



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Ηλεκτρικής ισχύος

Μελέτη φωτισμού όψεων Δημαρχείου και κεντρικής πλατείας Σπάρτης.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ευγενία Κατσαούνη

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

Αθήνα, Οκτώβριος 2025



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Ηλεκτρικής ισχύος

Μελέτη φωτισμού όψεων Δημαρχείου και κεντρικής πλατείας Σπάρτης.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ευγενία Κατσαούνη

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

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 6η Οκτωβρίου 2025.

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

.....
Ιωάννης Φ. Γκόνος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Χρήστος Αθ. Χριστοδούλου
Επίκουρος Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2025

.....
Ευγενία Κατσαούνη

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Ευγενία Κατσαούνη, 2025

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την μελέτη φωτισμού της κεντρικής πλατείας και των όψεων του Δημαρχείου της Σπάρτης. Η εργασία βασίστηκε σε εκτεταμένη έρευνα και μελέτη των παραμέτρων που επηρεάζουν τον φωτισμό σε δημόσιους αστικούς χώρους.

Μέσω της έρευνας αναδεικνύεται η επίδραση του φωτισμού στον άνθρωπο και τον χώρο, η αξιοποίηση του φυσικού και τεχνητού φωτός ως σχεδιαστικό μέσο και η διάδρασή του με την αρχιτεκτονική ιστορικά. Παρουσιάζονται και αξιολογούνται παραδείγματα φωτισμού δημόσιων χώρων διεθνώς, ως έμπνευση και διδάγματα για την παρούσα μελέτη. Γίνεται επίσης μια προσπάθεια αναδρομής στις τεχνητές πηγές φωτισμού ανά τα χρόνια με έμφαση στα τεχνικά τους χαρακτηριστικά, την τεχνολογική εξέλιξη των LED και την κυριαρχία τους. Αναλύεται η μεθοδολογία μιας φωτιστικής μελέτης, εξηγώντας κάθε στάδιο του σχεδιασμού. Εξετάζονται τα κριτήρια επιλογής των φωτιστικών, σύμφωνα με τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά και τον σκοπό της χρήσης τους. Σημειώνεται επίσης η ανάγκη συμμόρφωσης με διεθνή πρότυπα και κανονισμούς αλλά και η άνοδος και ο ρόλος των πιστοποιήσεων βιωσιμότητας.

Για την ολοκλήρωση της μελέτης, χρησιμοποιήθηκε το φωτοτεχνικό λογισμικό Dialux, το οποίο βοήθησε στην προσομοίωση και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων σε κάθε χώρο. Στην μελέτη χρησιμοποιούνται φωτιστικά με γνώμονα την συμμόρφωση με τα φωτοτεχνικά κριτήρια καθώς και την τεχνική τους συμβατότητα με τις εγκαταστάσεις των χώρων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά, από τα επίπεδα φωτισμού έως τις φωτορεαλιστικές απεικονίσεις, και η εργασία ολοκληρώνεται με την παραγωγή σχεδίων και την τεχνική τεκμηρίωση όλων των προτεινόμενων φωτιστικών.

Λέξεις Κλειδιά: Αστικός χώρος, δημόσιος χώρος, φωτισμός ανάδειξης, αρχιτεκτονική, φωτεινή πηγή, τεχνολογία LED, μεθοδολογία, τεχνικές φωτισμού, φωτομετρία, συμβατότητα, τεχνικά χαρακτηριστικά.

Abstract

This thesis undertakes the lighting design of the central square and the façades of the City Hall of Sparta. The study is based on extensive research and systematic analysis of the parameters that affect lighting in public urban spaces.

Through the research, the impact of lighting on both people and spaces is highlighted, as well as the use of natural and artificial light as a design medium and its historical interaction with architecture. International examples of public-space lighting are presented and evaluated, serving as inspiration and lessons learned for the present study. An effort is also made to review artificial light sources over time, with emphasis on their technical characteristics, the technological evolution of LEDs, and their predominance. The methodology of a lighting study is analysed, explaining each stage of the design process. The criteria for selecting luminaires are examined in relation to their technical characteristics and their intended use. The need for compliance with international standards and regulations is also noted, alongside the growing significance of sustainability certifications.

For the implementation phase, the photometric software DIALux was used, which supported the simulation and evaluation of results for each area. The luminaires were chosen with a view to compliance with photometric criteria as well as to technical compatibility with the site's infrastructure. The results are presented in detail—from illuminance levels to photorealistic renderings—and the thesis concludes with the production of drawings and the technical documentation of all proposed luminaires.

Key words: Urban space, public space, façade lighting, architecture, light source, LED technology, methodology, lighting techniques, photometry, compatibility, technical specifications.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή μου κο Φραγκίσκο Β. Τοπαλή για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, το ειλικρινές ενδιαφέρον και την υποστήριξη καθ' όλη την διάρκεια της συνεργασίας μας. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δήμο Σπάρτης και ιδιαίτερα την Τεχνική Υπηρεσία που μου παρείχε άμεσα οποιαδήποτε πληροφορία χρειάστηκα. Ελπίζω να βρουν αυτήν την εργασία χρήσιμη για το μέλλον του Δήμου. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και όλους όσους μου συμπαραστάθηκαν με οποιονδήποτε τρόπο όλα αυτά τα χρόνια.

Πίνακας περιεχομένων

1. Το Φως ως σχεδιαστικό μέσο και φυσικό φαινόμενο	16
1.1 Οι ιδιότητες του φωτός και η ανθρώπινη αντίληψη	16
1.2 Εξέλιξη του τεχνητού φωτισμού – Από τον λαμπτήρα πυρακτώσεως στα LED	20
1.3 Το φως στην αρχιτεκτονική και τον αστικό χώρο: εμπειρία, συμβολισμός, ατμόσφαιρα	23
2. Τεχνολογίες Φωτισμού και Σύγχρονα Μέσα	27
2.1 Τεχνολογία LED και ποιοτικά χαρακτηριστικά	27
2.2 Τεχνολογία φωτιστικών LED	31
2.3 Συστήματα ελέγχου φωτισμού.....	34
2.4 Καταλληλότητα φωτιστικών – IP, IK, συντήρηση.....	39
3. Μεθοδολογία Φωτιστικής Μελέτης.....	42
3.1 Στάδια σχεδιασμού φωτισμού.....	42
3.2 Επιλογή φωτιστικών σωμάτων – κατηγορίες και χαρακτηριστικά	46
3.3 Κανονισμοί και πρότυπα.....	54
4. Φωτισμός εξωτερικών και δημόσιων χώρων – Ανάλυση παραδειγμάτων	57
4.1 Σχεδιαστική προσέγγιση για τον φωτισμό δημόσιων εξωτερικών χώρων	57
4.2 Ανάλυση παραδειγμάτων εξωτερικού φωτισμού (case studies)	60
4.3 Διδάγματα για τον σχεδιασμό	71
5. Μελέτη για την Πλατεία και το Δημαρχείο Σπάρτης.....	73
5.1 Ανάλυση βημάτων	74
5.2 Σχεδιαστική στρατηγική	82
5.3 Τεχνική μελέτη, υπολογισμοί, επιλογή φωτιστικών και συστημάτων ελέγχου	87
6. Συμπεράσματα - Επίλογος.....	116
7. Παράρτημα	118
8. Βιβλιογραφία	141

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Τα βασικά μεγέθη και ιδιότητες του φωτός και του φωτισμού στο χώρο. [1]	17
Εικόνα 2: Ο κύκλος αλλαγής του φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας σύμφωνα με την κατάσταση του ανθρώπου.[6]	19
Εικόνα 3: Η εξέλιξη των τεχνολογιών φωτισμού, από την φωτιά έως τους λαμπτήρες LED.[31]	22
Εικόνα 4: Ο στρογγυλός «Οφθαλμός» στο Πάνθεον της Ρώμης, άνοιγμα διαμέτρου 9μ στην κορυφή του θόλου, αποτελεί την μοναδική πηγή φυσικού φωτός στον χώρο. Το φως αλλάζει καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, φωτίζοντας διαφορετικά σημεία του εσωτερικού.[32]	23
Εικόνα 5: Φωτισμός πεζοδρόμου σε οικιστική ζώνη στο Λονδίνο. Ο φωτισμός δημιουργεί μια οικεία και φιλόξενη ατμόσφαιρα, παραμένοντας επαρκής για την κυκλοφορία.[33]	25
Εικόνα 6: Εορταστικός φωτισμός του Καθεδρικού Ναού της Λυών, ως μέρος του ετήσιου Φεστιβάλ των Φώτων.[34]	26
Εικόνα 7: Χρωματικά διαγράμματα ελλείψεων MacAdams. Στις ελλείψεις με μπλε και πράσινο χρώμα(4 και 7 βημάτων αντίστοιχα) είναι αντιληπτή η απόκλιση του χρώματος.[35],[36]	29
Εικόνα 8: Ενδεικτικές τιμές των αποδόσεων των πηγών φωτισμού ιστορικά.[37]	31
Εικόνα 9: Τύποι πηγών LED, με ενσωματωμένη ψύκτρα, ενσωματωμένο φακό, ή χωρίς.[38],[39],[40]	32
Εικόνα 10: Ενδεικτικός τύπος μετασχηματιστή και τυπικά κυκλώματα μεταξύ LED και μετασχηματιστών συνεχούς ρεύματος και τάσης αντίστοιχα.[41],[42]	33
Εικόνα 11: Συνήθη οπτικά εξαρτήματα(ανακλαστήρες, visor, honeycomb filter) καθώς και συναρμολόγηση του συνόλου ενός downlights, από την πηγή LED έως το κέλυφος του φωτιστικού.[43],[44],[45],[46]	34
Εικόνα 12: Παράδειγμα χρήσης αισθητήρων παρουσίας. Κάθε φωτιστικό σε κάθε γραφείο περιλαμβάνει αισθητήρα, ο οποίος επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω υπερύθρων. Εφόσον μόνο ένα γραφείο χρησιμοποιείται, το φωτιστικό του γραφείου αυτού λειτουργεί στο 100%, ενώ τα υπόλοιπα ρυθμίζονται αυτόματα ώστε να προσφέρουν έναν χαμηλότερο φωτισμό στις περιβάλλουσες επιφάνειες.[6]	37
Εικόνα 13: Σχηματική παρουσίαση της διαδικασίας σχεδιασμού ενός συστήματος φωτισμού.[1]	45
Εικόνα 14: Παράδειγμα γραφείου, όπου το κρεμαστό φωτιστικό παρέχει τον γενικό φωτισμό του χώρου, το επιτραπέζιο φωτιστικό λειτουργεί ως φωτισμός εργασίας, ενώ τα spotlights οροφής αναδεικνύουν τον πίνακα στον τοίχο.[47]	47
Εικόνα 15: Τύποι downlights, αριστερά χωνευτά και δεξιά εξωτερικής τοποθέτησης.[48]	48
Εικόνα 16: Τύποι ενδοδαπέδιων(αριστερά) και επιδαπέδιων(μέση) uplights καθώς και παράδειγμα χρήσης τους(δεξιά).[48],[49]	48
Εικόνα 17: Τύποι spotlights, αριστερά σε χωνευτή ράγα οροφής και δεξιά μεμονωμένο σε οροφή. [49]	49
Εικόνα 18: Επίτοιχα φωτιστικά χαμηλής τοποθέτησης(steplights) και απλικά με φωτισμό πάνω-κάτω.[49]	49
Εικόνα 19: Τύποι κρεμαστών φωτιστικών, αριστερά πολλαπλά φωτιστικά για γενικό φωτισμό με διακοσμητικό χαρακτήρα, δεξιά γραμμικό φωτιστικό με φακούς για εστιασμένο φωτισμό προς τα κάτω και διάχυτο έμμεσο φωτισμό προς τα πάνω. [49]	50
Εικόνα 20: Αριστερά ενδοδαπέδιο wallgrazer προς ανάδειξη πέτρινου τοίχου, δεξιά χωνευτά wallwashers οροφής τοποθετημένα σε σειρά για ομοιόμορφο φωτισμό τοίχου με έργα τέχνης. [49]	51
Εικόνα 21: Τύποι επιδαπέδιων φωτιστικών, για ανάδειξη φύτευσης, ανάδειξη μονοπατιού και για διακοσμητική χρήση.[48],[49]	52
Εικόνα 22: Εφαρμογή ταινίας LED σε σκαλοπάτια εξωτερικού χώρου και σε σκοτία οροφής.[49]	52
Εικόνα 23: Τύποι προβολέων μικρού και μεγάλου μεγέθους, τοποθέτησης σε έδαφος ή σε ιστό.[49]	53
Εικόνα 24: Αριστερά φωτιστικό οδοφωτισμού σε ψηλό ιστό, δεξιά φωτιστικό πλατείας σε χαμηλό ιστό. [49]	54
Εικόνα 25: Θεωρητικό παράδειγμα κατάλληλης έντασης φωτισμού και αναλογία μεταξύ των περιοχών. Στο παράδειγμα παρουσιάζονται από αριστερά προς τα δεξιά, όρια πάρκου με πεζόδρομο στα 4lux, οδός κυκλοφορίας στα 8lux, πλατεία στα 12lux, σκαλοπάτια προς κτίριο στα 20lux και είσοδος κτιρίου στα 60lux. Ξεκινώντας από τα όρια του πάρκου(ε) με χρήση bollards και χαμηλό φωτισμό, τα επίπεδα φωτισμού αυξάνονται στην οδό(d), στον χώρο της πλατείας(c), στην είσοδο του κτιρίου(b) και στην όψη του κτιρίου(a), με μια αναλογία 1 : 2 : 3 : 5 : 15.[20]	60
Εικόνα 26: Φωτισμός αγάλματος και παραθύρων των όψεων του κτιρίου.[27]	62

Εικόνα 27: Φωτισμός όψης της Βουλής και του μνημείου Αγνώστου Στρατιώτη.[27]	62
Εικόνα 28: Φωτισμός περιμετρικού πέτρινου τοίχου.[27]	62
Εικόνα 29: Φωτισμός κύριας όψης και εισόδου της κεντρικής Αγοράς της Σαραγόσσα.[28]	64
Εικόνα 30: Φωτισμός πλαϊνής όψης της κεντρικής Αγοράς της Σαραγόσσα.[28]	65
Εικόνα 31: Το πάρκο del Mare αποτελείται από χώρους γρασιδιού και μονοπάτια(αριστερά), κεντρική περιοχή κυκλοφορίας(κέντρο) και το παραλιακό μέτωπο(δεξιά). [29]	66
Εικόνα 32: Ο κεντρικός χώρος κυκλοφορίας του πάρκου del Mare.[29]	67
Εικόνα 33: Ο κεντρικός χώρος του πάρκου, όπου στα αριστερά συνορεύει με το παραλιακό μέτωπο, ενώ στα δεξιά με τα καταστήματα της πόλης. [29]	67
Εικόνα 34: Η πλατεία της Ενότητας στο κέντρο της πόλης, που συνδυάζει τον κεντρικό χώρο της πλατείας, μεγάλους χώρους κυκλοφορίας, χώρους πρασίνου με μονοπάτια, σκαλοπάτια που λειτουργούν ως χώρος καθιστικού.[30]	69
Εικόνα 35: Τα σκαλοπάτια στο κέντρο της πλατείας και η ποικιλία φύτευσης που περιλαμβάνει χαμηλούς θάμνους και ψηλά δέντρα.[30]	69
Εικόνα 36: Μέρος της πλατείας όπου συγκεντρώνονται χώροι πρασίνου σε οργανικά σχήματα, με διαδρομές ανάμεσά τους που τους συνδέουν.[30]	70
Εικόνα 37: Χώρος καθιστικού και ανάπαυσης με ενσωματωμένα ξύλινα παγκάκια.[30]	70
Εικόνα 38: Καταγραφή δειγματοληπτικών μετρήσεων έντασης φωτισμού(lux) καθώς και θέσεων υφιστάμενων φωτιστικών.	75
Εικόνα 39: Κατοπική εικόνα της πλατείας και του Δημαρχείου, όπως εμφανίζεται στο Google Earth το 2023. Η πλατεία περιβάλλεται από ομπρέλες και τραπεζοκαθίσματα καταστημάτων, εκτός από την βόρεια πλευρά(δεξιά) όπου συνορεύει με οδό. Ομοίως το κτίριο του Δημαρχείου περιβάλλεται από ομπρέλες και τραπεζοκαθίσματα.	76
Εικόνα 40: Αεροφωτογραφία ημέρας της πλατείας και του Δημαρχείου από το 2019. Ακριβώς απέναντι από το Δημαρχείο βρίσκεται το άγαλμα του πολεμιστή με έναν μικρό χώρο φύτευσης περιμετρικά. Επίσης είναι εμφανή τα ρομβικά σχήματα όπου τοποθετούνται οι ιστοί φωτισμού.[50]	77
Εικόνα 41: Αεροφωτογραφία σε βραδινή ώρα της πλατείας και του Δημαρχείου από το 2019. Οι δύο χώροι φυτεύσεων στο κάτω μέρος της φωτογραφίας εμφανίζονται υπερφωτισμένοι λόγω των διπλών προβολέων, ενώ το άγαλμα του πολεμιστή δεν φωτίζεται από καμία πηγή.[51]	77
Εικόνα 42: Φωτογραφία του αγάλματος του Πολεμιστή, στο οποίο δεν προβλέπεται φωτισμός.[50]	78
Εικόνα 43: Φωτογραφία του Δημαρχείου, όπως εμφανίζεται στο Google Map το 2015.	78
Εικόνα 44: Φωτογραφία της πίσω όψης του Δημαρχείου, όπως ελήφθη το 2025 κατά τον επιτόπιο έλεγχο.	79
Εικόνα 45: Φωτογραφίες της βόρειας και νότιας(πλαϊνές) όψης, όπως ελήφθησαν το 2025 κατά τον επιτόπιο έλεγχο.	79
Εικόνα 46: Φωτογραφία χώρων φύτευσης, όπως ελήφθησαν το 2025 κατά τον επιτόπιο έλεγχο. Διακρίνονται οι ψηλοί ιστοί με τους διπλούς προβολείς για τον φωτισμό της φύτευσης.	80
Εικόνα 47: Φωτογραφία μέρους της πλατείας, όπως ελήφθη το 2025 κατά τον επιτόπιο έλεγχο. Τα υφιστάμενα φωτιστικά τοποθετήθηκαν το 2023, αντικαθιστώντας τους διπλούς γλόμπους, και αποτελούνται από κεφαλές LED συμμετρικής κατανομής επί ιστών ύψους 5μ.	81
Εικόνα 48: Παράδειγμα χαμηλών ιστών με κλασικής αισθητικής φωτιστικά και διπλά καμπύλα μπράτσα.[52]	83
Εικόνα 49: Παράδειγμα φωτισμού πλατείας με διπλά φωτιστικά διασκορπισμένα στον χώρο και ικανοποιητικά επίπεδα ομοιομορφίας.[53]	83
Εικόνα 50: Παραδείγματα φωτισμού καθιστικού, για την ανάδειξη του περιμετρικού χώρου του αγάλματος.[53],[54]	84
Εικόνα 51: Παράδειγμα φωτισμού όψης. Χρησιμοποιούνται φωτιστικά στενής δέσμης προς τα πάνω και προς τα κάτω, με αποτέλεσμα να αναδεικνύεται όλο το ύψος του κτιρίου.[55]	85
Εικόνα 52: Παράδειγμα φωτισμού όψης. Δίνεται έμφαση και στις 3 πλευρές του τριγώνου του αετώματος.[56]	85
Εικόνα 53: Παράδειγμα φωτισμού όψης. Επιλέγεται να τονιστεί η περίμετρος του κτιρίου, με έμφαση στο κάτω και στο πάνω μέρος(γείσο). [57]	86
Εικόνα 54: Παράδειγμα φωτισμού εξωτερικού κλιμακοστασίου εισόδου.[58]	86
Εικόνα 55: Φωτιστικό E01. Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.	88

Εικόνα 56: Παράδειγμα ρύθμισης της έντασης των φωτιστικών κατά τη διάρκεια της ημέρας, με την λειτουργία Virtual Midnight.[59]	88
Εικόνα 57: Φωτιστικά E02(spotlight) και E03(ταινία LED). Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.	89
Εικόνα 58: Φωτιστικά E04(επίτοιχο) και E05(spotlight). Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.	90
Εικόνα 59: Με κόκκινο σημειώνονται τα σημεία τοποθέτησης των φωτιστικών E04 και E05.	90
E06 Εικόνα 60: Φωτιστικό E06(ταινία LED). Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.	91
Εικόνα 61: Με κόκκινο σημειώνεται το σημείο τοποθέτησης του φωτιστικού E06.	91
Εικόνα 62: Φωτιστικό E07(γραμμικό). Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.	91
Εικόνα 63: Με κόκκινο σημειώνονται τα σημεία τοποθέτησης των φωτιστικών E07.	92
Εικόνα 64: Φωτιστικά E06(ταινία LED) και E08(uplight). Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.	92
Εικόνα 65: Με κόκκινο σημειώνονται τα σημεία τοποθέτησης των φωτιστικών E06 και E08.	93
Εικόνα 66: Φωτιστικό E09(steplight). Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.	93
Εικόνα 67: Με κόκκινο σημειώνονται τα σημεία τοποθέτησης των φωτιστικών E09.	93
Εικόνα 68: Με πορτοκαλί εμφανίζονται νέες θέσεις ιστών που κρίνεται ότι πρέπει να προστεθούν. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	95
Εικόνα 69: Με πορτοκαλί εμφανίζονται οι προβολείς που στην μελέτη αντικαθίστανται με τα φωτιστικά E01. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	96
Εικόνα 70: Τελικό αποτέλεσμα φωτισμού στην πλατεία, με χρήση διαφορετικών οπτικών χαρακτηριστικών και φωτεινής απόδοσης. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	96
Εικόνα 71: Τύπος και ύψος φωτιστικού που εφαρμόστηκε για το τελικό αποτέλεσμα της πλατείας. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	97
Εικόνα 72: Τελικό αποτέλεσμα φωτισμού στον χώρο φύτευσης. Οι προβολείς έχουν αντικατασταθεί με ιστό διπλής κεφαλής. Δεξιά και αριστερά χρησιμοποιούνται ιστοί μονής κεφαλής με προσανατολισμό αντίθετα προς τη φύτευση. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	97
Εικόνα 73: Αποτελέσματα φωτομετρίας στην επιφάνεια μεγάλου εύρους της πλατείας, τα οποία εμφανίζονται στο δεξί μέρος της εικόνας. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	98
Εικόνα 74: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	99
Εικόνα 75: Αποτελέσματα φωτομετρίας σε περιοχή φύτευσης, τα οποία εμφανίζονται στο δεξί μέρος της εικόνας. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	99
Εικόνα 76: Τελικό αποτέλεσμα φωτισμού στον χώρο του αγάλματος. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	100
Εικόνα 77: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	100
Εικόνα 78: Τύποι φωτιστικών που εφαρμόστηκαν για το τελικό αποτέλεσμα του αγάλματος. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	101
Εικόνα 79: Τελικό αποτέλεσμα φωτισμού της κύριας όψης του Δημαρχείου. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	101
Εικόνα 80: Διαφορετική προοπτική του τελικού αποτελέσματος φωτισμού των όψεων του Δημαρχείου. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	102
Εικόνα 81: Τελικό αποτέλεσμα φωτισμού της βόρειας(πλαϊνής) όψης του Δημαρχείου. Οι δύο πλαϊνές όψεις είναι όμοιες. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	102
Εικόνα 82: Τελικό αποτέλεσμα φωτισμού της δυτικής(πίσω) όψης του Δημαρχείου. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux	103
Εικόνα 83: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	104
Εικόνα 84: Τύποι φωτιστικών που εφαρμόστηκαν για το τελικό αποτέλεσμα των όψεων. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	105
Εικόνα 85: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	106

Εικόνα 86: Τύποι φωτιστικών που εφαρμόστηκαν για το τελικό αποτέλεσμα του μπαλκονιού. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	106
Εικόνα 87: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	107
Εικόνα 88: Τύποι φωτιστικών που εφαρμόστηκαν για το τελικό αποτέλεσμα των γείσων και αετωμάτων. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	107
Εικόνα 89: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	108
Εικόνα 90: Τύποι φωτιστικών που εφαρμόστηκαν για το τελικό αποτέλεσμα των πλαϊνών όψεων. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	108
Εικόνα 91: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.	109
Εικόνα 92: Τύποι φωτιστικών που εφαρμόστηκαν για το τελικό αποτέλεσμα των πλαϊνών όψεων. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux. Προτείνεται η προσθήκη επιπλέον φωτιστικών στις παραστάδες που κυκλώνονται με χρώμα ματζέντα. Επιπλέον, προτείνεται η χρήση μιας απλίκας πάνω από την πόρτα εισόδου, αντί για τις 2 υφιστάμενες.	110
Εικόνα 93: Φωτογραφία που ελήφθη το 2025 κατά τον επιτόπιο έλεγχο. Η υφιστάμενη κατάσταση περιλαμβάνει 2 απλίκες εκατέρωθεν της πόρτας εισόδου, ενώ δεν περιλαμβάνει επίτοιχα φωτιστικά ανάδειξης των παραστάδων. Τα σημεία κυκλώνονται με χρώμα ματζέντα.	110
Εικόνα 94: Σχέδιο φωτισμού κάτωγης πλατείας. Με πράσινο χρώμα σημειώνονται τα σημεία όπου προστίθενται φωτιστικά και απαιτούνται νέες παροχές. Με χρώμα ματζέντα σημειώνονται τα σημεία όπου ο υφιστάμενος τύπος φωτιστικού(προβολείς) αντικαθίσταται με νέο τύπο(E01).	111
Εικόνα 95: Σχέδιο αναλυτικών τύπων φωτιστικών E01.	112
Εικόνα 96: Επιμέρους σχέδιο φωτισμού για τον χώρο του αγάλματος. Με πράσινο χρώμα σημειώνονται τα σημεία όπου προστίθενται φωτιστικά και απαιτούνται νέες παροχές.	112
Εικόνα 97: Σχέδιο φωτισμού κύριας όψης Δημαρχείου.	113
Εικόνα 98: Σχέδιο φωτισμού νότιας όψης Δημαρχείου. Με χρώμα ματζέντα κυκλώνονται τα σημεία όπου προτείνεται επανατοποθέτηση ή νέες προσθήκες φωτιστικών.	113
Εικόνα 99: Σχέδιο φωτισμού δυτικής όψης Δημαρχείου.	114
Εικόνα 100: Συνοπτικό υπόμνημα με τους τύπους των φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν για τον σχεδιασμό. Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.	114

1. Το Φως ως σχεδιαστικό μέσο και φυσικό φαινόμενο

Το φως αποτελεί ένα από τα πιο θεμελιώδη στοιχεία στην ζωή μας. Δεν είναι απλώς ένα φυσικό φαινόμενο, αλλά και ένα μέσο που καθορίζει από την αντίληψη ενός χώρου έως και την ψυχολογία μας. Στο παρόν κεφάλαιο θα εξετάσουμε το φως ως φυσικό στοιχείο, ως μέρος της ανθρώπινης αντίληψης και ως εργαλείο σχεδιασμού στην αρχιτεκτονική. Η κατανόηση των ιδιοτήτων του φωτός και της επίδρασής τους στον άνθρωπο και στον χώρο αποτελεί προϋπόθεση για την δημιουργία ενός ορθού και ουσιαστικού σχεδιασμού φωτισμού σε έναν χώρο.

1.1 Οι ιδιότητες του φωτός και η ανθρώπινη αντίληψη

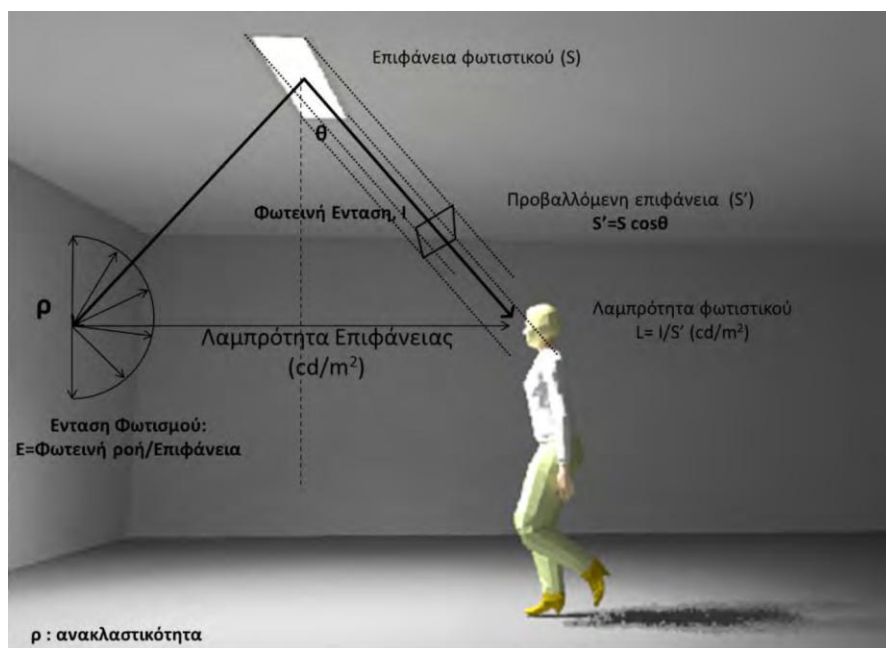
Το φως είναι μια μορφή **ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας**, απαραίτητη για την ύπαρξη της ζωής και καθοριστική για την ανθρώπινη αντίληψη του περιβάλλοντος. Αν και φυσικά αποτελεί ενέργεια που διαδίδεται υπό τη μορφή κυμάτων, ο τρόπος που γίνεται αντιληπτό από τον άνθρωπο είναι και ψυχοσωματικός, με σύνθετες επιδράσεις στον τρόπο που βλέπουμε, αισθανόμαστε και αλληλεπιδρούμε με έναν χώρο. Η κατανόηση των φυσικών χαρακτηριστικών του φωτός είναι θεμελιώδης για κάθε σχεδιαστική ή τεχνική προσέγγιση στον φωτισμό, καθώς τα **ποιοτικά και ποσοτικά του στοιχεία** διαμορφώνουν άμεσα την ατμόσφαιρα και τη λειτουργικότητα ενός χώρου.[1],[2]

Ιδιότητες του φωτός:

Οι βασικές ιδιότητες του φωτός που μας απασχολούν στον σχεδιασμό φωτισμού περιλαμβάνουν:

- **Φωτεινή ροή Φ (lumen):** εκφράζει το ποσό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι ή αλλιώς την ποσότητα του φωτός που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή.
- **Φωτεινή ένταση I (candela):** δείχνει την ποσότητα φωτός που ακτινοβολείται προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.

- **Ένταση φωτισμού E (lux):** η ποσότητα φωτός που προσπίπτει σε μία επιφάνεια ($1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$).
- **Λαμπρότητα L (cd/m^2):** η φωτεινή ένταση που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή ή ανακλάται από μία φωτιζόμενη επιφάνεια ως προς την προβολή της επιφάνειας αυτής προς τον παρατηρητή.
- **Συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος CCT (Kelvin):** περιγράφει τον χρωματικό τόνο μιας λευκής φωτεινής πηγής (θερμό-ψυχρό) και εκφράζεται με την ισοδύναμη θερμοκρασία στην οποία όταν βρεθεί το μέλαν σώμα θα παράγει φως του ίδιου χρώματος.
- **Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI):** μετρά την ικανότητα μιας πηγής να αποδίδει πιστά 8 τυπικά χρώματα σε σύγκριση με μια φωτεινή πηγή αναφοράς συγκεκριμένης συσχετισμένης θερμοκρασίας χρώματος.



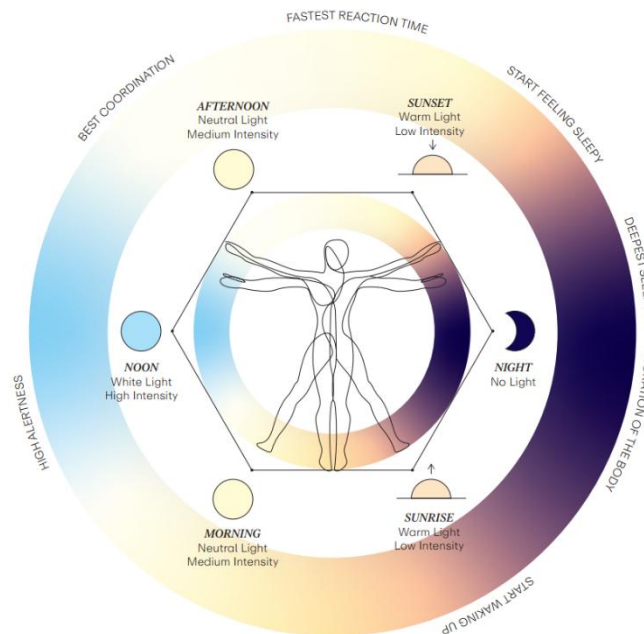
Εικόνα 1: Τα βασικά μεγέθη και ιδιότητες του φωτός και του φωτισμού στο χώρο. [1]

Ανθρώπινη αντίληψη

Το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται το φως μέσω του αμφιβληστροειδούς χιτώνα, στον οποίο βρίσκονται δύο είδη φωτοευαίσθητων κυττάρων: τα **ραβδία** και τα **κωνία**. Τα κωνία συγκεντρώνονται στην κεντρική περιοχή του αμφιβληστροειδή χιτώνα, λειτουργούν σε έντονο φωτισμό και είναι υπεύθυνα για την αντίληψη των χρωμάτων. Τα ραβδία βρίσκονται στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή, ενεργοποιούνται σε σκοτεινές συνθήκες και προσφέρουν αντίληψη της κίνησης και περιφερειακή όραση. Ανάλογα με τα επίπεδα φωτός, διακρίνουμε τη **φωτοπική** (ημέρα), τη **σκοτοπική** (νύχτα) και τη **μεσοπική** όραση (ενδιάμεσες συνθήκες).[2]

Η αντίληψη του φωτός συνδέεται στενά με την **ψυχολογία και τη βιολογία του ανθρώπου**. Το φως επηρεάζει τον **κirkάδιο ρυθμό**, δηλαδή τον εσωτερικό βιολογικό κύκλο ύπνου-αφύπνισης, μέσω της παραγωγής μελατονίνης. Για παράδειγμα, η έκθεση σε μπλε φως κατά τις βραδινές ώρες, μπορεί να προκαλέσει διαταραχές ύπνου. Αντίθετα, ο φυσικός φωτισμός κατά τη διάρκεια της ημέρας συμβάλλει στην ευεξία και την παραγωγικότητα.

Αυτός είναι και ο λόγος που τα τελευταία χρόνια η έννοια του «**ανθρωποκεντρικού φωτισμού**» (**human-centric lighting**) έχει αποκτήσει σημαντική αξία στον σχεδιασμό, ιδιαίτερα σε εσωτερικούς χώρους. Οι σχεδιαστικές επιλογές που αφορούν τη θερμοκρασία χρώματος, την ένταση και τη ρύθμισή της μπορούν να ενισχύσουν την εγρήγορση και την άνεση των χρηστών. Η αρχιτεκτονική, τα παράθυρα, και τα συστήματα ελέγχου φωτισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό ώστε μια μελετητική ομάδα να καλύψει πλήρως τις εκάστοτε ανάγκες των χρηστών.[3]



Εικόνα 2: Ο κύκλος αλλαγής του φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας σύμφωνα με την κατάσταση του ανθρώπου.[6]

Ιστορική και επιστημονική προσέγγιση

Η κατανόηση του φωτός αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης από την αρχαιότητα. Ο Ευκλείδης πίστευε ότι το φως εκπέμπεται από το μάτι, ενώ ο Πτολεμαίος έγραψε περί της Οπτικής μελετώντας την ανάκλαση, διάθλαση και τις οφθαλμαπάτες. Η επιστημονική πρόοδος στον Μεσαίωνα και την Αναγέννηση οδήγησε στην κατανόηση της διάθλασης και της ανάλυσης του φωτός, με τον Rene Descartes και τον Willebrord Snellius(Snell) να διατυπώνουν τον νόμο της διάθλασης και την σημαντική συμβολή από τον **Ίσαακ Νεύτωνα**, ο οποίος απέδειξε ότι τα χρώματα είναι ιδιότητα του φωτός και όχι του μέσου, αναλύοντας το λευκό φως στα χρώματα του φάσματος μέσω πρίσματος. Στη συνέχεια, ο **James Clerk Maxwell** ανέπτυξε ένα σύνολο εξισώσεων που περιέγραψαν πώς τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και διαδίδονται στον χώρο. Μέσα από αυτή τη θεωρία, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το φως είναι μια μορφή **ηλεκτρομαγνητικού κύματος**, ενοποιώντας ουσιαστικά τη θεωρία του φωτός με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία. Η κβαντική θεωρία αποτελεί επίσης σημαντικό σταθμό στην ανάλυση του φωτός, με τον **Max Planck** να αποδεικνύει ότι η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια παράγεται σε διακριτά πακέτα(κβάντα) και εξαρτάται από την συχνότητα. Κατά τον 20ό

αιώνα, η πρόοδος της κβαντικής φυσικής έδωσε νέες διαστάσεις στην κατανόηση του φωτός, με την αναγνώριση της σωματιδιακής του φύσης (**φωτόνια**) μέσω της εργασίας του Αϊνστάιν για το **φωτοηλεκτρικό φαινόμενο**.

Πλέον, αξιοποιώντας τις ιστορικές αναλύσεις, η τεχνολογική εξέλιξη, από τον λαμπτήρα πυρακτώσεως έως τα σύγχρονα **LED** και **ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου φωτισμού**, οδήγησε σε επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζουμε και χρησιμοποιούμε τον φωτισμό. Ο φωτισμός έπαψε να είναι απλώς εργαλείο ορατότητας και έγινε βασικό στοιχείο σχεδιασμού, ευεξίας, βιωσιμότητας και έξυπνης διαχείρισης του περιβάλλοντος. [3],[4]

1.2 Εξέλιξη του τεχνητού φωτισμού – Από τον λαμπτήρα πυρακτώσεως στα LED

Η εξέλιξη του τεχνητού φωτισμού έχει επηρεάσει καταλυτικά τόσο την καθημερινή ζωή όσο και τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε τον χώρο και το περιβάλλον μας. Από τις πρώτες προσπάθειες για δημιουργία φωτός με τη χρήση φυσικών υλικών μέχρι τις σύγχρονες τεχνολογίες φωτισμού, ο τεχνητός φωτισμός έχει βελτιωθεί σε επίπεδα που προσφέρουν μεγαλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα, καλύτερη ποιότητα φωτός και μεγαλύτερη ευελιξία στη χρήση. Αυτή η ενότητα διερευνά την ιστορία του τεχνητού φωτισμού, με έμφαση στη μετάβαση από την παραδοσιακή τεχνολογία του λαμπτήρα πυρακτώσεως στον φωτισμό LED, και τις σημαντικές αλλαγές που αυτή η εξέλιξη έχει επιφέρει στον σχεδιασμό φωτισμού.

Η εφεύρεση του λαμπτήρα πυρακτώσεως

Η τεχνολογία του φωτισμού εισήλθε σε μια νέα εποχή με την εφεύρεση του λαμπτήρα πυρακτώσεως από τον **Thomas Edison** το 1879. Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως, ο οποίος βασιζόταν στη θερμότητα που προκαλούνταν από το ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα νήμα βολφραμίου, αποτέλεσε την πρώτη ευρέως χρησιμοποιούμενη πηγή τεχνητού φωτός. Η

ανακάλυψη αυτή άνοιξε το δρόμο για τη δημιουργία του σύγχρονου φωτισμού και την εμπορευματοποίησή του, επηρεάζοντας ριζικά τις πόλεις και τις κοινωνίες του 20ου αιώνα. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως παρέχουν έναν ζεστό, ευχάριστο φωτισμό, αλλά η αποτελεσματικότητά τους είναι περιορισμένη, καθώς μετατρέπουν μόνο ένα μικρό ποσοστό της ενέργειας σε φως, ενώ η μεγαλύτερη ποσότητα εκπέμπεται ως θερμότητα. Χαρακτηριστικά, μέχρι το 1950, οι ερευνητές είχαν καταφέρει να φτάσουν το ποσοστό μετατροπής ενέργειας σε φως μόλις στο 10%. [5]

Η εμφάνιση του φθορισμού και των νέων τεχνολογιών

Μετά την εισαγωγή του λαμπτήρα πυρακτώσεως, ήρθαν νέες τεχνολογίες φωτισμού, όπως ο **λαμπτήρας φθορισμού** τη δεκαετία του 1930. Οι λαμπτήρες φθορισμού ήταν πολύ πιο αποδοτικοί από τους πυρακτώσεως και παρείχαν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, αν και τα πρώτα μοντέλα είχαν αρκετά χαμηλή ποιότητα φωτισμού. Η ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας αποτέλεσε τη βάση για τη μετάβαση σε πιο οικονομικές και βιώσιμες λύσεις φωτισμού, ιδιαίτερα σε χώρους όπου η διάρκεια λειτουργίας του φωτός ήταν παρατεταμένη, όπως στους δημόσιους χώρους και στα γραφεία.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας, εισήχθησαν οι **λαμπτήρες αλογόνου**, **λαμπτήρες ατμών** και οι **λαμπτήρες εκκένωσης υψηλής έντασης**, οι οποίοι ανέβαζαν την αποδοτικότητα, χωρίς ωστόσο να καλύπτουν τις ανάγκες για μέγιστη απόδοση σε συνδυασμό με την ποιότητα και την ευελιξία. [2],[5]

Ο φωτισμός LED: Μια επανάσταση στην τεχνολογία φωτισμού

Η **τεχνολογία LED (Light Emitting Diode)** αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1960 με το πρώτο κόκκινο LED να εμφανίζεται το 1962, ενώ το πρώτο λευκό LED εμφανίστηκε το 1997. Στη συνέχεια πήρε ευρεία αναγνώριση και χρήση, καθώς οι νέες εξελίξεις στη σύνθεση και κατασκευή τους επέτρεψαν την εξαιρετική τους απόδοση. Το 2014 οι Isamu Akasaki, Hiroshi Amano and Shuji Nakamura κέρδισαν το βραβείο Nobel για τη ανάπτυξη αποδοτικών και λευκών LED και στην επίδρασή τους στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ο φωτισμός LED παρέχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις προηγούμενες τεχνολογίες, κυρίως λόγω της μεγάλης **ενεργειακής αποδοτικότητας**, της **μακροχρόνιας**

διάρκειας ζωής και της ευελιξίας που προσφέρει σε όρους φωτεινότητας, θερμοκρασίας χρώματος και εφαρμογών. Ειδικότερα, οι λαμπτήρες LED καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς λαμπτήρες και παρέχουν περισσότερη ανθεκτικότητα. Η εισαγωγή του φωτισμού LED άλλαξε την αντίληψη των σχεδιαστών και των καταναλωτών για τις δυνατότητες του φωτισμού, προσφέροντας έναν νέο τρόπο εφαρμογής φωτιστικών στοιχείων σε δημόσιους και αστικούς χώρους, όπως και στην αρχιτεκτονική γενικότερα.[4]



Εικόνα 3: Η εξέλιξη των τεχνολογιών φωτισμού, από την φωτιά έως τους λαμπτήρες LED.[31]

Η μελλοντική κατεύθυνση στον φωτισμό: Οι εξελίξεις των "έξυπνων" φωτιστικών

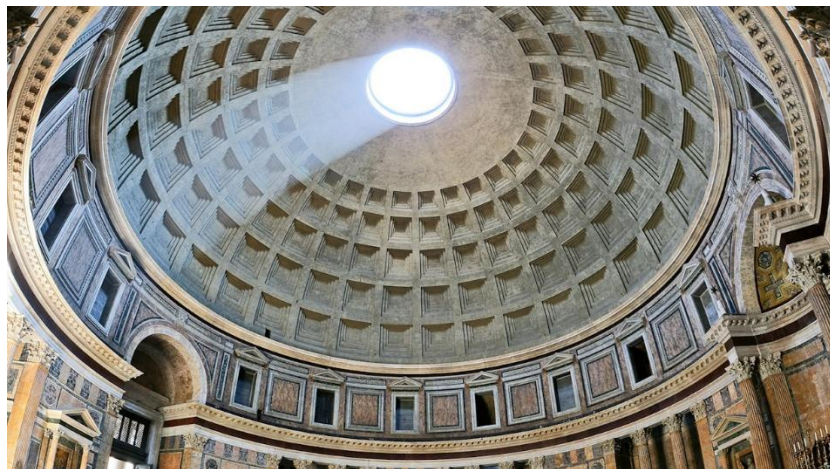
Με την εισαγωγή των **έξυπνων φωτιστικών** και των **συστημάτων ελέγχου**, η τεχνολογία του φωτισμού συνεχώς εξελίσσεται. Τα έξυπνα φωτιστικά επιτρέπουν τη ρύθμιση της φωτεινότητας, του χρώματος καθώς και τον αυτοέλεγχό τους και ενσωματώνονται με συστήματα διαχείρισης φωτισμού μέσω **αισθητήρων κίνησης ή φωτοκυττάρων**. Έτσι επιτυγχάνεται μια **προσαρμογή σε πραγματικό χρόνο ή και αυτοματοποιημένη**, σύμφωνα με τους χρήστες σε έναν χώρο, τον τύπο της δραστηριότητας, την διάθεση και την επάρκεια του φυσικού φωτισμού καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αυτές οι εξελίξεις φαίνεται να είναι καθοριστικές για το μέλλον του φωτισμού, καθώς επιτρέπουν την **ευέλικτη χρήση φωτισμού**, την **εξοικονόμηση ενέργειας** και την **βελτίωση της βιωσιμότητας**.[6]

1.3 Το φως στην αρχιτεκτονική και τον αστικό χώρο: εμπειρία, συμβολισμός, ατμόσφαιρα

Το φως είναι ένα από τα βασικά εργαλεία μιας αρχιτεκτονικής σύνθεσης, όχι μόνο για τη λειτουργική του διάσταση, αλλά και για την ικανότητά του να δημιουργεί ατμόσφαιρα, να προκαλεί συναισθήματα και να **καθορίζει τον χαρακτήρα του χώρου**. Από την αρχαιότητα έως σήμερα, το φως χρησιμοποιείται για να καθοδηγήσει το βλέμμα, να αναδείξει όγκους και γεωμετρίες και να δημιουργήσει συσχετισμούς σε έναν δομημένο χώρο.

Ο ρόλος του φυσικού και τεχνητού φωτός στην αρχιτεκτονική

Μέχρι τον 19^ο αιώνα, το φυσικό φως και η φλόγα καθόριζε τη δομή και την λειτουργία των χώρων. Στην περίπτωση του φυσικού φωτός, αυτό σήμαινε τη συνεχή προσαρμογή της αρχιτεκτονικής στις απαιτήσεις του φωτισμού με φυσικό φως. Ολόκληρα κτίρια και μεμονωμένοι χώροι προσανατολίζονταν ανάλογα με την πορεία των ηλιακών ακτίνων. Οι ναοί, οι γοτθικοί καθεδρικοί, τα ισλαμικά τεμένη και οι ορθόδοξες εκκλησίες αξιοποιούσαν **το φυσικό φως ως μέρος της εμπειρίας**. Η είσοδος του φωτός μέσω ανοιγμάτων, ο χειρισμός της σκιάς και της αναγλυφότητας, όλα συντελούσαν στη δημιουργία ενός χώρου που μετέδιδε μια **αίσθηση δέους**. [7]



Εικόνα 4: Ο στρογγυλός «Οφθαλμός» στο Πάνθεον της Ρώμης, άνοιγμα διαμέτρου 9μ στην κορυφή του θόλου, αποτελεί την μοναδική πηγή φυσικού φωτός στον χώρο. Το φως αλλάζει καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, φωτίζοντας διαφορετικά σημεία του εσωτερικού. [32]

Στη σύγχρονη εποχή, η πρόοδος της τεχνολογίας έδωσε στους αρχιτέκτονες τη δυνατότητα να επεκτείνουν τη σύνθεση πέρα από τις ώρες του φυσικού κύκλου και να δημιουργήσουν νέες συνθήκες αντίληψης, καθώς το τεχνητό φως μπορεί πλέον να μιμηθεί το φως του ηλίου. Η δυνατότητα ελέγχου του φωτός προσφέρει στους αρχιτέκτονες τα εργαλεία να μετασχηματίσουν την εμπειρία ενός χώρου καθ' όλη τη διάρκεια μιας ημέρας, καταργώντας τη μονοδιάστατη χρήση του, προσδίδοντας διαφορετικό χαρακτήρα στο ίδιο περιβάλλον, ανάλογα με την ώρα ή τη χρήση. Το τεχνητό φως πλέον δεν αποτελεί απλώς μέσο εξασφάλισης ορατότητας, αλλά ένα πολυδιάστατο εργαλείο σχεδιασμού, αισθητικής του χώρου αλλά και στρατηγικό μέσο διαμόρφωσης εμπειριών και ταυτότητας.[8]

Φως και αστικός χώρος

Ο αστικός φωτισμός αποτελεί κρίσιμο στοιχείο του σύγχρονου πολεοδομικού σχεδιασμού. Στους δημόσιους χώρους, ο φωτισμός διαδραματίζει έναν πολυδιάστατο ρόλο στη διαμόρφωση των ανθρώπινων αλληλεπιδράσεων και συμπεριφορών. Επηρεάζει τον **προσανατολισμό**, βοηθώντας τα άτομα να κινούνται με αυτοπεποίθηση σε δρόμους, πάρκα και πλατείες, ιδίως κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ο καλώς σχεδιασμένος φωτισμός συμβάλλει στην ποιότητα ζωής στις πόλεις, βελτιώνοντας την **ορατότητα**, καθοδηγώντας την κυκλοφορία και δημιουργώντας οπτικά **ελκυστικά τοπία**. Μεταμορφώνει δημόσιους χώρους, δρόμους, κτίρια και πάρκα σε **ζωντανές και προσβάσιμες περιοχές**.

Ένας βασικός στόχος του αστικού φωτισμού είναι η ενίσχυση της δημόσιας ασφάλειας και προστασίας. Πέρα από την ασφάλεια, ο φωτισμός παίζει σημαντικό ρόλο στην **αισθητική αναβάθμιση** του αστικού περιβάλλοντος. Ο αρχιτεκτονικός φωτισμός αναδεικνύει το σχεδιασμό κτιρίων, μνημείων, πάρκων, τοποσήμων, δημιουργώντας ξεχωριστά αστικά τοπία που ενισχύουν την ταυτότητα της πόλης και την τουριστική της ελκυστικότητα. Επιπλέον, οι καλά φωτισμένοι αστικοί χώροι υποστηρίζουν την οικονομική ανάπτυξη επεκτείνοντας τις εμπορικές δραστηριότητες κατά τις βραδινές ώρες. Οι καλά φωτισμένοι δρόμοι και επιχειρηματικές ζώνες ενισχύουν τη νυχτερινή οικονομία, προσελκύοντας επισκέπτες και ενισχύοντας τις τοπικές επιχειρήσεις.

Όσο οι πόλεις συνεχίζουν να αναπτύσσονται, ο ρόλος του αστικού φωτισμού θα καθίσταται ολοένα και πιο σημαντικός για την εξισορρόπηση της ανάπτυξης με τη

βιωσιμότητα. Η ενσωμάτωση έξυπνων τεχνολογιών φωτισμού, στρατηγικών φωτισμού με επίκεντρο την κοινότητα θα διαμορφώσουν το μέλλον του αστικού φωτισμού, διασφαλίζοντας ότι οι πόλεις παραμένουν ασφαλείς, αποδοτικές και περιβαλλοντικά υπεύθυνες. [9]



Εικόνα 5: Φωτισμός πεζοδρόμου σε οικιστική ζώνη στο Λονδίνο. Ο φωτισμός δημιουργεί μια οικεία και φιλόξενη ατμόσφαιρα, παραμένοντας επαρκής για την κυκλοφορία.[33]

Συμβολισμός και πολιτισμική σημασία του φωτός

Το φως έχει ισχυρή συμβολική δύναμη σε πολλούς πολιτισμούς. Συχνά συνδέεται με την πνευματικότητα, την πρόοδο, τη γνώση ή τη θεϊκή παρουσία. Στη σύγχρονη αρχιτεκτονική και στον αστικό σχεδιασμό, αυτά τα συμβολικά επίπεδα συνεχίζουν να λειτουργούν, είτε συνειδητά είτε υποσυνείδητα. Ένα κτίριο δημαρχείου που φωτίζεται με σαφήνεια και συνέπεια, εκπέμπει κύρος και θεσμικότητα. Μια πλατεία που φωτίζεται με χρωματιστό, μεταβαλλόμενο φως, μπορεί να δηλώσει ζωντάνια, εορταστικότητα ή πολιτιστική ταυτότητα.

Ο φωτισμός αποτελεί πλέον μέρος της **σημειολογίας του χώρου**: δεν είναι απλώς εργαλείο, αλλά και **μήνυμα**. Η χρήση του φωτός στον δημόσιο χώρο μπορεί να γίνει ακόμα

και εργαλείο κοινωνικής παρέμβασης, όπως σε καλλιτεχνικές εγκαταστάσεις ή αστικές δράσεις σε περιοχές με κοινωνικές προκλήσεις. [10],[11]



Εικόνα 6: Εορταστικός φωτισμός του Καθεδρικού Ναού της Λυών, ως μέρος του ετήσιου Φεστιβάλ των Φώτων.[34]

2. Τεχνολογίες Φωτισμού και Σύγχρονα Μέσα

Η κατανόηση των τεχνολογιών φωτισμού είναι καθοριστική για κάθε σύγχρονη μελέτη, καθώς αναδεικνύονται πολλές σχεδιαστικές δυνατότητες. Η μετάβαση από τις παλαιότερες τεχνολογίες σε φωτισμό LED σηματοδότησε μια νέα εποχή, στην οποία η **ενεργειακή αποδοτικότητα**, η **μακροχρόνια αντοχή** και η **δυνατότητα ελέγχου** καθορίζουν τις σχεδιαστικές επιλογές. Παράλληλα, η ανάπτυξη **έξυπνων συστημάτων φωτισμού**, η χρήση **αισθητήρων** και η ενσωμάτωση του φωτός στο **ψηφιακό περιβάλλον** μετασχηματίζουν τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε και διαχειριζόμαστε το φως στον δημόσιο χώρο. Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει τις σύγχρονες τεχνολογίες φωτισμού, με έμφαση στα LED, στα φωτιστικά σώματα και στα συστήματα ελέγχου, καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

2.1 Τεχνολογία LED και ποιοτικά χαρακτηριστικά

Η τεχνολογία **LED** έχει κυριαρχήσει τα τελευταία χρόνια ως η πλέον αξιόπιστη, αποδοτική και ευέλικτη επιλογή στον αρχιτεκτονικό και αστικό φωτισμό. Η ραγδαία εξέλιξή της έχει οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση της ποιότητας φωτισμού, με δυνατότητες που υπερβαίνουν τις κλασικές πηγές, όπως οι λαμπτήρες πυρακτώσεως ή οι φθορισμού. Τα LED, ή αλλιώς οι δίοδοι φωτοεκπομπής, λειτουργούν εφαρμόζοντας τάση σε ένα συνδυασμό ημιαγωγών p-n οι οποίοι με τη σειρά τους εκπέμπουν φωτεινή ακτινοβολία. Το φάσμα της ακτινοβολίας εκτείνεται από το ορατό έως το υπέρυθρο φως και το ακριβές χρώμα ή μήκος κύματος καθορίζεται από την σύνθεση των ημιαγωγών. [2],[4],[7],[12],[13]

Θερμοκρασία χρώματος και φασματική σύνθεση

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των LED είναι η **φασματική ευελιξία**. Τα LED μπορούν να παράγουν λευκό φως μέσω διαφόρων τεχνικών, όπως η συνδυαστική ανάμιξη χρωμάτων RGB ή μέσω της επικάλυψης μπλε LED με επίστρωση φωσφόρου, προσφέροντας διαφορετικές θερμοκρασίες χρώματος. Η **θερμοκρασία χρώματος (CCT**

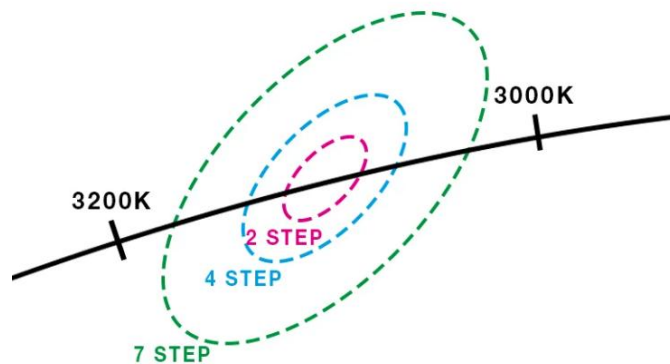
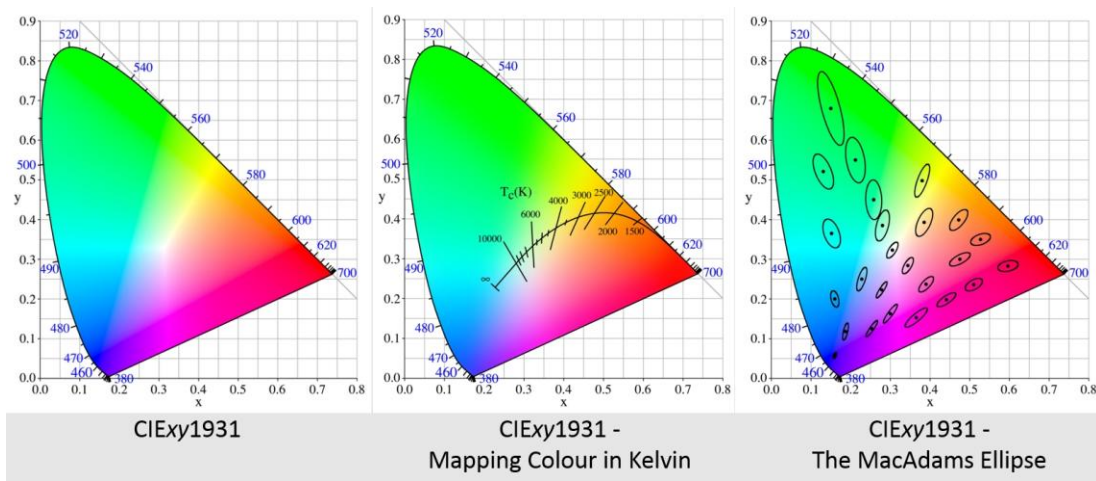
– **Correlated Color Temperature**) μετράται σε Kelvin (K) και καθορίζει αν το φως είναι θερμό (κάτω από 3000K), ουδέτερο (3000–4000K) ή ψυχρό (πάνω από 4000K). Στο ίδιο LED παχύτερη επίστρωση φωσφόρου έχει ως αποτέλεσμα θερμότερο λευκό φως. Επίσης, διαφορετικές συνθέσεις φωσφόρου μπορούν να παράγουν διαφορετικές θερμοκρασίες χρώματος. Η εκδοχή των LED με επίστρωση φωσφόρου είναι πλέον προτιμότερη για λόγους ευελιξίας και κόστους. Στην περίπτωση της ανάμιξης RGB, δηλαδή συνδυασμός 3 ψηφίδων κόκκινου, μπλε και πράσινου χρώματος, η συνέπεια του χρώματος σε βάθος χρόνου είναι αμφίβολη, καθώς το κάθε χρώμα χάνει την απόδοσή του με διαφορετικό ρυθμό, συνεπώς η σύνθεσή τους σε λευκό φως αλλοιώνεται.

Η επιλογή της CCT είναι κρίσιμη στον σχεδιασμό, καθώς επηρεάζει την αντίληψη του χώρου, τη διάθεση και τη συμπεριφορά των χρηστών. Για παράδειγμα, οι θερμές αποχρώσεις ενδείκνυνται για χώρους ανάπαυσης, ενώ οι ψυχρές για κυκλοφορία και ασφάλεια.

Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI) και SDCM

Ο Δείκτης Χρωματικής Απόδοσης (CRI – **Color Rendering Index**) δείχνει το πόσο πιστά αποδίδονται τα χρώματα των αντικειμένων κάτω από μια φωτεινή πηγή, συγκριτικά με το φυσικό φως. Ο δείκτης κυμαίνεται από 0 έως 100, με τιμές άνω του 80 να θεωρούνται αποδεκτές για κοινή χρήση και αντιστοίχιση ενός συμβατικού λαμπτήρα πυρακτώσεως, ενώ το 100 αντιστοιχεί σε ιδανικές πηγές όπως το φως του ηλίου. Νεότερες τεχνολογίες LED προσφέρουν πλέον CRI>90 με υψηλή απόδοση και μεγάλη διάρκεια ζωής. Το CRI μετριέται με βάση 8 δείγματα χρωμάτων (R1 έως R8) και το **Ra** είναι ο μέσος όρος της χρωματικής απόδοσης αυτών. Όλα τα χρώματα του πραγματικού κόσμου δεν περιλαμβάνονται σε αυτά τα 8 δείγματα, και δεν μπορεί να διασφαλιστεί η ακριβής απόδοση χρώματος. Έτσι, σε ειδικές περιπτώσεις εξετάζονται μεμονωμένα επιπλέον 7 δείγματα (R9-R15), με συνηθέστερο το R9 που δείχνει την ακρίβεια στο κόκκινο χρώμα. Τα τελευταία χρόνια έχει αναδειχθεί μια νέα μέθοδος, η TM-30, η οποία βασίζεται σε 2 δείκτες, το Rf που αντιστοιχεί στο Ra, χρησιμοποιώντας όμως 99 δείγματα χρωμάτων, και το Rg που μετρά πόσο κορεσμένα εμφανίζονται τα χρώματα.

Η συνέπεια της απόδοσης των χρωμάτων μεταξύ διαφορετικών LED μετριέται μέσω της Τυπικής Απόκλισης Αντιστοίχισης Χρώματος (**SDCM, Standard Deviation of Colour Matching**). Κατά την παραγωγή, όταν τα LED ομαδοποιούνται ανάλογα με τα κοινά χαρακτηριστικά τους(LED binning), αξιοποιείται η τιμή SDCM ή αλλιώς οι **ελλείψεις MacAdam**. Σε ένα χρωματικό διάγραμμα, σημειώνονται οι αποκλίσεις χρώματος των διαφορετικών LED με τη μορφή ελλείψεων. Όσο μεγαλύτερη είναι η έλλειψη, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόκλιση. Στα LED που βρίσκονται εντός μιας έλλειψης ενός βήματος δεν είναι αντιληπτή κάποια απόκλιση χρώματος, ενώ στα LED εντός των ελλείψεων 3 βημάτων και άνω, είναι φανερή με γυμνό μάτι.

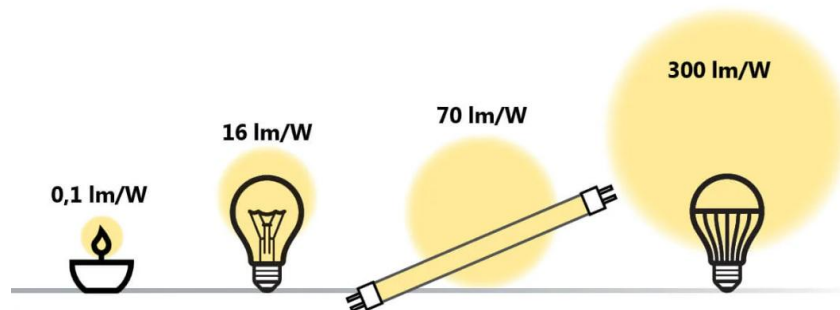


Εικόνα 7: Χρωματικά διαγράμματα ελλείψεων MacAdams. Στις ελλείψεις με μπλε και πράσινο χρώμα(4 και 7 βημάτων αντίστοιχα) είναι αντιληπτή η απόκλιση του χρώματος.[35],[36]

Διάρκεια ζωής και απόδοση

Τα LED έχουν πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τις συμβατικές πηγές. Μπορούν να λειτουργήσουν **έως και 50.000–100.000 ώρες**, ανάλογα με την ποιότητα κατασκευής. Σε αντίθεση με τους λαμπτήρες φθορισμού ή πυρακτώσεως, τα LED δεν «καίγονται» απότομα, αλλά χάνουν σταδιακά τη φωτεινή τους απόδοση (lumen depreciation), συνήθως εκφρασμένη ως L80 ή L70 – δηλαδή χρόνος μέχρι να μειωθεί η απόδοση στο 80% ή 70% της αρχικής τιμής. Για παράδειγμα, χρόνος ζωής 50.000 ώρες με L70, σημαίνει πως σε 50.000 ώρες το LED θα έχει πέσει στο 70% της αρχικής απόδοσής του. Επιπλέον, τιμές όπως **L80B10 50.000hrs**, μας δείχνουν ότι ένα ποσοστό 10%(η τιμή του B) μεταξύ μιας ομάδας όμοιων LED δεν θα καταφέρουν να διατηρήσουν το 80% της αρχικής τους απόδοσης(την τιμή του L). Επομένως, χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο παράδειγμα, συμπεραίνουμε πως σε 50.000 ώρες το 90% των LED θα έχει διατηρήσει το 80% της απόδοσής του, ενώ το 10% θα βρίσκεται σε ακόμα χαμηλότερη απόδοση η οποία δεν προσδιορίζεται. Ο κυριότερος λόγος για την μείωση του χρόνου ζωής και της απόδοσης των LED είναι η **υπερθέρμανσή τους**, συνεπώς η σωστή **απαγωγή θερμότητας** μέσω ψύκτρας είναι κρίσιμη, ειδικά σε εξωτερικούς χώρους με έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία και αυξομειώσεις θερμοκρασίας.

Σήμερα, η **φωτεινή απόδοση (luminous efficacy)** των LED μπορεί να φτάσει άνω των **150 lm/W**, τη στιγμή που οι παραδοσιακοί λαμπτήρες πυρακτώσεως δεν ξεπερνούσαν τα 20 lm/W. Παρ' όλο που τα πρώτα LED δεν ξεπερνούσαν τα 20lm/W, μέχρι το 2013 η απόδοση είχε ανέβει ήδη στα 80-120lm/W, ενώ σήμερα είναι εφικτό ακόμα και 200lm/W σε LED υψηλής ποιότητας. Η **μέγιστη απόδοση** που έχει καταγραφεί είναι **303 lm/W** σε θερμοκρασία χρώματος 5150K. Ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την αποδοτικότητα των LED είναι το γεγονός πως τα LED ακτινοβολούν από την μία τους πλευρά σε εύρος 180° με την χρήση ανακλαστικών επιφανειών, ενώ από την άλλη τους πλευρά γίνεται η απαγωγή θερμότητας.



Εικόνα 8: Ενδεικτικές τιμές των αποδόσεων των πηγών φωτισμού ιστορικά.[37]

2.2 Τεχνολογία φωτιστικών LED

Τα φωτιστικά σώματα με LED αποτελούνται από τρία κυρίως μέρη, μονάδες LED(LED engine), τον απαραίτητο μετασχηματιστή και τα οπτικά εξαρτήματα.[4],[12],[13]

Πηγή LED ή LED engine

Ο όρος LED engine συνήθως αναφέρεται στο σύνολο LED chip–ηλεκτρικών επαφών–ψύκτρας και αποτελεί το βασικό στοιχείο του φωτιστικού. Συχνά συνδυάζεται με φακούς ενσωματωμένους απευθείας στα LED chips. Στα σύγχρονα επαγγελματικά φωτιστικά αποτελεί εξάρτημα που αντικαθίσταται σε περίπτωση βλάβης. Με αυτόν τον τρόπο τα φωτιστικά θεωρούνται πιο βιώσιμα, καθώς δεν είναι απαραίτητο να αποσύρονται, αντιθέτως παραμένουν στις θέσεις τους για δεκαετίες. Τα LED engines εντοπίζονται κυρίως σε downlights και spotlights. Σε περιπτώσεις που δεν περιλαμβάνονται τα οπτικά εξαρτήματα ή η ψύκτρα, χρησιμοποιούνται τα LED boards(πλακέτες LED), τα οποία αποτελούνται από μια έτοιμη πλακέτα PCB με ενσωματωμένα τα LED chips και τις καλωδιώσεις. Τέτοιες περιπτώσεις αποτελούν μεγαλύτερα συστήματα(πχ γραμμικά φωτιστικά) όπου τα LED είναι πολλαπλά και τον ρόλο της ψύκτρας τον εκτελεί το ίδιο το σώμα του φωτιστικού, επομένως δεν είναι εφικτό να υπάρχει μια αποσπώμενη μονάδα LED(LED engine).

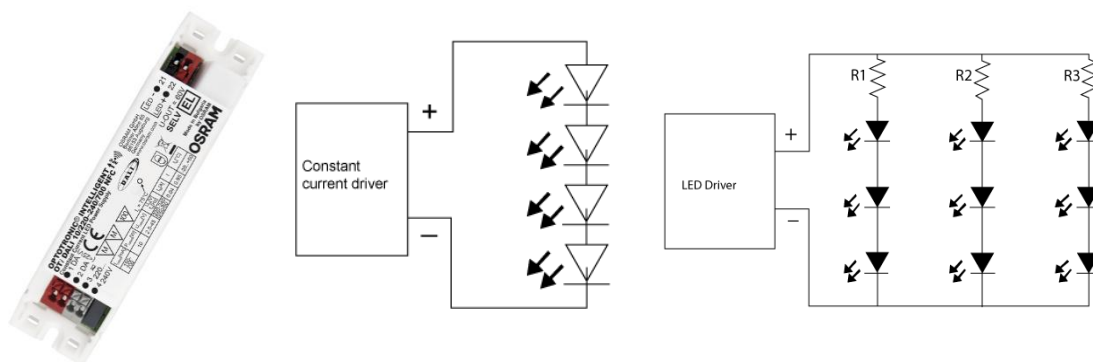


Εικόνα 9: Τύποι πηγών LED, με ενσωματωμένη ψύκτρα, ενσωματωμένο φακό, ή χωρίς.[38],[39],[40]

Μετασχηματιστές

Καθώς τα LED λειτουργούν με συνεχές ρεύμα, απαιτείται ένας μετασχηματιστής(driver) που να μετατρέπει την εναλλασσόμενη τάση των 230V σε σταθερό και ελεγχόμενο ρεύμα, προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις της εκάστοτε φωτεινής πηγής. Διακρίνονται σε μετασχηματιστές **συνεχούς ρεύματος(CC-Constat Current)** και **συνεχούς τάσης(CV-Constant Voltage)**. Οι CC μετασχηματιστές παράγουν **σταθερό ρεύμα** (π.χ. 350/500/700/1050 mA) και αφήνουν την τάση εξόδου να μεταβάλλεται μέσα σε ένα “παράθυρο συμμόρφωσης” (π.χ. 18–42 V), ενώ η συνδεσμολογία των φωτιστικών πρέπει να είναι σε σειρά. Συναντώνται συνήθως σε downlights και spotlights. Οι CV μετασχηματιστές παράγουν **σταθερή τάση** (π.χ. 12/24/48 V) και το ρεύμα ρυθμίζεται από τις αντιστάσεις στις πλακέτες των LED, ενώ η συνδεσμολογία των φωτιστικών πρέπει να παράλληλη. Συναντώνται συνήθως σε ταινίες LED και περιπτώσεις σύνδεσης πολλαπλών LED/φωτιστικών.

Επιπλέον, οι μετασχηματιστές είναι υπεύθυνοι για το dimming των φωτιστικών, όπως παρουσιάζεται στην ενότητα 2.3.



Εικόνα 10: Ενδεικτικός τύπος μετασχηματιστή και τυπικά κυκλώματα μεταξύ LED και μετασχηματιστών συνεχούς ρεύματος και τάσης αντίστοιχα.[41],[42]

Οπτικά εξαρτήματα

Τα οπτικά αξεσουάρ ενός φωτιστικού είναι τα στοιχεία που σχηματίζουν τη φωτεινή δέσμη και διαμορφώνουν την όψη της πηγής, ελέγχοντας ταυτόχρονα τη θάμβωση και το ανεπιθύμητο φως. Η πρωτογενής διαμόρφωση της φωτεινής δέσμης γίνεται μέσα από τους φακούς και τους ανακλαστήρες, με αποτέλεσμα συνήθως συμμετρικές δέσμες. Συναντάμε επίσης διαχυτές(opal, micro-prismatic) που εξομαλύνουν τα hotspots των LED βελτιώνοντας τη θάμβωση. Επίσης, για τον έλεγχο της θάμβωσης χρησιμοποιούνται louvers/«honeycombs» και «snoots» ή «visors» που αυξάνουν το cut-off και κρύβουν την πηγή από κρίσιμες γωνίες θέασης. Εξειδικευμένοι φακοί, μετατρέπουν την κυκλική δέσμη σε οβάλ ή ασύμμετρη «wallwash» για ομοιόμορφους κάθετους φωτισμούς τοίχων, ενώ σε spotlights μπορούν να μουν φίλτρα gobo για χρωματικές ή γραφικές προβολές και μοτίβα.



Εικόνα 11: Συνήθη οπτικά εξαρτήματα(ανακλαστήρες, visor, honeycomb filter) καθώς και συναρμολόγηση του συνόλου ενός downlights, από την πηγή LED έως το κέλυφος του φωτιστικού.[43],[44],[45],[46]

2.3 Συστήματα ελέγχου φωτισμού

Ο έλεγχος του φωτισμού αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του σύγχρονου σχεδιασμού, ιδιαίτερα σε έργα εξωτερικού και δημόσιου χώρου όπου η **ενεργειακή διαχείριση** και η **ευελιξία προγραμματισμού** είναι καθοριστικής σημασίας. Η μετάβαση από στατικά, μηχανικά συστήματα ενεργοποίησης (π.χ. χρονοδιακόπτες, φωτοκύτταρα) σε **ευφυή, ψηφιακά δίκτυα φωτισμού** επιτρέπει το **δυναμικό, αποδοτικό και βιώσιμο έλεγχο του φωτισμού**. Τα σύγχρονα συστήματα περιλαμβάνουν **ψηφιακά πρωτόκολλα ελέγχου, αισθητήρες, ασύρματη συνδεσιμότητα** και τη δυνατότητα συνδεσιμότητας του φωτισμού ευρύτερα με την **"έξυπνη πόλη" (smart city)**.

Τα πιο κοινά συστήματα ελέγχου και ρύθμισης φωτεινότητας(dimming) σήμερα παρουσιάζονται παρακάτω: [15],[16]

- **Phase-cut dimming** (TRIAC / leading edge / trailing edge): Πρόκειται για το πιο παραδοσιακό αναλογικό σύστημα ρύθμισης φωτεινότητας, το οποίο λειτουργεί μειώνοντας το μέρος της ημιτονοειδούς τάσης που φτάνει στο φωτιστικό. Είναι κατεξοχήν κατάλληλο για λαμπτήρες πυρακτώσεως, ωστόσο σήμερα είναι πλήρως συμβατό με τα περισσότερα LED. Σημαντικός παράγοντας για την συμβατότητα των LED είναι να επιλεγεί ο σωστός ροοστάτης(leading edge ή trailing edge) ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του μετασχηματιστή του LED.
- **0-10V ή 1-10V**: Ένα απλό και ευρέως διαδεδομένο σύστημα που χρησιμοποιείται για dimming. Στέλνει αναλογικό σήμα τάσης στα φωτιστικά επιτρέποντας τη ρύθμιση της φωτεινότητας, με το 1 Volt να αντιστοιχεί στη χαμηλότερη φωτεινότητα και τα 10 Volt στη μέγιστη. Η εξέλιξη του 1-10V έφερε το 0-10V, το οποίο επιτρέπει το dimming έως σχεδόν το 0% και το σβήσιμο του φωτιστικού, σε αντίθεση με το 1-10V, όπου το ελάχιστο επίπεδο φωτεινότητας ήταν το 10%. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιούνταν για του λαμπτήρες φθορισμού και είναι πλέον διαδεδομένο και συμβατό με τα φωτιστικά LED.
- **DALI (Digital Addressable Lighting Interface)**: Ψηφιακό πρωτόκολλο ελέγχου, το οποίο προσφέρει δυνατότητα διευθυνσιοδότησης κάθε φωτιστικού, αμφίδρομη επικοινωνία(για παρακολούθηση λειτουργίας, κατανάλωσης, βλαβών) και υποστήριξη σεναρίων φωτισμού. Το **DALI-2**, ως εξέλιξη του πρωτοτύπου, ενσωματώνει αισθητήρες, χειριστήρια και παρέχει συμβατότητα με προϊόντα διάφορων κατασκευαστών. Το DALI είναι το πλέον διαδεδομένο σύστημα ελέγχου για φωτιστικά LED, καθώς προσφέρει το βέλτιστο dimming και παράλληλα συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας με την χρήση αυτοματοποιημένων σεναρίων και την άριστη επικοινωνία με αισθητήρες. Συχνά συνδυάζεται με το σύστημα KNX, το οποίο αποτελεί πρωτόκολλο αυτοματισμού κτιρίων που επιτρέπει τον ενοποιημένο έλεγχο διαφόρων συστημάτων (φωτισμός, θέρμανση, σκίαση κ.ά.). Χρησιμοποιείται σε έργα μικρής και μεγάλης κλίμακας, όπου απαιτείται διαλειτουργικότητα μεταξύ υποσυστημάτων.

- **DMX:** Το DMX είναι ένα ψηφιακό πρωτόκολλο ελέγχου που σχεδιάστηκε αρχικά για θεατρικό φωτισμό, αλλά έχει βρει εφαρμογές και σε αρχιτεκτονικό φωτισμό. Προσφέρει υψηλή ταχύτητα και ακρίβεια στον έλεγχο φωτεινότητας, χρώματος και εφέ. Είναι ιδανικό για προσόψεις, δυναμικό φωτισμό, πολύχρωμο φωτισμό RGB και καλλιτεχνικές εγκαταστάσεις, αλλά λιγότερο κατάλληλο για απλές ή μικρής κλίμακας εφαρμογές.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος ελέγχου βασίζεται σε κριτήρια όπως: η πολυπλοκότητα του έργου, η ανάγκη για αυτονομία ή ομαδικό έλεγχο, η ύπαρξη αισθητήρων, η διασύνδεση με άλλες υποδομές, καθώς και το διαθέσιμο κόστος και προσωπικό για εγκατάσταση και συντήρηση.

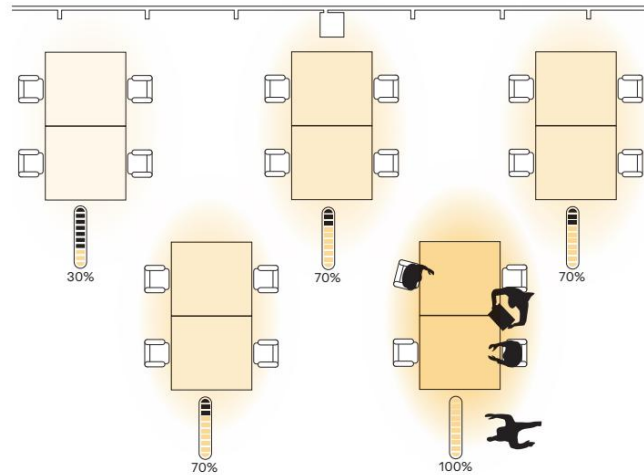
Αισθητήρες: φως, κίνηση, παρουσία

Οι αισθητήρες αποτελούν το βασικό μέσο για να προσαρμόζεται δυναμικά ο φωτισμός στις πραγματικές συνθήκες χρήσης ενός χώρου. Η σωστή χρήση τους οδηγεί σε έως και **60% εξοικονόμηση ενέργειας**, καθώς επίσης βελτιώνει σημαντικά την ανθρώπινη εμπειρία στον χώρο.[1],[15],[16],[17]

Τύποι αισθητήρων:

- **Φωτοαισθητήρες:** Ανιχνεύουν το επίπεδο φυσικού φωτός (π.χ. λυκόφως) και ενεργοποιούν ή ρυθμίζουν τη φωτεινότητα των φωτιστικών αναλόγως.
- **Αισθητήρες κίνησης:** Ανιχνεύουν παρουσία ανθρώπων ή οχημάτων. Χρήσιμοι σε χώρους χαμηλής κυκλοφορίας, π.χ. πάρκα, πεζοδρόμια.
- **Αισθητήρες παρουσίας:** Πιο ευαίσθητοι από τους απλούς αισθητήρες κίνησης — ιδανικοί για στατικές χρήσεις (π.χ. καθιστικά, επαγγελματικοί χώροι).

Η ενσωμάτωσή τους γίνεται είτε τοπικά στα φωτιστικά, στους ιστούς, σε οροφές ή άλλα στοιχεία ενός χώρου, και η λειτουργία τους καθορίζεται μέσω λογισμικού διαχείρισης.



Εικόνα 12: Παράδειγμα χρήσης αισθητήρων παρουσίας. Κάθε φωτιστικό σε κάθε γραφείο περιλαμβάνει αισθητήρα, ο οποίος επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω υπερύθρων. Εφόσον μόνο ένα γραφείο χρησιμοποιείται, το φωτιστικό του γραφείου αυτού λειτουργεί στο 100%, ενώ τα υπόλοιπα ρυθμίζονται αυτόματα ώστε να προσφέρουν έναν χαμηλότερο φωτισμό στις περιβάλλουσες επιφάνειες.[6]

Προκλήσεις και μελλοντικές τάσεις

Τα τελευταία χρόνια είναι ευρέως διαδεδομένα ασύρματα συστήματα όπως ZigBee, Bluetooth, Zhaga κ.ά. και αναμένεται στο σύντομο μέλλον όλο περισσότερες ηλεκτρονικές

συσκευές σε κτίρια και δημόσιους χώρους να γίνουν συμβατά με τις τεχνολογίες αυτές. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι τεχνολογίες αυτές είναι ο **απομακρυσμένος έλεγχος** και η παρακολούθηση των συσκευών(φωτιστικών), καθώς και η ενσωμάτωση με **κεντρικές βάσεις δεδομένων**, λειτουργίες εξαιρετικά χρήσιμες για παράδειγμα στην διαχείριση πόλεων/Δήμων.

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα, η εφαρμογή ευφυών συστημάτων φωτισμού σε δημόσιους χώρους συνοδεύεται και από προκλήσεις:

- **Αρχικό κόστος εγκατάστασης** και αναβάθμισης υποδομών
- **Διαλειτουργικότητα** μεταξύ συστημάτων διαφορετικών κατασκευαστών
- **Συντήρηση/αναβάθμιση λογισμικού και hardware**
- **Εκπαίδευση προσωπικού**

Η εξέλιξη των συστημάτων ελέγχου φωτισμού αναμένεται να προσφέρει νέες δυνατότητες προσαρμογής, εξοικονόμησης και εξατομίκευσης, ιδίως σε έργα ανακαίνισης και αναβάθμισης υπαρχόντων κτιρίων και δημόσιων υποδομών.

Οι μελλοντικές τάσεις περιλαμβάνουν:

- **Ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης (AI) και τεχνολογιών IoT:** Ο συνδυασμός της τεχνητής νοημοσύνης με το διαδίκτυο των πραγμάτων(IoT) αναμένεται να αναδιαμορφώσει τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων φωτισμού. Η πρόβλεψη αναγκών των χρηστών μέσω αλγορίθμων, καθώς και η αυτόματη προσαρμογή των επιπέδων φωτισμού ανάλογα με τα δεδομένα χρήσης και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, θα βελτιώσει σημαντικά την αποδοτικότητα των συστημάτων φωτισμού.
- **Ενεργειακή διαχείριση και ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός:** Η έμφαση στη βιωσιμότητα ενισχύει την ανάγκη για προηγμένα συστήματα διαχείρισης ενέργειας. Επιπλέον, η τάση για συστήματα που λαμβάνουν υπόψη τον ανθρώπινο βιολογικό ρυθμό (circadian rhythm) και τις ατομικές προτιμήσεις συνεχίζεται. Οι έξυπνοι έλεγχοι φωτισμού, ενισχυμένοι από αισθητήρες και αναλυτικά εργαλεία δεδομένων, θα αποτελέσουν βασικό εργαλείο για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των

εκπομπών άνθρακα σε κτίρια και υποδομές και θα έχουν θετικό αντίκτυπο στην ευεξία και την παραγωγικότητα των χρηστών.

• **Ευελιξία στο σχεδιασμό:** Οι μελλοντικές λύσεις ελέγχου φωτισμού θα βασίζονται σε ευέλικτες υποδομές, ώστε να μπορούν να προσαρμόζονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα και να ενσωματώνουν νέα τεχνολογικά χαρακτηριστικά χωρίς ριζικές μετατροπές σε μια εγκατάσταση. Παραδείγματα όπως το πρωτόκολλο Casambi δείχνουν προς αυτή την κατεύθυνση.

2.4 Καταλληλότητα φωτιστικών – IP, IK, συντήρηση

Η επιλογή φωτιστικών σωμάτων για έναν δημόσιο εξωτερικό χώρο είναι μία σύνθετη διαδικασία που περιλαμβάνει όχι μόνο αισθητικά και φωτοτεχνικά κριτήρια, αλλά και τεχνικές παραμέτρους οι οποίες διασφαλίζουν την **αντοχή, λειτουργικότητα, συντήρηση και βιωσιμότητα** των συστημάτων φωτισμού. Τα κριτήρια αυτά καθορίζονται από διεθνή πρότυπα και δείκτες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν σε μια μελέτη. [1],[14]

Οι βασικές τεχνικές προδιαγραφές για φωτιστικά εξωτερικού χώρου είναι:

- **IP (Ingress Protection):** Δείκτης προστασίας από νερό και σκόνη. Π.χ. IP65 σημαίνει πλήρης προστασία από σκόνη και ρίψη νερού.
- **IK (Impact Protection):** Αντοχή σε χτυπήματα – σημαντικό σε χώρους με κοινό ή οχήματα.
- **Αντοχή και θερμική διαχείριση:** Για περιοχές με έντονη ηλιοφάνεια ή ψύχος.

Δείκτης προστασίας IP (Ingress Protection)

Ο δείκτης **IP** (καθορισμένος από το πρότυπο **EN 60529**) αναφέρεται στην ικανότητα του φωτιστικού να προστατεύεται από **στερεά σωματίδια** (π.χ. σκόνη) και **υγρασία ή νερό**. Ο δείκτης έχει δύο αριθμούς:

- Ο πρώτος δείχνει την προστασία από **στερεά σώματα** (0–6)

- Ο δεύτερος δείχνει την προστασία από **υγρό/νερό** (0–9)

Παραδείγματα:

- **IP65:** Πλήρης προστασία από τη σκόνη και ρίψη νερού (τυπικό για εξωτερικά φωτιστικά).
- **IP67:** Πλήρης προστασία από σκόνη και προσωρινή βύθιση σε νερό (π.χ. ενδοδαπέδια φωτιστικά).
- **IP44:** Προστασία από στερεά άνω των 1 mm και πιτσίλισμα νερού – κατάλληλο για ημιυπαίθρια σημεία.

Η σωστή επιλογή του IP εξαρτάται από τη θέση εγκατάστασης, την έκθεση στις καιρικές συνθήκες και τον κίνδυνο βανδαλισμού ή εισροής νερού από καθαρισμούς. Ακόμη, για φωτιστικά τα οποία φέρουν εξωτερικά εξαρτήματα ή καλύμματα, θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο συσσώρευσης σκόνης, φύλλων ή άμμου, τα οποία ενδέχεται να μειώσουν σημαντικά την αποδοτικότητά τους.

Δείκτης μηχανικής αντοχής IK (Impact Protection)

Ο δείκτης **IK** αναφέρεται στην **αντοχή ενός φωτιστικού σώματος σε μηχανικές κρούσεις**, όπως χτυπήματα, βανδαλισμούς ή τυχαίες πτώσεις αντικειμένων. Ορίζεται από το πρότυπο **EN 62262** και **EN 60068** και εκφράζεται με τιμές από **IK00** (καμία προστασία) έως **IK10** (αντοχή σε πρόσκρουση 20 joules).

Παραδείγματα:

- **IK08 (5 joules):** Επαρκής για εκτεθειμένα χαμηλά φωτιστικά (π.χ. bollards)
- **IK10 (20 joules):** Συνιστάται για δημόσιους χώρους με ποικίλες χρήσεις, ή όπου υπάρχει κίνδυνος βανδαλισμού

Η υψηλή μηχανική αντοχή συντελεί όχι μόνο στην **ανθεκτικότητα**, αλλά και στη **μείωση κόστους συντήρησης** σε βάθος χρόνου.

Για τα φωτιστικά δαπέδου, θα πρέπει να εξεταστεί εάν απαιτείται να είναι κατάλληλα για διέλευση πεζών ή οχημάτων (walk-over ή drive-over), ακόμα και αν πρόκειται για

μεμονωμένες περιπτώσεις — όπως χρήση εξοπλισμού συντήρησης ή πρόσβαση για έκτακτες ανάγκες.

Θερμική αντοχή

Σε περιπτώσεις εγκατάστασης σε εξωτερικούς χώρους ή τοίχους κτιρίων, τα φωτιστικά μπορεί να εκτεθούν άμεσα στην ηλιακή ακτινοβολία. Η θερμική αγωγιμότητα του ίδιου του κτιρίου μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία λειτουργίας τους. Ειδικά σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, παρόλο που κατά τη διάρκεια της ημέρας τα φωτιστικά δεν ενεργοποιούνται, είναι κρίσιμο τα φωτιστικά να μην βλάπτονται κάτω από αυτές τις συνθήκες. Παρόμοια προσοχή απαιτείται και σε περιοχές με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Σε περιοχές με υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, απαιτούνται φωτιστικά σώματα με αποδεδειγμένη ικανότητα λειτουργίας σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών (π.χ. -20°C έως $+50^{\circ}\text{C}$) πιστοποιημένο από τον κατασκευαστή. Η **θερμοκρασία περιβάλλοντος** παρουσιάζεται ως **Ta** και υποδεικνύει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος όπου το φωτιστικό λειτουργεί με ασφάλεια, ενώ με την τιμή **Tc** δηλώνεται η **μέγιστη θερμοκρασία** που επιτρέπεται να φτάσει το **LED chip**, η υπέρβαση της οποίας μειώνει το χρόνο ζωής του LED.

Συντήρηση και διάρκεια ζωής

Οι απαιτήσεις συντήρησης ενός φωτιστικού καθορίζονται από:

- **Ευκολία πρόσβασης** σε οπτικά/ηλεκτρικά εξαρτήματα
- **Ανθεκτικότητα υλικών** (αλουμίνιο, ανοξείδωτο ατσάλι, ανθεκτικό πολυκαρβονικό)
- **Προστασία από UV ακτινοβολία** και **διαβρωτικά περιβάλλοντα**
- **Διαθεσιμότητα ανταλλακτικών** από τον κατασκευαστή

Η **διάρκεια ζωής των LED** πρέπει να συνδυάζεται με χαμηλές ανάγκες **συντήρησης** για να εξασφαλιστεί η βιωσιμότητα του έργου.

3. Μεθοδολογία Φωτιστικής Μελέτης

Ο σχεδιασμός φωτισμού είναι μια σύνθετη διαδικασία που ενώνει επιστημονική γνώση, τεχνολογία και σχεδιαστικό όραμα. Δεν αποτελεί απλώς τοποθέτηση φωτιστικών σωμάτων, αλλά μια **ολιστική προσέγγιση** που επηρεάζει τη λειτουργικότητα, την ατμόσφαιρα, την αντίληψη και τη βιωσιμότητα ενός χώρου. Είτε πρόκειται για μια πλατεία, μια κατοικία, ένα μουσείο ή έναν επαγγελματικό χώρο, η μεθοδολογία μιας μελέτης φωτισμού ακολουθεί βασικά στάδια τα οποία μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με το πλαίσιο και τις ανάγκες του εκάστοτε έργου.

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει τις βασικές αρχές και τα στάδια μιας ολοκληρωμένης μελέτης φωτισμού, ανεξάρτητα από τον τύπο έργου. Αναδεικνύει τόσο τον τεχνικό κορμό της ανάλυσης όσο και τα ποιοτικά εργαλεία σχεδιασμού, δίνοντας έμφαση στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, τη σχέση με το φυσικό φως και τις σύγχρονες τεχνολογικές δυνατότητες.

3.1 Στάδια σχεδιασμού φωτισμού

Ο σχεδιασμός του φωτισμού αποτελεί μια μεθοδική διαδικασία που προϋποθέτει ανάλυση του χώρου, κατανόηση των λειτουργιών και της αισθητικής του, καθώς και τεχνική τεκμηρίωση βάσει προτύπων. Ανεξάρτητα από το είδος του χώρου (εσωτερικός, εξωτερικός, ιδιωτικός ή δημόσιος), τα βασικά στάδια μιας μελέτης ακολουθούν κατά βάση το τρίπτυχο: **ανάλυση, ιδέα και τεχνική μελέτη**, και **εφαρμογή**. [1],[14],[18],[19]

Ανάλυση

Το πρώτο βήμα κάθε μελέτης φωτισμού είναι η **κατανόηση του χώρου**, των ανθρώπινων αναγκών και των τεχνικών περιορισμών. Η ανάλυση περιλαμβάνει:

- **Λειτουργίες του χώρου.** Καταγραφή των χρήσεων του χώρου (εργασία, ανάπαυση, κυκλοφορία κ.ά.), που επηρεάζει άμεσα το είδος και την ένταση του φωτισμού που απαιτείται.

- **Αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά.** Ανάλυση γεωμετρίας, υλικών, χρωμάτων και επιφανειών που επηρεάζουν την ανακλαστικότητα και τη διάχυση του φωτός στον χώρο.
- **Χρήση φυσικού φωτός.** Εξέταση προσανατολισμού και ανοιγμάτων προς το φως της ημέρας.
- **Τεχνικοί περιορισμοί.** Ενεργειακή κατανάλωση, ηλεκτρολογικές υποδομές, προσβασιμότητα, κόστος)
- **Ανθρώπινες ανάγκες.** Μελέτη των χρηστών – ηλικίες, ανάγκες πρόσβασης και άνεσης.
- **Νομοθετικά πλαίσια και πρότυπα:** Καθορισμός των βασικών απαιτήσεων σύμφωνα με τα σχετικά πρότυπα, όπως το **EN 12464-1** για εσωτερικούς χώρους ή το **EN 13201** για οδοφωτισμό.
- **Αισθητικοί στόχοι** (ταυτότητα, ένταση, διάθεση, ατμόσφαιρα)

Η ανάλυση καταλήγει σε μια **χαρτογράφηση αναγκών και περιορισμών**, η οποία λειτουργεί ως υπόβαθρο για τις επόμενες φάσεις.

Σχεδιαστική στρατηγική

Αυτό το στάδιο συνδυάζει τις λειτουργικές και αισθητικές απαιτήσεις του έργου, ορίζοντας τη **βασική ιδέα φωτισμού (lighting concept)** και τους **στρατηγικούς στόχους** του σχεδιασμού. Περιλαμβάνει:

- **Ιεράρχηση του χώρου και ύψος φωτισμού.** Επιλογή του στυλ φωτισμού που θα αποδώσει την επιθυμητή ατμόσφαιρα, καθορισμός κύριων και δευτερευουσών ζωνών, σημείων ανάδειξης, περιοχών χαμηλού φωτισμού.
- **Καθορισμός επιπέδων φωτισμού** με βάση τα πρότυπα (lux levels), με στόχο την ισορροπία μεταξύ φωτεινής επάρκειας, άνεσης και ομοιομορφίας.
- **Τυπολογία φωτιστικών.** Καθορίζεται ο τύπος και η διάταξη των φωτιστικών σωμάτων (π.χ. προβολείς, bollards, downlights ή κρυφοί φωτισμοί), όπως επίσης και η θερμοκρασίας χρώματος (CCT), ανάλογα με τις λειτουργικές ζώνες και τις αισθητικούς στόχους.

- **Ενσωμάτωση συστημάτων ελέγχου** (dimming, αισθητήρες, σενάρια).

Η στρατηγική δημιουργεί τη «ραχοκοκαλιά» του σχεδιασμού και της μελέτης και λειτουργεί ως σημείο αναφοράς για την περαιτέρω ανάπτυξη.

Τεχνική μελέτη

Η φάση αυτή περιλαμβάνει τη **μετάφραση της ιδέας σε λεπτομερές σχέδιο υλοποίησης** συνδυάζοντας φωτοτεχνικούς υπολογισμούς, επιλογή εξοπλισμού και πλήρη τεκμηρίωση. Περιλαμβάνει:

- **Επιλογή φωτιστικών σωμάτων** σύμφωνα με τις απαιτήσεις ισχύος, φωτεινής κατανομής, IP/IK βαθμών, τεχνολογίας (π.χ. LED, DALI) κ.ά.
- **Φωτοτεχνικοί υπολογισμοί** με λογισμικά όπως το DIALux ή το Relux, ώστε να εξασφαλίζονται τα επίπεδα lux, η ομοιομορφία, ο δείκτης θάμβωσης (UGR) και η ενεργειακή απόδοση.
- **Ανάπτυξη σχεδίων** (κατόψεις, τομές, λεπτομέρειες εγκατάστασης) και **οπτικοποιήσεις** (3D renders) για καλύτερη κατανόηση και συντονισμό όλων των εμπλεκόμενων.
- **Σύνταξη τεχνικών προδιαγραφών και κόστους**. Αναλυτικό έγγραφο με τεχνικά χαρακτηριστικά, οδηγίες εγκατάστασης, προϋπολογισμό και συμμόρφωση με διεθνή πρότυπα (π.χ. IESNA).

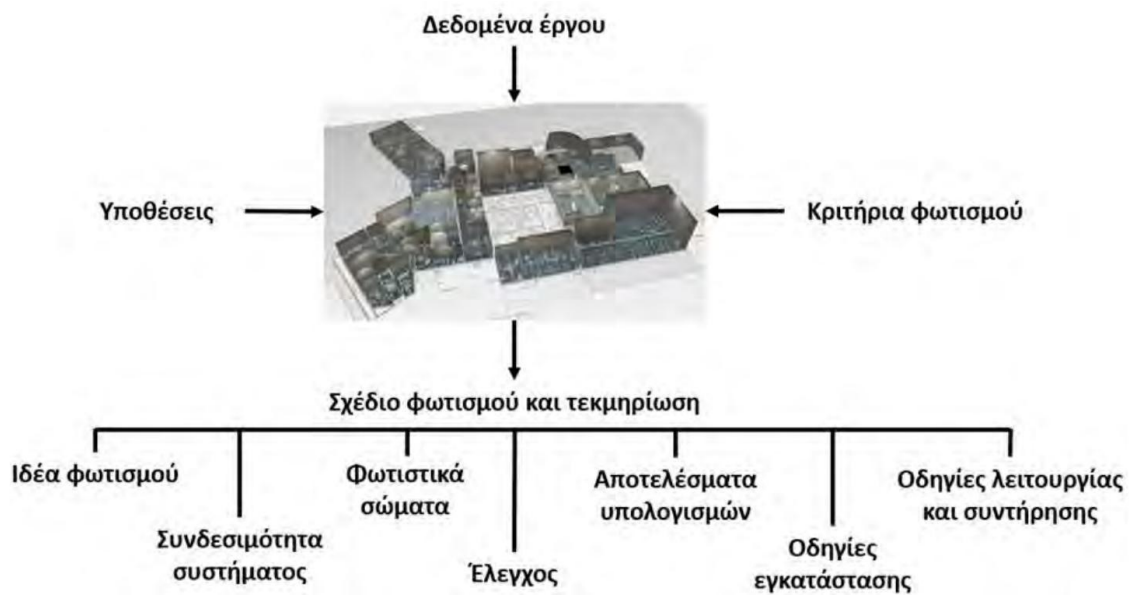
Η τεχνική μελέτη διασφαλίζει ότι η αρχική πρόθεση μεταφέρεται με ακρίβεια από τη θεωρία στην πράξη.

Εφαρμογή

Η εφαρμογή είναι το τελικό στάδιο, κατά το οποίο το σχέδιο φωτισμού υλοποιείται και τίθεται σε λειτουργία. Αφορά όλες τις διαδικασίες εγκατάστασης, ελέγχου και τελικής παράδοσης. Περιλαμβάνει:

- **Δειγματισμός και mock-ups:** Κατασκευή επιμέρους δειγμάτων στο εργοτάξιο για την επιτόπια αξιολόγηση του φωτιστικού αποτελέσματος, ώστε να γίνουν έγκαιρα προσαρμογές αν χρειαστεί.
- **Προμήθεια και τοποθέτηση:** Παράδοση και εγκατάσταση φωτιστικών σωμάτων, εξαρτημάτων, καλωδιώσεων και συστήματος ελέγχου από τον εργολάβο, σύμφωνα με τα σχέδια.
- **Προσαρμογές και ρυθμίσεις:** Παραμετροποίηση συστημάτων ελέγχου, dimming και σεναρίων λειτουργίας, καθώς και στόχευση φωτιστικών όπως προβολείς.
- **Επίβλεψη εγκατάστασης:** Παρακολούθηση των εργασιών στο εργοτάξιο από τον μελετητή για την τήρηση των προδιαγραφών και την επίλυση τεχνικών ζητημάτων που προκύπτουν.

Η σωστή εφαρμογή διασφαλίζει ότι το έργο αποδίδει την επιθυμητή ατμόσφαιρα, λειτουργεί αποδοτικά και παραμένει εύκολο στη συντήρηση.



Εικόνα 13: Σχηματική παρουσίαση της διαδικασίας σχεδιασμού ενός συστήματος φωτισμού.[1]

3.2 Επιλογή φωτιστικών σωμάτων – κατηγορίες και χαρακτηριστικά

Η επιλογή των φωτιστικών σωμάτων αποτελεί κομβικό σημείο κάθε φωτιστικής μελέτης, καθώς φέρνει στη «ζωή» την ιδέα του μελετητή και η ποιότητά τους θα καθορίσει και την ποιότητα του συνολικού αποτελέσματος. Η καταλληλότητα του φωτιστικού σώματος εξαρτάται από τη χρήση του χώρου, τις λειτουργικές απαιτήσεις, το επιθυμητό οπτικό αποτέλεσμα και τις δυνατότητες ή περιορισμούς της εγκατάστασης.[7],[14],[18],[19]

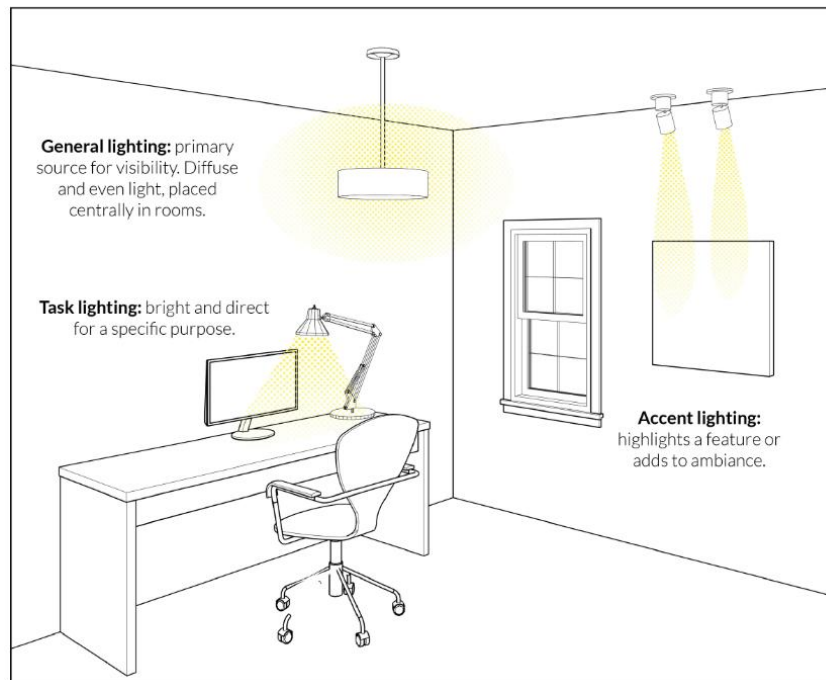
Τύποι φωτισμού

Στη φάση της στρατηγικής του σχεδιασμού, ο μελετητής βασίζεται στην αρχή των διαφορετικών επιπέδων φωτισμού που συνδυάζονται ώστε να εξασφαλίζουν λειτουργικότητα, άνεση και αισθητική ισορροπία στον χώρο. Οι τρεις βασικές μορφές είναι:

- **Γενικός φωτισμός (General lighting).** Αποτελεί το βασικό φωτιστικό σχεδιασμό κάθε χώρου. Παρέχει ομοιόμορφη διάχυση φωτός που εξασφαλίζει ορατότητα και ασφαλή κυκλοφορία. Σχεδιάζεται ώστε να αποφεύγεται η υπερβολική σκίαση ή η θάμβωση. Συνήθως επιτυγχάνεται με φωτιστικά οροφής, χωνευτά downlights και γραμμικά φωτιστικά που διαχέουν το φως ομοιόμορφα.
- **Φωτισμός εργασίας (Task lighting).** Συμπληρώνει τον γενικό φωτισμό και εστιάζει σε συγκεκριμένες ζώνες όπου απαιτείται αυξημένη φωτεινότητα για δραστηριότητες όπως γραφή, μαγείρεμα, ανάγνωση ή εργασία. Σχεδιάζεται ώστε να μην δημιουργεί σκιάσεις στις επιφάνειες εργασίας.
- **Φωτισμός ανάδειξης (Accent lighting).** Χρησιμοποιείται για να αναδείξει αντικείμενα ή επιφάνειες, δημιουργώντας εστίαση και αντιθέσεις. Ο φωτισμός ανάδειξης σχεδιάζεται για να έχει μεγαλύτερη ένταση από τον γενικό φωτισμό για να πετύχει διακριτή οπτική ιεραρχία.

Επιπλέον, σε πολλές εφαρμογές προστίθεται ο **διακοσμητικός φωτισμός**, που εξυπηρετεί αισθητικούς σκοπούς χωρίς να αντικαθιστά κάποιο από τα παραπάνω σημεία. Μπορεί να

είναι ένα μοναδικό φωτιστικό σώμα (π.χ. ένας εντυπωσιακός πολυέλαιος) σε έναν χώρο υποδοχής ή σε ένα καθιστικό.



Εικόνα 14: Παράδειγμα γραφείου, όπου το κρεμαστό φωτιστικό παρέχει τον γενικό φωτισμό του χώρου, το επιτραπέζιο φωτιστικό λειτουργεί ως φωτισμός εργασίας, ενώ τα spotlights οροφής αναδεικνύουν τον πίνακα στον τοίχο.[47]

Τύποι φωτιστικών

Αφού οριστεί ο συνδυασμός όλων των μορφών φωτισμού, επιλέγονται τα κατάλληλα φωτιστικά ανάλογα με τον τρόπο **τοποθέτησης**, τη **φωτεινή απόδοση**, τα **οπτικά** και τα **τεχνικά χαρακτηριστικά**.

Παρακάτω παρουσιάζεται μια κατηγοριοποίηση με βάση την **τοποθέτηση και χρήση**:

A. Downlights (χωνευτά ή εξωτερικά)

Τοποθετούνται σε οροφές χωνευτά ή με εξωτερική τοποθέτηση και παρέχουν άμεσο φωτισμό προς τα κάτω. Χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο εύρος έργων όπως κατοικίες, γραφεία, καταστήματα κ.ά. Ανάλογα με τα οπτικά τους χαρακτηριστικά(στενή ή φαρδιά κατανομή φωτός) αξιοποιούνται για εστιασμένο ή γενικό φωτισμό. Επιπλέον, μερικά

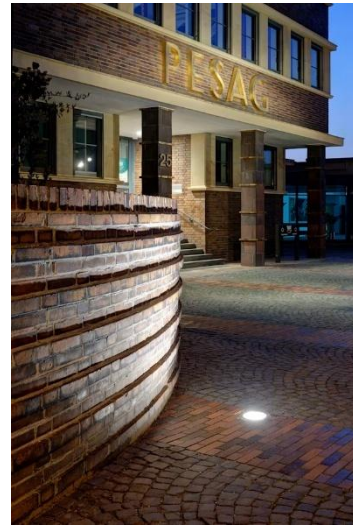
φωτιστικά παρέχουν την δυνατότητα στόχευσης(adjustable), αναδεικνύοντας έτσι κάποιο έργο τέχνης ή άλλο σημείο ενδιαφέροντος.



Εικόνα 15: Τύποι downlights, αριστερά χωνευτά και δεξιά εξωτερικής τοποθέτησης.[48]

B. Uplights (ενδοδαπέδια ή επιδαπέδια)

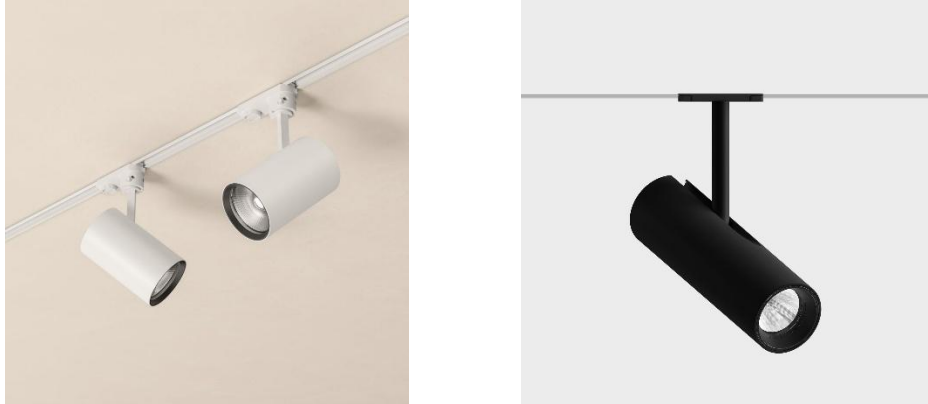
Τοποθετούνται στο δάπεδο και παρέχουν φωτισμό προς τα πάνω. Συνήθως η χρήση τους είναι για ανάδειξη αρχιτεκτονικών στοιχείων, όπως ένας πέτρινος τοίχος, ή για έμμεσο φωτισμό φωτίζοντας οροφές.



Εικόνα 16: Τύποι ενδοδαπέδιων(αριστερά) και επιδαπέδιων(μέση) uplights καθώς και παράδειγμα χρήσης τους(δεξιά).[48],[49]

Γ. Spotlights

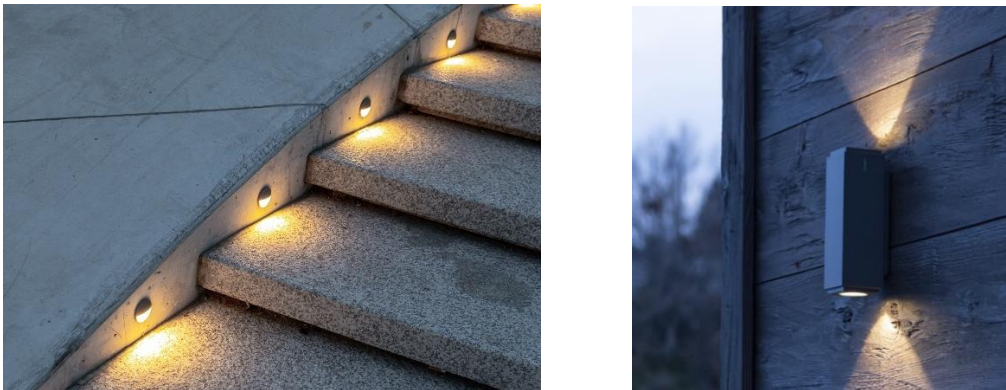
Τα spotlights διακρίνονται για την ευελιξία τους, καθώς έχουν την δυνατότητα να ρυθμίζεται ο προσανατολισμός τους και στην περίπτωση που τοποθετούνται εντός ράγας μπορούν πολύ εύκολα να μετακινηθούν ή να επανατοποθετηθούν ανάλογα με τις ανάγκες του χώρου. Η δέσμη τους μπορεί να ποικίλει, όπως επίσης και η απόδοσή τους. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε εμπορικούς χώρους, μουσεία ακόμα και κατοικίες.



Εικόνα 17: Τύποι spotlights, αριστερά σε χωνευτή ράγα οροφής και δεξιά μεμονωμένο σε οροφή. [49]

Δ. Επίτοιχα φωτιστικά/ απλίκες

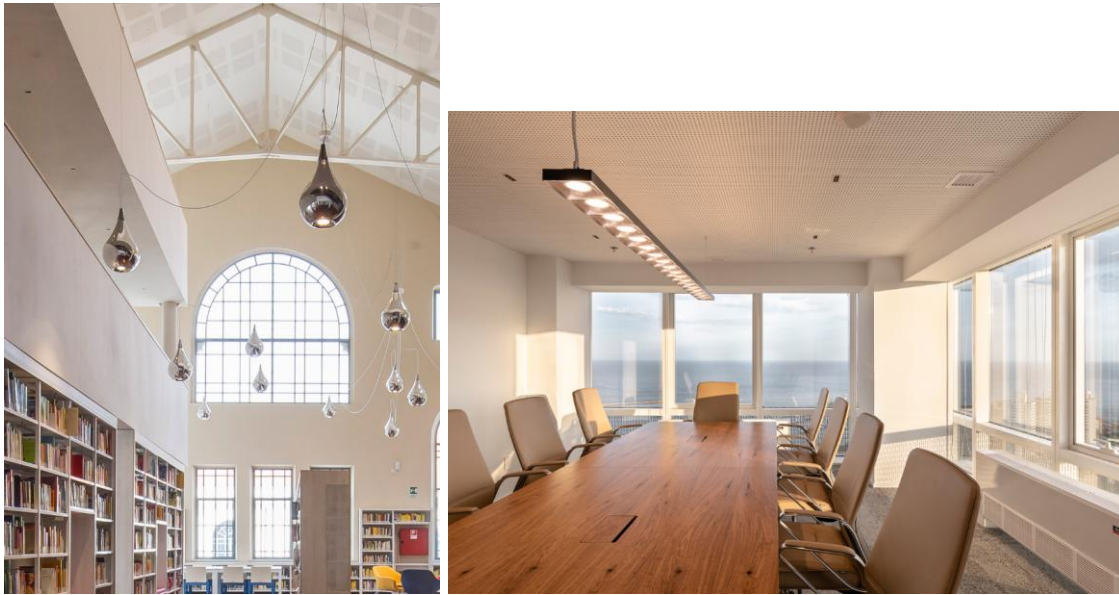
Τοποθετούνται σε τοίχους και παρέχουν είτε χαμηλό φωτισμό για ανάδειξη μονοπατιών κ.ά. είτε έντονο φωτισμό ανάδειξης(π.χ. πάνω-κάτω) σε επιλεγμένα σημεία του χώρου, όπως ένα κλιμακοστάσιο. Επίσης, μπορούν να λειτουργήσουν ως διακοσμητικά στοιχεία, συμβάλλοντας μόνο στην αισθητική χωρίς λειτουργική χρήση.



Εικόνα 18: Επίτοιχα φωτιστικά χαμηλής τοποθέτησης(steplights) και απλικά με φωτισμό πάνω-κάτω. [49]

Ε. Κρεμαστά φωτιστικά

Κρέμονται απευθείας από την οροφή ή από στοιχεία αυτής. Προσφέρουν κυρίως γενικό φωτισμό αλλά με τη χρήση ανακλαστήρων προσφέρουν επίσης εστιασμένο φωτισμό. Επιπλέον, παρέχουν τη δυνατότητα άμεσου και έμμεσου φωτισμού(πάνω-κάτω). Στην μορφή τους μπορεί να είναι γραμμικά, καμπάνες ή άλλο σχήμα. Έχουν επίσης διακοσμητικό χαρακτήρα, καθώς συχνά τοποθετούνται σε τραπεζαρίες, lobby ή χώρους φιλοξενίας. Ανάλογα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, χρησιμοποιούνται σε γραφεία, κατοικίες, βιομηχανικούς χώρους κ.ά.



Εικόνα 19: Τύποι κρεμαστών φωτιστικών, αριστερά πολλαπλά φωτιστικά για γενικό φωτισμό με διακοσμητικό χαρακτήρα, δεξιά γραμμικό φωτιστικό με φακούς για εστιασμένο φωτισμό προς τα κάτω και διάχυτο έμμεσο φωτισμό προς τα πάνω. [49]

ΣΤ. Wallwashers/ wallgrazers

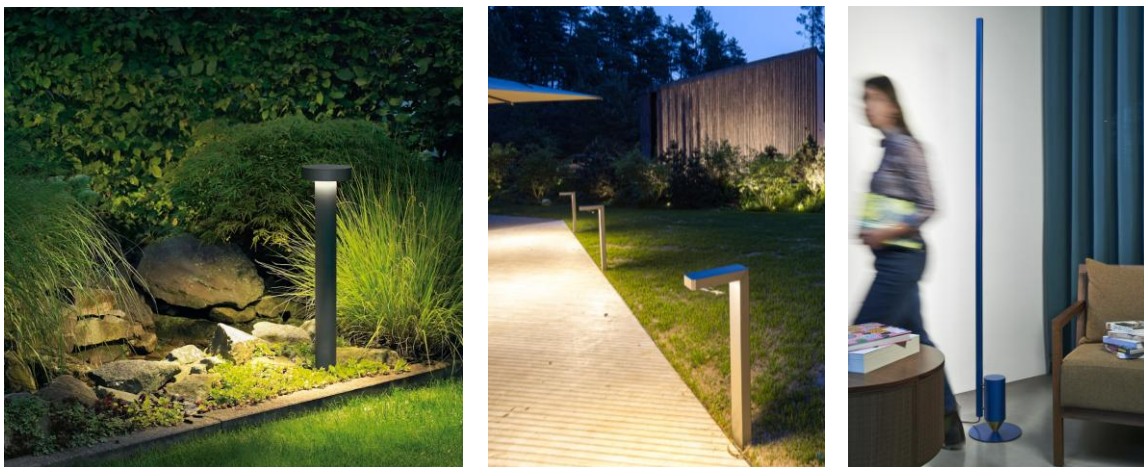
Τα wallwashers τοποθετούνται συνήθως στην οροφή και προσφέρουν έναν διάχυτο και ομοιόμορφο φωτισμό σε τοίχους. Τα wallgrazers τοποθετούνται τόσο στην οροφή όσο και στο δάπεδο και ο φωτισμός που προσφέρουν είναι έντονος και έχουν στενή κατανομή φωτός δημιουργώντας την αίσθηση ότι το φως «ξύνει» την επιφάνεια του τοίχου, με σκοπό την ανάδειξη μιας ιδιαίτερης υφής(πέτρα, τούβλο κ.τ.λ).



Εικόνα 20: Αριστερά ενδοδαπέδιο wallgrazer προς ανάδειξη πέτρινου τοίχου, δεξιά χωνευτά wallwashers οροφής τοποθετημένα σε σειρά για ομοιόμορφο φωτισμό τοίχου με έργα τέχνης. [49]

Z. Επιδαπέδια φωτιστικά/ bollards

Τα επιδαπέδια φωτιστικά μπορεί να έχουν λειτουργικό ή διακοσμητικό ρόλο και μπορούν να τοποθετούνται σε σταθερά σημεία ή να είναι φορητά. Χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν τον φωτισμό σε ένα καθιστικό, για να αναδείξουν χώρους φύτευσης ή να φωτίσουν διακριτικά έναν πεζόδρομο.



Εικόνα 21: Τύποι επιδαπέδιων φωτιστικών, για ανάδειξη φύτευσης, ανάδειξη μονοπατιού και για διακοσμητική χρήση.[48],[49]

Η. Ταινίες LED

Οι ταινίες LED ενσωματώνονται σε αρχιτεκτονικά στοιχεία, όπως καθρέπτες ή ράφια παρέχοντας λειτουργικό φωτισμό, ή σε σκοτίες κρυφού φωτισμού παρέχοντας διακριτικό και ατμοσφαιρικό φωτισμό. Η χρήση τους είναι εκτεταμένη σε κατοικίες και εμπορικούς χώρους.



Εικόνα 22: Εφαρμογή ταινίας LED σε σκαλοπάτια εξωτερικού χώρου και σε σκοτία οροφής.[49]

Θ. Προβολείς

Χρησιμοποιούνται για να αναδείξουν μεγάλες επιφάνειες και έχουν συνήθως μεγάλη απόδοση lm/w . Μπορεί να έχουν συμμετρική ή ασύμμετρη κατανομή φωτός και τοποθετούνται κυρίως σε εξωτερικούς χώρους, σε έργα μικρής ή μεγάλης κλίμακας, όπως κατοικίες ή γήπεδα.



Εικόνα 23: Τύποι προβολέων μικρού και μεγάλου μεγέθους, τοποθέτησης σε έδαφος ή σε ιστό.[49]

Ι. Φωτιστικά οδοφωτισμού και αστικού φωτισμού

Τα φωτιστικά οδοφωτισμού παρέχουν ομοιόμορφο φωτισμό στους δρόμους χρησιμοποιώντας συνήθως ανακλαστήρες ή φακούς για την ασύμμετρη κατανομή του φωτός. Τοποθετούνται σε ψηλούς ιστούς με μπράτσα. Για αστικούς χώρους όπως πλατείες, πάρκα και πεζοδρόμους χρησιμοποιούνται φωτιστικά παρόμοιου τύπου, σε χαμηλότερους ιστούς και πέραν των τεχνικών τους χαρακτηριστικών έχουν και διακοσμητική διάσταση.



Εικόνα 24: Αριστερά φωτιστικό οδοφωτισμού σε ψηλό ιστό, δεξιά φωτιστικό πλατείας σε χαμηλό ιστό.
[49]

3.3 Κανονισμοί και πρότυπα

Ο σχεδιασμός φωτισμού δεν βασίζεται μόνο σε δημιουργικές ιδέες ή τεχνικές λύσεις, αλλά οφείλει να τηρεί συγκεκριμένα **πρότυπα και κανονιστικά πλαίσια**, που διασφαλίζουν την ποιότητα, την ασφάλεια και τη βιωσιμότητα κάθε έργου. Αυτά τα πρότυπα μπορεί να είναι **διεθνή, ευρωπαϊκά ή εθνικά**, ενώ συχνά συνδυάζονται με πιστοποιήσεις βιωσιμότητας, όπως το **LEED** ή το **WELL**. [22],[23],[24],[25],[26]

EN – Ευρωπαϊκά Πρότυπα Φωτισμού

Τα **EN (European Standards)** είναι **τυποποιημένα ευρωπαϊκά πρότυπα** που εκδίδονται από την **CEN (European Committee for Standardization)**. Αποτελούν **τεχνικά πλαίσια** για την προδιαγραφή και εγκατάσταση ενός συστήματος φωτισμού εντός της ΕΕ.

Τα πιο βασικά πρότυπα EN για τον φωτισμό είναι:

- **EN 12464-1:** *Φωτισμός εσωτερικών χώρων εργασίας.* Προδιαγράφει επίπεδα φωτισμού (lux), δείκτη θάμβωσης (UGR), δείκτη χρωματικής απόδοσης (CRI) και απαιτήσεις συντήρησης.
- **EN 12464-2:** *Φωτισμός εξωτερικών χώρων εργασίας.* Καλύπτει χώρους όπως πεζοδρόμους, χώρους στάθμευσης, χώρους φόρτωσης κ.τ.λ.
- **EN 13201:** *Οδικός φωτισμός.* Χωρίζει τους δρόμους σε κλάσεις (M, C, P, HS, CS, EV), καθορίζει τιμές λαμπρότητας και έντασης φωτισμού, ομοιομορφίας κ.ά.
- **EN 1838:** *Φωτισμός ασφαλείας.* Προδιαγράφει σήμανση εξόδων κινδύνου, φωτιστικά ασφαλείας και απαιτήσεις σε περίπτωση διακοπής ρεύματος.

Η συμμόρφωση με τα EN είναι αναγκαία για λόγους **νομικής κάλυψης, ποιότητας κατασκευής και ενεργειακής απόδοσης**. Στη μελέτη φωτισμού, τα EN λειτουργούν ως το ελάχιστο αποδεκτό επίπεδο ποιότητας – πάνω στο οποίο ο μελετητής μπορεί να «χτίσει» υψηλότερες απαιτήσεις, αν το επιθυμεί.

CIBSE – Κατευθυντήριες Οδηγίες

Ο **CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers)** είναι ένας από τους πιο έγκριτους οργανισμούς που εκδίδει **κατευθυντήριες οδηγίες(guides)**. Τα **Lighting Guides (LG)** καλύπτουν πρακτικά θέματα εφαρμογής που τα EN δεν περιγράφουν, δηλαδή εξειδικεύουν τα πρότυπα EN και προσφέρουν σχεδιαστικές οδηγίες στους μελετητές.

Παραδείγματα:

- **LG7 – Office Lighting:** Οδηγός φωτισμού σε γραφεία.
- **LG6 – The Exterior Environment:** Κατευθυντήριες για οδικό και αστικό εξωτερικό φωτισμό.
- **LG2 – Hospitals and health care buildings:** Νοσοκομεία και λοιποί υγειονομικοί χώροι.

Το CIBSE δεν αντικαθιστά τα EN, αλλά λειτουργεί ως **πρακτικός οδηγός** που «γεφυρώνει» το θεωρητικό πλαίσιο με την εφαρμογή.

LEED – Πιστοποίηση Βιωσιμότητας και Αειφορίας

Το **LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)** είναι από τα πιο διαδεδομένα **συστήματα αξιολόγησης κτιρίων**. Σχετικά με τον φωτισμό, δίνει έμφαση σε:

- **Ενεργειακή απόδοση:** Επιλογή αποδοτικών πηγών φωτισμού, χρήση LED, μείωση κατανάλωσης.
- **Οπτική άνεση:** CRI, θάμβωση, ομοιομορφία.
- **Ενσωμάτωση φυσικού φωτισμού:** Εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού και συνδυασμός με τεχνητό φωτισμό.
- **Light Pollution Reduction:** Περιορισμός φωτορύπανσης σε εξωτερικούς χώρους.

Η συμμόρφωση με τα κριτήρια LEED προσθέτει αξία στο κτίριο, βελτιώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και ενισχύει την συνολική ποιότητα του περιβάλλοντος.

WELL – Πιστοποίηση για τον Ανθρωποκεντρικό Φωτισμό και την Ευεξία των χρηστών

Το **WELL Building Standard** εστιάζει στη **σχέση φωτισμού και ανθρώπινης ευεξίας**.

Το κεφάλαιο φωτισμού στο WELL περιλαμβάνει:

- **Circadian Lighting Design:** Σχεδιασμός που σέβεται κιρκάδιο ρυθμό των χρηστών.
- **Οπτική άνεση:** Θάμβωση, CRI, CCT προσαρμοσμένα στις διάφορες δραστηριότητες και το προφίλ των χρηστών.
- **Έλεγχος από τον χρήστη:** Ρύθμιση φωτεινότητας ανάλογα με τις ανάγκες.

4. Φωτισμός εξωτερικών και δημόσιων χώρων – Ανάλυση παραδειγμάτων

Ο δημόσιος χώρος κατά τη διάρκεια της νύχτας μεταμορφώνεται: αποκτά νέα οπτική ταυτότητα, αποκαλύπτει ή αποκρύπτει πτυχές της πόλης και επαναδιαμορφώνει τις κοινωνικές σχέσεις και τις αντιλήψεις ασφάλειας. Ο φωτισμός, σε αυτό το πλαίσιο, δεν έχει μόνο λειτουργικό ρόλο· επιδρά στη **συμπεριφορά**, στην **αίσθηση του «ανήκειν»**, και στη **χρήση του χώρου** από διαφορετικές κοινωνικές ομάδες. Είτε πρόκειται για πλατείες, πεζοδρόμους, πάρκα ή ιστορικά κέντρα, ο φωτισμός επηρεάζει τη ζωή της πόλης με τρόπους που είναι ταυτόχρονα **αισθητικοί, κοινωνικοί και ψυχολογικοί**. [1],[21],[24]

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζονται:

- παραδείγματα διεθνών εφαρμογών φωτισμού που ξεχωρίζουν για την προσέγγισή τους,
- και διδάγματα που μπορούν να εφαρμοστούν σε έργα όπως η κεντρική πλατεία της Σπάρτης.

4.1 Σχεδιαστική προσέγγιση για τον φωτισμό δημόσιων εξωτερικών χώρων

Ο φωτισμός δημόσιων εξωτερικών χώρων αποτελεί έναν ιδιαίτερο τομέα σχεδιασμού, καθώς καλείται να εξυπηρετήσει πολλαπλές απαιτήσεις ταυτόχρονα: την ασφαλή κυκλοφορία, την ανάδειξη της ταυτότητας του χώρου, την αίσθηση άνεσης και την ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ο μελετητής, ακολουθώντας τις κατευθυντήριες γραμμές των διεθνών προτύπων (π.χ. EN 13201, EN 12464-2) και πρακτικές οδηγίες όπως αυτές του CIBSE LG6 – The Exterior Environment, οργανώνει τη μελέτη με βάση μια σειρά παραμέτρων που προσαρμόζονται στις ανάγκες κάθε έργου.

Κύρια κριτήρια σχεδιασμού

- **Ανάλυση χρήσης και ροής κυκλοφορίας**

Καταγράφονται οι βασικές ζώνες δραστηριότητας: διαδρομές κίνησης πεζών, σημεία συνάθροισης, κόμβοι κυκλοφορίας και ζώνες πρασίνου. Ο φωτισμός πρέπει να εξασφαλίζει σαφή προσανατολισμό και να αναδεικνύει σημεία αναφοράς (π.χ. είσοδοι, WC, πινακίδες).

- **Επίπεδα φωτισμού και ομοιομορφία**

Καθορίζονται κατάλληλα επίπεδα lux ανά περιοχή, σύμφωνα με πρότυπα όπως το EN 13201 και ορίζονται συντελεστές ομοιομορφίας για αποφυγή έντονων αντιθέσεων με στόχο την ήπια μετάβαση από σκοτεινό σε φωτεινό (π.χ. από δρόμο σε πάρκο).

- **Αρχιτεκτονικά στοιχεία**

Ο φωτισμός προσαρμόζεται για να αναδεικνύει όψεις κτιρίων, φυτεύσεις, γλυπτά και πεζοδρόμους. Με τη χρήση φωτισμού ανάδειξης σε επιλεγμένα σημεία, προσδίδουμε χαρακτήρα και διαβαθμίσεις στη φωτεινότητα.

- **Αντοχή εξοπλισμού και συντήρηση**

Τα φωτιστικά πρέπει να διαθέτουν υψηλούς δείκτες IP/IK, κατάλληλη θερμική αντοχή και εύκολη πρόσβαση για συντήρηση.

- **Περιβαλλοντικό αποτύπωμα και φωτορύπανση**

Η μείωση της φωτορύπανσης επιτυγχάνεται με cut-off φωτιστικά, προσανατολισμό προς τα κάτω, και χαμηλή κατανάλωση ισχύος. Προβλέπεται ρύθμιση έντασης σε ώρες χαμηλής κυκλοφορίας.

- **Έξυπνη διαχείριση και ευελιξία**

Σε σύγχρονες εφαρμογές προτείνονται ευφυή συστήματα ελέγχου (π.χ. DALI, αισθητήρες, smart city πλατφόρμες) που προσαρμόζουν δυναμικά τον φωτισμό σε πραγματικές συνθήκες χρήσης.

Ενδεικτικές απαιτήσεις φωτισμού βάσει EN

Σύμφωνα με τα πρότυπα EN 13201 (*Road Lighting*) και EN 12464-2 (*Lighting of outdoor work places*), οι δημόσιοι εξωτερικοί χώροι ταξινομούνται σε κατηγορίες χρήσης ή κλάσεις, με συγκεκριμένες ελάχιστες τιμές λαμπρότητας, έντασης φωτισμού και ομοιομορφίας.

Παραδείγματα:

Οδοί κυκλοφορίας (M classes):

- Μέση φωτεινότητα οδοστρώματος: 0,3–2,0 cd/m²
- Ομοιομορφία: $\geq 0,35$ ή 0,4

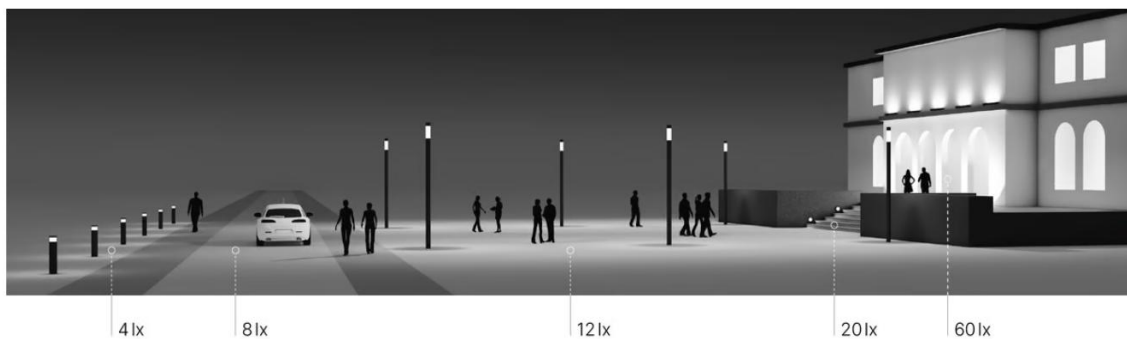
Πεζόδρομοι (P classes):

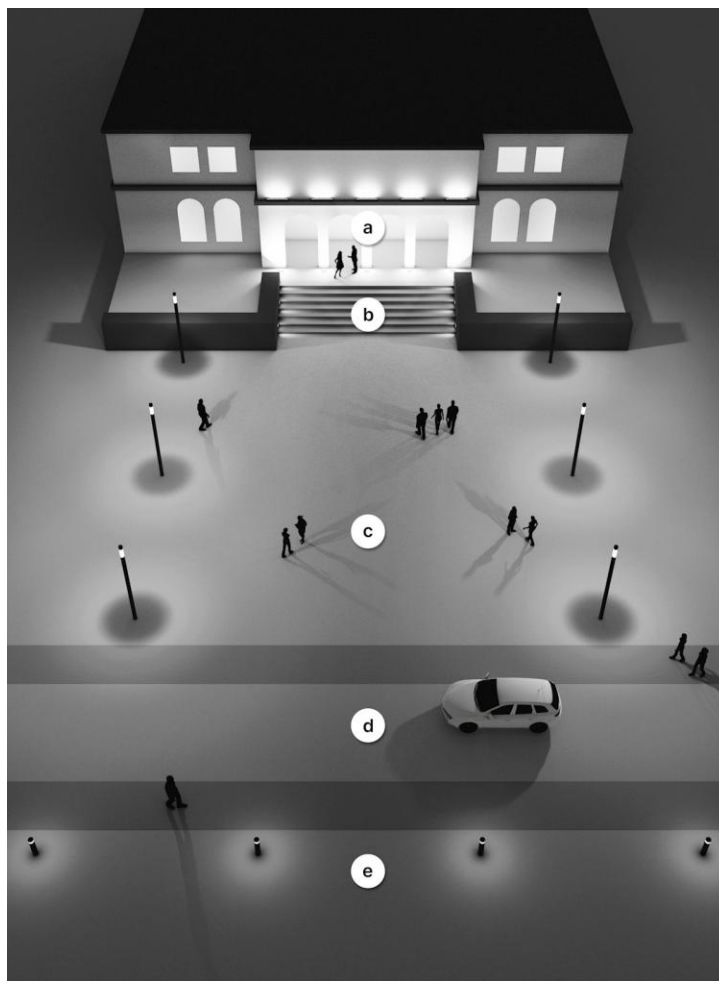
- Ελάχιστος φωτισμός (Illuminance): 2–15 lx, ανάλογα με την κυκλοφοριακή ροή.
- Ομοιομορφία φωτισμού: $U_0 \geq 0,25$ –0,4.

Διασταυρώσεις, διαβάσεις πεζών (C classes):

- Μέση φωτεινότητα οδοστρώματος: 7,5–50 lx
- Ομοιομορφία: $\geq 0,4$

Το πρότυπο δεν περιλαμβάνει προτεινόμενες τιμές για χώρους όπως πλατείες ή πάρκα, μπορούν όμως να αξιοποιηθούν οι παραπάνω τιμές (για παράδειγμα οι τιμές των πεζοδρόμων) σαν οδηγός, σχεδιάζοντας διαβαθμίσεις φωτεινότητας για δημιουργία ζωνών έμφασης και σκιάς και διατηρώντας μια ισορροπία και αναλογία στα επίπεδα φωτεινότητας μεταξύ των ζωνών.





Εικόνα 25: Θεωρητικό παράδειγμα εντάσεων φωτισμού και αναλογίας μεταξύ των περιοχών. Στο παράδειγμα παρουσιάζονται από αριστερά προς τα δεξιά, όρια πάρκου με πεζόδρομο στα 4lux, οδός κυκλοφορίας στα 8lux, πλατεία στα 12lux, σκαλοπάτια προς κτίριο στα 20lux και είσοδος κτιρίου στα 60lux. Ξεκινώντας από τα όρια του πάρκου(ε) με χρήση bollards και χαμηλό φωτισμό, τα επίπεδα φωτισμού αυξάνονται στην οδό(δ), στον χώρο της πλατείας(ς), στην είσοδο του κτιρίου(β) και στην όψη του κτιρίου(α), με μια αναλογία 1 : 2 : 3 : 5: 15.[20]

4.2 Ανάλυση παραδειγμάτων εξωτερικού φωτισμού (case studies)

Η ανάλυση καλών πρακτικών από τοπικά και διεθνή παραδείγματα φωτισμού δημοσίων χώρων προσφέρει πολύτιμη γνώση για το πώς οι αρχές σχεδιασμού εφαρμόζονται στην πράξη. Μέσα από τη μελέτη διαφορετικών έργων, ο μελετητής μπορεί να αναγνωρίσει ποιοτικές στρατηγικές, να αξιολογήσει τεχνικές λύσεις και να αντλήσει ιδέες που ενισχύουν την ασφάλεια, την αίσθηση ταυτότητας και τη βιωσιμότητα ενός χώρου.

Παρακάτω παρουσιάζονται τέσσερις χαρακτηριστικές περιπτώσεις έργων από διαφορετικές γεωγραφικές και πολιτισμικές συνθήκες, που προτείνουν ιδιαίτερα επιτυχημένες λύσεις.

Βουλή των Ελλήνων, Αθήνα – Ελλάδα

Η φωτιστική αναβάθμιση της Βουλής των Ελλήνων στην Αθήνα αποτελεί ένα εμβληματικό παράδειγμα **αρχιτεκτονικού φωτισμού όψεων**, όπου η ιστορική σημασία του κτιρίου αναδεικνύεται με τη σύγχρονη τεχνολογία LED και σεβασμό στην αρχιτεκτονική ταυτότητα.

Η μείωση της φωτορύπανσης αποτέλεσε προτεραιότητα, χρησιμοποιώντας χαμηλά επίπεδα φωτισμού και ρυθμίζοντάς τα σε ακόμα χαμηλότερα κατά τα μεσάνυχτα. Ένα σημείο κλειδί του σχεδιασμού αποτελεί η προγραμματισμένη αλλαγή θερμοκρασίας χρώματος, από ψυχρό σε θερμό λευκό ώστε να μειώνεται η εκπομπή μπλε χρώματος, με την αλλαγή αυτή να συμβαίνει κάθε ημέρα στα μεσάνυχτα.

Για την επίτευξη αυτού του αποτελέσματος:

- Χρησιμοποιήθηκαν ειδικά επιδαπέδια **uplights** με στενή δέσμη 180° ώστε να τονιστούν τα μαρμάρινα γείσα των παραθύρων. Τα φωτιστικά είχαν την δυνατότητα εναλλαγής θερμοκρασίας χρώματος(tunable white) από 2700K έως 4000K. (Εικόνες 26,27)
- Οι τοίχοι του μνημείου του Αγνώστου Στρατιώτη φωτίστηκαν με **προβολείς** μεσαίας δέσμης από απόσταση, δημιουργώντας ένα ομοιόμορφο φωτισμό σε θερμοκρασία 3500K. (Εικόνες 26,28)
- Στους περιμετρικούς τοίχους χρησιμοποιήθηκαν γραμμικά **uplights** στενής οβάλ δέσμης, παρέχοντας έτσι το **wallgrazing** εφέ που αναδεικνύει την πέτρινη υφή. Η θερμοκρασία που επιλέχθηκε ήταν 3500K ώστε να έρχεται σε αρμονία με τους ασβεστόλιθους.(Εικόνα 28)
- Τα ιστορικά αγάλματα αναδείχθηκαν με προβολείς μεσαίας δέσμης και ισχύος σε θερμοκρασία χρώματος 4000K, κατάλληλη για τις αποχρώσεις του μαρμάρου. (Εικόνα 27)



Εικόνα 27: Φωτισμός όψης της Βουλής και του μνημείου Αγνώστου Στρατιώτη.[27]



Εικόνα 26: Φωτισμός αγάλματος και παραθύρων των όψεων του κτιρίου.[27]



Εικόνα 28: Φωτισμός περιμετρικού πέτρινου τοίχου.[27]

Η μελέτη δείχνει πώς ο αρχιτεκτονικός φωτισμός μπορεί να **αναβαθμίσει τη νυχτερινή εικόνα** ενός εμβληματικού κτιρίου χωρίς να αλλοιώσει τη μορφή του, προσφέροντας ταυτόχρονα **εξοικονόμηση ενέργειας** και **διαβαθμίσεις φωτισμού** που σέβονται το ευρύτερο αστικό τοπίο.

Αποτελεί παράδειγμα **ισορροπίας μεταξύ λειτουργικότητας, αισθητικής και βιωσιμότητας**, δείχνοντας ότι ο καλός φωτισμός προσώπων δεν είναι υπερβολικός αλλά μελετημένος, με ξεκάθαρους στόχους ανάδειξης.[27]

Κεντρική Αγορά, Σαραγόσσα – Ισπανία

Η κεντρική Αγορά της Σαραγόσσα σχεδιάστηκε το 1895 και έχει ανακηρυχτεί πλέον ιστορικό εθνικό μνημείο. Το έργο αποκατάστασης το 2018, υπό τον αρχιτέκτονα José Antonio Aranaz, στόχευε στην αναβίωση της αγοράς ως **ζωντανό δημόσιο χώρο**, επαναπροσδιορίζοντας την λειτουργικότητα με σεβασμό στην αρχιτεκτονική ταυτότητα. Ο φωτισμός έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην ανάδειξη αυτών των αξιών:

- Στις πλαϊνές όψεις τονίζονται οι λεπτές κολώνες που περιβάλλουν το κτίριο με τη χρήση 2 διαφορετικών **spotlight**. Τοποθετήθηκαν επάνω στις κολώνες, συνδυάζοντας μια στενή δέσμη με προσανατολισμό προς τα κάτω για ανάδειξη του ύψους της κολώνας, αλλά και μια φαρδιά δέσμη με προσανατολισμό προς τα πάνω για ανάδειξη των περίτεχνων κιονόκρανων. (Εικόνα 30)
- Η πρόσοψη τονίζεται με την χρήση **spotlights** στενής δέσμης στις 4 βασικές παραστάδες, φωτίζοντάς τες από το άνω άκρο με προσανατολισμό προς τα κάτω. (Εικόνα 29)
- Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε εύκαμπτη και στεγανή **ταινία LED** στα οριζόντια στοιχεία καθώς και για το κεντρικό τόξο που περιβάλλει την είσοδο, τονίζοντας έτσι τις διαφορετικές γεωμετρίες. (Εικόνα 29)
- Στα παράθυρα τοποθετήθηκαν διπλά **επιδαπέδια uplights** με στενή δέσμη 180°, ώστε να αναδειχθούν τα περιγράμματα και οι διακοσμητικές λεπτομέρειες που τα περιβάλλουν. (Εικόνα 29)

- Τέλος, για την ανάδειξη του αρχιτεκτονικού διάκοσμου στην κορυφή του κτιρίου έχουν χρησιμοποιηθεί ανά σημείο είτε ταινίες LED είτε spotlights. (Εικόνα 29)

Η θερμοκρασία χρώματος που διατηρήθηκε σε όλο το κτίριο είναι θερμή (3000K).



Εικόνα 29: Φωτισμός κύριας όψης και εισόδου της κεντρικής Αγοράς της Σαραγόσσα.[28]



Εικόνα 30: Φωτισμός πλαϊνής όψης της κεντρικής Αγοράς της Σαραγόσσα.[28]

Κεντρικός στόχος του σχεδιασμού ήταν η αξιοποίηση και «ενεργοποίηση» του χώρου και τη νύχτα. Το νέο σύστημα φωτισμού αναδεικνύει αρχιτεκτονικά και διακοσμητικά στοιχεία, ενσωματώνεται διακριτικά στις όψεις, ακολουθεί και συμπληρώνει την πρόταση του εσωτερικού φωτισμού, αποφεύγοντας υπερβολικές εντάσεις.[28]

Parco del Mare, Ρίμινι – Ιταλία

Το **Parco del Mare** στο Ρίμινι αποτελεί ένα εμβληματικό έργο **αστικού επανασχεδιασμού του παραλιακού μετώπου**, το οποίο επιχείρησε να ενοποιήσει την πόλη με τη θάλασσα, δημιουργώντας έναν δημόσιο χώρο περιπάτου, πρασίνου και χαλάρωσης. Η κεντρική ιδέα βασίζεται στη σύνδεση του αστικού ιστού με την παραλία μέσα από οργανικές γεωμετρίες, φυσικά υλικά και φωτισμό που υποστηρίζει τη νυχτερινή χρήση με τρόπο διακριτικό και αισθητικά ενταγμένο στο τοπίο.

Ο φωτισμός ακολουθεί μια **βιομηχανική αισθητική**, αντανακλώντας τον χαρακτήρα της πόλης, βασιζόμενος σε 2 κύρια στοιχεία:

- Στην ανατολική πλευρά, κοντά στην θάλασσα, χρησιμοποιήθηκαν ειδικά σχεδιασμένοι ιστοί ύψους 9m, με καμπύλες οι οποίες αναπαριστούν το γράμμα “R”, με 3 φωτιστικά τύπου **προβολείς** καθώς και ένα **spotlight**. Επάνω στο καμπύλο άκρο του “R” τοποθετήθηκαν οι 3 προβολείς, εκ των οποίων οι 2 είχαν **ασύμμετρη δέσμη** ώστε να φωτίζεται η περιοχή αριστερά και δεξιά μεταξύ των ιστών, ενώ ο τρίτος προβολέας έχει επίσης ασύμμετρη δέσμη (street optics) φωτίζοντας την πρόσβαση προς την παραλία, για λόγους ασφαλείας. Στο άκρο του “R” τοποθετείται ένα spotlight με προσανατολισμό προς την περιοχή φύτευσης για μια διακριτική ανάδειξή της. (Εικόνα 31,33)
- Στην κεντρική περιοχή χρησιμοποιήθηκαν ιστοί ύψους 5m και 7m, με διπλά φωτιστικά τύπου **οδοφωτισμού** με διαφορετικές ασύμμετρες δέσμες. Τοποθετήθηκαν κατά μήκος των πεζοδρόμων και των μονοπατιών, καθώς και στις οδούς, στα όρια του πάρκου με την πόλη. (Εικόνα 31,32,33)



Εικόνα 31: Το πάρκο del Mare αποτελείται από χώρους γρασιδιού και μονοπάτια(αριστερά), κεντρική περιοχή κυκλοφορίας(κέντρο) και το παραλιακό μέτωπο(δεξιά). [29]



Εικόνα 32: Ο κεντρικός χώρος κυκλοφορίας του πάρκου del Mare.[29]



Εικόνα 33: Ο κεντρικός χώρος του πάρκου, όπου στα αριστερά συνορεύει με το παραλιακό μέτωπο, ενώ στα δεξιά με τα καταστήματα της πόλης. [29]

Ο συνδυασμός των παραπάνω στοιχείων επιλέχθηκε με σκοπό τον ομοιόμορφο και ασφαλή φωτισμό του πάρκου, διατηρώντας μια ευχάριστη ατμόσφαιρα και έναν οικείο χαρακτήρα, με θερμή θερμοκρασία χρώματος(3000K), ώστε να είναι φιλική προς τους κατοίκους και την βλάστηση του πάρκου.[29]

Πλατεία της Ενότητας, Κάουνας – Λιθουανία

Η Πλατεία Ενότητας(Vienybės Square) στο Κάουνας αναδιαμορφώθηκε δίνοντας έμφαση στις περιοχές πρασίνου φυτεύοντας 5.000 φυτά, από θάμνους έως ψηλά δέντρα. Προστέθηκαν κάποια στοιχεία νερού, χώροι ξεκούρασης με πάγκους καθώς και διαδρομές φιλικές προς τους πεζούς αλλά και στους φίλους του skateboard.

Ο φωτισμός σχεδιάστηκε με στόχο την ανάδειξη της νέας αρχιτεκτονικής ταυτότητας της πλατείας, δημιουργώντας παράλληλα μια ήπια και φιλική ατμόσφαιρα:

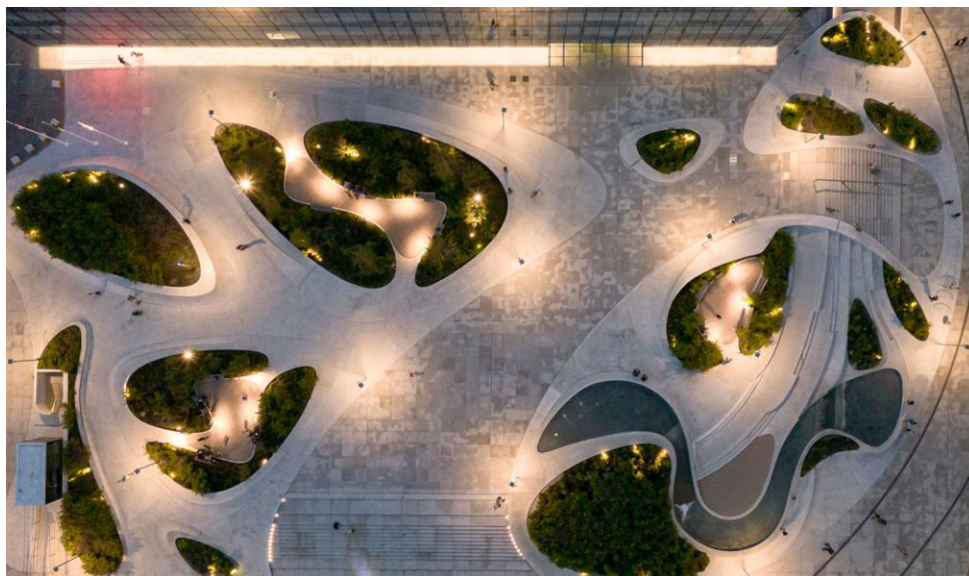
- Φωτισμός πρασίνου: Χρησιμοποιήθηκαν **στεγανά spotlights**, τοποθετημένα στο δάπεδο, με κατάλληλες δέσμες για την ανάδειξη των διαφορετικών τύπων βλάστησης – από χαμηλούς θάμνους έως και πεύκα. (Εικόνα 35)
- Φωτισμός διαδρομών: Οι διαδρομές ανάμεσα στους χώρους φύτευσης φωτίζονται με bollards με ασύμμετρη δέσμη φωτός, εξασφαλίζοντας κατευθυνόμενο φωτισμό και αποφυγή θάμβωσης. Το χαμηλό ύψος των bollards και η γκρι απόχρωση ενισχύει τη διακριτικότητα του φωτισμού. (Εικόνα 36)
- Γενικός φωτισμός της πλατείας: Φωτιστικά τοποθετημένα σε **ιστούς**, τα οποία διαχέουν το φως ομοιόμορφα, προσφέροντας την κατάλληλη ένταση φωτισμού στον χώρο χωρίς να κυριαρχούν οπτικά. (Εικόνα 34,35)
- Τα σκαλοπάτια στο κέντρο της πλατείας φωτίζονται διακριτικά με **επίτοιχα φωτιστικά** σε χαμηλό ύψος(step lights), αποφεύγοντας έτσι την ανάδειξη της περιοχής ως κύρια. (Εικόνα 35)
- Στην ημικυκλική περιοχή καθιστικού και ανάπαυσης, τοποθετήθηκε **ταινία LED** ακριβώς κάτω και κατά μήκος των πάγκων, ενισχύοντας έτσι τους καμπύλους σχηματισμούς. (Εικόνα 37)



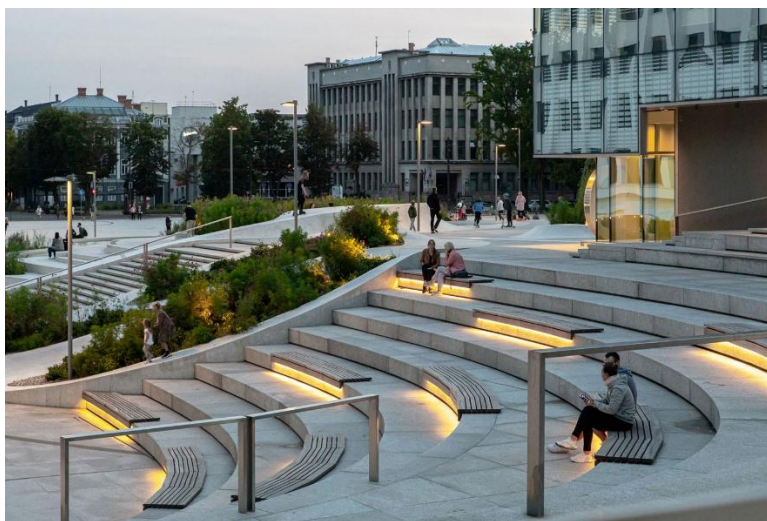
Εικόνα 34: Η πλατεία της Ενότητας στο κέντρο της πόλης, που συνδυάζει τον κεντρικό χώρο της πλατείας, μεγάλους χώρους κυκλοφορίας, χώρους πρασίνου με μονοπάτια, σκαλοπάτια που λειτουργούν ως χώρος καθιστικού.[30]



Εικόνα 35: Τα σκαλοπάτια στο κέντρο της πλατείας και η ποικιλία φύτευσης που περιλαμβάνει χαμηλούς θάμνους και ψηλά δέντρα.[30]



Εικόνα 36: Μέρος της πλατείας όπου συγκεντρώνονται χώροι πρασίνου σε οργανικά σχήματα, με διαδρομές ανάμεσά τους που τους συνδέουν.[30]



Εικόνα 37: Χώρος καθιστικού και ανάπαυσης με ενσωματωμένα ξύλινα παγκάκια.[30]

Ο σχεδιασμός κέρδισε στα βραβεία "German Design Award 2019" και "IF Award 2021" την πρώτη θέση στην κατηγορία αστικών χώρων. Ο φωτισμός κατάφερε να δημιουργήσει έναν ήρεμο και ελκυστικό χώρο, όπου οι κάτοικοι απολαμβάνουν να βρίσκονται, ενώ παράλληλα εκπληρώνει τον λειτουργικό του σκοπό.[30]

4.3 Διδάγματα για τον σχεδιασμό

Η ανάλυση των παραδειγμάτων φωτισμού δημοσίων εξωτερικών χώρων – από εμβληματικά ιστορικά κτίρια έως πλατείες και παραλιακά μέτωπα – αναδεικνύει ένα σύνολο πρακτικών, στρατηγικών και ποιοτικών στόχων που μπορούν να αξιοποιηθούν ως βασικά διδάγματα για τον σχεδιασμό φωτισμού.

Τα συμπεράσματα αυτά μπορούν να συνοψιστούν στις εξής κύριες αρχές:

1. Ο φωτισμός δεν αφορά μόνο την λειτουργικότητα, αλλά και την εμπειρία

Ο φωτισμός δεν παρέχει απλώς την κατάλληλη ένταση φωτισμού, αλλά ενισχύει και διαμορφώνει εμπειρίες. Η **ατμόσφαιρα** και το **αίσθημα ασφάλειας και οικειότητας** είναι εξίσου σημαντικά με τα επίπεδα lux.

Ο διαβαθμισμένος φωτισμός (layers) επιτρέπει πολλαπλές εμπειρίες: κίνηση, στάση, παρατήρηση. Μια μελέτη μπορεί να προβλέψει πολλαπλά επίπεδα φωτισμού, με διαφορετικά οπτικά και ύψη, ώστε να καλύπτονται ταυτόχρονα η κυκλοφορία (π.χ. bollards, φωτιστικά οδοφωτισμού), η παραμονή και ξεκούραση (π.χ. διάχυτος φωτισμός καθιστικών περιοχών) αλλά και η ανάδειξη (π.χ. spotlights σε φυτεύσεις ή αρχιτεκτονικά στοιχεία).

2. Ανάδειξη της ταυτότητας του χώρου

Η εναρμόνιση του φωτισμού με την αρχιτεκτονική και το περιβάλλον ενισχύει τον χαρακτήρα του χώρου και στο νυχτερινό τοπίο. Οι παρεμβάσεις πρέπει να σέβονται την **ιστορικότητα**, τις ιδιαιτερότητες και τα **υλικά** κάθε χώρου, είτε με διακριτικό φωτισμό, είτε με εντυπωσιακές λύσεις.

Ο φωτισμός **προκαλεί την παραμονή, ενισχύει την κοινωνική ζωή και τον δημόσιο χαρακτήρα** του χώρου, ανάλογα με την αρχιτεκτονική πρόθεση και όραμα.

3. Τεχνολογική ποιότητα και διαχείριση

Χρησιμοποιούνται **φωτιστικά σώματα** με υψηλές τεχνικές απαιτήσεις, όπως είναι υψηλοί δείκτες IP και IK, ανθεκτικά υλικά, ποικιλία από οπτικά αξεσουάρ και υψηλός χρόνος ζωής.

Σε αρκετές περιπτώσεις, εφαρμόζεται **σύστημα ελέγχου φωτισμού** (π.χ. KNX, DALI), για εξοικονόμηση ενέργειας και προσαρμογή ανά χρήση/σενάριο. Όλες οι εφαρμογές επιδιώκουν **χαμηλή κατανάλωση ενέργειας**, μακροχρόνια συντήρηση και συμμόρφωση με περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

5. Μελέτη για την Πλατεία και το Δημαρχείο Σπάρτης

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στον επανασχεδιασμό του φωτισμού της **κεντρικής Πλατείας Σπάρτης** και των όψεων του **Δημαρχείου**, δύο κομβικών στοιχείων με σημαντική πολιτισμική, διοικητική και κοινωνική σημασία. Η πλατεία αποτελεί τον πυρήνα της δημόσιας ζωής της πόλης, ενώ το Δημαρχείο –με την αρχιτεκτονική του υπόσταση και τη συμβολική του θέση– λειτουργεί ως σημείο αναφοράς για την ταυτότητα της Σπάρτης. Το Δημαρχείο της Σπάρτης κτίστηκε στο κέντρο της δυτικής πλευράς της κεντρικής πλατείας της πόλης, είναι έργο του αρχιτέκτονα Γ. Κατσαρού και αντιπροσωπεύει ένα από τα **σημαντικότερα νεοκλασικά κτίρια** της Σπάρτης. Η οικοδόμησή του διήρκεσε 36 χρόνια, από το 1873 έως το 1909. Αποτελείται από το ισόγειο και έναν όροφο. Το 1925 υπέστη τροποποιήσεις με στόχο τη χρήση του ισόγειου ως χώρου αναψυχής. Μια επιβλητική σκάλα με τρία σκέλη οδηγεί στον όροφο όπου υπάρχει μεγάλη βεράντα, ενώ η είσοδος βρίσκεται στην ανατολική πλευρά του κτιρίου. Το 1976, το κτίριο ανακατασκευάστηκε, ενώ αναπλάστηκε η κύρια ανατολική όψη. Η διαμόρφωση της πλατείας χαρακτηρίζεται από τη **γεωμετρική πλακόστρωση**, τη συμμετρική φύτευση και το γλυπτό που στέκεται απέναντι από την κεντρική όψη του Δημαρχείου. Ωστόσο, η υφιστάμενη εικόνα του φωτισμού δεν ανταποκρίνεται στις σημερινές ανάγκες. Αναφέρονται προβλήματα όπως ανεπαρκής φωτισμός, εντοπίζεται απουσία εστίασης σε αρχιτεκτονικά στοιχεία, έλλειψη ταυτότητας στη νυχτερινή όψη του χώρου, καθώς και αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις λόγω παλαιών φωτιστικών σωμάτων.

Με την πρόταση που ακολουθεί επιδιώκεται:

- η ανάδειξη της αρχιτεκτονικής ταυτότητας του Δημαρχείου,
- η δημιουργία μιας ασφαλούς, φιλόξενης και ευχάριστης ατμόσφαιρας.
- η βέλτιστη εκμετάλλευση των τεχνικών δυνατοτήτων που προσφέρουν οι παρούσες εγκαταστάσεις.

Η μελέτη οργανώνεται σε τέσσερις ενότητες: ξεκινώντας από την ανάλυση του χώρου και των στόχων, προχωρά στη σχεδιαστική στρατηγική και καταλήγει στην τεχνική μελέτη και τεχνική τεκμηρίωση.

5.1 Ανάλυση βημάτων

Ο σχεδιασμός του φωτισμού για την Κεντρική Πλατεία της Σπάρτης και το Δημαρχείο βασίζεται στην κατανόηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του χώρου και των λειτουργιών του, ώστε να καθοριστούν συγκεκριμένοι στόχοι που καθοδηγούν τη μελέτη. Η ανάλυση των βημάτων παρουσιάζεται παρακάτω:

1. Καταγραφή υφιστάμενης κατάστασης (φωτισμός, υποδομές, περιορισμοί).

Βασίζεται στην κατανόηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του χώρου και των λειτουργιών του.

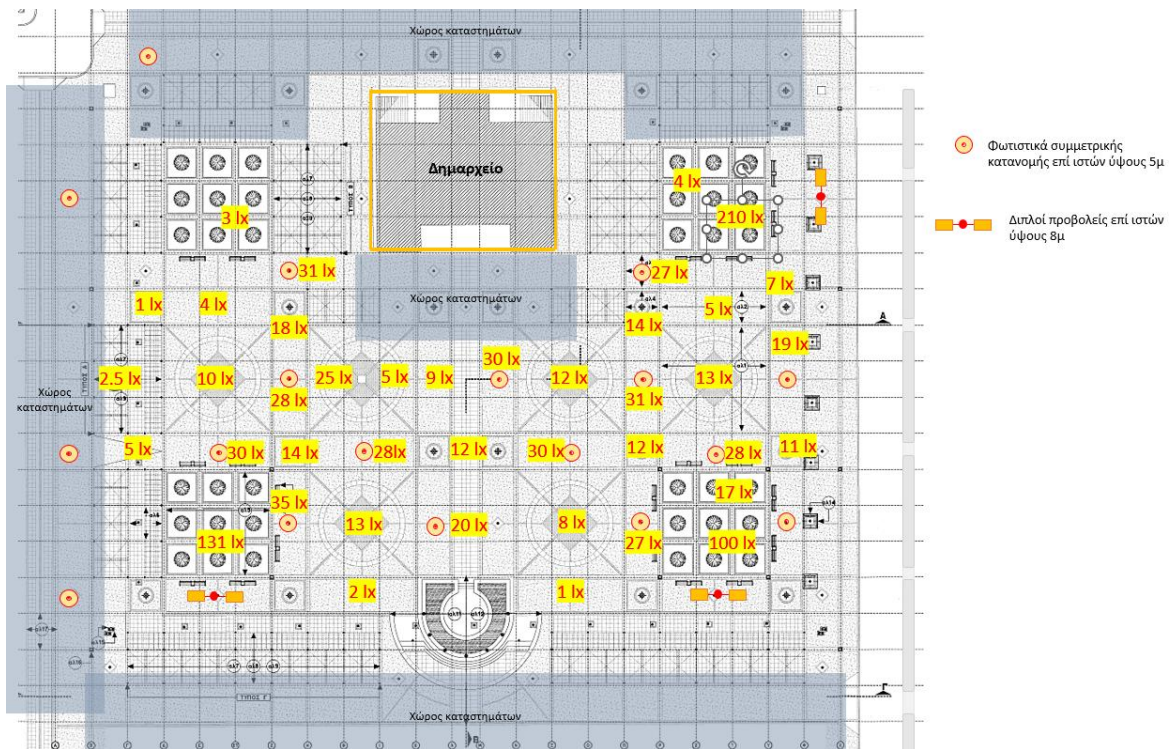
Οι τύποι των φωτιστικών σωμάτων που εντοπίστηκαν ήταν οι εξής:

- Φωτιστικά LED επί ιστών ύψους 5μ με συμμετρική κατανομή φωτός, στην περιοχή της πλατείας.
- Προβολείς επί ιστών 8μ, ως φωτισμός φύτευσης, στην περιοχή της πλατείας.
- Spotlights για φωτισμό ανάδειξης των κατακόρυφων αρχιτεκτονικών στοιχείων των όψεων του Δημαρχείου.
- Γραμμικά φωτιστικά, τοποθετημένα επί των παραθύρων των όψεων του Δημαρχείου.
- Επίτοιχα φωτιστικά στην δυτική όψη του Δημαρχείου, τοποθετημένα σε χαμηλό ύψος για φωτισμό σκαλοπατιών καθώς και απλίκες εκατέρωθεν των 2 εισόδων.

Από τα παραπάνω σημειώνεται πως μόνο τα κυρίως φωτιστικά της πλατείας είναι τεχνολογίας LED, ενώ τα υπόλοιπα περιλαμβάνουν λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων και άλλους παραδοσιακούς λαμπτήρες. Επίσης, δεν υπάρχει σύστημα διαχείρισης του φωτισμού στην πλατεία ή στο Δημαρχείο. Τέλος, το ισόγειο του Δημαρχείου καθώς και ο εξωτερικός χώρος της κυρίας όψης χρησιμοποιείται ως χώρος εστίασης, επομένως δεν θα υπάρξει παρέμβαση στους χώρους αυτούς.

Τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν οδηγό ως προς τις δυνατότητες της νέας πρότασης φωτισμού. Συγκεκριμένα, με σκοπό την ελαχιστοποίηση της παρέμβασης για τη νέα εγκατάσταση φωτισμού, τα προτεινόμενα φωτιστικά θα πρέπει να έχουν ενσωματωμένο μετασχηματιστή καθώς και την κατάλληλη φωτεινή ροή(lumen) ώστε να μην απαιτείται επιπλέον ντιμάρισμα και σχετικές εγκαταστάσεις. Τέλος, οι ιστοί της πλατείας τοποθετούνται στα σημεία με σχήμα ρόμβου και προβλέπονται παροχές σε κάθε ένα από αυτά, συνεπώς δεν μπορούν να μετακινηθούν σε αυθαίρετο σημείο, παρά μόνο να εκμεταλλευτούν ρόμβοι χωρίς φωτιστικά.

Επίσης, μετρήθηκαν τα επίπεδα φωτισμού(lux) στον χώρο κυκλοφορίας της πλατείας, με δειγματοληπτικές μετρήσεις σε βραδινή ώρα, με τη χρήση λουξόμετρου. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 38, οι μετρήσεις μας δίνουν το αποτέλεσμα **Εαν: 16.21lux και ομοιομορφία U:0.06**. Για τον υπολογισμό της ομοιομορφίας και του μέσου όρου έχουν εξαιρεθεί οι μετρήσεις εντός των χώρων φύτευσης. Στην Εικόνα 38 παρουσιάζονται οι υπάρχουσες θέσεις φωτιστικών και οι επιτόπιες μετρήσεις των lux.



Εικόνα 38: Καταγραφή δειγματοληπτικών μετρήσεων έντασης φωτισμού(lux) καθώς και θέσεων υφιστάμενων φωτιστικών.

2. Ανάλυση αρχιτεκτονικών στοιχείων

Τα βασικά αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά της πλατείας αποτελούν η γεωμετρική πλακόστρωση- με βάση την οποία έχουν τοποθετηθεί οι ιστοί φωτισμού- οι τετράγωνοι χώροι φύτευσης στις τέσσερις γωνίες της πλατείας καθώς και το άγαλμα του Σπαρτιάτη πολεμιστή που τοποθετείται ακριβώς απέναντι από την κύρια όψη του Δημαρχείου. Στο Δημαρχείο, ως νεοκλασικό κτίριο, εντοπίζονται κλασικά μοτίβα, ορθογώνια σχήματα, λευκά και ανοιχτόχρωμα χρώματα, λιτά αλλά χαρακτηριστικά γείσα και αετώματα καθώς και γύψινες διακοσμητικές λεπτομέρειες. Η κύρια(ανατολική) όψη καλύπτεται στον χώρο του ισόγειου από τα τραπεζοκαθίσματα και τις ομπρέλες του καταστήματος, ενώ το μπαλκόνι του πρώτου ορόφου ξεχωρίζει χαρακτηριστικά. Η δυτική του όψη αποτελείται από 2 εισόδους και σκάλες μαρμάρινες με γύψινα κολωνάκια και κουπαστή. Ακολουθούν αντιπροσωπευτικές εικόνες των χώρων:



Εικόνα 39: Κατοψική εικόνα της πλατείας και του Δημαρχείου, όπως εμφανίζεται στο Google Earth το 2023. Η πλατεία περιβάλλεται από ομπρέλες και τραπεζοκαθίσματα καταστημάτων, εκτός από την βόρεια πλευρά(δεξιά) όπου συνορεύει με οδό. Ομοίως το κτίριο του Δημαρχείου περιβάλλεται από ομπρέλες και τραπεζοκαθίσματα.



Εικόνα 40: Αεροφωτογραφία ημέρας της πλατείας και του Δημαρχείου από το 2019. Ακριβώς απέναντι από το Δημαρχείο βρίσκεται το άγαλμα του πολεμιστή με έναν μικρό χώρο φύτευσης περιμετρικά. Επίσης είναι εμφανή τα ρομβικά σχήματα όπου τοποθετούνται οι ιστοί φωτισμού.[50]



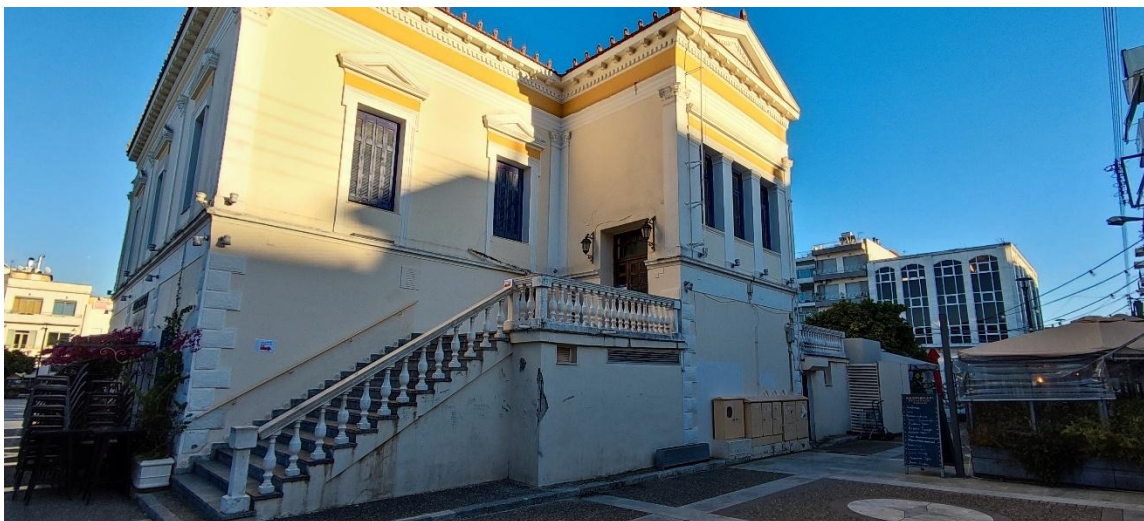
Εικόνα 41: Αεροφωτογραφία σε βραδινή ώρα της πλατείας και του Δημαρχείου από το 2019. Οι δύο χώροι φυτεύσεων στο κάτω μέρος της φωτογραφίας εμφανίζονται υπερφωτισμένοι λόγω των διπλών προβολέων, ενώ το άγαλμα του πολεμιστή δεν φωτίζεται από καμία πηγή.[51]



Εικόνα 42: Φωτογραφία του αγάλματος του Πολεμιστή, στο οποίο δεν προβλέπεται φωτισμός.[50]



Εικόνα 43: Φωτογραφία του Δημαρχείου, όπως εμφανίζεται στο Google Map το 2015.



Εικόνα 44: Φωτογραφία της πίσω όψης του Δημαρχείου, όπως ελήφθη το 2025 κατά τον επιτόπιο έλεγχο.



Εικόνα 45: Φωτογραφίες της βόρειας και νότιας(πλαϊνές) όψης, όπως ελήφθησαν το 2025 κατά τον επιτόπιο έλεγχο.



Εικόνα 46: Φωτογραφία χώρων φύτευσης, όπως ελήφθησαν το 2025 κατά τον επιτόπιο έλεγχο. Διακρίνονται οι ψηλοί ιστοί με τους διπλούς προβολείς για τον φωτισμό της φύτευσης.



Εικόνα 47: Φωτογραφία μέρους της πλατείας, όπως ελήφθη το 2025 κατά τον επιτόπιο έλεγχο. Τα υφιστάμενα φωτιστικά τοποθετήθηκαν το 2023, αντικαθιστώντας τους διπλούς γλόμπους, και αποτελούνται από κεφαλές LED συμμετρικής κατανομής επί ιστών ύψους 5μ.

3. Ορισμός φωτοτεχνικών απαιτήσεων ανά περιοχή.

Καθώς τα πρότυπα EN δεν προβλέπουν συγκεκριμένες τιμές για χώρους όπως όψεις και πλατείες, η εργασία βασίζεται στις συνήθεις πρακτικές για τέτοιους χώρους. Με βάση τις αναφορές των κατοίκων, η πλατεία κρίνεται υποφωτισμένη, συνεπώς ο στόχος της μελέτης βασίζεται στις επιτόπιες μετρήσεις των lux και στον διπλασιασμό αυτών με ομοιομορφία $U_o \geq 0.4$. Οι τέσσερις περιοχές φυτεύσεων φωτίζονται από προβολείς και κρίνονται ιδιαίτερα υπερφωτισμένες, αντίθετα από τις συνήθεις πρακτικές όπου η βλάστηση αναδεικνύεται διακριτικά και με χαμηλή ένταση φωτισμού, επομένως στις συγκεκριμένες περιοχές ο στόχος είναι η μείωση των επιπέδων φωτισμού. Τα επίπεδα φωτισμού της υπάρχουσας κατάστασης παρουσιάζονται παραπάνω, όπως μετρήθηκαν δειγματοληπτικά. Οι απαιτήσεις για τις όψεις του Δημαρχείου καθορίζονται από το αισθητικά βέλτιστο αποτέλεσμα, την σχέση και αναλογία με τα φωτισμένα καταστήματα της γύρω περιοχής καθώς και τις οδηγίες του TOTEE σε συνάρτηση με τους συντελεστές ανάκλασης κάθε επιφάνειας.

5.2 Σχεδιαστική στρατηγική

Για τον σχεδιασμό φωτισμού, ο χώρος αναλύθηκε σε **επιμέρους ενότητες**, η κάθε μία με διαφορετικές **οπτικές απαιτήσεις, χρήσεις και σχεδιαστικές προκλήσεις**.

Φωτιστικές απαιτήσεις ανά ενότητα

Κάθε χωρική ενότητα έχει διαφορετικές ανάγκες:

Ενότητα	Στόχος φωτισμού	Τεχνικές απαιτήσεις
Κεντρικός πυρήνας πλατείας	Ένταση, άνεση	Ομοιόμορφος και επαρκής φωτισμός
Καθιστικά / φυτεύσεις	Διακριτικός φωτισμός	Έμμεσος φωτισμός χαμηλής έντασης
Δημαρχείο	Ανάδειξη αρχιτεκτονικής, σημείο αναφοράς	Τεχνική συμβατότητα, ενσωμάτωση σε στοιχεία όψης

Κεντρική Πλατεία Σπάρτης

Η στρατηγική της Κεντρικής Πλατείας Σπάρτης βασίζεται στη δημιουργία ενός χώρου ανοιχτού, ασφαλούς και φιλόξενου για τους πολίτες κατά τις βραδινές ώρες, ο οποίος ταυτόχρονα αναδεικνύει την ιστορικότητα και τον χαρακτήρα του τόπου. Για το σκοπό αυτό, προτείνεται ένα βασικό **φωτιστικό κλασικού χαρακτήρα** για όλο το εύρος της πλατείας. Το φωτιστικό αυτό θα πρέπει να είναι **ιστός με διπλές κεφαλές**, ώστε να επιτευχθούν τα **αυξημένα επίπεδα φωτισμού** που απαιτούνται, με σύγχρονες πηγές LED και τα κατάλληλα οπτικά χαρακτηριστικά (ασύμμετρη κατανομή φωτός). Οι ιστοί προτιμάται να παραμείνουν στο ίδιο ή χαμηλότερο ύψος, ενώ οι προβολείς θα αντικατασταθούν με το ίδιο προτεινόμενο φωτιστικό, διατηρώντας μια οικεία αίσθηση στους κατοίκους. Τα φωτιστικά θα πρέπει τοποθετηθούν στις ίδιες θέσεις με τα υπάρχοντα, και να προστεθούν επιπλέον στις θέσεις που προβλέπονται παροχές (ρόμβοι πλακόστρωτου) εφόσον χρειαστεί φωτοτεχνικά. Η αντικατάσταση των προβολέων θα φέρει την ένταση φωτισμού των φυτεύσεων στα επιθυμητά χαμηλότερα επίπεδα, χωρίς

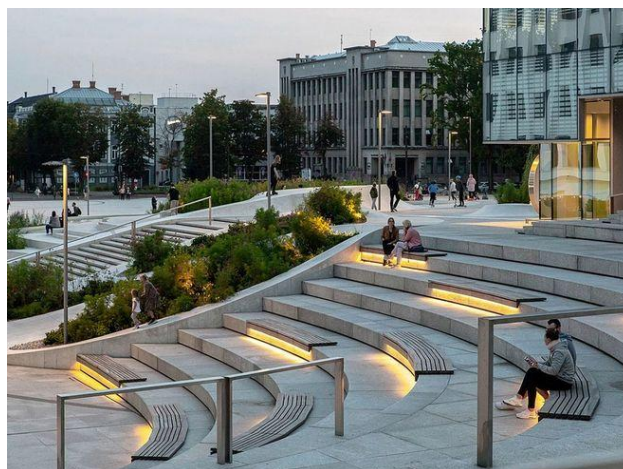
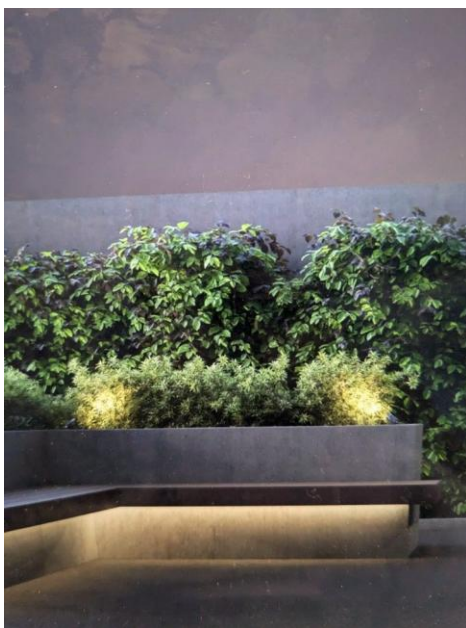
την ανάγκη άλλων παρεμβάσεων. Τέλος, προτείνεται η προσθήκη φωτιστικών για την ανάδειξη του αγάλματος του Πολεμιστή. Συγκεκριμένα, δύο **spotlights** **εκατέρωθεν του αγάλματος** θα χρησιμοποιηθούν για το ίδιο το άγαλμα, καθώς και ταινία LED που θα περιγράφει διακριτικά το περιμετρικό καθιστικό γύρω από το άγαλμα. Ακολουθούν μερικές εικόνες αναφοράς:



Εικόνα 48: Παράδειγμα χαμηλών ιστών με κλασικής αισθητικής φωτιστικά και διπλά καμπύλα μπράτσα.[52]



Εικόνα 49: Παράδειγμα φωτισμού πλατείας με διπλά φωτιστικά διασκορπισμένα στον χώρο και ικανοποιητικά επίπεδα ομοιομορφίας.[53]



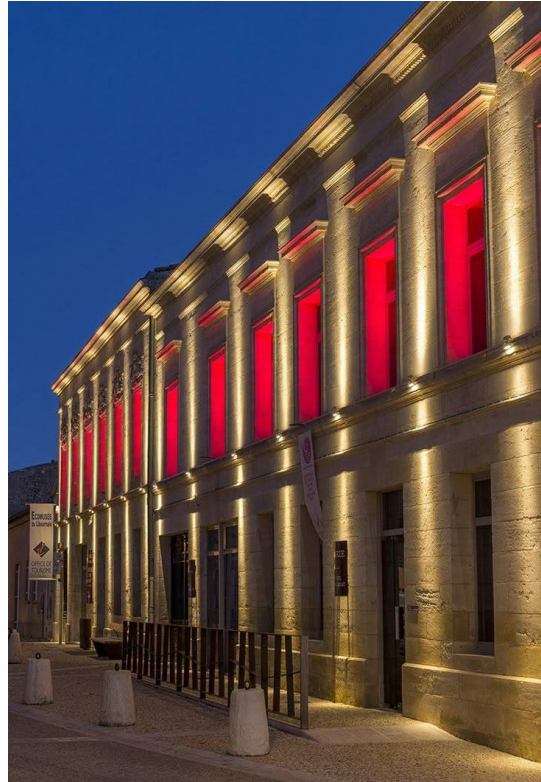
Εικόνα 50: Παραδείγματα φωτισμού καθιστικού, για την ανάδειξη του περιμετρικού χώρου του αγάλματος.[53],[54]

Όψεις Δημαρχείου Σπάρτης

Η προσέγγιση εστιάζει στην **ανάδειξη της ταυτότητας του νεοκλασικού κτιρίου**. Τα βασικά αρχιτεκτονικά στοιχεία που θα φωτιστούν επιλεκτικά, είναι οι **παραστάδες** των όψεων, τα **γείσα** και τα **αετώματα**, τα κολωνάκια και η **κουπαστή** του κεντρικού μπαλονιού, οι παραστάδες στα πλαϊνά των παραθύρων της βασικής όψης, καθώς και το κλιμακοστάσιο της πίσω όψης. Επιλέγεται μια διαβάθμιση στον φωτισμό μεταξύ της κύριας και των λοιπών όψεων, με έμφαση στην κύρια όψη και επιπρόσθετο φωτισμό στα αετώματα και στις παραστάδες παραθύρων, στοιχεία που παραλείπονται στις πλαϊνές και στην πίσω όψη. Συγκεκριμένα, όλες οι παραστάδες των όψεων φωτίζονται προς τα πάνω και προς τα κάτω με **επίτοιχα φωτιστικά στενής δέσμης**, ώστε να αναδεικνύεται όλο το μήκος των παραστάδων και οι γύψινες λεπτομέρειές τους. Στην κύρια όψη και μόνο, τονίζονται επιπλέον οι παραστάδες των παραθύρων με spotlights. Επιπλέον, για την ενίσχυση της κύριας όψης, φωτίζονται τα κολωνάκια του μπαλκονιού με τη χρήση ταινίας LED, τοποθετημένη από την εξωτερική μεριά και κατά μήκος του μπαλκονιού. Το γείσο που περιβάλλει όλο το κτίριο τονίζεται διακριτικά **γραμμικά φωτιστικά στενής δέσμης** ώστε το φως να επικεντρώνεται σε αυτό. Τέλος, τα αετώματα τονίζονται και στην κύρια

και στην πίσω όψη με τη χρήση ταινίας LED καθώς και **uplight 180 μοιρών** με σκοπό να τονιστούν όλες οι πλευρές των τριγώνων.

Ακολουθούν μερικές εικόνες αναφοράς:



Εικόνα 51: Παράδειγμα φωτισμού όψης. Χρησιμοποιούνται φωτιστικά στενής δέσμης προς τα πάνω και προς τα κάτω, με αποτέλεσμα να αναδεικνύεται όλο το ύψος του κτιρίου.[55]



Εικόνα 52: Παράδειγμα φωτισμού όψης. Δίνεται έμφαση και στις 3 πλευρές του τριγώνου του αετώματος.[56]



Εικόνα 53: Παράδειγμα φωτισμού όψης. Επιλέγεται να τονιστεί η περίμετρος του κτιρίου, με έμφαση στο κάτω και στο πάνω μέρος(γείσο). [57]



Εικόνα 54: Παράδειγμα φωτισμού εξωτερικού κλιμακοστασίου εισόδου.[58]

5.3 Τεχνική μελέτη, υπολογισμοί, επιλογή φωτιστικών και συστημάτων ελέγχου

Η τεχνική μελέτη αποτελεί τον πυρήνα του σχεδιασμού, καθώς μεταφράζει την σχεδιαστική στρατηγική σε εφαρμόσιμη λύση. Δημιουργείται το τρισδιάστατο μοντέλο μέσω του λογισμικού Dialux Eno, επιλέγονται τα κατάλληλα φωτιστικά σώματα με βάση τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά, διεξάγονται οι φωτομετρικοί υπολογισμοί και εφόσον επιτυγχάνονται οι στόχοι του σχεδιασμού, ακολουθεί η τεχνική τεκμηρίωση και η παραγωγή σχεδίων. Στη φάση αυτή επιλέγονται επίσης τα πιθανά συστήματα ελέγχου, τα σενάρια και ο προγραμματισμός.

Τυπολογία φωτιστικών και χαρακτηριστικά

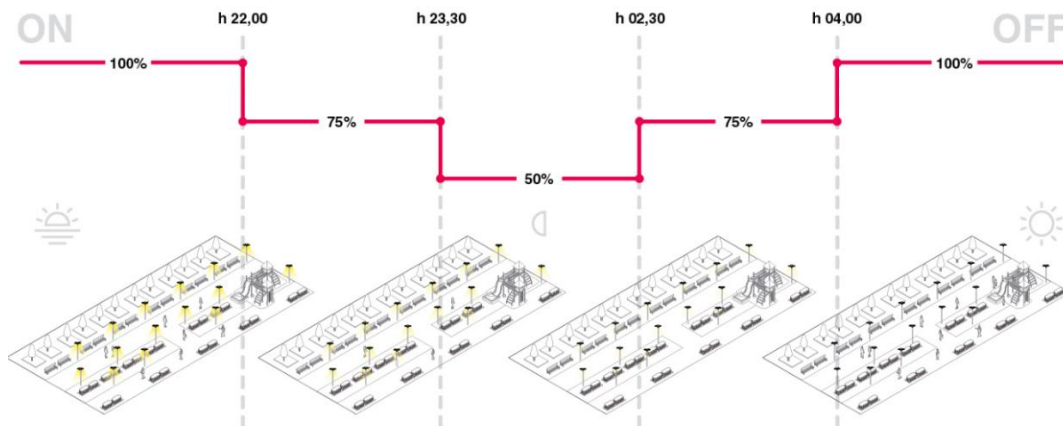
Η μελέτη της πλατείας περιλαμβάνει τρεις τύπους φωτιστικών: τα φωτιστικά επί ιστών για τον γενικό χώρο της πλατείας και τα spotlights μαζί με την ταινία LED για τον χώρο του αγάλματος. Για την διευκόλυνση της κατανόησης της μελέτης, καθώς και για την προετοιμασία των σχεδίων που θα ακολουθήσουν, οι διάφοροι τύποι των φωτιστικών θα ονοματίζονται με έναν κωδικό.

Το φωτιστικό που επιλέγεται για τον γενικό φωτισμό της πλατείας(κωδικός **E01**) θεωρείται πως είναι κλασικής αισθητικής, το οποίο έρχεται σε αρμονία με το νεοκλασικό κτίριο του Δημαρχείου(Εικόνα 55). Επίσης, προσφέρεται ένα μεγάλο εύρος στα τεχνικά του χαρακτηριστικά, όπως η απόδοσή του, τα οπτικά για πολλαπλές κατανομές φωτός και η συμβατότητα με συστήματα ελέγχου. Οι κατανομές φωτός επιλέγονται ώστε να είναι **full cut-off**, δηλαδή δεν διαχέεται καθόλου φως προς τον ουρανό, το οποίο είναι υψίστης σημασίας στις σύγχρονες μελέτες που λαμβάνουν υπόψιν την φωτορύπανση. Ο μετασχηματιστής του είναι ενσωματωμένος και δέχεται τροφοδοσία 230V, ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί και να αντικαταστήσει απευθείας τα υπάρχοντα φωτιστικά χωρίς επιπλέον παρεμβάσεις. Υπάρχει η δυνατότητα λειτουργίας «Virtual midnight», με την οποία ο μετασχηματιστής έρχεται προγραμματισμένος από το εργοστάσιο να μεταβάλλει την φωτεινή του απόδοση ανάλογα με την ώρα της ημέρας(Εικόνα 56). Αυτή η δυνατότητα συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς τα φωτιστικά λειτουργούν στο μέγιστο

τις ώρες αιχμής, ενώ τις υπόλοιπες ώρες η απόδοσή του μειώνεται. Ακόμη μια δυνατότητα που προσφέρεται είναι η ονομαζόμενη CLO(Constant Lumen Output) σύμφωνα με την οποία, όπως δείχνει και η ονομασία της, αυξάνεται σταδιακά το ρεύμα(mA) τροφοδότησης των LED, ώστε να εξισορροπήσει την αναμενόμενη μείωση της απόδοσης των LED με το πέρασμα του χρόνου. Ο ιστός όπου τοποθετείται το φωτιστικό έχει ύψος 4,5μ ενώ το μπράτσο 0,5μ, συνεπώς ο συνδυασμός ιστού και μπράτσου έχει συνολικό ύψος 5μ και τα φωτιστικά τοποθετούνται σε ύψος 4,5μ(Εικόνα 71). Τέλος, για την επιλογή του φωτιστικού της πλατείας κρίνεται απαραίτητο για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του να είναι κατ' ελάχιστον αντίστοιχα με τα χαρακτηριστικά των υφιστάμενων φωτιστικών. Αναλυτικός πίνακας σύγκρισης παρουσιάζεται στο Παράρτημα.



Εικόνα 55: Φωτιστικό E01. Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.



Εικόνα 56: Παράδειγμα ρύθμισης της έντασης των φωτιστικών κατά τη διάρκεια της ημέρας, με την λειτουργία Virtual Midnight.[59]

Στον χώρο του αγάλματος προτείνεται στεγανή και εύκαμπτη ταινία LED(κωδικός **E03**), με χαμηλή απόδοση ώστε να υπογραμμίζεται διακριτικά το περιμετρικό καθιστικό, ενώ για την ανάδειξη του αγάλματος θα προστεθούν 2 μικρά spotlights(κωδικός **E02**) εκατέρωθεν του αγάλματος τοποθετημένα στη φύτευση(Εικόνα 57).



E02



E03

Εικόνα 57: Φωτιστικά E02(spotlight) και E03(ταινία LED). Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.

Συνοπτικά, ακολουθούν παρακάτω τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών για τον χώρο της πλατείας:

- **Θερμοκρασία χρώματος:** 3000K σε όλους τους χώρους, για ισορροπία μεταξύ λειτουργικότητας και ατμόσφαιρας.
- **CRI:** Ελάχιστη τιμή CRI ορίζεται στα 80, συγκεκριμένα τα φωτιστικά της πλατείας έχουν CRI 80 ενώ τα φωτιστικά του αγάλματος προσφέρουν CRI 90.
- **Στεγανότητα & Ανθεκτικότητα:** Όλα τα εξωτερικά φωτιστικά πρέπει να έχουν κατ' ελάχιστον IP65. Τα προτεινόμενα φωτιστικά με την σειρά που παρουσιάζονται έχουν IP66, IP67 και IP66. Ως προς τον δείκτη IK, οι τιμές αντίστοιχα είναι IK09, IK07 και IK07.
- **Μετασχηματιστές και έλεγχος:** Όλα τα φωτιστικά επιλέγονται με στόχο να λειτουργούν ως on-off σύμφωνα με το προγραμματισμένο άναμμα, ώστε να αποφύγουμε περαιτέρω παρεμβάσεις με καλωδιώσεις και εξοπλισμό. Για αυτόν τον λόγο, τα φωτιστικά της πλατείας έχουν ενσωματωμένο μετασχηματιστή, όπως επίσης και τα προτεινόμενα spotlights, ενώ η ταινία LED απαιτεί απομακρυσμένο μετασχηματιστή, πιθανώς σε κάποιο κρυμμένο φρεάτιο.

Η μελέτη του Δημαρχείου περιλαμβάνει πολλαπλούς και διαφορετικούς τύπους φωτιστικών.

Παραστάδες: Σε όλες τις όψεις προτείνεται η αντικατάσταση των υπάρχοντων φωτιστικών με σύγχρονα επίτοιχα LED φωτιστικά(κωδικός **E04**) με οπτικά στενής δέσμης. Για τις παραστάδες των παραθύρων προστίθενται μικρά spotlights(κωδικός **E05**) επίσης στενής δέσμης(Εικόνα 58). Για λόγους απλοποίησης της εγκατάστασης, τα φωτιστικά επιλέγονται με ενσωματωμένο on-off μετασχηματιστή, εκτός των νέων προσθηκών στα παράθυρα, τα οποία απαιτούν απομακρυσμένο μετασχηματιστή.

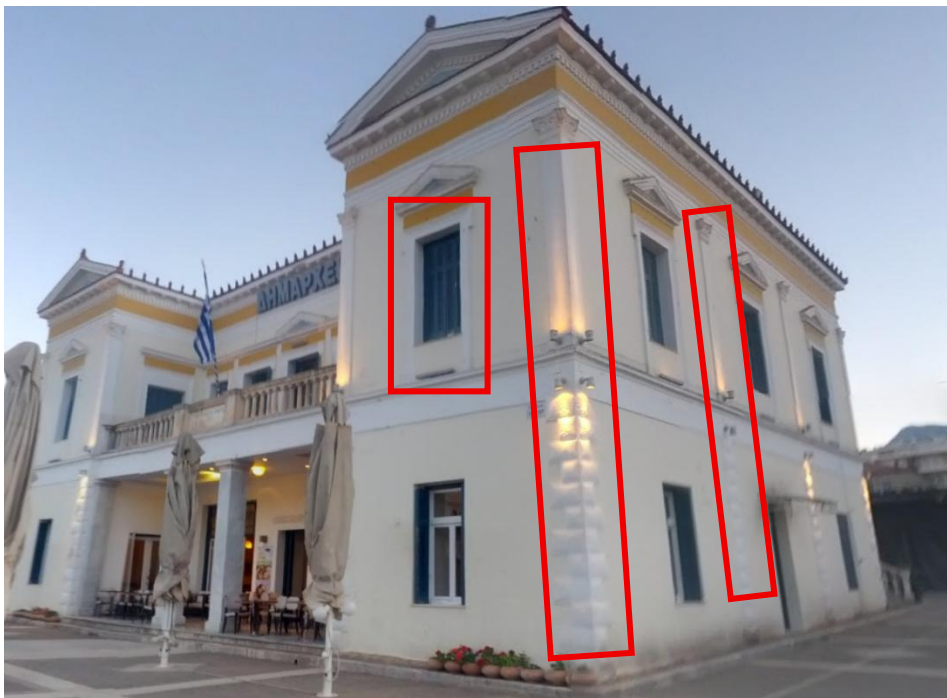


E04



E05

Εικόνα 58: Φωτιστικά E04(επίτοιχο) και E05(spotlight). Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.



Εικόνα 59: Με κόκκινο σημειώνονται τα σημεία τοποθέτησης των φωτιστικών E04 και E05.

Μπαλκόνι: Για να τονιστεί η κύρια όψη, φωτίζουμε τα κολωνάκια και την μετώπη του μπαλκονιού(Εικόνα 60) με τη χρήση στεγανής ταινίας LED(κωδικός **E06**).



E06

Εικόνα 60: Φωτιστικό E06(ταινία LED). Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.



Εικόνα 61: Με κόκκινο σημειώνεται το σημείο τοποθέτησης του φωτιστικού E06.

Γείσα: Τα γείσα αποτελούν βασικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής, το οποίο δεν αναδεικνύεται στην υπάρχουσα κατάσταση, συνεπώς η μελέτη προτείνει προσθήκη νέων φωτιστικών σε αυτήν την περιοχή. Συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιηθούν γραμμικά στεγανά φωτιστικά στενής δέσμης(κωδικός **E07**), στερεωμένα με μικρά μπράτσα στην μετώπη(Εικόνα 62). Τα φωτιστικά αυτά, καθότι αποτελούν νέα προσθήκη και θα απαιτηθούν νέες παροχές και παρεμβάσεις, έχουν τη δυνατότητα να ελέγχονται μέσω συστήματος KNX, με απομακρυσμένους DALI μετασχηματιστές.

E07



Εικόνα 62: Φωτιστικό E07(γραμμικό). Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.



Εικόνα 63: Με κόκκινο σημειώνονται τα σημεία τοποθέτησης των φωτιστικών E07.

Αετώματα: Όπως και τα γείσα, αποτελούν βασικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής, το οποίο δεν αναδεικνύεται στην υπάρχουσα κατάσταση, συνεπώς η μελέτη προτείνει προσθήκη φωτιστικών σε αυτήν την περιοχή(Εικόνα 64). Για την ανάδειξη όλου του τριγωνικού σχήματος χρησιμοποιείται στεγανή ταινία LED(κωδικός **E06**) για την κάτω οριζόντια πλευρά του τριγώνου, ενώ για τις δύο άλλες πλευρές χρησιμοποιείται ειδικό uplight στενής δέσμης 180°(κωδικός **E08**). Και αυτές οι προσθήκες μπορούν να προστεθούν και να ελέγχονται από το σύστημα KNX, με DALI dimmable μετασχηματιστές.



E06



E08

Εικόνα 64: Φωτιστικά E06(ταινία LED) και E08(uplight). Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.



Εικόνα 65: Με κόκκινο σημειώνονται τα σημεία τοποθέτησης των φωτιστικών E06 και E08.

Κλιμακοστάσια: Στην πίσω όψη του Δημαρχείου υπάρχουν 2 κλιμακοστάσια που καταλήγουν στην 2 εισόδους, τα οποία φωτίζονται με τη χρήση χωνευτών φωτιστικών(κωδικός E09) χαμηλής τοποθέτησης(step lights) (Εικόνα 66). Τα φωτιστικά αυτά αντικαθιστούν τα υπάρχοντα φωτιστικά που είναι εκτός λειτουργίας, για αυτό τον λόγο έρχονται με ενσωματωμένο on-off μετασχηματιστή.

E09



Εικόνα 66: Φωτιστικό E09(step light). Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.



Εικόνα 67: Με κόκκινο σημειώνονται τα σημεία τοποθέτησης των φωτιστικών E09.

Συνοπτικά, ακολουθούν παρακάτω τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών για τις όψεις του Δημαρχείου:

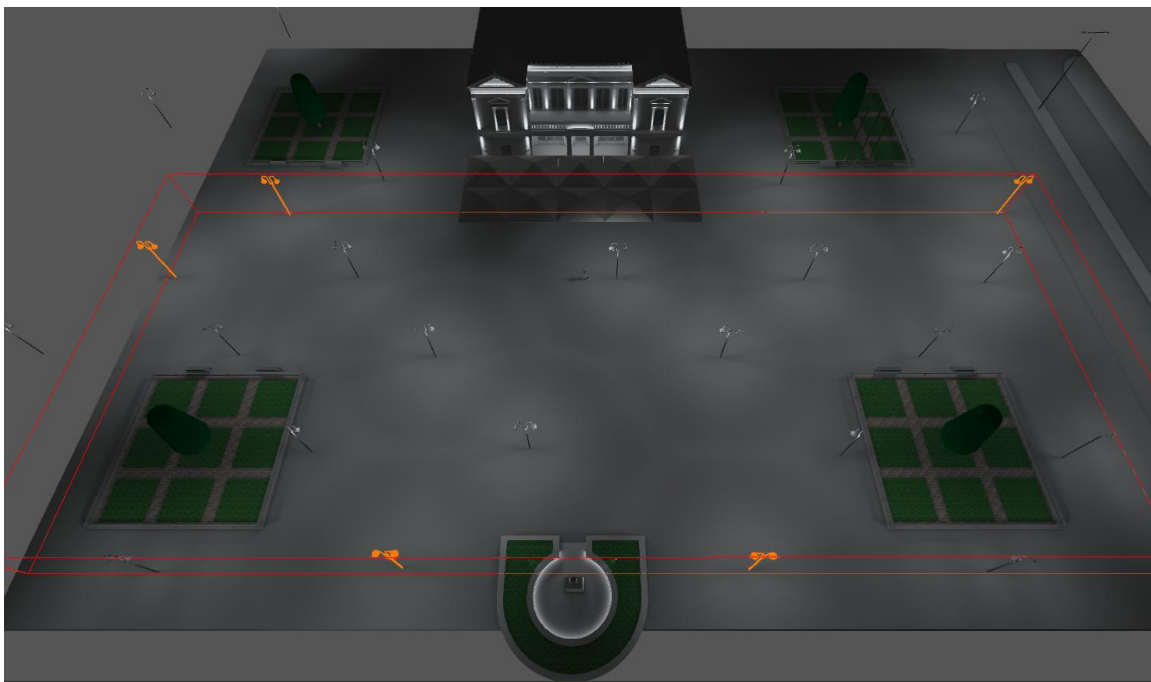
- **Θερμοκρασία χρώματος:** 3000K για όλους τους τύπους, σε συμφωνία με τον φωτισμό της πλατείας.
- **CRI:** Ελάχιστη τιμή CRI ορίζεται στα 80. Το κύριο επίτοιχο φωτιστικό **E04** επί των παραστάδων των όψεων προσφέρει CRI 90, ενώ το γραμμικό φωτιστικό των γείσων **E07** προσφέρει CRI 80.
- **Στεγανότητα & Ανθεκτικότητα:** Όλα τα εξωτερικά φωτιστικά πρέπει να έχουν κατ' ελάχιστον IP65. Εκ των προτεινόμενων φωτιστικών, το κύριο επίτοιχο φωτιστικό **E04** επί των παραστάδων των όψεων προσφέρει IP65, ενώ το γραμμικό φωτιστικό των γείσων **E07** προσφέρει IP66. Ως προς τον δείκτη IK, οι τιμές αντίστοιχα είναι IK06 και IK06.
- **Μετασχηματιστές και έλεγχος:** Το σύνολο των φωτιστικών αποτελείται από τύπους με ενσωματωμένους και απομακρυσμένους μετασχηματιστές. Τα φωτιστικά **E01, E04, E09** που έρχονται να αντικαταστήσουν τα υπάρχοντα περιλαμβάνουν ενσωματωμένο on-off μετασχηματιστή, ενώ τα φωτιστικά που αποτελούν νέες προσθήκες απαιτούν απομακρυσμένο DALI μετασχηματιστή. Η μελέτη προτείνει **σύστημα ψηφιακού ελέγχου τύπου KNX**, με δυνατότητα κεντρικού ελέγχου των DALI και on-off φωτιστικών και προγραμματισμού πιθανών σεναρίων.

Φωτομετρικοί υπολογισμοί

Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με χρήση του λογισμικού **DIALux Evo**, με βάση τα **φωτομετρικά αρχεία** των προτεινόμενων φωτιστικών (IES, LDT).

Ξεκινώντας με τον χώρο της πλατείας, παρατηρήθηκε πως η απλή αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών δεν ήταν αρκετή ώστε να πετύχουμε αύξηση στην ένταση φωτισμού διατηρώντας παράλληλα ελάχιστη **ομοιομορφία U:0.4**. Για αυτόν τον λόγο

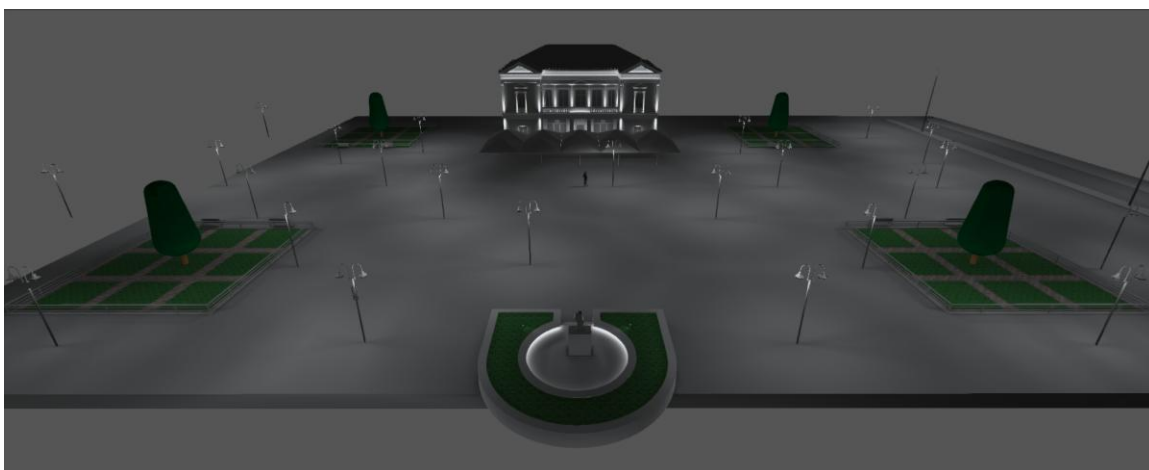
αυτό, επιλέχθηκαν 5 σημεία κλειδιά στα οποία προστέθηκαν **νέοι ιστοί** με φωτιστικά(Εικόνα 68). Η τελική επιλογή περιλαμβάνει έναν συνδυασμό διαφορετικών αποδόσεων σε lumen καθώς και ασύμμετρες και συμμετρικές κατανομές φωτός. Επιπλέον, αντίθετα με τον στόχο για αύξηση της έντασης στην πλατεία, ο στόχος για την περιοχή των φυτεύσεων είναι η χαμηλότερη ένταση σε αναλογία με την υπόλοιπη πλατεία. Στην προσπάθεια αυτή, η λύση ήταν να αντικατασταθούν οι προβολείς με όμοια φωτιστικά όπως της πλατείας(E01) και να χρησιμοποιηθούν ιστοί με μονή κεφαλή και προσανατολισμό αντίθετα από τον χώρο της φύτευσης(Εικόνα 72) με οπτικά που περιορίζουν την διάχυση του φωτός προς τη φύτευση.



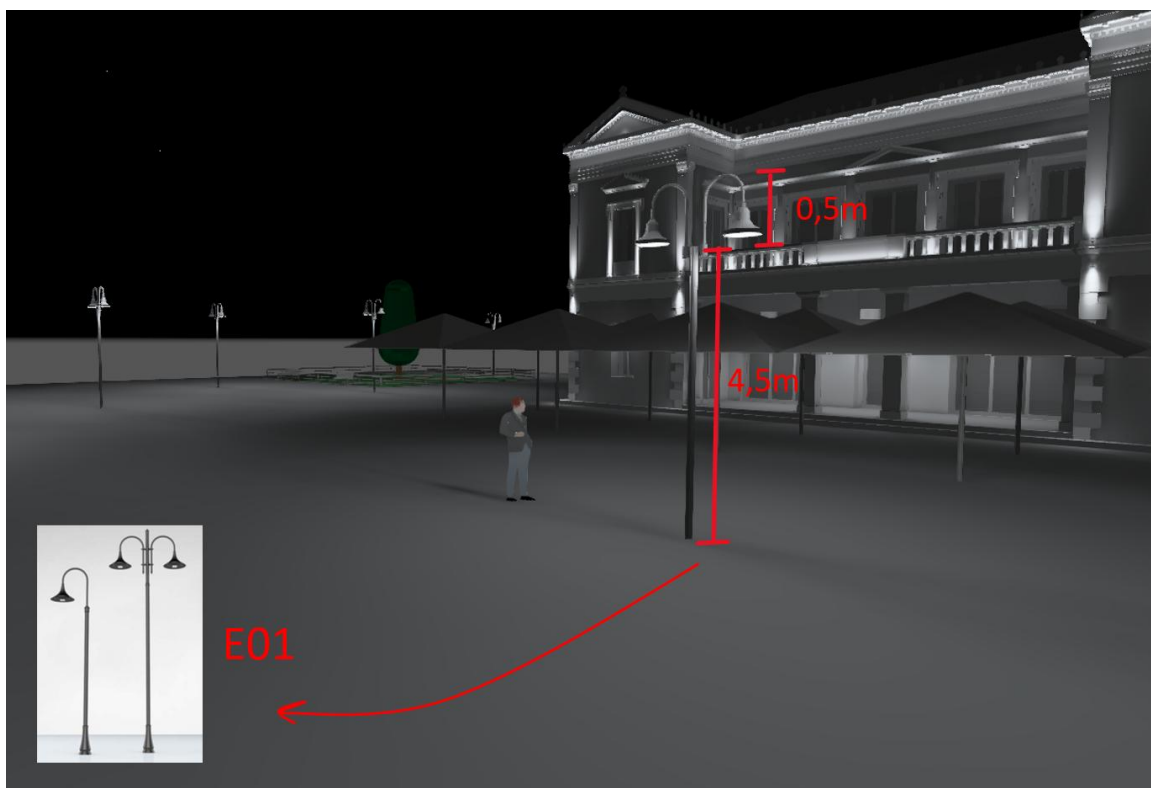
Εικόνα 68: Με πορτοκαλί εμφανίζονται νέες θέσεις ιστών που κρίνεται ότι πρέπει να προστεθούν. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.



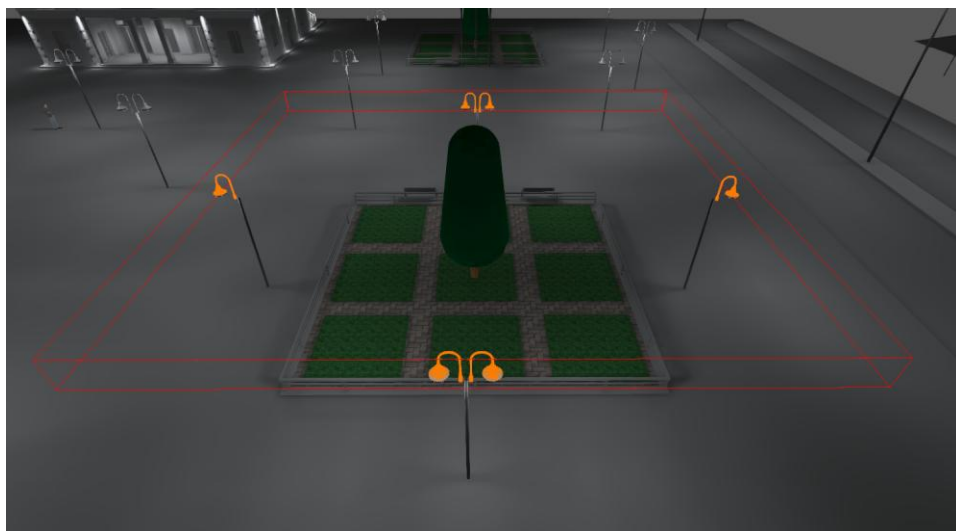
Εικόνα 69: Με πορτοκαλί εμφανίζονται οι προβολείς που στην μελέτη αντικαθίστανται με τα φωτιστικά E01. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.



Εικόνα 70: Τελικό αποτέλεσμα φωτισμού στην πλατεία, με χρήση διαφορετικών οπτικών χαρακτηριστικών και φωτεινής απόδοσης. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

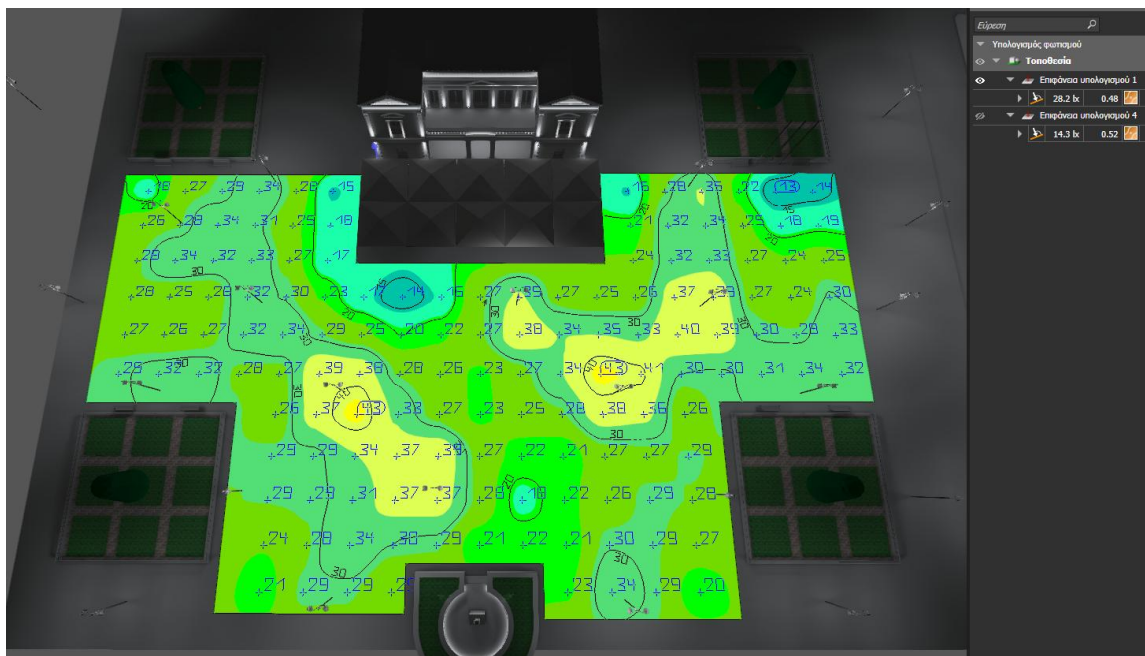


Εικόνα 71: Τύπος και ύψος φωτιστικού που εφαρμόστηκε για το τελικό αποτέλεσμα της πλατείας. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

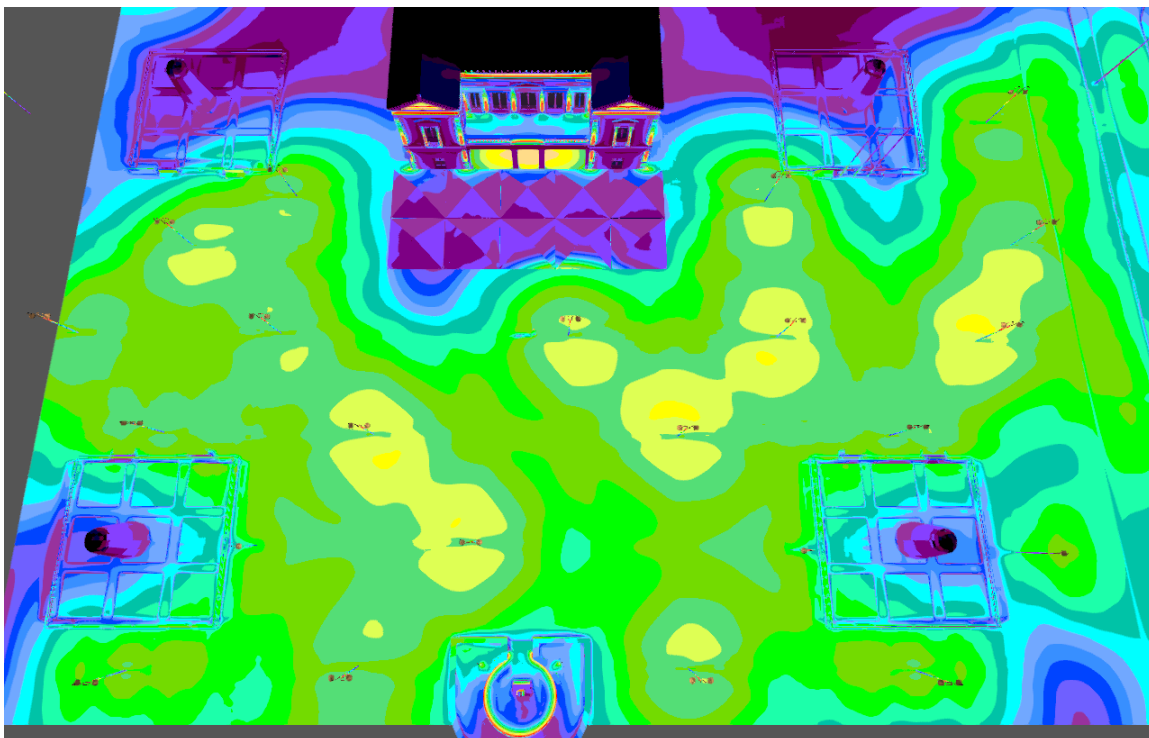


Εικόνα 72: Τελικό αποτέλεσμα φωτισμού στον χώρο φύτευσης. Οι προβολείς έχουν αντικατασταθεί με ιστό διπλής κεφαλής. Δεξιά και αριστερά χρησιμοποιούνται ιστοί μονής κεφαλής με προσανατολισμό αντίθετα προς τη φύτευση. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

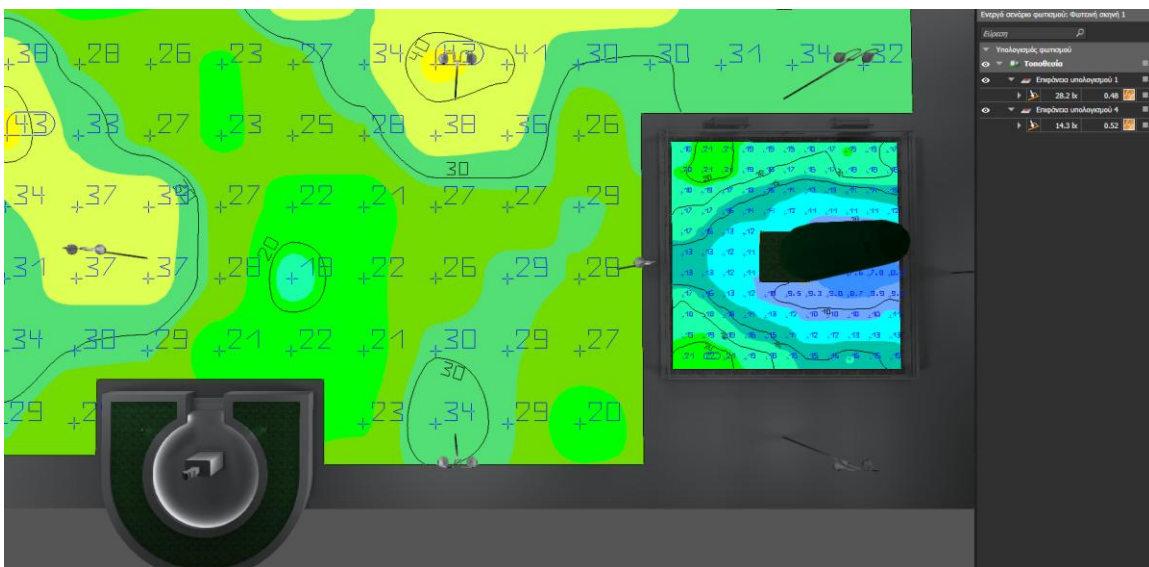
Με την υλοποίηση όλων των παραπάνω, επιτυγχάνουμε μέσο όρο έντασης φωτισμού στην πλατεία **Eav:28.5lux με ομοιομορφία U:0.47**(Εικόνα 73), ενώ στις φυτεύσεις βλέπουμε από την φωτομετρική απεικόνιση φανερά μειωμένη ένταση, με την φωτεινότερη περιοχή να παίρνει τιμές **Eav:14.3lux με ομοιομορφία U:0.52**(Εικόνα 75).



Εικόνα 73: Αποτελέσματα φωτομετρίας στην επιφάνεια μεγάλου εύρους της πλατείας, τα οποία εμφανίζονται στο δεξί μέρος της εικόνας. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

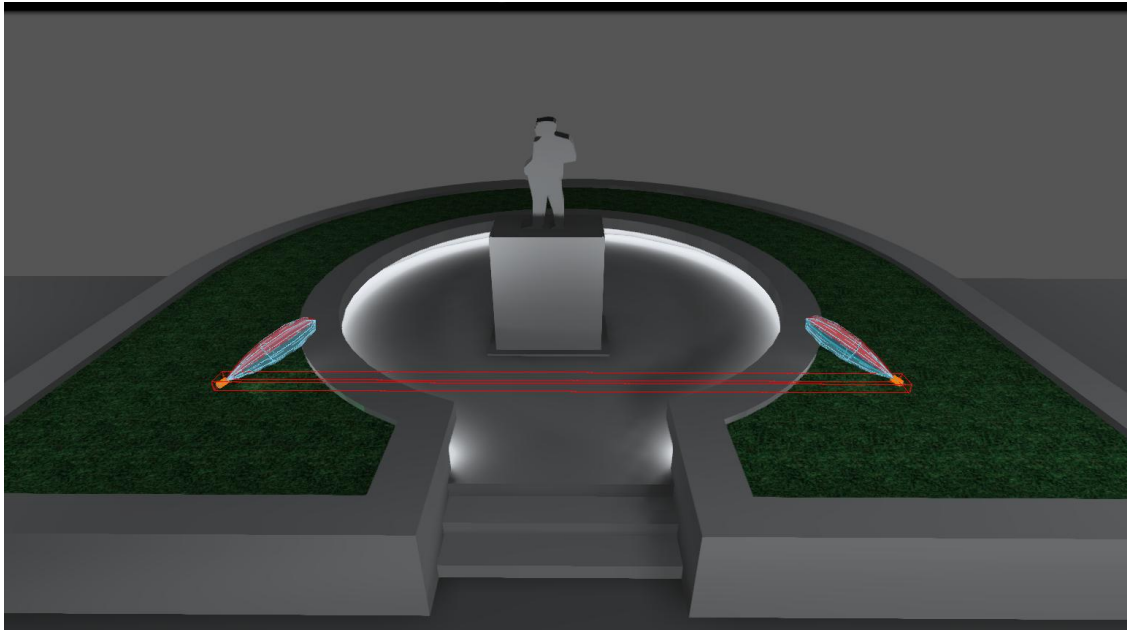


Εικόνα 74: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

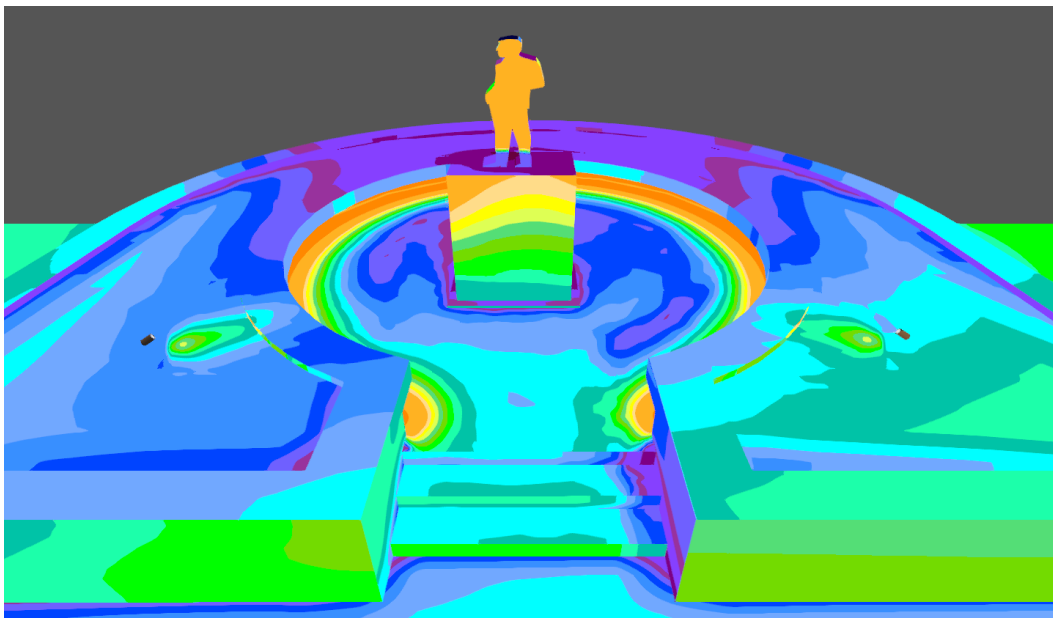


Εικόνα 75: Αποτελέσματα φωτομετρίας σε περιοχή φύτευσης, τα οποία εμφανίζονται στο δεξί μέρος της εικόνας. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

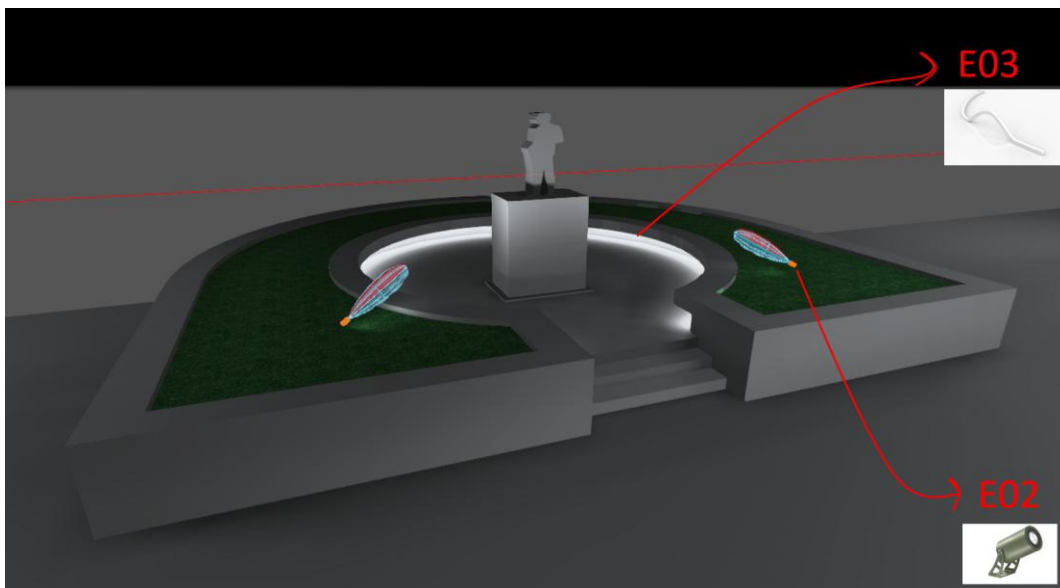
Για την ανάδειξη του αγάλματος, οι νέες προσθήκες φωτιστικών μας δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα, με την ένταση φωτισμού στο άγαλμα να παίρνει τιμές από 65lux έως 110lux.



Εικόνα 76: Τελικό αποτέλεσμα φωτισμού στον χώρο του αγάλματος. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.



Εικόνα 77: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.



Εικόνα 78: Τύποι φωτιστικών που εφαρμόστηκαν για το τελικό αποτέλεσμα του αγάλματος. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

Ο σχεδιασμός του Δημαρχείου βασίστηκε περισσότερο σε αισθητικά κριτήρια, διατηρώντας ωστόσο κάποια όρια στα μέγιστα lux στις φωτιζόμενες επιφάνειες. Κατά τους φωτομετρικούς υπολογισμούς αφαιρέθηκαν οι τρισδιάστατες ομπρέλες μπροστά από την κύρια όψη, όπως φαίνεται και στις παρακάτω απεικονίσεις.



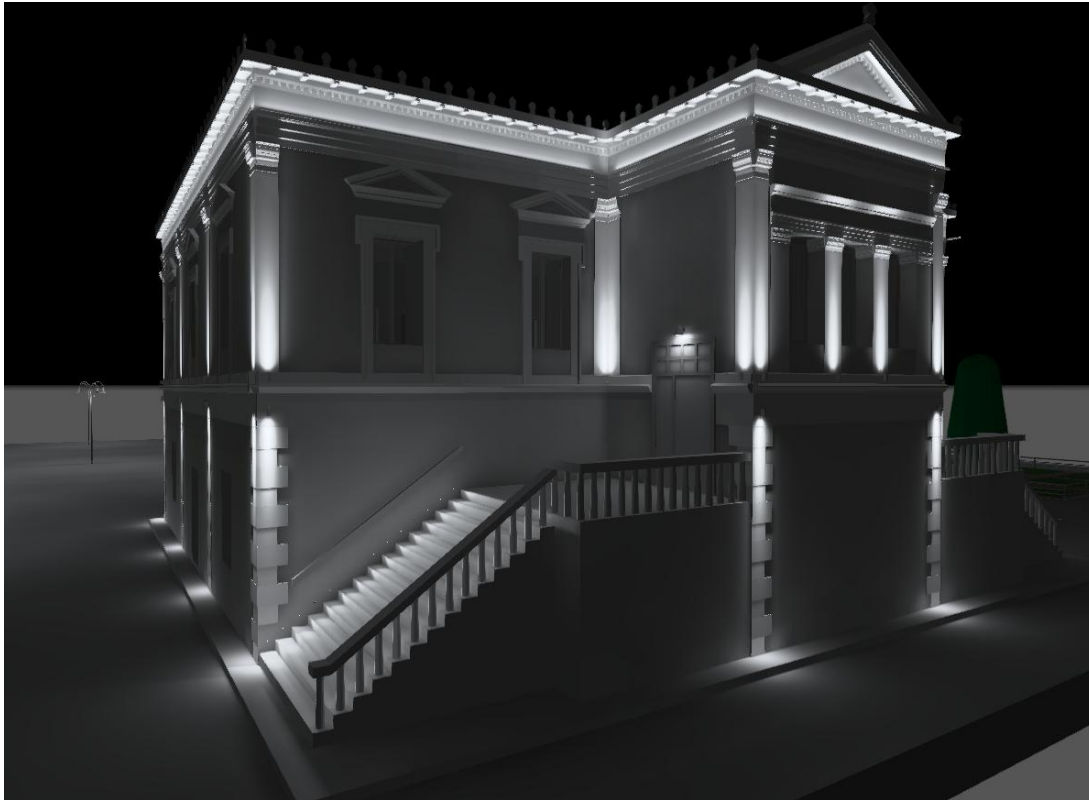
Εικόνα 79: Τελικό αποτέλεσμα φωτισμού της κύριας όψης του Δημαρχείου. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.



Εικόνα 80: Διαφορετική προοπτική του τελικού αποτελέσματος φωτισμού των όψεων του Δημαρχείου. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

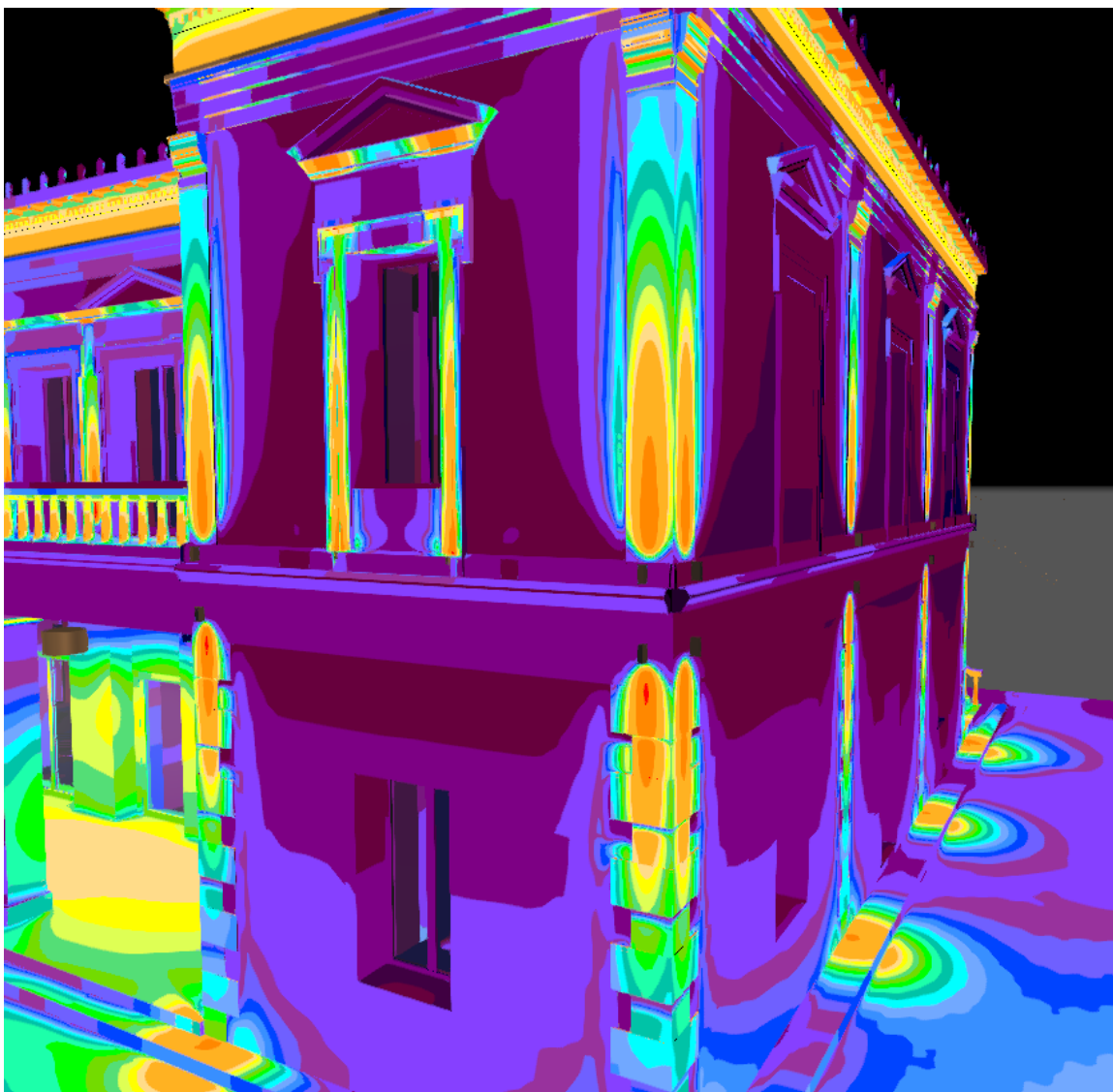


Εικόνα 81: Τελικό αποτέλεσμα φωτισμού της βόρειας(πλαϊνής) όψης του Δημαρχείου. Οι δύο πλαϊνές όψεις είναι όμοιες. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

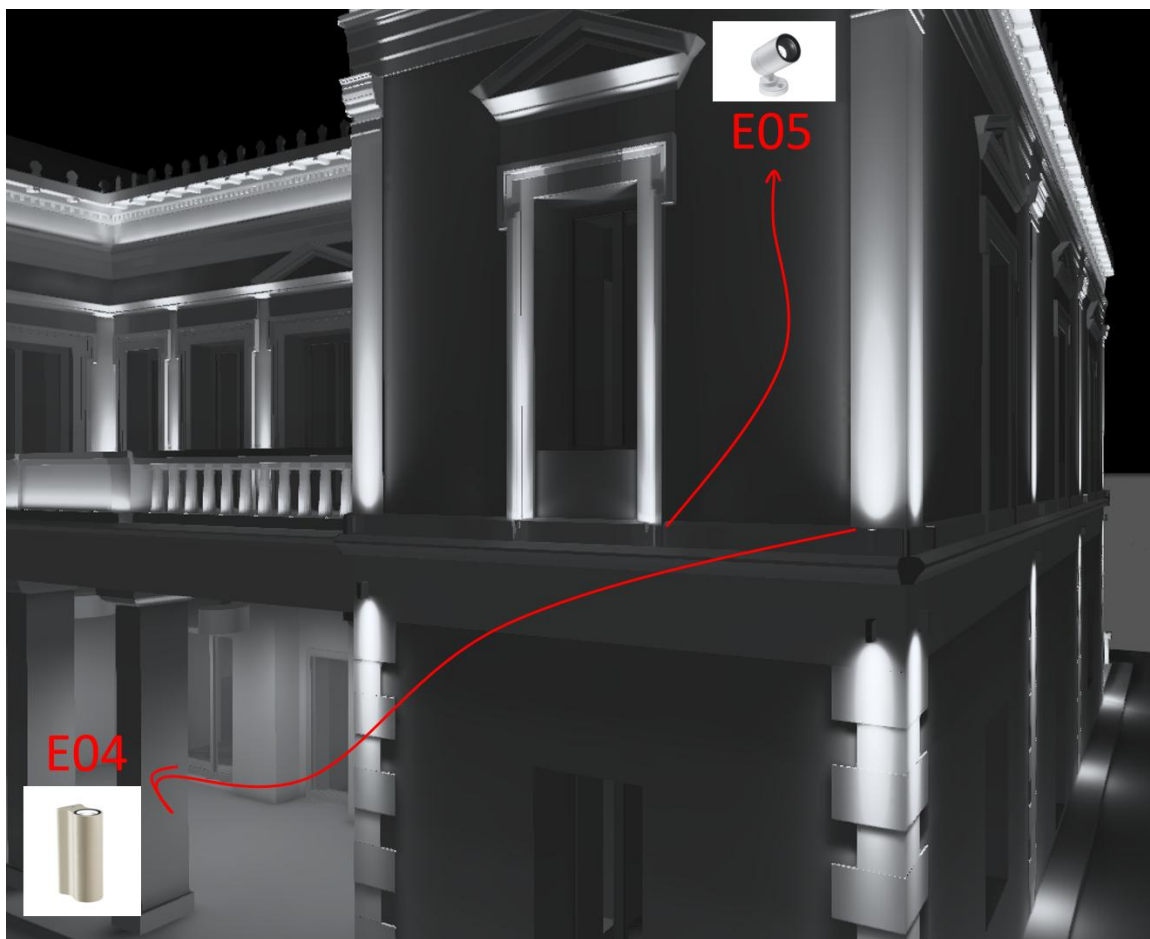


Εικόνα 82: Τελικό αποτέλεσμα φωτισμού της δυτικής(πίσω) όψης του Δημαρχείου. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux

Στην κύρια όψη, με τα επιλεγμένα φωτιστικά **E04** επιτυγχάνουμε μια διαβαθμισμένη κατανομή κατά μήκος των παραστάδων, χωρίς να διαφεύγει το φως προς τα πλαϊνά λόγω της στενής δέσμης των φωτιστικών(Εικόνα 80,83,84). Η μέγιστη ένταση φωτισμού εντοπίζεται στα σημεία με κόκκινο χρώμα και φτάνει στα **E_{max}:614lux**(Εικόνα 83), ενώ στην υπόλοιπη επιφάνεια έχουμε μια ενδεικτική διαβάθμιση μεταξύ των **20-40-90-290 lux**. Οι παραστάδες των παραθύρων φωτίζονται με την προσθήκη φωτιστικών **E05** όπου και λαμβάνουμε παρόμοιας έντασης και κατανομής αποτελέσματα(Εικόνα 83,84).

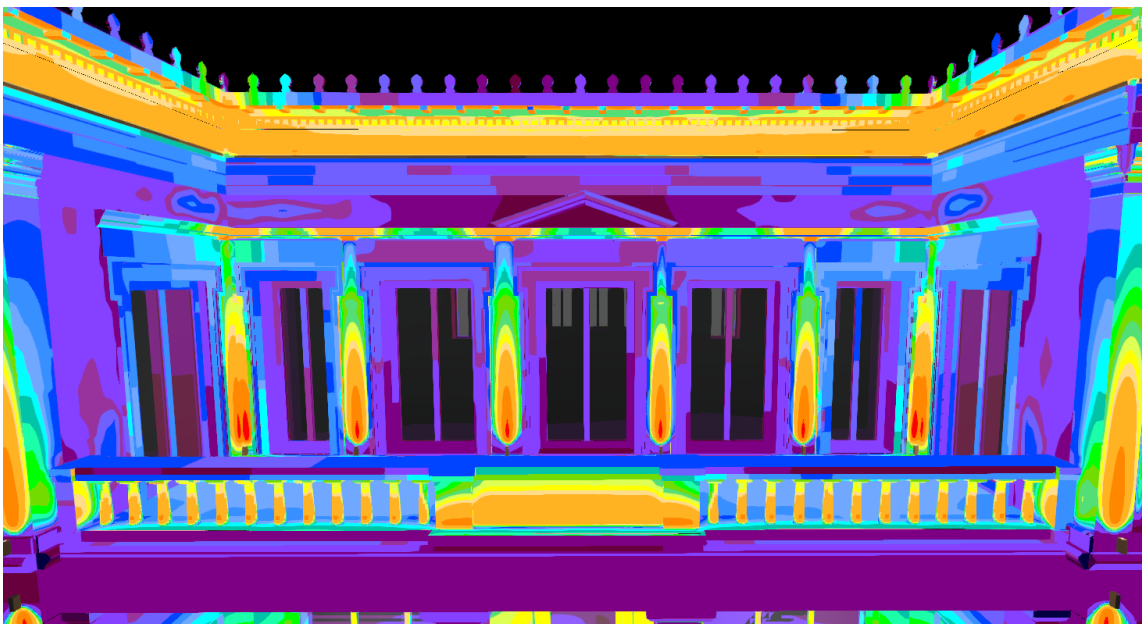


Εικόνα 83: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

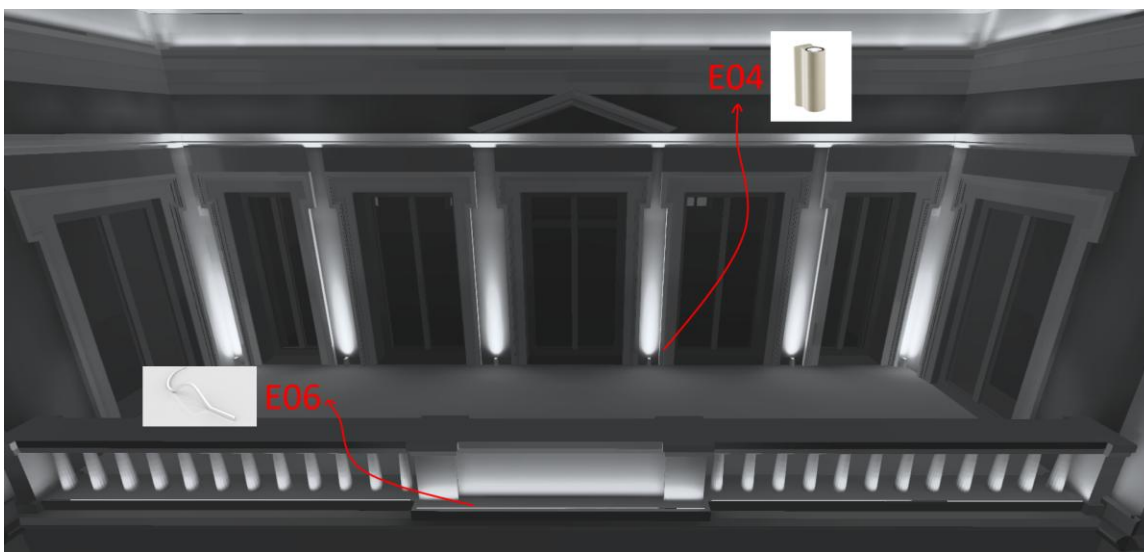


Εικόνα 84: Τύποι φωτιστικών που εφαρμόστηκαν για το τελικό αποτέλεσμα των όψεων. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

Η περιοχή του μπαλκονιού περιλαμβάνει φωτιστικά **E04**, ενώ εξωτερικά η μετώπη και τα κολωνάκια φωτίζονται με διάχυτο φωτισμό από την ταινία LED **E06**(Εικόνα 86). Το αποτέλεσμα είναι ένας μαλακός και διαβαθμισμένος φωτισμός με ένταση από **40 lux** έως **220 lux**(Εικόνα 85,86).



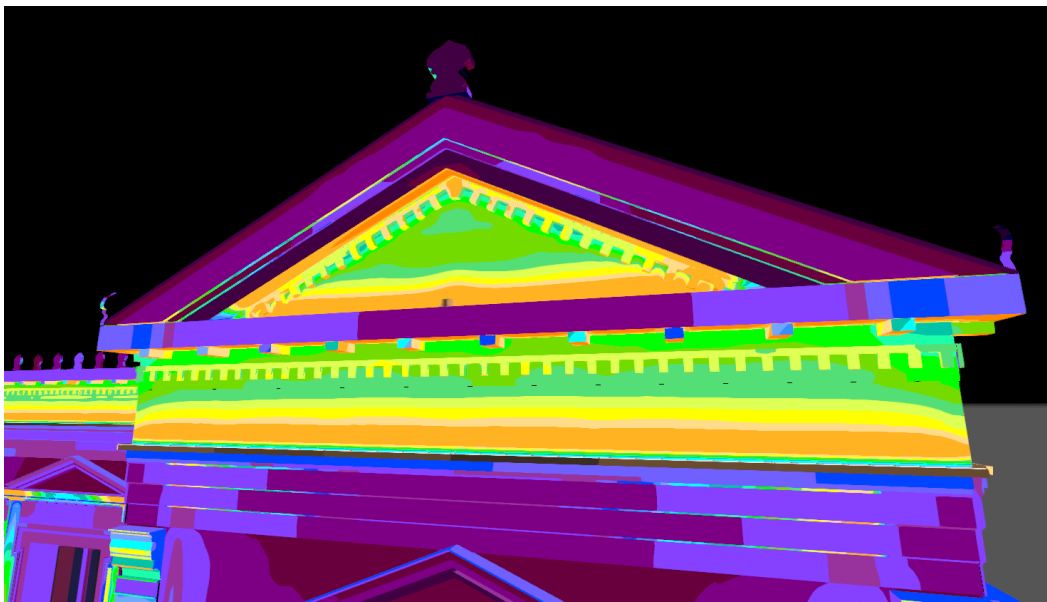
Εικόνα 85: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.



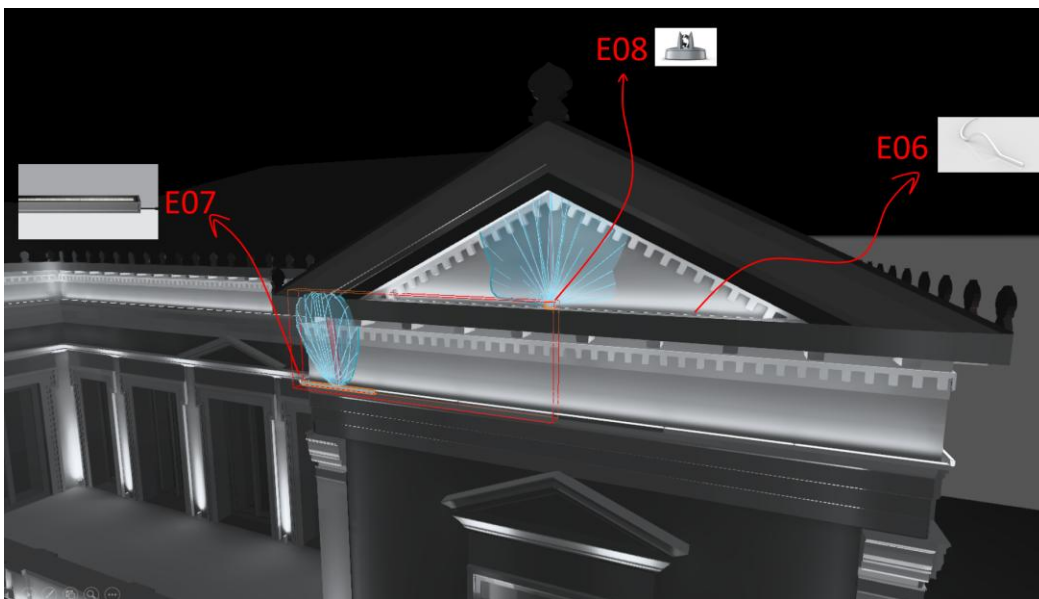
Εικόνα 86: Τύποι φωτιστικών που εφαρμόστηκαν για το τελικό αποτέλεσμα του μπαλκονιού. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux

Τα γείσα και τα αετώματα αποτελούν εξ ολοκλήρου νέες φωτιζόμενες περιοχές και απαιτούν νέες παροχές στην ηλεκτρολογική εγκατάσταση. Το γεγονός αυτό μας διευκολύνει στην επιλογή των φωτιστικών, καθώς μας δίνεται η δυνατότητα επιλογής DALI dimmable απομακρυσμένων μετασχηματιστών. Με αυτήν την δυνατότητα,

προτείνεται το γραμμικό φωτιστικό **E07** να ρυθμιστεί με μειωμένη φωτεινή απόδοση κατά ~50%. Με αυτήν την ρύθμιση η ανάδειξη όλων των στοιχείων πετυχαίνει ισορροπημένη αναλογία, συγκεκριμένα τα επίπεδα κυμαίνονται μεταξύ **45-90-160 lux** και μέγιστη ένταση **E_{max}:716lux** στα σημεία με κόκκινο χρώμα(Εικόνα 87).

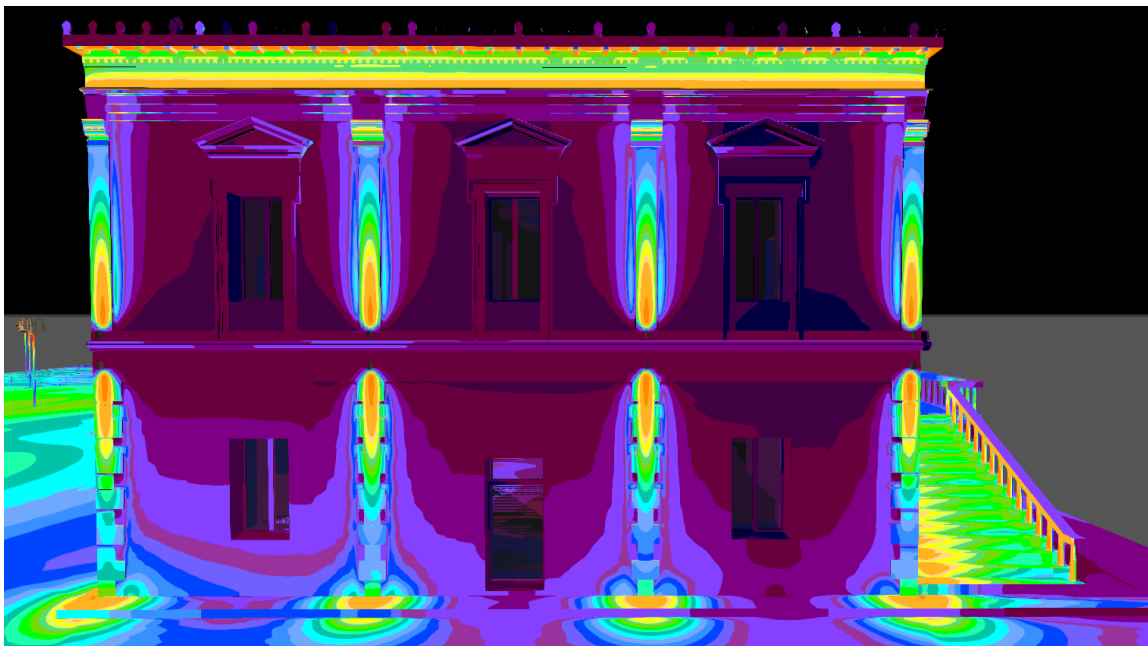


Εικόνα 87: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

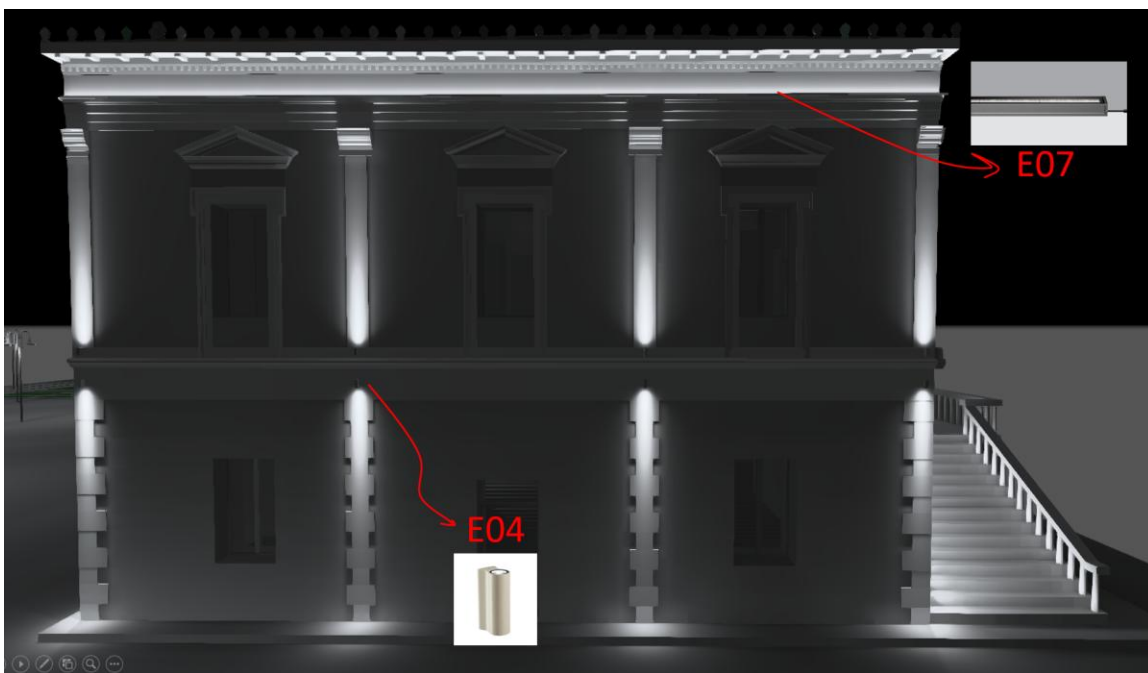


Εικόνα 88: Τύποι φωτιστικών που εφαρμόστηκαν για το τελικό αποτέλεσμα των γείσων και αετωμάτων. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

Στις πλαϊνές όψεις ακολουθούμε έναν απλό ρυθμό φωτισμού, με επανάληψη των φωτιστικών **E05** στις παραστάδες και του γραμμικού φωτιστικού **E07** στα γείσα(Εικόνα 89,90).

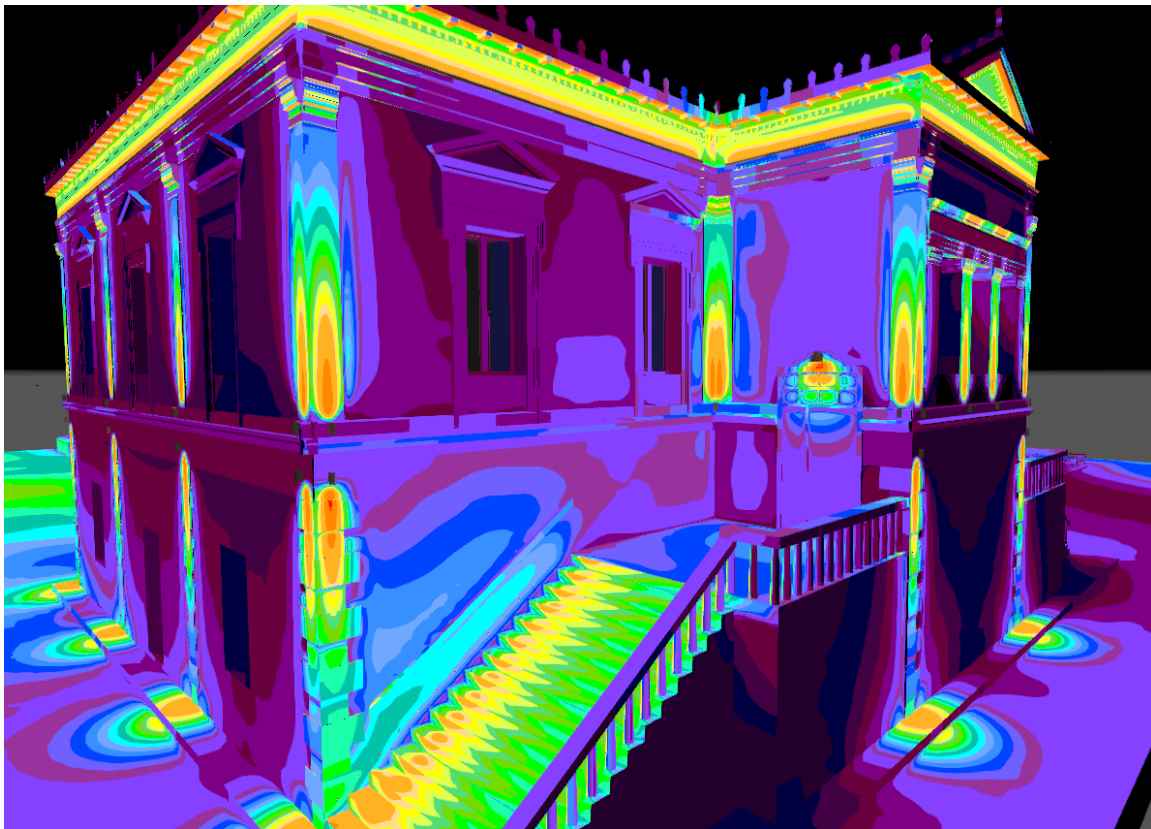


Εικόνα 89: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

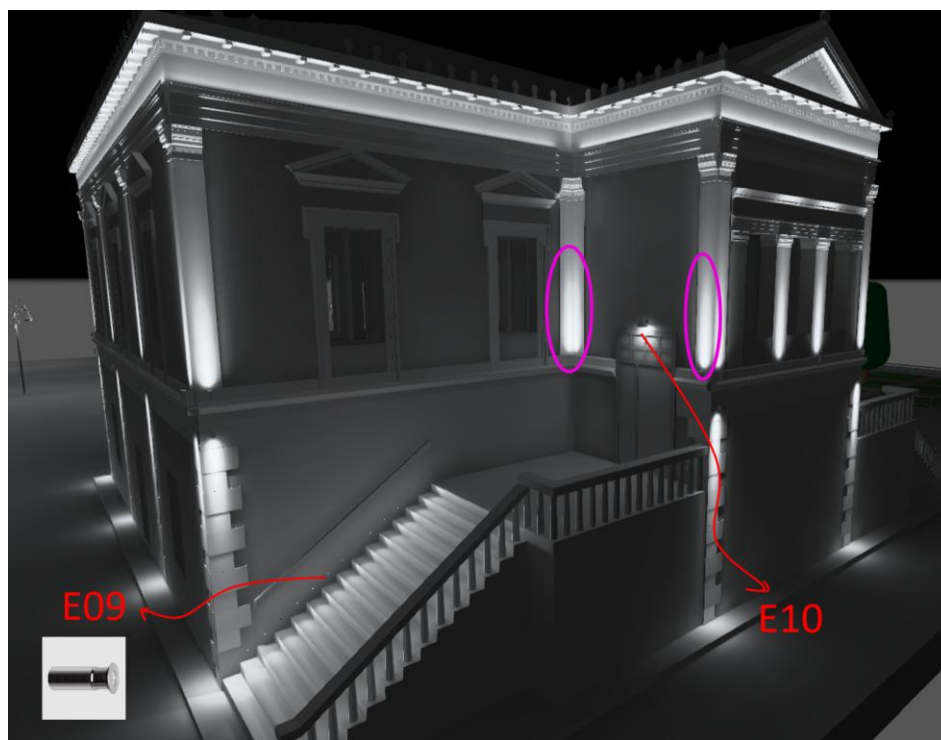


Εικόνα 90: Τύποι φωτιστικών που εφαρμόστηκαν για το τελικό αποτέλεσμα των πλαϊνών όψεων. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.

Τέλος, για την πίσω όψη ακολουθήθηκε ο ίδιος σχεδιασμός με την κύρια όψη, με πρόσθετο το στοιχείο του φωτισμού των σκαλοπατιών. Με την επιλογή του φωτιστικού **E09**, το οποίο προσφέρει στενή και ελαφρώς ασύμμετρη δέσμη, πετυχαίνουμε ένα ομοιόμορφο αποτέλεσμα σε μεγάλο εύρος των σκαλοπατιών, πλάτους 3μ. Συγκεκριμένα, πετυχαίνουμε ένταση εύρους **100lux** έως **35 lux** **στο μέσο του πλάτους**, ενώ στα άκρα πετυχαίνουμε περί τα 20lux. Τα κλιμακοστάσια αυτά καταλήγουν στις εισόδους, όπου συναντάμε τις υπάρχουσες απλίκες(**E10**) εκατέρωθεν της κάθε πόρτας, ενώ οι παραστάδες στα σημεία που κυκλώνονται στις παρακάτω εικόνες δεν φωτίζονται(Εικόνα 93). Για λόγους ομοιομορφίας προτείνεται η προσθήκη φωτιστικών **E04** και επανατοποθέτηση μίας απλίκας E10 πάνω από κάθε πόρτα(Εικόνα 92).



Εικόνα 91: Εμφάνιση διαβάθμισης επιπέδων φωτισμού με τη χρήση ψευδοχρωμάτων(false colors). Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux.



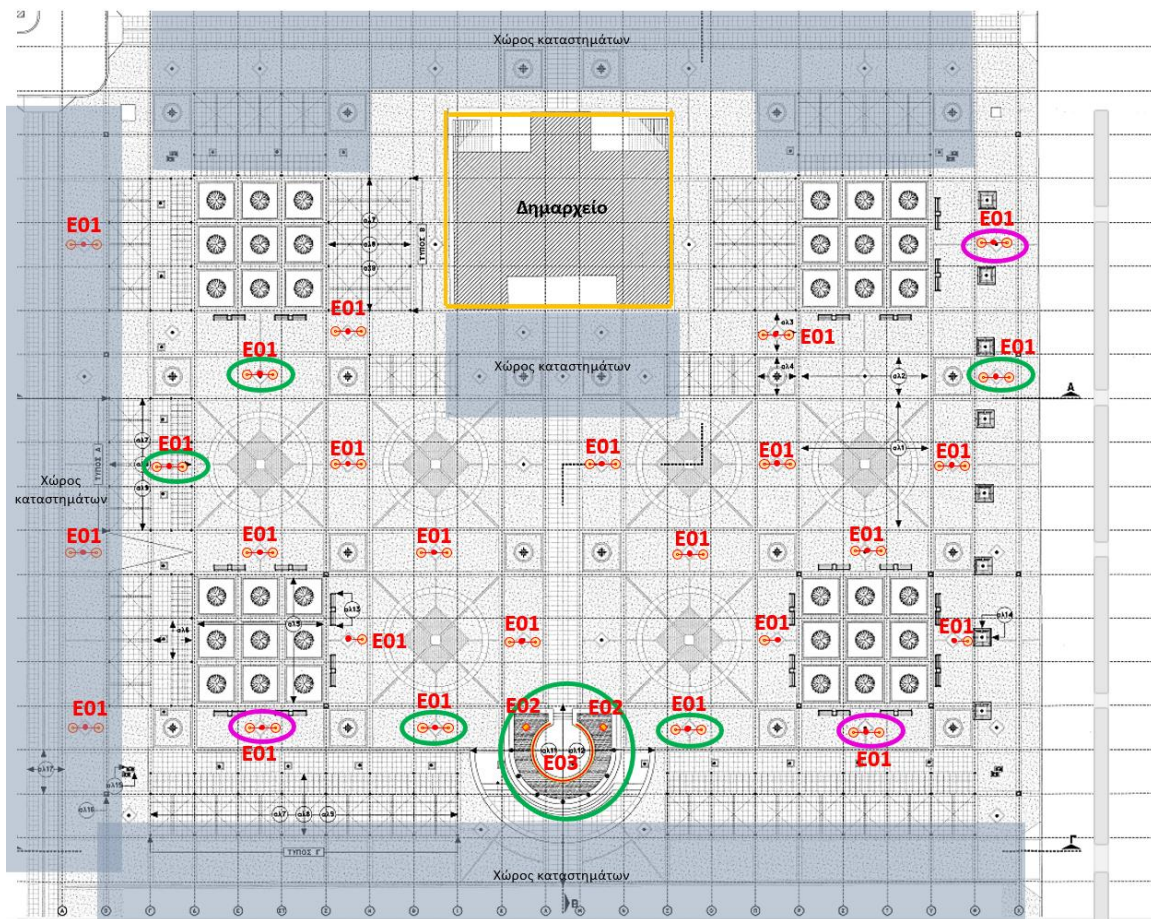
Εικόνα 92: Τύποι φωτιστικών που εφαρμόστηκαν για το τελικό αποτέλεσμα των πλαϊνών όψεων. Εικόνα από το μοντέλο του φωτομετρικού λογισμικού DIALux. Προτείνεται η προσθήκη επιπλέον φωτιστικών στις παραστάδες που κυκλώνονται με χρώμα ματζέντα. Επιπλέον, προτείνεται η χρήση μιας απλίκας πάνω από την πόρτα εισόδου, αντί για τις 2 υφιστάμενες.



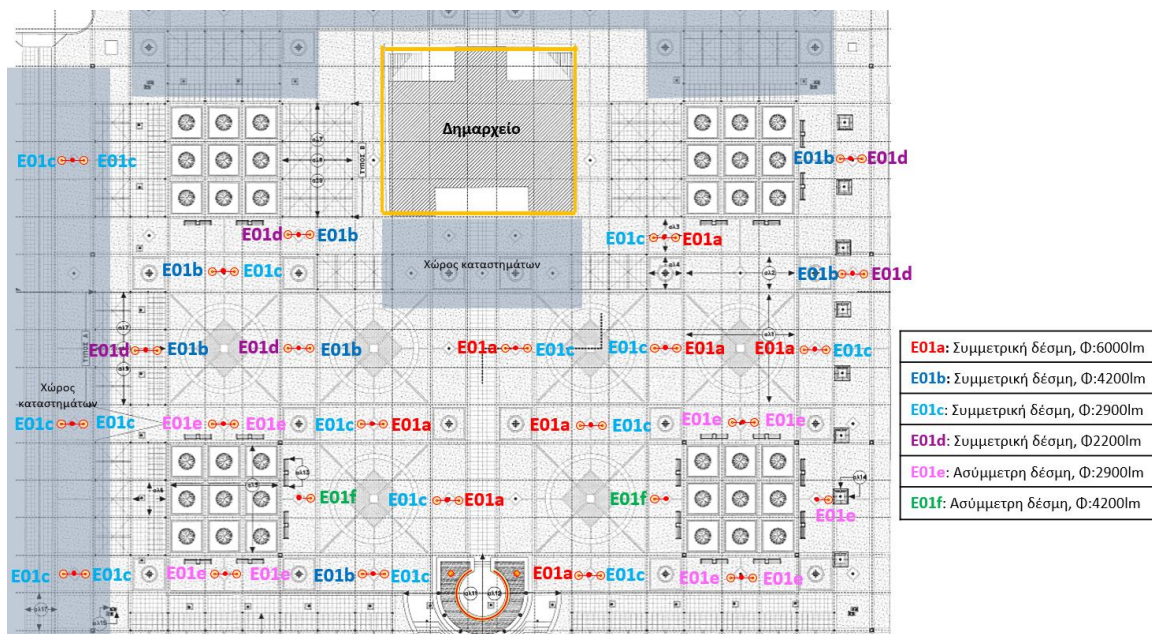
Εικόνα 93: Φωτογραφία που ελήφθη το 2025 κατά τον επιτόπιο έλεγχο. Η υφιστάμενη κατάσταση περιλαμβάνει 2 απλίκες εκατέρωθεν της πόρτας εισόδου, ενώ δεν περιλαμβάνει επίτοιχα φωτιστικά ανάδειξης των παραστάδων. Τα σημεία κυκλώνονται με χρώμα ματζέντα.

Σχέδια τελικής διάταξης φωτιστικών

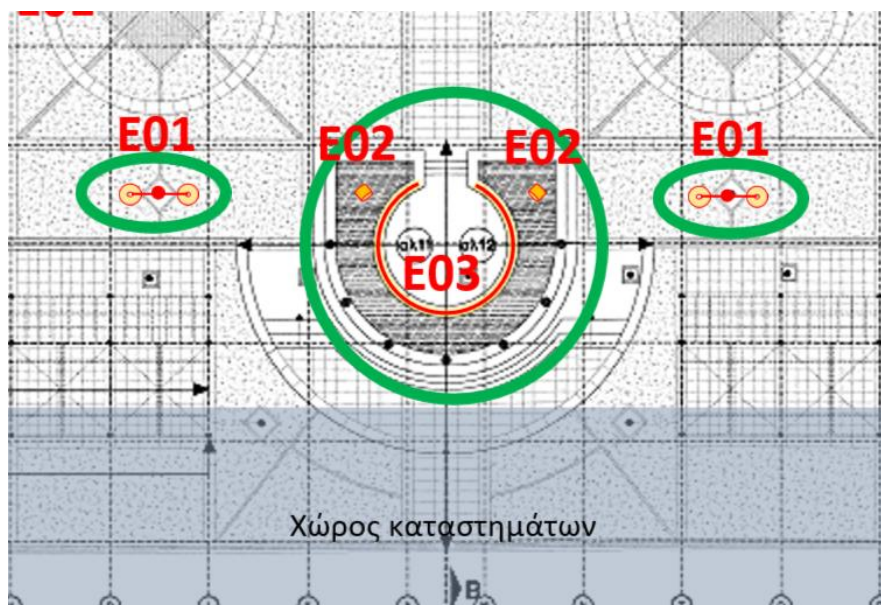
Παρακάτω ακολουθούν σχέδια με την αναλυτική διάταξη των φωτιστικών και υπόμνημα με κάθε τύπο φωτιστικού.



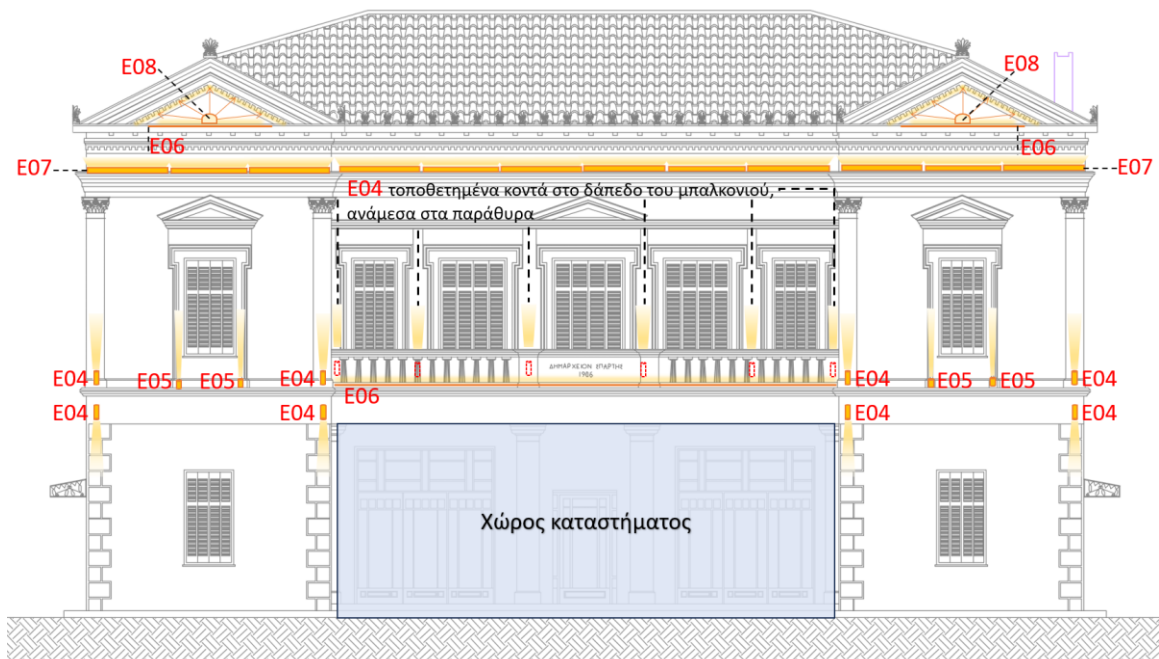
Εικόνα 94: Σχέδιο φωτισμού κάτοψης πλατείας. Με πράσινο χρώμα σημειώνονται τα σημεία όπου προστίθενται φωτιστικά και απαιτούνται νέες παροχές. Με χρώμα ματζέντα σημειώνονται τα σημεία όπου ο υφιστάμενος τύπος φωτιστικού(προβολείς) αντικαθίσταται με νέο τύπο(E01).



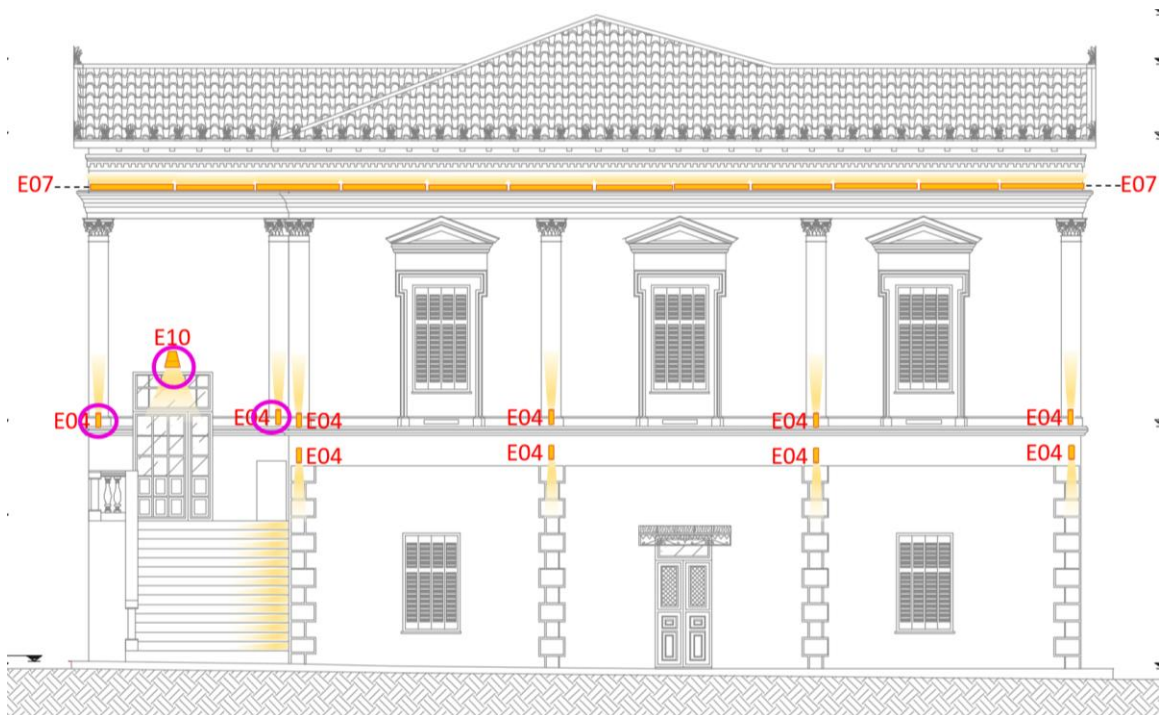
Εικόνα 95: Σχέδιο αναλυτικών τύπων φωτιστικών E01. Τεχνικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα, σελ. 123.



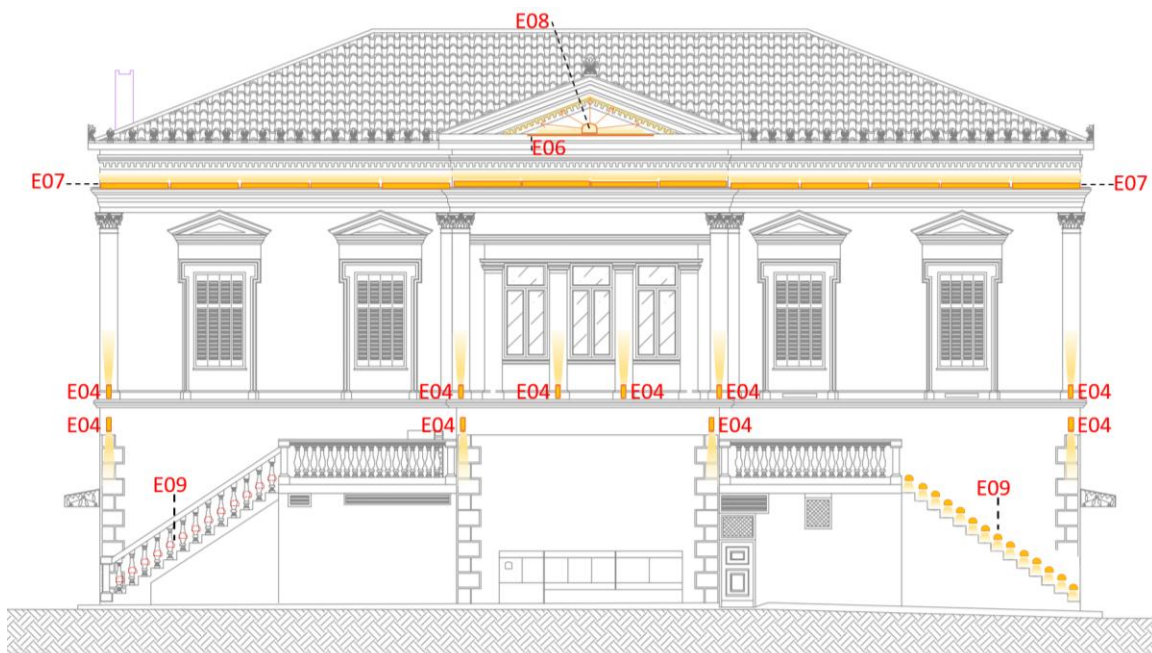
Εικόνα 96: Επιμέρους σχέδιο φωτισμού για τον χώρο του αγάλματος. Με πράσινο χρώμα σημειώνονται τα σημεία όπου προστίθενται φωτιστικά και απαιτούνται νέες παροχές.



Εικόνα 97: Σχέδιο φωτισμού κύριας όψης Δημαρχείου.



Εικόνα 98: Σχέδιο φωτισμού νότιας όψης Δημαρχείου. Με χρώμα ματζέντα κυκλώνονται τα σημεία όπου προτείνεται επανατοποθέτηση ή νέες προσθήκες φωτιστικών.



Εικόνα 99: Σχέδιο φωτισμού δυτικής όψης Δημαρχείου.

E01	Φωτιστικά επί ιστών ύψους 4,5μ	Ενσωματωμένος μετασχηματιστής	On-off, με εργοστασιακά προγραμματισμένα πολλαπλά επίπεδα φωτισμού(Virtual midnight)	
E02	Spotlights ανάδειξης αγάλματος	Ενσωματωμένος μετασχηματιστής	On-off	
E03	Στεγανή ταινία LED κάτω από καθιστικό	Απομακρυσμένος μετασχηματιστής	On-off	
E04	Επίτοιχο φωτιστικό στενής δέσμης	Ενσωματωμένος μετασχηματιστής	On-off, Διαχείριση μέσω KNX	
E05	Spotlights στενής δέσμης	Απομακρυσμένος μετασχηματιστής	DALI dimmable, Διαχείριση μέσω KNX	
E06	Στεγανή ταινία LED ανάδειξης κολώνων και αετώματος	Απομακρυσμένος μετασχηματιστής	DALI dimmable, Διαχείριση μέσω KNX	
E07	Γραμμικά φωτιστικά στενής δέσμης για ανάδειξη γείσου	Απομακρυσμένος μετασχηματιστής	DALI dimmable, Διαχείριση μέσω KNX	
E08	Uplight στενής δέσμης 180° για ανάδειξη αετώματος	Απομακρυσμένος μετασχηματιστής	DALI dimmable, Διαχείριση μέσω KNX	
E09	Χωνευτά φωτιστικά τοίχου χαμηλής τοποθέτησης(step lights)	Ενσωματωμένος μετασχηματιστής	On-off, Διαχείριση μέσω KNX	
E10	Υπάρχουσα απλικά	Ενσωματωμένος μετασχηματιστής	On-off, Διαχείριση μέσω KNX	

Εικόνα 100: Συνοπτικό υπόμνημα με τους τύπους των φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν για τον σχεδιασμό. Αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο Παράρτημα.

Πρόταση ελέγχου φωτισμού

Η παραπάνω μελέτη, όπως παρουσιάστηκε, λαμβάνει υπόψιν τα εξής στοιχεία ελέγχου:

- Ο χώρος της πλατείας, καθώς πρόκειται για εκτεταμένη περιοχή και η πρόθεση του σχεδιασμού είναι να ελαχιστοποιήσουμε τις παρεμβάσεις, προτείνεται να ελέγχεται κεντρικά από το υφιστάμενο σύστημα, δηλαδή προγραμματισμένο άναμμα και σβήσιμο όλων των φωτιστικών ταυτόχρονα. Ωστόσο, για τα φωτιστικά επί ιστών E01, προτείνεται η πρόσθετη λειτουργία **Virtual Midnight**. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς επίσης ο φωτισμός ανταποκρίνεται ουσιαστικά στις ανάγκες και την χρήση του χώρου.
- Οι όψεις του Δημαρχείου, καθώς περιλαμβάνουν έναν συνδυασμό από υφιστάμενες εγκαταστάσεις αλλά και νέες προσθήκες, μπορούν να ελέγχονται από ένα νέο σύστημα KNX, το οποίο θα ελέγχει ως on-off τα φωτιστικά που έρχονται να αντικαταστήσουν τα υπάρχοντα, ενώ οι νέες προσθήκες φωτιστικών μπορούν να ενταχθούν σε σενάρια διαφορετικής έντασης με τη χρήση απομακρυσμένων DALI dimmable μετασχηματιστών.

6. Συμπεράσματα - Επίλογος

Ο σχεδιασμός φωτισμού για την Κεντρική Πλατεία και το Δημαρχείο της Σπάρτης αποτέλεσε μια σύνθετη και πολύπλευρη πρόκληση. Το εγχείρημα είχε ως στόχο να ισορροπήσει μεταξύ:

- **σεβασμού στο πολιτισμικό πλαίσιο και αρχιτεκτονικό χαρακτήρα,**
- **τεχνικής αρτιότητας,**

Η προτεινόμενη φωτιστική λύση για την Πλατεία και το Δημαρχείο Σπάρτης αξιολογείται θετικά ως προς:

Αισθητική συνοχή: Ο φωτισμός λειτουργεί ενοποιητικά, με επαναλαμβανόμενα φωτιστικά και κοινή θερμοκρασία χρώματος σε όλες τις περιοχές. Ο φωτισμός του Δημαρχείου προσδίδει κύρος και διακρίνει το κτίριο ως το κέντρο της πλατείας. Χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές με στοχευμένη ανάδειξη χωρίς υπερβολικές εντάσεις. Τα φωτιστικά της πλατείας επιλέχθηκαν ώστε να συμβαδίζουν με την αισθητική του νεοκλασικού κτιρίου.

Τεχνική αρτιότητα: Η επιλογή φωτιστικών εκπληρώνει τα κριτήρια της συμβατότητας με τις εγκαταστάσεις αλλά και των φωτοτεχνικών αποτελεσμάτων. Τα κύρια φωτιστικά της πλατείας φέρουν ενσωματωμένο μετασχηματιστή, γεγονός που διευκολύνει την εγκατάστασή τους. Επίσης, διαθέτουν μεγάλος εύρος στις κατανομές του φωτός και στις φωτεινές αποδόσεις, τα οποία και εκμεταλλευτήκαμε στην μελέτη. Στις όψεις του Δημαρχείου επιλέχθηκαν φωτιστικά με ενσωματωμένο μετασχηματιστή για να αντικαταστήσουν τα υφιστάμενα, ενώ στα σημεία που κρίθηκε ότι χρειάζεται επιπρόσθετος φωτισμός προτείνονται απομακρυσμένοι DALI μετασχηματιστές σε συνδυασμό με σύστημα ελέγχου KNX.

Ωστόσο, η πρόταση αντιμετωπίζει και προκλήσεις, όπως:

- Η ανάγκη για προσεκτική **εγκατάσταση και συντήρηση**, ειδικά στις όψεις του Δημαρχείου.
- Η εξάρτηση από τις τεχνικές υποδομές και το **ανθρώπινο δυναμικό** για τον **προγραμματισμό και τη διαχείριση.**

Η παρούσα εργασία αποτέλεσε για μένα μια **ολοκληρωμένη εμπειρία εμβάθυνσης** στον φωτιστικό σχεδιασμό, από τη θεωρητική κατανόηση έως την εφαρμοσμένη μελέτη. Κατά τη διάρκεια της ενασχόλησής μου με την πλατεία και το Δημαρχείο της Σπάρτης, είχα την ευκαιρία να συνδέσω την **επιστημονική γνώση** με την **πρακτική, αισθητική και ανθρώπινη διάσταση του φωτός**.

7. Παράρτημα

Παρακάτω παρατίθενται αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά όλων των φωτιστικών που παρουσιάζονται στη μελέτη καθώς και οι ακριβείς ποσότητες ανά χώρο.

E01: Φωτιστικό πλατείας, επί ιστών.

Diamante A

Technical data



rev. 2024.11

ACCESSIBILITY



Timeless

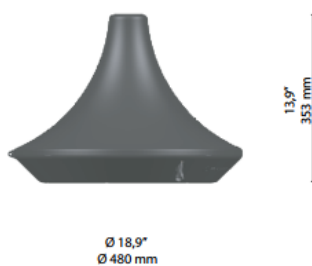
Tool-free openable fixture.
Replaceable internal components
without the need of tools.

OPTICAL TECHNOLOGY



Glass free

Refracting optical system consist of
single-chip LED, shockproof lenses
with 30 years of warranty against UV
and yellowing by aging (GLASS-FREE).



Scale: 1:10

Max. weight

8,0 Kg

fixing device excluded

CXS

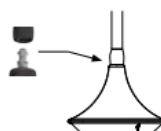
Lateral: 0,09 m² | Plan: 0,18 m²

FIXING TYPE



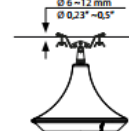
Suspended

Fast connection | ø3/4" Gas



Wire system

Ø 6-12 mm
Ø 0,23"-0,5"



OPTIONAL

Glass

Ultraclear tempered glass
Th. 0,15in (4mm)

1,7 lb
0,8 Kg



Ø13"-Ø 330 mm

Diffusers

Polycarbonate with UV. protection

Alba

1,1 lb
0,5 Kg



Ø13"-Ø 330 mm

Tonda

0,88 lb
0,4 Kg



Ø13"-Ø 330 mm

Decorative ring

Die cast aluminium | EN1706

1,6 lb
0,72 Kg



Ø23,8"-Ø 605 mm

STANDARD

EN 60598-1, EN 60598-2-3, EN 62471, EN 55015, EN 61547, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3

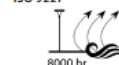
CONFORMITY | PROTECTION

Conformity



Salt spray test

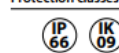
ISO 9227



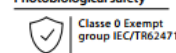
Insulation classes



Protection classes



Photobiological safety



PLUS



LIGHTING FIXTURE FEATURES

General features

Power source:	220-240V 50/60Hz tolerance +/-10%
Current supply:	350 mA 525 mA 700 mA 1050 mA (P _{max} = 78W)
Power Factor THD:	≥0.95 <10 % (At full load)
Expected life (Ta=25°):	> 100.000 h L90B10
Operational temperature (Ta):	T _{min} = -40°C T _{max} = +55°C 700 mA +40°C 1050 mA
Storage temperature:	-40°C/+80°C
Overcharge protection:	Main surge immunity up to 10kV
Disconnector:	Disconnector and cable clamp cross section 1.5mm ² ÷ 4mm ²
Standard functions:	Current fixed Virtual midnight CLO (page: Functionality)

Materials

Lighting fixture:	Die cast aluminium EN1706
Optical system:	Optics in PMMA
Gaskets:	Removable silicon
Cable gland:	Polyamide PA66 PG16 Ø 14mm MAX IP 66
Screws and bolts:	AISI 304 stainless steel
Fixture color:	GMR dark Others on request
Diffusers color:	Transparent Frosted

LED FEATURES

LED data	4.000 K - 640mA: 700 lm/LED 181 lm/W 25°C (Tj) ≤ 3 step MacAdam
Color temperature:	2.200 K 2.700 3.000 K 4.000 K CRI ≥ 70

Additional surge protector device:

SPD with warning LED CLASS 1 |

CLASS 2 12kV

Additional surge protector device SPD 400:
SPD with warning LED CLASS 1 | CLASS 2 12kV+
permanent overvoltage protection higher than 270Vac

Optional functions:

0,5 m power cable with 2-3 or 4-5 core connector

Funzionalità su richiesta:

DALI2 | DALI

Connectors and sockets:

NM (Nema Socket) | ZS Zhaga Socket

GMR ENLIGHTS s.r.l. - Quality system certificate ISO 9001:2015-ISO 14001:2015 - phone: +39 0543 462611 - fax: +39 0543 449111 - sales@gmr-enlights.com - www.gmr-enlights.com
The information in the data sheet may be subject to variations and implementations; please check the latest news on www.gmr-enlights.com - The pictures used are purely for information.
Tolerance: size +/- 1%; weight +/- 3%.

Diamante A

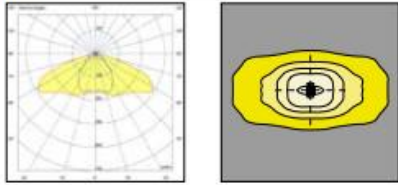
Available optical system



rev. 2024.1

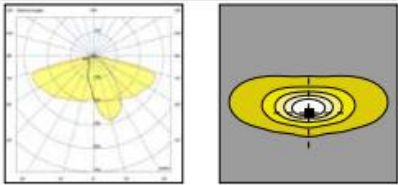
SYMMETRICAL DISTRIBUTION\\

1A

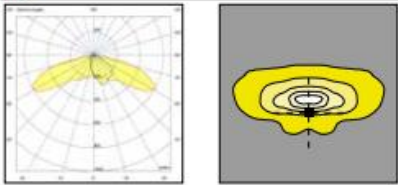


ASYMMETRICAL DISTRIBUTION\\

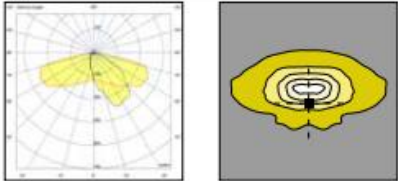
2A



2B

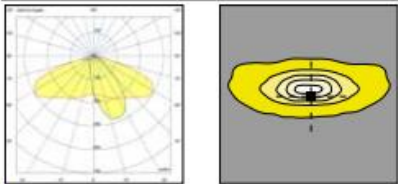


2C

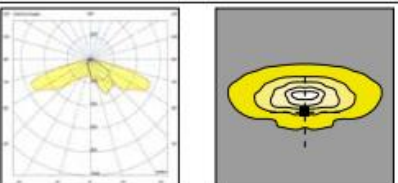


ASYMMETRICAL DISTRIBUTION\\

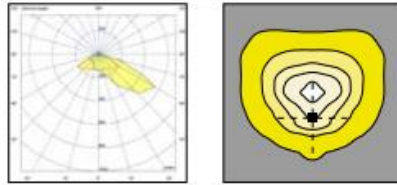
3A



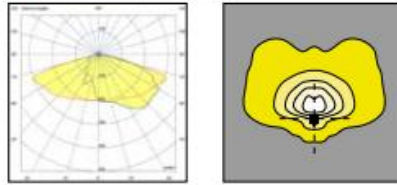
3B



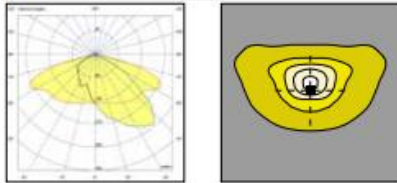
3C



3D

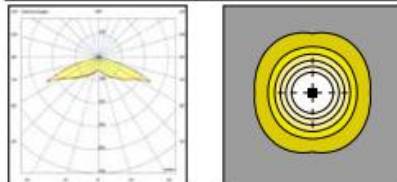


3E



SYMMETRICAL DISTRIBUTION\\

5A



TYPE 1A



TYPE 2A



TYPE 3A | TYPE 3B



TYPE 5A

Diamante A

Photometric data | Lighting fixture measured data



rev. 2024.11

The lighting fixture measured data refers to GMR ENLIGHTS products in a standard version, with 4000 K color temperature and an ambient temperature t_a of 25 °C.

GMR ENLIGHTS offers the possibility of driving the device with custom currents (-).

In case of optional glass some LED codes may be different from those indicated (GL02, GL04, GL06). In this case the values of luminous flux and efficiency are different from those shown in the table.

Order code: DIA S_GFxx_A
DIA F_GFxx_A

		I LED [mA]	I lighting fixture [mA]	Luminous flux [lm]	LED Power [W]	Efficiency [lm/W]
GF02		175	350	1580	9,0	176
		265	525	2364	13,5	175
		350	700	3080	18,5	166
		525	1050	4469	28,0	160
GF03		175	350	2326	13,5	172
		265	525	3409	20,5	166
		350	700	4434	27,0	164
		525	1050	6412	40,5	158
GF04		175	350	3042	17,5	174
		265	525	4485	26,5	173
		350	700	5870	35,0	168
		525	1050	8227	53,0	155
GF06		175	350	4492	26,0	173
		265	525	6608	38,5	172
		350	700	8379	51,5	163
		525	1050	11346	78,5	145

Tk CONVERSION FACTOR LUMINOUS FLUX

Tk [K]	Flux multiplier
2.200	0,86
2.700	0,94
3.000	0,95

CRI CONVERSION FACTOR LUMINOUS FLUX

CRI (color render index)	Flux multiplier
70	1,00
80	0,91

[¶] See pag: Available optical system, to check the optic type availability.

^{¶¶} See pag: Technical data, to check the colour temperature availability.

GMR ENLIGHTS s.r.l. • Quality system certificate ISO 9001:2015-ISO 14001:2015 • phone: +39 0543 462611 • fax: +39 0543 449111 • sales@gmrenlights.com • www.gmrenlights.com

The information in the data sheet may be subject to variations and implementations; please check the latest news on www.gmrenlights.com • The pictures used are purely for information.

Luminous flux tolerance +/- 7% | Power tolerance +/- 5% | Power tolerance in zhaga versions or with D4i/SR power supply +/- 10%

Functions

Standard functionality

Fixed current

During production, the light fixture is pre-set with a fixed current amongst the standard settings that appear in the tables on page 3. Upon customer's request, it is also possible to set a specific current (custom setting).

Virtual Midnight | Automatic dimming

The driver is programmed to automatically dim the light output according to the time. As required by regulations, the maximum output is set during initial hours and towards the end of the light fixture's operating time interval. During these hours there is statistically more traffic. The light output is then dimmed during the central hours of the operating time interval. This management is achievable through a self-learning process of the device, that establishes the centre point of the time interval. This moment is called "virtual midnight" and it is the point that the dimming profile refers to in order to know when to reduce the light output. We can manage up to 8hrs of programming that evolve around the virtual midnight and up to 5 steps of dimming. This way the light output will adjust automatically, adapting throughout the year to the duration of the nighttime, by referring to the pre-set parameters based on the centre point of the operating time interval.

CLO Constant Lumen Output

LEDs over time are inevitably subject to performance depreciation. This light reduction may be compensated by gradually increasing the LED's current during its lifespan, this corresponds to a gradual increase of lumen output proportional to the amount that is naturally depreciated.

On request functionality

DALI2 Control and monitoring system

On request, the fixture can be fitted with a DALI2 communication interface. This protocol allows it to be monitored and controlled remotely through use of Dali control buses.

D4i

On request, the fixture can be equipped with a D4i certified power supply. This is the ideal solution for wireless sensors and/or controls. This system was developed to integrate various systems to address smart city requirements. Included is DALI2 protocol + auxiliary power (AUX) to supply power to devices and sensors. This system is usually required when using a Zhaga Lumawise socket.

LINESWITCH

This functionality by using an extra wire within the streetlight's power line, allows to dimmer to a pre-set level. For example, a centralised timer can change this value from 100% to 50%, and vice versa.

AMPDIM

This feature allows dimming using the power line controlled by an upstream flow regulator. For this feature, the flow controller must use amplitude modulation (AM).

NEMA | Nema Socket (7 PIN)

The Nema Socket is a 7 PIN connector/socket with IP66 rating, that is fitted on the fixture to make it interfaceable with various ANSI C136 compliant devices and remote-control gear.

These devices can be installed during or after installation of the light fixtures. The NEMA socket can provide power interruption and is interfaceable with DALI buses and/or 1-10V dimming. It is compatible with point-to-point node connection, and twilight sensors ect.

ZHAGA Lumawise Zhaga Socket (4 PIN)

The Lumawise Zhaga socket is a small and compact 4 Pin connector/socket, that fits ideally with the design of GMR ENLIGHTS fixtures. With ZHAGA Lumawise sockets it is possible install the devices, sensors, ZHAGA remote controls during or after installation of the light fixtures. This socket is usually required in conjunction with the DALI Sensor feature, which involves a DALI2/D4i communication protocol in addition to 12/24V auxiliary port to supply power to the sensors. It is compatible with point-to-point wireless control solutions and SMART CITY applications to control and monitor the public lighting infrastructure.

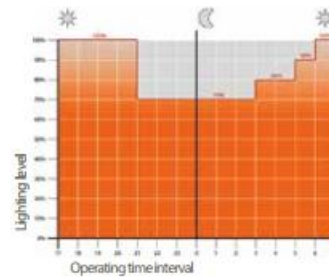
PRESENCE SENSOR

The product can be equipped with a presence sensor type zhaga book 18 in the lower part of the luminaire. In this case the lighting body is provided with Zhaga socket and Driver D4i. It is very important to carefully evaluate the installation context (height and underlying area) according to the sensing diagram of the device.

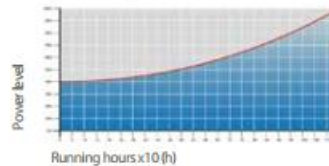
Third-party remote control

GMR ENLIGHTS fixtures are compatible with most third-party remote controls, powerline communication systems, wired systems (buses) and wireless systems.

Example of 4-step adjustment with virtual midnight



CLO Light Flow Compensation



7 Pin Nema Socket 7 (A) and IP66 shorting cap (B)



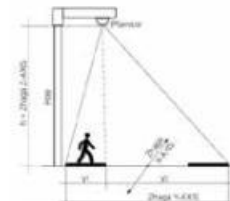
4 Pin Lumawise Zhaga Socket (C) and IP66 cap (D)



Installation example of Lumawise Zhaga



Installation example of presence sensor



Το υφιστάμενο φωτιστικό της πλατείας:

1.1.10. ZINLUX Ultra-T LED Οικογένεια φωτιστικών ULTRA

Εικόνα 1
Φωτιστικό σώμα κορυφής
ZINLUX Ultra-T LED



Εφαρμογή Κατάλληλο για οδικό - αστικό φωτισμό πκ. υπαίθριων χώρων, πάρκων, πλατειών & πόλεων κλπ.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Σώμα κατασκευασμένο από χυτοπρεσαριστό κράμα αλουμινίου. Η στήριξη γίνεται μέσω δύο (2) βραχιόνων από χυτοπρεσαριστό αλουμίνιο που καταλήγουν σε χαλκή προσαρμογής.

Βαμμένο ηλεκτροστατικά με πολυεστερικά χρώματα πούδρας για αντοχή στη διάβρωση και την καλύτερη δυνατή προστασία σε αντίξοα περιβάλλοντα και παροθαλάσσιες περιοχές.

Διαχύτης κατασκευασμένος από επίπεδο γυαλί, πάχους 4mm, ανθεκτικό σε κραδασμούς και σε θερμότητα.

Τα LEDs φέρουν ομάδα φακών από μετακρυλλικό υλικό (PMMA) υψηλής θερμικής και μηχανικής αντοχής.

Το τροφοδοτικό του φωτιστικού σώματος είναι στερεωμένο και συνδεδεμένο σε ειδική αποσπώμενη βάση. Φέρει σύστημα ελέγχου της θερμοκρασίας του και δυνατότητα επιλογής ενσωματωμένου πρωτοκόλλου dimming 0...10V.

Το φωτιστικό σώμα φέρει επιπλέον σύστημα προστασίας από υπερτάσεις έως 10kV.

Όλες οι ηλεκτρικές συνδέσεις στο χώρο των οργάνων πραγματοποιούνται με αλικονούχα καλώδια υψηλής θερμικής αντοχής άνω των 120°C.

ZINLUX Ultra-T LED

Κωδικός	Ονομαστική ισχύς	Αριθμός LED	Φωτεινότητα	Θερμοκρασία χρώματος	Ενδείκνυται για ύψη ²
	W	τιμ.	LED flux (Lm @ T _f =25 °C) ¹	K	m
L-Ultra-T/LD-40	40	18 - 32	4300 - 6400	4000 (Neutral White)	3.00-5.00

¹Ονομαστικές τιμές που προκύπτουν από το επίσημο datasheet του κατασκευαστή LED.

²Τα παραπάνω ύψη είναι ενδεικτικά και προσαρμόζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις και τα χαρακτηριστικά του κάθε έργου.

Επιπλέον πληροφορίες

Τάση Εισόδου: 220-240V AC, Περιοχή Συχνοτήτων: 50/60Hz, Απόδοση φωτεινής πηγής LED: 150lm/W, Συντελεστής Ισχύος (p): >0.92, THD: <20%, Δείκτης Χρωματικής Απόδοσης (CRI): ≥70, Θερμοκρασία λειτουργίας: -30°C έως +60°C, Υγρασία λειτουργίας: 10% - 90%, Ώρες ζωής: >60000hrs.

Συγκριτικός πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών των υφιστάμενων και των προτεινόμενων φωτιστικών της πλατείας:

	Υφιστάμενο φωτιστικό (Zincometal)	Προτεινόμενο φωτιστικό (GMR Enlights)
IP	66	66
IK	08	09
CRI	≥70	>80
Ώρες ζωής	>60000hrs	>100000hrs
Απόδοση φωτεινής πηγής	150lm/W	156-182lm/W*
Συντελεστής Ισχύος	>0.92	≥0.95
THD	<20%	<10%
Θερμοκρασία λειτουργίας	-30oC έως +60oC	-40oC έως +55oC
Προστασία από υπερτάσεις	Έως 10kV	Έως 10kV

*Οι αποδόσεις έχουν μετατραπεί σύμφωνα με τους πολλαπλασιαστές που δίνει ο κατασκευαστής για CCT 3000K και CRI 80.

E02: Φωτιστικό ανάδειξης αγάλματος (spotlight)



DATASHEET

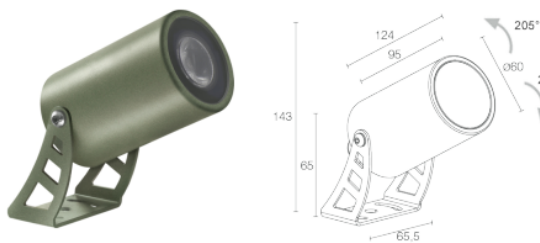
Made in Italy



Spot 2.4, code: CF2410000050M5

Projectors for outdoor applications

29/08/2025 Rev. 03/2024



DESCRIPTION

projector for outdoor applications; surface mounted (ceiling, wall, ground, spike, strap); Power consumption: 8W; Power supply: 230Vac; Lumen output at source: 586 lm (3000K); Delivered lumen output: 515 lm (3000K, 29°); 1 power LED, 3-step MacAdam, 50 000h L85 B10 (Ta 25°C); LED colour: 3000K; Optics: 29°; CRI Colour Rendering Index: 80; Body material: body made of ANTICORODAL 6082 low-copper-content aluminium alloy for excellent resistance to corrosion, made entirely on a CNC lathe. Bracket in AISI 316L stainless steel, tumble finished and painted; Finishes: jasper green finish obtained through an initial treatment with a ceramic nanoparticle coating, to prepare for painting, followed by a coat of epoxy paint and one of polyester paint to provide corrosion resistance of more than 1000 hours of salt spray; RAL finish on request; Screen material: 4-mm-thick transparent extra-clear glass, with high transmittance to ensure chromatic uniformity of light and tempered for excellent resistance to knocks and scratches, with RAL 7015 grey vitrified serigraphy around the edge; built-in power supply unit; includes 1.50 m neoprene cable H05RN-F 3x1,0 Ø7 mm; Ingress protection: IP66; Impact resistance: IK07; Protection systems: IPS (Intelligent Protection System) protects lighting fixtures from water infiltrations, which can occur if there are faulty junctions between the cables in outdoor or underwater applications. This innovation, patented by L&L, also guarantees electrical protection against polarity reversal, hot plugging, ESD and power surges, which can occur if there are faults in the electrical circuit; The PID (Protective Impedance Device) protects lighting fixtures from electrical phenomena external to the system, such as static electricity accumulation or electromagnetic interference coming from the mains power. Generally, these are events with a low energy content; Operating temperature: -20°C — +45°C; Glow wire test: 960°C; Photobiological safety: photobiological safety: risk group 1 according to EN 62471:2006; Appliance class: class I; Weight: 700 g; Dimensions: Ø60x124 mm; Energy efficiency class: F (light source) in accordance with EU 2019/2015; Accessories: WB10015 Standard snoot - jasper green, WB10025 Asymmetrical snoot - jasper green, WP0100 Spike for in-ground installation, WP1004 Fastener strap - 5 m, WP10065 Spike for in-ground installation - h 500 mm - jasper green; tested and approved via E.O.L. (End Of Line) test with functioning test and check of electrical power consumption

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Power consumption	8W
Power supply	230Vac
Power supply unit	built-in power supply unit

LIGHTING CHARACTERISTICS

Number and type of LED	1 power LED
Average LED life	50 000h L85 B10 (Ta 25°C)
LED colour	3000K
CRI Colour Rendering Index	80
Binning	3-step MacAdam
Optics	29°
Lumen output at source	586 lm (3000K)
Delivered lumen output	515 lm (3000K, 29°)

MECHANICAL CHARACTERISTICS

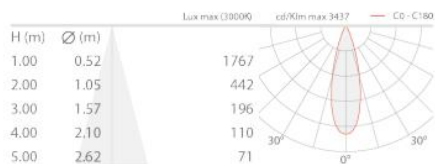
Dimensions	Ø60x124 mm
Weight	700 g
Finishes	jasper green
Mounting	with bracket, screws and plugs
Body material	body in anticorodal aluminium, AISI 316L stainless steel bracket
Screen material	screen in serigraphed-grey and transparent, tempered extra-clear glass

GENERAL CHARACTERISTICS

Ingress protection	IP66
Operating temperature	-20°C — +45°C
Impact resistance	IK07
Energy efficiency class	F (light source) in accordance with EU 2019/2015
Glow wire test	960°C
Appliance class	class I
Walkover	no
Drive-over	no
Power cables	includes 1.50 m neoprene cable H05RN-F 3x1,0 Ø7 mm
Protection systems	IPS (Intelligent Protection System); PID (Protective Impedance Device)
Photobiological safety	photobiological safety: risk group 1 according to EN 62471:2006

PHOTOMETRIC DATA

M – 29°

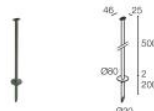


ACCESSORIES

Installation Accessories



WP0100
Spike for in-ground installation



WP10065
Spike for in-ground installation - h 500 mm - jasper green

Anti-glare



WB10015
Standard snoot - jasper green



WB10025
Asymmetrical snoot - jasper green

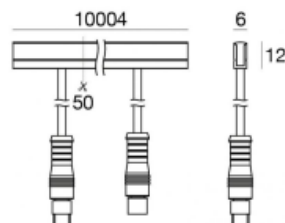
E03: Ταινία LED περιμετρικά του αγάλματος

i-LèD

Rubber 2D_mini



LED Strip | 1400 topLED 60 W DC 24 V | 6 W/m
685 Lm/m | CRI >90
C0057WDI10004



Technical data	
Length	10000 mm
Minimum cut	50 mm
Type	LED Strip
Installation position	Wall lights - Ceiling
Installation environment	Outdoor
Light Source	LED
Circuit structure	topLED
Optics	Diffused
Light emission direction	external
Nominal power	60 W DC
Power / m	6 W / m
Source lumens	6850 lm
Source lumens / m	685 lm / m
Input voltage range	24V
CCT / Tone	3000 K
Colour rendering index	>90 Ra
C.C. / C.V.	CV
Safety class	3
IP	IP67
Glow wire test	650°
Direct mounting on normally flammable surfaces	Yes
CE	Yes
ETL	Yes
Driver included	No
Dimmable article	DALI - 1-10V
Directional	No
Tilting	No
Walk-over	No
Drive-over	No
Cable included	Yes
Cable length	1(M)x0.25 m + 1(F)x0.25 m
Resin potting	Yes
Type of light emission	Single emission
Length	10000 mm
Net weight	2.73 Kg
Electrostatic discharge protection	No
Surge protection	No

Finishing casing	
Material	Technopolymer
Colour	white

Finishing diffuser	
Material	PU
Colour	Opal

Electronics

99331
On/Off Driver 198~264V AC / 176~275V DC 150 W (1 - 2 art.)

99332
1-10V Controller (1 - 2 art.)

99374
On/Off Driver 198~264V AC / 176~275V DC 75 W (1 art.)

83333
Push and Simply Dim - DALI-2 Controller (1 - 2 art.)

C-E400002
Push and Simply Dim - DALI-2 Controller (1 - 4 art.)

LED Strip | 1400 topLED 60 W DC 24 V | 6 W/m | 685 Lm/m | CRI >90 | Base
C0057WDI10004

Single emission led strip for outdoor application. The warm white LED light source with a diffused light distribution is composed of 1400 topLEDs with CCT of 3000 K and a CRI >90; the source luminous flux is 6850 lm, with a 114.2 lm/W nominal luminous efficacy.

The device body is made of technopolymer and features a white finish; the diffuser is made of pu. The ingress protection degree is IP67; the total weight is of 2.73 kg. The power supply driver is not provided and is to be ordered separately.

The total absorbed power is 60 W The power supply cable is included and features a 1(M)x0.25 m + 1(F)x0.25 m length.

The device features protection class III and can be wall lights or ceiling-mounted.

Compliant with the EN 60598-1 standard and its specific provisions.

Energy efficiency class

This product contains 20 light sources of energy efficiency class F.

Illuminotecnical Features

Light Output Ratio (LOR)	27 %
Source lumens	6850 lm
Delivered lumens	1880 lm
Consumption	60 W
Luminaire efficacy	31 lm/W
Colour temperature	3000 K
Standard Deviation of Colour Matching	3 Step MacAdam
Standard Operating Ambient Temperature	-20 / +55°C

LED Life / Failure Ratio

L70 B20 C0 72500h

E04: Επίτοιχο φωτιστικό όψεων Δημαρχείου



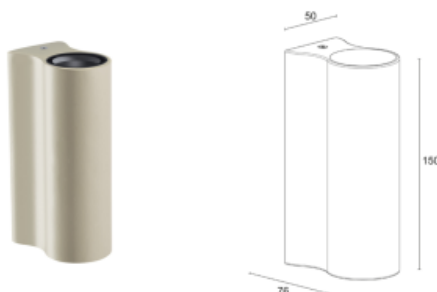
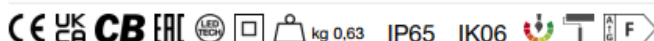
DATASHEET

Made in Italy



Intono 2.1, code: NT2110100050T7
Wall mounted for outdoor applications

29/08/2025 Rev. 10/2024



DESCRIPTION

wall mounted for outdoor applications, single beam; surface mounted (wall); Power consumption: 6W; Power supply: 230Vac; Lumen output at source: 452 lm (3000K, CRI >90); Delivered lumen output: 326 lm (3000K, 34°, CRI >90); 1 power LED, 3-step MacAdam, 50 000h L90 B10 (Ta 25°C); LED colour: 3000K; Optics: 11°; optical system consisting of a high-efficiency TIR lens; CRI Colour Rendering Index: >90; Body material: body made of low-copper-content die-cast aluminium alloy EN AB 46100 for excellent resistance to corrosion; Finishes: finish obtained through an initial treatment with a ceramic nanoparticle coating, to prepare for painting, followed by a coat of primer, which enables the fixture to be painted with paints such as two-pack polyurethane varnishes and two-pack acrylic paints suitable for masonry surfaces; RAL finish on request; Screen material: 4-mm-thick transparent extra-clear glass, with high transmittance to ensure chromatic uniformity of light and tempered for excellent resistance to knocks and scratches, with a RAL 9005 black serigraphed border; Installation: the symmetric mounting bracket means the device can be installed without any restrictions on orientation between the bracket and the body of the device; built-in power supply unit; Ingress protection: IP65; Impact resistance: IK06; version compatible with Google Home or Amazon Echo available on request for voice command control; The paints that can be used on primed lighting fixtures are the same ones that are suitable for use on masonry surfaces, i.e. two-pack polyurethane varnishes, two-pack acrylic paints; Operating temperature: -20°C — +45°C; Glow wire test: 960°C; Photobiological safety: photobiological safety: risk group 1 according to EN 62471:2006; Appliance class: class II; Weight: 630 g; Dimensions: 76x50x150 mm; Energy efficiency class: F (light source) in accordance with EU 2019/2015; tested and approved via E.O.L. (End Of Line) test with functioning test and check of electrical power consumption

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Power consumption	6W
Power supply	230Vac
Power supply unit	built-in power supply unit

LIGHTING CHARACTERISTICS

Number and type of LED	1 power LED
Average LED life	50 000h L90 B10 (Ta 25°C)
LED colour	3000K
CRI Colour Rendering Index	>90
Binning	3-step MacAdam
Optics	11°
Lumen output at source	452 lm (3000K, CRI >90)
Delivered lumen output	326 lm (3000K, 34°, CRI >90)

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Dimensions	76x50x150 mm
Weight	630 g
Finishes	primer
Mounting	with mounting plate, screws and plugs
Body material	body in die-cast aluminium
Screen material	screen in black-serigraphed, tempered, transparent extra-clear glass

GENERAL CHARACTERISTICS

Ingress protection	IP65
Operating temperature	-20°C — +45°C
Impact resistance	IK06
Energy efficiency class	F (light source) in accordance with EU 2019/2015
Glow wire test	960°C
Appliance class	class II
Walkover	no
Drive-over	no
Photobiological safety	photobiological safety: risk group 1 according to EN 62471:2006
Notes	version compatible with Google Home or Amazon Echo available on request for voice command control; The paints that can be used on primed lighting fixtures are the same ones that are suitable for use on masonry surfaces, i.e: two-pack polyurethane varnishes, two-pack acrylic paints

E05: Spotlight όψεων Δημαρχείου



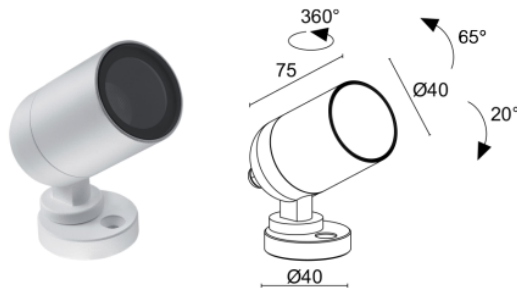
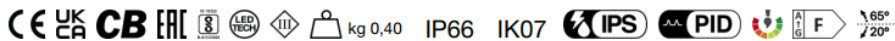
DATASHEET

Made in Italy



Pivot 1.7, code: CP170015UE
Projectors for outdoor applications

29/08/2025 Rev. 09/2024



DESCRIPTION

projector for outdoor applications; surface mounted (ceiling, wall, ground, spike, strap); Power consumption: 3,5W; Power supply: 24Vdc; Lumen output at source: 452 lm (3000K, 5W, CRI >90); Delivered lumen output: 284 lm (3000K, 34°, 5W, CRI >90); 1 high-intensity power LED, 1/4 ANSI BIN, 50 000h L90 B10 (Ta 25°C); LED colour: 3000K; Optics: 5°: optical system consisting of a deep-set, high-efficiency TIR lens, for a clean, aberration-free lighting effect on a very narrow beam; CRI Colour Rendering Index: >90; Body material: body made of ANTICORODAL EN AW 6082 low-copper-content aluminium alloy for excellent resistance to corrosion, made entirely on a CNC lathe; Finishes: white finish obtained through an initial treatment with a ceramic nanoparticle coating, to prepare for painting, followed by a coat of epoxy paint and one of polyester paint to provide corrosion resistance of more than 1000 hours of salt spray (RAL 9003); RAL finish on request; Screen material: 4-mm-thick transparent extra-clear glass with vitrified serigraphy, high transmittance to ensure chromatic uniformity of light and tempered for excellent resistance to knocks and scratches; Seals: the silicone rubber gaskets guarantee maximum resistance to UV rays and unchanging mechanical characteristics over time; power supply unit not included; includes 1.5 m neoprene cable, H05RN-F 2x0,35/0,75 Ø6,3 mm; Ingress protection: IP66; Impact resistance: IK07; with screw to lock in position; Casambi control using the Casambi app with dedicated electronics; Protection systems: IPS (Intelligent Protection System) protects lighting fixtures from water infiltrations, which can occur if there are faulty junctions between the cables in outdoor or underwater applications. This innovation, patented by L&L, also guarantees electrical protection against polarity reversal, hot plugging, ESD and power surges, which can occur if there are faults in the electrical circuit; The PID (Protective Impedance Device) protects lighting fixtures from electrical phenomena external to the system, such as static electricity accumulation or electromagnetic interference coming from the mains power. Generally, these are events with a low energy content; Operating temperature: -20°C — +45°C; Glow wire test: 960°C; Photobiological safety: photobiological safety: risk group 1 according to EN 62471:2006; Appliance class: class III; Weight: 400 g; Dimensions: Ø40x75 mm; Energy efficiency class: F (light source) in accordance with EU 2019/2015; Accessories: WB0310E Standard snoot - white, WB0311E Asymmetrical snoot - white, WH0310 Honeycomb louvre, WP0100 Spike for in-ground installation, WP1004 Fastener strap - 5 m; tested and approved via E.O.L. (End Of Line) test with functioning test and check of electrical power consumption

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Power consumption	3,5W
Power supply	24Vdc
Power supply unit	power supply unit not included

LIGHTING CHARACTERISTICS

Number and type of LED	1 high-intensity power LED
Average LED life	50 000h L90 B10 (Ta 25°C)
LED colour	3000K
CRI Colour Rendering Index	>90
Binning	1/4 ANSI BIN
Optics	5°
Lumen output at source	452 lm (3000K, 5W, CRI >90)
Delivered lumen output	284 lm (3000K, 34°, 5W, CRI >90)

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Dimensions	Ø40x75 mm
Weight	400 g
Finishes	white RAL 9003
Mounting	with screws and plugs
Body material	body in anticorodal aluminium
Screen material	screen in serigraphed, transparent, tempered extra-clear glass

GENERAL CHARACTERISTICS

Ingress protection	IP66
Operating temperature	-20°C — +45°C
Impact resistance	IK07
Energy efficiency class	F (light source) in accordance with EU 2019/2015
Glow wire test	960°C
Appliance class	class III
Walkover	no
Drive-over	no
Power cables	includes 1.5 m neoprene cable, H05RN-F 2x0,35/0,75 Ø6,3 mm
Protection systems	IPS (Intelligent Protection System); PID (Protective Impedance Device)
Photobiological safety	photobiological safety: risk group 1 according to EN 62471:2006
Notes	with screw to lock in position; Casambi control using the Casambi app with dedicated electronics

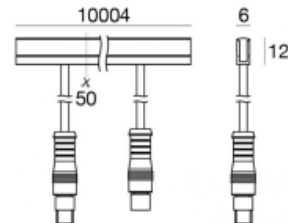
E06: Ταινία LED ανάδειξης κολόνων και αετώματος

i-LèD

Rubber 2D_mini



LED Strip | 1400 topLED 60 W DC 24 V | 6 W/m
685 Lm/m | CRI >90
C0057WDI10004



Technical data	
Length	10000 mm
Minimum cut	50 mm
Type	LED Strip
Installation position	Wall lights - Ceiling
Installation environment	Outdoor
Light Source	LED
Circuit structure	topLED
Optics	Diffused
Light emission direction	external
Nominal power	60 W DC
Power / m	6 W / m
Source lumens	6850 lm
Source lumens / m	685 lm / m
Input voltage range	24V
CCT / Tone	3000 K
Colour rendering index	>90 Ra
C.C. / C.V.	CV
Safety class	3
IP	IP67
Glow wire test	650°
Direct mounting on normally flammable surfaces	Yes
CE	Yes
ETL	Yes
Driver included	No
Dimmable article	DALI - 1-10V
Directional	No
Tilting	No
Walk-over	No
Drive-over	No
Cable included	Yes
Cable length	1(M)x0.25 m + 1(F)x0.25 m
Resin potting	Yes
Type of light emission	Single emission
Length	10000 mm
Net weight	2.73 Kg
Electrostatic discharge protection	No
Surge protection	No

Finishing casing	
Material	Technopolymer
Colour	white

Finishing diffuser	
Material	PU
Colour	Opal

Electronics

99331
On/Off Driver 198~264V AC / 176~275V DC 150 W (1 - 2 art.)

99332
1-10V Controller (1 - 2 art.)

99374
On/Off Driver 198~264V AC / 176~275V DC 75 W (1 art.)

83333
Push and Simply Dim - DALI-2 Controller (1 - 2 art.)

C-E400002
Push and Simply Dim - DALI-2 Controller (1 - 4 art.)

LED Strip | 1400 topLED 60 W DC 24 V | 6 W/m | 685 Lm/m | CRI >90 | Base
C0057WDI10004

Single emission led strip for outdoor application. The warm white LED light source with a diffused light distribution is composed of 1400 topLEDs with CCT of 3000 K and a CRI >90; the source luminous flux is 6850 lm, with a 114.2 lm/W nominal luminous efficacy.

The device body is made of technopolymer and features a white finish; the diffuser is made of pu. The ingress protection degree is IP67; the total weight is of 2.73 kg. The power supply driver is not provided and is to be ordered separately.

The total absorbed power is 60 W The power supply cable is included and features a 1(M)x0.25 m + 1(F)x0.25 m length.

The device features protection class III and can be wall lights or ceiling-mounted.

Compliant with the EN 60598-1 standard and its specific provisions.

Energy efficiency class

This product contains 20 light sources of energy efficiency class F.

Illuminotecnical Features

Light Output Ratio (LOR)	27 %
Source lumens	6850 lm
Delivered lumens	1880 lm
Consumption	60 W
Luminaire efficacy	31 lm/W
Colour temperature	3000 K
Standard Deviation of Colour Matching	3 Step MacAdam
Standard Operating Ambient Temperature	-20 / +55°C

LED Life / Failure Ratio

L70 B20 C0 72500h

E07: Γραμμικά φωτιστικά ανάδειξης γείσου

Linealuce

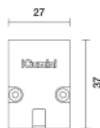
Design Jean-Michel
Wilmotte

iGuzzini

Last information update: May 2025

Product configuration: UE87

UE87: 27 Surface Full Remote - Warm White - 48 Vdc - L=920mm - Wall Grazing No Dot optic



Product code

UE87: 27 Surface Full Remote - Warm White - 48 Vdc - L=920mm - Wall Grazing No Dot optic

Technical description

Direct light linear luminaire, designed to use monochrome LED lamps. The product can be installed using pairs of arms, ceiling/ground/wall-mounting bases, stakes, and pendant rods and cables (to be ordered separately). The body is made of extruded aluminium and includes die-cast aluminium end caps with 50/60 Shore A silicone seals. It is subjected to a multi-step, pre-treatment process, in which the main phases are degreasing, fluorozirconation (a protective surface film) and sealing (with a nano-structured silane layer). The following painting stage consists of a primer and a liquid acrylic paint, cured at 150°C, with a high level of weather and UV ray resistance. The top of the optical assembly is closed by a 5mm thick transparent glass screen, fixed with silicone. Complete with Warm White multi-LED circuit. Both the 48Vdc control card (available in a DMX version and a DALI version) and the power supply must be purchased separately. Supplied with a connector with an IP68 threaded locknut. The products have a double connector (male/female) to allow pass-through wiring and continuous line applications. The product is supplied with a closure cover (UV-resistant) that covers the cables and protects against dirt and UV rays. Fitted with a No Dot optical system. All external screws used are made of A2 stainless steel.

Installation

Installation accessories can be purchased separately, including arms for wall installations at a height of less than 3m, arms for wall installations at a height of more than 3m, bases for ceiling or wall-mounted installations, stakes, and pendant rods and cables.

Colour

White (01) | Black (04) | Grey (15) | Rust Brown (F5)

Weight (Kg)

1.12

Mounting

wall arm|wall surface|ceiling surface

Wiring

Ceiling, wall, surface, stake and pendant installation.

Notes

Supplied with a connector with an IP68 threaded locknut. The products have a double connector (male/female) to allow pass-through wiring and continuous line applications. Both the control card and power supply are remote and must be purchased separately.

Complies with EN60598-1 and pertinent regulations



Technical data

Im system:	413	Life Time LED 1:	100,000h - L85 - B10 (Ta 25°C)
W system:	11.5	Life Time LED 2:	100,000h - L85 - B10 (Ta 40°C)
Im source:	1720	Voltage [Vin]:	48
W source:	8.9	Lamp code:	LED
Luminous efficiency (lm/W, real value):	35.9	Number of lamps for optical assembly:	1
Im in emergency mode:	-	ZVEI Code:	LED
Total light flux at or above an angle of 90° [Lm]:	0	Number of optical assemblies:	1
Light Output Ratio (L.O.R.) [%]:	24	Intervallo temperatura ambiente:	from -30°C to 50°C.
CRI (minimum):	80	LED current [mA]:	40
Colour temperature [K]:	3000	Control:	PWM
MacAdam Step:	3		

E08: Uplight δέσμης 180° ανάδειξης αετώματος

Trick

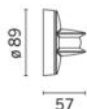
Design Dean
Skira

IGuzzini

Last information update: March 2025

Product configuration: BU16

BU16: Wall/ceiling mounted, ø89mm luminaire without an electronic transformer - Warm White - 180° blade effect



Product code

BU16: Wall/ceiling mounted, ø89mm luminaire without an electronic transformer - Warm White - 180° blade effect

Technical description

Wall and ceiling-mounted luminaire, designed for use with LED lamps and a patented, 180° blade effect optic. The product consists of a support base and screen. The base is made of phosphocromatization treated, die-cast aluminium, with a double base coat and passivation at 120°C. It is coated with liquid acrylic paint, cured at 150 °C to guarantee a high level of weather and UV ray resistance. The optic is made of methacrylate and fixed to the body via a zamak cover. All the screws used are made of A2 stainless steel.

Installation

Wall and ceiling mounted by means of a stainless steel wall fixture plate.

Colour

White (01) | Black (04) | Grey (15) | Rust Brown (F5)

Weight (Kg)

0.24

Mounting

wall surface|ceiling surface

Wiring

Product supplied with an outlet cable L=200mm. Electronic ballast to be ordered separately.

Notes

Compatible with the Master Pro DMX control system.

Complies with EN60598-1 and pertinent regulations



Technical data

Im system:	128	MacAdam Step:	3
W system:	3.7	Life Time LED 1:	100,000h - L80 - B10 (Ta 25°C)
Im source:	510	Life Time LED 2:	100,000h - L80 - B10 (Ta 40°C)
W source:	3.7	Lamp code:	LED
Luminous efficiency (lm/W, real value):	34.5	Number of lamps for optical assembly:	1
Im in emergency mode:	-	ZVEI Code:	LED
Total light flux at or above an angle of 90° [Lm]:	2	Number of optical assemblies:	1
Light Output Ratio (L.O.R.) [%]:	25	Intervallo temperatura ambiente:	from -30°C to 50°C.
CRI (minimum):	80	Lifetime of product at ambient operating temperature:	≥ 50.000h Ta=40°C
Colour temperature [K]:	3000	LED current [mA]:	450

Uplights | 198-264 V AC /186-275 V DC | 1 x powerLED 1.6 W DC - 3 W AC | CRI 80 | Base
83567W08

Single emission uplights for outdoor application. The warm white LED light source with a narrow spot light distribution is composed of 1 powerLEDs with CCT of 3000 K and a CRI 80; the source luminous flux is 249 lm, with a 155.6 lm/W nominal luminous efficacy.

The device body is made of stainless steel and features a steel finish, processed by means of shot peening. The ingress protection degree is IP67; the total weight is of 0.230 kg.

The total absorbed power is 3 W The power supply cable is included and features a 1 m length.

The device features protection class II and can be wall lights or floor-mounted.

Compliant with the EN 60598-1 standard and its specific provisions.

Energy efficiency class

This product contains a light source of energy efficiency class D.

Illuminotecnical Features

Light Output Ratio (LOR)	68 %
Source lumens	249 lm
Delivered lumens	170 lm
Consumption	3 W
Luminaire efficacy	56 lm/W
Colour temperature	3000 K
Standard Deviation of Colour Matching	1.5 Step
Colour rendering index	80 Ra
Standard Operating Ambient Temperature	-20 / +50°C
Ordinary temperature on the glass	50°C

LED Life / Failure Ratio

L70 B10 C0 361980h (at Tj 60 Ta 25)

L80 B0 C10 218240h (at Tj 60 Ta 25)

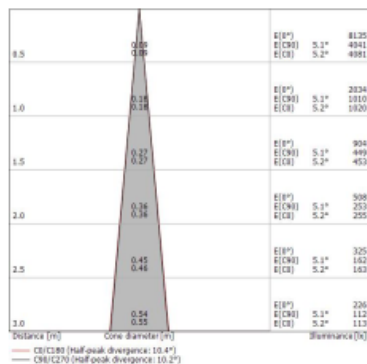
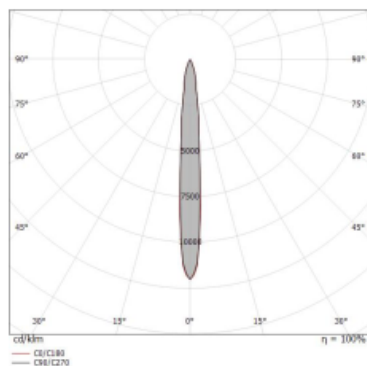
L90 B0 C10 91450h (at Tj 60 Ta 25)

UGR

UGR axial	12.1
UGR transversal	12.2
X=4H Y=8H	S=0.25H
Reflection factor	70/50/20

OPTICAL

C0/C180 optics	10°
Light distribution symmetry	Symmetrical



Οι ακριβείς ποσότητες φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν, όπως παρουσιάζονται στα σχέδια, Εικόνες 94-99:

E01a	GMR Enlights - Diamante A, DIA F_GF03_1050_3K_5A_A						
8 τμχ	Φ: 6092lm	P: 40.5W	I: 1050mA	CCT: 3000K	CRI: 80	Δέσμη: 5A	Λειτουργία: on-off(VM)
E01b	GMR Enlights - Diamante A, DIA F_GF03_700_3K_5A_A						
7 τμχ	Φ: 4212lm	P: 27W	I: 700mA	CCT: 3000K	CRI: 80	Δέσμη: 5A	Λειτουργία: on-off(VM)
E01c	GMR Enlights - Diamante A, DIA F_GF02_700_3K_5A_A						
16 τμχ	Φ: 2926lm	P: 18.5W	I: 700mA	CCT: 3000K	CRI: 80	Δέσμη: 5A	Λειτουργία: on-off(VM)
E01d	GMR Enlights - Diamante A, DIA F_GF02_525_3K_5A_A						
5 τμχ	Φ: 2246lm	P: 13.5W	I: 525mA	CCT: 3000K	CRI: 80	Δέσμη: 5A	Λειτουργία: on-off(VM)
E01e	GMR Enlights - Diamante A, DIA F_GF02_700_3K_3C_A						
9 τμχ	Φ: 2926lm	P: 18.5W	I: 700mA	CCT: 3000K	CRI: 80	Δέσμη: 3C	Λειτουργία: on-off(VM)
E01f	GMR Enlights - Diamante A, DIA F_GF03_700_3K_3C_A						
2 τμχ	Φ: 4212lm	P: 27W	I: 700mA	CCT: 3000K	CRI: 80	Δέσμη: 3C	Λειτουργία: on-off(VM)
E02	Luce&Light - Spot 2.4, CF2410000050M5						
2 τμχ	Φ: 515lm	P: 8W	V: 230V	CCT: 3000K	CRI: 80	Δέσμη: 29°	Λειτουργία: on-off
E03	LineaLight - Rubber Mini, C0057WDI10004						
10 m	Φ: 188lm/m	P: 6W/m	V: 24V	CCT: 3000K	CRI: 90	Δέσμη: Διάχυτη	Λειτουργία: on-off
E04	Luce&Light - Intono 2.1, NT2110100050T7						

40 τμχ	Φ: 326lm	P: 6W	V: 230V	CCT: 3000K	CRI: 90	Δέσμη: 11°	Λειτουργία: on-off
E05	Luce&Light - Pivot 1.7, CP170015UE						
4 τμχ	Φ: 284lm	P: 3,5W	V: 24V	CCT: 3000K	CRI: 90	Δέσμη: 5°	Λειτουργία: on-off
E06	LineaLight - Rubber Mini, C0057WDI10004						
20,3m	Φ: 188lm/m	P: 6W/m	V: 24V	CCT: 3000K	CRI: 90	Δέσμη: Διάχυτη	Λειτουργία: DALI dim
E07	iGuzzini - Linealuce 27, UE87						
98 τμχ	Φ: 413lm	P: 11,5W	V: 48V	CCT: 3000K	CRI: 80	Δέσμη: Στενή	Λειτουργία: DALI dim
E08	iGuzzini – Trick 180, BU16						
3 τμχ	Φ: 128lm	P: 3,7W	I: 450mA	CCT: 3000K	CRI: 80	Δέσμη: 180°	Λειτουργία: DALI dim
E09	LineaLight - Beret_2R, 83567W08						
28 τμχ	Φ: 170lm	P: 3W	V: 230V	CCT: 3000K	CRI: 80	Δέσμη: 10°	Λειτουργία: on-off

8. Βιβλιογραφία

- [1] Λ. Δούλος, Π. Κονταξής, Κ. Λάσκος, Φ. Τοπαλής and Α. Τσαγκρασούλης, ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ, ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021, Apr. 2021.
- [2] Φ. Β. Τοπαλής, Α. Οικονόμου, and Σ. Κουρτέση, *Φωτοτεχνία*, 2η Έκδοση. Εκδόσεις Τζιόλα, 2024.
- [3] K. W. Houser and T. Esposito, “Human-Centric Lighting: Foundational Considerations and a Five-Step Design Process,” *Frontiers in Neurology*, vol. 12, Jan. 2021, doi: <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.630553>.
- [4] M. D. Al-Amri, M. El-Gomati, and M. S. Zubairy, Eds., *Optics in Our Time*. Cham: Springer International Publishing, 2016. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-31903-2>.
- [5] R. Matulka and D. Wood, “The History of the Light Bulb,” *Energy.gov*, Nov. 22, 2013. <https://www.energy.gov/articles/history-light-bulb>
- [6] Delta Light, *Thesaurus. Office lighting. A guide to comfort*. Delta Light. Available: <https://viewer.deltalight.com/T-Office/>
- [7] R. Ganslandt and H. Hofmann, *Handbook of Lighting Design*, 1st ed. ERCO Leuchten GmbH, 1992.
- [8] A. Sholanke, O. Fadesere, and D. Elendu, “The Role of Artificial Lighting in Architectural Design: A Literature Review,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 665, no. 1, p. 012008, Mar. 2021, doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/665/1/012008>.
- [9] M. Chukwuemeka, I. Ikike, and N. Etim, “Urban Lighting: A Critical Element in Architectural and Urban Design,” *International Journal of Research Publication and Reviews*, vol. 6, no. 2, pp. 3850–3854, Feb. 2025, Available: https://www.researchgate.net/publication/389279995_Urban_Lighting_A_Critical_Element_in_Architectural_and_Urban_Design
- [10] C. Diez-Pastor and J. Garcia, “Light as a Symbolic Definer of Spaces in Romanesque Architecture,” in *Licht-Konzepte in der voormodernen Architektur*, P. I. Schneider and U. Wulf-Rheidt, Eds., Schnell & Steiner, 2011, pp. 304–321. Available: https://www.researchgate.net/publication/260096374_Light_as_a_Symbolic_Definer_of_Spaces_in_Romanesque_Architecture#:~:text=Romanesque%20used%20light%20to%20maximize,light%20towards%20it%20at%20dusk.
- [11] Y. Erel, Foteini Kyriakidou, and R. Eduardo, “Urban Illuminations – Light Art Activating The Public Realm,” *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, vol. 1320, no. 1, pp. 012012–012012, Mar. 2024, doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1320/1/012012>.
- [12] *The Lighting Handbook*, 6th ed. Dornbirn, AUSTRIA: Zumtobel Lighting GmbH, 2018.
- [13] C. Neumann, “LEDs: Basics - Applications - Effects,” *licht.wissen*, no. 17, 2018. Available: https://www.licht.de/fileadmin/Publications/licht-wissen/1807_lw17_E_LEDs-Basics-Applications-Effects_web.pdf
- [14] Society Of Light And Lighting, *The SLL lighting handbook*. London: The Society Of Light And Lighting, 2018.

- [15] Society Of Light And Lighting, *Lighting Guide 14: Control of electric lighting*. London: The Society Of Light And Lighting, 2023.
- [16] “Difference between DC 1-10V or 0-10V dimming methods in MW dimmable LED driver,” MEAN WELL EUROPE B.V. Accessed: Apr. 07, 2015. [Online]. Available: <https://www.meanwell.eu/ExclusivePDF/DIMMING-NOTE.pdf>
- [17] “Casambi Whitepaper: Revolutionizing Retrofit and Refurbishment Projects with Casambi: Transforming Spaces Through Smart Lighting Control,” <https://casambi.com/>. [https://casambi.com/wp-content/uploads/2024/04/Retrofit-and-Refurbishment-Projects-v2.2.pdf#:~:text=Smart%20lighting%20controls%2C%20using%20occupancy%20and%20daylight,of%20Energy%2C%20Building%20Performance%20Institute%20Europe%20\).&text=Incorporating%20Casambi%20wireless%20lighting%20controls%20into%20LED,system%20while%20enhancing%20the%20overall%20user%20experience](https://casambi.com/wp-content/uploads/2024/04/Retrofit-and-Refurbishment-Projects-v2.2.pdf#:~:text=Smart%20lighting%20controls%2C%20using%20occupancy%20and%20daylight,of%20Energy%2C%20Building%20Performance%20Institute%20Europe%20).&text=Incorporating%20Casambi%20wireless%20lighting%20controls%20into%20LED,system%20while%20enhancing%20the%20overall%20user%20experience)
- [18] K. Kubiak, “Design Thinking in Lighting Design to Meet User Needs,” *Sustainability*, vol. 16, no. 9, pp. 3561–3561, Apr. 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/su16093561>.
- [19] “Ultimate Guide to the Basics of Efficient Lighting,” *Scribd*, 2025. <https://www.scribd.com/document/279939350/Ultimate-Guide-to-the-Basics-of-Efficient-Lighting> (accessed Jul. 03, 2025).
- [20] BEGA Gantenbrink-Leuchten KG, “Luminance in proportion · BEGA,” *Bega.com*, Apr. 24, 2024. <https://www.bega.com/en/knowledge/lighting-theory/luminance-in-proportion/>.
- [21] *L&L Reference book 6.0*, 6th ed. L&L Luce&Light srl, 2025. Available: https://www.lucelight.it/media/documenti/LL_Reference_Book_6.0.pdf
- [22] “Our Guide for CIBSE Recommended Lighting Levels.” Available: <https://mountlighting.co.uk/app/uploads/2019/06/Mount-Lighting-White-Paper-CIBSE.pdf>
- [23] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, *Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places, EN 12464-1*, 2011.
- [24] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, *Light and lighting - Lighting of work places - Part 2: Outdoor work places, EN 12464-2*, 2014.
- [25] USGBC, “LEED rating system,” *USGBC*, 2025. <https://www.usgbc.org/leed>
- [26] WELL, “WELL Standard,” *WELL Standard*. <https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/overview/>
- [27] “Lighting of the Hellenic Parliament in Athens” *Lucelight.it*, 2025. https://www.lucelight.it/en/progetto.php/194821-the-hellenic-parliament-in-athens?_gl=1.
- [28] “The Central Market in Saragossa” *Iguzzini.com*, 2018. <https://www.iguzzini.com/projects/project-gallery/the-central-market-in-saragossa/>.
- [29] “The Parco del Mare” *Iguzzini.com*, 2020. <https://www.iguzzini.com/projects/project-gallery/the-parco-del-mare/>.
- [30] “Vienybès Square” *Iguzzini.com*, 2019. <https://www.iguzzini.com/projects/project-gallery/vienybes-square/>.

- [31] “Invention and Evolution of Light Bulb,” *THE WAVES*, Jul. 22, 2020. <https://www.the-waves.org/2020/07/22/invention-and-evolution-of-light-bulb-more-than-a-spark-in-the-mind-of-genius/>.
- [32] “Everything on the Pantheon Rome Oculus - The Celestial Eye,” *www.tickets-rome.com*. <https://www.tickets-rome.com/roman-pantheon-tickets/pantheon-oculus/>.
- [33] “Berol Link, London, UK | dpa lighting consultants – ‘Right Light, Right Place, Right Time’™,” *Dpalighting.com*, 2025. <https://www.dpalighting.com/portfolio/berol-link-london-uk/>.
- [34] “Tradition and renewal: the Festival of Lights in Lyon,” *Iguzzini.com*, 2019. <https://www.iguzzini.com/lighthinking/tradition-and-renewal-the-festival-of-lights-in-lyon/>.
- [35] Lenalighting, “SDCM (McAdam)”, 2025. <https://lenalighting.com/company/knowledge-base/1706-sdcm-mcadam>.
- [36] Faro Barcelona, “What are MacAdam Ellipses and what are they for?,” *Faro.es*, May 11, 2023. <https://faro.es/en/blog/what-are-macadam-ellipses-and-what-are-they-for/>.
- [37] “The advent of the light bulb – Let there be light!”, *Standardpro.com*, Feb. 27, 2017. <https://www.standardpro.com/blog/advent-of-the-light-bulb>.
- [38] “LED-Spot Tridonic Engine SLA ESSENCE AC pc G2 50mm 700lm 927 24° SNC”, *Elektrogrosshandel*, 2019. <https://www.elektrogrosshandel.ch/de/item/led-spot-tridonic-engine-sla-essence-ac-pc-g2-50mm-700lm-927-24-snc-941422056>.
- [39] “PL-CN 111AC-1200-830 24 G1 | PrevaLED® COIN 111 AC G1 | LEDVANCE”, *Ledvance.com*, 2019. <https://www.ledvance.com/en-int/professional-lighting/products/led-strips--modules-and-electronics/led-light-engines-and-modules/spot-down--and-wallmount-light-engines-and-modules/led-modules-with-integrated-optics-and-heat-sink/led-modules-with-integrated-optics-and-heat-sink-c8112?productId=128662>
- [40] “4 inch Linear ZEGA LED Module LHO-02-600-830-120-S3, 120V 600lm 3000K(Warm White)”, *lightsandparts.com*. <https://lightsandparts.com/products/zega-led-linear-ho-series-dimmable-4-inch-linear-led-module-120vac-600lm-3000k-lho-02-600-830-120-s3>.
- [41] “LED Driver Selection | Farnell Ireland”, *Farnell.com*, 2023. <https://ie.farnell.com/lig-led-driver-selection>.
- [42] “OTi DALI 10/220...240/700 NFC | OPTOTRONIC© Intelligent – DALI NFC S | LEDVANCE”, *Ledvance.com*, 2019. <https://www.ledvance.com/en-int/professional-lighting/products/led-strips--modules-and-drivers/led-drivers/constant-current-indoor/constant-current-indoor-dimmable/constant-current-indoor-c201262?productId=180601>.
- [43] “BO HONEYCOMB LOUVER | Zubehör | XAL”, *Xal.com*, 2025. <https://www.xal.com/de/produkte/p/zubehor/bo-honeycomb-louver~283274>.
- [44] “LEDS C4: Play Optics, infinitas opciones de configuración”, *Proinstalaciones.com*, Jul. 16, 2019. <https://www.proinstalaciones.com/actualidad/novedades/3003-leds-c4-play-optics-infinitas-opciones-de-configuracion>.
- [45] “ADELIA”, *LEDiL*, Mar. 27, 2024. <https://www.ledil.com/product-landing/reflectors/adelia/#start>.

- [46] “LD51 | *Lightgraphix Ltd*”, *Lightgraphix.co.uk*, 2025. <https://lightgraphix.co.uk/prod?product=LD51>.
- [47] “*Lighting Standards for Architects and Interior Designers*”, *Postdigitalarchitecture.com*, 2025. https://postdigitalarchitecture.com/blogs/articles/room-by-room-lighting-standards-for-function-and-ambiance?srsId=AfmBOor_Z1YuMZv_skX2s8Fjr2zvtiwYPFzl4FolaUZvX468z8INPjID.
- [48] BEGA Gantenbrink-Leuchten KG, “*Products*,” *Bega.com*, Oct. 18, 2024. <https://www.bega.com/en/products/>.
- [49] “*The Indoor Lighting Range*”, *Iguzzini.com*, 2016. <https://www.iguzzini.com/indoor-lighting/>.
- [50] “*Σπάρτη: Ταξίδι στον μυθικό τόπο των ηρώων και του πολιτισμού*”, *Travelgo.gr*, Jul. 10, 2019. <https://www.travelgo.gr/lakonia/289394/sparti-taxidi-ston-mythiko-topo-ton-iroon-kai-toy-politismoy>.
- [51] Notospress, “*Άλλαξαν φωτιστικά στην κεντρική πλατεία της Σπάρτης - Έτοιμη η Πολιτική Προστασία (video)*”, *Notospress.gr*, May 10, 2023. https://www.notospress.gr/peloponnisos/story/89274/allaksan-fotistika-stin-kentriki-plateia-tis-spartis-etoimi-i-politiki-prostasia-video#goog_rewarded.
- [52] BEGA Gantenbrink-Leuchten KG, “*Pole-top luminaires*”, *Bega.com*, Mar. 31, 2025. <https://www.bega.com/en/products/outdoor-luminaires/pole-top-luminaires/pole-top-luminaires-85327/?colour-temperature=3000>.
- [53] “*The Politecnico di Milano’s Architecture Campus | Milan, Italy*”, *Iguzzini.com*, 2021. <https://www.iguzzini.com/projects/project-gallery/the-politecnico-di-milano%E2%80%99s-architecture-campus/>.
- [54] Vega Dani, “*Garden Lovers*”, *Pinterest*, Jul. 21, 2025. <https://gr.pinterest.com/pin/147422587799075562/>.
- [55] Archilovers, “*Montagne-Saint-Émilion, Bordeaux - Picture gallery 2*”, *Pinterest*, 2025. <https://gr.pinterest.com/pin/211458144997367165/>.
- [56] iGuzzini, “*The regeneration of the old town of Paphos*”, *Pinterest*, 2025. <https://gr.pinterest.com/pin/669417932153842666/>.
- [57] Linea Light Group, “*Monumental outdoor lighting*,” *Pinterest*, Aug. 15, 2024. <https://gr.pinterest.com/pin/4644405859561208/>.
- [58] Flos, “*Hotel Resort Borgo Dei Conti | Projects | Hotel | Flos*”, *Pinterest*, 2023. <https://gr.pinterest.com/pin/669417932153845311/>.
- [59] Disano, “*Virtual Midnight*”, *Disano Illuminazione - Fosnova*, 2025. <https://www.disano.it/en/virtual-midnight/>.