



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

**Ενεργειακή μελέτη και πρόταση εξοικονόμησης
ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου
Λαμπαδαρίου του Ε.Μ.Π.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Ε. Βάσσος

Ευάγγελος Κ. Μαυρομμάτης

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

Επιβλέπων: Λάμπρος Θ. Δούλος
Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιανουάριος 2011



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

**Ενεργειακή μελέτη και πρόταση εξοικονόμησης
ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου
Λαμπαδαρίου του Ε.Μ.Π.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Ε. Βάσσος

Ευάγγελος Κ. Μαυρομμάτης

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

Επιβλέπων: Λάμπρος Θ. Δούλος
Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

.....
Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Σταύρος Αθ. Παπαθανασίου
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Σταυρούλα Καβατζά
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιανουάριος 2011

.....
Κωνσταντίνος Ε. Βάσσος

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

.....
Ευάγγελος Κ. Μαυρομμάτης

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

Copyright © Κωνσταντίνος Ε. Βάσσος, 2011.
Copyright © Ευάγγελος Κ. Μαυρομμάτης, 2011.

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

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διατύπωση μιας σειράς προτάσεων για ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτιρίου Λαμπαδαρίου και ο υπολογισμός του αντίστοιχου οφέλους από την εφαρμογή αυτών. Το Λαμπαδάριο αποτελεί κτίριο της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών που βρίσκεται στο συγκρότημα Ζωγράφου του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Αρχικά, αναφέρονται γενικές δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης και εξοικονόμησης ενέργειας για τον κτιριακό τομέα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα φωτισμού, καθώς και οι τεχνολογίες για την επίτευξή τους. Με βάση αυτά και ύστερα από λεπτομερή καταγραφή του υπάρχοντος συστήματος φωτισμού του κτιρίου Λαμπαδαρίου και των προβλημάτων του, παρουσιάζονται και τεκμηριώνονται δύο προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης του συστήματος φωτισμού του κτιρίου. Η πρώτη πρόταση αφορά στη γενική αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτιρίου, ενώ με τη δεύτερη υπολογίζεται και η συνεισφορά του φυσικού φωτισμού. Το RELUX χρησιμοποιήθηκε ως το κατάλληλο πρόγραμμα υπολογισμού και προσομοίωσης του φωτισμού. Και για τις δύο προτάσεις παρουσιάζονται τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν καθώς και τα κόστη και οι χρόνοι απόσβεσης των απαιτούμενων επενδύσεων.

Λέξεις κλειδιά

Φωτισμός κτιρίων γραφείου, τεχνητός φωτισμός, αξιοποίηση φυσικού φωτισμού, ενεργειακή αναβάθμιση, εξοικονόμηση ενέργειας, τεχνοοικονομική μελέτη φωτισμού.

Abstract

Aims of this diploma thesis were the proposal of an energy upgrade for the lighting system of Labadario building and the calculations of the corresponding benefits. Labadario is one of the buildings of the School of Rural and Surveying Engineering which is located in the Zografou campus of National Technical University of Athens. First of all, the general rules for an energy upgrade of a building and actions for energy savings are introduced. Furthermore, the most significant actions for energy saving in lighting systems, as well as the technologies for this attainment are presented. After a detailed recording of the existing lighting system and its problems in Labadario building and according the above rules and actions, two sustained proposals for energy upgrade of the lighting system of the building are presented. The first proposal is about the general upgrade of the artificial lighting system of the building, while the second one takes account also the daylight harvesting. RELUX has been used as the proper computational and light simulation software. For both proposals the energy and environmental profits, as well as the costs and the payback period of the investment are presented.

Key words

Office lighting, artificial lighting, daylight harvesting, energy saving, energy upgrade of buildings, lighting techno-economic study.

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε, κατ' αρχάς, να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας Φραγκίσκο Β. Τοπαλή, Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την εμπιστοσύνη του και την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε. Υπήρξε για μας καθηγητής, που με το διδακτικό του έργο μας έδωσε το έναυσμα να ασχοληθούμε με την παρούσα διπλωματική εργασία.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα θέλαμε να εκφράσουμε στο Λάμπρο Θ. Δούλο, Φυσικό και Διδάκτορα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, ο οποίος καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας ήταν πάντα πρόθυμος να προσφέρει τις γνώσεις και τη βοήθειά του. Η συμβολή του στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν ουσιαστική και πολύτιμη.

Περιεχόμενα

Περίληψη		5
Abstract		6
Ευχαριστίες		7
Εισαγωγή		13
Κεφάλαιο 1^ο	Δράσεις για εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια	15
1.1	Κατανάλωση ενέργειας και κτίρια	15
1.2	Ενεργειακή διαχείριση και δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα	17
1.2.1	Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους σε υφιστάμενα κτίρια	18
1.2.2	Ενεργειακή αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων	29
1.2.3	Αναβάθμιση του συστήματος φυσικού και τεχνητού φωτισμού	32
1.2.4	Εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (BEMS)	34
1.2.5	Ενεργειακή παρακολούθηση – αποτίμηση	35
1.2.6	Εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	36
Κεφάλαιο 2^ο	Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και βελτιστοποίησης του φωτισμού	41
2.1	Χρησιμοποίηση φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων υψηλής απόδοσης	41
2.1.1	Χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης (ballast) αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών	42
2.1.2	Χρησιμοποίηση κατάλληλων λαμπτήρων T5	45
2.1.3	Χρησιμοποίηση κατάλληλων φωτιστικών	45
2.1.4	Χρησιμοποίηση λαμπτήρων με τον κατάλληλο συνδυασμό χρωματικής και φωτεινής απόδοσης	46
2.2	Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού	47
2.2.1	Ζώνες ελέγχου φωτισμού	48
2.2.2	Εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού	49
2.2.3	Χρησιμοποίηση αρχιτεκτονικών λύσεων για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	50
2.3	Διαχείριση συστήματος φωτισμού για εξοικονόμηση ενέργειας	54
2.3.1	Προβλεπόμενος προγραμματισμός	54
2.3.2	Μη προβλεπόμενος προγραμματισμός	54
2.3.3	Διατήρηση των επιπέδων φωτισμού	56
2.3.4	Ρύθμιση των επιπέδων φωτισμού ανά περιοχή εκτέλεσης εργασιών	57
2.3.5	Εξισορρόπηση λαμπρότητας	57
2.3.6	Χειροκίνητος έλεγχος	57

2.3.7	Εξομάλυνση φορτίου και μείωση της ζήτησης ισχύος	58
2.3.8	Διόρθωση του συντελεστή ισχύος είτε τοπικά στο φωτιστικό είτε κεντρικά στον πίνακα διανομής	58
2.3.9	Συστήματα κεντρικής διαχείρισης	59
2.3.10	Εφαρμογή προγράμματος συντήρησης της εγκατάστασης φωτισμού	59
2.4	Στρατηγικές ελέγχου φωτισμού για αισθητικούς λόγους	61
Κεφάλαιο 3°	Εξοπλισμός για έλεγχο φωτισμού	63
3.1	Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων	63
3.2	Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού	63
3.3	Αισθητήρες φωτισμού	66
3.4	Χρονοδιακόπτες	66
3.5	Αισθητήρες παρουσίας/κίνησης	67
3.6	Τοπικοί διακόπτες έναυσης	68
Κεφάλαιο 4°	Γενική περιγραφή του κτιρίου Λαμπαδαρίου και των προβλημάτων του	71
4.1	Περιγραφή κτιρίου	71
4.1.1	Υπόγειο	73
4.1.2	Ισόγειο	76
4.1.3	1 ^{ος} Όροφος	79
4.1.4	2 ^{ος} Όροφος και Δώμα	80
4.2	Περιγραφή των κύριων προβλημάτων του κτιρίου	82
Κεφάλαιο 5°	Καταγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού	85
5.1	Υπόγειο	86
5.1.1	Υπόγειο, Τμήμα 1	86
5.1.2	Υπόγειο, Τμήμα 2	86
5.1.3	Υπόγειο, Τμήμα 3	87
5.1.4	Υπόγειο, Τμήμα 4	87
5.2	Ισόγειο	88
5.2.1	Ισόγειο, Τμήμα 1	88
5.2.2	Ισόγειο, Τμήμα 2	88
5.2.3	Ισόγειο, Τμήμα 3	89
5.2.4	Ισόγειο, Τμήμα 4	89
5.2.5	Ισόγειο, Τμήματα 6 και 7	89
5.2.6	Ισόγειο, Εξωτερικός χώρος	90
5.3	1 ^{ος} Όροφος	90
5.3.1	1 ^{ος} Όροφος, Τμήμα 1	90
5.3.2	1 ^{ος} Όροφος, Τμήμα 2	91
5.4	2 ^{ος} Όροφος	92
5.4.1	2 ^{ος} Όροφος, Τμήμα 1	92
5.4.2	2 ^{ος} Όροφος, Τμήμα 2 και Δώμα	93
5.5	Συνολική ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού στο κτίριο	94

Κεφάλαιο 6°	Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα	95
6.1	Υπόγειο	97
6.1.1	Υπόγειο, Τμήμα 1	97
6.1.2	Υπόγειο, Τμήμα 2	97
6.1.3	Υπόγειο, Τμήμα 3	98
6.1.4	Υπόγειο, Τμήμα 4	98
6.2	Ισόγειο	99
6.2.1	Ισόγειο, Τμήμα 1	99
6.2.2	Ισόγειο, Τμήμα 2	99
6.2.3	Ισόγειο, Τμήμα 3	100
6.2.4	Ισόγειο, Τμήμα 4	100
6.2.5	Ισόγειο, Τμήματα 6 και 7	101
6.2.6	Ισόγειο, Εξωτερικός χώρος	101
6.3	1 ^{ος} Όροφος	102
6.3.1	1 ^{ος} Όροφος, Τμήμα 1	102
6.3.2	1 ^{ος} Όροφος, Τμήμα 2	102
6.4	2 ^{ος} Όροφος	103
6.4.1	2 ^{ος} Όροφος, Τμήμα 1	103
6.4.2	2 ^{ος} Όροφος, Τμήμα 2 και Δώμα	104
6.5	Συνολική ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού στο κτίριο	105
Κεφάλαιο 7°	Αναβάθμιση συστήματος φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	107
7.1	Υπόγειο	109
7.2	Ισόγειο	109
7.3	1 ^{ος} Όροφος	113
7.4	2 ^{ος} Όροφος	114
7.5	Σύνολο Κτιρίου	115
Κεφάλαιο 8°	Μελέτη και αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού στο αμφιθέατρο πολλαπλής χρήσης του κτιρίου Λαμπαδαρίου (χώρος I.6.1)	117
Κεφάλαιο 9°	Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενης εγκατάστασης	125
9.1	Υπόγειο	128
9.1.1	Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού για το υπόγειο	128
9.1.2	Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού για το υπόγειο	129
9.2	Ισόγειο	131
9.2.1	Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού για το ισόγειο	131
9.2.2	Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού με δυνατότητα ρύθμισης φωτισμού για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού για το ισόγειο	133
9.3	1 ^{ος} Όροφος	134
9.3.1	Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού για τον 1 ^ο Όροφο	134

9.3.2	Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού για τον 1 ^ο Όροφο	136
9.4	2 ^{ος} Όροφος	137
9.4.1	Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού για τον 2 ^ο Όροφο	137
9.4.2	Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού για τον 2 ^ο Όροφο	138
9.5	Σύνολο Κτιρίου	139
9.5.1	Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού για το σύνολο του κτιρίου	139
9.5.2	Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού για το σύνολο του κτιρίου	141
Κεφάλαιο 10^ο	Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα	145
Βιβλιογραφία		149
Παραρτήματα		153
Παράρτημα Α	Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό	155
Παράρτημα Β	Αποτελέσματα RELUX για φυσικό φωτισμό	167
Παράρτημα Γ	Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού	177

Εισαγωγή

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί πλέον σημαντικό στόχο όχι μόνο σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο αλλά και σε εθνικό. Η παραγωγή και η ορθολογική κατανομή ενέργειας εξακολουθούν βέβαια να αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα θέματα που καλείται κάθε χώρα να αντιμετωπίζει καθημερινά όσον αφορά στην οικονομική της ανάπτυξη και στη βελτίωση του επιπέδου ζωής των κατοίκων της. Ειδικότερα η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί τη βάση της οικονομίας και της σύγχρονης διαβίωσης. Σε αυτήν στηρίζονται η βιομηχανία, η επιστημονική έρευνα, οι τηλεπικοινωνίες, ο τομέας των υπηρεσιών, η θέρμανση και ο κλιματισμός των κατοικιών και άλλων χώρων. Ο φωτισμός αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες σπατάλης ηλεκτρικής ενέργειας. Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι η παγκόσμια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή φωτισμού αγγίζει συνολικά σήμερα το 19%.

Στα κτίρια ειδικότερα, ο φωτισμός απαιτεί το 25% έως 35% της συνολικής κατανάλωσής τους σε ενέργεια. Για το λόγο αυτό η ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού των κτιρίων και ιδιαίτερα των παλαιότερων κρίνεται επιβεβλημένη. Το κτίριου Λαμπαδαρίου, που είναι το κτίριο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, χτίστηκε το 1968 και εξακολουθεί να έχει ένα απαρχαιωμένο και ενεργοβόρο σύστημα φωτισμού. Η ενεργειακή του αναβάθμιση αναμένεται να οδηγήσει τόσο σε ορθολογική χρήση του φωτισμού ανάλογα με τις σύγχρονες ανάγκες του κάθε χώρου, όσο και σε σημαντική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Το γεγονός αυτό και σε συνδυασμό με το ότι είναι δημόσιο κτίριο, η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και κατ' επέκταση πρωτογενούς ενέργειας μεταφράζεται άμεσα σε εξοικονόμηση πρώτων υλών. Συνοπτικά στα κεφάλαια της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται τα ακόλουθα:

Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται η σημερινή ενεργειακή κατάσταση του κτιριακού τομέα και οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα αυτό. Εθελοντικά προγράμματα, όπως το Greenbuilding και το «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ» στοχεύουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια. Επίσης παρουσιάζονται συνοπτικά τρόποι για εξοικονόμηση ενέργειας τόσο σε υφιστάμενα, όσο και σε νέα κτίρια μέσω ενεργειακών δράσεων και μέσω βιοκλιματικού σχεδιασμού με εκτίμηση του αναμενόμενου οφέλους αυτών των δράσεων. Τέλος περιγράφονται τρόποι τοπικής παραγωγής ενέργειας, μέσω ανανεώσιμων πηγών, για την περαιτέρω ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι πιο διαδεδομένες τεχνικές λύσεις για να εξοικονομηθεί ηλεκτρική ενέργεια σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά και ο τρόπος που λειτουργούν οι σημαντικότερες συσκευές που χρησιμοποιούνται για τις δράσεις εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας στα συστήματα φωτισμού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται το υπό μελέτη κτίριο. Παρατίθενται οι αναλυτικές κατόψεις από κάθε όροφο και κάθε τμήμα του και παρουσιάζονται τα κύρια προβλήματα που παρατηρήθηκαν.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η αναλυτική καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού για κάθε τμήμα του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Επίσης παρουσιάζεται η καταγραφή

όλων των φωτιστικών σωμάτων του κάθε χώρου, καθώς και του τύπου και της ισχύος των λαμπτήρων του κάθε φωτιστικού.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού για κάθε χώρο του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Επίσης περιγράφεται συνοπτικά η υπολογιστική διαδικασία που οδήγησε στη συγκεκριμένη προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε σύγκριση της προτεινόμενης κατάστασης σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και έγινε περιγραφή των πλεονεκτημάτων της προτεινόμενης δράσης.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζεται η περαιτέρω αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και τα ενεργειακά οφέλη που προκύπτουν από την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Στο σύνολο των χώρων του κτιρίου πραγματοποιήθηκε ανάλυση ως προς τη δυνατότητα αξιοποίησής του και τελικά μόνο σε 66 χώρους του κτιρίου κρίθηκε ωφέλιμη η εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού. Για τους χώρους αυτούς, παρατίθεται η νέα συνολική ισχύς για το σύστημα τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού καθώς και το επιπλέον κόστος για την εγκατάσταση του συστήματος εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού.

Στο όγδοο κεφάλαιο περιγράφεται η μελέτη και αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού στο αμφιθέατρο πολλαπλής χρήσης του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Επίσης αναλύεται εκτενέστερα η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τους 229 υπό μελέτη χώρους του κτιρίου Λαμπαδαρίου για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού, όπως αυτό παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 6. Η περιγραφή γίνεται μέσω του χαρακτηριστικού παραδείγματος του χώρου και τεκμηριώνει την ορθότητα της πρότασης τεχνητού φωτισμού για το σύνολο του κτιρίου.

Στο ένατο κεφάλαιο υπολογίζεται το κόστος των προτεινόμενων φωτιστικών σωμάτων τόσο για κάθε όροφο, όσο και για το σύνολο του κτιρίου για κάθε ένα από τα δύο προτεινόμενα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης (αναβάθμιση τεχνητού φωτισμού και αναβάθμιση τεχνητού φωτισμού με ρύθμιση για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού). Για τα δύο σενάρια, υπολογίζονται επίσης, η συνολική ισχύς, η ηλεκτρική και πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, η κατανομή ισχύος (W/m^2), η ενεργειακή απόδοση (lm/W), το ετήσιο όφελος, ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης, η μείωση των ρύπων CO_2 που επιτυγχάνεται ετησίως καθώς και το πλήθος δέντρων που ισοδυναμούν ετησίως με τη μείωση αυτή.

Τέλος, στο δέκατο κεφάλαιο συνοψίζονται τα αποτελέσματα των δύο προτεινόμενων σεναρίων (αντικατάσταση τεχνητού φωτισμού και αντικατάσταση τεχνητού φωτισμού με ρύθμιση για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού) για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίνονται με την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα των προτεινόμενων δράσεων.

Κεφάλαιο 1^ο

Δράσεις για εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η σημερινή ενεργειακή κατάσταση του κτιριακού τομέα και οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα αυτό. Εθελοντικά προγράμματα, όπως το GreenBuilding και το «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ» στοχεύουν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια. Επίσης παρουσιάζονται συνοπτικά τρόποι για εξοικονόμηση ενέργειας τόσο σε υφιστάμενα, όσο και σε νέα κτίρια μέσω ενεργειακών δράσεων βιοκλιματικού σχεδιασμού με εκτίμηση του αναμενόμενου οφέλους αυτών των δράσεων. Τέλος περιγράφονται τρόποι τοπικής παραγωγής ενέργειας, μέσω ανανεώσιμων πηγών, για την περαιτέρω ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων.

1.1. Κατανάλωση ενέργειας και κτίρια

Ο κτιριακός τομέας θεωρείται ένας τομέας με πολύ σημαντικές δυνατότητες βελτίωσης στην ενεργειακή του απόδοση. Για το λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εισήγαγε το πρόγραμμα GreenBuilding στην Πράσινη Βίβλο για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα. Σύμφωνα με την Πράσινη Βίβλο, η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης αντιστοιχεί σε ποσοστό μεγαλύτερο από το 40% της τελικής ενεργειακής ζήτησης στην Ευρώπη. Ο οικιακός και τριτογενής κτιριακός τομέας αποτελούν πλέον το μεγαλύτερο τελικό καταναλωτή ενέργειας εκτοπίζοντας τους παραδοσιακά μεγάλους καταναλωτές, όπως είναι η βιομηχανία και οι μεταφορές.

Επιπλέον, η παραγωγή και χρήση ενέργειας είναι η αιτία για το 94% των εκπομπών ρύπων CO₂, με ένα σημαντικό μερίδιο τουλάχιστον 45% να αναλογεί στον κτιριακό τομέα. Εκτός όμως από το περιβάλλον, η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας έχει επιπτώσεις και στον παράγοντα της ασφάλειας εφοδιασμού ενέργειας όταν η ζήτηση είναι μεγάλη.

Συγχρόνως, η βελτίωση της θέρμανσης και της ψύξης στα κτίρια, αποτελεί έναν από τους πιο δυναμικούς τομείς για εξοικονόμηση ενέργειας. Η εξοικονόμηση αυτή θα συνεισφέρει στην ασφάλεια του ενεργειακού ανεφοδιασμού και στην ανταγωνιστικότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ παράλληλα θα δημιουργήσει θέσεις εργασίας και θα βελτιώσει την ποιότητα ζωής στα κτίρια [1].

Το πρόγραμμα GreenBuilding (GBP) ξεκίνησε το 2005 με τη συμμετοχή 15 φορέων από 10 ευρωπαϊκές χώρες, με την Ελλάδα να συμμετέχει με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ). Το πρόγραμμα επικεντρώνεται στην πραγματοποίηση ενεργειακών επεμβάσεων, οικονομικά αποδοτικών και παρέχει πληροφοριακή υποστήριξη, δημόσια αναγνώριση και προβολή σε οργανισμούς και επιχειρήσεις που ενδιαφέρονται να συμμετάσχουν [2].

Εκτιμάται ότι με απλές και ενεργειακά αποδοτικές τεχνικές, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 22% μέχρι το 2020. Ειδικότερα:

- ✓ Για τη θέρμανση των κτιρίων 10 εκατομμύρια οικιακοί λέβητες από τους συνολικά εγκατεστημένους στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι παλαιότεροι των 20 ετών και η αντικατάστασή τους μπορεί να επιφέρει 5% εξοικονόμηση ενέργειας.
- ✓ Για τον κλιματισμό των κτιρίων, η κατανάλωση ενέργειας αναμένεται ότι θα διπλασιαστεί έως το 2020, ποσοστό που μπορεί να μειωθεί κατά 25% με την εγκατάσταση συστημάτων κλιματισμού που εξασφαλίζουν απαιτήσεις ελάχιστης απόδοσης.
- ✓ Για τον φωτισμό στον κτιριακό τομέα, καταναλώνεται το 25% έως 35% της συνολικής ενέργειας, ενώ με τη χρήση πιο αποδοτικών εξαρτημάτων και συστημάτων ελέγχου και με την ενσωμάτωση τεχνικών φυσικού φωτισμού και άλλων τεχνολογιών μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας 30% έως 50%.
- ✓ Η εφαρμογή παθητικών και ενεργητικών ηλιακών συστημάτων μέσω βιοκλιματικού σχεδιασμού, για εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού και φυσικού δροσισμού μπορεί να μειώσει την ενεργειακή κατανάλωση κατά 60%.

Στις προτεραιότητες που τίθενται στην Πράσινη Βίβλο, εκτιμάται ότι τα ενεργειακά οφέλη που μπορούν να προκύψουν με τη μεγιστοποίηση της χρήσης διαθέσιμων και ενεργειακά αποδοτικών αλλά και οικονομικά βιώσιμων τεχνολογιών στα ευρωπαϊκά κτίρια, αντιστοιχούν με μείωση της παρούσας χρήσης πετρελαίου κατά 10% και μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων κατά 20%.

Ειδικότερα για τα θέματα ασφάλειας στον ενεργειακό εφοδιασμό, βασικό κριτήριο αποτελεί η διαχείριση της ενεργειακής ζήτησης με κατάλληλα μέτρα και θεσμικό πλαίσιο, παράγοντας ο οποίος εξασφαλίζεται με τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων που περιλαμβάνει τη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό κυρίως με εφαρμογή των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός όμως, συμβάλλει και στην αντιμετώπιση του σημαντικού θέματος της κλιματικής αλλαγής, το οποίο επισημαίνεται στην Πράσινη Βίβλο ως μία ``άμεση ανάγκη καταπολέμησης``.

Τέλος, τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη από την εφαρμογή των αρχών του ενεργειακού και βιοκλιματικού σχεδιασμού κατά την ανακαίνιση κτιρίων είναι ακόμη μεγαλύτερα, καθώς το υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε μέγεθος. Σύμφωνα με εκθέσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η ανακαίνιση των παλαιότερων κτιρίων στην Ευρώπη με απλή θερμομόνωση μπορεί να επιφέρει μείωση των εκπομπών ρύπων CO₂ κατά 42% για θέρμανση [1].

Στην Ελλάδα, τον Μάιο του 2008 τέθηκε σε ισχύ ο **Νόμος 3661** για τα «Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις» σε εναρμόνιση με την οδηγία 2001/91/ΕΚ. Με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) που εγκρίθηκε με την Δ6/Β/οικ.5825/30-03-2010 κοινή Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΦΕΚ Β΄ 407), ολοκληρώνεται το πλαίσιο των αναγκαίων κανονιστικών ρυθμίσεων για την πλήρη εφαρμογή του Ν. 3661/2008 (ΦΕΚ Α΄ 89), όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 10 του Ν. 3851/2010 (ΦΕΚ Α΄ 85), για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Με τον ΚΕΝΑΚ ενσωματώνεται πλέον η έννοια του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού στη μελέτη των κτιρίων, που θα συμβάλλει ιδιαίτερα στη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος [3-6].

Αντικείμενο των ενεργειακών παρεμβάσεων σε υφιστάμενα κτίρια αποτελεί η εφαρμογή δράσεων και αποδεδειγμένων καλών πρακτικών για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στο αστικό περιβάλλον. Στόχος αυτών των παρεμβάσεων είναι η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων, η οποία αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της βιώσιμης οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης και το ισχυρότερο όπλο κατά της κλιματικής αλλαγής [7].

1.2. Ενεργειακή διαχείριση και δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα

Η ενεργειακή διαχείριση μπορεί να επιτευχθεί τεχνικά κατ' αρχήν μέσω:

- ✓ Της βελτιστοποίησης των εκκινήσεων και των διακοπών λειτουργίας του εξοπλισμού.
- ✓ Της διακοπής λειτουργίας του εξοπλισμού στις χρονικές περιόδους χαμηλής ζήτησης και, κατά συνέπεια, χαμηλής απόδοσης.
- ✓ Της κλιμακωτής εκκίνησης του εξοπλισμού, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι αιχμές.
- ✓ Του καθορισμού του σημείου λειτουργίας σύμφωνα με άλλα στοιχεία (χρονοδιάγραμμα, απασχόληση, εξωτερική θερμοκρασία).
- ✓ Της μείωσης των αιχμών κατανάλωσης με την επιλεκτική διακοπή της λειτουργίας των συστημάτων σε περιόδους που υπερβαίνεται το μέγιστο επίπεδο.

Οι προτεινόμενες δράσεις μπορούν να χωριστούν ανάλογα με το μέγεθος των ενεργειακών οφελών και το ύψος των διαθέσιμων επενδύσεων. Μπορούν να εξεταστούν τόσο χαμηλού ή και μηδενικού κόστους μέτρα όσο και μέτρα με κάποιο σημαντικό κόστος επένδυσης, για τα οποία απαιτείται η πληρέστερη οικονομική ανάλυσή τους πριν εφαρμοσθούν. Ενδεικτικά υπάρχουν:

• Μέτρα χαμηλού ή μηδενικού αρχικού κόστους

- ✓ Διακοπή λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού όταν δεν είναι απαραίτητα.
- ✓ Ευαισθητοποίηση των ενοίκων για αποδοτική χρήση της ενέργειας (αυτό μπορεί να απαιτεί εκπαίδευση για τη βελτίωση του επιπέδου ενημέρωσης τους).

• Μέτρα που περιλαμβάνουν κάποιο κόστος κατά την αρχική επένδυση

- ✓ Εισαγωγή συστημάτων ελέγχου – κεντρικά συστήματα θέρμανσης, σύστημα κεντρικής ενεργειακής διαχείρισης.
- ✓ Βελτιώσεις στο σχεδιασμό του νέου κτιρίου.
- ✓ Βελτιώσεις στο φωτισμό.
- ✓ Χρήση συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.
- ✓ Βελτίωση στον κλιματισμό / εξαερισμό.
- ✓ Εισαγωγή συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας και του φυσικού φωτισμού.

Όταν εξετάζονται μέτρα αυτού του είδους, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- ✓ Τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη που θα επιτευχθούν.
- ✓ Η επένδυση κεφαλαίου που απαιτείται και ο χρόνος για να αποσβεσθεί.
- ✓ Το επίπεδο ενόχλησης που θα προκληθεί αρχικά στους χρήστες και τα θέματα συντήρησης.

✓ Το απαιτούμενο επίπεδο των τεχνικών γνώσεων.

Όταν εντοπισθούν πιθανές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, θα πρέπει να καταστρωθεί και να δρομολογηθεί ένα κατάλληλο σχέδιο δράσης. Αυτό επιτρέπει την καλύτερη οργάνωση των επεμβάσεων και διασφαλίζει ότι δεν θα ξεχαστούν κάποιες από αυτές στην πορεία, ενώ διευκολύνει και την εκ των υστέρων εκτίμηση των ενεργειακών οφελών που επιτεύχθηκαν χάρη στην κάθε δράση ξεχωριστά.

Ένα τυπικό πρόγραμμα δράσης ενεργειακής διαχείρισης σε υφιστάμενα κτίρια περιλαμβάνει τα εξής:

- Ενεργειακή επιθεώρηση για την εκτίμηση της τρέχουσας κατάστασης του κτιρίου.
- Εκτέλεση πρωτίστως: α) των απλών μέτρων εξοικονόμησης και β) της σωστής συντήρησης. Με αυτά είναι ενδεχόμενο να εξαλειφθεί ένα μεγάλο ποσοστό από πιο δαπανηρές δράσεις.
- Τα μέτρα αυξημένου κόστους πρέπει να αποδεικνύουν ότι είναι οικονομικώς βιώσιμα, πριν από την εφαρμογή τους. Ειδάλλως, τα χρήματα μπορούν να διοχετευθούν σε κάποια άλλη κατεύθυνση, όπου θα είναι πιο αποδοτικά.

Για τη βελτίωση της υφιστάμενης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, με συνέπεια στην εξοικονόμηση ενέργειας, υπάρχουν τεχνολογικές δυνατότητες που αφορούν: α) στη βελτίωση του κτιριακού κελύφους και του μικροκλίματος, β) στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, αερισμού, γ) στο σύστημα φωτισμού και δ) στη συνολική ενεργειακή διαχείριση. Μια ολοκληρωμένη ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου στοχεύει σε εξοικονόμηση 30% σε σχέση με τη σημερινή κατάσταση και στο να εναρμονίζεται με τις ενεργειακές προδιαγραφές της ισχύουσας νομοθεσίας για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων [8,9].

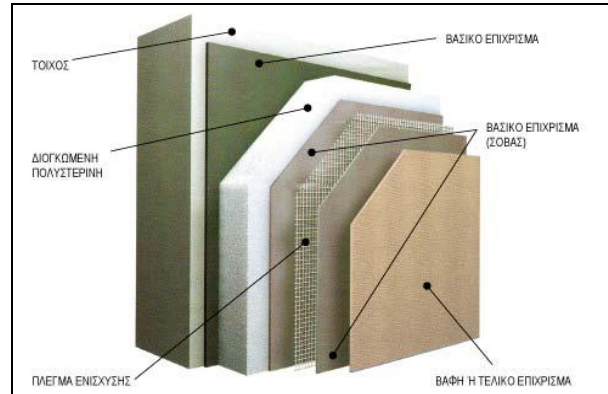
Συγκεκριμένα οι κύριες επεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου ομαδοποιούνται στις παρακάτω παραγράφους:

1.2.1. Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους σε υφιστάμενα κτίρια

➤ Προσθήκη θερμομόνωσης

Η θερμική προστασία του κελύφους είναι βασική προϋπόθεση για τη σωστή θερμική συμπεριφορά οποιουδήποτε κτιρίου. Η θερμομόνωση αποτελεί βασική αρχή θερμικής προστασίας, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του γειτονικού του περιβάλλοντος. Η θερμομόνωση συνίσταται από ένα σύνολο κατασκευαστικών-δομικών στοιχείων (υλικών και συστημάτων) και συνδέεται άμεσα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων.

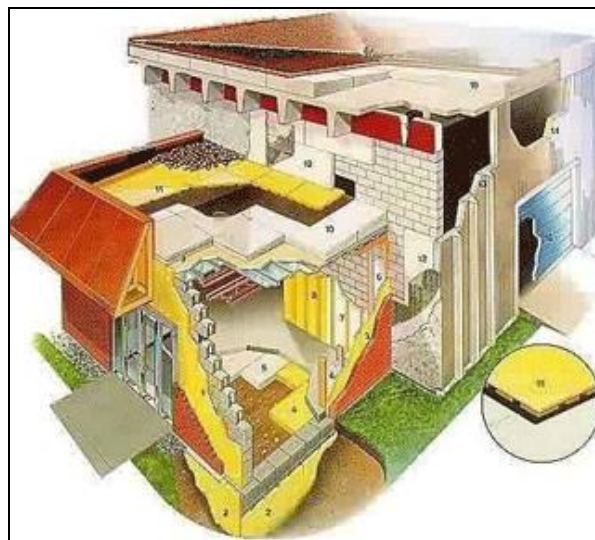
Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν την αγωγή θερμότητας από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον το χειμώνα και αντίστροφα το καλοκαίρι. Συνήθως περιέχουν ακίνητο αέρα παγιδευμένο είτε σε ίνες (π.χ. υαλοβάμβακας) είτε σε κλειστές κυψελίδες (π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη).



Εικόνα 1.1. Θερμομόνωση τοιχοποιίας.

Η θερμική αντίσταση και η θερμομονωτική ικανότητα του κάθε δομικού στοιχείου εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού και αυξάνεται με το πάχος του. Ένα προσεκτικά μονωμένο κτίριο με την απαιτούμενη από τους ισχύοντες κανονισμούς θερμομόνωση, καλύπτει γενικά τις ανάγκες ενός σωστά σχεδιασμένου από ενεργειακή άποψη κτιρίου. Πρέπει να προσεχθεί η μόνωση όλων των δομικών στοιχείων ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες (αμόνωτα ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχεία του κελύφους), οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν «ευαίσθητα» σημεία στην οικοδομή, ακόμα και συμπύκνωση υδρατμών.

Η θερμομόνωση του κτιρίου συνεισφέρει θετικά στη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα εφ' όσον συνδυάζεται με τον απαιτούμενο αερισμό, ιδιαίτερα το νυχτερινό. Όταν δεν υπάρχει επαρκής αερισμός του κτιρίου, η αυξημένη μόνωση του κελύφους, πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς, επιβαρύνει τη θερμική λειτουργία του το καλοκαίρι, καθώς εμποδίζει την «αποφόρτιση» του κτιρίου από τη συσσωρευμένη θερμότητα.



Εικόνα 1.2. Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους.

Η προσθήκη θερμομόνωσης αφορά κυρίως κτίρια κατασκευασμένα μέχρι το 1980, τα οποία δεν φέρουν καθόλου θερμομόνωση στα δομικά τους στοιχεία. Συνιστάται τα θερμομονωτικά υλικά να τοποθετούνται εξωτερικά ή ενδιάμεσα στις τοιχοποιίες, οροφές και δάπεδα, έτσι

ώστε να μην αδρανοποιείται η θερμική μάζα (θερμοχωρητικότητα) του κελύφους. Η τοποθέτησή τους όμως εξαρτάται από τεχνικοοικονομικούς παράγοντες, αλλά και από τη χρήση (ωράριο λειτουργίας) των χώρων. Σε κτίρια που έχουν μόνωση (κτίρια κατασκευασμένα μετά το 1980) ή έχει γίνει μερική προσθήκη θερμομόνωσης, αλλά κρίνεται ότι η θερμομόνωση είναι ανεπαρκής, είναι δυνατόν η επέμβαση να αφορά μόνο στα ευαίσθητα σημεία του κτιρίου (π.χ. μόνωση φέροντος οργανισμού για κάλυψη των θερμογεφυρών, πρόσθετη μόνωση οροφής). Σε ειδικές περιπτώσεις όπου η εξωτερική μόνωση δεν είναι δυνατή για κατασκευαστικούς λόγους (π.χ. σε στέγες, σε τοιχοποιίες με επικάλυψη συγκεκριμένης αισθητικής) μπορεί να τοποθετηθεί εναλλακτικά εσωτερική μόνωση.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από προσθήκη θερμομόνωσης μπορεί να κυμαίνεται από 10% έως 40% εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση.

➤ Αντικατάσταση παλαιών παραθύρων, θυρών και κουφωμάτων

Εκτός από τα αδιαφανή σημεία του κελύφους (τοίχοι, οροφές, δάπεδα) θα πρέπει να εξασφαλίζεται η θερμική προστασία των ανοιγμάτων, με τη χρήση είτε διπλών, είτε απλών, είτε βελτιωμένων υαλοπινάκων, θερμομονωτικών κουφωμάτων, αλλά και με χρήση κινητής νυκτερινής μόνωσης (π.χ. θερμομονωτικά ρολά ή παντζούρια, θερμοκουρτίνες).

Τα εξωτερικά ανοίγματα των κτιρίων συντελούν σε ένα μεγάλο ποσοστό στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη των χώρων γιατί από αυτά μεταφέρεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Το χειμώνα χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω, ενώ το καλοκαίρι εισέρχεται θερμότητα από το θερμότερο εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων και ενεργειακά αποδοτικών εξωτερικών ανοιγμάτων.

Τα εξωτερικά ανοίγματα αυτά θα πρέπει να έχουν υαλοπίνακες και κουφώματα με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και επί πλέον, θα πρέπει να είναι αεροστεγανά, ώστε να εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας από χαραμάδες. Οι χαραμάδες επιφέρουν σημαντικές απώλειες θερμότητας, κυρίως σε κτίρια κακής κατασκευής ή παλαιά.

Στην Ελλάδα, από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979 είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού. Για τα παλαιά κτίρια, κτισμένα πριν το 1979, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων, αποτελεί μια σημαντική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας. Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά με διπλά τζάμια, αν και έχει κάποιο κόστος, μπορεί να ανατρέψει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, με πολλαπλά οφέλη, ενεργειακά-περιβαλλοντικά και οικονομικά. Τα νέα παράθυρα θα πρέπει να πληρούν τις απαιτούμενες θερμικές ιδιότητες ανά κλιματική ζώνη σύμφωνα με την τρέχουσα νομοθεσία για τα κτίρια.



Σχήμα 1.1. Κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια με παλαιούς, αμόνωτους, μονούς υαλοπίνακες και σε κτίρια με νέους, μονωμένους, διπλούς υαλοπίνακες.

Πηγή: ΚΑΠΕ, Έργο “Double Glazing in Southern Countries” XVII/4.1031/99-33, Τελική Έκθεση, Δεκέμβριος 2000, Πρόγραμμα SAVE, της DG XVII-Γενικής Διεύθυνσης για την Ενέργεια, της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρουν τα εξωτερικά ανοίγματα με διπλούς υαλοπίνακες λόγω μειωμένων θερμικών ανταλλαγών με το περιβάλλον, παρουσιάζουν και μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως:

- ✓ Μειώνουν την ακτινοβολία από ή προς τον εσωτερικό χώρο καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη με αυτή των άλλων επιφανειών του χώρου.
- ✓ Περιορίζουν τα ρεύματα του αέρα κοντά στο παράθυρο με αποτέλεσμα να προσφέρουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης.
- ✓ Αποτρέπουν τη συμπύκνωση υδρατμών το χειμώνα στην επιφάνειά τους.
- ✓ Μειώνουν το θόρυβο.

Η χρήση βελτιωμένων ειδικών υαλοπινάκων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων και στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης που διαμορφώνονται στους εσωτερικούς χώρους. Οι ιδιότητες αυτές μπορεί να είναι σταθερές, μεταβαλλόμενες (ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες) ή ρυθμιζόμενες.

Κατηγορίες ειδικών υαλοπινάκων, οι οποίοι διαφοροποιούνται από τους κοινούς ως προς τα θερμικά και τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά, είναι:

- Ανακλαστικοί υαλοπίνακες: Ανακλούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, αλλά μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο και στα γειτονικά κτίρια.
- Έγχρωμοι υαλοπίνακες: Με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα, αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου. Μειονέκτημα είναι η μείωση στη δυνατότητα εμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού.
- Απορροφητικοί υαλοπίνακες: Απορροφούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας (περιορίζουν τη θερμοπερατότητα χωρίς να μειώνουν σημαντικά τη φωτοδιαπερατότητα)

και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου. Έχουν το πλεονέκτημα, σε σχέση με τους ανακλαστικούς, ότι δεν δημιουργούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου.

- Επιλεκτικοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e): Εμποδίζουν μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας είτε να εισέρχεται προς το κτίριο, είτε να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον (ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο τοποθετούνται). Συνιστώνται για τη μείωση των θερμικών απωλειών (το χειμώνα) ή κερδών (το καλοκαίρι) των κτιρίων, ανάλογα με τις θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου και το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται.
- Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες: Εκτός από τους συνήθεις διπλούς (ή τριπλούς) υαλοπίνακες, αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα έχουν υαλοπίνακες που στο διάκενό τους περιέχουν άλλο αέριο (π.χ. αργό) αντί για αέρα. Συνιστώνται σε κτίρια με μεγάλα ανοίγματα, όπου απαιτείται υψηλή θερμομόνωση του κελύφους.
- Ηλεκτροχρωμικοί: Είναι υαλοπίνακες, των οποίων οι οπτικές ιδιότητες (π.χ. διαπερατότητα) μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος.
- Φωτοχρωμικοί: Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας σε αυτούς ηλιακής ακτινοβολίας. Η φωτοδιαπερατότητά τους μειώνεται με την αύξηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας.
- Θερμοχρωμικοί: Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμοι.
- Υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων: Με την εφαρμογή τάσης μετατρέπονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς.

Για την επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα θα πρέπει να εξετάζεται η χρήση του κτιρίου, η συνεισφορά του υαλοπίνακα στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση και η συνεπαγόμενη οικονομικότητα του συστήματος (κόστος-όφελος, χρόνος απόσβεσης). Ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή των υαλοπινάκων απαιτείται ώστε τα οπτικά τους χαρακτηριστικά, τα οποία θα επιλεγούν με κριτήριο τη συμπεριφορά του στη θέρμανση και στο δροσισμό του κτιρίου, να εξασφαλίζουν την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό των χώρων.

Επίσης σε περίπτωση που τα υπάρχοντα κουφώματα είναι ενεργειακά αποδοτικά, αλλά με κακή συναρμογή και παρουσιάζουν σημαντικές θερμικές απώλειες λόγω διείσδυσης του αέρα, μπορούν να προβλεφθούν επεμβάσεις αεροστεγάνωσης τους. Αντικατάσταση θυρών μπορεί να γίνει εφ' όσον από την ενεργειακή επιθεώρηση προκύπτει ότι παρουσιάζουν κακές θερμικές ιδιότητες.

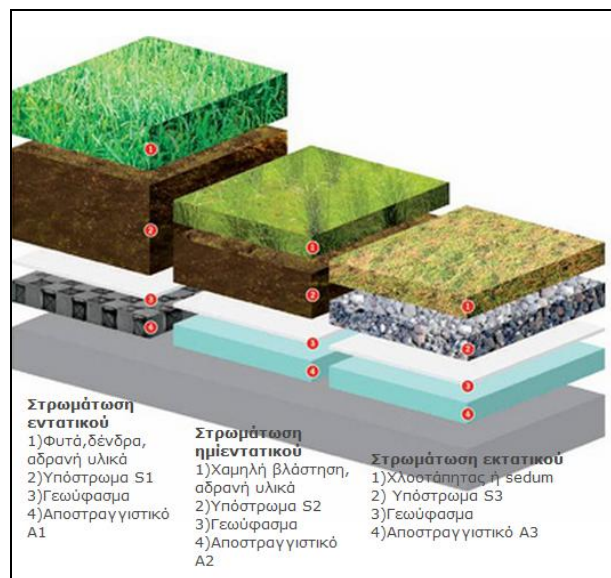
Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από αντικατάσταση παλαιών παραθύρων, θυρών και κουφωμάτων μπορεί να κυμαίνεται από 10% έως 20% εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση.

➤ Φύτευση δωματίων και στεγών

Οι φυτεμένες οροφές αποτελούνται από ένα στρώμα βλάστησης, το οποίο αναπτύσσεται σε ειδικά διαμορφωμένο επίπεδο, συνήθως επάνω σε μια επίπεδη οροφή (δώμα). Το φυτεμένο

δώμα αποτελεί τεχνική θερμικής προστασίας του κτιρίου τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι. Είναι δηλαδή μέσο θερμικής μόνωσης του κτιρίου, λόγω των υλικών από τα οποία αποτελείται (χώμα ικανού πάχους και αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών).

Το καλοκαίρι το φυτεμένο δώμα εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φθάσει στο κτιριακό κέλυφος, μέσω της σκιάς που δημιουργούν τα φυτά στην επιφάνειά του. Πρακτικά μπορούμε να πούμε ότι μηδενίζει την επίδραση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην οροφή του κτιρίου, η οποία αποτελεί σημαντική πηγή θερμικής επιβάρυνσης του κτιρίου. Τέλος, τα φυτά συνεισφέρουν με την εξάτμιση από τα φύλλα τους (εξατμισοδιαπνοή) στην εξατμιστική ψύξη της οροφής. Γενικά το φυτεμένο δώμα συνεισφέρει στη δημιουργία ήπιων συνθηκών στους χώρους πάνω από τους οποίους τοποθετείται. Τόσο η κατασκευή του, όσο και η επιλογή των φυτών πρέπει να εξαρτάται από το είδος της οροφής, αλλά και από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.



Εικόνα 1.3. Τύποι στρωμάτωσης φύτευσης δώματος.

Πηγή: Greencare - αρχιτεκτονική τοπίου.

Η φύτευση θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 60% της οροφής. Η εφαρμογή της φυτεμένης οροφής θα περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες κατασκευαστικές λεπτομέρειες και εργασίες (στεγανοποίηση με διπλή στεγάνωση, αποστραγγιστικό στρώμα, κηπευτικό στρώμα, φυτά και σύστημα άρδευσης). Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται φυτεμένα δώματα εκτατικού τύπου ή το αποστραγγιστικό στρώμα είναι κροκάλες, θα πρέπει να έχει προηγηθεί στατικός έλεγχος του δώματος, ιδιαίτερα για κατασκευές πριν από το 1981.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από φύτευση δωματίων και στεγών είναι 20% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη στον υποκείμενο όροφο του κτιρίου σε μη μονωμένες οροφές.

➤ Χρήση ειδικών επιχρισμάτων («ψυχρών» υλικών) σε οροφές και όψεις

Βασική τεχνική για την ηλιοπροστασία του κτιριακού κελύφους είναι, εκτός της σκίασης, η αύξηση της ανακλαστικότητας των εξωτερικών επιφανειών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ανακλαστικών (ανοιχτόχρωμων) επιχρισμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων.

Τα ψυχρά υλικά είναι κατ' εξοχήν επιστρώσεις με υψηλή ανακλαστικότητα στο ηλιακό φάσμα και υψηλό συντελεστή θερμικής εκπομπής. Βασική τους ιδιότητα είναι η ανάκλαση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα τη μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων. Η ιδιότητα αυτή είναι σημαντική για τη μείωση των ψυκτικών φορτίων και των εσωτερικών θερμοκρασιών των χώρων τους θερμούς μήνες. Η απόδοση των «ψυχρών» υλικών αυξάνεται, συγκριτικά με ένα συμβατικό υλικό επίστρωσης, ίδιου χρώματος, με την αύξηση της σκουρότητας του χρώματος. Ως ψυχρά υλικά συμπεριφέρονται και τα ανοιχτόχρωμα υλικά, τα οποία προσεγγίζουν το λευκό. Η χρήση ειδικών «ψυχρών» υλικών συνιστάται:

- ✓ Σε οροφές, οι οποίες δεν είναι καλά θερμομονωμένες ή σε οροφές στις οποίες δεν είναι δυνατή η προσθήκη θερμομόνωσης.
- ✓ Σε οροφές όπου προστίθεται θερμομόνωση και τα «ψυχρά υλικά» τοποθετούνται για συμπληρωματικό όφελος.
- ✓ Σε οροφές ή σημεία οροφών όπου για τεχνικούς, οικονομικούς ή και άλλους λόγους δεν κρίνεται σκόπιμη η φύτευση.
- ✓ Όταν η επιφάνεια εφαρμογής των ψυχρών υλικών είναι ασκίαστη κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας τους μήνες Ιούνιο-Σεπτέμβριο.
- ✓ Όταν το εν λόγω κτίριο παρουσιάζει σημαντικά υψηλά ψυκτικά φορτία, σε σχέση με τα φορτία θέρμανσης.
- ✓ Για εφαρμογή σε τοίχους, όταν η προσθήκη μόνωσης δεν αποτελεί ενδεδειγμένη λύση, είτε για κατασκευαστικούς λόγους, είτε για λόγους αισθητικής.

Θα πρέπει, σε κάθε περίπτωση, να τεκμηριώνεται από την ενεργειακή μελέτη και από το κόστος, ότι η επένδυση είναι οικονομικά αποδοτική. Επί πλέον, θα πρέπει να υπάρξει πρόβλεψη επανεπάλειψης της επιφάνειας, ιδιαίτερα για οριζόντιες επιφάνειες, με «ψυχρό» επίχρισμα, κάθε 3-4 χρόνια.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από χρήση ειδικών επιχρισμάτων σε οροφές και όψεις κυμαίνεται από 10% έως 20% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη σε χώρους, χωρίς κατάλληλη θερμομόνωση.

➤ Εγκατάσταση σκιάστρων - Ηλιοπροστασία

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων του κτιρίου είναι η βασικότερη τεχνική για τη μείωση των θερμικών φορτίων ενός κτιρίου τη θερινή περίοδο, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία η οποία εισέρχεται μέσα από τα ανοίγματα αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας.

Η σωστή ηλιοπροστασία είναι βασική προϋπόθεση για την αποδοτική εφαρμογή κάθε άλλης τεχνικής για το δροσισμό ενός κτιρίου, είτε αυτός γίνεται με φυσικό είτε με τεχνητό τρόπο. Συνεπώς συνεισφέρει σημαντικά στη διατήρηση των θερμοκρασιών μέσα στους χώρους σε

ανεκτά επίπεδα και, επομένως στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης. Επιπρόσθετα συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη του κτιρίου και στη μείωση του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής που προκύπτει, καθώς υπάρχει σημαντικά μειωμένη θερμική επιβάρυνση από την ηλιακή ακτινοβολία.

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων θα πρέπει να εξασφαλίζει την ελάχιστη εισερχόμενη ακτινοβολία το καλοκαίρι, συνδυάζοντας όμως τη δυνατότητα εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού, του αερισμού και θέας και φυσικά, να μην εμποδίζει τον απαραίτητο ηλιασμό κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Επίσης πρέπει να ελέγχεται και ο ηλιασμός των ανοιγμάτων κατά τις ενδιάμεσες περιόδους (άνοιξη - φθινόπωρο).

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων εξαρτάται από τον προσανατολισμό τους. Γενικά στο νότιο προσανατολισμό ενδείκνυται οριζόντια σκίαστρα (στα κτίρια στο Βόρειο Ημισφαίριο), αφού συνδυάζουν τον απαιτούμενο ηλιασμό το χειμώνα (ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα), ενώ το καλοκαίρι (ο ήλιος βρίσκεται ψηλά) μειώνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Στο βόρειο προσανατολισμό δεν απαιτούνται σκίαστρα, αφού δέχεται ελάχιστη ηλιακή πρόσπτωση και ενδείκνυται για χώρους θερινής χρήσης ή με απαιτήσεις σε σταθερό φωτισμό. Αντίθετα, τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δέχονται μεγάλα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι (ενώ το χειμώνα πολύ μικρά). Για τα ανατολικά και δυτικά εξωτερικά ανοίγματα, στα οποία οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν από χαμηλά, απαιτείται σκίαση κατακόρυφου τύπου.

Η βασικότερη μέθοδος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι η σκίαση, δηλαδή η παρεμπόδιση των ηλιακών ακτίνων να φθάνουν στα παράθυρα. Το ίδιο το σχήμα του κτιρίου (εσοχές, εξοχές, διατάξεις σε σχήμα Γ ή Π, διαμόρφωση εσωτερικών αιθρών ή στοών κ.λπ.), αλλά και ειδικά διαμορφωμένες προεξοχές (όπως πρόβολοι στο νότο) μπορούν να αποτελέσουν παθητικά σύστημα σκίασης του κτιρίου. Επί πλέον, υπάρχει πληθώρα σκίαστρων για τα ανοίγματα, τα οποία διακρίνονται ανάλογα με τη θέση τους (εσωτερικά, εξωτερικά ή ενδιάμεσα των υαλοπινάκων), ανάλογα με τη γεωμετρία τους (κατακόρυφα, οριζόντια, σχαρωτά), ανάλογα με τη δυνατότητα χειρισμού τους (σταθερά ή κινητά) και τέλος, ανάλογα με το υλικό και τις θερμικές και οπτικές ιδιότητες τους και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

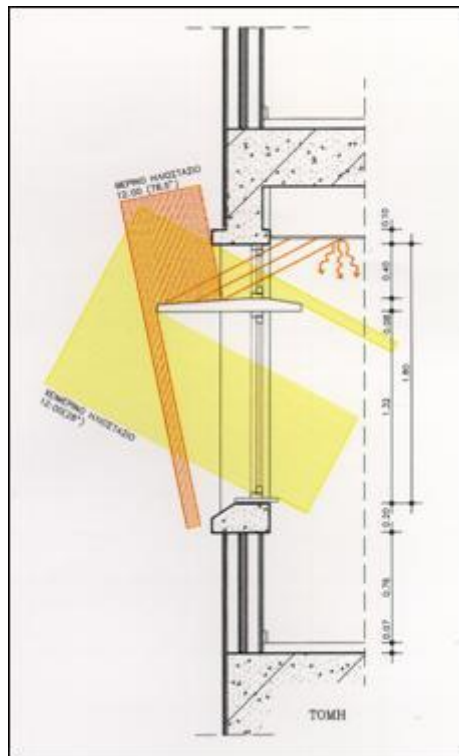


Σχήμα 1.2. Κάτοψη κτιρίου σε σχήμα Γ.

Η σκίαση αποτελεί και μέσο ελέγχου του φυσικού φωτισμού και της θάμβωσης, καθώς μειώνει την άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στους χώρους. Συνεπώς, κατά την επιλογή του κατάλληλου σκιάστρου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τόσο η θερμική, όσο και η οπτική του απόδοση όλο το χρόνο.

- **Μόνιμα εξωτερικά σκίαστρα**

Ένας οριζόντιος πρόβολος πάνω από ένα νότια προσανατολισμένο παράθυρο επιτρέπει στο χειμερινό ήλιο, που βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα να περάσει στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ το καλοκαίρι τον εμποδίζει. Το μέγεθος του προβόλου αυτού εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο βρίσκεται το κτίριο. Για την Αθήνα, για παράδειγμα, καλές αναλογίες προβόλου είναι αυτές για τις οποίες η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της εξωτερικής πλευράς του σκιάστρου και του κατωφλιού του ανοίγματος είναι μεταξύ 55° και 60° . Οι πρόβολοι που εκτείνονται δεξιά και αριστερά των ανοιγμάτων είναι πιο αποτελεσματικοί από πρόβολους που καλύπτουν μόνο το πλάτος του παραθύρου. Για τον ακριβή υπολογισμό της θέσης του ήλιου για κάθε μήνα του χρόνου και για κάθε ώρα της ημέρας υπάρχουν ηλιακά διαγράμματα ανά γεωγραφικό πλάτος καθώς και υπολογιστικά προγράμματα. Ένα οριζόντιο σκίαστρο δεν μπορεί να ανακόψει τις ηλιακές ακτίνες που έρχονται χαμηλά από την κατεύθυνση της ανατολής ή της δύσης κατά τη διάρκεια το καλοκαιριού. Για το λόγο αυτό, στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα προτιμώνται μόνιμα κατακόρυφα σκίαστρα.



Σχήμα 1.3. Σχεδιασμός σκιάστρου για χειμερινό ηλιασμό / θερινή ηλιοπροστασία και ενίσχυση του φυσικού φωτισμού.

Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

- **Κινητά σκίαστρα**

Γενικά, από ενεργειακής πλευράς, είναι καλύτερο να χρησιμοποιούνται εξωτερικά σκίαστρα, καθώς είναι πιο αποτελεσματική η εμπόδιση της ηλιακής ακτινοβολίας πριν περάσει το κέλυφος του κτιρίου. Εξωτερικά κινητά σκίαστρα μπορεί να είναι παντζούρια, περσίδες, τέντες, ρολά κ.λ.π. Για λόγους τεχνικούς ή οικονομικούς μπορεί να είναι προτιμότερα εσωτερικά σκίαστρα, όπως βενετικά στόρια, περσίδες, εσωτερικά παντζούρια, κουρτίνες, κ.λπ., ή ακόμα και συνδυασμός εξωτερικής σταθερής σκίασης με εσωτερική. Επί πλέον, υπάρχουν σκίαστρα, συνήθως περσίδες, εσωτερικά του συστήματος του εξωτερικού ανοίγματος, ενδιάμεσα από διπλούς υαλοπίνακες. Κατά την επιλογή του σκιάστρου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη: α) τα οπτικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία καθορίζουν και το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλούν, απορροφούν και αφήνουν να περάσει, καθώς και β) η συμβολή τους στα θέματα του φυσικού φωτισμού, της θέας και του αερισμού. Ένας γενικά οικονομικός σχεδιασμός σκιάστρων που εξασφαλίζει την απαιτούμενη ηλιοπροστασία σε συνήθη κτίρια είναι ο συνδυασμός σταθερών δομικών στοιχείων (οριζόντια ή κατακόρυφα, ανάλογα με τον προσανατολισμό) και με εσωτερικά βενετικά στόρια, τα οποία επί πλέον, μπορούν να συνεισφέρουν και στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού (περιορίζοντας τη θάμβωση που προκαλείται από τα παράθυρα, μέσω της εκτροπής των ηλιακών ακτίνων προς την οροφή). Μια άλλη τεχνική, η οποία είναι ιδανική για μεσογειακά κλίματα είναι η χρήση των παραδοσιακών παντζουριών με κινητά τμήματα και περιστρεφόμενες περσίδες, που εξασφαλίζουν: α) ελεγχόμενη είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιοπροστασία, ρύθμιση φυσικού φωτισμού), β) δυνατότητα αερισμού και γ) νυχτερινή θερμική προστασία για το χειμώνα. Τα κινητά σκίαστρα μπορεί να ελέγχονται χειροκίνητα, μηχανικά ή αυτόματα αναλόγως την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, την εξωτερική ή εσωτερική θερμοκρασία. Ο αυτόματος χειρισμός τους μπορεί να ενταχθεί σε ένα σύστημα συνολικής ενεργειακής διαχείρισης του κτιρίου.

- **Ειδικοί υαλοπίνακες**

Ένας άλλος τρόπος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων των κτιρίων είναι η χρήση ειδικών υαλοπινάκων. Υπάρχουν διάφορα είδη τέτοιων υαλοπινάκων όπως έχει αναφερθεί παραπάνω με μεγάλη ποικιλία θερμικών και οπτικών ιδιοτήτων, κατάλληλοι για εφαρμογή σε κτίρια διαφόρων τύπων.

- **Βλάστηση**

Ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος ηλιοπροστασίας του κτιρίου και των εξωτερικών ανοιγμάτων του είναι η χρήση βλάστησης είτε με κατάλληλα φυτεμένα φυλλοβόλα ή αειθαλή δέντρα, είτε με άλλα φυτά σε κατάλληλες θέσεις (πέργκολες, μπαλκόνια). Τα φυλλοβόλα δέντρα έχουν το πλεονέκτημα ότι παρέχουν σταδιακή ηλιοπροστασία από την άνοιξη ως και το φθινόπωρο, ενώ το χειμώνα αφήνουν τις ωφέλιμες ηλιακές ακτίνες να εισχωρούν στο κτίριο και έτσι αποτελούν ιδανική λύση για το νότιο προσανατολισμό του κτιρίου. Ιδιαίτερα ωφέλιμη είναι η σκίαση που παρέχουν τα δέντρα (είτε αειθαλή είτε φυλλοβόλα) σε ανοίγματα με ανατολικό ή και δυτικό προσανατολισμό. Εκτός, όμως, από τη σκίαση του κτιρίου, η βλάστηση έχει την ιδιότητα: α) να παρέχει δροσισμό από την εξάτμιση μέσω των φυλλωμάτων και β) να εμποδίζει ή να κατευθύνει τους ανέμους προς ή από το κτίριο κατά το δοκούν, συντελώντας έτσι στο φυσικό δροσισμό ή τη θερμική προστασία του. Τέλος, η βλάστηση συντελεί στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος με αποτέλεσμα να περιορίζεται η θερμική επιβάρυνση του κτιρίου κατά τις θερμές περιόδους, αλλά και να δημιουργείται ευχάριστη ατμόσφαιρα για την παραμονή των ενοίκων εκτός του κτιρίου για μεγάλες περιόδους του χρόνου.

Η ανάγκη για την τοποθέτηση των σκιάστρων πρέπει να τεκμηριώνεται από την ενεργειακή επιθεώρηση και μελέτη. Σε περίπτωση αντικατάστασης υφιστάμενου συστήματος σκίασης θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα σε έργα όπου προβλέπεται η επανάχρηση, αξιοποίηση και ανακύκλωση του παλαιού συστήματος. Επί πλέον μπορεί η τεκμηρίωση της επιλογής των σκιάστρων να λαμβάνει υπόψη τον κύκλο ζωής τους π.χ. κόστος συντήρησης και καθαρισμού και ενσωματωμένης ενέργειας.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από εγκατάσταση σκιάστρων και ηλιοπροστασία κυμαίνεται από 20% έως 30% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη.

➤ Φυσικός και Νυχτερινός Αερισμός

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο τους θερμούς μήνες, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με φυσικά μέσα. Αποτελεί τη σημαντικότερη και συνηθέστερη μέθοδο φυσικού δροσισμού, εφόσον γίνεται με τον κατάλληλο τρόπο.

Με το φυσικό δροσισμό επιτυγχάνονται τρία πράγματα:

- ✓ Απομακρύνεται η θερμότητα από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέπουν.
- ✓ Απομακρύνεται η αποθηκευμένη θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου (όταν αυτά αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα).
- ✓ Απομακρύνεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες.

Εν γένει ο φυσικός αερισμός, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι:

- Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων.
- Κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού).
- Κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα.

Ο φυσικός αερισμός μπορεί να γίνεται και εξωτερικά του κτιρίου ή και διαμέσου του κελύφους του, συμβάλλοντας έτσι στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτιριακό κέλυφος.

Ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Ο νυχτερινός αερισμός συνεισφέρει και στην αποθήκευση «δροσιάς» στη θερμική μάζα του κτιρίου, σαρώνοντας τις επιφάνειες του κτιρίου με δροσερό αέρα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα.

Με την εφαρμογή του αερισμού, ιδιαίτερα κατά τις ενδιάμεσες περιόδους του έτους (Απρίλιος - Μάιος και Σεπτέμβριος - Οκτώβριος) και τις βραδινές ώρες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 10% έως 15% για ψύξη χωρίς καμία επιπλέον οικονομική επιβάρυνση εγκατάστασης εξοπλισμού. Εάν ο φυσικός αερισμός δεν μπορεί να επιτευχθεί επαρκώς με φυσικό τρόπο, συνιστάται η χρήση

μηχανικού ή και υβριδικού αερισμού. Στην ενεργειακή μελέτη θα πρέπει να αναφέρεται η παροχή νωπού αέρα (αλλαγές αέρα ανά ώρα ή κυβικά μέτρα ανά ώρα) καθώς και ποια ανοίγματα συνεισφέρουν στο φυσικό αερισμό, με ποιο τρόπο θα επιτυγχάνεται η επιθυμητή λειτουργία τους καθώς και η μείωση, με τον τρόπο αυτό, της απαιτούμενης ή καταναλισκόμενης ενέργειας. Η λειτουργία του συστήματος φυσικού αερισμού συνίσταται να γίνεται αυτόματα, με κατάλληλα συστήματα ελέγχου της λειτουργίας των ανοιγμάτων, τα οποία μπορούν και να συνδέονται με το σύστημα ενεργειακής διαχείρισης του κτιρίου (BEMS) εφ' όσον υπάρχει ή προβλέπεται να εγκατασταθεί στο κτίριο.

➤ Εγκατάσταση - ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων

Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης ονομάζονται τα δομικά στοιχεία του κτιρίου που, αξιοποιώντας τις αρχές της φυσικής (τους νόμους μεταφοράς θερμότητας) συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αναλυτικότερα, η ηλιακή ακτινοβολία μετά την είσοδό της, μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού μετατρέπεται σε μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία και εγκλωβίζεται στο εσωτερικό του χώρου που καλύπτεται από το γυαλί. Το πιο συνηθισμένο παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των εξωτερικών ανοιγμάτων κατάλληλου προσανατολισμού. Υπάρχουν επίσης και παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους (ηλιακοί τοίχοι, ηλιακοί χώροι-θερμοκήπια, ηλιακά αίθρια) και παθητικά ηλιακά συστήματα απομονωμένου κέρδους (ηλιακοί συλλέκτες-πανέλα εκτός του κτιριακού περιβλήματος).

Παθητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να ενσωματωθούν κατόπιν μελέτης σε νέτιες όψεις κτιρίων, οι οποίες δεν σκιάζονται κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης. Για την περίπτωση προσθήκης θερμοκηπίου σε υφιστάμενο κτίριο θα πρέπει να υπάρχει είτε σχετική οικοδομική άδεια (τροποποίηση) είτε βεβαίωση ότι με την προσθήκη δεν θα υπάρχει υπέρβαση στους συντελεστές δόμησης, κάλυψης κ.ο.κ. Θα πρέπει επίσης να τεκμηριώνεται και να περιγράφεται ο έλεγχος της λειτουργίας των συστημάτων τη θερινή περίοδο για την αποφυγή υπερθέρμανσης των χώρων, όπως προβλεπόμενα συστήματα σκίασης, έλεγχος λειτουργίας τους, κλπ.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από την εγκατάσταση-ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων κυμαίνεται από 10% έως 15% εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση [8,9].

1.2.2. Ενεργειακή αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων

Η ενεργειακή αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο έργου βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός υφιστάμενου κτιρίου, εφόσον συντρέχει τουλάχιστον μια συνθήκη από τις ακόλουθες:

- ✓ Η παρέμβαση συνοδεύει και συμπληρώνει μια παρέμβαση ενεργειακής αναβάθμισης του κτιριακού κελύφους.
- ✓ Το κτιριακό κέλυφος εναρμονίζεται με τις προδιαγραφές της ισχύουσας νομοθεσίας για νέα κτίρια.

- ✓ Προκύπτει από την ενεργειακή μελέτη, ότι το κτίριο δεν παρουσιάζει σημαντικές δυνατότητες βελτίωσης από παρεμβάσεις στο κέλυφος.
- ✓ Τεκμηριώνεται ότι είναι αδύνατη η παρέμβαση για ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους.

Γενικά θα πρέπει το κόστος των παρεμβάσεων στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις να είναι τέτοιο ώστε ο χρόνος απόσβεσης (απλή περίοδος αποπληρωμής) να μην ξεπερνά τα 10 έτη. Σε κάθε περίπτωση τα συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της ισχύουσας νομοθεσίας για νέα κτίρια και οι συσκευές (π.χ. κλιματιστικά) να είναι τουλάχιστον ενεργειακής κατηγορίας Α. Οι παρεμβάσεις για την αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων μπορεί να αφορούν:

➤ Αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης

Προτεινόμενες τεχνικές παρεμβάσεις ενδεικτικά είναι:

- ✓ Θερμομόνωση της κεντρικής στήλης της θέρμανσης.
- ✓ Θερμοστατικές βαλβίδες σωμάτων και ακριβείς θερμοστάτες χώρου ή σύστημα αντιστάθμισης.
- ✓ Αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου).
- ✓ Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης πετρελαίου με φυσικό αέριο, όπου υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με δίκτυο.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, που προκύπτει από τη χρήση του φυσικού αερίου μπορεί να φτάσει μέχρι και 50% σε σύγκριση με τη θέρμανση με ηλεκτρισμό. Ο μέσος βαθμός απόδοσης ηλεκτρικής ενέργειας στην τελική χρήση είναι μεταξύ 33% και 35% περίπου, ενώ ο βαθμός απόδοσης μιας συσκευής φυσικού αερίου ανέρχεται μεταξύ 90% και 92%. Στην περίπτωση αντικατάστασης παλιού λέβητα πετρελαίου (με βαθμό απόδοσης μεταξύ 60% και 70%) η εξοικονόμηση ενέργειας είναι της τάξεως του 20%. Επίσης το φυσικό αέριο είναι 20% περίπου φθηνότερο από το πετρέλαιο.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση του φυσικού αερίου είναι:

- ✓ Μείωση αερίων ρύπων, αφού οι εκπομπές που προκύπτουν κατά την καύση του είναι σημαντικά χαμηλότερες από αυτές που προκύπτουν κατά την καύση του λιγνίτη (καύσιμο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο δίκτυο της χώρας) αλλά και του πετρελαίου.
- ✓ Οικονομικότερη λειτουργία σε σχέση με τον ηλεκτρισμό ή το πετρέλαιο.
- ✓ Εγγυημένη σύσταση και μέτρηση παροχής του καυσίμου.
- ✓ Δυνατότητα χρήσης δύο καυσίμων.
- ✓ Συνεχής παροχή.
- ✓ Δεν χρειάζεται δεξαμενή αποθήκευσης.
- ✓ Καθαριότητα χώρων και εγκαταστάσεων.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από την αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης κυμαίνεται από 10% έως 15% εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση.

➤ Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού

Προτεινόμενες τεχνικές παρεμβάσεις ενδεικτικά είναι:

- ✓ Αντικατάσταση αυτόνομων συστημάτων κλιματισμού (split) με κεντρικό σύστημα, το οποίο θα μπορεί να λειτουργεί και σε free cooling mode.
- ✓ Εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας στα κανάλια απόρριψης και εισαγωγής αέρα εφόσον αυτά βρίσκονται το ένα κοντά στο άλλο.
- ✓ Εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας στις αντλίες θερμότητας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.
- ✓ Εγκατάσταση υδρόψυκτων ψυκτών, όπου υπάρχει διαθεσιμότητα νερού.
- ✓ Εγκατάσταση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (εναλλάκτες εδάφους-αέρα)

Η παρέμβαση αυτή μπορεί να γίνει εφόσον συνδυαστεί με εγκατάσταση νέου κατάλληλου συστήματος κλιματισμού και εφ' όσον το συνολικό κόστος της εγκατάστασης κρίνεται οικονομικά συμφέρον.

➤ Αναβάθμιση στους κυκλοφορητές – κινητήρες

Η χρήση νέας τεχνολογίας κυκλοφορητών και κινητήρων υψηλής απόδοσης μπορεί να επιφέρει μείωση της ετήσιας χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους κυκλοφορητές κατά 60%. Στην περίπτωση που ο σύγχρονος κινητήρας συνδυαστεί με μια βελτιωμένη φτερωτή, πράγμα εφικτό από τις υψηλές ταχύτητες περιστροφής των κινητήρων υψηλής απόδοσης, η υδραυλική αποδοτικότητα μπορεί να αυξηθεί από 35% έως 60%. Με το συνδυασμό αυτών των δύο μέτρων, οι κυκλοφορητές υψηλής απόδοσης επιτυγχάνουν εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 40%, σε σχέση με το 5% έως 25% των ασύγχρονων κινητήρων. Επιπλέον, με την χρήση ρυθμιστών στροφών (inverter), σε συμβατικούς κινητήρες ισχύος μεγαλύτερης των 500W, όπως στους ανεμιστήρες των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων (ΚΚΜ) μπορεί να επιτευχθεί πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 25% ανάλογα την περίπτωση και τις συνθήκες λειτουργίας.

➤ Μηχανικός αερισμός (free cooling)

Με την εφαρμογή του αερισμού είτε μηχανικού είτε φυσικού κατά τις ενδιάμεσες περιόδους (Απρίλιος - Μάιος και Σεπτέμβριος - Οκτώβριος) και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού τις βραδινές ώρες, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας χωρίς επιπλέον οικονομική επιβάρυνση εγκατάστασης εξοπλισμού, παρά μόνο το κόστος λειτουργίας των ανεμιστήρων. Στα περισσότερα δημοτικά κτίρια ο μηχανικός αερισμός συνιστάται για τον πλήρη έλεγχο της λειτουργίας του αερισμού, ο οποίος με φυσικό τρόπο μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος σε θέματα λειτουργικά, όπως το άνοιγμα και το κλείσιμο παραθύρων, φεγγιτών κ.ο.κ. Ο μηχανικός αερισμός, μπορεί να γίνει είτε μέσω του κεντρικού συστήματος κλιματισμού σε free cooling mode, με την κατάλληλη ρύθμιση είτε μέσω υφισταμένων αεραγωγών ή και απλών ανεμιστήρων εισαγωγής και απαγωγής αέρα στους χώρους. Η λειτουργία του συστήματος μηχανικού αερισμού συνιστάται να γίνεται αυτόματα (π.χ. με χρονοδιακόπτη ή με θερμοστάτη) κατά προτίμηση μέσω του συστήματος ενεργειακής διαχείρισης του κτιρίου (BEMS) εφ' όσον υπάρχει ή εγκατασταθεί στο κτίριο.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από την εφαρμογή μηχανικού αερισμού κυμαίνεται από 10% έως 15% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη.

➤ Υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες οροφής

Συμπληρωματικά του συστήματος φυσικού ή μηχανικού αερισμού συνιστάται η εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής. Με τον τρόπο αυτό ανεβαίνει το θερμοκρασιακό όριο θερμικής άνεσης, καθώς η μεταφορά θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα μέσω του δημιουργούμενου ρεύματος αντιστοιχεί σε 3 έως 4 βαθμούς χαμηλότερη «αισθητή» θερμοκρασία. Σε ένα κτίριο με την κατάλληλη θερμική και ηλιακή προστασία, η θερμοκρασία άνεσης με τη χρήση ανεμιστήρων οροφής μπορεί να φτάσει και τους 29°C έως 32°C. Για κάθε βαθμό αύξησης του θερμοστάτη έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 7%. Έτσι, συνέπεια της χρήσης ανεμιστήρων οροφής είναι η χρονική μείωση της χρήσης και η ενεργειακά αποδοτική λειτουργία του κλιματιστικού συστήματος. Η παρέμβαση αυτή ενδείκνυται ιδιαίτερα, όταν δεν προβλέπεται σύστημα κλιματισμού ή συνδυάζεται με απομάκρυνση των split unit κλιματιστικών και με την παράλληλη ύπαρξη συστημάτων φυσικού ή μηχανικού αερισμού στο χώρο.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από την εφαρμογή υβριδικού αερισμού με ανεμιστήρες οροφής κυμαίνεται από 20% έως 30% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη [8,9].

1.2.3. Αναβάθμιση του συστήματος φυσικού και τεχνητού φωτισμού

Στόχος του σχεδιασμού των συστημάτων φωτισμού είναι η εξασφάλιση οπτικής άνεσης, μέσω:

- ✓ Της παροχής της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού, η οποία καθορίζεται από Διεθνή Πρότυπα, βάσει της χρήσης και των λειτουργικών απαιτήσεων κάθε χώρου.
- ✓ Της ποιότητας του φωτισμού, η οποία εξασφαλίζεται με καλή κατανομή και αποφυγή φαινομένων θάμβωσης, αλλάζοντας το σύστημα τεχνητού φωτισμού, κατάλληλη χρωματική απόδοση και χρώμα φωτισμού, ανάδειξη στοιχείων χώρου, κατεύθυνση φωτισμού και δημιουργία κατάλληλων αντιθέσεων (contrast).

Το εκτιμώμενο ανανεμένο όφελος από την αναβάθμιση του συστήματος φυσικού και τεχνητού φωτισμού μπορεί να φτάσει έως και 35% εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για το σύνολο του κτιρίου και έως 60% συγκεκριμένα για το σύστημα φωτισμού του κτιρίου.

➤ Φυσικός φωτισμός

Για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού προς όφελος του κτιρίου με στόχο την επίτευξη οπτικής άνεσης και της εξοικονόμησης ενέργειας θα πρέπει, μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης». Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών

επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ανακλαστικότητα). Σύστημα φυσικού φωτισμού νοείται το σύνολο:

- ✓ Υαλοπίνακας ή άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο.
- ✓ Πλαίσιο.
- ✓ Διάταξη σκιασμού (είτε δομικό στοιχείο είτε άλλο).
- ✓ Αισθητήρες σύζευξης τεχνητού /φυσικού φωτισμού.

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται στις εξής τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία, ανοίγματα οροφής, αίθρια και φωταγωγοί. Αντίστοιχα, οι διάφορες τεχνικές εφαρμοζόμενες στο σύστημα ή και στον εσωτερικό χώρο αυξάνουν την απόδοση του συστήματος και βελτιώνουν τις συνθήκες οπτικής άνεσης.

Τεχνικές βελτίωσης του φυσικού φωτισμού είναι:

- ✓ Ειδικό Υαλοπίνακες.
- ✓ Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά.
- ✓ Διαφανή μονωτικά υλικά.
- ✓ Ράφια φωτισμού-ανακλαστήρες, περσίδες.
- ✓ Εσωτερική διαμόρφωση του χώρου, χρώματα, διάνοιξη εσωτερικών ανοιγμάτων κ.ο.κ.

Εφ' όσον υπάρχει δυνατότητα και μελέτη που να τεκμηριώνει τα οφέλη, μπορούν να εφαρμοστούν τέτοιες τεχνικές για βελτίωση των συνθηκών του φυσικού φωτισμού. Για τη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού απαιτείται προμελέτη με περιγραφή όλων των προτεινόμενων παρεμβάσεων και το εκτιμώμενο όφελος.

➤ Τεχνητός φωτισμός

Στα σύγχρονα κτίρια παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης των συστημάτων τεχνητού φωτισμού με σκοπό κυρίως την πρόληψη προβλημάτων που προκύπτουν από ανεπαρκείς μελέτες (ή και παντελή έλλειψη μελέτης). Αυτό το φαινόμενο, σε συνδυασμό με τη χρήση πεπερασμένης ή συμβατικής τεχνολογίας στις εγκαταστάσεις φωτισμού, οδηγεί σε υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των συστημάτων τεχνητού φωτισμού, με μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την οπτική ποιότητα του χώρου και την οπτική άνεση. Στόχος, συνεπώς, της μελέτης αναβάθμισης του τεχνητού φωτισμού είναι η μείωση της υπερκατανάλωσης ενέργειας με ταυτόχρονη βελτίωση των συνθηκών οπτικής άνεσης.

Για το λόγο αυτό θα πρέπει να μελετηθούν:

- ✓ Η δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού.
- ✓ Η χρήση ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων.
- ✓ Η χρήση κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων υψηλής απόδοσης.
- ✓ Η εγκατάσταση κατάλληλων συσκευών σύνδεσης (χρήση ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων).
- ✓ Η εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου, με δυνατότητα σύζευξης τεχνητού και φυσικού φωτισμού [8,9].

1.2.4. Εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (BEMS)

Η εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης αποτελεί συμπληρωματική και όχι μεμονωμένη παρέμβαση, σε συνδυασμό με άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου.

➤ Σύστημα BEMS

Η εγκατάσταση ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (Building Energy Management System – BEMS) έχει ως σκοπό την επιτήρηση ή και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου, ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των εγκαταστάσεων από ένα σταθμό ελέγχου. Παράλληλα, είναι δυνατή η παρακολούθηση και καταγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στο κτίριο, καθώς και η δημιουργία αρχείου με στοιχεία για στατιστική επεξεργασία. Το σύστημα διαχείρισης βασίζεται σε διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Τα σημαντικότερα συστήματα που μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης σε ένα κτίριο είναι τα εξής:

- ✓ Συστήματα Κλιματισμού – θέρμανσης.
- ✓ Παθητικά συστήματα (αίθρια, αερισμός κλπ.).
- ✓ Ανοίγματα, σκίαστρα κλπ.
- ✓ Εγκατάσταση φωτισμού (φυσικού και τεχνητού).
- ✓ Συστήματα δροσισμού.
- ✓ Ηλεκτρικές καταναλώσεις.
- ✓ Ποιότητα αέρα.
- ✓ Εγκαταστάσεις ασφαλείας

Το σύστημα αποτελείται από ένα κεντρικό σταθμό παρακολούθησης και ελέγχου, τα αισθητήρια όργανα, τις συσκευές εκτέλεσης εντολών, καθώς και τις συνδετήριες καλωδιώσεις. Ο προγραμματισμός και ο χειρισμός του συστήματος γίνεται μέσω του κεντρικού σταθμού ελέγχου. Σε ορισμένους τομείς, η λειτουργία και η επιλογή διαφόρων καταστάσεων λειτουργίας γίνεται μέσω επιμέρους χειριστηρίων, τα οποία διαθέτουν ανάλογους επιλογείς.

➤ Σύστημα παρουσίασης στοιχείων στο κοινό

Τα συστήματα BEMS που θα εγκατασταθούν σε μεγάλα κτίρια υψηλής επισκεψιμότητας από το κοινό, είναι ιδιαίτερης σημασίας και θα πρέπει να συνοδεύονται από την παρουσίαση της κατανάλωσης και της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου σε οθόνη σε εμφανές σημείο του κτιρίου ώστε να ενημερώνονται και να ευαισθητοποιούνται οι πολίτες. Τα στοιχεία που θα παρουσιάζονται μπορεί να αφορούν περιγραφή των συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας και των οφελών τους, των εσωτερικών συνθηκών, της καταναλισκόμενης και της εξοικονομούμενης ενέργειας και αναλυτικά στοιχεία για την ενεργειακή λειτουργία του κτιρίου σε πραγματικό χρόνο, όπως θα προκύπτουν από το σύστημα ενεργειακής διαχείρισης.

1.2.5. Ενεργειακή παρακολούθηση – αποτίμηση

➤ Ενεργειακή επιθεώρηση

Μετά το πέρας της κατασκευής έργων ενεργειακής αναβάθμισης θα πρέπει να γίνει τουλάχιστον μια ενεργειακή επιθεώρηση. Η επιθεώρηση θα πρέπει να γίνεται με την προβλεπόμενη από το νόμο 3661/08 διαδικασία και να εκδίδεται σχετικό πιστοποιητικό, απ' όπου θα προκύπτει και η καταναλισκόμενη ενέργεια και οι παραγόμενες εκπομπές CO₂. Από τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης θα προκύψει και ο βαθμός επίτευξης του ενεργειακού και περιβαλλοντικού στόχου των παρεμβάσεων [8,9].

Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου

Αρ. Πρωτ.:	
ΧΡΗΣΗ: ΓΡΑΦΕΙΟ Κτίριο <input type="checkbox"/> Τμήμα κτιρίου <input type="checkbox"/> Αριθμός ιδιοκτησίας (για τμήμα κτιρίου) Κλιματική Ζώνη: B Διεύθυνση: Τ.Κ. Πόλη: Έτος κατασκευής: Συνολική επιφάνεια (m ²): Όνομα ιδιοκτήτη:	
(Φωτογραφία κτιρίου)	
ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ [kWh/(m ² ·έτος)]
ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	
A+ < 45	
45 ≤ A < 70	
70 ≤ B+ < 100	
100 ≤ B < 135	←
135 ≤ Γ < 155	
155 ≤ Δ < 175	
175 ≤ E < 220	
220 ≤ Z < 265	
265 < H	
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ	B
ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m ² κλιματιζόμενης επιφάνειας [kg/(m ² ·έτος)]
ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ανά m ² κλιματιζόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)]	
ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ανά m ² κλιματιζόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)] με βάση την αξιολόγηση της λειτουργίας	
ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m ² κλιματιζόμενης επιφάνειας [kg/(m ² ·έτος)] με βάση την αξιολόγηση της λειτουργίας	

Πηγή: Νόμος 3661 – Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτιρίων – KENAK.

1.2.6. Εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Επιπρόσθετη εξοικονόμηση είναι εφικτή με την αξιοποίηση τοπικά διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την εγκατάσταση συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ), τηλεθέρμανσης και αντλιών θερμότητας.

➤ Φωτοβολταϊκά στα κτίρια

Με την φωτοβολταϊκή τεχνολογία γίνεται εκμετάλλευση της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία επιφάνεια 1 m² μια ηλιόλουστη μέρα μπορεί να φθάσει το 1 kW. Η ενέργεια η οποία προσπίπτει συνολικά σε ένα έτος σε μια επιφάνεια εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση και το προσανατολισμό της επιφάνειας. Για τη περιοχή της Αθήνας, η τιμή της ετήσιας ενέργειας που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια 1 m² κυμαίνεται περίπου στις 1.500 kWh. Με δεδομένο ότι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που κυκλοφορούν στην αγορά μετατρέπουν περίπου το 11% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, ένα πλαίσιο επιφάνειας 1 m² παράγει περίπου 110 Wp.

Βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών είναι η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σημείο χρήσης. Άλλα πλεονεκτήματα είναι τα παρακάτω:

- ✓ Μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας.
- ✓ Μεγάλη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων (πάνω από 25 χρόνια).
- ✓ Αθόρυβη λειτουργία.
- ✓ Μηδαμινό κόστος συντήρησης και λειτουργίας.
- ✓ Δυνατότητα ενσωμάτωσης τους σε οροφές, προσόψεις κτιρίων ως κύρια δομικά στοιχεία.
- ✓ Δυνατότητα επέκτασης του συστήματος ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις.

Το κύριο όφελος για τον εγκαταστάτη φωτοβολταϊκών σε κτίρια είναι η χρήση των φωτοβολταϊκών και σαν δομικά στοιχεία τα οποία αντικαθιστούν άλλα υλικά της εξωτερικής επιφάνειας των κτιρίων και τα οποία πολλές φορές έχουν σημαντικό κόστος, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη προσόψεων των κτιρίων. Η εξοικονόμηση που προκύπτει από την αποφυγή αυτού του κόστους καθιστά οικονομικότερη τη χρήση των φωτοβολταϊκών.

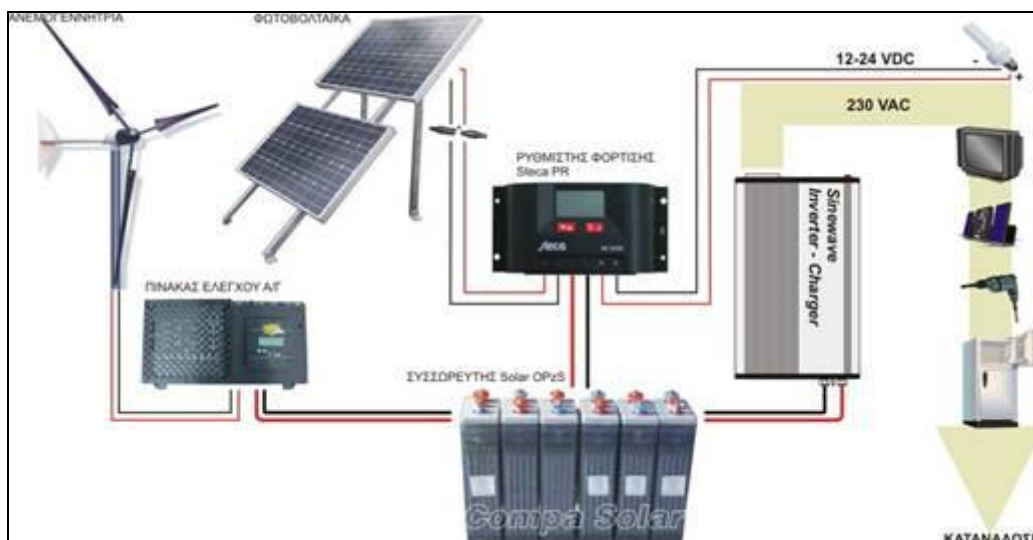
Οι κυριότερες εφαρμογές ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών σε κτίρια είναι:

- Η κάλυψη ολόκληρης ή μέρους της οροφής του κτιρίου.
- Η χρήση τους σε γυάλινες προσόψεις του κτιρίου.
- Η χρήση τους σε επιφάνειες προστασίας από καιρικές συνθήκες όπως στέγαστρα, σκίαστρα [10].

➤ Φωτοβολταϊκά υβριδικά με ανεμογεννητριες

Τα φωτοβολταϊκά υβριδικά συστήματα είναι συνδυασμός φωτοβολταϊκού συστήματος με ανεμογεννήτρια ή ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος - Η/Ζ). Το υβριδικό σύστημα εφαρμόζεται κυρίως σε βαρέως τύπου οικιακά ή επαγγελματικά περιβάλλοντα. Σημαντική επίσης είναι η χρήση της ανεμογεννήτριας ή των ανεμογεννητριών στο φωτοβολταϊκό σύστημα για χρήση όλο το χρόνο και κυρίως το

χειμώνα όπου η ανεμογεννήτρια παίζει ένα σημαντικό ρόλο ενίσχυσης όλου του φωτοβολταϊκού συστήματος. Παράλληλα η ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου, συνήθως ενεργοποιείται αυτόματα σε έκτακτες περιπτώσεις για να υποβοηθήσει το φωτοβολταϊκό σύστημα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η εφαρμογή των υβριδικών φωτοβολταϊκών/θερμικών ηλιακών συσκευών, με τις οποίες επιτυγχάνεται μετατροπή της ηλιακής ενέργειας τόσο σε ηλεκτρισμό, όσο και σε θερμότητα για ζεστάμα νερού χρήσης.



Εικόνα 1.4. Υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα με ανεμογεννήτρια.

Πηγή: Compa Solar Energy Systems.

Εφόσον το υβριδικό σύστημα αποτελείται μόνο από ηλεκτρογεννήτρια και είναι εγκατεστημένο σε συνδυασμό με το κεντρικό δίκτυο, τότε το κεντρικό δίκτυο χρησιμοποιείται ως εφεδρική πηγή σε περίπτωση ανάγκης. Τα υβριδικά συστήματα κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται για την αδιάλειπτη λειτουργία σημαντικών οικιακών ή επαγγελματικών εφαρμογών ή εφαρμογών πρώτης ανάγκης όπως στρατιωτικές μονάδες, αεροδρόμια, νοσοκομεία, σε περιοχές όπου το κεντρικό δίκτυο παρουσιάζει προβλήματα (διακοπές ή μεταβολή τάσης) [11].

➤ Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ)

Συμπαγωγή είναι η διαδοχική (ταυτόχρονη) παραγωγή και εκμετάλλευση δύο μορφών ενέργειας, ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής, από ένα σύστημα μηχανών με τη χρήση του ίδιου καυσίμου. Με την συμπαγωγή γίνεται ορθολογικότερη χρήση της ενέργειας του καυσίμου και ανάλογη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων. Είναι εφαρμόσιμη σε βιομηχανίες και κτίρια με ταυτόχρονη ζήτηση σε ηλεκτρισμό και θερμότητα και, συνήθως, όταν οι ετήσιες ώρες λειτουργίας ξεπερνούν τις 4000 h. Σε έναν συμβατικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας η μέση αποδοτικότητα είναι 37% και λόγω απωλειών μεταφοράς του ηλεκτρισμού στους καταναλωτές η αποδοτικότητα μειώνεται στο 34%. Στην Ελλάδα η αποδοτικότητα είναι αρκετά χαμηλότερη κυρίως λόγω του λιγνίτη. Συνεπώς, το 66% της ενέργειας του καυσίμου χάνεται υπό μορφή θερμότητας στο περιβάλλον. Η συνολική αποδοτικότητα των σταθμών ΣΗΘ είναι της τάξης του 85%.

- **Πλεονεκτήματα συμπαραγωγής**

Η επιτυχής εγκατάσταση ΣΗΘ οδηγεί σε μείωση κατανάλωσης καυσίμου της τάξεως του 25%. Η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ανάλογη. Με την χρήση επίσης του φυσικού αερίου μηδενίζονται οι εκπομπές SO₂, και αιθάλης. Στο επίπεδο του χρήστη τα οφέλη είναι καθαρά οικονομικά, διότι το κόστος ενέργειας μειώνεται σε σχέση με τις "συμβατικές" μονάδες. Σε επιτυχημένες εγκαταστάσεις ΣΗΘ η μείωση των τιμών είναι 20% έως 30%. Επίσης αυξάνεται η αξιοπιστία ενεργοδότησης. Ο σταθμός ΣΗΘ ενωμένος με το ηλεκτρικό δίκτυο, όπου δίνει ή παίρνει ηλεκτρισμό εγγυάται απρόσκοπτη λειτουργία σε επίπεδο μονάδας, σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας του σταθμού ή διακοπή ηλεκτροδότησης από το δίκτυο. Σε επίπεδο χώρας, μειώνει την ανάγκη εγκατάστασης μεγάλων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής και αυξάνει την ευστάθεια του ηλεκτρικού συστήματος της χώρας. Η συμπαραγωγή μπορεί να επιτευχθεί με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. βιομάζα) υποκαθιστώντας συμβατικά καύσιμα.



Σχήμα 1.4. Συμβατικό ενεργειακό σύστημα σε σύγκριση με σύστημα συμπαραγωγής.

Πηγή: *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα – Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).*

- **Τεχνολογίες Συμπαραγωγής**

Το βασικότερο μέρος μιας εγκατάστασης ΣΗΘ είναι η μηχανή, η οποία παράγει θερμότητα και ηλεκτρισμό. Οι βασικές γνωστές τεχνολογίες είναι:

- ✓ **Αεριοστρόβιλος** (κύκλος Brayton). Γνωστός από τη χρήση του στα αεροπλάνα. Ο αέρας συμπιέζεται μέχρι τον θάλαμο καύσης και ακολούθως εκτονώνεται.
- ✓ **Ατμοστρόβιλος** (κύκλος Rankine). Εκτονώνει ατμό υψηλής ενθαλπίας, και παράγει μηχανικό έργο καθώς και ατμό χαμηλότερης ενθαλπίας.
- ✓ **Συνδυασμένος κύκλος**. Συνδυασμός των παραπάνω, με λέβητα ανάκτησης ανάμεσα τους.
- ✓ **Παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης** (κύκλος Diesel ή Otto). Γνωστές από τις χρήσεις στα οχήματα. Είναι πετρελαιομηχανές των βαρέων οχημάτων ή βενζινοκινητήρες (αεριοκινητήρες) μικρότερων αυτοκινήτων.
- ✓ **Στοιχεία καυσίμου** (Fuel Cells). Αρχή των μηχανών αυτών είναι η παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού χωρίς καύση. Με ηλεκτροχημικές διεργασίες στο καύσιμο (κυρίως

φυσικό αέριο) διασπάται και από τις χημικές αντιδράσεις παράγεται θερμότητα και ηλεκτρισμός (υπό μορφή ιόντων) [12].

➤ Τηλεθέρμανση

Τηλεθέρμανση είναι η παροχή θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο μονωμένων αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια.

Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης αποτελείται από:

- α) Το σταθμό παραγωγής θερμότητας όπου είναι εγκατεστημένος ο κεντρικός εξοπλισμός (λέβητες, σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου, καπνοδόχος, αντλίες κλπ).
- β) Το δίκτυο διανομής του θερμαινόντος μέσου, το οποίο είναι θερμό ή υπέρθερμο νερό, από το σταθμό παραγωγής θερμότητας προς τα θερμαινόμενα κτίρια.
- γ) Τους υποσταθμούς σύνδεσης, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η σύνδεση των εσωτερικών εγκαταστάσεων θέρμανσης των κτιρίων με το δίκτυο διανομής τηλεθέρμανσης.
- δ) Τις εσωτερικές εγκαταστάσεις θέρμανσης των κτιρίων (δίκτυα σωληνώσεων, θερμαντικά σώματα κλπ) [13].

Κεφάλαιο 2^ο

Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και βελτιστοποίησης του φωτισμού

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι πιο διαδεδομένες τεχνικές λύσεις για να εξοικονομηθεί ηλεκτρική ενέργεια σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων.

Βάσει του Διεθνούς Πρακτορείου Ενέργειας, η παγκόσμια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή φωτισμού αγγίζει το 19% [14]. Στα κτίρια ειδικότερα, ο φωτισμός απαιτεί το 25% έως 35% της συνολικής κατανάλωσής τους σε ενέργεια. Το ποσοστό αυτό εκφράζεται σε τεράστιες ποσότητες ενέργειας παγκοσμίως (2.650 τρισεκατομμύρια kWh ετησίως).

Στην Ευρώπη, πάνω από το 75% των συστημάτων φωτισμού γραφείων είναι βασισμένο σε παλαιά τεχνολογία και υπολογίζεται ότι γύρω στα 2 δισεκατομμύρια ευρώ σπαταλούνται άσκοπα λόγω της χαμηλής αποδοτικότητάς τους [15]. Το Δεκέμβριο του 2008 η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθέτησε τον περίφημο στόχο «20-20-20»: 20% μείωση των αερίων θερμοκηπίου, 20% αύξηση ενεργειακής αποδοτικότητας και επιπλέον αύξηση του ποσοστού ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο 20% [16].

Στην Ελλάδα η καταναλισκόμενη ενέργεια για φωτισμό αθροιστικά (2.960 GWh) υπερβαίνει: α) την ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση (1.987 GWh) κατά 49% β) την ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη (2.543 GWh) κατά 16,4% γ) την ηλεκτρική ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης (965 GWh) κατά 206,7% [17]. Συμπεραίνουμε επομένως ότι οι δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης στα συστήματα φωτισμού είναι μείζονος σημασίας καθώς μπορούν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας από 30% έως 50% [1].

2.1. Χρησιμοποίηση φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων υψηλής απόδοσης

Η συγκεκριμένη δράση αποτελεί το πρώτο και σημαντικότερο βήμα για την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα κτίριο. Η επιλογή των φωτιστικών και των λαμπτήρων που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε εσωτερικό χώρο πρέπει να γίνεται συνειδητά, έχοντας ληφθεί υπ' όψιν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών και των λαμπτήρων που θα χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τις φωτιστικές ανάγκες του χώρου. Παρατίθενται ακολούθως οι σημαντικότερες δράσεις ώστε τα χρησιμοποιούμενα φωτιστικά και λαμπτήρες να είναι υψηλής ενεργειακής, φωτεινής και χρωματικής απόδοσης.

2.1.1. Χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης (ballast) αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών

Εκτιμάται γενικώς ότι η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών ballast (στραγγαλιστικών πηνίων) μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας έως 25%. Το ποσοστό αυτό προκύπτει από τη σύγκριση της κατανάλωσης μιας εγκατάστασης φωτισμού στην οποία χρησιμοποιούνται συμβατικά ballast με την κατανάλωση που θα είχε η ίδια εγκατάσταση (ίδια φωτιστικά, ίδιοι λαμπτήρες) εάν χρησιμοποιούνταν ηλεκτρονικά ballast. Η μειωμένη κατανάλωση στη δεύτερη περίπτωση αποδίδεται κυρίως στους εξής λόγους:

- Καλύτερη απόδοση του λαμπτήρα.
- Χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας στο λαμπτήρα.
- Μικρότερες απώλειες ενέργειας στο ballast.

➤ Καλύτερη απόδοση λαμπτήρα

Η φωτεινή ροή του λαμπτήρα αυξάνεται όταν λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast σε σχέση με τη φωτεινή ροή που παράγεται όταν αυτός λειτουργεί με συμβατικό ηλεκτρομαγνητικό ballast.

Η ονομαστική φωτεινή ροή των λαμπτήρων που παρέχουν οι κατασκευαστές έχει μετρηθεί με πρότυπα εργαστηριακά ballast. Η απόδοση αυτή όμως ουδέποτε επιτυγχάνεται με τα κοινά ballast του εμπορίου. Η πραγματική απόδοση των λαμπτήρων κυμαίνεται συνήθως σε ποσοστά 80%-95% της ονομαστικής (ballast factor B.F.=0,8-0,95). Άρα η ονομαστική απόδοση των λαμπτήρων είναι ανέφικτο μέγεθος με τα συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast.

Αντιθέτως, τα ηλεκτρονικά ballast ανυψώνουν την απόδοση των λαμπτήρων κατά 12% περίπου (B.F.=1,12) ή και έως 18% σύμφωνα τουλάχιστον με τους ισχυρισμούς κατασκευαστών. Αυτό αυτομάτως σημαίνει ότι μια εγκατάσταση φωτισμού που λειτουργεί με ηλεκτρονικά ballast (B.F.=1,12) απαιτεί $(112-95)/95=18\%$ περίπου λιγότερα φωτιστικά από την ίδια εγκατάσταση (ίδιος χώρος, ίδια φωτιστικά) με ηλεκτρομαγνητικά ballast καλής ποιότητας (B.F.=0,95).

Το πλεονέκτημα αυτό των ηλεκτρονικών ballast είναι αξιοποιήσιμο κυρίως στις νέες εγκαταστάσεις οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν με λιγότερα φωτιστικά χωρίς να μειώνεται η στάθμη φωτισμού και να υποβαθμίζεται η ποιότητά του. Το όφελος τότε είναι μεγαλύτερο διότι όχι μόνο μειώνεται το κόστος λειτουργίας (εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους συντήρησης) αλλά και το κόστος εγκατάστασης (λιγότερα φωτιστικά). Φυσικά, η μείωση στο κόστος εγκατάστασης δεν αντισταθμίζει το σαφώς υψηλότερο κόστος αγοράς των φωτιστικών με ηλεκτρονικό ballast. Όμως, το υψηλότερο αυτό κόστος αποσβένεται σε σύντομο χρονικό διάστημα λόγω του χαμηλότερου κόστους λειτουργίας.

Σε αυτό το σημείο να τονισθεί ότι κατά τη διάρκεια ζωής του συστήματος φωτισμού, η οποία είναι περί τα 10 χρόνια, το μεγαλύτερο μέρος του κόστους, ποσοστό περί τα 55% ανάλογα με τον τύπο του φωτιστικού, οφείλεται στην ενεργειακή του κατανάλωση ενώ μόνο το 30% στην αρχική αγορά. Άρα η εστίαση στην ελαχιστοποίηση του αρχικού κόστους μόνο, μπορεί να στερήσει το όφελος της μειωμένης κατανάλωσης αλλά και πολλές φορές επιδρά δυσμενώς στην οπτική άνεση με την τελευταία να επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την παραγωγικότητα των χρηστών στους χώρους εργασίας.

➤ **Χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας στο λαμπτήρα – Μικρότερες απώλειες ενέργειας στο ballast**

Όπως προαναφέρθηκε, η κατανάλωση ενέργειας στον λαμπτήρα είναι χαμηλότερη όταν αυτός λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast. Για παράδειγμα ο λαμπτήρας ονομαστικής ισχύος 36 W καταναλώνει 32 W, ενώ με συμβατικό ballast η κατανάλωσή του θα ήταν ίση με την ονομαστική (36 W). Επιπροσθέτως, οι απώλειες του ηλεκτρονικού ballast είναι μικρότερες του συμβατικού. Για παράδειγμα, σε ένα τυπικό φωτιστικό 2×36 W απαιτείται 1 ηλεκτρονικό ballast με απώλειες 8 W ενώ στη συμβατική λειτουργία απαιτούνται 2 ηλεκτρομαγνητικά ballast με απώλειες 2×8,1 W, άρα το φωτιστικό με ηλεκτρονική λειτουργία θα καταναλώνει $2 \times 32 \text{W} + 8 \text{W} = 72 \text{ W}$ ενώ με τη συμβατική $2 \times (36 \text{W} + 8,1 \text{W}) = 88,2 \text{ W}$. Το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας εξαρτάται από τον τύπο του συμβατικού φωτιστικού που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της κατανάλωσης αναφοράς. Πάντως, η εξοικονόμηση κατά μέσο όρο ανέρχεται στο ύψος του 15% χωρίς να αποκλείονται αποκλίσεις προς τα κάτω (για φωτιστικά ενός λαμπτήρα) ή προς τα πάνω (για φωτιστικά περισσότερων λαμπτήρων).

Το πλεονέκτημα αυτό των ηλεκτρονικών ballast είναι αξιοποιήσιμο στις νέες αλλά και στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις. Τα φωτιστικά σώματα που λειτουργούν με λαμπτήρες φθορισμού T8 επιδέχονται την αλλαγή αυτή, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος στο εσωτερικό τους για την τοποθέτηση του ηλεκτρονικού ballast και αφού γίνουν οι απαραίτητες αλλαγές στην εσωτερική καλωδίωση. Σημειώνεται ότι το ηλεκτρονικό ballast υποκαθιστά επίσης τη λειτουργία του εκκινητή (starter) του συμβατικού φωτιστικού, άρα ο εκκινητής και η καλωδίωσή του καταργούνται στο τροποποιημένο φωτιστικό.

Σε αρκετές περιπτώσεις το εργατικό κόστος για τις επεμβάσεις στο εσωτερικό των υφιστάμενων φωτιστικών (μαζί με το κόστος των υλικών) είναι υψηλότερο του κόστους της εξ' ολοκλήρου αντικατάστασης των φωτιστικών με καινούρια που φέρουν ηλεκτρονικά ballast. Ακόμη και σ' αυτή την περίπτωση ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης είναι πολύ μικρός (έως 5 χρόνια). Ένας επιπλέον λόγος για μια τέτοια ριζική επέμβαση είναι ότι η απόδοση των υφιστάμενων φωτιστικών μειώνεται με το πέρασμα του χρόνου, με αποτέλεσμα να απαιτούνται εργασίες συντήρησής τους για να φωτίζουν επαρκώς.

Τα φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες T5 εξαιρούνται εκ των πραγμάτων από μια τέτοια παρέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας (αντικατάσταση ballast) διότι οι λαμπτήρες αυτοί λειτουργούν μόνο με ηλεκτρονικά ballast, συνεπώς φωτιστικά με λαμπτήρες T5 και ηλεκτρομαγνητικό ballast δεν υφίστανται. Αυτό σημαίνει ότι η χρησιμοποίηση φωτιστικών με λαμπτήρες T5 ενδείκνυται σε νέες εγκαταστάσεις ή σε περιπτώσεις αντικατάστασης των ιδίων των φωτιστικών.

Σημειώνεται ότι το ενεργειακό κέρδος της τάξης του 25% μπορεί να αυξηθεί ακόμη περισσότερο εάν ληφθεί υπ' όψιν ότι υπολογίστηκε με αναφορά στην ονομαστική απόδοση του λαμπτήρα που παρέχουν οι κατασκευαστές για λειτουργία με συμβατικό ballast, ενώ είναι γνωστό ότι αρκετά ballast του εμπορίου εμφανίζουν σημαντικά μικρότερες αποδόσεις.

Πέραν όμως αυτών των λόγων που έχουν άμεση επίπτωση στην κατανάλωση ενέργειας, υπάρχουν και άλλοι, εξ' ίσου σημαντικοί, όπου η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast επιφέρει εμμέσως περαιτέρω εξοικονόμηση. Οι περιπτώσεις αυτές αφορούν στη χρησιμοποίηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν

μόνο με ηλεκτρονικά ballast. Είναι δηλαδή άρρηκτη η συμμετοχή των ηλεκτρονικών ballast για την εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών, εξού και ο χαρακτηρισμός ως έμμεσης της συμβολής τους στη μείωση της κατανάλωσης. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εξής λόγοι:

- Δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινότητας του λαμπτήρα (dimming) μέσω αισθητήρων και ρυθμιστών φωτισμού (dimmers). Η ρύθμιση αυτή είναι αδύνατη με συμβατικά ballast. Το χαρακτηριστικό αυτό, αλλά γενικότερα, η δυνατότητα ρύθμισης και ελέγχου του φωτιστικού με σήματα χαμηλής τάσης στο ballast, καθιστούν τα φωτιστικά κατάλληλα για τη λειτουργία τους με απλούς αυτοματισμούς. Όπως περιγράφεται σε επόμενη παράγραφο, η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με τοπικά συστήματα dimming κυμαίνεται από 10% έως 20% ανάλογα με τη χρήση του χώρου.
- Δυνατότητα ένταξης της εγκατάστασης φωτισμού σε σύστημα κεντρικής διαχείρισης κτιρίων (BEMS). Η δυνατότητα αυτή θα ήταν αδύνατη με συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast διότι αυτά, πρακτικά, δεν συνεργάζονται με τα συστήματα BEMS. Η εξοικονόμηση ενέργειας με συστήματα BEMS κυμαίνεται από 10% έως 35% ανάλογα με τη χρήση του χώρου (η εξοικονόμηση αυτή δεν είναι προσθετική στην αντίστοιχη που επιτυγχάνεται με το dimming αλλά την εμπεριέχει).

Δεν πρέπει να παραληφθούν και μερικοί άλλοι, δευτερεύοντες λόγοι, για τους οποίους εξοικονομείται ενέργεια και μειώνεται το κόστος λόγω της χρησιμοποίησης ηλεκτρονικών ballast. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εξής:

- ✓ Δυνατότητα λειτουργίας περισσότερων λαμπτήρων (έως 4) με 1 μόνο ηλεκτρονικό ballast και κατά συνέπεια μικρότερες απώλειες. Αντιθέτως, το συμβατικό ηλεκτρομαγνητικό ballast δεν μπορεί να λειτουργήσει με περισσότερους των δύο λαμπτήρων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται το παράδειγμα τυπικού φωτιστικού 4×18W το οποίο καταναλώνει 86,8W (4×18W+2×7,4W) όταν λειτουργεί με συμβατικά ballast (1 ballast ανά 2 λαμπτήρες σε σειρά) ενώ η κατανάλωσή του μειώνεται στα 74 W (4×16W+10W) όταν 1 ηλεκτρονικό αντικαταστήσει τα 2 συμβατικά.
- ✓ Το ηλεκτρονικό ballast διακόπτει τη λειτουργία του όταν ο λαμπτήρας δεν λειτουργεί (λόγω γήρανσης κ.λπ.) ενώ το συμβατικό ballast εξακολουθεί να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και να καταναλώνει ενέργεια.
- ✓ Μεγαλώνει σημαντικά η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων (έως 50%). Άρα, μειώνεται στο ήμισυ το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων.
- ✓ Βελτιώνεται ο συντελεστής συντήρησης των λαμπτήρων. Αυτό σημαίνει ότι η στάθμη φωτισμού επιτυγχάνεται με λιγότερα φωτιστικά αν χρησιμοποιηθούν ηλεκτρονικά ballast αντί των συμβατικών. Στην περίπτωση αυτή η απόδοση των λαμπτήρων μειώνεται λιγότερο κατά τη διάρκεια ζωής τους απ' ό,τι αν λειτουργούσαν με συμβατικά ballast. Εκτιμάται ότι, γι' αυτόν και μόνο τον λόγο, σ' ένα καθαρό εργασιακό χώρο, τα απαιτούμενα φωτιστικά μπορούν να μειωθούν κατά 6% περίπου

Άξια λόγου είναι επίσης η βελτίωση της ποιότητας του φωτισμού διότι η λειτουργία των ηλεκτρονικών ballast σε υψηλές συχνότητες (>24 kHz) εξαλείφει τα εγγενή μειονεκτήματα των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών όπως το βούισμα και το τρεμόσβημα τα οποία

προκαλούνται από τη χαμηλή συχνότητα λειτουργίας τους (50 Hz). Τέλος, επισημαίνεται ότι εντός λίγων ετών δεν θα επιτρέπεται η διάθεση των ενεργοβόρων ηλεκτρομαγνητικών ballast σύμφωνα με οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης [18].

2.1.2. Χρησιμοποίηση κατάλληλων λαμπτήρων T5

Η σημαντικότερη δράση για εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας όσον αφορά στους λαμπτήρες είναι η χρησιμοποίηση λαμπτήρων T5.

Οι λαμπτήρες T5 αποτελούν τη νέα γενιά λαμπτήρων φθορισμού. Λειτουργούν μόνο με ηλεκτρονικό ballast, άρα τα φωτιστικά με λαμπτήρες αυτού του τύπου έχουν όλα τα πλεονεκτήματα που περιγράφονται στο υποκεφάλαιο 2.1.1. Οι διαστάσεις των λαμπτήρων T5 (διάμετρος σωλήνα 5/8''~16mm) είναι διαφορετικές από τις διαστάσεις των λαμπτήρων T8 (διάμετρος σωλήνα 8/8''~26mm) και T12 (διάμετρος σωλήνα 12/8''~38mm), άρα δεν είναι δυνατόν να τους αντικαταστήσουν σε υφιστάμενα φωτιστικά. Μια τέτοια αντικατάσταση άλλωστε δεν έχει λόγους να γίνει όπως εξηγείται κατωτέρω.

Η απόδοση του συστήματος λαμπτήρα T5 και ballast (απαραιτήτως ηλεκτρονικού) μπορεί να προσεγγίσει τα 92 lm/W (αναλόγως του τύπου και της ονομαστικής ισχύος του λαμπτήρα). Η απόδοση του συμβατικού συστήματος λαμπτήρα T8 και ballast (ηλεκτρομαγνητικού) δεν μπορεί να υπερβεί τα 76 lm/W. Άρα, η απόδοση των λαμπτήρων T5 μπορεί να είναι έως και 21% υψηλότερη της απόδοσης των λαμπτήρων T8 με συμβατικό ballast. Όταν όμως οι T8 λειτουργούν με ηλεκτρονικό ballast τότε οι διαφορές στην απόδοση με τους λαμπτήρες T5 μειώνονται αισθητά. Ούτως ή άλλως, δεν είναι δυνατόν να γίνουν απόλυτες συγκρίσεις δεδομένου ότι οι λαμπτήρες T5 διατίθενται σε διαφορετικές ονομαστικές ισχύεις από τους T8, οπότε δεν υπάρχουν συγκρίσιμα φωτιστικά.

Σε γενικές γραμμές, η αντικατάσταση φωτιστικών λαμπτήρων T8 ηλεκτρονικής έναυσης με παρεμφερή φωτιστικά λαμπτήρων T5 δεν αποφέρει σημαντικά ενεργειακά οφέλη και κατά πάσα πιθανότητα δεν θα είναι οικονομικά συμφέρουσα (μεγάλος χρόνος απόσβεσης). Εάν οι λαμπτήρες T8 μιας εγκατάστασης φωτισμού λειτουργούν ήδη με ηλεκτρονικά ballast τότε δεν υπάρχει ουσιαστικό ενεργειακό όφελος για την αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων T8 με φωτιστικά T5. Η χρησιμοποίηση φωτιστικών με τους λαμπτήρες T5 ενδείκνυται σε νέες εγκαταστάσεις όχι μόνο λόγω του ενεργειακού κέρδους αλλά και των άλλων ποιοτικών χαρακτηριστικών τους που υπερτερούν σε σύγκριση με τα φωτιστικά λαμπτήρων T8. Εξ' άλλου, η χρησιμοποίηση λαμπτήρων σύγχρονης τεχνολογίας είναι επιβεβλημένη και για καθαρά πρακτικούς λόγους. Στο εγγύς μέλλον πιθανώς να έχουν επικρατήσει οι λαμπτήρες T5 και να είναι δύσκολη η συντήρηση των φωτιστικών λαμπτήρων T8 (εξεύρεση ανταλλακτικών κ.λπ.). Αυτό άλλωστε συνέβη με τα φωτιστικά παλαιάς τεχνολογίας που σήμερα έχουν σχεδόν εκλείψει λόγω δυσκολιών ανεύρεσης των λαμπτήρων T12, όπως και με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως οι οποίοι εκ των πραγμάτων πλέον θα καταργηθούν καθώς, παρά την εξαιρετική τους ποιότητα φωτισμού, έπαψαν να διατίθενται στο εμπόριο [18].

2.1.3. Χρησιμοποίηση κατάλληλων φωτιστικών

Η επιλογή των φωτιστικών σωμάτων δεν μπορεί να γίνεται με τα κριτήρια αισθητικής αντίληψης του διακοσμητή. Απαιτείται εξειδικευμένη “ανάγνωση” των τεχνικών

χαρακτηριστικών τους όπως ο τύπος κατανομής της φωτεινής ροής, ο συντελεστής απόδοσης, η κατανομή λαμπρότητας, η κλάση θάμβωσης, η κατανάλωση ενέργειας, η δυνατότητα dimming, ο τύπος του ανακλαστήρα ή του διαχύτη κ.λπ.

Όσο αφορά στην ενεργειακή απόδοση (lm/W) της εγκατάστασης φωτισμού, θα πρέπει να προτιμώνται τα επιμήκη (π.χ. 2×36W T8, 2×39W T5 κ.λπ.) από τα τετράγωνα (π.χ. 4×18W T8, 4×24W T5 κ.λπ.) φωτιστικά, καθώς η απόδοση των λαμπτήρων αυξάνεται με την ονομαστική ισχύ τους. Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός συγκεκριμένου τύπου λαμπτήρων T5, προκύπτει ότι η απόδοσή τους είναι 96 lm/W στην ονομαστική ισχύ των 14 W, 100 lm/W στα 21 W και 104 lm/W στα 28 W. Τα μεγέθη αυτά για τους συμβατικούς λαμπτήρες T8 είναι 64 lm/W στα 18 W και 79 lm/W στα 36 W ή 58 W. Αυτό σημαίνει ότι η επιλογή φωτιστικών με λαμπτήρες μεγαλύτερης ονομαστικής ισχύος, δηλαδή μεγαλύτερου μήκους, είναι ενεργειακά επωφελής. Ως τυπικό παράδειγμα μιας τέτοιας επιτυχούς επιλογής είναι η προτίμηση φωτιστικών 2×36 W αντί των 4×18 W.

Σημαντικός παράγοντας είναι, επίσης, ο τύπος και το υλικό κατασκευής του οπτικού συστήματος του φωτιστικού (διαχύτης, κάτοπτρο, περσίδες κ.λπ.). Οι συνθετικοί διαχύτες έχουν συνήθως μικρότερο βαθμό απόδοσης (LOR) και χειρότερο συντελεστή συντήρησης.

Τα οπτικά συστήματα από ανοδιωμένο αλουμίνιο εμφανίζουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης (έως 85% έναντι 55% έως 60% των συνθετικών πολυκαρβονικών διαχυτών) αλλά και σ' αυτή την περίπτωση η ποιότητα της ανοδίωσης και ο βαθμός καθαρότητας του αλουμινίου είναι οι κρίσιμοι παράγοντες. Στην αγορά απαντώνται φωτιστικά του ιδίου ακριβώς τύπου (ανακλαστήρας ανοδιωμένου αλουμινίου, διπλής παραβολικότητας) των οποίων οι βαθμοί απόδοσης μπορεί να διαφέρουν και κατά 20 εκατοστιαίες μονάδες. Πρωταρχική αιτία είναι η ποιότητα σχεδίασης του ανακλαστήρα. Η σχεδίαση του ανακλαστήρα είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που απαιτεί υψηλή εξειδίκευση και προχωρημένο λογισμικό. Οι απαιτήσεις αυτές είναι αδύνατον να πληρούνται εάν ως μοναδικός στόχος θεωρηθεί η ελαχιστοποίηση του κόστους. Είναι απολύτως βέβαιο ότι η επένδυση σε φωτιστικά με υψηλότερο κόστος αγοράς, από κατασκευαστές με τεχνογνωσία, θα αποσβεσθεί πολύ σύντομα (όχι αργότερα από 2-3 χρόνια).

Ο βαθμός καθαρότητας του αλουμινίου επηρεάζει την απόδοση των ανακλαστήρων και κατ' επέκταση των φωτιστικών. Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι αποκλίσεις κλάσματος της εκατοστιαίας μονάδας στην καθαρότητα του αλουμινίου επιφέρουν δεκαπλάσια απόκλιση (μερικές εκατοστιαίες μονάδες) στην ανακλαστικότητα των οπτικών του φωτιστικού. Ακόμα χειρότερες συνέπειες στην απόδοση των φωτιστικών έχουμε για οπτικά βαφής φούρνου όπου η απόδοση κατακρημνίζεται, ειδικότερα δε με την πάροδο του χρόνου οπότε αποσυντίθεται η βαφή και η απόδοση του φωτιστικού μειώνεται σε τιμές μικρότερες του 50%. Μερικές φορές, το οπτικό σύστημα αποτελείται μόνο από περσίδες χωρίς ανακλαστήρα. Είναι προφανές ότι και στην περίπτωση αυτή η απόδοση θα είναι ιδιαίτερα χαμηλή δοθέντος ότι το ήμισυ σχεδόν της φωτεινής ροής των λαμπτήρων θα χάνεται εντός του φωτιστικού [18].

2.1.4. Χρησιμοποίηση λαμπτήρων με τον κατάλληλο συνδυασμό χρωματικής και φωτεινής απόδοσης

Η ονομαστική ισχύς του λαμπτήρα δεν είναι το μοναδικό κριτήριο για την επιλογή του. Στο εμπόριο διατίθενται λαμπτήρες με ταυτόσημη ονομαστική ισχύ, χρωματική απόδοση και

διαστάσεις αλλά με διαφορετική απόδοση lm/W. Είναι δηλαδή εφικτή η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας χωρίς καμία αλλαγή στην εγκατάσταση φωτισμού αλλά μόνο με την ορθολογική επιλογή των λαμπτήρων. Η διαδικασία της επιλογής αυτής δεν απαιτεί ειδικές γνώσεις και μπορεί να διεξαχθεί από τεχνικούς της επιχείρησης με απλή έρευνα της αγοράς. Αν δε, οι απαιτήσεις φωτισμού των χώρων το επιτρέπουν είναι εφικτή περαιτέρω εξοικονόμηση με την επιλογή λαμπτήρων διαφορετικής χρωματικής απόχρωσης αλλά καλύτερης απόδοσης lm/W. Όπως αναλύεται παρακάτω με απλά παραδείγματα, η άστοχη επιλογή λαμπτήρων με μοναδικά κριτήρια την τιμή τους και την ονομαστική ισχύ μπορεί να επιβαρύνει την κατανάλωση έως και κατά 30%.

Η διαφορά στην απόδοση οφείλεται στη διαφορετική τεχνολογία των λαμπτήρων η οποία μάλιστα ελάχιστα επιβαρύνει το κόστος αγοράς. Αναφέρεται ενδεικτικά ότι ο απλός λαμπτήρας φθορισμού T8, 58 W, Daylight αποδίδει 4.000 lm ενώ ο αντίστοιχος τριφωσφορικός, με τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά, αποδίδει 5.000 lm, δηλαδή 25% επιπλέον φωτεινή ροή. Το όφελος γίνεται σημαντικότερο αν ληφθεί υπ' όψιν ότι η διάρκεια ζωής του τριφωσφορικού είναι σχεδόν διπλάσια του απλού.

Η επιλογή της χρωματικής απόχρωσης των λαμπτήρων μπορεί να επιφέρει περαιτέρω εξοικονόμηση. Αυτό φυσικά προϋποθέτει εκτίμηση των ποιοτικών απαιτήσεων του φωτισμού του χώρου (οπτική άνεση) σε συνδυασμό με το επίπεδο φωτισμού. Αν οι συνθήκες το επιτρέπουν, τότε μπορεί να επιλεγεί τύπος λαμπτήρων που συνδυάζει συγκεκριμένη χρωματική απόχρωση με υψηλή απόδοση lm/W. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η κατανάλωση μειώνεται κατά 15% με αντικατάσταση των απλών λαμπτήρων T8, 58 W, Daylight, 4.000 lm με ταυτόσημους Warmwhite, 4.600 lm. Η εξοικονόμηση ανέρχεται σε 4% εάν αντικατασταθούν οι τριφωσφορικοί T8, 58 W, Daylight (5.000 lm) με Warmwhite (5.200 lm).

Ανακεφαλαιώνοντας, παρατίθενται ακολούθως τα σημαντικότερα κριτήρια επιλογής φωτιστικών σωμάτων προς την κατεύθυνση της ενεργειακής τους απόδοσης:

- 1) Λαμπτήρες υψηλής απόδοσης αντί των απλών,
- 2) Απόχρωση Warmwhite αντί της Daylight όπου είναι αποδεκτή,
- 3) Ballast με υψηλή απόδοση (ballast factor>0,90) εφ' όσον πρόκειται για συμβατικό,
- 4) Ηλεκτρονικό ballast αντί του συμβατικού,
- 5) Λαμπτήρας T5 αντί του T8 ή πυρακτώσεως,
- 6) Λαμπτήρες μεγάλης ονομαστικής ισχύος (κατά συνέπεια επιμήκη φωτιστικά) εάν οι συνθήκες το επιτρέπουν,
- 7) Φωτιστικά με οπτικό σύστημα υψηλής απόδοσης (κατά προτίμηση με ανακλαστήρα αλουμινίου υψηλής καθαρότητας και ποιότητας ανοδίωσης) και με ικανοποιητικό συντελεστή συντήρησης [18].

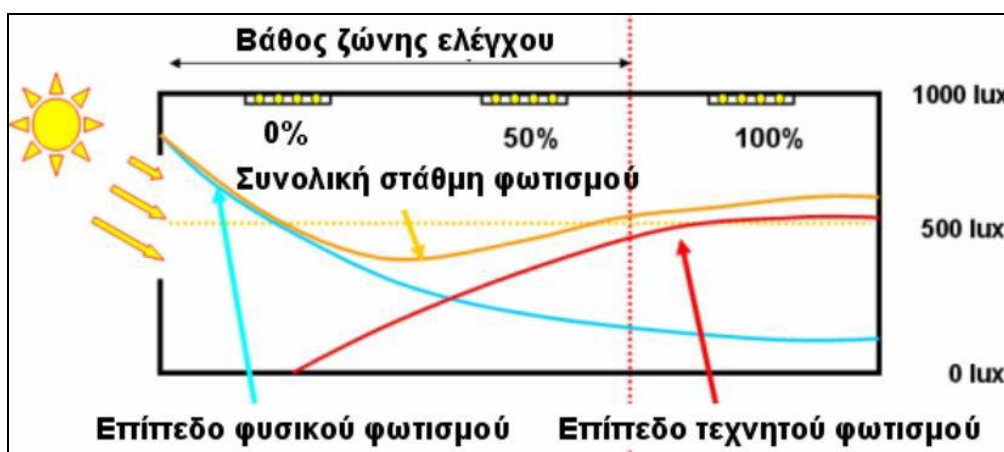
2.2. Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά συμβάλλει και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας. Ιδιαίτερη σημασία κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού έχει η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων

σε φωτισμό από το φυσικό φως, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και την εργασία που επιτελείται μέσα στους χώρους [1].

2.2.1. Ζώνες ελέγχου φωτισμού

Πρωταρχικό βήμα σε μια μελέτη φωτισμού για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού είναι ο καθορισμός ζωνών ελέγχου φωτισμού, δηλαδή περιοχών στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου που εκμεταλλεύονται το φυσικό φωτισμό. Παράλληλα με το φυσικό φωτισμό χρησιμοποιούν και τεχνητό φωτισμό, ώστε να διασφαλίζονται τα επιθυμητά επίπεδα φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας ή στο ευρύτερο εσωτερικό περιβάλλον. Αν και οι ζώνες φωτισμού μπορούν να σχεδιαστούν για να καλύψουν μια ενιαία περιοχή, ένα δωμάτιο ή ένα ολόκληρο κτίριο, στην ουσία οι ζώνες φωτισμού πρέπει να είναι κοντά στα στοιχεία που μεταφέρουν φυσικό φωτισμό. Έχοντας για απλό παράδειγμα ένα τυπικό χώρο που φωτίζεται από φυσικό φωτισμό μέσω ενός κοινού πλευρικού φυσικού ανοίγματος, η ζώνη φωτισμού πρέπει να είναι δίπλα στο παράθυρο και να μην είναι μεγαλύτερη από 4 μέτρα προς το βάθος του δωματίου. Η σειρά των φωτιστικών σωμάτων που βρίσκεται πιο κοντά στα φυσικά ανοίγματα πρέπει να ελέγχεται με ένα ξεχωριστό κύκλωμα από εκείνες τις σειρές που βρίσκονται στο εσωτερικό του χώρου.



Σχήμα 2.1. Τομή ενός χώρου γραφείων με την αντίστοιχη ζώνη ελέγχου φωτισμού.

Πιο συγκεκριμένα, για να ορισθεί το μέγεθος των ζωνών ελέγχου απαιτούνται μετρήσεις ή υπολογισμοί από προσομοιώσεις σε ετήσια βάση ή τουλάχιστον σε επιλεγμένους μήνες που αντιπροσωπεύουν διαφορετικές εποχές. Οι ζώνες ελέγχου φωτισμού συνδέουν περιοχές οι οποίες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά κατανομής φυσικού φωτισμού. Γενικά στη ζώνη ελέγχου η μέγιστη ένταση φωτισμού δεν πρέπει να υπερβαίνει περίπου την τριπλάσια τιμή της ελάχιστης έντασης φωτισμού. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει μια ικανοποιητική αντίθεση φωτισμού μέσα σε μια ζώνη ελέγχου. Από τη διεθνή βιβλιογραφία η αναλογία μέγιστης προς ελάχιστης έντασης φωτισμού είναι περίπου 9:1. Για μεγαλύτερες τιμές η περιοχή αυτή πρέπει να διαιρεθεί σε περισσότερες ζώνες ελέγχου [19-23].

2.2.2. Εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού

Η αποτελεσματικότερη δράση για εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού είναι η χρησιμοποίηση αισθητήρων σύζευξης τεχνητού-φυσικού φωτισμού. Πρόκειται για μία δράση τοπικών αυτοματισμών, με την έννοια ότι αυτόνομοι αισθητήρες τοποθετούνται στους επί μέρους χώρους του κτιρίου, η οποία συνδυάζει το ελάχιστο κόστος εγκατάστασης με τη μεγαλύτερη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας και την ελάχιστη όχληση στους χρήστες.

Τονίζεται ότι η δράση αυτή υπόκειται στις δράσεις τοπικών αυτοματισμών έτσι ώστε να διαχωριστεί από τη δράση εξοικονόμησης ενέργειας που προϋποθέτει εγκατάσταση συστήματος κεντρικής διαχείρισης (BEMS). Το ότι πρόκειται για δράση τοπικών αυτοματισμών πρακτικά σημαίνει ότι ένας αυτόνομος αισθητήρας φωτισμού (photosensor) ελέγχει ομάδα φωτιστικών που βρίσκονται σε παραπλήσιες θέσεις ή είναι τοποθετημένος σε μεμονωμένο φωτιστικό και ελέγχει μόνο αυτό. Ο αισθητήρας φωτισμού είναι ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου φωτισμού, η οποία ρυθμίζει αυτόματα το επίπεδο φωτισμού που παράγεται από συστήματα τεχνητού φωτισμού με βάση την ποσότητα του φυσικού φωτισμού που ανιχνεύεται στο χώρο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα πιο κοινά συστήματα σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτισμού:

- Συστήματα έναυσης/σβέσης: ένα τέτοιο σύστημα, το οποίο προκαλεί ξαφνικές και έντονες αλλαγές της στάθμης φωτισμού, μπορεί να προκαλεί δυσαρέσκεια στους χρήστες, με αποτέλεσμα ο συντηρητής ηλεκτρολόγος του κτιρίου να αναγκαστεί να το απενεργοποιήσει. Αυτό θα συντελέσει στο να μην αποσβεστεί το κόστος επένδυσης. Κατά κύριο λόγο ένα τέτοιο σύστημα ενδείκνυται να χρησιμοποιείται σε χώρους που δέχονται άπλετο φυσικό φως, όπως σε εξωτερικούς χώρους και στον οδοφωτισμό, όπου η συχνότητα έναυσης/σβέσης είναι περιορισμένη. Επίσης, είναι σημαντικό να προβλέπεται χρονική υστέρηση στο σύστημα ελέγχου ώστε να αποφεύγεται επαναλαμβανόμενη συχνή έναυση/σβέση, που μπορεί να προκαλείται για παράδειγμα από κινούμενη νέφωση.
- Βηματικά συστήματα: είναι ίδια με τα προηγούμενα αλλά με μία ή δύο ενδιάμεσες θέσεις μεταξύ των θέσεων έναυσης και σβέσης.
- Συστήματα ρύθμισης φωτεινής ροής: Αυτά εξασφαλίζουν ότι η συνολική ποσότητα φυσικού και τεχνητού φωτισμού φτάνει πάντοτε τη στάθμη στην οποία έχει ρυθμιστεί το σύστημα. Εάν η απαιτούμενη στάθμη εξασφαλίζεται μόνο με φυσικό φως τότε η ροή του τεχνητού συστήματος ελαχιστοποιείται. Σε αντίθεση με το σύστημα έναυσης/σβέσης, το σύστημα ελέγχου φωτεινής ροής δεν ενοχλεί τους χρήστες και η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας είναι μεγαλύτερη, αφού οι χρήστες δεν το απενεργοποιούν. Η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων επέτρεψε τη χρήση των συστημάτων αυτών και στο φωτισμό φθορισμού.

Γενικά, εάν ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής, ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις φωτισμού για μεγάλο διάστημα της ημέρας, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ιδιαίτερα σημαντική. Έρευνες έχουν δείξει ότι η πιθανότητα έναυσης του τεχνητού συστήματος, από τους εργαζόμενους όταν εισέρχονται στο χώρο εργασίας, έχει άμεση σχέση με την παροχή

φυσικού φωτισμού και επίσης όταν οι χρήστες ανάβουν το τεχνητό σύστημα κατά την είσοδό τους στο χώρο, σπανίως το σβήνουν κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Το κριτήριο για την επιλογή συστήματος σύζευξης φυσικού/τεχνητού φωτισμού είναι η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού στο χώρο. Ενδεικνυόμενες εφαρμογές για συστήματα σύζευξης είναι οι χώροι με άπλετο φυσικό φως.

Τόσο η αυτόματη, όσο και η χειροκίνητη έναυση και σβέση των λαμπτήρων έχει επιπτώσεις στο χρόνο ζωής των λαμπτήρων. Εντούτοις, αυτή η επίδραση είναι ελάχιστη, ενώ το ενεργειακό όφελος από το σβήσιμο των λαμπτήρων καλύπτει το κόστος μείωσης του χρόνου ζωής τους. Υπό την προϋπόθεση ότι οι λαμπτήρες πρόκειται να παραμένουν σβηστοί για χρονικό διάστημα περισσότερο των δύο ή τριών λεπτών, είναι πάντα οικονομικά αποδοτικότερο να σβήνουν.

Οι μόνιμοι χρήστες ενός χώρου πρέπει να είναι ενήμεροι για την ύπαρξη του συστήματος ελέγχου φωτισμού, τον τρόπο λειτουργίας του και πώς μπορούν να αλληλεπιδράσουν με αυτό. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις ανακαινίσεις εγκαταστάσεων, όπου μπορεί να παρουσιαστεί αντίδραση στην εγκατάσταση των συστημάτων ελέγχου φωτισμού εάν οι χρήστες του κτιρίου δεν ενημερωθούν πλήρως για το νέο σύστημα.



Εικόνα 2.1. Μείωση του τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού.

Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Η εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων ελέγχου του φωτισμού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνεται. Σε κτίρια γραφείων η κατανάλωση ενέργειας, στατιστικά, μπορεί να μειωθεί κατά 30% έως 50%. Η απόσβεση του κόστους εφαρμογής μπορεί συχνά να επιτευχθεί σε 2 έως 3 έτη [8].

2.2.3. Χρησιμοποίηση αρχιτεκτονικών λύσεων για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού μπορεί να αυξηθεί ακόμη περισσότερο με τη χρησιμοποίηση ήπιων ή ριζικών αρχιτεκτονικών λύσεων. Εφόσον το κτίριο δεν έχει ανεγερθεί ακόμα, είναι πρόβλημα το κτίριο να σχεδιαστεί με:

- ενδεδειγμένο προσανατολισμό και
- μακρόστενη κάτοψη.

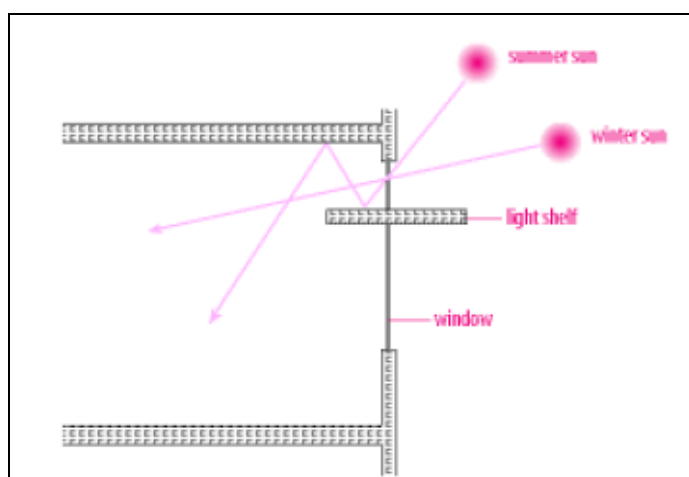
Για τα κλιματικά δεδομένα που αφορούν στην Ελλάδα, ως καταλληλότερος προσανατολισμός θεωρείται ο νότιος καθώς η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από αυτή που δέχεται ο δυτικός και ο ανατολικός προσανατολισμός. Έτσι

επιλέγοντας νότιο προσανατολισμό εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ποσότητα ηλιασμού το χειμώνα αλλά απαιτείται περισσότερη ηλιοπροστασία το καλοκαίρι. Για γεωγραφικά πλάτη μικρότερα από 40°, οι νότιες όψεις έχουν μεγαλύτερα ηλιακά οφέλη το χειμώνα ενώ οι ανατολικές και οι δυτικές όψεις είναι ιδιαίτερος επιβαρημένες το καλοκαίρι [24].

Με τη μακρόστενη κάτοψη μειώνεται το βάθος των χώρων, γεγονός που συμβάλλει στην ομογενοποίηση των επιπέδων φυσικού φωτισμού ή στην υιοθέτηση αμφίπλευρου φωτισμού. Η μεγιστοποίηση των περιμετρικών ζωνών (δηλαδή των περιοχών που είναι δυνατή η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού) καθορίζεται από την κάτοψη του κτιρίου. Θεωρώντας ένα τυπικό βάθος περιμετρικής ζώνης (4m) και κτίριο τετράγωνης κάτοψης (30m×30m), η περιμετρική ζώνη αντιστοιχεί στο 46% της κάτοψης. Τροποποιώντας την κάτοψη σε π.χ. 60m×15m το ποσοστό της περιμετρικής ζώνης αυξάνεται στο 60%.

Οι αρχιτεκτονικές δράσεις για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού δεν περιορίζονται, φυσικά, μόνο σε κτίρια που δεν έχουν ανεγερθεί ακόμα. Οι κυριότερες δράσεις με τις οποίες επιτυγχάνεται αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, τόσο σε υπό ανέγερση όσο και σε υφιστάμενα κτίρια, είναι:

- Η κατασκευή προεξοχών-ραφιών (light shelves) στα εξωτερικά ανοίγματα για την εκτροπή του άμεσου φωτός στο εσωτερικό με ταυτόχρονη αποφυγή της θάμβωσης. Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία, με ανακλαστική επιφάνεια, που στερεώνονται στα πλαίσια των ανοιγμάτων και κατευθύνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού, αυξάνοντας τη στάθμη του φωτισμού σε απομακρυσμένες από τα παράθυρα ζώνες, μειώνοντας παράλληλα τη στάθμη φωτισμού στη ζώνη των παραθύρων. Για την αποτελεσματική λειτουργία τους απαιτείται υψηλή ανακλαστικότητα της οροφής και των τοίχων του χώρου. Η χρήση τους είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε εργασιακούς χώρους, όπου απαιτείται ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού. Αποφεύγεται να συνδυάζονται με αισθητήρες φωτισμού (που συνήθως τοποθετούνται στην οροφή των χώρων), καθώς η ανακατεύθυνση προς την οροφή των ακτίνων του ηλίου, που προκαλούν τα ράφια φωτισμού, συχνά προκαλεί προβλήματα λειτουργίας στους αισθητήρες.



Σχήμα 2.2. Ράφι φωτισμού (light shelf) που εξασφαλίζει θέα (κάτω μέρος παραθύρου) και ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού.

- Η χρησιμοποίηση ανακλαστικών περσίδων, κινητών δηλαδή ανακλαστικών στοιχείων, μικρού μεγέθους, που τοποθετούνται στην εσωτερική ή την εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος ή και μεταξύ διπλών κουφωμάτων. Ως σύστημα φυσικού φωτισμού λειτουργούν όπως και τα ράφια φωτισμού, εκτρέποντας της ηλιακές ακτίνες προς την επιθυμητή κατεύθυνση στο χώρο (κατά προτίμηση στην οροφή). Οι κινητές περσίδες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές καθώς επιτρέπουν εύκολα τη ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 2.2. Κινητές ανακλαστικές περσίδες.

Πηγή: Nulight Solutions.

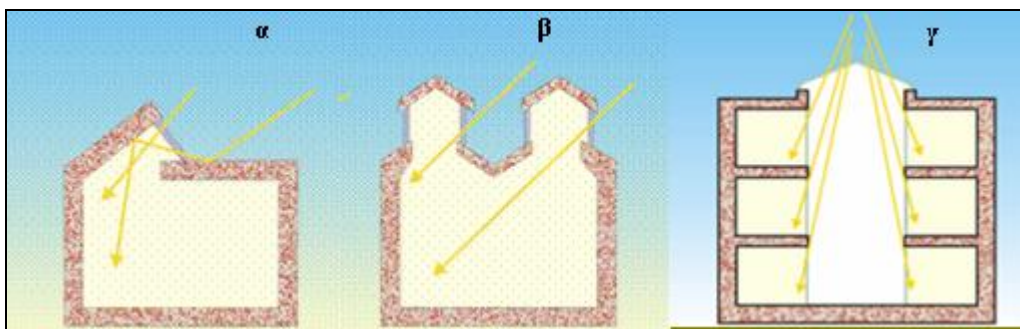
- Η χρησιμοποίηση ειδικών υαλοπινάκων που διαχέουν το φως περιορίζοντας τη θάμβωση,
- Η εγκατάσταση εξωτερικών ή εσωτερικών σκιάστρων (σταθερών ή κινητών) ή αρχιτεκτονικών προεξοχών (μαρκιζών) ή εσωτερικών ανακλαστικών επιφανειών (light shelves) που επιτυγχάνουν σκίαση αλλά και κατευθυνόμενη διάχυση στο εσωτερικό,
- Η εγκατάσταση φωτοσωλήνων για τη μεταφορά της ηλιακής ακτινοβολίας στους εσωτερικούς χώρους ή ο συνδυασμός αυτών με ηλιοστάτες που επιτυγχάνουν υψηλότερη συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 2.3. Φωτοσωλήνες.

Πηγή: CLEAR (Comfortable Low Energy ARchitecture).

- η δημιουργία ανοιγμάτων στην οροφή ή η δημιουργία αιθρίου. Τα ανοίγματα στην οροφή, παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φωτός από τον ουράνιο θόλο και λόγω της θέσης τους συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός μέσα στους χώρους. Τα αίθρια, είτε ανοιχτά, είτε με κάλυψη, συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας καθώς επιτρέπουν την είσοδο φωτεινής ακτινοβολίας στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου. Βοηθούν στην αύξηση της στάθμης του φωτισμού των χώρων (και στην ομοιογενή κατανομή του, εφόσον αυτοί φωτίζονται και από κατακόρυφα ανοίγματα) και παρέχουν διάχυτο φως (από τον ουρανό και από τις επάλληλες ανακλάσεις στο εσωτερικό τους), συντελώντας στην ομοιόμορφη κατανομή του χωρίς θάμβωση.



Σχήμα 2.3. Ανοίγματα στην οροφή (α, β) και δημιουργία αιθρίου (γ).

Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Οι ανωτέρω τεχνικές είναι ενδεικτικές καθώς αναπτύσσονται συνεχώς νέες πιο προηγμένες με αντίστοιχους στόχους. Αρκετές από αυτές εντάσσονται στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Οι περισσότερες ενδείκνυνται κυρίως σε νέα κτίρια ενώ μερικές μπορούν να εφαρμοσθούν σε υφιστάμενα αλλά με υψηλότερο κόστος. Ούτως ή άλλως, η εφαρμογή των περισσότερων από τις τεχνικές αυτές σε χώρες με μεγάλη ηλιοφάνεια απαιτεί σοβαρή μελέτη ώστε να μην επιβαρύνουν το ψυκτικό φορτίο των κτιρίων.

Η παραπάνω παρουσίαση των αρχιτεκτονικών λύσεων, έστω και συνοπτική, είναι επαρκής. Περαιτέρω ανάλυση εκφεύγει των στόχων του παρόντος, δεδομένου ότι η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αποτελεί από μόνη της ένα ολόκληρο τεχνολογικό κλάδο. Τα ενεργειακά οφέλη είναι αδύνατον να εκτιμηθούν, έστω και κατά τάξη μεγέθους, διότι απαιτούν τον συνυπολογισμό όλων των ενεργειακών παραμέτρων (θέρμανση, ψύξη, φωτισμός) σε ένα ενιαίο δυναμικό μοντέλο. Σε γενικές γραμμές πάντως, το κόστος αυτών των τεχνικών λύσεων είναι αρκετά υψηλό, γεγονός που προβληματίζει τους κατασκευαστές και τους καθιστά επιφυλακτικούς, ιδιαίτερα αν συγκριθεί με το αρκετά χαμηλότερο κόστος των παρεμβάσεων που περιγράφηκαν στις προηγούμενες παραγράφους [8, 18].

2.3. Διαχείριση συστήματος φωτισμού για εξοικονόμηση ενέργειας

Εκτός από τη χρησιμοποίηση φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων υψηλής απόδοσης και την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, περαιτέρω ενεργειακή εξοικονόμηση και μείωση του κόστους λειτουργίας μπορεί να επιτευχθεί και με έλεγχο διαχείρισης της ενέργειας στα συστήματα φωτισμού.

2.3.1. Προβλεπόμενος προγραμματισμός

Η στρατηγική του προβλεπόμενου προγραμματισμού (predictable scheduling) χρησιμοποιείται σε ένα κτίριο στο οποίο οι δραστηριότητες επαναλαμβάνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας και τα φωτιστικά σώματα όλου του ελεγχόμενου χώρου μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ένα σταθερό πρόγραμμα. Βέβαια, υπάρχει δυνατότητα παρέμβασης σε περίπτωση που υπάρχουν αλλαγές στο πρόγραμμα των δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα οι δραστηριότητες του χρόνου άφιξης και αναχώρησης του προσωπικού, οι περίοδοι του μεσημεριανού γεύματος και οι ώρες καθαρισμού είναι προβλεπόμενοι για τις εργάσιμες μέρες, τα σαββατοκύριακα και τις διακοπές συνήθως σε κτίρια γραφείων, σχολείων, βιβλιοθηκών και άλλων εμπορικών κτιρίων.

Η στρατηγική του προβλεπόμενου προγραμματισμού είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν έχει καθοριστεί σωστά το πρόγραμμα του κύκλου εργασιών για ολόκληρη την ελεγχόμενη περιοχή. Τέτοιες στρατηγικές μπορούν να μειώσουν την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια έως και 40% μέσω της εξάλειψης της ενέργειας που δαπανάται από τα φωτιστικά σώματα που λειτουργούν σε περιοχές χωρίς προσωπικό. Ο αυτόματος προγραμματισμός απαλλάσσει το προσωπικό από το βάρος της λειτουργίας του ελέγχου φωτισμού και μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σαν χρόνος σηματοδότησης ιδιαίτερων δραστηριοτήτων όπως είναι το άνοιγμα και το κλείσιμο καταστημάτων (αρχή και τέλος λειτουργίας τους). Επιπρόσθετα για να μην υπάρχει κίνδυνος να "βυθιστούν" στο σκοτάδι οι χρήστες του χώρου κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού με προβλεπόμενο προγραμματισμό πρέπει να υπάρχει πρόληψη για την παράκαμψη του προγράμματος από τους χρήστες [19, 25-28].

2.3.2. Μη προβλεπόμενος προγραμματισμός

Πολλά γεγονότα είναι απρόβλεπτα και απρογραμματίστα όπως οι απουσίες του προσωπικού από τα γραφεία τους λόγω ασθένειας, διακοπών, συνεδριάσεων και επαγγελματικών ταξιδιών. Διάφοροι χώροι όπως οι χώροι ανάπαυσης, βοηθητικοί χώροι όπως για παράδειγμα χώροι με φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, δωμάτια με αρχεία, χώροι συσκέψεων, δωμάτια για διαλείμματα εργασίας και τα δοκιμαστήρια καταστημάτων χρησιμοποιούνται σποραδικά και δεν μπορούν να προγραμματιστούν εύκολα. Αν και αυτοί οι χώροι μπορεί να μην είναι υποκείμενοι σε ένα στενό προγραμματισμό για τη λειτουργία του φωτισμού, διάφορες τοπικές τεχνικές αυτομάτου ελέγχου μπορούν να είναι πιο αποδοτικές οικονομικά από τη συνηθισμένη εξάρτηση στην απλή χειροκίνητη λειτουργία των φωτιστικών σωμάτων.

Χαρακτηριστική και πολύ διαδεδομένη περίπτωση εφαρμογής του μη προβλεπόμενου προγραμματισμού είναι ο έλεγχος παρουσίας, ο οποίος επιτυγχάνεται με αισθητήρες παρουσίας. Οι αισθητήρες παρουσίας σβήνουν τα φώτα όταν δεν ανιχνεύσουν κίνηση στο

χώρο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Όταν ανιχνεύσουν κίνηση επαναφέρουν τα φώτα σε λειτουργία.

Οι αισθητήρες παρουσίας μπορεί:

A) Να είναι είτε αυτόνομοι είτε συνδεδεμένοι σε σύστημα ελέγχου και μπορούν να τοποθετηθούν σε τοίχο ή σε οροφή. Αυτοί ήταν οι πρώτοι τύποι ανιχνευτών παρουσίας που χρησιμοποιήθηκαν και παραμένουν ιδιαίτερα δημοφιλείς. Η εγκατάστασή τους απαιτεί διάνοιξη της οροφής ή του τοίχου, δεδομένου ότι πρέπει να καλωδιωθούν με το σύστημα ηλεκτρική παροχής. Αυτό συνεπάγεται σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης όταν η εγκατάσταση γίνεται εκ των υστέρων (στις περιπτώσεις ανακαινίσεων).

B) Να υπάρχουν όλα τα εξαρτήματα στο ίδιο κεντρικό σημείο και να μπορούν εύκολα να καλωδιωθούν σε υπάρχοντα κουτιά στον χώρο. Αυτή είναι πιο πρόσφατη τεχνολογία, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς χώρους γραφείων, σε περιπτώσεις ανακαινίσης, με αντικατάσταση των κοινών διακοπών τοίχου. Έχουν περιορισμένη ευελιξία δεδομένου ότι η θέση του σημείου όπου τοποθετούνται είναι σταθερή, συνήθως σε ύψος 110cm από τη στάθμη του δαπέδου. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι οι διαχωριστικοί τοίχοι και τα έπιπλα μπορεί να περιορίσουν την εμβέλειά τους. Ωστόσο, σε κατάλληλους χώρους (μικρά γραφεία και αίθουσες συνεδριάσεων που έχουν επίτοιχους διακόπτες) η τοποθέτησή όλων των εξαρτημάτων στο ίδιο κεντρικό σημείο είναι πολύ οικονομική δεδομένης της χαμηλής τιμής τους και το κόστος εγκατάστασης είναι σχεδόν αμελητέο.

Κριτήριο για την επιλογή ενός συστήματος ελέγχου παρουσίας είναι η χρήση του χώρου. Οι ενδεικνύομενες εφαρμογές για συστήματα ελέγχου παρουσίας είναι οι χώροι στους οποίους η χρήση είναι διακοπτόμενη ή απρόβλεπτη, π.χ. χώροι φωτοτυπικών, αποθήκες, υπηρεσιακοί διάδρομοι.

Στους αισθητήρες παρουσίας δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται λαμπτήρες εκκένωσης μεγάλης έντασης (εκτός ειδικών περιπτώσεων), καθώς οι λαμπτήρες αυτοί απαιτούν κάποιο χρόνο έως την πλήρη έναυσή τους και επομένως αρκετά λεπτά για να επανέλθουν σε πλήρη λειτουργία [8].

Στρατηγικές με μη προβλεπόμενο προγραμματισμό (unpredictable scheduling) που χρησιμοποιούν αισθητήρες παρουσίας-κίνησης μπορούν να εξοικονομούν ενέργεια μέχρι και 60% σε ορισμένες περιπτώσεις. Για να αξιολογηθούν τα οφέλη των αυτόματων ελέγχων είναι σημαντικό πρώτα να καθορίζεται το χρονικό διάστημα που ένας χώρος είναι κενός. Είναι σημαντικό να έχει προβλεφθεί κάποια χρονική υστέρηση στο σύστημα, καθώς ο χρήστης μπορεί να παραμείνει ακίνητος για μικρά χρονικά διαστήματα ενώ συνεχίζει να βρίσκεται μέσα στο χώρο και δεν επιθυμεί να σβήσουν τα φώτα πριν την έξοδό του από το χώρο. Απαιτείται προσοχή στην επιλογή των ανιχνευτών καθώς ο βαθμός ευαισθησίας τους ποικίλει.

Σημαντικό είναι όμως να λαμβάνεται υπ' όψιν ότι η έναρξη ή διακοπή της λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων μπορεί να ενοχλεί τους χρήστες των παρακείμενων γραφείων, όπως συμβαίνει σε ένα γραφείο ανοικτού χώρου. Για λόγους αισθητικής, ασφάλειας και ικανοποίησης των χρηστών ο φωτισμός σε αυτούς τους χώρους μπορεί να βρίσκεται σε χαμηλότερη στάθμη φωτισμού παρά να είναι πλήρως σβηστός. Σήμερα οι αισθητήρες παρουσίας χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν το φωτισμό, τον κλιματισμό και τον εξοπλισμό

γραφείων (π.χ., οθόνες υπολογιστών) και είναι τοποθετημένοι σε γραφεία, αποθήκες εμπορευμάτων, βιβλιοθήκες, βοηθητικούς χώρους αλλά και σε άλλους χώρους [19, 25-28].

2.3.3. Διατήρηση των επιπέδων φωτισμού

Τα συστήματα φωτισμού σχεδιάζονται έτσι ώστε να διασφαλίζεται ένα ελάχιστο επίπεδο έντασης φωτισμού κάτω από το οποίο η ένταση φωτισμού του συστήματος δεν πρέπει να μειωθεί. Με άλλα λόγια η ένταση φωτισμού πρέπει να διατηρείται πάνω από αυτήν την ελάχιστη τιμή. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, το επίπεδο φωτισμού ενός νέου συστήματος φωτισμού πρέπει να υπερβαίνει το επίπεδο φωτισμού που πρέπει να επιτευχθεί από το σχεδιασμό (target illuminance level) κατά 20% με 35%. Έτσι το σύστημα φωτισμού θα μπορέσει να αντισταθμίσει τη μείωση των επιπέδων φωτισμού με το χρόνο λόγω της:

- Μείωσης του ποσού του φωτισμού που εκπέμπεται από το λαμπτήρα λόγω γήρανσης (lamp lumen depreciation).
- Μείωσης της φωτιστικής απόδοσης των φωτιστικών σωμάτων εξαιτίας της αύξησης του ποσοστού της επικάλυψης σωματιδίων (βρωμιάς) στην επιφάνειά τους με το χρόνο (luminaire dirt depreciation).
- Μείωσης του συντελεστή ανάκλασης στις επιφάνειες του δωματίου λόγω αύξησης του ποσοστού της επικάλυψης σωματιδίων (βρωμιάς) στην επιφάνειά τους με το χρόνο (room surface dirt depreciation).

Η στρατηγική ελέγχου διατήρησης των επιπέδων του φωτισμού (lumen maintenance) προϋποθέτει τη μείωση των επιπέδων φωτισμού του αρχικού συστήματος στο επίπεδο φωτισμού που πρέπει να επιτευχθεί από το σχεδιασμό, δηλαδή να μην υπάρχει η προαναφερθείσα διαφορά του 20% με 35% μεταξύ τους. Δεδομένου ότι θα αρχίσει η μείωση των επιπέδων φωτισμού με το χρόνο, περισσότερη ισχύς θα εφαρμόζεται στους λαμπτήρες προκειμένου να διατηρείται σταθερά η παραγωγή φωτισμού από τους λαμπτήρες και επακόλουθα να παραμένει σταθερό το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού του συστήματος. Κατά συνέπεια, η πλήρης ισχύς θα εφαρμόζεται μόνο κοντά στο τέλος της περιόδου συντήρησης των φωτιστικών σωμάτων, μειώνοντας σημαντικά την ενεργειακή κατανάλωση κατά τη διάρκεια της ζωής του λαμπτήρα.

Σε ένα συμβατικό σύστημα φωτισμού τα επίπεδα φωτισμού μειώνονται κατά τη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας του και η καταναλισκόμενη ισχύς παραμένει σταθερή. Απεναντίας σε ένα σύστημα φωτισμού με στρατηγική ελέγχου διατήρησης των επιπέδων του φωτισμού τα επίπεδα φωτισμού παραμένουν σταθερά κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, ενώ υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας, αφού η ισχύς αυξάνεται σταδιακά μέχρι την σταθερή τιμή που έχει το συμβατικό σύστημα.

Η στρατηγική ελέγχου διατήρησης των επιπέδων φωτισμού μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια ενός συστήματος που ρυθμίζει τη στάθμη του φωτισμού (dimming system) και τους αισθητήρες φωτισμού. Το σύστημα ελέγχου με διατήρηση των επιπέδων φωτισμού είναι πιο αποδοτικό οικονομικά όταν ελέγχονται από κοινού μεγάλες συστοιχίες φωτιστικών σωμάτων. Οι λαμπτήρες πρέπει να αλλάζονται ομαδικά διατηρώντας θεωρητικά σε όλα τα φωτιστικά σώματα την ίδια παραγωγή φωτισμού έτσι ώστε το σύστημα ελέγχου να είναι πιο αποτελεσματικό ως προς τη μείωση της ενέργειας και των δαπανών συντήρησής του [19].

2.3.4. Ρύθμιση των επιπέδων φωτισμού ανά περιοχή εκτέλεσης εργασιών

Συνήθως το σύστημα φωτισμού σχεδιάζεται για να παράγει ομοιόμορφα επίπεδα φωτισμού σε όλο το χώρο που τοποθετείται. Παρόλα αυτά με τη στρατηγική ελέγχου ρύθμισης των επιπέδων φωτισμού ανά περιοχή (task tuning), το σύστημα φωτισμού μπορεί να ρυθμιστεί έτσι ώστε να παρέχει τον κατάλληλο τοπικό φωτισμό, όπου απαιτείται. Τα επίπεδα φωτισμού μπορούν να μειωθούν σε χώρους όπως είναι οι διάδρομοι και οι χώροι υποδοχής και να αυξηθούν σε περιοχές όπου υπάρχουν υψηλότερες απαιτήσεις σε επίπεδα φωτισμού.

Σημαντικά είναι τα ποσά εξοικονόμησης ενέργειας με βάση αυτόν τον έλεγχο φωτισμού. Η στρατηγική αυτή οδηγεί σε πιο αποδοτική χρήση της ενέργειας χωρίς να υπάρχει πρόβλημα με την επάρκεια φωτισμού και θυσία της οπτικής άνεσης των χρηστών. Ο έλεγχος με ρύθμιση των επιπέδων φωτισμού πραγματοποιείται με τη μεταβολή της παραγωγής φωτισμού μεμονωμένων ή μικρών ομάδων φωτιστικών σωμάτων. Δεδομένου ότι ο φωτισμός είναι απαραίτητο να ρυθμίζεται περιστασιακά εξαιτίας μιας αλλαγής χρήσης του χώρου ή μιας δραστηριότητας που εκτελείται, η ρύθμιση πρέπει να μπορεί να γίνεται συχνά και χειροκίνητα. Ο έλεγχος φωτισμού είναι σε θέση να μπορεί να ρυθμίζει μια ζώνη με φωτιστικά σώματα [19].

2.3.5. Εξισορρόπηση λαμπρότητας

Ο σχεδιασμός του συστήματος φωτισμού υπαγορεύει συχνά τα όρια της έντασης φωτισμού και λαμπρότητας στο εσωτερικό και μεταξύ των χώρων ενός κτιρίου. Ένας από τους στόχους του σωστού σχεδιασμού είναι η εξισορρόπηση των διαφορετικών επιπέδων έντασης φωτισμού έτσι ώστε η θάμβωση (glare) και οι σκιές να μειώνονται. Για παράδειγμα, ένας έλεγχος φωτισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετριάσει την πολύ υψηλή ένταση φωτισμού που εισέρχεται από τα παράθυρα στο εσωτερικό των χώρων. Μια τέτοια τεχνική ελέγχου είναι ο περιορισμός του φυσικού φωτισμού που εισάγεται στο χώρο μέσα από σκίαστρα ή περσίδες.

Μια άλλη τεχνική με αντίθετα αποτελέσματα για τους εσωτερικούς χώρους είναι η αύξηση της έντασης του φωτισμού που παράγεται από τον τεχνητό φωτισμό. Συχνά, ο έλεγχος φωτισμού χρησιμοποιείται για να εξισορροπηθούν επίπεδα φωτισμού μεταξύ δύο χώρων που έχουν διαφορετικά επίπεδα έντασης φωτισμού ή τιμές λαμπρότητας. Ίσως το πιο κοινό παράδειγμα τέτοιου ελέγχου είναι ο φωτισμός σηράγγων. Η λαμπρότητα που παράγεται από το τεχνητό φωτισμό στη ζώνη εισόδου μιας σήραγγας εξαρτάται από τη λαμπρότητα του φυσικού φωτισμού στο στόμιο της σύραγγας, με την υψηλότερη λαμπρότητα να παράγεται από τον τεχνητό φωτισμό κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης ημέρας απ' ότι σε μια νεφοσκεπή [19].

2.3.6. Χειροκίνητος έλεγχος

Ο χειροκίνητος έλεγχος (manual switching) βασίζεται, ουσιαστικά, στο σωστό σχεδιασμό του συστήματος φωτισμού, των κυκλωμάτων και των διακοπών. Εφόσον γίνει σωστός σχεδιασμός, θα γίνει ευκολότερο και πιο ευέλικτο το άνοιγμα και το κλείσιμο των διακοπών

από τους χρήστες, με απώτερη συνέπεια την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο σωστός σχεδιασμός ενός συστήματος φωτισμού βασίζεται στις ακόλουθες οδηγίες:

- Κάθε ανεξάρτητο γραφείο πρέπει να έχει το δικό του διακόπτη ελέγχου, με δυνατότητα επιλογής δύο επιπέδων φωτισμού.
- Σε γραφεία που βρίσκονται σε μεγάλους και ανοιχτούς χώρους, οι χώροι εργασίας με κοινή χρήση και ίδια επίπεδα φωτισμού πρέπει να ομαδοποιούνται σε ένα κύκλωμα φωτισμού.
- Όταν υπάρχουν φωτιστικά σώματα με τρεις ή τέσσερις λαμπτήρες φωτισμού, τότε οι μεσαίοι λαμπτήρες πρέπει να συνδεθούν σε ένα ξεχωριστό κύκλωμα ανεξάρτητα από τους εξωτερικούς λαμπτήρες. Αυτή η συνδεσμολογία παράγει διαφορετικά επίπεδα φωτισμού ανάλογα με τον αριθμό των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται.
- Όταν υπάρχουν αρκετά φωτιστικά σώματα σε έναν ενιαίο χώρο, τότε τα γειτονικά φωτιστικά σώματα πρέπει να τοποθετούνται σε κυκλώματα φωτισμού εναλλάξ έτσι ώστε να υπάρχει επιλογή επιπέδου φωτισμού με τη μισή ένταση.
- Τα φωτιστικά σώματα περιμετρικά των χώρων με εξωτερικά ανοίγματα πρέπει να ελέγχονται ανεξάρτητα από τα φωτιστικά σώματα του υπόλοιπου χώρου.
- Στους χώρους με φυσικό φωτισμό πρέπει να εξασφαλίζεται η δυνατότητα σβέσης τουλάχιστον του 50% των λαμπτήρων που βρίσκονται εντός αυτών [4].
- Χώροι με υψηλές απαιτήσεις φωτισμού πρέπει να διαθέτουν χωριστούς διακόπτες από άλλους χώρους με χαμηλότερες απαιτήσεις φωτισμού.
- Για επιφάνεια μεγαλύτερη από 15m^2 ο τεχνητός φωτισμός πρέπει να ελέγχεται με χωριστούς διακόπτες [4].

2.3.7. Εξομάλυνση φορτίου και μείωση της ζήτησης ισχύος

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας όσον αφορά στο φωτισμό σε ένα κτίριο μπορεί να μειωθεί αποτελεσματικά με τον έλεγχο της μείωσης της ζήτησης ισχύος για μικρές χρονικές περιόδους. Η επιλεκτική μείωση της έντασης φωτισμού στους λιγότερο σημαντικούς χώρους του κτιρίου μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε περιοχές όπου η μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας εμφανίζεται το καλοκαίρι. Μια σχετική μείωση στην ισχύ για φωτισμό μπορεί να μειώσει έμμεσα την ισχύ για κλιματισμό. Οι έλεγχοι με εξομάλυνση φορτίου και μείωση της ζήτησης ισχύος (load shedding and demand reduction) περιλαμβάνουν πολλές εφαρμογές οι οποίες βοηθούν στο να αποφεύγονται συσκοτίσεις έτσι ώστε η εξοικονόμηση ενέργειας στις ώρες αιχμής να είναι σημαντική [19].

2.3.8. Διόρθωση του συντελεστή ισχύος είτε τοπικά στο φωτιστικό είτε κεντρικά στον πίνακα διανομής

Το πρόβλημα του χαμηλού συντελεστή ισχύος στις εγκαταστάσεις φωτισμού είναι θεωρητικά μάλλον αμελητέο, δεδομένου ότι οι σοβαροί κατασκευαστές ενσωματώνουν στα φωτιστικά τους τα απαραίτητα εξαρτήματα (πυκνωτές κ.λπ.) που βελτιώνουν τον συντελεστή ισχύος. Σημειώνεται πάντως ότι, ειδικά στα φωτιστικά με ηλεκτρονικά ballast και ρυθμιστές, η διόρθωση αυτή αφορά συνήθως μόνο στον συντελεστή διαφοράς φάσης ($\cos\phi$). Όμως, αυτές οι ηλεκτρονικές διατάξεις παράγουν αρμονικά ρεύματα τα οποία είναι αρκετά δύσκολο να μειωθούν. Αυτό έχει σαν συνέπεια την εμφάνιση χαμηλού συντελεστή ισχύος ($\text{power factor} \ll 1$) ακόμη και αν ο συντελεστής διαφοράς φάσης προσεγγίζει τη μονάδα ($\cos\phi \gg 0,9$). Η εξάλειψη των αρμονικών διαταραχών είναι ένα πολύ σύνθετο πρόβλημα και απαιτεί υψηλό

κόστος το οποίο δύσκολα αποσβένεται. Αν οι αρμονικές δεν δημιουργούν άλλα λειτουργικά προβλήματα, τότε η επένδυση για την εξάλειψή τους είναι συνήθως ασύμφορη. Σε κάθε περίπτωση πάντως πρέπει να επιδιώκεται η εφικτή βελτίωση του συντελεστή διαφοράς φάσης. Προς τούτο απαιτείται η χρησιμοποίηση φωτιστικών με διορθωμένο cosφ και στην περίπτωση που υπάρχουν οδεύσεις καλωδίων μεγάλου μήκους να γίνεται διόρθωση κεντρικά, εφ' όσον φυσικά δεν πρόκειται για πελάτες μέσης τάσης οπότε η διόρθωση είναι συμβατική υποχρέωση [18].

2.3.9. Συστήματα κεντρικής διαχείρισης

Τα συστήματα κεντρικής διαχείρισης κτιρίων (Building Energy Management Systems – BEMS) συνιστούν ολοκληρωμένη λύση για την εποπτεία της λειτουργίας των κτιρίων, τον έλεγχο των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων (και όχι μόνο) και τη διαχείρισή τους. Η ορθολογική χρήση ενέργειας είναι μια μόνο από τις παραμέτρους που επηρεάζεται από την ύπαρξη αυτών των συστημάτων και η συνεπαγόμενη εξοικονόμηση ενέργειας ένα μόνο από τα πλεονεκτήματα της λειτουργίας τους. Η ανάλυση των χαρακτηριστικών ενός τέτοιου συστήματος εκφεύγει του αντικείμενου του παρόντος. Αναφέρεται μόνον ότι όλες οι παραπάνω λειτουργίες τοπικών αυτοματισμών μπορούν να εκτελεσθούν από ένα στοιχειωδώς απλό BEMS. Επιπλέον, οι αυτοματοποιημένες λειτουργίες δεν αντιμετωπίζονται αυτόνομα και τοπικά σε κάθε διακριτό χώρο αλλά ενσωματώνονται στο ολοκληρωμένο σύστημα του κτιρίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη διασύνδεση των αυτοματισμών και την αλληλοεπίδραση των διακριτών λειτουργιών.

Ουσιαστική επίσης είναι η διαφορά στο κόστος εγκατάστασης. Το κόστος εγκατάστασης αυτόνομων αυτοματισμών σε περισσότερους διακριτούς χώρους είναι σχεδόν ακέραιο πολλαπλάσιο της εγκατάστασης του ενός. Αντίθετα, στο ολοκληρωμένο BEMS του κτιρίου οι επί μέρους μονάδες έχουν πολλαπλές λειτουργίες με συνέπεια τον επιμερισμό του κόστους. Τα BEMS εξοικονομούν ενέργεια στη θέρμανση και ψύξη των κτιρίων, στο φωτισμό αλλά και σε άλλες καταναλώσεις (ζεστό νερό χρήσης, αρδεύσεις, ανελκυστήρες κ.λπ.). Έχει διαπιστωθεί με μετρήσεις εξειδικευμένων φορέων ότι η εγκατάσταση συστήματος κεντρικής διαχείρισης επιτυγχάνει, σε συνδυασμό με τις δράσεις που ελέγχει, εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό από 10% έως 35% ανάλογα με το είδος της χρήσης του κτιρίου.

Το κόστος εγκατάστασης συστήματος κεντρικής διαχείρισης είναι αρκετά υψηλότερο από το αντίστοιχο μιας συμβατικής εγκατάστασης. Όμως, η εφαρμογή του σε σύγχρονα επαγγελματικά κτίρια αποσβένει το κόστος της σε λογικό χρονικό διάστημα, καθιστώντας την επένδυση συμφέρουσα. Οποσδήποτε, για την εγκατάσταση BEMS απαιτείται τεχνοοικονομική μελέτη η οποία θα εκτιμήσει το χρόνο απόσβεσης σύμφωνα με τις λειτουργίες του κτιρίου. Η συνεχιζόμενη διείσδυση των BEMS στην κατασκευή κτιρίων και η συνεπαγόμενη αύξηση των πωλήσεων θα μειώσει περαιτέρω το κόστος τους και το χρόνο απόσβεσης, αυξάνοντας έτσι ακόμα περισσότερο τα οφέλη, ενεργειακά και λειτουργικά, από μια τέτοια επένδυση [18].

2.3.10. Εφαρμογή προγράμματος συντήρησης της εγκατάστασης φωτισμού

Η απόδοση μιας εγκατάστασης φωτισμού μειώνεται με το χρόνο λόγω της επικάθισης ρύπων στις επιφάνειες των φωτιστικών και των λαμπτήρων, της γήρανσης των υλικών των

φωτιστικών τα οποία συμμετέχουν στην εκπομπή φωτός (ανακλαστήρες, περσίδες, διαχύτες κ.λ.π.) καθώς και της γήρανσης των λαμπτήρων και των ballast. Οι παράγοντες αυτοί συνιστούν το συντελεστή συντήρησης της εγκατάστασης φωτισμού ο οποίος εκφράζει τη μείωση της απόδοσής της σε σχέση με την αρχική. Η μείωση αυτή λαμβάνεται υπ' όψη κατά τη μελέτη φωτισμού και για να αντισταθμιστεί προσαυξάνεται ο αριθμός των φωτιστικών ώστε το επίπεδο φωτισμού να μην πέφτει κάτω από την επιθυμητή τιμή λόγω της αναπόφευκτης μείωσης της απόδοσης που θα επέλθει με το πέρασμα του χρόνου.

Εξειδικευμένοι φορείς που διεξήγαγαν μετρήσεις σε εγκαταστάσεις φωτισμού κτιρίου γραφείων διαπίστωσαν ότι η μείωση του φωτισμού στις πλημμελώς συντηρημένες εγκαταστάσεις υπερβαίνει το 40% ενώ αν η συντήρηση είναι τακτική τότε η μείωση δεν υπερβαίνει το 25%. Οι μετρήσεις που έγιναν σε τυπικούς επαγγελματικούς χώρους οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι εξοικονομείται ενέργεια της τάξης του 15% εάν τα φωτιστικά καθαρίζονται ανά έτος με ταυτόχρονη αντικατάσταση του 1/3 των λαμπτήρων (έστω και αν λειτουργούν). Αξίζει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με τους φορείς που διεξήγαγαν τις μετρήσεις, στην πλημμελώς συντηρημένη εγκατάσταση ο καθαρισμός και η αντικατάσταση των λαμπτήρων γίνονταν ανά 3 χρόνια.

Σημειώνεται ότι η απόδοση των απλών λαμπτήρων φθορισμού μειώνεται κατά 30% όταν υπερβούν το 70% της διάρκειας ζωής τους. Το ποσοστό αυτό είναι ενδεικτικό και δεν χαρακτηρίζει όλους τους τύπους των λαμπτήρων. Ο βαθμός μείωσης εξαρτάται από τον τύπο του λαμπτήρα και το είδος της έναυσης. Αρκετοί κατασκευαστές παρέχουν, πέραν της μέσης διάρκειας ζωής, την οικονομική διάρκεια ζωής η οποία υποδηλώνει το χρόνο λειτουργίας πέραν του οποίου η λειτουργία του λαμπτήρα είναι ασύμφορη. Άρα, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των λαμπτήρων της εγκατάστασης φωτισμού θα πρέπει να λαμβάνονται από το πρόγραμμα συντήρησης ώστε να αντικαθίστανται έγκαιρα και οπωσδήποτε πριν το τέλος της ζωής τους.

Η κάθε επιχείρηση οφείλει να τηρεί τακτικό πρόγραμμα συντήρησης σύμφωνα με το οποίο σε καθορισμένο χρόνο θα ανοίγονται τα φωτιστικά, θα καθαρίζονται εσωτερικά και εξωτερικά και θα αντικαθίστανται οι λαμπτήρες και τα άλλα εξαρτήματα που επηρεάζονται από τη γήρανση (εκκινητές, ballast κ.λ.π.). Στο πρόγραμμα θα πρέπει να αναφέρεται ο τύπος των υλικών της εγκατάστασης και ο συνιστώμενος χρόνος αντικατάστασής τους ο οποίος θα διαφέρει κατά περίπτωση (μικρότερος για τους λαμπτήρες, μεγαλύτερος για τα ballast κ.λ.π.). Λαμβανομένων υπ' όψιν των πλημμελών συνθηκών συντήρησης των φωτιστικών στη χώρα μας, εκτιμάται ότι η εξοικονόμηση ενέργειας θα είναι μεγαλύτερη του 15% που μετρήθηκε σε χώρες με πιο οργανωμένα και αυστηρά προγράμματα λειτουργίας.

Συνοψίζοντας για όλες τις στρατηγικές ελέγχου φωτισμού για εξοικονόμηση ενέργειας που αναφέρθηκαν, η εφαρμογή των προτάσεων που προτείνονται παραπάνω αποφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και λειτουργικού κόστους. Η επιλογή των πλέον ενδεδειγμένων ώστε να είναι τεχνικά εφαρμόσιμες και οικονομικά επωφελείς απαιτεί μελέτη των χαρακτηριστικών και της μορφής των κτιρίων. Πιθανόν να μην εφαρμοστούν όλες. Όμως, ακόμη και με την εφαρμογή των πιο απλών από αυτές, η εξοικονόμηση που θα προκύψει (τουλάχιστον 20%) θα είναι πέραν και των πιο ευοίωνων προοπτικών [18].

2.4. Στρατηγικές ελέγχου φωτισμού για αισθητικούς λόγους

Παρότι δεν αποτελεί στοιχείο μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας, αξίζει να αναφερθεί ότι οι στρατηγικές ελέγχου του φωτισμού μπορεί να στοχεύουν, εκτός από τη δαιχείριση και εξοικονόμηση της ενέργειας, και στην αισθητική αναβάθμιση του χώρου. Ο έλεγχος φωτισμού για αισθητικούς λόγους (aesthetic control strategies) παρέχει τη δυνατότητα να μεταβάλλονται οι λειτουργίες του χώρου δημιουργώντας ταυτόχρονα συναισθηματική ευφορία, προσφέροντας έλεγχο στην ποιότητα του φωτισμού, τη διάθεση των χρηστών και το χρώμα του χώρου στον οποίο είναι εγκαταστημένος.

Ο έλεγχος φωτισμού για αισθητικούς λόγους περιλαμβάνει διακόπτες (switching) και ρυθμιστές της στάθμης του φωτισμού (dimming) για τη δημιουργία διαφορετικών "σκηνών" ή "σεναρίων" φωτισμού. Ο έλεγχος φωτισμού με ρύθμιση της στάθμης του φωτισμού μπορεί να παρέχει δυναμικά αποτελέσματα ή να δημιουργεί περιβάλλον με ισχυρά σημεία εστίασης. Αλλαγές στις σκηνές του φωτισμού μπορούν να λαμβάνουν χώρα γρήγορα για να δημιουργήσουν ενθουσιασμό ή με πιο λεπτό τρόπο για να δημιουργήσουν μια ομαλή μετάβαση μεταξύ δυο διαφορετικών λειτουργιών στο χώρο.

Σε πολλές εφαρμογές ελέγχου για αισθητικούς λόγους είναι απαραίτητο να υπάρχει έλεγχος της έντασης φωτισμού μέσα από μια μεγάλη κλίμακα τιμών. Για παράδειγμα, σε ένα δωμάτιο συσκέψεων πρέπει να υπάρχει υψηλή στάθμη της έντασης φωτισμού όπως απαιτείται για εφαρμογές ανάγνωσης, ενώ για μια εφαρμογή παρουσίασης διαφανειών η στάθμη φωτισμού πρέπει να μεταβεί στο ένα δέκατο ή και λιγότερο της στάθμης που απαιτείται για ανάγνωση. Είναι σημαντικό, λοιπόν, να χρησιμοποιούνται πηγές φωτισμού που να μπορούν να μειώνουν κατάλληλα την ένταση φωτισμού που εκπέμπουν. Στους συνηθισμένους λαμπτήρες πυράκτωσης και στους λαμπτήρες πυράκτωσης χαμηλής τάσης (12Volt) μπορεί να μειώνεται η ένταση φωτισμού μέχρι να σβήσουν (μηδενική παραγωγή φωτισμού). Στους λαμπτήρες φθορισμού μπορεί να μειώνεται η ένταση φωτισμού μέχρι το 5% της παραγωγής του αρχικού φωτισμού όταν χρησιμοποιούνται κατάλληλα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων φθορισμού με ρύθμιση της στάθμης φωτισμού (Electronic Dimming Ballasts, EDBs). Στους λαμπτήρες νέον (Neon) και ψυχρής καθόδου μπορεί να μειώνεται η ένταση φωτισμού περίπου μέχρι το 10% της μέγιστης παραγωγής φωτισμού. Στους λαμπτήρες εκκενώσεως υπό υψηλή πίεση (High-Intensity Discharge lamps, HIDs) μπορεί να μειώνεται η ένταση φωτισμού περίπου μέχρι το 40% της μέγιστης παραγωγής φωτισμού, αλλά έχουν αργό χρόνο απόκρισης και ισχυρές μετατοπίσεις στην χρωματική απόδοσή τους, οι οποίες τους καθιστούν κακή επιλογή για αισθητικές εφαρμογές.

Οι στρατηγικές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο φωτισμού για αισθητικούς λόγους περιλαμβάνουν χειροκίνητους ελέγχους, προκαθορισμένα συστήματα ελέγχου και κεντρικά συστήματα ελέγχου. Ο χειροκίνητος έλεγχος με διακόπτες και ρυθμιστές έντασης φωτισμού χρησιμοποιείται συνήθως σε χώρους με εμπορική χρήση, σε κτίρια γραφείων, βιομηχανικούς χώρους και κατοικίες. Για να είναι αποτελεσματικός, ο χειροκίνητος έλεγχος πρέπει να είναι απλός και κατάλληλος για να χρησιμοποιηθεί. Ο αριθμός των κυκλωμάτων φωτισμού που ελέγχει πρέπει να είναι ελαχιστοποιημένος για να αποφεύγονται λανθασμένες επιλογές. Τα πλαίσια επιλογής σκηνών ή σεναρίων φωτισμού του χειροκίνητου ελέγχου πρέπει να είναι σαφή και να είναι μόνιμα ονοματισμένα. Η εμφάνιση των πλαισίων είναι επίσης σημαντική, οι διακόπτες και οι ρυθμιστές έντασης φωτισμού πρέπει να ταιριάζουν ο ένας με τον άλλον και να αρμόζουν στο γενικό αρχιτεκτονικό ύφος του χώρου.

Τα προκαθορισμένα συστήματα ελέγχου επιτρέπουν διαφορετικά κυκλώματα φωτισμού να ελέγχονται ταυτόχρονα. Όλα τα κυκλώματα είναι προγραμματισμένα να παρέχουν πολλαπλές σκηνές φωτισμού για διαφορετικές διαθέσεις. Κάθε μια από αυτές τις σκηνές μπορεί να επιλεγεί με την αφή ενός κουμπιού. Τα προκαθορισμένα συστήματα είναι πολύτιμα σε χώρους πολλαπλών χρήσεων όπως είναι οι χώροι συσκέψεων και οι αίθουσες χορών. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε κατοικίες και ιδιαίτερα στους χώρους του καθιστικού, τις τραπεζαρίες και σε δωμάτια πολυμέσων.

Τα κεντρικά συστήματα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού είναι τα ισχυρότερα συστήματα από το σύνολο των δυνατών επιλογών. Όπως τα θεατρικά συστήματα ρύθμισης στάθμης φωτισμού, έτσι και τα κεντρικά συστήματα έχουν τουλάχιστον μια κεντρική μονάδα ρύθμισης και διάφορους ρυθμιστές έντασης φωτισμού κατάλληλους για τον κάθε τύπο φορτίου. Οι ίδιοι ρυθμιστές έντασης φωτισμού είναι και οι συσκευές χειρισμού. Ο έλεγχος λειτουργίας είναι στη μονάδα ελέγχου, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει τους επεξεργαστές και διάφορους τύπους χειροκίνητων ή προκαθορισμένων ελέγχων.

Συνοψίζοντας και για τις δύο βασικές κατηγορίες εφαρμογής στρατηγικών ελέγχου φωτισμού, να τονισθεί πως τα οφέλη των δύο αυτών κατηγοριών δεν είναι απαραίτητα αντίρροπα. Έτσι οι στρατηγικές ελέγχου διαχείρισης της ενέργειας μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ποιότητα ενός χώρου αλλά και ο έλεγχος φωτισμού που είχε εγκατασταθεί αρχικά για λόγους αισθητικούς μπορεί να συντελέσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας [19].

Να αναφερθεί, εν κατακλείδι, ότι οι υπάρχουσες ερευνητικές μελέτες σχετικά με την εφαρμογή διαφόρων στρατηγικών ελέγχου αναφέρουν ότι είναι δυνατό να μειωθεί η γενική κατανάλωση ενέργειας για το φωτισμό έως και 80% σε ορισμένες περιπτώσεις και για συστήματα φωτισμού πολύ κακής πρότερης κατάστασης [18].

Κεφάλαιο 3^ο

Εξοπλισμός για έλεγχο φωτισμού

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται και αναλύονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά και ο τρόπος που λειτουργούν οι σημαντικότερες συσκευές που χρησιμοποιούνται για τις δράσεις εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας στα συστήματα φωτισμού.

Για την επίτευξη των στρατηγικών ελέγχου, διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας έχουν αναπτυχθεί και προσφέρονται στην αγορά πολλές συσκευές οι οποίες είναι απαραίτητες για τη λειτουργία των συστημάτων φωτισμού. Ορισμένες από τις συσκευές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε παραπάνω από μια στρατηγικές, όπως για παράδειγμα οι αισθητήρες φωτισμού που χρησιμοποιούνται τόσο στην εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, όσο και στην διατήρηση των επιθυμητών επιπέδων φωτισμού. Επίσης τα συστήματα έναυσης και λειτουργίας των λαμπτήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής στάθμης (EDBs) είναι αναγκαία στις περισσότερες στρατηγικές ελέγχου. Αναλυτικά οι πιο βασικές συσκευές παρουσιάζονται παρακάτω [19, 25, 29-37, 40].

3.1. Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων

Τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων (EBs) δεν δημιουργούν φωτεινή μαρμαρυγή στους λαμπτήρες και χαρακτηρίζονται από αθόρυβη λειτουργία. Τα EBs έχουν βελτιωθεί σημαντικά σε συνάρτηση με τα ηλεκτρομαγνητικά στραγγαλιστικά πηνία, τα περισσότερα εκ των οποίων δημιουργούν φωτεινή μαρμαρυγή στους λαμπτήρες και ευδιάκριτο θόρυβο (λόγω ατελειών στο πηνίο) κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους. Τα EBs χρησιμοποιούνται σε σωληνοειδείς και συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού.

3.2. Ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού

Στις περισσότερες στρατηγικές ελέγχου φωτισμού όπου χρησιμοποιούνται αισθητήρες φωτισμού, όπως στη στρατηγική εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού και διατήρησης των επιπέδων φωτισμού, είναι αναγκαία η δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής ροής των λαμπτήρων φωτισμού. Τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων φθορισμού με ρυθμιζόμενη στάθμη φωτισμού (EDBs) έχουν καθοριστικό ρόλο στην εφαρμογή ελέγχου στο σύστημα φωτισμού. Τα EDBs μπορούν να εξοικονομούν ενέργεια αλλά και να προσφέρουν μεγαλύτερο εύρος δυνατοτήτων στην επιλογή της στάθμης φωτισμού σε ένα σύστημα τεχνητού φωτισμού. Ένα σύστημα με δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής ροής εξοικονομεί ενέργεια σε συνάρτηση με ένα απλό σύστημα, όταν το πρώτο βρίσκεται με χαμηλότερο επίπεδο έντασης φωτισμού από το δεύτερο και όταν αυτά λειτουργούν για το ίδιο χρονικό διάστημα.

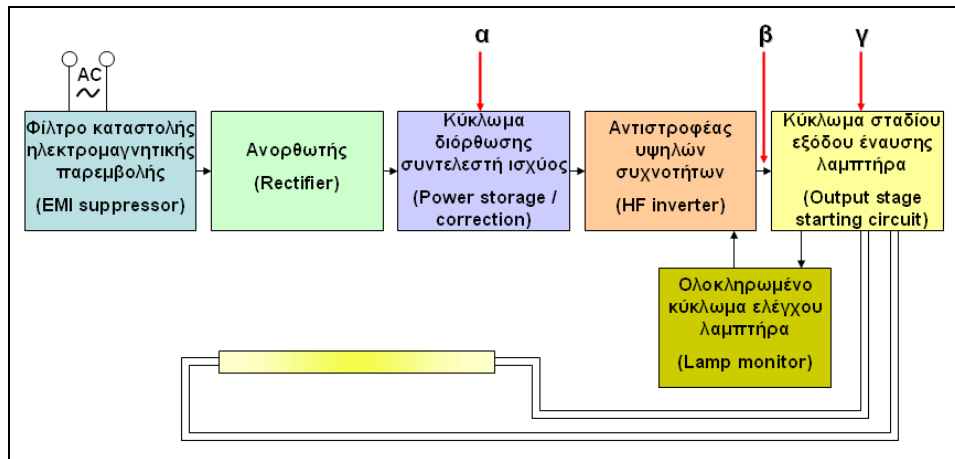
Στα EDBs υπάρχουν δύο τύποι κυκλωμάτων ελέγχου, ένας χαμηλής και ένας υψηλής τάσης που ρυθμίζουν τη φωτεινή ροή των λαμπτήρων φθορισμού. Συνήθως το εύρος της κλίμακας του σήματος ελέγχου που δέχεται το EDB ταυτίζεται με το εύρος της κλίμακας του ηλεκτρικού σήματος που στέλνουν οι συσκευές ελέγχου σε αυτά για να γίνει η ρύθμιση της στάθμης του φωτισμού. Συσκευές ελέγχου των EDBs είναι συνήθως:

- Αυτόματες και χειροκίνητες συσκευές σχεδιασμένες για ηλεκτρικό έλεγχο της ρύθμισης της έντασης φωτισμού ενός λαμπτήρα φθορισμού ή μιας οποιαδήποτε πηγής φωτισμού (automatic and manual dimmers).
- Αισθητήρες φωτισμού (photosensors) οι οποίοι μειώνουν την ένταση φωτισμού όταν ανιχνεύουν ανάλογη ποσότητα φυσικού φωτισμού.
- Ολοκληρωμένα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης (energy management systems) σε κτίρια, τα οποία μειώνουν την ένταση φωτισμού κατά τη διάρκεια της περιόδου αιχμής των φορτίων και τις βραδινές ώρες.

Κάθε EDB έχει σχεδιαστεί για μια συγκεκριμένη κλίμακα σήματος ελέγχου, χαμηλής ή υψηλής τάσης. Τα πιο διαδεδομένα EDBs είναι τα χαμηλής τάσης ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης (low-voltage EDBs), τα οποία εκτός από τις υποδοχές για τα καλώδια της τροφοδοσίας τους έχουν και δύο υποδοχές καλωδίων για χαμηλής τάσης κύκλωμα ελέγχου, το οποίο λειτουργεί με συνεχές ρεύμα και έχει κλίμακα από 0 έως 10V. Το σύστημα έναυσης EDB με έλεγχο χαμηλής τάσης παρέχει τάση 10V DC στη συσκευή ελέγχου που είναι συνδεδεμένο, όπως για παράδειγμα στους αισθητήρες φωτισμού. Για την μέγιστη παραγωγή φωτισμού στο κύκλωμα του EDB, η συσκευή ελέγχου επιστρέφει τη μέγιστη τιμή (10V, DC) του σήματος ελέγχου στο EDB. Για μικρότερη παραγωγή φωτισμού η συσκευή ελέγχου μειώνει την τάση στα καλώδια ελέγχου αναγκάζοντας το EDB να μειώσει την ένταση φωτισμού στους λαμπτήρες. Καθώς η τάση ελέγχου μειώνεται στα 0V DC, το EDB οδηγεί τους λαμπτήρες στην ελάχιστη δυνατή παραγωγή φωτισμού. Τα υψηλής τάσης ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης (high-voltage EDBs) δεν έχουν επιπρόσθετα καλώδια ελέγχου. Αντί αυτών, οι υψηλής τάσης συσκευές ελέγχου (π.χ. χειροκίνητες συσκευές για ηλεκτρικό έλεγχο ρύθμισης της έντασης φωτισμού, manual dimmers), συνδέονται μεταξύ της ηλεκτρικής παροχής και της παροχής ρεύματος του ηλεκτρονικού συστήματος έναυσης (high-voltage EDB).

Γενικά τα EDBs διακρίνονται σε EDBs με αναλογικό σήμα ελέγχου (0-10V DC σήμα) και σε EDBs με ψηφιακό σήμα ελέγχου (πλατφόρμες και πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως τα LonWorks, DALI, DMX-512 και DSI). Ο έλεγχος της ισχύος στον λαμπτήρα πραγματοποιείται κυρίως με τρεις μεθοδολογίες:

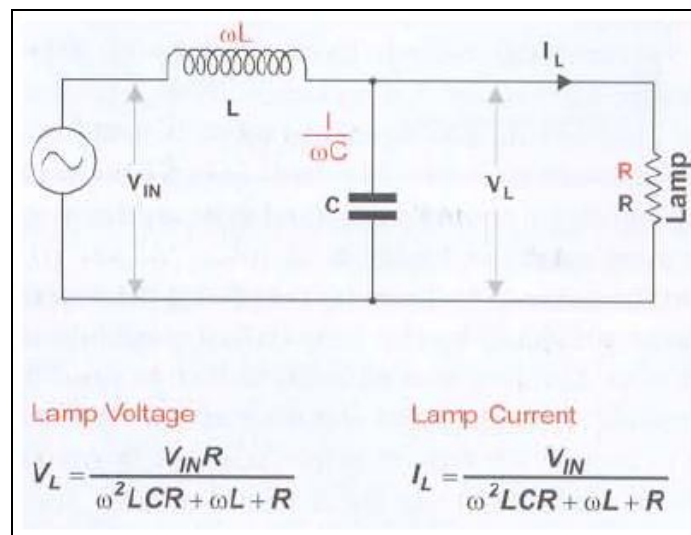
α) Με ρύθμιση της DC τροφοδοσίας του εσωτερικού κυκλώματος διόρθωσης του συντελεστή ισχύος του EDB. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ευρύτατη κλίμακα ελέγχου.



Σχήμα 3.1. Σχεδιάγραμμα λειτουργίας ενός EDB με αναφορές στον έλεγχο της ισχύος του λαμπτήρα.

β) Με διαμόρφωση εύρους παλμών (Pulse Width Modulation) μετά την αντιστροφή των υψηλών συχνοτήτων. Με τη PWM χρειάζεται ένα επιπλέον κύκλωμα για να διατηρείται η θερμοκρασία στα ηλεκτρόδια του λαμπτήρα.

γ) Με μεταβολή της συχνότητας λειτουργίας του εσωτερικού κυκλώματος σταδίου εξόδου έναυσης του λαμπτήρα. Αυτή η μεθοδολογία είναι η πιο διαδεδομένη. Η εφαρμογή αυτής της μεθοδολογίας εξαρτάται από την τοπολογία του κυκλώματος του κάθε EDB. Γενικά, χρησιμοποιώντας ένα αντίστοιχο απλοποιημένο κύκλωμα, η ισχύς στον λαμπτήρα είναι αντιστρόφως ανάλογη της συχνότητας. Μεταβάλλοντας τη συχνότητα της πηγής μεταβάλλονται οι τιμές L και C και κατά συνέπεια η ισχύς του λαμπτήρα.



Σχήμα 3.2. Απλοποιημένο κύκλωμα σταδίου εξόδου έναυσης του λαμπτήρα σε ένα EDB.

3.3. Αισθητήρες φωτισμού

Η βασική λειτουργία ενός αισθητήρα φωτισμού (photosensor) είναι η παραγωγή μιας τάσης ελέγχου η οποία συσχετίζεται με το ποσό και τη διανομή του φωτισμού μέσα στο χώρο στον οποίο είναι τοποθετημένος. Η λειτουργία ενός αισθητήρα φωτισμού είναι περίπλοκη επειδή εξαρτάται από πολλές μεταβλητές, όπως είναι:

- Η κατανομή του φωτισμού στον χώρο που βρίσκεται ο αισθητήρας.
- Η φασματική σύνθεση του φωτισμού.
- Οι ρυθμίσεις της θέσης σε λειτουργία του αισθητήρα.
- Το περιβάλλον επίπεδο φωτισμού.

Ο αισθητήρας φωτισμού είναι μια πλήρης μονάδα ελέγχου που περιέχει φακό για την είσοδο του φωτισμού, φωτοκύτταρο και το απαραίτητο ηλεκτρικό κύκλωμα για την παραγωγή του σήματος ελέγχου.

Ο αισθητήρας μετατρέπει τα δεδομένα εισόδου σε ένα σήμα εξόδου που ελέγχει τα ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων φθορισμού (EDB) ή το κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας ενός κτιρίου. Το σήμα εξόδου κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 0-10V, εκτός και αν ο αισθητήρας φωτισμού και το σύστημα έναυσης των λαμπτήρων φθορισμού (EDB) είναι ενσωματωμένα σε ένα σύστημα οπότε το σύστημα έναυσης σχεδιάζεται για να λειτουργεί συγκεκριμένα με έναν ιδιαίτερο αισθητήρα φωτισμού.

Οι αισθητήρες φωτισμού χρησιμοποιούνται στην στρατηγική έλεγχο της εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού (Daylighting harvesting) και της διατήρησης των επιπέδων του φωτισμού (Lumen maintenance).

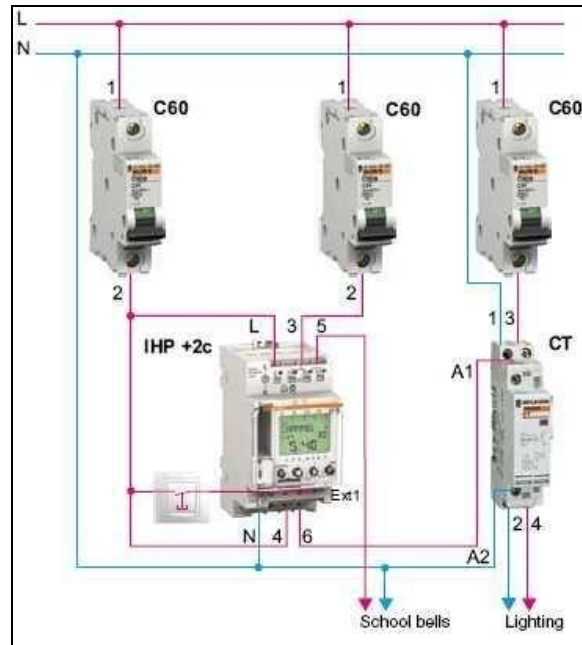


Εικόνα 3.1. Αισθητήρας φωτισμού με την μονάδα ελέγχου.

3.4. Χρονοδιακόπτες

Οι χρονοδιακόπτες (time switches) είναι μηχανικοί ή ηλεκτρονικοί, οι οποίοι ανάβουν και σβήνουν τα κυκλώματα του φωτισμού σύμφωνα με προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα. Τα χρονικά διαστήματα ποικίλουν έτσι ώστε να προσαρμόζονται στις ανάγκες των χρηστών του χώρου. Οι χρονοδιακόπτες μπορούν να αντικαταστήσουν τους συμβατικούς διακόπτες χωρίς να υπάρχει ανάγκη επιπλέον καλωδίωσης. Οι χρήστες μπορούν να επωφεληθούν από τη μεγάλη ποικιλία δυνατοτήτων που παρέχουν δίνοντας αυξημένη λειτουργικότητα στο

σύστημα φωτισμού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η συμβατότητά τους με κεντρικά συστήματα ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας των κτιρίων αλλά και η δυνατότητα ρυθμίσεων των παραμέτρων από το χρήστη.



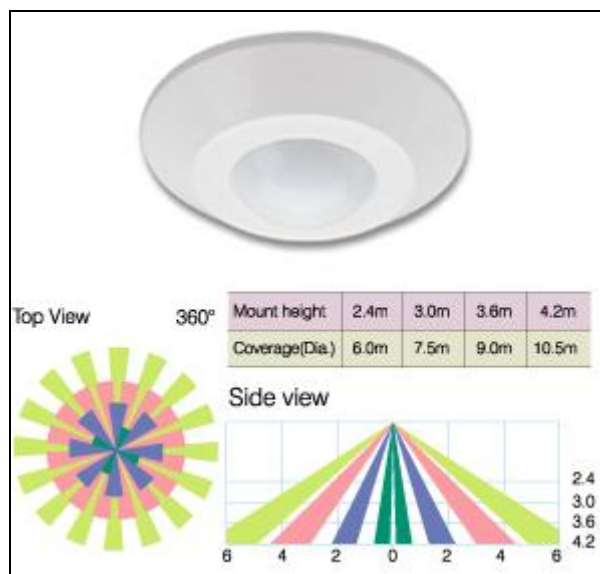
Εικόνα 3.2. Χρήση χρονοδιακόπτη για έλεγχο φωτισμού και χτυπήματος κουδουνιού σε σχολείο.

Πηγή: Schneider Electric.

Οι χρονοδιακόπτες ομαδοποιούνται αναλόγως την πολυπλοκότητά τους από τους απλούς μηχανικούς με ελατήριο έως αυτούς με μικροεπεξεργαστές που μπορούν να προγραμματίσουν μια ακολουθία γεγονότων για μια ολόκληρη χρονιά. Κατά γενικό κανόνα, πρέπει να υπάρχει κάποια μορφή παράκαμψης από τους χρήστες έτσι ώστε να λαμβάνονται υπ' όψιν οι τυχαίες αποκλίσεις από το προκαθορισμένο πρόγραμμα των χρονοδιακοπών.

3.5. Αισθητήρες παρουσίας/κίνησης

Οι αισθητήρες παρουσίας (occupancy sensors) κόβουν αυτόματα τα κυκλώματα φωτισμού που ελέγχουν και σε ορισμένες περιπτώσεις το σύστημα κλιματισμού (HVAC) όταν οι χώροι στους οποίους είναι τοποθετημένοι είναι χωρίς ανθρώπινη παρουσία με σκοπό να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση. Συνήθως αποτελούνται από έναν ανιχνευτή κίνησης και μια μονάδα ελέγχου. Ο αισθητήρας δημιουργεί και στέλνει σήμα στη μονάδα ελέγχου που με τη σειρά της ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί το σύστημα φωτισμού. Οι περισσότεροι αισθητήρες διαθέτουν χειροκίνητες και αυτόματες επιλογές για τη ρύθμιση της ευαισθησίας στην ανίχνευση της κίνησης και τη ρύθμιση της χρονικής καθυστέρησης για την απενεργοποίηση του συστήματος φωτισμού από την στιγμή που ο αισθητήρας δεν θα αντιλαμβάνεται παρουσία ατόμου στον χώρο που ελέγχει.



Σχήμα 3.3. Αισθητήρας παρουσίας και κίνησης ελέγχου συστήματος φωτισμού και κλιματισμού.

Πηγή: IR-TEC International Ltd.

Ο ανιχνευτής κίνησης συλλέγει τα δεδομένα εισόδου χρησιμοποιώντας συνήθως ηχητικά κύματα ή υπέρυθη ακτινοβολία. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου μετατρέπει τις πληροφορίες που απορρέουν από τον ανιχνευτή και καθορίζει το κατά πόσο υπάρχει ή όχι παρουσία ατόμου στο χώρο αξιοποιώντας έναν εγκατεστημένο αλγόριθμο ελέγχου. Οι τελευταίες γενιάς αισθητήρες είναι διπλής λειτουργίας επειδή υιοθετούν και υπέρυθη ακτινοβολία αλλά και υπέρηχους. Σκοπός τους είναι να μειώνουν τα σφάλματα από λανθασμένη λειτουργία ενεργοποιώντας τον φωτισμό εφόσον και οι δυο τεχνικές ανιχνεύουν παρουσία ενώ παραμένει ενεργός εφόσον τουλάχιστον μία από τις δυο συνεχίζει να την ανιχνεύει.

3.6. Τοπικοί διακόπτες έναυσης

Οι τοπικοί διακόπτες έναυσης ελέγχουν τη λειτουργία των φωτιστικών κατά ομάδες και ρυθμίζουν το φωτισμό σε συγκεκριμένες ζώνες του χώρου, όπως σε ζώνες στις οποίες εκτελείται κάποια εργασία.

Με τους τοπικούς διακόπτες εξασφαλίζεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μεγαλύτερη άνεση του χρήστη, σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα στα οποία το σύνολο των φωτιστικών σωμάτων του χώρου ελέγχεται με ένα διακόπτη. Μελέτες σε γραφεία 'ελεύθερης διάταξης' έχουν δείξει μεγάλες διαφορές στις προτιμήσεις των εργαζομένων ως προς το φωτισμό (άλλοι προτιμούν αναμένα φώτα σε συνεχή βάση και άλλοι όχι). Οι τοπικοί διακόπτες παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία στον έλεγχο του φωτισμού στους χώρους εργασίας, σε σχέση με τις σειρές διακοπών που είναι συγκεντρωμένες πλησίον της κύριας εισόδου του χώρου.

Ο τοπικός έλεγχος κατά ομάδες φωτιστικών είναι σημαντικός στις περιπτώσεις κατά τις οποίες μόνο κάποια τμήματα του χώρου απαιτούν τεχνητό φωτισμό, είτε γιατί στα άλλα τμήματα δεν υπάρχουν εργαζόμενοι (π.χ. μετά τη λήξη του εργασιακού ωραρίου) είτε γιατί

στα άλλα τμήματα υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός. Γενικά, οι ζώνες που ο φωτισμός τους ελέγχεται από τοπικούς διακόπτες θα πρέπει να έχουν παρόμοια στάθμη φυσικού φωτισμού σε όλη τους την επιφάνεια. Επίσης, θα πρέπει η ομαδοποίηση των φωτιστικών να σχετίζεται με τον τρόπο χρήσης του χώρου. Ως γενική αρχή, οι τοπικοί διακόπτες δεν θα πρέπει να απέχουν περισσότερο από 8m από το πιο απομακρυσμένο φωτιστικό ή $3 \times h$, όπου h το ύψος του χώρου σε m [8].

Κεφάλαιο 4^ο

Γενική περιγραφή του κτιρίου Λαμπαδαρίου και των προβλημάτων του

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια γενική περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου. Παρατίθενται αναλυτικές κατόψεις από κάθε όροφο και κάθε τμήμα και παρουσιάζονται τα κύρια προβλήματα που παρατηρήθηκαν.

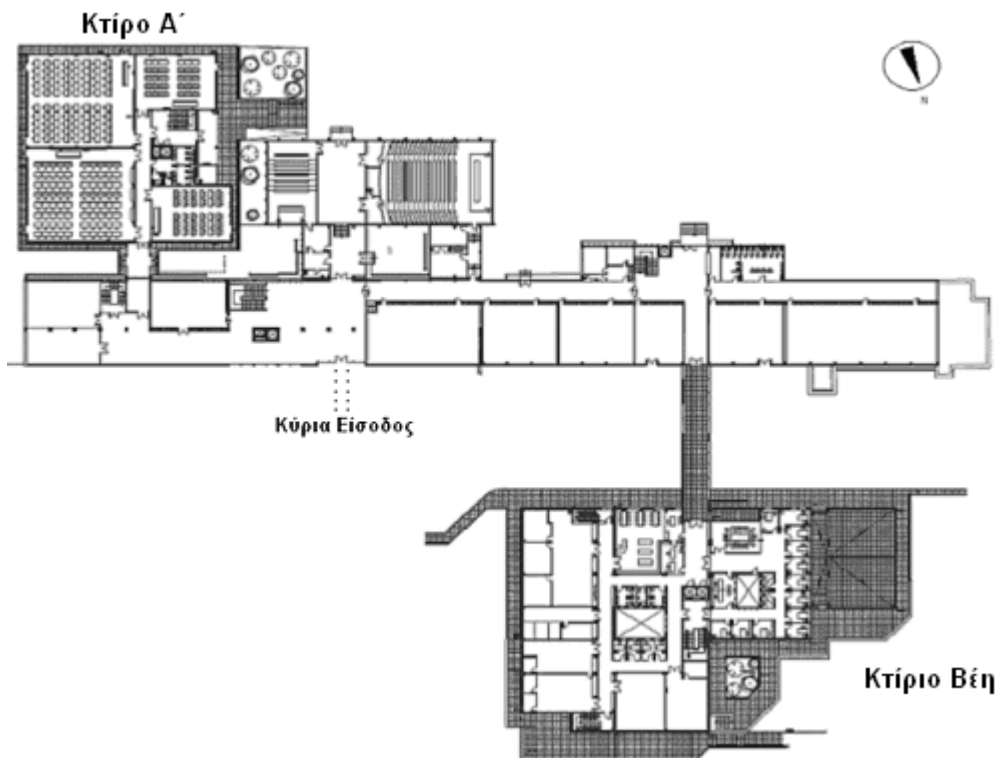
4.1. Περιγραφή κτιρίου

Το κτιρίου Λαμπαδαρίου βρίσκεται εντός του συγκροτήματος της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου και αποτελεί το αρχικό και κύριο κτίριο της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών (ΣΑΤΜ) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η κατασκευή του άρχισε το 1966 και ολοκληρώθηκε το 1968. Εξακολουθεί να εξυπηρετεί το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών της σχολής των Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. Το Λαμπαδάριο αποτελείται από 4 επίπεδα (υπόγειο, ισόγειο, 1^{ος} όροφος, 2^{ος} όροφος με δώμα), συνολικού εμβαδού 7.077 m². Ο κύριος προσανατολισμός του κτιρίου (προσανατολισμός κύριας εισόδου) είναι βορειοανατολικός (ΒΑ) και οι ακριβείς του γεωγραφικές συντεταγμένες είναι: γεωγραφικός πλάτος 37° 58' 31'' Βόρεια και γεωγραφικό μήκος 23° 46' 48'' Ανατολικά [Google Earth].



Εικόνα 4.1. Δορυφορική άποψη κτιρίου Λαμπαδαρίου, κτιρίου Α΄, κτιρίου Βέη και προσανατολισμός τους.

Περιμετρικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου υπάρχει αραιή βλάστηση και δύο κτίρια εφαπτομενικά χτισμένα. Το 1998 άρχισε η κατασκευή των δύο βοηθητικών κτιρίων για τη ΣΑΤΜ, του κτιρίου Α΄ και του κτιρίου Βέη. Και τα δύο κτίρια αναφέρονται κατά τη διάρκεια της μελέτης του Λαμπαδαρίου, καθ' ότι και τα δύο συνδέονται εσωτερικά με το Λαμπαδάριο και επίσης και τα δύο, όντας εφαπτομενικά χτισμένα με το Λαμπαδάριο, επηρεάζουν τον περιβάλλοντα χώρο του. Στην δορυφορική άποψη (εικόνα 4.1.), το Λαμπαδάριο είναι το κτίριο με την γκρι οροφή, το κτίριο Α΄ αυτό με την άσπρη οροφή που βρίσκεται στην νότια πλευρά και το κτίριο Βέη το κτίριο με την άσπρη οροφή που βρίσκεται στη βόρεια πλευρά. Στην κάτοψη του σχήματος 4.1., το κτιρίου Λαμπαδαρίου είναι το μη γραμμοσκιασμένο τμήμα.



Σχήμα 4.1. Κάτοψη και προσανατολισμός κτιρίου Λαμπαδαρίου, κτιρίου Α΄ και κτιρίου Βέη.

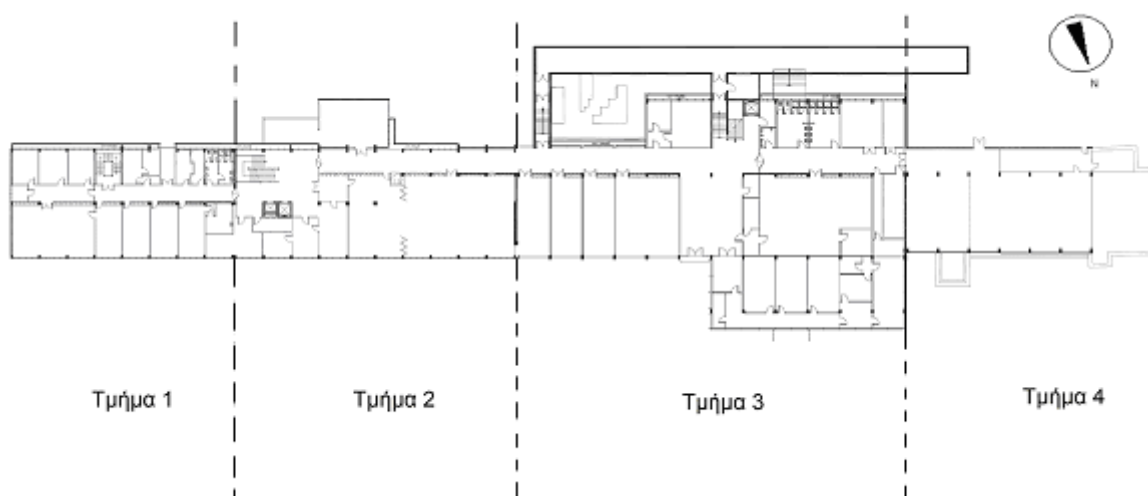


Εικόνα 4.2. Βορειοανατολική πρόσοψη-κύρια είσοδος (α.), βορειοδυτική (β.), νοτιοδυτική (γ.) και νοτιοανατολική πρόσοψη(δ.).

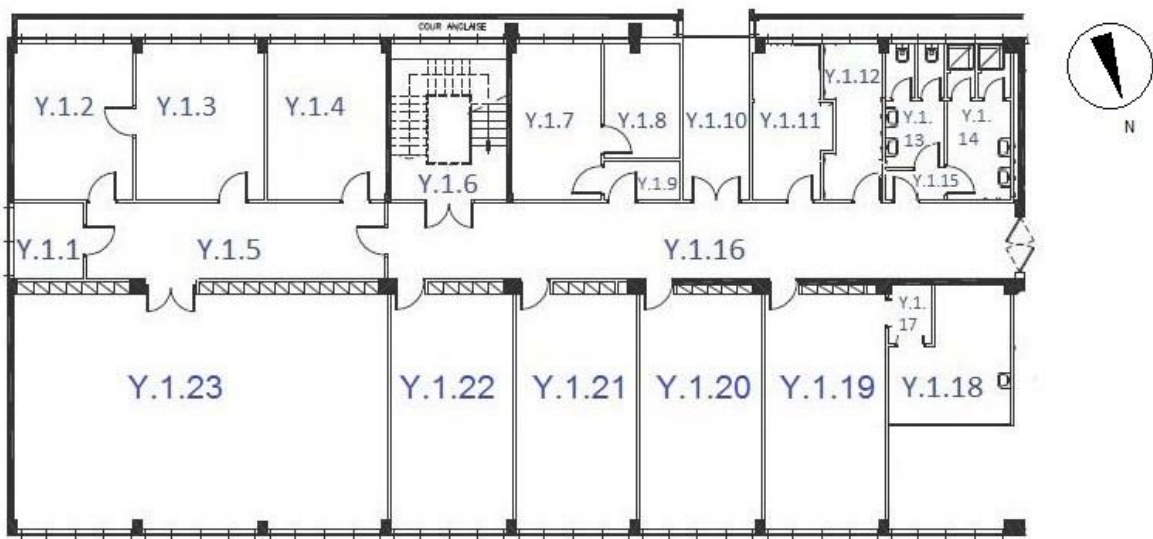
Στα παρακάτω υποκεφάλαια, παρατίθενται αναλυτικά οι κατόψεις όλων των ορόφων του κτιρίου Λαμπαδαρίου (υπόγειο, ισόγειο 1^ος και 2^ος όροφος με δώμα), με τα τμήματα του κάθε ορόφου, καθώς και η αρίθμηση που χρησιμοποιήθηκε για κάθε χώρο.

4.1.1. Υπόγειο

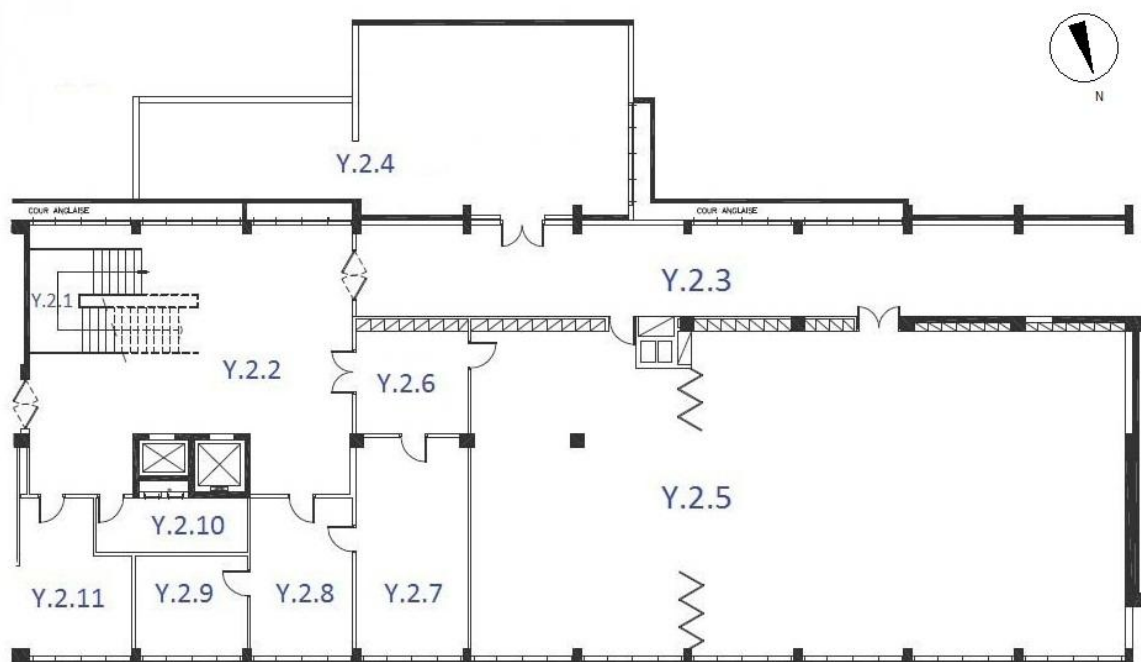
Το υπόγειο καταλαμβάνει επιφάνεια 2.361 m² και αποτελείται από 4 τμήματα. Το τμήμα3 είναι μερικώς υπέργειο και το τμήμα 4 εξ' ολοκλήρου υπέργειο και λειτουργεί ως κυλικείο.



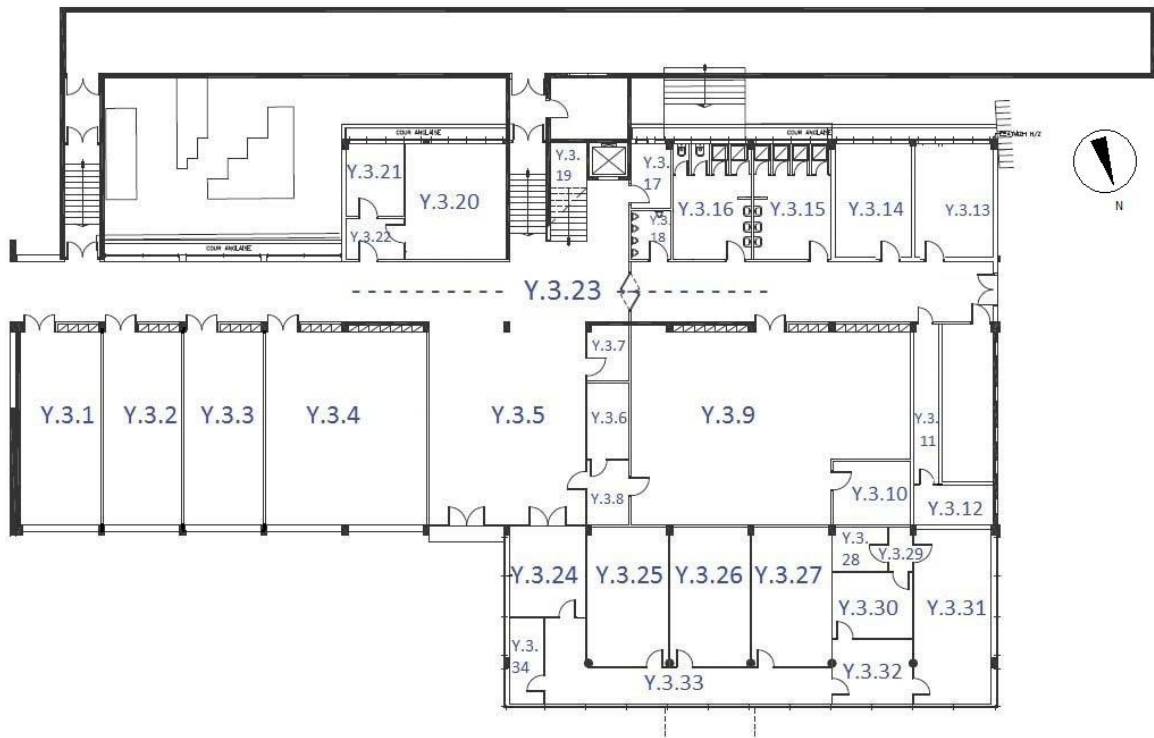
Σχήμα 4.2. Κάτοψη και προσανατολισμός Υπογείου.



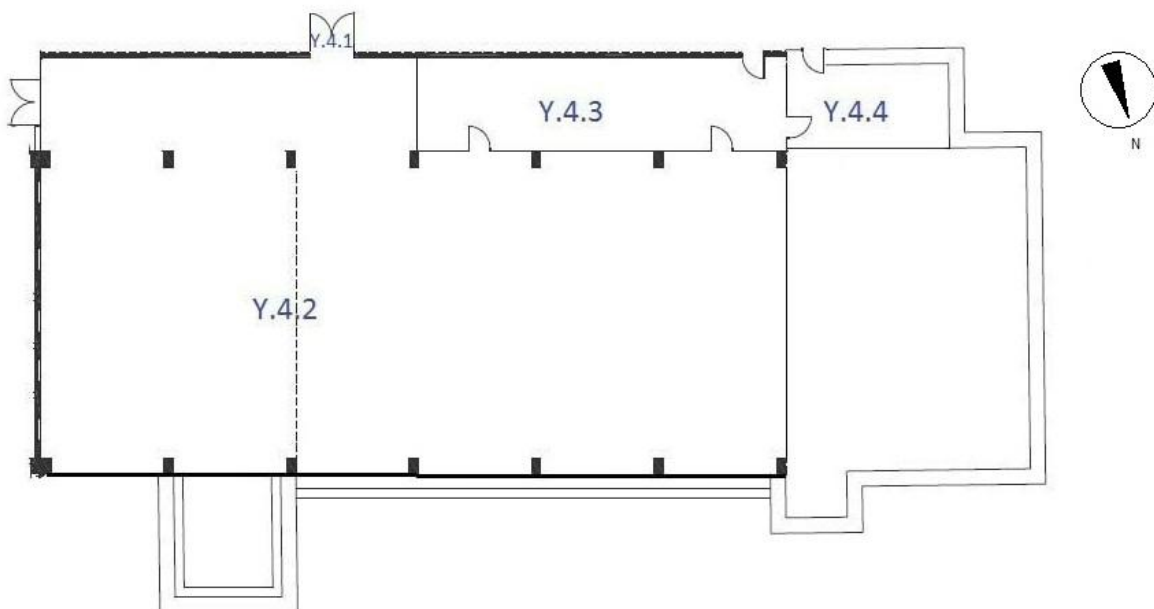
Σχήμα 4.3. Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Υπογείου-Τμήμα 1.



Σχήμα 4.4. Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Υπογείου-Τμήμα 2.



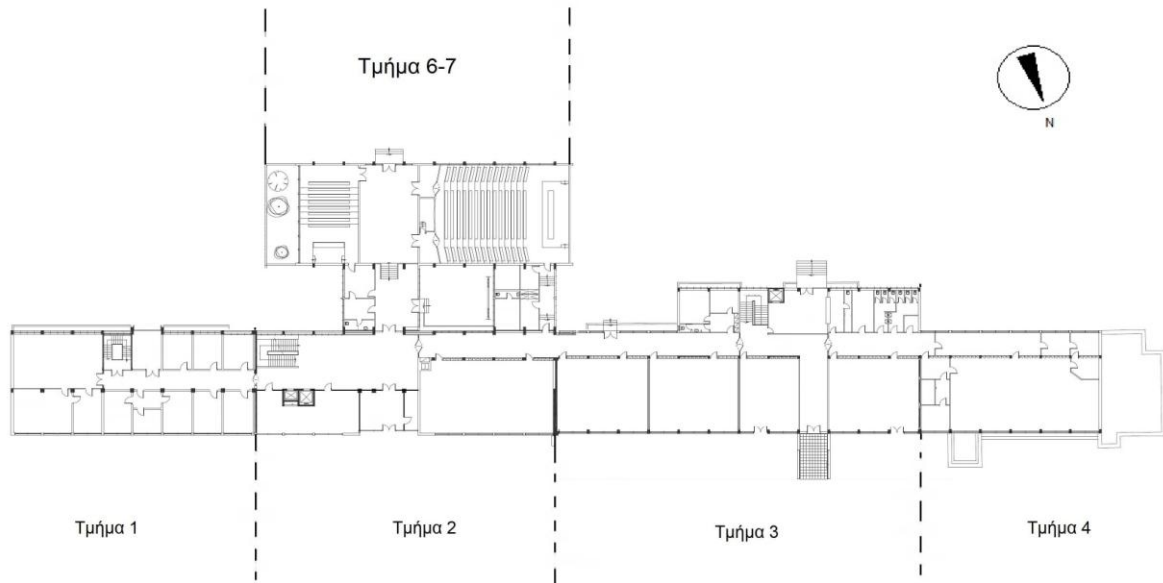
Σχήμα 4.5. Κάτοψη, προσανατολισμός και αριθμηση χώρων Υπογείου-Τμήμα 3.



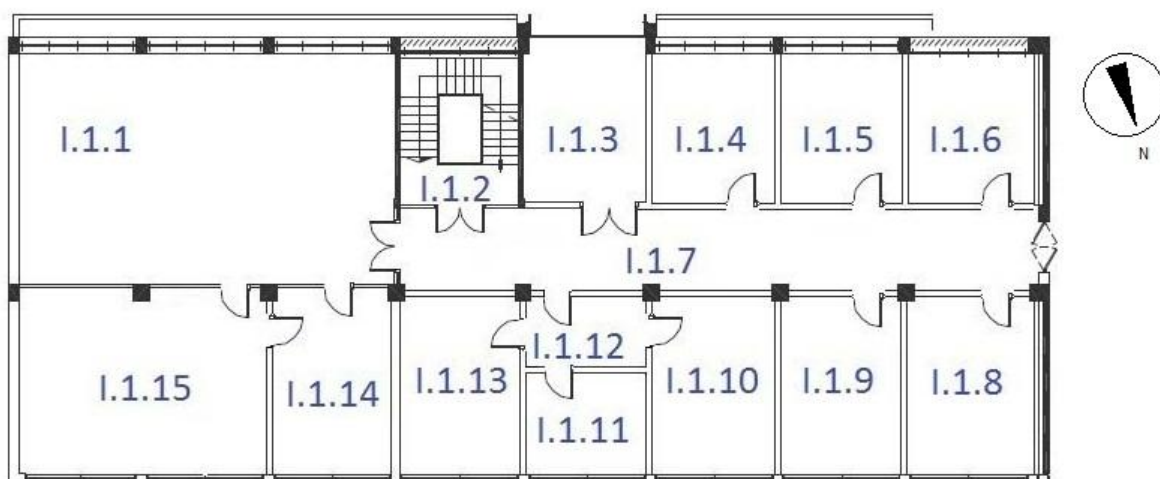
Σχήμα 4.6. Κάτοψη, προσανατολισμός και αριθμηση χώρων Υπογείου-Τμήμα 4.

4.1.2. Ισόγειο

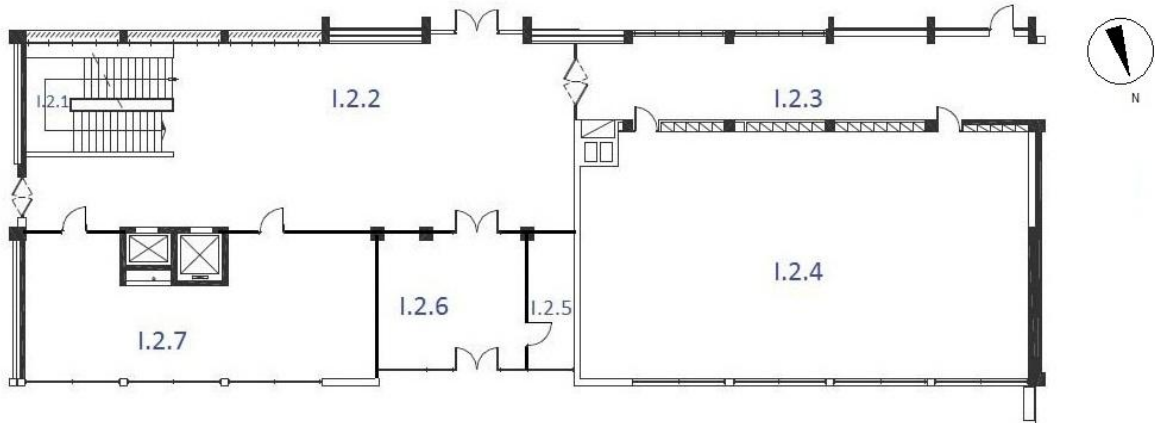
Το ισόγειο καταλαμβάνει συνολικά επιφάνεια 2.601 m² και αποτελείται από 6 τμήματα. Για τα τμήματα του ισογείου χρησιμοποιήθηκε η αρίθμηση που υπάρχει στα ηλεκτρολογικά σχέδια της Τεχνικής Υπηρεσίας για το Λαμπαδάριο, σύμφωνα με τα οποία μετά τα 4 πρώτα τμήματα ακολουθούν τα τμήματα 6 και 7. Τα δύο τελευταία μελετήθηκαν μαζί. Το ισόγειο συνδέεται με διάδρομο τόσο με το κτίριο Α΄, όσο και με το κτίριο Β΄.



Σχήμα 4.7. Κάτοψη και προσανατολισμός Ισογείου.



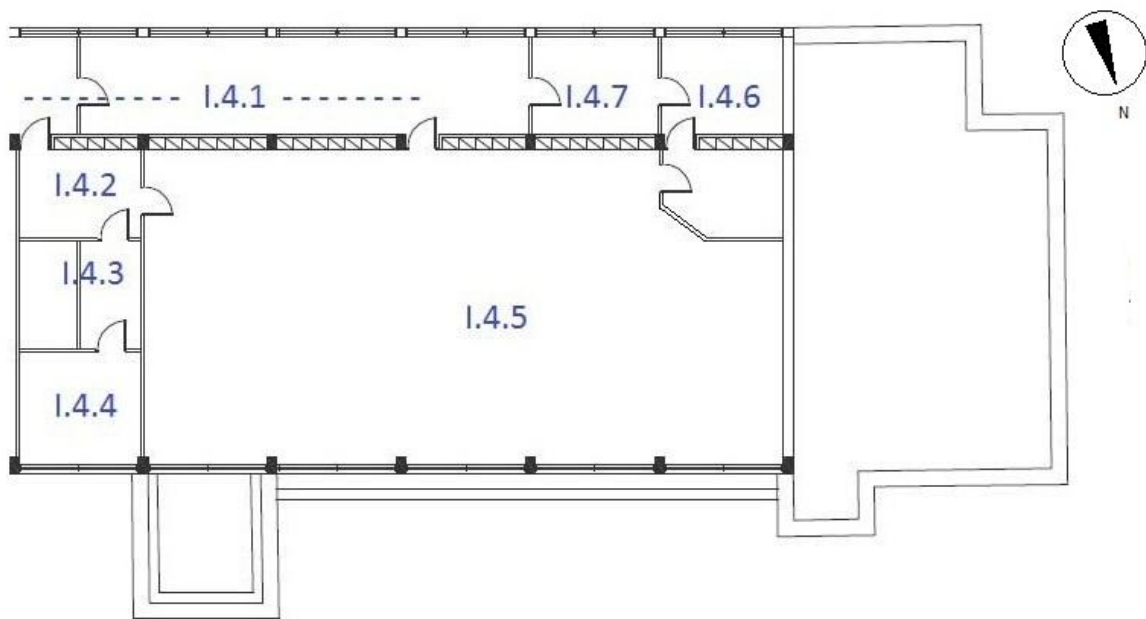
Σχήμα 4.8. Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Ισογείου-Τμήμα 1.



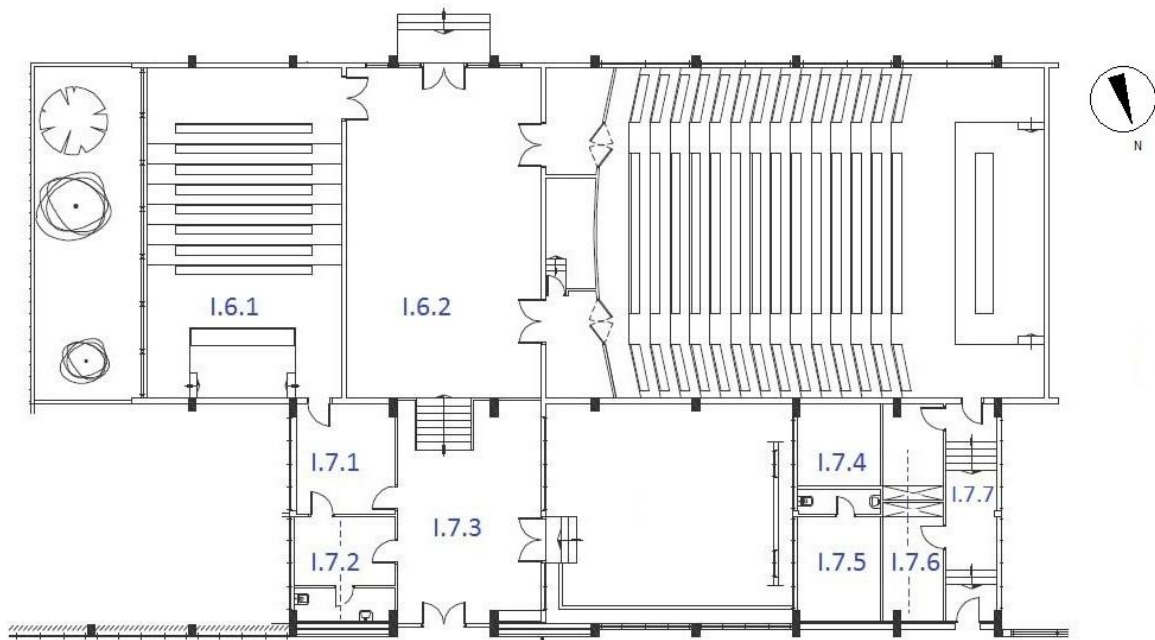
Σχήμα 4.9. Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Ισογείου-Τμήμα 2.



Σχήμα 4.10. Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Ισογείου-Τμήμα 3.



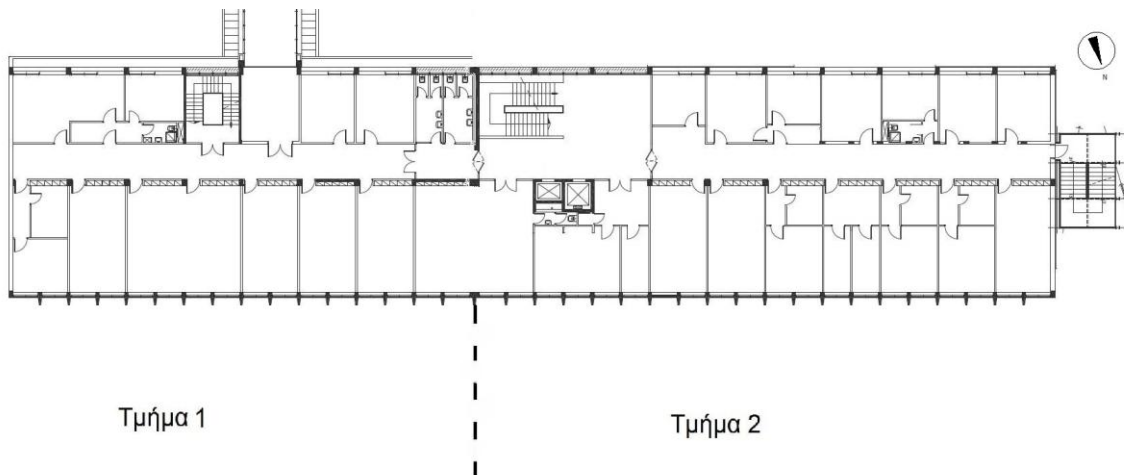
Σχήμα 4.11. Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Ισογείου-Τμήμα 4.



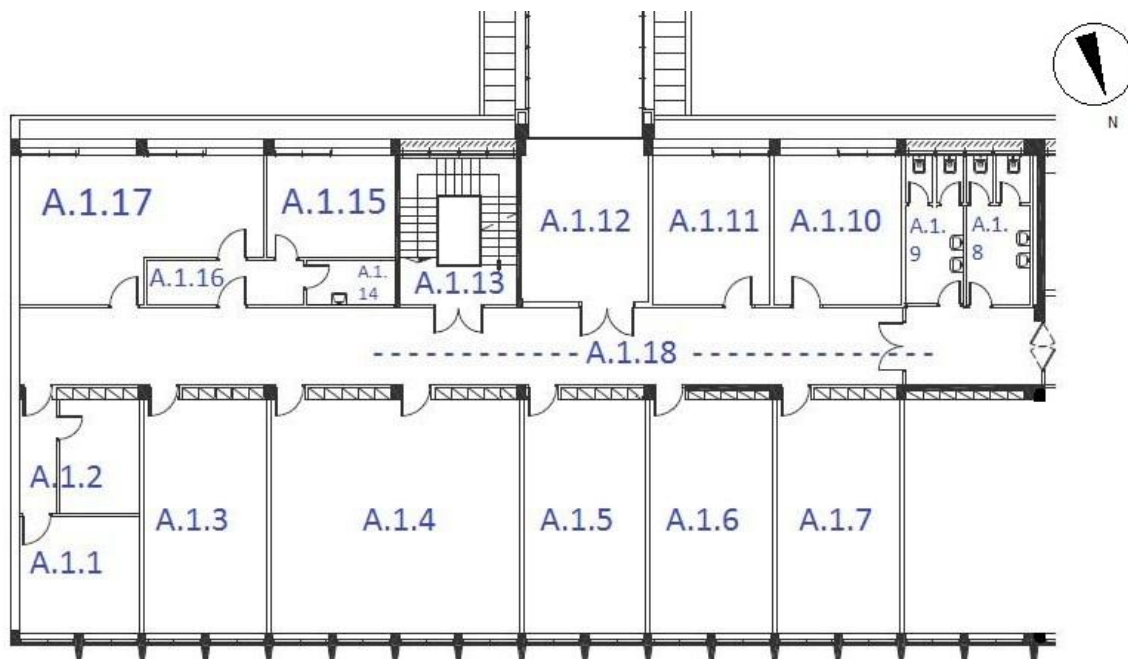
Σχήμα 4.12. Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων Ισογείου-Τμήματα 6 και 7.

4.1.3. 1^{ος} Όροφος

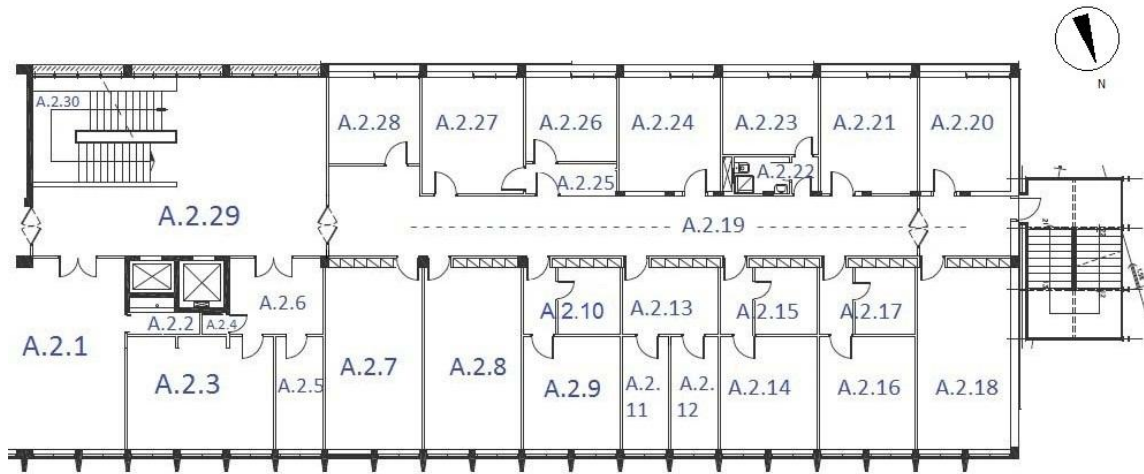
Ο 1^{ος} όροφος καταλαμβάνει επιφάνεια 1.040 m² και αποτελείται από 2 τμήματα. Στον 1^ο όροφο υπάρχει διάδρομος προς το κτίριο Α'.



Σχήμα 4.13. Κάτοψη και προσανατολισμός 1^{ου} Ορόφου.



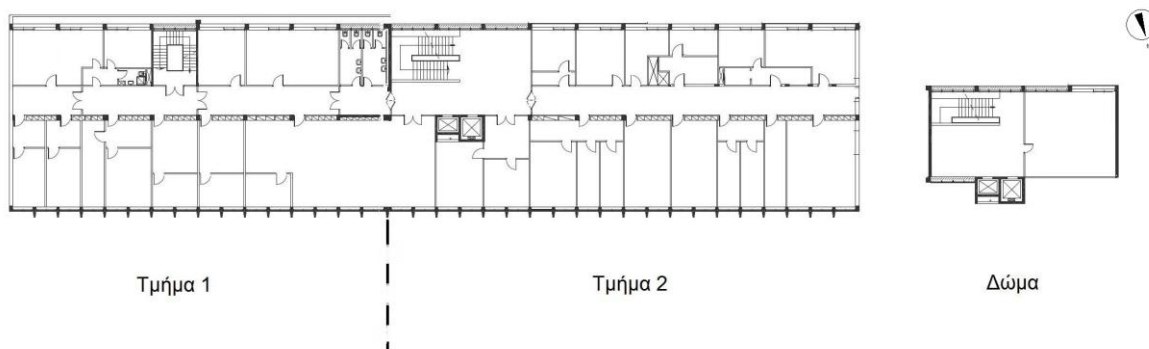
Σχήμα 4.14. Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων 1^{ου} Ορόφου-Τμήμα 1.



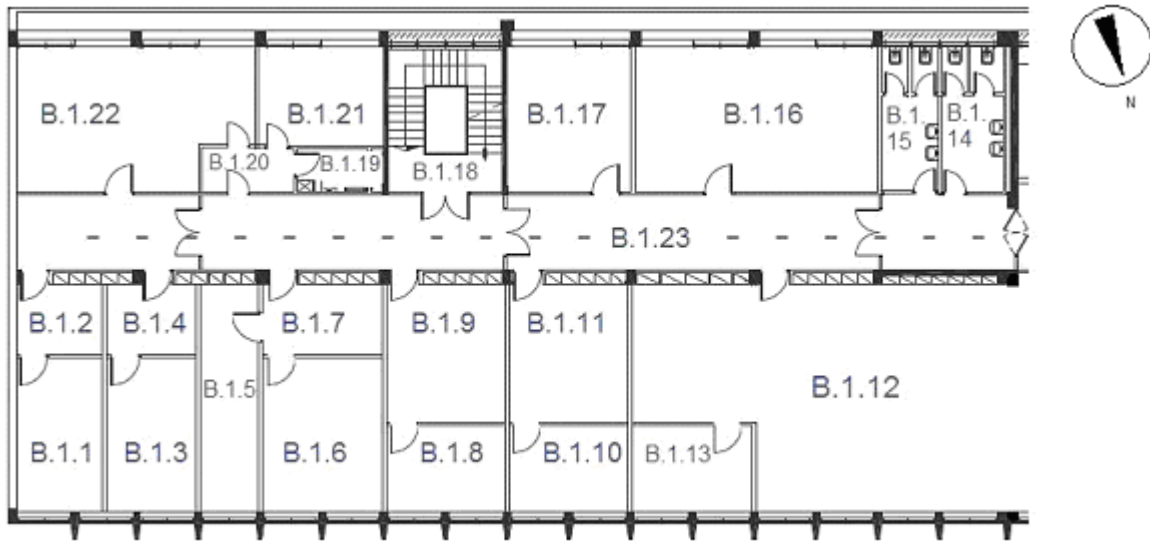
Σχήμα 4.15. Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων 1^{ου} Ορόφου-Τμήμα 2.

4.1.4. 2^{ος} Όροφος και Δώμα

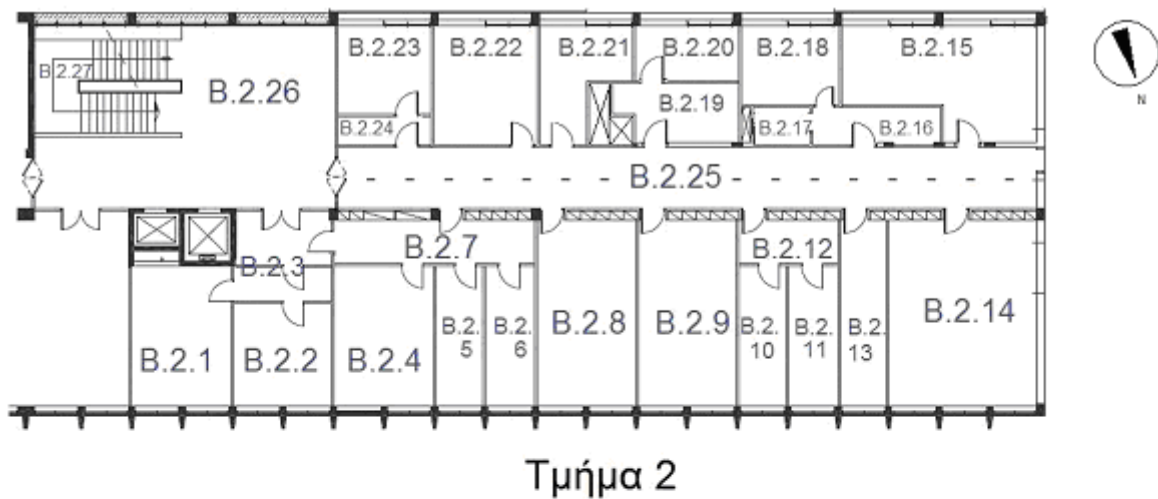
Ο 2^{ος} όροφος, ο οποίος αποτελείται από 2 τμήματα, καταλαμβάνει, μαζί με το δώμα, επιφάνεια 1.075 m². Ομοίως με τον πρώτο όροφο, υπάρχει διάδρομος που συνδέει εσωτερικά το Λαμπαδάριο με το κτίριο Α'.



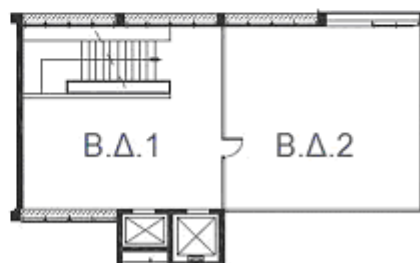
Σχήμα 4.16. Κάτοψη και προσανατολισμός 2^{ου} Ορόφου και Δώματος.



Σχήμα 4.17. Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων 2^{ου} Ορόφου-Τμήμα 1.



Τμήμα 2



Δώμα

Σχήμα 4.18. Κάτοψη, προσανατολισμός και αρίθμηση χώρων 2^{ου} Ορόφου-Τμήμα 2 και Δώμα.

4.2. Περιγραφή των κύριων προβλημάτων του κτιρίου

Το Λαμπαδάριο επιλέχτηκε ως κτίριο για ενεργειακή ανβάθμιση καθώς, κατόπιν επιθεώρησης, αποδείχτηκε με επιστημονική τεκμηρίωση πως χρήζει ουσιαστικής ενεργειακής αναβάθμισης στο σύστημα του φωτισμού. Η επιθεώρηση όλων των χώρων του κτιρίου ολοκληρώθηκε μετά από επανηλειμμένες επισκέψεις στο κτίριο, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν την περίοδο από το Δεκέμβριο του 2009 έως το Μάρτιο του 2010. Κατά τις επισκέψεις αυτές καταγράφηκε πλήρως το υπάρχον σύστημα φωτισμού του Λαμπαδαρίου και επιπλέον εντοπίστηκαν οι αλλαγές στη διαμόρφωση των χώρων και διορθώθηκαν οι κατόψεις των σχεδίων ώστε να ανταποκρίνονται στην σημερινή κατάσταση.

Πιο αναλυτικά, διαπιστώθηκε ότι:

- Το σύνολο των φωτιστικών του κτιρίου είναι απαρχαιωμένης τεχνολογίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση και παρόλα αυτά ελλιπής φωτισμός. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες πυρακτώσεως και λαμπτήρες φθορισμού T12, λαμπτήρες των οποίων η παραγωγή έχει πλέον σταματήσει. Η πλειονότητα των φωτιστικών σωμάτων είχε λαμπτήρες φθορισμού T8, οι οποίοι, παρ' ότι είναι πιο σύγχρονοι από τους T12, χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικό ballast, το οποίο είναι παλαιωμένης τεχνολογίας.
- Η πλειονότητα των φωτιστικών σωμάτων είχαν παλαιωμένο γαλακτερό διαχύτη, ο οποίος περιορίζει τη φωτεινή ροή των λαμπτήρων.



Εικόνα 4.6. Φωτιστικά σώματα με γαλακτερούς διαχύτες.

- Αρκετά φωτιστικά είναι κακώς τοποθετημένα με αποτέλεσμα να μην αποδίδουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Ενδεικτικό του συγκεκριμένου προβλήματος είναι ότι συχνά παρατηρήθηκε φωτιστικά να είναι τοποθετημένα πάνω ή ακόμα και πίσω από ψηλές βιβλιοθήκες ή ράφια και ως εκ τούτου να φωτίζουν ελάχιστα.



Εικόνα 4.7. Φωτιστικά πάνω από βιβλιοθήκη.

- Πολλά φωτιστικά είχαν υποστεί βανδαλισμούς και είχαν σκονισμένο ή σπασμένο διαχύτη, γεγονός που μειώνει κι άλλο την απόδοσή τους. Επιπλέον, σε πολλά φωτιστικά δεν λειτουργούσαν όλοι οι λαμπτήρες, είτε επειδή κάποιοι ήταν σπασμένοι, είτε επειδή είχαν καεί.



Εικόνα 4.8. Παραδείγματα φωτιστικών με σπασμένο διαχύτη.

- Σε χώρους στους οποίους άλλαξε η χρήση τους με την προσθήκη χωρισμάτων, δεν άλλαξε και η θέση των φωτιστικών σωμάτων ώστε να πληρούνται οι νέες ανάγκες φωτισμού κάθε χώρου. Ως εκ τούτου, πολλοί από τους νέους χώρους που δημιουργήθηκαν είναι είτε υποφωτισμένοι, είτε υπερφωτισμένοι. Επίσης κάποιοι διακόπτες βρίσκονται σε άλλο χώρο από αυτόν του οποίου τα φωτιστικά ελέγχουν.



Εικόνα 4.9. Δημιουργία εργαστηρίου στο τέλος του παλιού διαδρόμου.



Εικόνα 4.10. Παραδείγματα χώρων που δημιουργήθηκαν μετά την προσθήκη χωρισμάτων, στους οποίους οι διακόπτες που ελέγχουν τα φωτιστικά τους βρίσκονται σε άλλο χώρο.

- Σε αρκετούς χώρους υπάρχουν κακοτεχνίες που είτε δυσχεραίνουν, είτε αποτρέπουν τη χρήση των διακοπών. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι διακόπτες σε αίθουσες συνεδριάσεων που βρέθηκαν μέσα σε ντουλάπες, καθώς και διακόπτες που ήταν αδύνατον να πατηθούν γιατί είχαν βαφεί επανηλειμμένως.



Εικόνα 4.10. Παραδείγματα κακοτεχνιών. Διακόπτες μέσα σε ντουλάπα (αριστερά), αχρηστευμένος διακόπτης (δεξιά).

Κεφάλαιο 5^ο

Καταγραφή υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναλυτική καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού για κάθε τμήμα του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Ύστερα από αρκετές επισκέψεις στο κτίριο έγινε καταγραφή όλων των φωτιστικών σωμάτων του κάθε χώρου, καθώς και του τύπου και της ισχύος των λαμπτήρων του κάθε φωτιστικού.

Κατά την επίσκεψη σε κάθε χώρο του κτιρίου Λαμπαδαρίου διαπιστώθηκε ότι κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται φωτιστικά σώματα φθορισμού α) με λαμπτήρες τύπου T8 ισχύος 18W, 36W και 58W, β) με λαμπτήρες T12 ισχύος 40W, που θεωρούνται ξεπερασμένοι και δεν παράγονται πλέον και γ) με λαμπτήρες τύπου L22 ισχύος 22 W, όλα με ηλεκτρομαγνητικό ballast, δ) Υπάρχουν και λίγα φωτιστικά σώματα φθορισμού με λαμπτήρες τύπου E27 ισχύος 21W και 24W. ε) Επιπλέον χρησιμοποιούνται αρκετοί λαμπτήρες πυράκτωσης E27 των 60W και 100W, που επίσης έχει σταματήσει η παραγωγή τους λόγω της ξεπερασμένης και ενεργοβόρας τεχνολογίας τους. Στο αμφιθέατρο πολλαπλής χρήσης (χώρος I.6.1) χρησιμοποιούνται λαμπτήρες πυράκτωσης R7S των 150W. Στην καταναλισκόμενη ισχύ των φωτιστικών σωμάτων φθορισμού που χρησιμοποιούν λαμπτήρες τύπου L22, T8 και T12 έγινε προσαύξηση κατά 25% στην ισχύ των λαμπτήρων ώστε να συνυπολογιστεί η κατανάλωση των ηλεκτρομαγνητικών ballast στη συνολική κατανάλωση του φωτιστικού σώματος. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται για κάθε τμήμα και κάθε όροφο του κτιρίου (με βάση τις κατόψεις του κεφαλαίου 4) το πλήθος των φωτιστικών σωμάτων κάθε χώρου, το πλήθος των λαμπτήρων ανά φωτιστικό, η ισχύς και ο τύπος του κάθε λαμπτήρα. Επίσης παρουσιάζεται και η συνολική εγκαταστημένη ισχύς για κάθε χώρο με προσαύξηση κατά 25%, για τους λαμπτήρες φθορισμού, ώστε να συνυπολογιστεί και η κατανάλωση των ηλεκτρομαγνητικών τους ballast.

5.1. Υπόγειο

5.1.1. Υπόγειο, Τμήμα 1

Πίνακας 5.1. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 1 του υπογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Y.1.1	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Y.1.2	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Y.1.3	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Y.1.4	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Y.1.5	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Y.1.6	1	1	22	Φθορισμού L22	88
	1	1	60	Πυράκτωσης E27	
Y.1.7	3	1	100	Πυράκτωσης E27	300
Y.1.8	6	1	100	Πυράκτωσης E27	600
Y.1.9	3	1	100	Πυράκτωσης E27	300
Y.1.10	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Y.1.11	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Y.1.12	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Y.1.13	2	2	36	Φθορισμού T8	203
	1	1	18	Φθορισμού T8	
Y.1.14	2	2	36	Φθορισμού T8	253
	1	1	58	Φθορισμού T8	
Y.1.15	1	4	18	Φθορισμού T8	90
Y.1.16	5	4	18	Φθορισμού T8	450
Y.1.17	1	1	100	Πυράκτωσης E27	100
Y.1.18	2	1	100	Πυράκτωσης E27	200
Y.1.19	3	2	36	Φθορισμού T8	360
	2	1	36	Φθορισμού T8	
Y.1.20	3	2	36	Φθορισμού T8	360
	2	1	36	Φθορισμού T8	
Y.1.21	3	2	36	Φθορισμού T8	360
	2	1	36	Φθορισμού T8	
Y.1.22	3	2	36	Φθορισμού T8	360
	2	1	36	Φθορισμού T8	
Y.1.23	6	2	36	Φθορισμού T8	540
ΣΥΝΟΛΟ					5.643

5.1.2. Υπόγειο, Τμήμα 2

Πίνακας 5.2. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 2 του υπογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Y.2.1	2	4	18	Φθορισμού T8	180
Y.2.2	5	4	18	Φθορισμού T8	450
Y.2.3	7	4	18	Φθορισμού T8	630
Y.2.4	10	2	58	Φθορισμού T8	1.450
Y.2.5	24	2	36	Φθορισμού T8	2.700
	12	1	36	Φθορισμού T8	
Y.2.6	1	2	36	Φθορισμού T8	135
	1	1	36	Φθορισμού T8	
Y.2.7	2	2	36	Φθορισμού T8	405
	1	1	36	Φθορισμού T8	
	1	4	36	Φθορισμού T8	
Y.2.8	1	2	36	Φθορισμού T8	135
	1	1	36	Φθορισμού T8	
Y.2.9	1	4	36	Φθορισμού T8	270
	1	4	18	Φθορισμού T8	
Y.2.10	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
Y.2.11	3	2	36	Φθορισμού T8	270
ΣΥΝΟΛΟ					6.685

5.1.3. Υπόγειο, Τμήμα 3

Πίνακας 5.3. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 3 του υπογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Υ.3.1	2	2	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
Υ.3.2	2	2	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
Υ.3.3	2	2	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
Υ.3.4	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
Υ.3.5	4	4	18	Φθορισμού T8	360
Υ.3.6	3	2	36	Φθορισμού T8	270
Υ.3.7	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
Υ.3.8	2	2	40	Φθορισμού T12	200
Υ.3.9	7	2	36	Φθορισμού T8	720
	2	1	36	Φθορισμού T8	
Υ.3.10	1	2	36	Φθορισμού T8	140
	1	1	40	Φθορισμού T12	
Υ.3.11	2	1	36	Φθορισμού T8	330
	4	1	60	Πυράκτωσης E27	
Υ.3.12	2	2	40	Φθορισμού T12	200
Υ.3.13	0	0	0	-	0
Υ.3.14	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Υ.3.15	2	2	36	Φθορισμού T8	253
	1	1	58	Φθορισμού T8	
Υ.3.16	3	2	36	Φθορισμού T8	343
	1	1	58	Φθορισμού T8	
Υ.3.17	0	0	0	-	0
Υ.3.18	1	2	36	Φθορισμού T8	90
Υ.3.19	1	4	18	Φθορισμού T8	90
Υ.3.20	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Υ.3.21	1	4	18	Φθορισμού T8	90
Υ.3.22	1	4	18	Φθορισμού T8	90
Υ.3.23	11	4	18	Φθορισμού T8	990
Υ.3.24	2	2	36	Φθορισμού T8	180
Υ.3.25	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Υ.3.26	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Υ.3.27	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Υ.3.28	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
Υ.3.29	1	1	100	Πυράκτωσης E27	100
Υ.3.30	4	2	36	Φθορισμού T8	360
Υ.3.31	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
Υ.3.32	2	1	36	Φθορισμού T8	180
	1	2	36	Φθορισμού T8	
Υ.3.33	6	1	36	Φθορισμού T8	388
	1	2	36	Φθορισμού T8	
	1	1	22	Φθορισμού L22	
Υ.3.34	1	2	36	Φθορισμού T8	180
	1	4	18	Φθορισμού T8	
ΣΥΝΟΛΟ					8.778

5.1.4. Υπόγειο, Τμήμα 4

Πίνακας 5.4. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 4 του υπογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
Υ.4.1	1	1	36	Φθορισμού T8	45
Υ.4.2	39	4	18	Φθορισμού T8	3.510
Υ.4.3	6	2	36	Φθορισμού T8	540
Υ.4.4	2	2	36	Φθορισμού T8	180
ΣΥΝΟΛΟ					4.275

Στο υπόγειο καταγράφηκε το σύνολο των φωτιστικών και των λαμπτήρων που υπάρχουν σε κάθε χώρο, όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες. Οι χώροι Υ.3.13 και Υ.3.17 δεν είχαν καθόλου φωτιστικά.

Η συνολική ισχύς για το σύστημα φωτισμού στο υπόγειο είναι 25,38 kW.

5.2. Ισόγειο

5.2.1. Ισόγειο, Τμήμα 1

Πίνακας 5.5. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 1 του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
I.1.1	15	2	36	Φθορισμού T8	1.350
I.1.2	2	1	22	Φθορισμού L22	115
	1	1	60	Πυράκτωσης E27	
I.1.3	4	2	36	Φθορισμού T8	360
I.1.4	3	2	36	Φθορισμού T8	270
I.1.5	3	2	36	Φθορισμού T8	270
I.1.6	3	2	36	Φθορισμού T8	270
I.1.7	5	4	18	Φθορισμού T8	450
I.1.8	2	2	36	Φθορισμού T8	270
	2	1	36	Φθορισμού T8	
I.1.9	2	2	36	Φθορισμού T8	313
	1	1	36	Φθορισμού T8	
	1	1	22	Φθορισμού L22	
	1	1	60	Πυράκτωσης E27	
I.1.10	2	2	36	Φθορισμού T8	253
	1	1	36	Φθορισμού T8	
	1	1	22	Φθορισμού L22	
I.1.11	2	2	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
I.1.12	1	2	18	Φθορισμού T8	45
	2	2	36	Φθορισμού T8	
I.1.13	1	1	36	Φθορισμού T8	225
	2	2	36	Φθορισμού T8	
I.1.14	2	1	200	Πυράκτωσης E27	400
I.1.15	6	1	24	Φθορισμού E27	144
ΣΥΝΟΛΟ					4.959

5.2.2. Ισόγειο, Τμήμα 2

Πίνακας 5.6. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 2 του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
I.2.1	2	4	18	Φθορισμού T8	180
I.2.2	9	4	18	Φθορισμού T8	810
I.2.3	3	4	18	Φθορισμού T8	270
I.2.4	40	2	36	Φθορισμού T8	3.600
I.2.5	2	4	18	Φθορισμού T8	180
I.2.6	2	4	18	Φθορισμού T8	180
I.2.7	6	4	18	Φθορισμού T8	540
ΣΥΝΟΛΟ					5.760

5.2.3. Ισόγειο, Τμήμα 3

Πίνακας 5.7. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 3 του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
I.3.1	6	4	18	Φθορισμού T8	540
I.3.2	9	2	36	Φθορισμού T8	1.350
	12	1	36	Φθορισμού T8	
I.3.3	9	2	36	Φθορισμού T8	1.350
	12	1	36	Φθορισμού T8	
I.3.4	9	4	36	Φθορισμού T8	1.620
I.3.5	3	4	36	Φθορισμού T8	540
I.3.6	15	2	36	Φθορισμού T8	1.890
	12	1	36	Φθορισμού T8	
I.3.7	3	2	36	Φθορισμού T8	270
I.3.8	0	0	0	-	0
I.3.9	1	1	58	Φθορισμού T8	230
	1	2	36	Φθορισμού T8	
	3	1	18	Φθορισμού T8	
I.3.10	1	1	58	Φθορισμού T8	230
	1	2	36	Φθορισμού T8	
	3	1	18	Φθορισμού T8	
I.3.11	1	2	36	Φθορισμού T8	90
I.3.12	0	0	0	-	0
I.3.13	1	2	36	Φθορισμού T8	90
I.3.14	4	2	36	Φθορισμού T8	360
I.3.15	3	4	18	Φθορισμού T8	270
I.3.16	1	2	36	Φθορισμού T8	90
I.3.17	1	4	36	Φθορισμού T8	253
	1	1	58	Φθορισμού T8	
I.3.18	2	2	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
I.3.19	2	1	100	Πυράκτωσης E27	200
ΣΥΝΟΛΟ					9.598

5.2.4. Ισόγειο, Τμήμα 4

Πίνακας 5.8. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 4 του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
I.4.1	4	2	36	Φθορισμού T8	360
I.4.2	2	1	36	Φθορισμού T8	90
I.4.3	1	4	36	Φθορισμού T8	180
I.4.4	2	4	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
I.4.5	20	1	36	Φθορισμού T8	3.600
	15	4	36	Φθορισμού T8	
I.4.6	1	4	18	Φθορισμού T8	90
I.4.7	1	4	18	Φθορισμού T8	90
ΣΥΝΟΛΟ					4.860

5.2.5. Ισόγειο, Τμήματα 6 και 7

Πίνακας 5.9. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στα Τμήματα 6 και 7 του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
I.6.1	26	1	150	Πυράκτωσης R7S	3.900
I.6.2	9	4	18	Φθορισμού T8	810
I.7.1	0	0	0	-	0
I.7.2	1	2	36	Φθορισμού T8	150
	1	1	60	Πυράκτωσης E27	
I.7.3	4	4	18	Φθορισμού T8	360
I.7.4	2	2	36	Φθορισμού T8	180
I.7.5	2	2	36	Φθορισμού T8	280
	1	1	100	Πυράκτωσης E27	
I.7.6	5	2	36	Φθορισμού T8	500
	1	1	40	Φθορισμού T12	
I.7.7	2	4	18	Φθορισμού T8	180
ΣΥΝΟΛΟ					6.360

5.2.6. Ισόγειο, Εξωτερικός χώρος

Πίνακας 5.10. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στον εξωτερικό χώρο του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
I.E.1	4	4	18	Φθορισμού T8	360
I.E.2	16	1	22	Φθορισμού L22	440
ΣΥΝΟΛΟ					800

Στο ισόγειο καταγράφηκε το σύνολο των φωτιστικών και των λαμπτήρων που υπάρχουν σε κάθε χώρο, όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες. Οι χώροι I.3.8, I.3.12 και I.7.1 δεν είχαν κανένα φωτιστικό.

Η συνολική ισχύς για το σύστημα φωτισμού στο ισόγειο είναι 32,34 kW.

5.3. 1^{ος} Όροφος

5.3.1. 1^{ος} Όροφος, Τμήμα 1

Πίνακας 5.11. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 1 του 1^{ου} ορόφου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
A.1.1	2	2	36	Φθορισμού T8	270
	2	1	36	Φθορισμού T8	
A.1.2	2	2	36	Φθορισμού T8	180
A.1.3	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
A.1.4	8	2	36	Φθορισμού T8	900
	4	1	36	Φθορισμού T8	
A.1.5	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
A.1.6	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
A.1.7	3	4	18	Φθορισμού T8	270
A.1.8	2	2	36	Φθορισμού T8	253
	1	1	58	Φθορισμού T8	
A.1.9	2	2	36	Φθορισμού T8	253
	1	1	58	Φθορισμού T8	
A.1.10	3	2	36	Φθορισμού T8	270
A.1.11	4	2	36	Φθορισμού T8	360
A.1.12	2	2	36	Φθορισμού T8	180
A.1.13	2	1	22	Φθορισμού L22	115
	1	1	60	Πυράκτωσης E27	
A.1.14	1	1	18	Φθορισμού T8	23
A.1.15	2	2	36	Φθορισμού T8	270
	2	1	36	Φθορισμού T8	
A.1.16	1	2	36	Φθορισμού T8	150
	1	1	60	Πυράκτωσης E27	
A.1.17	4	2	36	Φθορισμού T8	540
	4	1	36	Φθορισμού T8	
A.1.18	8	4	18	Φθορισμού T8	720
ΣΥΝΟΛΟ					6.103

5.3.2. 1^{ος} Όροφος, Τμήμα 2Πίνακας 5.12. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 2 του 1^{ου} ορόφου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
A.2.1	12	4	18	Φθορισμού T8	1.080
A.2.2	2	1	21	Φθορισμού E27	42
A.2.3	2	4	36	Φθορισμού T8	495
	3	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.4	1	1	60	Πυράκτωσης E27	60
A.2.5	3	2	36	Φθορισμού T8	315
	1	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.6	1	2	36	Φθορισμού T8	90
A.2.7	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.8	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.9	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.10	2	2	36	Φθορισμού T8	180
A.2.11	1	4	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.12	1	4	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.13	2	4	36	Φθορισμού T8	360
A.2.14	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.15	2	4	36	Φθορισμού T8	360
A.2.16	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.17	1	2	36	Φθορισμού T8	135
	1	2	18	Φθορισμού T8	
A.2.18	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.19	8	4	18	Φθορισμού T8	900
	1	4	36	Φθορισμού T8	
A.2.20	3	2	36	Φθορισμού T8	270
A.2.21	4	2	36	Φθορισμού T8	360
A.2.22	1	1	18	Φθορισμού T8	44
	1	1	21	Φθορισμού E27	
A.2.23	1	4	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.24	4	2	36	Φθορισμού T8	405
	1	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.25	1	1	36	Φθορισμού T8	95
	1	1	40	Φθορισμού T12	
A.2.26	2	2	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.27	2	4	36	Φθορισμού T8	405
	1	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.28	2	2	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
A.2.29	7	4	18	Φθορισμού T8	630
A.2.30	2	4	18	Φθορισμού T8	180
ΣΥΝΟΛΟ					10.231

Στον πρώτο όροφο καταγράφηκε το σύνολο των φωτιστικών και των λαμπτήρων που υπάρχουν σε κάθε χώρο, όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες.

Η συνολική ισχύς για το σύστημα φωτισμού στον πρώτο όροφο είναι 16,33 kW.

5.4. 2^{ος} Όροφος

5.4.1. 2^{ος} Όροφος, Τμήμα 1

Πίνακας 5.13. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 1 του 2^{ου} ορόφου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
B.1.1	1	2	36	Φθορισμού T8	90
B.1.2	2	2	36	Φθορισμού T8	180
B.1.3	1	2	36	Φθορισμού T8	135
	1	1	36	Φθορισμού T8	
B.1.4	1	2	36	Φθορισμού T8	180
	1	4	18	Φθορισμού T8	
B.1.5	2	2	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
B.1.6	2	2	36	Φθορισμού T8	270
	2	1	36	Φθορισμού T8	
B.1.7	2	1	36	Φθορισμού T8	90
B.1.8	2	2	36	Φθορισμού T8	270
	2	1	36	Φθορισμού T8	
B.1.9	2	2	36	Φθορισμού T8	180
B.1.10	2	2	36	Φθορισμού T8	270
	2	1	36	Φθορισμού T8	
B.1.11	2	2	36	Φθορισμού T8	180
B.1.12	14	2	36	Φθορισμού T8	1.530
	6	1	36	Φθορισμού T8	
B.1.13	2	2	36	Φθορισμού T8	270
	2	1	36	Φθορισμού T8	
B.1.14	2	2	36	Φθορισμού T8	253
	1	1	58	Φθορισμού T8	
B.1.15	2	2	36	Φθορισμού T8	253
	1	1	58	Φθορισμού T8	
B.1.16	6	2	36	Φθορισμού T8	720
	4	1	36	Φθορισμού T8	
B.1.17	2	2	36	Φθορισμού T8	180
B.1.18	1	1	22	Φθορισμού L22	28
B.1.19	1	1	18	Φθορισμού T8	23
B.1.20	1	2	36	Φθορισμού T8	90
B.1.21	2	2	36	Φθορισμού T8	270
	2	1	36	Φθορισμού T8	
B.1.22	5	2	36	Φθορισμού T8	630
	4	1	36	Φθορισμού T8	
B.1.23	8	4	18	Φθορισμού T8	720
ΣΥΝΟΛΟ					7.035

5.4.2 2^{ος} Όροφος, Τμήμα 2 και Δώμα

Πίνακας 5.14. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 2 του 2^{ου} ορόφου και στο Δώμα.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)
B.2.1	2	4	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.2	2	4	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.3	1	1	36	Φθορισμού T8	105
	1	1	60	Πυράκτωσης E27	
B.2.4	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.5	2	2	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.6	2	2	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.7	1	2	36	Φθορισμού T8	90
B.2.8	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.9	4	2	36	Φθορισμού T8	450
	2	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.10	1	2	36	Φθορισμού T8	135
	1	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.11	1	2	36	Φθορισμού T8	135
	1	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.12	2	2	36	Φθορισμού T8	180
B.2.13	2	2	36	Φθορισμού T8	225
	1	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.14	9	2	36	Φθορισμού T8	945
	3	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.15	2	4	36	Φθορισμού T8	630
	2	2	36	Φθορισμού T8	
	2	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.16	1	2	36	Φθορισμού T8	90
B.2.17	1	1	18	Φθορισμού T8	23
B.2.18	1	2	36	Φθορισμού T8	135
	1	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.19	2	1	36	Φθορισμού T8	150
	1	1	60	Πυράκτωσης E27	
B.2.20	2	2	36	Φθορισμού T8	180
B.2.21	3	2	58	Φθορισμού T8	495
	1	1	60	Πυράκτωσης E27	
B.2.22	2	2	58	Φθορισμού T8	390
	1	1	100	Πυράκτωσης E27	
B.2.23	2	4	18	Φθορισμού T8	370
	1	2	58	Φθορισμού T8	
	1	1	36	Φθορισμού T8	
B.2.24	1	2	36	Φθορισμού T8	90
B.2.25	7	4	18	Φθορισμού T8	630
B.2.26	7	4	18	Φθορισμού T8	630
B.2.27	0	0	0	-	
B.Δ.1	1	4	18	Φθορισμού T8	90
B.Δ.2	4	1	40	Φθορισμού T12	200
ΣΥΝΟΛΟ					8.618

Στο δεύτερο όροφο και στο δώμα καταγράφηκε το σύνολο των φωτιστικών και των λαμπτήρων που υπάρχουν σε κάθε χώρο, όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες. Ο χώρος B.2.27 δεν είχε κανένα φωτιστικό.

Η συνολική ισχύς για το σύστημα φωτισμού στο δεύτερο όροφο και στο δώμα είναι 15,65 kW.

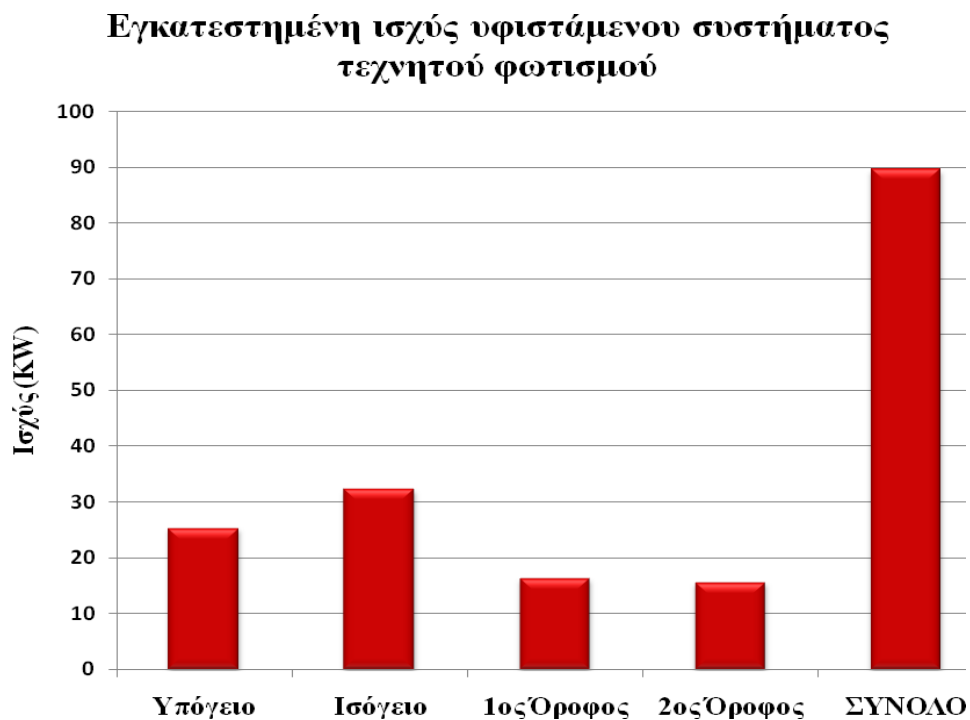
5.5. Συνολική ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού στο κτίριο

Στον Πίνακα 5.15 και στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζεται η συνολική εγκαταστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος του τεχνητού φωτισμού.

Πίνακας 5.15. Συνολική υφιστάμενη ισχύς τεχνητού φωτισμού για το κτίριο.

Όροφος	Σύνολο (W)
Υπόγειο	25.380
Ισόγειο	32.336
1ος Όροφος	16.333
2ος Όροφος	15.653
ΣΥΝΟΛΟ	89.702

Η συνολική ισχύς για το σύστημα φωτισμού στο κτίριο είναι 89,70 kW.



Σχήμα 5.1. Συνολική ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης για το κτίριου Λαμπαδαρίου

Κεφάλαιο 6^ο

Αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα φωτιστικά σώματα

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναλυτική παρουσίαση του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού για κάθε χώρο του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Επίσης περιγράφεται συνοπτικά η υπολογιστική διαδικασία που οδήγησε στη συγκεκριμένη προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε σύγκριση της προτεινόμενης κατάστασης σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και έγινε περιγραφή των πλεονεκτημάτων της προτεινόμενης δράσης.

Σε όλους τους χώρους του κτιρίου προτείνεται η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα υψηλότερης απόδοσης, με αποδοτικότερους λαμπτήρες τύπου T5, με παραβολική περσίδα και ηλεκτρονικό ballast. Η χρήση ηλεκτρονικών ballast αυξάνει την ενεργειακή απόδοση των λαμπτήρων φθορισμού, αυξάνει το συντελεστή ισχύος ενώ παράλληλα μειώνει τις απώλειες και τα προβλήματα φωτεινής μαρμαρυγής (flickering) και θορύβου. Έτσι επιτυγχάνεται μεγάλη μείωση ισχύος ανά χώρο και ακολούθως μείωση στο κόστος ηλεκτρισμού. Κάθε ένας από τους 229 χώρους του κτιρίου σχεδιάστηκε με λεπτομέρεια στον υπολογιστή με τα αντίστοιχα γεωμετρικά του δεδομένα και τις οπτικές ιδιότητες των εσωτερικών του στοιχείων όπως είναι οι συντελεστές ανακλαστικότητας των τοίχων και διαπερατότητας των υαλοπινάκων. Για κάθε χώρο πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί και προσομοιώσεις στο πρόγραμμα RELUX, το οποίο χρησιμοποιεί την πλατφόρμα RADIANCE και το οποίο είναι αξιόπιστο πρόγραμμα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών. Όλοι οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με συντελεστή συντήρησης (maintenance factor) ίσο με 0,8. Παράλληλα δόθηκε προσοχή ώστε όλοι οι χώροι να πληρούν τα όρια φωτεινής έντασης ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα, ώστε να μην παρατηρούνται πλέον υποφωτισμένοι ή υπερφωτισμένοι χώροι, σύμφωνα με τις παρακάτω προδιαγραφές.

Πίνακας 6.1. Όρια εντάσεων φωτισμού αναλόγα με τη χρήση του χώρου.

Χώρος	Φωτεινή ένταση LUX
Γραφεία	400
Αίθουσες απασχόλησης – τραπεζαρία	300
Αίθουσες διδασκαλίας	400
Βοηθητικοί χώροι	150
Χώροι υγιεινής	200
Αποθήκες	150
Μηχανοστάσιο	150
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια	250
Χώρος Στάθμευσης(Γκαράζ)	150

Η επιφάνεια μέτρησης των παραπάνω ορίων έντασης φωτισμού ορίστηκε στο ύψος της τυπικής επιφάνειας εργασίας, δηλαδή σε ύψος 0,75m. Προτείνονται γραμμικά φωτιστικά φθορισμού, λαμπτήρων τύπου T5 με ηλεκτρονικό ballast ελληνικής κατασκευής από την εταιρεία Γαλλής Α.Ε.Β.Ε. υψηλής απόδοσης. Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν τα αντίστοιχα φωτομετρικά αρχεία των προτεινόμενων φωτιστικών σωμάτων. Τα αναλυτικά αποτελέσματα των προσομοιώσεων για επιλεγμένους και αντιπροσωπευτικούς χώρους του κτιρίου παρατίθενται στο Παράρτημα Α. Οι αναλυτικές τεχνικές προδιαγραφές και τα πολικά διαγράμματα των φωτιστικών σωμάτων παρατίθενται στο Παράρτημα Γ. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών παρατίθενται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 6.2. Στην καταναλισκόμενη ισχύ των φωτιστικών σωμάτων έγινε προσαύξηση κατά 10% στην ισχύ των λαμπτήρων ώστε να συνυπολογιστεί και η κατανάλωση των ηλεκτρονικών ballast.

Πίνακας 6.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά των προτεινόμενων φωτιστικών σωμάτων από το RELUX.

<p>Manufacturer Gallis Lighting S.A.</p> <p>4306-4341 IKARUS 2X14W with Parabolic Louver</p> <p>Length: 660 mm, Width: 87 mm, Height: 89 mm</p> <p>Efficiency: 67,12% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 47 W</p> <p>Equipment: 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 Total luminous flux: 2400 lm Luminous flux for emergency lighting: -----</p>	<p>Manufacturer Gallis Lighting S.A.</p> <p>4307-4341 IKARUS 2X24W with Parabolic Louver</p> <p>Length: 660 mm, Width: 87 mm, Height: 89 mm</p> <p>Efficiency: 67,12% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 55 W</p> <p>Equipment: 2 x Osram Lumilux FQ 24W/830 Total luminous flux: 3500 lm Luminous flux for emergency lighting: -----</p>
<p>Manufacturer Gallis Lighting S.A.</p> <p>4308-4062 IKARUS 2X21W with Parabolic Louver</p> <p>Length: 960 mm, Width: 87 mm, Height: 89 mm</p> <p>Efficiency: 67,12% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 49 W</p> <p>Equipment: 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 Total luminous flux: 3800 lm Luminous flux for emergency lighting: -----</p>	<p>Manufacturer Gallis Lighting S.A.</p> <p>4309-4062 IKARUS 2X39W with Parabolic Louver</p> <p>Length: 960 mm, Width: 87 mm, Height: 89 mm</p> <p>Efficiency: 67,12% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 85 W</p> <p>Equipment: 2 x Osram Lumilux FQ 39W/830 Total luminous flux: 6200 lm Luminous flux for emergency lighting: -----</p>
<p>Manufacturer Gallis Lighting S.A.</p> <p>4310-4343 Ikarus 2X28W with Parabolic Louver</p> <p>Length: 1350 mm, Width: 84 mm, Height: 90 mm</p> <p>Efficiency: 75,34% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 53 W</p> <p>Equipment: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 Total luminous flux: 5200 lm Luminous flux for emergency lighting: -----</p>	<p>Manufacturer Gallis Lighting S.A.</p> <p>4311-4343 Ikarus 2X54W with Parabolic Louver</p> <p>Length: 1350 mm, Width: 84 mm, Height: 90 mm</p> <p>Efficiency: 75,34% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 108 W</p> <p>Equipment: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 Total luminous flux: 8900 lm Luminous flux for emergency lighting: -----</p>
<p>Manufacturer Gallis Lighting S.A.</p> <p>4312-4344 Ikarus 2X35W with Parabolic Louver</p> <p>Length: 1650 mm, Width: 84 mm, Height: 90 mm</p> <p>Efficiency: 75,34% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 76 W</p> <p>Equipment: 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 Total luminous flux: 6600 lm Luminous flux for emergency lighting: -----</p>	<p>Manufacturer Gallis Lighting S.A.</p> <p>4313-4344 Ikarus 2X80W with Parabolic Louver</p> <p>Length: 1650 mm, Width: 84 mm, Height: 90 mm</p> <p>Efficiency: 75,34% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 166 W</p> <p>Equipment: 2 x Osram Lumilux FQ 80W/840 Total luminous flux: 12300 lm Luminous flux for emergency lighting: -----</p>
<p>Manufacturer Gallis Lighting S.A.</p> <p>4032-4065 HERMES MONO 21W with Parabolic Louver</p> <p>Length: 1220 mm, Width: 52 mm, Height: 52 mm</p> <p>Efficiency: 60,17% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 26 W</p> <p>Equipment: 1 x Osram Lumilux FH 21W/830 Total luminous flux: 1900 lm Luminous flux for emergency lighting: -----</p>	<p>Manufacturer Gallis Lighting S.A.</p> <p>1090 OLYMPUS 2x26W</p> <p>Diameter: 192 mm Height: 123 mm</p> <p>Efficiency: 59,1% (A50, ↓ 99.9% ↑ 0.1%) Tot. system power: 61 W</p> <p>Equipment: 2 x TC-D 26W Total luminous flux: 3600 lm Luminous flux for emergency lighting: -----</p>

Στις παρακάτω παραγράφους παρουσιάζονται για κάθε τμήμα και όροφο του κτιρίου το πλήθος των προτεινόμενων φωτιστικών σωμάτων κάθε χώρου, το πλήθος των λαμπτήρων ανά φωτιστικό, η ισχύς και ο τύπος του κάθε λαμπτήρα με βάση τις κατόψεις του κεφαλαίου 4. Επίσης παρουσιάζεται η συνολική εγκαταστημένη ισχύς του κάθε χώρου έχοντας γίνει προσαύξηση κατά 10% ώστε να συνυπολογιστεί και η κατανάλωση των ηλεκτρονικών ballast των λαμπτήρων φθορισμού.

6.1. Υπόγειο

6.1.1 Υπόγειο, Τμήμα 1

Πίνακας 6.3. Συνολική ισχύς του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό στο Τμήμα 1 του υπογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
Υ.1.1	1	2	14	Φθορισμού T5	31
Υ.1.2	1	2	54	Φθορισμού T5	119
Υ.1.3	1	2	54	Φθορισμού T5	119
Υ.1.4	1	2	54	Φθορισμού T5	119
Υ.1.5	2	2	39	Φθορισμού T5	172
Υ.1.6	1	2	39	Φθορισμού T5	132
	1	2	21	Φθορισμού T5	
Υ.1.7	1	2	54	Φθορισμού T5	119
Υ.1.8	1	2	35	Φθορισμού T5	77
Υ.1.9	1	2	24	Φθορισμού T5	53
Υ.1.10	1	2	28	Φθορισμού T5	62
Υ.1.11	1	2	35	Φθορισμού T5	77
Υ.1.12	1	2	28	Φθορισμού T5	62
Υ.1.13	1	2	14	Φθορισμού T5	77
	1	2	21	Φθορισμού T5	
Υ.1.14	1	2	14	Φθορισμού T5	84
	1	2	24	Φθορισμού T5	
Υ.1.15	1	2	14	Φθορισμού T5	31
Υ.1.16	4	2	39	Φθορισμού T5	343
Υ.1.17	1	2	14	Φθορισμού T5	31
Υ.1.18	1	2	21	Φθορισμού T5	123
	1	2	35	Φθορισμού T5	
Υ.1.19	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Υ.1.20	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Υ.1.21	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Υ.1.22	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Υ.1.23	4	2	80	Φθορισμού T5	704
ΣΥΝΟΛΟ					3.483

6.1.2 Υπόγειο, Τμήμα 2

Πίνακας 6.4. Συνολική ισχύς του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό στο Τμήμα 2 του υπογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
Υ.2.1	2	2	39	Φθορισμού T5	172
Υ.2.2	5	2	35	Φθορισμού T5	385
Υ.2.3	5	2	35	Φθορισμού T5	385
Υ.2.4	7	2	14	Φθορισμού T5	216
Υ.2.5	25	2	35	Φθορισμού T5	1.925
Υ.2.6	1	2	54	Φθορισμού T5	119
Υ.2.7	2	2	54	Φθορισμού T5	238
Υ.2.8	1	2	80	Φθορισμού T5	176
Υ.2.9	1	2	54	Φθορισμού T5	119
Υ.2.10	2	2	14	Φθορισμού T5	62
Υ.2.11	2	2	21	Φθορισμού T5	92
ΣΥΝΟΛΟ					3.887

6.1.3 Υπόγειο, Τμήμα 3

Πίνακας 6.5. Συνολική ισχύς του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό στο Τμήμα 3 του υπογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
Υ.3.1	1	2	35	Φθορισμού T5	77
Υ.3.2	1	2	35	Φθορισμού T5	77
Υ.3.3	1	2	35	Φθορισμού T5	77
Υ.3.4	5	2	24	Φθορισμού T5	264
Υ.3.5	4	2	39	Φθορισμού T5	343
Υ.3.6	2	2	21	Φθορισμού T5	92
Υ.3.7	1	2	14	Φθορισμού T5	31
Υ.3.8	1	2	21	Φθορισμού T5	46
Υ.3.9	5	2	28	Φθορισμού T5	308
Υ.3.10	1	2	21	Φθορισμού T5	46
Υ.3.11	2	2	14	Φθορισμού T5	62
Υ.3.12	1	2	14	Φθορισμού T5	31
Υ.3.13	2	2	14	Φθορισμού T5	62
Υ.3.14	2	2	14	Φθορισμού T5	62
Υ.3.15	2	2	14	Φθορισμού T5	123
	1	2	28	Φθορισμού T5	
Υ.3.16	2	2	14	Φθορισμού T5	123
	1	2	28	Φθορισμού T5	
Υ.3.17	1	2	14	Φθορισμού T5	31
Υ.3.18	1	2	21	Φθορισμού T5	46
Υ.3.19	1	2	39	Φθορισμού T5	132
	1	2	21	Φθορισμού T5	
Υ.3.20	1	2	28	Φθορισμού T5	62
Υ.3.21	1	2	24	Φθορισμού T5	53
Υ.3.22	1	2	21	Φθορισμού T5	46
Υ.3.23	9	2	35	Φθορισμού T5	693
Υ.3.24	2	2	28	Φθορισμού T5	123
Υ.3.25	3	2	28	Φθορισμού T5	185
Υ.3.26	3	2	28	Φθορισμού T5	185
Υ.3.27	3	2	28	Φθορισμού T5	185
Υ.3.28	1	2	14	Φθορισμού T5	31
Υ.3.29	1	2	14	Φθορισμού T5	31
Υ.3.30	1	2	35	Φθορισμού T5	77
Υ.3.31	2	2	35	Φθορισμού T5	216
	1	2	28	Φθορισμού T5	
Υ.3.32	1	2	14	Φθορισμού T5	92
	1	2	28	Φθορισμού T5	
Υ.3.33	2	2	14	Φθορισμού T5	246
	3	2	28	Φθορισμού T5	
Υ.3.34	1	2	28	Φθορισμού T5	62
ΣΥΝΟΛΟ	4.319				

6.1.4 Υπόγειο, Τμήμα 4

Πίνακας 6.6. Συνολική ισχύς του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό στο Τμήμα 4 του υπογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
Υ.4.1	1	2	14	Φθορισμού T5	31
Υ.4.2	16	2	35	Φθορισμού T5	1232
Υ.4.3	3	2	28	Φθορισμού T5	185
Υ.4.4	2	2	14	Φθορισμού T5	62
ΣΥΝΟΛΟ					1.509

Η συνολική ισχύς για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού στο υπόγειο είναι 13,20 kW.

6.2. Ισόγειο

6.2.1 Ισόγειο, Τμήμα 1

Πίνακας 6.7. Συνολική ισχύς του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό στο Τμήμα 1 του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
I.1.1	8	2	35	Φθορισμού T5	616
I.1.2	1	2	39	Φθορισμού T5	163
	1	2	35	Φθορισμού T5	
I.1.3	2	2	28	Φθορισμού T5	123
I.1.4	1	2	80	Φθορισμού T5	222
	1	2	21	Φθορισμού T5	
I.1.5	1	2	80	Φθορισμού T5	222
	1	2	21	Φθορισμού T5	
I.1.6	1	2	80	Φθορισμού T5	222
	1	2	21	Φθορισμού T5	
I.1.7	5	2	35	Φθορισμού T5	385
I.1.8	1	2	35	Φθορισμού T5	253
	1	2	80	Φθορισμού T5	
I.1.9	1	2	35	Φθορισμού T5	253
	1	2	80	Φθορισμού T5	
I.1.10	1	2	35	Φθορισμού T5	253
	1	2	80	Φθορισμού T5	
				Φθορισμού T5	
I.1.11	1	2	35	Φθορισμού T5	196
	1	2	54	Φθορισμού T5	
I.1.12	1	2	21	Φθορισμού T5	46
I.1.13	3	2	35	Φθορισμού T5	231
I.1.14	3	2	35	Φθορισμού T5	231
I.1.15	2	2	28	Φθορισμού T5	431
	4	2	35	Φθορισμού T5	
ΣΥΝΟΛΟ					3.848

6.2.2 Ισόγειο, Τμήμα 2

Πίνακας 6.8. Συνολική ισχύς του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό στο Τμήμα 2 του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
I.2.1	2	2	21	Φθορισμού T5	92
I.2.2	8	2	35	Φθορισμού T5	616
I.2.3	4	2	35	Φθορισμού T5	308
I.2.4	16	2	35	Φθορισμού T5	1.232
I.2.5	2	2	35	Φθορισμού T5	154
I.2.6	2	2	35	Φθορισμού T5	154
I.2.7	4	2	35	Φθορισμού T5	484
	1	2	80	Φθορισμού T5	
ΣΥΝΟΛΟ					3.040

6.2.3 Ισόγειο, Τμήμα 3

Πίνακας 6.9. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 3 του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
I.3.1	6	2	35	Φθορισμού T5	462
I.3.2	12	2	35	Φθορισμού T5	924
I.3.3	12	2	35	Φθορισμού T5	924
I.3.4	2	2	28	Φθορισμού T5	585
	6	2	35	Φθορισμού T5	
I.3.5	2	2	28	Φθορισμού T5	200
	1	2	35	Φθορισμού T5	
I.3.6	11	2	35	Φθορισμού T5	847
I.3.7	3	2	35	Φθορισμού T5	231
I.3.8	1	2	21	Φθορισμού T5	46
I.3.9	3	2	21	Φθορισμού T5	200
	1	2	28	Φθορισμού T5	
I.3.10	2	2	21	Φθορισμού T5	169
	1	2	35	Φθορισμού T5	
I.3.11	1	2	35	Φθορισμού T5	77
I.3.12	1	2	28	Φθορισμού T5	62
I.3.13	1	2	35	Φθορισμού T5	77
I.3.14	3	2	35	Φθορισμού T5	231
I.3.15	3	2	35	Φθορισμού T5	231
I.3.16	1	2	28	Φθορισμού T5	62
I.3.17	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
I.3.18	1	2	39	Φθορισμού T5	205
	1	2	54	Φθορισμού T5	
I.3.19	1	2	28	Φθορισμού T5	62
ΣΥΝΟΛΟ					5.733

6.2.4 Ισόγειο, Τμήμα 4

Πίνακας 6.10. Συνολική ισχύς του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό στο Τμήμα 4 του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
I.4.1	6	2	35	Φθορισμού T5	462
I.4.2	1	2	21	Φθορισμού T5	46
I.4.3	1	2	21	Φθορισμού T5	108
	1	2	28	Φθορισμού T5	
I.4.4	3	2	28	Φθορισμού T5	185
I.4.5	18	2	35	Φθορισμού T5	1.386
I.4.6	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
I.4.7	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
ΣΥΝΟΛΟ					2.464

6.2.5 Ισόγειο, Τμήματα 6 και 7

Πίνακας 6.11. Συνολική ισχύς του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό στα Τμήματα 6 και 7 του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
I.6.1	26	2	26	Φθορισμού Biax D	1.487
I.6.2	4	2	28	Φθορισμού T5	477
	3	2	35	Φθορισμού T5	
I.7.1	1	2	21	Φθορισμού T5	108
	1	2	28	Φθορισμού T5	
I.7.2	3	2	28	Φθορισμού T5	185
I.7.3	2	2	28	Φθορισμού T5	277
	2	2	35	Φθορισμού T5	
I.7.4	3	2	21	Φθορισμού T5	139
I.7.5	1	2	21	Φθορισμού T5	69
	1	1	21	Φθορισμού T5	
I.7.6	1	2	21	Φθορισμού T5	200
	2	2	35	Φθορισμού T5	
I.7.7	2	2	35	Φθορισμού T5	154
ΣΥΝΟΛΟ					3.097

6.2.6 Ισόγειο, Εξωτερικός χώρος

Πίνακας 6.12. Συνολική ισχύς του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό στον εξωτερικό χώρο του ισογείου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
I.E.1	3	2	35	Φθορισμού T5	231
I.E.2	4	2	21	Φθορισμού T5	185
ΣΥΝΟΛΟ					416

Η συνολική ισχύς για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού στο ισόγειο είναι 18,60 kW.

6.3. 1^{ος} Όροφος

6.3.1. 1^{ος} Όροφος, Τμήμα 1

Πίνακας 6.13. Συνολική ισχύς του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό στο Τμήμα 1 του 1^{ου} ορόφου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
A.1.1	2	2	35	Φθορισμού T5	154
A.1.2	2	2	28	Φθορισμού T5	123
A.1.3	3	2	35	Φθορισμού T5	231
A.1.4	6	2	35	Φθορισμού T5	462
A.1.5	3	2	35	Φθορισμού T5	231
A.1.6	3	2	35	Φθορισμού T5	231
A.1.7	3	2	35	Φθορισμού T5	231
A.1.8	2	2	21	Φθορισμού T5	92
A.1.9	2	2	21	Φθορισμού T5	92
A.1.10	2	2	35	Φθορισμού T5	154
A.1.11	2	2	35	Φθορισμού T5	154
A.1.12	1	2	54	Φθορισμού T5	119
A.1.13	1	2	39	Φθορισμού T5	147
	1	2	28	Φθορισμού T5	
A.1.14	1	2	21	Φθορισμού T5	46
A.1.15	2	2	28	Φθορισμού T5	123
A.1.16	1	2	35	Φθορισμού T5	77
A.1.17	2	2	54	Φθορισμού T5	315
	1	2	35	Φθορισμού T5	
A.1.18	7	2	35	Φθορισμού T5	539
ΣΥΝΟΛΟ					3.522

6.3.2. 1^{ος} Όροφος, Τμήμα 2

Πίνακας 6.14. Συνολική ισχύς του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό στο Τμήμα 2 του 1^{ου} ορόφου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
A.2.1	6	2	35	Φθορισμού T5	462
A.2.2	1	2	21	Φθορισμού T5	46
A.2.3	4	2	39	Φθορισμού T5	343
A.2.4	1	2	24	Φθορισμού T5	53
A.2.5	2	2	39	Φθορισμού T5	172
A.2.6	1	2	35	Φθορισμού T5	77
A.2.7	3	2	35	Φθορισμού T5	231
A.2.8	3	2	35	Φθορισμού T5	231
A.2.9	2	2	35	Φθορισμού T5	154
A.2.10	2	2	21	Φθορισμού T5	92
A.2.11	3	2	21	Φθορισμού T5	139
A.2.12	3	2	21	Φθορισμού T5	139
A.2.13	1	2	21	Φθορισμού T5	46
A.2.14	2	2	35	Φθορισμού T5	154
A.2.15	2	2	21	Φθορισμού T5	92
A.2.16	2	2	35	Φθορισμού T5	154
A.2.17	2	2	21	Φθορισμού T5	92
A.2.18	2	2	54	Φθορισμού T5	238
A.2.19	6	2	35	Φθορισμού T5	462
A.2.20	2	2	35	Φθορισμού T5	154
A.2.21	2	2	35	Φθορισμού T5	154
A.2.22	1	2	14	Φθορισμού T5	77
	1	2	21	Φθορισμού T5	
A.2.23	2	2	28	Φθορισμού T5	123
A.2.24	2	2	35	Φθορισμού T5	154
A.2.25	1	2	21	Φθορισμού T5	46
A.2.26	2	2	28	Φθορισμού T5	123
A.2.27	2	2	35	Φθορισμού T5	154
A.2.28	2	2	28	Φθορισμού T5	123
A.2.29	4	2	35	Φθορισμού T5	308
A.2.30	2	2	21	Φθορισμού T5	92
ΣΥΝΟΛΟ					4.886

Η συνολική ισχύς για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού στον 1^ο όροφο είναι 8,41 kW.

6.4. 2^{ος} Όροφος

6.4.1. 2^{ος} Όροφος, Τμήμα 1

Πίνακας 6.15. Συνολική ισχύς του προτεινόμενου συστήματος για το φωτισμό στο Τμήμα 1 του 2^{ου} ορόφου.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
B.1.1	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.1.2	1	2	21	Φθορισμού T5	46
B.1.3	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.1.4	1	2	21	Φθορισμού T5	46
B.1.5	1	2	14	Φθορισμού T5	185
	2	2	35	Φθορισμού T5	
B.1.6	2	2	35	Φθορισμού T5	154
B.1.7	1	2	21	Φθορισμού T5	46
B.1.8	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.1.9	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.1.10	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.1.11	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.1.12	10	2	35	Φθορισμού T5	770
B.1.13	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.1.14	2	2	21	Φθορισμού T5	92
B.1.15	2	2	21	Φθορισμού T5	92
B.1.16	4	2	35	Φθορισμού T5	308
B.1.17	2	2	28	Φθορισμού T5	123
B.1.18	1	2	35	Φθορισμού T5	77
B.1.19	1	2	14	Φθορισμού T5	31
B.1.20	1	2	21	Φθορισμού T5	46
B.1.21	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.1.22	2	2	28	Φθορισμού T5	277
	2	2	35	Φθορισμού T5	
B.1.23	7	2	35	Φθορισμού T5	539
ΣΥΝΟΛΟ					3.942

6.4.2. 2^{ος} Όροφος, Τμήμα 2 και Δώμα

Πίνακας 6.16. Συνολική ισχύς για το φωτισμό στο Τμήμα 2 του 2^{ου} ορόφου και στο Δώμα.

Χώρος	Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (τεχνητός φωτισμός) (W)
B.2.1	1	2	14	Φθορισμού T5	185
	2	2	35	Φθορισμού T5	
B.2.2	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.2.3	1	2	21	Φθορισμού T5	108
	1	2	28	Φθορισμού T5	
B.2.4	2	2	35	Φθορισμού T5	154
B.2.5	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.2.6	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.2.7	1	2	21	Φθορισμού T5	108
	1	2	28	Φθορισμού T5	
B.2.8	1	2	28	Φθορισμού T5	216
	2	2	35	Φθορισμού T5	
B.2.9	1	2	28	Φθορισμού T5	216
	2	2	35	Φθορισμού T5	
B.2.10	2	2	35	Φθορισμού T5	154
B.2.11	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.2.12	1	2	21	Φθορισμού T5	46
B.2.13	3	2	28	Φθορισμού T5	185
B.2.14	4	2	35	Φθορισμού T5	308
B.2.15	3	2	35	Φθορισμού T5	231
B.2.16	1	2	21	Φθορισμού T5	46
B.2.17	1	2	14	Φθορισμού T5	31
B.2.18	1	2	21	Φθορισμού T5	123
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.2.19	1	2	28	Φθορισμού T5	62
B.2.20	1	2	21	Φθορισμού T5	108
	1	2	28	Φθορισμού T5	
B.2.21	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.2.22	1	2	28	Φθορισμού T5	139
	1	2	35	Φθορισμού T5	
B.2.23	2	2	28	Φθορισμού T5	123
B.2.24	1	2	21	Φθορισμού T5	46
B.2.25	6	2	35	Φθορισμού T5	462
B.2.26	2	2	35	Φθορισμού T5	273
	1	2	54	Φθορισμού T5	
B.2.27	1	2	21	Φθορισμού T5	46
B.Δ.1	1	2	14	Φθορισμού T5	123
	2	2	21	Φθορισμού T5	
B.Δ.2	4	2	28	Φθορισμού T5	246
ΣΥΝΟΛΟ					4.431

Η συνολική ισχύς για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού στον 2^ο όροφο είναι 8,37 kW.

6.5. Συνολική ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού στο κτίριο.

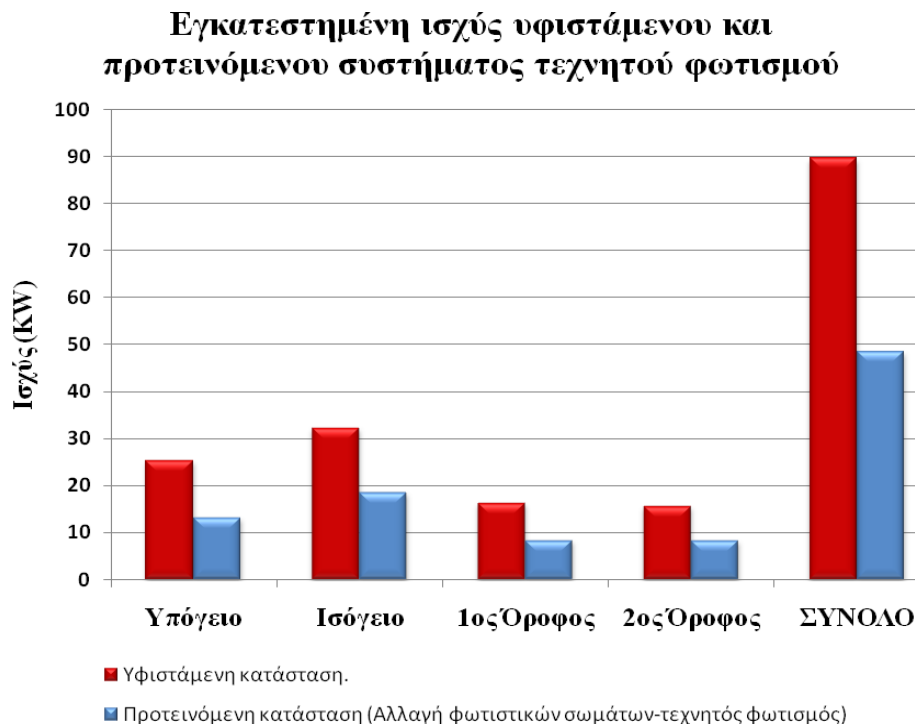
Στον Πίνακα 6.17 και στο Σχήμα 6.1 παρουσιάζεται η συνολική εγκαταστημένη ισχύς του υφιστάμενου συστήματος του τεχνητού φωτισμού σε σχέση με την προτεινόμενη παρέμβαση.

Πίνακας 6.17. Συνολική ισχύς υφιστάμενης και προτεινόμενης εγκατάστασης για το κτίριο.

Όροφος	Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός) (W)
Υπόγειο	25.380	13.198
Ισόγειο	32.336	18.598
1ος Όροφος	16.333	8.408
2ος Όροφος	15.653	8.373
ΣΥΝΟΛΟ	89.702	48.577

Η συνολική ισχύς για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού στο κτίριο είναι 48,58 kW.

Για το σύστημα τεχνητού φωτισμού στο κτίριο επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 45,8%, δηλαδή κατά 41,13 kW σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.



Σχήμα 6.1. Συνολική ισχύς υφιστάμενης και προτεινόμενης εγκατάστασης τεχνητού φωτισμού για το κτίριο Λαμπαδαρίου.

Κεφάλαιο 7^ο

Αναβάθμιση συστήματος φωτισμού και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η περαιτέρω αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και τα ενεργειακά οφέλη που προκύπτουν από την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Στο σύνολο των χώρων του κτιρίου πραγματοποιήθηκε ανάλυση ως προς τη δυνατότητα αξιοποίησής του και τελικά μόνο σε 66 χώρους του κτιρίου κρίθηκε ωφέλιμη η εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού. Για τους χώρους αυτούς, παρατίθεται η νέα συνολική ισχύς για το σύστημα τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού καθώς και το επιπλέον κόστος για την εγκατάσταση του συστήματος εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού.

Γενικά, η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού έχει ως στόχο να μειωθεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ παράλληλα να εξακολουθούν να πληρούνται τα όρια φωτεινής έντασης που έχουν θεσπιστεί για κάθε χώρο. Στο κτίριο Λαμπαδαρίου έγινε μελέτη ώστε να διαπιστωθεί σε ποιους χώρους υπάρχουν επαρκή οφέλη, οικονομικά και περιβαλλοντικά, ώστε να κρίνεται ωφέλιμη και άρα σκόπιμη η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Η δυνατότητα εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού στο Λαμπαδάριο είναι αρκετά υψηλή, κυρίως στον 1^ο και 2^ο όροφο, καθ' ότι περιμετρικά δεν υπάρχει πυκνή οικοδόμηση, ούτε πυκνή βλάστηση.

Για να διαπιστωθεί σε ποιους χώρους υπάρχουν σημαντικά οφέλη από την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα προσομοίωσης RELUX. Στο RELUX σχεδιάστηκε λεπτομερώς ο κάθε υπό εξέταση χώρος. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε χώρο χρησιμοποιήθηκαν οι αντίστοιχες γεωμετρικές του διαστάσεις και οι ανακλαστικότητες των τοίχων. Τοποθετήθηκαν με ακρίβεια τα εσωτερικά δομικά στοιχεία, όπως πόρτες και εξωτερικά ανοίγματα, καθώς και διάφορα σταθερά αντικείμενα του χώρου που επηρεάζουν την πρόσπτωση του φωτός στο εσωτερικό, όπως εσωτερικά χωρίσματα. Αποφεύχθηκε η τοποθέτηση των κινητών αντικειμένων κάθε χώρου, διότι η θέση τους είναι μεταβλητή. Τέλος, ως επιφάνεια εργασίας, θεωρήθηκε το οριζόντιο επίπεδο που βρίσκεται σε ύψος 0,75m πάνω από το δάπεδο. Επιπλέον, σχεδιάστηκε ο περιβάλλον χώρος που επηρεάζει την κατανομή της προσπτώμενης ηλιακής ακτινοβολίας στον υπό εξέταση χώρο, όπως παράπλευρα κτίρια, υπόστεγα, προεξέχουσες κολόνες, βλάστηση, σκίαστρα και κάγκελα στα παράθυρα. Μετά το λεπτομερή σχεδιασμό του κάθε χώρου, εσωτερικά και εξωτερικά, οριζόταν με ακρίβεια ο προσανατολισμός του Λαμπαδαρίου (North angle=161^ο) καθώς και οι ακριβείς του συντεταγμένες (γεωγραφικό πλάτος=37^ο 58' 31'' North, γεωγραφικό μήκος=23^ο 46' 48'' East). Με τα παραπάνω δεδομένα μέσω του προγράμματος RELUX υπολογίστηκε η μέση τιμή του συντελεστή φυσικού φωτισμού (average daylight factor). Ο συντελεστής φυσικού φωτισμού (daylight factor) υπολογίζεται με βάση την παρακάτω σχέση:

$$DF = \frac{E_i}{E_o} \times 100(\%)$$

όπου:

Εί: Ένταση φυσικού φωτισμού (lux) σε σημείο της επιφάνειας εργασίας στο εσωτερικό του χώρου.

Εο: Ένταση φυσικού φωτισμού (lux) σε σημείο του οριζώντιου επιπέδου στο εξωτερικό του χώρου την ίδια χρονική στιγμή.

Εισάγοντας τη μέση τιμή του συντελεστή φυσικού φωτισμού, τις επιθυμητές εντάσεις φωτισμού αναλόγα με τη χρήση του χώρου (lux), το ωράριο λειτουργίας του κτιρίου και τη μέση μηνιαία ηλιοφάνεια (sunshine probabilities) για την περιοχή της Αθήνας (πίνακας 7.1), υπολογίστηκε η επί τοις εκατό συμβολή της ηλιακής ακτινοβολίας στο φωτισμό του χώρου.

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, θεωρήθηκε ότι το κτίριο λειτουργεί καθημερινά από τις 8 το πρωί έως τις 6 το απόγευμα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, εκτός από τις ημέρες των διακοπών. Συγκεκριμένα το κτίριο λειτουργεί συνολικά για 48 εβδομάδες το έτος, 5 ημέρες την εβδομάδα και 10 ώρες την ημέρα (ετήσιο σύνολο: 2.400h).

Πίνακας 7.1. Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια για κάθε μήνα.

Μήνας	Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια (%)	Μήνας	Μέση μηνιαία ηλιοφάνεια (%)
Ιανουάριος	44	Ιούλιος	90
Φεβρουάριος	50	Αύγουστος	85
Μάρτιος	41	Σεπτέμβριος	70
Απρίλιος	55	Οκτώβριος	52
Μάιος	78	Νοέμβριος	50
Ιούνιος	87	Δεκέμβριος	48

Στην παρέμβαση για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιοι τύποι φωτιστικών με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού. Ωστόσο, για να αξιοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός είναι απαραίτητο τα φωτιστικά να διαθέτουν ηλεκτρονικά συστήματα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Electronic Dimmable Ballasts, EDBs), όπως επίσης και αισθητήρα σύζευξης φυσικού/τεχνητού φωτισμού. Για την μέγιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού προτείνεται αυτόνομος αισθητήρας φωτισμού, ένας για κάθε φωτιστικό σώμα. Έτσι μειώνεται το κόστος από μια ακριβή εγκατάσταση με ενιαίο σύστημα διαχείρισης φωτισμού στο κτίριο και αυξάνεται η ευκολία τοποθέτησής τους.

Σύμφωνα με τις τιμές του εμπορίου, για οποιονδήποτε τύπο από τα χρησιμοποιούμενα φωτιστικά, το επιπλέον κόστος για να είναι dimmable είναι 27,68 € και το κόστος του αισθητήρα είναι 24,60 €, δηλαδή κάθε τύπος φωτιστικού που χρησιμοποιείται και για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι ακριβότερος κατά 52,28 € (στη τιμή συμπεριλαμβάνεται Φ.Π.Α. 23%) απ' το αντίστοιχο φωτιστικό που είναι μόνο για απλή χρήση (on/off). Αναλυτικές τιμές για όλα τα φωτιστικά και τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην φωτοτεχνική μελέτη για το Λαμπαδάριο κτίριο παρατίθενται στο κεφάλαιο 9.

Στα επόμενα υποκεφάλαια, παρουσιάζονται οι χώροι κάθε ορόφου στους οποίους υπάρχει όφελος από την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Για τους χώρους αυτούς παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι συνολικές τιμές ισχύος για τις τρεις καταστάσεις: της υφιστάμενης, της προτεινόμενης με αντικατάσταση μόνο των φωτιστικών σωμάτων και της προτεινόμενης με

αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Επίσης, υπολογίζονται τα επιπλέον κόστη για κάθε όροφο του κτιρίου, αλλά και για το σύνολο αυτού, ώστε να γίνει αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

7.1. Υπόγειο

Στο υπόγειο, υπήρχε αξιόλογο ενεργειακό όφελος από την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού μόνο σε έναν χώρο, ο οποίος είναι το κυλικείο της ΣΑΤΜ. Παρ' ότι αποφεύχθηκε η εγκατάσταση dimmable φωτιστικών και αισθητήρων σε κοινόχρηστους χώρους, στο κυλικείο της σχολής προτείνεται να εγκατασταθεί ο εξοπλισμός για να αξιοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός. Εκτός από τα ενεργειακά οφέλη, η κίνηση αυτή στοχεύει και στην ενεργειακή-περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των χρηστών του χώρου του κυλικείου. Για το λόγο αυτό προτείνεται η εγκατάσταση ειδικής επιγραφής που θα αναγράφει τα ενεργειακά οφέλη και θα πιστοποιεί ότι το κτίριο, έπειτα από ενεργειακή μελέτη, είναι ενεργειακά φιλικό και αποδοτικό.

Πίνακας 7.2. Συνολική ισχύς των τριών καταστάσεων στο Υπόγειο-Τμήμα 4.

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός) (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός με ρύθμιση) (W)
Υ.4.2	3.510	1.232	646
Σύνολο	3.510	1.232	646

Ο χώρος Υ.4.2, όπως φαίνεται και από τον πίνακα 6.6 (κεφάλαιο 6), προτείνεται να φωτιστεί με 16 φωτιστικά των 2 λαμπτήρων, ισχύος 35W έκαστος. Συμπερασματικά, το επιπλέον κόστος ώστε τα φωτιστικά να γίνουν κατάλληλα για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού είναι $52,28\text{€} \times 16 = 836,4\text{€}$.

7.2. Ισόγειο

Πίνακας 7.3. Συνολική ισχύς των τριών καταστάσεων στο Ισόγειο-Τμήμα 2.

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός) (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός με ρύθμιση) (W)
I.2.7	540	484	319
Σύνολο	540	484	319

Πίνακας 7.4. Συνολική ισχύς των τριών καταστάσεων στο Ισόγειο-Τμήμα 3.

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός) (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός με ρύθμιση) (W)
I.3.1	540	462	105
I.3.2	1.350	924	682
I.3.3	1.350	924	739
I.3.6	1890	847	625
Σύνολο	5.130	3.157	2.151

Πίνακας 7.5. Συνολική Ισχύς των τριών καταστάσεων στο Ισόγειο-Τμήμα 4.

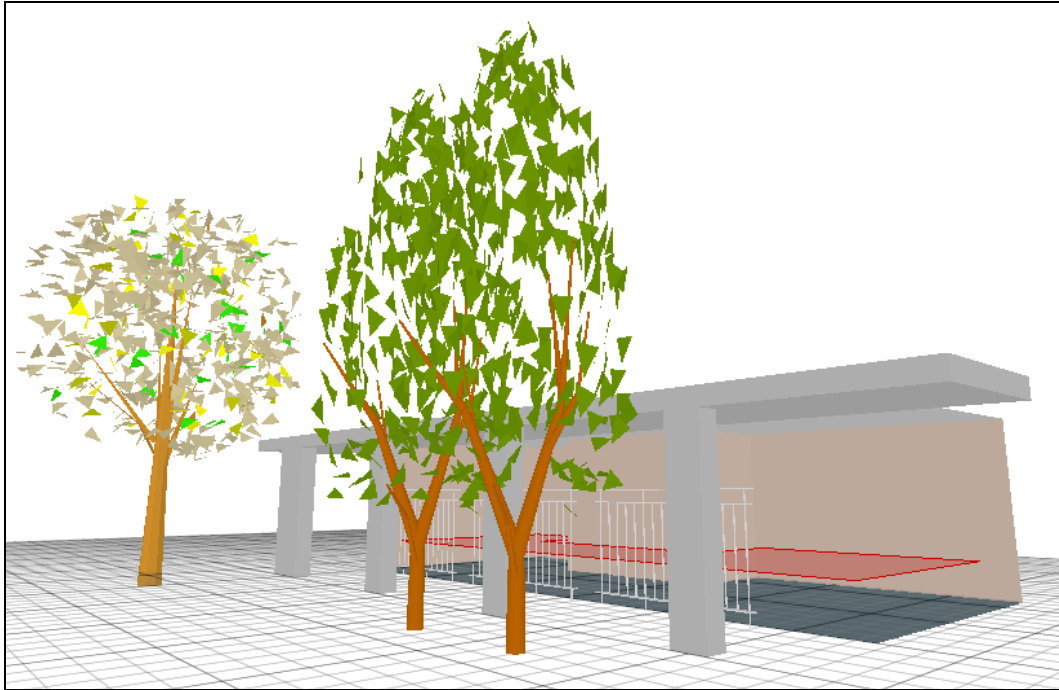
Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός) (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός με ρύθμιση) (W)
I.4.1	360	462	140
I.4.5	3.600	1.386	924
I.4.6	90	139	39
I.4.7	90	139	37
Σύνολο	4.140	2.126	1.140

Στο ισόγειο έγινε μελέτη για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού σε 9 χώρους. Στους χώρους αυτούς προτείνεται να χρησιμοποιηθούν συνολικά 74 φωτιστικά. Ως εκ τούτου, το επιπλέον κόστος για να αξιοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός είναι $74 \times 52,28\text{€} = 3.868,35\text{€}$.

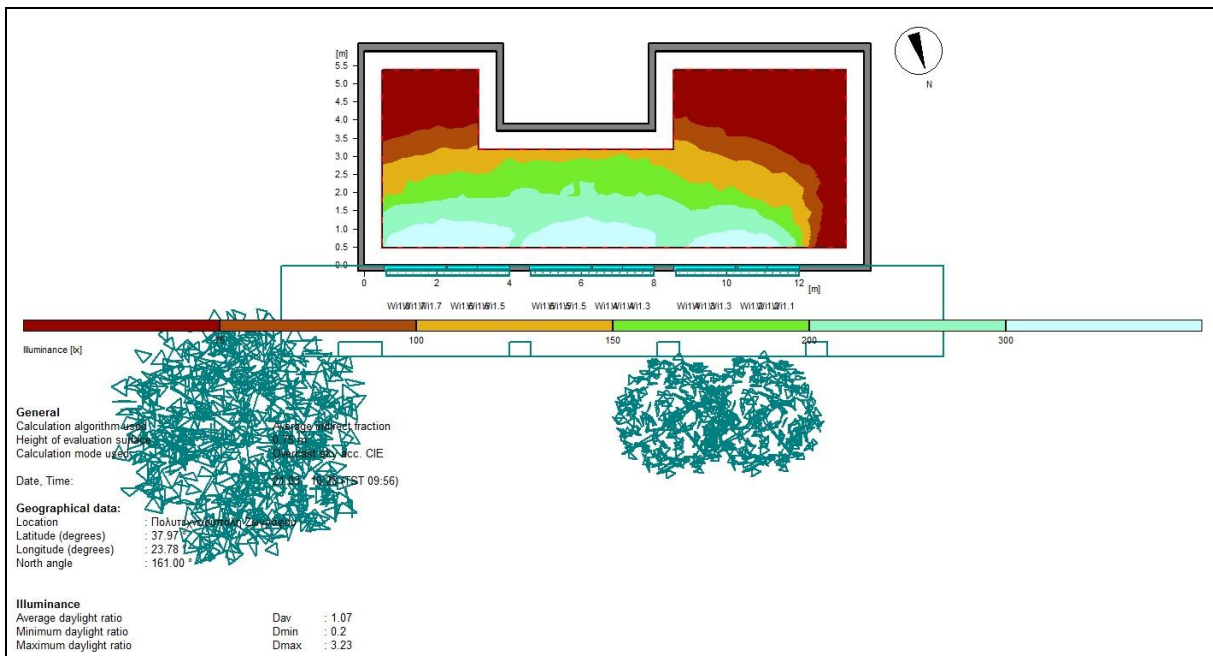
Παρακάτω ακολουθεί ένα ενδεικτικό παράδειγμα χώρου (χώρος I.2.7) ο οποίος σχεδιάστηκε στο RELUX, εσωτερικά και εξωτερικά, ώστε να υπολογιστεί από το πρόγραμμα, η επί τοις εκατό συμβολή της ηλιακής ακτινοβολίας στο φωτισμό της αίθουσας για κάθε μήνα του έτους.



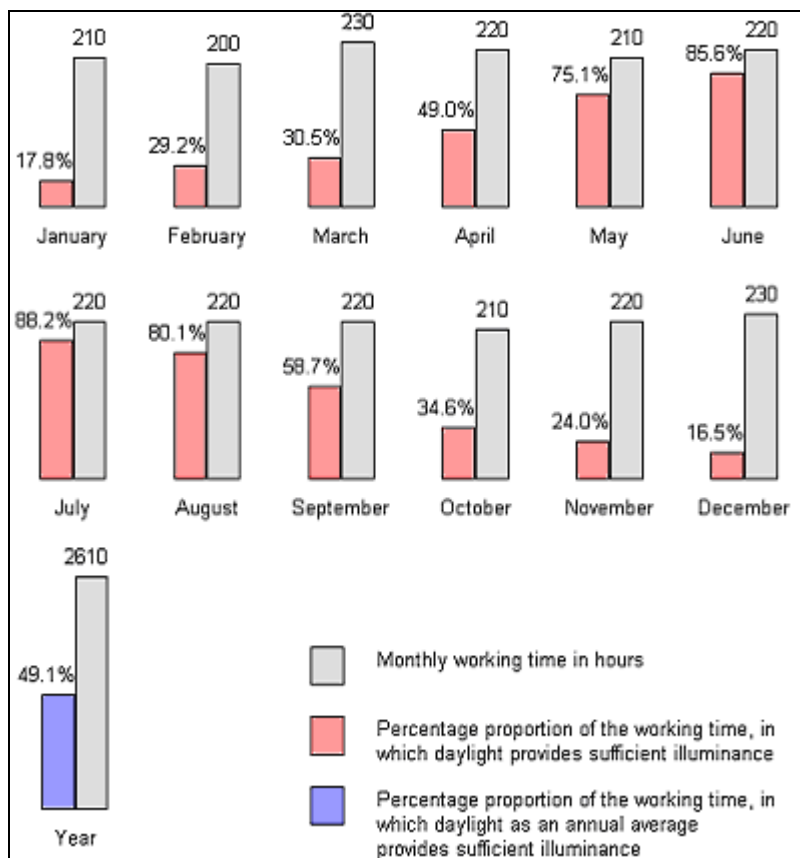
Εικόνα 7.1. Εξωτερική φωτογραφία του χώρου I.2.7 (αριστερά) και αντίστοιχη τρισδιάστατη φωτορεαλιστική απεικόνισή του από φυσικό φωτισμό (δεξιά).



Σχήμα 7.1. Τρισδιάστατη απεικόνιση του χώρου I.2.7 από το RELUX.



Σχήμα 7.2. Φωτομετρικά αποτελέσματα από το RELUX για το χώρο I.2.7.



Σχήμα 7.3. Ποσοστιαία συμβολή του φυσικού φωτισμού στο φωτισμό του χώρου I.2.7 για κάθε μήνα του έτους και για το σύνολο του έτους από το RELUX.

Το ποσοστό 49,1% του παραπάνω σχήματος είναι το ποσοστό των εργασιμών ωρών του χώρου I.2.7. για ένα έτος κατά τις οποίες ο φυσικός φωτισμός καλύπτει τις φωτιστικές του ανάγκες. Το συγκεκριμένο ποσοστό, παρ' ότι αρκετά υψηλό και ικανοποιητικό, είναι από τα χαμηλότερα ποσοστά που παρουσιάζονται στους 66 υπό μελέτη χώρους όπου προτείνεται αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Ένας απ' τους λόγους που επιλέχτηκε να προταθεί εγκατάσταση συστήματος τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης στο συγκεκριμένο χώρο είναι ότι ο συγκεκριμένος χώρος αποτελεί μουσείο για τη ΣΑΤΜ και παρότι ανοίγει σπάνια για το κοινό, διαπιστώθηκε ότι τα φωτιστικά του λειτουργούσαν καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Κρίθηκε λοιπόν ότι σε έναν τέτοιο χώρο ο οποίος βρίσκεται και δίπλα από την κεντρική είσοδο του Λαμπαδαρίου, η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, πέρα από τα ενεργειακά οφέλη, θα ευαισθητοποιήσει και τους χρήστες του κτιρίου σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας. Για το λόγο αυτό, σε συνδυασμό με την εγκατάσταση συστήματος τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης, προτείνεται και τοποθέτηση ειδικής επιγραφής, σε κοινή θέα, που θα αναγράφει τα ενεργειακά οφέλη και θα πιστοποιεί ότι το κτίριο, έπειτα από ενεργειακή μελέτη, είναι ενεργειακά φιλικό και αποδοτικό, ό,τι ακριβώς δηλαδή προτείνεται να γίνει και για το κυλικείο της ΣΑΤΜ.

Για κάθε χώρο, το ποσοστό μέσης ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας λόγω αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού από το σύστημα φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης είναι κατά 15% μικρότερο από το ποσοστό της μέσης ετήσιας συμβολής του φυσικού φωτισμού στο φωτισμό του κάθε χώρου Αυτό συμβαίνει καθότι τα φωτιστικά με EDBs έχουν μια ελάχιστη

κατανάλωση 15%, επειδή το φωτιστικό σώμα παραμένει αναμμένο στη χαμηλότερη στάθμη παραγωγής τεχνητού φωτισμού.

Τα φωτομετρικά αποτελέσματα από το RELUX για επιλεγμένους και αντιπροσωπευτικούς χώρους παρατίθενται στο Παράρτημα Β.

7.3. 1^{ος} Όροφος

Πίνακας 7.6. Συνολική ισχύς των τριών καταστάσεων στον 1^ο όροφο-Τμήμα 1.

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός) (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός με ρύθμιση) (W)
A.1.1	270	154	50
A.1.3	450	231	98
A.1.4	900	462	209
A.1.5	450	231	150
A.1.6	450	231	171
A.1.7	270	231	134
A.1.10	270	154	102
A.1.11	360	154	108
A.1.15	270	123	36
A.1.17	540	315	102
Σύνολο	4.230	2.286	1.160

Πίνακας 7.7. Συνολική ισχύς των τριών καταστάσεων στον 1^ο όροφο-Τμήμα 2.

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός) (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός με ρύθμιση) (W)
A.2.1	1.080	462	221
A.2.3	495	343	81
A.2.5	315	172	100
A.2.7	450	231	89
A.2.8	450	231	67
A.2.9	450	154	32
A.2.11	225	139	35
A.2.12	225	139	36
A.2.14	450	154	32
A.2.16	450	154	32
A.2.18	450	238	77
A.2.20	270	154	90
A.2.21	360	154	94
A.2.23	225	123	47
A.2.24	405	154	93
A.2.26	225	123	47
A.2.27	405	154	94
A.2.28	225	123	53
Σύνολο	7.155	3.402	1.320

Στα δύο τμήματα του 1^{ου} ορόφου, προτείνεται να αξιοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός, με εγκατάσταση φωτιστικών με δυνατότητα ρύθμισης, σε 28 χώρους, στους οποίους προτείνεται να χρησιμοποιηθούν συνολικά 75 φωτιστικά. Επομένως, για να υλοποιηθεί το σενάριο αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού, απαιτείται επιπλέον κόστος $75 \times 52,28\text{€} = 3.920,63\text{€}$.

7.4. 2^{ος} Όροφος

Πίνακας 7.8. Συνολική ισχύς των τριών καταστάσεων στον 2^ο όροφο-Τμήμα 1.

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός) (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός με ρύθμιση) (W)
B.1.1	90	139	37
B.1.3	135	139	38
B.1.5	225	185	93
B.1.6	270	154	40
B.1.8	270	139	30
B.1.10	270	139	31
B.1.12	1.530	770	271
B.1.13	270	139	31
B.1.16	720	308	120
B.1.21	270	139	37
B.1.22	630	277	85
Σύνολο	4.680	2.528	813

Πίνακας 7.9. Συνολική ισχύς των τριών καταστάσεων στον 2^ο όροφο-Τμήμα 2.

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός) (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός με ρύθμιση) (W)
B.2.1	450	185	52
B.2.2	450	139	33
B.2.4	450	154	44
B.2.5	225	139	46
B.2.6	225	139	48
B.2.8	450	216	73
B.2.9	450	216	73
B.2.10	135	154	58
B.2.11	135	139	47
B.2.13	225	185	92
B.2.14	945	308	95
B.2.15	630	231	71
B.2.18	135	123	34
B.2.20	180	108	25
B.2.21	495	139	39
B.2.22	390	139	51
B.2.23	370	123	34
Σύνολο	6.340	2.837	915

Στα δύο τμήματα του 2^{ου} ορόφου και στο δώμα, προτείνεται να αξιοποιηθεί ο φυσικός φωτισμός, με εγκατάσταση φωτιστικών με δυνατότητα ρύθμισης, σε 28 χώρους, στους οποίους προτείνεται να χρησιμοποιηθούν συνολικά 76 φωτιστικά. Επομένως, το επιπλέον κόστος για να υλοποιηθεί το σενάριο για εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι $76 \times 52,28\text{€} = 3.972,9\text{€}$.

7.5. Σύνολο Κτιρίου

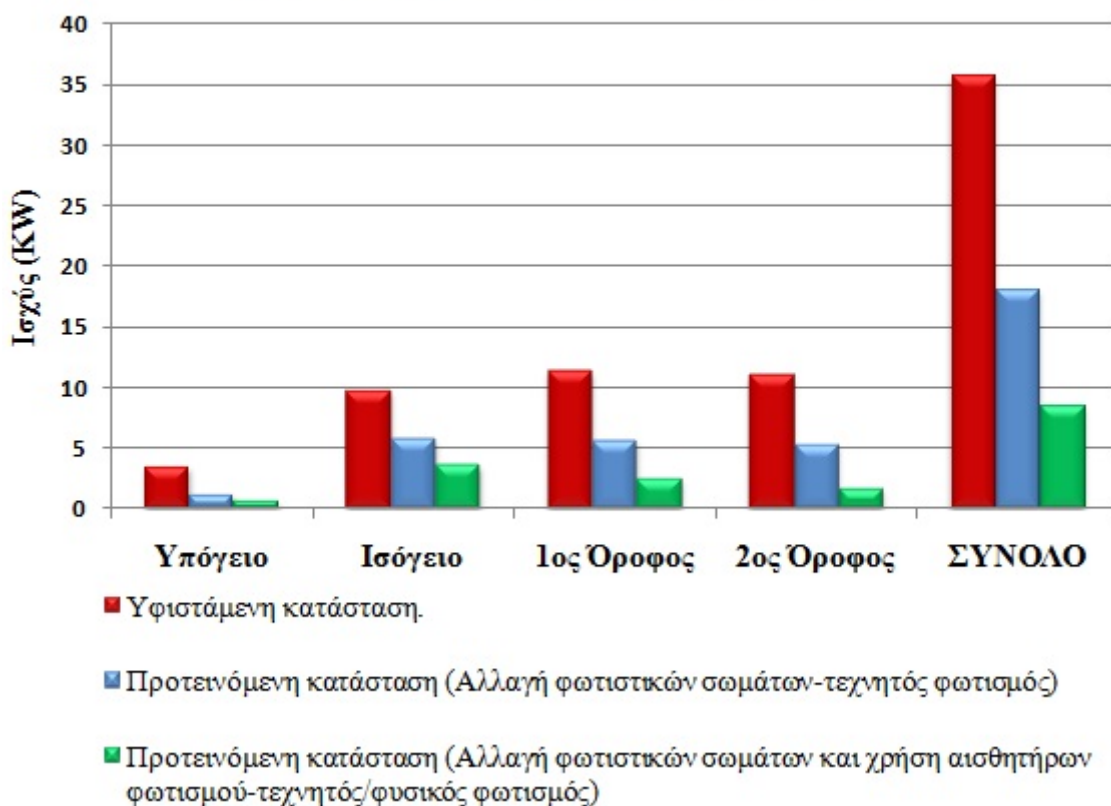
Πίνακας 7.10. Συνολική ισχύς των τριών καταστάσεων για τους χώρους όπου αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός.

Όροφος	Υφιστάμενη κατάσταση (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός) (W)	Προτεινόμενη κατάσταση (τεχνητός φωτισμός με ρύθμιση) (W)
Υπόγειο	3.510	1.232	646
Ισόγειο	9.810	5.767	3.610
1 ^{ος} όροφος	11.385	5.688	2.480
2 ^{ος} όροφος	11.020	5.365	1.728
ΣΥΝΟΛΟ	35.725	18.052	8.464

Στο σύνολο του κτιρίου προτείνεται αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού σε συνολικά 66 χώρους, εκ των οποίων 1 βρίσκεται στο υπόγειο, 9 στο ισόγειο, 28 στον 1^ο όροφο και 28 στον 2^ο όροφο. Στους χώρους αυτούς, η συνολική ισχύς για το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού είναι 35,73 kW, για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού 18,05 kW και για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης 8,46 kW.

Για το σύστημα τεχνητού φωτισμού στους 66 αυτούς χώρους επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 49,5%, δηλαδή κατά 17,67 kW σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Για το σύστημα τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης η ισχύς μειώνεται κατά 76,3%, δηλαδή κατά 27,26 kW σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και κατά 53,1%, δηλαδή κατά 9,59 kW σε σχέση με το σύστημα τεχνητού φωτισμού.

Συνολική ισχύς για τους χώρους εφαρμογής και των δύο σεναρίων



Σχήμα 7.4. Συνολική ισχύς των τριών καταστάσεων στους 66 χώρους όπου αξιοποιήθηκε ο φυσικός φωτισμός .

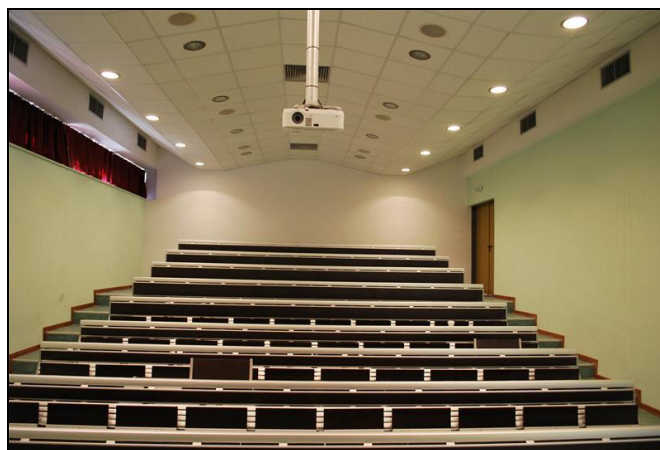
Στο σύνολο του κτιρίου, προτείνεται να χρησιμοποιηθούν 241 φωτιστικά, τα οποία να έχουν ενσωματωμένο EDB και αισθητήρα φωτισμού. Το επιπλέον κόστος για να επιτευχθεί αυτό είναι $241 \times 52,28\text{€} = 12.598,28 \text{€}$.

Κεφάλαιο 8^ο

Μελέτη και αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού στο αμφιθέατρο πολλαπλής χρήσης του κτιρίου Λαμπαδαρίου (χώρος I.6.1)

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μελέτη και αναβάθμιση συστήματος τεχνητού φωτισμού στο αμφιθέατρο πολλαπλής χρήσης του κτιρίου Λαμπαδαρίου (χώρος I.6.1). Επίσης αναλύεται εκτενέστερα η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τους 229 υπό μελέτη χώρους του κτιρίου Λαμπαδαρίου για το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού, όπως αυτό παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 6. Η περιγραφή γίνεται μέσω του χαρακτηριστικού παραδείγματος του χώρου I.6.1 και τεκμηριώνει την ορθότητα της πρότασης τεχνητού φωτισμού για το σύνολο του κτιρίου.

Ο χώρος I.6.1 βρίσκεται στο τμήμα 6 του ισογείου και είναι ένα αμφιθέατρο πολλαπλής χρήσης συνολικού εμβαδού 100,49 m² που εξυπηρετεί κατά κύριο λόγο ανάγκες διδασκαλίας, αλλά και ανάγκες διαλέξεων, προβολών καθώς και άλλων χρήσεων. Ο χώρος έχει ανακαινιστεί πλήρως πολύ πρόσφατα σε επίπεδο εσωτερικής εγκατάστασης με τοποθέτηση νέων εδράνων χωρητικότητας 80 ατόμων, νέου πίνακα, νέας έδρας και νέου συστήματος φωτισμού. Είναι εφοδιασμένο με νέο δάπεδο ασφαλείας από μονωτικό υλικό, ενώ διαθέτει και σύγχρονη οπτικοακουστική εγκατάσταση. Κατά μήκος της μίας από τις μεγάλες πλευρές του αμφιθεάτρου και πολύ κοντά στην οροφή υπάρχει μία σειρά από μικρά παράθυρα πλάτους 0,5 m. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ο φυσικός φωτισμός του αμφιθεάτρου να μην είναι αρκετός, ώστε να γίνει μελέτη για την αξιοποίησή του στο σύστημα τεχνητού φωτισμού με χρήση αισθητήρων.



Εικόνα 8.1. Αποψη του αμφιθεάτρου (χώρος I.6.1).

Το σύστημα φωτισμού του αμφιθεάτρου αποτελείται από 26 στρογγυλά φωτιστικά σώματα, τοποθετημένα χωνευτά σε τέσσερις σειρές κατά μήκος της ψευδοροφής του αμφιθεάτρου. Κάθε φωτιστικό έχει συντελεστή απόδοσης 75% (LOR) και είναι εφοδιασμένο με λαμπτήρα πυράκτωσης τύπου R7S ισχύος 150W και φωτεινής ροής 2.400 lm. Όλο το σύστημα

φωτισμού ελέγχεται από τρεις διακόπτες με ροοστάτες που επιτρέπουν την ρύθμιση της έντασης φωτισμού στα επιθυμητά επίπεδα, ανάλογα την εκάστοτε χρήση του αμφιθέατρου. Η μέγιστη καταναλισκόμενη ισχύς του αμφιθέατρου ανέρχεται σε $26 \times 150 = 3.900\text{W}$ με αποτέλεσμα η κατανομή ισχύος στο χώρο να είναι 39 W/m^2 , δηλαδή εξαιρετικά πάνω από το όριο των 15 W/m^2 που ορίζει ο Κανονισμός για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτιρίων (KENAK). Η συνολική διορθωμένη φωτεινή ροή του συνόλου των φωτιστικών του αμφιθέατρου είναι $26 \times 2.400 \times 0,75 = 46.800\text{ lm}$, με αποτέλεσμα η ενεργειακή του απόδοση να είναι αρκετά χαμηλή και να ανέρχεται σε μόλις 12 lm/W , ενώ ο νεότερος νόμος ορίζει ελάχιστη απόδοση τα 55 lm/W [4].



Εικόνα 8.2. Υπάρχον φωτιστικό αμφιθέατρου.

Για την ενεργειακή αναβάθμιση του αμφιθέατρου προτείνεται η αντικατάσταση όλων των υπάρχοντων φωτιστικών με 26 νέα σώματα φθορισμού με ηλεκτρονικό ballast. Κάθε φωτιστικό έχει συντελεστή απόδοσης $59,1\%$ και είναι εφοδιασμένο με δύο λαμπτήρες φθορισμού τύπου Biac D, καθένας από τους οποίους έχει ισχύ 26W και φωτεινή ροή 1.800 lm . Τα νέα φωτιστικά προτείνεται να τοποθετηθούν στις ίδιες θέσεις με τα υπάρχοντα και συνδεδεμένα στις υπάρχουσες γραμμές, ώστε να μην αυξηθεί το κόστος εγκατάστασης. Επίσης προτείνεται να μην έχουν δυνατότητα μεταβολής της στάθμης της φωτεινής τους έντασης για να έχουν χαμηλότερο κόστος. Η συνολική ισχύς του αμφιθέατρου ανέρχεται σε $26 \times 2 \times 26 \times 1,1 = 1.487\text{W}$, όπου έχει συνυπολογιστεί και η κατανάλωση 10% των ηλεκτρονικών ballast. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η κατανομή ισχύος στο χώρο να είναι 15 W/m^2 , δηλαδή αισθητά βελτιωμένη και πλέον στο όριο που ορίζεται από τον KENAK. Η συνολική διορθωμένη φωτεινή ροή του συνόλου των φωτιστικών του αμφιθέατρου είναι $26 \times 2 \times 1.800 \times 0,591 = 55.318\text{ lm}$, με αποτέλεσμα η ενεργειακή του απόδοση να βελτιώνεται αρκετά και να ανέρχεται τώρα σε 37 lm/W . Η ενεργειακή απόδοση του αμφιθέατρου εξακολουθεί να μην είναι στο όριο των 55 lm/W , επειδή δεν προτάθηκε η χρήση γραμμικών φωτιστικών σωμάτων που είναι πιο αποδοτικά, αλλά η επιλογή τους θα αύξανε το κόστος εγκατάστασης, καθώς αυτά δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στις θέσεις των υφιστάμενων φωτιστικών. Η ενεργειακή απόδοση πάντως του συνόλου του κτιρίου είναι πάνω από το όριο και φτάνει στα 65 lm/W .



Εικόνα 8.3. Προτεινόμενο φωτιστικό αμφιθέατρου με το ballast του.

Τα παραπάνω αποτελέσματα της υφιστάμενης και προτεινόμενης κατάστασης για το σύστημα φωτισμού του αμφιθέατρου αποτυπώνονται συγκεντρωτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 8.1. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το αμφιθέατρο.

Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος τεχνητού φωτισμού για το αμφιθέατρο (χώρος I.6.1)								
Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)	Εμβαδόν χώρου (m ²)	Απορθωμένη φωτεινή ροή χώρου (lm)	Κατανομή ισχύος χώρου (W/m ²)	Ενεργειακή απόδοση χώρου (lm/W)
26	1	150	Πυράκτωσης R7S	3.900	100,49	46.800	39	12
Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος τεχνητού φωτισμού για το αμφιθέατρο (χώρος I.6.1)								
Φωτιστικά	Λαμπτήρες φωτιστικού	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος Λαμπτήρα	Σύνολο χώρου (W)	Εμβαδόν χώρου (m ²)	Απορθωμένη φωτεινή ροή χώρου (lm)	Κατανομή ισχύος χώρου (W/m ²)	Ενεργειακή απόδοση χώρου (lm/W)
26	2	26	Φθορισμού Biax D	1.487	100,49	55.318	15	37

Το αμφιθέατρο σχεδιάστηκε με λεπτομέρεια στον υπολογιστή με τα αντίστοιχα γεωμετρικά του δεδομένα και την εσωτερική του διαμόρφωση, αλλά και τις οπτικές ιδιότητες των εσωτερικών του στοιχείων όπως ανακλαστικότητες τοίχων και διαπερατότητες υαλοπινάκων. Προσομοιώθηκαν τα χρώματα και τα υλικά των τοίχων, του δαπέδου και της ψευδοροφής. Τα προτεινόμενα φωτιστικά σώματα, των οποίων τα τεχνικά χαρακτηριστικά και το πολικό διάγραμμα της φωτεινής ροής τροφοδοτήθηκαν στο υπολογιστικό πρόγραμμα, τοποθετήθηκαν στις θέσεις των υφιστάμενων φωτιστικών. Στην πλειονότητα όμως των χώρων του κτιρίου, τα προτεινόμενα φωτιστικά σχεδιάστηκαν σε νέες θέσεις, τόσο για λόγους ομοιομορφίας του φωτισμού, όσο και λόγω του ότι αυτά προέκυπταν περισσότερο ή λιγότερα από τα υπάρχοντα. Τα φωτιστικά κάθε χώρου προτείνεται να χρησιμοποιούν τις υφιστάμενες γραμμές για λόγους οικονομίας. Η προτεινόμενη τοποθέτηση των φωτιστικών για επιλεγμένους και αντιπροσωπευτικούς χώρους του κτιρίου απεικονίζεται στο Παράρτημα Α.

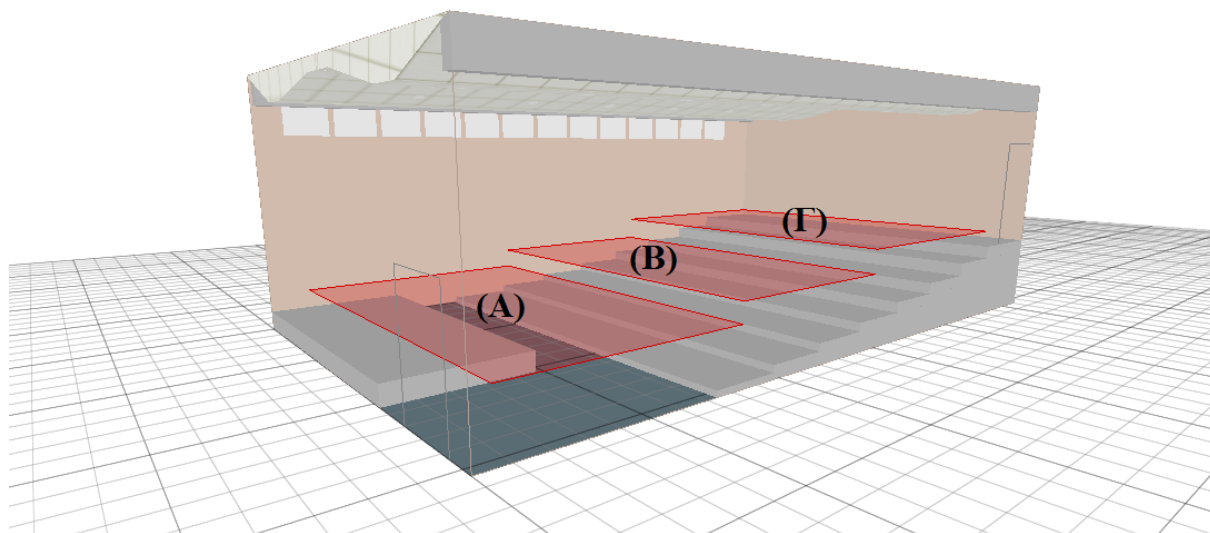


Εικόνα 8.4. Τρισδιάστατη απεικόνιση του αμφιθέατρου με τον προτεινόμενο φωτισμό.



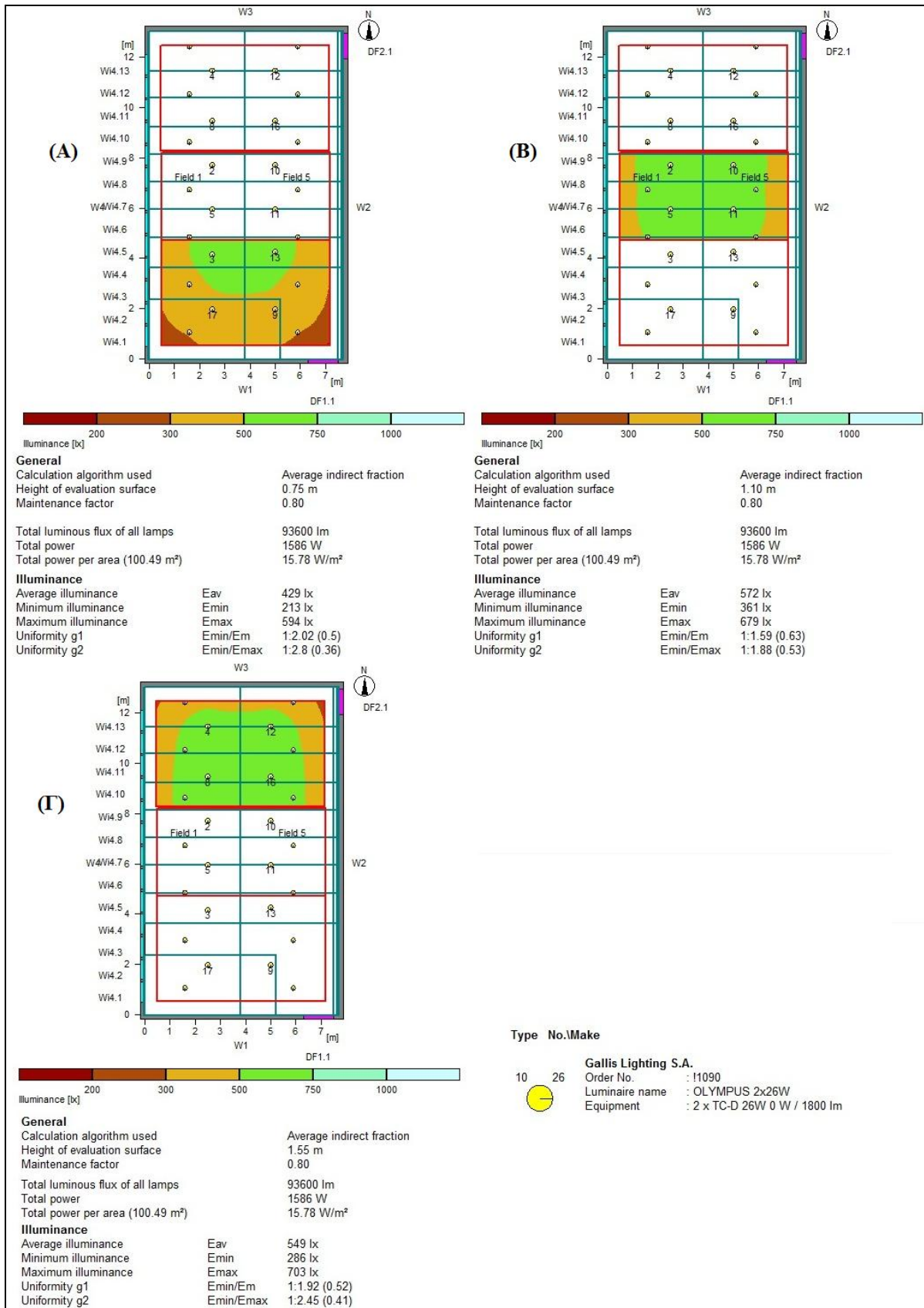
Εικόνα 8.5. Το αμφιθέατρο με τον υφιστάμενο φωτισμό του (αριστερά) και αντίστοιχη τρισδιάστατη απεικόνισή του με τον προτεινόμενο φωτισμό (δεξιά).

Οι υπολογισμοί και οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν στο πρόγραμμα RELUX, το οποίο, όπως έχει αναφερθεί, χρησιμοποιεί την πλατφόρμα RADIANCE και είναι αξιόπιστο πρόγραμμα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με συντελεστή συντήρησης (maintenance factor) ίσο με 0,8. Λόγω της γεωμετρίας του αμφιθέατρου, δηλαδή ότι το δάπεδο δεν έχει σταθερή απόσταση από το επίπεδο του συστήματος φωτισμού, χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές επιφάνειες μέτρησης της έντασης φωτισμού σε ύψη 0,75 m (Α), 1,1 m (Β) και 1,55 m (Γ) με αντίστοιχες μέσες τιμές έντασης φωτισμού 429 lx, 572 lx και 549 lx.

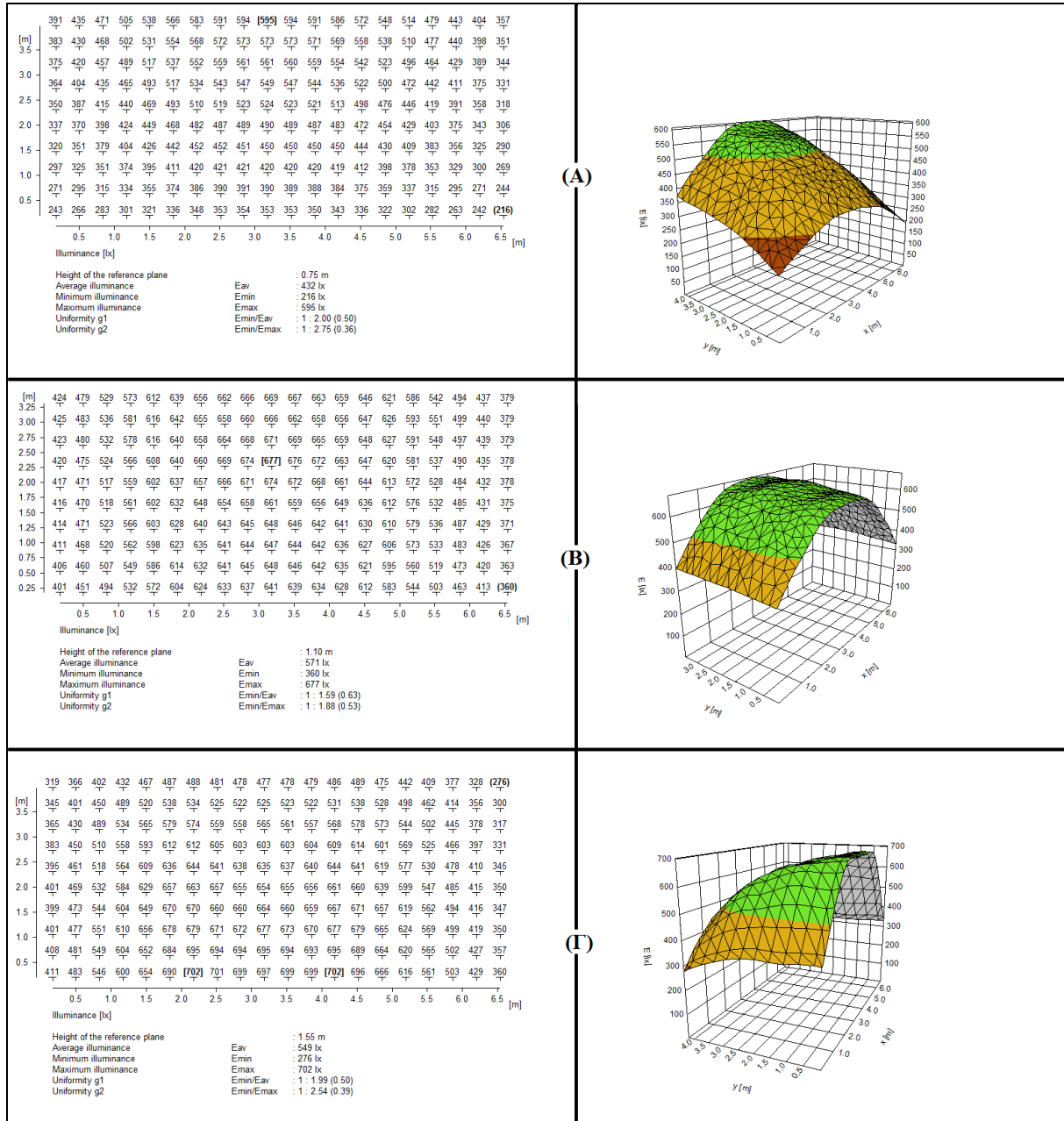


Εικόνα 8.6. Οι τρεις διαφορετικές επιφάνειες μέτρησης της έντασης φωτισμού για το αμφιθέατρο.

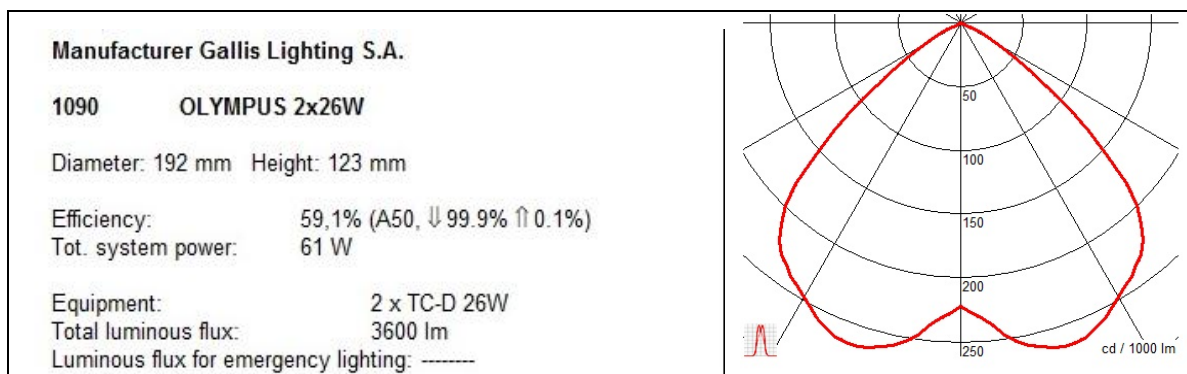
Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα φωτομετρικά αποτελέσματα του αμφιθέατρου για καθεμία από τις τρεις επιφάνειες μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν, όπως προέκυψαν από το RELUX.



Σχήμα 8.1. Φωτομετρικά αποτελέσματα από το RELUX για το αμφιθέατρο (χώρος I.6.1) για καθεμία από τις τρεις επιφάνειες μέτρησης.



Σχήμα 8.2. Τιμές έντασης φωτισμού και τρισδιάστατη αναπαράσταση διανομής φως από το RELUX για καθεμία από τις τρεις επιφάνειες μέτρησης.



Σχήμα 8.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά και πολικό διάγραμμα της φωτεινής ροής του προτεινόμενου φωτιστικού σώματος από το RELUX.



Σχήμα 8.4. Συνολική ισχύς υφιστάμενης και προτεινόμενης εγκατάστασης τεχνητού φωτισμού για το αμφιθέατρο.

Το υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού στο αμφιθέατρο έχει εγκατεστημένη ισχύ 3.900 W ενώ το προτεινόμενο έχει 1.487 W. Επιτυγχάνεται δηλαδή μείωση της εγκατεστημένης ισχύος κατά 61,9%, δηλαδή κατά 2.413 W.

Κεφάλαιο 9^ο

Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας και χρόνος απόσβεσης προτεινόμενης εγκατάστασης

Στο κεφάλαιο αυτό υπολογίζεται το κόστος των προτεινόμενων φωτιστικών σωμάτων τόσο για κάθε όροφο, όσο και για το σύνολο του κτιρίου για κάθε ένα από τα δύο προτεινόμενα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης (αναβάθμιση τεχνητού φωτισμού και αναβάθμιση τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού). Για τα δύο σενάρια, υπολογίζονται επίσης, η συνολική ισχύς, η ηλεκτρική και πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, η κατανομή ισχύος (W/m^2), η ενεργειακή απόδοση (lm/W), το ετήσιο όφελος, ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης, η μείωση των ρύπων CO_2 που επιτυγχάνεται ετησίως καθώς και το πλήθος δέντρων που ισοδυναμούν ετησίως με τη μείωση αυτή.

Για την υφιστάμενη κατάσταση δεν μπορεί να υπολογιστεί η ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης (lm/W), καθώς τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιούνται είναι παλιά και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν για αυτά φωτομετρικά στοιχεία. Λόγω της παλαιότητάς τους και της απαρχαιωμένης τεχνολογίας που χρησιμοποιούν (γαλακτερός διαχύτης, λαμπτήρες οι οποίοι έχουν αποσυρθεί και ενεργοβόρα μαγνητικά ballast) κρίνεται ότι η ενεργειακή απόδοση τους είναι πολύ κάτω των ορίων.

Στην προτεινόμενη κατάσταση, ικανοποιούνται τα νέα όρια του ΚΕΝΑΚ, σύμφωνα με τα οποία η κατανομή ισχύος κάθε χώρου πρέπει να είναι το πολύ $15W/m^2$ και η φωτεινή αποδοτικότητα τουλάχιστον $55 lm/W$.

Για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας (υφιστάμενης και προτεινόμενης κατάστασης), θεωρήθηκε ότι το κτίριο λειτουργεί 48 εβδομάδες το χρόνο, 5 μέρες την εβδομάδα και 10 ώρες τη μέρα, σύνολο 2.400 ώρες το χρόνο.

Για τον υπολογισμό του ετήσιου οφέλους, χρησιμοποιήθηκε ως τιμή αγοράς της kWh, η τιμή που αναγράφεται στο τιμολόγιο Β2 της Δ.Ε.Η. για καταναλωτές μέσης τάσης ($0,09412€/kWh$, προσαυξημένη με Φ.Π.Α. 11%), τιμολόγιο στο οποίο υπάγεται το κτίριο Λαμπαδαρίου.

Για τον υπολογισμό των ετών απόσβεσης των προτεινόμενων δράσεων, το συνολικό κόστος των φωτιστικών της προτεινόμενης κατάστασης διαιρέθηκε με το ετήσιο όφελος από την αντικατάσταση των φωτιστικών.

Για να αποφευχθεί περαιτέρω η αύξηση των δαπανών, προτείνεται τα φωτιστικά να τοποθετηθούν στις ήδη υπάρχουσες γραμμές και να χρησιμοποιηθούν οι ήδη υπάρχοντες διακόπτες, όπου αυτό είναι δυνατό. Για τον ίδιο λόγο, προτείνεται τα νέα φωτιστικά να τοποθετηθούν στις υπάρχουσες οροφές των χώρων, δηλαδή χωρίς τοποθέτηση νέων ψευδοροφών, όπου αυτές δεν υπάρχουν.

Η πρωτογενής ενέργεια υπολογίστηκε διαιρώντας την αντίστοιχη ηλεκτρική ενέργεια με το βαθμό απόδοσης των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ($\eta_{\eta\lambda.}$). Για περιοχές διασυνδεδεμένες σε ηπειρωτικό δίκτυο είναι $\eta_{\eta\lambda.}=0,37$ [7].

Η παραγόμενη μάζα ρύπων CO₂ υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας την αντίστοιχη ηλεκτρική ενέργεια με το συντελεστή εκπομπής CO₂ των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ($F_{\text{σταθμού}}$). Για περιοχές που είναι συνδεδεμένες στο ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο είναι $F_{\text{σταθμού}}=0,85$ kg CO₂/kWh [7].

Τέλος, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι ένα μέσο δέντρο απορροφά ετησίως περίπου 12 kg CO₂ υπολογίστηκε ο αριθμός των δέντρων που αντιστοιχεί στη μείωση ρύπων που επιτεύχθηκε [38].

Στους δύο πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά για όλα τα προτεινόμενα φωτιστικά, καθώς και αναλυτικά κόστη για τα φωτιστικά (απλά και dimmable), τους λαμπτήρες, τις περσίδες και τους αισθητήρες που προτείνεται να χρησιμοποιηθούν.

Πίνακας 9.1. Τύπος προτεινόμενων φωτιστικών με τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Τύπος φωτιστικού	Αριθμός λαμπτήρων φωτιστικού	Απόδοση φωτιστικού	lumen λαμπτήρα	lumen φωτιστικού	Πραγματικά lumen φωτιστικού	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Ισχύς φωτιστικού (W)
	[1]	[2]	[3]	[4] [4]=[1]×[3]	[5] [5]=[2]×[4]	[6]	[7] [7]=[1]×[6]×1,1
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκος: 660mm, 4306	2	0,6712	1.200	2.400	1.611	14	31
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x24w, μήκος: 660mm, 4307	2	0,6712	1.750	3.500	2.349	24	53
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκος: 960mm, 4308	2	0,6712	1.900	3.800	2.551	21	46
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w, μήκος: 960mm, 4309	2	0,6712	3.100	6.200	4.161	39	86
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκος: 1260mm, 4310	2	0,7534	2.600	5.200	3.918	28	62
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκος: 1260mm, 4311	2	0,7534	4.450	8.900	6.705	54	119
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκος: 1560mm, 4312	2	0,7534	3.300	6.600	4.972	35	77
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w, μήκος: 1560mm, 4313	2	0,7534	6.150	12.300	9.267	80	176
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21w, μήκος: 1220mm, 4032	1	0,6017	1.900	1.900	1.143	21	23
1006.04Π χωνευτό φθορισμού στρογγυλό 2x26w	2	0,591	1.800	3.600	2.128	26	57

*Η ισχύς των φωτιστικών φθορισμού με μαγνητικό ballast υπολογίζεται από το άθροισμα της ισχύος των λαμπτήρων προσαυξημένο κατά 10% για να συμπεριληφθεί η κατανάλωση του ballast.

Πίνακας 9.2. Κόστος προτεινόμενων φωτιστικών, λαμπτήρων, περσίδων και αισθητήρων.

Περιγραφή	Τιμή (χωρίς Φ.Π.Α.)	Τιμή (με Φ.Π.Α. 23%)
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w. μήκους: 660mm. 4306	39,40 €	48,46 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w. μήκους: 660mm. 4306. dimmable	61,90 €	76,14 €
Παραβολική περσίδα 580mm 4341	15,20 €	18,70 €
Λαμπτήρας φθορισμού 14w/840. 549mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x24w. μήκους: 660mm. 4307	39,40 €	48,46 €
Παραβολική περσίδα 580mm 4341	15,20 €	18,70 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 24w/840. 549mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w. μήκους: 960mm. 4308	47,25 €	58,12 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w. μήκους: 960mm. 4308. dimmable	69,75 €	85,79 €
Παραβολική περσίδα 880mm 4342	16,65 €	20,48 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 21w/840. 849mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w. μήκους: 960mm. 4309	47,25 €	58,12 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w. μήκους: 960mm. 4309. dimmable	69,75 €	85,79 €
Παραβολική περσίδα 880mm 4342	16,65 €	20,48 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 39w/840. 849mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w. μήκους: 1260mm. 4310	56,25 €	69,19 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w. μήκους: 1260mm. 4310. dimmable	78,75 €	96,86 €
Παραβολική περσίδα 1180mm 4343	19,90 €	24,48 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 28w/840. 1149mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w. μήκους: 1260mm. 4311	56,25 €	69,19 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w. μήκους: 1260mm. 4311. dimmable	78,75 €	96,86 €
Παραβολική περσίδα 1180mm 4343	19,90 €	24,48 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 28w/840. 1149mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w. μήκους: 1560mm. 4312	64,15 €	78,90 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w. μήκους: 1560mm. 4312. dimmable	86,65 €	106,58 €
Παραβολική περσίδα 1480mm 4344	23,40 €	28,78 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 35w/840. 1449mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w. μήκους: 1560mm. 4313	64,15 €	78,90 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w. μήκους: 1560mm. 4313. dimmable	86,65 €	106,58 €
Παραβολική περσίδα 1480mm 4344	23,40 €	28,78 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 80w/840. 1449mm	2,50 €	3,08 €
Αισθητήρας tridonic	20,00 €	24,60 €
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21w. μήκους: 1220mm. 4032	47,30 €	58,18 €
Παραβολική περσίδα 880mm 4065	16,80 €	20,66 €
Λαμπτήρας φθορισμού T5 21w/840. 849mm	2,50 €	3,08 €
Φωτιστικό 1006.04Π χωνευτό φθορισμού στρογγυλό 2x26w	38,60 €	47,48 €
Λαμπτήρας φθορισμού Biax D 26w/840 GE	2,50 €	3,08 €

9.1. Υπόγειο

9.1.1. Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού για το υπόγειο

Πίνακας 9.3. Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το υπόγειο (τεχνητός φωτισμός).

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Αριθμός φωτιστικών					Κόστος φωτιστικών (€)
		Τμήμα 1	Τμήμα 2	Τμήμα 3	Τμήμα 4	Σύνολο	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306	73,31 €	5	9	18	3	35	2.566
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x24w, μήκους: 660mm, 4307	73,31 €	2	0	6	0	8	586
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	84,75 €	3	2	7	0	12	1.017
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm, 4309	84,75 €	7	2	5	0	14	1.186
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310	99,81 €	2	0	25	3	30	2.994
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	99,81 €	12	4	0	0	16	1.597
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	3	35	15	16	69	7.855
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w, μήκους: 1560mm, 4313	113,84 €	4	1	0	0	5	569
ΣΥΝΟΛΟ							18.371

Πίνακας 9.4. Συνολική ισχύς και ενεργειακή απόδοση κάθε τμήματος του υπογείου (τεχνητός φωτισμός).

Τμήμα	$P_{\text{υφιστάμενη}}$ (W)	Εμβαδόν (m ²)	W/m ² υφιστάμενης κατάστασης	$P_{\text{προτεινόμενη}}$ (W)	W/m ² προτεινόμενης κατάστασης	lumen/W
	[1]	[2]	[3]=[1]/[2]	[4]	[5]=[4]/[2]	[6]
1	5.642	450	13	3.483	8	55
2	6.685	631	11	3.887	6	61
3	8.778	952	9	4.319	5	59
4	4.275	329	13	1.509	5	64
ΣΥΝΟΛΟ	25.380	2.362	M.O. 11	13.198	M.O. 6	M.O. 59

Πίνακας 9.5. Κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε τμήματος του υπογείου (τεχνητός φωτισμός).

Τμήμα	$E_{\text{υφιστάμενη}}$ (kWh)	$E_{\text{προτεινόμενη}}$ (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
	[7]=[1]×2,4	[8]=[4]×2,4	[9]=[7]-[8]	[10]=[9]×0,1044732	[11]
1	13.542	8.358	5.184		
2	16.044	9.330	6.714		
3	21.066	10.365	10.701		
4	10.260	3.622	6.638		
ΣΥΝΟΛΟ	60.912	31.675	29.237	3.055	6,01

Πίνακας 9.6. Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για το υπόγειο (τεχνητός φωτισμός).

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ.} υφιστάμενης (kWh)	Q _{πρωτ.} προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
164.627	85.607	79.020	51.775	26.924	24.852	2.071
Q _{πρωτ.} = E / η _{ηλ.} , όπου η _{ηλ.} = 0,37 ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

9.1.2. Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού για το υπόγειο

Πίνακας 9.7. Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το υπόγειο (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Αριθμός φωτιστικών					Κόστος φωτιστικών (€)
		Τμήμα 1	Τμήμα 2	Τμήμα 3	Τμήμα 4	Σύνολο	
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306	73,31 €	5	9	18	3	35	2.566
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x24w, μήκους: 660mm, 4307	73,31 €	2	0	6	0	8	586
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	84,75 €	3	2	7	0	12	1.017
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm, 4309	84,75 €	7	2	5	0	14	1.186
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310,	99,81 €	2	0	25	3	30	2.994
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	99,81 €	12	4	0	0	16	1.597
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	3	35	15	0	53	6.033
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312, dimmable	166,11 €	0	0	0	16	16	2.658
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w, μήκους: 1560mm, 4313	113,84 €	4	1	0	0	5	569
ΣΥΝΟΛΟ							19.207

Πίνακας 9.8. Συνολική ισχύς και ενεργειακή απόδοση κάθε τμήματος του υπογείου (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τμήμα	P _{υφιστάμενη} (W)	Εμβαδόν (m ²)	W/m ² υφιστάμενης κατάστασης	P _{προτεινόμενη} (W)	W/m ² προτεινόμενης κατάστασης	lumen/W
	[1]	[2]	[3]=[1]/[2]	[4]	[5]=[4]/[2]	[6]
1	5.642	450	13	3.483	8	55
2	6.685	631	11	3.887	6	61
3	8.778	952	9	4.319	5	59
4	4.275	329	13	923	3	104
ΣΥΝΟΛΟ	25.380	2.362	M.O. 11	12.612	M.O. 5	M.O. 62

Πίνακας 9.9. Κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε τμήματος του υπογείου (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τμήμα	Ε _{υφιστάμενη} (kWh)	Ε _{προτεινόμενη} (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
	[7]=[1]×2,4	[8]=[4]×2,4	[9]=[7]-[8]	[10]=[9]×0,1044732	[11]
1	13.542	8.358	5.184		
2	16.044	9.330	6.714		
3	21.066	10.365	10.701		
4	10.260	2.216	8.044		
ΣΥΝΟΛΟ	60.912	30.269	30.643	3.201	6,00

Πίνακας 9.10. Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για το υπόγειο (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ.} υφιστάμενης (kWh)	Q _{πρωτ.} προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
164.627	81.807	82.820	51.775	25.728	26.047	2.171
Q _{πρωτ.} =E / η _{ηλ.} , όπου η _{ηλ.} =0,37 ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

9.2. Ισόγειο

9.2.1 Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού για το ισόγειο

Πίνακας 9.11. Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το ισόγειο (τεχνητός φωτισμός).

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Αριθμός φωτιστικών							Κόστος φωτιστικών (€)
		Εξ. χώρος	Τμήμα 1	Τμήμα 2	Τμήμα 3	Τμήμα 4	Τμήμα 6-7	Σύνολο	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	84,75 €	4	4	2	6	2	6	24	2.034
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm, 4309	84,75 €	0	1	0	1	0	0	2	169
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310	99,81 €	0	4	0	9	6	10	29	2.895
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	99,81 €	0	1	0	1	0	0	2	200
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	3	28	36	61	26	9	163	18.555
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w, μήκους: 1560mm, 4313	113,84 €	0	6	1	0	0	0	7	797
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21w, μήκους: 1220mm, 4032	81,92 €	0	0	0	0	0	1	1	82
Φωτιστικό 1006.04Π χωνευτό φθορισμού στρογγυλό 2x26w	53,63 €	0	0	0	0	0	26	26	1.394
ΣΥΝΟΛΟ									26.127

Πίνακας 9.12. Συνολική ισχύς και ενεργειακή απόδοση κάθε τμήματος του ισογείου (τεχνητός φωτισμός).

Τμήμα	$P_{\text{υφιστάμενη}}$ (W)	Εμβαδόν (m ²)	W/m^2 υφιστάμενης κατάστασης	$P_{\text{προτεινόμενη}}$ (W)	W/m^2 προτεινόμενης κατάστασης	lumen/W
	[1]	[2]	[3]=[1]/[2]	[4]	[5]=[4]/[2]	[6]
Εξωτερικός χώρος	800	238	3	416	2	60
1	4.958	422	12	3.848	9	60
2	5.760	513	11	3.040	6	64
3	9.598	767	13	5.733	7	64
4	4.860	299	16	2.464	8	64
6-7	6.360	362	18	3.097	9	50
ΣΥΝΟΛΟ	32.336	2.601	M.O. 12	18.598	M.O. 7	M.O. 61

Πίνακας 9.13. Κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε τμήματος του ισογείου (τεχνητός φωτισμός).

Τμήμα	$E_{\text{υφιστάμενη}}$ (kWh)	$E_{\text{προτεινόμενη}}$ (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
	[7]=[1]×2,4	[8]=[4]×2,4	[9]=[7]-[8]	[10]=[9]×0,1044732	[11]
Εξωτερικός χώρος	1.920	998	922		
1	11.902	9.235	2.667		
2	13.824	7.297	6.527		
3	23.034	13.760	9.274		
4	11.664	5.914	5.750		
6-7	15.264	7.432	7.832		
ΣΥΝΟΛΟ	77.608	44.635	32.973	3.445	7,58

Πίνακας 9.14. Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για το ισόγειο (τεχνητός φωτισμός).

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
$Q_{\text{πρωτ.}}$ υφιστάμενης (kWh)	$Q_{\text{πρωτ.}}$ προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
209.750	120.634	89.117	65.966	37.939	28.027	2.336
$Q_{\text{πρωτ.}}=E / \eta_{\text{ηλ.}}$, όπου $\eta_{\text{ηλ.}}=0,37$ ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

9.2.2 Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού για το ισόγειο

Πίνακας 9.15. Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το ισόγειο (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Αριθμός φωτιστικών							Κόστος φωτιστικών (€)
		Εξ. χώρος	Τμήμα 1	Τμήμα 2	Τμήμα 3	Τμήμα 4	Τμήμα 6-7	Σύνολο	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	84,75 €	4	4	2	6	2	6	24	2.034
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm, 4309	84,75 €	0	1	0	1	0	0	2	170
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310,	99,81 €	0	4	0	9	4	10	27	2.695
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310, dimmable	152,09 €	0	0	0	0	2	0	2	304
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	99,81 €	0	1	0	1	0	0	2	200
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	3	28	32	20	0	9	92	10.473
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312, dimmable	166,11 €	0	0	4	41	26	0	71	11.794
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w, μήκους: 1560mm, 4313	113,84 €	0	6	0	0	0	0	6	683
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w, μήκους: 1560mm, 4313, dimmable	166,11 €	0	0	1	0	0	0	1	166
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21w, μήκους: 1220mm, 4032	81,92 €	0	0	0	0	0	1	1	82
Φωτιστικό 1006.04Π χωνευτό φθορισμού στρογγυλό 2x26w	53,63 €	0	0	0	0	0	26	26	1.394
ΣΥΝΟΛΟ									29.995

Πίνακας 9.16. Συνολική ισχύς και ενεργειακή απόδοση κάθε τμήματος του ισογείου (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τμήμα	$P_{\text{υφιστάμενη}}$ (W)	Εμβαδόν (m ²)	W/m^2 υφιστάμενης κατάστασης	$P_{\text{προτεινόμενη}}$ (W)	W/m^2 προτεινόμενης κατάστασης	lumen/W
	[1]	[2]	[3]=[1]/[2]	[4]	[5]=[4]/[2]	[6]
Εξωτερικός χώρος	800	238	3	416	2	60
1	4.958	422	12	3.848	9	60
2	5.760	513	11	2.875	6	67
3	9.598	767	13	4.727	6	77
4	4.860	299	16	1.479	5	107
6-7	6.360	362	18	3.097	9	50
ΣΥΝΟΛΟ	32.336	2.601	M.O. 12	16.441	M.O. 6	M.O. 69

Πίνακας 9.17. Κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε τμήματος του ισογείου (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τμήμα	Ε _{υφιστάμενη} (kWh)	Ε _{προτεινόμενη} (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
	[7]=[1]×2,4	[8]=[4]×2,4	[9]=[7]-[8]	[10]=[9]×0,1044732	[11]
Εξωτερικός χώρος	1.920	998	922		
1	11.902	9.235	2.667		
2	13.824	6.901	6.923		
3	23.034	11.344	11.690		
4	11.664	3.549	8.115		
6-7	15.264	7.432	7.832		
ΣΥΝΟΛΟ	77.608	39.459	38.149	3.986	7,53

Πίνακας 9.18. Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για το ισόγειο (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ.} υφιστάμενης (kWh)	Q _{πρωτ.} προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
209.750	106.645	103.105	65.966	33.540	32.427	2.702
Q _{πρωτ.} =E / η _{ηλ.} , όπου η _{ηλ.} =0,37 ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

9.3 1^{ος} Όροφος

9.3.1 Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού για τον 1^ο Όροφο

Πίνακας 9.19. Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για τον 1^ο όροφο (τεχνητός φωτισμός).

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Αριθμός φωτιστικών			Κόστος φωτιστικών (€)
		Τμήμα 1	Τμήμα 2	Σύνολο	
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306	73,31 €	0	1	1	73
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x24w, μήκους: 660mm, 4307	73,31 €	0	1	1	73
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	84,75 €	5	18	23	1.949
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm, 4309	84,75 €	1	6	7	593
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310	99,81 €	5	6	11	1.098
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	99,81 €	3	2	5	499
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	33	37	70	7.969
ΣΥΝΟΛΟ					12.255

Πίνακας 9.20. Συνολική ισχύς και ενεργειακή απόδοση κάθε τμήματος του 1^{ου} ορόφου (τεχνητός φωτισμός).

Τμήμα	P _{υφιστάμενη} (W)	Εμβαδόν (m ²)	W/m ² υφιστάμενης κατάστασης	P _{προτεινόμενη} (W)	W/m ² προτεινόμενης κατάστασης	lumen/W
	[1]	[2]	[3]=[1]/[2]	[4]	[5]=[4]/[2]	[6]
1	6.103	435	14	3.522	8	63
2	10.230	605	17	4.886	8	61
ΣΥΝΟΛΟ	16.333	1.040	M.O.16	8.408	M.O. 8	M.O.61

Πίνακας 9.21. Κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε τμήματος του ισογείου (τεχνητός φωτισμός).

Τμήμα	E _{υφιστάμενη} (kWh)	E _{προτεινόμενη} (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
	[7]=[1]×2,4	[8]=[4]×2,4	[9]=[7]-[8]	[10]=[9]×0,1044732	[11]
1	14.646	8.453	6.193		
2	24.553	11.727	12.826		
ΣΥΝΟΛΟ	39.199	20.180	19.019	1.987	6,17

Πίνακας 9.22. Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για τον 1^ο όροφο (τεχνητός φωτισμός).

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ.} υφιστάμενης (kWh)	Q _{πρωτ.} προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
105.944	54.541	51.403	33.319	17.153	16.166	1.347
Q _{πρωτ.} =E / η _{ηλ.} , όπου η _{ηλ.} =0,37 ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

9.3.2 Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού για τον 1^ο Όροφο

Πίνακας 9.23. Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για τον 1^ο όροφο (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Αριθμός φωτιστικών			Κόστος φωτιστικών (€)
		Τμήμα 1	Τμήμα 2	Σύνολο	
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306	73,31 €	0	1	1	73
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x24w, μήκους: 660mm, 4307	73,31 €	0	1	1	73
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	84,75 €	5	12	17	1.441
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308, dimmable	137,02 €	0	6	6	822
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm, 4309	84,75 €	1	0	1	85
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm, 4309, dimmable	137,02 €	0	6	6	822
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310,	99,81 €	3	0	3	299
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310, dimmable	152,09 €	2	6	8	1.217
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	99,81 €	1	0	1	100
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311, dimmable	152,09 €	2	2	4	608
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	8	11	19	2.163
Φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312, dimmable	166,11 €	25	26	51	8.472
ΣΥΝΟΛΟ					16.175

Πίνακας 9.24. Συνολική ισχύς και ενεργειακή απόδοση κάθε τμήματος του 1^{ου} ορόφου (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τμήμα	P _{υφιστάμενη} (W)	Εμβαδόν (m ²)	W/m ² υφιστάμενης κατάστασης	P _{προτεινόμενη} (W)	W/m ² προτεινόμενης κατάστασης	lumen/W
	[1]	[2]	[3]=[1]/[2]	[4]	[5]=[4]/[2]	[6]
1	6.103	435	14	2.396	6	92
2	10.230	605	17	2.712	4	109
ΣΥΝΟΛΟ	16.333	1.040	M.O.16	5.108	M.O. 5	M.O.101

Πίνακας 9.25. Κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε τμήματος του 1^{ου} ορόφου (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τμήμα	E _{υφιστάμενη} (kWh)	E _{προτεινόμενη} (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
	[7]=[1]×2,4	[8]=[4]×2,4	[9]=[7]-[8]	[10]=[9]×0,1044732	[11]
1	14.646	5.751	8.895		
2	24.553	6.509	18.044		
ΣΥΝΟΛΟ	39.199	12.260	26.939	2.814	5,75

Πίνακας 9.26. Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για τον 1^ο όροφο (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ. υφιστάμενης} (kWh)	Q _{πρωτ. προτεινόμενης} (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
105.944	33.135	72.809	33.319	10.421	22.898	1.908
Q _{πρωτ.} = E / η _{ηλ.} , όπου η _{ηλ.} = 0,37 ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

9.4 2^{ος} Όροφος

9.4.1 Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού για τον 2^ο Όροφο

Πίνακας 9.27. Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για τον 2^ο όροφο (τεχνητός φωτισμός).

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Αριθμός φωτιστικών			Κόστος φωτιστικών (€)
		Τμήμα 1	Τμήμα 2- Δώμα	Σύνολο	
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306	73,31 €	2	3	5	367
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	84,75 €	8	10	18	1.526
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310	99,81 €	12	21	33	3.294
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	99,81 €	0	1	1	100
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	36	32	68	7.741
ΣΥΝΟΛΟ					13.027

Πίνακας 9.28. Συνολική ισχύς και ενεργειακή απόδοση κάθε τμήματος του 2^{ου} ορόφου (τεχνητός φωτισμός).

Τμήμα	P _{υφιστάμενη} (W)	Εμβαδόν (m ²)	W/m ² υφιστάμενης κατάστασης	P _{προτεινόμενη} (W)	W/m ² προτεινόμενης κατάστασης	lumen/W
	[1]	[2]	[3]=[1]/[2]	[4]	[5]=[4]/[2]	[6]
1	7.035	490	14	3.942	8	63
2	8.618	585	15	4.431	8	63
ΣΥΝΟΛΟ	15.653	1.075	M.O. 15	8.373	M.O. 8	M.O. 63

Πίνακας 9.29. Κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε τμήματος του 2^{ου} ορόφου (τεχνητός φωτισμός).

Τμήμα	E _{υφιστάμενη} (kWh)	E _{προτεινόμενη} (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
	[7]=[1]×2,4	[8]=[4]×2,4	[9]=[7]-[8]	[10]=[9]×0,1044732	[11]
1	16.884	9.462	7.422		
2	20.682	10.634	10.048		
ΣΥΝΟΛΟ	37.566	20.096	17.470	1.825	7,14

Πίνακας 9.30. Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για τον 2^ο όροφο (τεχνητός φωτισμός).

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ. υφιστάμενης} (kWh)	Q _{πρωτ. προτεινόμενης} (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
101.530	54.313	47.217	31.931	17.081	14.850	1.238
Q _{πρωτ.} = E / η _{ηλ.} , όπου η _{ηλ.} = 0,37 ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

9.4.2 Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού για τον 2^ο Όροφο

Πίνακας 9.31. Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για τον 2^ο Όροφο (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Αριθμός φωτιστικών			Κόστος φωτιστικών (€)
		Τμήμα 1	Τμήμα 2- Δώμα	Σύνολο	
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306	73,31 €	1	2	3	220
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306, dimmable	125,58 €	1	1	2	251
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	84,75 €	8	8	16	1.356
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308, dimmable	137,02 €	0	2	2	274
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310,	99,81 €	4	7	11	1.098
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310, dimmable	152,09 €	8	14	22	3.346
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	99,81 €	0	1	1	100
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	10	8	18	2.049
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312, dimmable	166,11 €	26	24	50	8.306
ΣΥΝΟΛΟ					16.999

Πίνακας 9.32. Συνολική ισχύς και ενεργειακή απόδοση κάθε τμήματος του 2^{ου} ορόφου (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τμήμα	P _{υφιστάμενη} (W)	Εμβαδόν (m ²)	W/m ² υφιστάμενης κατάστασης	P _{προτεινόμενη} (W)	W/m ² προτεινόμενης κατάστασης	lumen/W
	[1]	[2]	[3]=[1]/[2]	[4]	[5]=[4]/[2]	[6]
1	7.035	490	14	2.231	5	112
2	8.618	585	15	2.512	4	111
ΣΥΝΟΛΟ	15.653	1.075	M.O. 15	4.744	M.O. 4	M.O. 111

Πίνακας 9.33. Κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε τμήματος του 2^{ου} ορόφου (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τμήμα	Ε _{υφιστάμενη} (kWh)	Ε _{προτεινόμενη} (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
	[7]=[1]×2,4	[8]=[4]×2,4	[9]=[7]-[8]	[10]=[9]×0,1044732	[11]
1	16.884	5.355	11.529		
2	20.682	6.030	14.652		
ΣΥΝΟΛΟ	37.566	11.385	26.181	2.735	6,21

Πίνακας 9.34. Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για τον 2^ο όροφο (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
Q _{πρωτ.} υφιστάμενης (kWh)	Q _{πρωτ.} προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
101.530	30.771	70.759	31.931	9.677	22.254	1.855
Q _{πρωτ.} =E / η _{ηλ.} , όπου η _{ηλ.} =0,37 ο βαθμός απόδοσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ηπειρωτικού δικτύου						

9.5 Σύνολο Κτιρίου

9.5.1 Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού για το σύνολο του κτιρίου

Πίνακας 9.35. Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το σύνολο του κτιρίου (τεχνητός φωτισμός).

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Αριθμός φωτιστικών	Κόστος φωτιστικών (€)
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306	73,31 €	41	3.006
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x24w, μήκους: 660mm, 4307	73,31 €	9	660
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	84,75 €	77	6.526
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm, 4309	84,75 €	23	1.949
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310	99,81 €	103	10.280
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	99,81 €	24	2.395
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	370	42.121
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w, μήκους: 1560mm, 4313	113,84 €	12	1.366
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21w, μήκους: 1220mm, 4032	81,92 €	1	82
Φωτιστικό 1006.04Π χωνευτό φθορισμού στρογγυλό 2x26w	53,63 €	26	1.502
ΣΥΝΟΛΟ		686	69.780

Πίνακας 9.36. Συνολική ισχύς και ενεργειακή απόδοση για κάθε όροφο του κτιρίου (τεχνητός φωτισμός).

Όροφος	$P_{\text{υφιστάμενη}}$ (W)	Εμβαδόν (m ²)	W/m^2 υφιστάμενης κατάστασης	$P_{\text{προτεινόμενη}}$ (W)	W/m^2 προτεινόμενης κατάστασης	lumen/W
	[1]	[2]	[3]=[1]/[2]	[4]	[5]=[4]/[2]	[6]
Υπόγειο	25.380	2.361	11	13.198	6	59
Ισόγειο	32.336	2.601	12	18.598	7	61
1 ^{ος} όροφος	16.333	1.040	16	8.408	8	61
2 ^{ος} όροφος	15.653	1.075	15	8.373	8	63
ΣΥΝΟΛΟ	89.702	7.077	M.O. 12,7	48.577	M.O. 6,9	M.O. 65

Πίνακας 9.37. Κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε ορόφου του κτιρίου (τεχνητός φωτισμός).

Όροφος	$E_{\text{υφιστάμενη}}$ (kWh)	$E_{\text{προτεινόμενη}}$ (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
	[7]=[1]×2,4	[8]=[4]×2,4	[9]=[7]-[8]	[10]=[9]×0,1044732	[11]
Υπόγειο	60.912	31.675	29.237	3.055	6,01
Ισόγειο	77.608	44.635	32.973	3.445	7,58
1 ^{ος} όροφος	39.199	20.180	19.019	1.987	6,17
2 ^{ος} όροφος	37.566	20.096	17.470	1.825	7,14
ΣΥΝΟΛΟ	215.825	116.585	98.700	10.311	6,77

Πίνακας 9.38. Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για κάθε όροφο του κτιρίου (τεχνητός φωτισμός).

Όροφοι	Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
	$Q_{\text{πρωτ.}}$ υφιστάμενης (kWh)	$Q_{\text{πρωτ.}}$ προτεινόμενης (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
Υπόγειο	164.627	85.607	79.020	51.775	26.924	24.852	2.071
Ισόγειο	209.750	120.634	89.117	65.966	37.939	28.027	2.336
1 ^{ος} όροφος	105.944	54.541	51.403	33.319	17.153	16.166	1.347
2 ^{ος} όροφος	101.530	54.313	47.217	31.931	17.081	14.850	1.238
ΣΥΝΟΛΟ	581.851	315.095	266.757	182.991	99.097	83.895	6.992

9.5.2 Πρόταση αναβάθμισης τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού για το σύνολο του κτιρίου

Πίνακας 9.39. Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το σύνολο του κτιρίου (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Τύπος φωτιστικού	Κόστος φωτιστικού (με ΦΠΑ 23%) (€)	Αριθμός φωτιστικών	Κόστος φωτιστικών (€)
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306	73,31 €	39	2.859
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm, 4306, dimmable	125,58 €	2	251
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x24w, μήκους: 660mm, 4307	73,31 €	9	660
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308	84,75 €	69	5.848
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm, 4308, dimmable	137,02 €	8	1.096
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm, 4309	84,75 €	17	1.441
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm, 4309, dimmable	137,02 €	6	822
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310,	99,81 €	71	7.087
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm, 4310, dimmable	152,09 €	32	4.867
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311	99,81 €	20	1.996
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm, 4311, dimmable	152,09 €	4	608
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312	113,84 €	182	20.719
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm, 4312, dimmable	166,11 €	188	31.229
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w, μήκους: 1560mm, 4313	113,84 €	11	1252
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 2x80w, μήκους: 1560mm, 4313, dimmable	166,11 €	1	166
Φωτιστικό φθορισμού γραμμικό T16 G5 1x21w, μήκους: 1220mm, 4032	81,92 €	1	82
Φωτιστικό 1006.04Π χωνευτό φθορισμού στρογγυλό 2x26w	53,63 €	26	1.394
ΣΥΝΟΛΟ		686	82.377

Πίνακας 9.40 Συνολική ισχύς και ενεργειακή απόδοση για κάθε όροφο του κτιρίου (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

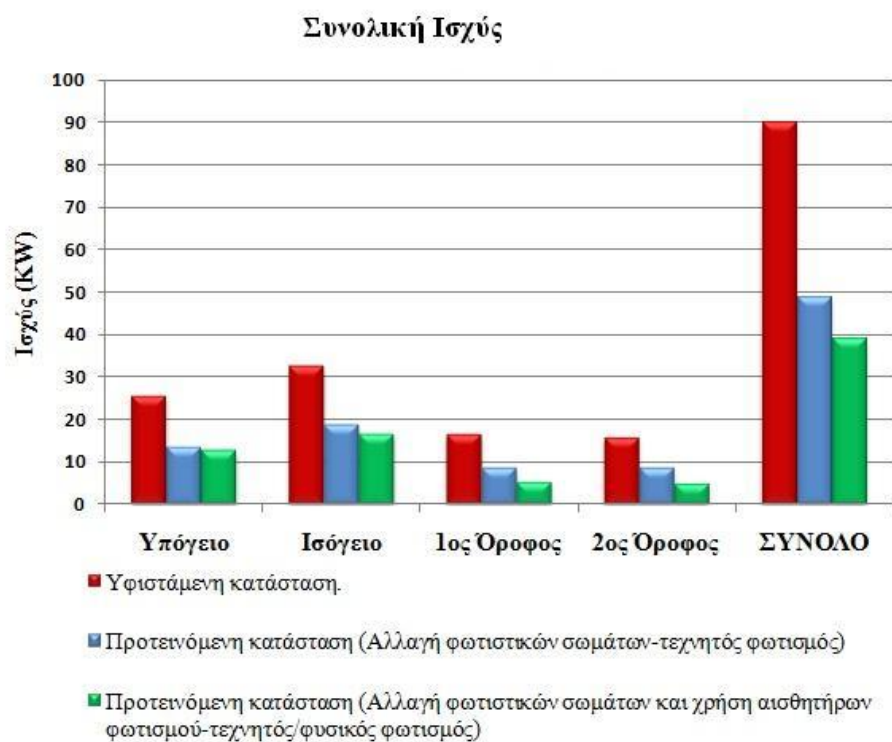
Όροφος	$P_{\text{υφιστάμενη}}$ (W)	Εμβαδόν (m ²)	W/m ² υφιστάμενης κατάστασης	$P_{\text{προτεινόμενη}}$ (W)	W/m ² προτεινόμενης κατάστασης	lumen/W
	[1]	[2]	[3]=[1]/[2]	[4]	[5]=[4]/[2]	[6]
Υπόγειο	25.380	2.361	11	12.612	5	62
Ισόγειο	32.337	2.601	12	16.441	6	69
1 ^{ος} όροφος	16.333	1.040	16	5.108	5	101
2 ^{ος} όροφος	15.653	1.075	15	4.744	4	111
ΣΥΝΟΛΟ	89.702	7.077	Μ.Ο. 12,7	38.905	Μ.Ο. 5,5	Μ.Ο. 81

Πίνακας 9.41. Κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε ορόφου του κτιρίου (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Όροφος	$E_{\text{υφιστάμενη}}$ (kWh)	$E_{\text{προτεινόμενη}}$ (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
	[7]=[1]×2,4	[8]=[4]×2,4	[9]=[7]-[8]	[10]=[9]×0,1044732	[11]
Υπόγειο	60.912	30.269	30.643	3.201	6,00
Ισόγειο	77.608	39.459	38.149	3.986	7,53
1 ^{ος} όροφος	39.199	12.260	26.939	2.814	5,75
2 ^{ος} όροφος	37.566	11.385	26.181	2.735	6,21
ΣΥΝΟΛΟ	215.825	93.372	121.913	12.737	6,47

Πίνακας 9.42. Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και μείωση ρύπων CO₂ για κάθε όροφο του κτιρίου (τεχνητός φωτισμός με δυνατότητα ρύθμισης).

Όροφοι	Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας		Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh)	Ρύποι CO ₂			Δέντρα
	$Q_{\text{υφιστάμενης}}$ (kWh)	$Q_{\text{προτεινόμενης}}$ (kWh)		CO ₂ υφιστάμενης κατάστασης (kg)	CO ₂ προτεινόμενης κατάστασης (kg)	Μείωση Ρύπων CO ₂ (kg)	
Υπόγειο	164.627	81.807	82.820	51.775	25.728	26.047	2.171
Ισόγειο	209.750	106.645	103.105	65.966	33.540	32.427	2.702
1 ^{ος} όροφος	105.944	33.135	72.809	33.319	10.421	22.898	1.908
2 ^{ος} όροφος	101.530	30.771	70.759	31.931	9.677	22.254	1.855
ΣΥΝΟΛΟ	581.851	252.359	329.492	182.991	79.367	103.625	8.636



Σχήμα 9.1. Συνολική ισχύς των τριών καταστάσεων για το σύνολο του κτιρίου.

Κεφάλαιο 10^ο**Σύνοψη αποτελεσμάτων και
τελικά συμπεράσματα**

Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα αποτελέσματα των δύο προτεινόμενων σεναρίων (αντικατάσταση τεχνητού φωτισμού και αντικατάσταση τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού) για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίνονται με την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα των προτεινόμενων δράσεων.

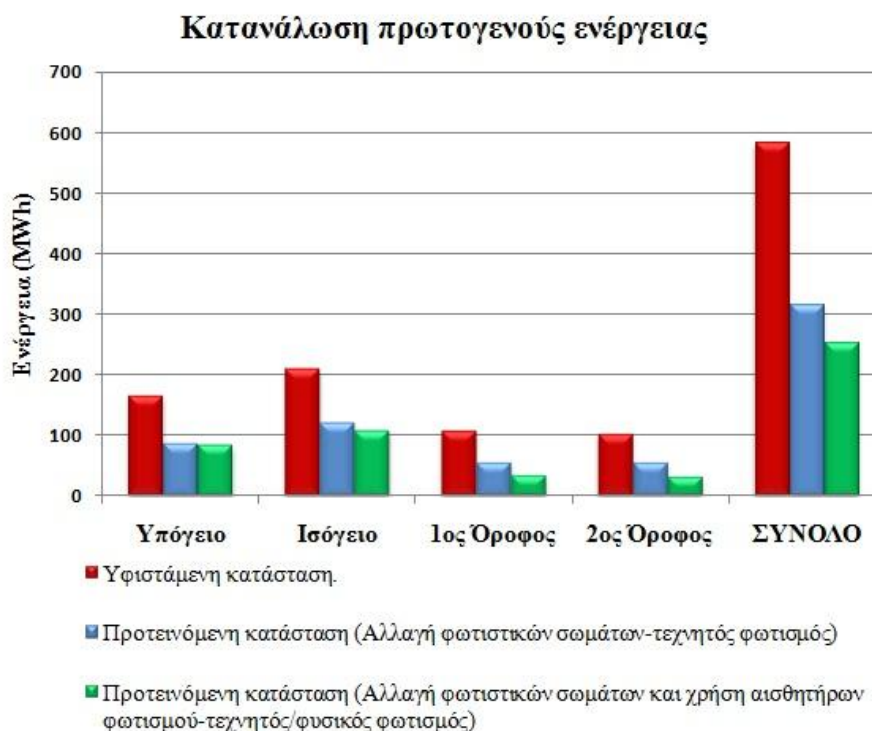
Πίνακας 10.1. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις τρεις καταστάσεις στο σύνολο του κτιρίου.

Υφιστάμενη κατάσταση για το σύνολο του κτιρίου							
Συνολική ισχύς (W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO ₂ (kg)	Κατανομή ισχύος (W/m ²)			
89.702	215.825	581.851	182.991	12,7			
Προτεινόμενη κατάσταση για το σύνολο του κτιρίου (τεχνητός φωτισμός)							
Συνολική ισχύς (W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO ₂ (kg)	Κατανομή ισχύος (W/m ²)	Ενεργειακή απόδοση (lm/W)	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
48.577	116.585	315.095	99.097	6,9	65	69.780	6,77
Προτεινόμενη κατάσταση για το σύνολο του κτιρίου (τεχνητός φωτισμός με ρύθμιση)							
Συνολική ισχύς (W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια (kWh)	Ετήσιοι ρύποι CO ₂ (kg)	Κατανομή ισχύος (W/m ²)	Ενεργειακή απόδοση (lm/W)	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
38.905	93.372	252.359	79.367	5,5	81	82.377	6,47

➤ Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού χωρίς δυνατότητα ρύθμισης, επιτυγχάνεται μείωση 45,8% στην κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, δηλαδή εξοικονομούνται ετησίως 99,24 MWh ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο ισοδυναμεί με ετήσια εξοικονόμηση 266,76 MWh πρωτογενούς ενέργειας.

➤ Με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης και αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού, επιτυγχάνεται περαιτέρω μείωση 19,9% στην κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με το σύστημα τεχνητού φωτισμού. Το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας στο σύνολο του κτιρίου ανέρχεται πλέον σε 56,6% σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Εξοικονομούνται, δηλαδή, ετησίως 329,49 MWh πρωτογενούς ενέργειας στο σύνολο του κτιρίου.

Η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι ιδιαίτερης σημασίας για το κτίριο Λαμπαδαρίου, καθ' ότι πρόκειται για δημόσιο κτίριο και ως εκ τούτου η εξοικονόμηση αυτή ενδιαφέρει άμεσα. Εφόσον, δηλαδή, καταναλωτής ενέργειας είναι το δημόσιο, η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας μεταφράζεται άμεσα σε εξοικονόμηση πρώτων υλών.



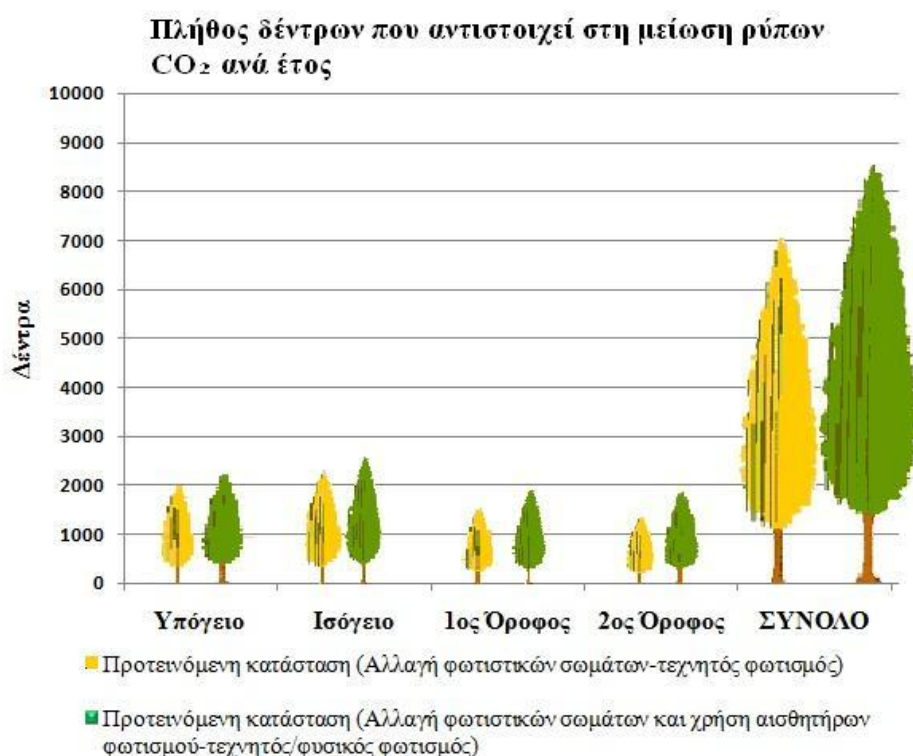
Σχήμα 10.1. Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για τις τρεις καταστάσεις στο σύνολο του κτιρίου.

➤ Βελτιώνονται σε μεγάλο βαθμό οι ενεργειακοί δείκτες του κτιρίου. Η κατανομή ισχύος στο σύνολο του κτιρίου από 12,7 W/m² για την υφιστάμενη κατάσταση, μειώνεται σε 6,9 W/m² για το σύστημα τεχνητού φωτισμού και σε 5,5 W/m² για το σύστημα τεχνητού/φυσικού φωτισμού. Η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί για την υφιστάμενη κατάσταση, ενώ για το σύστημα τεχνητού φωτισμού είναι 65 lm/W. Για το σύστημα τεχνητού φωτισμού με ρύθμιση, η ενεργειακή απόδοση βελτιώνεται περαιτέρω και ανέρχεται πλέον σε 81 lm/W. Και οι δύο ενεργειακοί δείκτες ικανοποιούν κατά πολύ τις απαιτήσεις του νέου ΚΕΝΑΚ και κατατάσσουν το κτίριο σε υψηλή ενεργειακή κατηγορία.

➤ Το ποσοστό μείωσης των ρύπων CO₂ είναι ίδιο με το ποσοστό μείωσης της ενέργειας, δηλαδή ετησίως εξοικονομούνται 83,89 tn CO₂ για το σύστημα τεχνητού φωτισμού σε σχέση

με την υφιστάμενη κατάσταση και επιπλέον 19,73 tn για το σύστημα τεχνητού/φυσικού φωτισμού. Συνολικά η ετήσια μείωση ρύπων CO₂ για το σύστημα τεχνητού φωτισμού με ρύθμιση σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση ανέρχεται στους 103,62 tn.

Η μείωση ρύπων CO₂ ισοδυναμεί με 6.992 νέα δέντρα ετησίως για το σύστημα τεχνητού φωτισμού και με 8.636 νέα δέντρα ετησίως για το σύστημα τεχνητού φωτισμού με ρύθμιση. Συνυπολογίζοντας ότι μια μέση φυτεία δέντρων περιλαμβάνει 50 δέντρα ανά στρέμμα, συμπεραίνουμε ότι η ετήσια μείωση ρύπων CO₂ αντιστοιχεί με ετήσια δενδροφύτευση 139,8 στρεμμάτων για το σύστημα τεχνητού φωτισμού και 172,7 στρεμμάτων για το σύστημα τεχνητού φωτισμού με ρύθμιση [39].



Σχήμα 10.2. Πλήθος δέντρων που ισοδυναμούν στη μείωση των ρύπων CO₂ που επιτυγχάνεται κάθε έτος με κάθε μία από τις προτεινόμενες καταστάσεις.

➤ Συγκεντρωτικά, το συνολικό κόστος για εγκατάσταση του συστήματος τεχνητού φωτισμού ανέρχεται στα 69.780 € και η επένδυση αποσβάζεται σε 6,77 έτη. Με 82.377 €, μπορεί να εγκατασταθεί το σύστημα τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης αξιοποιώντας το φυσικό φωτισμό και η επένδυση να αποσβεστεί σε 6,47 έτη. Δηλαδή, με επιπλέον 12.597 €, επιτυγχάνεται περαιτέρω μείωση της συνολικής ισχύος, της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής και πρωτογενούς ενέργειας, όσο και των ρύπων CO₂ κατά ποσοστό 19,9%, το πλήθος των ισοδύναμων νέων δέντρων αυξάνεται ετησίως κατά 1.644, η κατανομή ισχύος και η ενεργειακή απόδοση βελτιώνονται σημαντικά και επιπλέον η απόσβεση της επένδυσης επιτυγχάνεται ταχύτερα κατά 3,6 μήνες.

Βιβλιογραφία

- [1] "Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [2] "Greenbuilding – Improved Energy Efficiency for Non-Residential Buildings", European Commission.
- [3] "Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια του τριτογενή τομέα", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [4] ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ - ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ / Αρ. Φύλλου 407, 9 Απριλίου 2010.
- [5] Εγκύκλιος, ΘΕΜΑ: "Εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ)", Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης περιβάλλοντος και ενέργειας, Ειδική Γραμματεία επιθεωρητών ενέργειας, Αθήνα 4 Οκτωβρίου 2010.
- [6] Νόμος 3661, Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτιρίων, ΚΕΝΑΚ.
- [7] Οδηγός υποβολής προτάσεων στο πρόγραμμα «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ», Υπουργείο Ανάπτυξης.
- [8] "Εξοικονόμηση Ενέργειας στον κτιριακό τομέα", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), http://www.cres.gr/energy_saving.
- [9] Οδηγός επιλέξιμων δράσεων / ενεργειών και υποβαλλόμενων στοιχείων ανά άξονα προτεραιότητας του προγράμματος «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ».
- [10] Στάθης Τσελεπής, "Φωτοβολταϊκά στα κτίρια", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [11] Ιστότοπος εταιρείας Solar-Systems, <http://www.solar-systems.gr>
- [12] Ηλίας Σωφρόνης, "Συμπαγωγή Θερμότητας και Ηλεκτρισμού", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [13] Βασίλης Αλεξάνδρου, "Τηλεθέρμανση με βιομάζα", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [14] International Energy Agency.
- [15] Ινστιτούτο Ομάδα για τον κόσμο, Δράση για το κλίμα, <http://www.clima-net.org>.
- [16] Ο Ευρωπαϊκός στόχος του 20-20-20 για το περιβάλλον, <http://www.openscience.gr>.
- [17] Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης - ΣΔΕΑ 1 (2007), Υπουργείο Ανάπτυξης σε συνεργασία με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [18] Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, "Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων".

- [19] Λάμπρος Θ. Δούλος, Διδακτορική διατριβή, "Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού", Αθήνα, Οκτώβριος 2010.
- [20] Lawrence Berkeley Laboratory, "Controlite 1.0: Lighting control systems and daylighting analysis program", LBL-17444. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley Laboratory, 1985.
- [21] IES, Daylighting Committee, "Recommended practice of daylighting", IES RP-5. New York: Illuminating Engineering Society, 1979.
- [22] National Bureau of Standards "Window design strategies to conserve energy", Prepared by S. R. Hastings and R. W. Crenshaw, Building Science Series 104, Washington: U. S. Government Printing Office, 1977.
- [23] Bryan H., W. Kroner, and R. Leslie, "Daylighting: A resource book", Troy, NY: Rensselaer Polytechnic Institute, 1981.
- [24] The Energy Research Group-School of Architecture-University College Dublin, Energy in Architecture The European Passive Solar Handbook, Brussels 1996.
- [25] IESNA, "The IESNA Lighting Handbook, Reference and Application", 9th edition, ISBN 0-87995-150-8, 2000.
- [26] Rea, M. S., ed., "Lighting Control: Proceedings of the CEA/DBR Symposium", Ottawa, June 28, Ottawa: National Research Council Canada, 1984.
- [27] Verderber R.R., F.M. Rubinstein, "Mutual impacts of lighting controls and daylighting applications", Energy and Buildings 6 133-140, 1984.
- [28] IES, Energy Management Committee, "IES design considerations for effective building lighting energy utilization", IES LEM-3-1987. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 1987.
- [29] Rubinstein F., Siminovitch M., Verderber R., "50% Energy Savings with Automatic Lighting Controls", IEEE-IAS Transactions on Industry Applications, 29 (4) 768-773, 1993.
- [30] Pigg S., Eilers M., Reed R., "Behavioral Aspects of Lighting and Occupancy Sensors in Private Offices: A Case Study of University Office Building", in: Proceedings of the 1996 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Asilomar, California, Vol. 8, 8.161-8.171, 1996.
- [31] Maniccia D., Rutledge B., Rea M., Morrow W., "Occupant Use of Manual Lighting Controls in Private Offices", Journal of the Illuminating Engineering Society, Vol. 28 (2), 42-56, 1999.
- [32] Richman E., A. Dittmer, Keller, J.M. Winter, "Field Analysis of Occupancy Sensor Operation: Parameters Affecting Lighting Energy Savings", Journal of the Illuminating Engineering Society, Vol. 25 (1), 83-92, 1996.

- [33] Love J., "Field Performance of Daylighting Systems With Photoelectric Controls", in: Proceedings of Right Light 3, the 3rd European Conference on Energy Efficient Lighting, Newcastle upon Tyne, England, Vol.1, 1995.
- [34] Rubinstein F., Jennings J., Avery D., Blanc S., "Preliminary Results from an Advanced Lighting Controls Testbed", Journal of the Illuminating Engineering Society, Vol. 28 (1), 130-141, 1999.
- [35] Rea M. S., R.F. Dillon, and A.W. Levy, "The effectiveness of light switch reminders in reducing light usage", Lighting Research and Technology, 19 (3) 81-85, 1987.
- [36] Rubinstein F., "Photoelectric control of equiillumination lighting systems", Energy and Buildings, 6 (2) 141-150, 1984.
- [37] Eley C., Tolen T., Benya J., Rubinstein F., Verderber R., "Advanced Lighting Guidelines: 1993. DOE/EE-0008", U. S. Department of Energy, Office of Building Technologies, Washington D.C., 1993.
- [38] United Nations Environment Programme, UNEP.
- [39] Στέφανος Διαμαντής, Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών.
- [40] Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, "Φωτοτεχνία. Βασικές αρχές φωτομετρίας και μελέτες φωτισμού", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1994.
- [41] Gallis Lighting S.A, "Επαγγελματικές Λύσεις Αρχιτεκτονικού Φωτισμού".
- [42] Relux Light Simulation Tools, "ReluxSuite Manual".

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

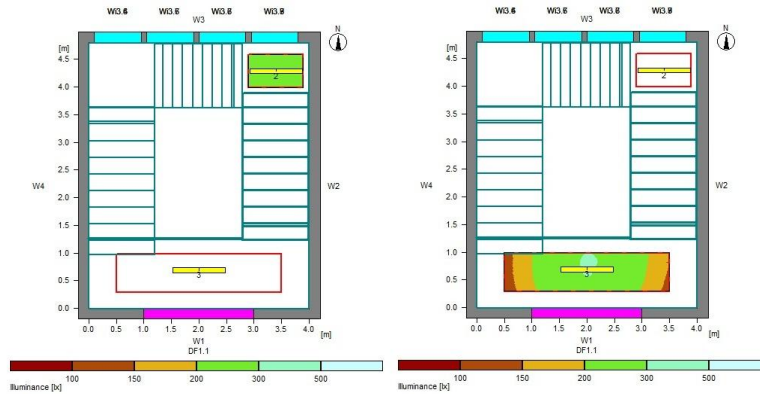
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄. Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό. Παρουσιάζονται ενδεικτικά 45 χώροι από τους συνολικά 229 που προσομοιώθηκαν στο πρόγραμμα RELUX για τη μελέτη του τεχνητού φωτισμού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄. Αποτελέσματα RELUX για φυσικό φωτισμό. Παρουσιάζονται ενδεικτικά 20 χώροι από τους συνολικά 66 που προσομοιώθηκαν στο πρόγραμμα RELUX για τη μελέτη αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄. Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού. Παρουσιάζονται όλα τα φωτιστικά και ο αισθητήρας φωτισμού που προτείνονται να χρησιμοποιηθούν και οι αναλυτικές προδιαγραφές τους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'. Αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό

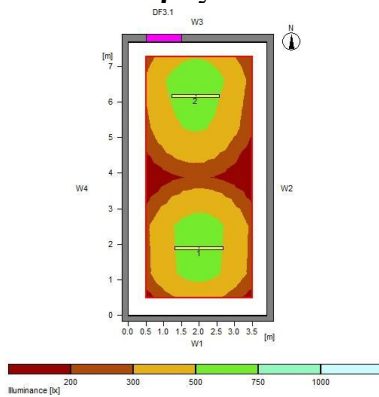
Υπόγειο Χώρος Υ.1.6



General		Average indirect fraction		General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		1.70 m		Calculation algorithm used		0.75 m	
Height of evaluation surface		0.80		Height of evaluation surface		0.80	
Maintenance factor				Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps	10000 lm	Total luminous flux of all lamps	10000 lm	Total luminous flux of all lamps	10000 lm	Total luminous flux of all lamps	10000 lm
Total power	134 W	Total power	134 W	Total power	134 W	Total power	134 W
Total power per area (19.20 m ²)	6.98 W/m ² (3.11 W/m ² /100lx)	Total power per area (19.20 m ²)	6.98 W/m ² (3.02 W/m ² /100lx)	Total power per area (19.20 m ²)	6.98 W/m ² (3.02 W/m ² /100lx)	Total power per area (19.20 m ²)	6.98 W/m ² (3.02 W/m ² /100lx)
Illuminance		Illuminance		Illuminance		Illuminance	
Average illuminance	Eav 224 lx	Average illuminance	Eav 231 lx	Average illuminance	Eav 231 lx	Average illuminance	Eav 231 lx
Minimum illuminance	Emin 206 lx	Minimum illuminance	Emin 134 lx	Minimum illuminance	Emin 134 lx	Minimum illuminance	Emin 134 lx
Maximum illuminance	Emax 233 lx	Maximum illuminance	Emax 303 lx	Maximum illuminance	Emax 303 lx	Maximum illuminance	Emax 303 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.09 (0.92)	Uniformity g1	Emin/Em 1:1.72 (0.58)	Uniformity g1	Emin/Em 1:1.72 (0.58)	Uniformity g1	Emin/Em 1:1.72 (0.58)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:1.13 (0.88)	Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.26 (0.44)	Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.26 (0.44)	Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.26 (0.44)

Type	No.	Make
		Gallis Lighting S.A.
	3	Order No. : 4308-4962
		Luminaire name : IKARUS 2X21W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm
	4	Order No. : 4309-4962
		Luminaire name : IKARUS 2X39W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 39W/830 0 W / 3100 lm

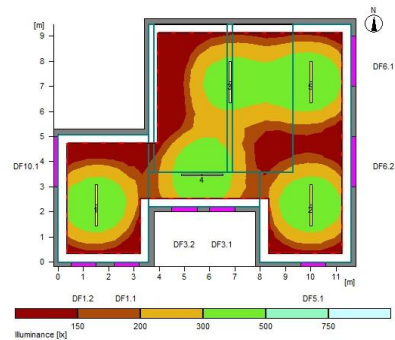
Χώρος Υ.1.20



General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		0.80 m	
Height of evaluation surface		2.80 m	
Height of luminaire plane		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps	17800 lm	Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W	Total power	216 W
Total power per area (30.03 m ²)	7.19 W/m ²	Total power per area (30.03 m ²)	7.19 W/m ²
Illuminance		Illuminance	
Average illuminance	Eav 403 lx	Average illuminance	Eav 403 lx
Minimum illuminance	Emin 119 lx	Minimum illuminance	Emin 119 lx
Maximum illuminance	Emax 666 lx	Maximum illuminance	Emax 666 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:3.38 (0.3)	Uniformity g1	Emin/Em 1:3.38 (0.3)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:5.57 (0.18)	Uniformity g2	Emin/Emax 1:5.57 (0.18)

Type	No.	Make
		Gallis Lighting S.A.
	5	Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

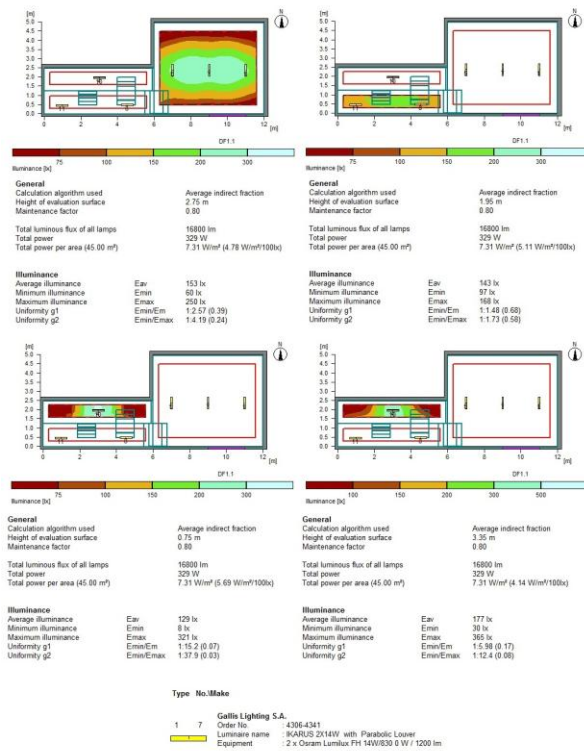
Χώρος Υ.2.2



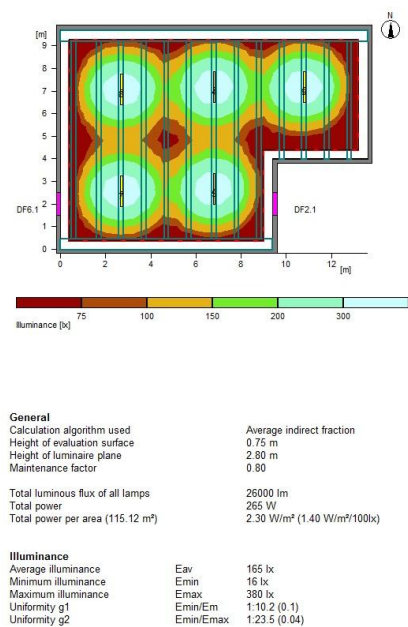
General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		0.75 m	
Height of evaluation surface		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps	33000 lm	Total luminous flux of all lamps	33000 lm
Total power	380 W	Total power	380 W
Total power per area (84.68 m ²)	4.49 W/m ² (1.77 W/m ² /100lx)	Total power per area (84.68 m ²)	4.49 W/m ² (1.77 W/m ² /100lx)
Illuminance		Illuminance	
Average illuminance	Eav 253 lx	Average illuminance	Eav 253 lx
Minimum illuminance	Emin 39 lx	Minimum illuminance	Emin 39 lx
Maximum illuminance	Emax 488 lx	Maximum illuminance	Emax 488 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:6.49 (0.15)	Uniformity g1	Emin/Em 1:6.49 (0.15)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:12.5 (0.08)	Uniformity g2	Emin/Emax 1:12.5 (0.08)

Type	No.	Make
		Gallis Lighting S.A.
	6	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

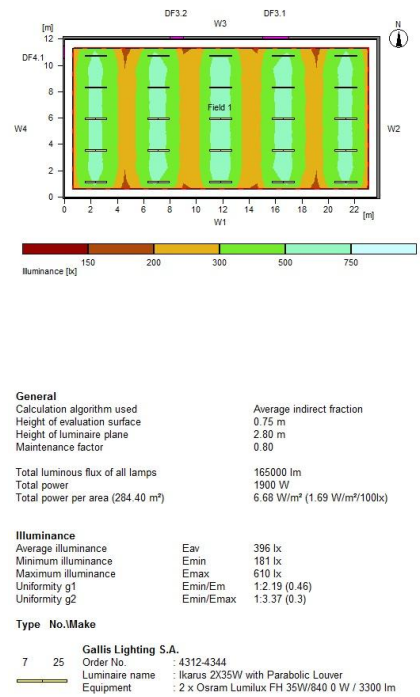
Χώρος Υ.2.4



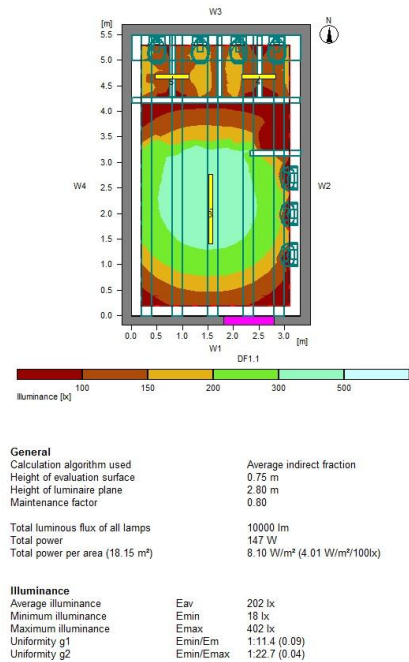
Χώρος Υ.3.9



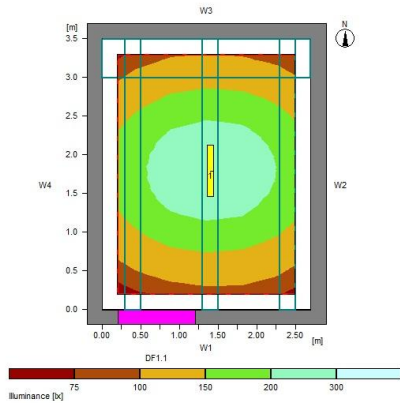
Χώρος Υ.2.5



Χώρος Υ.3.16



Χώρος Υ.3.21



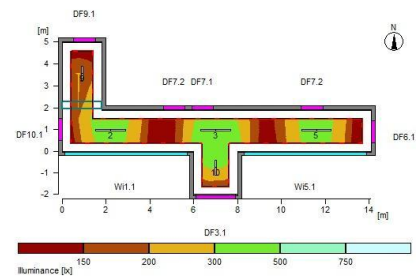
General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		0.75	m
Height of evaluation surface		2.80	m
Height of luminaire plane		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps		3500	lm
Total power		55	W
Total power per area (9.45 m ²)		5.82	W/m ² (3.55 W/m ² /100lx)

Illuminance		Eav	164	lx
Average illuminance		Emin	78	lx
Minimum illuminance		E _{max}	245	lx
Maximum illuminance		E _{min} /E _m	1.2	1.1 (0.47)
Uniformity g1		E _{min} /E _{max}	1.3	1.5 (0.32)
Uniformity g2				

Type No./Make

2		1		Gallis Lighting S.A.
Order No.		: 4307-4341		
Luminaire name		: IKARUS 2X24W with Parabolic Louver		
Equipment		: 2 x Osram Lumilux FQ 24W/830 0 W / 1750 lm		

Χώρος Υ.3.33



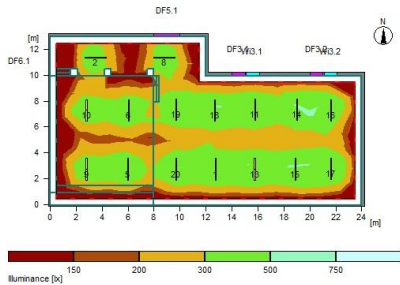
General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		0.75	m
Height of evaluation surface		2.80	m
Height of luminaire plane		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps		20400	lm
Total power		253	W
Total power per area (36.37 m ²)		6.96	W/m ² (2.67 W/m ² /100lx)

Illuminance		Eav	261	lx
Average illuminance		Emin	107	lx
Minimum illuminance		E _{max}	404	lx
Maximum illuminance		E _{min} /E _m	1.2	1.4 (0.41)
Uniformity g1		E _{min} /E _{max}	1.3	1.7 (0.26)
Uniformity g2				

Type No./Make

1		2		Gallis Lighting S.A.
Order No.		: 4306-4341		
Luminaire name		: IKARUS 2X14W with Parabolic Louver		
Equipment		: 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm		
5		3		Gallis Lighting S.A.
Order No.		: 4310-4343		
Luminaire name		: Ikarus 2X28W with Parabolic Louver		
Equipment		: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm		

Χώρος Υ.4.2



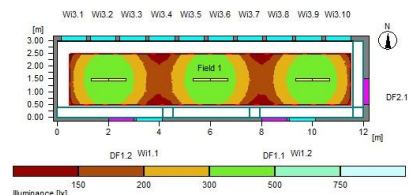
General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		1.20	m
Height of evaluation surface		3.30	m
Height of luminaire plane		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps		105600	lm
Total power		1216	W
Total power per area (276.00 m ²)		4.41	W/m ² (1.45 W/m ² /100lx)

Illuminance		Eav	304	lx
Average illuminance		Emin	91	lx
Minimum illuminance		E _{max}	475	lx
Maximum illuminance		E _{min} /E _m	1.3	1.4 (0.3)
Uniformity g1		E _{min} /E _{max}	1.5	1.3 (0.19)
Uniformity g2				

Type No./Make

7		16		Gallis Lighting S.A.
Order No.		: 4312-4344		
Luminaire name		: Ikarus 2X35W with Parabolic Louver		
Equipment		: 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm		

Χώρος Υ.4.3



General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		0.75	m
Height of evaluation surface		2.60	m
Height of luminaire plane		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps		15600	lm
Total power		153	W
Total power per area (36.00 m ²)		4.22	W/m ² (1.48 W/m ² /100lx)

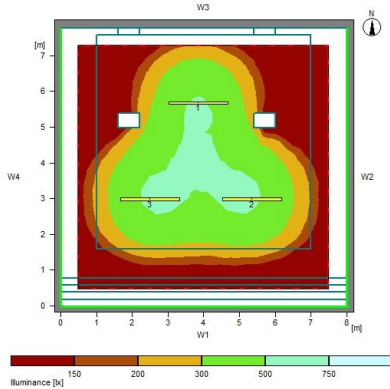
Illuminance		Eav	299	lx
Average illuminance		Emin	128	lx
Minimum illuminance		E _{max}	470	lx
Maximum illuminance		E _{min} /E _m	1.2	1.3 (0.43)
Uniformity g1		E _{min} /E _{max}	1.3	1.6 (0.27)
Uniformity g2				

Type No./Make

5		3		Gallis Lighting S.A.
Order No.		: 4310-4343		
Luminaire name		: Ikarus 2X28W with Parabolic Louver		
Equipment		: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm		

Ισόγειο

Χώρος I.E.1



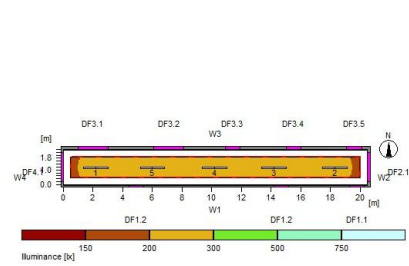
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	19800 lm
Total power	228 W
Total power per area (62.40 m ²)	3.65 W/m ² (1.43 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 255 lx
Minimum illuminance	Emin 15 lx
Maximum illuminance	Emax 526 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:17 (0.06)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:35 (0.03)

Type No./Make

Gallis Lighting S.A.		
6	3	Order No. : 4312-4344
Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver		
Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm		

Χώρος I.1.7



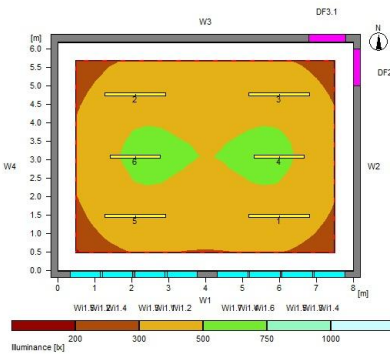
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	33000 lm
Total power	380 W
Total power per area (49.20 m ²)	7.72 W/m ² (3.07 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 251 lx
Minimum illuminance	Emin 194 lx
Maximum illuminance	Emax 287 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.29 (0.77)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:1.47 (0.68)

Type No./Make

Gallis Lighting S.A.		
6	5	Order No. : 4312-4344
Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver		
Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm		

Χώρος I.1.15



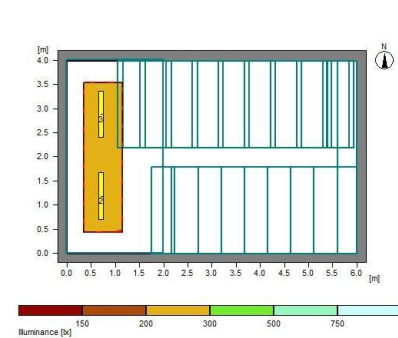
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	36800 lm
Total power	410 W
Total power per area (49.60 m ²)	8.27 W/m ² (2.02 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 410 lx
Minimum illuminance	Emin 220 lx
Maximum illuminance	Emax 536 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.86 (0.54)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.44 (0.41)

Type No./Make

Gallis Lighting S.A.		
4	2	Order No. : 4310-4343
Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver		
Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm		
6	4	Order No. : 4312-4344
Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver		
Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm		

Χώρος I.2.1



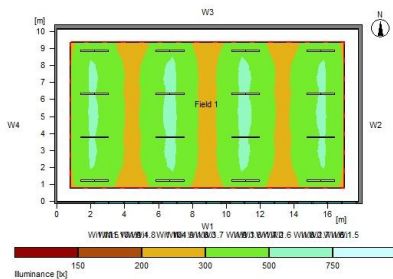
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	3.25 m
Height of luminaire plane	5.95 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	7600 lm
Total power	98 W
Total power per area (24.00 m ²)	4.08 W/m ² (1.60 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 255 lx
Minimum illuminance	Emin 202 lx
Maximum illuminance	Emax 282 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.26 (0.79)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:1.39 (0.72)

Type No./Make

Gallis Lighting S.A.		
2	2	Order No. : 4308-4062
Luminaire name : IKARUS 2X21W with Parabolic Louver		
Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm		

Χώρος I.2.4

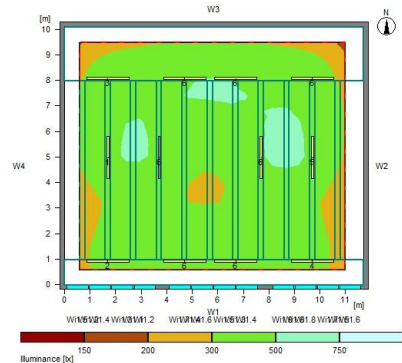


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	105600 lm
Total power	1216 W
Total power per area (181.56 m²)	6.70 W/m² (1.72 W/m²/100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 390 lx
Minimum illuminance	Emin 222 lx
Maximum illuminance	Emax 533 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.75 (0.57)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.4 (0.42)

Type No./Make	
6	16
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: 4312-4344
Luminaire name	: Ikarus ZX35W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος I.3.2

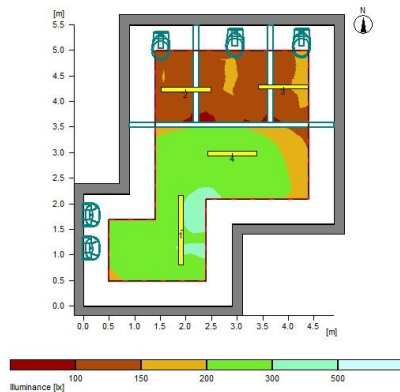


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.80 m
Height of luminaire plane	3.50 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	79200 lm
Total power	912 W
Total power per area (118.17 m²)	7.72 W/m² (1.95 W/m²/100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 396 lx
Minimum illuminance	Emin 216 lx
Maximum illuminance	Emax 533 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.53 (0.55)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.47 (0.4)

Type No./Make	
6	12
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: 4312-4344
Luminaire name	: Ikarus ZX35W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος I.3.9

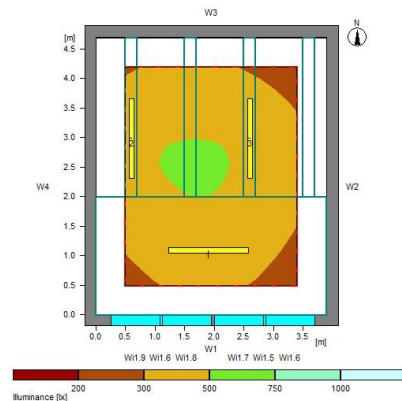


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	16600 lm
Total power	200 W
Total power per area (20.78 m²)	9.62 W/m² (4.69 W/m²/100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 205 lx
Minimum illuminance	Emin 92 lx
Maximum illuminance	Emax 306 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.23 (0.45)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:3.32 (0.3)

Type No./Make	
2	3
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: 4308-4062
Luminaire name	: IKARUS ZX21W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm
4	1
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: 4310-4343
Luminaire name	: Ikarus ZX28W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm

Χώρος I.4.5

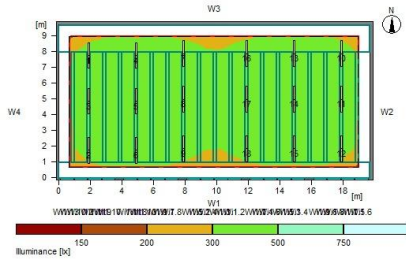


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.50 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	15600 lm
Total power	159 W
Total power per area (18.33 m²)	8.67 W/m² (2.15 W/m²/100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 403 lx
Minimum illuminance	Emin 237 lx
Maximum illuminance	Emax 521 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.7 (0.59)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.2 (0.45)

Type No./Make	
4	3
Gallis Lighting S.A.	
Order No.	: 4310-4343
Luminaire name	: Ikarus ZX28W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm

Χώρος I.4.6



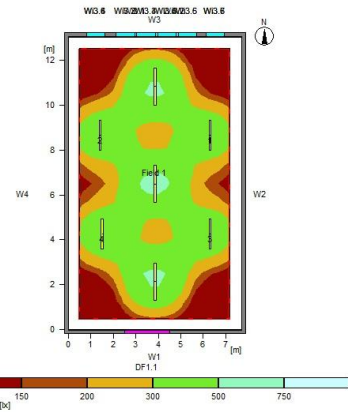
General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		0.75 m	
Height of evaluation surface		3.50 m	
Height of luminaire plane		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps		118900 lm	
Total power		1368 W	
Total power per area (191.09 m²)		7.16 W/m² (1.81 W/m²/100lx)	

Illuminance		Eav	397 lx
Average illuminance		Emin	250 lx
Minimum illuminance		Emax	489 lx
Maximum illuminance		Emin/Em	1:1.59 (0.63)
Uniformity g1		Emin/Emax	1:1.95 (0.51)
Uniformity g2			

Type No./Make

Gallis Lighting S.A.	
6	18
Order No.	: 4312-4344
Luminaire name	: Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος I.6.2



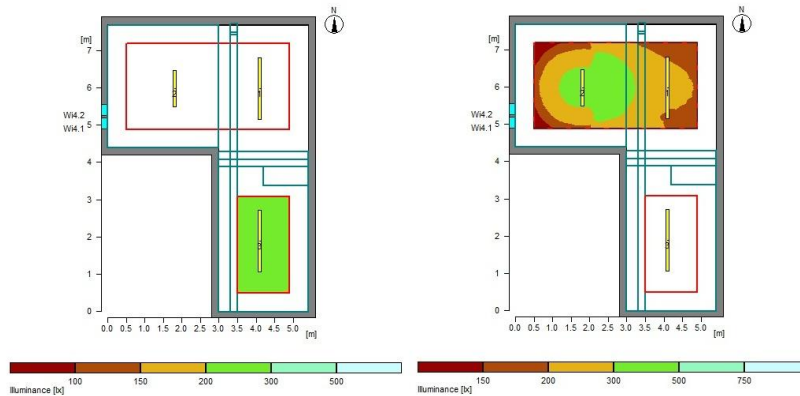
General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		0.75 m	
Height of evaluation surface		2.70 m	
Height of luminaire plane		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps		40600 lm	
Total power		440 W	
Total power per area (100.49 m²)		4.38 W/m² (1.50 W/m²/100lx)	

Illuminance		Eav	291 lx
Average illuminance		Emin	20 lx
Minimum illuminance		Emax	563 lx
Maximum illuminance		Emin/Em	1:14.6 (0.07)
Uniformity g1		Emin/Emax	1:28.3 (0.04)
Uniformity g2			

Type No./Make

Gallis Lighting S.A.	
4	4
Order No.	: 4310-4343
Luminaire name	: Ikarus 2X26W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 26W/840 0 W / 2600 lm
Gallis Lighting S.A.	
6	3
Order No.	: 4312-4344
Luminaire name	: Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος I.7.6



General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		1.15 m	
Height of evaluation surface		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps		17000 lm	
Total power		201 W	
Total power per area (28.38 m²)		7.08 W/m²	

Illuminance		Eav	233 lx
Average illuminance		Emin	193 lx
Minimum illuminance		Emax	266 lx
Maximum illuminance		Emin/Em	1:1.2 (0.83)
Uniformity g1		Emin/Emax	1:1.38 (0.73)
Uniformity g2			

Type No./Make

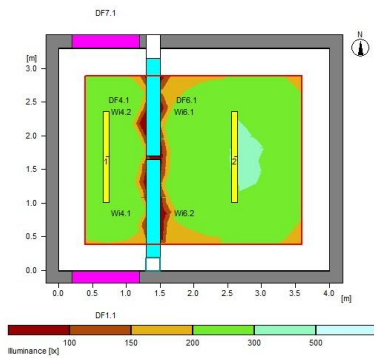
Gallis Lighting S.A.	
2	1
Order No.	: 4308-4062
Luminaire name	: IKARUS 2X21W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm
Gallis Lighting S.A.	
6	2
Order No.	: 4312-4344
Luminaire name	: Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		0.75 m	
Height of evaluation surface		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps		17000 lm	
Total power		201 W	
Total power per area (28.38 m²)		7.08 W/m² (2.80 W/m²/100lx)	

Illuminance		Eav	253 lx
Average illuminance		Emin	102 lx
Minimum illuminance		Emax	445 lx
Maximum illuminance		Emin/Em	1:2.49 (0.4)
Uniformity g1		Emin/Emax	1:4.38 (0.23)
Uniformity g2			

1^{ος} Όροφος

Χώρος Α.1.2

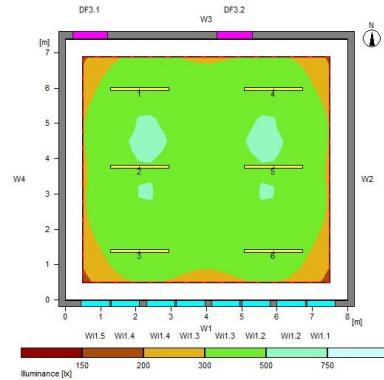


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.40 m
Maintenance factor	0.90
Total luminous flux of all lamps	10400 lm
Total power	106 W
Total power per area (12.58 m ²)	8.43 W/m ²

Illuminance	
Average illuminance	Eav 224 lx
Minimum illuminance	Emin 68 lx
Maximum illuminance	Emax 328 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1.331 (0.3)
Uniformity g2	Emin/Emax 1.484 (0.21)

Type	No.	Make
5	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4310-4343
		Luminaire name : Ikarus ZX28W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm

Χώρος Α.1.4

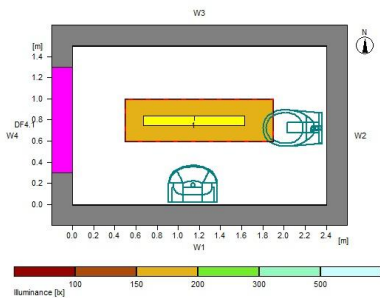


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.40 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	39600 lm
Total power	456 W
Total power per area (59.20 m ²)	7.70 W/m ² (1.93 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 400 lx
Minimum illuminance	Emin 202 lx
Maximum illuminance	Emax 522 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1.198 (0.51)
Uniformity g2	Emin/Emax 1.258 (0.39)

Type	No.	Make
7	6	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus ZX35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Α.1.14

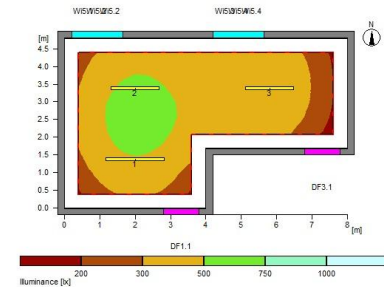


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.40 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	3800 lm
Total power	49 W
Total power per area (3.60 m ²)	13.61 W/m ² (7.29 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 187 lx
Minimum illuminance	Emin 173 lx
Maximum illuminance	Emax 194 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1.108 (0.93)
Uniformity g2	Emin/Emax 1.112 (0.89)

Type	No.	Make
3	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4308-4062
		Luminaire name : IKARUS ZX21W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

Χώρος Α.1.17

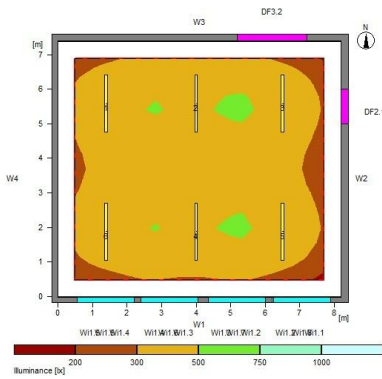


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.40 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	24400 lm
Total power	292 W
Total power per area (31.60 m ²)	9.24 W/m ² (2.29 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 404 lx
Minimum illuminance	Emin 188 lx
Maximum illuminance	Emax 600 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1.215 (0.47)
Uniformity g2	Emin/Emax 1.319 (0.31)

Type	No.	Make
6	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus ZX64W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm
7	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus ZX35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Α.2.1

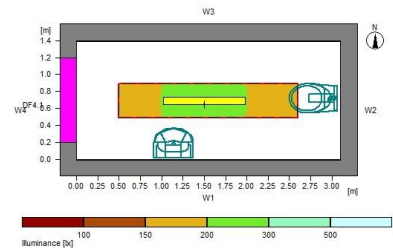


General		Average indirect fraction
Calculation algorithm used		0.75 m
Height of evaluation surface		3.15 m
Height of luminaire plane		0.80
Maintenance factor		
Total luminous flux of all lamps	39600 lm	
Total power	456 W	
Total power per area (60.68 m ²)	7.51 W/m ² (1.88 W/m ² /100lx)	

Illuminance		
Average illuminance	Eav	401 lx
Minimum illuminance	Emin	216 lx
Maximum illuminance	Emax	519 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	1:1.86 (0.54)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.41 (0.42)

Type	No./Make	Gallis Lighting S.A.
7	6	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Α.2.2

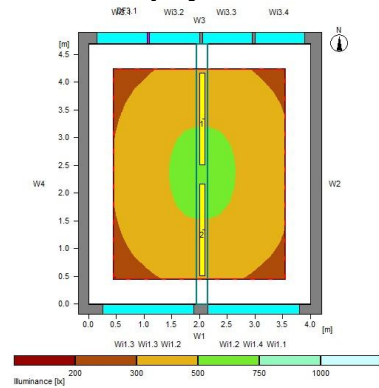


General		Average indirect fraction
Calculation algorithm used		0.30 m
Height of evaluation surface		3.45 m
Height of luminaire plane		0.80
Maintenance factor		
Total luminous flux of all lamps	3800 lm	
Total power	49 W	
Total power per area (4.34 m ²)	11.29 W/m ² (5.79 W/m ² /100lx)	

Illuminance		
Average illuminance	Eav	195 lx
Minimum illuminance	Emin	161 lx
Maximum illuminance	Emax	214 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	1:1.21 (0.83)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.33 (0.75)

Type	No./Make	Gallis Lighting S.A.
3	1	Order No. : 4308-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X21W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1500 lm

Χώρος Α.2.14

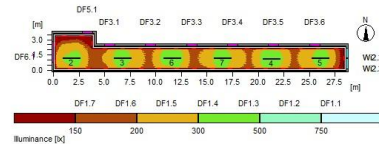


General		Average indirect fraction
Calculation algorithm used		0.75 m
Height of evaluation surface		3.15 m
Height of luminaire plane		0.80
Maintenance factor		
Total luminous flux of all lamps	13200 lm	
Total power	152 W	
Total power per area (18.80 m ²)	8.09 W/m ² (2.00 W/m ² /100lx)	

Illuminance		
Average illuminance	Eav	405 lx
Minimum illuminance	Emin	216 lx
Maximum illuminance	Emax	535 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	1:1.87 (0.53)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.47 (0.4)

Type	No./Make	Gallis Lighting S.A.
7	2	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Α.2.19

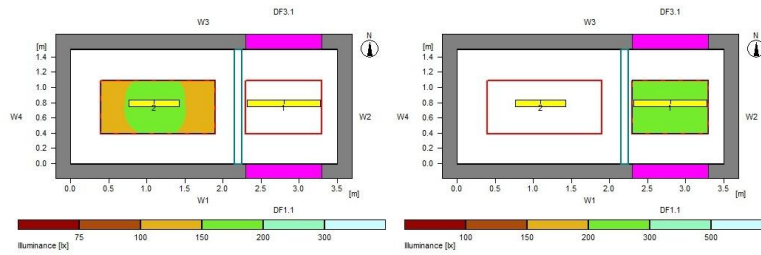


General		Average indirect fraction
Calculation algorithm used		0.75 m
Height of evaluation surface		3.15 m
Height of luminaire plane		0.80
Maintenance factor		
Total luminous flux of all lamps	39600 lm	
Total power	456 W	
Total power per area (73.44 m ²)	6.21 W/m ² (2.47 W/m ² /100lx)	

Illuminance		
Average illuminance	Eav	252 lx
Minimum illuminance	Emin	55 lx
Maximum illuminance	Emax	389 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	1:4.61 (0.22)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:7.13 (0.14)

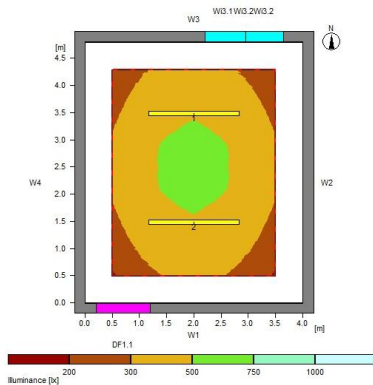
Type	No./Make	Gallis Lighting S.A.
7	6	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Α.2.22



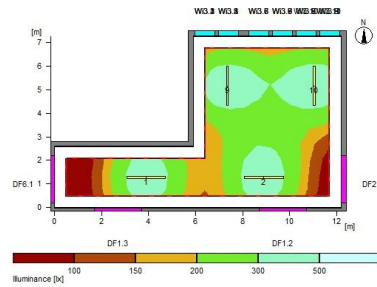
General Calculation algorithm used Height of evaluation surface Height of luminaire plane Maintenance factor Total luminous flux of all lamps Total power Total power per area (5.25 m ²)		Average indirect fraction 0.75 m 3.15 m 0.80 6200 lm 96 W 18.29 W/m ² (12.39 W/m ² /100lx)		General Calculation algorithm used Height of evaluation surface Height of luminaire plane Maintenance factor Total luminous flux of all lamps Total power Total power per area (5.25 m ²)		Average indirect fraction 0.75 m 3.15 m 0.80 6200 lm 96 W 18.29 W/m ² (7.37 W/m ² /100lx)	
Illuminance Average illuminance Minimum illuminance Maximum illuminance Uniformity g1 Uniformity g2		Eav 148 lx Emin 129 lx Emax 158 lx Emin/Em 1:1.15 (0.87) Emin/Emax 1:1.23 (0.81)		Illuminance Average illuminance Minimum illuminance Maximum illuminance Uniformity g1 Uniformity g2		Eav 248 lx Emin 224 lx Emax 262 lx Emin/Em 1:1.11 (0.9) Emin/Emax 1:1.17 (0.86)	
Type No. Make Gallis Lighting S.A. 1 1 Order No. : 4306-4341 Luminaire name : IKARUS 2X14W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm 3 1 Order No. : 4308-4062 Luminaire name : IKARUS 2X21W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm							

Χώρος Α.2.27



General Calculation algorithm used Height of evaluation surface Height of luminaire plane Maintenance factor Total luminous flux of all lamps Total power Total power per area (19.20 m ²)		Average indirect fraction 0.75 m 3.15 m 0.80 13200 lm 152 W 7.92 W/m ² (1.98 W/m ² /100lx)	
Illuminance Average illuminance Minimum illuminance Maximum illuminance Uniformity g1 Uniformity g2		Eav 400 lx Emin 238 lx Emax 562 lx Emin/Em 1:1.68 (0.59) Emin/Emax 1:2.36 (0.42)	
Type No. Make Gallis Lighting S.A. 7 2 Order No. : 4312-4344 Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm			

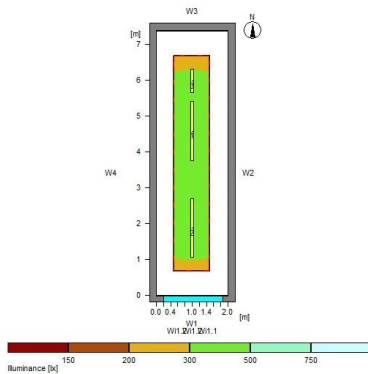
Χώρος Α.2.29



General Calculation algorithm used Height of evaluation surface Height of luminaire plane Maintenance factor Total luminous flux of all lamps Total power Total power per area (61.33 m ²)		Average indirect fraction 0.75 m 3.15 m 0.80 26400 lm 304 W 4.96 W/m ² (1.98 W/m ² /100lx)	
Illuminance Average illuminance Minimum illuminance Maximum illuminance Uniformity g1 Uniformity g2		Eav 250 lx Emin 33 lx Emax 382 lx Emin/Em 1:7.48 (0.13) Emin/Emax 1:11.5 (0.09)	
Type No. Make Gallis Lighting S.A. 6 4 Order No. : 4312-4344 Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm			

2^{ος} Όροφος

Χώρος Β.1.5

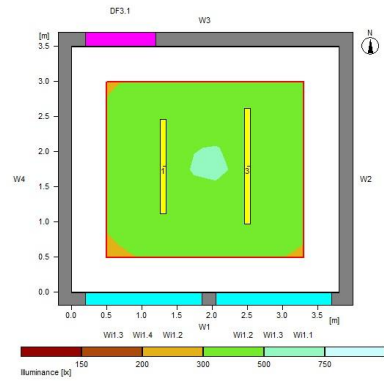


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	15600 lm
Total power	199 W
Total power per area (14.80 m ²)	13.45 W/m ² (3.37 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	E _{av} 400 lx
Minimum illuminance	E _{min} 260 lx
Maximum illuminance	E _{max} 474 lx
Uniformity g1	E _{min} /E _{max} 1:1.54 (0.65)
Uniformity g2	E _{min} /E _{max} 1:1.82 (0.55)

Type No./Make		
1	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4306-4341
		Luminaire name : IKARUS 2X14W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm
7	2	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Β.1.8

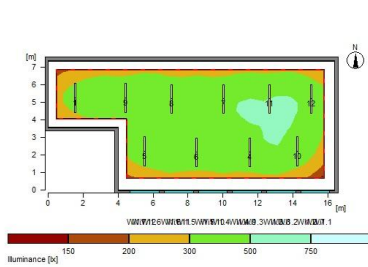


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	11800 lm
Total power	129 W
Total power per area (13.30 m ²)	9.70 W/m ²

Illuminance	
Average illuminance	E _{av} 399 lx
Minimum illuminance	E _{min} 263 lx
Maximum illuminance	E _{max} 508 lx
Uniformity g1	E _{min} /E _{max} 1:1.53 (0.63)
Uniformity g2	E _{min} /E _{max} 1:2.01 (0.5)

Type No./Make		
5	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4310-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X20W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 20W/840 0 W / 2600 lm
7	1	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Β.1.12

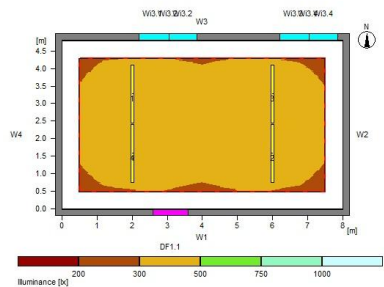


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	65000 lm
Total power	760 W
Total power per area (106.96 m ²)	7.11 W/m ² (1.79 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	E _{av} 397 lx
Minimum illuminance	E _{min} 178 lx
Maximum illuminance	E _{max} 534 lx
Uniformity g1	E _{min} /E _{max} 1:2.23 (0.45)
Uniformity g2	E _{min} /E _{max} 1:2.99 (0.33)

Type No./Make		
6	10	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος Β.1.16

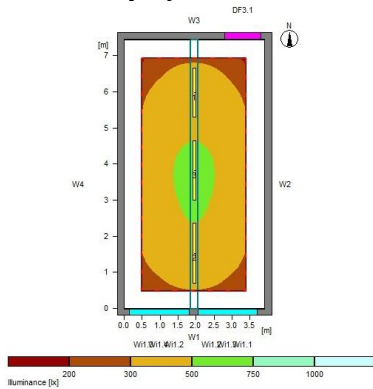


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.45 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	26400 lm
Total power	304 W
Total power per area (38.40 m ²)	7.92 W/m ² (1.96 W/m ² /100lx)

Illuminance	
Average illuminance	E _{av} 403 lx
Minimum illuminance	E _{min} 276 lx
Maximum illuminance	E _{max} 496 lx
Uniformity g1	E _{min} /E _{max} 1:1.46 (0.69)
Uniformity g2	E _{min} /E _{max} 1:1.8 (0.56)

Type No./Make		
7	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος B.2.8

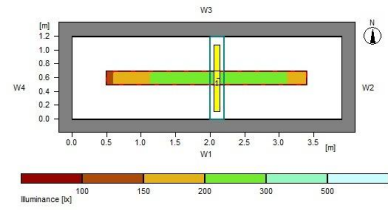


General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		0.75 m	
Height of evaluation surface		3.15 m	
Height of luminaire plane		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps	18400 lm		
Total power	205 W		
Total power per area (29.06 m ²)	7.06 W/m ² (1.76 W/m ² /100lx)		

Illuminance		Eav	401 lx
Average illuminance		Emin	214 lx
Minimum illuminance		E _{max}	531 lx
Maximum illuminance		Uniformity g ₁	Emin/Emax 1:1.88 (0.53)
Uniformity g ₁		Uniformity g ₂	Emin/Emax 1:2.48 (0.4)
Uniformity g ₂			

Type No./Make		Gallis Lighting S.A.
5	1	Order No. : 4310-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X20W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm
7	2	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος B.2.12

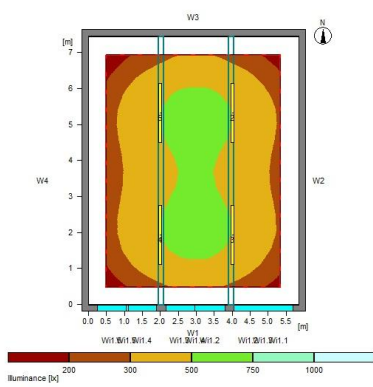


General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		0.75 m	
Height of evaluation surface		3.15 m	
Height of luminaire plane		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps	3800 lm		
Total power	49 W		
Total power per area (4.68 m ²)	10.47 W/m ² (4.85 W/m ² /100lx)		

Illuminance		Eav	216 lx
Average illuminance		Emin	148 lx
Minimum illuminance		E _{max}	252 lx
Maximum illuminance		Uniformity g ₁	Emin/Emax 1:1.46 (0.68)
Uniformity g ₁		Uniformity g ₂	Emin/Emax 1:1.71 (0.59)
Uniformity g ₂			

Type No./Make		Gallis Lighting S.A.
3	1	Order No. : 4308-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X21W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm

Χώρος B.2.14

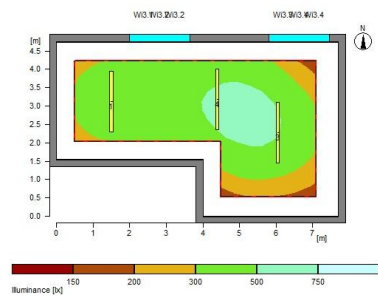


General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		0.75 m	
Height of evaluation surface		3.15 m	
Height of luminaire plane		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps	26400 lm		
Total power	304 W		
Total power per area (43.58 m ²)	6.98 W/m ² (1.73 W/m ² /100lx)		

Illuminance		Eav	404 lx
Average illuminance		Emin	167 lx
Minimum illuminance		E _{max}	591 lx
Maximum illuminance		Uniformity g ₁	Emin/Emax 1:2.42 (0.41)
Uniformity g ₁		Uniformity g ₂	Emin/Emax 1:3.54 (0.28)
Uniformity g ₂			

Type No./Make		Gallis Lighting S.A.
7	4	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος B.2.15

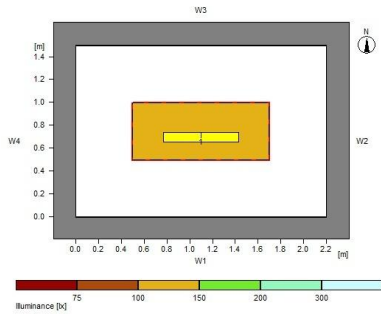


General		Average indirect fraction	
Calculation algorithm used		0.75 m	
Height of evaluation surface		3.15 m	
Height of luminaire plane		0.80	
Maintenance factor			
Total luminous flux of all lamps	19800 lm		
Total power	223 W		
Total power per area (30.38 m ²)	7.51 W/m ² (1.88 W/m ² /100lx)		

Illuminance		Eav	398 lx
Average illuminance		Emin	180 lx
Minimum illuminance		E _{max}	583 lx
Maximum illuminance		Uniformity g ₁	Emin/Emax 1:2.21 (0.45)
Uniformity g ₁		Uniformity g ₂	Emin/Emax 1:3.24 (0.31)
Uniformity g ₂			

Type No./Make		Gallis Lighting S.A.
6	3	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος B.2.17

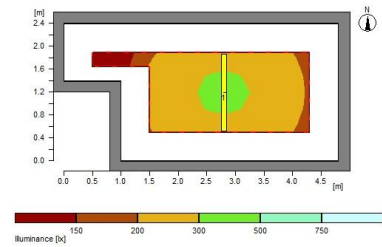


General		Average indirect fraction
Calculation algorithm used		0.75 m
Height of evaluation surface		3.15 m
Height of luminaire plane		0.80
Maintenance factor		
Total luminous flux of all lamps	2400 lm	
Total power	47 W	
Total power per area (3.30 m²)	14.24 W/m² (10.08 W/m²/100lx)	

Illuminance		
Average illuminance	Eav	141 lx
Minimum illuminance	Emin	134 lx
Maximum illuminance	Emax	147 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	1:1.05 (0.95)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.09 (0.91)

Type No./Make		
1	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4306-4341
		Luminaire name : IKARUS 2X14W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm

Χώρος B.2.19

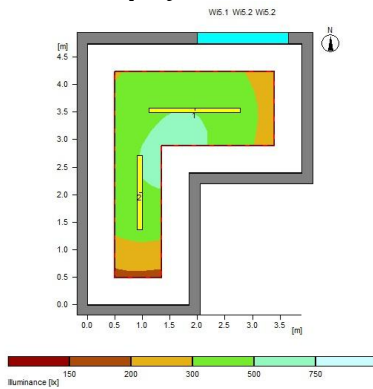


General		Average indirect fraction
Calculation algorithm used		0.75 m
Height of evaluation surface		3.15 m
Height of luminaire plane		0.80
Maintenance factor		
Total luminous flux of all lamps	5200 lm	
Total power	53 W	
Total power per area (10.12 m²)	5.24 W/m² (2.08 W/m²/100lx)	

Illuminance		
Average illuminance	Eav	252 lx
Minimum illuminance	Emin	71 lx
Maximum illuminance	Emax	312 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	1:3.54 (0.28)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:4.39 (0.23)

Type No./Make		
4	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4310-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm

Χώρος B.2.21

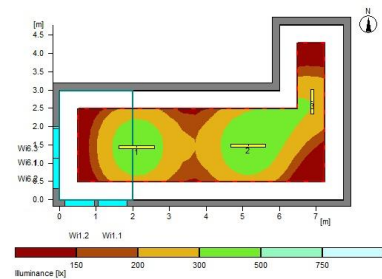


General		Average indirect fraction
Calculation algorithm used		0.75 m
Height of evaluation surface		3.15 m
Height of luminaire plane		0.80
Maintenance factor		
Total luminous flux of all lamps	11900 lm	
Total power	129 W	
Total power per area (13.60 m²)	9.48 W/m² (2.37 W/m²/100lx)	

Illuminance		
Average illuminance	Eav	399 lx
Minimum illuminance	Emin	195 lx
Maximum illuminance	Emax	532 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	1:2.04 (0.49)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.72 (0.37)

Type No./Make		
4	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4310-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X28W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 28W/840 0 W / 2600 lm
6	1	Order No. : 4312-4344
		Luminaire name : Ikarus 2X35W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 35W/840 0 W / 3300 lm

Χώρος B.Δ.1



General		Average indirect fraction
Calculation algorithm used		0.75 m
Height of evaluation surface		2.40 m
Height of luminaire plane		0.80
Maintenance factor		
Total luminous flux of all lamps	10000 lm	
Total power	145 W	
Total power per area (26.40 m²)	5.49 W/m² (2.18 W/m²/100lx)	

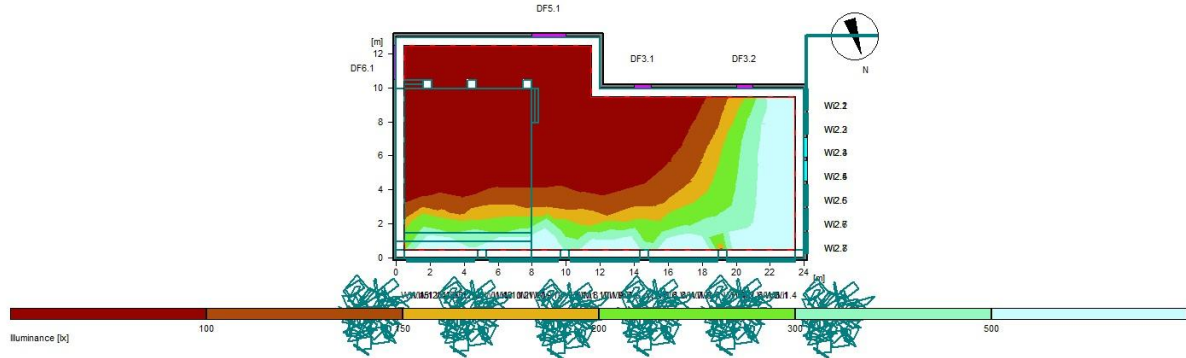
Illuminance		
Average illuminance	Eav	252 lx
Minimum illuminance	Emin	55 lx
Maximum illuminance	Emax	420 lx
Uniformity g1	Emin/Eav	1:4.55 (0.22)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:7.57 (0.13)

Type No./Make		
2	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4308-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X21W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 21W/830 0 W / 1900 lm
8	1	Order No. : 4306-4341
		Luminaire name : IKARUS 2X14W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FH 14W/830 0 W / 1200 lm

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β'. Αποτελέσματα RELUX για φυσικό φωτισμό

Υπόγειο

Χώρος Υ.4.2



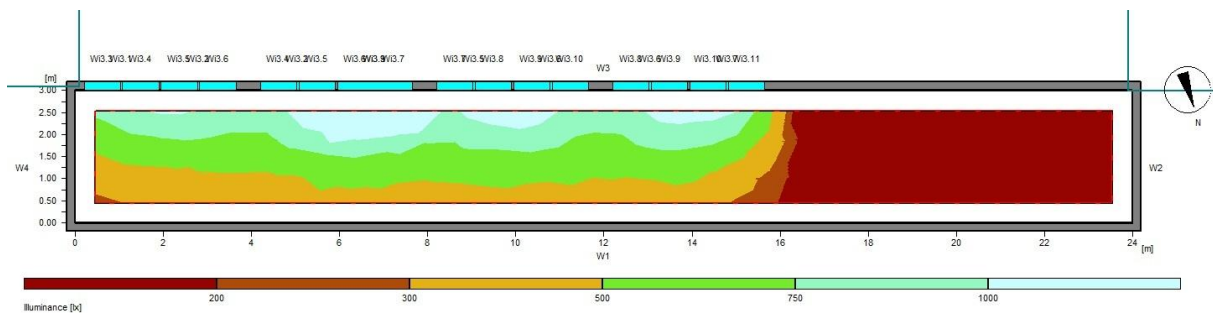
General
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 1.20 m
 Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
 Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:
 Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Latitude (degrees) : 37.97 °
 Longitude (degrees) : 23.78 °
 North angle : 161.00 °

Illuminance
 Average daylight ratio : Dav : 1.42
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.07
 Maximum daylight ratio : Dmax : 6.67

Ισόγειο

Χώρος Ι.3.1

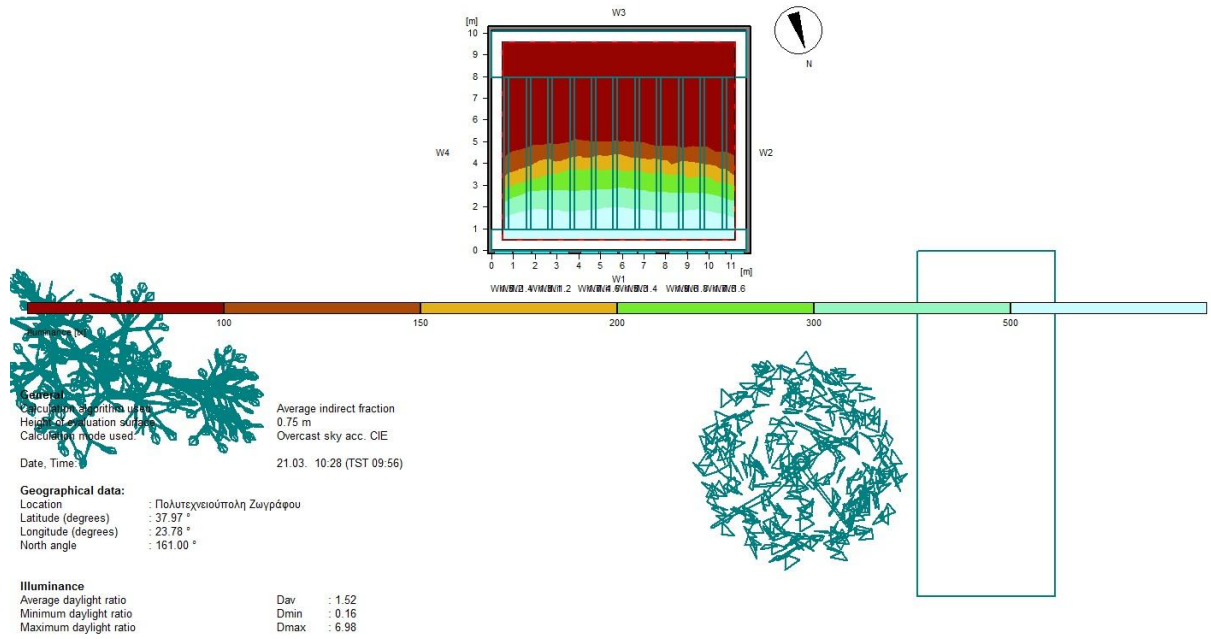


General
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 0.75 m
 Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
 Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

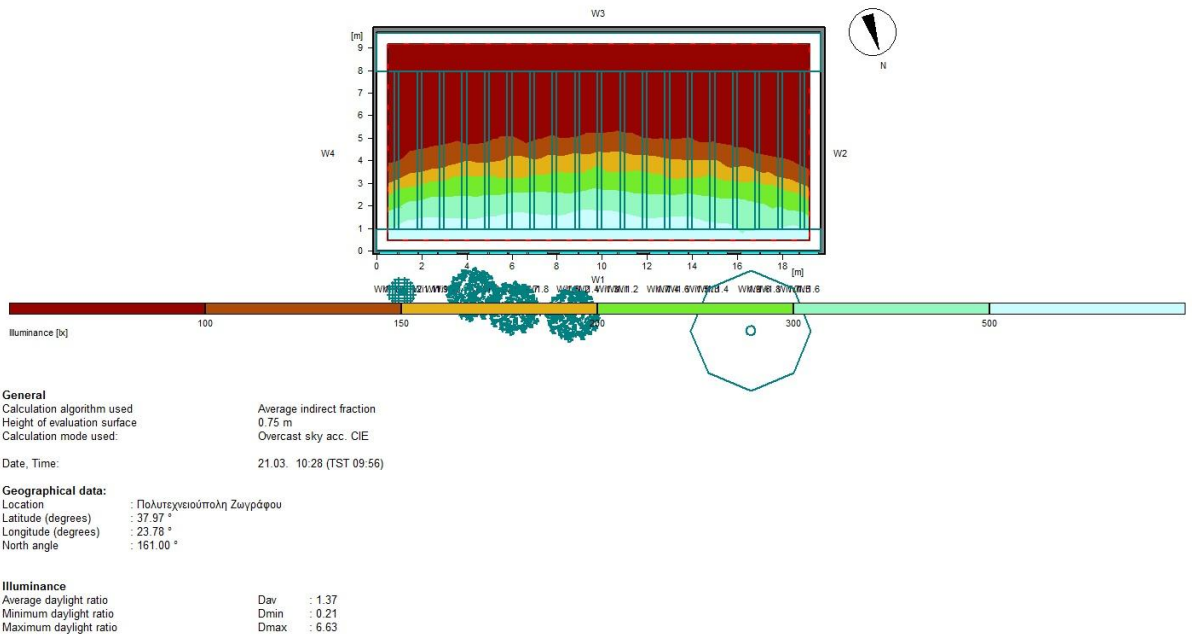
Geographical data:
 Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Latitude (degrees) : 37.97 °
 Longitude (degrees) : 23.78 °
 North angle : 161.00 °

Illuminance
 Average daylight ratio : Dav : 3.2
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0
 Maximum daylight ratio : Dmax : 10.2

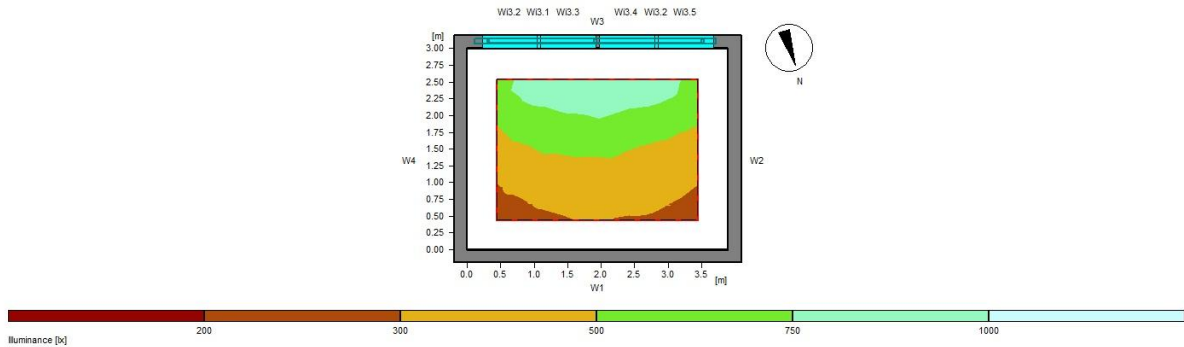
Χώρος I.3.3



Χώρος I.4.5



Χώρος I.4.7



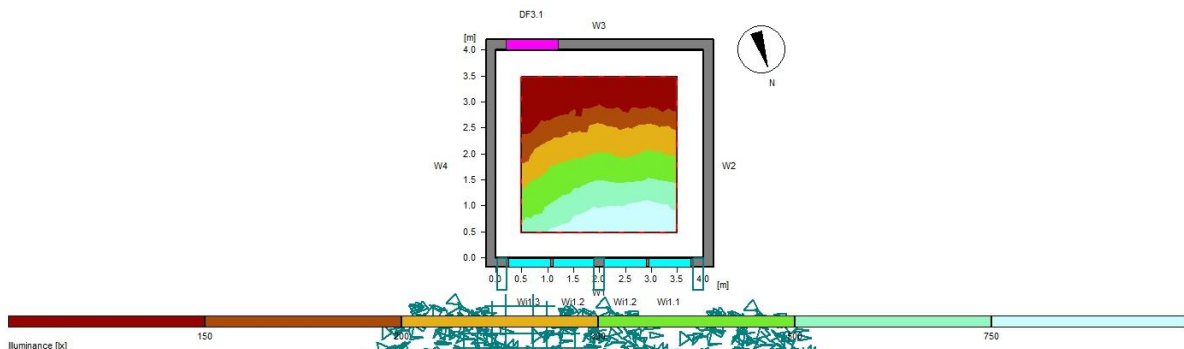
General
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 0.75 m
 Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
 Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:
 Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Latitude (degrees) : 37.97 °
 Longitude (degrees) : 23.78 °
 North angle : 161.00 °

Illuminance
 Average daylight ratio : Dav : 3.69
 Minimum daylight ratio : Dmin : 1.97
 Maximum daylight ratio : Dmax : 5.93

1^{ος} Όροφος

Χώρος A.1.1

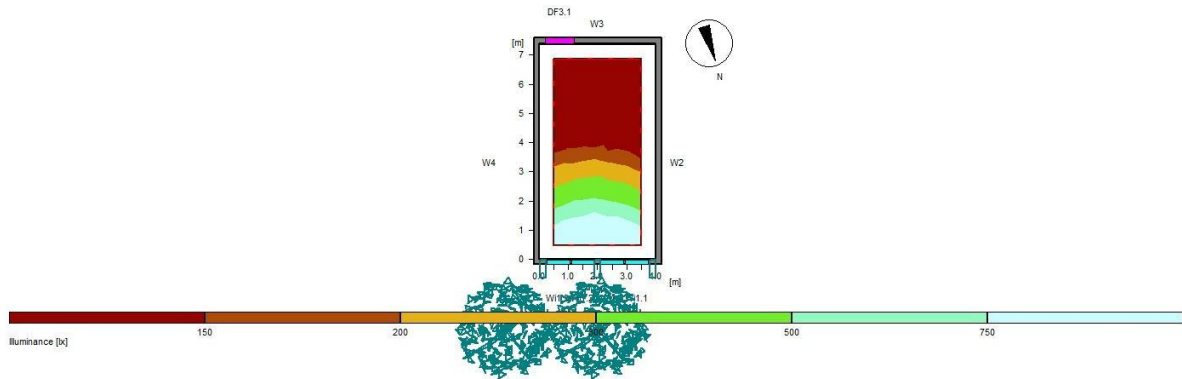


General
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 0.75 m
 Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
 Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:
 Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Latitude (degrees) : 37.97 °
 Longitude (degrees) : 23.78 °
 North angle : 161.00 °

Illuminance
 Average daylight ratio : Dav : 2.59
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.56
 Maximum daylight ratio : Dmax : 8.02

Χώρος Α.1.3

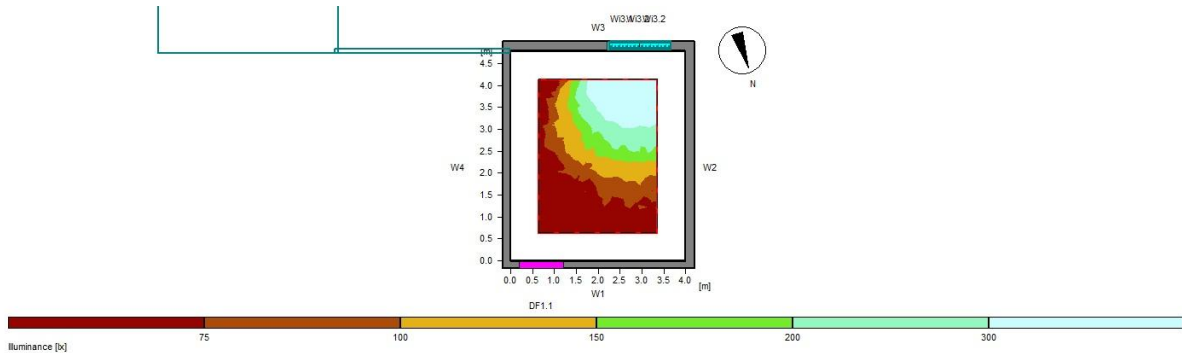


General
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 0.75 m
 Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
 Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:
 Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Latitude (degrees) : 37.97 °
 Longitude (degrees) : 23.78 °
 North angle : 161.00 °

Illuminance
 Average daylight ratio : Dav : 2.2
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.3
 Maximum daylight ratio : Dmax : 10.2

Χώρος Α.1.10

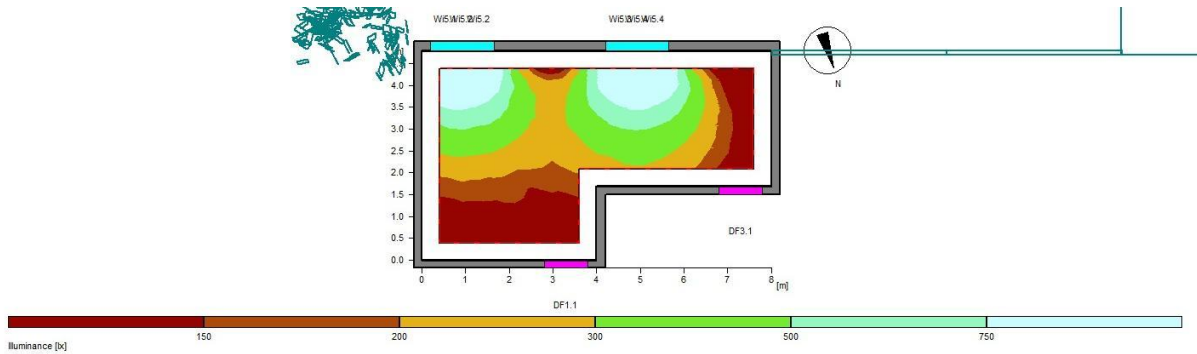


General
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 0.75 m
 Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
 Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:
 Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Latitude (degrees) : 37.97 °
 Longitude (degrees) : 23.78 °
 North angle : 161.00 °

Illuminance
 Average daylight ratio : Dav : 1.2
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.23
 Maximum daylight ratio : Dmax : 6.11

Χώρος Α.1.17

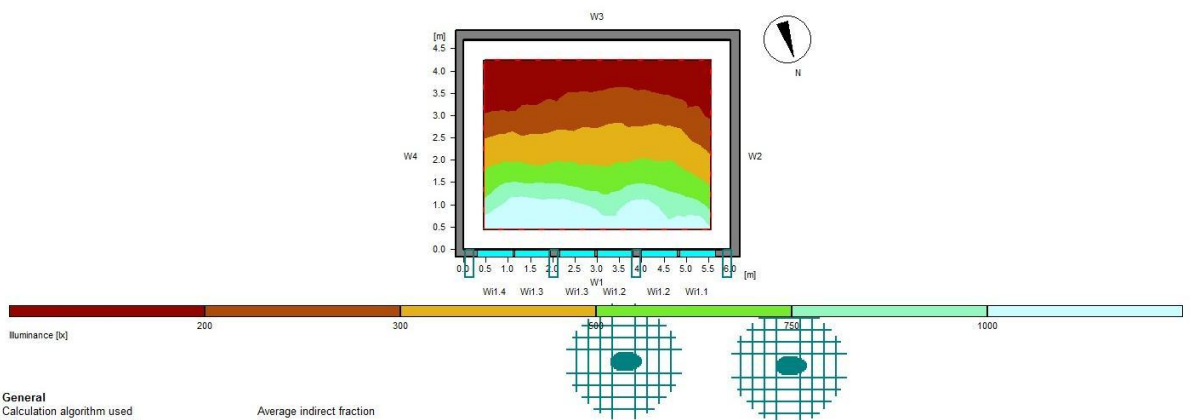


General
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 0.75 m
 Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
 Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:
 Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Latitude (degrees) : 37.97 °
 Longitude (degrees) : 23.78 °
 North angle : 161.00 °

Illuminance
 Average daylight ratio : Dav : 2.6
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.4
 Maximum daylight ratio : Dmax : 10.4

Χώρος Α.2.3

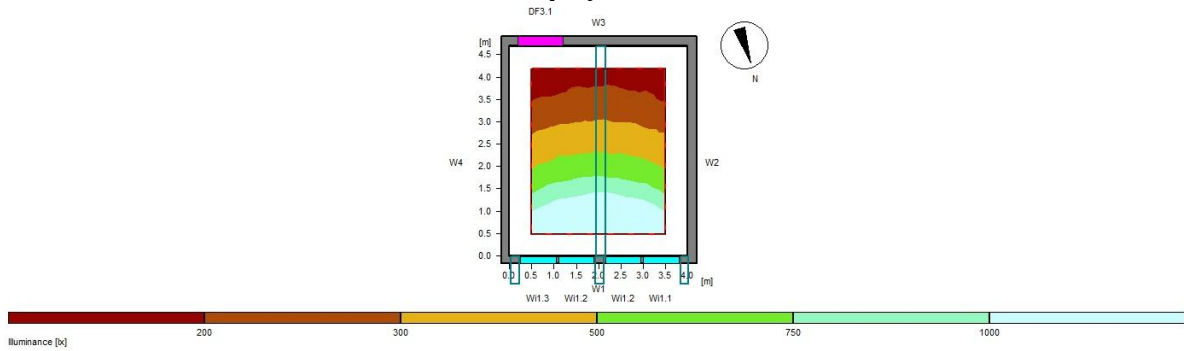


General
 Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 0.75 m
 Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
 Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:
 Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Latitude (degrees) : 37.97 °
 Longitude (degrees) : 23.78 °
 North angle : 161.00 °

Illuminance
 Average daylight ratio : Dav : 3.5
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.8
 Maximum daylight ratio : Dmax : 10.5

Χώρος A.2.16



General

Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 0.75 m
 Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
 Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

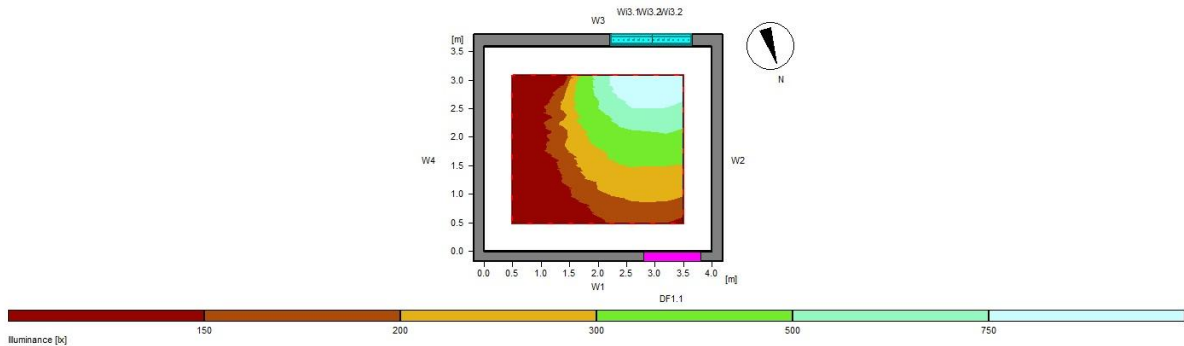
Geographical data:

Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Latitude (degrees) : 37.97 °
 Longitude (degrees) : 23.78 °
 North angle : 161.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : Day : 4.2
 Minimum daylight ratio : Dmin : 1.1
 Maximum daylight ratio : Dmax : 12.1

Χώρος A.2.28



General

Calculation algorithm used : Average indirect fraction
 Height of evaluation surface : 0.75 m
 Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
 Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:

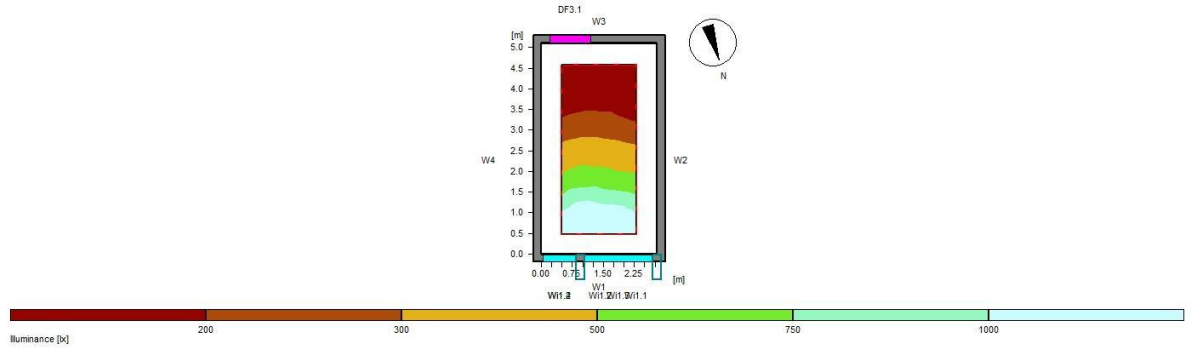
Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Latitude (degrees) : 37.97 °
 Longitude (degrees) : 23.78 °
 North angle : 161.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : Day : 2.18
 Minimum daylight ratio : Dmin : 0.32
 Maximum daylight ratio : Dmax : 8.04

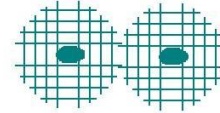
2^{ος} Όροφος

Χώρος B.1.3



General
 Calculation algorithm used
 Height of evaluation surface
 Calculation mode used:

Average indirect fraction
 0.75 m
 Overcast sky acc. CIE
 Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)



Geographical data:

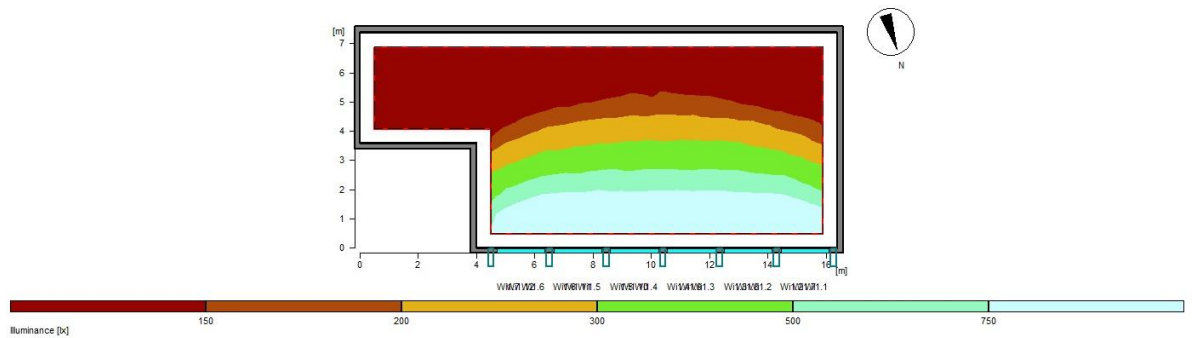
Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Latitude (degrees) : 37.97 °
 Longitude (degrees) : 23.78 °
 North angle : 161.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : 3.6
 Minimum daylight ratio : 0.8
 Maximum daylight ratio : 11.4

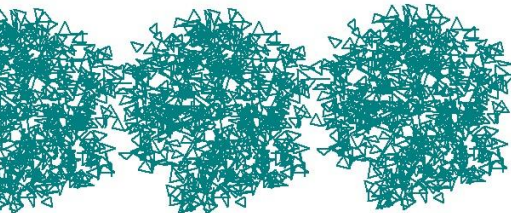
Dav : 3.6
 Dmin : 0.8
 Dmax : 11.4

Χώρος B.1.12



General
 Calculation algorithm used
 Height of evaluation surface
 Calculation mode used:

Average indirect fraction
 0.75 m
 Overcast sky acc. CIE
 Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:56)



Geographical data:

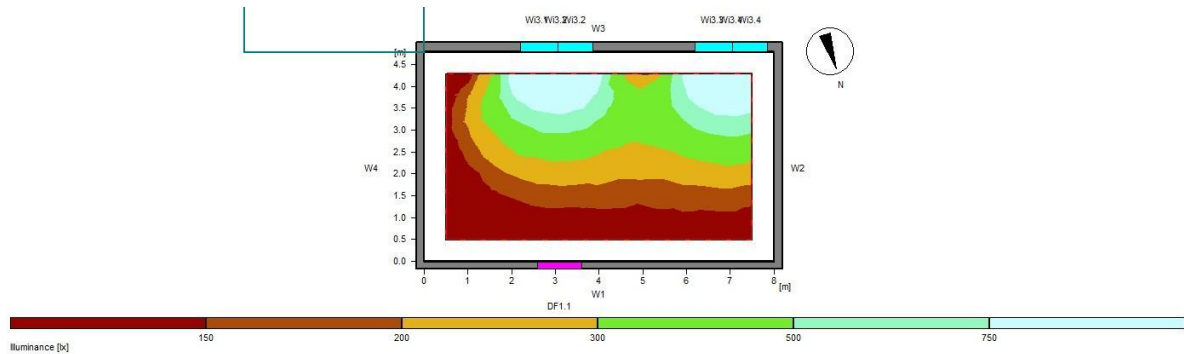
Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
 Latitude (degrees) : 37.97 °
 Longitude (degrees) : 23.78 °
 North angle : 161.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : 2.7
 Minimum daylight ratio : 0
 Maximum daylight ratio : 10.8

Dav : 2.7
 Dmin : 0
 Dmax : 10.8

Χώρος B.1.16

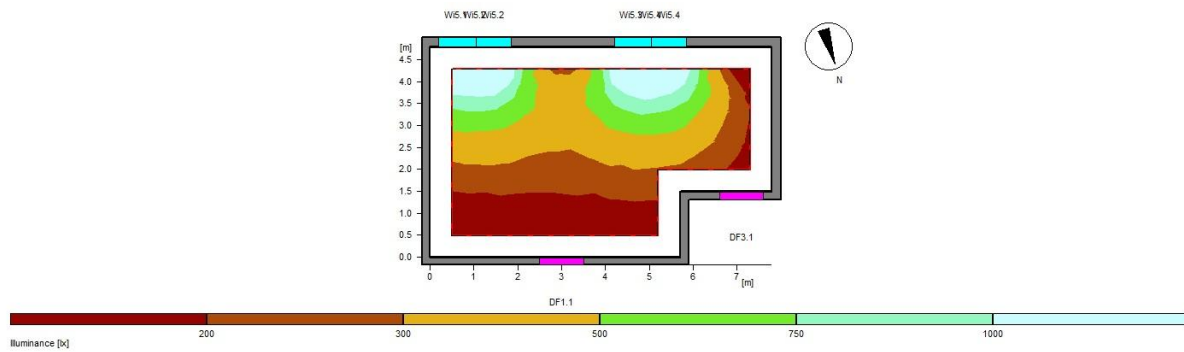


General
Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:
Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
Latitude (degrees) : 37.97 °
Longitude (degrees) : 23.78 °
North angle : 161.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 2.5
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.6
Maximum daylight ratio : Dmax : 11.2

Χώρος B.1.22

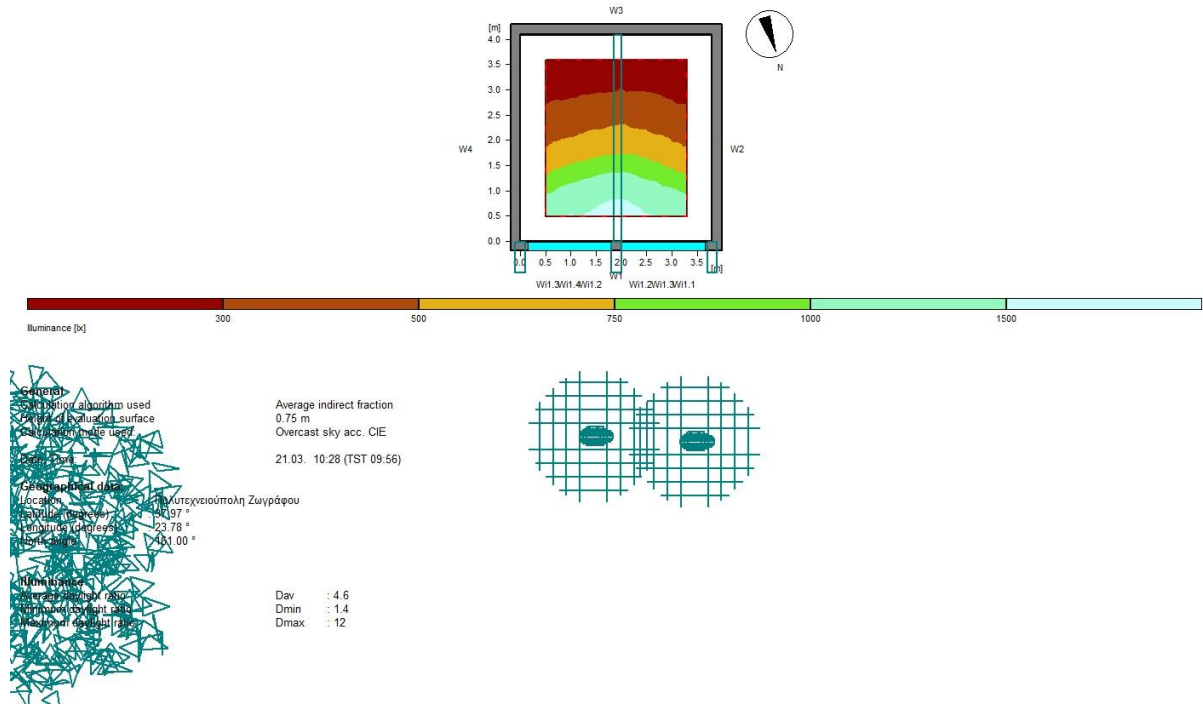


General
Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

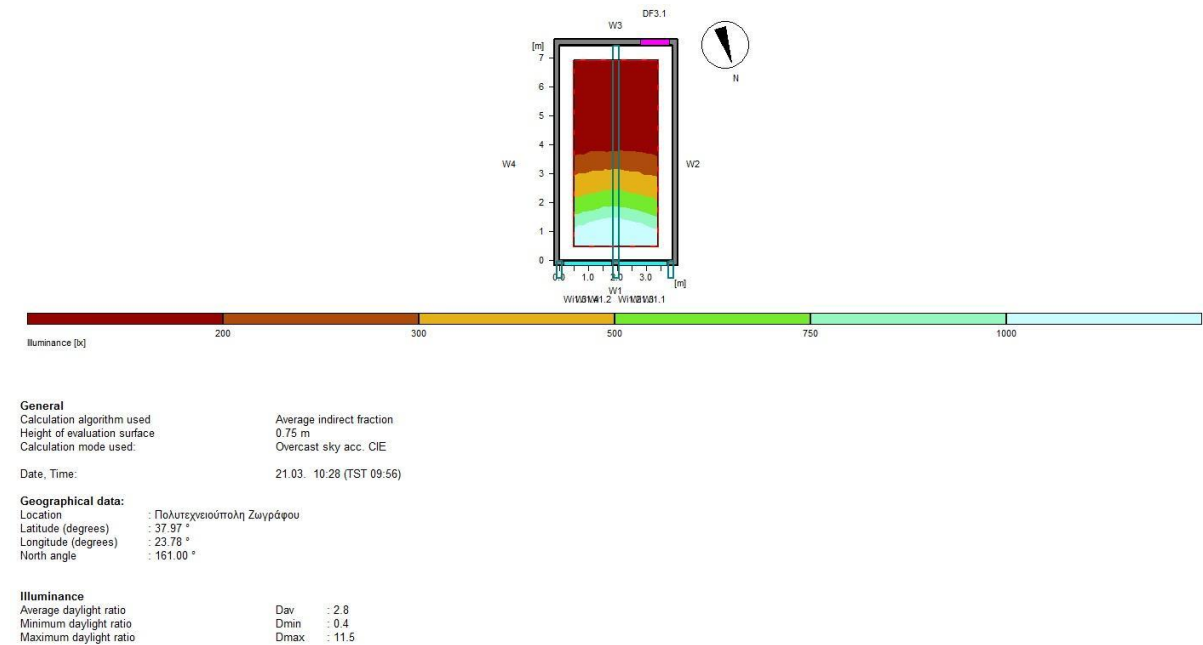
Geographical data:
Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
Latitude (degrees) : 37.97 °
Longitude (degrees) : 23.78 °
North angle : 161.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 3.1
Minimum daylight ratio : Dmin : 1
Maximum daylight ratio : Dmax : 11.2

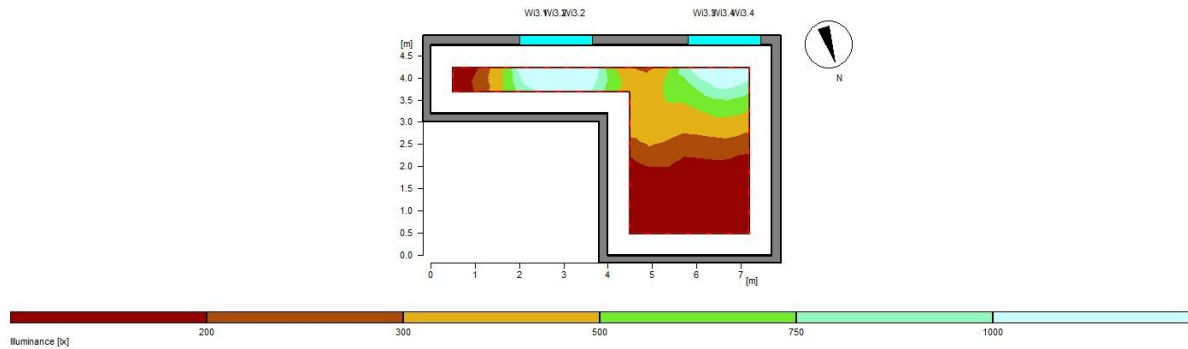
Χώρος B.2.2



Χώρος B.2.8



Χώρος B.2.15

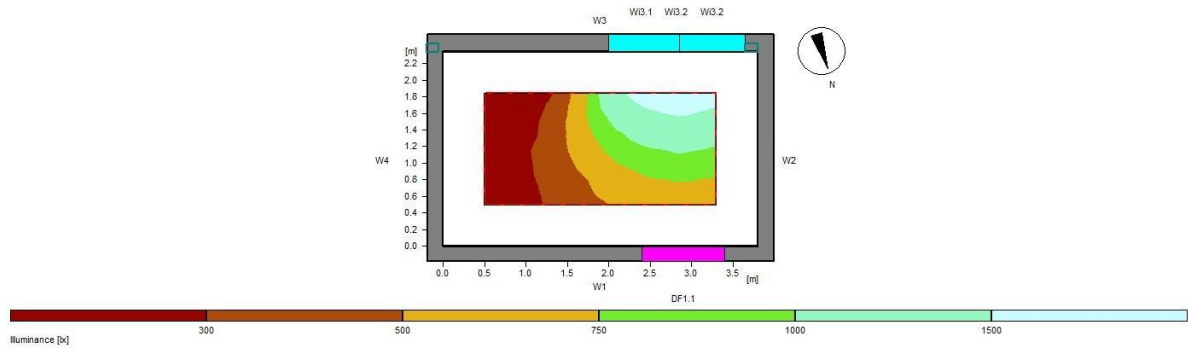


General
Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:
Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
Latitude (degrees) : 37.97 °
Longitude (degrees) : 23.78 °
North angle : 161.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 2.9
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.4
Maximum daylight ratio : Dmax : 10.6

Χώρος B.2.20



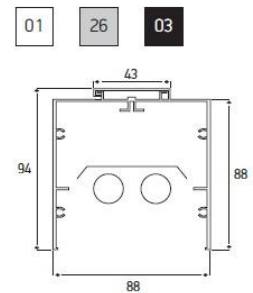
General
Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:56)

Geographical data:
Location : Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
Latitude (degrees) : 37.97 °
Longitude (degrees) : 23.78 °
North angle : 161.00 °

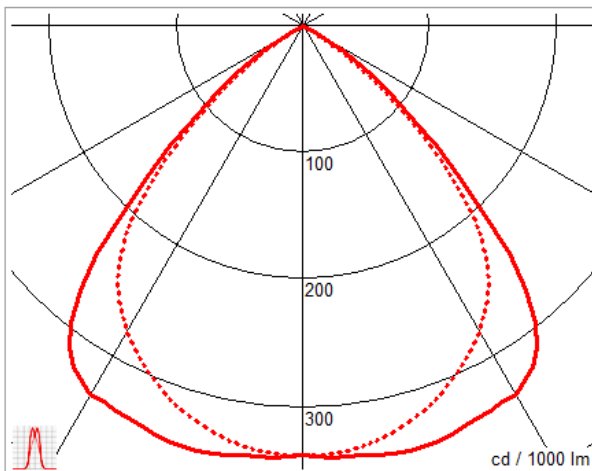
Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 4.8
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.8
Maximum daylight ratio : Dmax : 12.4

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ'. Προδιαγραφές φωτιστικών σωμάτων και αισθητήρα φωτισμού

- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4306.
Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4341 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x14w, μήκους: 660mm.



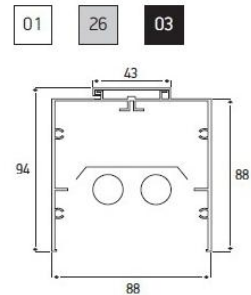
Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4306	2x 14W T16 G5	88x660x94	1,2



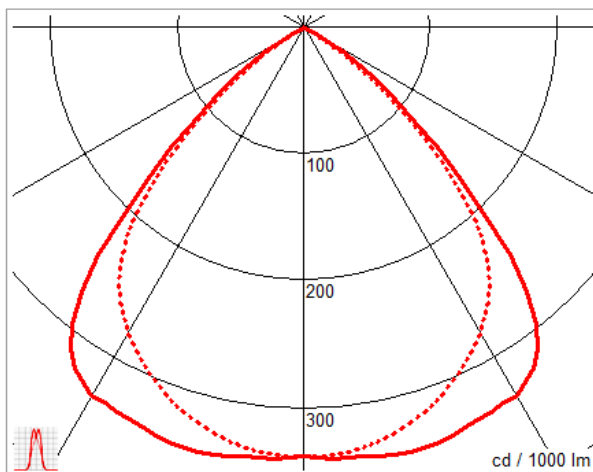
Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 580mm, 4341



- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4307.
Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδα 4341 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x24w, μήκους: 660mm.



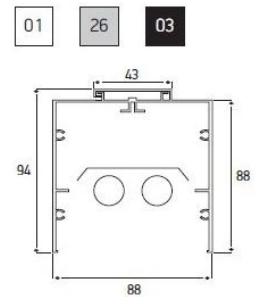
Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4307	2x 24W T16 G5	88x660x94	1.2



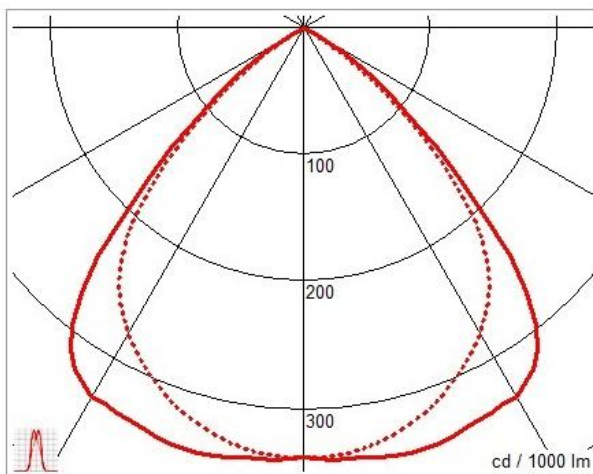
Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 580mm, 4341



- Εταιρεία : Γαλλής - Fotimos.
- Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4308.
- Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4342 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x21w, μήκους: 960mm.



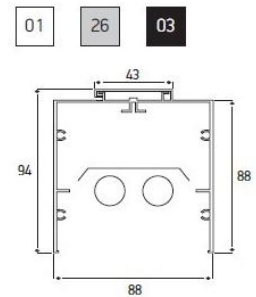
Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4308	2x 21W T16 G5	88x960x94	1,6



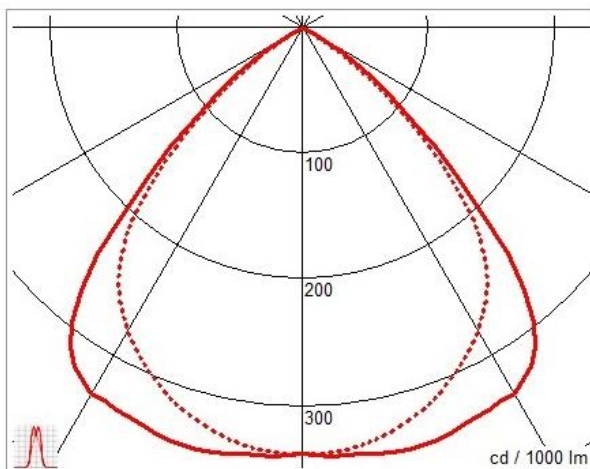
Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 880 mm 4342



- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4309.
Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4342 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x39w, μήκους: 960mm.



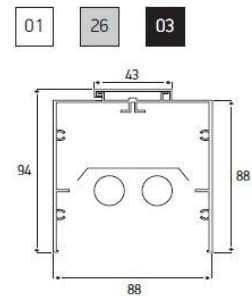
Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4309	2x 39W T16 G5	88x960x94	1,6



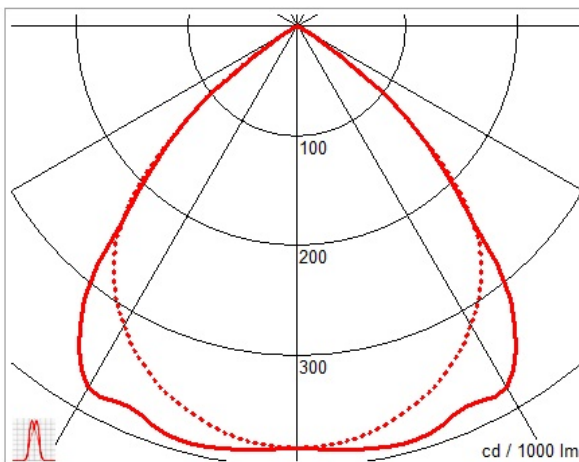
Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 880 mm 4342



- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
- Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4310.
- Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4343 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x28w, μήκους: 1260mm.



Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4310	2x 28W T16 G5	88x1260x94	2,0



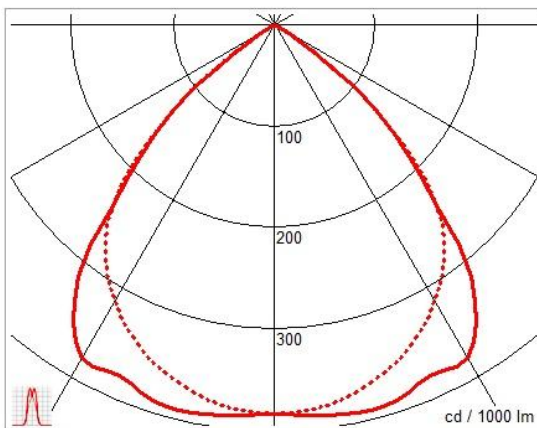
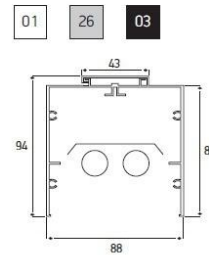
Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 1180 mm, 4343



- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4311.
Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4343 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x54w, μήκους: 1260mm.



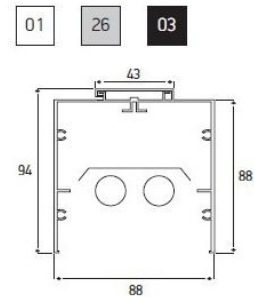
Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4311	2x 54W T16 G5	88x1260x94	2.0



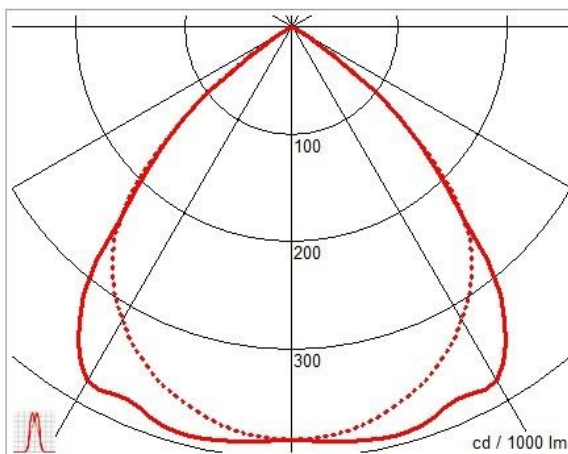
Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 1180 mm, 4343



- Εταιρεία : Γαλλής - Fotimos.
- Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4312.
- Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4344 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x35w, μήκους: 1560mm.



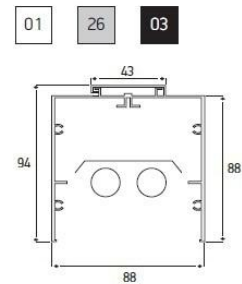
Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4312	2x 35W T16 G5	88x1560x94	2,4



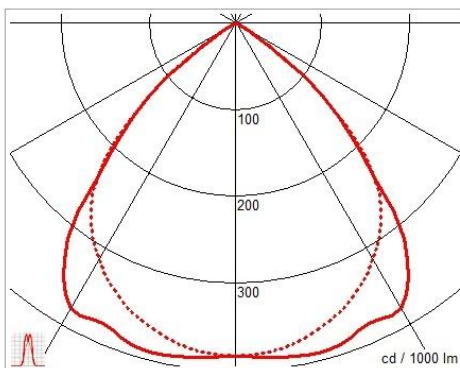
Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 1480 mm, 4344



- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4313.
Τύπος φωτιστικού : Δίφωτο σώμα οροφής παραβολικής περσίδας 4344 από ανοδειωμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας.
Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 2x80w, μήκους: 1560mm.



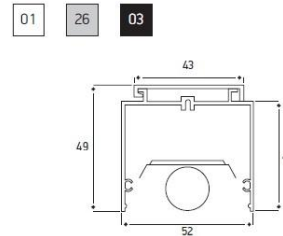
Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4313	2x 80W T16 G5	88x1560x94	2,4



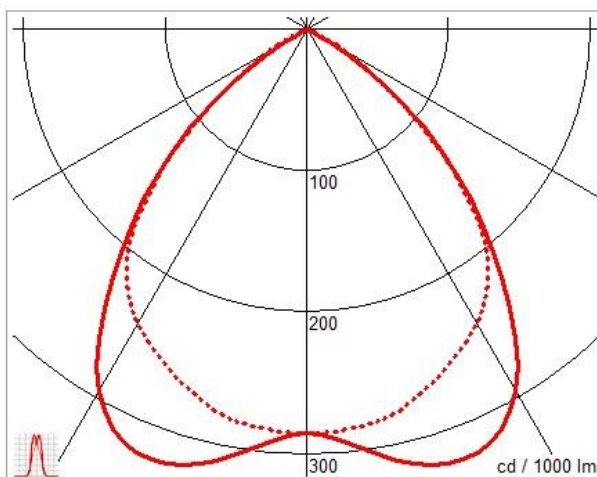
Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 1480 mm, 4344



- Εταιρεία : Γαλλής - Fotismos.
- Μοντέλο : Ikarus T16 G5, 4032.
- Τύπος φωτιστικού : Μονόφωτο σώμα οροφής από διελασμένο αλουμίνιο βαμμένο ηλεκτροστατικά με επιλογή παραβολικής περσίδας 4065 από ανοδευμένο αλουμίνιο υψηλής καθαρότητας
- Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού T16 G5 1x21w, μήκους: 1220mm.



Code	Lamp	Dimensions (mm)	Weight (Kg)
4032	1x 21W T16 G5	52x1220x49	1,5



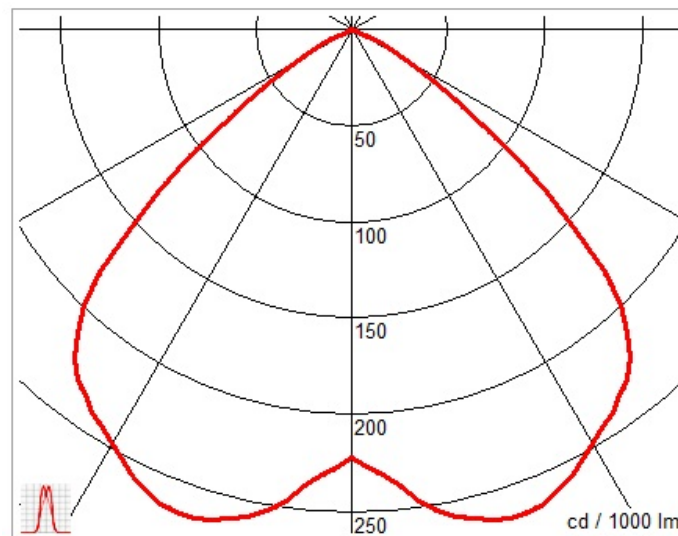
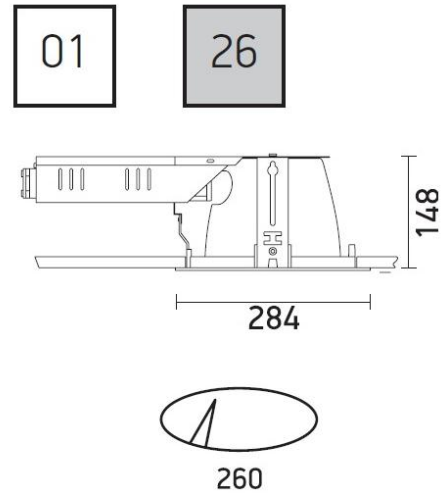
Παραβολική Περσίδα Αλουμινίου 880 mm 4065



Εταιρεία : Γαλλής - Fotimos.
Μοντέλο : Olympus 1006.04Π
Τύπος φωτιστικού : Χωνευτό στρογγυλό downlight για συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού με ηλεκτρονικό σύστημα έναυσης.
Τεχνικά χαρακτηριστικά : Φθορισμού Biax D 26w/840 GE.



Code	Lamp	Weight (Kg)
1006 EI	2x 26W TC-DEL	1.8



Εταιρεία : Tridonic - Fotismos.

Μοντέλο : Αισθητήρας φωτισμού
SMART LS II / SMART LS II Ip

