2016

Summary, E.2016

Result overview, Evaluation area 1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux	17500.00 lm
Total power	127.4 W
Total power per area (24.27 m ²)	5.25 W/m ² (0.98 W/m ² /100lx)

Evaluation area 1

User profile

Reference plane 1.1

Writing, typing, reading, dataprocessing
34.2 (EN 12464-1, 11.2021) (R_{ta} >80.00)

\bar{E}_m	535 lx	(≥ 500 lx)	160 lx	(≥ 150 lx)
E_{min}	377 lx		112 lx	
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.70	(≥ 0.60)	0.70	(≥ 0.10)
$E_{min}/E_{max} (U_0)$	0.56			
E_z/E_h			0.27	
Position	0.80 m		1.20 m	
R _{UG} (3.4H 3.9H)	<=16.8	(< 19.00)		

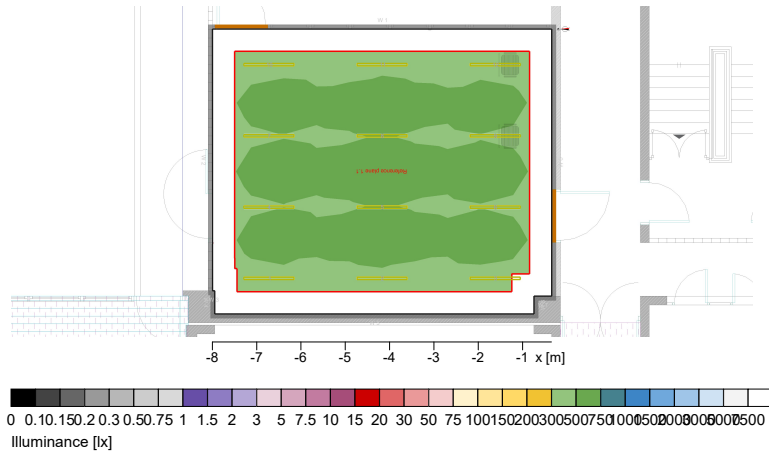
Luminaire :
(TrueLine, surface mounted, SM530C L1130_830)

Σχήμα 47: Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο E.2016

Z.201

Summary, Z.201

Result overview, Evaluation area 1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux	30000.00 lm
Total power	218.4 W
Total power per area (48.78 m ²)	4.48 W/m ² (0.87 W/m ² /100lx)

Evaluation area 1

User profile

Reference plane 1.1

Practical rooms and laboratories
44.14 (EN 12464-1, 11.2021) (R_{ra} >80.00)

\bar{E}_m	516 lx	(≥ 500 lx)	158 lx	(≥ 150 lx)
E_{min}	431 lx		119 lx	
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.83	(≥ 0.60)	0.75	(≥ 0.10)
$E_{min}/E_{max} (U_0)$	0.70			
E_z/E_h			0.29	
Position	0.80 m		1.20 m	
RUG (4.9H 4.1H)	<=16.8	(< 19.00)		

Luminaire :
(TrueLine, surface mounted, SM530C L1130_830)

Σχήμα 48: Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο Z.201

Επίπεδο 4

E.4 Διαδρ

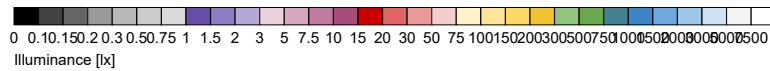
Summary, E.4 Διαδρ

Result overview, Evaluation area 1

RELUX®



-2.32 x [m]



General

Calculation algorithm used
Height of luminaire plane
Maintenance factor

Average indirect fraction
2.80 m
0.80

Total luminous flux
Total power
Total power per area (70.20 m²)

20000.00 lm
145.6 W
2.07 W/m² (1.26 W/m²/100lx)

Evaluation area 1

User profile

Reference plane 1.1

Circulation areas, corridors
44.19 (EN 12464-1, 11.2021) (R_{ta} >80.00)

	Horizontal		cylindrical	
\bar{E}_m	165 lx	(>= 100 lx)	54 lx	(>= 50 lx)
E_{min}	121 lx		41 lx	
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.73	(>= 0.40)	0.76	(>= 0.10)
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.66			
E_z/E_h			0.29	
Position	0.00 m		0.45 m	
R _{UG} (1.6H 12.0H)	<=16.8	(< 25.00)		

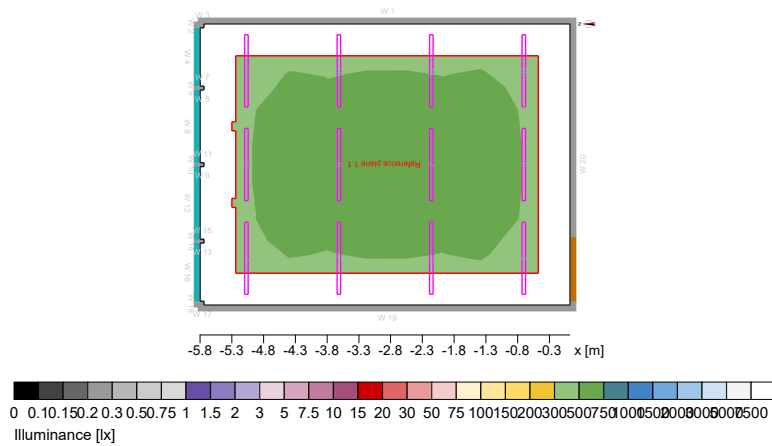
Luminaire :
(TrueLine, surface mounted, SM530C L1130_830)

Σχήμα 49: Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο E.4 Διαδρ

H.406

Summary, H.406

Result overview, Evaluation area 1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux	18000.00 lm
Total power	127.2 W
Total power per area (25.63 m ²)	4.96 W/m ² (0.91 W/m ² /100lx)

Evaluation area 1

User profile

Reference plane 1.1

Writing, typing, reading, dataprocessing
34.2 (EN 12464-1, 11.2021) (R_{ra} >80.00)

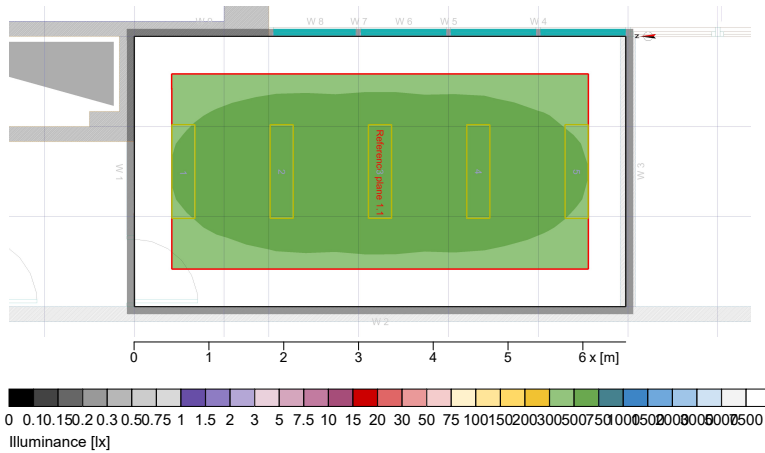
	Horizontal		cylindrical	
\bar{E}_m	543 lx	(>= 500 lx)	159 lx	(>= 150 lx)
E_{min}	421 lx		111 lx	
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.77	(>= 0.60)	0.70	(>= 0.10)
$E_{min}/E_{max} (U_0)$	0.68			
E_z/E_h			0.28	
Position	0.80 m		1.20 m	
RUG (2.8H 3.7H)	<=15.1	(< 19.00)		
Luminaire : (TrueLine, surface mounted, SM530C L1130_830)				

Σχήμα 50: Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο H.406

Θ.402

Summary, Θ.402

Result overview, Evaluation area 1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux	18000.00 lm
Total power	157.5 W
Total power per area (23.65 m ²)	6.66 W/m ² (1.20 W/m ² /100lx)

Evaluation area 1

User profile

Reference plane 1.1

Writing, typing, reading, dataprocessing
34.2 (EN 12464-1, 11.2021) (R_{ta} >80.00)

\bar{E}_m	554 lx	(≥ 500 lx)	200 lx	(≥ 150 lx)
E_{min}	388 lx		161 lx	
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.70	(≥ 0.60)	0.81	(≥ 0.10)
$E_{min}/E_{max} (U_0)$	0.58			
E_z/E_h			0.31	
Position	0.80 m		1.20 m	
RUG (2.2H 4.1H)	≤ 16.1	(< 19.00)		

Luminaire :
(SlimBlend Rectangular, recessed, RC402B POE W31L125_830)

Σχήμα 51: Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο Θ.402

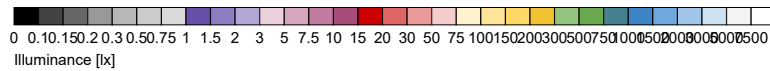
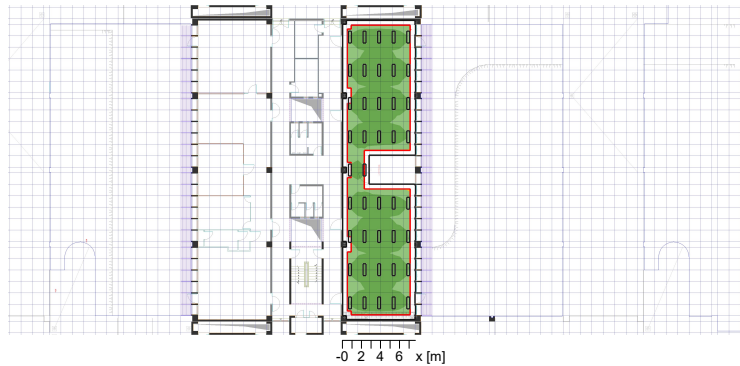
Επίπεδο 5

RELUX®

Z.507-510

Summary, Z.507-510

Result overview, Evaluation area 1



General

Calculation algorithm used
Height of luminaire plane
Maintenance factor

Average indirect fraction
2.80 m
0.80

Total luminous flux
Total power
Total power per area (224.08 m²)

151200.00 lm
1323.0 W
5.90 W/m² (1.10 W/m²/100lx)

Evaluation area 1

User profile

Reference plane 1.1

Practical rooms and laboratories
44.14 (EN 12464-1, 11.2021) (R_{ta} >80.00)

	Horizontal	cylindrical
\bar{E}_m	537 lx (>= 500 lx)	215 lx (>= 150 lx)
E_{min}	413 lx	164 lx
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.77 (>= 0.60)	0.76 (>= 0.10)
$E_{min}/E_{max} (U_d)$	0.64	

E_z/E_h

0.38

Position

0.80 m

1.20 m

R_{UG} (4.8H 12.0H)

<=18.4 (< 19.00)

Luminaire :

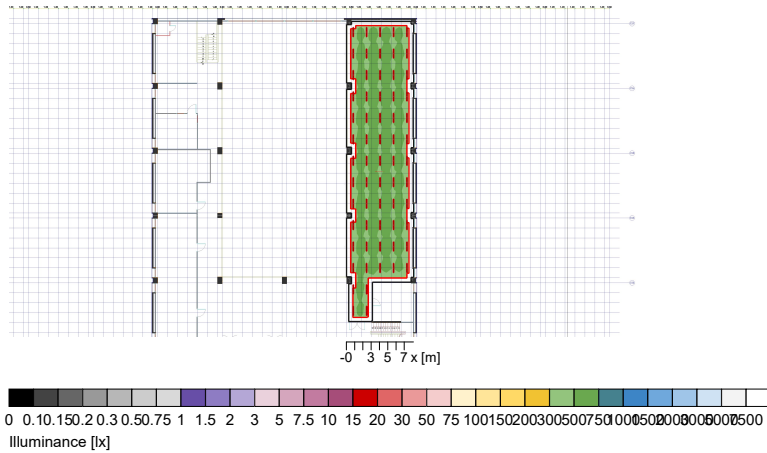
(SlimBlend Rectangular, recessed, RC402B POE W31L125_830)

Σχήμα 52: Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο Z.507-510

H1.504η

Summary, H1.504η

Result overview, Evaluation area 1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux	160000.00 lm
Total power	1164.8 W
Total power per area (263.84 m ²)	4.41 W/m ² (0.86 W/m ² /100lx)

Evaluation area 1

User profile

Reference plane 1.1

Practical rooms and laboratories
44.14 (EN 12464-1, 11.2021) (R_{ra} >80.00)

\bar{E}_m	512 lx	(≥ 500 lx)	160 lx	(≥ 150 lx)
E_{min}	335 lx		108 lx	
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.65	(≥ 0.60)	0.67	(≥ 0.10)
$E_{min}/E_{max} (U_0)$	0.54			
E_z/E_h			0.30	
Position	0.80 m		1.20 m	
R _{UG} (5.2H 12.0H)	<=16.6	(< 19.00)		

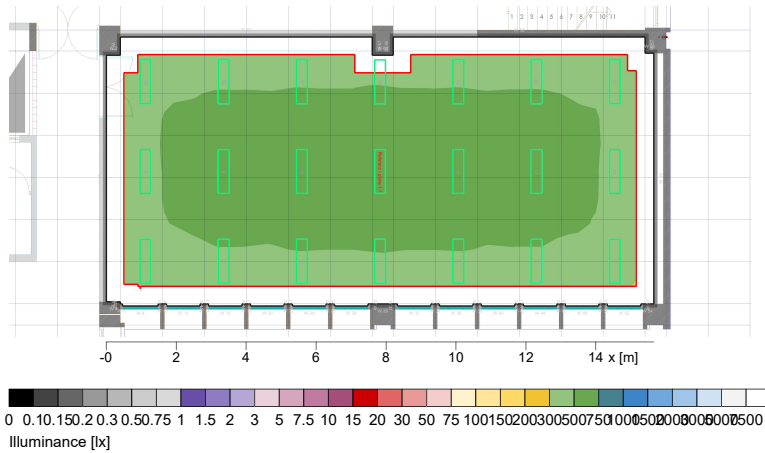
Luminaire :
(TrueLine, surface mounted, SM530C L1130_830)

Σχήμα 53: Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο H1.504η

H1.505

Summary, H1.505

Result overview, Evaluation area 1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux	75600.00 lm
Total power	661.5 W
Total power per area (118.98 m ²)	5.56 W/m ² (1.12 W/m ² /100lx)

Evaluation area 1

User profile

Reference plane 1.1

Classroom - Generalactivities

44.1 (EN 12464-1, 11.2021) (R_{ra} >80.00)

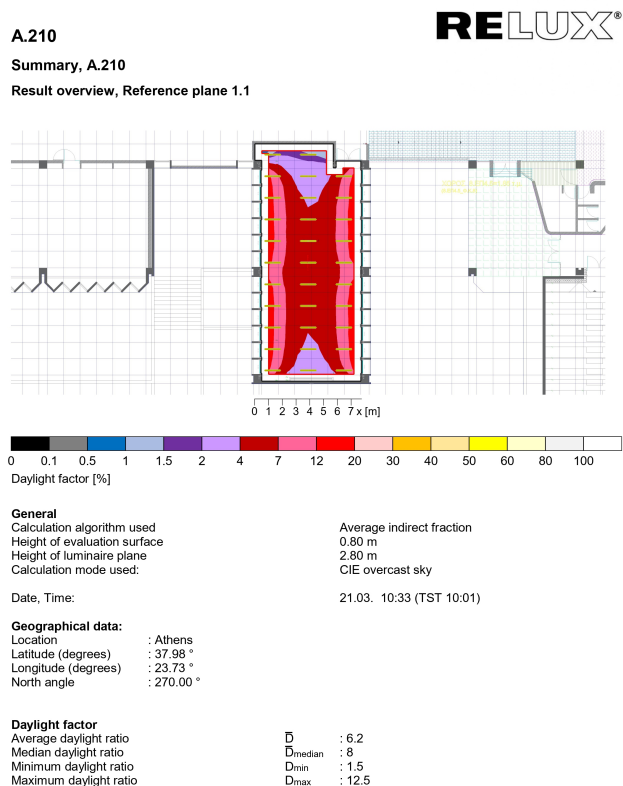
\bar{E}_m	510 lx	(>= 500 lx)	199 lx	(>= 150 lx)
E_{min}			134 lx	
$E_{min}/\bar{E}_m (U_0)$	0.74	(>= 0.60)	0.67	(>= 0.10)
$E_{min}/E_{max} (U_0)$	0.67			
E_z/E_h			0.38	
Position	0.80 m		1.20 m	
RUG (4.8H 9.8H)	<=17.8	(< 19.00)		
Luminaire :				
<small>(SlimBlend Rectangular, recessed, RC402B POE W31L125_830)</small>				

Σχήμα 54: Αποτελέσματα Πρότασης Α για τον χώρο H1.505

Παράρτημα Β

Σε αυτό το παράρτημα παρουσιάζονται μερικά αποτελέσματα από τον υπολογισμό του δείκτη DF (Πρόταση Β) μέσω του προγράμματος Relux. Ακολουθούν τα ενδεικτικά αποτελέσματα τριών χώρων από κάθε επίπεδο.

Επίπεδο 2

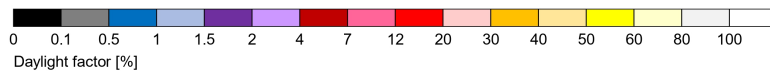
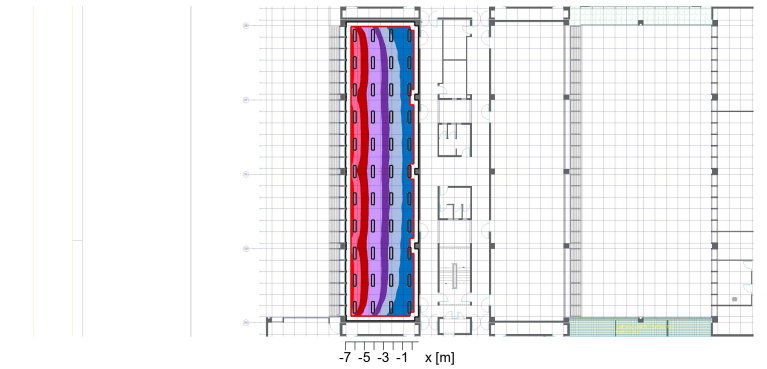


Σχήμα 55: Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο A.210

B.201-204

Summary, B.201-204

Result overview, Reference plane 1.1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.80 m
Calculation mode used:	CIE overcast sky
Date, Time:	21.03. 10:33 (TST 10:01)

Geographical data:

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.73 °
North angle	: 270.00 °

Daylight factor

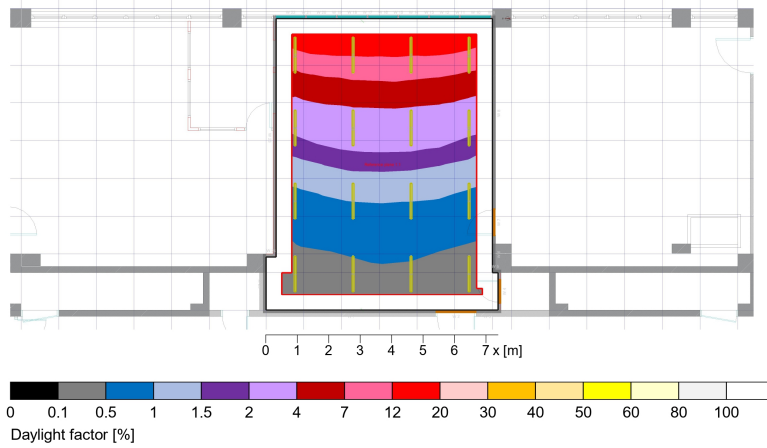
Average daylight ratio	\bar{D}	: 3.3
Median daylight ratio	D_{median}	: 3.9
Minimum daylight ratio	D_{min}	: 0.6
Maximum daylight ratio	D_{max}	: 11.7

Σχήμα 56: Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο B.201-204

Θ.204β

Summary, Θ.204β

Result overview, Reference plane 1.1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.80 m
Calculation mode used:	CIE overcast sky
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.73 °
North angle	: 270.00 °

Daylight factor

Average daylight ratio	\bar{D}	: 3.4
Median daylight ratio	D_{median}	: 4.9
Minimum daylight ratio	D_{min}	: 0.3
Maximum daylight ratio	D_{max}	: 14.4

Σχήμα 57: Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Θ.204β

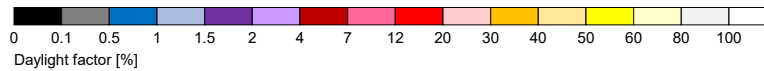
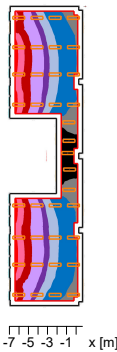
Επίπεδο 4

Δ.401-404

Summary, Δ.401-404

Result overview, Reference plane 1.1

RELUX®



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.80 m
2.80 m
CIE overcast sky

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:

Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.98 °
Longitude (degrees) : 23.73 °
North angle : 270.00 °

Daylight factor

Average daylight ratio
Median daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

D : 2.6
D_{median} : 2.2
D_{min} : 0
D_{max} : 11.8

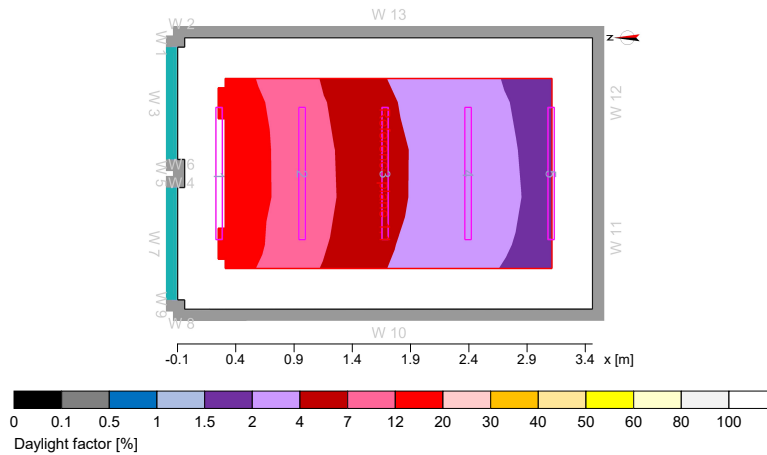
Σχήμα 58: Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Δ.401-404

H.401β

RELUX®

Summary, H.401β

Result overview, Reference plane 1.1



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.80 m
2.80 m
CIE overcast sky

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:

Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.98 °
Longitude (degrees) : 23.73 °
North angle : 270.00 °

Daylight factor

Average daylight ratio
Median daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

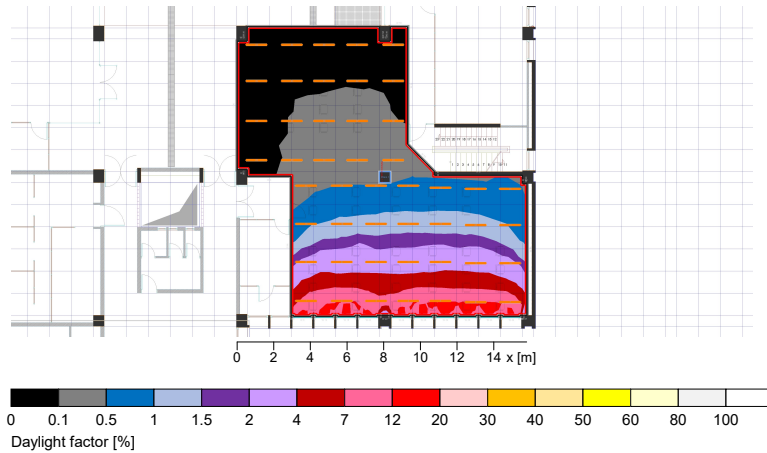
\bar{D} : 6.1
 D_{median} : 5.9
 D_{min} : 1.8
 D_{max} : 14.7

Σχήμα 59: Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο H.401β

H1.405β

Summary, H1.405β

Result overview, Reference plane 1.1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.80 m
Calculation mode used:	CIE overcast sky
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.73 °
North angle	: 270.00 °

Daylight factor

Average daylight ratio	\bar{D}	: 2.2
Median daylight ratio	D_{median}	: 5.3
Minimum daylight ratio	D_{min}	: 0
Maximum daylight ratio	D_{max}	: 12

Σχήμα 60: Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο H1.405β

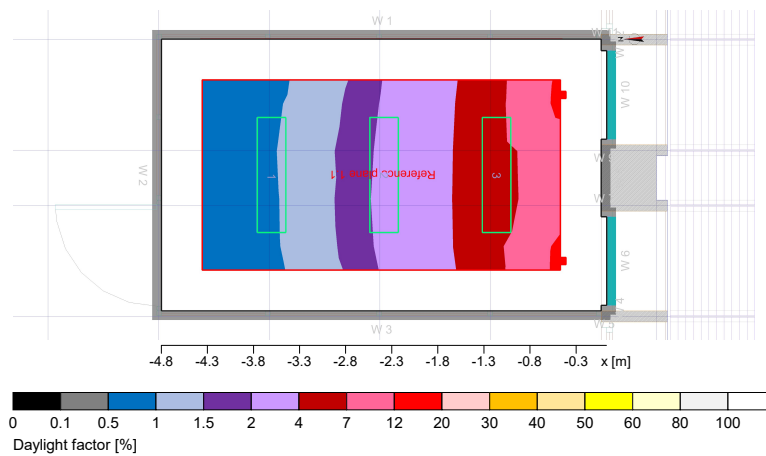
Επίπεδο 5

Z.507-510 Γραφ

RELUX®

Summary, Z.507-510 Γραφ

Result overview, Reference plane 1.1



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.80 m
2.80 m
CIE overcast sky

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:

Location : Athens
Latitude (degrees) : 37.98 °
Longitude (degrees) : 23.73 °
North angle : 270.00 °

Daylight factor

Average daylight ratio
Median daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

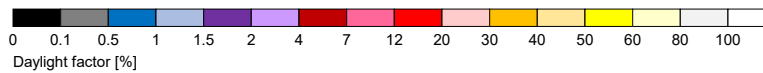
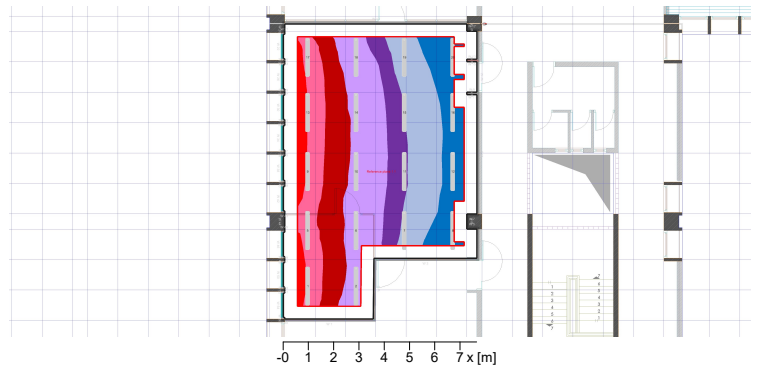
D : 3.4
D_{median} : 2.6
D_{min} : 0.7
D_{max} : 10.8

Σχήμα 61: Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Z.507-510 Γραφ

H1.501-502β

Summary, H1.501-502β

Result overview, Reference plane 1.1



General

Calculation algorithm used	High indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.30 m
Calculation mode used:	CIE overcast sky
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.73 °
North angle	: 270.00 °

Daylight factor

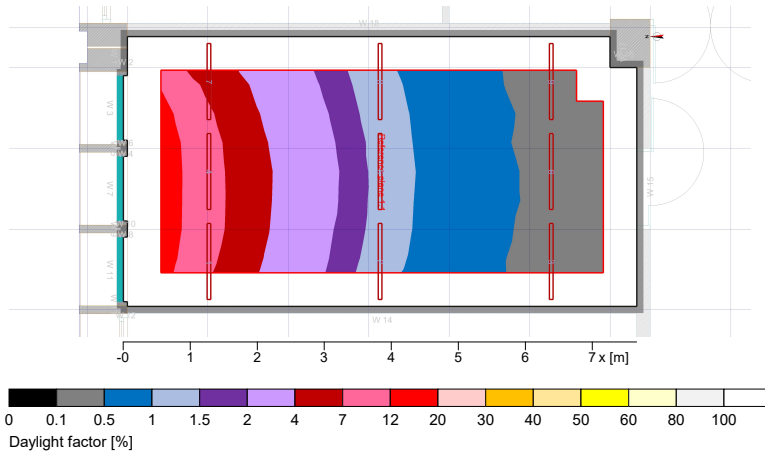
Average daylight ratio	\bar{D}	: 3.7
Median daylight ratio	D_{median}	: 4.4
Minimum daylight ratio	D_{min}	: 0.7
Maximum daylight ratio	D_{max}	: 10.7

Σχήμα 62: Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Z.501-502β

H1.503

Summary, H1.503

Result overview, Reference plane 1.1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	2.80 m
Calculation mode used:	CIE overcast sky
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:

Location	: Athens
Latitude (degrees)	: 37.98 °
Longitude (degrees)	: 23.73 °
North angle	: 270.00 °

Daylight factor

Average daylight ratio	\bar{D}	: 2.8
Median daylight ratio	D_{median}	: 1.2
Minimum daylight ratio	D_{min}	: 0.4
Maximum daylight ratio	D_{max}	: 12.9

Σχήμα 63: Αποτελέσματα Πρότασης Β για τον χώρο Z.503

Παράρτημα Γ

Σε αυτό το παράρτημα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα τεχνητά χαρακτηριστικά των φωτιστικών σωμάτων και των αισθητήρων που απαρτίζουν τις προτάσεις που παρουσιάστηκαν.

SM530C L1130 OC (Φ1)



Luminaires

Manufacturer	Philips
Article number	SM530C L1130_830
Product name	TrueLine, surface mounted
Product group	Indoor - Surface mounted
Mounting type	Surface mounted
Mounting place	Ceiling, Wall

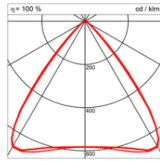
Description

True line of light – elegant, energy-efficient and compliant with office lighting norms Architects need a lighting solution that matches the interior architecture of the property they are working on. They want a light line with an elegant design and very

Model / Variant / Configuration

Number / Name	SM530C L1130 1 xLED15S/830 OC
---------------	-------------------------------

Σχήμα 64: Τεχνητά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ1 μέρος 1ο



Luminaire

Absolute Photometry	
Luminaire output	141.5 Lm/W
System Light flux	1500 Lm
LITG class	A60
CIE flux codes	88 98 100 100 100
System power	10.6 W

Dimensions

Length/Width/Height	55 mm/130 mm/88 mm
---------------------	--------------------

Light Source

Lamp type	1 x LED
ZVEI / ILCOS	LED15S/830 / LED15S/830
Light flux	1500 lm
Colour temperature	3000
Colour rendering	80

Σχήμα 65: Τεχνητά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ1 μέρος 2ο

RC402B POE W31L125 (Φ2)



Luminaire

Manufacturer	Philips
Article number	RC402B POE W31L125_830
Product name	SlimBlend Rectangular, recessed
Product group	Indoor - Recessed
Mounting type	Recessed
Mounting place	Ceiling, Wall

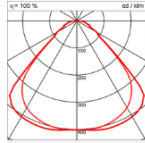
Description

SlimBlend Rectangular - High performance, advanced control Office norm-compliant lighting with good quality of light is in demand. Moreover, there is also an increasing need for comfort-enhancing effects such as diffused lighting and lighting smooth

Model / Variant / Configuration

Number / Name	RC402B POE W31L125 1 xLED835/830
---------------	----------------------------------

Σχήμα 66: Τεχνητά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ2 μέρος 1ο



Luminaires	
Absolute Photometry	
Luminaire output	114.3 Lm/W
System Light flux	3800 lm
LTG class	A50
CIE flux codes	60 88 97 100 100
System power	31.5 W

Dimensions	
Length/Width/Height	300 mm/1247 mm/50 mm

Light Source	
Lamp type	1 x LED
ZVEI / LCOS	LED38S/830 / LED38S/830
Light flux	3800 lm
Colour temperature	3000
Colour rendering	80

Σχήμα 67: Τεχνητά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ2 μέρος 2ο

RC400B PSU W30L120 EL3 EM (Φ3)

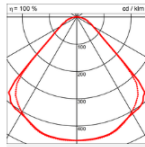


Luminaires	
Manufacturer	Philips
Article number	RC400B PSU W30L120 EL3 EM_840
Product name	SimBlend Rectangular, recessed
Product group	Indoor - Recessed
Mounting type	Recessed
Mounting place	Ceiling, Wall

Description	
SimBlend Rectangular - High performance, advanced control Office norm-compliant lighting with good quality of light	
is in demand. Moreover, there is also an increasing need	
for comfort-enhancing effects such as diffused lighting and lighting smooth	

Model / Variant / Configuration	
Number / Name	RC400B PSU W30L120 EL3 EM 1 xLED38S/840

Σχήμα 68: Τεχνητά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ3 μέρος 1ο



Luminaires	
Absolute Photometry	
Luminaire output	138.7 Lm/W
System Light flux	410 Lm
LITG class	A00
CIE flux codes	64 90 97 100 100
System power	3.0 W

Dimensions	
Length/Width/Height	207 mm/1197 mm/50 mm

Light Source	
Lamp type	1 x LED
ZVEI / LCOS	LED28S/640 / LED28S/640
Light flux	410 lm
Colour temperature	4000
Colour rendering	80

Σχήμα 69: Τεχνητά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ3 μέρος 2ο

SM150C L602 (Φ4)

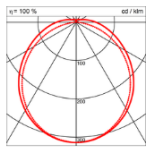


Luminaires	
Manufacturer	Philips
Article number	SM150C L602_630
Product name	FastSet, Surface Mounted
Product group	Indoor - Surface mounted
Mounting type	Surface mounted
Mounting place	Ceiling, Wall

Description
 One solution fitting different interior spaces. Upgrading to LED is a key trend in office applications. Recognizing the need for an easy to use luminaire that can work as the perfect 1:1 replacement of conventional office lighting, we developed FastSet.

Model / Variant / Configuration	
Number / Name	SM150C L602 1xLED24S/830

Σχήμα 70: Τεχνητά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ4 μέρος 1ο



Luminaires	
Absolute Photometry	
Luminaire output	120 Lm/W
System Light flux	2400 Lm
LTG class	A41
CIE flux codes	45 75 92 93 100
System power	20.0 W

Dimensions	
Length/Width/Height	150 mm/922 mm/81 mm

Light Source	
Lamp type	1 x LED
ZVEI / LCDS	LED245/830 / LED245/830
Light flux	2400 lm
Colour temperature	3000
Colour rendering	80

Σχήμα 71: Τεχνητά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ4 μέρος 2ο

SM530C L1130_830 (Φ5)

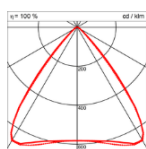


Luminaires	
Manufacturer	Philips
Article number	SM530C L1130_830
Product name	TrueLine, surface mounted
Product group	Indoor - Surface mounted
Mounting type	Surface mounted
Mounting place	Ceiling, Wall

Description	
True line of light - elegant, energy-efficient and compliant with office lighting norms. Architects need a lighting solution that matches the interior architecture of the property they are working on. They want a light line with an elegant design and very	

Model / Variant / Configuration	
Number / Name	SM530C L1130 1 xLED265/830 OC

Σχήμα 72: Τεχνητά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ5 μέρος 1ο



Luminaires	
Absolute Photometry	
Luminaire output	137.4 Lm/W
System Light flux	2000 Lm
LTC class	A80
CIE flux codes	88 88 100 100 100
System power	18.2 W

Dimensions	
Length/Width/Height	85 mm/1130 mm/88 mm

Light Source	
Lamp type	1 x LED
ZVEI / LCOS	LED25S/830 / LED25S/830
Light flux	2000 lm
Colour temperature	3000
Colour rendering	80

Σχήμα 73: Τεχνητά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ5 μέρος 2ο

SP542P PSD L1480_840 (Φ6)

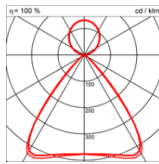


Luminaires	
Manufacturer	Philips
Article number	SP542P PSD L1480_840
Product name	TrueLevel_suspended
Product group	Indoor - Suspended
Mounting type	Pendant
Mounting place	Ceiling

Description	
Stylish, office-compliant lighting offering new possibilities. Today's lighting fixtures need to deliver more than just light. In offices the ideal fixture needs to enable savings, and is expected to be ready for future advances. It must also be ready to b	

Model / Variant / Configuration	
Number / Name	SP542P PSD L1480 1xLED25S/840 OC

Σχήμα 74: Τεχνητά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ6 μέρος 1ο



Luminaires

Absolute Photometry

Luminaire output	168.6 Lm/W
System Light flux	2900 Lm
LITG class	863
CIE flux codes	88 98 100 85 100
System power	17.2 W

Dimensions

Length/Width/Height	125 mm/1476 mm/54 mm
---------------------	----------------------

Light Source

Lamp type	1 x LED
ZVEI / ILCOS	LED29S/840 / LED29S/840
Light flux	2900 lm
Colour temperature	4000
Colour rendering	80

Σχήμα 75: Τεχνηρά χαρακτηριστικά φωτιστικού Φ6 μέρος 2ο

Lunatone DALI-2 CS



2

DALI-2 Combi Sensor - Multifunctional Sensor Module

Overview

- Sensor Module for DALI and DALI-2 lighting systems
- Movement detection (PIR) instance type 2 (62386-303) and light intensity measurement instance type 3 (62386-304)
- 4 operating modes:
 - Movement triggered
 - Movement triggered with constant light control
 - Constant light control
 - Light control (4 thresholds)
- Operating modes can be changed via scenes and external DALI commands
- Corridor function – second light level before off in case of absence
- Light threshold-controlled regulation for the control of blinds or roller blinds
- The module can be used as a DALI light controller or just as sensor unit for integration in building management systems
- Easy configuration via DALI-Cockpit Software Tool and Lunatone DALI USB interface.
- Multiple sensor modules can be installed within a DALI system.
- Automatic synchronisation of multiple DALI-2 CS modules with the same effective range
 - Supply via the DALI bus, no additional power supply needed
 - Double terminals for easy installation
 - Optimized types for different applications and detection areas (hall, office) available
 - Different colour variants: pure white (RAL9010), traffic white (RAL9016), and black.



Specification, Characteristics

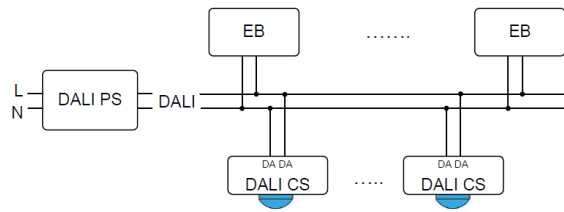
type	DALI-2 CS		
article number	86458670	86458670-15	86458670-O
application	standard	hall	office
electrical data			
supply	via DALI signal line (DALI-voltage according IEC62386)		
marking terminals	DA, DA		
typical current consumption DALI	3.5 mA		
power consumption	<100mW		
control	DALI		

Σχήμα 76: Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα DALI-2 CS μέρος 1ο

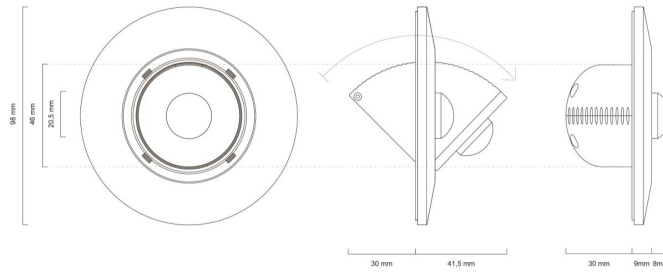
article number	86458670	86458670-15	86458670-O
insulation data			
impulse voltage category	II		
pollution degree	2		
rated insulation voltage	250V		
rated impulse withstanding voltage	4kV		
insulation DALI/housing	reinforced isolation		
insulation test voltage	3000Vac		
environmental conditions			
storing and transportation temperature	-20°C ... +70°C		
operational ambient temperature	-20°C ... +60°C	-20°C ... +55°C	-20°C ... +60°C
rel. humidity, none condensing	15% ... 90%		
technical data			
Motion Detection (62386 -303)			
principle	PIR	PIR	PIR
detection range (at >8°C temperature difference)	12m	15m	2.3m / 3m
typical mounting height	8m	12m	3m
zones	92	128	36 / 48
horizontal	±51°	±34,5°	±44°/±90°
vertical	±46°	±34,5°	±44°/±90°
min. temperature difference	>4°C	>4°C	>4°C
details	Figure 1, page 5	Figure 2, page 6	Figure 3, page 6
light sensor (62386-304)	range: 0-2047lux (11bit), resolution: 1lux event: 0-2047lux(10bit), resolution: 2lux		
function	configurable		
general data			
protection class	II in intended use		
protection degree	IP20		
mounting	back box – dimensions see page 4 surface mounted (article number extension „-AP“) – dimensions page 5 suspended ceiling (article number extension „-ZD“) – dimensions page 5		
available colours	RAL9010 RAL9016 (article number extension “-W16”) Black (article number extension “-B”)		
functional versions	Standard: application controller and instances Version: Integration – only Instances (article number extension “-INT”)		
terminals			
connection type	spring terminal connector		
wire size solid core	0,5 ... 1,5 mm ² (AWG20 ... AWG16)		
wire size fine wired	0,5 ... 1,5 mm ² (AWG20 ... AWG16)		
wire size using wire end ferrule	0,25 ... 1,5 mm ²		
stripping length	8,5 ... 9,5 mm / 0,33 ... 0,37 inch		

Σχήμα 77: Τεχνητά χαρακτηριστικά αισθητήρα DALI-2 CS μέρος 2ο

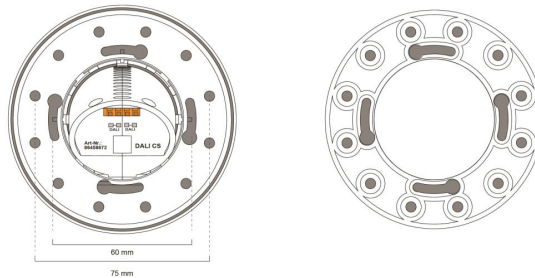
standards	
EMC	EN 61547 EN 55015
safety	EN 61347-2-11 EN 61347-1
markings	ENEC-11, CE



typical application: several sensors on one DALI-line

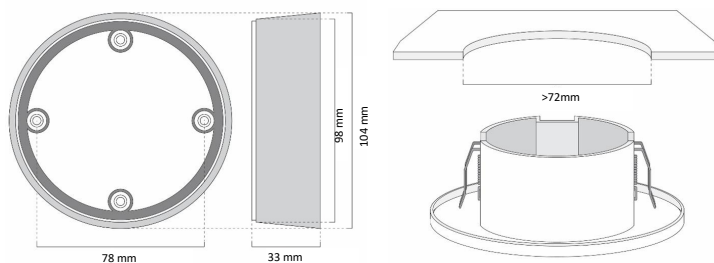


dimensions and space requirements



dimensions mounting ring

Σχήμα 78: Τεχνητά χαρακτηριστικά αισθητήρα DALI-2 CS μέρος 3ο



surface mounting
dimensions accessory
article number addition „-AP“

suspended ceiling
dimensions mounting hole diameter
article number addition „-ZD“

Sensor types

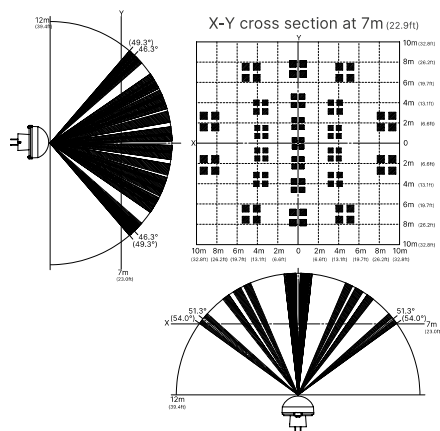


Figure 1 CS standard motion detection (Art. Nr.: 86458670)
Detection area: X-Y cross section at 7m

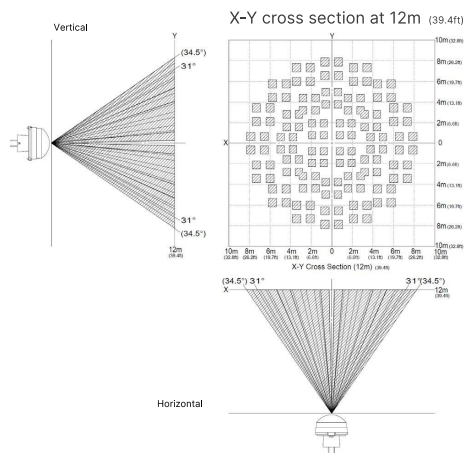


Figure 2 CS-15 hall motion detection (article number addition: 86458670-15)
High density long distance detection type

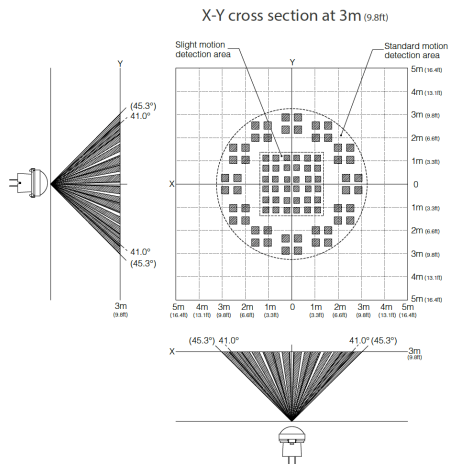


Figure 3 CS-O Office motion detection (article number addition: 86458670-0)
Detection area: X-Y cross section at 3m - The rectangular centre zone is optimized for detecting smallest movements.