



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**«Μελέτη Φωτισμού του Πολυχώρου “Αποθήκη
Επίπλευσης” του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού
Πάρκου Λαυρίου»**



Διπλωματική Εργασία

Θεόδωρος Δ. Βέλλιος

**Επιβλέπων: Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής ΣΗΜΜΥ, ΕΜΠ**

Αθήνα, Οκτώβριος 2022

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

«Μελέτη Φωτισμού του Πολυχώρου “Αποθήκη Επίπλευσης” του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου»

Διπλωματική Εργασία

Θεόδωρος Δ. Βέλλιος

Επιβλέπων: Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής ΣΗΜΜΥ, ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 17/10/2022

.....

.....

.....

Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ιωάννης Φ. Γκόνοσ
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ευάγγελος Χριστοφόρου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2022

.....

Θεόδωρος Δ. Βέλλιος

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

Copyright © Θεόδωρος Δ. Βέλλιος, 2022

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.

Στην οικογένεια μου,
...Η οικογένεια δεν είναι απλώς ένα σημαντικό πράγμα,
είναι το παν...

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Φραγκίσκο Β. Τοπαλή, Καθηγητή ΕΜΠ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε να αναλάβω αυτή τη διπλωματική εργασία καθώς και για την υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Λάμπρο Δούλο, Διδάκτορα του Ε.Μ.Π. για την πολύτιμη βοήθειά του σε σημαντικά σημεία της διπλωματικής εργασίας μου.

Ακόμα, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Αντιπρόεδρο του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου Καθηγητή κ. Δημήτριο Καλιαμπάκο, στον Διευθυντή κ. Ασημάκη Χαδουμέλη και σε όλο το διοικητικό προσωπικό του ΤΠΠΑ για την εξαιρετική συνεργασία και βοήθεια που μου προσέφεραν, δίνοντας μου πληροφορίες και όλο το απαραίτητο υλικό για την εκπόνηση της εργασίας μου.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου και όλους όσους στάθηκαν στο πλάι μου για την υποστήριξη κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Περίληψη

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η «Μελέτη Φωτισμού του Πολυχώρου “Αποθήκη Επίπλευσης” του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου». Το κτίριο που επιλέχθηκε, τον 19^ο – 20^ο αιώνα λειτουργούσε ως «Αποθήκη Επίπλευσης» στη βιομηχανική περιοχή των μεταλλείων της περιοχής του Λαυρίου. Μετά τη διακοπή της λειτουργίας των μεταλλείων το 1989 και την επανάχρηση της περιοχής ως τεχνολογικό και πολιτιστικό πάρκο το 1995, με μέριμνα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ), το κτίριο που προαναφέρθηκε λειτουργεί ως πολυχώρος. Διάφορες εκδηλώσεις, όπως συνέδρια - διαλέξεις, ανάδειξη εικαστικής τέχνης, δείπνα εκδηλώσεων, και άλλες δράσεις λαμβάνουν χώρα σε αυτό το κτίριο. Πιο συγκεκριμένα, αναλύθηκαν τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις που δύναται να φιλοξενήσει ο χώρος αυτός, ως δραστηριότητες. Η διπλωματική εργασία βασίστηκε στη συλλογή των απαραίτητων αρχιτεκτονικών αρχείων, στην αναγνώριση του χώρου – κτιρίου, την επιλογή και τοποθέτηση των φωτιστικών και τέλος στην προσομοίωση της φωτομετρικής μελέτης σε λογισμικό τρισδιάστατων απεικονίσεων. Το λογισμικό στο οποίο υλοποιήθηκε η παρούσα μελέτη φωτισμού, είναι το DIALux evo. Οι τέσσερις χρήσεις του χώρου στις οποίες στηρίχθηκε η εργασία, αφορούν τη χρησιμοποίηση του ως αίθουσα συνεδριών - διαλέξεων, εστίασης - δείπνων εκδηλώσεων, έκθεσης εικαστικής τέχνης και την εξωτερική ανάδειξη φωτισμού της πρόσοψης του κτιρίου. Για την εκπόνηση μιας ολοκληρωμένης μελέτης εξετάστηκαν τα θεμελιώδη κριτήρια με βάση τους διεθνείς και εθνικούς κανονισμούς. Αυτά είναι η στάθμη φωτισμού, η ομοιομορφία, η θάμβωση, η ενεργειακή απόδοση και η ισχύς ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφανείας.

Λέξεις Κλειδιά

κριτήρια ελέγχου φωτισμού, φωτεινές πηγές τεχνολογίας LED, πολυχώρος, τεχνικές φωτισμού, φωτισμός ανάδειξης

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Abstract

The purpose of the thesis is the "Lighting Study of the Multipurpose "Floating Warehouse" of the Technological and Cultural Park of Lavrio". The building that was chosen, in the 19th - 20th century, functioned as a "Floating Warehouse" in the industrial mining area of the Lavrio area. After the cessation of mining operations in 1989 and the re-use of the area as a technological and cultural park in 1995, by the National Technical University of Athens, the aforementioned building functions as a multi-purpose hall. Various events such as conferences - lectures, visual art exhibitions, dinner events, and other activities take place in this building. More specifically, four different cases that this space can accommodate, as activities, were analyzed. The diploma work was based on the collection of the necessary architectural files, the identification of the space - building, the selection and placement of the lighting fixtures and finally the simulation of the photometric study in 3D imaging software. The software in which this lighting study was implemented is DIALux evo. The four uses of the space on which the work was based, concern its use as a room for conferences or lectures, catering or dinner events, visual art exhibition and the external lighting of the facade of the building. In order to prepare a comprehensive study, the fundamental criteria were examined based on international and national regulations. These are illuminance level, uniformity, glare, energy efficiency and power per unit of illuminated surface.

Keywords

lighting control criteria, light sources of LED technology, multipurpose hall, lighting techniques, highlight lighting

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Εισαγωγή

Το Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου (ΤΠΠΑ), το οποίο είναι εγκατεστημένο στον χώρο των παλαιών μεταλλείων, υλοποιήθηκε με μέριμνα του ΕΜΠ και είχε ως στόχο τη διατήρηση της τεχνολογικής φύσης του χώρου και την αναβίωση της παλαιάς βιομηχανικής κληρονομιάς. Το συγκρότημα αυτό, κατασκευάστηκε το διάστημα 1875-1895 περιλαμβάνοντας βιομηχανικές εγκαταστάσεις μεταλλευμάτων και διοικητικά κτίρια, σε μια έκταση 250 στρεμμάτων. Λειτουργώντας ως ΤΠΠΑ από το 1995 και έπειτα, αποτελεί στις μέρες μας ένα μοναδικό βιομηχανικό μνημείο, αρχαιολογικής και αρχιτεκτονικής φύσης.

Έναν από τους στόχους αυτού του εγχειρήματος, αποτέλεσε η φιλοξενία και η οργάνωση διαφόρων εκπαιδευτικών και τεχνολογικών δραστηριοτήτων, με κύριο μέλημα τον πολιτισμό. Όσον αφορά αυτήν την κατεύθυνση διάφοροι χώροι των παλαιών μεταλλείων χρησιμοποιούνται σήμερα για την υλοποίηση τέτοιου είδους εκδηλώσεων. Ξεχωριστό παράδειγμα αποτελεί η πρώην «Αποθήκη Επίπλευσης» των μεταλλείων, που σήμερα φέρει την ιδιότητα ενός σύγχρονου πολυχώρου. Συνεπώς, η μελέτη φωτισμού στο κτίριο αυτό αποτέλεσε μια πρώτης τάξεως πρόκληση, προκειμένου να αναδειχθεί ο σημαντικός αυτός χώρος.

Η διπλωματική εργασία που πραγματοποιήθηκε, περιλαμβάνει έξι κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρθηκαν σημαντικές πτυχές και βασικές αρχές του φωτός, όπως η όραση και οι ιδιότητες του φωτός, καθώς και σημαντικά στοιχεία της φωτομετρίας. Επίσης, στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύθηκε η έννοια του φωτισμού, με ιδιαίτερη μνεία στις τεχνικές φωτισμού εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύθηκαν ακόμη, η σύγχρονη τεχνολογία των φωτεινών πηγών LED και η έννοια του ελέγχου φωτισμού, σημαντικά κομμάτια που βασίστηκε η παρούσα διπλωματική εργασία. Επιπρόσθετα, στο τρίτο κεφάλαιο έγινε αναφορά στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται ο σχεδιασμός του φωτισμού στις επιμέρους αίθουσες ενός πολυχώρου, ανάλογα με τις δράσεις που φιλοξενεί. Όσον αφορά το τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάστηκαν περιπτώσεις μελετών φωτισμού σε πολυχώρους συγκροτημάτων της Αττικής εγνωσμένης αξίας και φήμης. Τέλος, όσον αφορά τώρα τα δύο τελευταία κεφάλαια της εργασίας, αυτά περιγράφουν την ανάλυση και την υλοποίηση της μελέτης φωτισμού στον πολυχώρο του ΤΠΠΑ αντίστοιχα.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	7
Περίληψη.....	9
Abstract.....	11
Εισαγωγή.....	13
1 Φως, βασικές αρχές.....	25
1.1 Αντιλήψεις και θεωρίες για το φως κατά το παρελθόν.....	25
1.2 Όραση και φως.....	26
1.3 Χρώμα του φωτός.....	28
1.4 Ιδιότητες του φωτός.....	30
1.4.1 Ανάκλαση.....	30
1.4.2 Απορρόφηση.....	31
1.4.3 Διάθλαση.....	31
1.5 Μεγέθη φωτομετρίας.....	32
1.5.1 Φωτεινή ροή (Φ).....	32
1.5.2 Φωτεινή ένταση (I).....	32
1.5.3 Ένταση φωτισμού (E).....	33
1.5.4 Λαμπρότητα (L).....	33
2 Τεχνητός φωτισμός.....	34
2.1 Φωτεινές πηγές.....	34
2.1.1 Γενικά στοιχεία.....	34
2.1.2 Τεχνολογία φωτεινών πηγών LED.....	35
2.2 Φωτιστικά σώματα.....	37
2.2.1 Είδη φωτιστικών σωμάτων.....	37
2.2.2 Τύποι φωτιστικών σωμάτων.....	37
2.2.3 Συντελεστές φωτιστικών σωμάτων.....	40
2.3 Έλεγχος φωτισμού.....	42

2.3.1	<i>Ανακλαστήρες</i>	42
2.3.2	<i>Συστήματα φακών</i>	43
2.3.3	<i>Πρισματικά συστήματα και φίλτρα</i>	44
2.3.4	<i>Έλεγχος μέσω συστήματος DALI</i>	44
2.4	Κριτήρια ελέγχου φωτισμού.....	46
2.5	Τεχνικές φωτισμού	47
2.5.1	<i>Τεχνικές φωτισμού εσωτερικών χώρων</i>	47
2.5.2	<i>Τεχνικές φωτισμού εξωτερικών χώρων</i>	50
3	Σχεδιασμός φωτισμού σε πολυχώρο	56
3.1	Χώροι εστίασης	56
3.2	Χώροι συνεδρίων και σεμιναρίων	58
3.3	Χώροι εκθέσεων	59
3.4	Εξωτερικοί χώροι και προσόψεις	63
3.5	Διαχείριση φωτισμού σε πολυχώρο	65
4	Μελέτες περιπτώσεις φωτισμού	67
4.1	Μελέτες περιπτώσεις φωτισμού πολυχώρων	68
4.2	Μελέτες περιπτώσεις φωτισμού λοιπών αιθουσών - χώρων.....	72
5	Ανάλυση μελέτης φωτισμού στον πολυχώρο του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου	85
5.1	Ιστορική ανασκόπηση του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου.....	85
5.2	Αρχιτεκτονική επισκόπηση του πολυχώρου	87
5.3	Σκιαγράφημα φωτοτεχνικής μελέτης	93
6	Υλοποίηση μελέτης φωτισμού στον πολυχώρο του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου	95
6.1	Εσωτερικός φωτισμός, Σενάριο 1: Αίθουσα συνεδρίων και διαλέξεων	100
6.1.1	<i>Επιλογή φωτιστικών</i>	100
6.1.2	<i>Θέσεις φωτιστικών</i>	102
6.1.3	<i>Κεντρική Σάλα</i>	108

6.2	Εσωτερικός φωτισμός, Σενάριο 2: Αίθουσα δείπνου εκδηλώσεων	111
6.2.1	<i>Επιλογή φωτιστικών</i>	111
6.2.2	<i>Κεντρική Σάλα</i>	112
6.3	Εσωτερικός φωτισμός, Σενάριο 3: Αίθουσα εκθέσεων.....	114
6.3.1	<i>Επιλογή φωτιστικών</i>	114
6.3.2	<i>Θέσεις φωτιστικών</i>	117
6.3.3	<i>Κεντρική Σάλα</i>	121
6.4	Εξωτερικός φωτισμός, Ανάδειξη πρόσοψης	123
6.4.1	<i>Επιλογή φωτιστικών</i>	123
6.4.2	<i>Θέσεις φωτιστικών</i>	127
6.4.3	<i>Ανάδειξη πρόσοψης και περιβάλλοντος χώρου</i>	131
6.5	Αποτελέσματα	133
6.5.1	<i>Αποτελέσματα εσωτερικού φωτισμού, Σενάριο 1</i>	133
6.5.2	<i>Αποτελέσματα εσωτερικού φωτισμού, Σενάριο 2</i>	137
6.5.3	<i>Αποτελέσματα εσωτερικού φωτισμού, Σενάριο 3</i>	138
6.5.4	<i>Αποτελέσματα εξωτερικού φωτισμού</i>	141
6.6	Συμπεράσματα.....	143
6.6.1	<i>Συμπεράσματα εσωτερικού φωτισμού, Σενάριο 1</i>	143
6.6.2	<i>Συμπεράσματα εσωτερικού φωτισμού, Σενάριο 2</i>	144
6.6.3	<i>Συμπεράσματα εσωτερικού φωτισμού, Σενάριο 3</i>	144
6.6.4	<i>Συμπεράσματα εξωτερικού φωτισμού</i>	145
	Επίλογος	146
	Βιβλιογραφία	147
	Παράρτημα	149

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1.1: Η σχέση μεταξύ εγκεφάλου και ματιών.....	27
Εικόνα 1.2: Το ανθρώπινο μάτι.....	28
Εικόνα 1.3: Καμπύλες ευαισθησίας ανθρώπινου ματιού και ορατό φάσμα.....	29
Εικόνα 1.4: Χρωματικός χάρτης CIE.....	30
Εικόνα 1.5: Κανονική ανάκλαση (αρ.) – Διάθλαση (δεξ.).....	31
Εικόνα 2.1: Λειτουργικά μέρη ενδεικτικής φωτεινής πηγής LED.....	36
Εικόνα 2.2: Επιλογές τοποθέτησης για φωτιστικά downlights: χωνευτό, ημι-χωνευτό, επιφανειακό, κρεμαστό και σε τοίχο.....	38
Εικόνα 2.3: Επιλογές τοποθέτησης για φωτιστικά και συνδυαστικά upright/downlight: επιτοίχια τοποθέτηση, δάπεδο, χωνευτή τοποθέτηση στο δάπεδο.....	38
Εικόνα 2.4: Επιλογές τοποθέτησης louvered luminaries (φωτιστικών με περσίδες): χωνευτή οροφή, επιφάνεια, τοποθέτηση σε ράγες, τοίχους, επιδαπέδια ή κρεμαστή.....	38
Εικόνα 2.5: Επιτοίχιος προβολέας οροφής (washlight) (αρ.) - Επιτοίχιος προβολέας δαπέδου (washlight) (δεξ.).....	39
Εικόνα 2.6: Spotlights (προβολείς) που έχουν σχεδιαστεί για φωτισμό έμφασης, η γωνία δέσμης μπορεί να διαφοροποιηθεί επιλέγοντας ένα εύρος ανακλαστήρων.....	39
Εικόνα 2.7: Διαφορετικές εκδοχές φορητών wallwashers. Μπορούν να προσαρμοστούν σε διαφορετικά ύψη και αποστάσεις από τους τοίχους.....	39
Εικόνα 2.8: Σύστημα μεταφοράς με downlight (πάνω αριστερά), με louvered luminary - φωτιστικό με περσίδες (πάνω δεξιά), washlight οροφής (κάτω αριστερά) και upright (κάτω δεξιά).....	40
Εικόνα 2.9: Έμμεσος γενικός και άμεσος τοπικός φωτισμός.....	49
Εικόνα 2.10: Έμμεσος/άμεσος τοπικός φωτισμός.....	49
Εικόνα 2.11: Φωτισμός κάθετων επιφανειών με εστιακές απλίκες.....	50
Εικόνα 2.12: Φωτισμός με απλίκες πάνω και κάτω	50
Εικόνα 2.13: Φωτισμός down lighting	51
Εικόνα 2.14: Φωτισμός up lighting	51
Εικόνα 2.15: Φωτισμός grazing	52
Εικόνα 2.16: Φωτισμός wall washing.....	52
Εικόνα 2.17: Φωτισμός accent lighting.....	53
Εικόνα 2.18: Φωτισμός mirroring	53
Εικόνα 2.19: Φωτισμός silhouetting	54

Εικόνα 2.20: Φωτισμός spotlighting	54
Εικόνα 2.21: Φωτισμός floodlighting.....	55
Εικόνα 2.22: Φωτισμός floodlighting	55
Εικόνα 3.1: Φωτισμός χώρου εστίασης	58
Εικόνα 3.2: Φωτισμός χώρου σεμιναρίων	59
Εικόνα 3.3: Φωτισμός χώρου εκθέσεων.....	61
Εικόνα 3.4: Φωτισμός χώρου εκθέσεων	62
Εικόνα 3.5: Υπολογισμός της βέλτιστης τοποθέτησης ενός φωτιστικού για φωτογραφίες σε τοίχο. Το ύψος δωματίου, η ζώνη παρατήρησης, το μέγεθος εικόνας και η βέλτιστη γωνία θέασης (εικ. αριστερά) είναι οι παράμετροι που καθορίζουν τη βέλτιστη θέση ενός φωτιστικού τοίχου. Το επάνω άκρο της εικόνας καθορίζει τη γωνία ανοίγματος του προβολέα (B: 30°, C: 60°) με σταθερή γωνία κλίσης 30°. Γωνίες μικρότερες από 30° μπορεί να οδηγήσουν σε αντανakλάσεις στο πάνω άκρο της εικόνας (κρίσιμη ζώνη παρατήρησης). Ο μαθηματικός τύπος για τον υπολογισμό της απόστασης "x" μεταξύ του προβολέα και του τοίχου για το φωτισμό μιας εικόνας με ύψος "y" είναι: $x = y \tan 30^\circ$ (εικ. Δεξιά).....	62
Εικόνα 3.6: Φωτισμός πρόσοψης με τεχνολογία RGB.....	64
Εικόνα 3.7: Διαχείριση φωτισμού.....	66
Εικόνα 4.1: Χώρος «Εσωτερικός Φάρος».....	69
Εικόνα 4.2: Χώρος «Εσωτερικός Φάρος».....	69
Εικόνα 4.3: Χώρος «Εσωτερικός Φάρος»	70
Εικόνα 4.4: «Αίθουσα Banquet»	70
Εικόνα 4.5: «Αίθουσα Banquet»	71
Εικόνα 4.6: «Αίθουσα Banquet».....	71
Εικόνα 4.7: «Αίθουσα Banquet».....	71
Εικόνα 4.8: Χώρος «Εξωτερικός Φάρος»	72
Εικόνα 4.9: Χώρος «Εναλλακτική Σκηνή»	73
Εικόνα 4.10: Χώρος «Πύργος Βιβλίων».....	73
Εικόνα 4.11: Χώρος «Πύργος Βιβλίων»	74
Εικόνα 4.12: «Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων».....	74
Εικόνα 4.13: Πρόσοψη ΚΠΠΣΝ.....	75
Εικόνα 4.14: Φωτιστικά downlight ψευδοροφής.....	75
Εικόνα 4.15: Φωτιστικά uplight δαπέδου.....	76
Εικόνα 4.16: «Αίθουσα Αλεξάνδρα Τριάντη»	77

Εικόνα 4.17: «Αίθουσα Αλεξάνδρα Τριάντη».....	77
Εικόνα 4.18: «Αίθουσα Συνεδρίων».....	78
Εικόνα 4.19: Εκθεσιακοί Χώροι	78
Εικόνα 4.20: Πρόσοψη Μεγάρου Μουσικής.....	79
Εικόνα 4.21: Πρόσοψη Μεγάρου Μουσικής	79
Εικόνα 4.22: Φωτιστικά wallwasher	80
Εικόνα 4.23: «Αίθουσα Συνεδρίων και Διαλέξεων».....	80
Εικόνα 4.24: «Αίθουσα των Κλιτύων της Ακρόπολης».....	81
Εικόνα 4.25: «Αίθουσα του Παρθενώνα»	81
Εικόνα 4.26: «Αίθουσα του Παρθενώνα»	82
Εικόνα 4.27: «Αίθουσα της δυτικής πλευράς του πρώτου ορόφου»	82
Εικόνα 4.28: Πρόσοψη Μουσείου Ακρόπολης.....	83
Εικόνα 4.29: Πρόσοψη Μουσείου Ακρόπολης.....	83
Εικόνα 5.1: Χωροφύλακες, γυναικόπαιδα και μεταλλωρύχοι στις αρχές του 20 ^{ου} αιώνα....	86
Εικόνα 5.2: Εσωτερικός χώρος του μηχανουργείου	87
Εικόνα 5.3: Πανοραμική επισκόπηση ΤΠΠΑ	87
Εικόνα 5.4: Εξωτερική όψη πολυχώρου	88
Εικόνα 5.5: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα».....	88
Εικόνα 5.6: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα».....	89
Εικόνα 5.7: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα».....	89
Εικόνα 5.8: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα».....	90
Εικόνα 5.9: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα».....	90
Εικόνα 5.10: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα», είσοδος προς «WC»	91
Εικόνα 5.11: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα», είσοδος προς «WC»	91
Εικόνα 5.12: Ενδεικτικό άνοιγμα – παράθυρο πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα»	92
Εικόνα 5.13: Όργανα μέτρησης και σχέδια για την ανάλυση της διπλωματικής εργασίας... ..	92
Εικόνα 6.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση πρόσοψης πολυχώρου χωρίς φωτιστικά.....	95
Εικόνα 6.2: Τρισδιάστατη απεικόνιση δυτικής όψης πολυχώρου χωρίς φωτιστικά.....	96
Εικόνα 6.3: Τρισδιάστατη απεικόνιση ανατολικής όψης πολυχώρου χωρίς φωτιστικά.....	96
Εικόνα 6.4: Κάτοψη πολυχώρου στο λογισμικό AutoCad, «Κεντρική Σάλα»	97

Εικόνα 6.5: Ενδεικτικά ανοίγματα - παράθυρα πολυχώρου στο λογισμικό AutoCad, «Κεντρική Σάλα».....	98
Εικόνα 6.6: Ενδεικτικό άνοιγμα – δίφυλλη πόρτα πολυχώρου στο λογισμικό AutoCad, «Κεντρική Σάλα»	99
Εικόνα 6.7: Κάτοψη πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο με φωτιστικά, «Κεντρική Σάλα»	100
Εικόνα 6.8: Κρεμαστό φωτιστικό οροφής	101
Εικόνα 6.9: Φωτεινή δέσμη κρεμαστού φωτιστικού οροφής	101
Εικόνα 6.10: Ανατολική όψη (δεξιά πλάγια όψη) πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, απόσταση μεταξύ ενδεικτικών φωτιστικών πτέρυγας και απόσταση από το έδαφος, «Κεντρική Σάλα»	102
Εικόνα 6.11: Νότια όψη (πρόσοψη) πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, απόσταση μεταξύ ενδεικτικών φωτιστικών κεντρικού διαδρόμου και απόσταση από το έδαφος, «Κεντρική Σάλα»	103
Εικόνα 6.12: Κάτοψη σχεδίου θέσης κρεμαστών φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»	103
Εικόνα 6.13: Σχέδιο θέσης και συντεταγμένες κρεμαστών φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»	104-107
Εικόνα 6.14: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»	108
Εικόνα 6.15: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»	108
Εικόνα 6.16: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»	109
Εικόνα 6.17: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»	109
Εικόνα 6.18: Φωτεινές δέσμες φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα».....	110
Εικόνα 6.19: Κάτοψη πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο με φωτιστικά, «Κεντρική Σάλα»	111

Εικόνα 6.20: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα».....	112
Εικόνα 6.21: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»	113
Εικόνα 6.22: Κάτοψη πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο με φωτιστικά, «Κεντρική Σάλα»	114
Εικόνα 6.23: Φωτιστικό ράγας spotlight	115
Εικόνα 6.24: Φωτεινή δέσμη φωτιστικού ράγας spotlight	115
Εικόνα 6.25: Κάτοψη σχεδίου θέσης φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»	117
Εικόνα 6.26: Σχέδιο θέσης και συντεταγμένες spotlight φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα».....	118-120
Εικόνα 6.27: Φωτιστικά ράγας spotlight.....	120
Εικόνα 6.28: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»	121
Εικόνα 6.29: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»	121
Εικόνα 6.30: Φωτισμός πίνακα έκθεσης λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»	122
Εικόνα 6.31: Φωτεινές δέσμες φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»	122
Εικόνα 6.32: Κάτοψη πολυχώρου (εσωτερικού και εξωτερικού τμήματος) στο λογισμικό DIALux ενο με φωτιστικά.....	123
Εικόνα 6.33: Φωτιστικό uplight για το φωτισμό της πρόσοψης.....	124
Εικόνα 6.34: Φωτεινή δέσμη φωτιστικού uplight για το φωτισμό της πρόσοψης	124
Εικόνα 6.35: Φωτιστικό spotlight για το φωτισμό του γρασιδιού.....	124
Εικόνα 6.36: Φωτεινή δέσμη φωτιστικού spotlight για το φωτισμό του γρασιδιού.....	125
Εικόνα 6.37: Φωτιστικό spotlight για το φωτισμό των δέντρων	125
Εικόνα 6.38: Φωτεινή δέσμη φωτιστικού spotlight για το φωτισμό των δέντρων	125
Εικόνα 6.39: Κάτοψη σχεδίου θέσης φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Εξωτερικός φωτισμός»	127
Εικόνα 6.40: Σχέδιο θέσης και συντεταγμένες spotlight φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Εξωτερικός φωτισμός»	128

Εικόνα 6.41: Φωτιστικά spotlight για τον φωτισμό του γρασιδιού.....	129
Εικόνα 6.42: Σχέδιο θέσης και συντεταγμένες spotlight φωτιστικών στο λογισμικό DIALux eno, «Εξωτερικός φωτισμός»	129
Εικόνα 6.43: Φωτιστικά spotlight για τον φωτισμό των δέντρων	130
Εικόνα 6.44: Σχέδιο θέσης και συντεταγμένες uplight φωτιστικών στο λογισμικό DIALux eno, «Εξωτερικός φωτισμός»	130-131
Εικόνα 6.45: Φωτιστικά uplight για τον φωτισμό της πρόσοψης.....	131
Εικόνα 6.46: Φωτισμός πρόσοψης στο λογισμικό DIALux eno.....	132
Εικόνα 6.47: Φωτισμός πρόσοψης στο λογισμικό DIALux eno	132
Εικόνα 6.48: Φωτεινές δέσμες φωτιστικών στο λογισμικό DIALux eno, «Εξωτερικός φωτισμός»	133
Εικόνα 6.49: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα»	134
Εικόνα 6.50: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης (πλαίσιο με μωβ χρώμα) και ένταση φωτισμού στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα»	135
Εικόνα 6.51: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης εμπρός θέσεων στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα»	135
Εικόνα 6.52: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης πίσω θέσεων στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα»	136
Εικόνα 6.53: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου με ψευδοχρώματα στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα»	136
Εικόνα 6.54: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα»	137
Εικόνα 6.55: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου με ψευδοχρώματα στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα»	138
Εικόνα 6.56: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα»	139
Εικόνα 6.57: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης (Κάτω πτέρυγα) και ένταση φωτισμού του χώρου στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα»	140

Εικόνα 6.58: Περιοχή αξιολόγησης πίνακα έκθεσης και ένταση φωτισμού στο λογισμικό DIALux evo, «Κεντρική Σάλα»	140
Εικόνα 6.59: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου με ψευδοχρώματα στο λογισμικό DIALux evo, «Κεντρική Σάλα»	141
Εικόνα 6.60: Περιοχή αξιολόγησης πρόσοψης και ένταση φωτισμού στο λογισμικό DIALux evo	142
Εικόνα 6.61: Περιοχή αξιολόγησης διάδρομος επισκεπτών και ένταση φωτισμού στο λογισμικό DIALux evo.....	142
Εικόνα 6.62: Εξωτερική επισκόπηση πολυχώρου με ψευδοχρώματα στο λογισμικό DIALux evo, «Εξωτερικός φωτισμός».....	143
Εικόνα Π.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά κρεμαστού φωτιστικού οροφής για τον φωτισμό της «Κεντρικής Σάλας» στο λογισμικό DIALux evo	149
Εικόνα Π.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά spotlight φωτιστικού για τον φωτισμό των πινάκων έκθεσης στο λογισμικό DIALux evo	150
Εικόνα Π.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά uplight χωνευτού φωτιστικού δαπέδου για τον φωτισμό της πρόσοψης στο λογισμικό DIALux evo	151
Εικόνα Π.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά spotlight φωτιστικού για τον φωτισμό του γρασιδιού στο λογισμικό DIALux evo	152
Εικόνα Π.5: Τεχνικά χαρακτηριστικά spotlight φωτιστικού για τον φωτισμό των δέντρων στο λογισμικό DIALux evo	153

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 2.1: Εκτίμηση συντελεστή συντήρησης.....	41
Πίνακας 2.2: Δικτυωτό διάγραμμα φωτισμού στην κάτοψη ενός χώρου	46
Πίνακας 4.1: Δραστηριότητες επιλεγμένων πολυχώρων	68
Πίνακας 6.1: Συνολικός αριθμός φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου.....	102
Πίνακας 6.2: Συνολικός αριθμός φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου	112
Πίνακας 6.3: Συνολικός αριθμός φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου	116
Πίνακας 6.4: Συνολικός αριθμός φωτιστικών, γωνία στρέψης φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου	126
Πίνακας 6.5: Αποτελέσματα μελέτης σύμφωνα με το λογισμικό DIALux eno	134
Πίνακας 6.6: Αποτελέσματα μελέτης σύμφωνα με το λογισμικό DIALux eno	137
Πίνακας 6.7: Αποτελέσματα μελέτης σύμφωνα με το λογισμικό DIALux eno.....	138
Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα μελέτης σύμφωνα με το λογισμικό DIALux eno.....	141
Πίνακας 6.9: Συνολικός αριθμός φωτιστικών, γωνίας στρέψης φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου.....	145

1

Φως, βασικές αρχές

1.1 Αντιλήψεις και θεωρίες για το φως κατά το παρελθόν

Κατά την αρχαιότητα διατυπώθηκαν από τους Έλληνες δύο θεωρίες που αφορούσαν το φως και την όραση. Σύμφωνα με την πρώτη θεωρία, το φως αποτελείται από ρεύμα σωματιδίων, που εκπέμπεται από τα ανθρώπινα μάτια, «προσκρούει» επάνω σε κάποιο σώμα και καθώς επιστρέφει στα μάτια, δημιουργεί το αίσθημα της όρασης. Σύμφωνα με τη δεύτερη θεωρία, το ρεύμα σωματιδίων του φωτός δεν εκπέμπεται από το μάτια, αλλά από φωτεινές πηγές. Η δεύτερη διατύπωνε σαφώς σωστότερα τη θεωρία για το φως.

Η φύση του φωτός απασχόλησε ιδιαίτερα τον άνθρωπο και κατά τα μέσα της 2^{ης} χιλιετίας μ.Χ., καθώς σημαντικοί επιστήμονες συνέδεσαν το έργο τους με αυτή. Ο Ισαάκ Νεύτων (1643-1727) μαζί με τον Κρίστιαν Χούχενς (1629-1695) υποστήριξαν θεωρίες, οι οποίες αντιμάχονταν η μια την άλλη. Στη θεωρία του ο Νεύτων ανέπτυξε τη σκέψη ότι σωματίδια εκπέμπονται από φωτεινά σώματα, τα οποία εκτελούν ευθύγραμμη κίνηση και η ταχύτητα τους είναι ίση με αυτήν της διάδοσης του φωτός. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κατά την ανάκλαση αυτών των σωματιδίων στα μάτια να προκαλείται η αίσθηση και η αντίληψη.

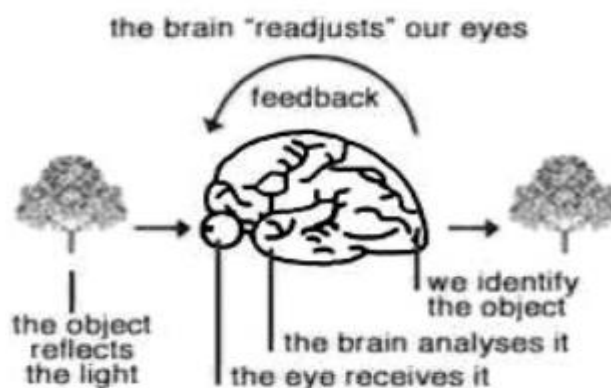
Αντίθετα, ο Χόυγκενς υποστήριζε ότι το φως μεταδίδεται με τη βοήθεια κυμάτων κατά περιοδικές διαταραχές ενός υποθετικού μέσου. Οι φωτεινές πηγές είναι υπεύθυνες για την εκπομπή αυτών των περιοδικών μεταβολών, που τα μόρια τους βρίσκονται σε «ταχύτατη κραδασμική κίνηση». Το μέσον με το οποίο πραγματοποιείται η μετάδοση των παλμικών κινήσεων ονομάζεται «αιθέρας», ένα ελαστικό και αβαρές ρευστό του σύμπαντος. Ωστόσο, ο Τζέιμς Μάξγουελ προέβη στη θεωρητική απόδειξη της θεωρίας του περί του φωτός το 1870. Σύμφωνα με αυτή, τα φωτεινά κύματα είναι ηλεκτρομαγνητικής φύσεως, με περιοδική μεταβλητότητα κατά χρόνο και τόπο και ότι ουσιαστικά το μέσο διάδοσης είναι το κύμα αυτό καθ' αυτό, όπου η ηλεκτρική συνιστώσα κινείται πάνω στην αντίστοιχη μαγνητική και στη συνέχεια αντιστρόφως. Το 1888 ο Μάξγουελ επαληθεύτηκε από τον Χάινριχ Χερτς (1857-1894) και αποσαφηνίστηκε ότι τα κύματα του φωτός είναι ηλεκτρομαγνητικά. Τέλος, το 1900 ο Μαξ Πλανκ (1858-1947) ανέπτυξε τη βάση της κβαντικής θεωρίας, ενώ το 1905 ο Άλμπερτ Αϊνστάιν (1879 – 1955) υποστήριξε την ανωτέρω θέση και απέδειξε και αυτός με τη σειρά του στη συνέχεια την «κβαντική σύσταση του φωτός»[1].

1.2 Όραση και φως

Ο κόσμος μας περιβάλλεται από φως, το οποίο είναι «κομμάτι» υψίστης σημασίας για τη φύση και την ανθρώπινη ύπαρξη. Σε όλη τη διάρκεια της εξέλιξης του, ο άνθρωπος ακολούθησε τις εναλλαγές του φωτός και του σκοταδιού κατά την ανατολή και δύση του ήλιου. Ο άνθρωπος παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στο φως, ενώ παράλληλα η όραση είναι η κρισιμότερη αίσθηση του αφού περίπου το 80% των πληροφοριών που συλλέγει εξαρτώνται από αυτήν. Μικρές διαφορές σε αποχρώσεις, τόνους και κινήσεις γίνονται αντιληπτές λόγω της αίσθησης αυτής.

Η όραση είναι η σημαντικότερη από τις πέντε αισθήσεις του ανθρώπου. Το εύρος φάσματος δεδομένων της αίσθησης αυτής είναι σημαντικά μεγαλύτερο από των υπολοίπων αισθήσεων[2]. Η όραση είναι μια διαδικασία με μεγάλη πολυπλοκότητα. Κατά αυτήν τη διαδικασία, πραγματοποιείται συνεργασία των ματιών και του εγκεφάλου μέσα από ένα δίκτυο νευρώνων και κυττάρων. Σε πρώτο χρόνο, διεγείρονται οι οπτικοί «παραλήπτες» του φωτός και στη συνέχεια μεταφέρονται ηλεκτρικά σήματα στον εγκέφαλο. Αυτό

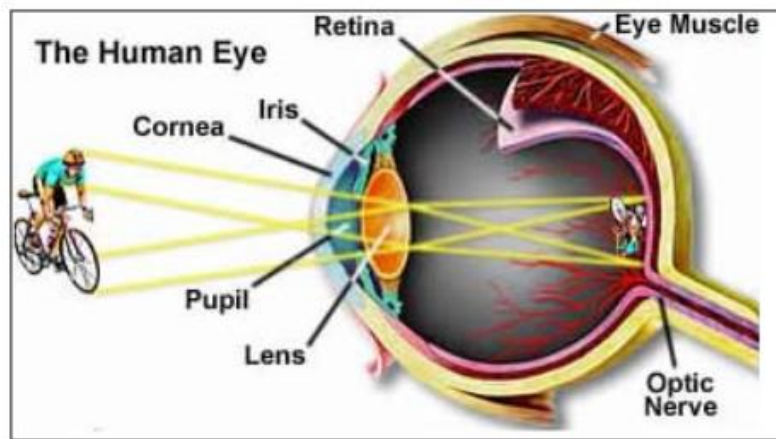
πραγματοποιείται μέσω των οπτικών νεύρων, ενώ η εκάστοτε πληροφορία υπόκειται σε επεξεργασία, με αποτέλεσμα να προκύπτει η εικόνα του ειδώλου[3].



Εικόνα 1.1: Η σχέση μεταξύ εγκεφάλου και ματιών[2].

Αναλυτικότερα, το ανθρώπινο μάτι αποτελείται από κάποια επιμέρους «στοιχεία» ώστε να «αντιληφθεί» ένα αντικείμενο. Ο φακός, η ίριδα, ο κερατοειδής χιτώνας και το οπτικό νεύρο είναι τα κυριότερα από αυτά. Η αλληλεπίδραση αυτών των παραγόντων «οδηγεί» στην ανθρώπινη αίσθηση της όρασης. Για να γίνει ένα αντικείμενο αντιληπτό σχηματίζεται ένα είδωλο στον κερατοειδή χιτώνα, ο οποίος αποτελεί μια μεμβράνη με πάρα πολλά κύτταρα. Αυτό συμβαίνει μέσω του φακού και της ίριδας (υπεύθυνη για το πόσο φως θα εισέλθει στον οφθαλμό). Μέσω των κυττάρων του κερατοειδή χιτώνα ανιχνεύεται το φως και μετατρέπεται το είδωλο σε ηλεκτρικά σήματα, ενώ αυτά με τη σειρά τους μεταδίδονται στον εγκέφαλο, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως[3].

Πιο συγκεκριμένα, το σήμα διέρχεται από τον κρυσταλλοειδή φακό, όπου εστιάζεται και προβάλλεται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, το φωτοευαίσθητο στοιχείο του οργάνου. Στο σημείο αυτό, οι απολήξεις των οπτικών νεύρων μετατρέπουν την προσπίπτουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (στο ορατό φάσμα) σε νευρικά σήματα. Αυτή η λειτουργία πραγματοποιείται με τη βοήθεια δύο είδη στοιχείων. Το πρώτο είδος ονομάζεται «ραβδία», τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία στις χαμηλές εντάσεις σήματος, είναι αχρωματικά και εξαπλώνονται σε μεγάλη έκταση του αμφιβληστροειδούς. Το δεύτερο είδος είναι τα «κονία», που συγκεντρώνονται γύρω από τη φοβέα και είναι υπεύθυνα για τα «ισχυρά» σήματα, το χρώμα και την αντίληψη[2]. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι το είδωλο του αντικειμένου εμφανίζεται αντίστροφα στον κερατοειδή χιτώνα. Ο εγκέφαλος είναι υπεύθυνος για τη μετατροπή του ειδώλου σε όρθια μορφή[3].

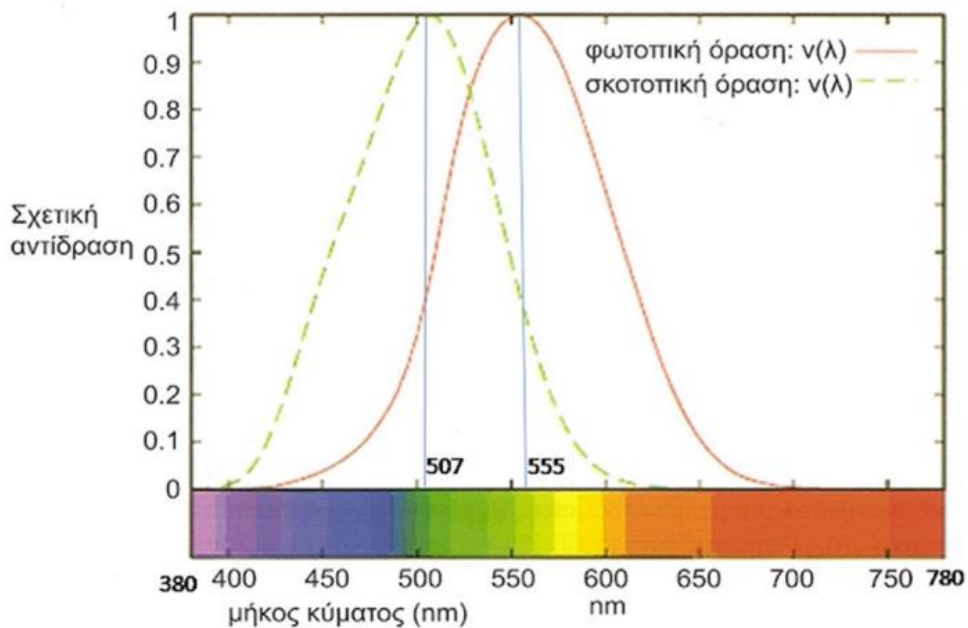


Εικόνα 1.2: Το ανθρώπινο μάτι[3].

1.3 Χρώμα του φωτός

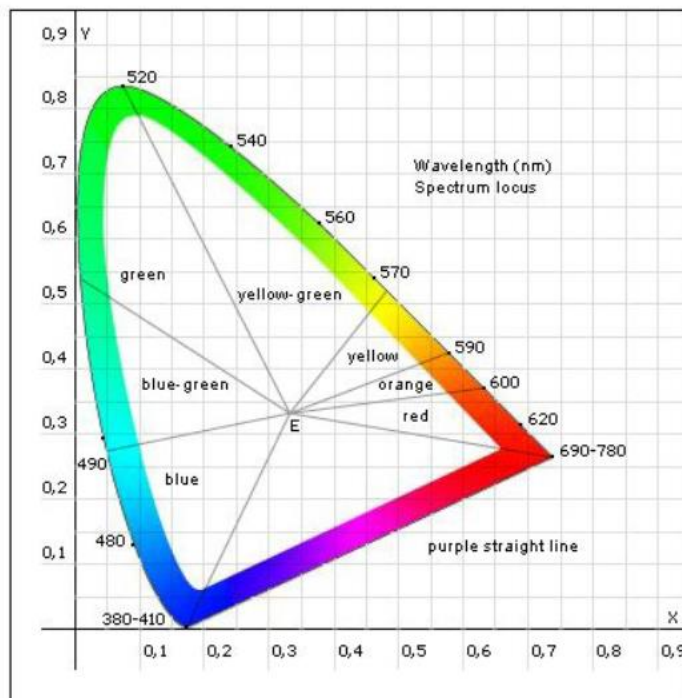
Το φως καθώς αποτελεί κύμα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας δύναται να εκφραστεί βάσει του μήκους κύματος και της ισχύος. Το ορατό φως εμπεριέχεται σε ένα μέρος του φάσματος της ακτινοβολίας (380 – 780 nm). Τα χρώματα, τα οποία είναι γνωστά στον άνθρωπο, εμφανίζονται στο ορατό φάσμα σε συγκεκριμένες ζώνες. Οι κεντρικές ζώνες του κίτρινου και του πράσινου παρουσιάζουν πιο υψηλή φωτεινότητα από αυτή του πορτοκαλί, κόκκινου στο δεξί τμήμα του φάσματος και του μωβ, μπλε στην αντίστοιχη αριστερή. Αυτό συμβαίνει λόγω της διαφορετικής ευαισθησίας του ανθρώπινου οφθαλμού στην ορατή ακτινοβολία. Η βέλτιστη ευαισθησία και ανταπόκριση του οπτικού συστήματος τους ανθρώπου εντοπίζεται στα κεντρικά χρώματα του ορατού φάσματος.

Στο διάγραμμα παρακάτω εμφανίζεται η καμπύλη $v(\lambda)$, που αντιπροσωπεύει τη μέση οπτική ανταπόκριση του οφθαλμού σε κατάσταση ημερήσιου φωτός. Η αντίστοιχη κατάσταση που αντιπροσωπεύει τη μέση οπτική ανταπόκριση του οφθαλμού σε χαμηλή φωτεινότητα, είναι μια καμπύλη που έχει μετατοπιστεί ελαφρώς προς το αριστερό τμήμα του ορατού φάσματος[4].



Εικόνα 1.3: Καμπύλες ευαισθησίας ανθρώπινου ματιού και ορατό φάσμα[4].

Εάν πραγματοποιηθεί μια μίξη φωτός από διαφορετικές χρωματικές πηγές φωτισμού σε μια λευκή επιφάνεια, τότε το αποτέλεσμα του χρώματος μπορεί να είναι διαφορετικό ανάλογα με την απόδοση των φωτεινών πηγών. Για να είμαστε σε θέση να παράγουμε ένα σημαντικό εύρος χρωμάτων, οι βασικές πηγές φωτός (κόκκινο, μπλε, πράσινο χρώμα) θα πρέπει να είναι εντόνως κορεσμένες και η απόστασή τους να είναι αρκετά μεγάλη, όσον αφορά την απόχρωση και τον χρωματικό τόνο τους στον χρωματικό κύκλο. Καθώς τα βασικά χρώματα των φωτεινών πηγών οριστούν, ένα άλλο χρώμα μπορεί να δημιουργηθεί συνδυάζοντας τα. Οι σχετικές κάθε φορά ποσότητες των βασικών χρωμάτων θα συνθέτουν τελικά την εξίσωση $\text{Κόκκινο} + \text{Πράσινο} + \text{Μπλε} = 1$. Ο συνδυασμός αυτός μας δίνει τη δυνατότητα της αναπαράστασης του εκάστοτε χρώματος ως σημείο στον χρωματικό χάρτη CIE, ο οποίος παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα. Τέλος, αν χρησιμοποιήσουμε συνδυαστικά και ταυτόχρονα και τα τρία χρώματα των φωτεινών πηγών, τότε μπορούμε να παράγουμε το λευκό φως[4].



Εικόνα 1.4: Χρωματικός χάρτης CIE[4].

1.4 Ιδιότητες του φωτός

Οι κύριες ιδιότητες του φωτός είναι η ανάκλαση, η απορρόφηση και η διάθλαση.

1.4.1 Ανάκλαση

Όσον αφορά την ανάκλαση, αυτή διακρίνεται σε άλλα τέσσερα είδη. Αυτά τα είδη είναι η κανονική ανάκλαση, η διαχέουσα ανάκλαση, η ημιδιαχέουσα ανάκλαση και η μικτή ανάκλαση.

Η κανονική ανάκλαση σχετίζεται με το φαινόμενο της πρόσπτωσης μιας φωτεινής δέσμης σε μια λεία και στιλπνή επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή, η γωνία πρόσπτωσης και η γωνία ανάκλασης είναι ίσες.

Στη διαχέουσα ανάκλαση η φωτεινή δέσμη διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις.

Στην ημιδιαχέουσα ανάκλαση η φωτεινή δέσμη διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις, όχι όμως ομοιόμορφα.

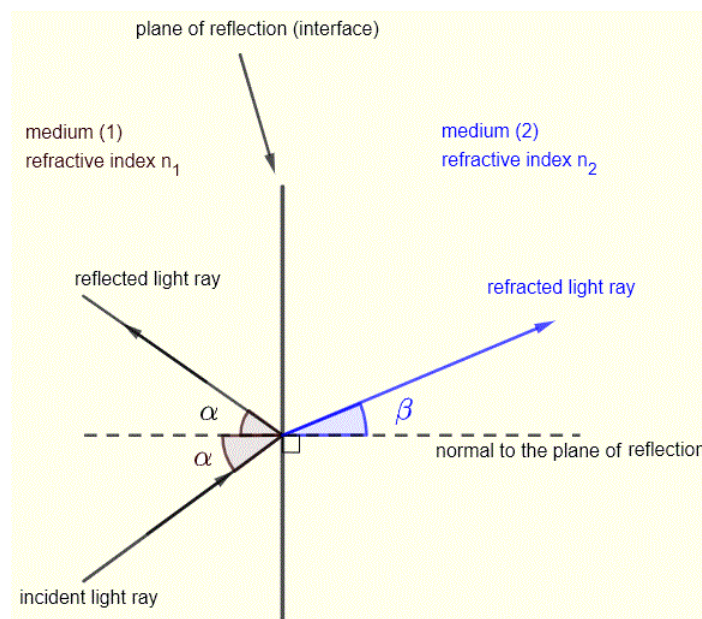
Μικτή ανάκλαση ονομάζεται η μίξη των δύο πρώτων μορφών, δηλαδή της κανονικής και διαχέουσας ανάκλασης[5].

1.4.2 Απορρόφηση

Η ιδιότητα της απορρόφησης βασίζεται στο γεγονός ότι, ένα μέρος ή ολόκληρη η φωτεινή ενέργεια που προσπίπτει σε ένα αντικείμενο μπορεί να απορροφηθεί από αυτό. Μια ειδική μορφή απορρόφησης είναι η επιλεκτική απορρόφηση. Σύμφωνα με αυτή κάποια υλικά απορροφούν ή ανακλούν τη φωτεινή ακτινοβολία σε διαφορετικά μήκη κύματος. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί πως όλα ανεξαιρέτως τα υλικά απορροφούν φωτεινή ακτινοβολία. Το αν αυτό το ποσό που απορροφάται είναι μεγάλο ή μικρό εξαρτάται από το είδος και το πάχος του υλικού.

1.4.3 Διάθλαση

Το φαινόμενο της διάθλασης παρατηρείται όταν η φωτεινή ακτινοβολία διέρχεται μέσα από το υλικό και αλλάζει κατεύθυνση και ταχύτητα. Η διάθλαση εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης και το συντελεστή διάθλασης « n », όπου ο τελευταίος ορίζεται από τον λόγο της ταχύτητας του φωτός στο κενό « c » προς την ταχύτητα του φωτός στο εσωτερικό του υλικού « v »[6].



Εικόνα 1.5: Κανονική ανάκλαση (αρ.) – Διάθλαση (δεξ.) [7].

1.5 Μεγέθη φωτομετρίας

Τα βασικά φωτομετρικά μεγέθη που θα αναφερθούν παρακάτω είναι τέσσερα. Η φωτεινή ροή, η φωτεινή ένταση, η ένταση φωτισμού και η λαμπρότητα.

1.5.1 Φωτεινή ροή (Φ)

Για το μέγεθος της φωτεινής ροής « Φ » μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο ορισμοί. Ο πρώτος ορισμός έχει να κάνει ότι μπορούμε να ορίσουμε τη φωτεινή ροή ως το λόγο της φωτεινής ενέργειας « Q » που εκπέμπει μια σημειακή φωτεινή πηγή ως προς το χρόνο « t ». Αυτός ο λόγος ωστόσο, καθώς έχει να κάνει με το πηλίκο ενέργειας προς χρόνο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως φωτεινή ισχύς (1). Ο δεύτερος ορισμός της φωτεινής ροής είναι το ολοκλήρωμα της ισχύος της ακτινοβολίας « P » επί τη φασματική ευαισθησία του ματιού « V » (2). Μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής είναι το lumen (lm).

$$\Phi = dQ/dt \quad (1)$$

$$\Phi = k \int P(\lambda)V(\lambda)d\lambda \quad (2)$$

1.5.2 Φωτεινή ένταση (I)

Το μέγεθος της φωτεινής έντασης « I » εκφράζει τη φωτεινή ροή μιας φωτεινής πηγής που εκπέμπεται σε μια κατεύθυνση. Για το λόγο αυτό μπορεί να οριστεί, ως ο λόγος της φωτεινής ροής « Φ » που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή προς τη στερεά γωνία « ω », που αυτή η φωτεινή πηγή εκπέμπει (3). Μονάδα μέτρησης της φωτεινής έντασης είναι το candela (cd).

$$I = d\Phi/d\omega \quad (3)$$

1.5.3 Ένταση φωτισμού (E)

Το μέγεθος της έντασης φωτισμού «E» ορίζεται ως ο λόγος της κάθετα προσπίπτουσας, σε ένα επίπεδο ή επιφάνεια, φωτεινής ροής «Φ» προς το εμβαδό αυτής «S»(4). Μονάδα μέτρησης της έντασης φωτισμού είναι το lux (lx).

$$E = d\Phi/dS \quad (4)$$

1.5.4 Λαμπρότητα (L)

Το μέγεθος της λαμπρότητας «L» ορίζεται ως ο λόγος της φωτεινής έντασης «I» σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, από την οποία βλέπει ο παρατηρητής, προς το εμβαδό της προβαλλόμενης περιοχής της πηγής «S_{πηγής}»(5). Μονάδα μέτρησης της λαμπρότητας είναι το cd/m²[8].

$$L = I/S_{\text{πηγής}} \quad (5)$$

2

Τεχνητός φωτισμός

2.1 Φωτεινές πηγές

Προκειμένου να αντιληφθούμε και να μελετήσουμε τις ανάγκες φωτισμού σε ένα χώρο εξέτασης, θα πρέπει να είμαστε σε θέση να επιλέξουμε τα κατάλληλα εργαλεία για τη μελέτη αυτή. Τα εργαλεία αυτά, σε πρώτο στάδιο, είναι η επιλογή των φωτεινών πηγών που θα χρειαστούμε. Το να γνωρίζουμε σε βάθος τις πολλές ιδιότητες και χαρακτηριστικά των φωτεινών πηγών, μας δίνει την ικανότητα να παράγουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα φωτισμού. Ενδεικτικά, τα κύρια χαρακτηριστικά των φωτεινών πηγών είναι η ισχύς, η ενεργειακή απόδοση, η θερμοκρασία χρώματος, ο χρόνος διάρκειας ζωής, το πως διαχέεται το φως και ο δείκτης CRI που εκφράζει τη χρωματική απόδοση[9].

2.1.1 Γενικά στοιχεία

Οι πρώτες φωτεινές πηγές που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος κατά την αρχαιότητα βασιζόταν στις διάφορες λειτουργικές χρήσεις της φωτιάς (κερί, δαυλός). Στη συνέχεια, στον

αρχαίο ελληνικό και ρωμαϊκό πολιτισμό κατασκευάστηκαν μπρούτζινες ή κεραμικές λάμπες που λειτουργούσαν με την καύση ελαίων. Στη διάρκεια των αιώνων και καθώς αναβαθμίστηκαν κατασκευαστικά οι εν λόγω λάμπες (προσθήκη γυάλινης φιάλης με ανοιχτό στόμιο) διάφορα άλλα καύσιμα όπως το πετρέλαιο και η κηροζίνη χρησιμοποιήθηκαν για την έναυση της λάμπας.

Το 1879 κατοχυρώθηκε επίσημα η εφεύρεση του πρώτου ηλεκτρικού λαμπτήρα (λαμπτήρας πυρακτώσεως) από τον Thomas Edison (1847 – 1931), ενώ το 1930 εισήχθησαν δυναμικά στην αγορά οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου. Επίσης, το 1939 έκαναν την εμφάνιση τους οι λαμπτήρες φθορισμού και στη συνέχεια οι λαμπτήρες αλογόνου. Επιπλέον, τη δεκαετία του 1960 παρουσιάστηκαν οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων και αυτοί της υψηλής πίεσης. Τέλος, τα τελευταία χρόνια οι λαμπτήρες οι οποίοι δεσπόζουν στην αγορά και χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω των μεγάλων προδιαγραφών τους είναι οι φωτοεκπέμπουσες δίοδοι ή αλλιώς λαμπτήρες LED[5].

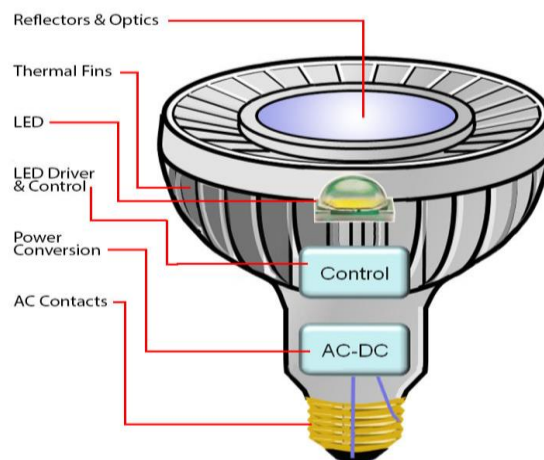
2.1.2 Τεχνολογία φωτεινών πηγών LED

Η λειτουργία των φωτεινών πηγών LED έγκειται στον συνδυασμό δύο ημιαγωγών p-n, όπου με την εφαρμογή τάσης σε αυτούς, έχουμε ως αποτέλεσμα την εκπομπή φωτός. Η ακτινοβολία αυτή, δύναται να εκπέμπει σε ορατά ή υπέρυθρα μήκη κύματος. Το χρωματικό αποτέλεσμα που επιθυμούμε να παράγουμε, συμβαίνει συνδυάζοντας ημιαγωγικά υλικά. Η δομή αυτών των ημιαγωγικών υλικών χαρακτηρίζεται από υψηλή καθαρότητα με μικρές ποσότητες δύο ειδών προσθέτων. Το πρώτο είδος είναι τύπου n, που εμπεριέχει συγκεντρωμένη περίσσεια σε ηλεκτρόνια (αρνητικό φορτίο), ενώ το δεύτερο είδος είναι τύπου p, που εμπεριέχει συγκεντρωμένη περίσσεια σε οπές (θετικό φορτίο). Στα δύο αυτά υλικά του ημιαγωγού πραγματοποιείται διαχωρισμός, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ανάμεσα τους μια διεπιφάνεια. Η διεπιφάνεια αυτή, παρέχει τη δυνατότητα να κατασκευάζονται αρκετά λεπτές και μικρές φωτεινές πηγές.

Για την περαιτέρω κατανόηση της λειτουργίας των φωτεινών πηγών LED, εφαρμόζουμε τάση στα δύο στα ηλεκτρόδια, μετακινώντας έτσι τις οπές και τα ηλεκτρόνια προς τη διεπιφάνεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή φωτονίων, καθώς αυτά τα στοιχεία έρχονται σε επαφή. Συμπέρασμα όλων των παραπάνω είναι ότι, οι φωτεινές πηγές

LED λειτουργούν με την άμεση μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας στην αντίστοιχη φωτεινή[10].

Το τελικό αποτέλεσμα που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι από την εκπομπή φωτός μέσω των φωτεινών πηγών LED, είναι εξαρτώμενο του υλικού των ημιαγωγών, των χημικών προσθέτων και του περιβλήματος του φωτιστικού. Η φωτεινή πηγή LED ακτινοβολεί εν γένει με τη μορφή μιας γραμμικής πηγής φωτός. Για να λειτουργήσει σε ένα πιο διευρυμένο φάσμα χρησιμοποιούνται φθορίζουσες επιστρώσεις, που υπόκεινται σε διέγερση από τη ψηφίδα LED. Το κόκκινο, πράσινο και πορτοκαλί χρώμα σε φωτεινές πηγές LED χρησιμοποιείται σε σηματοδοτήσεις οδών, ενώ το μπλε χρώμα αρχίζει και εξελίσσεται τα τελευταία χρόνια. Επίσης, έχουν δημιουργηθεί λευκά LED, τα οποία διακρίνονται σε δύο είδη. Το πρώτο είδος χρησιμοποιεί επιστρώσεις, οι οποίες δύναται να απορροφήσουν το μπλε χρώμα και στη συνέχεια να το εκπέμπουν ως λευκό χρώμα. Στο δεύτερο είδος χρησιμοποιούνται διατάξεις με διαφορετικές ψηφίδες που ακτινοβολούν τα τρία βασικά χρώματα RGB. Όταν αναμιχθούν τα εν λόγω χρώματα συνθέτουν το λευκό φως[11].



Εικόνα 2.1: Λειτουργικά μέρη ενδεικτικής φωτεινής πηγής LED[7].

2.2 Φωτιστικά σώματα

Με την έννοια φωτιστικό σώμα μπορούμε να ορίσουμε το «εργαλείο» εκείνο με το οποίο, μπορούμε να στηρίζουμε και να παρέχουμε με ρεύμα τις φωτεινές πηγές του. Επίσης, σύμφωνα με την εκάστοτε κατασκευή του το σώμα αυτό δύναται να κατανέμει και να προσαρμόζει τη φωτεινή ροή των φωτεινών πηγών του.

2.2.1 Είδη φωτιστικών σωμάτων

Τα φωτιστικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε κάποια είδη ανάλογα με το χώρο χρήσης τους.

Σε αυτά για εσωτερικό γενικό φωτισμό, σε χώρους οικιακού και βιομηχανικού ενδιαφέροντος, τοποθετημένα σε οροφές, τοίχους και δάπεδα.

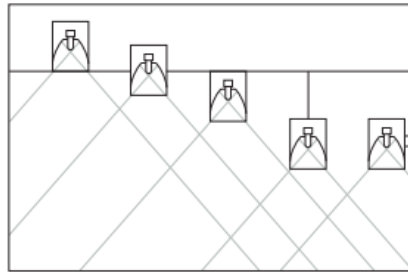
Σε αυτά για διακόσμηση και τοπικό φωτισμό είτε σε εσωτερικούς είτε σε εξωτερικούς χώρους (σταθερά ή φορητά)

Σε αυτά για εξωτερικό φωτισμό (χρήση σε οδούς, χώρους στάθμευσης, αθλητικές εγκαταστάσεις, τοπία κ.λ.π.)[5].

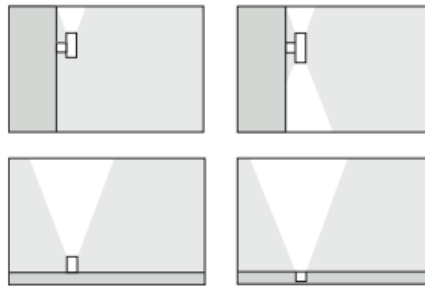
2.2.2 Τύποι φωτιστικών σωμάτων

Τα φωτιστικά σώματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με ποικίλους τρόπους ανάλογα με τις φωτομετρικές ιδιότητες τους στον τομέα του φωτισμού. Τρεις κύριες ομάδες φωτιστικών, οι οποίες θα αναλυθούν στη συνέχεια είναι τα σταθερά φωτιστικά, τα φορητά φωτιστικά και οι κατασκευές φωτισμού.

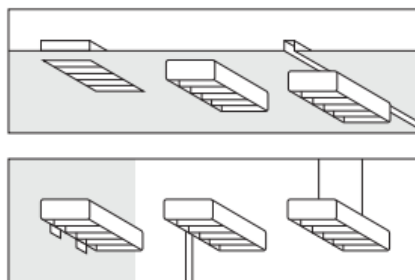
Τα σταθερά φωτιστικά σώματα αποτελούν σημαντικό κομμάτι της αρχιτεκτονικής του φωτισμού. Περιστασιακά δύναται να αλλάξει η κατεύθυνση του φωτός, αλλά η στερεά τοποθέτησή τους τις περισσότερες φορές σημαίνει ότι η κατεύθυνση του φωτός είναι συγκεκριμένη. Τα σταθερά φωτιστικά σώματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και αυτά με τη σειρά τους σε downlights (σποτ), σε uplights, σε louvered luminaries (φωτιστικά με περσίδες σχεδιασμένα για γραμμικές φωτεινές πηγές), σε washlights (προβολείς) και σε integral luminaries (ενσωματωμένα φωτιστικά σε ψευδοροφές σε θολωτές οροφές και τοίχους)[12], [13].



Εικόνα 2.2: Επιλογές τοποθέτησης για φωτιστικά downlights: χωνευτό, ημι-χωνευτό, επιφανειακό, κρεμαστό και σε τοίχο[12].



Εικόνα 2.3: Επιλογές τοποθέτησης για φωτιστικά και συνδυαστικά uplight/downlight: επιτοίχια τοποθέτηση, δάπεδο, χωνευτή τοποθέτηση στο δάπεδο[12].

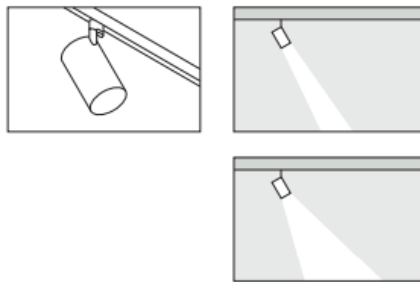


Εικόνα 2.4: Επιλογές τοποθέτησης louvered luminaries (φωτιστικών με περσίδες): χωνευτή οροφή, επιφάνεια, τοποθέτηση σε ράγες, τοίχους, επιδαπέδια ή κρεμαστή[12].

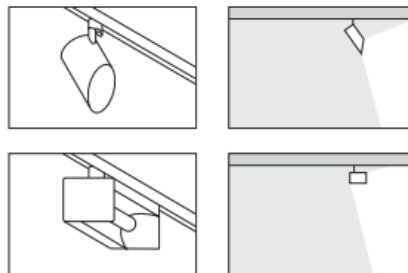


Εικόνα 2.5: Επιτοίχιος προβολέας οροφής (washlight) (αρ.) - Επιτοίχιος προβολέας δαπέδου (washlight) (δεξ.)[12].

Τα φορητά φωτιστικά χρησιμοποιούνται σε ποικίλες τοποθεσίες, σε συστήματα τροχιάς ή σε κατασκευές φωτισμού. Τα φορητά φωτιστικά πολλές φορές επιτρέπουν την αλλαγή της κατεύθυνσης του φωτός, δεν έχουν κάποιο περιορισμό σε κάποιο σταθερό σημείο, ενώ επίσης δύναται να ρυθμιστούν και να προσαρμοστούν κατάλληλα ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις. Τα φορητά φωτιστικά σώματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και αυτά με τη σειρά τους σε spotlights (προβολείς) και σε wallwashers.



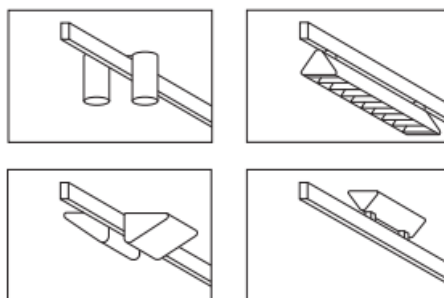
Εικόνα 2.6: Spotlights (προβολείς) που έχουν σχεδιαστεί για φωτισμό έμφασης, η γωνία δέσμης μπορεί να διαφοροποιηθεί επιλέγοντας ένα εύρος ανακλαστήρων[12].



Εικόνα 2.7: Διαφορετικές εκδοχές φορητών wallwashers. Μπορούν να προσαρμοστούν σε διαφορετικά ύψη και αποστάσεις από τους τοίχους[12].

Οι κατασκευές φωτισμού (light structures) είναι αρθρωτά συστήματα όπου περιλαμβάνουν συνήθως ενσωματωμένα φωτιστικά. Επίσης, φορητά φωτιστικά δύναται να λειτουργήσουν σε τέτοιες κατασκευές. Συνεπώς, είναι δυνατόν να συνδυαστούν σταθερά και φορητά φωτιστικά σε μια ενιαία κατασκευή. Οι κατασκευές φωτισμού δύναται να σχηματιστούν σε τροχιές, δικτυωτές δοκούς, σωληνωτά προφίλ ή πάνελ. Το γεγονός ότι αποτελούν αρθρωτά συστήματα συμπεριλαμβανομένων τυποποιημένων βασικών στοιχείων και συνδετήρων, επιτρέπει την κατασκευή ποικίλων κατασκευών, όπως γραμμικών διατάξεων και εκτενών πλεγμάτων.

Μια επιμέρους ομάδα φωτιστικών κατασκευών είναι τα συστήματα μεταφοράς με ενσωματωμένη τροφοδοσία ρεύματος. Είναι κατασκευασμένα ώστε να τοποθετούνται και να λειτουργούν ως φορητά φωτιστικά. Αυτά ενδέχεται να είναι συστήματα τροχιάς, σωληνοειδή συστήματα και πάνελ με ενσωματωμένες τροχιές. Τα συστήματα μεταφοράς δύναται να τοποθετηθούν σε τοίχο, οροφή ή κρεμαστά[12], [13].



Εικόνα 2.8: Σύστημα μεταφοράς με downlight (πάνω αριστερά), με louvred luminary - φωτιστικό με περσίδες (πάνω δεξιά), washlight οροφής (κάτω αριστερά) και uplight (κάτω δεξιά)[12].

2.2.3 Συντελεστές φωτιστικών σωμάτων

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης (CU ή UF) εκφράζει το ποσοστό της συνολικής φωτεινής ροής των λαμπτήρων του φωτιστικού σώματος που φτάνει στην επιφάνεια εργασίας του χώρου. Στα φωτιστικά εσωτερικών χώρων ο συντελεστής χρησιμοποίησης εξαρτάται από τις διαστάσεις των χώρων αυτών, τις ανακλάσεις σε οροφές, τοίχους και δάπεδα, τα εκάστοτε ύψη τοποθέτησης και την απόσταση ανάμεσα στα φωτιστικά σώματα.

$$CU = \text{Φωτεινή ροή στο επίπεδο εργασίας} / \text{Φωτεινή ροή λαμπτήρων} \quad (6)$$

Ο συντελεστής συντήρησης (MF) επηρεάζει το κόστος εγκατάστασης και την κατανάλωση ενέργειας. Κάποιες παράμετροι, από τις οποίες εξαρτάται ο συντελεστής αυτός είναι η καθαρότητα και συχνότητα συντήρησης του χώρου, το είδος και οι ώρες λειτουργίας των λαμπτήρων, τα διαστήματα αλλαγής των λαμπτήρων, ο δείκτης προστασίας και το είδος των φωτιστικών σωμάτων κ.λ.π.

$$MF = \text{Μέση ένταση φωτισμού σε βάθος χρόνου} / \text{Αρχική μέση ένταση φωτισμού} \quad (7)$$

Πίνακας 2.1: Εκτίμηση συντελεστή συντήρησης[5].

Περιγραφή χώρου και εξοπλισμού	Συντελεστής συντήρησης
Πολύ καθαρός χώρος, καθαρισμός φωτιστικών κάθε 1 έτος, λειτουργία λαμπτήρων 2.000 ώρες/έτος, φωτιστικά άμεσου φωτισμού με τάση να συσσωρεύουν ελάχιστη σκόνη	0.80
Χώρος τυπικής καθαρότητας, συντήρηση φωτιστικών ανά 3 έτη, λειτουργία λαμπτήρων 2.000 ώρες/έτος, φωτιστικά έμμεσου / άμεσου φωτισμού με κανονική συλλογή σκόνης	0.70
Χώρος με σημαντική ρύπανση, συντήρηση φωτιστικών κάθε 3 έτη, λειτουργία λαμπτήρων 8.000 ώρες/έτος, ομαδική αλλαγή λαμπτήρων κάθε 8.000 ώρες, φωτιστικά με κανονική τάση για συλλογή σκόνης.	0.50

Ο συντελεστής απόδοσης (LOR) εκφράζει το πόση φωτεινή ροή ενός ή πολλών λαμπτήρων, που είναι τοποθετημένοι σε ένα φωτιστικό, μεταφέρεται στο περιβάλλον[14], [15].

$$LOR = \text{Φωτεινή ροή φωτιστικού} / \text{Φωτεινή ροή λαμπτήρων} \quad (8)$$

2.3 Έλεγχος φωτισμού

Μια από τις πιο ουσιαστικές λειτουργίες στον φωτισμό, η οποία χρήζει αναφοράς είναι ο έλεγχος της φωτεινής ροής. Κύριος στόχος είναι να παράγουμε μια φωτεινή κατανομή σύμφωνα με τις συγκεκριμένες λειτουργίες που απαιτούνται από το φωτιστικό, ενώ παράλληλα αξιοποιούμε τη φωτεινή ενέργεια πιο αποτελεσματικά.

2.3.1 Ανακλαστήρες

Οι ανακλαστήρες είναι πολύ κομβικά στοιχεία για την κατασκευή των φωτιστικών στον έλεγχο του φωτός. Χρησιμοποιούνται δύο είδη ανακλαστήρων, αυτοί με τις επιφάνειες διάχυτης ανάκλασης – κυρίως λευκές ή με ματ φινίρισμα – και αυτοί με τις κατοπτρικές επιφάνειες. Αυτοί οι ανακλαστήρες αρχικά ήταν κατασκευασμένοι από γυαλί με επιφάνεια με καθρέφτη στο οπίσθιο μέρος, κάτι που είχε ως αποτέλεσμα να οδηγηθούμε στον ορισμό του σήμερα: τεχνολογία καθρέφτη - ανακλαστήρα. Το αλουμίνιο ή το χρώμιο ή το επικαλυμμένο με αλουμίνιο πλαστικό χρησιμοποιούνται γενικά σήμερα ως υλικά ανακλαστήρων. Οι ανακλαστήρες από πλαστικό είναι οικονομικότεροι, ωστόσο δύναται να δεχτούν μόλις ένα περιορισμένο θερμικό φορτίο και συνεπώς δεν είναι τόσο στιβαροί όσο οι ανακλαστήρες αλουμινίου, που παρουσιάζουν μια σημαντικά ανθεκτική επίστρωση. Αυτή με τη σειρά της παρέχει μηχανική προστασία και δύναται να ανταποκριθεί σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι ανακλαστήρες από αλουμίνιο παρουσιάζουν μια ποικιλία στην ποιότητα, καθώς κυμαίνονται από αλουμίνιο υψηλής ποιότητας υπερκαθαρότητας έως ανακλαστήρες μόνο με επίστρωση καθαρού αλουμινίου. Η κατανομή του φωτός καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη μορφή του ανακλαστήρα. Οι τύποι των ανακλαστήρων τους οποίους μπορούμε να συναντήσουμε, είναι οι παραβολικοί ανακλαστήρες, οι ανακλαστήρες σκοτεινού φωτός, οι σφαιρικοί ανακλαστήρες, οι ελικοειδείς ανακλαστήρες και οι ελλειπτικοί ανακλαστήρες.

2.3.2 Συστήματα φακών

Οι φακοί χρησιμοποιούνται πρακτικά συνήθως σε φωτιστικά σημειακών πηγών φωτός. Κατά βάση, το οπτικό σύστημα συνδυάζει τη λειτουργία ενός ανακλαστήρα με έναν ή περισσότερους φακούς. Στη συνέχεια αναφέρονται κάποιες κατηγορίες φακών.

Οι συλλεκτικοί φακοί κατευθύνουν το φως που εκπέμπεται από μια πηγή φωτός που υφίσταται στο εστιακό της σημείο, σε μια παράλληλη φωτεινή δέσμη. Οι συλλεκτικοί φακοί συναντώνται συνήθως σε φωτιστικά σε συνδυασμό με ανακλαστήρα. Ο ανακλαστήρας έχει ως σκοπό να ελέγχει την κατεύθυνση της συνολικής φωτεινής ροής προς την κατεύθυνση της δέσμης, ενώ η λειτουργία του φακού περιλαμβάνει τη συγκέντρωση τους φωτός. Το πόσο απέχει ο φακός συλλογής από την πηγή φωτός συνήθως μεταβάλλεται, έτσι ώστε οι γωνίες δέσμης να είναι σε θέση να ρυθμιστούν κατάλληλα.

Οι φακοί Fresnel αποτελούνται από ομόκεντρα ευθυγραμμισμένα τμήματα φακών σε σχήμα δακτυλίου. Το οπτικό αποτέλεσμα αυτών των φακών είναι συγκρίσιμο με το αποτέλεσμα που παράγεται από συμβατικούς φακούς αντίστοιχου σχήματος ή καμπυλότητας. Οι φακοί Fresnel είναι, ωστόσο, πολύ πιο επίπεδοι, ελαφρύτεροι και οικονομικότεροι, για το λόγο αυτό συναντώνται σε κατασκευές φωτιστικών αντί συγκλινόντων φακών. Κατά βάση, η πίσω πλευρά των φακών είναι δομημένη ώστε να καλύπτει τις ορατές ανωμαλίες στην κατανομή του φωτός και να διασφαλίζει ότι τα περιγράμματα της δέσμης είναι μαλακά. Τα φωτιστικά εξοπλισμένα με φακούς Fresnel αρχικά χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για φωτισμό σκηνής. Άλλη χρήση τους είναι στον αρχιτεκτονικό φωτισμό, έτσι ώστε να επιτρέπεται η προσαρμογή των γωνιών δέσμης, σε περίπτωση που τα φωτιστικά και τα αντικείμενα έχουν μεταβλητή απόσταση.

Στα συστήματα προβολής περιλαμβάνεται ένας ελλειπτικός ανακλαστήρας ή ένας σφαιρικός ανακλαστήρας συνδυαζόμενος με έναν συμπυκνωτή. Με αυτόν τον τρόπο, το φως κατευθύνεται σε έναν φορέα, ο οποίος μπορεί να εξοπλιστεί με διάφορα εξαρτήματα οπτικής. Κατόπιν, ακολουθεί η προβολή του φωτός στην επιφάνεια που θα φωτιστεί από τον κύριο φακό του φωτιστικού. Το μέγεθος της εικόνας και η γωνία δέσμης μπορούν να οριστούν στον επίπεδο φορέα.

2.3.3 Πρισματικά συστήματα και φίλτρα

Ένα άλλο μέσο με το οποίο μπορούμε να ελέγξουμε το φως είναι μέσω της εκτροπής με πρίσματα. Αρχικά γνωρίζουμε ότι, η εκτροπή μιας φωτεινής ακτίνας καθώς περνά μέσα από ένα πρίσμα είναι εξαρτώμενη της γωνίας του πρίσματος. Η γωνία εκτροπής του φωτός δύναται να αποδοθεί από το σχήμα του πρίσματος. Εάν το φως πέσει στην πλευρά του πρίσματος με γωνία μεγαλύτερη μιας συγκεκριμένης τιμής, θα έχουμε ανάκλαση και όχι διάθλαση. Τα πρισματικά συστήματα συναντώνται τις περισσότερες φορές σε φωτεινές πηγές φθορισμού, έτσι ώστε να πραγματοποιείται ο έλεγχος της γωνίας της δέσμης και η διασφάλιση για τον επαρκή περιορισμό της αντανάκλασης. Από αυτό προκύπτει το συμπέρασμα ότι, πρέπει να υπολογίσουμε τα πρίσματα αφενός για τη γωνία πρόσπτωσης και εν συνεχεία να τα συνδυάσουμε, προκειμένου να σχηματίσουν μια κατά μήκος προσανατολισμένη περσίδα, που ακολούθως δύναται να σχηματίσει το εξωτερικό περίβλημα των φωτιστικών.

Επίσης, μπορούμε να εξοπλίσουμε πολλά φωτιστικά με συμπληρωματικά φίλτρα, έτσι ώστε να τροποποιήσουμε τα φωτομετρικά τους στοιχεία. Τα πιο συνήθη φίλτρα είναι τα συμπληρωματικά, που χαρακτηρίζονται από έγχρωμο φως ή μειώνουν την UV ή IR ακτινοβολία. Τα φίλτρα αυτά μπορεί να είναι πλαστικά ή γυάλινα. Επιπρόσθετα, υπάρχουν φίλτρα παρεμβολής, τα οποία παρουσιάζουν στοιχεία υψηλής μετάδοσης και είναι σε θέση να διαχωρίσουν με ακρίβεια τα εκπεμπόμενα και ανακλώμενα φασματικά στοιχεία[12].

2.3.4 Έλεγχος μέσω συστήματος DALI

Το σύστημα DALI (Digital Addressable Lighting Interface) είναι ένας ψηφιακός δίαυλος ελέγχου φωτός που περιλαμβάνει δύο καλώδια ή ένα ζευγάρι συνεστραμμένου σύρματος. Αναφορά στο σύστημα DALI πραγματοποιήθηκε αρχικά το 2003 στο πρότυπο IEC60929[16]. Το πρότυπο αφορούσε τη μείωση της έντασης στα στραγγαλιστικά πηνία των φωτεινών πηγών φθορισμού. Στη συνέχεια, το 2009 στο πρότυπο IEC60386 παρουσιάστηκε το DALI για τον έλεγχο φωτισμού στις φωτεινές πηγές LED, ενώ μέχρι και σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως στον τομέα αυτό. Το DALI όπως προαναφέρθηκε, είναι ψηφιακό, λειτουργεί συνήθως στον τομέα του φωτισμού και διαθέτει αμφίδρομη επικοινωνία. Με τον όρο αμφίδρομη επικοινωνία εννοούμε ότι ένας ελεγκτής μπορεί να στείλει ένα αίτημα στο ballast και αυτό μπορεί να ανταποκριθεί. Είναι σύνηθες φαινόμενο να υπάρχουν περισσότεροι

από ένας ελεγκτές στον δίαυλο. Εκτός από τα στραγγαλιστικά πηνία φωτισμού, μπορεί να υπάρχουν και κάποιες άλλες συσκευές και πρόσθετα υλικά, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον φωτισμό ή στον αυτοματισμό των κτιρίων. Αυτές οι συσκευές, μπορεί να είναι διακόπτες, ελεγκτές σκηνής, ροοστάτες, αισθητήρες εγγύτητας ή κατάληψης, ελεγκτές φωτός ημέρας και μονάδες επικοινωνίας. Στο πρότυπο DALI προσδιορίζεται ότι μια συνδεδεμένη συσκευή είναι είτε «slave» είτε «master». Οι ελεγκτές είναι «master» καθώς μπορούν να δίνουν εντολές ή να ξεκινήσουν την επικοινωνία. Οι υπόλοιποι είναι «σκλάβοι». Στην ορολογία του DALI, οι «σκλάβοι» ονομάζονται συχνά ηλεκτρονικά εργαλεία ελέγχου. Οι μονάδες επικοινωνίας είναι μετατροπείς μεταξύ του DALI και άλλων συστημάτων ελέγχου όπως το DMX512 (φωτισμός) και το KNX (αυτοματισμός σπιτιού/κτιρίου). Το DALI έχει αντιγραφεί και ανατυπωθεί επίσης από το NEMA[17], [18].

Από πλευρά λειτουργίας, ένα σημαντικό πλεονέκτημα του DALI είναι ότι λειτουργεί αμφίδρομα, σε σχέση με άλλα πρότυπα για τον έλεγχο του φωτός. Τα δεδομένα δύναται να απαιτηθούν από το ballast ή από τις άλλες συσκευές που είναι συνδεδεμένες στον δίαυλο. Η επικοινωνία αντιστοιχεί σε σχετικά χαμηλή ταχύτητα, 1200 bit/s και σε υψηλά επίπεδα τάσης. Με τα υψηλά επίπεδα τάσης προσδιορίζουμε την υψηλή ατρωσία στον θόρυβο από άλλα ηλεκτρικά καλώδια ή συσκευές. Η ονομαστική τάση του διαύλου αντιστοιχεί σε 16 V, αλλά το εύρος της δύναται να οριστεί ανάμεσα στα 11,5 V και 22,5 V. Τα λογικά επίπεδα είναι: λογικό «μηδέν» -6,5 - 6,5 V και λογικό «ένα» 9,5 - 22,5 V. Βάσει του προτύπου, οι συσκευές που δύναται να συνδεθούν στον δίαυλο είναι ballasts (slaves) ή controllers (master). Ο μέγιστος αριθμός συσκευών στον δίαυλο είναι 64 ballast και 64 ελεγκτές. Όσον αφορά την καλωδίωση του DALI, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο είδος ηλεκτρικού καλωδίου που υπάρχει σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ενός κτιρίου. Το μέγιστο μήκος είναι εξαρτώμενο της διατομής του αγωγού, ενώ η μέγιστη επιτρεπόμενη διαφορά τάσης μεταξύ δύο συσκευών, βάσει προτύπου, αντιστοιχεί στα 2 V. Το μέγιστο ρεύμα στο καλώδιο είναι καθορισμένο και αντιστοιχεί στην τιμή των 250 mA. Τέλος, οι ανωτέρω τιμές, συνδυαζόμενες με την ειδική αντίσταση του αγωγού προσδιορίζουν το μέγιστο μήκος στο καλώδιο[19], [20].

2.4 Κριτήρια ελέγχου φωτισμού

Πρώτο κριτήριο που μας απασχολεί για τον φωτισμό ενός χώρου (εσωτερικό ή εξωτερικό) ή ενός αντικειμένου είναι η μέση ένταση φωτισμού. Αυτή σχετίζεται με την τιμή που παρουσιάζει αυτό το μέγεθος, σε κάθε σημείο μιας επιφάνειας και στο σύνολό της. Για το λόγο αυτό η εξεταζόμενη επιφάνεια διαιρείται σε ίσα τετράγωνα, ενώ λαμβάνονται υπόψη τα σημειακά κέντρα αυτών των τετραγώνων. Έτσι, με τον τρόπο αυτό δημιουργείται το δικτυωτό διάγραμμα φωτισμού. Η μέση ένταση φωτισμού προκύπτει από τον λόγο του αθροίσματος της έντασης φωτισμού στα κέντρα των επιμέρους τετραγωνιδίων «Ei» προς τον αριθμό των τετραγωνιδίων «n». Η εκάστοτε εξεταζόμενη επιφάνεια θα πρέπει να έχει τιμή μεγαλύτερη από μια αντίστοιχη συγκεκριμένη, που ορίζεται από το πρότυπο.

$$Em = \sum Ei / n \quad (9)$$

Πίνακας 2.2: Δικτυωτό διάγραμμα φωτισμού στην κάτοψη ενός χώρου[15].

· 160	· 260	· 280	· 160
· 230	· 300	· 320	· 230
· 180	· 220	· 240	· 180

Το δεύτερο κριτήριο που μας απασχολεί είναι η ομοιομορφία του φωτισμού, δηλαδή το πως κατανέμεται η ένταση φωτισμού σε μια επιφάνεια, κατόπιν της επιλογής φωτιστικών σωμάτων. Από αυτήν προκύπτει η ποιότητα του φωτισμού, ενώ ο συντελεστής δίνεται από τη σχέση:

$$Uo = Emin/Em \quad (10)$$

Η εκάστοτε εξεταζόμενη επιφάνεια θα πρέπει να έχει τιμή μεγαλύτερη από μια αντίστοιχη συγκεκριμένη, που ορίζεται από το πρότυπο.

Ένα ακόμη κριτήριο που εξετάζουμε στον φωτισμό είναι η θάμβωση, η οποία χωρίζεται σε δύο τύπους, την άμεση και την ανακλώμενη. Πιο συγκεκριμένα, αν ο παρατηρητής βλέπει άμεσα μια λαμπρή φωτεινή πηγή έχουμε την πρώτη περίπτωση, ενώ αν ο παρατηρητής βλέπει την ανάκλαση μιας αντίστοιχης πηγής σε μια επιφάνεια, έχουμε τη δεύτερη[15]. Ωστόσο, σύμφωνα με τα νέα Ευρωπαϊκά Πρότυπα, όπως το EN 1264-1, η θάμβωση δύναται να υπολογιστεί με τη μέθοδο UGR. Σύμφωνα με αυτή, στον τρόπο υπολογισμού συμπεριλαμβάνονται όλα τα φωτιστικά, που υπάρχουν σε ένα σύστημα, και συμβάλλουν στη θάμβωση. Η εκάστοτε εξεταζόμενη επιφάνεια θα πρέπει να έχει τιμή μικρότερη από μια αντίστοιχη συγκεκριμένη, που ορίζεται από το πρότυπο.

Επόμενο κριτήριο είναι ο υπολογισμός της ισχύος ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφάνειας (W/m^2), η οποία εκφράζει την ισχύ που καταναλώνεται για να φωτιστεί μια επιφάνεια, προς το εμβαδόν αυτής. Η μέγιστη τιμή, την οποία μπορεί να λάβει αυτός ο παράγοντας είναι $2.4 W/m^2$ ανά 100lx.

Τέλος, ένα άλλο κριτήριο που σχετίζεται με την ισχύ, είναι η ενεργειακή απόδοση των φωτιστικών, η οποία πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 90 lm/W[21].

2.5 Τεχνικές φωτισμού

2.5.1 Τεχνικές φωτισμού εσωτερικών χώρων

Ανάλογα με τον τρόπο που έχουν κατασκευαστεί τα φωτιστικά σώματα, μπορούμε να τα τοποθετήσουμε σε εσωτερικούς χώρους σύμφωνα με τις ακόλουθες τεχνικές.

Ο άμεσος φωτισμός περιλαμβάνει φωτιστικά σώματα, τα οποία μπορούμε να τα τοποθετήσουμε σε οροφές με επιφανειακό ή χωνευτό τρόπο. Αυτά σχετίζονται κυρίως με τον γενικό φωτισμό, εκφέρουν σημαντική ομοιομορφία και είναι συνήθως γραμμικές ή συμπαγείς φωτεινές πηγές φθορισμού.

Ο άμεσος/έμμεσος φωτισμός περιλαμβάνει κρεμαστά φωτιστικά σώματα, που διοχετεύουν ποσοστό της φωτεινής ροής τους προς τα πάνω, εκμεταλλευόμενα έτσι την

ανάκλαση των οροφών (έμμεσος φωτισμός). Το εναπομείναν ποσοστό της φωτεινής ροής, των αναρτώμενων φωτιστικών διοχετεύεται με άμεσο τρόπο προς τα κάτω (άμεσος φωτισμός). Συνήθως με αυτήν την τεχνική καλύπτονται οι απαιτήσεις του γενικού φωτισμού.

Ο έμμεσος/άμεσος τοπικός φωτισμός συνθέτει την τεχνική, όπου με έμμεσο φωτισμό καλύπτεται ο γενικός φωτισμός, δηλαδή με ποσοστό της φωτεινής ροής του φωτιστικού σώματος προς τις οροφές, σε αντίθεση με τον τοπικό φωτισμό που καλύπτεται με άμεσο τρόπο (υπόλοιπο ποσοστό της φωτεινής ροής).

Ο έμμεσος γενικός και άμεσος τοπικός φωτισμός συνθέτει την τεχνική, όπου συγκεκριμένα φωτιστικά καλύπτουν με έμμεσο φωτισμό τον γενικό φωτισμό, σε αντίθεση με τις απαιτήσεις τοπικού χαρακτήρα (επιφάνεια εργασίας - ενδιαφέροντος) που εξυπηρετούνται από πιο μικρά φωτιστικά. Επίσης, η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται στον φωτισμό χώρων με εκθέματα, τα οποία φωτίζονται με φωτιστικά κοντά σε αυτά ή από την οροφή. Πολλές φορές χρησιμοποιούνται συστήματα με ράγες και φωτιστικά με ικανότητα στρέψης, προκειμένου να καλυφθούν οι εκάστοτε απαιτήσεις μετακίνησης ή αλλαγής των εκθεμάτων.

Ο φωτισμός κάθετων επιφανειών με σποτ περιλαμβάνει τη λειτουργία φωτιστικών για την ανάδειξη ποικίλων κάθετων επιφανειών (μικρής και μεγάλης κλίμακας), όπως τοίχοι και χωρίσματα. Σημειώνεται ότι και αυτή η τεχνική δύναται να χρησιμοποιηθεί στην ανάδειξη εκθεμάτων, προκειμένου να αποδοθούν σε αυτά ιδιαίτερα δραματικά χαρακτηριστικά.

Ο φωτισμός κάθετων επιφανειών (wall washing) πραγματοποιείται με φωτιστικά wall washer, που είναι τοποθετημένα συνήθως στις οροφές κοντά στους τοίχους. Αποτέλεσμα αυτής της τεχνικής είναι οι κάθετες επιφάνειες να φωτίζονται ομοιόμορφα. Επίσης, την τεχνική αυτή τη συναντάμε στον φωτισμό εκθεμάτων που είναι τοποθετημένα σε τοίχο.

Ο φωτισμός τοίχων με απλίκες περιλαμβάνει την ανάδειξη τοίχων με χρήση επιτοίχιων φωτιστικών.

Ο φωτισμός διαδρόμων περιλαμβάνει τον φωτισμό αυτών και την ανάδειξη όλων των απαραίτητων περιοχών ανάμεσα στα διάφορα αντικείμενα, συμβάλλοντας έτσι στην ασφάλεια του χώρου[22],[23],[24].

Στη συνέχεια παρατίθεται ενδεικτικά φωτογραφικό υλικό με ορισμένες τεχνικές φωτισμού εσωτερικών χώρων.



Εικόνα 2.9: Έμμεσος γενικός και άμεσος τοπικός φωτισμός[7].



Εικόνα 2.10: Έμμεσος/άμεσος τοπικός φωτισμός[7].



Εικόνα 2.11: Φωτισμός κάθετων επιφανειών με εστιακές απλίκες[7].



Εικόνα 2.12: Φωτισμός με απλίκες πάνω και κάτω[7].

2.5.2 Τεχνικές φωτισμού εξωτερικών χώρων

Ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες φωτισμού, ο φωτισμός των εξωτερικών χώρων πραγματοποιείται σύμφωνα με τις ακόλουθες τεχνικές.

Σύμφωνα με την τεχνική down lighting (φωτισμός από πάνω προς τα κάτω), το φωτιστικό όντας αναρτημένο ή προσαρτημένο σε μια δομική επιφάνεια, εκπέμπει τη φωτεινή

του δέσμη προς τα κάτω εξυπηρετώντας έτσι τον γενικό φωτισμό. Συγχρόνως παρέχει ασφάλεια και αναδεικνύει άλλες επιφάνειες[22].



Εικόνα 2.13: Φωτισμός down lighting[7].

Όσον αφορά την τεχνική up lighting (φωτισμός από κάτω προς πάνω), το φωτιστικό τοποθετείται σε βάσεις ή με χωνευτό τρόπο στο έδαφος (ή απλώς σε χαμηλότερο επίπεδο από το αντικείμενο ανάδειξης), ενώ παράλληλα στοχεύει στην ανάδειξη κάποιου σημείου ή επιφάνειας θέασης σε υψηλότερο επίπεδο. Η δέσμη του φωτός πρέπει να είναι κατάλληλα κατευθυνόμενη έτσι ώστε να μην προκαλείται το φαινόμενο της θάμβωσης, ενώ παράλληλα το αντικείμενο ανάδειξης να φωτίζεται επαρκώς[22].



Εικόνα 2.14: Φωτισμός up lighting[7].

Η τεχνική grazing (φωτισμός υφής) περιλαμβάνει την ανάδειξη της υφής μιας επιφάνειας. Με αυτήν την τεχνική εκθειάζεται η τραχύτητα, το υλικό και το χρώμα μιας επιφάνειας. Παράλληλα δημιουργούνται σκιές, παράγοντας με αυτόν τον τρόπο ένα καλαίσθητο αποτέλεσμα φωτισμού[22].



Εικόνα 2.15: Φωτισμός grazing[7].

Όσον αφορά την τεχνική wall washing (φωτισμός ανάδειξης επιφάνειας), αυτή αφορά συνήθως την ανάδειξη μια κάθετης επιφάνειας, εστιάζοντας στο χρώμα της και στην ομοιομορφία του άμεσου/έμμεσου φωτισμού[22].



Εικόνα 2.16: Φωτισμός wall washing[7].

Με την τεχνική accent lighting (φωτισμός τονισμού) επιδιώκεται ο τονισμός ενός αντικειμένου, σε σύγκριση με τον περιβάλλοντα χώρο, ο οποίος είναι αρκετά πιο σκοτεινός από αυτό[22].



Εικόνα 2.17: Φωτισμός accent lighting[7].

Η τεχνική mirroring (φωτισμός καθρεπτισμού) περιλαμβάνει την ανάδειξη κάποιου αντικειμένου, όταν ανάμεσα σε αυτό και στο ανθρώπινο μάτι υπάρχει κάποιο στοιχείο υγρής μορφής. Ουσιαστικά, φωτίζεται το υγρό στοιχείο, ανακλώντας αυτό με τη σειρά του το αντικείμενο θέασης[22].



Εικόνα 2.18: Φωτισμός mirroring[7].

Σύμφωνα με την τεχνική silhouetting (φωτισμός περιγράμματος) δίνεται έμφαση στο περίγραμμα ενός αντικειμένου. Καθώς η φωτεινή πηγή είναι στο οπίσθιο μέρος του αντικειμένου που επιθυμούμε να φωτίσουμε, το αποτέλεσμα φωτισμού που αντλούμε χαρακτηρίζει το σχήμα του αντικειμένου και όχι κάποια συγκεκριμένη λεπτομέρεια του[22].



Εικόνα 2.19: Φωτισμός silhouetting[7].

Η τεχνική spotlighting (φωτισμός εστίασης) έχει ως στόχο να φωτίσει κατάλληλα διάφορα αντικείμενα ή δομικά στοιχεία που βρίσκονται αρκετά πιο μακριά από τα φωτιστικά σώματα. Με την τεχνική αυτή είμαστε σε θέση είτε να «γεφυρώσουμε» το εμπόδιο αυτό της απόστασης είτε να παράγουμε ένα καλαίσθητο εφέ[22].



Εικόνα 2.20: Φωτισμός spotlighting[7].

Με την τεχνική floodlighting (διάχυτος φωτισμός) επιδιώκουμε συνήθως να προβάλλουμε τον όγκο των κτιρίων. Ο στόχος ο οποίος επιθυμούμε να επιτύχουμε, είναι η αποτελεσματική ανάδειξη του κτιρίου κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπως αυτή πραγματοποιείται αντίστοιχα από το φως της ημέρας. Προκειμένου η διάχυση του φωτός να γίνεται ομοιόμορφα, τις περισσότερες φορές ο φωτισμός των κτιρίων πραγματοποιείται από μακρινή απόσταση. Σημαντική παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, είναι η

τυχούσα θάμβωση που δημιουργείται και πρέπει να αντιμετωπιστεί, κατά τον οριζόντιο φωτισμό των κτιρίων[22].



Εικόνα 2.21: Φωτισμός floodlighting[7].



Εικόνα 2.22: Φωτισμός floodlighting[7].

3

Σχεδιασμός φωτισμού σε πολυχώρο

Ένας πολυχώρος δύναται να φιλοξενεί διάφορες δραστηριότητες, μερικές εκ των οποίων έχουν αναφερθεί στην περίληψη της εργασίας. Οι περιπτώσεις οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια, αφορούν τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στον υπό εξέταση πολυχώρο του ΤΠΠΛ.

3.1 Χώροι εστίασης

Τα εστιατόρια αποτελούν κλασικό παράδειγμα χώρου εστίασης, που μπορεί να αποτελέσει μορφή υπηρεσιών σε έναν πολυχώρο. Επομένως, η ατμόσφαιρα ενός τέτοιου χώρου θα πρέπει να είναι κατάλληλα διαμορφωμένη για να καλύψει τις ανάγκες των επισκεπτών, σε ένα δείπνο ή μια δεξίωση. Η ποιότητα του φωτισμού αποτελεί ένα μεγάλο στοιχείο που πρέπει να επιτευχθεί, έτσι ώστε να ενισχυθεί η οπτική επίδραση της αρχιτεκτονικής του χώρου εστίασης. Για να γίνει αυτό, πρέπει να προσεχθούν ιδιαίτερα κάποιες σημαντικές παράμετροι, όπως η ένταση φωτισμού, η θάμβωση, η κατανομή της

λαμπρότητας και η απόδοση των διαφόρων χρωμάτων. Τα βασικά στοιχεία αυτά, που συνθέτουν την ποιότητα του φωτισμού αναγράφονται στα τεχνικά πρότυπα. Ωστόσο, για να αποδοθεί με το καλύτερο δυνατό τρόπο η ποιότητα φωτισμού, είναι απαραίτητο να δοθεί και ο κατάλληλος συναισθηματικός τόνος στον εκάστοτε χώρο, αντικείμενο και επισκέπτη. Πάνω σε αυτήν τη λογική βασίζεται η δημιουργικότητα και φαντασία για τη χρήση της φωτεινής ροής, της φωτεινής έντασης και της έντασης φωτισμού και της λαμπρότητας των διαφόρων πηγών.

Με μια πιο λεπτομερή ματιά στο κομμάτι των επισκεπτών, είναι ευνόητο να αντιληφθούμε πως σε τέτοιου είδους χώρους, επιζητείται η προσωπική επαφή, είτε με τους υπόλοιπους επισκέπτες, είτε με το προσωπικό εξυπηρέτησης. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να μην δημιουργούνται σκιές, ιδιαίτερα στα πρόσωπα, πράγμα που συμβαίνει με τον πολύ έντονο, άμεσο και κατευθυντικό φωτισμό. Για τη διαπροσωπική επικοινωνία, ο σχεδιασμός φωτισμού θα πρέπει να είναι τέτοιος, έτσι ώστε τα χαρακτηριστικά των προσώπων να αναδεικνύονται με απαλό και αρμονικό φως.

Ο φωτισμός που ενδείκνυται σε χώρους όπου οι άνθρωποι εστιάζονται, είναι ο ατμοσφαιρικός. Ωστόσο, πρέπει πάντοτε να διασφαλίζεται ότι οι άνθρωποι είναι σε θέση να βρίσκουν όλες τις διαδρομές στον χώρο και να διεξάγουν συζητήσεις καθώς στρέφονται προς πάσα κατεύθυνση. Το είδος του τεχνητού φωτισμού που ενδείκνυται κάθε φορά για ένα χώρο δεξίωσης, γεύματος ή δείπνου εξαρτάται κυρίως από το στυλ. Αυτό σημαίνει ότι ένας χώρος μπορεί να φωτιστεί είτε με πηγές που εκπέμπουν πολύ φως, είτε με αμυδρό φως με κεριά. Επομένως, η ατμόσφαιρα είναι απόλυτα συνυφασμένη με την αρχιτεκτονική του περιβάλλοντος, έτσι ώστε το φαγητό να φαίνεται ελκυστικό και τα τραπέζια ότι πληρούν όλες τις απαραίτητες προϋποθέσεις για συζητήσεις και γνωριμίες. Αυτό σχετίζεται με την επιλογή του επιπέδου έντασης φωτισμού, η οποία καθορίζει την οικειότητα για τους επισκέπτες. Αυτή συνήθως επιτυγχάνεται με την κατάλληλη επιλογή χρώματος φωτός (θερμής, ουδέτερης, ψυχρής απόχρωσης). Ωστόσο, για να μην αλλοιωθεί η αίσθηση του φωτισμού σε έναν χώρο, εκτός της εγκατάστασης θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη και η προκαθορισμένη αντικατάσταση των φωτεινών πηγών του, μετά από ένα συγκεκριμένο κάθε φορά χρονικό διάστημα.

Κάποια ακόμη χρήσιμα στοιχεία για τον φωτισμό των χώρων εστίασης ή πιο συγκεκριμένα εστιατορίων, είναι ότι ο φωτισμός συνίσταται να είναι χαμηλός στους χώρους εξυπηρέτησης, σε αντίθεση με τον μπουφέ, ενώ σημαντική βαρύτητα πρέπει να δίνεται στη διαμόρφωση και τάξη των τραπεζοκαθισμάτων. Αυτό εκφράζεται με το ότι η επιφάνεια του

τραπεζιού είθισται να είναι εντονότερα φωτισμένη από το περιβάλλον, ενώ παράλληλα οι καθήμενοι να είναι σε θέση να διακρίνονται εύκολα και καθαρά μεταξύ τους. Τέλος, η χρωματική απόδοση των φωτεινών πηγών θα πρέπει να ανταποκρίνεται σε κάποια όρια, προκειμένου όλα τα υλικά και αντικείμενα στο χώρο να αποδίδονται ζωντανά, ελκυστικά και ενδιαφέροντα. Ο δείκτης της χρωματικής απόδοσης (Ra) θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 80 και στην καλύτερη των περιπτώσεων αγγίζει το 100.



Εικόνα 3.1: Φωτισμός χώρου εστίασης[25].

3.2 Χώροι συνεδρίων και σεμιναρίων

Εκτός από την εστίαση ή την κάλυψη κάποιας εκδήλωσης με γεύμα ή δείπνο, ένας πολυχώρος πρέπει να είναι σε θέση πολλές φορές να παρέχει επαγγελματικές υπηρεσίες. Τέτοιο παράδειγμα αποτελούν οι αίθουσες συνεδρίων, σεμιναρίων και διαλέξεων. Ο φωτισμός για τέτοιου είδους χώρους πρέπει να είναι προσεκτικά σχεδιασμένος. Αρχικά θα πρέπει να μπορεί να καλύψει ανάγκες οπτικής επαφής μεταξύ των παρευρισκομένων, ενώ σε κάποιες ειδικές περιπτώσεις θα πρέπει το φως της ημέρας να μπορεί να αποκλείεται από τον χώρο. Αυτό συμβαίνει σε περιπτώσεις όπου πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιο προβολικό μηχάνημα και η ατμόσφαιρα ενδείκνυται να είναι σκοτεινή για μια ενδεχόμενη παρουσίαση. Αυτό σημαίνει ότι οι εγκαταστάσεις σε έναν χώρο θα πρέπει να σχεδιαστούν κατάλληλα για

τον πλήρη αποκλεισμό του φωτός της ημέρας. Ωστόσο, ακόμη και σε περιπτώσεις όπου το φως της ημέρας δεν επηρεάζει την κύρια χρησιμότητα του χώρου, οι συνθήκες μεγάλης έντασης του ηλιακού φωτός κοντά σε ανοίγματα οδηγεί πολλές φορές σε υψηλή θάμβωση, επηρεάζοντας αρνητικά τις ομαλές συνθήκες οπτικής επαφής και επικοινωνίας. Καθώς η επικοινωνία είναι μια κατάσταση που εμπεριέχει όλες τις αισθήσεις μας, μπορεί να είναι αποτελεσματική μόνο όταν αποκλειστούν οι οποιεσδήποτε παρεμβολές σε έναν χώρο.

Εν συνεχεία, άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η μεταβλητότητα του τεχνητού φωτισμού. Με τη μεταβλητότητα αυτή μπορούν να καλυφθούν ανάγκες για παρουσιάσεις, ομαδικές εργασίες και λήψη σημειώσεων. Παράλληλα για να αποφεύγεται το υπερβολικό φως σε ένα επίπεδο ενδιαφέροντος (φωτιστικά με στενή φωτεινή δέσμη), θα πρέπει να φωτίζονται επαρκώς οι τοίχοι και η οροφή ενός χώρου. Αυτό μπορεί να εξασφαλιστεί με τη χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων διαχείρισης φωτισμού[25].



Εικόνα 3.2: Φωτισμός χώρου σεμιναρίων[25].

3.3 Χώροι εκθέσεων

Το κοινό γνώρισμα όλων των χώρων που λειτουργούν ως εκθεσιακοί χώροι είναι η έμπνευση του επισκέπτη. Είτε το θέμα της έκθεσης είναι επιστημονικό, είτε τεχνολογικό, είτε ιστορικό, είτε επικεντρώνεται στην τέχνη, το αποτέλεσμα πρέπει να είναι ενδιαφέρον και ελκυστικό. Στο σημείο αυτό έρχεται να παίξει μεγάλο ρόλο ο παράγοντας φωτισμός, ο οποίος συμβάλλει στη δημιουργία εικόνων και εμπειριών. Επίσης, η ατμόσφαιρα θα πρέπει να έχει

τονωτικό χαρακτήρα, ενώ παράλληλα να μην «κουράζει» τον θεατή. Συνεπώς, ο τρόπος που μπορεί να διαμορφωθεί η ατμόσφαιρα από το φως και τις σκιές είναι θέμα μείζονος σημαντικότητας. Επιπλέον, τα ποικίλα χρώματα και οι δέσμες φωτός, οι διάφοροι σχεδιασμοί και διατάξεις φωτιστικών οδηγούν στην κάλυψη των σχετικών απαιτήσεων φωτισμού για τον κάθε εκθεσιακό χώρο.

Επίσης, δεν θα πρέπει να αμελήσουμε και σε αυτό το κεφάλαιο, το γεγονός ότι για να σχεδιαστεί και να διαμορφωθεί κατάλληλα ο φωτισμός ενός εκθεσιακού χώρου, σημαντικό ρόλο παίζει η παράμετρος της αρχιτεκτονικής του κτιρίου, με την οποία καλείται να εναρμονιστεί το φως. Άλλοι εξίσου σημαντικές παράμετροι είναι οι αναλογίες των δωματίων, η διακόσμηση στους εσωτερικούς χώρους, τα συνδυαζόμενα χρώματα, το ημερήσιο φως και η φύση της έκθεσης.

Αν πάρουμε τώρα ως παράδειγμα ένα μουσείο, εύκολα αντιλαμβανόμαστε ότι αποτελεί ένα χώρο που διεξάγονται έρευνες, συντηρούνται και διαχειρίζονται εκθεσιακές συλλογές. Ο σωστός φωτισμός τέτοιου είδους χώρων αφορά, την προστασία των εκθεμάτων από το «ανεπιθύμητο» φως, είτε φυσικό, είτε υπερβολικής έντασης τεχνητό, αλλά και τον φωτισμό που εκπέμπεται στο προσωπικό. Το φως κατά την ημέρα, αλλά και το τεχνητό φως εκπέμπουν ακτίνες που μπορεί να «καταπονήσουν», να αποχρωματίσουν ή να παραμορφώσουν τα εκθέματα. Τα μέτρα προστασίας λοιπόν θα πρέπει να εφαρμόζονται πλήρως και να τηρούνται σωστά.

Όσον αφορά τώρα, τις τεχνικές φωτισμού στα επιμέρους δωμάτια των εκθεσιακών χώρων, αυτές χαρακτηρίζονται από διάχυτο και κατευθυντικό φως. Οι εκάστοτε αναλογίες του μείγματος αυτών των δύο ειδών φωτός καθορίζουν τη σκληρότητα των σκιών που δημιουργείται στα αντικείμενα του χώρου. Προκειμένου να αποφύγουμε τις σκιές που παράγονται στα αντικείμενα από το κατευθυντικό φως, πρέπει να διασφαλίσουμε το κατάλληλο μείγμα μεταξύ των δύο ειδών φωτός, το είδος της φωτεινής πηγής και την απόσταση μεταξύ πηγής και αντικειμένων. Το μείγμα διάχυτου και κατευθυντικού φωτός χαρακτηρίζει ακόμη τη συνολική εντύπωση που δημιουργεί ο χώρος.

Ένα ζήτημα μείζονος σημασίας σε αυτό το σημείο είναι η σύμπλευση του φωτισμού δωματίου και έκθεσης. Ο διάχυτος φωτισμός παράγεται συνήθως εξ' ολοκλήρου από τον φωτισμό του δωματίου, ο οποίος καθορίζει την κατανομή της λαμπρότητας και καθορίζει τους τόνους του φωτός. Ωστόσο, ο φωτισμός του δωματίου αδυνατεί από μόνος να εξυπηρετήσει όλες τις ανάγκες φωτισμού σε μια έκθεση. Τη λύση στο παρόν πρόβλημα δύναται να δώσει ο κατευθυντικός φωτισμός, που αναδεικνύει τα εκθέματα, αδυνατώντας

ωστόσο και αυτός με τη σειρά του να καλύψει τις ανάγκες για τον φωτισμό τους δωματίου. Ο φωτισμός της έκθεσης λειτουργεί με κατευθυντικό φως έτσι ώστε να τονίζονται τα μεμονωμένα αντικείμενα. Κατά γενικό κανόνα, πρέπει να πλαισιωθεί με έναν απαλότερο φωτισμό δωματίου.

Όσον αφορά τους διαδρόμους των εκθεσιακών χώρων, σε ορισμένες περιπτώσεις οι θεατές μετακινούνται ελεύθερα στον χώρο, ενώ σε άλλες πρέπει να δημιουργηθούν εσωτερικά «μονοπάτια», για την οργανωμένη μετακίνηση αυτών. Τα φωτιστικά επισήμανσης διαδρομών στους τοίχους ή στο δάπεδο είναι η καταλληλότερη λύση, καθώς δεν παρεμβαίνουν στις περιοχές έκθεσης και προβολής.

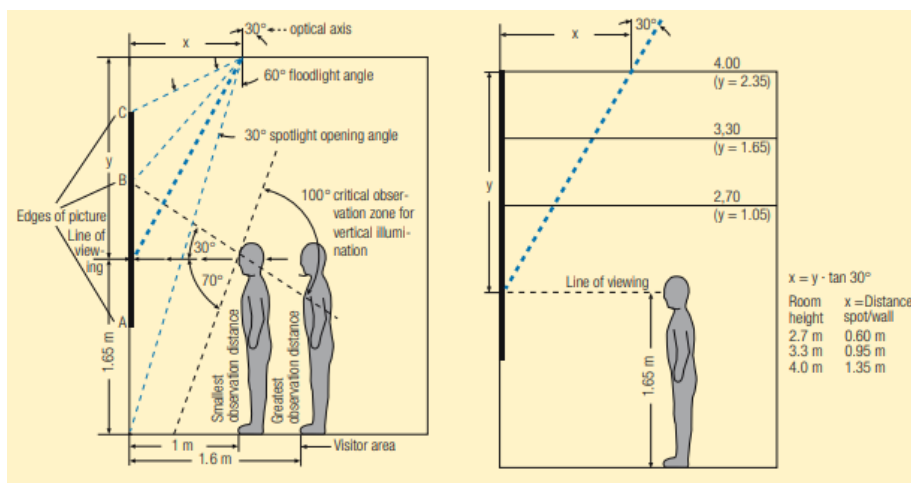
Εκθέματα διαφόρων μορφών κλίμακας (μικρής ή μεγάλης) αναδεικνύονται πλήρως, όταν φωτίζονται από συγκεκριμένη απόσταση. Για να παρουσιαστούν σωστά δεν πρέπει να παρεμβαίνει στο επίπεδο οπτικής εργασίας ο φωτισμός των δωματίων και των εκθεμάτων. Ακολουθώς, θα πρέπει να αποκλείονται σκιές και διάφορα σχέδια που παράγει το φως σε τοίχους και οροφές, όπως και σκιές και ανακλάσεις σε πίνακες και εικόνες. Μία τεχνική αντιμετώπισης είναι τα φωτιστικά που εκπέμπουν άμεσο φωτισμό, να τοποθετούνται σε απόσταση του ενός τρίτου του ύψους του τοίχου από τα εκθέματα. Αν η απόσταση γίνει μεγαλύτερη, ναι μεν αυξάνεται η ομοιομορφία φωτισμού, αλλά ελλοχεύουν κίνδυνοι άμεσων αντανάκλασεων. Έτσι λοιπόν, για τον συγκερασμό της ομοιομορφίας και της άνεσης θέασης η κατάλληλη τεχνική είναι ότι, η γωνία ανάμεσα σε φωτιστικό και τοίχο μέχρι το κάτω όριο της περιοχής παρουσίασης πρέπει να καθορίζεται από 25 έως 30 μοίρες. Τέλος, όσον αφορά τις πληροφορίες που αναγράφονται στα εκθέματα, για να είναι πλήρως ευανάγνωστες θα πρέπει να αποτελούνται από μεγάλη μαύρη γραμματοσειρά σε άσπρο φόντο[26].



Εικόνα 3.3: Φωτισμός χώρου εκθέσεων[26].



Εικόνα 3.4: Φωτισμός χώρου εκθέσεων[26].



Εικόνα 3.5: Υπολογισμός της βέλτιστης τοποθέτησης ενός φωτιστικού για φωτογραφίες σε τοίχο. Το ύψος δωματίου, η ζώνη παρατήρησης, το μέγεθος εικόνας και η βέλτιστη γωνία θέασης (εικ. αριστερά) είναι οι παράμετροι που καθορίζουν τη βέλτιστη θέση ενός φωτιστικού τοίχου. Το επάνω άκρο της εικόνας καθορίζει τη γωνία ανοίγματος του προβολέα (B: 30°, C: 60°) με σταθερή γωνία κλίσης 30°. Γωνίες μικρότερες από 30° μπορεί να οδηγήσουν σε αντανάκλασεις στο πάνω άκρο της εικόνας (κρίσιμη ζώνη παρατήρησης). Ο μαθηματικός τύπος για τον υπολογισμό της απόστασης "x" μεταξύ του προβολέα και του τοίχου για το φωτισμό μιας εικόνας με ύψος "y" είναι: $x = y \tan 30^\circ$ (εικ. Δεξιά)[26].

3.4 Εξωτερικοί χώροι και προσόψεις

Ένας εξωτερικά φωτισμένος χώρος ή κτίριο κατά τη διάρκεια της νύχτας προσδίδει έναν ιδιαίτερο τόνο και κύρος σε αυτό, ενώ παράλληλα εξυπηρετεί τον επισκέπτη να διατηρεί τον προσανατολισμό του. Επίσης, ο νυχτερινός φωτισμός παρέχει μια φιλόξενη αίσθηση και δημιουργεί όμορφες αναμνήσεις, όταν είναι απόλυτα συνυφασμένος με την αρχιτεκτονική του χώρου. Κάποια χρήσιμα στοιχεία που αφορούν τα διάφορα είδη φωτισμού, περιλαμβάνουν την ιδιαίτερη αίσθηση σταθερότητας του κτιρίου που προσδίδει ο φωτισμός «από έξω» και «από κάτω», ενώ ο φωτισμός «από μέσα» του προσδίδει μια ανοιχτή και καλαίσθητη εμφάνιση. Ο φωτισμός της πρόσοψης δεν είναι απαραίτητο να ακολουθεί τα αρχιτεκτονικά περιγράμματα, ενώ ο καλλιτεχνικός φωτισμός τη νύχτα δύναται να παραβλέψει τις λεπτομέρειες της αρχιτεκτονικής, δημιουργώντας έτσι μια εντυπωσιακή εικόνα για τον θεατή. Ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα δημιουργείται όταν ο νυχτερινός φωτισμός ενεργοποιείται με τη δύση του ηλίου. Κατά το φαινόμενο αυτό, ο θεατής παρακολουθεί μια αρχιτεκτονική μεταμόρφωση, καθώς το φως του ηλίου εξασθενεί.

Καθώς ο ανθρώπινος οφθαλμός είναι αρκετά επιρρεπής στις λάμπεις και δημιουργείται πολλές φορές η αίσθηση της δυσφορίας, ο φωτισμός στους εξωτερικούς χώρους πρέπει να σχεδιάζεται με μεγάλη προσήλωση. Ακόμη και η αρκετά χαμηλής έντασης πηγή είναι αρκετά φωτεινή, όταν ο ανθρώπινος οφθαλμός προσαρμόζεται στο σκοτάδι. Συνεπώς, δεν πρέπει να επιτρέπουμε την άμεση οπτική επαφή με τις φωτεινές πηγές στην κύρια κατεύθυνση παρατήρησης. Επιπρόσθετα, η κύρια κατεύθυνση παρατήρησης δεν πρέπει να είναι η ίδια με την κατεύθυνση του φωτισμού. Οι διάφορες μορφές αντιθέσεων φωτός-σκοταδιού παράγουν ένα τρισδιάστατο εφέ, κατά το οποίο μια γωνία περίπου 60 μοιρών ως προς την κατεύθυνση παρατήρησης είναι κατάλληλη για απλές προσόψεις. Ωστόσο, για προσόψεις που χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη λεπτομέρεια, η γωνία δύναται να είναι πιο μικρή. Ακόμα οι προβολείς που έχουν εγκατασταθεί δεν θα πρέπει να βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από το κτίριο, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι βαθιές σκιές.

Επίσης, ο δυνατός φωτισμός επιτυγχάνεται με τη χρήση φωτιστικών τοίχου, τα οποία ενσωματώνονται στις προσόψεις ή είναι χωνευτά στο έδαφος, μπροστά από αυτές. Οι απαιτήσεις του φωτισμού καθορίζονται από τα χρώματα και τις ανακλάσεις του κτιρίου και από το πόσο φωτεινό είναι το περιβάλλον. Π.χ. όσο πιο σκουρόχρωμη είναι η επιφάνεια ενός κτιρίου και πιο φωτεινό το περιβάλλον, τόση περισσότερη ένταση φωτισμού απαιτείται.

Εφόσον ο σχεδιασμός φωτισμού είναι ακριβής, αποφεύγεται η εκπομπή φωτός στην περιβάλλουσα περιοχή.

Για την ανάδειξη των διαδρόμων στους εξωτερικού χώρους τη νύχτα, συνήθως χρησιμοποιούνται φωτιστικά σε γραμμική διάταξη στο έδαφος, τα οποία συναντώνται κυρίως σε κήπους, σκαλοπάτια και μονοπάτια. Για τον λειτουργικό φωτισμό αυτών των περιπτώσεων χρησιμοποιείται η τεχνολογία LED, καθώς χαρακτηρίζεται από φωτεινές πηγές με μεγάλη διάρκεια ζωής και ενδείκνυται για δυναμικό έγχρωμο φωτισμό. Σύνηθες παράδειγμα αποτελούν φωτεινές πηγές με τεχνολογία RGB, τα οποία ποικιλοτρόπως συνδυαζόμενα δύναται να παράγουν όλα τα χρώματα. Οι αλλαγές των χρωμάτων προσαρμόζονται ανάλογα με την επιθυμητή ταχύτητα και σειρά.

Σε άλλους χώρους εξωτερικής φύσεως, δύναται να αναπαρασταθούν ελκυστικά αποτελέσματα, με τον φωτισμό δέντρων ή άλλων φυτών. Σε περίπτωση που η πρόσοψη φωτίζεται, ο φωτισμός θα πρέπει να είναι στραμμένος μόνο σε φυτά που βρίσκονται σε μακρινή απόσταση από το κτίριο[25],[27].



Εικόνα 3.6: Φωτισμός πρόσοψης με τεχνολογία RGB[25].

3.5 Διαχείριση φωτισμού σε πολυχώρο

Με μια πρώτη ανάγνωση, διαχείριση φωτισμού σημαίνει «αυτόματη λειτουργία του συστήματος φωτισμού». Αυτή αποτελείται απ' όλα τα συστήματα που διαφέρουν από τον προκαθορισμένο έλεγχο «on/off» και προβαίνουν σε ρυθμίσεις του φωτισμού, ακολουθώντας τη διακύμανση στις τιμές του σημείου ρύθμισης. Σε έναν πολυχώρο η διαχείριση φωτισμού είναι πολύ σημαντική, διότι μπορεί να υποστηρίξει διαφορετικές ανάγκες σεναρίων φωτισμού με τα ίδια φωτιστικά, ανάλογα με την περίσταση, ελέγχοντας κατάλληλα τα σημεία ρύθμισης φωτισμού. Τα συστήματα αυτοματισμού περιλαμβάνουν προ-προγραμματισμένες σκηνές φωτισμού, ανιχνευτές κίνησης, ρυθμίσεις επιπέδου φωτισμού. Πιο συγκεκριμένα, τα συστήματα διαχείρισης φωτισμού:

- Είναι σε θέση να ενεργοποιούν, να απενεργοποιούν ή και να μειώνουν τον τεχνητό φωτισμό αναλόγως του διαθέσιμου ημερήσιου φωτός
- Δύναται να παρέχουν έλεγχο, εξαρτώμενο από το ημερήσιο φως για θωράκιση αντηλιακή και κατά της θάμβωσης σε διαφόρων τύπων ανοίγματα.
- Διευκολύνουν τις παραγωγές φωτισμού, όπως τον φωτισμό σκηνών ή τα δυναμικά εφέ.
- Δύναται να χρησιμοποιηθούν για τη ρύθμιση διαφορετικών επιπέδων φωτισμού σε διαφορετικές ζώνες, με την απλή μείωση των μεμονωμένων φωτιστικών.
- Διευκολύνουν την πολυλειτουργική χρήση μεμονωμένων εσωτερικών χώρων.
- Επιτρέπουν την αντιστοίχιση εγκατεστημένων φωτιστικών σε ειδικά εκθεσιακά φωτιστικά χωρίς να χρειάζεται να αποσυναρμολογηθούν τα ήδη εγκατεστημένα φωτιστικά και χωρίς να χρειάζεται καινούργια καλωδίωση.
- Δύναται να παρακολουθούν τα φωτιστικά και να αναφέρουν τη λειτουργική τους κατάσταση ή ενδεχόμενο σφάλμα.
- Δύναται να ενσωματώσουν σε αυτά τον φωτισμό έκτακτης ανάγκης
- Καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια σε μια εγκατάσταση από μια αντίστοιχη μη διαχειριζόμενη[26], [28].



Εικόνα 3.7: Διαχείριση φωτισμού[25].

4

Μελέτες περιπτώσεις φωτισμού

Για τη μελέτη χαρακτηριστικών περιπτώσεων φωτισμού πολυχώρων εξετάστηκαν τρία μεγάλα συγκροτήματα της Αττικής, που φιλοξενούν δραστηριότητες όπως, συνέδρια - διαλέξεις, ανάδειξη εικαστικής τέχνης, δείπνα εκδηλώσεων. Στα παραπάνω προστίθεται και η ανάδειξη της πρόσοψης του εκάστοτε συγκροτήματος. Τα συγκροτήματα που επιλέχθηκαν ήταν το «Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος» (ΚΠΙΣΝ), το «Μέγαρο Μουσικής Αθηνών» και το «Μουσείο Ακρόπολης». Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί πως η κύρια εξέταση – ανάλυση αφορούσε, ποιες από τις αίθουσες των συγκροτημάτων αυτών φωτίζονται ως πολυώροι. Δηλαδή, ποιες αίθουσες χρησιμοποιούνται για παραπάνω από μια χρήση, από αυτές που αναλύθηκαν παραπάνω. Οι αίθουσες που εντοπίστηκαν για αυτό το σκοπό ήταν δύο, η «Αίθουσα Εσωτερικός Φάρος» του ΚΠΙΣΝ και η «Αίθουσα Banquet» του Μεγάλου Μουσικής Αθηνών. Για το συγκρότημα του Μουσείου της Ακρόπολης δε βρέθηκε κάποια αίθουσα που να λειτουργεί ως πολυώρος. Για τις αίθουσες των συγκροτημάτων αυτών, που δε λειτουργούν ως πολυώροι (χρησιμοποιούνται για μια δραστηριότητα), πραγματοποιήθηκε αντίστοιχη ανάλυση – περιγραφή φωτισμού σε επόμενη παράγραφο του παρόντος κεφαλαίου.

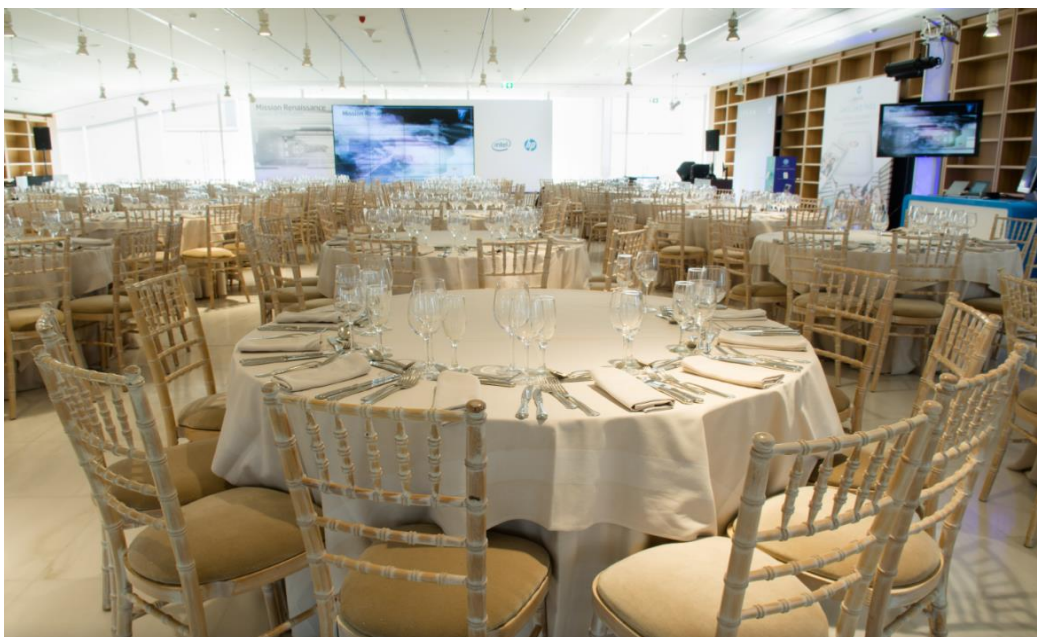
4.1 Μελέτες περιπτώσεις φωτισμού πολυχώρων

Στον πίνακα που ακολουθεί, καταγράφονται συνοπτικά οι λειτουργίες – δραστηριότητες που δύναται να φιλοξενήσει ένας πολυχώρος του εκάστοτε συγκροτήματος.

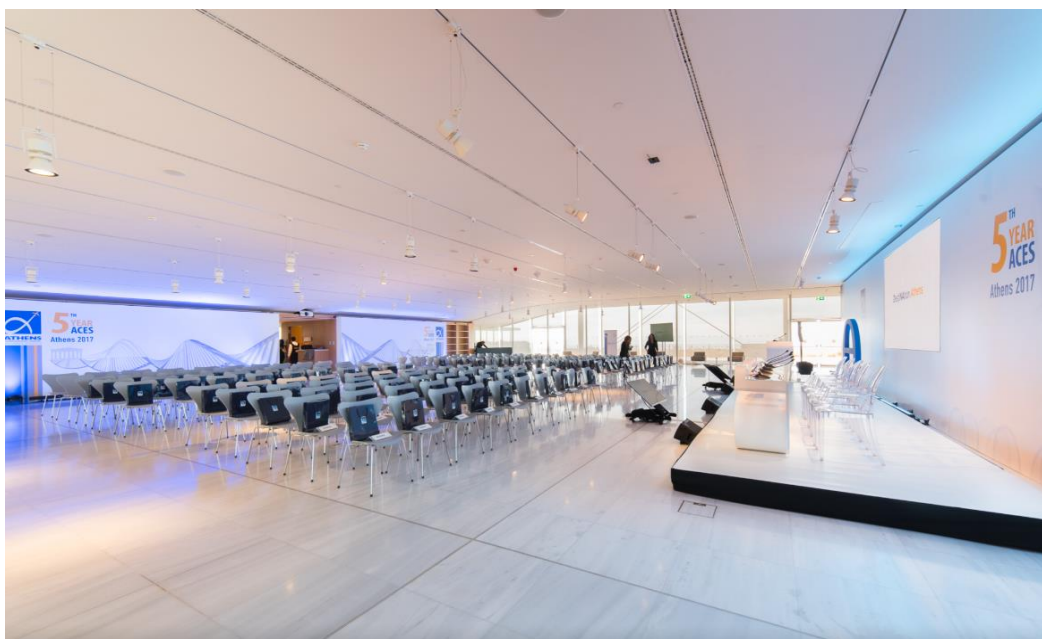
Πίνακας 4.1: Δραστηριότητες επιλεγμένων πολυχώρων [Ιδία Επεξεργασία].

Συγκρότημα	Πολυχώροι	Διαλέξεις, Συνέδρια, Σεμινάρια	Δείπνο Εκδηλώσεων	Εκθέσεις τέχνης και πολιτισμού	Εξωτερική ανάδειξη πρόσοψης
Κέντρο Πολιτισμού Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος	Αίθουσα Εσωτερικός Φάρος	✓	✓	×	×
Μέγαρο Μουσικής Αθηνών	Αίθουσα Banquet	✓	✓	×	×
Μουσείο Ακρόπολης	-	×	×	×	×

Ο «Εσωτερικός Φάρος» είναι ένας εσωτερικός χώρος του **ΚΠΙΣΝ**, ο οποίος επιστεγάζεται με ψευδοροφή και φωτίζεται από κρεμαστά φωτιστικά downlight. Επιδίωξη είναι ο διάχυτος και ομοιόμορφος φωτισμός, αφού στον χώρο αυτόν φιλοξενούνται δείπνα εκδηλώσεων, διαλέξεις, συνέδρια και σεμινάρια. Για το λόγο αυτό πραγματοποιείται ο έλεγχος του φωτισμού, ρυθμίζοντας κατάλληλα την ένταση φωτισμού. Στην περίπτωση των δείπνων, η ελάχιστη απαιτούμενη ένταση φωτισμού είναι 300 lx, ενώ στην αντίστοιχη των διαλέξεων και σεμιναρίων, είναι 500 lx. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση που η αίθουσα αυτή λειτουργεί για τις δραστηριότητες των διαλέξεων, συνεδρίων κλπ, μπορεί να πραγματοποιηθούν και άλλες τεχνικές έλεγχου φωτισμού. Μια εξ' αυτών είναι, πως όταν λειτουργεί το προβολικό για την επίδειξη διαφανειών, τότε μόνο τα μπροστά φωτιστικά θα φωτίζουν κατευθυντικά τους ομιλητές, ενώ οι θέσεις των επισκεπτών δεν θα φωτίζονται καθόλου. Επίσης, όταν η αίθουσα λειτουργεί σε συνθήκες που όλα τα φωτιστικά πρέπει να είναι αναμμένα, θα γίνεται έλεγχος φωτισμού στις θέσεις των επισκεπτών και των ομιλητών για να μην υπάρχει θάμβωση και δυσχεραίνεται η συμμετοχή στην εκάστοτε δραστηριότητα.



Εικόνα 4.1: Χώρος «Εσωτερικός Φάρος»[29].

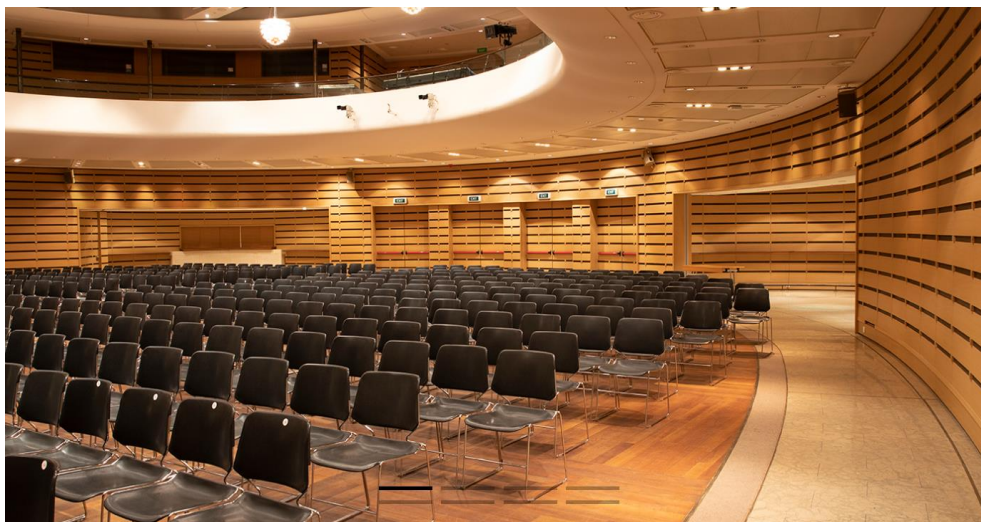


Εικόνα 4.2: Χώρος «Εσωτερικός Φάρος»[29].



Εικόνα 4.3: Χώρος «Εσωτερικός Φάρος»[29].

Η «Αίθουσα Banquet» είναι μια σύγχρονη αίθουσα του **Μεγάλου Μουσικής Αθηνών**, σε κυκλικό σχήμα με κρεμαστό εξώστη. Η αίθουσα αυτή μπορεί να φιλοξενήσει επίσημα δείπνα, συνεδριάσεις αλλά και ζωντανές εκδηλώσεις. Αυτό σημαίνει ότι ο φωτισμός της αίθουσας ελέγχεται κατάλληλα, έτσι ώστε να πληροί κάθε φορά τα όρια της έντασης φωτισμού που θεσπίζουν τα πρότυπα, για την εκάστοτε εκδήλωση. Η αίθουσα φωτίζεται από κρεμαστά φωτιστικά, downlight ψευδοροφής και φωτιστικά washlights (επιτοίχια).



Εικόνα 4.4: «Αίθουσα Banquet»[30].



Εικόνα 4.5: «Αίθουσα Banquet»[30].



Εικόνα 4.6: «Αίθουσα Banquet»[30].

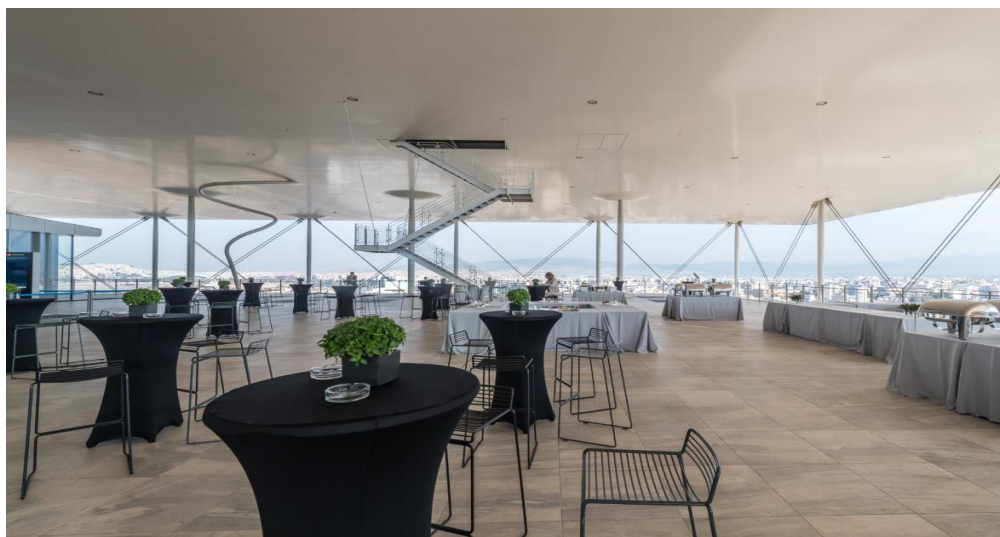


Εικόνα 4.7: «Αίθουσα Banquet»[30].

4.2 Μελέτες περιπτώσεις φωτισμού λοιπών αιθουσών - χώρων

Τα συγκροτήματα ΚΠΙΣΝ, Μέγαρο Μουσικής Αθηνών και Μουσείο Ακρόπολης περιλαμβάνουν ένα σημαντικό πλήθος εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, οι οποίοι εξυπηρετούν τις λειτουργίες και εκδηλώσεις που φιλοξενούνται σε αυτά. Στη συνέχεια αναφέρονται ορισμένες αίθουσες εξ' αυτών, που δε λειτουργούν ως πολυχώροι, αλλά συνάδουν με τις δραστηριότητες που επισημάνθηκαν ανωτέρω.

Ο «Εξωτερικός Φάρος» είναι ένας εξωτερικός χώρος του ΚΠΙΣΝ, ο οποίος επιστεγάζεται με ψευδοροφή και φωτίζεται από φωτιστικά downlight (χωνευτά στην ψευδοροφή). Επιδίωξη είναι ο διάχυτος και ομοιόμορφος φωτισμός, καθώς στον χώρο αυτόν φιλοξενούνται δείπνα εκδηλώσεων.



Εικόνα 4.8: Χώρος «Εξωτερικός Φάρος»[29].

Η «Εναλλακτική Σκηνή» είναι ένας εσωτερικός χώρος του ΚΠΙΣΝ, ο οποίος φωτίζεται από downlight ψευδοροφής, για τη λειτουργία διάχυτου και ομοιόμορφου φωτισμού. Παρά το μεγάλο ύψος του χώρου, ανταποκρίνονται στα επίπεδα φωτισμού σε συνθήκες διαλέξεων και συνεδρίων με ολομέλεια. Ωστόσο, είναι τέτοια η τοποθέτηση ορισμένων φωτιστικών, που φωτίζουν σημαντικά τις επιφάνειες των τοίχων (wall washing), εκτός από το οριζόντιο επίπεδο, παράγοντας ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα. Επίσης, παρατηρείται φωτισμός έκτακτης ανάγκης με επιτοίχια φωτιστικά σε περίπτωση που χρειαστεί να εκκενωθεί άμεσα ο χώρος.



Εικόνα 4.9: Χώρος «Εναλλακτική Σκηνή»[29].

Ο «Πύργος Βιβλίων» είναι ένας εσωτερικός χώρος του **ΚΠΙΣΝ**, ο οποίος φωτίζεται με φωτιστικά downlight σε ράγες. Επιδίωξη είναι ο διάχυτος και ομοιόμορφος φωτισμός, αφού στον χώρο αυτόν φιλοξενούνται διαλέξεις, συνέδρια και σεμινάρια. Ωστόσο, με τη χρήση των εν λόγω φωτιστικών είναι δυνατή και η κατευθυντική λειτουργία των φωτιστικών, αναλόγως με το πως θα ρυθμιστούν τα πτερύγιά τους. Αυτή η λειτουργία έχει ακόμα μια χρησιμότητα, τη μείωση της θάμβωσης όταν παρατηρείται έντονη φωτεινότητα στις θέσεις των επισκεπτών.



Εικόνα 4.10: Χώρος «Πύργος Βιβλίων»[29].



Εικόνα 4.11: Χώρος «Πύργος Βιβλίων»[29].

Η «Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων» είναι ένας εσωτερικός χώρος του **ΚΠΙΣΝ**, ο οποίος φωτίζεται με γραμμικά φωτιστικά ψευδοροφής. Επιδίωξη και σε αυτόν τον χώρο είναι ο διάχυτος και ομοιόμορφος φωτισμός, αφού στον χώρο αυτόν φιλοξενούνται διαλέξεις, και σεμινάρια.

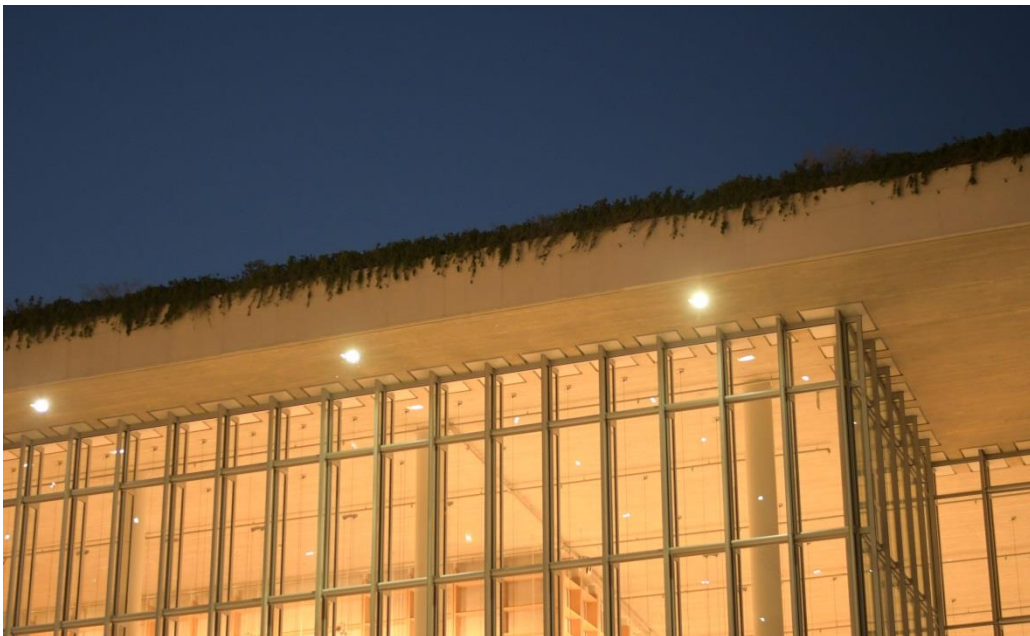


Εικόνα 4.12: «Αίθουσα Πολλαπλών Χρήσεων»[29].

Η πρόσοψη του συγκροτήματος **ΚΠΙΣΝ**, αφορά τον εξωτερικό χώρο και έχει το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι αποτελείται από υαλοστάσια, πράγμα που σημαίνει ότι στο τελικό αποτέλεσμα φωτισμού συμβάλλουν περισσότερο τα φωτιστικά από τους εσωτερικούς χώρους του. Τα φωτιστικά αυτά είναι downlight ψευδοροφής ή κρεμαστά. Όσον αφορά τα υπόλοιπα φωτιστικά της πρόσοψης (εκτός των εσωτερικών χώρων), αυτά είναι downlight ψευδοροφής, καθώς και φωτιστικά uplight (στεγανά, χωνευτά φωτιστικά δαπέδου).



Εικόνα 4.13: Πρόσοψη ΚΠΙΣΝ[7].

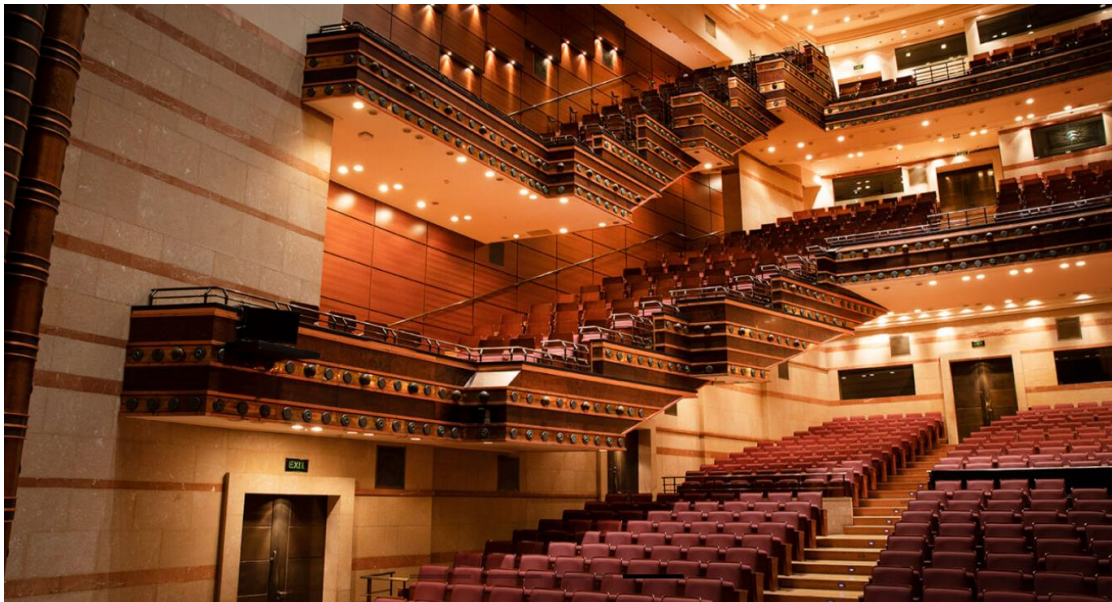


Εικόνα 4.14: Φωτιστικά downlight ψευδοροφής [Ιδία Επεξεργασία].

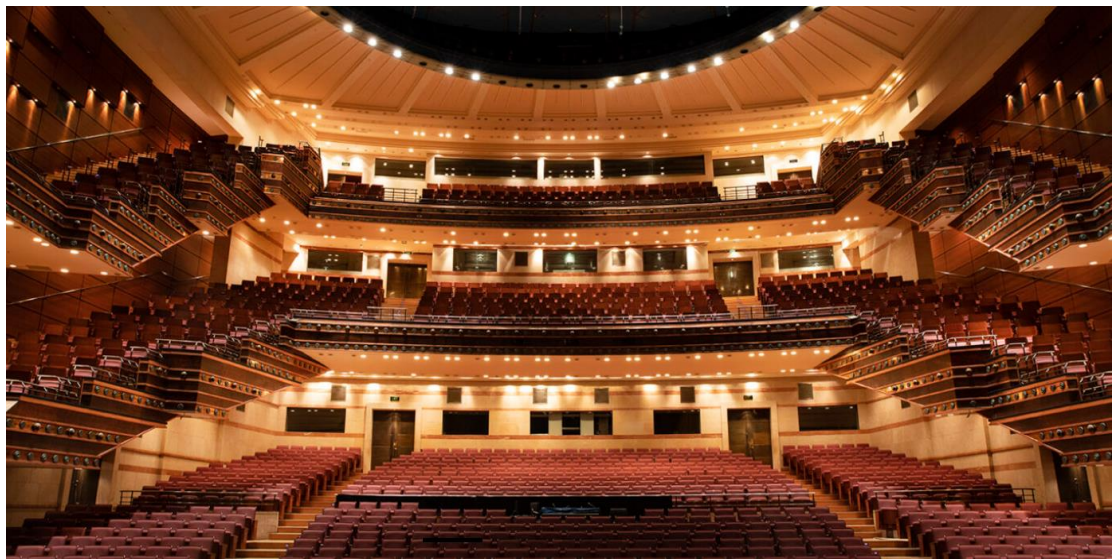


Εικόνα 4.15: Φωτιστικά uplight δαπέδου [Ίδια Επεξεργασία].

Η «Αίθουσα Αλεξάνδρα Τριάντη» είναι ένας εσωτερικός χώρος του **Μεγάρου Μουσικής Αθηνών**, που διαθέτει μια εξαιρετικά ευέλικτη σκηνή και είναι ιδανική για συνεδρίες και διαλέξεις σε ολομέλεια. Η κυρίως αίθουσα φωτίζεται από downlight ψευδοροφής. Επίσης, υπάρχουν επιτοίχια φωτιστικά washlights που φωτίζουν το δάπεδο, και τις κάθετες επιφάνειες των τοίχων (wall washing). Όλα τα φωτιστικά συμβάλλουν στον διάχυτο και ομοιόμορφο φωτισμό του χώρου, ενώ παράλληλα παρατηρούνται τεχνικές ανάδειξης των κάθετων επιφανειών, παρουσιάζοντας ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα. Τέλος, υπάρχουν φωτιστικά έκτακτης ανάγκης, downlight στα σημεία και στους διαδρόμους εκκένωσης.



Εικόνα 4.16: «Αίθουσα Αλεξάνδρα Τριάντη»[30].



Εικόνα 4.17: «Αίθουσα Αλεξάνδρα Τριάντη»[30].

Οι «Αίθουσες Συνεδρίων», είναι εσωτερικοί χώροι του **Μεγάρου Μουσικής Αθηνών** και δύναται να χρησιμοποιηθούν για παράλληλες συνεδρίες, για επαγγελματικές συναντήσεις, συνεντεύξεις τύπου, προβολές ως κέντρο οργανωτικών επιτροπών, αλλά και για εκπαιδευτικές εκδηλώσεις και σεμινάρια. Οι χώροι αυτοί φωτίζονται με πάνελ και downlight ψευδοροφής, έτσι ώστε να καλύπτεται ο χώρος με διάχυτο και ομοιόμορφο φωτισμό. Επίσης, και σε αυτήν την περίπτωση είναι αναγκαίος ο έλεγχος φωτισμού σε περίπτωση που χρειαστεί οι θέσεις των επισκεπτών να είναι μερικώς ή καθόλου φωτιζόμενες, κατά τη διάρκεια προβολής διαφανειών και παρουσιάσεων.



Εικόνα 4.18: «Αίθουσα Συνεδρίων»[30].

Τέλος, παρατηρούμε πως στους επιμέρους «**Εκθεσιακούς Χώρους**» του **Μεγάρου Μουσικής Αθηνών**, χρησιμοποιούνται κρεμαστά φωτιστικά, παρέχοντας έτσι τον κατάλληλο και ελεγχόμενο φωτισμό, για την ανάδειξη των εκάστοτε εκθεμάτων και τον γενικό φωτισμό.

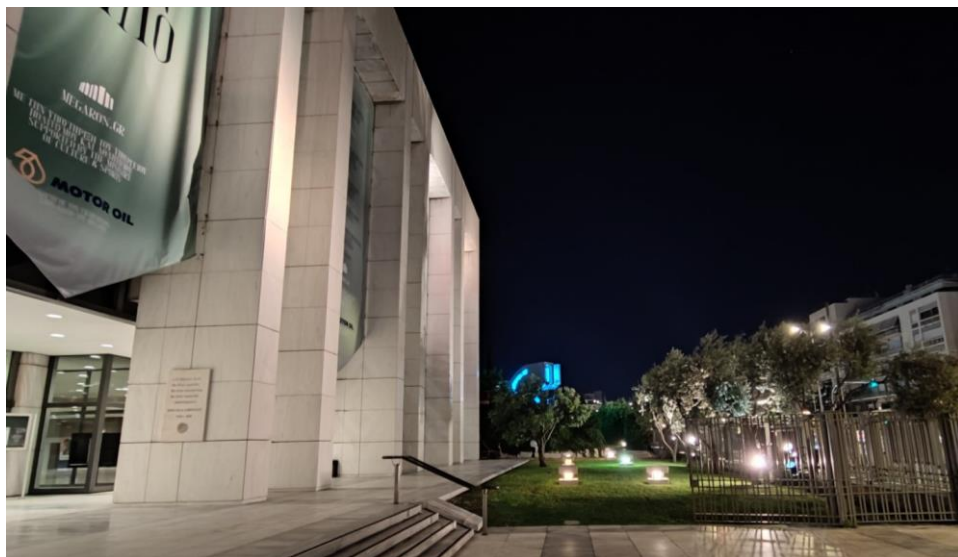


Εικόνα 4.19: Εκθεσιακοί Χώροι[30].

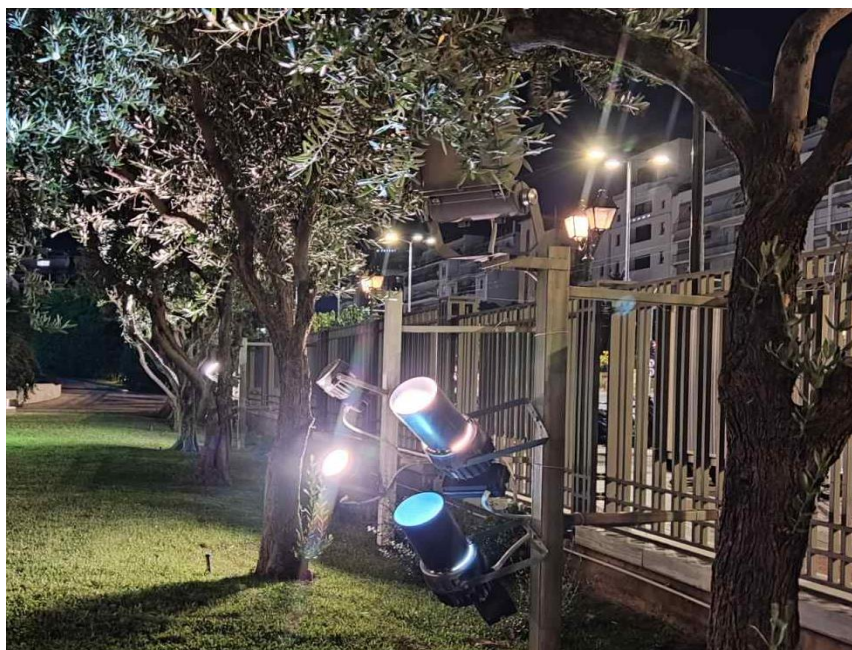
Η πρόσοψη του συγκροτήματος **Μεγάρου Μουσικής Αθηνών** αποτελείται από συμπαγές αδιαφανή οικοδομικό υλικό, καθώς και από υαλοστάσια. Τα κομμάτια του οικοδομικού υλικού φωτίζονται με φωτιστικά wallwasher. Παράλληλα, οι κάθετες επιφάνειες που αποτελούνται από υαλοστάσια, αναδεικνύονται από τα εσωτερικά φωτιστικά, τύπου χωνευτά γραμμικά και downlight (ψευδοροφής). Τέλος κατά μήκος της πρόσοψης του συγκροτήματος, οι είσοδοι – έξοδοι του μεγάρου φωτίζονται με φωτιστικά downlight ψευδοροφής.



Εικόνα 4.20: Πρόσοψη Μεγάρου Μουσικής [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 4.21: Πρόσοψη Μεγάρου Μουσικής [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 4.22: Φωτιστικά wallwasher [Ιδία Επεξεργασία].

Η «Αίθουσα Συνεδρίων – Διαλέξεων» είναι ένας εσωτερικός χώρος στο **Μουσείο Ακρόπολης**, που φωτίζεται με downlight ψευδοροφής, τα οποία φωτιστικά φωτίζουν τόσο το οριζόντιο επίπεδο (θέσεις επισκεπτών, έδρανα ομιλητών), όσο και τις κάθετες επιφάνειες (τοιίχους – wall washing). Ο έλεγχος φωτισμού είναι αναγκαίος και σε αυτήν την αίθουσα, ανάλογα με τη χρήση του χώρου και τις ανάγκες φωτισμού των θέσεων των επισκεπτών και ομιλητών.



Εικόνα 4.23: «Αίθουσα Συνεδρίων και Διαλέξεων»[31].

Όσον αφορά τους εκθεσιακούς χώρους στο **Μουσείο Ακρόπολης**, ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η «Αίθουσα των Κλιτύων της Ακρόπολης». Η συγκεκριμένη αίθουσα φωτίζεται με downlight ψευδοροφής, για τις ανάγκες ομοιομορφίας και φωτεινότητας του

γενικού φωτισμού. Όσον αφορά τα εκθέματα στις κάθετες επιφάνειες, αυτά φωτίζονται κατευθυντικά με ταινίες φωτισμού.



Εικόνα 4.24: «Αίθουσα των Κλιτύων της Ακρόπολης»[32].

Η «Αίθουσα του Παρθενώνα» φωτίζει κατευθυντικά τα εκθέματα της με spotlight σε ράγες και ταινίες φωτισμού, ενώ με φωτιστικά downlight εξυπηρετείται ο γενικός φωτισμός. Ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού και τα εκθέματα ο φωτισμός ελέγχεται κατάλληλα.

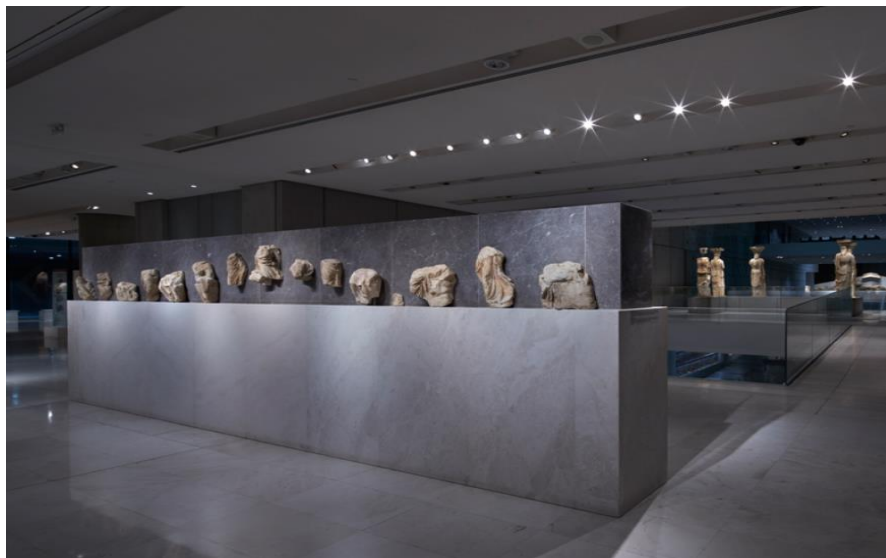


Εικόνα 4.25: «Αίθουσα του Παρθενώνα»[32].



Εικόνα 4.26: «Αίθουσα του Παρθενώνα»[32].

Όσον αφορά την Αίθουσα της δυτικής πλευράς του πρώτου ορόφου, παρουσιάζονται έργα και μνημεία του οικοδομικού προγράμματος του Περικλή. Στη συγκεκριμένη αίθουσα ο φωτισμός των εκθεμάτων πραγματοποιείται με φωτιστικά spotlight, ενώ ο γενικός φωτισμός με downlight ψευδοροφής.



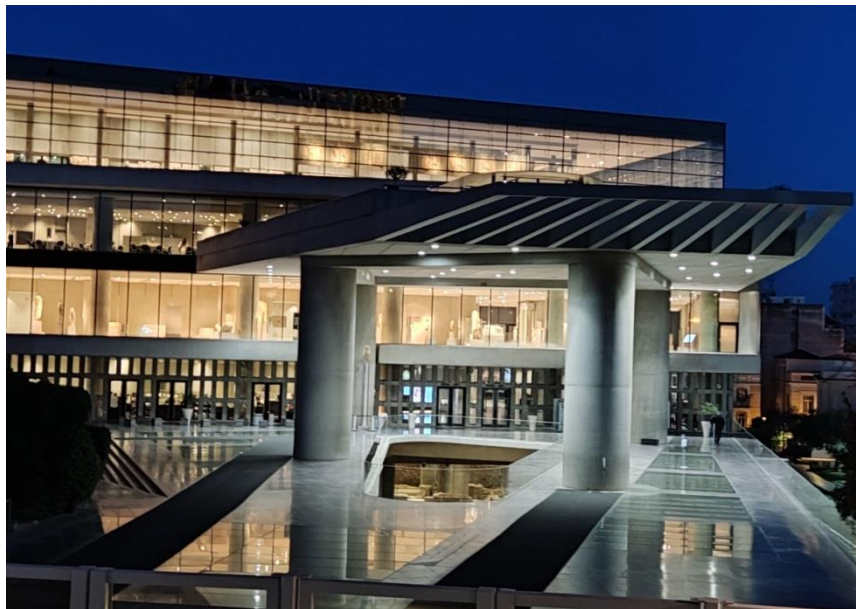
Εικόνα 4.27: «Αίθουσα της δυτικής πλευράς του πρώτου ορόφου»[32].

Η πρόσωση του συγκροτήματος **Μουσείο Ακρόπολης** αφορά σαφώς την εξωτερική του χρήση και φωτίζεται με έναν ξεχωριστό τρόπο, καθώς περιλαμβάνει διαφανείς

υαλοστάσια. Με αυτήν την τεχνική, φωτίζοντας τα επιμέρους εκθέματα και τους εν γένει εσωτερικούς χώρους, με τους τύπους φωτιστικών που αναλύσαμε παραπάνω, παράγεται ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα, καθώς αναδεικνύεται παράλληλα και η πρόσοψη του κτιρίου. Τέλος, η κύρια είσοδος του μουσείου φωτίζεται συμπληρωματικά με φωτιστικά downlight ψευδοροφής, για τον διάχυτο και ευκρινή φωτισμό της.



Εικόνα 4.28: Πρόσοψη Μουσείου Ακρόπολης [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 4.29: Πρόσοψη Μουσείου Ακρόπολης [Ιδία Επεξεργασία].

Βάσει της ανωτέρω ανάλυσης συμπεραίνουμε πως ο ίδιος τύπος φωτιστικού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη διαφορετικών δράσεων. Πιο συγκεκριμένα, κυρίαρχο είδος φωτιστικού είναι το downlight ψευδοροφής, το οποίο συναντήσαμε σε όλους τους υπό εξέταση χώρους, δηλαδή σε χώρους συνεδρίων, διαλέξεων, σε χώρους όπου δύναται να φιλοξενηθούν δείπνα εκδήλωσης, σε χώρους εκθέσεων και στην ανάδειξη της πρόσοψης ενός συγκροτήματος – κτιρίου. Επίσης, τα κρεμαστά φωτιστικά χρησιμοποιήθηκαν σε χώρους όπου δύναται να φιλοξενηθούν δείπνα εκδήλωσης και σε χώρους εκθέσεων, ενώ τα γραμμικά φωτιστικά και τα πάνελ ψευδοροφής χρησιμοποιήθηκαν ως επί το πλείστον σε χώρους συνεδρίων, διαλέξεων. Επιπρόσθετα, τα φωτιστικά ράγας εμφανίζονται σε χώρους συνεδρίων, διαλέξεων και σε χώρους εκθέσεων, ενώ τα φωτιστικά washlight σε χώρους συνεδρίων, διαλέξεων και σε χώρους εκδηλώσεων. Τέλος, άξιο σημείο αναφοράς αποτελεί ο φωτισμός των προσόψεων των κτιρίων, όπου χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά upright δαπέδου, downlight ψευδοροφής και φωτιστικά wallwasher, αναδεικνύοντας αυτές με ποικίλους τρόπους.

5

Ανάλυση μελέτης φωτισμού στον πολυχώρο του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου

5.1 Ιστορική ανασκόπηση του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού

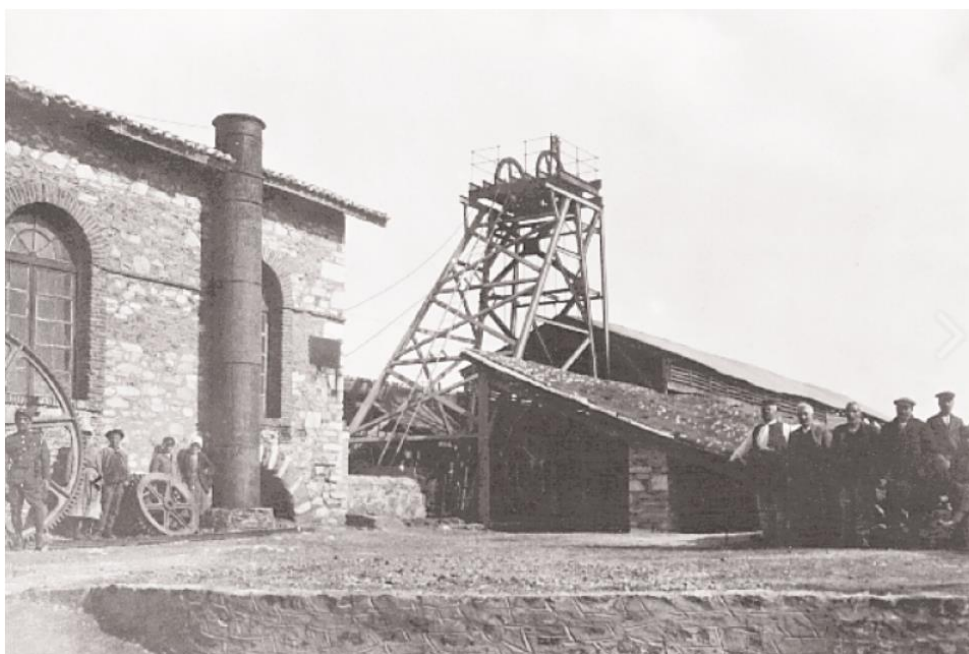
Πάρκου Λαυρίου

Η ονομασία της τοποθεσίας του Λαυρίου έχει τις ρίζες της από τις λέξεις «λαύρα» ή «λαύρη», οι οποίες χαρακτηρίζουν την έννοια της στενωπού (στενό πέρασμα). Η πόλη του Λαυρίου αποτέλεσε μια από τις πιο κομβικές στην Ελλάδα, στο διάστημα του 19^{ου} – 20^{ου} αιώνα, ενώ επίσης, αποτέλεσε τον πρώτο εργατικό οικισμό της σύγχρονης μορφής του ελληνικού κράτους. Η πόλη αυτή κατά τη διάρκεια των δύο αυτών αιώνων, συνδέθηκε άρρηκτα με την απόπειρα ανάπτυξης των πλουτοπαραγωγικών του πηγών και της βιομηχανίας του.

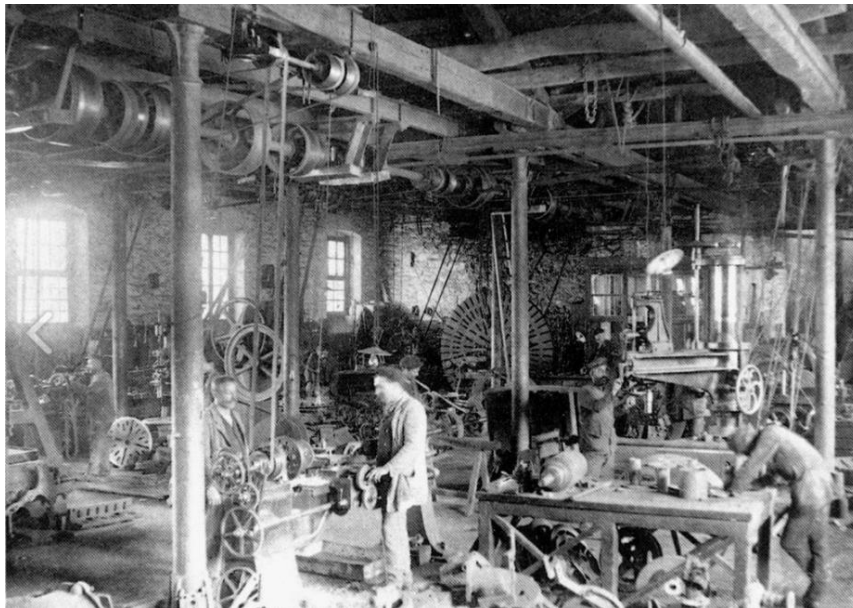
Οι αρχαίοι Έλληνες ήταν οι πρώτοι που ασχολήθηκαν με τις μεταλλευτικές παροχές του τόπου πριν το 3000 π.Χ., ενώ η συστηματική δραστηριοποίηση πραγματοποιήθηκε περί

τον 5^ο αιώνα π.Χ., με σκοπό την άντληση μεταλλευμάτων με κύριο συστατικό τον αργυρομόλυβδο. Από το 1860 μέχρι το 1989 δεσπόζουν στην περιοχή δύο εταιρείες μεταλλευμάτων, οι οποίες εκμεταλλεύτηκαν τα αρχαία μεταλλεία και δημιούργησαν σύγχρονα για την τότε εποχή εργοστάσια. Τις εταιρείες αυτές αποτελούσαν μια γαλλική και μια ελληνική, με την πρώτη ωστόσο να κρίνεται μακροβιότερη. Διάφορες κρίσεις έπληξαν την περιοχή, όπως η μεγάλη πτώση της τιμής του μολύβδου τις δεκαετίες του 1880 και 1890 και οι δύο Παγκόσμιοι Πόλεμοι. Η αποβιομηχάνιση της Ελλάδας από το 1980 και έπειτα έχει ως αποτέλεσμα την τελευταία μεγάλη κρίση και το κλείσιμο ουσιαστικά των μεταλλείων στο Λαύριο το 1989.

Τα επόμενα χρόνια με το πέρας της λειτουργίας των μεταλλείων τέθηκαν επί τάπητος από την τοπική διοίκηση διάφορες προτάσεις για την επανάχρηση του χώρου. Η πρόταση που επιβλήθηκε έναντι των υπολοίπων είχε να κάνει με τη διατήρηση της τεχνολογικής φύσης του χώρου, με κύριο σκοπό την αναγέννηση της παλαιάς βιομηχανικής περιοχής σε ένα σύγχρονο τεχνολογικό και πολιτιστικό πάρκο. Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο αποδέχθηκε την πρόκληση αυτή με στόχο να την εκπληρώσει στο έπακρο, χρησιμοποιώντας κατάλληλα την επιστημονική του γνώση. Το ΤΠΠΑ τέθηκε σε ισχύ το 1995, όταν και ολοκληρώθηκαν όλες οι απαραίτητες ενέργειες για τη θεσμική λειτουργία του.[33]



Εικόνα 5.1: Χωροφύλακες, γυναικόπαιδα και μεταλλωρύχοι στις αρχές του 20^{ου} αιώνα[7].



Εικόνα 5.2: Εσωτερικός χώρος του μηχανουργείου[7].



Εικόνα 5.3: Πανοραμική επισκόπηση ΤΠΠΑ[7].

5.2 Αρχιτεκτονική επισκόπηση του πολυχώρου

Το κτίριο το οποίο επιλέχθηκε για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η «Αποθήκη Επίπλευσης» του ΤΠΠΑ που λειτουργεί ως πολυχώρος. Το κτίριο αυτό δομικά είναι ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, μήκους 23,08m και πλάτους 29,70m. Επίσης, είναι κτίριο παλαιάς αρχιτεκτονικής, του 19^{ου} αιώνα με τριγωνική κεραμοσκεπή, συνολικού ύψους 8,50m. Στο εσωτερικό του κτιρίου υπάρχει μια ενιαία μεγάλη αίθουσα, η οποία

χαρακτηρίζεται ως «Κεντρική Σάλα» και δύο επιμέρους μικροί χώροι που λειτουργούν ως WC.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές φωτογραφίες επισκόπησης που λήφθηκαν κατά την αναγνώριση του πολυχώρου.



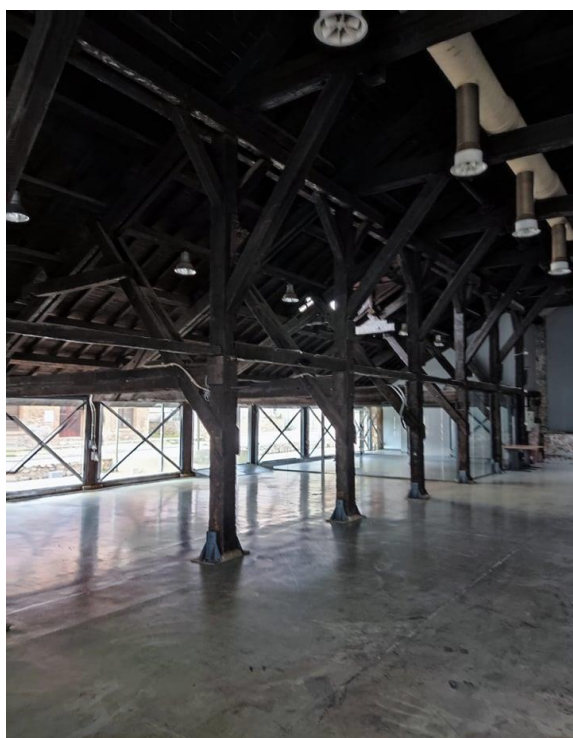
Εικόνα 5.4: Εξωτερική όψη πολυχώρου [Ιδία Επεξεργασία].



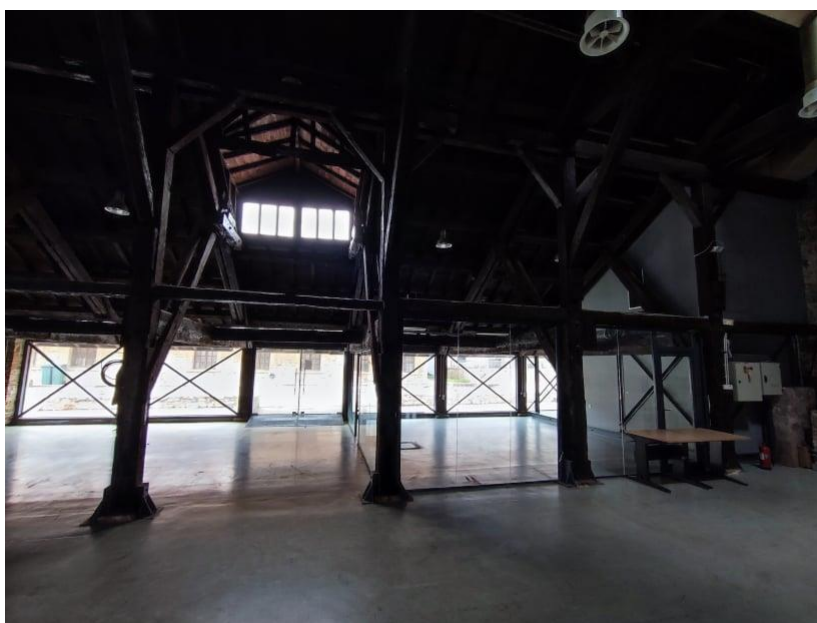
Εικόνα 5.5: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 5.6: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα»
[Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 5.7: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα»
[Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 5.8: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα»
[Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 5.9: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα»
[Ιδία Επεξεργασία].



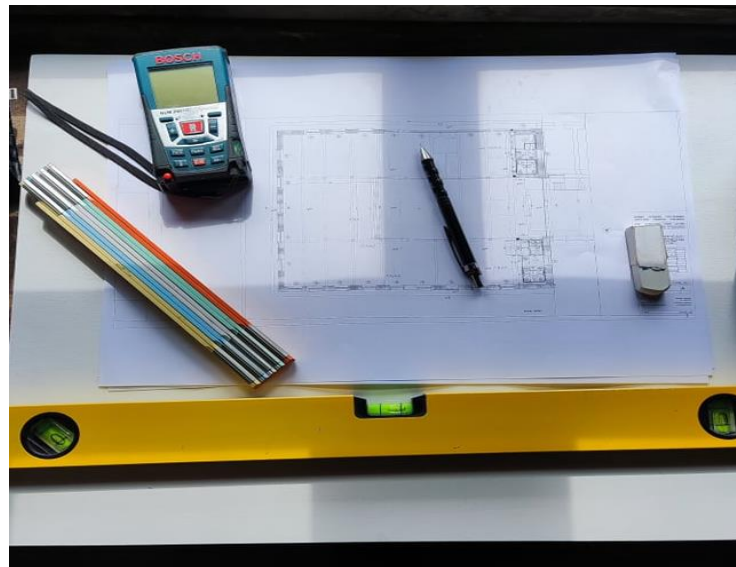
Εικόνα 5.10: Εσωτερική επισκόπηση πολυώρου, «Κεντρική Σάλα», είσοδος προς «WC» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 5.11: Εσωτερική επισκόπηση πολυώρου, «Κεντρική Σάλα», είσοδος προς «WC» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 5.12: Ενδεικτικό άνοιγμα – παράθυρο πολυχώρου, «Κεντρική Σάλα»
[Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 5.13: Όργανα μέτρησης και σχέδια για την ανάλυση της διπλωματικής
εργασίας [Ιδία Επεξεργασία].

5.3 Σκιαγράφημα φωτοτεχνικής μελέτης

Πρώτο στάδιο για την εκπόνηση της φωτοτεχνικής μελέτης ήταν η συλλογή όλων των απαραίτητων αρχιτεκτονικών σχεδίων από τη διοίκηση του ΤΠΠΑ. Το δεύτερο στάδιο περιελάμβανε την επίσκεψη στον πολυχώρο του ΤΠΠΑ, έτσι ώστε να γίνει η διαζώσης αναγνώριση του κτιρίου και του περιβάλλοντα χώρου του, καθώς και η λήψη των απαραίτητων φωτογραφιών. Στο σημείο αυτό πραγματοποιήθηκε σύγκριση και αντιπαραβολή των αρχιτεκτονικών σχεδίων με τη φυσική όψη του κτιρίου, έτσι ώστε να αποσαφηνιστούν όλες οι αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες. Εν συνεχεία, στο τρίτο στάδιο κατασκευάστηκε στο λογισμικό «AutoCad» η κάτοψη του εν λόγω κτιρίου και κατόπιν εισήχθη στο λογισμικό «DIALux eno». Εκεί, απεικονίστηκε αρχιτεκτονικά το υπό μελέτη κτίριο, σε 3D μορφή, ενώ ακολούθως πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη φωτισμού. Αυτή περιελάμβανε, ως τέταρτο στάδιο, την επιλογή των κατάλληλων φωτιστικών για όλες τις δραστηριότητες - σενάρια του πολυχώρου και την αντίστοιχη προσομοίωση, απ' όπου λήφθηκαν όλα τα απαραίτητα αποτελέσματα της μελέτης.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά τα στάδια της μελέτης:

- συλλογή αρχιτεκτονικών σχεδίων
- διαζώσης αναγνώριση πολυχώρου και λήψη φωτογραφιών
- σύγκριση αρχιτεκτονικών σχεδίων με τη φυσική όψη του πολυχώρου
- χρησιμοποίηση του λογισμικού «AutoCad» για την κάτοψη του πολυχώρου και του λογισμικού «DIALux eno» για τη μελέτη φωτισμού σε τέσσερις διαφορετικές χρήσεις του πολυχώρου

Οι περιπτώσεις, οι οποίες μελετήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι 3 σενάρια εσωτερικού φωτισμού και μια μελέτη φωτισμού εξωτερικού χώρου (εξωτερική ανάδειξη της πρόσοψης) σε ένα κτίριο, που λειτουργεί ως πολυχώρος, σε συνθήκες μη ύπαρξης φυσικού φωτισμού. Οι εσωτερικές δραστηριότητες αφορούν τη μεγάλη αίθουσα «Κεντρική Σάλα». Σημαντικό σημείο αναφοράς αποτελεί το γεγονός, πως εφόσον η ίδια αίθουσα χρησιμοποιείται για 3 διαφορετικά σενάρια, ο γενικός φωτισμός πραγματοποιήθηκε από τα ίδια φωτιστικά (dimnable control). Έτσι, ρυθμίζοντας τα κατάλληλα σε κάθε σενάριο ήταν σε θέση να πληρούν τα όρια φωτισμού σύμφωνα με τα πρότυπα.

Το πρώτο σενάριο εσωτερικού φωτισμού που μελετήθηκε, περιελάμβανε τη χρήση της «Κεντρικής Σάλας» ως αίθουσα συνεδρίων και διαλέξεων. Αφορούσε ομοιόμορφο και διάχυτο φωτισμό της αίθουσας, έτσι ώστε οι καθήμενοι επισκέπτες να είναι σε θέση να κρατήσουν ενδεχόμενες σημειώσεις και να έχουν καθαρή οπτική επαφή με τον πίνακα προβολής και τον εκάστοτε ομιλητή. Επίσης, ο φωτισμός θα έπρεπε να είναι τέτοιος, έτσι ώστε για τους επισκέπτες και τους ομιλητές να αποτελεί μια ευχάριστη και άνετη δραστηριότητα.

Το δεύτερο σενάριο είχε να κάνει με τη χρήση της «Κεντρικής Σάλας», ως χώρο για ένα δείπνο εκδήλωσης. Κύριος στόχος του σεναρίου αυτού είναι, οι καθήμενοι καλεσμένοι να απολαμβάνουν με τη χρήση ποιοτικού φωτισμού το δείπνο τους, ενώ παράλληλα να είναι σε θέση να συνάψουν κοινωνικές γνωριμίες και συζητήσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα πρόσωπα των επισκεπτών πρέπει να είναι ευκρινή και το φαγητό να φαίνεται ελκυστικό.

Το τρίτο σενάριο περιελάμβανε τη χρήση της «Κεντρικής Σάλας», ως χώρο για ανάδειξη εικαστικής τέχνης. Διάφοροι πίνακες, φωτογραφίες ή εικόνες μπορούν να αναρτηθούν σε προεπιλεγμένες θέσεις στις δύο πλευρές - πτέρυγες της μεγάλης αυτής αίθουσας. Κύριος στόχος του σεναρίου αυτού είναι, η ευκρινής και κατευθυντική ανάδειξη της τέχνης στους επισκέπτες του χώρου, ενώ παράλληλα συνυπάρχει ο κατάλληλος γενικός φωτισμός για τις απαιτήσεις του χώρου.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε η εξωτερική ανάδειξη της πρόσοψης του κτιρίου, για τις περιπτώσεις εξωτερικών νυχτερινών εκδηλώσεων στο ΤΠΠΛ, πλησίον του κτιρίου που εξετάζουμε. Ο εξωτερικός περιβάλλον φωτισμός που συνυπάρχει, αφορά τον διάδρομο διέλευσης των επισκεπτών στην είσοδο του πολυχώρου, κατά μήκος της πρόσοψης του και την ανάδειξη των δέντρων και του γρασιδιού πλησίον αυτού.

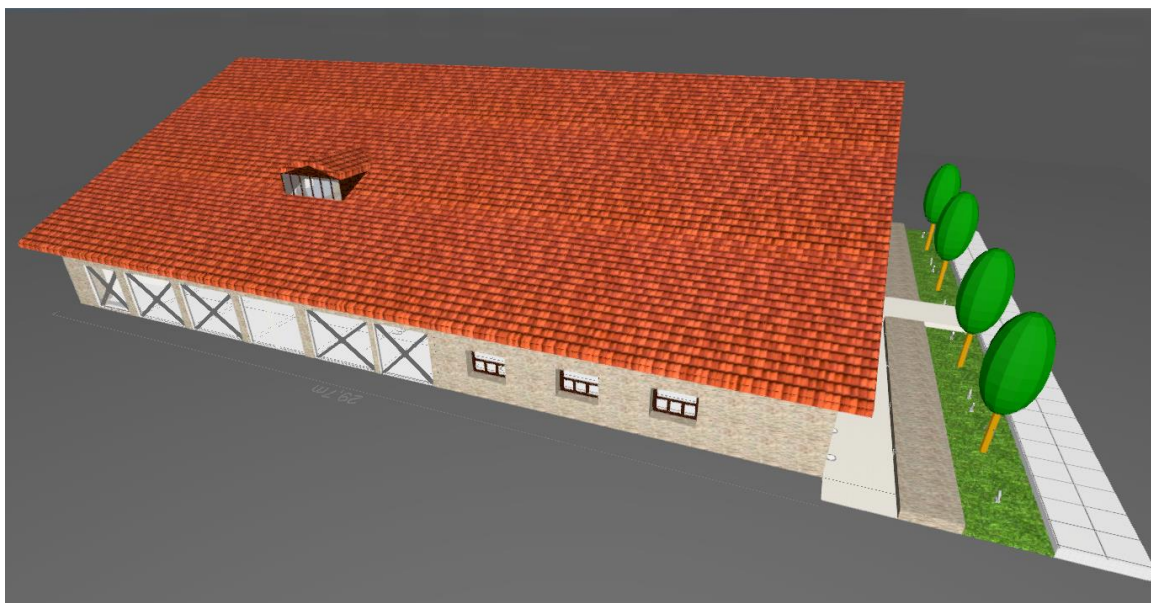
6

Υλοποίηση μελέτης φωτισμού στον πολυχώρο του Τεχνολογικού και Πολιτιστικού Πάρκου Λαυρίου

Η υλοποίηση της μελέτης φωτισμού πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού DIALux eno, το οποίο απεικονίζει τον φωτισμό του πολυχώρου του ΤΠΠΛ σε τρισδιάστατη μορφή για την ανάδειξη των τεσσάρων χρήσεων, που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με συνθήκες απουσίας φυσικού φωτισμού.



Εικόνα 6.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση πρόσοψης πολυχώρου χωρίς φωτιστικά
[Ιδία Επεξεργασία].

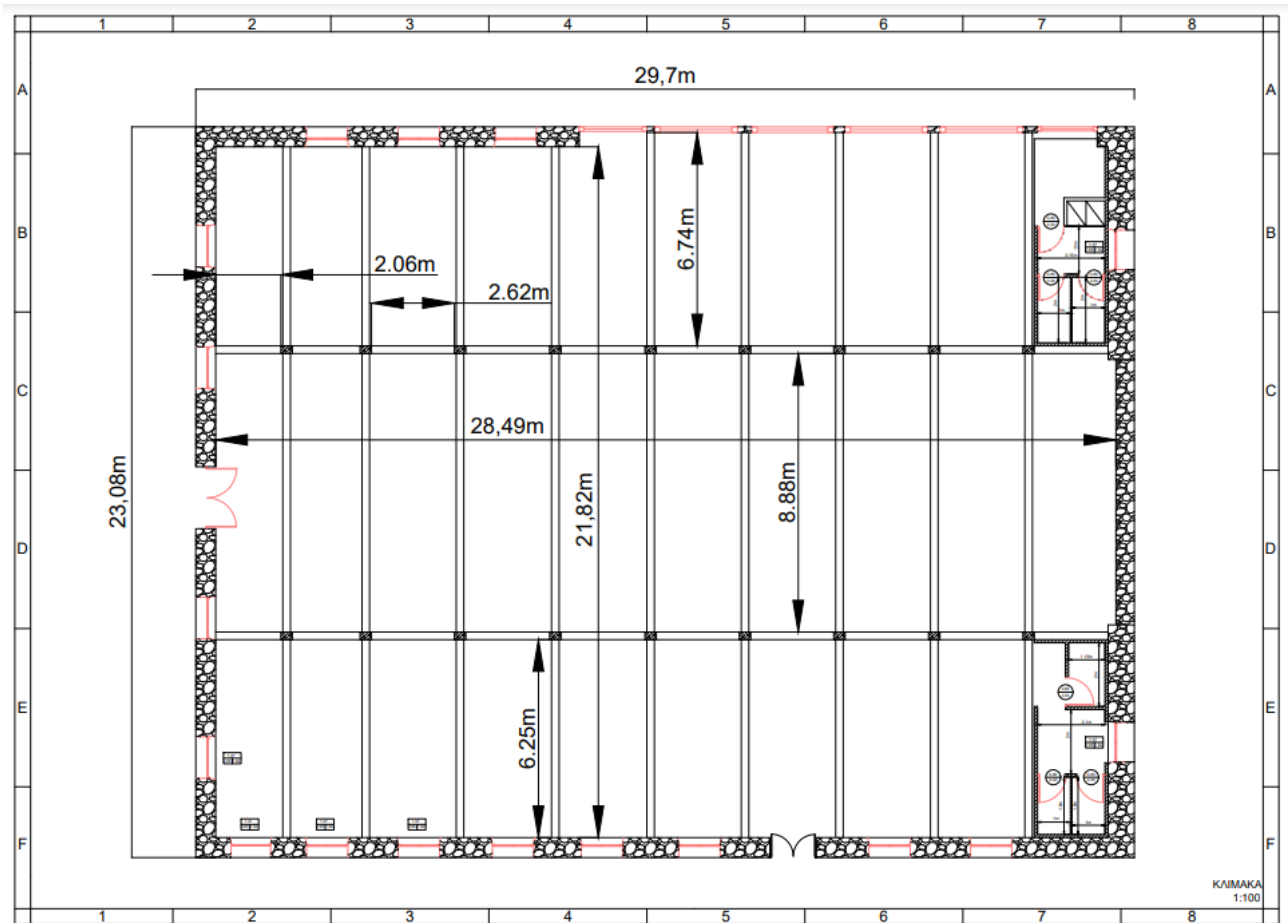


Εικόνα 6.2: Τρισδιάστατη απεικόνιση δυτικής όψης πολυώρου χωρίς φωτιστικά
[Ιδία Επεξεργασία].



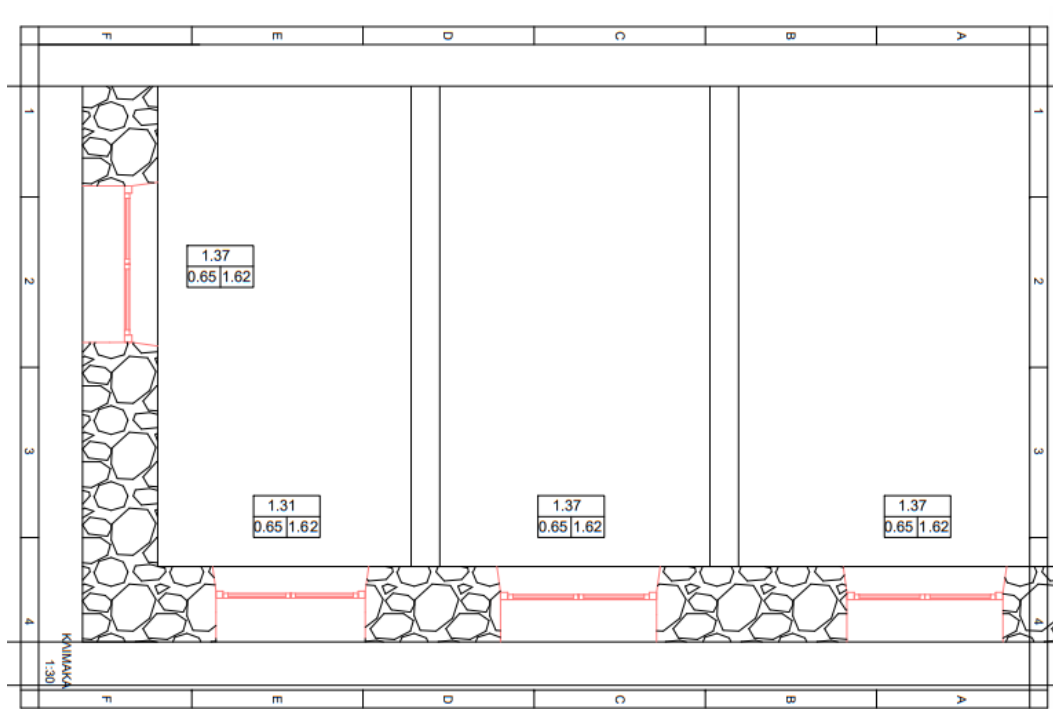
Εικόνα 6.3: Τρισδιάστατη απεικόνιση ανατολικής όψης πολυώρου χωρίς φωτιστικά
[Ιδία Επεξεργασία].

Στη συνέχεια παρουσιάζονται μερικά σχέδια αρχιτεκτονικών κατόψεων, που αφορούν την «Κεντρική Σάλα» και ενδεικτικά ανοίγματα του πολυγώνου (πόρτες, παράθυρα).

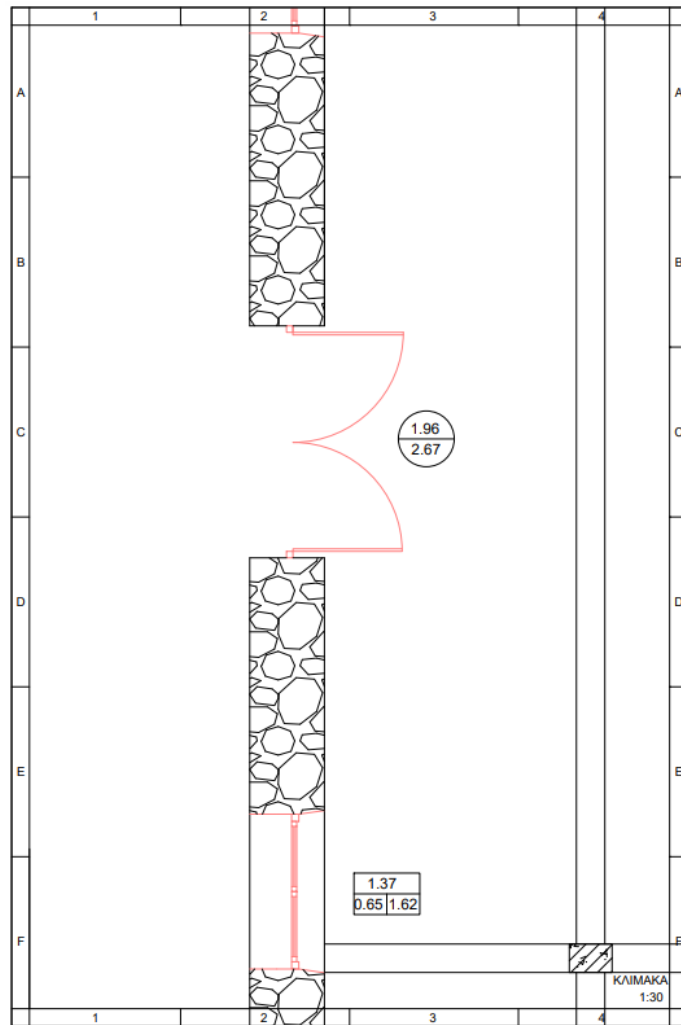


Εικόνα 6.4: Κάτοψη πολυγώνου στο λογισμικό AutoCad, «Κεντρική Σάλα»

[Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.5: Ενδεικτικά ανοίγματα - παράθυρα πολυγώνου στο λογισμικό AutoCad, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].

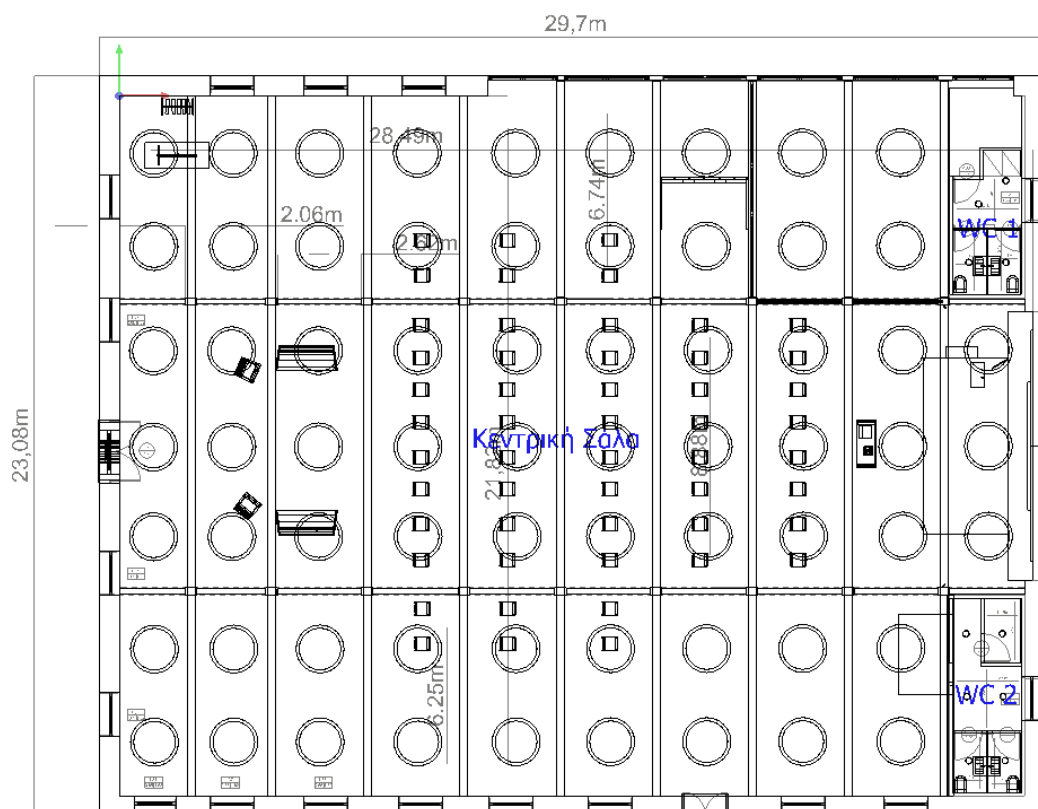


Εικόνα 6.6: Ενδεικτικό άνοιγμα – δίφυλλη πόρτα πολυχώρου στο λογισμικό AutoCad, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].

6.1 Εσωτερικός φωτισμός,

Σενάριο 1: Αίθουσα συνεδρίων και διαλέξεων

Παρακάτω παρουσιάζεται η κάτοψη με τα αντίστοιχα φωτιστικά, που αφορούν την «Κεντρική Σάλα».



Εικόνα 6.7: Κάτοψη πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο με φωτιστικά, «Κεντρική Σάλα»

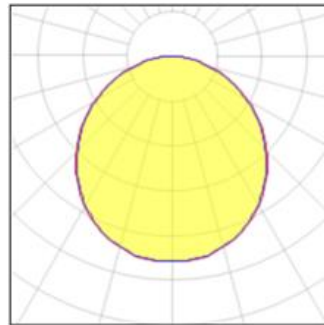
[Ιδία Επεξεργασία].

6.1.1 Επιλογή φωτιστικών

Στο εν λόγω σενάριο χρησιμοποιήθηκαν κρεμαστά φωτιστικά στον χώρο «Κεντρική Σάλα», λόγω της μεγάλης ύψους τριγωνικής κεραμοσκεπής που διαθέτει το κτίριο. Επίσης, η εν λόγω επιλογή έγινε για να επιτύχουμε διάχυτο φωτισμό στον χώρο μας, καθώς αυτός φιλοξενεί δραστηριότητες συνεδρίων και διαλέξεων. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν 66 κρεμαστά φωτιστικά **BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. FUGA 2 RING SP 1500mm** στον χώρο «Κεντρική Σάλα».



Εικόνα 6.8: Κρεμαστό φωτιστικό οροφής [34].



Εικόνα 6.9: Φωτεινή δέσμη κρεμαστού φωτιστικού οροφής [34].

Τα κρεμαστά φωτιστικά της Κεντρικής Σάλας επιλέχθηκαν στη θερμοκρασία των 3000 K, επιδιώκοντας με αυτόν τον τρόπο, πιο θερμά και «ξεκούραστα» στον οφθαλμό χρώματα. Το υλικό της πέτρας στους τοίχους, η ξύλινη εσωτερική κατασκευή των δοκαριών και της οροφής (καφέ χρώματος) στον χώρο της Κεντρικής Σάλας οδήγησαν στην επιλογή της εν λόγω θερμοκρασίας χρώματος. Τα κρεμαστά φωτιστικά στον κεντρικό διάδρομο της Κεντρικής Σάλας αναρτήθηκαν σε ύψος 5,5m (30 φωτιστικά), ενώ τα ίδια φωτιστικά στις δύο πτέρυγες της Κεντρικής Σάλας αναρτήθηκαν στα 3.5m (36 φωτιστικά), λόγω της τριγωνικής μορφής της κεραμοσκεπής. Σε αυτό το σενάριο όλα τα φωτιστικά της Κεντρικής Σάλας λειτουργούν σε ποσοστό 100% της δυνατότητας λειτουργίας τους.

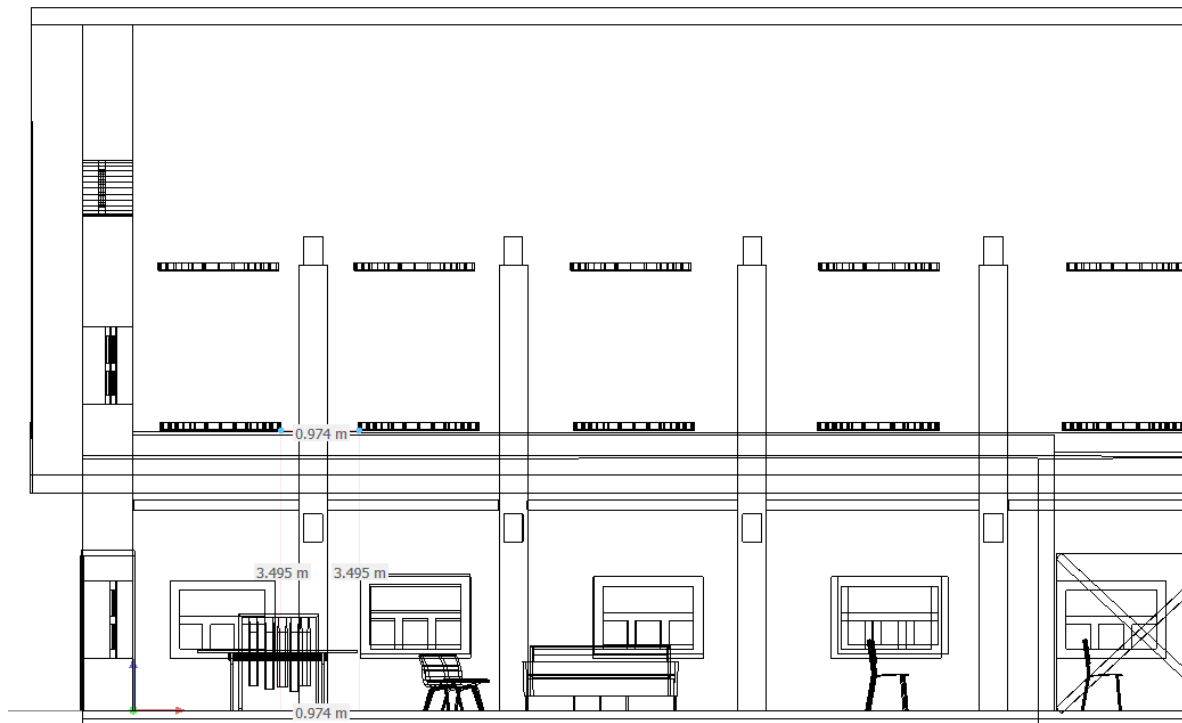
Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα, το φωτιστικό σώμα που χρησιμοποιήθηκε, ο συνολικός αριθμός φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου.

Πίνακας 6.1: Συνολικός αριθμός φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου
[Ιδία επεξεργασία].

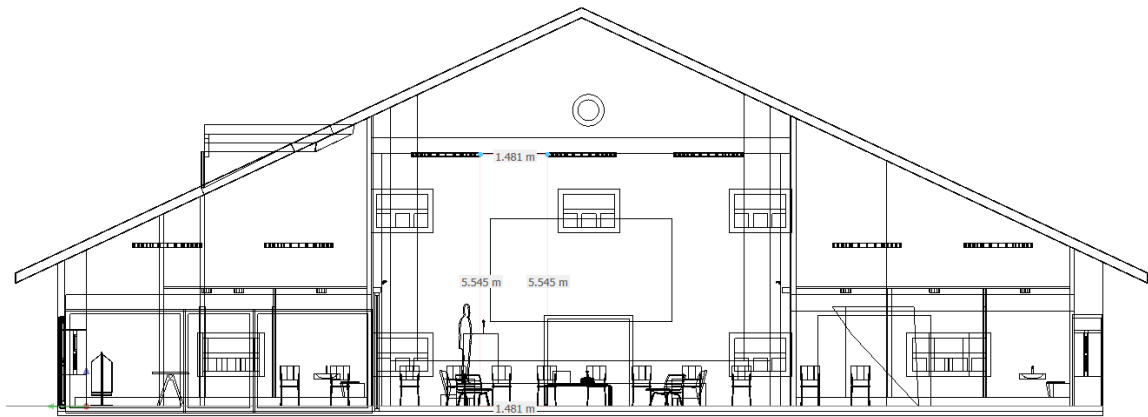
Χώροι Αξιολόγησης	Φωτιστικό Σώμα	Συνολικός Αριθμός Φωτιστικών	Συνολική Ισχύς (W)
Κεντρική Σάλα	BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. FUGA 2 RING SP 1500mm	66	66 x 93(W) = 6138

6.1.2 Θέσεις φωτιστικών

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά σχέδια όψεων με ορισμένες ενδεικτικές αποστάσεις και ύψη φωτιστικών, που αφορούν την «Κεντρική Σάλα».

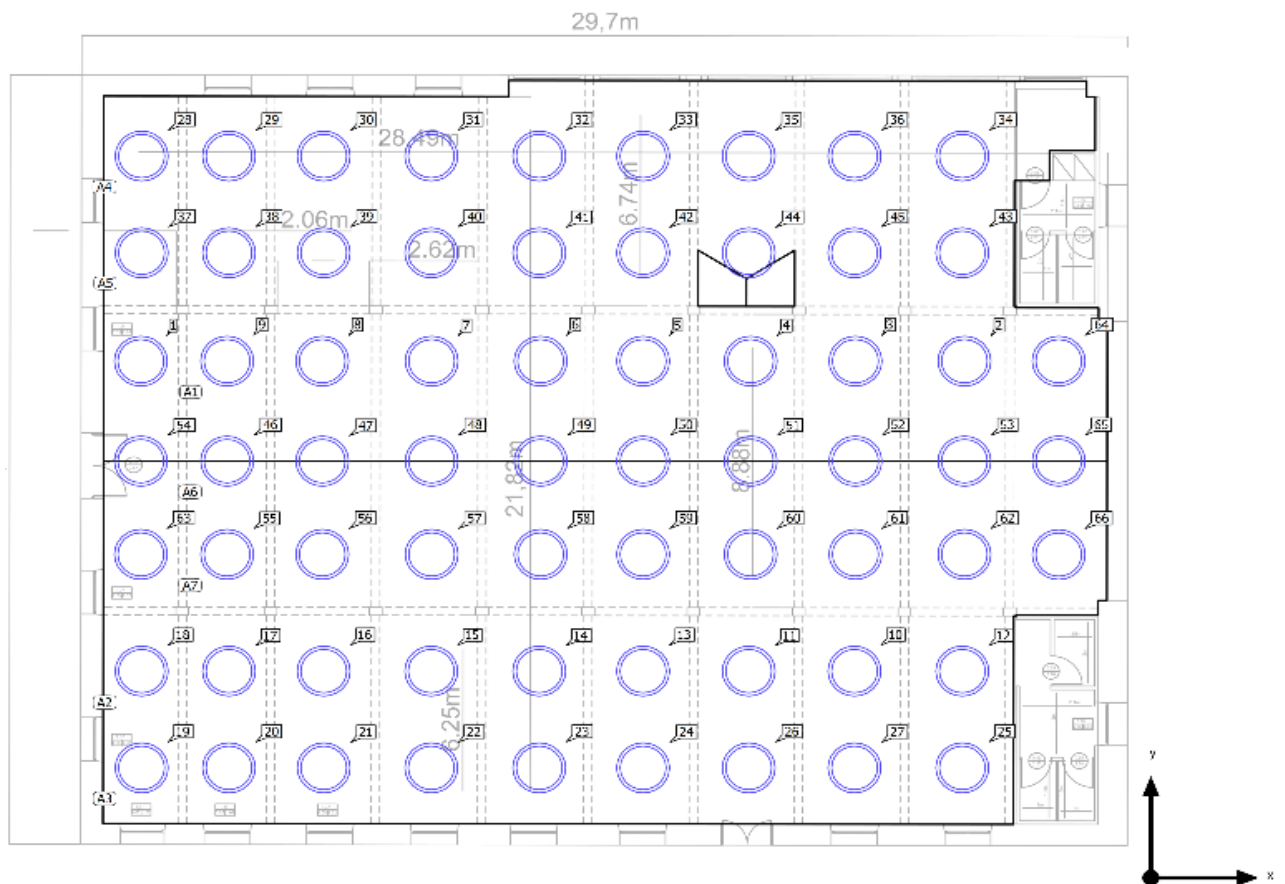


Εικόνα 6.10: Ανατολική όψη (δεξιά πλάγια όψη) πολυχώρου στο λογισμικό DIALux eno, απόσταση μεταξύ ενδεικτικών φωτιστικών πτέρυγας και απόσταση από το έδαφος, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].

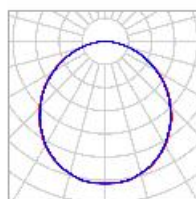


Εικόνα 6.11: Νότια όψη (πρόσοψη) πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, απόσταση μεταξύ ενδεικτικών φωτιστικών κεντρικού διαδρόμου και απόσταση από το έδαφος, «Κεντρική Σάλα» [Ίδια Επεξεργασία].

Στη συνέχεια παρουσιάζονται το σχέδιο θέσης και οι συντεταγμένες τοποθέτησης των φωτιστικών, που αφορούν την «Κεντρική Σάλα».



Εικόνα 6.12: Κάτοψη σχεδίου θέσης κρεμαστών φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ίδια Επεξεργασία].



X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-5.290 m	15.500 m	5.500 m	2
-8.387 m	15.500 m	5.500 m	3
-11.359 m	15.500 m	5.500 m	4
-14.412 m	15.500 m	5.500 m	5
-17.320 m	15.500 m	5.500 m	6
-20.411 m	15.500 m	5.500 m	7
-23.514 m	15.500 m	5.500 m	8
-26.218 m	15.500 m	5.500 m	9

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-8.415 m	6.200 m	3.500 m	10
-11.412 m	6.200 m	3.500 m	11
-5.354 m	6.200 m	3.500 m	12
-14.412 m	6.200 m	3.500 m	13
-17.359 m	6.200 m	3.500 m	14
-20.426 m	6.200 m	3.500 m	15
-23.474 m	6.200 m	3.500 m	16
-26.165 m	6.200 m	3.500 m	17
-28.641 m	6.200 m	3.500 m	18

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-28.641 m	3.300 m	3.500 m	19
-26.165 m	3.300 m	3.500 m	20
-23.474 m	3.300 m	3.500 m	21
-20.426 m	3.300 m	3.500 m	22
-17.359 m	3.300 m	3.500 m	23
-14.412 m	3.300 m	3.500 m	24
-5.354 m	3.300 m	3.500 m	25
-11.412 m	3.300 m	3.500 m	26
-8.415 m	3.300 m	3.500 m	27

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-28.641 m	21.650 m	3.500 m	28
-26.165 m	21.650 m	3.500 m	29
-23.474 m	21.650 m	3.500 m	30
-20.426 m	21.650 m	3.500 m	31
-17.359 m	21.650 m	3.500 m	32
-14.412 m	21.650 m	3.500 m	33
-5.354 m	21.650 m	3.500 m	34
-11.412 m	21.650 m	3.500 m	35
-8.415 m	21.650 m	3.500 m	36

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-28.641 m	18.750 m	3.500 m	37
-26.165 m	18.750 m	3.500 m	38
-23.474 m	18.750 m	3.500 m	39
-20.426 m	18.750 m	3.500 m	40
-17.359 m	18.750 m	3.500 m	41
-14.412 m	18.750 m	3.500 m	42
-5.354 m	18.750 m	3.500 m	43
-11.412 m	18.750 m	3.500 m	44
-8.415 m	18.750 m	3.500 m	45

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-26.218 m	12.500 m	5.500 m	46
-23.514 m	12.500 m	5.500 m	47
-20.411 m	12.500 m	5.500 m	48
-17.320 m	12.500 m	5.500 m	49
-14.412 m	12.500 m	5.500 m	50
-11.359 m	12.500 m	5.500 m	51
-8.387 m	12.500 m	5.500 m	52
-5.290 m	12.500 m	5.500 m	53

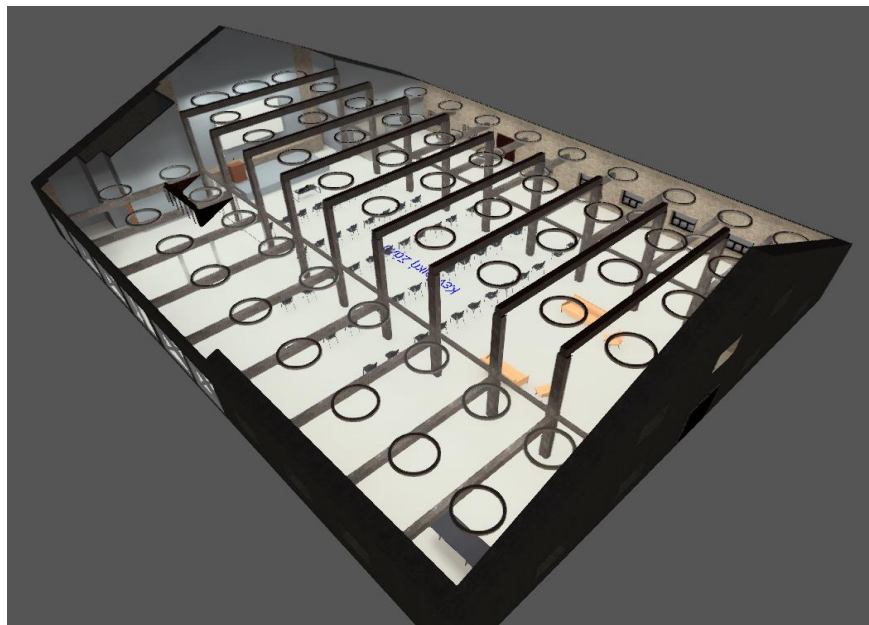
X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-26.218 m	9.703 m	5.500 m	55
-23.514 m	9.703 m	5.500 m	56
-20.411 m	9.703 m	5.500 m	57
-17.320 m	9.703 m	5.500 m	58
-14.412 m	9.703 m	5.500 m	59
-11.359 m	9.703 m	5.500 m	60
-8.387 m	9.703 m	5.500 m	61
-5.290 m	9.703 m	5.500 m	62

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-28.666 m	15.500 m	5.500 m	1
-28.666 m	12.500 m	5.500 m	54
-28.666 m	9.703 m	5.500 m	63
-2.618 m	15.500 m	5.500 m	64
-2.618 m	12.500 m	5.500 m	65
-2.618 m	9.703 m	5.500 m	66

Εικόνα 6.13: Σχέδιο θέσης και συντεταγμένες κρεμαστών φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].

6.1.3 Κεντρική Σάλα

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές φωτογραφίες επισκόπησης στο λογισμικό DIALux ενο, που αφορούν την «Κεντρική Σάλα», με τα αντίστοιχα φωτιστικά σε λειτουργία, καθώς και τις φωτεινές δέσμες των φωτιστικών.



Εικόνα 6.14: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



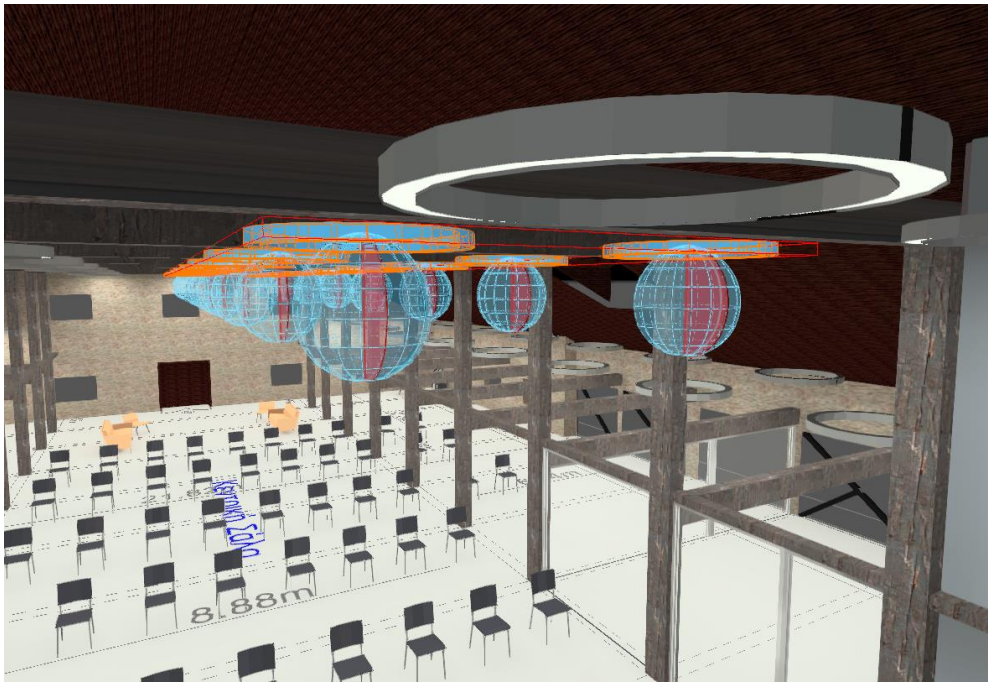
Εικόνα 6.15: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.16: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.17: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].

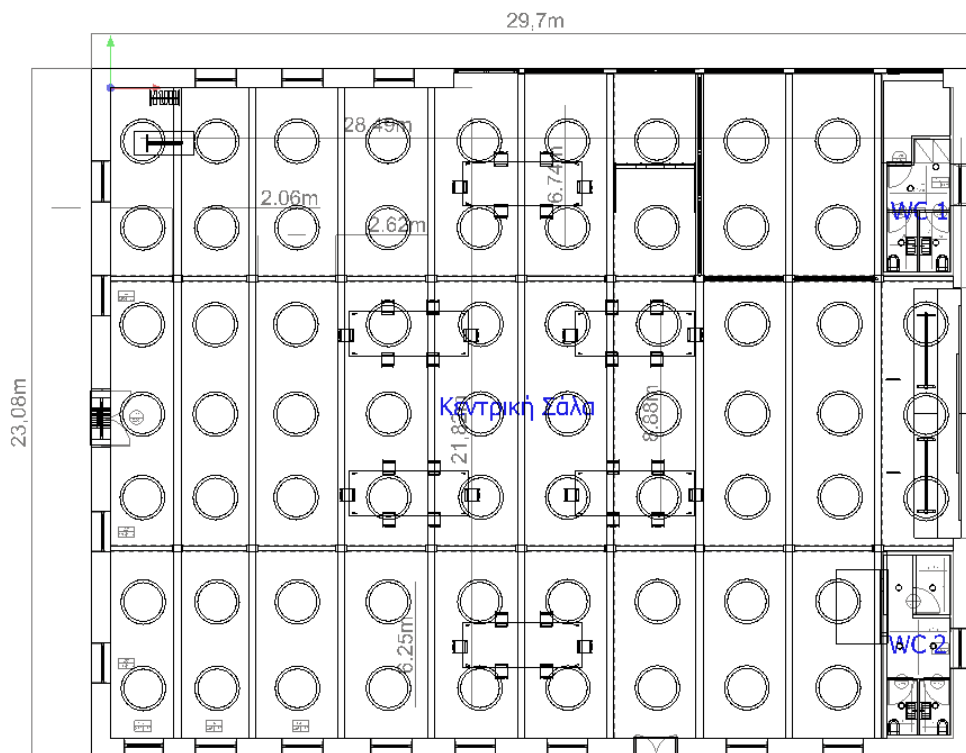


Εικόνα 6.18: Φωτεινές δέσμες φωτιστικών στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα» [Ίδια Επεξεργασία].

6.2 Εσωτερικός φωτισμός,

Σενάριο 2: Αίθουσα δείπνου εκδηλώσεων

Παρακάτω παρουσιάζεται η κάτοψη με τα αντίστοιχα φωτιστικά, που αφορά τον χώρο «Κεντρική Σάλα».



Εικόνα 6.19: Κάτοψη πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο με φωτιστικά, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].

6.2.1 Επιλογή φωτιστικών

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω για το δεύτερο σενάριο χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια φωτιστικά με το πρώτο και στις ίδιες ακριβώς θέσεις, καθώς και σε αυτό το σενάριο επιδιώκουμε τον διάχυτο φωτισμό σε ένα δείπνο εκδήλωσης, με τη μόνη διαφορά ότι τα 66 φωτιστικά **BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. FUGA 2 RING SP 1500mm** της Κεντρικής Σάλας λειτουργούν σε ποσοστό 60% της δυνατότητας λειτουργίας τους. Αυτό συμβαίνει λόγω της δυνατότητας τους στον έλεγχο φωτισμού (dimnable control). Όσον αφορά τη θερμοκρασία χρώματος των κρεμαστών φωτιστικών στα 3000 K, επιβεβαιώνει και

σε αυτό το σενάριο το θερμό περιβάλλον που δημιουργείται, καθώς αποδίδει τη μέγιστη δυνατή ευχαρίστηση στον επισκέπτη σε χώρους εστίασης και δείπνα εκδηλώσεων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα, το φωτιστικό σώμα που χρησιμοποιήθηκε, ο συνολικός αριθμός φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου.

Πίνακας 6.2: Συνολικός αριθμός φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου [Ιδία επεξεργασία].

Χώροι Αξιολόγησης	Φωτιστικό Σώμα	Συνολικός Αριθμός Φωτιστικών	Συνολική Ισχύς (W)
Κεντρική Σάλα	BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. FUGA 2 RING SP 1500mm	66	66 x 93(W) = 6138

6.2.2 Κεντρική Σάλα

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές φωτογραφίες επισκόπησης στο λογισμικό DIALux ενο, που αφορούν την «Κεντρική Σάλα», με τα αντίστοιχα φωτιστικά σε λειτουργία.



Εικόνα 6.20: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].

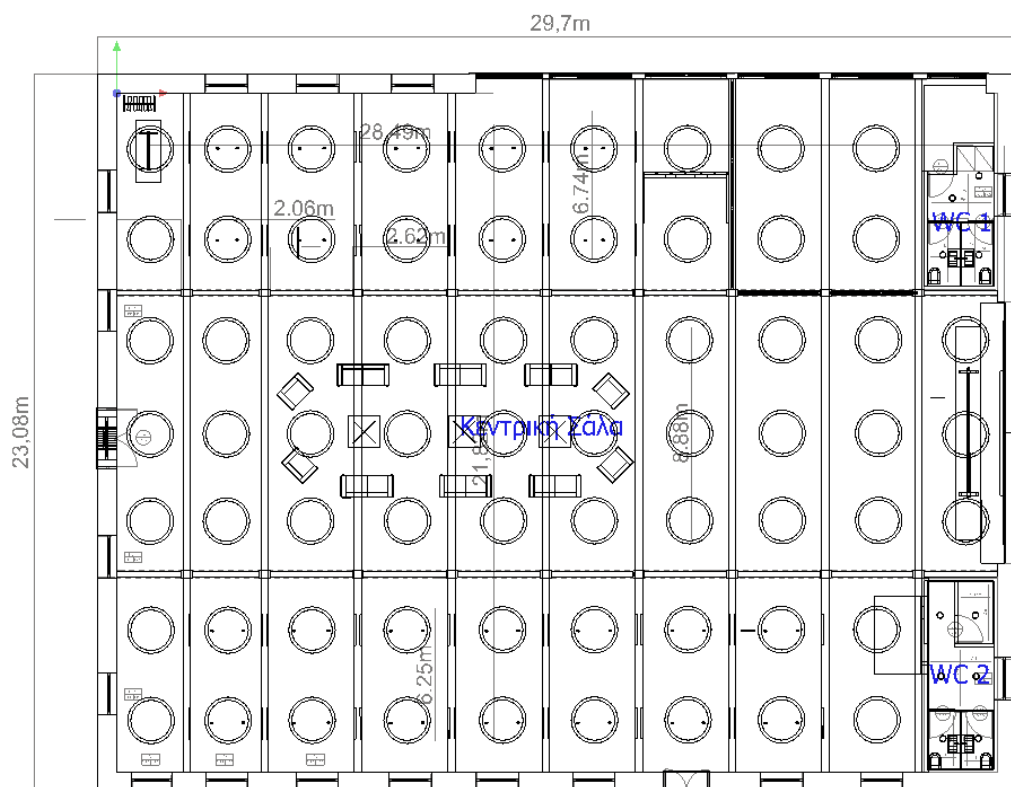


Εικόνα 6.21: Εσωτερική επισκόπηση πολυώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].

6.3 Εσωτερικός φωτισμός,

Σενάριο 3: Αίθουσα εκθέσεων

Παρακάτω παρουσιάζεται η κάτοψη με τα αντίστοιχα φωτιστικά, που αφορά τον χώρο «Κεντρική Σάλα».



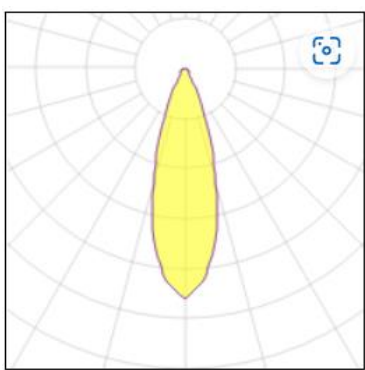
Εικόνα 6.22: Κάτοψη πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο με φωτιστικά, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].

6.3.1 Επιλογή φωτιστικών

Σε αυτό το σενάριο χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον φωτιστικά spotlight (προβολείς σε ράγες) για την έκθεση και ανάδειξη κάποιων φωτογραφιών ή πινάκων εικαστικής τέχνης στις δύο πτέρυγες του χώρου της «Κεντρικής Σάλας». Το φωτιστικό σώμα που επιλέχθηκε ήταν το **Petridis Lighting BOLD_8W_REFLECTOR_NEUTRAL_WIDE** και περιελάμβανε συνολικά 48 φωτιστικά spotlight.



Εικόνα 6.23: Φωτιστικό ράγας spotlight[34].



Εικόνα 6.24: Φωτεινή δέσμη φωτιστικού ράγας spotlight [34].

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, για το τρίτο σενάριο χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια ακριβώς κρεμαστά φωτιστικά με το πρώτο και το δεύτερο. Έτσι, η χρησιμότητα του διάχυτου φωτισμού που προσφέρουν καλύπτει τις ανάγκες που υπάρχουν για τον γενικό φωτισμό, με τη μόνη διαφορά ότι τα 66 φωτιστικά **BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. FUGA 2 RING SP 1500mm** της Κεντρικής Σάλας λειτουργούν σε ποσοστό 17% της δυνατότητας λειτουργίας τους. Αυτό συμβαίνει λόγω της δυνατότητας τους στον έλεγχο φωτισμού (dimnable control). Το φωτιστικό **Petridis Lighting BOLD_8W_REFLECTOR_NEUTRAL_WIDE** επιλέχθηκε να έχει ουδέτερη θερμοκρασία χρώματος 4000 K για να έχουμε μια καλύτερη αποτύπωση των χρωμάτων των αντικειμένων που φωτίζονται. Τα φωτιστικά αυτά αναρτήθηκαν σε ύψος 2,8m από το δάπεδο και με γωνία στρέψης -38° από τον κατακόρυφο άξονα και αντιστοιχεί ένα spotlight για κάθε ένα αντικείμενο έκθεσης. Η αναλογία στάθμης φωτισμού μεταξύ γενικού φωτισμού και φωτισμού ανάδειξης επιλέχθηκε περίπου στο 1/3.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα, τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιήθηκαν, ο συνολικός αριθμός φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου.

Πίνακας 6.3: Συνολικός αριθμός φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου
[Ίδια επεξεργασία].

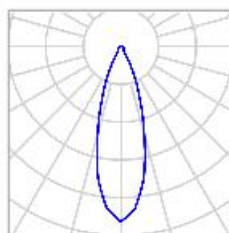
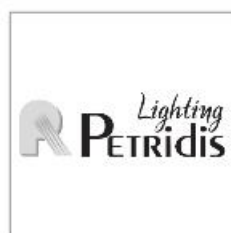
Χώροι Αξιολόγησης	Φωτιστικό Σώμα	Συνολικός Αριθμός Φωτιστικών	Συνολική Ισχύς (W)
Κεντρική Σάλα	BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. FUGA 2 RING SP 1500mm	66	66 x 93(W) = 6138
Κεντρική Σάλα	Petridis Lighting BOLD_8W_REFLECTOR_NEUTRAL_WIDE	48	48 x 8(W) =384

6.3.2 Θέσεις φωτιστικών

Στη συνέχεια παρουσιάζονται το σχέδιο θέσης και οι συντεταγμένες τοποθέτησης των φωτιστικών, που αφορούν την «Κεντρική Σάλα».



Εικόνα 6.25: Κάτοψη σχεδίου θέσης φωτιστικών στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα» [Ίδια Επεξεργασία].

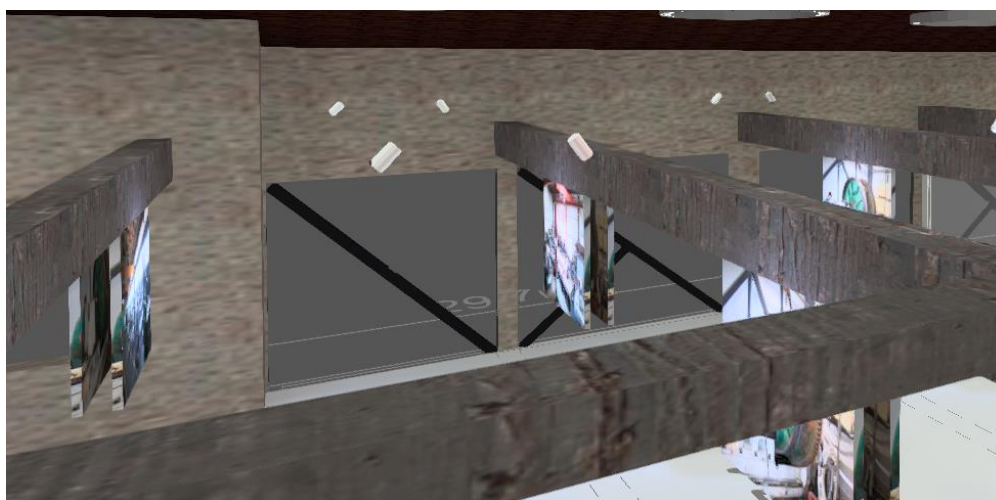


X	Y	Ύψος συναρμολόγη- σης	Φωτιστικό
-20.820 m	6.160 m	2.800 m	67
-25.800 m	3.220 m	2.800 m	68
-26.500 m	3.220 m	2.800 m	69
-25.800 m	6.160 m	2.800 m	70
-26.500 m	6.160 m	2.800 m	71
-23.100 m	3.220 m	2.800 m	72
-23.100 m	6.160 m	2.800 m	73
-23.800 m	6.160 m	2.800 m	74
-23.800 m	3.220 m	2.800 m	75
-20.000 m	3.220 m	2.800 m	76
-20.820 m	3.220 m	2.800 m	77
-20.000 m	6.160 m	2.800 m	78

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-16.950 m	3.220 m	2.800 m	79
-17.800 m	3.220 m	2.800 m	80
-16.950 m	6.160 m	2.800 m	81
-17.800 m	6.160 m	2.800 m	82
-11.800 m	6.160 m	2.800 m	83
-11.800 m	3.220 m	2.800 m	84
-14.050 m	3.220 m	2.800 m	85
-14.850 m	3.220 m	2.800 m	86
-14.050 m	6.160 m	2.800 m	87
-14.850 m	6.160 m	2.800 m	88
-8.050 m	3.220 m	2.800 m	89
-8.800 m	3.220 m	2.800 m	90
-8.050 m	6.160 m	2.800 m	91
-8.800 m	6.160 m	2.800 m	92
-11.000 m	3.220 m	2.800 m	93
-11.000 m	6.160 m	2.800 m	94
-26.500 m	18.700 m	2.800 m	95
-26.500 m	21.700 m	2.800 m	96
-25.800 m	21.700 m	2.800 m	97
-25.800 m	18.700 m	2.800 m	98
-23.800 m	18.700 m	2.800 m	99
-23.100 m	18.700 m	2.800 m	100
-23.800 m	21.700 m	2.800 m	101
-23.100 m	21.700 m	2.800 m	102

X	Y	Ύψος συναρμολόγη- σης	Φωτιστικό
-20.820 m	21.700 m	2.800 m	103
-20.000 m	21.700 m	2.800 m	104
-20.820 m	18.700 m	2.800 m	105
-20.000 m	18.700 m	2.800 m	106
-17.800 m	18.700 m	2.800 m	107
-17.800 m	21.700 m	2.800 m	108
-16.950 m	21.700 m	2.800 m	109
-16.950 m	18.700 m	2.800 m	110
-14.850 m	18.700 m	2.800 m	111
-14.850 m	21.700 m	2.800 m	112
-14.050 m	21.700 m	2.800 m	113
-14.050 m	18.700 m	2.800 m	114

Εικόνα 6.26: Σχέδιο θέσης και συντεταγμένες spotlight φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενo, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.27: Φωτιστικά ράγας spotlight [Ιδία Επεξεργασία].

6.3.3 Κεντρική Σάλα

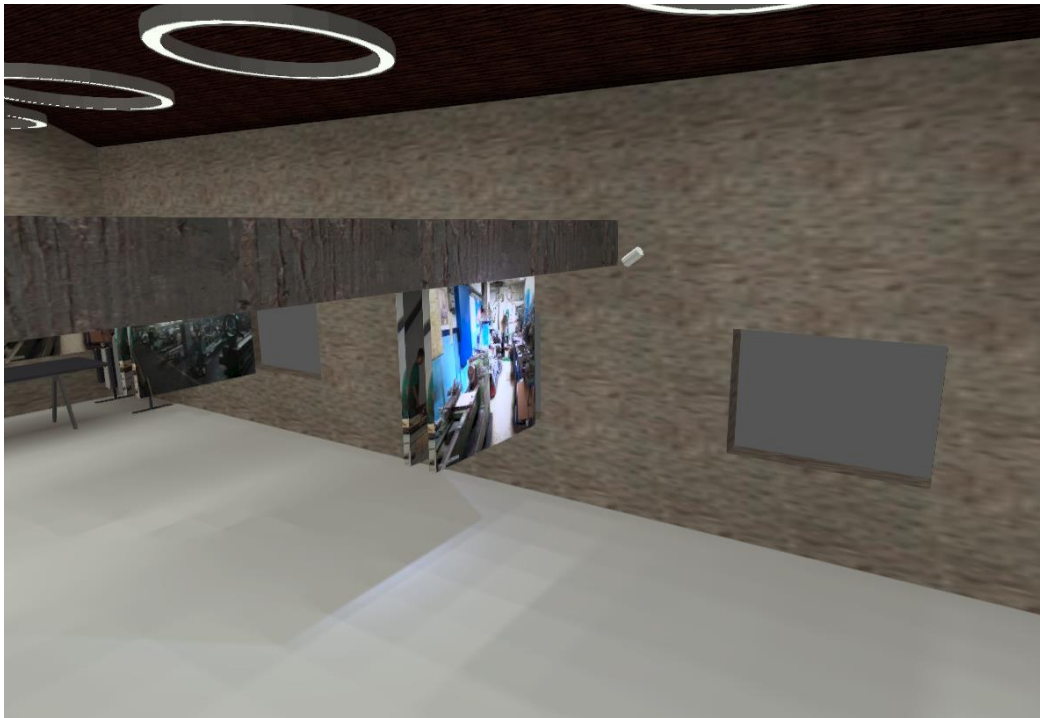
Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές φωτογραφίες επισκόπησης στο λογισμικό DIALux ενο, που αφορούν την «Κεντρική Σάλα», με τα αντίστοιχα φωτιστικά σε λειτουργία, καθώς και τις φωτεινές δέσμες των φωτιστικών.



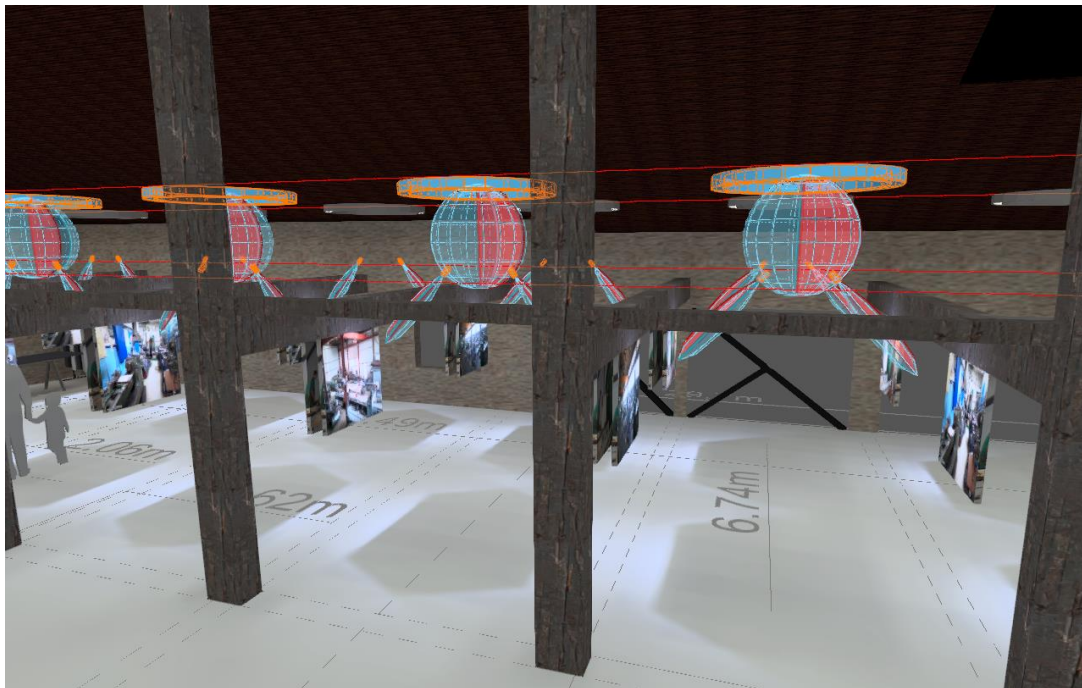
Εικόνα 6.28: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.29: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



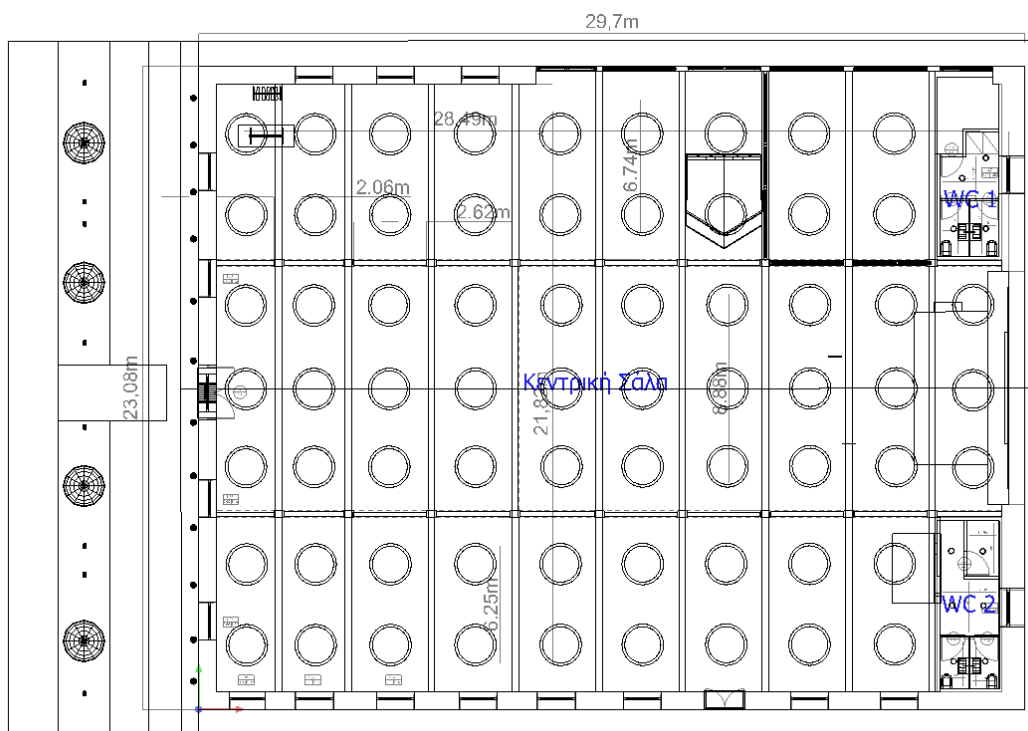
Εικόνα 6.30: Φωτισμός πίνακα έκθεσης λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.31: Φωτεινές δέσμες φωτιστικών στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].

6.4 Εξωτερικός φωτισμός, Ανάδειξη πρόσοψης

Παρακάτω παρουσιάζεται η κάτοψη με τα αντίστοιχα φωτιστικά, που αφορά τον χώρο «Εξωτερικός φωτισμός».



Εικόνα 6.32: Κάτοψη πολυώρου (εσωτερικού και εξωτερικού τμήματος) στο λογισμικό DIALux ενο με φωτιστικά [Ιδία Επεξεργασία].

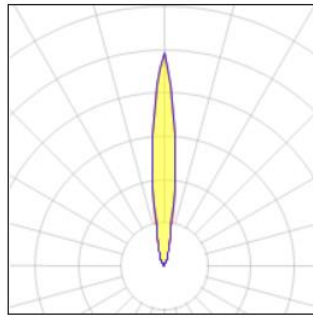
6.4.1 Επιλογή φωτιστικών

Για τον εξωτερικό φωτισμό και πιο συγκεκριμένα τον φωτισμό της πρόσοψης χρησιμοποιήθηκαν uplight χωνευτά φωτιστικά στο δάπεδο για να την αναδείξουν πιο εντυπωσιακά. Το γρασίδι και τα δέντρα του εξωτερικού χώρου φωτίστηκαν με spotlight φωτιστικά έτσι ώστε ο φωτισμός να είναι πιο κατευθυντικός στα σημεία – αντικείμενα ενδιαφέροντος. Γενικά, χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 32 φωτιστικά. Τα 12 εξ' αυτών είναι χωνευτά uplight φωτιστικά δαπέδου **Unilamp GRAVITON ROUND IN-GROUND UPLIGHTER** και τοποθετήθηκαν κατά μήκος της πρόσοψης του κτιρίου. Τα 8 είναι spotlight φωτιστικά **Unilamp Co., Ltd. TELESCOPE Gear** για την ανάδειξη των δέντρων, ενώ τα υπόλοιπα 12 είναι και αυτά spotlight φωτιστικά **Petridis Lighting PEGASUS_4W_IP65_WARM_MEDIUM**, για την ανάδειξη του γρασιδιού. Η θερμοκρασία

χρώματος των φωτιστικών για την ανάδειξη της πρόσοψης επιλέχθηκε στα 2700 K λόγω του υλικού της πέτρας, ενώ τα υπόλοιπα εξωτερικά φωτιστικά που επιλέχθηκαν (φωτισμός δέντρων και γρασιδιού) έχουν θερμοκρασία χρώματος 3000 K.



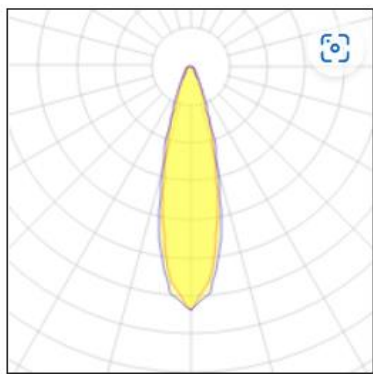
Εικόνα 6.33: Φωτιστικό uplight για το φωτισμό της πρόσοψης [34].



Εικόνα 6.34: Φωτεινή δέσμη φωτιστικού uplight για το φωτισμό της πρόσοψης [34].



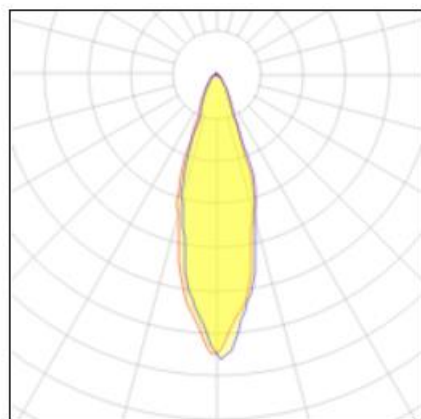
Εικόνα 6.35: Φωτιστικό spotlight για το φωτισμό του γρασιδιού [34].



Εικόνα 6.36: Φωτεινή δέσμη φωτιστικού spotlight για το φωτισμό του γρασιδιού [34].



Εικόνα 6.37: Φωτιστικό spotlight για το φωτισμό των δέντρων [34].



Εικόνα 6.38: Φωτεινή δέσμη φωτιστικού spotlight για το φωτισμό των δέντρων [34].

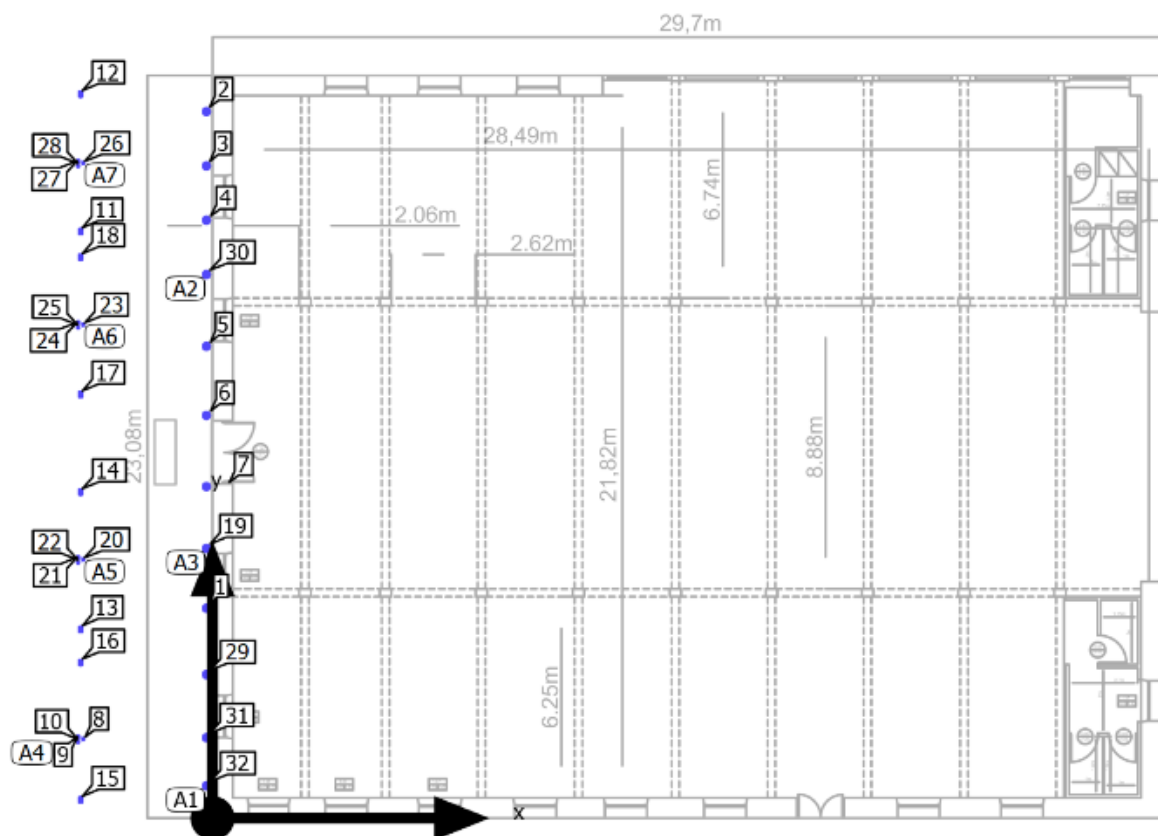
Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα, τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιήθηκαν, ο συνολικός αριθμός φωτιστικών, η γωνία στρέψης τους και συνολική ισχύς του πολυχώρου.

Πίνακας 6.4: Συνολικός αριθμός φωτιστικών, γωνία στρέψης φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου [Ίδια επεξεργασία].

Χώροι Αξιολόγησης	Φωτιστικό Σώμα	Συνολικός Αριθμός Φωτιστικών	Γωνία Στρέψης (°)	Συνολική Ισχύς (W)
Πρόσοψη	Unilamp GRAVITON ROUND IN-GROUND UPLIGHTER	12	-	12 x 16(W) =192
Πρόσοψη	Unilamp Co., Ltd. TELESCOPE Gear	8	60 (από οριζόντιο άξονα)	8 x 12(W) =96
Πρόσοψη	PEGASUS_4W_IP65_WARM_MEDIUM	12	-44 (από κατακόρυφο άξονα)	4 x 6(W) =24

6.4.2 Θέσεις φωτιστικών

Στη συνέχεια παρουσιάζονται το σχέδιο θέσης και οι συντεταγμένες τοποθέτησης των φωτιστικών, που αφορούν την «Κεντρική Σάλα».



Εικόνα 6.39: Κάτοψη σχεδίου θέσης φωτιστικών στο λογισμικό DIALux eno, «Εξωτερικός φωτισμός» [Ίδια Επεξεργασία].



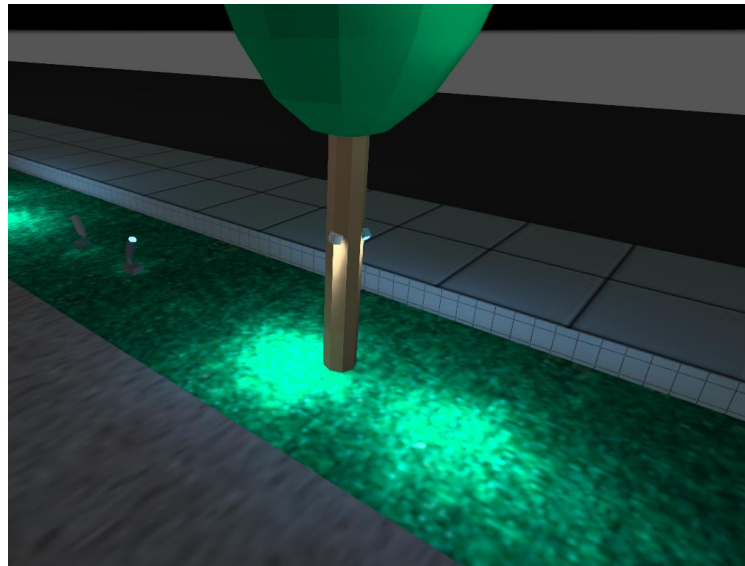
X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-4.021 m	2.455 m	0.900 m	8
-4.172 m	2.544 m	0.900 m	9
-4.179 m	2.365 m	0.900 m	10

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-4.021 m	8.030 m	0.900 m	20
-4.172 m	8.118 m	0.900 m	21
-4.179 m	7.940 m	0.900 m	22

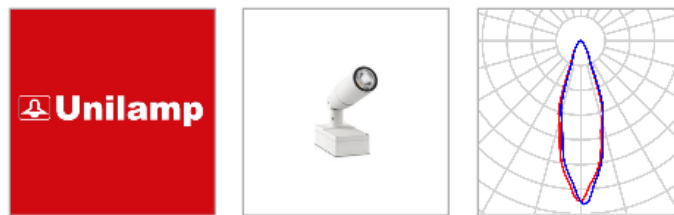
X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-4.021 m	15.328 m	0.900 m	23
-4.172 m	15.416 m	0.900 m	24
-4.179 m	15.238 m	0.900 m	25

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-4.021 m	20.346 m	0.900 m	26
-4.172 m	20.434 m	0.900 m	27
-4.179 m	20.256 m	0.900 m	28

Εικόνα 6.40: Σχέδιο θέσης και συντεταγμένες spotlight φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Εξωτερικός φωτισμός» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.41: Φωτιστικά spotlight για τον φωτισμό του γρασιδιού [Ίδια Επεξεργασία].



X	Y	Ύψος συναρμολόγη- σης	Φωτιστικό
-4.100 m	18.227 m	0.100 m	11
-4.100 m	22.498 m	0.100 m	12
-4.100 m	5.863 m	0.100 m	13
-4.100 m	10.135 m	0.100 m	14
-4.100 m	0.563 m	0.100 m	15
-4.100 m	4.835 m	0.100 m	16
-4.100 m	13.163 m	0.100 m	17
-4.100 m	17.435 m	0.100 m	18

Εικόνα 6.42: Σχέδιο θέσης και συντεταγμένες spotlight φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Εξωτερικός φωτισμός» [Ίδια Επεξεργασία].



Εικόνα 6.43: Φωτιστικά spotlight για τον φωτισμό των δέντρων [Ίδια Επεξεργασία].

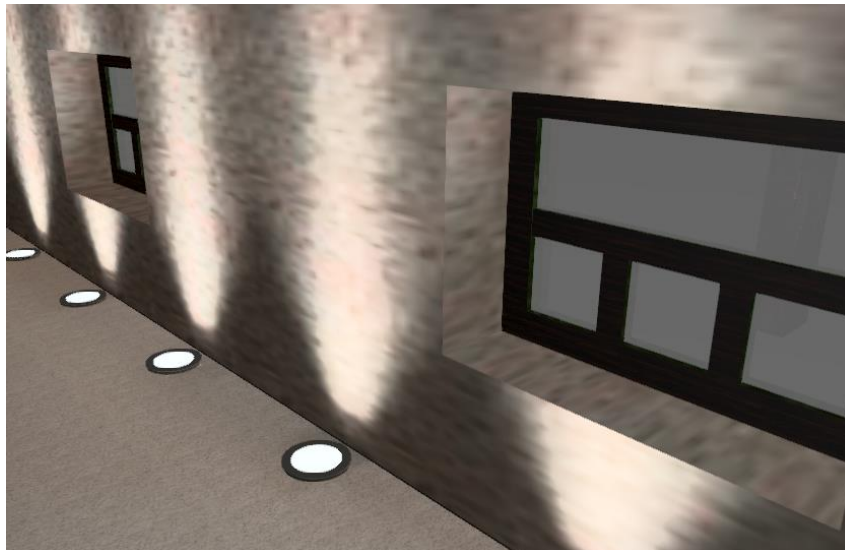


X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-0.190 m	6.522 m	-0.300 m	1
-0.190 m	4.462 m	-0.300 m	29
-0.190 m	2.501 m	-0.300 m	31
-0.190 m	1.005 m	-0.300 m	32

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-0.190 m	21.953 m	-0.300 m	2
-0.190 m	20.266 m	-0.300 m	3
-0.190 m	18.578 m	-0.300 m	4
-0.190 m	16.891 m	-0.300 m	30

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
-0.190 m	14.659 m	-0.300 m	5
-0.190 m	12.515 m	-0.300 m	6
-0.190 m	10.303 m	-0.300 m	7
-0.190 m	8.380 m	-0.300 m	19

Εικόνα 6.44: Σχέδιο θέσης και συντεταγμένες uplight φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Εξωτερικός φωτισμός» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.45: Φωτιστικά uplight για τον φωτισμό της πρόσοψης [Ιδία Επεξεργασία].

6.4.3 Ανάδειξη πρόσοψης και περιβάλλοντος χώρου

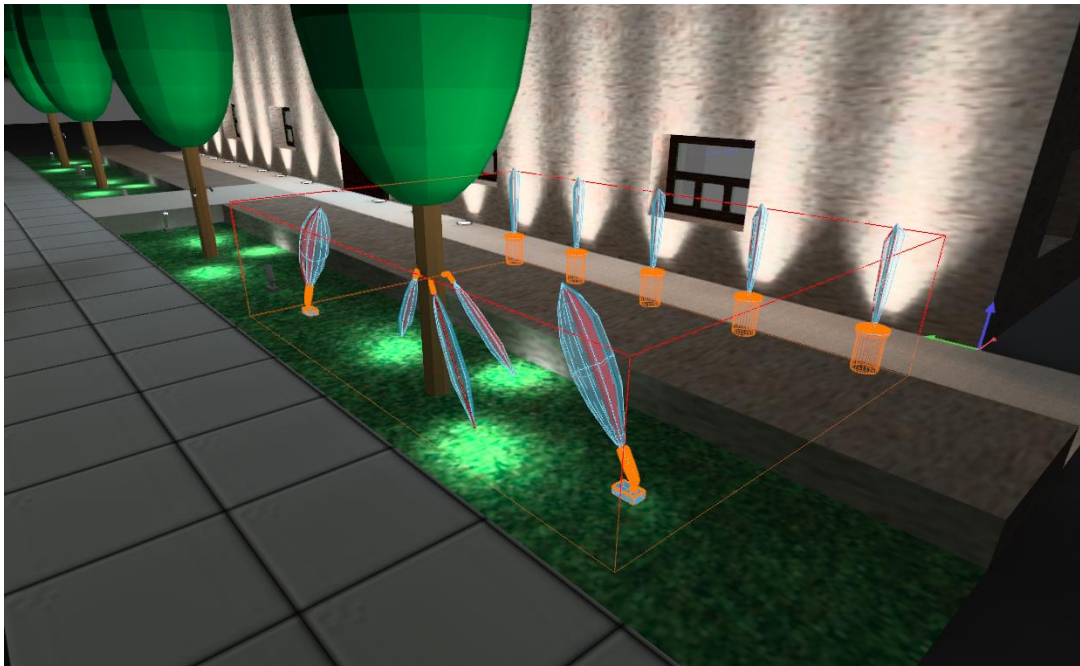
Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές φωτογραφίες επισκόπησης στο λογισμικό DIALux ενο, που αφορούν την «Εξωτερικός φωτισμός», με τα αντίστοιχα φωτιστικά σε λειτουργία, καθώς και τις φωτεινές δέσμες των φωτιστικών.



Εικόνα 6.46: Φωτισμός πρόσοψης στο λογισμικό DIALux ενο [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.47: Φωτισμός πρόσοψης στο λογισμικό DIALux ενο [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.48: Φωτεινές δέσμες φωτιστικών στο λογισμικό DIALux ενο, «Εξωτερικός φωτισμός» [Ιδία Επεξεργασία].

6.5 Αποτελέσματα

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα των τριών σεναρίων εσωτερικού φωτισμού στον χώρο «Κεντρική Σάλα» και του εξωτερικού φωτισμού του πολυχώρου.

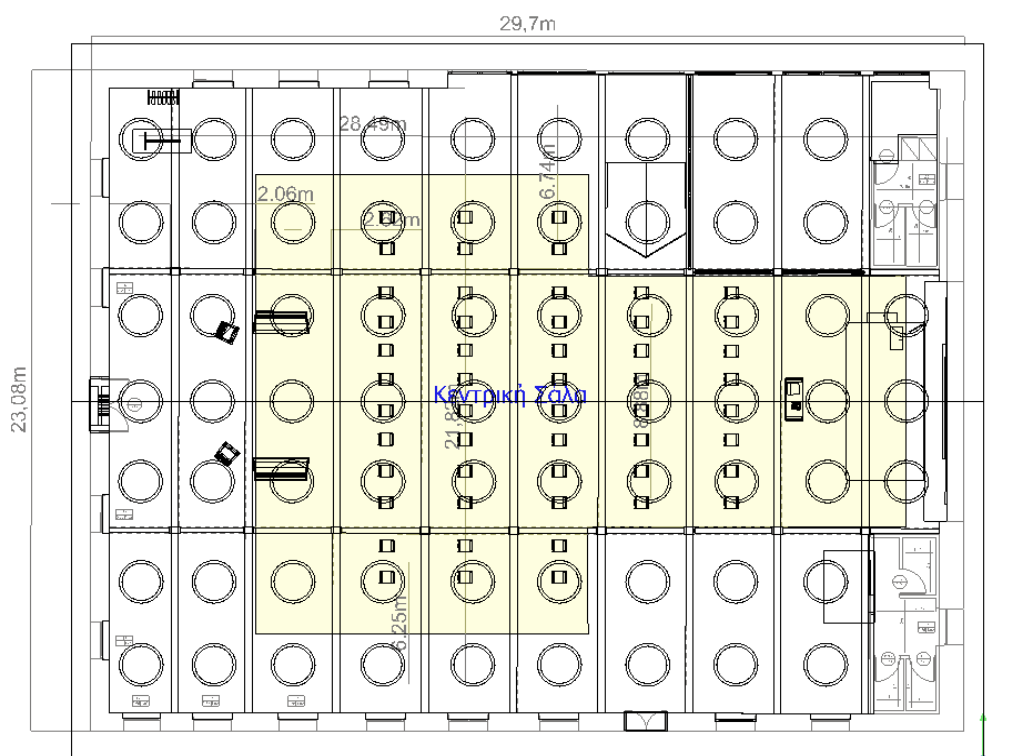
6.5.1 Αποτελέσματα εσωτερικού φωτισμού, Σενάριο 1

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του **Σεναρίου 1** του εσωτερικού φωτισμού, όταν η «Κεντρική Σάλα» του πολυχώρου λειτουργεί ως **αίθουσα συνεδρίων και διαλέξεων**.

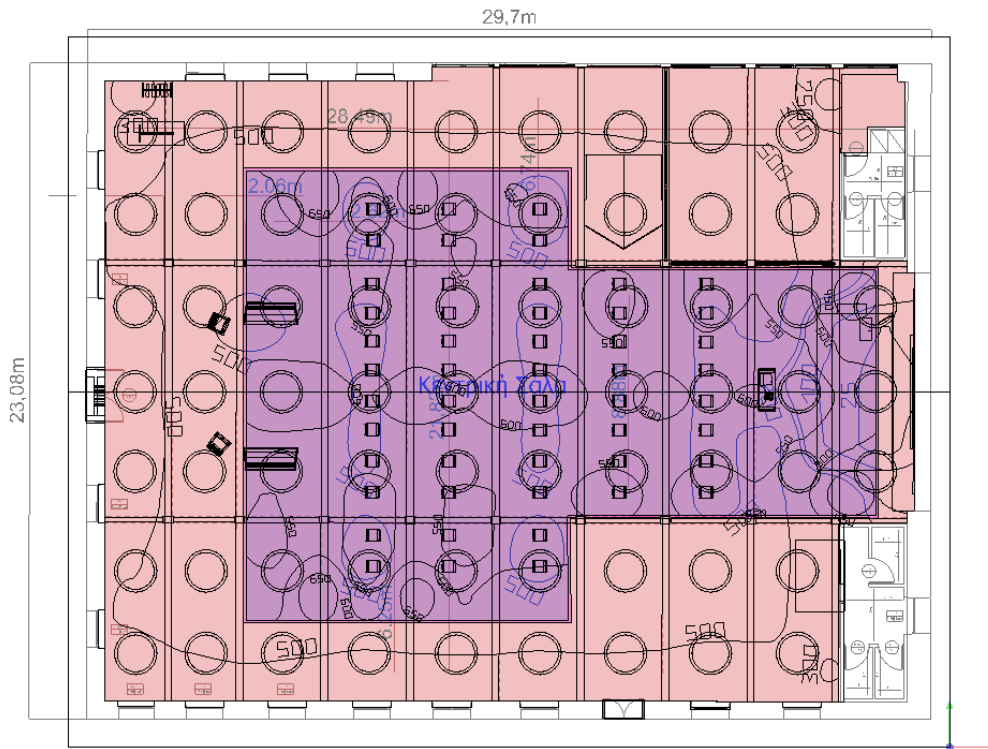
Πίνακας 6.5: Αποτελέσματα μελέτης σύμφωνα με το λογισμικό DIALux eno [Ίδια επεξεργασία].

Χώροι Αξιολόγησης	Στάθμη Φωτισμού E(lx) Πρότυπο	Στάθμη Φωτισμού E(lx) Αποτέλεσμα	Ομοιομορφία Πρότυπο	Ομοιομορφία Αποτέλεσμα	Θάμβωση UGR Πρότυπο	Θάμβωση UGR Αποτέλεσμα
Κεντρική Σάλα	500	573	0,6	0,71	19	15,7
Εμπρός θέσεις	500	584	0,6	0,74	19	14,9
Πίσω θέσεις	500	589	0,6	073	19	15,6

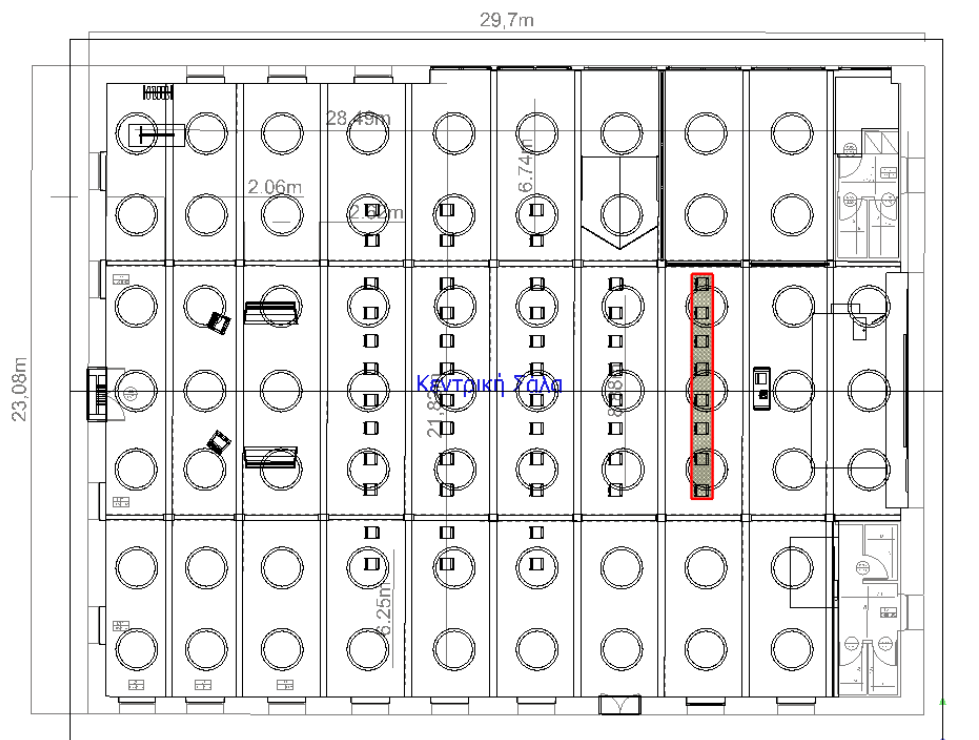
Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων θεωρήθηκαν κάποιες περιοχές αξιολόγησης. Αυτό συνέβη, για να καθοριστούν κάποια ενδεικτικά τμήματα, τα οποία θα αξιολογήσουν αν η μελέτη φωτισμού ανταποκρίνεται στα πρότυπα που ορίζει το λογισμικό. Ως πρώτη περιοχή αξιολόγησης ορίστηκε ένα μεγάλο και κεντρικό τμήμα στον χώρο «Κεντρικής Σάλα». Αυτό το τμήμα περιλαμβάνει τις θέσεις των ακροατών και τη θέση των ομιλητών. Η αξιολόγηση περιελάμβανε ως ύψος του επιπέδου εργασίας 0,8m από το δάπεδο για τη στάθμη φωτισμού και την ομοιομορφία, ενώ για τη θάμβωση το ύψος 1,2m (ύψος οφθαλμού τυπικού παρατηρητή) από το δάπεδο. Επίσης ορίστηκαν άλλες δύο περιοχές αξιολόγησης, που αφορούσαν τις εμπρός και πίσω θέσεις των θεατών στο ακροατήριο Τέλος, παρουσιάζεται μια επισκόπηση του χώρου σε περιβάλλον με ψευδοχρώματα.



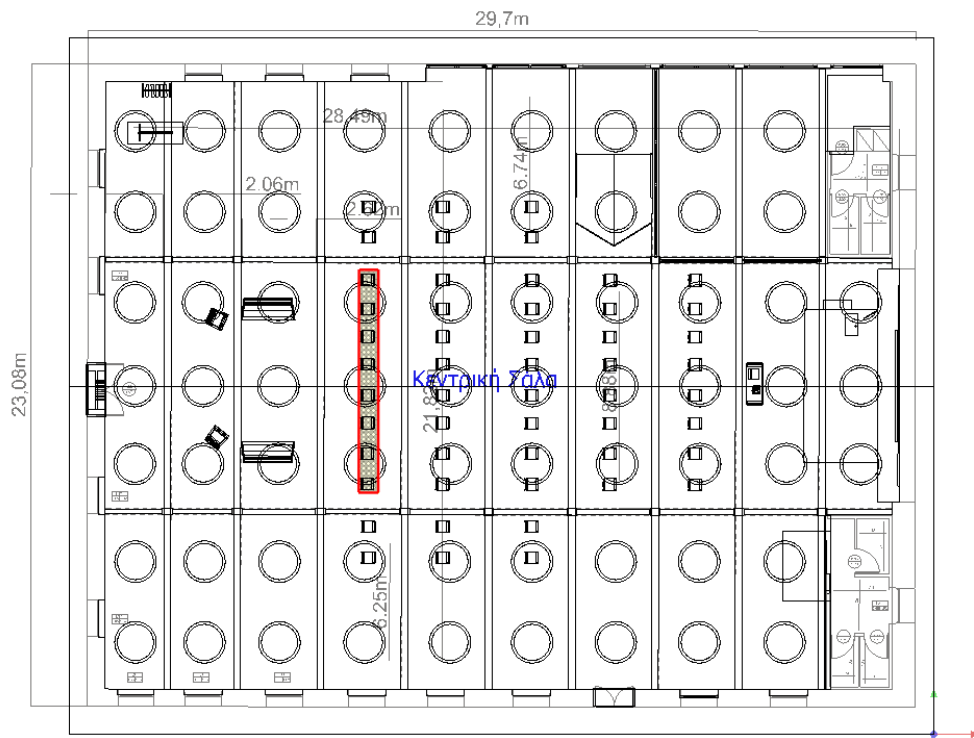
Εικόνα 6.49: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα» [Ίδια Επεξεργασία].



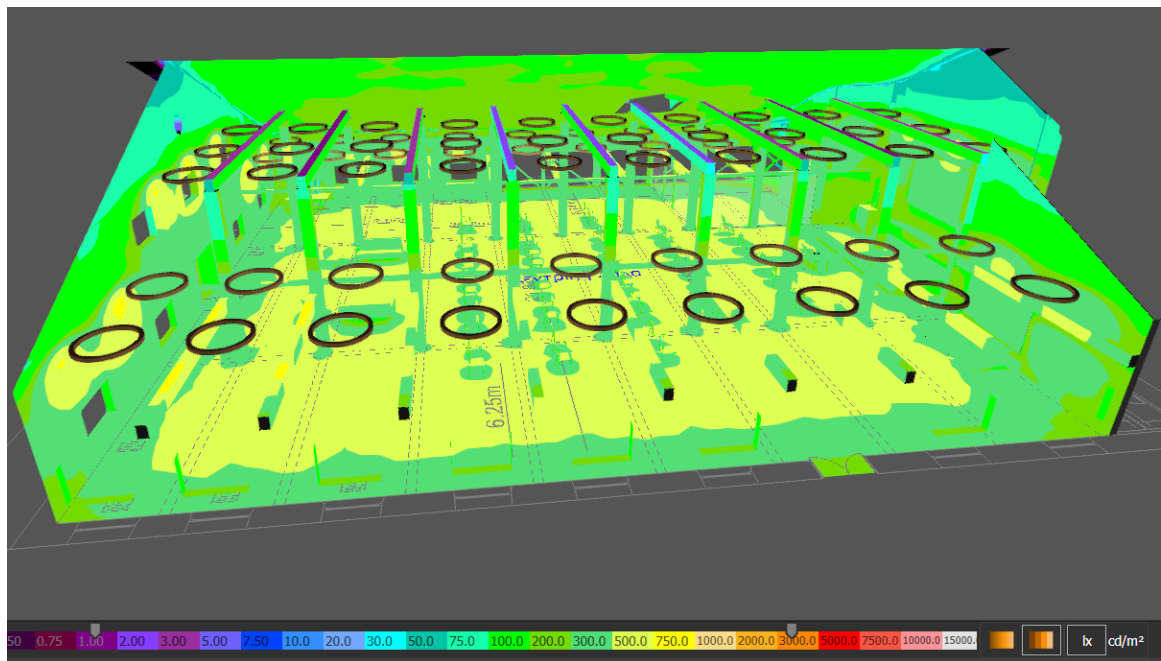
Εικόνα 6.50: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης (πλαίσιο με μωβ χρώμα) και ένταση φωτισμού στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.51: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης εμπρός θέσεων στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.52: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης πίσω θέσεων στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.53: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου με ψευδοχρώματα στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].

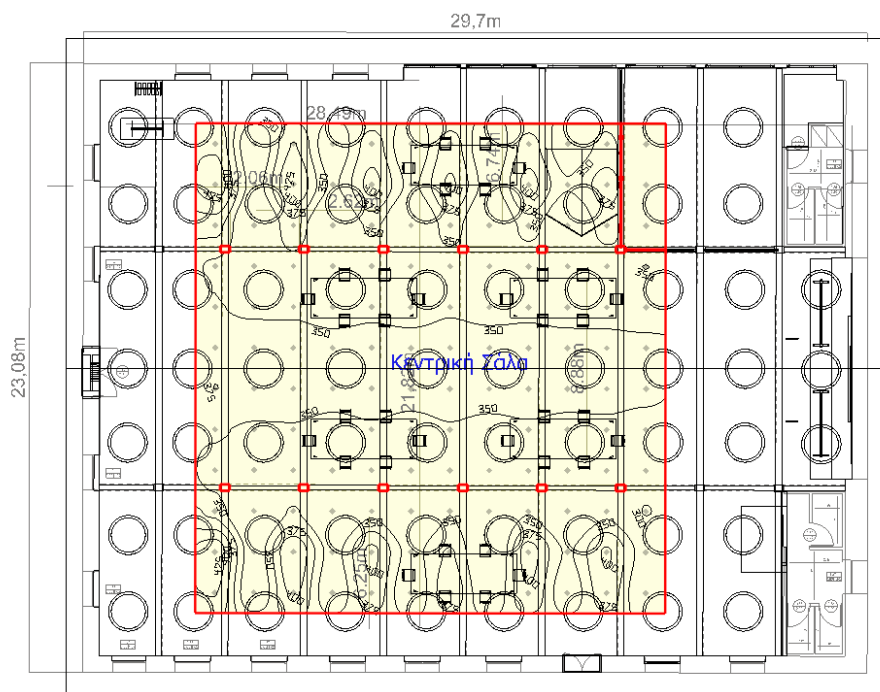
6.5.2 Αποτελέσματα εσωτερικού φωτισμού, Σενάριο 2

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του **Σεναρίου 2** του εσωτερικού φωτισμού, όταν η «Κεντρική Σάλα» του πολυχώρου λειτουργεί ως **αίθουσα δείπνων εκδηλώσεων**.

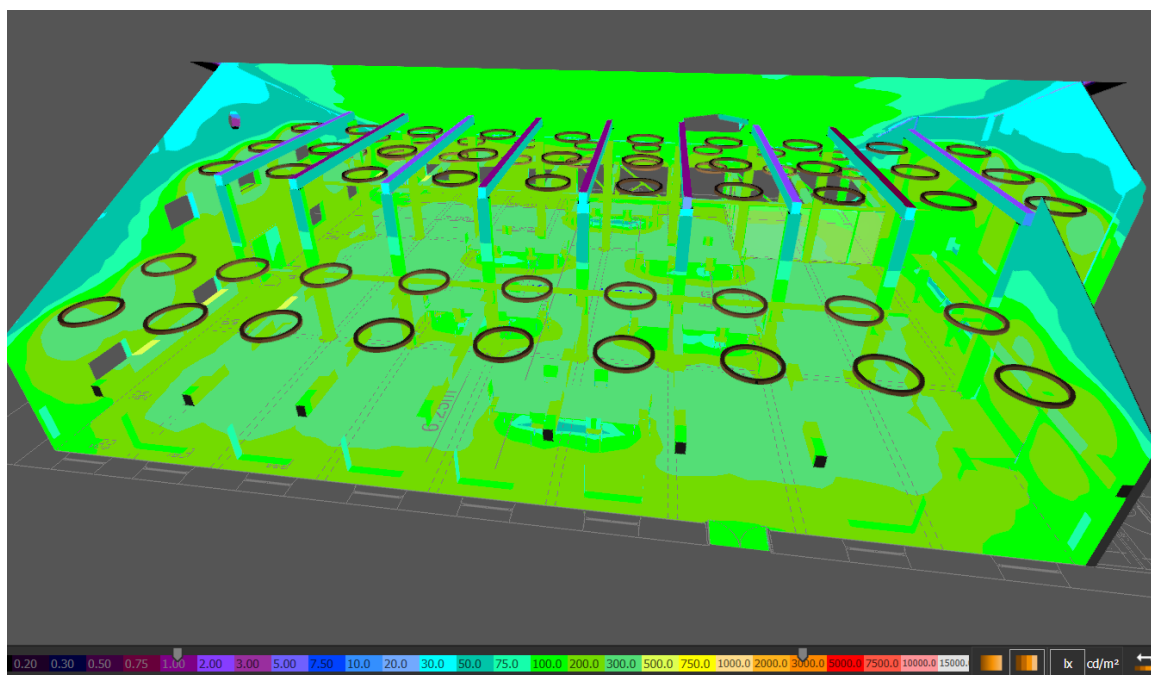
Πίνακας 6.6: Αποτελέσματα μελέτης σύμφωνα με το λογισμικό DIALux ενο [Ιδία επεξεργασία].

Χώροι Αξιολόγησης	Στάθμη Φωτισμού E(lx) Πρότυπο	Στάθμη Φωτισμού E(lx) Αποτέλεσμα	Ομοιομορφία Πρότυπο	Ομοιομορφία Αποτέλεσμα	Θάμβωση UGR Πρότυπο	Θάμβωση UGR Αποτέλεσμα
Κεντρική Σάλα	300	353	0,6	0,85	22	15,4

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων θεωρήθηκε μια περιοχή αξιολόγησης στην «Κεντρική Σάλα», αυτήν στην οποία διεξάγεται το δείπνο εκδήλωσης. Η αξιολόγηση περιελάμβανε ως ύψος του επιπέδου εργασίας 0,8m από το δάπεδο για τη στάθμη φωτισμού και την ομοιομορφία, ενώ για τη θάμβωση (δείκτης UGR) το ύψος 1,2m (ύψος οφθαλμού τυπικού παρατηρητή) από το δάπεδο. Τέλος, παρουσιάζεται μια επισκόπηση του χώρου σε περιβάλλον με ψευδοχρώματα.



Εικόνα 6.54: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.55: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου με ψευδοχρώματα στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα» [Ίδια Επεξεργασία].

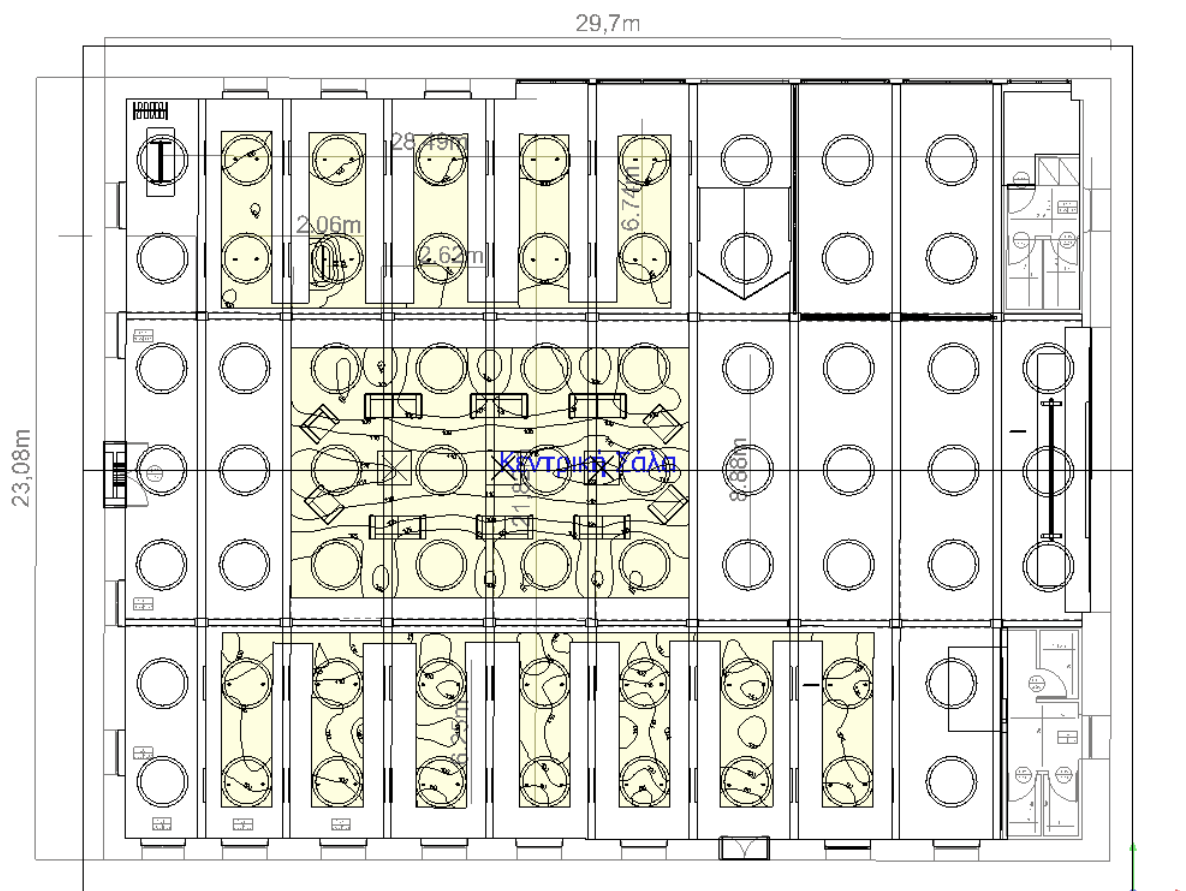
6.5.3 Αποτελέσματα εσωτερικού φωτισμού, Σενάριο 3

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του **Σεναρίου 3** του εσωτερικού φωτισμού, όταν η «Κεντρική Σάλα» του πολυχώρου λειτουργεί ως **αίθουσα εκθέσεων**.

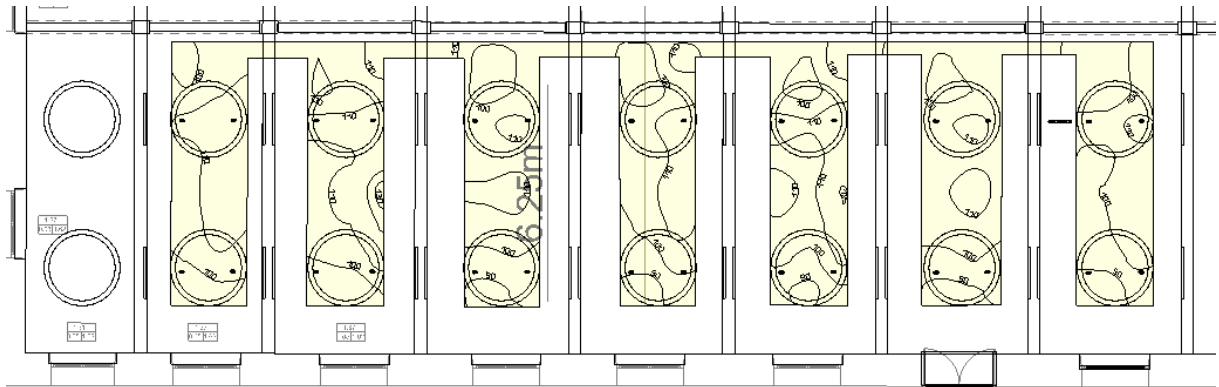
Πίνακας 6.7: Αποτελέσματα μελέτης σύμφωνα με το λογισμικό DIALux eno [Ίδια επεξεργασία].

Χώροι Αξιολόγησης	Στάθμη Φωτισμού E(lx) Πρότυπο	Στάθμη Φωτισμού E(lx) Αποτέλεσμα	Ομοιομορφία Πρότυπο	Ομοιομορφία Αποτέλεσμα	Θάμβωση UGR Πρότυπο	Θάμβωση UGR Αποτέλεσμα
Κεντρική Σάλα (Κεντρικό τμήμα)	100	107	0,4	0,94	22	21,6
Κεντρική Σάλα (Άνω πτέρυγα)	100	104	0,4	0,60	22	20,9
Κεντρική Σάλα (Κάτω πτέρυγα)	100	106	0,4	0,54	22	21,5
Πίνακας έκθεσης	-	315	-	-	-	-

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων θεωρήθηκαν κάποιες περιοχές αξιολόγησης. Αυτό συνέβη, για να καθοριστούν κάποια ενδεικτικά τμήματα, τα οποία θα αξιολογήσουν αν η μελέτη φωτισμού ανταποκρίνεται στα πρότυπα που ορίζει το λογισμικό. Ως πρώτη περιοχή αξιολόγησης ορίστηκε ένα μεγάλο και κεντρικό τμήμα στον χώρο «Κεντρικής Σάλας». Αυτό το τμήμα περιλαμβάνει τις θέσεις των επισκεπτών κατά την ανάπαυση τους σε κατάσταση μόνο γενικού φωτισμού. Επίσης ορίστηκαν άλλες δύο περιοχές αξιολόγησης, που αφορούν την άνω και κάτω πτέρυγα της «Κεντρικής Σάλας», όπου εκτίθενται οι φωτογραφίες – πίνακες και οι επισκέπτες περιφέρονται όρθιοι ανάμεσα στα εκθέματα. Στις δύο αυτές περιοχές συνυπάρχει ο γενικός φωτισμός με τον φωτισμό ανάδειξης των εκθεμάτων. Η αξιολόγηση περιελάμβανε ως ύψος του επιπέδου εργασίας 0,8m από το δάπεδο για τη στάθμη φωτισμού και την ομοιομορφία, ενώ για τη θάμβωση το ύψος 1,6m από το δάπεδο. Ακόμη, ορίστηκε άλλη μια περιοχή αξιολόγησης, που αφορά την ένταση φωτισμού των αντικειμένων έκθεσης, προκειμένου να διαπιστωθεί αν επιτυγχάνεται η απαιτούμενη αναλογία φωτισμού. Τέλος, παρουσιάζεται μια επισκόπηση του χώρου σε περιβάλλον με ψευδοχρώματα.



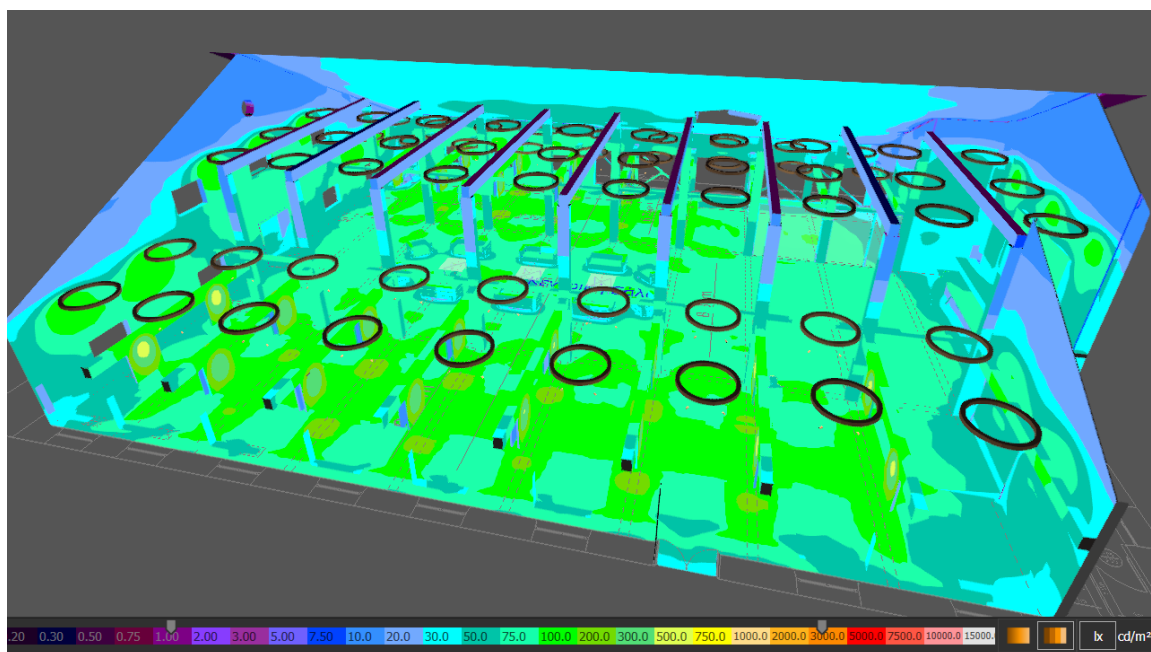
Εικόνα 6.56: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα»
[Ίδια Επεξεργασία].



Εικόνα 6.57: Κάτοψη περιοχής αξιολόγησης (Κάτω πτέρυγα) και ένταση φωτισμού του χώρου στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.58: Περιοχή αξιολόγησης πίνακα έκθεσης και ένταση φωτισμού στο λογισμικό DIALux ενο, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].



Εικόνα 6.59: Εσωτερική επισκόπηση πολυχώρου με ψευδοχρώματα στο λογισμικό DIALux eno, «Κεντρική Σάλα» [Ιδία Επεξεργασία].

6.5.4 Αποτελέσματα εξωτερικού φωτισμού

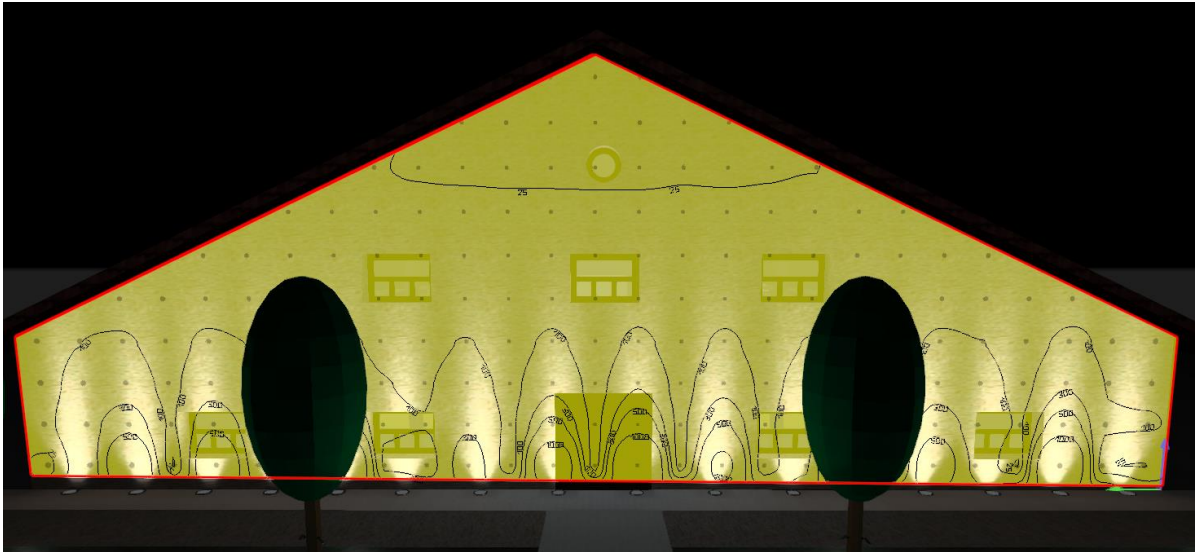
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του εξωτερικού φωτισμού, για την **ανάδειξη της πρόσοψης** του πολυχώρου.

Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα μελέτης σύμφωνα με το λογισμικό DIALux eno [Ιδία επεξεργασία].

Χώροι Αξιολόγησης	Στάθμη Φωτισμού E(lx) Πρότυπο	Στάθμη Φωτισμού E(lx) Αποτέλεσμα	Ομοιομορφία Πρότυπο	Ομοιομορφία Αποτέλεσμα	Θάμβωση UGR Πρότυπο	Θάμβωση UGR Αποτέλεσμα
Πρόσοψη	40	67	-	-	-	-
Διάδρομος διέλευσης επισκεπτών	5	11	0.25	0.46	50	29

Στην παρούσα περίπτωση θεωρήθηκαν κάποιες περιοχές αξιολόγησης για τη μελέτη φωτισμού. Ως πρώτη περιοχή αξιολόγησης ορίστηκε η πρόσοψη του πολυχώρου. Επίσης ορίστηκε ακόμη μια περιοχή αξιολόγησης, που αφορά τον διάδρομο διέλευσης των

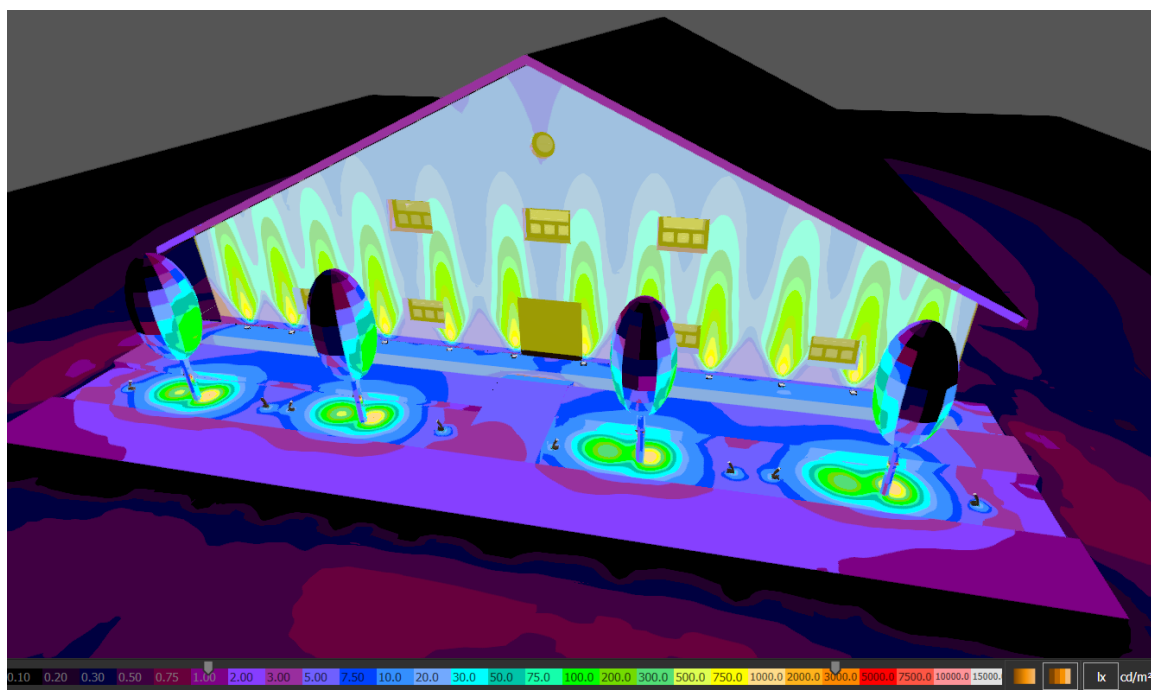
επισκεπτών που οδηγεί στην είσοδο του πολυχώρου. Τέλος, παρουσιάζεται μια επισκόπηση του χώρου σε περιβάλλον με ψευδοχρώματα.



Εικόνα 6.60: Περιοχή αξιολόγησης πρόσοψης και ένταση φωτισμού στο λογισμικό DIALux eno [Ίδια Επεξεργασία].



Εικόνα 6.61: Περιοχή αξιολόγησης διάδρομος επισκεπτών και ένταση φωτισμού στο λογισμικό DIALux eno [Ίδια Επεξεργασία].



Εικόνα 6.62: Εξωτερική επισκόπηση πολυχώρου με ψευδοχρώματα στο λογισμικό DIALux v9.0, «Εξωτερικός φωτισμός» [Ίδια Επεξεργασία].

6.6 Συμπεράσματα

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται όλα τα συμπεράσματα των τριών σεναρίων εσωτερικού φωτισμού στον χώρο «Κεντρική Σάλα» και του εξωτερικού φωτισμού του πολυχώρου.

6.6.1 Συμπεράσματα εσωτερικού φωτισμού, Σενάριο 1

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.5 παρατηρούμε ότι είμαστε εντός ορίων για τους δείκτες της μέσης έντασης φωτισμού, της ομοιομορφίας και της θάμβωσης. Όσον αφορά τους υπόλοιπους δείκτες, η ενεργειακή απόδοση των κρεμαστών φωτιστικών είναι 93 lm/W, ενώ η ισχύς ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφάνειας υπολογίστηκε 10.22 W/m² για τον χώρο «Κεντρική Σάλα» από το λογισμικό DIALux v9.0. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι βρισκόμαστε εντός ορίων σε όλους τους δείκτες (αποδεκτό όριο ενεργειακής απόδοσης άνω

των 90 lm/W και ισχύος ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφάνειας κάτω των 12 W/m²) που ορίζουν τα πρότυπα για το Σενάριο 1.

6.6.2 Συμπεράσματα εσωτερικού φωτισμού, Σενάριο 2

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.6 παρατηρούμε ότι είμαστε εντός ορίων για τους δείκτες της μέσης έντασης φωτισμού, της ομοιομορφίας και της θάμβωσης. Όσον αφορά τους υπόλοιπους δείκτες, η ενεργειακή απόδοση των φωτιστικών είναι και αυτή εντός ορίων καθώς δεν αλλάξαμε φωτιστικά στο παρόν σενάριο. Τέλος, η ισχύς ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφάνειας παρέμεινε η ίδια με προηγουμένως και εντός ορίων. Συνεπώς, όλοι οι δείκτες είναι εντός ορίων και για το Σενάριο 2, σύμφωνα με τα πρότυπα.

6.6.3 Συμπεράσματα εσωτερικού φωτισμού, Σενάριο 3

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.7 παρατηρούμε ότι είμαστε εντός ορίων για τους δείκτες της μέσης έντασης φωτισμού, της ομοιομορφίας και της θάμβωσης. Όσον αφορά τους υπόλοιπους δείκτες, η ενεργειακή απόδοση των φωτιστικών είναι 93 lm/W για τα κρεμαστά φωτιστικά και 118 lm/W για τα spotlight (προβολείς) φωτιστικά (αποδεκτό όριο άνω των 90 lm/W). Τέλος, η νέα ισχύς ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφάνειας υπολογίστηκε 10,86 W/m² για τον χώρο «Κεντρική Σάλα» από το λογισμικό DIALux ενο και άρα εντός ορίων (αποδεκτό όριο κάτω των 12 W/m²). Συνεπώς, όλοι οι δείκτες είναι εντός ορίων και για το Σενάριο 3, σύμφωνα με τα πρότυπα.

Σε αυτό το σημείο είμαστε σε θέση να παρατηρήσουμε πως με τη χρήση του ίδιου (κρεμαστού) φωτιστικού στον χώρο της «Κεντρικής Σάλας», επιτύχαμε τον φωτισμό τριών διαφορετικών σεναρίων εσωτερικού φωτισμού, «ελέγχοντας» κάθε φορά το φωτιστικό αυτό. Αυτό προσδίδει στον πολυχώρο ένα οικονομοτεχνικό πλεονέκτημα, εκτός του ότι πληρούνται όλα τα απαιτούμενα κριτήρια φωτισμού.

6.6.4 Συμπεράσματα εξωτερικού φωτισμού

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.8 παρατηρούμε ότι είμαστε εντός ορίων για τους δείκτες της μέσης έντασης φωτισμού, της ομοιομορφίας και της θάμβωσης, καθώς και ότι έχουμε επιτύχει ένα καλαίσθητο αποτέλεσμα φωτισμού. Όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση των φωτιστικών είναι εντός ορίων, καθώς για τα τρία είδη φωτιστικών που χρησιμοποιήσαμε, οι αντίστοιχες τιμές είναι 144 lm/W για τα uplight χωνευτά φωτιστικά δαπέδου, 110 lm/W για τα spotlight φωτιστικά για το φωτισμό του γρασιδιού και 135 lm/W για τα spotlight φωτιστικά για τον φωτισμό των δέντρων (όλα άνω του ορίου των 90 lm/W). Τέλος, όσον αφορά την ισχύ ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφάνειας για το τμήμα του εξωτερικού φωτισμού υπολογίστηκε 1,03 W/m² και άρα κάτω του ορίου 1,1 W/m² (για περιοχές με κανονική χρήση) σύμφωνα με το πρότυπο. Συνεπώς, όλοι οι δείκτες είναι εντός ορίων και για τον εξωτερικό φωτισμό, σύμφωνα με τα πρότυπα.

Συνοπτικά, είμαστε σε θέση να σχολιάσουμε, πως και οι τέσσερις μελέτες φωτισμού ανταποκρίνονται και στα πέντε κριτήρια ελέγχου φωτισμού που ορίζουν τα πρότυπα, ενώ παράλληλα προσδίδουν ένα ικανοποιητικό και καλαίσθητο οπτικό αποτέλεσμα.

Τέλος, ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας των φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της εργασίας.

Πίνακας 6.9: Συνολικός αριθμός φωτιστικών, γωνία στρέψης φωτιστικών και συνολική ισχύς του πολυχώρου [Ίδια επεξεργασία].

Δραστηριότητα	Χώροι Αξιολόγησης	Φωτιστικό Σώμα	Συν. Αριθ. Φωτιστικών	Γωνία Στρέψης (ο)	Συνολική Ισχύς (W)
Εσωτ. Φωτ. Σενάριο 1	Κεντρική Σάλα	BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. FUGA 2 RING SP 1500mm	66	-	66 x 93(W) = 6138
Εσωτ. Φωτ. Σενάριο 2	Κεντρική Σάλα	BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. FUGA 2 RING SP 1500mm	66	-	66 x 93(W) = 6138
Εσωτ. Φωτ. Σενάριο 3	Κεντρική Σάλα	BRIGHT SPECIAL LIGHTING S.A. FUGA 2 RING SP 1500mm	66	-	66 x 93(W) = 6138
Εσωτ. Φωτ. Σενάριο 3	Κεντρική Σάλα	Petridis Lighting BOLD_8W_REFLECTOR_NEUTRAL_WIDE	48	-	48 x 8(W) = 384
Εξωτ. Φωτ	Πρόσοψη	Unilamp GRAVITON ROUND IN-GROUND UPLIGHTER	12	-	12 x 16(W) = 192
Εξωτ. Φωτ	Πρόσοψη	Unilamp Co., Ltd. TELESCOPE Gear	8	60 (από οριζόντιο άξονα)	8 x 12(W) = 96
Εξωτ. Φωτ	Πρόσοψη	PEGASUS_4W_IP65_WARM_MEDIUM	12	-44 (από κατακόρυφο άξονα)	4 x 6(W) = 24

Επίλογος

Με την παρούσα μελέτη φωτισμού παρουσιάζεται μία πρόταση για τον φωτισμό της «Αποθήκης Επίπλευσης» του ΤΠΠΛ, που είναι ιστορικής και πολιτιστικής σημασίας. Ο φωτισμός αναδεικνύει τον εσωτερικό του χώρο καλύπτοντας τρία διαφορετικά σενάρια εσωτερικού φωτισμού, καθώς και την εξωτερική ανάδειξη της πρόσοψης του κτιρίου, με συνθήκες απουσίας φυσικού φωτισμού. Η λειτουργικότητα και η καλαισθησία του πολυχώρου δημιουργεί μια εντυπωσιακή αίσθηση στους ανθρώπους οι οποίοι τον επισκέπτονται.

Τα φωτιστικά που προτείνονται για την υλοποίηση της μελέτης του εσωτερικού φωτισμού είναι κρεμαστά φωτιστικά οροφής, λόγω του μεγάλου ύψους του κτιρίου και της τριγωνικής κεραμοσκεπής, καθώς και upright φωτιστικά δαπέδου για την εξωτερική ανάδειξη της πρόσοψης. Επίσης τα spotlight φωτιστικά που χρησιμοποιούνται ενδείκνυνται για συγκεκριμένα αντικείμενα ενδιαφέροντος (πίνακες – φωτογραφίες, δέντρα, γρασίδι). Όλα τα φωτιστικά πληρούν τους αναγκαίους δείκτες προστασίας για σκόνη και υγρασία, ενώ τα εξωτερικά φωτιστικά δεν αλλοιώνουν παράλληλα την εικόνα του κτιρίου, κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η ανάδειξη του πολυχώρου θα ενισχύσει την επισκεψιμότητα του και την ολοένα και περισσότερη πραγματοποίηση δραστηριοτήτων στο ΤΠΠΛ, με αποτέλεσμα τη διαρκή αναγνωρισιμότητα του σημαντικού και ιστορικού αυτού χώρου.

Βιβλιογραφία

- [1] “<https://el.wikipedia.org/wiki/Φως>.” .
- [2] “<https://www.greekarchitects.gr/gr/φωτισμος/φως-και-Ανθρωπος-φυσιολογία-και-οπτική-αντίληψη-id2259>.” .
- [3] “<http://light.physics.auth.gr/enc/vision.html>.” .
- [4] “<https://www.greekarchitects.gr/gr/φωτισμος/το-χρώμα-του-φωτός-id2821>.” .
- [5] “Φ.Β. Τοπαλής, Λ. Οικονόμου, Στ. Κουρτέση, Φωτοτεχνία, Εκδόσεις Τζιόλα, 2η Έκδοση.”
- [6] “Δ. Ζευγώλης, Εφαρμοσμένη Οπτική με Θέματα Οπτικοηλεκτρονικής & Laser, Εκδόσεις Τζιόλα, Β’ Έκδοση.”
- [7] “<https://www.bing.com/images/search>.” .
- [8] “ΦΙΛΙΠΠΟΣ Ι. ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ, ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΑ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.”
- [9] “Κλωνιζάκης Αριστείδης, «Φωτισμός-Γενικά», ΑΤΕΙ Αθήνας, Σχολή Γραφικών Τεχνών και Καλλιτεχνικών Σπουδών, 2012.”
- [10] “Lighting Fundamentals, Lighting Upgrade Manual, US EPA Office of Air and Radiation 6202J EPA 430-B-95-003, January 1995.”
- [11] “New Building Institute, Inc., Advanced lighting guidelines, <https://www.newbuildings.org>.”
- [12] “Handbook Of Interior Lighting Design (Rüdiger Ganslandt, Harald Hofmann) (z-lib.org).”
- [13] P. Davis, “Lighting : The principles; Technical Guide,” *Agric. Hortic. Dev. Board*, 2015, [Online]. Available: https://horticulture.ahdb.org.uk/sites/default/files/u3089/Lighting_The-principles.pdf.
- [14] “Πολυζωίδης Χρήστος «OLEDs & Φωτισμός Στερεάς Κατάστασης (SSL)», http://chpolyz.blogspot.gr/2014_02_01_archive.html, 2014.”
- [15] “Φωτοτεχνία, Αντωνίου Ι. Τσακίρη.”
- [16] “2006. CEI/IEC Standard 60929. AC-supplied electronic ballasts for tubular fluorescent lamps - Performance requirements.”
- [17] “2004. Digital Addressable Lighting Interface (DALI) Control Devices Protocol Part 1-2004 General Requirements, v. 1.13. NEMA Standard Publication 243-2004. 29.10.”

- [18] “2004. Digital Addressable Lighting Interface (DALI) Control Devices Protocol Part 2 - 2004 Specific Commands for Control Devices, v. 1.3. NEMA Standard Publication 243-2004. 29.10.”
- [19] “Francisco Jose Bellido-Outeirino, Jose Maria Flores-Arias, Francisco Domingo-Perez, Aurora Gil-de-Castro, Antonio Moreno-Munoz. 2012. Building Lighting Automation through the Integration of DALI with Wireless Sensor Networks. IEEE Transactions on Consumer.”
- [20] “Yuan Ma and Darold Wobschall. 2007. A Sensor Network for Buildings Based on the DALI Bus, SAS 2007 - IEEE Sensors Applications Symposium San Diego, California USA.”
- [21] “TOTEE-20701-7-2021.”
- [22] “Δούλος Λάμπρος, Μπουρούσης Κωνσταντίνος, «Σχεδιασμός έργων φωτισμού», Εκδόσεις ΕΑΠ, Πάτρα, 2013.”
- [23] “Kellogg Smith, F. and Bertolone, F.J. 1986, Bringing Interiors to Light, New York: Whitney Library of Design.”
- [24] “Benya, J.R. 1994. Lighting design for interior spaces. CEU course accredited by ASID and IBD. New York, LIGHTFAIR INTERNATIONAL.”
- [25] Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL), “Good lighting for Hotels and Restaurants.”
- [26] Fördergemeinschaft Gutes Licht, “Fördergemeinschaft Gutes Licht Good Lighting for Museums, Galleries and Exhibitions 18.”
- [27] M. B. C. Aries and W. Westerhout, “Energy efficient facade lighting: Highlighting facade structures.”
- [28] G. 1957-T. A.-T. T.- Gordon, *Interior lighting for designers LK* - <https://buid.on.worldcat.org/oclc/843785588>. .
- [29] “<https://www.snfcc.org/venuehire>.”
- [30] “<https://www.megaron.gr/venue/>.”
- [31] “<https://theacropolismuseum.gr/drastiriotites>.”
- [32] “<https://theacropolismuseum.gr/ekthesiakoi-horoi>.”
- [33] “<https://www.ltcp.ntua.gr/venue/>.”
- [34] “<https://lumsearch.com/>.”

Παράρτημα

Product data sheet

FUGA 2 RING SP 1500MM

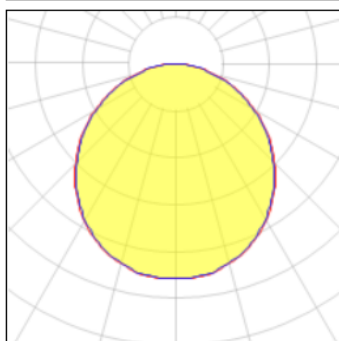
830

BRIGHT SPECIAL LIGHTING



Light output 1 (integrated)

Lamp type	Nominal lamp power	Total flux	Luminous efficacy	CCT	CRI
LED	93 W	8628 lm	93 lm/W	3000 K	80



LOR: 100%
Total power: 93 W

Mounting mode

Pendant

Shape and measurements

Length: 1500 mm

Width: 1500 mm

Height: 100 mm

Adjustability

Fixed

Design

Colour of housing: Black, White, Anthracite / graphite

Electric

System power: 93 W

Controller: Dimmable 1..10V, DALI

Appliance Class: I

Protection

IP: 40

IK: 04

Εικόνα Π.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά κρεμαστού φωτιστικού οροφής για τον φωτισμό της «Κεντρικής Σάλας» στο λογισμικό DIALux ενο [Ιδία Επεξεργασία].

Product data sheet

BOLD_8W_REFLECTOR_NEUTRAL_WIDE

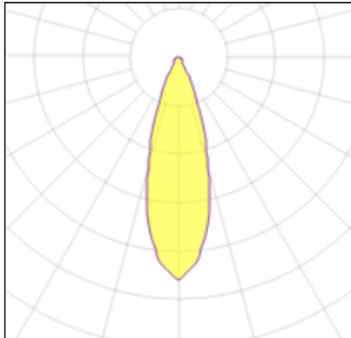
89190303_

PETRIDIS



Light output 1

Available equipment	Nominal lamp power	Lamp flux	Luminous efficacy	CCT	CRI
1 x LED	8 W	945 lm	118 lm/W	4000 K	80

	LOR: 72%
	Total flux: 677 lm
	Total power: 8 W

Mounting mode

Ceiling mounted, Contact rail

Shape and measurements

Height: 70 mm

Diameter: 45 mm

Adjustability

Rotatable, Tilttable

Design

Material impression: Aluminum

Electric

System power: 8 W

Controller: Dimmable 1..10V, DALI

Appliance Class: I

Protection

IP: 20

Designation labels: CE

Εικόνα Π.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά spotlight φωτιστικού για τον φωτισμό των πινάκων έκθεσης στο λογισμικό DIALux ενo [Ιδία Επεξεργασία].

Product data sheet

GRAVITON ROUND IN-GROUND UPLIGHTER

9091-5-3-506-91

UNILAMP



Light output 1

Available equipment	Nominal lamp power	Lamp flux	Luminous efficacy	CCT	CRI
1 x LED	16 W	2300 lm	144 lm/W	2700 K	80

	LOR:	94%
	ULOR:	94%
	Total flux:	2167 lm
	Total power:	19 W

Mounting mode

Floor recessed

Shape and measurements

Length: 220 mm

Width: 224 mm

Height: 347 mm

Adjustability

Fixed

Electric

System power: 19 W

Appliance Class: I

Protection

IP: 67

IK: 10

Εικόνα Π.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά uplight χωνευτού φωτιστικού δαπέδου για τον φωτισμό της πρόσοψης στο λογισμικό DIALux ενο [Ιδία Επεξεργασία].

Product data sheet

PEGASUS_4W_IP65_WARM_MEDIUM

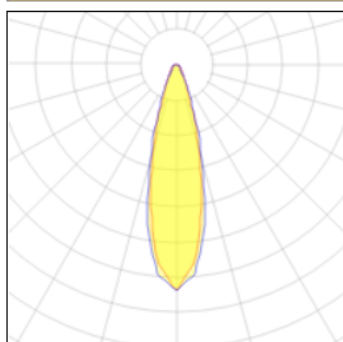
84701202_

PETRIDIS



Light output 1

Available equipment	Nominal lamp power	Lamp flux	Luminous efficacy	CCT	CRI
1 x LED	4 W	439 lm	110 lm/W	3000 K	80



LOR: 80%
Total flux: 351 lm
Total power: 4 W

Mounting mode

Standing / Bollard, Ceiling mounted, Floor mounted, Wall mounted

Shape and measurements

Height: 47 mm
Diameter: 69 mm

Adjustability

Rotatable, Tilttable

Design

Material impression: Aluminum, Glass
Colour of housing: Anthracite / graphite, Silver gray
Designer: SIMES S.P.A.

Electric

System power: 4 W
Appliance Class: I

Protection

IP: 65
Designation labels: CE

Εικόνα Π.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά spotlight φωτιστικού για τον φωτισμό του γρασιδιού στο λογισμικό DIALux ενο [Ιδία Επεξεργασία].

Product data sheet

TELESCOPE GEAR

5911-7-3-901-XX

UNILAMP



IP
65

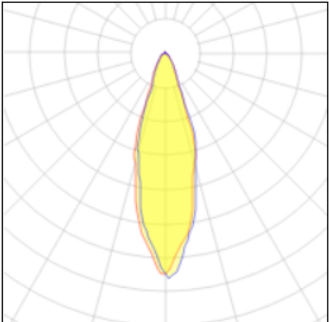
IK
06



CE

Light output 1

Available equipment	Nominal lamp power	Lamp flux	Luminous efficacy	CCT	CRI
1 x LED	12 W	1620 lm	135 lm/W	3000 K	80

	LOR: 49%
	Total flux: 790 lm
	Total power: 14 W

Mounting mode

Standing / Bollard, Floor mounted

Shape and measurements

Length: 165 mm

Width: 101 mm

Height: 139 mm

Adjustability

Free

Design

Material impression: Aluminum

Colour of housing: Silver gray

Designer: SIMES S.P.A.

Electric

System power: 14 W

Controller: DALI

Appliance Class: I

Protection

IP: 65

IK: 06

Designation labels: CE

Εικόνα Π.5: Τεχνικά χαρακτηριστικά spotlight φωτιστικού για τον φωτισμό των δέντρων στο λογισμικό DIALux ενο [Ιδία Επεξεργασία].