



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Μελέτη Φωτισμού του Αρχαίου Θεάτρου Δωδώνης

Μιχαήλ Ν. Τσίπος

Επιβλέπων: Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ

Αθήνα, 2020



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Μελέτη Φωτισμού του Αρχαίου Θεάτρου Δωδώνης

Μιχαήλ Ν. Τσίπος

Επιβλέπων: Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20^η Ιουλίου 2020

.....

Φραγκίσκος Β. Τοπαλής
Καθηγητής ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ

.....

Παύλος Γεωργιλάκης
Αναπληρωτής Καθηγητής
ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ

.....

Ιωάννης Γκόνος
Αναπληρωτής Καθηγητής
ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ

Αθήνα, 2020

.....

Μιχαήλ Ν. Τσίπος

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

Copyright © Μιχαήλ Ν. Τσίπος, 2020

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.

“Were it not for shadows, there would be no beauty.”
— Junichirō Tanizaki, *In Praise of Shadows*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κύριο Φραγκίσκο Β. Τοπαλή, Καθηγητή ΕΜΠ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε να αναλάβω αυτή τη διπλωματική εργασία καθώς και για την υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της. Η καθοδήγησή του ήταν πολύτιμη.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κύριο Σταύρο Μπένο, ιδρυτή και πρόεδρο του σωματείου «ΔΙΑΖΩΜΑ» για το ενδιαφέρον που έδειξε στο εγχείρημά μου, καθώς και το σωματείο για την υποστήριξη του και ιδιαίτερα τον Ευδόκιμο Φρέγκογλου.

Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω την Εφορία Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων που μου έδωσε την δυνατότητα να έρθω σε επαφή με αυτό το σημαντικό μνημείο και την παραχώρηση τοπογραφικών σχεδίων, καθώς και τον κύριο Πέτρο Κατσούδα, μέλος της επιστημονικής ομάδας για την αποκατάσταση του αρχαίου θεάτρου Δωδώνης για την συνεργασία του κατά την αναζήτηση αυτού του υλικού.

Ευχαριστώ τους γονείς μου, Νίκο και Σοφία, και την αδερφή μου, Φωτεινή, για την αμέριστη και ασταμάτητη στήριξη τους, την υπομονή και την συμπαράστασή τους.

Θέλω να ευχαριστήσω τον Θεό που με ευλόγησε να βρεθώ σε αυτή τη θέση. Ό,τι κάνω το κάνω μέσα από αυτόν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη φωτισμού του αρχαίου θεάτρου της Δωδώνης, μέσω ανάλυσης, έρευνας και υλοποίησης στρατηγικής φωτισμού και τρισδιάστατων προσομοιώσεων για την οπτικοποίηση της. Το θέατρο της Δωδώνης είναι από τα μεγαλύτερα και καλύτερα σωζόμενα αρχαία ελληνικά θέατρα, αναπόσπαστο τμήμα του ιερού της Δωδώνης και κατασκευάσθηκε τον 3ο π.Χ. αιώνα. Προσδιορίζεται γεωγραφικά σε απόσταση περίπου 2 χλμ. από τον οικισμό της Δωδώνης και κείται σε κλειστή, επιμήκη κοιλάδα, στους πρόποδες του όρους Τόμαρος, σε υψόμετρο 600 μέτρων. Για την μελέτη φωτισμού του χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό DIALux eno, ενώ η διττή φύση του θεάτρου ως επισκέψιμο μνημείο και χώρος τέλεσης καλλιτεχνικών δρώμενων καθόρισε της αρχές του σχεδιασμού φωτισμού. Αρχικά, έγινε η αναγνώριση του μνημείου και του περιβάλλοντος χώρου του μέσω βιβλιογραφικής και επί τόπιας έρευνας, ενώ συλλέχθηκαν τα διαθέσιμα αρχιτεκτονικά και τοπογραφικά σχέδια. Ακολούθησε η υλοποίηση τρισδιάστατου μοντέλου του θεάτρου και η επιλογή κατάλληλων φωτιστικών. Με την προσομοίωση του έργου υπολογίστηκαν τα επίπεδα φωτισμού και παρήχθησαν φωτορεαλιστικές απεικονίσεις. Τέλος, συγκεντρώθηκαν τεχνικά στοιχεία που αφορούν την ηλεκτρική εγκατάσταση φωτισμού και περιεγράφηκε το σύστημα αυτομάτου ελέγχου των φωτιστικών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

αρχαίο θέατρο Δωδώνης, φωτισμός ανάδειξης, φωτισμός μνημείων, φωτισμός αρχαίου θεάτρου, τεχνικές φωτισμού, προσομοίωση φωτισμού, DIALux eno, πρωτόκολλο DALI, ηλεκτρολογική εγκατάσταση φωτισμού

ABSTRACT

The purpose of this thesis is the lighting design of the ancient theatre of Dodoni after conducting analysis, research and construction of a lighting strategy and 3D simulations for its visualization. The Dodoni Theater is one of the largest and best-preserved ancient Greek theatres. It was an essential part of the archaeological site of Dodoni. It was constructed in the 3rd century BC. It is located approximately 2 km from the town of Dodoni and lies in a natural cavity at the foot of Mount Tomaros, at an altitude of 600 meters. DIALux evo software was used for its lighting design completion, while the dual nature of the theatre as a visitable monument and a place for performing arts determined the principles of lighting design. Specifically, the monument and its environment were identified following a thorough bibliographical and on-site research, while any available architectural and topographical designs were collected. Next ensued the construction of a 3D model of the theatre and the selection of appropriate luminaries. Lighting levels achieved were calculated through simulations, and photorealistic renderings were produced. In the end, technical data for the electrical lighting installation were collected, and the automatic lighting control system was described.

KEYWORDS

ancient theatre of Dodoni, illumination lighting, monument lighting, ancient theatre lighting, lighting techniques, lighting simulation, DIALux evo, DALI protocol, electrical lighting installation

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην σύγχρονη εποχή παρατηρείται η τάση σε παγκόσμιο επίπεδο να καταβάλλονται προσπάθειες για διάσωση, αξιοποίηση και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς. Ο σύγχρονος άνθρωπος έχει την ανάγκη να γνωρίσει και να κατανοήσει τις ρίζες του και την ιστορία του.

Με την αποκατάσταση και την ανάδειξη των μνημείων δημιουργούνται νέες εικόνες στους αρχαιολογικούς χώρους. Τα μνημεία διατηρούν τον ρόλο τους στη σύγχρονη εποχή και οι αρχαιολογικοί χώροι αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του αστικού τοπίου και του ευρύτερου περιβάλλοντος.

Ο φωτισμός ιστορικών κτιρίων και μνημείων, τόπων με μνήμη και σημαντικό παρελθόν, αποτελούν πρόκληση για τους σχεδιαστές φωτισμού. Η ποικιλία στην αρχιτεκτονική και οι διαφορετικές ανάγκες για τη διατήρηση τους απαιτούν συγκεκριμένες και συχνά μοναδικές προτάσεις.

Σκοπός αυτής της διπλωματικής είναι η μελέτη φωτισμού του αρχαίου θεάτρου Δωδώνης. Το θέατρο της Δωδώνης είναι από τα μεγαλύτερα και καλύτερα σωζόμενα αρχαία ελληνικά θέατρα, αναπόσπαστο τμήμα του ιερού της Δωδώνης και κατασκευάσθηκε τον 3ο π.Χ. αιώνα. Προσδιορίζεται γεωγραφικά σε απόσταση περίπου 2 χλμ. από τον οικισμό της Δωδώνης και κείται σε κλειστή, επιμήκη κοιλάδα, στους πρόποδες του όρους Τόμαρος, σε υψόμετρο 600 μέτρων.

Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η έννοια του φωτός και η όραση, ενώ το δεύτερο ξεκινάει με αναφορά στις φωτεινές πηγές τεχνολογίας LED, που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση της παρούσας μελέτης, καθώς και οι βασικές αρχές εξωτερικού φωτισμού.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι γενικές αρχές και οι κατευθύνσεις που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό φωτισμού κάθε μνημείου και ιστορικού κτιρίου. Η ανάδειξη των μνημείων και των αρχαιολογικών χώρων θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην βλάπτεται η ημερήσια εικόνα τους και να μην αλλοιώνεται ο χαρακτήρας τους. Στη συνέχεια, παρατίθενται χαρακτηριστικές περιπτώσεις φωτισμού αρχαιολογικών χώρων και αρχαίων θεάτρων όπως και ιστορικών κτιρίων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στην αρχιτεκτονική του αρχαιοελληνικού θεάτρου και παρατίθενται πληροφορίες για την ιστορία και την μορφή του αρχαίου θεάτρου Δωδώνης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται η υλοποίηση και παρουσίαση του σχεδιασμού φωτισμού για το συγκεκριμένο μνημείο. Με την πραγματοποίηση προσομοίωσης προσδιορίζονται οι θέσεις και οι στοχεύσεις των φωτιστικών στο χώρο. Γίνεται περιγραφή των φωτιστικών που χρησιμοποιούνται και υπολογισμός παραμέτρων για αξιολόγηση του αποτελέσματος.

Τέλος, υπάρχει παράρτημα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των επιλεγμένων φωτιστικών σωμάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	vii
Περίληψη	ix
Λέξεις Κλειδιά	ix
Abstract	x
Keywords.....	x
Εισαγωγή.....	xi
Περιεχόμενα.....	xii
Ευρετήριο Εικόνων.....	xv
1 Φως	1
1.1 Η Φύση Του Φωτός	1
1.1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	1
1.1.2 Το «Ορατό» Φως	2
1.2 Φως Και Οφθαλμός	2
1.2.1 Ο Οφθαλμός	2
1.2.2 Αντίληψη Χρώματος	3
2 Φωτισμός	4
2.1 Τεχνολογία LED.....	4
2.1.1 Δομή και λειτουργία	4
2.1.2 Απόδοση και χρώμα	5
2.1.3 Βασικά πλεονεκτήματα LED σε σχέση με άλλες φωτεινές πηγές	6
2.1.4 Ο ταχύς ρυθμός ανάπτυξης ως εμπόδιο επιτυχίας των LED.....	6
2.2 Τεχνικές Εξωτερικού Φωτισμού	6
2.2.1 Φωτισμός από πάνω προς τα κάτω	6
2.2.2 Φωτισμός από κάτω προς τα πάνω	7
2.2.3 Φωτισμός υφής	8
2.2.4 Φωτισμός ανάδειξης επιφάνειας	9
2.2.5 Φωτισμός τονισμού	10
2.2.6 Φωτισμός περιγράμματος.....	11
2.2.7 Φωτισμός εστίασης	11
2.2.8 Διάχυτος φωτισμός.....	12
3 Σχεδιασμός Φωτισμού Μνημείων.....	13
3.1 Σχεδιασμός Φωτισμού Για Την Ανάδειξη Αρχαιολογικών Χώρων Και Μνημείων ..	13
3.2 Βασικές Αρχές Του Σχεδιασμού Φωτισμού Μνημείων	13
3.2.1 Μελέτη του σχεδιασμού/αρχιτεκτονικής	14

3.2.2	Θέση του παρατηρητή και διεύθυνση οράσεως	14
3.2.3	Περιβάλλοντας χώρος – Αποφυγή Φωτορύπανσης	14
3.2.4	Υλικά όψης: Ανακλαστικότητα και υφή	14
3.2.5	Χωροθέτηση φωτιστικών σωμάτων	16
3.2.6	Προτεινόμενη ένταση φωτισμού.....	17
3.2.7	Έλεγχος των αντιθέσεων.....	18
3.2.8	Έλεγχος των σκιών	19
3.2.9	Θερμοκρασία χρώματος και χρωματική απόδοση	21
3.2.10	Αποφυγή θάμβωσης.....	22
3.3	Λάθη Στον Φωτισμό Των Μνημείων	23
3.4	Τρόποι Φωτισμού Ανάδειξης Μνημείων Και Ιστορικών Κτιρίων.....	23
3.4.1	Ανάλογα με το σχήμα και το ύψος	23
3.4.2	Ανάλογα με την ορατότητα από μία ή περισσότερες κατευθύνσεις.....	24
3.4.3	Ανάλογα με την θέση των φωτιστικών σωμάτων	26
3.4.4	Ο τοπικός φωτισμός	28
3.5	Επιλεγμένες Περιπτώσεις Φωτισμού Μνημείων Και Αρχαιολογικών Χώρων	29
3.5.1	Ο φωτισμός του Ιερού βράχου της Ακρόπολης.....	29
3.5.2	Φωτισμός Αρχαίου Θεάτρου Διονύσου.....	34
3.5.3	Φωτισμός Αρχαιολογικού χώρου Ελευσίνας.....	36
3.5.4	Μελέτη φωτισμού αρχαιολογικού χώρου Αρχαίας Μεσσήνης.....	39
3.5.5	Φωτισμός του Αμφιθεάτρου της Νιμ	46
3.5.6	Φωτισμός του Κάστρου Spis στην Σλοβακία	47
4	Αρχαίο Θέατρο Στην Ελλάδα	49
4.1	Εισαγωγή.....	49
4.2	Τα Μέρη Του Θεάτρου	49
4.2.1	Η Ορχήστρα	49
4.2.2	Η Σκηνή.....	49
4.2.3	Το Κοίλο.....	49
4.3	Το Αρχαίο Θέατρο Δωδώνης	51
4.3.1	Γενικά στοιχεία	51
4.3.2	Η αρχιτεκτονική του θεάτρου.....	52
4.4	Φωτισμός Στο Αρχαίο Θέατρο	53
5	Φωτισμός Αρχαίου Θεάτρου Δωδώνης.....	54
5.1	Βασικές Αρχές Σχεδίασης Φωτισμού Για Το Αρχαίο Θέατρο Δωδώνης.....	54
5.2	Υλοποίηση Του Φωτισμού Ανάδειξης	54
5.2.1	Υλοποίηση τρισδιάστατου μοντέλου.....	54

5.2.2	Φωτισμός των αναλημματικών τοίχων	56
5.2.3	Ενισχυτικός φωτισμός σε μεγαλύτερο ύψος	57
5.2.4	Φωτισμός του κοίλου	73
5.2.5	Φωτισμός προσκηνίου	78
5.3	Τεχνικές Λεπτομέρειες	81
5.3.1	Ηλεκτρολογική εγκατάσταση για τον φωτισμό παραστάσεων.....	81
5.3.2	Έλεγχος DALI	82
5.3.3	Έλεγχος φωτισμού για την διεξαγωγή δρώμενου	83
5.3.4	Ηλεκτρολογική εγκατάσταση.....	83
6	Επίλογος	86
	Παράρτημα	87
	Βιβλιογραφία	91

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1-1: Ορόσημα στην κατανόηση της φύσης του φωτός (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)	1
Εικόνα 1-2: Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας [1].....	2
Εικόνα 1-3: Η φυσιολογία του οφθαλμού [6]	2
Εικόνα 1-4: Αντίληψη των χρωμάτων στο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας [1] ..	3
Εικόνα 2-1: Φωτοεκπέμπουσα δίοδος, p-n ημιαγωγοί (Πηγή: colorkinetics.com)	4
Εικόνα 2-2: Η ανατομία των LEDs (Πηγή: colorkinetics.com)	5
Εικόνα 2-3: Παραγωγή λευκού φωτός με συνδυασμό πράσινου, κόκκινου και μπλε LED (Πηγή: colorkinetics.com)	5
Εικόνα 2-4: Παράδειγμα down lighting σε οικία (Πηγή: kourtakis-lighting.gr)	7
Εικόνα 2-5: Downlighting στο University of Natural Resources and Life Sciences στη Βιέννη (Πηγή: bega.com)	7
Εικόνα 2-6: Παράδειγμα up lighting σε οικία (Πηγή: www.ledguru.gr)	8
Εικόνα 2-7: Uplighting στο Palacio de la Asamblea (Πηγή: schreder.com).....	8
Εικόνα 2-8: Η τεχνική grazing (Πηγή: zambelislights.gr).....	9
Εικόνα 2-9: Παράδειγμα grazing σε κτίριο (Πηγή: simes.com).....	9
Εικόνα 2-10: Παράδειγμα wall washing (Πηγή: bega.com)	10
Εικόνα 2-11: Παράδειγμα accent lighting (Πηγή: brighterconnectioninc.com).....	10
Εικόνα 2-12: Παράδειγμα τεχνικής silhouetting (Πηγή: gambinolighting.com)	11
Εικόνα 2-13: Παράδειγμα spotlighting (Πηγή: pinterest.com).....	11
Εικόνα 2-14: Παράδειγμα floodlighting (Πηγή: bega.com)	12
Εικόνα 3-1: Ανάδειξη της υφής των επιφανειών με επιλογή κατάλληλης δέσμης [18]	16
Εικόνα 3-2: Πίνακας επιλογής μέσου επίπεδου φωτισμού σε σχέση με τον φωτισμό του περιβάλλοντος, ανάλογα με τον τύπο, το χρώμα και την υφή των υλικών της όψης [8,16] .	17
Εικόνα 3-3: Προτεινόμενη ένταση φωτισμού ανάλογα με το υλικό της επιφάνειας και την κατάσταση της [14]	18
Εικόνα 3-4: S. Miniato al Monte στη Φλωρεντία φαίνεται καθαρά από μακριά λόγω σωστού ελέγχου των αντιθέσεων [8]	19
Εικόνα 3-5: Διάφοροι τύποι σκιών που προκαλούνται από σημειακές και εκτεταμένες φωτεινές πηγές [8].....	19
Εικόνα 3-6: Σχηματισμός σκιών από αρχιτεκτονικές προεξοχές στη όψη σε σχέση με την απόσταση των φωτιστικών από το κτίριο και τη γωνία πρόσπτωσης των φωτεινών ακτίνων [8]	20
Εικόνα 3-7: Οι σκιές που προκαλούνται από τις προεξοχές μετριάζονται ή εξαφανίζονται με τον τοπικό φωτισμό [8]	20
Εικόνα 3-8: Θερμοκρασίες χρώματος και πως τα αντιλαμβανόμαστε [4].....	21
Εικόνα 3-9: Επίδραση διάφορων αποχρώσεων στις επιφάνειες [18]	22
Εικόνα 3-10: Κτίριο χαμηλό(α) και ψηλό(β) που απαιτούν αντίστοιχα ανοικτή και στενή δέσμη. (Πηγή: courses.arch.ntua.gr).....	23
Εικόνα 3-11: Κτίρια με ορθογώνια και τετράγωνη κάτοψη (A-A Διεύθυνση παρατηρήσεως) (Πηγή: courses.arch.ntua.gr)	24
Εικόνα 3-12: Κτίρια με κυκλική κάτοψη (A1, A2: διευθύνσεις παρατηρήσεως του κτιρίου) (Πηγή: courses.arch.ntua.gr).....	24
Εικόνα 3-13: Φωτισμός μνημείου ορατού από μία κατεύθυνση με επιπρόσθετο φωτισμό στο δομικό στοιχείο στο υπόβαθρο, Naples – Italy: Villa Orontis (Πηγή: External lighting systems, iGuzzini, 2011-2012).....	25

Εικόνα 3-14 Ανάδειξη αντικειμένου ορατού από πολλές κατευθύνσεις Με κόκκινο φαίνεται ο φωτισμός ανάδειξης και με κίτρινο ο συμπληρωματικός φωτισμός (Πηγή: Λάμπρος Θ. Δούλος, 2012).	25
Εικόνα 3-15 Ανάδειξη αντικειμένου ορατού από πολλές κατευθύνσεις με περιμετρικό ομοιόμορφο φωτισμό (Πηγή: Λάμπρος Θ. Δούλος, 2012).	26
Εικόνα 3-16 Πανοραμική άποψη του Ιερού βράχου (Πηγή: Κώστας Κάπος)	29
Εικόνα 3-17 Προβολέας philips decoflood mvf-605, mb/150w/830 με πολωτικό φίλτρο προέκτασης της δέσμης και βαμμένος σε ral 1016 για να ταιριάζει με τα μαρμαρά (μνημεία ακροπόλεως και αρχαίο θέατρο Διονύσου) (Πηγή: Κώστας Κάπος)	31
Εικόνα 3-18 Φωτισμός του Ερεχθείου (Πηγή: Κώστας Κάπος)	32
Εικόνα 3-19 Φωτισμός του τμήματος με τις Καρυάτιδες (Πηγή: Κώστας Κάπος)	33
Εικόνα 3-20 Φωτισμός στα Προπύλαια (Πηγή: Κώστας Κάπος)	33
Εικόνα 3-21 Φωτισμός του Βράχου της Ακρόπολης (Πηγή: Κώστας Κάπος)	34
Εικόνα 3-22 Πανοραμική φωτογραφία του φωτισμένου κοίλου (Πηγή: Κώστας Κάπος)	35
Εικόνα 3-23 Διάταξη προβολέων σε ιστό σχήματος Π (Πηγή: Κώστας Κάπος)	36
Εικόνα 3-24 Διάφορα τμήματα του φωτισμένου αρχαιολογικού χώρου Ελευσίνας (Πηγή: Κώστας Κάπος)	38
Εικόνα 3-25 Ασκληπιείο με περιβάλλον χώρο [22,23,24]	39
Εικόνα 3-26 Στάδιο με περιβάλλον χώρο [22,23,24]	40
Εικόνα 3-27 Θέατρο με περιβάλλον χώρο [22,23,24]	40
Εικόνα 3-28 Αρκαδική πύλη με περιβάλλον χώρο [22,23]	40
Εικόνα 3-29 Θέσεις φωτιστικών στο τμήμα Α [22]	41
Εικόνα 3-30 Φωτορεαλιστική απεικόνιση του τμήματος Α [22]	42
Εικόνα 3-31 Θέσεις φωτιστικών στο τμήμα Β [22]	43
Εικόνα 3-32 Φωτορεαλιστική απεικόνιση του Σταδίου [22]	43
Εικόνα 3-33 Θέσεις των φωτιστικών στο Τμήμα Γ [22]	44
Εικόνα 3-34 Φωτορεαλιστική απεικόνιση του περιμετρικού τοίχου του τμήματος Γ [22]	44
Εικόνα 3-35 Θέσεις φωτιστικών στην Αρκαδική πύλη [22]	45
Εικόνα 3-36 Φωτορεαλιστική απεικόνιση της Αρκαδικής Πύλης [22]	45
Εικόνα 3-37 Διάφορες όψεις του Αμφιθεάτρου της Νιμ (Πηγή: bega.com)	46
Εικόνα 3-38 Στα φωτιστικά έχει χαραχθεί το έμβλημα της πόλης (Πηγή: bega.com)	47
Εικόνα 3-39 3.5.6 Φωτισμός του Κάστρου Spis στην Σλοβακία [8]	47
Εικόνα 3-40 Κάτοψη του Κάστρου και θέσεις των φωτιστικών[8]	48
Εικόνα 4-1 Τα μέρη ενός Θεάτρου (Πηγή: Wikipedia.org)	50
Εικόνα 4-2 Το θέατρο της Δωδώνης σήμερα (Πηγή: diazoma.gr)	51
Εικόνα 4-3 Κάτοψη του θεάτρου κατά την αρχαιότητα (Πηγή: The Temple Of Jupiter Olympius At Agrigentum, Commonly Called The Temple Of The Giants. By C.R. Cockerell, Architect, A.R.A. F.S.A.)	52
Εικόνα 4-4 Αναπαράσταση του χώρου κατά την αρχαιότητα (Πηγή: Β. ΣΟΥΛΗΣ)	53
Εικόνα 5-1 Κάτοψη του Θεάτρου (Πηγή: Εφορία Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων)	54
Εικόνα 5-2 Τομή του Κοίλου (Πηγή: Εφορία Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων)	55
Εικόνα 5-3 Τοπογραφικό Θεάτρου και περιβάλλοντος χώρου (Πηγή: Εφορία Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων)	55
Εικόνα 5-4 LED surface-mounted luminaire 84 174 K4 (Πηγή: bega.com)	56
Εικόνα 5-5: Εφαρμογή με το BEGA 84174, Manor Rödinghausen, Menden (Πηγή: bega.com)	56
Εικόνα 5-6 Performance floodlight 84 441 K4 (Πηγή: bega.com)	57
Εικόνα 5-7: Φωτιστικό με την τεχνολογία Vortex Optics (Πηγή: bega.com)	57

Εικόνα 5-8 Το δυτικό τμήμα των αναλημματικών τοίχων	58
Εικόνα 5-9 Το ανάγλυφο της επιφάνειας των τοίχων	58
Εικόνα 5-10 Θέσεις φωτιστικών τύπου Α	59
Εικόνα 5-11 Θέσεις φωτιστικών τύπου Β	59
Εικόνα 5-12 Στόχευση των 2 φωτιστικών τύπου Β	60
Εικόνα 5-13 Απομόνωση των φωτιστικών του δυτικού τμήματος: Τρισδιάστατη απεικόνιση και απεικόνιση επιπέδων φωτισμού (false colors)	60
Εικόνα 5-14 Θέσεις επιφανειών φωτισμού	61
Εικόνα 5-15 Το ανατολικό τμήμα των αναλημματικών τοίχων	62
Εικόνα 5-16 Θέσεις των φωτιστικών τύπου Α	63
Εικόνα 5-17 Θέσεις φωτιστικών τύπου Γ	63
Εικόνα 5-18 Στόχευση φωτιστικών τύπου Γ	63
Εικόνα 5-19 Απομόνωση των φωτιστικών του ανατολικού τμήματος: Τρισδιάστατη απεικόνιση και απεικόνιση επιπέδων φωτισμού (false colors)	64
Εικόνα 5-20 Θέσεις των επιφανειών υπολογισμού του ανατολικού τμήματος	65
Εικόνα 5-21 Το βορειοανατολικό τμήμα των αναλημματικών τοίχων	65
Εικόνα 5-22 Θέσεις φωτιστικών τύπου Α	66
Εικόνα 5-23 Τρισδιάστατη απεικόνιση του φωτιζόμενου τμήματος	66
Εικόνα 5-24 Απεικόνιση επιπέδων φωτισμού (false colors) του φωτιζόμενου τμήματος	67
Εικόνα 5-25 Performance floodlight 84 505 K4 (Πηγή: bega.com)	67
Εικόνα 5-26 Παράδειγμα χρήσης φωτιστικού τύπου Δ (Πηγή: bega.com)	67
Εικόνα 5-27 Η δυτική και η ανατολική κλίμακα	68
Εικόνα 5-28 Απεικόνιση αποτελέσματος στη δυτική κλίμακα και επίπεδα φωτισμού (false colors)	68
Εικόνα 5-29 Απεικόνιση αποτελέσματος στην ανατολική κλίμακα και επίπεδα φωτισμού (false colors)	68
Εικόνα 5-30 BEGA floodlight 77 536 K4 (Πηγή: bega.com)	69
Εικόνα 5-31 Θέσεις φωτιστικών τύπου Ε	69
Εικόνα 5-32 Περιστροφή τριάντα μοιρών προς τα πάνω	70
Εικόνα 5-33 Τρισδιάστατη απεικόνιση και απεικόνιση επιπέδων φωτισμού (false colors)	70
Εικόνα 5-34 Το τοίχιο μπροστά στον ανατολικό αναλημματικό τοίχο	71
Εικόνα 5-35 Θέσεις των φωτιστικών τύπου Ε	71
Εικόνα 5-36 Απεικόνιση φωτισμού του τοιχίου	71
Εικόνα 5-37 Τα επίπεδα φωτισμού του τοιχίου	72
Εικόνα 5-38 Απεικόνιση με προοπτική όπου φαίνονται και οι δύο τοίχοι	72
Εικόνα 5-39 Θέσεις φωτιστικών στο χώρο της Ορχήστρας	73
Εικόνα 5-40 Τρισδιάστατη απεικόνιση και απεικόνιση επιπέδων φωτισμού (false colors)	74
Εικόνα 5-41 Στην εικόνα είναι ευδιάκριτες οι τρεις ζώνες ειδωλίων (Πηγή: milestones-route.eu)	74
Εικόνα 5-42 Το τρίτο διάζωμα του θεάτρου (Πηγή: milestones-route.eu)	75
Εικόνα 5-43 Floodlight 84 502 K4 (Πηγή: bega.com)	75
Εικόνα 5-44 Θέσεις ζευγών φωτιστικών στο τρίτο διάζωμα	76
Εικόνα 5-45 Ζεύγος φωτιστικών Γ και ΣΤ	76
Εικόνα 5-46 Απεικόνιση του κοίλου	77
Εικόνα 5-47 Φωτισμός του κοίλου μόνο από τα ζεύγη προβολέων	77
Εικόνα 5-48 Επίπεδα φωτισμού μόνο από τα ζεύγη προβολέων	77
Εικόνα 5-49 BEGA floodlight 77 538 K4 (Πηγή: bega.com)	78
Εικόνα 5-50 Θέσεις φωτιστικών τύπου Ζ	78

Εικόνα 5-51 Θέσεις και στοχεύσεις φωτιστικών 1/4.....	78
Εικόνα 5-52 Θέσεις και στοχεύσεις φωτιστικών 2/4.....	79
Εικόνα 5-53 Θέσεις και στοχεύσεις φωτιστικών 3/4.....	79
Εικόνα 5-54 Θέσεις και στοχεύσεις φωτιστικών 4/4.....	79
Εικόνα 5-55 Επίπεδα φωτισμού στην πρόσοψη του προσκηνίου.....	80
Εικόνα 5-56 Επίπεδα φωτισμού στην πίσω όψη του προσκηνίου	80
Εικόνα 5-57 Παράδειγμα διαγράμματος το οποίο δείχνει πως προσαρμόζεται ένα σύνθετο σύστημα φωτισμού σε μία θεατρική παράσταση. [4]	81
Εικόνα 5-58 Διάγραμμα των πέντε αγωγών μέσα σε ένα καλώδιο [4]	82
Εικόνα 5-59 Πίνακας με το σύνολο των φωτιστικών, την κατανάλωσή τους και την φωτεινή ροή τους.....	84

1 ΦΩΣ

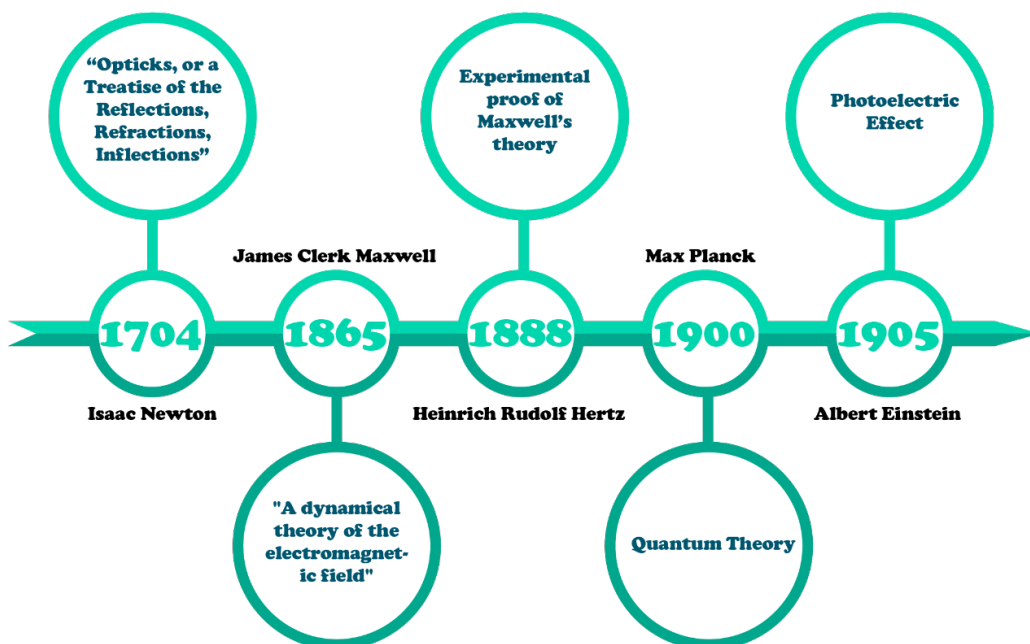
1.1 Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

1.1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η φύση του φωτός απασχόλησε ιδιαίτερα τον άνθρωπο και αποτέλεσε μυστήριο για πολλά χρόνια. Μέχρι τον 18^ο αιώνα, η γνώση του σχετικά με την φύση και τις ιδιότητες του φωτός πήγαινε κυρίως από παρατηρήσεις και εμπειρικά συμπεράσματα: Το φως ταξιδεύει σε ακτίνες, αντανακλάται σε στιλπνές επιφάνειες, όπως τα κάτοπτρα και όταν δύο ακτίνες διασταυρώνονται, δεν παρεμβάλλονται.

Μεγάλη ώθηση στην κατανόηση της φύσης του φωτός δόθηκε από τον Sir Isaac Newton (1643 - 1727), με την δημοσίευση του "Opticks, or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light" το 1704, καθοριστικό ρόλο, όμως, είχε η δημοσίευση "A dynamical theory of the electromagnetic field" του James Clerk Maxwell (1831 - 1879) που απέδειξε θεωρητικά την κυματική φύση του φωτός το 1865. Το 1888 ο Heinrich Rudolf Hertz (1857 - 1894) απέδειξε πειραματικά την θεωρία του Maxwell μην αφήνοντας αμφιβολία πως το φως αποτελεί ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα οι επιστήμονες άρχισαν να κατανοούν την διττή φύση του φωτός: κύμα και σωματίο. Ρηξικέλυθη ήταν η υπόθεση του Max Planck (1858 - 1947) σχετικά με την κβαντική σύσταση του φωτός, ανατρέποντας την μέχρι τότε αντίληψη για συνέχεια της ακτινοβολίας, υπόθεση που απέδειξε ο Albert Einstein (1879 - 1955) εξηγώντας το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο το 1905.

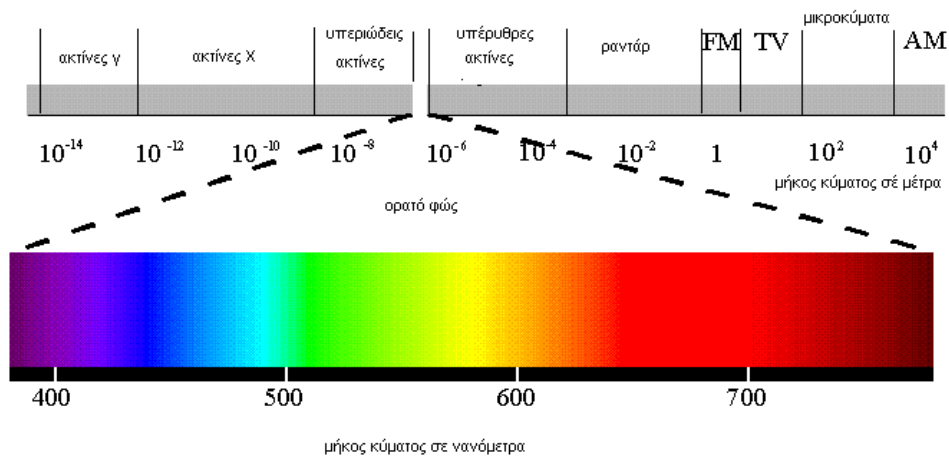


Εικόνα 1-1: Ορόσημα στην κατανόηση της φύσης του φωτός (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

[1,2,3,4]

1.1.2 Το «Ορατό» Φως

Ως ορατό φάσμα χαρακτηρίζεται το τμήμα εκείνο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που μπορεί να αντιληφθεί ο άνθρωπος με το αισθητήριο της όρασης. Το φάσμα αυτό εκτείνεται σε ακτινοβολίες με μήκος κύματος από 380nm 780nm. Οι συχνότητες με μήκος κύματος κάτω από 380nm αποτελούν την υπεριώδη ακτινοβολία (Ultra Violet ή UV), ενώ οι συχνότητες με μήκος κύματος πάνω από τα 780nm αποτελούν την υπέρυθη ακτινοβολία (Infrared).



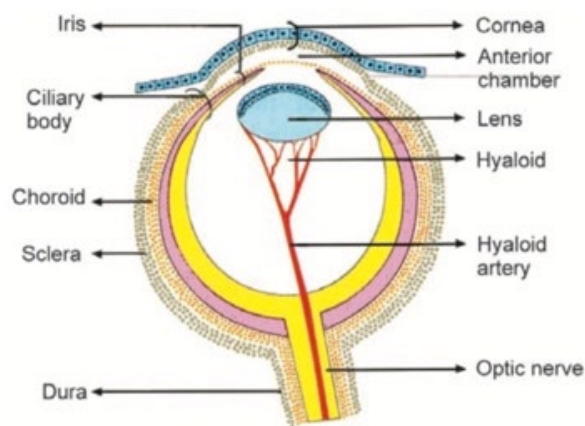
Εικόνα 1-2: Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας [1]

[5]

1.2 ΦΩΣ ΚΑΙ ΟΦΘΑΛΜΟΣ

1.2.1 Ο Οφθαλμός

Ο οφθαλμός αποτελεί όργανο της όρασης, δηλαδή της αισθητηριακής αντίληψης του φωτός, των αντικειμένων και των χρωμάτων. Η όραση είναι μία εξαιρετικά πολύπλοκη διαδικασία που ακόμα και σήμερα δεν έχει πλήρως αποκωδικοποιηθεί. Περιλαμβάνει ακαριαία αλληλεπίδραση του ματιού και του εγκεφάλου μέσω ενός δικτύου νευρώνων κι άλλων αντίστοιχων κυττάρων. Στο ανθρώπινο μάτι εντοπίζονται



Εικόνα 1-3: Η φυσιολογία του οφθαλμού [6]

φωτοανιχνευτές (κωνία και ραβδία) που ερεθίζονται από τις ακτίνες φωτός προκαλώντας φωτοχημικές αντιδράσεις και βιοηλεκτρικές μεταβολές οι οποίες τελικά παράγουν ηλεκτρικά σήματα που μεταφέρονται μέσω του οπτικού νεύρου στον εγκέφαλο.

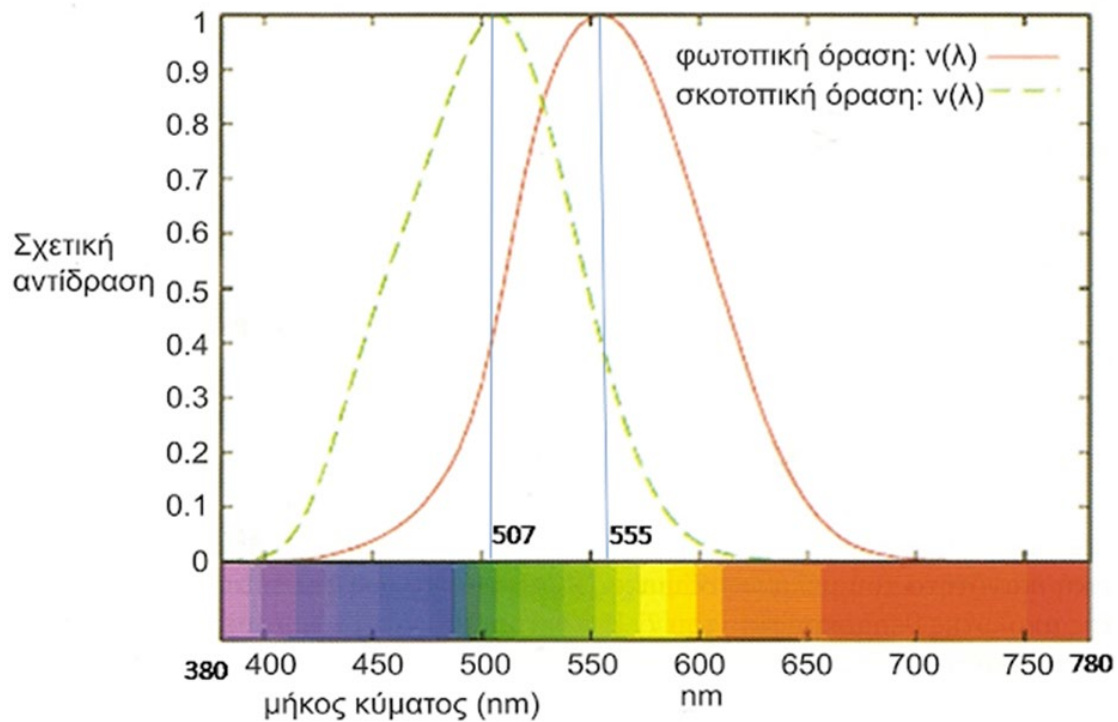
Τα κωνία και τα ραβδία έχουν παρόμοια κατασκευή, αλλά είναι ευαίσθητα σε διαφορετικά επίπεδα φωτισμού. Σε κάθε μάτι υπάρχουν εφτά εκατομμύρια κωνία, είναι ευαίσθητα σε υψηλά επίπεδα φωτός (φωτοπική όραση) και είναι υπεύθυνα για την όραση κατά την διάρκεια της ημέρας, όπως και για την αντίληψη των χρωμάτων. Υπάρχουν περίπου 120

εκατομμύρια ραβδία στο μάτι και είναι προσαρμοσμένα να αντιλαμβάνονται αμυδρό φως (σκοτοπική όραση).

[1,6]

1.2.2 Αντίληψη Χρώματος

Χρώμα είναι το φαινόμενο της αίσθησης ενός υποκειμενικού χαρακτηριστικού της ύλης και αποτελεί ψυχοφυσιολογική αντίδραση στα χαρακτηριστικά μήκη κύματος του φωτός πάνω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο λαμπρότητας. Όταν η ένταση του φωτός είναι χαμηλή τα κωνία δεν διεγείρονται και η ικανότητα αντίληψης χρώματος μειώνεται δραματικά (Φαινόμενο Πούρκινιε). Τότε ενεργοποιούνται τα ραβδία που είναι προσαρμοσμένα σε αυτές τις συνθήκες.



Εικόνα 1-4: Αντίληψη των χρωμάτων στο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας [1]

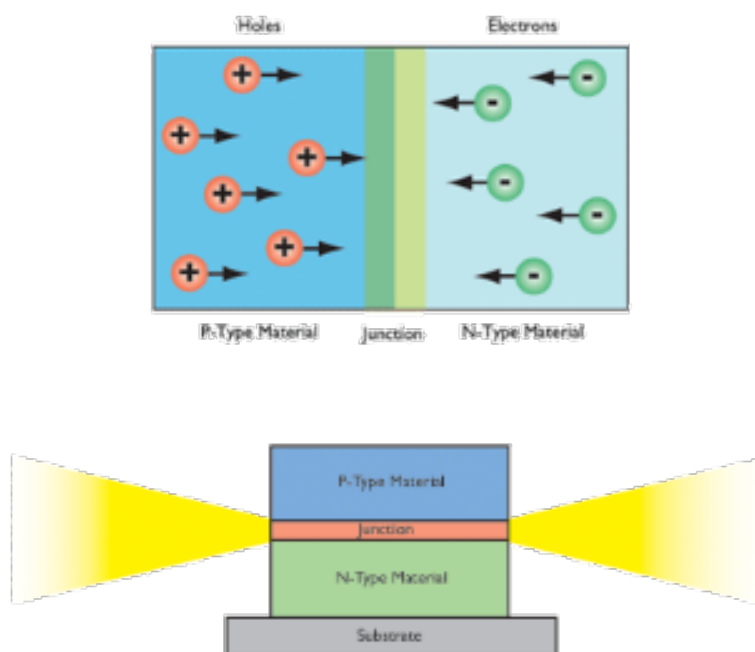
[1,6]

2 ΦΩΤΙΣΜΟΣ

2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ LED

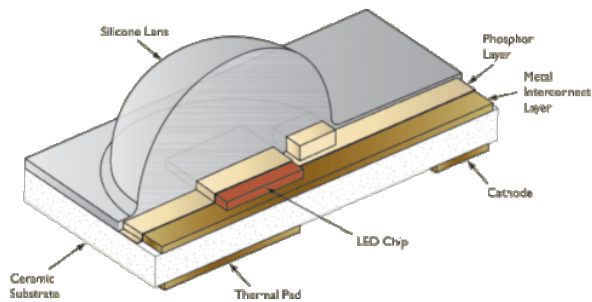
2.1.1 Δομή και λειτουργία

Οι φωτοεκπέμπουσες δίοδοι, ή κοινώς LED, είναι συνδυασμός ημιαγωγών p-n, όπου όταν εφαρμοσθεί τάση στους δύο ημιαγωγούς εκπέμπεται φως. Το φως που εκπέμπεται από τους ημιαγωγούς εκτείνεται σε ένα μεγάλο εύρος μηκών κύματος, από το χαμηλό όριο ορατής ακτινοβολίας έως πολύ μεγάλα μήκη υπέρυθρης ακτινοβολίας. Το τελικό επιθυμητό χρωματικό αποτέλεσμα προκύπτει από το συνδυασμό ημιαγωγικών υλικών.



Εικόνα 2-1: Φωτοεκπέμπουσα δίοδος, p-n ημιαγωγοί (Πηγή: colorkinetics.com)

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τα στοιχεία των LED είναι ημιαγωγικά υλικά, υψηλής καθαρότητας με μικρές ποσότητες προσθέτων. Κατά βάση, δύο είδη προσθέτων χρησιμοποιούνται. Το ένα είναι υλικό τύπου n, το οποίο έχει συγκεντρωμένη περίσσεια ηλεκτρονίων, ενώ το άλλο είναι υλικό τύπου p, με συγκεντρωμένο έλλειμα ηλεκτρονίων ή περίσσεια οπών, οι οποίες δρουν ως θετικά φορτία. Τα δύο αυτά υλικά διαχωρίζονται μέσα στο ίδιο κομμάτι του ημιαγωγού σχηματίζοντας ανάμεσά τους μια διεπιφάνεια. Κατά την εφαρμογή τάσης στα δύο ηλεκτρόδια, προκαλείται μετακίνηση των ηλεκτρονίων και των οπών προς τη διεπιφάνεια, όπου κατά την επαφή τους προκαλείται παραγωγή φωτονίων. Οι λυχνίες LED, δηλαδή, μετατρέπουν απευθείας την ηλεκτρική ενέργεια σε φως.



Εικόνα 2-2: Η ανατομία των LEDs (Πηγή: colorkinetics.com)

[1,7]

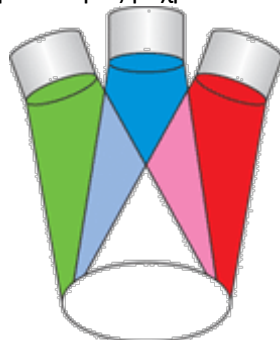
2.1.2 Απόδοση και χρώμα

Το τελικό οπτικό αποτέλεσμα των λαμπτήρων LED εξαρτάται από το υλικό των ημιαγωγών, τα χημικά πρόσθετα και το περίβλημα του φωτιστικού σώματος. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως ημιαγωγοί είναι συνήθως ενώσεις φωσφόρου, αργιλίου, γαλλίου και ινδίου ή ενώσεις αργιλίου, γαλλίου και αρσενικού.

Η φωτεινή ακτινοβολία που παράγεται απευθείας από την ψηφίδα του LED είναι «στενού φάσματος», που σημαίνει ότι το LED ακτινοβολεί περισσότερο σαν γραμμική φωτεινή πηγή μονοχρωματικού φωτός, παρά σαν μια πηγή συνεχούς ακτινοβολίας στο ορατό φάσμα. Η διεύρυνση του φάσματος μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση φθορίζουσων επιστρώσεων οι οποίες διεγείρονται από την ακτινοβολία της ψηφίδας LED. Υπάρχουν επίσης και λευκά LED, τα οποία είναι δύο ειδών. Στο πρώτο είδος γίνεται χρήση επιστρώσεων που απορροφούν το μπλε φως και το επανεκπέμπουν ως λευκό. Το δεύτερο είδος χρησιμοποιεί μια διάταξη που αποτελείται από διαφορετικές ψηφίδες που εκπέμπουν κόκκινο, πράσινο και μπλε χρώμα. Τα μεμονωμένα χρώματα αναμιγνύονται σε ένα ενιαίο δίνοντας ως αποτέλεσμα ένα λευκό φως. Το πρώτο είδος είναι εν γένει προτιμότερο και από χρήστες και από κατασκευαστές, αρχικά λόγω κόστους, αλλά και λόγω ότι οι φθορίζουσες επιστρώσεις μπορούν να εκπέμπουν διάφορα είδη λευκού φωτός (ψυχρότερα ή θερμότερα) κι έτσι υπάρχουν πολλές διαφορετικές επιλογές ανάλογα με την επιθυμητή εφαρμογή.

Ο ονομαστικός χρόνος ζωής των λαμπτήρων LED είναι εξαιρετικά μεγάλος φτάνοντας και τις 50.000 με 100.000 ώρες. Ωστόσο ο αποδοτικός χρόνος ζωής μπορεί να είναι μικρότερος, ανάλογα με την αποδιδόμενη φωτεινή ροή.

Η απόδοσή των LED έχει αυξηθεί πολύ. Έτσι από λίγα lumen ανά watt που ήταν αρχικά, τα σύγχρονα LED λευκού φωτός αποδίδουν περίπου 20 lumen/watt, ενώ σε δοκιμαστικό επίπεδο οι κατασκευαστές αναφέρουν τιμές μέχρι 40 lumen/watt.



Εικόνα 2-3: Παραγωγή λευκού φωτός με συνδυασμό πράσινου, κόκκινου και μπλε LED (Πηγή: colorkinetics.com)

[1,7]

2.1.3 Βασικά πλεονεκτήματα LED σε σχέση με άλλες φωτεινές πηγές

- Ενεργειακή απόδοση: Οι νέοι λαμπτήρες LED είναι ενεργειακά εξίσου αποδοτικά με τα πλέον προηγμένα αντίστοιχα προϊόντα (λαμπτήρες φθορισμού ή αλογόνου) που προσεγγίζουν το βέλτιστο επίπεδο απόδοσης που μπορούν να επιτύχουν. Η ενεργειακή τους απόδοση όμως, συνεχώς βελτιώνεται, μειώνοντας ταυτόχρονα το ενεργειακό κόστος έως 70%.
- Ποιότητα φωτισμού και ταχύτητα απόκρισης: Η τεχνολογία LED προσφέρει υψηλής ποιότητας φωτισμό και οπτική άνεση από πλευράς απόδοσης χρωμάτων και δυναμική ρύθμιση (φάσματος του φωτός, στιγμιαίας έναυσης/σβέσης και αυξομείωσης έντασης φωτισμού).
- Μέγεθος: Τα LED είναι ιδιαίτερα μικρά (μικρότερα από 2mm) και μπορούν να τοποθετηθούν σε πλάκες αποτύπωσης.
- Τοξικότητα: Σε αντίθεση με τις ενεργειακές, οι φωτεινές πηγές LED είναι απαλλαγμένες από καρκινογόνες ουσίες. Δεν περιέχουν κάδμιο και υδράργυρο.
- Αντίσταση σε κραδασμούς: Τα LED είναι στοιχεία στερεάς κατάστασης και είναι δύσκολο να υποστούν ζημιά από κραδασμούς, όπως συμβαίνει σε λάμπες πυράκτωσης και φθορισμού.
- Εκπομπή λιγότερης θερμότητας: Σε αντίθεση με τις κοινές πηγές φωτός, τα LED εκπέμπουν πολύ λίγη θερμότητα σε μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας που μπορεί να βλάψει ευαίσθητα αντικείμενα ή κατασκευές. Η ενέργεια που χάνεται διαχέεται ως θερμότητα μέσω της βάσης τους.

Μερικά ακόμη πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας είναι το χαμηλό κόστος συντήρησης, η σταθερότητα χρώματος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του ηλεκτρικού συστήματος, η δυνατότητα κατεύθυνσης της φωτεινής δέσμης χωρίς την χρήση ανακλαστήρων και η δυνατότητα μείξης χρωμάτων.

[1,7,9]

2.1.4 Ο ταχύς ρυθμός ανάπτυξης ως εμπόδιο επιτυχίας των LED

Τα LED έχουν προβληθεί ως η ιδανική λύση για όλα τα τρέχοντα προβλήματα φωτισμού, αφού τα σημαντικά πλεονεκτήματά τους, κάνουν την χρήση τους δελεαστική. Όπως σε όλους τους τομείς της βιομηχανίας των ηλεκτρονικών, ο ρυθμός ανάπτυξης είναι εξαιρετικά ταχύς, εάν συγκριθεί με το χρόνο σχεδιασμού και ανέγερσης ενός κτιρίου. Με δεδομένο ότι ένα εύλογο χρονικό διάστημα από το σχεδιασμό μέχρι την ολοκλήρωση είναι περίπου 2-3 χρόνια, τίθεται το ερώτημα πως μπορεί να προδιαγραφεί σήμερα ένα σύστημα φωτισμού, το οποίο θα είναι εκτός της τρέχουσας τεχνολογίας όταν έρθει η ώρα να εγκατασταθεί. Επίσης, αν υποθεθεί ότι η διάρκεια ζωής τους είναι όντως 100.000 τι συμβαίνει με τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος και ειδικά με τα συστήματα ελέγχου και τροφοδοσίας; Θα πρέπει, τέλος, να τεθεί το ερώτημα αν πραγματικά απαιτούνται συστήματα φωτισμού 100.000 ωρών σε εγκαταστάσεις διάρκειας ζωής 5-10 χρόνων, όπως πολλοί επαγγελματικοί χώροι.

[7]

2.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

2.2.1 Φωτισμός από πάνω προς τα κάτω

down lighting

Το φωτιστικό σώμα στέλνει τη δέσμη φωτός προς το έδαφος και είναι τοποθετημένο στο ψηλότερο σημείο της πρόσοψης του κτιρίου που φωτίζει. Το φαινόμενο αυτό μιμείται το φως του φεγγαριού και παράγει μία χαλαρή και γοητευτική λάμψη, εάν η ένταση φωτισμού είναι χαμηλή. Ο φωτισμός από πάνω προς τα κάτω δημιουργεί αντίθεση με τη γειτονική περιοχή

γράφοντας τη δέσμη φωτισμού στη πρόσοψη και μπορεί να προσφέρει ένα γενικότερο φωτισμό στον περιβάλλοντα χώρο.



Εικόνα 2-4: Παράδειγμα down lighting σε οικία (Πηγή: kourtakis-lighting.gr)



Εικόνα 2-5 Downlighting στο University of Natural Resources and Life Sciences στη Βιέννη (Πηγή: bega.com)

[4,7,8,10]

2.2.2 Φωτισμός από κάτω προς τα πάνω

up lighting

Το οπτικό εφέ που δημιουργεί η πηγή ουσιαστικά αντιστρέφει το φως της ημέρας. Το φωτιστικό στέλνει τη φωτεινή δέσμη προς τα πάνω και είναι τοποθετημένο στο χαμηλότερο σημείο της πρόσοψης του κτιρίου που φωτίζει. Η φωτεινή δέσμη πρέπει να στοχεύει προς την πρόσοψη ώστε να τονιστεί μόνο αυτή και να αποφευχθεί η θάμβωση των περαστικών. Πολλές φορές για τη μείωση της θάμβωσης χρησιμοποιούνται ειδικές εσωτερικές ή εξωτερικές αντιθαμβωτικές περσίδες. Ο φωτισμός προς τα πάνω δημιουργεί ένα δραματικό ύφος και προσθέτει θεατρικότητα στη συνολική εικόνα του χώρου. Μάλιστα ο συνδυασμός ζεστών και ψυχρών χρωμάτων δημιουργεί μια ενδιαφέρουσα αντίθεση.



Εικόνα 2-6: Παράδειγμα up lighting σε οικία (Πηγή: www.ledguru.gr)



Εικόνα 2-7 Uplighting στο Palacio de la Asamblea (Πηγή: schreder.com)

[4,7,8,10]

2.2.3 Φωτισμός υφής

grazing

Πρόκειται για κατευθυντικό φως σε οξεία γωνία από μία θέση κοντά σε μία φωτιζόμενη επιφάνεια που δίνει έμφαση στην υφή των επιφανειών και προσθέτει μία τρίτη διάσταση στην πρόσοψη. Ο φωτισμός «γδέρνει» την επιφάνεια τονίζοντας την τραχύτητα και δημιουργώντας δυνατές σκιές. Αυτή η τεχνική μπορεί να έχει ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα όταν χρησιμοποιείται στην πέτρα, το στόκο ή στο επίχρισμα των τοίχων, αναδεικνύοντας το υλικό κατασκευής κάθε φορά αλλά και την αισθητική αξία του χρώματος του. Ο φωτισμός υφής συνδυάζεται συχνά με τη τεχνική φωτισμού από κάτω προς τα πάνω.



Εικόνα 2-8: Η τεχνική grazing (Πηγή: zambelislights.gr)



Εικόνα 2-9 Παράδειγμα grazing σε κτίριο (Πηγή: simes.com)

[4,7,8,10]

2.2.4 Φωτισμός ανάδειξης επιφάνειας

wall washing

Σκοπός της τεχνικής ανάδειξης επιφάνειας είναι να τονιστεί μία κάθετη λεία επιφάνεια, χωρίς ανάγλυφο, κρύβοντας τις ατέλειες της, αλλά αναδεικνύοντας το χρώμα της. Ο φωτισμός είναι ομοιόμορφος και ισοκατανέμεται στην επιφάνεια χωρίς να δημιουργούνται σκιές. Με την συγκεκριμένη τεχνική το φως ανακλάται από την επιφάνεια φωτίζοντας έτσι έμμεσα και τον περιβάλλοντα χώρο. Χρησιμοποιούνται συνήθως αδιαφανείς λαμπτήρες με κατάλληλους ανακλαστές για την καλύτερη διάχυση του φωτισμού.



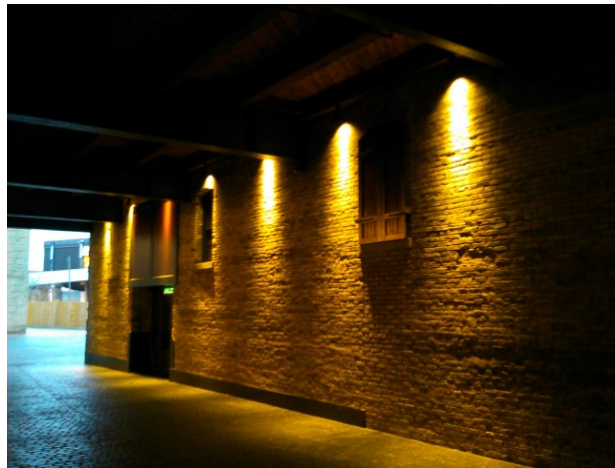
Εικόνα 2-10: Παράδειγμα wall washing (Πηγή: bega.com)

[4,7,8,10]

2.2.5 Φωτισμός τονισμού

accent lighting

Πρόκειται για κατευθυνόμενο φωτισμό που επιτυγχάνεται με φωτιστικά στενής δέσμης ώστε να εντοπιστεί ο φωτισμός σε ένα στοιχείο ή σε μία περιοχή μιας επιφάνειας, προκειμένου να τονίσει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως το ρολόι ενός καμπαριού σε σχέση με την υπόλοιπη εκκλησία, κολώνες και αρχιτεκτονικά στοιχεία. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη θέση τοποθέτησης του φωτιστικού, στη στόχευση, στην επιλογή της δέσμης και στην ισχύ του λαμπτήρα, έτσι ώστε να αποφευχθεί ο υπερβολικός φωτισμός και η θάμβωση.



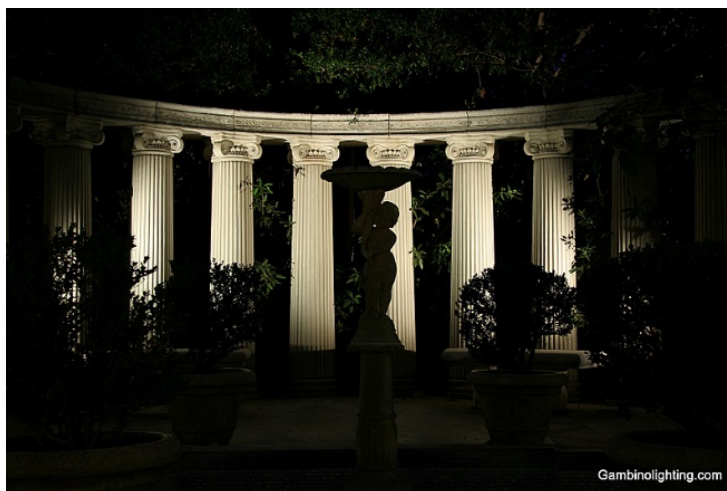
Εικόνα 2-11: Παράδειγμα accent lighting (Πηγή: brighterconnectioninc.com)

[4,7,8,10]

2.2.6 Φωτισμός περιγράμματος

silhouetting

Σκοπός του φωτισμού περιγράμματος είναι να δημιουργήσει ένα εντυπωσιακό κέντρο προσοχής. Πραγματοποιείται λοιπόν για να δοθεί έμφαση στο σχήμα ενός αρχιτεκτονικού χαρακτηριστικού, στις λεπτομέρειες του περιγράμματος του και στα πλαίσια των παραθύρων του. Συνήθως χρησιμοποιούνται φωτιστικά διάχυσης με ευρεία δέσμη που βρίσκονται πίσω από το δομικό στοιχείο που πρέπει να τονιστεί και έτσι δημιουργείται ένα σκούρο περίγραμμα χωρίς να είναι ορατό το χρώμα και η υφή του.



Εικόνα 2-12: Παράδειγμα τεχνικής *silhouetting* (Πηγή: gambinolighting.com)

[4,7,8,10]

2.2.7 Φωτισμός εστίασης

spotlighting

Πολλές φορές και για διάφορους λόγους το φωτιστικό σώμα τοποθετείται σε απομακρυσμένα σημεία από το δομικό στοιχείο. Έτσι, ο φωτισμός εστίασης χρησιμοποιείται για να εξισορροπήσει την επίδραση της απόστασης από το δομικό στοιχείο ή να επιτευχθεί ένα οπτικό εφέ όπως στενοί κύκλοι φωτισμού γύρω από μια επιφάνεια χώρου. Για αυτόν το λόγο στο φωτισμό εστίασης χρησιμοποιούνται πάντα στενές και έντονες δέσμες φωτισμού. Η διαφοροποίηση του φωτισμού εστίασης με το φωτισμό τονισμού είναι μικρή. Ο φωτισμός τονισμού έχει συγκεκριμένο σκοπό: Να τονίσει συγκεκριμένο δομικό στοιχείο.



Εικόνα 2-13: Παράδειγμα *spotlighting* (Πηγή: pinterest.com)

[4,7,8,10]

2.2.8 Διάχυτος φωτισμός

floodlighting

Ο διάχυτος φωτισμός χρησιμοποιείται συνήθως για φωτισμό του όγκου των κτιρίων. Ο σκοπός του είναι να δημιουργεί το ίδιο φωτιστικό αποτέλεσμα τη νύχτα, όπως ο φυσικός φωτισμός με την ομοιόμορφη διάχυσή του κατά τη διάρκεια της ημέρας. Για να υπάρχει ομοιόμορφη διάχυση φωτισμού, συνήθως τα κτίρια φωτίζονται από μακριά. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η κατεύθυνση του φωτισμού είναι οριζόντια λόγω της μακρινής τοποθέτησης των φωτιστικών σωμάτων ακόμα και όταν αυτά είναι τοποθετημένα σε ψηλούς στύλους. Έτσι η οριζόντια κατεύθυνσή του, δημιουργεί προβλήματα θάμβωσης στο γειτονικό περιβάλλον, οπότε απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη τοποθέτηση των φωτιστικών. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις η θάμβωση είναι μικρή ή καθόλου. Επίσης χρησιμοποιείται και ως φωτισμός ασφαλείας αφού με τη διάχυση του φωτισμού φωτίζεται η μεγαλύτερη δυνατή επιφάνεια.



Εικόνα 2-14: Παράδειγμα floodlighting (Πηγή:bega.com)

[4,7,8,10]

3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΚΑΙ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Βασικός στόχος σχεδιάζοντας το φωτισμό ενός μνημείου είναι η μετάφραση του αρχιτεκτονικού μηνύματος του. Η σωστή χρήση του φωτισμού προϋποθέτει την μελέτη και κατανόηση του ίδιου το μνημείου και των αξιών που αντιπροσωπεύει. [13]

Ο σχεδιασμός φωτισμού συνδέεται άμεσα με το ζήτημα της ενίσχυσης της εμπειρίας του κοινού κατά τη διάρκεια της επίσκεψής σε έναν αρχαιολογικό χώρο. Τον τελευταίο αιώνα, οι αρχαιολογικοί χώροι έχουν αποκτήσει μια σταδιακή εξωστρέφεια και μια καλύτερη προβολή προς τον έξω κόσμο, στο σημείο όπου τα αρχαιολογικά ευρήματα ορίζονται τώρα ως τοποθεσίες μνήμης. Αυτή η αλλαγή περιλαμβάνει δύο κύριες ομάδες: τα άτομα που είναι υπεύθυνα για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς και τους επισκέπτες. Αυτός ο μετασχηματισμός επιβεβαιώθηκε και από την αύξηση αριθμός επισκεπτών σε αρχαιολογικούς χώρους. Έτσι, έχουμε διάδοση των γνώσεων που προέρχονται από την πολιτιστική κληρονομιά και μετάδοση των αξιών της σε έναν μη ειδικό κοινό.

Οι πιο σημαντικές πτυχές ενός αποτελεσματικού τεχνητού φωτισμού σε χώρο αρχαιολογικού ενδιαφέροντος περιλαμβάνουν:

- απόδοση της ιστορικής μνήμης των ευρημάτων
- ιεράρχηση των διαδρομών στον χώρο και δημιουργία καθοδηγούμενων μονοπατιών
- ανάδειξη της αρχαιολογικής κληρονομιάς, σύμφωνα με τα ευρήματα και το περιβάλλον του χώρου
- παροχή πιο προσιτής ανάγνωσης των αρχαιολογικών ευρημάτων
- καθιέρωση χώρων για περπάτημα, στοχασμό και συνομιλία [11]

Πολλά οφέλη απορρέουν επίσης από τη νυκτερινή ανάδειξη των μνημείων. Αναδεικνύονται οι αρχιτεκτονικές ιδιαιτερότητες που χάνονται στο φως του ήλιου και τον περιβάλλοντα χώρο, δημιουργούνται σημεία αναφοράς στον πολεοδομικό ιστό και οι επισκέπτες ενθαρρύνονται να περιπλανηθούν στην πόλη κατά τις νυκτερινές ώρες. Έτσι, έχουμε επέκταση του ωραρίου που το κοινό δραστηριοποιείται στην πόλη με αποτέλεσμα την τόνωση της τουριστικής κίνησης και κατανάλωσης.[18]

3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Στην Ελλάδα, ο νυκτερινός φωτισμός για την ανάδειξη των μνημείων της έχει αρχίσει με δειλά βήματα να εξαπλώνεται. Μέχρι σήμερα, αρκούσε η χρήση κάποιων βιομηχανικών προβολέων ανοικτής δέσμης, νατρίου ή αλογόνου που περισσότερο συνέβαλλαν στη φωτορύπανση της περιοχής παρά στην ανάδειξη του ίδιου του μνημείου, για να ισχυριστεί κάποιος ότι το φώτισε. Ο φωτιστής λοιπόν πρέπει να έχει κατ' αρχήν ένα κύριο κανόνα που πρέπει πάντοτε να ακολουθεί: δεν είναι αυτός ο καλλιτέχνης ή ο αρχιτέκτονας που σχεδίασε το μνημείο και έτσι δεν πρέπει να προσπαθεί να δώσει μία στρεβλή εικόνα του μνημείου αυτού, σύμφωνα με τα δικά του πρότυπα. [12]

Οι βασικές αρχές που πρέπει να ακολουθηθούν σε μία πρώτη εκτίμηση της μελέτης φωτισμού ενός μνημείου που βρίσκεται σε εξωτερικό χώρο αναπτύσσονται στη συνέχεια:

3.2.1 Μελέτη του σχεδιασμού/αρχιτεκτονικής

Το προς φωταγώγηση μνημείο ή χώρος πρέπει να μελετηθεί προσεκτικά ώστε να κατανοηθούν τα σχεδιαστικά ή αρχιτεκτονικά του χαρακτηριστικά. Η θέση και η πολιτιστική σημασία του μνημείου πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπ' όψη κατά τον σχεδιασμό. Ο σχεδιαστής χρησιμοποιεί το φως για να αναδείξει τον χώρο και να τον καταστήσει λειτουργικό και τις νυχτερινές ώρες, αλλά σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να μιμηθεί την πρωινή εμφάνιση. Ο τεχνητός φωτισμός δεν αντικαθιστά το φως του ήλιου, αλλά συμπληρώνει την ημερήσια όψη του μνημείου αναδεικνύοντας την νυχτερινή του όψη.[9,14]

3.2.2 Θέση του παρατηρητή και διεύθυνση οράσεως

Η επιθεώρηση του κτιρίου ή εξωτερικού χώρου κατά τη διάρκεια της ημέρας θα επιτρέψει τον προσδιορισμό του κύριου σημείου θέασής του. Ένας πετυχημένος σχεδιασμός φωτισμού βέβαια θα πρέπει να δίνει όμοια βαρύτητα σε κάθε σημείο θέασης. Υπό ιδανικές συνθήκες, διαφορετικές εικόνες του ίδιου κτιρίου θα πρέπει να αποκαλύπτονται από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Ο θεατής συνήθως δεν είναι στατικός αλλά κινείται ελεύθερα στο χώρο. Η απόσταση των σημείων θέασης από το κτίριο είναι επίσης σημαντική για την επιλογή των λεπτομερειών της όψης που επιθυμείται να αναδειχθούν. Τα αποτελέσματα του φωτισμού στα κύρια σημεία θέασης θα πρέπει να είναι βέλτιστα και να αποφεύγεται σε κάθε περίπτωση η πρόκληση ενοχλητικών θαμβώσεων. Η σχετική σημασία του κάθε σημείου θέασης θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη, καθώς αυτό θα επιτρέψει διαφορετικούς βαθμούς τονισμού να δημιουργηθούν στο σχεδιασμό του φωτισμού[9,15]

3.2.3 Περιβάλλοντας χώρος – Αποφυγή Φωτορύπανσης

Το περιβάλλον είναι καθοριστικό στοιχείο για την ένταση φωτισμού και την μέση λαμπρότητα του κτιρίου ώστε να πραγματοποιείται ικανοποιητικό κόντραστ μεταξύ κτιρίου και περιβάλλοντος. Σε σκοτεινό περιβάλλον αρκεί μια μικρή ένταση φωτισμού για να τονιστεί το κτίριο, ενώ σε φωτεινό περιβάλλον απαιτείται μεγαλύτερη ένταση φωτισμού. Ο περιβάλλον φωτισμός ακόμα μπορεί να έχει μεγάλη επιρροή στο φωτισμό του μνημείου. Έτσι λοιπόν ο φωτιστής θα πρέπει να το λάβει υπόψη του και αν είναι δυνατόν να απομακρύνει ή να αντικαταστήσει τους υπάρχοντες ιστούς οδοφωτισμού ώστε να ελαχιστοποιήσει την οριζόντια ακτινοβολία τους προς το μνημείο. [9,15]

3.2.4 Υλικά όψης: Ανακλαστικότητα και υφή

Το φως που προσπίπτει σε μια όψη ανακλάται ανάλογα με την υφή, το χρώμα και την ανακλαστικότητα των υλικών της. Οι παράγοντες αυτοί έχουν μεγάλη σημασία στην επιλογή της έντασης των φωτεινών πηγών με τις οποίες θα φωτιστεί η όψη. Υπάρχουν ειδικοί πίνακες με συντελεστές οι οποίοι δείχνουν πόσο μεταβάλλεται η ένταση του φωτός που προσπίπτει σε μια επιφάνεια, ανάλογα με το χρώμα και την υφή της. Τα ανακλαστικά και ανοιχτόχρωμα υλικά φωτίζονται με φως χαμηλότερης έντασης.

Πίνακες συντελεστών ανάκλασης για επιφάνειες διαφόρων υλικών και χρωμάτων [16]:

ΔΙΑΧΥΤΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Τύποι επιφάνειας	Συντελεστές ανάκλασης ρ
Λευκός σοβάς	0,80 - 0,70
Πλινθοδομή	0,25 - 0,05
Τσιμέντο	0,40 - 0,15
Ανοιχτόχρωμη ξυλεία	0,30 - 0,20
Σκούρα ξυλεία	0,20 - 0,05

ΜΙΚΤΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Τύποι επιφάνειας	Συντελεστές ανάκλασης ρ
Βερνίκι από λευκό σμάλτο	0,90 - 0,70
Γυαλισμένο αλουμίνιο	0,95 - 0,85
Αλουμίνιο σατινέ	0,85 - 0,70
Αλουμίνιο με άγρια υφή	0,60 - 0,55
Χρώμιο σατινέ	0,55 - 0,50
Γυαλισμένος χαλκός	0,45 - 0,40

ΔΙΑΧΥΤΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Χρώμα και συντελεστής αντανάκλασης ρ		Χρώμα και συντελεστής ανάκλασης ρ	
Λευκό	0,90 - 0,75	Μπλε σκούρο	0,10 - 0,05
Λευκοκίτρινο	0,85 - 0,80	Πράσινο	0,10 - 0,05
Κρεμ	0,80 - 0,70	Καστανό	0,15 - 0,05
Κόκκινο	0,60 - 0,45	Κόκκινο σκούρο	0,10 - 0,05
Πορτοκαλί	0,60 - 0,40	Ανοιχτό γκρι	0,40 - 0,15
Ανοιχτό κίτρινο	0,70 - 0,60	Σκούρο γκρι	0,15 - 0,05
Ανοιχτό πράσινο	0,50 - 0,40	Μαύρο	0,04 - 0,01
Ανοιχτό θαλασσί	0,45 - 0,40		

Ο φωτισμός πρέπει να επιτρέπει την ανάγνωση του ανάγλυφου των επιφανειών από τον θεατή. Ο θεατής πρέπει να αντιλαμβάνεται τον όγκο του μνημείου και την μεγαλοπρέπεια του από απόσταση. Η επιβλητικότητα του μνημείου πρέπει να κυριαρχεί σε όλη την περιοχή.

[17]



Εικόνα 3-1 Ανάδειξη της υφής των επιφανειών με επιλογή κατάλληλης δέσμης [18]

3.2.5 Χωροθέτηση φωτιστικών σωμάτων

Το επιθυμητό αποτέλεσμα φωτισμού, πρέπει να δίνεται από φωτιστικά σώματα τα οποία πρέπει να βρίσκονται σε σημεία αφενός προσβάσιμα και αφετέρου η κατεύθυνση τους να είναι τέτοια ώστε να μην προκαλείται θάμβωση σε αυτούς που παρατηρούν το κτίσμα. [14]

Η τοποθέτηση των φωτιστικών δεν θα πρέπει να επηρεάζει καθόλου το μνημείο και να προσβάλει την ακεραιότητά του. Δεν έχει κανένας το δικαίωμα να θεωρήσει το μνημείο που έχει διατηρηθεί για αιώνες, απλά σαν ένα κτίριο και να τοποθετήσει φωτιστικά πάνω του, καθώς η διάβρωσή τους θα καταστρέψει τα δομικά υλικά του μνημείου. Τα στηρίγματα θα πρέπει να κατασκευάζονται από χημικά αδρανές υλικό (π.χ. ανοξείδωτο χάλυβα) προκειμένου να μην διαβρωθούν με τρόπο που θα προκαλέσει ζημιές στο μνημείο. Είναι πολύ σημαντικό η εγκατάσταση φωτισμού να είναι 100% αναστρέψιμη. [9,17]

Το μνημείο, επίσης, έχει το δικό του πρωταγωνιστικό ρόλο. Οτιδήποτε άλλο αποσπά το βλέμμα του θεατή είναι περιττό και ακατάλληλο. Το σχήμα, το χρώμα και οι φυσικές διαστάσεις των προβολών θα πρέπει να είναι σε συμφωνία με την αρχιτεκτονική του κτιρίου και σε καμία περίπτωση να μην αλλοιώνουν την ημερήσια εικόνα του. Η μέγιστη δυνατή ενσωμάτωση του εξοπλισμού στα δομικά υλικά του κτιρίου αποτελεί πάντοτε ένα βασικό στόχο κάθε μελέτης φωτισμού, αφού το ζητούμενο είναι να είναι ορατά τα αποτελέσματα του φωτισμού και όχι οι φωτεινές πηγές. Σκοπός δηλαδή κάθε σχεδιασμού είναι η ανάδειξη του κτιρίου με εργαλείο το φως και όχι ο φωτισμός καθαυτός. Επιβάλλεται λοιπόν η διακριτική εγκατάσταση των φωτιστικών, να είναι κατά το δυνατόν αφανή, καλυμμένα πίσω

από βλάστηση, ενσωματωμένα στο έδαφος όπως και ο χρωματισμός του κελύφους τους σε χρώματα «παραλλαγής» ώστε να μην αλλοιώνουν την εικόνα κατά τις πρωινές ώρες. Το ίδιο πρέπει να συμβαίνει και με τα στηρίγματα και τις καλωδιώσεις, δεδομένου ότι τις περισσότερες φορές δεν είναι δυνατόν να τις κρύψουμε, μια και οι εκσκαφές απαγορεύονται.[9,17]

3.2.6 Προτεινόμενη ένταση φωτισμού

Λόγω των πολυάριθμων μεταβλητών που παρεμβαίνουν στο σχεδιασμό του φωτισμού των μνημείων, οι τιμές των επιπέδων φωτισμού που τηρούνται δεν μπορούν παρά να έχουν σχετική ισχύ και να αφορούν μόνο τις πιο απλές περιπτώσεις.

Παρ' όλα αυτά είναι χρήσιμο να παρατεθούν ορισμένα στοιχεία, που έχουν προκύψει από την εμπειρία και που χρησιμεύουν για ένα αρχικό προσανατολισμό του σχεδιασμού φωτισμού, λαμβάνοντας υπόψη τουλάχιστον δυο μεταβλητές:

- Τα χρωματικά στοιχεία των επιφανειών που φωτίζονται.
- Την μέση φωτεινότητα του φυσικού περιβάλλοντος όπου εντάσσεται το μνημείο (ώστε να επιτευχθούν οι επιθυμητές αντιθέσεις).[8]

ΤΥΠΟΣ ΥΛΙΚΟΥ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΦΩΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (LUX)			ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΙ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ			
	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ	ΑΡΚΕΤΑ ΚΑΘΑΡΗ	ΑΡΚΕΤΑ ΒΡΩΜΙΚΗ	ΒΡΩΜΙΚΗ	ΠΟΛΥ ΒΡΩΜΙΚΗ
ΑΝΟΙΚΤΟΧΡΩ-ΜΗ ΠΕΤΡΑ	20	30	60	1,2	3	6	10
ΠΕΤΡΑ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	40	60	120	1,1	2,4	5	8
ΣΚΟΥΡΟΧΡΩ-ΜΗ ΠΕΤΡΑ	100	150	300				
ΤΟΥΒΛΟ							
ΑΝΟΙΚΤΟ ΚΑΦΕ	35	50	100	1,1	2,4	5	8
ΚΑΦΕ ΛΑΜΠΕΡΟ	40	60	120	1,1	2	4	7
ΤΕΡΑΚΟΤΑ	55	80	160	1,1	2	4	6
ΚΟΚΚΙΝΟ	100	150	300	1,1	1,8	3	5
ΚΟΚΚΙΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	120	180	360	1,1	1,6	2	4
ΣΟΒΑΣ	60	110	200	1,5	2,	3	
ΦΥΣΙΚΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	200	300	600	1,5	2	2,5	
ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΙ							
ΚΟΡΕΣΜΕΝΟ ΧΡΩΜΑ P~10%	120	180	360	1,5	2	2,5	
ΚΟΚΚΙΝΟ-ΚΑΣΤΑΝΟ-ΚΙΤΡΙΝΟ							
ΜΠΛΕ-ΠΡΑΣΙΝΟ ΧΡΩΜΑ P~30%-40%	40	60	120	2	4	7	
ΚΟΚΚΙΝΟ-ΚΑΣΤΑΝΟ-ΚΙΤΡΙΝΟ							
ΜΠΛΕ-ΠΡΑΣΙΝΟ ΧΡΩΜΑ ΠΑΣΤΕΛ P~60%-70%	20	30	60	3	5	10	
ΚΟΚΚΙΝΟ-ΚΑΣΤΑΝΟ-ΚΙΤΡΙΝΟ							
ΜΠΛΕ-ΠΡΑΣΙΝΟ							

Εικόνα 3-2: Πίνακας επιλογής μέσου επίπεδου φωτισμού σε σχέση με τον φωτισμό του περιβάλλοντος, ανάλογα με τον τύπο, το χρώμα και την υφή των υλικών της όψης [8,16]

Παράγοντας Ανάκλασης	Υλικό	Κατάσταση Επιφάνειας	Χαμηλή Φωτεινότητα (lux)	Μέση Φωτεινότητα (lux)	Υψηλή Φωτεινότητα (lux)
0,8	Λευκό Τούβλο	Καθαρή	15	25	40
		Σχετικά καθαρή	20	35	60
		Σχετικά ακάθαρτη	45	75	120
0,6	Ανοιχτό-χρωμη Πέτρα	Καθαρή	20	35	60
		Σχετικά καθαρή	35	55	90
		Σχετικά ακάθαρτη	65	110	180
0,4	Μπετό	Καθαρή	30	50	80
		Σχετικά καθαρή	45	75	120
		Σχετικά ακάθαρτη	90	150	240
0,35	Μέτρια Σκούρα Πέτρα	Καθαρή	35	55	90
		Σχετικά καθαρή	50	90	140
		Σχετικά ακάθαρτη	100	180	240
0,3	Σκούρα Πέτρα	Καθαρή	40	60	100
		Σχετικά καθαρή	55	90	150
		Σχετικά ακάθαρτη	110	180	300
0,25	Κίτρινο Τούβλο	Καθαρή	45	75	120
		Σχετικά καθαρή	65	110	180
		Σχετικά ακάθαρτη	130	220	360
0,2	Κόκκινο ή Μπλέ Τούβλο	Καθαρή	55	90	150
		Σχετικά καθαρή	80	140	230
		Σχετικά ακάθαρτη	160	280	450

Εικόνα 3-3:Προτεινόμενη ένταση φωτισμού ανάλογα με το υλικό της επιφάνειας και την κατάστασή της [14]

3.2.7 Έλεγχος των αντιθέσεων

Η αίσθηση της όρασης προϋποθέτει την αντίθεση και η παρουσία των αντιθέσεων στο οπτικό πεδίο καθιστά την όραση ένα όχημα ή κανάλι διακίνησης πληροφοριών. Το να σχεδιάζει κανείς έτσι ώστε να προκύπτουν στο οπτικό πεδίο διακυμάνσεις αντιθέσεων, σημαίνει αφενός μεν από την άποψη της εργονομίας, ότι η λειτουργία της όρασης γίνεται πιο ευχάριστη και λιγότερο κουραστική αφ' ετέρου δε, από την άποψη της οπτικής επικοινωνίας, ότι μπορεί κανείς να εκμαιεύσει από το φωτισμένο περιβάλλον στοιχεία του ανάγλυφου και τονισμούς του φωτός και του χρώματος.

Το πρώτο που γίνεται στην αρχή του σχεδιασμού είναι η μελέτη των σημείων και των προνομιακών κατευθύνσεων παρατήρησης. Συχνά τα μνημεία αποτελούν επιβλητικές παρουσίες, αρχιτεκτονικές κατασκευές και, σαν σημεία προσανατολισμού, καθορίζουν την ταυτότητα εκτεταμένων περιοχών της πόλης και κάποιες φορές και της ευρύτερης περιοχής.

Η όψη ενός μεγάρου, ένα γλυπτό, ένα μνημειακό σιντριβάνι στο κέντρο μιας πλατείας, όλα αυτά είναι δυνατόν να παρατηρούνται από περισσότερα σημεία, άλλα κοντινά και άλλα μακρινά. Οι δρόμοι και τα στενά γύρω από αυτά φωτίζονται με μικρότερη ένταση, ώστε να δημιουργηθεί η απαιτούμενη αντίθεση που φέρει οπτικά το μνημείο σε πρώτο πλάνο.

Το να αναδείξει κανείς οπτικά ένα αντικείμενο σε ένα ήδη πολύ φωτισμένο περιβάλλον είναι τελείως διαφορετικό από την περίπτωση όπου το περιβάλλον χαρακτηρίζεται από χαμηλά επίπεδα φωτισμού. Η σωστή επιλογή του φωτισμού εξαρτάται από το μέγεθος των αντιθέσεων. Αντιθέσεις δεν θεωρούνται μόνο αυτές που καθορίζονται από τις μεταβολές της φωτεινής ροής που κατευθύνεται προς τον παρατηρητή, αλλά και αυτές που σχετίζονται με το χρώμα και που επιτυγχάνονται κατά προτίμηση με την χρήση λαμπτήρων διαφορετικού φάσματος εκπομπής. Η χρήση των χρωματικών αντιθέσεων μπορεί να αναδείξει σε ένα κτίριο στοιχεία πλαστικότητας και δομής.

Πέρα από τις χρωματικές αντιθέσεις η αισθητική ανάδειξη ενός μνημείου εξαρτάται και από τις αντιθέσεις μεταξύ φωτός και σκιάς, από τις αντιθέσεις μεταξύ των φωτισμένων και των σκοτεινών περιοχών του.

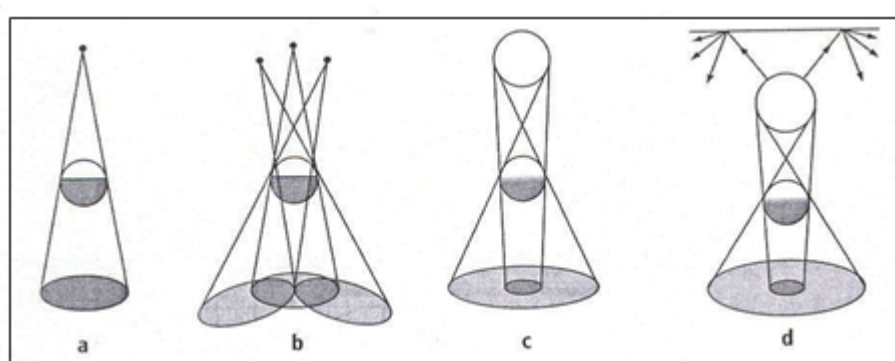
[8]



Εικόνα 3-4 S. Miniato al Monte στη Φλωρεντία Φαίνεται καθαρά από μακριά λόγω σωστού ελέγχου των αντιθέσεων [8]

3.2.8 Έλεγχος των σκιών

Ανάλογα με την θέση των φωτεινών πηγών, διαμορφώνεται αντίστοιχα και η παρουσία των σκιών, που γίνεται τόσο πιο σύνθετη όσο πιο πολύπλοκες είναι οι επιφάνειες που θα φωτιστούν.



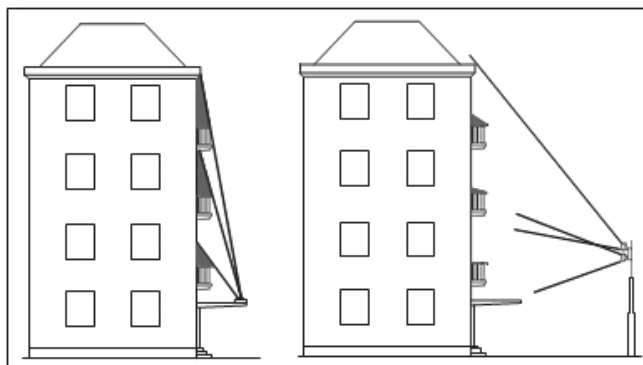
Εικόνα 3-5 Διάφοροι τύποι σκιών που προκαλούνται από σημειακές και εκτεταμένες φωτεινές πηγές [8]

Η ανάγκη ελέγχου των σκιών είναι εντονότερη για τις περιπτώσεις φωτισμού γλυπτών από ότι για τις περιπτώσεις φωτισμού όψεων ιστορικών κτιρίων. Τοποθετώντας τις φωτεινές πηγές πλάγια ως προς το μέτωπο του κτιρίου, ώστε οι φωτεινές ακτίνες να πέφτουν παράλληλα λοξά πάνω στην όψη, προκύπτουν αρκετά καθορισμένες σκιές, που τονίζουν το ανάγλυφο, με κάποιας μορφής αναλογίας με τον ημερήσιο φωτισμό, με τον ήλιο να φωτίζει, ως πηγή άμεσου φωτισμού, από κάποιο ύψος πάνω από τον ορίζοντα. Λείπει εδώ το αποτέλεσμα του διάχυτου φωτισμού, καθώς ο ουρανός λειτουργεί σαν ένας τεράστιος διαχυτής που διαλύει την σκοτεινιά των σκιασμένων περιοχών και απαλύνει διορθωτικά τις

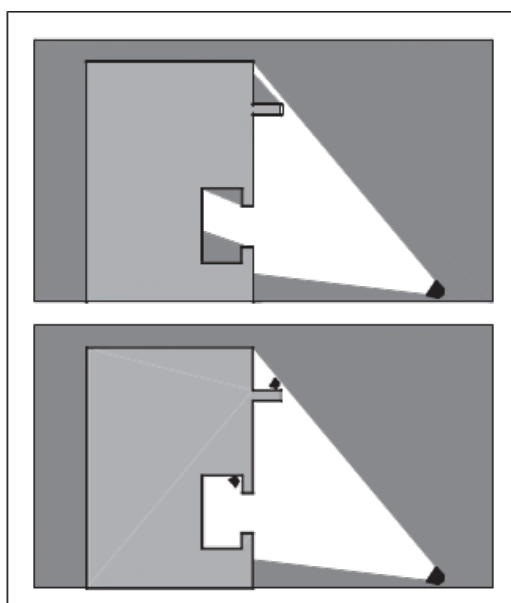
πολύ έντονες αντιθέσεις φωτός και σκιάς. Ένα τέτοιο αποτέλεσμα θα μπορούσε να προκύψει με χαμηλής έντασης γενικό διάχυτο φωτισμό.

Όταν τα φωτιστικά σώματα τοποθετούνται διάσπαρτα μπροστά από το αντικείμενο και με τις δέσμες φωτός που εκπέμπουν να συγκλίνουν από τα διάφορα σημεία εκπομπής προς την φωτιζόμενη επιφάνεια οι σκιές τείνουν να αδυνατίζουν και να εξασθενούν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια γενική απόκρυψη των αρχιτεκτονικών λεπτομερειών καθώς χάνεται η πλαστικότητα των διακοσμητικών στοιχείων και περιορίζεται η δυνατότητα της αντίληψης των όγκων. Οι φωτομετρικοί έλεγχοι θα δείξουν, στην περίπτωση αυτή, μια ομοιομορφία των επιπέδων του φωτισμού ή μικρές διακυμάνσεις της λαμπρότητας.

Το άφθονο διαχεόμενο φως δημιουργεί ένα γενικό αποτέλεσμα απόκρυψης των περιγραμμάτων και απώλειας της αντίληψης της χωροθέτησης των μορφών. Αντίθετα, η πλεονάζουσα παρουσία σκοτεινών περιοχών, που οφείλονται στην προβολή των σκιών πάνω στις επιφάνειες, με τα ίχνη τους να σκεπάζουν μεγάλες περιοχές, κρύβοντας πολλές λεπτομέρειες του φωτιζόμενου έργου, υποβαθμίζει τη θέαση και ιδιαίτερα την κοντινή.



Εικόνα 3-6 Σχηματισμός σκιών από αρχιτεκτονικές προεξοχές στη όψη σε σχέση με την απόσταση των φωτιστικών από το κτίριο και τη γωνία πρόσπτωσης των φωτεινών ακτίνων [8]



Εικόνα 3-7 Οι σκιές που προκαλούνται από τις προεξοχές μετριάζονται ή εξαφανίζονται με τον τοπικό φωτισμό [8]

[8, 16]

3.2.9 Θερμοκρασία χρώματος και χρωματική απόδοση

Η θερμοκρασία χρώματος αναφέρεται στο χρώμα που αντιστοιχεί στο φάσμα που εκπέμπεται από ένα μέλαν σώμα όταν αυτό ευρίσκεται στη θερμοκρασία αυτή [εκφραζόμενη σε Κέλβιν (K)]. Διάφορα πειράματα έχουν δείξει ότι το μάτι αντιλαμβάνεται το φως ως λευκό όταν έχει θερμοκρασία χρώματος περίπου 5500K έως 6000K. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στο φως μιας ηλιόλουστης μέρας, Πάνω ή κάτω από αυτή την τιμή η αίσθηση είναι αντίστοιχα ψυχρή ή θερμή.



Εικόνα 3-8 Θερμοκρασίες χρώματος και πως τα αντιλαμβανόμαστε [4]

Στην αξιολόγηση της ποιότητας του φωτός, μαζί με τη θερμοκρασία χρώματος λαμβάνεται υπόψη και ο δείκτης χρωματικής απόδοσης. Ο δείκτης αυτός καθορίζει τον βαθμό πιστότητας της απόδοσης των χρωμάτων των φωτιζόμενων αντικειμένων ή επιφανειών. Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης είναι μεγάλος αν το εκπεμπόμενο φάσμα είναι συνεχές, χωρίς κενά και με λίγα χάσματα.

Στο περιβάλλον διαδίδονται ακτινοβολίες με μήκη κύματος που περιλαμβάνονται στο ορατό φάσμα. Οι φωτιζόμενες επιφάνειες ανακλούν μόνο τις ακτινοβολίες που λαμβάνουν. Εάν σε ένα επίπεδο χρώματος μπλε προσπίπτει ακτινοβολία φτωχή σε μικρά μήκη κύματος, τότε δεν θα δούμε ένα αληθινό μπλε αλλά ένα ακαθόριστο χρωματικό μίγμα. Η επιφάνεια απορροφά όλες τις ακτινοβολίες διαφορετικής συχνότητας από το μπλε και ανακλά εκείνες τις λίγες συχνότητες κοντά στο μπλε που περιέχονται στη προσπίπτουσα δέσμη. Εάν το φως δεν περιέχει συχνότητες που η επιφάνεια μπορεί να ανακλάσει, τότε το φως δεν ανακλάται αλλά απορροφάται. Όταν η φωτεινή πηγή είναι χαμηλής θερμοκρασίας χρώματος τότε στο φάσμα του φωτός που εκπέμπει κυριαρχούν χρώματα κοντά στο κόκκινο, ενώ όταν αυτή είναι υψηλής θερμοκρασίας χρώματος, τότε στο φάσμα της κυριαρχούν χρώματα κοντά στο μπλε.

Το χρωματικό αποτέλεσμα στο περιβάλλον προκύπτει από την πλήρη αλληλεπίδραση ανάμεσα στο εκπεμπόμενο φως, στην ικανότητα ανάκλασης των ακτινοβολιών από τις επιφάνειες και από την ευαισθησία του ματιού στην αντίληψη των χρωμάτων και των αντιθέσεων τους. Σε ένα περιβάλλον, όπου κυριαρχούν χρώματα που αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη περιοχή του φάσματος, είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθεί φως που να περιέχει ακριβώς το τμήμα αυτό του φάσματος. Σε αντίθετη περίπτωση οι επιφάνειες χάνουν τα χρώματα που παρουσιάζουν όταν φωτίζονται με φυσικό φως. Ανάλογα με τη θερμοκρασία χρώματος και τον δείκτη χρωματικής απόδοσης του φωτός που υπάρχει στο περιβάλλον, το όργανο της όρασης αντιλαμβάνεται τα χρώματα και τις χρωματικές διαφορές.



Εικόνα 3-9 Επίδραση διάφορων αποχρώσεων στις επιφάνειες [18]

[8]

3.2.10 Αποφυγή θάμβωσης

Σαν θάμβωση χαρακτηρίζεται η προβληματική κατανομή της φωτεινότητας ή η αντίθεση φωτεινοτήτων στο οπτικό πεδίο η οποία παρενοχλεί την όραση. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να προκληθεί με δύο τρόπους:

1. Άμεση θάμβωση που προέρχεται κατευθείαν από τη φωτεινή πηγή.
2. Ανακλώμενη θάμβωση που προκαλείται προφανώς από ανακλάσεις του φωτός πάνω σε άλλες επιφάνειες.

Η παρουσία ενός τέτοιου φαινομένου, μπορεί να οδηγήσει όχι μόνο σε δυσάρεστα για την όραση αποτελέσματα αλλά κυρίως σε μη οικονομικές λύσεις και σε αδικαιολόγητη χρήση φωτός. Με τη σειρά της η αδικαιολόγητη χρήση φωτός οδηγεί σε φωτεινή ρύπανση, φαινόμενο προφανώς ανεπιθύμητο. Γενικά το φαινόμενο της θάμβωσης πρέπει σε κάθε περίπτωση να αποφεύγεται. [14]

Τα φωτιστικά θα πρέπει να συνοδεύονται από ειδικούς ανακλαστήρες και αντιθαμβωτικές περιόδους για την ελαχιστοποίηση της διάχυσης άμεσου φωτισμού στην ατμόσφαιρα, για να

μην επηρεάζουν τη λειτουργία των γειτονικών κτιρίων και να αποφευχθεί η πρόκληση άμεσης ή εξ αντανάκλασης θάμβωσης σε πεζούς και οδηγούς.[9]

3.3 ΛΑΘΗ ΣΤΟΝ ΦΩΤΙΣΜΟ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Μερικά από τα συχνά λάθη στον φωτισμό μνημείων είναι τα εξής:

- Σχεδιασμός/Χρήση ακατάλληλων λαμπτήρων (πορτοκαλί ή σκληρού λευκού σε γήινα υλικά)
- Χρήση βιομηχανικών προβολέων ανοικτής δέσμης
- Υπερφωτισμός του μνημείου
- Επιβολή της οπτικής του μελετητή σχετικά με τη φύση του μνημείου
- Χρήση πολλών χρωμάτων
- Φωτορύπανση του περιβάλλοντος χώρου

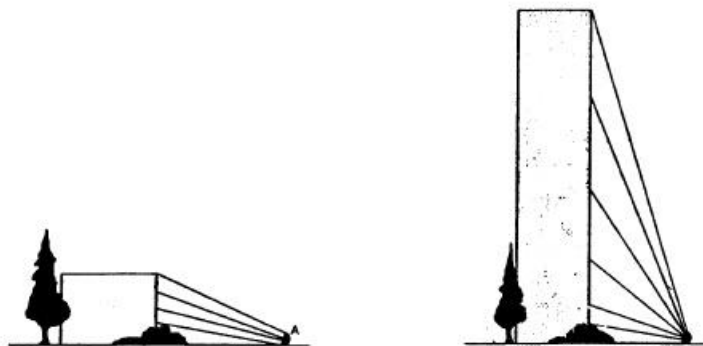
Η άσκοπη χρήση χρωμάτων εκεί που δεν πρέπει, η λανθασμένη χρήση ακατάλληλων αποχρώσεων του λευκού (συνήθως με προβολείς πολύ «σκληρού» λευκού σε υλικά με γήινα χρώματα ή με προβολείς χαμηλής χρωματικής απόδοσης όπως αυτοί του Νατρίου) και ο υπερβολικός φωτισμός, είναι κάποια από τα συνηθισμένα λάθη που μπορούν να παραποιήσουν την «ανάγνωση» ενός μνημείου και να αλλοιώσουν την εικόνα που προσπαθεί να δώσει ο μελετητής του φωτισμού του.

[17, 18]

3.4 ΤΡΟΠΟΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΕΙΞΗΣ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

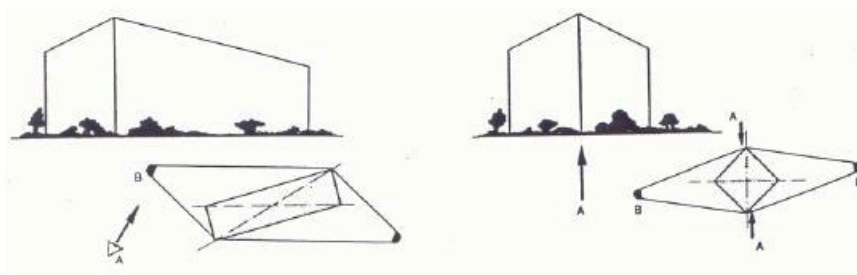
3.4.1 Ανάλογα με το σχήμα και το ύψος

Χαμηλά και ψηλά κτίρια: Το ύψος του κτιρίου και γενικότερα του μνημείου, καθορίζει το άνοιγμα της δέσμης του προβολέα. Όταν το κτίριο είναι χαμηλό τότε είναι προτιμότερη η χρήση προβολέων ανοικτής δέσμης. Για ψηλότερα κτίρια, ένας συνδυασμός προβολέων με στενές και μεσαίες δέσμες δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.



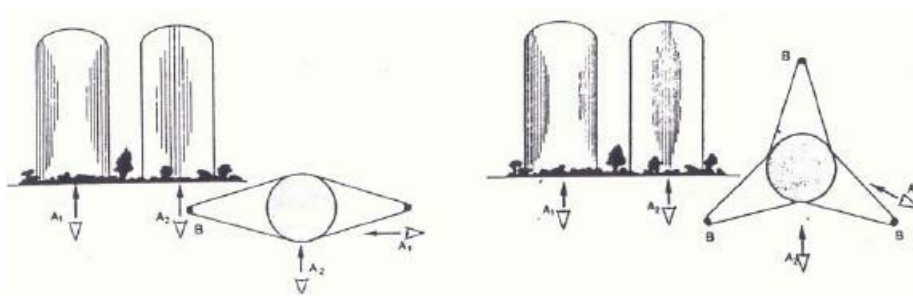
Εικόνα 3-10 Κτίριο χαμηλό(α) και ψηλό(β) που απαιτούν αντίστοιχα ανοικτή και στενή δέσμη. (Πηγή: courses.arch.ntua.gr)

Τετράγωνη ή ορθογώνια κάτοψη: Όταν η κάτοψη ενός κτιρίου είναι τετράγωνη ή ορθογώνια, φωτίζεται καλύτερα με φωτιστικά ανοικτής δέσμης, όπως και τα χαμηλά κτίρια. Η γωνία προσπτώσεως δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 90ο.



Εικόνα 3-11 Κτίρια με ορθογώνια και τετράγωνη κάτοψη (A-A Διεύθυνση παρατηρήσεως) (Πηγή: courses.arch.ntua.gr)

Κυκλική κάτοψη: Όταν η κάτοψη είναι κυκλική και για να τονισθεί η καμπυλότητα του κτιρίου χρησιμοποιούνται φωτιστικά στενής ή μεσαίας δέσμης, όπως επίσης και τα ψηλά κτίρια σε αρκετά σημεία γύρω από το κτίριο και με κατεύθυνση φωτισμού από κάτω προς τα πάνω



Εικόνα 3-12 Κτίρια με κυκλική κάτοψη (A1, A2: διευθύνσεις παρατηρήσεως του κτιρίου) (Πηγή: courses.arch.ntua.gr)

Μακρόστενο μνημείο: Εάν το σχήμα του μνημείου είναι μακρόστενο (π.χ. κολώνες) τότε στα φωτιστικά πρέπει να εφαρμοστεί κατάλληλο οπτικό σύστημα έτσι ώστε ο φωτισμός να περιορίζεται στο σχήμα υπό μορφή στήλης.

[9]

3.4.2 Ανάλογα με την ορατότητα από μία ή περισσότερες κατευθύνσεις

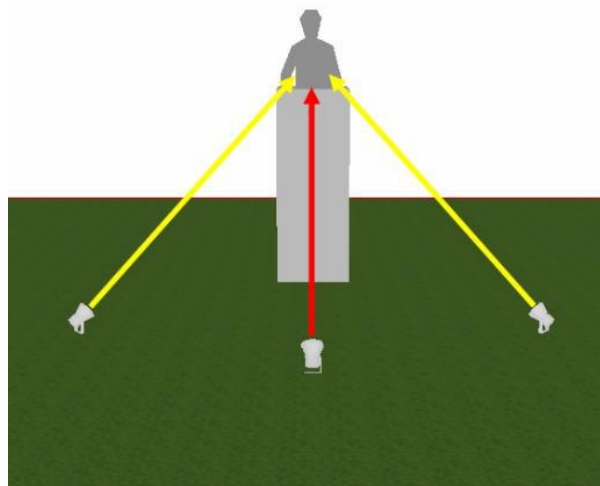
Ορατό μνημείο από μία κατεύθυνση: Στην περίπτωση που ένα μνημείο είναι ορατό μόνο από μία κατεύθυνση, τότε ο φωτισμός θα πρέπει να επικεντρώνεται στην πλευρά αυτή που είναι ορατή. Το φωτιστικό πρέπει να στοχεύει από μακριά το μνημείο με ευρεία δέσμη (τεχνική ανάδειξης επιφάνειας) ώστε αυτό να φωτίζεται ολόκληρο. Έτσι περιορίζεται η ποσότητα των φωτιστικών αλλά δεν αναδεικνύονται τα χαρακτηριστικά του μνημείου (π.χ. υφή, τρεις διαστάσεις κλπ). Το πίσω μέρος του μνημείου δεν χρειάζεται να φωτιστεί, εκτός και εάν υπάρχει κάποιο δομικό στοιχείο (π.χ. τοίχος). Ο φωτισμός αυτού του στοιχείου θα προσθέσει βάθος λειτουργώντας ως φωτεινό φόντο στο αντικείμενο.



Εικόνα 3-13 Φωτισμός μνημείου ορατού από μία κατεύθυνση με επιπρόσθετο φωτισμό στο δομικό στοιχείο στο υπόβαθρο, Naples – Italy: Villa Oplontis (Πηγή: External lighting systems, iGuzzini, 2011-2012).

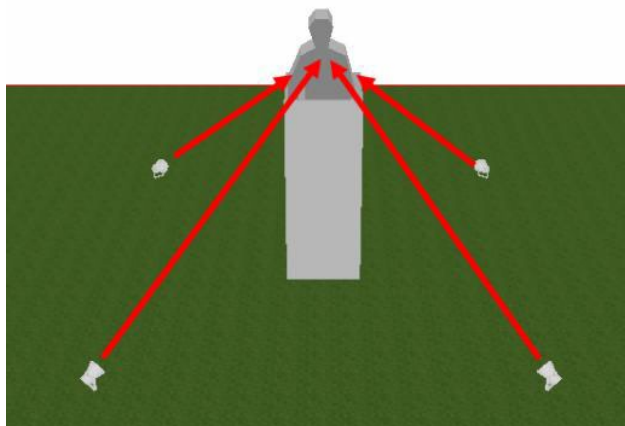
Ορατό μνημείο από περισσότερες κατευθύνσεις: Όταν το μνημείο είναι ορατό από περισσότερες κατευθύνσεις τότε ο φωτισμός πρέπει να επικεντρώνεται σε περισσότερα σημεία για να αναδειχθούν περισσότερες πτυχές του αντικειμένου. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα άτομα κινούνται περιμετρικά και κοιτούν προς το μνημείο από πολλές θέσεις, άρα θα πρέπει όλα τα σημεία του να είναι φωτισμένα. Έτσι θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην εύρεση των θέσεων και των στοχεύσεων για τη μείωση της θάμβωσης.

Αρχικά πρέπει να τοποθετηθεί φωτισμός ανάδειξης μπροστά και πίσω από το μνημείο, δίνοντας έμφαση στη μορφή και στις λεπτομέρειες του και έπειτα να τοποθετηθεί συμπληρωματικός φωτισμός στις υπόλοιπες πλευρές (δεξιά και αριστερά του μνημείου) για να μετριαστεί η αντίθεση ανάμεσα στις φωτεινές και σκοτεινές πλευρές. Με την παραπάνω τεχνική είναι δυνατό να αναδειχθεί ολόκληρη η μορφή του μνημείου. Διαφοροποιώντας μεταξύ τους το φωτισμό ανάδειξης με το συμπληρωματικό αλλάζουν οι πλευρές του μνημείου στις οποίες δίνεται έμφαση. Η επιλογή των πλευρών για την ανάδειξη εξαρτάται από το σχήμα, τη λεπτομέρεια, την υφή, και το χρώμα.



Εικόνα 3-14 Ανάδειξη αντικειμένου ορατού από πολλές κατευθύνσεις Με κόκκινο φαίνεται ο φωτισμός ανάδειξης και με κίτρινο ο συμπληρωματικός φωτισμός (Πηγή: Λάμπρος Θ. Δούλος, 2012).

Εάν χρησιμοποιηθούν φωτιστικά για φωτισμό ανάδειξης ομοιόμορφα τοποθετημένα περιμετρικά του μνημείου θα δημιουργηθεί ένας ισορροπημένος φωτισμός. Διαφοροποιώντας όμως την ισχύ ή τη δέσμη ενός εκ των περιμετρικών φωτιστικών μεταβάλλεται η έμφαση στην αντίστοιχη πλευρά.



Εικόνα 3-15 Ανάδειξη αντικειμένου ορατού από πολλές κατευθύνσεις με περιμετρικό ομοιόμορφο φωτισμό (Πηγή: Λάμπρος Θ. Δούλος, 2012).

Τοποθετώντας φωτιστικά σώματα σε αντιδιαμετρικές πλευρές είτε με μεγαλύτερη ένταση φωτισμού, είτε πιο κοντά στο αντικείμενο και με πιο στενή δέσμη (φωτισμός ανάδειξης), θα δοθεί έμφαση στο σχήμα ή στο περίγραμμα. Στις άλλες πλευρές, εάν τα φωτιστικά σώματα τοποθετηθούν πιο μακριά με μικρότερη ένταση φωτισμού τότε θα ολοκληρωθεί η ανάδειξη του συνολικού αποτελέσματος.

[9]

3.4.3 Ανάλογα με την θέση των φωτιστικών σωμάτων

Όχι σπάνια, στον αστικό χώρο, η θέση των φωτεινών πηγών περιορίζεται από την παρουσία γειτονικών κτιρίων. Δεν είναι πάντα δυνατόν να εγκαταστήσει κανείς στύλους ή αλλά στοιχεία στήριξης.

Εάν οι σκιές είναι ελάχιστες και μόλις αντιληπτές πρέπει κανείς να μεταβάλλει τις γωνίες πρόσπτωσης των φωτεινών ακτινών, διατηρώντας κατά το δυνατόν σταθερές τις θέσεις των φωτιστικών στοιχείων.

Αντίθετα, εάν οι σκιές κυριεύουν τις επιφάνειες θα πρέπει να εγκαθίστανται μια δεύτερη ομάδα φωτιστικών σωμάτων (διορθωτική) με φωτεινές πηγές μικρότερης ισχύος, και με δέσμες που να εκπέμπουν σε γωνίες ίσες ή μεγαλύτερες των 45° σε σχέση με τις αντίστοιχες φωτεινές δέσμες των φωτιστικών της κύριας ομάδας. Η δεύτερη αυτή ομάδα φωτιστικών θα έχει σαν αποστολή τον μετριασμό των σκιών όπου απαιτείται.

Όπου δεν είναι δυνατή η λύση της διορθωτικής ομάδας φωτιστικών εφαρμόζεται ο τοπικός φωτισμός ή φωτισμός κατά περιοχές με τη χρήση των φωτιστικών σωμάτων τοποθετημένων πάνω στο μνημείο, σε πολύ μικρή λοιπόν απόσταση από τις επιφάνειες που πρέπει να φωτιστούν.

Τα φωτιστικά σώματα θα είναι περιορισμένων διαστάσεων και το μνημείο θα έχει κάποια δομικά στοιχεία κατάλληλα για την τοποθέτηση των φωτιστικών έτσι ώστε αυτά να μην είναι

εμφανή καθώς, σε αντίθετη περίπτωση, θα αποτελέσουν κατά την διάρκεια της ημέρας σημαντική οπτική ενόχληση.

Φωτιστικά στο επίπεδο του εδάφους: Εάν το μνημείο είναι απομονωμένο, δηλαδή μακριά από κτίρια ή άλλες κατασκευές που μπορούν να χρησιμεύσουν για την στήριξη των φωτιστικών, εφαρμόζεται η τοποθέτηση των φωτιστικών στο επίπεδο του εδάφους, σε χαμηλά βάθρα ή σε κατάλληλες υποδοχές.

Αυτή η λύση είναι κατάλληλη π.χ. για αψίδες, οβελίσκους, αγάλματα ή σιντριβάνια στο κέντρο πλατειών. Στην περίπτωση αυτή το μνημείο αυτό μπορεί να το παρατηρεί κανείς από περισσότερα του ενός σημεία, ορισμένες φορές και κατά μήκος ενός τόξου 360 μοιρών.

Σημαντικό αποτέλεσμα μπορεί να φέρει στην περίπτωση αυτή ο φωτισμός από την πίσω πλευρά του μνημείου (back light) που περικλύπτει το μνημείο από το σκοτεινό φόντο αναδεικνύοντας το περίγραμμα του. Αυτό επιτυγχάνεται φωτίζοντας το μνημείο από πίσω με φωτιστικά (προβολείς) ίδια με αυτά το φωτίζουν από μπροστά (φωτίζοντας δηλαδή από αντίθετες κατευθύνσεις παρατήρησης).

Το να τοποθετηθούν τα φωτιστικά σώματα στο επίπεδο του εδάφους έχει πολλά πλεονεκτήματα όσον αφορά την κατασκευή και την συντήρηση. Είναι μειονέκτημα ότι έτσι, η εγκατάσταση είναι περισσότερο εκτεθειμένη σε πιθανούς βανδαλισμούς και αυτό αφορά ιδιαίτερα εγκαταστάσεις σε δημόσιο χώρο. Λόγω του ότι τα φωτιστικά είναι στραμμένα προς τα πάνω, υπόκεινται σε μεγαλύτερη ρύπανση, λόγω της σκόνης που υπάρχει άφθονη στον αέρα των πόλεων και εάν δεν συντηρούνται συχνά, μειώνεται σημαντικά η φωτεινή τους απόδοση. Λαμβάνεται επίσης υπόψη η αυξημένη οπτική ρύπανση του ουρανού που προκαλείται από ένα τέτοιο σύστημα φωτισμού.

Σε περίπτωση που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στυλίσκοι ή πλησίον μέτωπα (μάντρες) για την τοποθέτηση των φωτιστικών, προδιαγράφονται φωτιστικά σώματα με άνοιγμα δέσμης μεσαίου ή μεγάλου εύρους που τοποθετούνται σε απόσταση από το κτίριο ίση η μεγαλύτερη με το ένα τρίτο του μέγιστου ύψους του. Αποφεύγονται έτσι οι αφύσικες βαθιές και μακριές σκιές που θα προβάλλονταν προς τα πάνω.

Φωτιστικά πάνω σε στύλους (επί ιστών): Όταν δεν είναι δυνατόν η βολικό να τοποθετηθούν τα φωτιστικά σώματα στο επίπεδο του εδάφους ή σε πλησίον μάντρες αναγκαστικά καταφεύγει κανείς στην τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων (προβολέων) πάνω σε στύλους που θα προκαλούν την ελάχιστη οπτική ενόχληση κατά τη διάρκεια της ημέρας. Παρ' όλα αυτά οι στύλοι είναι ξένα σώματα που παρεμβάλλονται ανάμεσα στο μνημείο και τον παρατηρητή. Το ύψος τους είναι συνήθως τουλάχιστον ίσο με το 1/3 του ύψους του φωτιζόμενου μνημείου. Αυξάνοντας το ύψος μπορεί να εκμεταλλευτεί κανείς την αύξηση της λαμπρότητας λόγω των ανακλαστικών ιδιοτήτων ορισμένων επιφανειών.

Με τις κατάλληλες γωνίες πρόσπτωσης αυξάνεται ο συντελεστής λαμπρότητας και η επιφάνεια φαίνεται πιο λαμπρή για τα ίδια επίπεδα φωτισμού. Οι εντονότερα ανακλώμενες ακτίνες είναι δυνατόν να κατευθυνθούν προς τον παρατηρητή, πράγμα που δεν συμβαίνει όταν τα φωτιστικά σώματα είναι εγκατεστημένα στο επίπεδο του εδάφους.

Σε ορισμένες περιπτώσεις η αντανάκλαση αυτή είναι άμεση και ανεπιθύμητη, π.χ. όταν στην όψη υπάρχουν εκτεταμένα υαλοστάσια. Είναι εύκολο να αντιληφθεί κανείς ότι αυξάνοντας το ύψος τοποθέτησης των φωτιστικών (προβολέων) αυξάνεται και η περιοχή που καλύπτουν οι ανακλώμενες ακτίνες.

[8]

3.4.4 Ο τοπικός φωτισμός

Η ανάγκη να τοποθετηθούν οι προβολείς σε μια ορισμένη απόσταση από τις επιφάνειες που πρέπει να φωτισθούν, ώστε να είναι δυνατόν να ρυθμιστούν οι φωτεινές ροές, οι αντιθέσεις φωτισμού και οι σκιές οδηγεί σε τρεις επιλογές τοποθέτησης των πηγών φωτισμού:

- α) σε διπλανά κτίρια,
- β) στο επίπεδο του εδάφους
- γ) επί στύλων.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου δεν ενδιαφέρει να φωτιστεί όλη ή όψη του κτιρίου αλλά είναι καλύτερο ο σχεδιασμός να βασιστεί στον υποβλητικό φωτισμό, περιορισμένο τοπικά σε ορισμένα σημεία ή περιοχές.

Στις περιπτώσεις αυτές είναι λιγότερο κατάλληλα τα φωτιστικά τύπου προβολέα, ενώ αντίθετα ταιριάζουν καλύτερα τα φωτιστικά διάχυτου φωτισμού καθώς και φωτιστικά με ιδιαίτερα φωτοτεχνικά χαρακτηριστικά.

Ο τοπικός φωτισμός επαναφέρει τον τρόπο φωτισμού των μνημείων όπως για αιώνες υπήρχε με στοιχειώδη μέσα συγκρινόμενα με αυτά που διατίθενται σήμερα. Με κεριά, λυχνάρια και πυρσούς, πριν από το 19ο αιώνα, τα γλυπτά και τα μνημεία φωτίζονταν με λίγο φως που προερχόταν από ένα πλήθος μικρών φωτεινών πηγών.

Στις μέρες μας έχουμε στην διάθεση μας μια πλειάδα τεχνικών μέσων κατάλληλα για να διανεύουν το φως ανάλογα με τις επιθυμίες μας και είναι πολλές οι περιπτώσεις που επιλύονται λύσεις τοπικού φωτισμού.

Σε κάποιες περιπτώσεις το μνημείο παρουσιάζει μόνο ορισμένα σημεία καλλιτεχνικού ή ιστορικού ενδιαφέροντος, ενώ άλλοτε θέλει κανείς να φωτίσει διακριτικά μια όψη προτιμώντας, από τον πλήρη φωτισμό, την ανάδειξη μόνο ορισμένων αξιοπαρατήρητων χαρακτηριστικών.

Υπάρχουν ακόμα και πρακτικοί λόγοι για τους οποίους είναι προτιμότερο να τοποθετείται η εγκατάσταση φωτισμού πάνω στο κτίριο αντί να τοποθετηθεί σε άλλες ιδιοκτησίες καθώς κάτι τέτοιο θα απαιτούσε την συμφωνία όλων των ενδιαφερόμενων μερών.

Γύρω από τα φωτιστικά εμποδίζεται με περιοδική συντήρηση ή ανάπτυξη της βλάστησης. Τα χορτάρια και οι φυλλωσιές πέραν του ότι περιορίζουν την ποσότητα της φωτεινής ακτινοβολίας του φωτιστικού το οποίο καλύπτουν, αποκαλύπτουν επίσης την παρουσία του φωτιστικού και κάνουν εμφανή την φωτεινή δέσμη κοντά στο φωτιστικό, πράγμα που δεν είναι επιθυμητό. Καταβάλλεται προσπάθεια ώστε το φωτιστικό σώμα να παραμείνει όσο το δυνατόν περισσότερο αφανές.

[8]

3.5 ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

3.5.1 Ο φωτισμός του Ιερού βράχου της Ακρόπολης

Ο λόφος της Ακρόπολης δεσπόζει πάνω από την πόλη των Αθηνών και αποτελεί το χώρο που βρίσκονται κάποια από τα σημαντικότερα πολιτιστικά μνημεία της ανθρωπότητας.



Εικόνα 3-16 Πανοραμική άποψη του Ιερού βράχου (Πηγή: Κώστας Κάπος)

Οι προσανατολισμοί των μνημείων, κατά τη διάρκεια της ημέρας εκμεταλλεύονται πλήρως το ηλιακό φως για να αναδείξουν τη μοναδική αρχιτεκτονική τους, ενώ η θέση τους τα καθιστά απρόσβλητα από τα φώτα της πόλης τη νύχτα, συνεπώς εδώ και πολλά χρόνια θεωρείται επιβεβλημένος ο φωτισμός του συνόλου του βράχου της Ακρόπολης και των μνημείων της, προκειμένου να αναδεικνύεται η τελειότητα του συνόλου.

Η μελέτη φωτισμού είχε τους παρακάτω στόχους:

1. Προσδιορισμός επακριβών θέσεων τοποθέτησης των προβολέων στα μνημεία, ώστε να μην προσβάλλουν αισθητικά τις όψεις των μνημείων, δεδομένου ότι οι προβολείς που είχαν επιλεγεί είναι αρκετά ογκώδεις.
2. Σχεδιασμός ειδικών ανοξείδωτων στηριγμάτων των προβολέων ώστε να μην υπάρχει ο κίνδυνος οποιασδήποτε βλάβης στα μνημεία. Τα στηρίγματα αυτά έπρεπε να είναι αισθητικά αποδεκτά, να μην είναι ορατά από απόσταση, να μην πακτωθούν σε οποιοδήποτε σημείο των μνημείων, να είναι κινητά και να αντέχουν σε ανεμοπιέσεις για ταχύτητες ανέμου πάνω από 160 χλμ/ώρα.
3. Προσδιορισμός της καλωδίωσης των προβολέων, δεδομένου ότι όλα τα καλώδια θα έπρεπε να διέλθουν εμφανώς και χωρίς καμία στήριξη.
4. Τροφοδοσία των κυκλωμάτων και αυτοματισμοί εναύσεως, έτσι ώστε οι απομακρυσμένοι μεταξύ τους πίνακες τροφοδοσίας να μπορούν να ανάβουν με ασύρματο τηλεχειρισμό.
5. Σύνταξη προδιαγραφών και παρουσίαση της μελέτης για έγκριση από το Κεντρικό Αρχαιολογικό Συμβούλιο.

Λόγω της μοναδικότητας των μνημείων δεν έπρεπε να υπάρξει καμία μόνιμη επέμβαση, φθορά ή αλλοίωση των χαρακτηριστικών αυτών και συνεπώς, η εγκατάσταση φωτισμού, στο σύνολό της, όφειλε να πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις και κανόνες, όπως αυτοί προσδιορίστηκαν από τον μελετητή:

- Δεν πρέπει να υπάρξουν εκκαφές. Επιτρέπεται μόνο η προσωρινή επικάλυψη μερικών καλωδιώσεων με ελεύθερο και σαθρό χώμα εντελώς επιφανειακά.
- Όλες οι καλωδιώσεις οφείλουν να είναι επιφανειακές και τα καλώδια να μη στηρίζονται με μόνιμα μέσα στα αρχιτεκτονικά στοιχεία.
- Οι καλωδιώσεις πρέπει κατά το δυνατόν να κρύβονται πίσω από διάφορα αρχιτεκτονικά στοιχεία ώστε να μην αλλοιώνουν τη μορφή του μνημείου.
- Τα φωτιστικά σώματα πρέπει να στηρίζονται σε κινητές βάσεις, δυνάμενες να αφαιρεθούν ή να μετακινηθούν.
- Τα υλικά που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν δεν θα οξειδώνονται και δεν θα προκαλούν λεκέδες ή άλλες χημικές αντιδράσεις με τα αρχιτεκτονικά στοιχεία των μνημείων.
- Λόγω της επιφανειακής εγκατάστασης του φωτισμού, όλες οι καλωδιώσεις και τα φωτιστικά σώματα πρέπει να βρίσκονται σε σημεία μη προσβάσιμα από τους επισκέπτες του αρχαιολογικού χώρου.
- Αν και προσωρινή, η στήριξη των φωτιστικών σωμάτων πρέπει να είναι επαρκής για την αντιμετώπιση διαφόρων μηχανικών καταπονήσεων που θα μπορούσαν να τα ανατρέψουν (κραδασμούς, ανεμοπιέσεις, τυχαία λακτίσματα κτλ.).
- Μελλοντικά, και μετά την ολοκλήρωση των εργασιών συντήρησης των μνημείων, τα εξωτερικά φωτιστικά σώματα θα πρέπει να μπορούν να επανεγκατασταθούν επάνω σε κάποια μελλοντική μεταλλική περίφραξη του κάθε μνημείου εάν αυτό είναι αποδεκτό από την αρμόδια Αρχαιολογική Υπηρεσία.

Η ιδιαιτερότητα της μελέτης αυτής είναι η χρήση προβολέων πολύ μικρότερης ισχύος, ο καθένας από τους οποίους φωτίζει με ιδιαίτερο τρόπο το κάθε αρχιτεκτονικό στοιχείο ώστε να εξασφαλίζεται η αντίληψη του ανάγλυφου από απόσταση. Επιπλέον, οι εσωτερικές τοιχοποιίες φωτίζονται κατά τρόπο που να δημιουργεί την αίσθηση ενός εσωτερικού φωτός που προέρχεται από τα ίδια τα μνημεία και δεν προσπίπτει σε αυτά.

Έτσι, επιλέχθηκαν για χρήση 3 βασικοί τύποι προβολέων:

1. Προβολείς για λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων με κεραμικό απόχρωσης 830 και θερμοκρασίας χρώματος 3000 °K, ισχύος 35, 70 ή 150 W. Η θερμοκρασία των 3000 °K, η οποία είναι σχετικά χαμηλή, αποσκοπεί στην αποκάλυψη του χρώματος του μαρμάρου.
2. Προβολείς λαμπτήρων λευκού νατρίου υψηλής πίεσης με θερμοκρασία χρώματος 2500 °K, ισχύος 100 W.
3. Προβολείς ανοικτής δέσμης, νατρίου υψηλής πίεσης ισχύος 100, 150 και 250 W, με θερμοκρασία χρώματος 2200 °K.



*Εικόνα 3-17 Προβολέας philips decoflood mvf-605, mb/150w/830 με πολωτικό φίλτρο προέκτασης της δέσμης και βαμμένος σε ral 1016 για να ταιριάζει με τα μάρμαρα (μνημεία ακροπόλεως και αρχαίο θέατρο Διονύσου)
(Πηγή: Κώστας Κάπος)*

Οι δύο πρώτοι τύποι των προβολέων χρησιμοποιήθηκαν για το φωτισμό των αρχιτεκτονικών στοιχείων του κάθε μνημείου (κίονες, μετόπες, αετώματα κτλ.) και συγκεκριμένων εξωτερικών τοιχοποιιών. Για τη δημιουργία πιο εντυπωσιακού φωτισμού με τονισμό του ανάγλυφου, χρησιμοποιήθηκαν ένας από τους δύο πρώτους τύπους προβολέων σε κάθε κίονα, ώστε το κάθε ορατό τεταρτημόριο να φωτίζεται από διαφορετικό τύπο προβολέα.

Η συγκέντρωση των δεσμών έγινε με ειδικά κρύσταλλα/φακούς (οριζόντιους ή κάθετους εκτατήρες) ώστε η δέσμη να είναι κάθετη κατά μήκος του κάθε κίονα, ή οριζόντια κατά μήκος κάποιας μετόπης. Ο τρίτος τύπος προβολέα χρησιμοποιήθηκε για το φωτισμό των εσωτερικών τοίχων του κάθε μνημείου έτσι ώστε ο σχετικά χαμηλός φωτισμός και το πορτοκαλί χρώμα να δίνουν την εντύπωση ότι ο ίδιος ο τοίχος φεγγοβολεί ένα εσωτερικό φως που συμβολίζει το αρχαίο πνεύμα που ζει μέσα στα μνημεία αυτά.

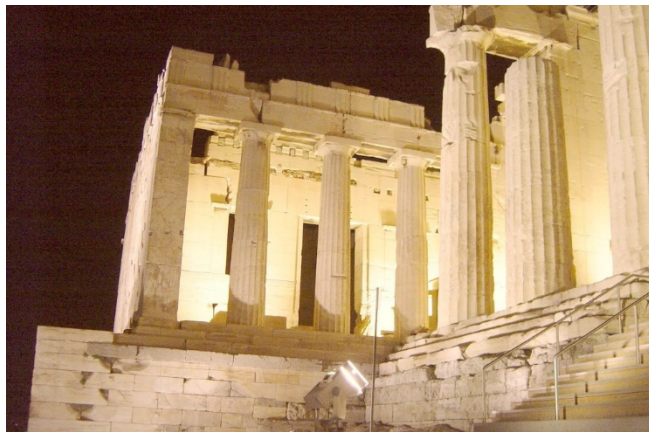
Γενικά, υιοθετήθηκε η φιλοσοφία ότι τα μνημεία αυτά την εποχή που κατασκευάστηκαν είχαν ως πιθανό φωτισμό τη φωτιά, συνεπώς κάποιος αντίστοιχος φωτισμός είναι ο πλέον δόκιμος για την αρχιτεκτονική τους.



Εικόνα 3-18 Φωτισμός του Ερεχθείου (Πηγή: Κώστας Κάπος)



Εικόνα 3-19 Φωτισμός του τμήματος με τις Καρυάτιδες (Πηγή: Κώστας Κάπος)



Εικόνα 3-20 Φωτισμός στα Προπύλαια (Πηγή: Κώστας Κάπος)

Εκτός από το φωτισμό των μνημείων, ιδιαίτερη σημασία έχει και ο φωτισμός του Βράχου της Ακρόπολης. Εδώ γίνεται πάλι η χρήση των προβολέων τύπου 1, ημιανοικτής δέσμης, με πρόσπτωση υπό γωνία στο βράχο και στο τείχος, έτσι ώστε αφενός να μη διαταράσσεται το οικοσύστημα της περιοχής που περιλαμβάνει γεράκια, κουκουβάγιες και άλλα αρπακτικά πτηνά και αφετέρου να τονίζεται το ανάγλυφο του ιερού Βράχου και του τείχους της Ακρόπολης. Ιδιαίτερη μέριμνα έχει ληφθεί σε όλα τα μνημεία, ώστε να μην είναι ορατοί από μακριά οι προβολείς ή οι δέσμες τους, αλλά μόνο το φωτιστικό αποτέλεσμα που επιφέρουν στα μνημεία.

Ειδικά για το νότιο τμήμα του Βράχου, το οποίο παρουσιάζει πολύ λιγότερο ανάγλυφο από το βόρειο, χρησιμοποιήθηκαν και αμμοβολισμένα κρύσταλλα, προκειμένου να μη γίνει ο Βράχος πιο φωτεινός από ότι τα ίδια τα μνημεία.



Εικόνα 3-21 Φωτισμός του Βράχου της Ακρόπολης (Πηγή: Κώστας Κάπος)

[19]

3.5.2 Φωτισμός Αρχαίου Θεάτρου Διονύσου

Το αρχαίο Θέατρο του Διονύσου αποτελεί το σημαντικότερο μνημείο της Νότιας κλιτύς της Ακροπόλεως, καθώς στο θέατρο αυτό, τον 5ο αιώνα π.Χ. παρουσιάστηκαν στο Αθηναϊκό κοινό οι κορυφαίες δημιουργίες του Αρχαίου Δράματος. Κατά την περίοδο εκείνη το κούλο ήταν πιο απλό και περιορισμένο και έλαβε την τελική του μορφή μετά τα μέσα του 4ου π.Χ. αιώνα, όταν ο ρήτορας Λυκούργος είχε τη διαχείριση των δημοσίων δαπανών της Αθήνας.



Εικόνα 3-22 Πανοραμική φωτογραφία του φωτισμένου κοίλου (Πηγή: Κώστας Κάπος)

Το Θέατρο εγκαταλείφθηκε μετά το τέλος της αρχαιότητας και σταδιακά, κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα καλύφθηκε από επιχώσεις. Η ανεύρεση και ανασκαφή του πραγματοποιήθηκε μεταξύ των ετών 1862 και 1895. Το 2003 εκπονήθηκε μελέτη αποκατάστασης του κοίλου και ορίστηκαν επιμέρους αναστηλωτικές επεμβάσεις για τη σταδιακή αποκατάστασή του.

Η αρχιτεκτονική του μνημείου είναι ένα έξοχο δείγμα της κλασικής περιόδου, με τα εδώλια κατασκευασμένα από καλολαξευμένους ασβεστόλιθους από την πειραιϊκή ακτή, ενώ οι θέσεις της πρώτης σειράς, οι προεδρίες, αποτελούν θαυμαστά έργα μαρμαροτεχνίας, με λαξευμένους τους τίτλους των δικαιούχων ιερέων και αξιωματούχων επάνω στον κάθε θρόνο.

Η εκπόνηση της μελέτης και η επίβλεψη των εργασιών ανατέθηκε στο μελετητή φωτισμού Κώστα Κάπο, προκειμένου το φωτιστικό και αισθητικό αποτέλεσμα να είναι σύμφωνο με τη φιλοσοφία του φωτισμού του συνόλου των μνημείων της Ακροπόλεως, τη μελέτη του οποίου είχε εκπονήσει ο ίδιος μελετητής βάσει προτάσεων του Pierre Bideau.

Ο χώρος του αρχαίου θεάτρου παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες στο φωτισμό του, παρόμοιες με αυτές που αντιμετωπίστηκαν κατά τη μελέτη και εγκατάσταση του φωτισμού στον αρχαιολογικό χώρο της Ελευσίνας. Συγκεκριμένα, η περιοχή δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο ανάγλυφο, δεν περιλαμβάνει κτίρια ή άλλες αρχιτεκτονικές προεξοχές και είναι δύσκολα ορατή από την περίμετρο του αρχαιολογικού χώρου λόγω της παρεμβολής συστάδας δένδρων. Συνεπώς, ο φωτιστής καλείται να βοηθήσει τον θεατή στην «ανάγνωση» του μνημείου από μία απόσταση που συγχέει τα επιμέρους αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του χώρου αυτού. Όλα αυτά, από την αρχή καθορίζουν ότι το τελικό αποτέλεσμα σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να είναι το ίδιο με αυτό του Παρθενώνα, όπου ήταν δυνατή η ανάδειξη κάθε ενός ξεχωριστά αρχιτεκτονικού μέλους με τη χρήση κατάλληλων προβολέων και πολωτικών φίλτρων.

Ο φωτισμός του χώρου έγινε με 52 προβολείς Decoflood MVF-606 της Philips, με κάτοπτρα ευρείας, μέσης ή στενής δέσμης, ισχύος 150W με λαμπτήρα μεταλλικών αλογονιδίων σε κεραμικό καυστήρα, τύπου CDM-T και αποδιδόμενη απόχρωση του λευκού φωτός στους 3000 και 4200°K. Οι προβολείς αυτοί παραδόθηκαν βαμμένοι σε απόχρωση RAL 1016 από το εργοστάσιο, προκειμένου να ταιριάζουν με την απόχρωση των μαρμάρινων μελών του θεάτρου, και εγκαταστάθηκαν είτε με αντιθαμβωτική περσίδα, είτε με πολωτικό φίλτρο οριζόντιας επέκτασης της φωτεινής δέσμης, ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε σημείου. Σε συνεργασία με τους υπεύθυνους αρχιτέκτονες και αρχαιολόγους του χώρου, έγινε η επιλογή 9 σημείων φωτισμού όπου εγκαταστάθηκαν 7 ικρίσματα σχήματος «Π» και 2 ιστοί για να φιλοξενήσουν τους προβολείς. Η επιλογή έγινε τόσο με βάση το επιθυμητό φωτιστικό

αποτέλεσμα, όσο και τις ιδιαίτερες ανάγκες της αισθητικής του χώρου, έτσι ώστε οι προβολείς να μην είναι ιδιαίτερα ορατοί κατά τις πρωινές ώρες και να μην επηρεάζουν την εικόνα του μνημείου.



Εικόνα 3-23 Διάταξη προβολέων σε ιστό σχήματος Π (Πηγή: Κώστας Κάπος)

Οι οδεύσεις των καλωδίων έγιναν σε μικρό βάθος ώστε να μην προξενήσουν βλάβες σε αρχαία μέλη που βρίσκονται ακόμα στο έδαφος. Παρόλα αυτά δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην επίτευξη μιας λειτουργικά ασφαλούς εγκατάστασης που δεν θα αντιμετωπίσει στο μέλλον προβλήματα μηχανικών καταπονήσεων, καιρικών φθορών ή ηλεκτρολογικών προβλημάτων.

Το τελικό φωτιστικό αποτέλεσμα είναι μία εναλλαγή μεταξύ δεσμών θερμότερου λευκού με δέσμες ψυχρότερου, ώστε να επιτυγχάνεται μία αίσθηση του ανάγλυφου του χώρου από απόσταση. Τα σωζόμενα εδώλια του κοίλου του θεάτρου φωτίζονται από λευκό φως στους 4200°K που αναδεικνύει το φυσικό χρώμα του μαρμάρου και του ασβεστόλιθου, ενώ η περιοχή του επιθεάτρου που συνορεύει με την ήδη φωτιζόμενη περίμετρο του Ιερού Βράχου φωτίζεται με θερμότερο λευκό φως στους 3000°K.

Τα αναλήμματα των παρόδων του θεάτρου, καθώς και αυτά που βρίσκονται στην Ανατολική και Δυτική πλευρά του φωτίστηκαν τόσο από πολωμένες δέσμες όσο και από απλές, με εναλλαγή των αποχρώσεων του λευκού φωτός, όπου ήταν αναγκαίο για την ανάδειξη του ανάγλυφου τους. Επίσης έγινε και γενικός φωτισμός αναδείξεως των υπολειμμάτων από το ιερό του Διονύσου που βρισκόταν στη Νότια πλευρά του θεάτρου.

[20]

3.5.3 Φωτισμός Αρχαιολογικού χώρου Ελευσίνας

Ο αρχαιολογικός χώρος της Ελευσίνας είναι από τους σπουδαιότερους της σύγχρονης Ελλάδας και από τους ιερότερους της αρχαιότητας. Εκεί τελούνταν τα Ελευσίνια Μυστήρια και το πραγματικό περιεχόμενό τους εξακολουθεί και παραμένει άγνωστο. Η όμορφη πόλη της Ελευσίνας, για δεκαετίες παρέμενε μία οικολογικά και οικιστικά υποβαθμισμένη βιομηχανική περιοχή. Τα τελευταία χρόνια όμως, έχει υπάρξει μία σημαντική ποιοτική αναβάθμιση στην πόλη της Ελευσίνας. Οι ρυπογόνες βιομηχανίες απομακρύνονται σταδιακά, η παραλία της πόλης έχει ζωντανέψει ξανά και πλέον η Ελευσίνα αποτελεί ένα ελκυστικό προορισμό αναψυχής για τους εντός των τειχών Αθηναίους.

Ο αρχαιολογικός χώρος της Ελευσίνας είναι μία επίπεδη (σχεδόν) έκταση, διάσπαρτη με αρχιτεκτονικά μέλη, που από επάνω της δεσπόζει ο λόφος με το Πλουτώνειο Σπήλαιο και το ιστορικό εκκλησάκι με το καμπαναριό. Ένας επιπλέον παράγων που έπρεπε να ληφθεί υπόψη ήταν η (εύλογη) απαίτηση των αρχαιολόγων να μην υπάρχουν καλώδια μέσα στο χώρο ο

οποίος υπόκειται σε συνεχείς ανασκαφές. Συνεπώς, η μελέτη του φωτισμού θα βασιζόταν στην παρακάτω φιλοσοφία:

- Ο φωτισμός του χώρου θα γινόταν από την περίμετρο με επιλογή κάποιων σημείων όπου θα εγκαθίσταντο ομάδες προβολέων
- Θα χρησιμοποιούνταν δύο τύπων διασταυρούμενες φωτεινές δέσμες, η μία με σχετικά «ψυχρό» λευκό φως (4200°K) και η άλλη με πιο «θερμό» (3000°K). Με αυτό τον τρόπο, κάθε αρχιτεκτονικό μέλος θα φωτιζόταν με διαφορετικής απόχρωσης λευκό φως από 2 πλευρές, αναδεικνύοντας έτσι το ανάγλυφό του στο θεατή.
- Ο φωτισμός θα είχε στόχο να προσφέρει εικόνα στο θεατή που κινείται εξωτερικά από την περίμετρο του Αρχαιολογικού χώρου, διαφορετικά θα είναι εκτυφλωτικός σε κάποιον επισκέπτη που θα βρεθεί μέσα στο χώρο αυτό.
- Ο φωτισμός θα είχε στόχο την ανάδειξη του αρχαιολογικού χώρου στο σύνολό του (έκτασης περίπου 35 στρεμμάτων) και όχι κάποιου ιδιαίτερου μνημείου ή κτίσματος, καθώς και του υπερκείμενου λόφου.

Συνολικά επελέγησαν δεκατρία (13) σημεία στην περίμετρο που θα φιλοξενούσαν τις ομάδες των προβολέων. Κάθε σημείο περιλάμβανε από 6 έως 18 προβολείς Decoflood MVF 606 ή 607 της Philips, εξοπλισμένους με λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων σε κεραμικό καυστήρα, τύπου CDM-T της Philips, ισχύος 150W και χρωματικής απόδοσης του λευκού σε θερμοκρασίες 3000° ή 4200°K. Οι ίδιοι προβολείς είχαν χρησιμοποιηθεί και στα μνημεία της Ακροπόλεως και χαρακτηρίζονται από την εξαιρετική τους φωτιστική απόδοση και την οικονομία στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος. Συνολικά εγκαταστάθηκαν 117 προβολείς περιμετρικά του αρχαιολογικού χώρου, με συνολική ονομαστική ισχύ ίση με 17,55kW.

Συνολικά κατασκευάστηκαν πέντε (5) ιστοί προβολέων, ύψους 6,50μ. και διατομής Φ.200 πακτωμένοι με αγκύρια σε πλατιές και ρηχές βάσεις από σκυρόδεμα (για την αποφυγή προκλήσεως ζημιών σε τυχόν θαμμένα αρχαία μέλη) οι οποίες καλύφθηκαν στη συνέχεια με χώμα από το περιβάλλον. Επίσης κατασκευάστηκαν εννέα (9) στηρίγματα σχήματος Π από κοιλοδοκό 60X60mm 400-1500mm καθαρού ύψους, με 1 ή 2 σειρές προβολέων που επίσης πακτώθηκαν σε σκυρόδεμα σε μέγιστο βάθος 400mm και σε σημεία που δεν υπήρχε πρόβλημα.

Κάθε φωτιστικό σημείο ήταν πρόσθετα γειωμένο σε ηλεκτρόδιο γείωσης και όλα τα σημεία είχαν γεφυρωθεί με τη γείωση της εγκατάστασης για μεγαλύτερη ασφάλεια. Η αντοχή τόσο των ιστών όσο και των στηριγμάτων Π σε ανεμοπιέσεις, μελετήθηκε να υπερβαίνει τα 200km/h ενώ όλοι οι προβολείς έχουν δείκτη στεγανότητας IP-65 που τους επιτρέπει να παραμένουν στεγανοί ακόμα και σε απευθείας εκτόξευση δέσμης νερού υπό οποιαδήποτε γωνία.



Εικόνα 3-24 Διάφορα τμήματα του φωτισμένου αρχαιολογικού χώρου Ελευσίνας (Πηγή: Κώστας Κάπος)

[21]

3.5.4 Μελέτη φωτισμού αρχαιολογικού χώρου Αρχαίας Μεσσήνης

Η Αρχαιολογική Εταιρεία άρχισε συστηματικές ανασκαφικές έρευνες στην αρχαία Μεσσήνη το 1895 με τον Σάμιο αρχαιολόγο και μετέπειτα πολιτικό Θεμιστοκλή Σοφούλη. Οι ανασκαφές συνεχίστηκαν το 1909 και το 1925 από τον Γεώργιο Οικονόμο. Ακολούθησαν οι πολυετείς έρευνες και ανασκαφές του Σουηδού αρχαιολόγου N. Valmin στη Μεσσηνία, καρπός των οποίων υπήρξαν δύο βασικά συγγράμματά του, ένα για τις επιγραφές της Μεσσηνίας (1929) και ένα δεύτερο για τις τοπογραφικές του έρευνες στην Μεσσηνία (1930).

Το 1957 ανέλαβε της ανασκαφές στην αρχαία Μεσσήνη ο τότε γραμματέας της Αρχαιολογικής Εταιρείας, ακαδημαϊκός Αναστάσιος Ορλάνδος, που εργάστηκε ως το 1974. Με τις ανασκαφές του ίδιου και των προκατόχων του ήλθε στο φως το μεγαλύτερο μέρος του οικοδομικού συγκροτήματος του Ασκληπιείου.

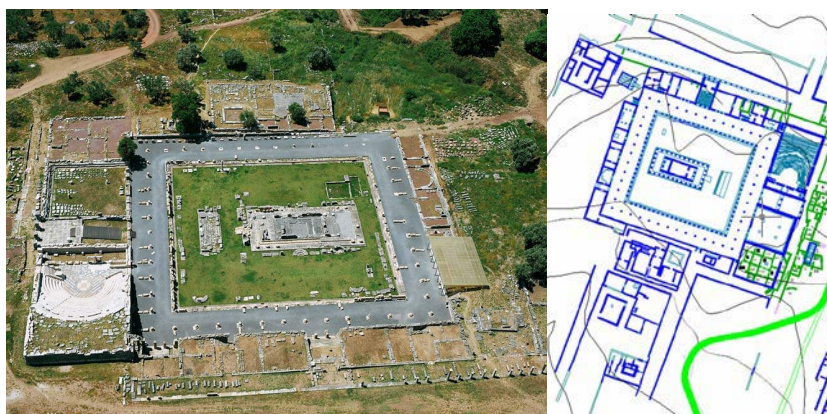
Το 1986 το Συμβούλιο της Αρχαιολογικής Εταιρείας ανέθεσε στον καθηγητή Πέτρο Θέμελη τη διεύθυνση των ανασκαφών της αρχαίας Μεσσήνης. Οι ανασκαφικές έρευνες με παράλληλες εργασίες στερέωσης και αναστήλωσης των μνημείων συνεχίζονται από το 1987 ως σήμερα με ταχύτερους προοδευτικά ρυθμούς. Έχουν φέρει στο φως όλα τα δημόσια και ιερά οικοδομήματα της πόλης που είδε και περιέγραψε ο Πausanias στη Μεσσήνη.

Σκοπός των εργασιών συντήρησης στην Αρχαία Μεσσήνη είναι να αυξηθεί η κατανόηση του παρελθόντος χρησιμοποιώντας ασφαλείς μεθόδους εξέτασης, συντήρησης και διατήρησης της πολιτιστικής της κληρονομιάς.[24]

Το 2009 πραγματοποιήθηκε μελέτη φωτισμού από το εργαστήριο φωτοτεχνίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και πιο συγκεκριμένα από τους Φραγκίσκο Β. Τοπαλή, Γεώργιο Α. Βόκα, Μαρία Τζωρτζάκη, Γεώργιο Στραβοδήμο, Κωνσταντίνο Α. Μπουρούσης και Λάμπρο Θ. Δούλο. Στόχοι της συγκεκριμένης μελέτης ήταν η ανάδειξη των ευρημάτων, η οριοθέτηση των επί μέρους χώρων, η άνεση και ασφάλεια για τους περιπατητές, ο φωτισμός στοιχείων καθ' ύψος (τοιχοί, πύλες κ.λπ.), ο φωτισμός οριζόντιων στοιχείων (μωσαϊκά, ευρήματα μικρού ύψους κ.λπ.), η ανάδειξη στοιχείων στο χώρο (κλίμακες, κίονες, κερκίδες κ.λπ.) καθώς και τα φωτισμένα μέρη να είναι ορατά από όλες τις πιθανές θέσεις θέασης, ενώ εξετάστηκε και το ενδεχόμενο αυτονομίας του δικτύου από ΔΕΗ μέσω φωτοβολταϊκού συστήματος.

Ο αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης για τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης έχει χωρισθεί σε τμήματα. Αναλυτικά τα τμήματα περιλαμβάνουν τους παρακάτω χώρους:

Τμήμα Α: Ασκληπείο



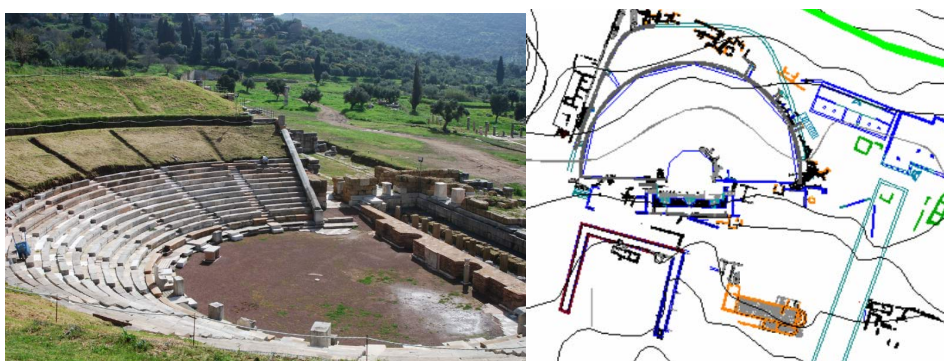
Εικόνα 3-25 Ασκληπείο με περιβάλλοντα χώρο [22,23,24]

Τμήμα Β: Στάδιο



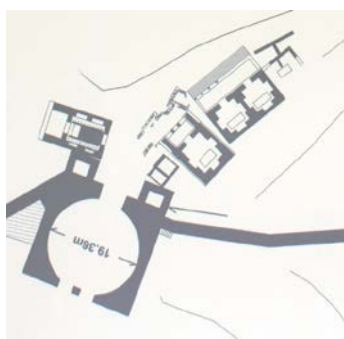
Εικόνα 3-26 Στάδιο με περιβάλλοντα χώρο [22,23,24]

Τμήμα Γ: Θέατρο



Εικόνα 3-27 Θέατρο με περιβάλλοντα χώρο [22,23,24]

Τμήμα Δ: Αρκαδική πύλη

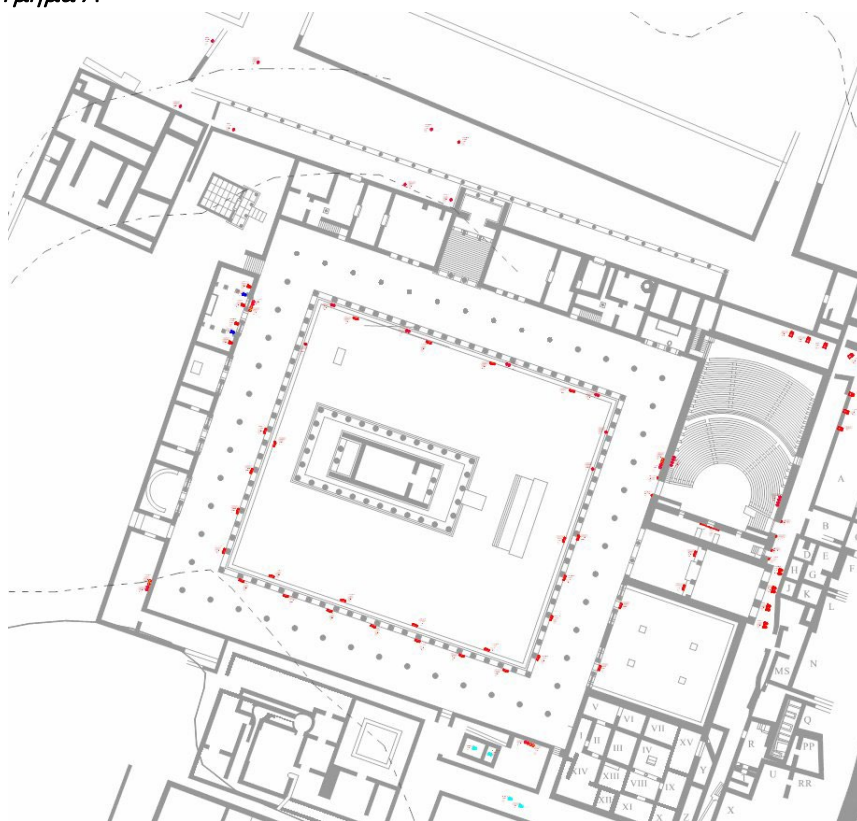


Εικόνα 3-28 Αρκαδική πύλη με περιβάλλοντα χώρο [22,23]

Το συνολικό σκηνικό του φωτισμού όλων των περιγραφόμενων τμημάτων είναι φωτισμός ανάδειξης με τεχνικές για ανάδειξη του φυσικού όγκου των μνημείων χωρίς να υπάρχει παραποίηση τους από τον φωτισμό σύμφωνα με τους διεθνείς αρχαιολογικούς κανονισμούς. Η τοποθέτηση των φωτιστικών έχει προβλεφθεί να γίνει σε περιοχές χωρίς μνημεία, χωρίς μόνιμες κατασκευές όπου αυτό απαιτείται και χωρίς να υπάρχει ενόχληση στους χρήστες του χώρου είτε αυτή είναι αισθητικής φύσης, είτε είναι θάμβωση ή οπτική δυσφορία είτε είναι λόγω λανθασμένης τοποθέτησης των φωτιστικών σωμάτων. Τα φωτιστικά σώματα έχουν

προδιαγραφεί για εξωτερική χρήση και έχουν επιλεγθεί με βάση τους αναγκαίους δείκτες προστασίας για σκόνη, υγρασία και βανδαλισμούς. Η ποιότητά τους έχει επιλεγθεί έτσι ώστε να είναι συμβατή με τις ανάγκες του χώρου για αντοχή στο χρόνο και την υγρασία. Επίσης έχουν δυνατότητες ρύθμισης της δέσμης τους αναλόγως τις αποστάσεις, τις διαστάσεις και το είδος των μνημείων που θα φωτιστούν. Έχουν επιλεγεί από εταιρεία διεθνώς αναγνωρισμένη στο χώρο φωτισμού αρχαιολογικών περιοχών η οποία μπορεί να προσφέρει πλήρη τεχνική υποστήριξη για δειγματισμό, αντικατάσταση και επιστροφή φωτιστικών σωμάτων με μακροχρόνια εγγύηση καλής λειτουργίας. Οι καλωδιώσεις των κυκλωμάτων φωτισμού έχουν προβλεφθεί για εξωτερικές ειδικές εγκαταστάσεις όπως αυτές προβλέπονται για τους αρχαιολογικούς χώρους. Ο χωρισμός των κυκλωμάτων έχει πραγματοποιηθεί με τέτοιον τρόπο έτσι ώστε να πραγματοποιούνται σενάρια φωτισμού αναλόγως τις ανάγκες χρήσεις του αρχαιολογικού χώρου λαμβάνοντας υπ' όψιν την επισκεψιμότητα των διαφόρων τμημάτων, την ανάδειξή τους από διάφορα σημεία παρατήρησης και φυσικά την εξοικονόμηση ενέργειας από την χρήση του φωτοβολταϊκού πάρκου. Παρακάτω πραγματοποιείται λεπτομερής περιγραφή του τρόπου φωτισμού των υποχώρων όλων των προαναφερόμενων τμημάτων.

3.5.4.1 Τμήμα Α



Εικόνα 3-29 Θέσεις φωτιστικών στο τμήμα Α [22]

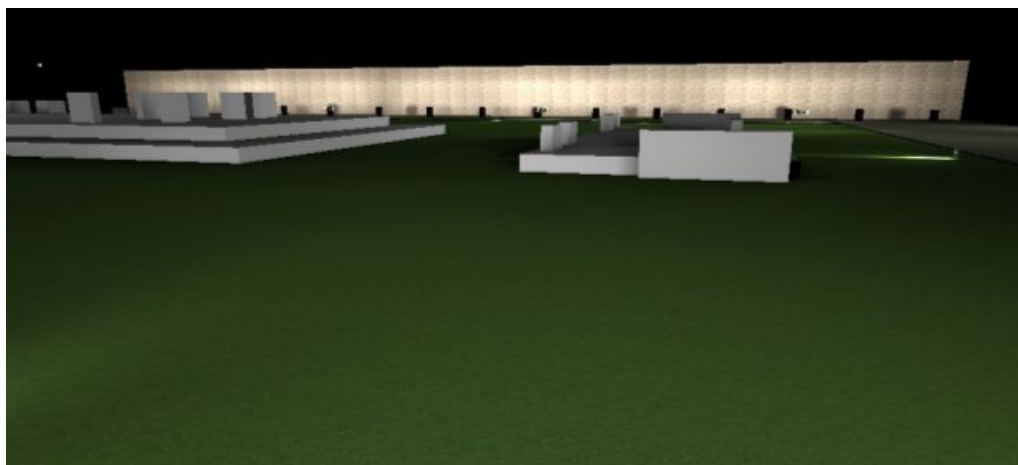
Ο ναός του Ασκληπείου και ο βωμός φωτίζονται από δυο διαφορετικές ζώνες φωτισμού εξαιτίας των χαμηλών σε ύψος και διάσπαρτων μνημείων στη γενικότερη περιοχή. Με αυτόν τον τρόπο θα μειωθούν στο ελάχιστο οι έντονες σκιές που θα μπορούσαν να δημιουργηθούν από τη χρήση μιας ζώνης φωτισμού. Η μια ζώνη φωτισμού αποτελείται από τέσσερα σημεία συμμετρικά του βωμού σε μεσαίο ύψος με φωτιστικά διάχυσης και εστιακού φωτισμού. Η δεύτερη ζώνη αποτελείται από περισσότερα σημεία κοντινότερη απόσταση και σε χαμηλό ύψος με ειδικό αντιθαμβωτικό τρόπο διάχυσης του φωτισμού.

Ο περιμετρικός χώρος του Ασκληπιείου φωτίζεται από περιμετρικά σημεία σε χαμηλό ύψος με ειδικό αντιθαμβωτικό τρόπο διάχυσης του φωτισμού. Ο βόρειος τοίχος του περιμετρικού χώρου του Ασκληπιείου φωτίζεται από χαμηλό ύψος με φωτιστικά σώματα διάχυσης φωτισμού σε ειδική διάταξη έτσι ώστε να απαιτείται ο ελάχιστος αριθμός φωτιστικών ικανοποιώντας το επιθυμητό αποτέλεσμα φωτισμού.

Ο χώρος του Αρτεμισίου στο στέγαστρο φωτίζεται με φωτιστικά διάχυσης και εστιακού φωτισμού από μεσαίο ύψος. Το εκκλησιαστήριο φωτίζεται στο εσωτερικό του περιμετρικά από δυο σημεία με φωτιστικά σώματα διάχυσης φωτισμού από μεσαίο ύψος. Ο εξωτερικός τοίχος του εκκλησιαστήριου φωτίζεται από χαμηλό ύψος με φωτιστικά σώματα διάχυσης φωτισμού σε ειδική διάταξη έτσι ώστε να απαιτείται ο ελάχιστος αριθμός φωτιστικών ικανοποιώντας το επιθυμητό αποτέλεσμα φωτισμού. Το Βουλευτήριο φωτίζεται από χαμηλό ύψος με ειδικό αντιθαμβωτικό τρόπο διάχυσης του φωτισμού.

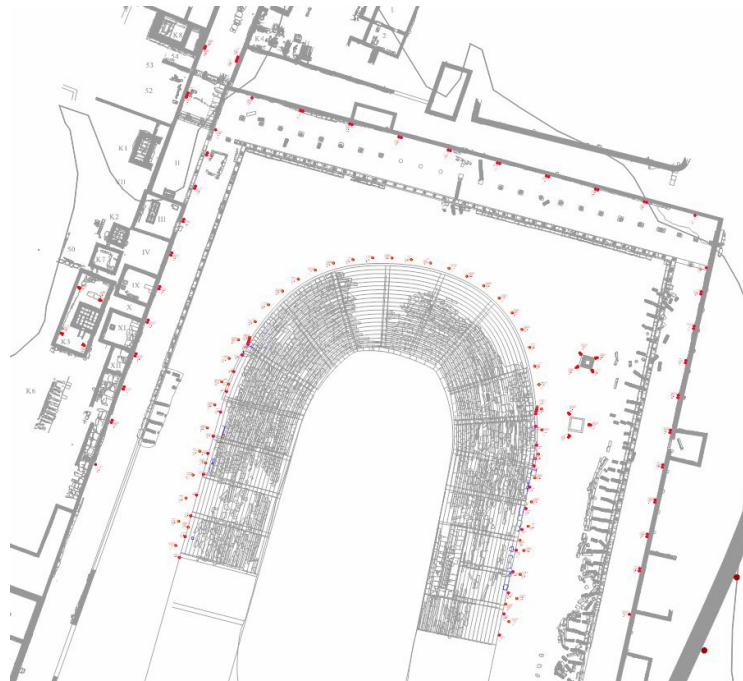
Στο Πρόπυλο οι κολώνες στην είσοδο του χώρου φωτίζονται με φωτιστικά ειδικής δέσμης έτσι ώστε να υπάρχει ομοιόμορφος φωτισμός σε όλη την επιφάνειά τους. Η περιοχή πίσω φωτίζεται σε χαμηλό ύψος με ειδικό αντιθαμβωτικό τρόπο διάχυσης του φωτισμού. Οι κολώνες του Σεβαστείου φωτίζονται ομοίως με φωτιστικά ειδικής δέσμης έτσι ώστε να υπάρχει ομοιόμορφος φωτισμός σε όλη την επιφάνειά τους.

Ενδεικτικά ο αριθμός των φωτιστικών για τον συνολικό φωτισμό ολόκληρου του τμήματος Α είναι 105.



Εικόνα 3-30 Φωτορεαλιστική απεικόνιση του τμήματος Α [22]

3.5.4.2 Τμήμα Β



Εικόνα 3-31 Θέσεις φωτιστικών στο τμήμα Β [22]

Το εσωτερικό του αρχαίου Σταδίου φωτίζεται περιμετρικά με φωτιστικά δυο διαφορετικών τύπων, διάχυσης και εστιακού φωτισμού. Οι περιμετρικές κολώνες του αρχαίου Σταδίου φωτίζονται από χαμηλό ύψος με φωτιστικά ειδικής δέσμης έτσι ώστε να υπάρχει ομοιόμορφος φωτισμός σε όλη την επιφάνειά τους. Ομοίως και τα στοιχεία ανάμεσα στο Στάδιο και τις περιμετρικές κολώνες, το ταφικό μνημείο και η πύλη του.

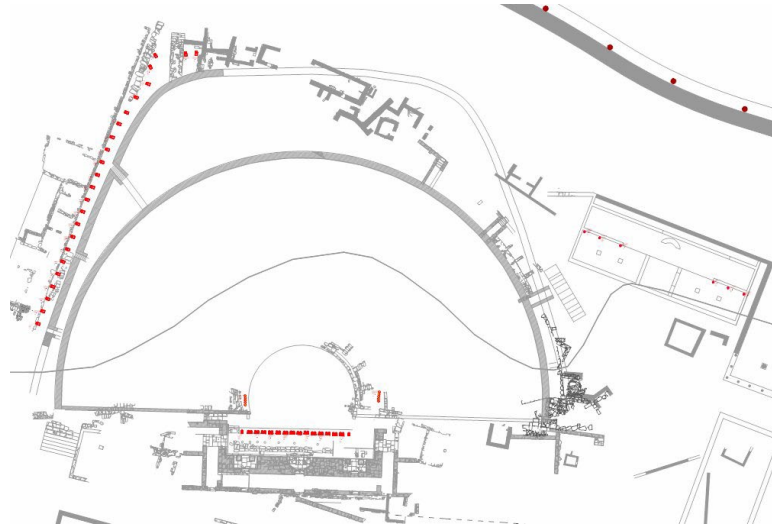
Το μνημείο του άγνωστου ήρωα φωτίζεται από τρεις διαφορετικές ζώνες φωτισμού. Η πρώτη από μακρινή απόσταση και χαμηλό ύψος με φωτιστικά διάχυσης και εστιακού φωτισμού για τον γενικό όγκο του μνημείου, μπροστά και περιμετρικά του. Η δεύτερη από κοντινή απόσταση με φωτιστικά ειδικής δέσμης για τον φωτισμό των μπροστινών κολώνων και η τρίτη εσωτερικά για την ανάδειξη του εσωτερικού, την δημιουργία βάθους, την εξάλειψη σκοτεινών περιοχών και των μεγάλων ανομοιογενών στο φωτισμό του μνημείου.

Ενδεικτικά ο αριθμός των φωτιστικών για τον συνολικό φωτισμό ολόκληρου του τμήματος Β είναι 167.



Εικόνα 3-32 Φωτορεαλιστική απεικόνιση του Σταδίου [22]

3.5.4.3 Τμήμα Γ



Εικόνα 3-33 Θέσεις των φωτιστικών στο Τμήμα Γ [22]

Το εσωτερικό του Θεάτρου φωτίζεται πλευρικά από μεσαίο ύψος με φωτιστικά διάχυσης. Ομοίως η Ρωμαϊκή σκηνή και τα παρασκήνια φωτίζονται από τα ίδια σημεία. Επιπρόσθετη ζώνη φωτιστικών θα συμβάλει στη μείωση των σκοτεινών σημείων στη Ρωμαϊκή σκηνή. Η κρήνη της Αρσινόης φωτίζεται από χαμηλό ύψος με φωτιστικά ειδικής δέσμης έτσι ώστε να υπάρχει ομοιόμορφος φωτισμός σε όλη την επιφάνειά της.

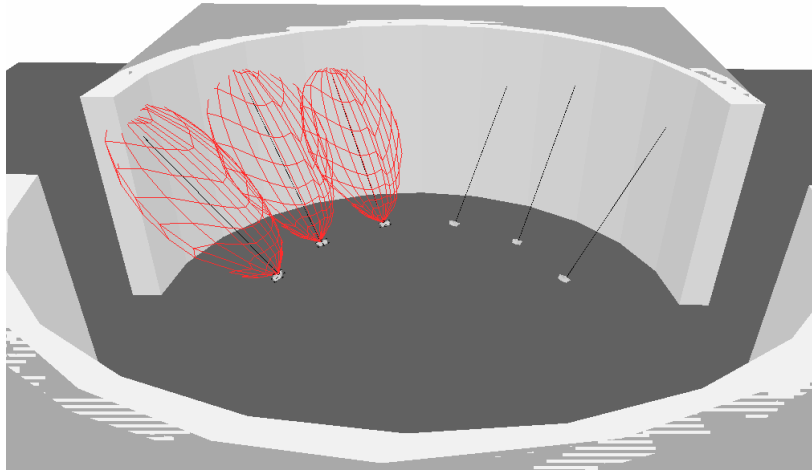
Η Βασιλική του θεάτρου και τα μωσαϊκά των παρακείμενων κατοικιών φωτίζονται συμμετρικά από μεσαίο ύψος με φωτιστικά διάχυσης. Ο εξωτερικός περιμετρικός τοίχος του θεάτρου φωτίζεται από φωτιστικά ειδικής δέσμης και σε κατάλληλη διάταξη έτσι ώστε να υπάρχει ομοιόμορφος φωτισμός σε όλη την επιφάνειά του από χαμηλό ύψος.

Ενδεικτικά ο αριθμός των φωτιστικών για τον συνολικό φωτισμό ολόκληρου του τμήματος Γ είναι 82.



Εικόνα 3-34 Φωτορεαλιστική απεικόνιση του περιμετρικού τοίχου του τμήματος Γ [22]

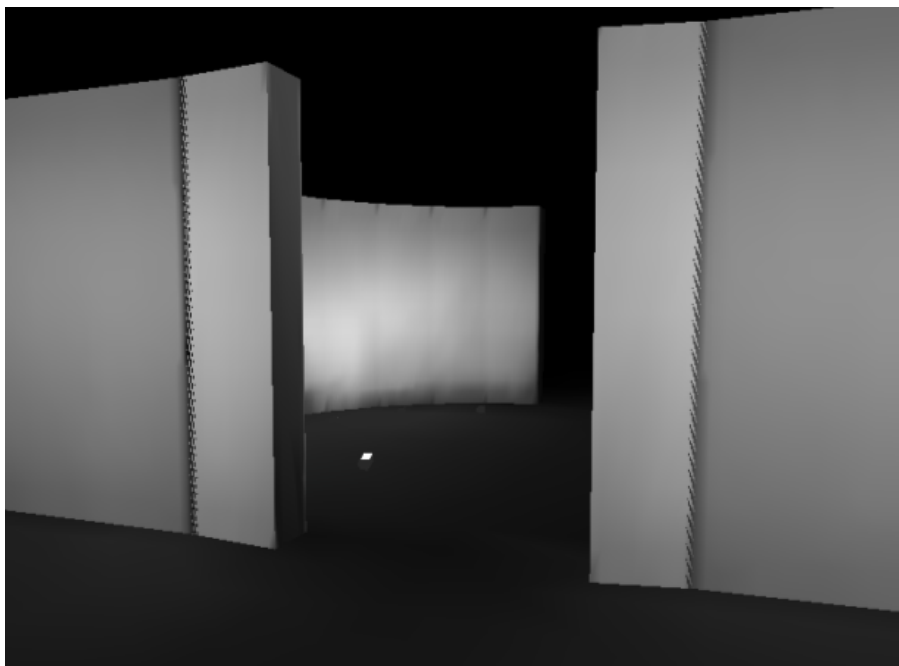
3.5.4.4 Τμήμα Δ



Εικόνα 3-35 Θέσεις φωτιστικών στην Αρκαδική πύλη [22]

Το εσωτερικό της Αρκαδικής πύλης φωτίζεται από φωτιστικά ειδικής δέσμης και σε κατάλληλη διάταξη έτσι ώστε να υπάρχει ομοιόμορφος φωτισμός σε όλη την επιφάνειά της από χαμηλό ύψος. Ομοίως και ο φωτισμός της εισόδου της. Ο χώρος με τους ταφικούς θαλάμους φωτίζεται με φωτιστικά ειδικής δέσμης έτσι ώστε να υπάρχει ομοιόμορφος φωτισμός σε όλη την επιφάνειά τους από μεσαίο ύψος. Εάν προβλεφθεί φωτισμός για τα πλευρικά τείχη θα είναι παρόμοιος με τον φωτισμό της εισόδου και του εσωτερικού της Αρκαδικής πύλης.

Ενδεικτικά ο αριθμός των φωτιστικών για τον συνολικό φωτισμό ολόκληρου του τμήματος Δ είναι 34.



Εικόνα 3-36 Φωτορεαλιστική απεικόνιση της Αρκαδικής Πύλης [22]

[22,23,24]

3.5.5 Φωτισμός του Αμφιθεάτρου της Νιμ

Το αμφιθέατρο της Νιμ (γαλλικά: *Arènes de Nîmes*) είναι ένα ρωμαϊκό αμφιθέατρο χτισμένο προς το τέλος του 1ου μ.Χ. αιώνα στη γαλλική πόλη Νιμ, στο νομό Γκαρ.

Η κατασκευή του κτιρίου άρχισε γύρω στο 90 μ.Χ. Η λειτουργία του προοριζόταν για ψυχαγωγία των πολιτών της Νεμαύσου (λατινικά: *Nemausus*), σημερινής Νιμ. Κατά τη διάρκεια των βαρβαρικών επιδρομών του 5ου αιώνα, μετατράπηκε σε οχυρό, όπου κατέφυγε ο πληθυσμός. Από τον Μεσαίωνα και μέχρι τον 18ο αιώνα διαμορφώθηκε σε συνοικία με δρόμους και καταστήματα. Από το 1786, το μνημείο καθαρίστηκε και σταδιακά αναστηλώθηκε και μετατράπηκε σε αρένα. Σήμερα εξακολουθεί να είναι αρένα για ταυρομαχίες και φιλοξενεί διάφορες πολιτιστικές εκδηλώσεις, συναυλίες και θεάματα. Το κτίριο είναι ανοικτό και επισκέψιμο όλο το χρόνο.

Το αμφιθέατρο της Νιμ είναι καταχωρημένο στον κατάλογο ιστορικών μνημείων από το 1840, έχει χωρητικότητα 24.000 ατόμων, σχήμα ελλειψοειδές με μήκος 133 μέτρα και πλάτος 101 μέτρα. Η πρόσοψη, αποτελούμενη από δύο επίπεδα με 60 καμάρες η καθεμία και υπερώο, έχει ύψος 21 μέτρα. Στην κορυφή της πρόσοψης υπάρχουν διατρυπημένες πέτρες που χρησιμοποιούνταν για να στερεώσουν τέντα (*velum*) που τοποθετούνταν πάνω από τις κερκίδες για να προστατεύει το κοινό από τον ήλιο ή τη βροχή.



Εικόνα 3-37 Διάφορες όψεις του Αμφιθεάτρου της Νιμ (Πηγή: bega.com)

Σκοπός του σχεδιασμού του φωτισμού του αμφιθέατρου ήταν να αναδειχθεί η μεγαλοπρέπεια του και να προκαλεί δέος στον παρατηρητή/επισκέπτη. Χρησιμοποιήθηκαν επίγεια φωτιστικά κατασκευασμένα από ανοξείδωτο ατσάλι, με κάλυμμα από χυτό χαλκό. Τα στιβαρά φωτιστικά συνδυάζονται αρμονικά με την ιστορική ατμόσφαιρα. Οι οικονομικοί λαμπτήρες εκκένωσης παράγουν 15.000 lumen ώστε ολόκληρη η αρένα να λούζεται με ομοιόμορφο και έντονο φως.

Ο σχεδιασμός των προβολέων επιτρέπει φωτισμό της πρόσοψης της ιστορικής δομής ύψους 21 μέτρων μέχρι το κάτω άκρο, αφού ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του φωτιστικού είναι η ευθεία κάτω ακμή του.

Με ειδική τεχνολογία κοπής μετάλλων ο κατασκευαστής μπόρεσε να δημιουργήσει το σχήμα του κροκοδείλου και του φοίνικα στο πολύτιμο χάλκινο υλικό με ακρίβεια. Με αυτόν τον τρόπο ήταν δυνατό να διακοσμηθεί κάθε φωτιστικό στο έδαφος με το έμβλημα της πόλης.



Εικόνα 3-38 Στα φωτιστικά έχει χαραχθεί το έμβλημα της πόλης (Πηγή: bega.com)

[25,26]

3.5.6 Φωτισμός του Κάστρου Spis στην Σλοβακία



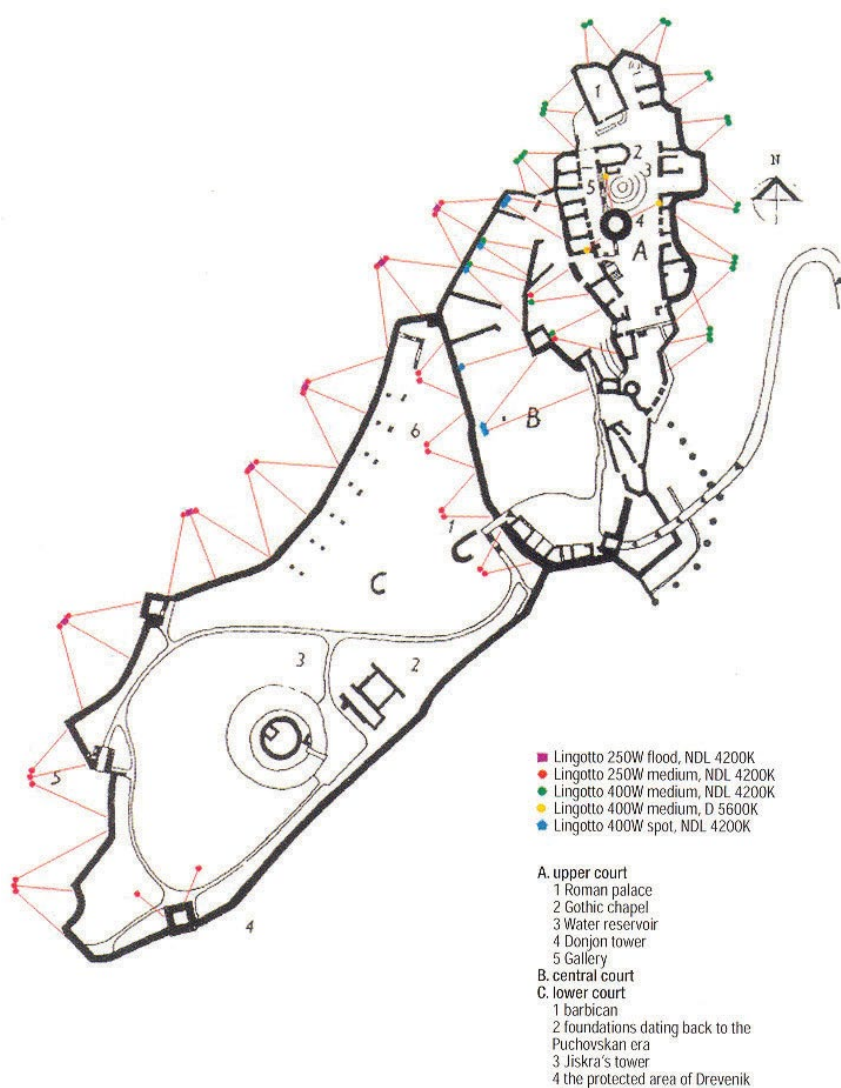
Εικόνα 3-39 3.5.6 Φωτισμός του Κάστρου Spis στην Σλοβακία [8]

Ο στόχος του φωτισμού του κάστρου του Spis ήταν να καταστεί το σημαντικό αυτό ιστορικό και αρχιτεκτονικό μνημείο (τόπος παγκόσμιος κληρονομιάς της UNESCO από το 1993) ορατό

τη νύκτα. Ο νυκτερινός φωτισμός αποσκοπεί στο να αναδείξει τα εθνικά, ιστορικά και πολιτιστικά χαρακτηριστικά του μνημείου.

Ο φωτισμός του κάστρου γίνεται από σειρά προβολέων με φως θερμοκρασίας χρώματος 4200K. Η ομοιομορφία των εντάσεων φωτισμού κατά μήκος των επιφανειών του κάθε τείχους είναι μεγάλη τονίζοντας έτσι την κατά μήκος συνέχειά τους. Η διαφοροποίηση των εντάσεων φωτισμού μεταξύ των τειχών που ευρίσκονται σε διαφορετικά ύψη επιτρέπει την αντίληψη των μορφών τους με σαφήνεια. Ο Πύργος στο ψηλότερό του σημείο φωτίζεται έντονα με φως 5600K και, καθώς διαγράφεται κατ' αντίθεση έντασης φωτισμού και θερμοκρασίας χρώματος πίσω από τα τείχη και μπροστά από τον σκοτεινό ουρανό, διακρίνεται καλά από μακριά. Ο μερικός φωτισμός των διαμορφώσεων του εδάφους μπροστά από τα τείχη εντάσσει το μνημείο στον περιβάλλοντα χώρο του, διαφοροποιώντας το συγχρόνως από αυτόν.

[8]



Εικόνα 3-40 Κάτοψη του Κάστρου και θέσεις των φωτιστικών[8]

4 ΑΡΧΑΙΟ ΘΕΑΤΡΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το θέατρο γεννήθηκε στην Αρχαία Αθήνα, ως εξέλιξη του Διθυράμβου. Είναι ο κλάδος της τέχνης που αναφέρεται στην απόδοση ιστοριών μπροστά σε κοινό, με τη χρήση κυρίως του λόγου, αλλά και της μουσικής και του χορού. Η ίδια η λέξη «θέατρο» εκτός από την τελούμενη πράξη αναφέρεται και στο χώρο της ή στο ειδικό κτίσμα που της προορίζεται.

Το θέατρο αποτελώντας μέρος της λαϊκής λατρείας προς το θεό Διόνυσο γρήγορα εξελίχθηκε σε σημαντικό θεσμό της πόλης-κράτους με εκπαιδευτικό χαρακτήρα για τους πολίτες. Από την αρχαϊκή περίοδο θεσμοθετούνται ετήσιες γιορτές με θεατρικούς αγώνες, ενώ κατά την κλασική το θέατρο όπως και άλλες τέχνες ανθίζουν χωρίς προηγούμενο. Ο χώρος του θεάτρου χρησίμευε και ως χώρος συνέλευσης.

Στο σύγχρονο ελληνικό τοπίο συναντώνται πολυάριθμα αρχαία θέατρα που προδίδουν την αίγλη και τη σημασία του θεατρικού γεγονότος στο πέρασμα των ετών από το βαθύ παρελθόν μέχρι σήμερα.

4.2 ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ

4.2.1 Η Ορχήστρα

Στο κέντρο ενός αρχαίου ελληνικού θεάτρου βρίσκεται μια κυκλική, συχνά πλακόστρωτη πλατεία, η ορχήστρα. Στην ορχήστρα έπαιρνε θέση με την έναρξη της θεατρικής παράστασης ο χορός και εκεί ανέπτυσσαν τη δράση τους κατά την πρώιμη περίοδο και οι υποκριτές. Η ορχήστρα, με άλλα λόγια, ήταν η σκηνή των σημερινών θεάτρων. Ο αμφιθεατρικός χώρος που περικλείει τη σκηνή ήταν το κοίλον. Στο κέντρο της ορχήστρας βρισκόταν η θυμέλη, ένας βωμός για το θεό Διόνυσο.

4.2.2 Η Σκηνή

Σκηνή στο αρχαίο θέατρο ονομάζεται ένα ορθογώνιο, μακρόστενο, στεγασμένο κτήριο, που προστέθηκε τον 5ο αι. π.Χ. στην περιφέρεια της ορχήστρας απέναντι από το κοίλον. Αρχικά η σκηνή ήταν ισόγεια και χρησιμοποιούταν μόνο ως αποδυτήριο, όπως τα σημερινά παρασκήνια και τα καμαρίνια. Μπροστά της, προς την πλευρά της ορχήστρας, βρισκόταν το προσκήνιον, μια στοά με κίονες ή ημικίονες. Ανάμεσα στα μετακίονια διαστήματα του προσκηνίου βρίσκονταν θυρώματα και ζωγραφικοί πίνακες, που απέδιδαν το σκηνικό βάθος της δράσης πίσω από τους υποκριτές στην ορχήστρα. Στα δύο άκρα της σκηνής προεξείχαν τα παρασκήνια, δύο πτέρυγες που έδιναν στην κάτοψη της σκηνής σχήμα Π.

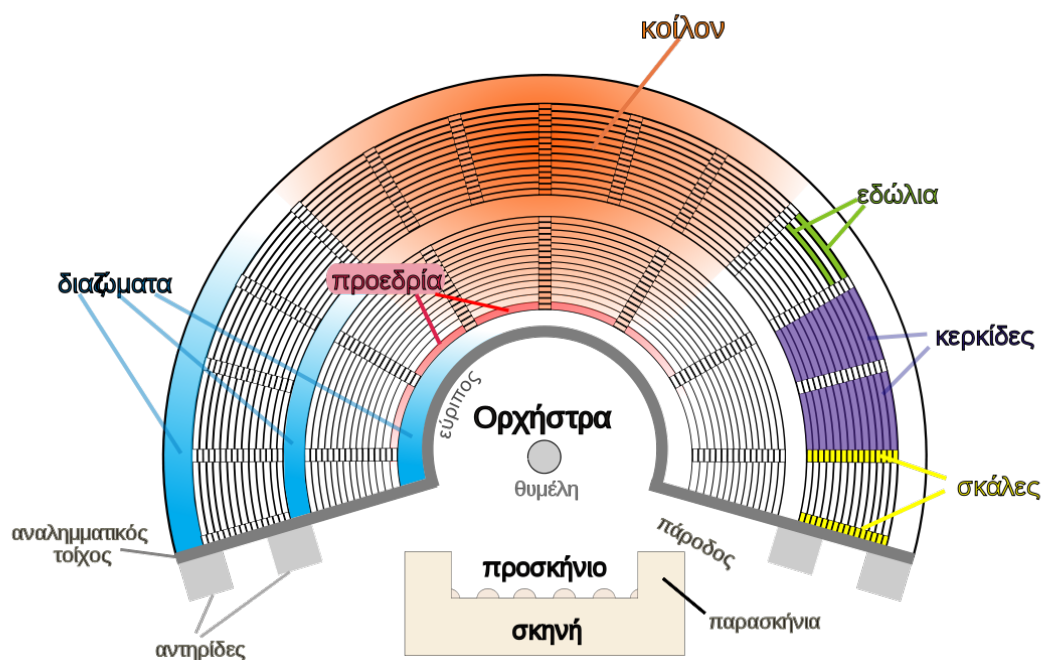
Κατά την Πρώιμη Ελληνιστική Περίοδο η σκηνή έγινε διώροφη, με την οροφή του ισογείου να εξέχει κάτω από τον πρώτο όροφο σχηματίζοντας έναν εξώστη. Από το 2ο αι. π.Χ. η δράση των υποκριτών μεταφέρθηκε πάνω σε αυτό τον εξώστη, που ονομάστηκε λογείον, ενώ το σκηνικό βάθος τοποθετήθηκε στην πρόσοψη του πρώτου ορόφου.

4.2.3 Το Κοίλο

Το κοίλον ήταν το κεκλιμένο χωνοειδές επίπεδο, στο οποίο απλώνονται αμφιθεατρικά τα εδώλια των θεατών. Η καμπυλότητά του ακολουθεί την καμπυλότητα της ορχήστρας και τα

άκρα του καταλήγουν σε αναλημματικούς τοίχους κατασκευασμένους με ορθογώνια λιθοδομή. Το κοίλον συνήθως δεν ενώνεται με το κτήριο της σκηνής. Ανάμεσα στους αναλημματικούς του τοίχους και τα άκρα της σκηνής υπήρχαν διάδρομοι για την προσέλευση των θεατών και, με την έναρξη της παράστασης, για την είσοδο του χορού. Αυτοί οι διάδρομοι ονομάζονται πάροδοι. Στις παρόδους των θεάτρων στήνονταν συχνά μνημειώδεις στήλες ή επιγραφές με ψηφίσματα για να τα βλέπει πολύς κόσμος.

Οριζόντιοι διάδρομοι, τα διαζώματα, χωρίζουν το κοίλον σε ζώνες. Κάθε ζώνη χωρίζεται με εγκάρσιες ακτινωτές σκάλες σε σφηνοειδή τμήματα, τις κερκίδες. Στην πρώτη σειρά του κοίλου, στην περίμετρο της ορχήστρας, βρισκόταν η προεδρία, μια ημικυκλική σειρά λίθινων καθισμάτων ή θρόνων προορισμένων για τους αξιωματούχους και τα τιμώμενα πρόσωπα. Τα υπόλοιπα καθίσματα μπορεί να ήταν λίθινα, ή από ξύλο (ίκρια) πάνω σε λίθινο υπόβαθρο. Πάνω από την τελευταία σειρά καθισμάτων μπορούσε να επεκταθεί το θέατρο, αν το επέβαλλαν οι ανάγκες, με την προσθήκη επιθεάτρου.



ΑΡΧΑΙΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ

Εικόνα 4-1 Τα μέρη ενός Θεάτρου (Πηγή: Wikipedia.org)

[27,28]

4.3 ΤΟ ΑΡΧΑΙΟ ΘΕΑΤΡΟ ΔΩΔΩΝΗΣ

4.3.1 Γενικά στοιχεία

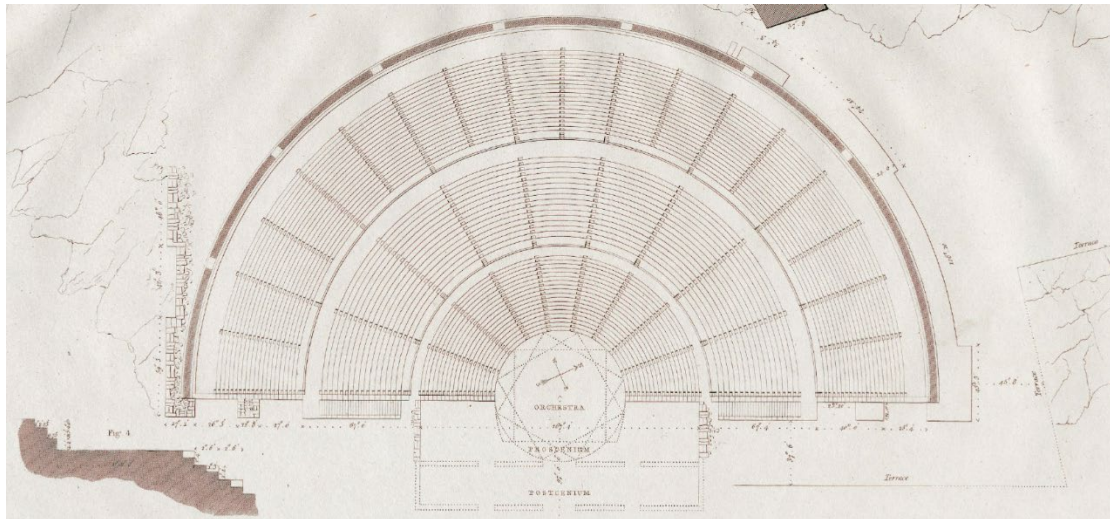
Το θέατρο της Δωδώνης είναι από τα μεγαλύτερα και καλύτερα σωζόμενα αρχαία ελληνικά θέατρα, με χωρητικότητα περίπου 18.000 ατόμων και συνδέεται με την τέλεση των Ναίων, γιορτή της τιμής του Ναΐου Διός. Τα Νάια τελούνταν πιθανότατα κάθε τέσσερα χρόνια και περιλάμβαναν αγώνες γυμνικούς (αθλητικούς), δραματικούς (παραστάσεις τραγωδίας και κωμωδίας), πιθανότατα μουσικούς και ιππικούς καθώς και αρματοδρομίες. Αποτελούσε αναπόσπαστο τμήμα του ιερού της Δωδώνης και για τον επισκέπτη, που έφθανε από το νότο, ήταν το εμφανέστερο μνημείο, που δέσποζε στο χώρο με της καμπύλες επιφάνειες και της επιβλητικούς αναλημματικούς τοίχους του. Κατασκευάστηκε τον 3^ο π.Χ. αιώνα, στο πλαίσιο του φιλόδοξου οικοδομικού προγράμματος που πραγματοποίησε ο Πύρρος, βασιλιάς της Ηπείρου, προκειμένου να αναμορφώσει το πανελλήνιο ιερό και να του δώσει μνημειακό χαρακτήρα. Προσδιορίζεται γεωγραφικά σε απόσταση περίπου 2 χλμ. Από τον οικισμό της Δωδώνης και κείται σε κλειστή, επιμήκη κοιλάδα, της πρόποδες του όρους Τόμαρος, σε υψόμετρο 600 μ.

Το θέατρο καταστράφηκε και επισκευάστηκε δυο φορές. Την πρώτη φορά το κατέστρεψαν οι Αιτωλοί με τον βασιλιά Δωρίμαχο το 219 π.Χ., αλλά την επόμενη χρονιά ο βασιλιάς Φίλιππος Ε΄ της Μακεδονίας άρχισε της επισκευές. Το 167 π.Χ., ο Ρωμαίος στρατηγός Αιμίλιος Παύλος το κατέστρεψε ξανά ώσπου το 31 π.Χ. το επισκεύασε πάλι ο Ρωμαίος Αυτοκράτορας Οκταβιανός Αύγουστος για να χρησιμοποιηθεί ως αρένα για θηριομαχίες από της Ρωμαίους.

Η σημερινή μορφή του θεάτρου οφείλεται σε ευρείας κλίμακας εργασίες αποκατάστασης, που πραγματοποιήθηκαν το καλοκαίρι του έτους 1959 και καθ' όλη τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960. Μετά από χρόνια εγκατάλειψη, η φθορά είχε διαταράξει δραματικά την τελευταία οικοδομική φάση του μνημείου, όταν πλέον λειτουργούσε ως χώρος ρωμαϊκών θεαμάτων.



Εικόνα 4-2 Το θέατρο της Δωδώνης σήμερα (Πηγή: diazoma.gr)



Εικόνα 4-3 Κάτοψη του θεάτρου κατά την αρχαιότητα (Πηγή: *The Temple Of Jupiter Olympius At Agrigentum, Commonly Called The Temple Of The Giants. By C.R. Cockerell, Architect, A.R.A. F.S.A.*)

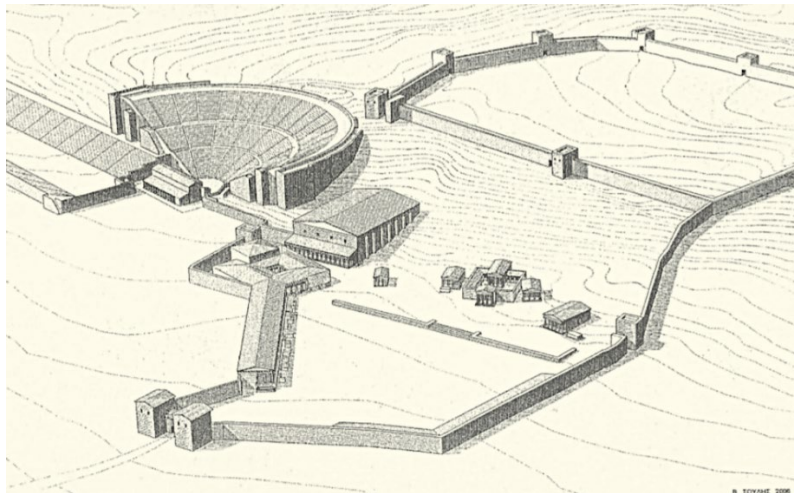
4.3.2 Η αρχιτεκτονική του θεάτρου

Το τεράστιο κοίλο του θεάτρου διαμορφώθηκε σε φυσική κοιλότητα της πρόποδες του όρους Τόμαρος. Επειδή ήταν μεγαλύτερο σε διαστάσεις, δημιουργήθηκε επίχωση, την οποία συγκρατούσαν αναλημματικοί τοίχοι, κτισμένοι κατά το ισοδομικό σύστημα και ενισχυμένοι με έξι πύργους, που προσδίδουν στην πρόσοψη του θεάτρου μνημειακό χαρακτήρα. Οι δύο πλησιέστεροι της ορχήστρα πύργοι ήταν μεγαλύτεροι από της της, καθώς χρησίμευαν και ως κλίμακες για την άνοδο των θεατών στο άνω διάζωμα. Το κοίλο χωριζόταν με τέσσερις οριζόντιους διαδρόμους σε τρία τμήματα (19 σειρές εδωλίων το κάτω, 15 το μεσαίο και 21 το επάνω) και με δέκα κλίμακες σε εννέα κερκίδες. Η κατώτερη σειρά εδωλίων ήταν η λεγόμενη προεδρία, είχε λίθινα καθίσματα και προοριζόταν για τα επίσημα ή τιμώμενα πρόσωπα. Η πρόσβαση των θεατών στο κοίλο γινόταν με μεγάλες κλίμακες, που ξεκινούσαν από της παρόδους, και η αποχώρησή της από πλατιά έξοδο στην κορυφή της κεντρικής κερκίδας. Η ορχήστρα δεν αποτελούσε ολόκληρο κύκλο και είχε διάμετρο 18,70 μ. Στο κέντρο της της λαξευμένος βράχος αποτελούσε τη βάση του βωμού του Διονύσου, της θυμέλης. Η σκηνή του θεάτρου ήταν διώροφο, ορθογώνιο κτήριο με ισοδομική τοιχοποιία και διαστάσεις 31,20 x 9,10 μ. Της άκρες του υπήρχαν δύο τετράγωνες αίθουσες, τα παρασκήνια, και μεταξύ αυτών τέσσερις πεσσοί. Στη νότια και βόρεια πλευρά της σκηνής διαμορφώθηκαν δωρικές στοές, οι οποίες περιβάλλαν το δρόμο που οδηγούσε της το ιερό, ενώ στο ανατολικό και δυτικό άκρο υπήρχαν οι πάροδοι, από της οποίες εισέρχονταν οι θεατές και οι ηθοποιοί στην ορχήστρα.

Μετά την καταστροφή του ιερού της Δωδώνης από της Αιτωλούς, το 219 π.Χ., το θέατρο, της και τα άλλα οικοδομήματα του ιερού, επανακατασκευάστηκαν. Τότε το προσκήνιο έγινε λίθινο και μπροστά από τα παρασκήνια προστέθηκαν δύο μικρότερα δωμάτια, στην εξωτερική πλευρά των οποίων κτίστηκαν δύο μνημειακά πρόπυλα με ιωνικούς ημικίονες. Με τη μορφή αυτή διατηρήθηκε το θέατρο ως το 167 π.Χ., όταν πλέον η Μακεδονία και η Ήπειρος καταλήφθηκαν από της Ρωμαίους (Αιμίλιος Παύλος) και το ιερό καταστράφηκε πάλι. Η σκηνή του θεάτρου πυρπολήθηκε, της δείχνουν ίχνη φωτιάς, που διαπιστώθηκαν κατά της ανασκαφές, και ανοικοδομήθηκε με την ανασύσταση του Κοινού των Ηπειρωτών το 148 π.Χ. Στη θέση των κίωνων, που βρίσκονταν μεταξύ των παρασκηνίων, κτίστηκαν πλέον τοίχοι με ασβέστη και λιθάρια. Η κανονική μορφή του θεάτρου, της, δεν διατηρήθηκε για πολύ, αφού στα χρόνια του Αυγούστου, τον 1^ο αι. π.Χ., το μνημείο διαμορφώθηκε σε αρένα. Αφαιρέθηκαν οι πρώτες σειρές εδωλίων και κτίστηκε της τοίχος ύψους 2,80 μ. για την

προστασία των θεατών από τα άγρια ζώα, ενώ η ορχήστρα και η σκηνή καλύφθηκαν με επιχώσεις ύψους 0,50 μ. Η αρένα έφθανε μέχρι τη σκηνή και είχε ωοειδές σχήμα. Σε δύο τριγωνικά δωμάτια, που σχηματίστηκαν από τον τοίχο προστασίας και τον τοίχο της σκηνής, φυλάσσονταν τα άγρια ζώα. Το θέατρο διατηρήθηκε με αυτή τη μορφή έως τα τέλη του 4^{ου} αι. μ.Χ., οπότε και σταμάτησε να λειτουργεί.

Το υλικό δόμησης του κοίλου είναι κυρίως ο μικριτικός υπόλευκος ασβεστόλιθος αλλά εντοπίζεται και ο φαιός ασβεστόλιθος στην κατασκευή των παρόδων, της σκηνής και ορισμένων εδωλίων του κοίλου.



Εικόνα 4-4 Αναπαράσταση του χώρου κατά την αρχαιότητα (Πηγή: Β. ΣΟΥΛΗΣ)

[28]

4.4 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΣΤΟ ΑΡΧΑΙΟ ΘΕΑΤΡΟ

Οι παραστάσεις στην Αρχαία Ελλάδα πραγματοποιούνταν κατά τη διάρκεια της ημέρας ώστε να αξιοποιείται το φως του ήλιου. Οι διαφορετικές κλίσεις των ακτίνων του ηλιακού φωτός αξιοποιούνταν για τον εμπλουτισμό της παράστασης. Παρουσίαζαν τις παραστάσεις τους σε διάφορες ώρες της ημέρας για την εκμετάλλευση των διαφορετικών τύπων φυσικού φωτισμού. Αυτός ο προγραμματισμός των παραστάσεων με γνώμονα το φυσικό φως, ήταν ουσιαστικά και ένας πρωταρχικός σχεδιασμός φωτισμού. Χρησιμοποιούσαν επίσης κάτοπτρα για να διαφοροποιήσουν το φως του ήλιου ανάλογα με τις απαιτήσεις της παράστασης.

Αργότερα, οι Ρωμαίοι ήταν αυτοί που άρχισαν να χρησιμοποιούν κεριά και πυρσούς παρέχοντας τη δυνατότητα να γίνονται παραστάσεις και κατά τις απογευματινές ώρες καθώς οι δάδες φώτιζαν τις σκηνές τους.

Το 15ο αιώνα μ.Χ. χρησιμοποιήθηκαν για το φωτισμό παραστάσεων εσωτερικού χώρου λάμπες ελαίου. Ο Sebastiano Serlio το 1545 μ.Χ. ήταν αυτός που πρόσθεσε "χρωματισμένο υγρό" στις λάμπες ελαίου δημιουργώντας χρώματα και μεγάλη ποικιλία στον σκηνικό φωτισμό.

[4]

5 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΑΡΧΑΙΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΔΩΔΩΝΗΣ

5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΑΡΧΑΙΟ ΘΕΑΤΡΟ ΔΩΔΩΝΗΣ

Κατά τη σχεδίαση φωτισμού σε ένα αρχαίο θέατρο πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη την διττή φύση του μνημείου. Ένα αρχαίο θέατρο αποτελεί αρχαιολογικό χώρο και ιστορικό τόπο εξαιρετικού ενδιαφέροντος, ενώ συγχρόνως εξυπηρετεί τον πρωταρχικό του σκοπό, δηλαδή αυτόν του θεάτρου, ως χώρος πραγματοποίησης παραστάσεων.

Σχεδιάζοντας, λοιπόν, τον φωτισμό για ένα αρχαίο μνημείο, οφείλουμε να μεριμνήσουμε ώστε όλες οι επεμβάσεις να είναι αντιστρεπτές και ο φωτισμός να αναδεικνύει διακριτικά το μνημείο χωρίς να συμβάλλει διακοσμητικά στην όψη του. Με σεβασμό στην πολιτιστική του ταυτότητα θέτουμε ως στόχο να το κάνουμε προσβάσιμο με ασφάλεια στον επισκέπτη κατά τη διάρκεια της νύχτας, ακόμη και αν δεν διεξάγεται κάποιο δρώμενο στον χώρο.

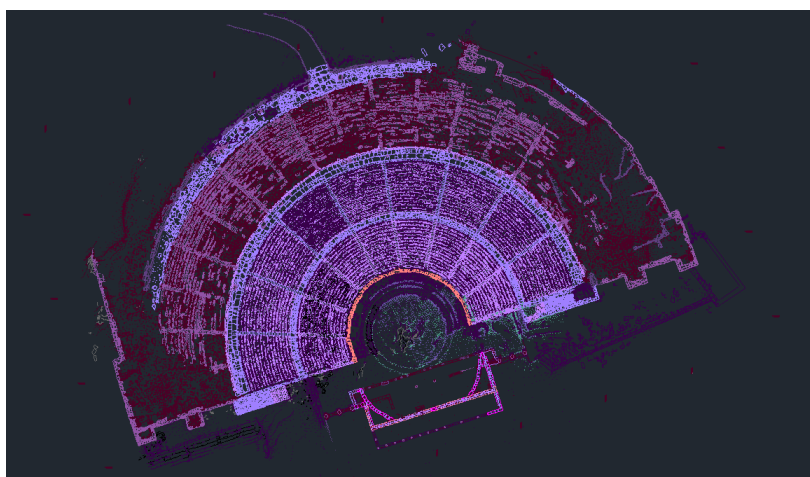
Όσο αφορά τη χρήση του χώρου ως θέατρο, έχουμε ένα κτιριακό σύνολο εξαιρετικού αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος και ο φωτισμός εκτός από ανάδειξη του οφείλει να εξυπηρετεί και την χρήση του από το κοινό. Είναι απαραίτητο ο φωτισμός να είναι λειτουργικός και να επιτρέπει την ασφαλή είσοδο και διαμονή των θεατών στο χώρο, καθώς και την έξοδο τους από αυτόν.

5.2 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΑΝΑΔΕΙΞΗΣ

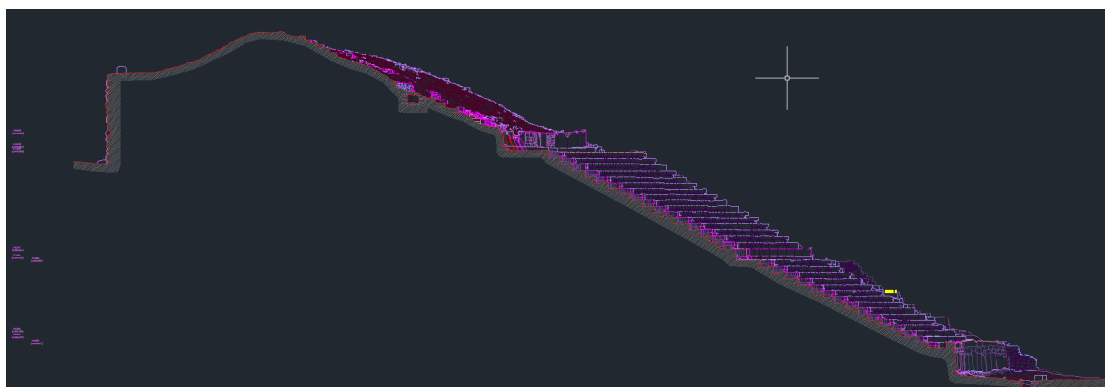
5.2.1 Υλοποίηση τρισδιάστατου μοντέλου

Για τον σχεδιασμό του φωτισμού για το αρχαίο θέατρο Δωδώνης, καθώς και για την δοκιμή διαφορετικών σεναρίων φωτισμού δημιουργήθηκε τρισδιάστατο μοντέλο στο λογισμικό μελέτης φωτισμού DIALux eno. Η αναπαράσταση του θεάτρου και του περιβάλλοντος χώρου βασίστηκε σε αρχεία που παρασχέθηκαν από την εφορία αρχαιοτήτων Ιωαννίνων και υλοποιήθηκαν στα πλαίσια της αποκατάστασης που πραγματοποιείται τα τελευταία χρόνια, σε φωτογραφικό υλικό, καθώς και στην επιτόπου παρατήρηση στον αρχαιολογικό χώρο της Δωδώνης.

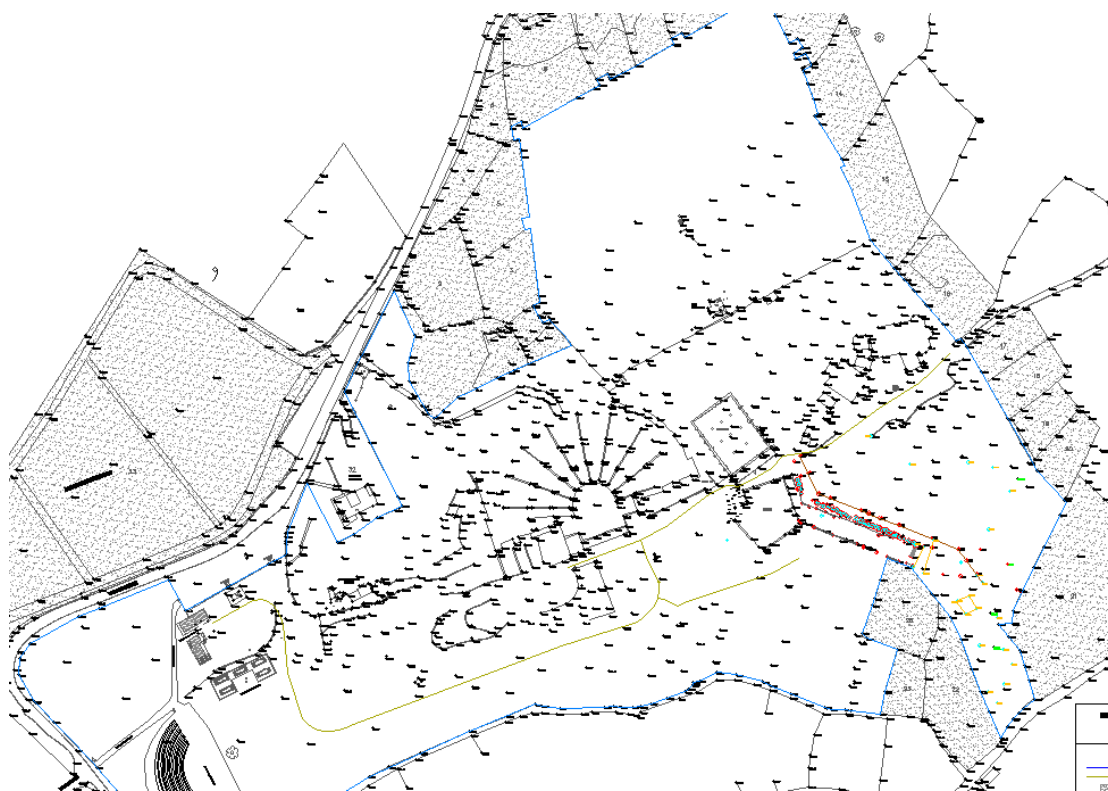
Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκε και εισάχθηκε στο μοντέλο κάτοψη και τομή του θεάτρου και τοπογραφικό του χώρου.



Εικόνα 5-1 Κάτοψη του Θεάτρου (Πηγή: Εφορία Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων)



Εικόνα 5-2 Τομή του Κοίλου (Πηγή: Εφορία Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων)



Εικόνα 5-3 Τοπογραφικό Θεάτρου και περιβάλλοντος χώρου (Πηγή: Εφορία Αρχαιοτήτων Ιωαννίνων)

5.2.2 Φωτισμός των αναλημματικών τοίχων

Η ιδέα για τον τεχνητό φωτισμό των αναλημματικών είναι η ανάδειξη του ανάγλυφου των μελών τους με χρήση ενδοδαπέδιων φωτιστικών, ασύμμετρης δέσμης, πάντα μεριμνώντας για την ισχύ των αρχών που διατυπώθηκαν αρχικά στην στρατηγική φωτισμού. Πολύ σημαντικό είναι να αναδειχθεί το ανάγλυφο των επιφανειών, αλλά και να μην χρειάζονται μόνιμες παρεμβάσεις για την εγκατάστασή των φωτιστικών.

5.2.2.1 Επιδαπέδιοι προβολείς



Εικόνα 5-4 LED surface-mounted luminaire 84 174 K4 (Πηγή: bega.com)

Το φωτιστικό σώμα που επιλέχτηκε είναι το LED surface-mounted luminaire 84 174 K4 (εφεξής ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ Α) της BEGA. Πρόκειται για προβολέα εξωτερικού χώρου που τοποθετείται πάνω στο έδαφος ώστε να φωτίσει κατακόρυφες επιφάνειες. Τα προτεινόμενα φωτιστικά φέρουν πιστοποίηση αντοχής IP67 και έχουν θερμοκρασία χρώματος 4000K για να αποδώσουν το χρώμα του υλικού (υπόλευκος και φαιός ασβεστόλιθος), ενώ η ένταση του ελέγχεται (DALI controllable). Τέλος η κατανάλωση κάθε σώματος ανέρχεται στα 33,2W.



Εικόνα 5-5: Εφαρμογή με το BEGA 84174, Manor Rödinghausen, Menden (Πηγή: bega.com)

Τα συγκεκριμένα φωτιστικά στερεώνονται στο έδαφος με μια πλάκα στήριξης. Μόνο το καλώδιο βρίσκεται στο υπόστρωμα, κάτι που τους επιτρέπει να εγκατασταθούν σε μαλακά υποστρώματα όπως άμμο ή χαλίκι.

Για την επιλογή της βέλτιστης θέσης τοποθέτησης των φωτιστικών σωμάτων διεξήχθη μελέτη των οδηγιών κατασκευαστή και δοκιμή στο φωτομετρικό πρόγραμμα DIALUX eno και επιλέχθηκε απόσταση 3 μέτρα από τα μέλη των τοίχων και περί τα 4 μέτρα απόσταση μεταξύ των φωτιστικών σωμάτων, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

5.2.3 Ενισχυτικός φωτισμός σε μεγαλύτερο ύψος

Σε μεγαλύτερο ύψος των αναλημματικών τοίχων κρίθηκε ότι χρειάζεται να ενισχυθεί ο φωτισμός για να επιτύχουμε πιο ομοιόμορφο αποτέλεσμα. Όπως φαίνεται και από την τομή του θεάτρου, το ύψος μπορεί να φτάσει και τα 18m. Για το λόγω αυτό τοποθετούνται κατά περίπτωση προβολείς επίπεδης, ευρείας και στενής δέσμης με στόχευση στα υψηλότερα μέρη των τοίχων.

5.2.3.1 Προβολέας υψηλών αποδόσεων στενής δέσμης



Εικόνα 5-6 Performance floodlight 84 441 K4 (Πηγή: bega.com)

Επιλέχτηκε το φωτιστικό Performance floodlight 84 441 K4 (εφεξής ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ Β) της BEGA. Πρόκειται για compact προβολέα που υπόσχεται υψηλή απόδοση και μεγάλη διάρκεια ζωής. Προσφέρει καταστολή της αντανάκλασης και εξασφαλίζει τη μέγιστη οπτική άνεση με το BEGA Vortex Optics®.



Εικόνα 5-7: Φωτιστικό με την τεχνολογία Vortex Optics (Πηγή: bega.com)

Τα προτεινόμενα φωτιστικά φέρουν πιστοποίηση αντοχής IP65 και έχουν θερμοκρασία χρώματος 4000K για να αποδώσουν το χρώμα του υλικού (υπόλευκος και φιαός ασβεστόλιθος), ενώ η ένταση του ελέγχεται (DALI controllable). Τέλος η κατανάλωση κάθε σώματος ανέρχεται στα 42,5W. Φέρουν περιστρεφόμενη άρθρωση εύρους 180 μοιρών που επιτρέπει την στόχευση στο κατάλληλο σημείο των τοίχων.

Η εγκατάστασή τους είναι απλή και δεν απαιτεί σημαντική επέμβαση στο χώρο καθώς φέρουν μικρό κυτίο που τοποθετείται πάνω σε μικρό δίσκο που στερεώνεται στο έδαφος.

5.2.3.2 Προβολέας υψηλών αποδόσεων ευρείας δέσμης

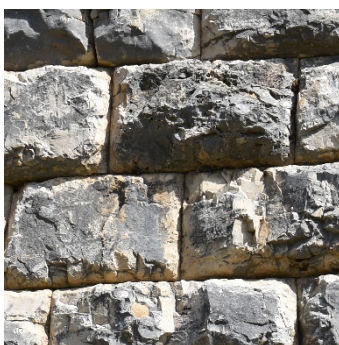
Επιλέχτηκε το φωτιστικό Performance floodlight 84 442 K4 (εφεξής ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ Γ) της BEGA. Ανήκει στην ίδια σειρά με το ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ Β με διαφορά στην κατανομή φωτεινής δέσμης, ενώ τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά ταυτίζονται.

5.2.3.3 Δυτικό τμήμα αναλημματικών τοίχων

Σε αυτό το τμήμα του θεάτρου, όπως και στα υπόλοιπα μέρη των αναλημματικών τοίχων, σκοπός είναι να αναδειχθεί η μεγαλοπρέπεια του. Πρόκειται για μεγάλες κάθετες επιφάνειες με επίπεδα που σχηματίζουν μεταξύ τους ορθές γωνίες, λόγω της ύπαρξης των πύργων.



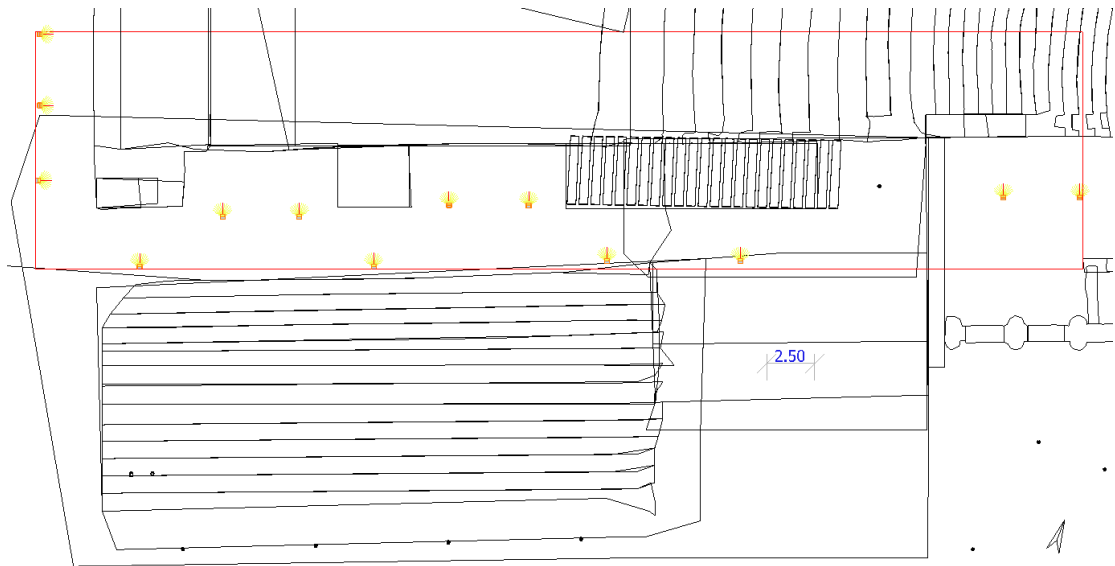
Εικόνα 5-8 Το δυτικό τμήμα των αναλημματικών τοίχων



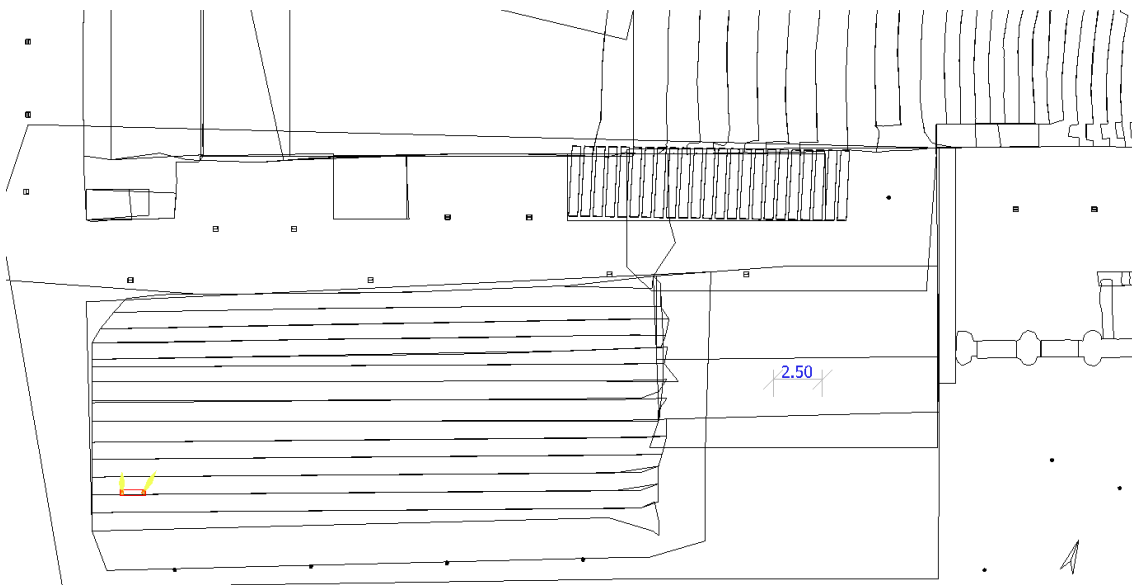
Εικόνα 5-9 Το ανάγλυφο της επιφάνειας των τοίχων

Χρησιμοποιούμε 13 φωτιστικά τύπου Α επί του εδάφους όπως φαίνεται στην κάτοψη που ακολουθεί. Τοποθετούνται 3 μέτρα από τον τοίχο και έχουν απόσταση 4 μέτρων σε όμοια μέλη χρειάζονται δυάδες ή τριάδες φωτιστικών. Επίσης, στην κλιμακωτή διάταξη του βουλευτηρίου τοποθετούμε δύο φωτιστικά τύπου Β με στόχευση στους δύο πύργους του

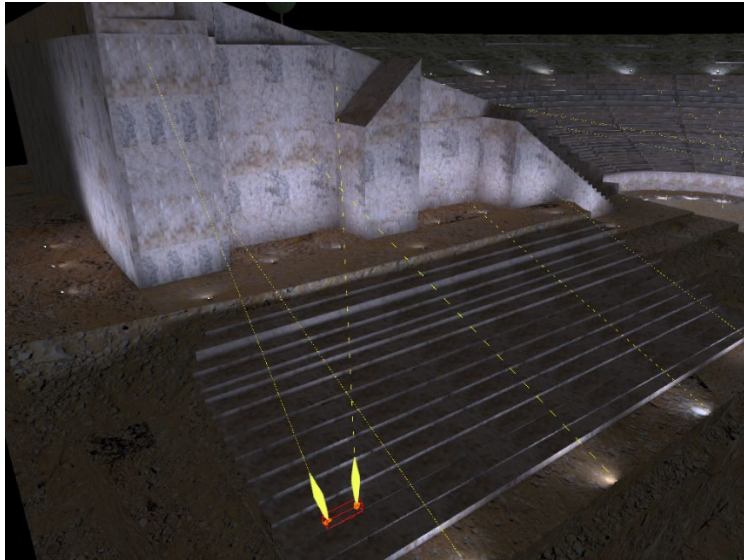
δυτικού αναλημματικού τοίχου για να αναδειχθεί ο όγκος τους και να έχουμε πιο ομοιόμορφο αποτέλεσμα.



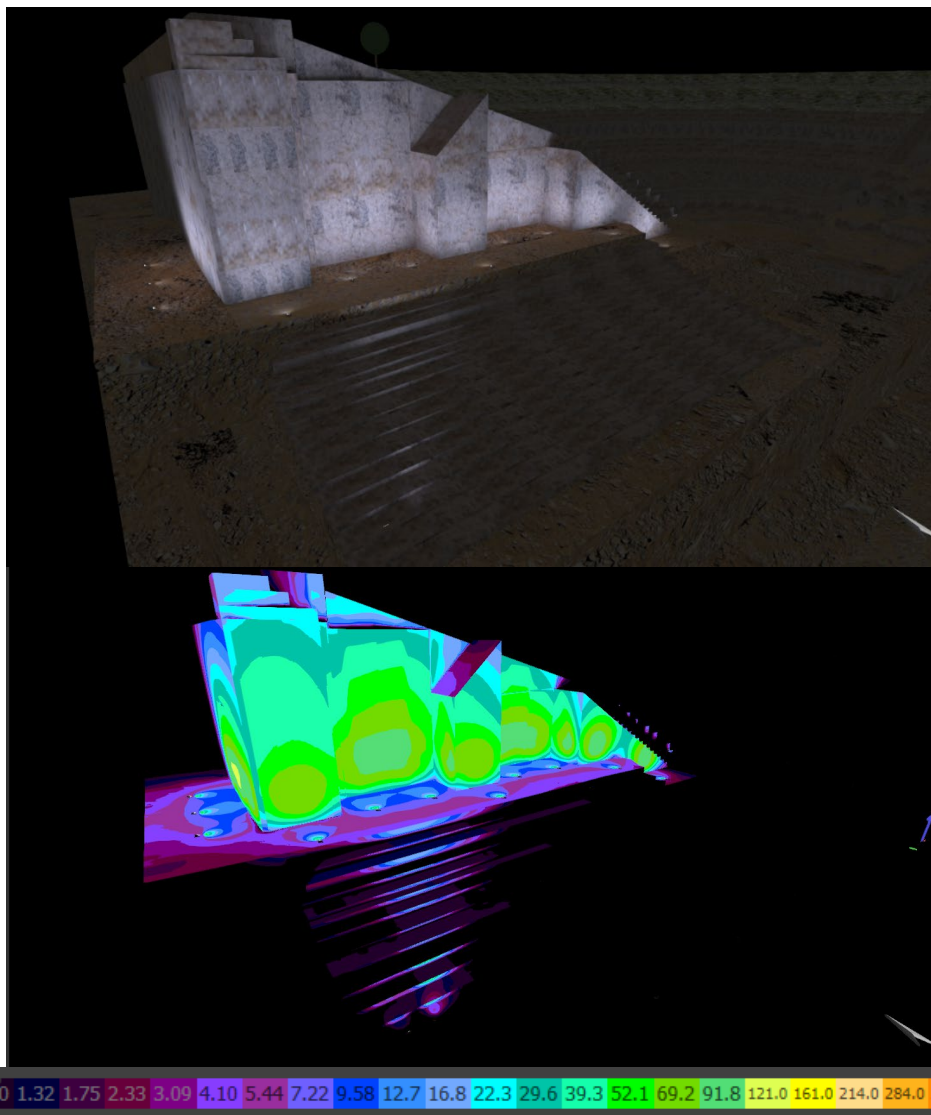
Εικόνα 5-10 Θέσεις φωτιστικών τύπου Α



Εικόνα 5-11 Θέσεις φωτιστικών τύπου Β



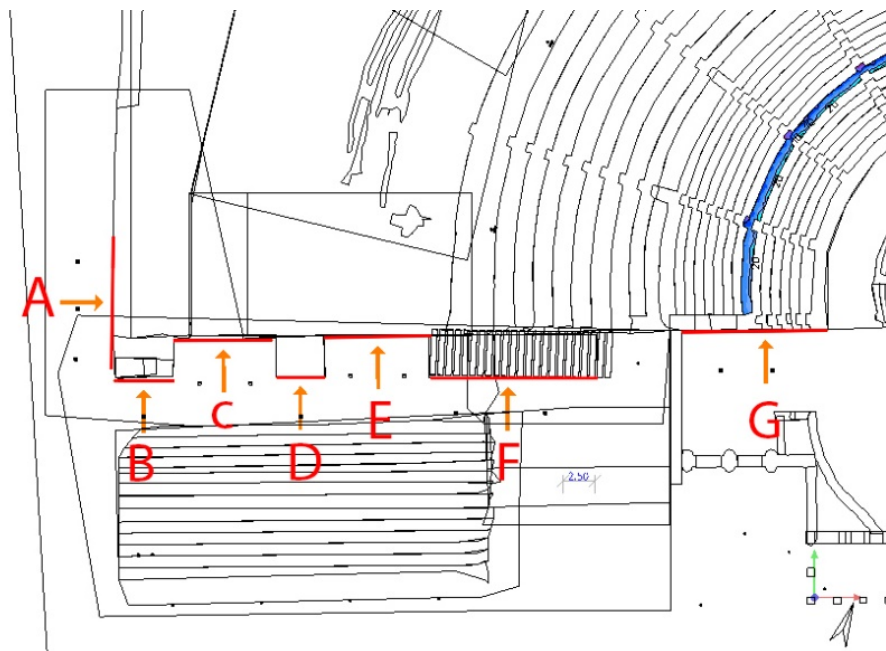
Εικόνα 5-12 Στόχευση των 2 φωτιστικών τύπου Β



Εικόνα 5-13 Απομόνωση των φωτιστικών του δυτικού τμήματος: Τρισδιάστατη απεικόνιση και απεικόνιση επιπέδων φωτισμού (false colors)

Στη συνέχεια δημιουργούμε κάποιες επιφάνειες υπολογισμού για να μετρήσουμε την φωτεινότητα επί του τοίχου. Τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά λαμβάνοντας υπόψιν το μέγεθος του προς μελέτη τμήματος.

Calculation Surface	Perpendicular Illuminance E_{av} (lx)	E_{min}/E_{av}
A	54,1	0,14
B	58,8	0,20
C	70,4	0,27
D	63,7	0,24
E	70,5	0,22
F	58,5	0,1
G	66,6	0,1



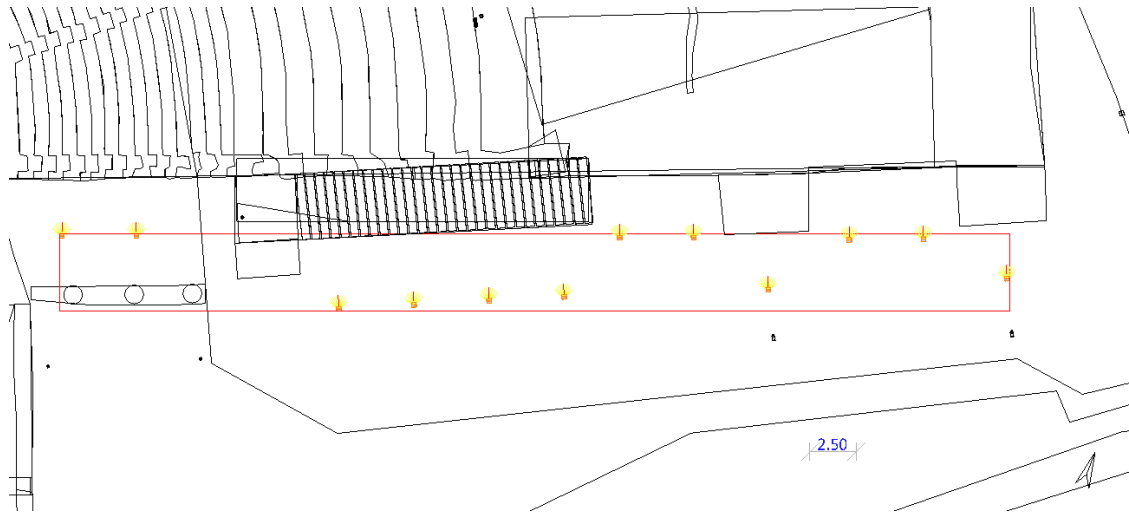
Εικόνα 5-14 Θέσεις επιφανειών φωτισμού

5.2.3.4 Ανατολικό τμήμα αναλημματικών τοίχων

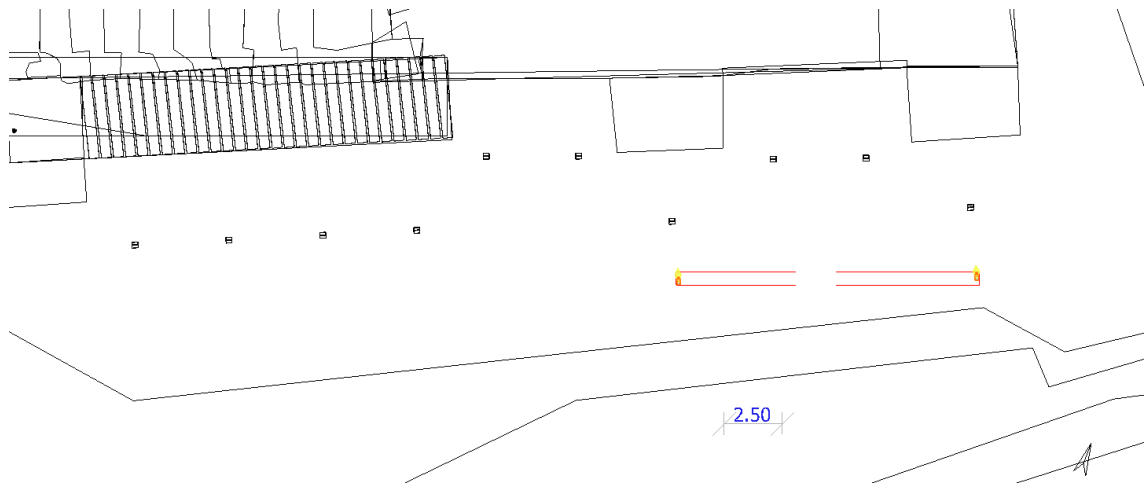


Εικόνα 5-15 Το ανατολικό τμήμα των αναλημματικών τοίχων

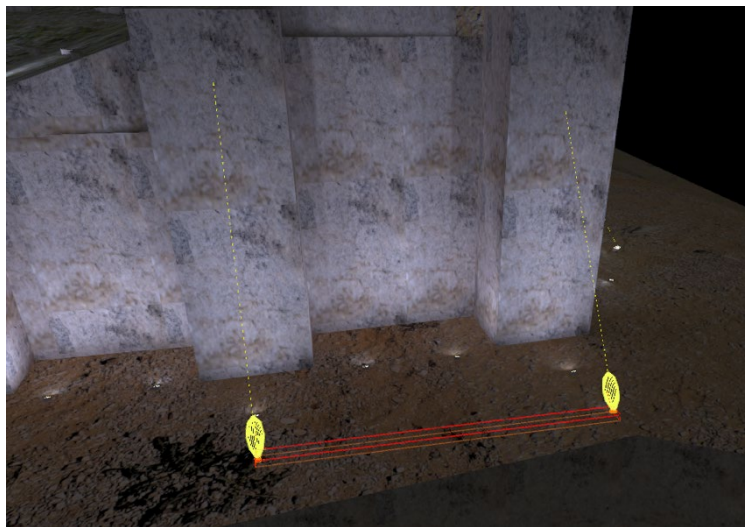
Χρησιμοποιούμε 12 φωτιστικά τύπου Α επί του εδάφους όπως φαίνεται στην κάτοψη που ακολουθεί. Τοποθετούνται 3 μέτρα από τον τοίχο και έχουν απόσταση 4 μέτρων σε όποια μέλη χρειάζονται δυάδες και τετράδα φωτιστικών. Επίσης, τοποθετούνται δυο φωτιστικά τύπου Γ με στόχευση στους δύο πύργους του ανατολικού αναλημματικού για την ανάδειξη του όγκου τους. Σε αντίθεση με την περίπτωση του δυτικού τοίχου, όπου χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά τύπου Β, εδώ επιλέχτηκαν τύπου Γ, καθώς τοποθετούνται πιο κοντά στον αναλημματικό τοίχο και έτσι ο προβολέας ευρείας δέσμης κρίνεται καταλληλότερος.



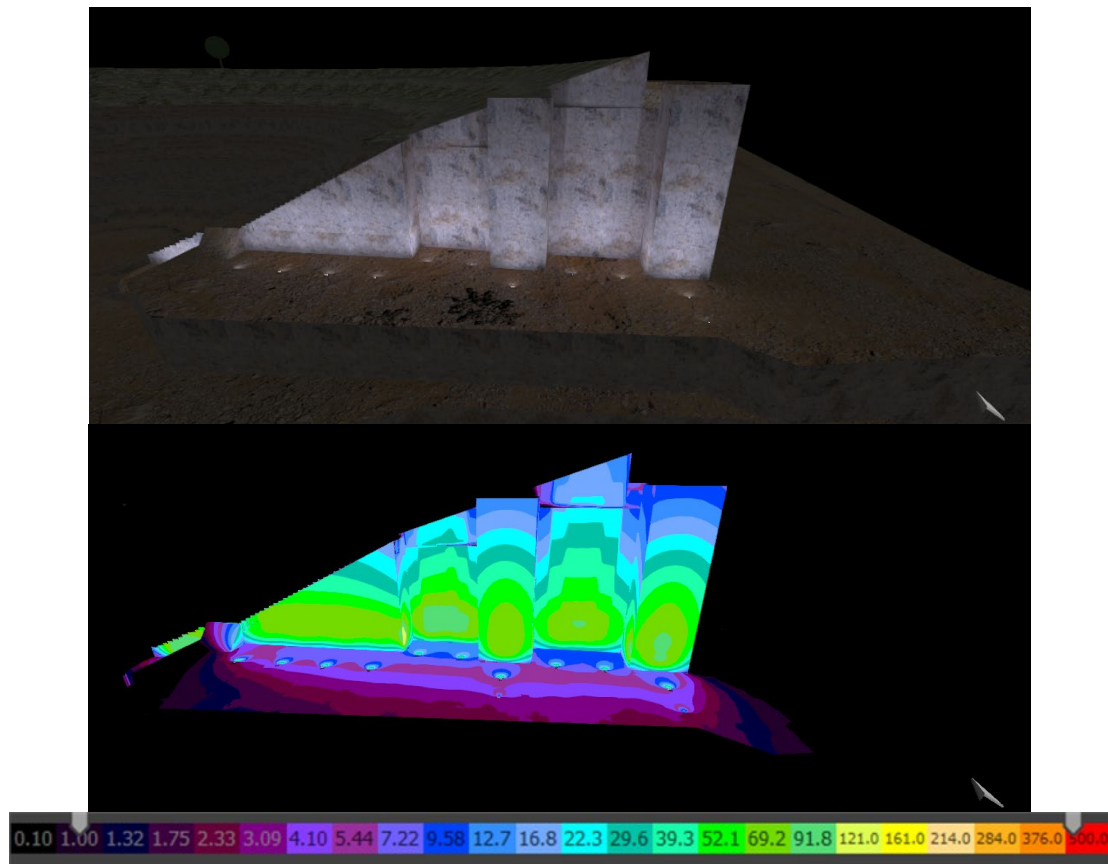
Εικόνα 5-16 Θέσεις των φωτιστικών τύπου Α



Εικόνα 5-17 Θέσεις φωτιστικών τύπου Γ



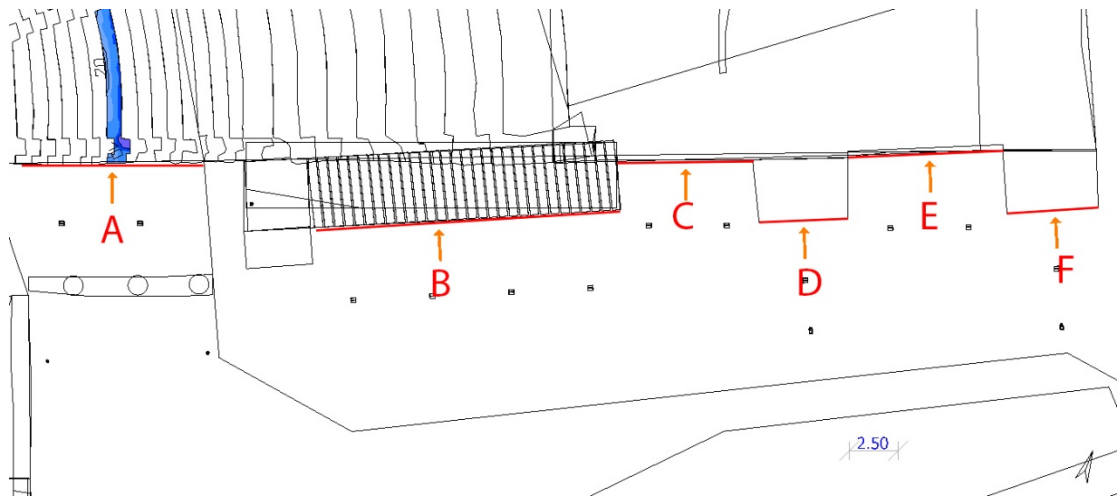
Εικόνα 5-18 Στόχευση φωτιστικών τύπου Γ



Εικόνα 5-19 Απομόνωση των φωτιστικών του ανατολικού τμήματος: Τρισδιάστατη απεικόνιση και απεικόνιση επιπέδων φωτισμού (false colors)

Στη συνέχεια δημιουργούμε κάποιες επιφάνειες υπολογισμού για να μετρήσουμε την φωτεινότητα επί του του τοίχου. Τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά λαμβάνοντας υπόψιν τις μεγάλες διαστάσεις του προς μελέτη τμήματος.

Calculation Surface	Perpendicular Illuminance E_{av} (lx)	E_{min}/E_{av}
A	75,4	0,1
B	60,8	0,30
C	57,1	0,20
D	47,1	0,25
E	47,9	0,25
F	49,6	0,21



Εικόνα 5-20 Θέσεις των επιφανειών υπολογισμού του ανατολικού τμήματος

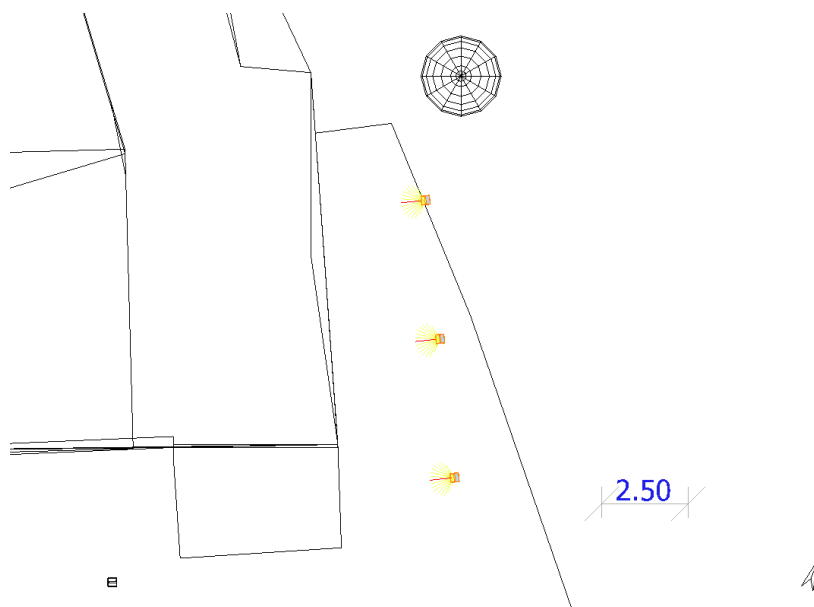
5.2.3.5 Βορειοανατολικό τμήμα αναλημματικών τοίχων



Εικόνα 5-21 Το βορειοανατολικό τμήμα των αναλημματικών τοίχων

Το τμήμα αυτό των αναλημματικών τοίχων έχει την εξής ιδιαιτερότητα: παρότι είναι το τμήμα με το μεγαλύτερο μήκος, δεν είναι ορατό από τα σημεία θέασης που βρίσκονται οι επισκέπτες του αρχαιολογικού χώρου της Δωδώνης. Έτσι, κρίνεται ότι χρειάζεται να φωτιστεί το μέρος του τοίχου από τον γωνιακό πύργο μέχρι το δέντρο που βρίσκεται μπροστά του. Ο φωτισμός όλου του τμήματος θα οδηγούσε σε άσκοπες μεγάλες καταναλώσεις.

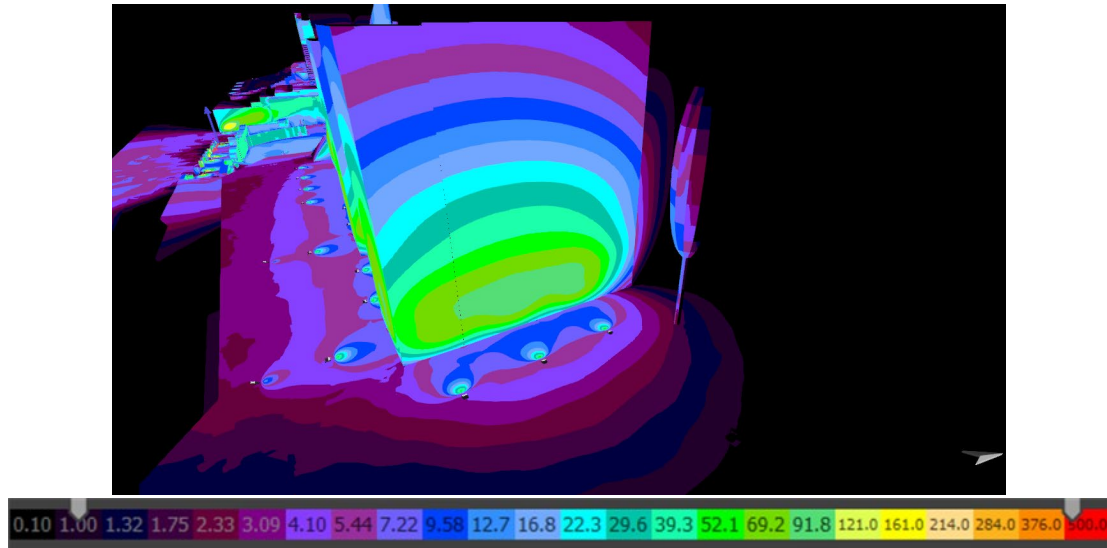
Για αυτόν τον σκοπό χρησιμοποιούμε 3 φωτιστικά τύπου Α. Τοποθετούνται σε απόσταση 4 μέτρων μεταξύ τους και 3 μέτρων από τον τοίχο.



Εικόνα 5-22 Θέσεις φωτιστικών τύπου Α



Εικόνα 5-23 Τρισδιάστατη απεικόνιση του φωτιζόμενου τμήματος



Εικόνα 5-24 Απεικόνιση επιπέδων φωτισμού (false colors) του φωτιζόμενου τμήματος

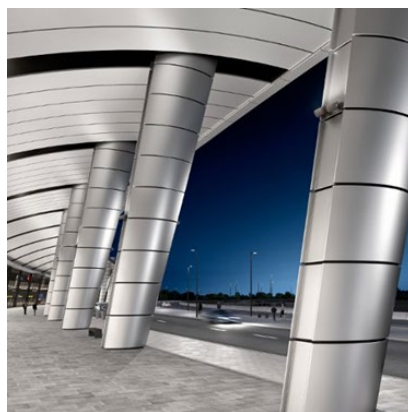
5.2.3.6 Φωτισμός των κλιμάκων

Επιλέχτηκε το φωτιστικό Performance floodlight 84 505 K4 (εφεξής ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ Δ) της BEGA. Πρόκειται για προβολέα στενής συμμετρικής δέσμης με μεγάλη διάρκεια ζωής, αφού χρησιμοποιεί γυαλί, σιλικόνη και αλουμίνιο.



Εικόνα 5-25 Performance floodlight 84 505 K4 (Πηγή: bega.com)

Τα προτεινόμενα φωτιστικά φέρουν πιστοποίηση αντοχής IP65 και έχουν θερμοκρασία χρώματος 4000K για να αποδώσουν το χρώμα του υλικού (υπόλευκος και φαιός ασβεστόλιθος), ενώ η ένταση του ελέγχεται (DALI controllable). Τέλος η κατανάλωση κάθε σώματος ανέρχεται στα 40,6W.



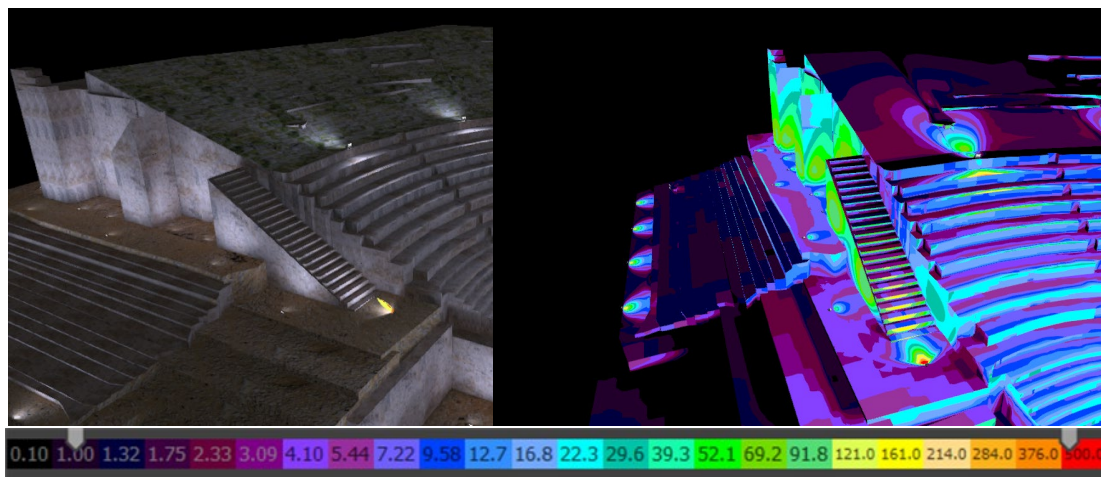
Εικόνα 5-26 Παράδειγμα χρήσης φωτιστικού τύπου Δ (Πηγή: bega.com)

Η εγκατάστασή τους είναι απλή και δεν απαιτεί σημαντική επέμβαση στο χώρο καθώς φέρουν μικρό κυτίο που τοποθετείται πάνω σε μικρό δίσκο που στερεώνεται στο έδαφος.

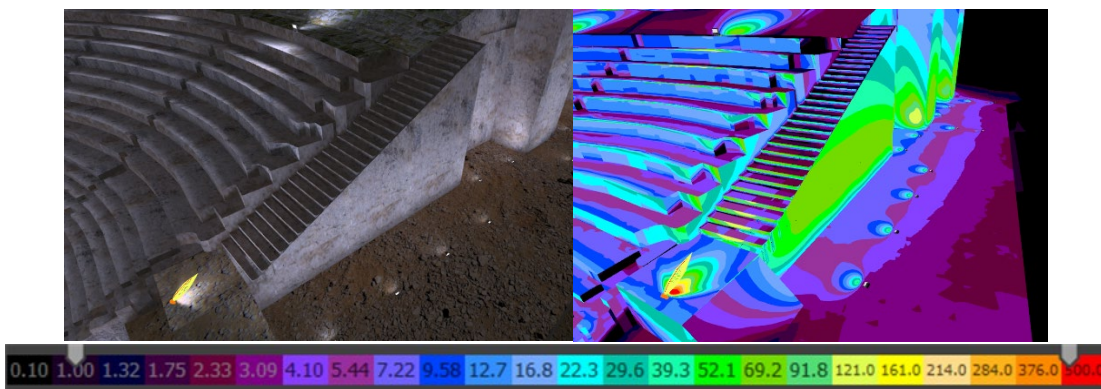
Επί των αναλημματικών τοίχων υπάρχουν δύο κλίμακες για τα διαζώματα στα δυο άκρα του κοίλου. Χρησιμοποιούμε ένα φωτιστικό τύπου Δ για κάθε μία όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 5-27 Η δυτική και η ανατολική κλίμακα



Εικόνα 5-28 Απεικόνιση αποτελέσματος στη δυτική κλίμακα και επίπεδα φωτισμού (false colors)

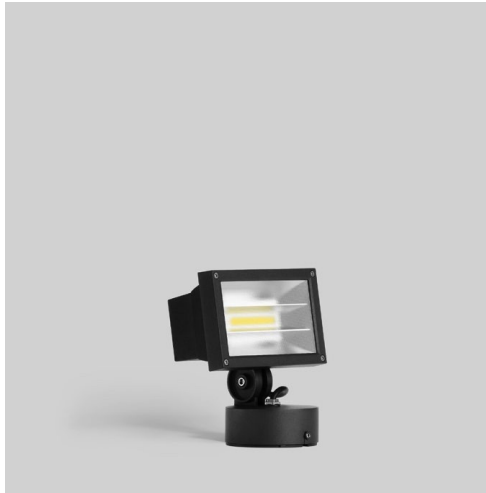


Εικόνα 5-29 Απεικόνιση αποτελέσματος στην ανατολική κλίμακα και επίπεδα φωτισμού (false colors)

5.2.3.7 Τμήμα βουλευτηρίου εμπρός του θεάτρου

Το κομμάτι αυτό αν και δεν ανήκει στο θέατρο, λόγω θέσης είναι συνδεδεμένο αρχιτεκτονικά με το δυτικό τμήμα των αναλημματικών τοίχων και κρίνεται ότι η μη συμπερίληψη του στον σχεδιασμό φωτισμού θα οδηγούσε οπτικά σε μη ολοκληρωμένο αποτέλεσμα.

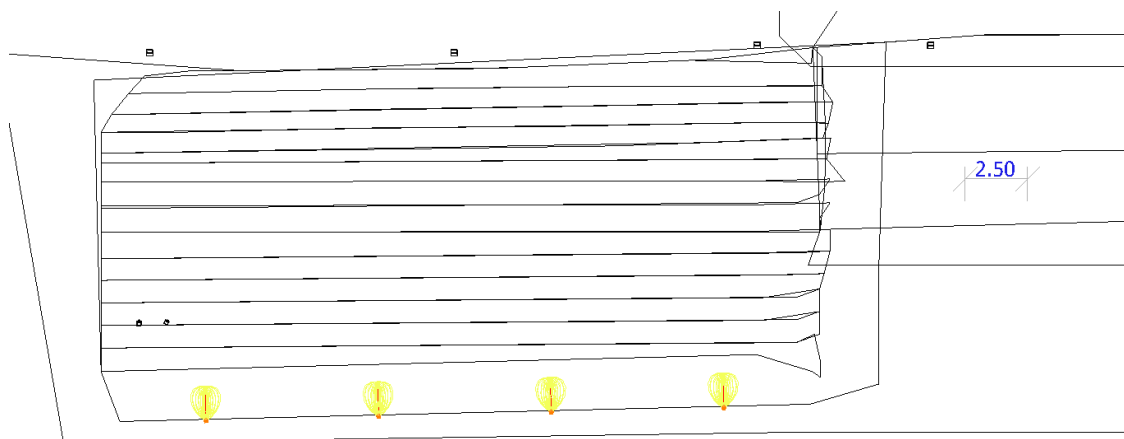
Επιλέχτηκε το φωτιστικό floodlight 77 536 K4 (εφεξής ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ Ε) της BEGA. Πρόκειται για προβολέα επίπεδης δέσμης.



Εικόνα 5-30 BEGA floodlight 77 536 K4 (Πηγή: bega.com)

Τα προτεινόμενα φωτιστικά φέρουν πιστοποίηση αντοχής IP65 και έχουν θερμοκρασία χρώματος 4000K για να αποδώσουν το χρώμα του υλικού (υπόλευκος και φαιός ασβεστόλιθος), ενώ η ένταση του ελέγχεται (DALI controllable). Τέλος η κατανάλωση κάθε σώματος ανέρχεται στα 20,5W. Η εγκατάστασή τους είναι απλή και δεν απαιτεί σημαντική επέμβαση στο χώρο καθώς φέρουν μικρό κυτίο που τοποθετείται πάνω σε μικρό δίσκο που στερεώνεται στο έδαφος.

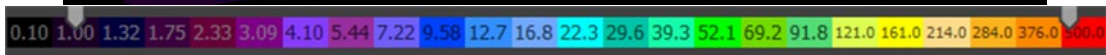
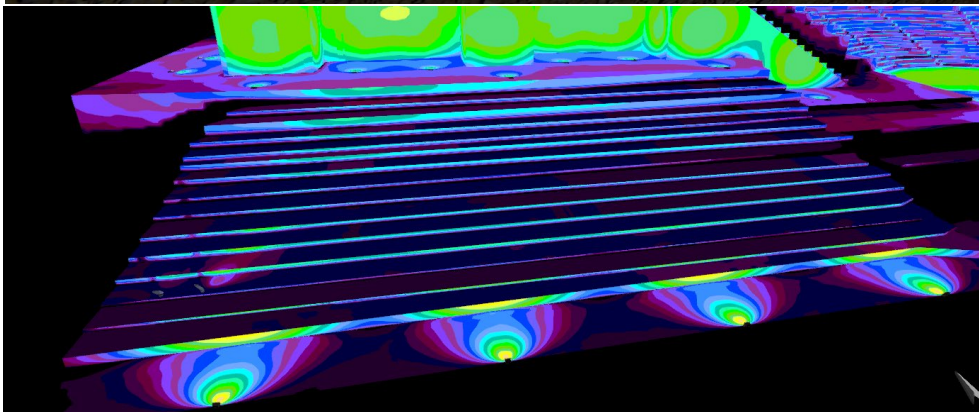
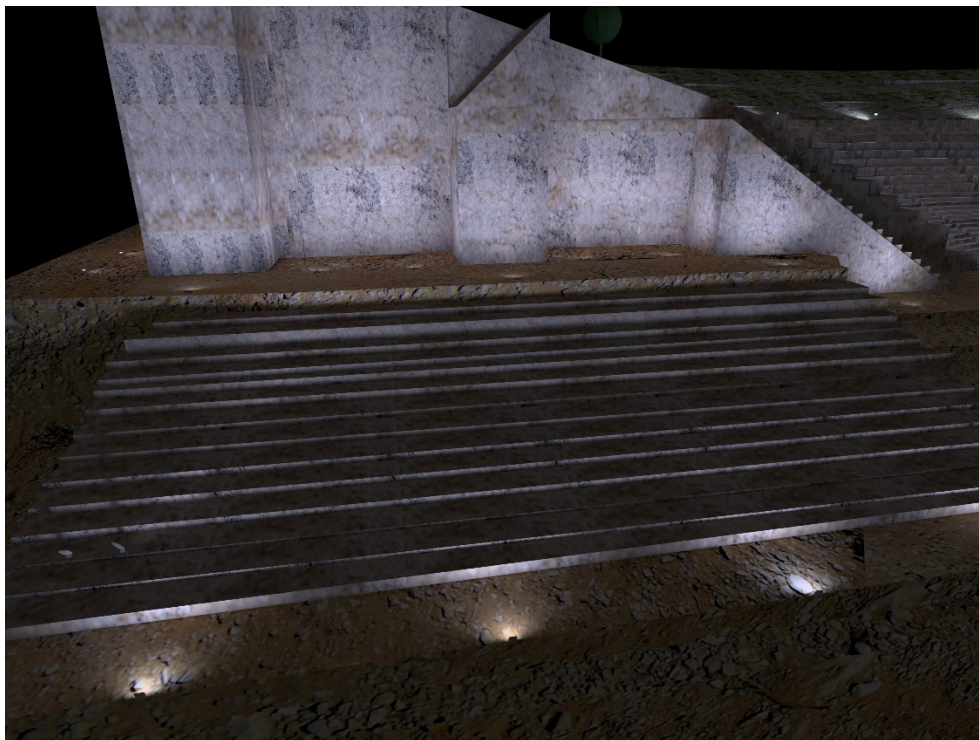
Τοποθετούμε μία γραμμική διάταξη τεσσάρων φωτιστικών τύπου Ε μπροστά από το κλιμακωτό τμήμα. Έχουν απόσταση μεταξύ τους 7 μέτρα και είναι στραμμένα 30 μοίρες προς τα πάνω. Εντάσσουμε έτσι, αυτό το τμήμα του βουλευτηρίου στην ευρύτερη εικόνα του θεάτρου.



Εικόνα 5-31 Θέσεις φωτιστικών τύπου Ε



Εικόνα 5-32 Περιστροφή τριάντα μοιρών προς τα πάνω



Εικόνα 5-33 Τρισδιάστατη απεικόνιση και απεικόνιση επιπέδων φωτισμού (false colors)

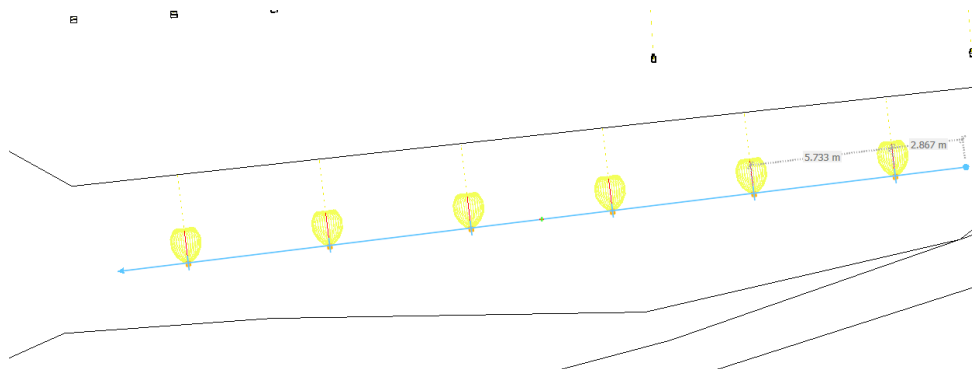
5.2.3.8 Κάτω τοίχος

Μπροστά από τον ανατολικό αναλημματικό τοίχο υπάρχει ένα ακόμη τοίχιο που χρειάζεται να φωτιστεί για να επιτύχουμε πιο ολοκληρωμένο οπτικό αποτέλεσμα.

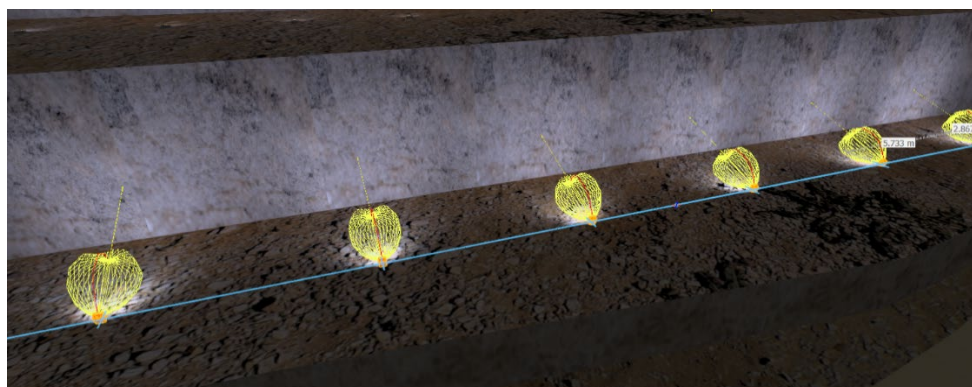


Εικόνα 5-34 Το τοίχιο μπροστά στον ανατολικό αναλημματικό τοίχο

Χρησιμοποιούμε μια γραμμική διάταξη 6 φωτιστικών τύπου E. Τοποθετούνται σε απόσταση 3,3 μέτρων από το τοίχιο, ενώ μεταξύ τους απέχουν 5,7 μέτρα και είναι στραμμένα 20 μοίρας πάνω.

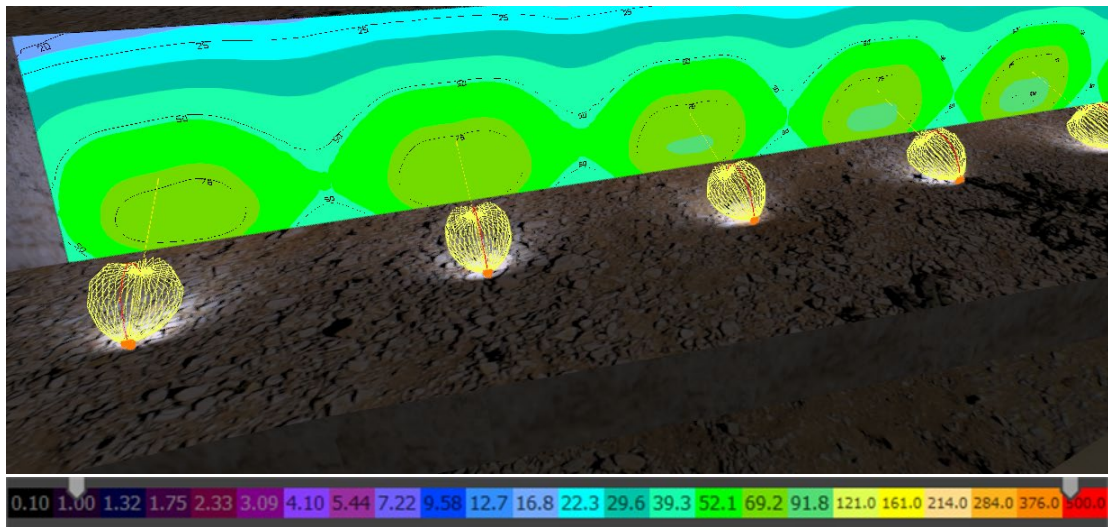


Εικόνα 5-35 Θέσεις των φωτιστικών τύπου E

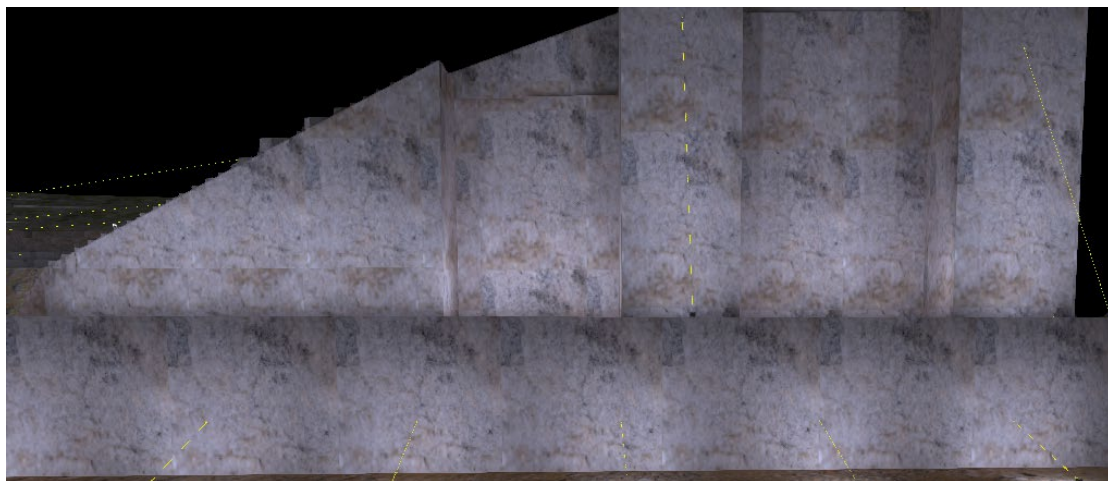


Εικόνα 5-36 Απεικόνιση φωτισμού του τοιχίου

Δημιουργώντας μια επιφάνεια υπολογισμού μετράμε μέσω επίπεδο φωτισμού 52,9lx με συντελεστή ομοιομορφίας 0,23, τιμές κοντά σε αυτές του ανατολικού τοίχου κάτι που βοηθάει στο αποτέλεσμα μιας ενιαίας εικόνας επιτρέποντας οπτικά στον ένα τοίχο να είναι συνέχεια του άλλου.



Εικόνα 5-37 Τα επίπεδα φωτισμού του τοίχου

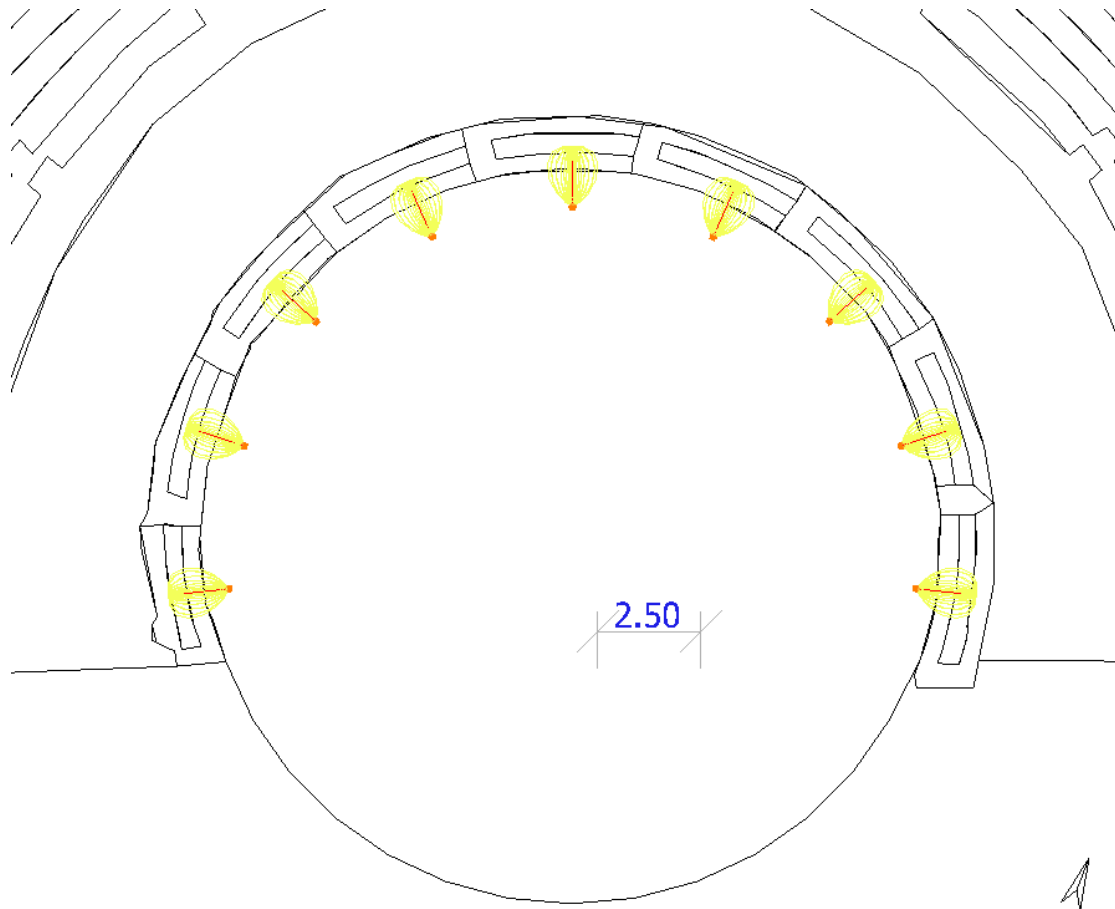


Εικόνα 5-38 Απεικόνιση με προοπτική όπου φαίνονται και οι δύο τοίχοι

5.2.4 Φωτισμός του κοίλου

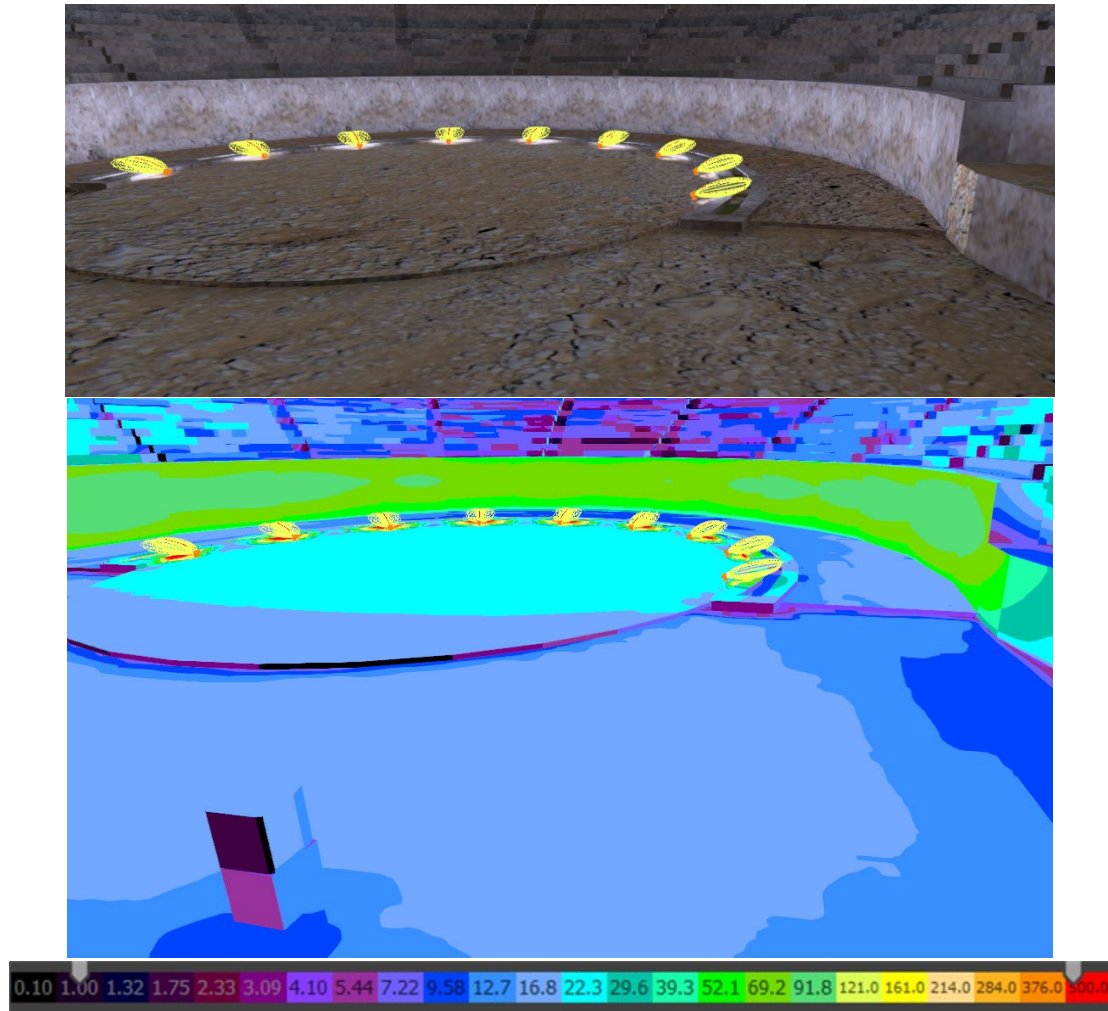
5.2.4.1 Κυκλική διάταξη φωτιστικών στην Ορχήστρα

Τοποθετούμε σε κυκλική διάταξη 9 φωτιστικά τύπου E στον χώρο της Ορχήστρας του θεάτρου όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 5-39 Θέσεις φωτιστικών στο χώρο της Ορχήστρας

Στρέφονται 15 μοίρες προς τα πάνω, ώστε να φωτίζουν αποτελεσματικά τις επιφάνειες των τοιχίων που διαμορφώθηκαν την Ρωμαϊκή περίοδο που το θέατρο μετατράπηκε σε αρένα.



Εικόνα 5-40 Τρισδιάστατη απεικόνιση και απεικόνιση επιπέδων φωτισμού (false colors)

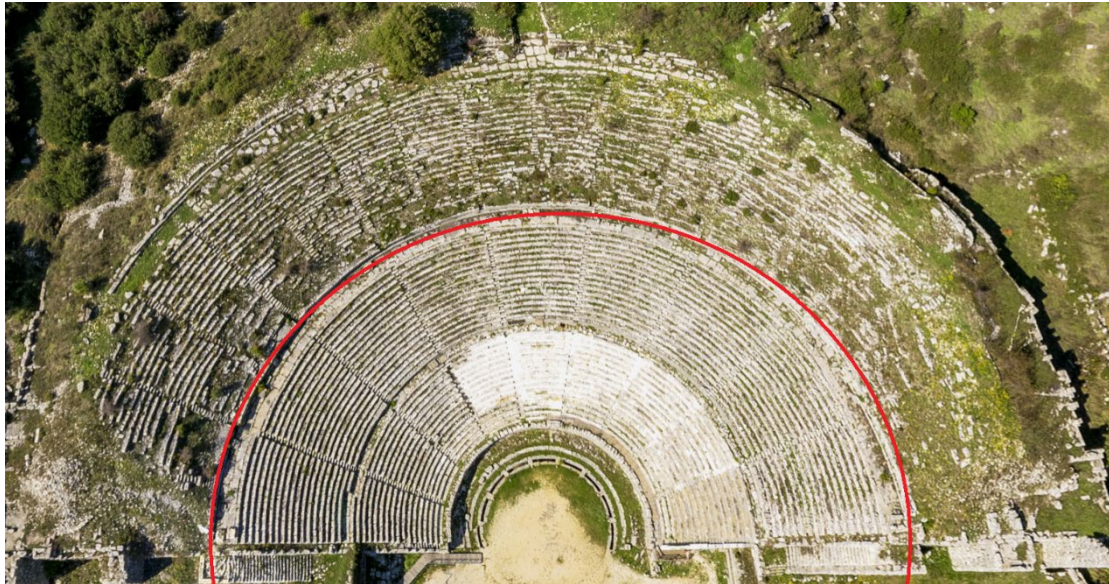
Το τοιχίο φωτίζεται έντονα και ομοιόμορφα οριοθετώντας την ορχήστρα και λόγω θέσης ως ένα νοητό κέντρο του μνημείου. Γύρω από αυτήν αναπτύσσεται το μεγαλοπρεπές κοίλο.

5.2.4.2 Προβολείς επί του κοίλου

Στο διάζωμα ανάμεσα στη δεύτερη και την τρίτη ζώνη ειδωλίων παρατηρείτε η παρουσία επιχωματώσεων που επιτρέπουν την εγκατάσταση φωτιστικών και καλωδίων χωρίς βλάβη του μνημείου. Αυτό το διάζωμα επίσης χωρίζει το κοίλο σε δυο μέρη που διαφέρουν σε επίπεδο κατάστασης διάσωσης και παρουσίας πρασίνου.



Εικόνα 5-41 Στην εικόνα είναι ευδιάκριτες οι τρεις ζώνες ειδωλίων (Πηγή: milestones-route.eu)



Εικόνα 5-42 Το τρίτο διάζωμα του θεάτρου (Πηγή: milestones-route.eu)

Τοποθετούμε ένα ζεύγος προβολέων που περιγράφονται παρακάτω, στο συγκεκριμένο διάζωμα, ένα ζεύγος για κάθε κερκίδα, με τον ένα να φωτίζει προς την σκηνή και τις δυο πρώτες ζώνες και τον άλλο προς την τρίτη ζώνη.

Επιλέχτηκε το φωτιστικό Floodlight 84 502 K4 (εφεξής ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤ) της BEGA για να χρησιμοποιηθεί ως ο προβολέας που φωτίζει προς τις πρώτες ζώνες και το προσκήνιο. Πρόκειται για προβολέα που υπόσχεται ιδιαίτερα υψηλή απόδοση και μεγάλη φωτεινή ροή καθώς και μεγάλη διάρκεια ζωής.

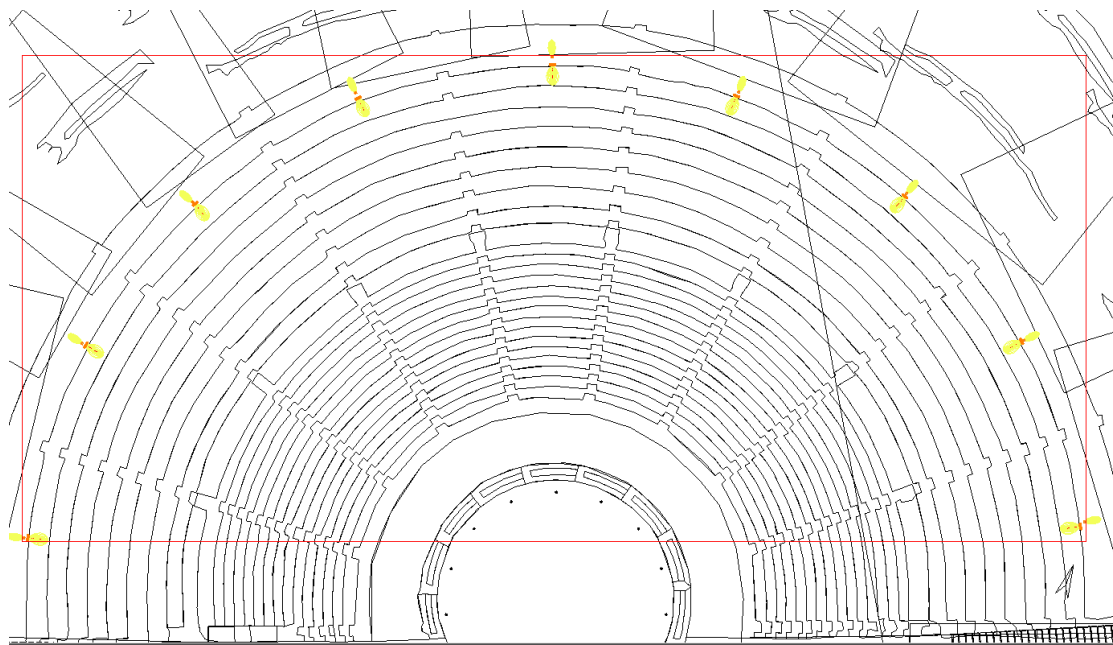
Τα προτεινόμενα φωτιστικά φέρουν πιστοποίηση αντοχής IP67 και έχουν θερμοκρασία χρώματος 4000K για να αποδώσουν το χρώμα του υλικού (υπόλευκος και φαιός ασβεστόλιθος), ενώ η ένταση τους ελέγχεται (DALI controllable). Τέλος η κατανάλωση κάθε σώματος ανέρχεται στα 195W. Φέρουν περιστρεφόμενη άρθρωση εύρους 180 μοιρών που επιτρέπει την στόχευση τους στο κατάλληλο σημείο.



Εικόνα 5-43 Floodlight 84 502 K4 (Πηγή: bega.com)

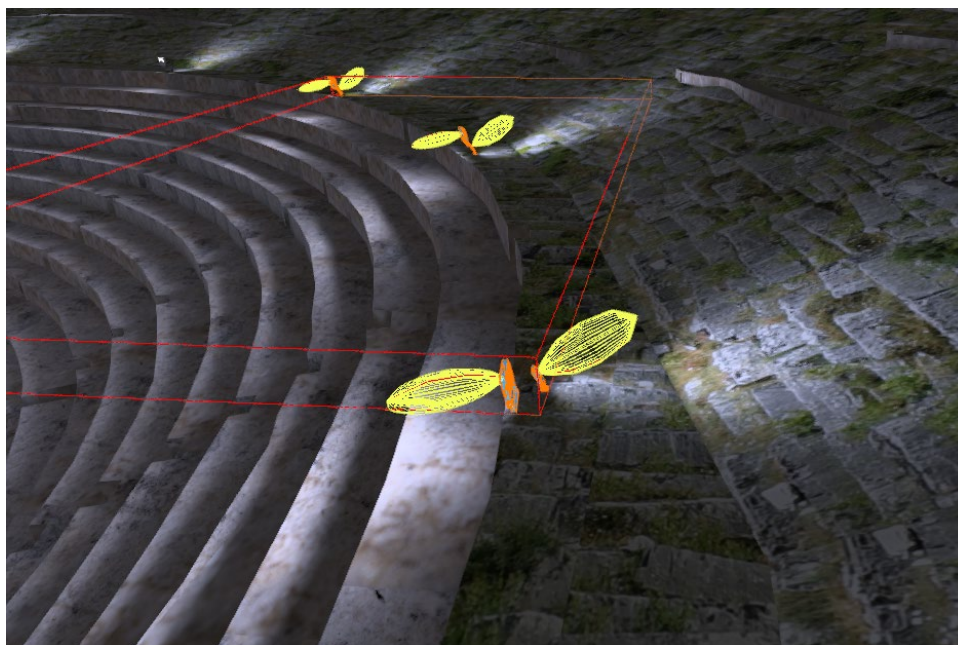
Για τον φωτισμό της τρίτης και υψηλότερης ζώνης χρησιμοποιούμε φωτιστικά σώματα τύπου Γ. Οι προβολείς αυτοί φωτίζοντας τα σωζόμενα μέρη των εδωλίων της τρίτης ζώνης,

επιτρέπουν την δημιουργία σκιών που προσθέτουν επιπλέον δραματικότητα στο χώρο. Οι θέσεις των ζευγών φαίνονται παρακάτω:



Εικόνα 5-44 Θέσεις ζευγών φωτιστικών στο τρίτο διάζωμα

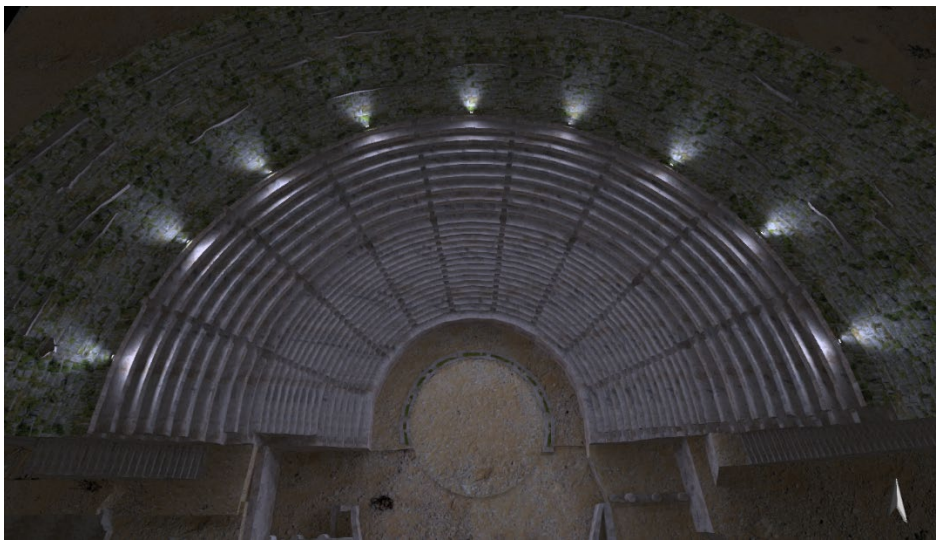
Κάνουμε χρήση των περιστρεφόμενων αρθρώσεων που έχουν και οι δυο τύποι φωτιστικών. Τα φωτιστικά τύπου ΣΤ τα στρέφουμε 10 μοίρες προς τα κάτω, ενώ τα τύπου Γ 30 μοίρες προς τα πάνω.



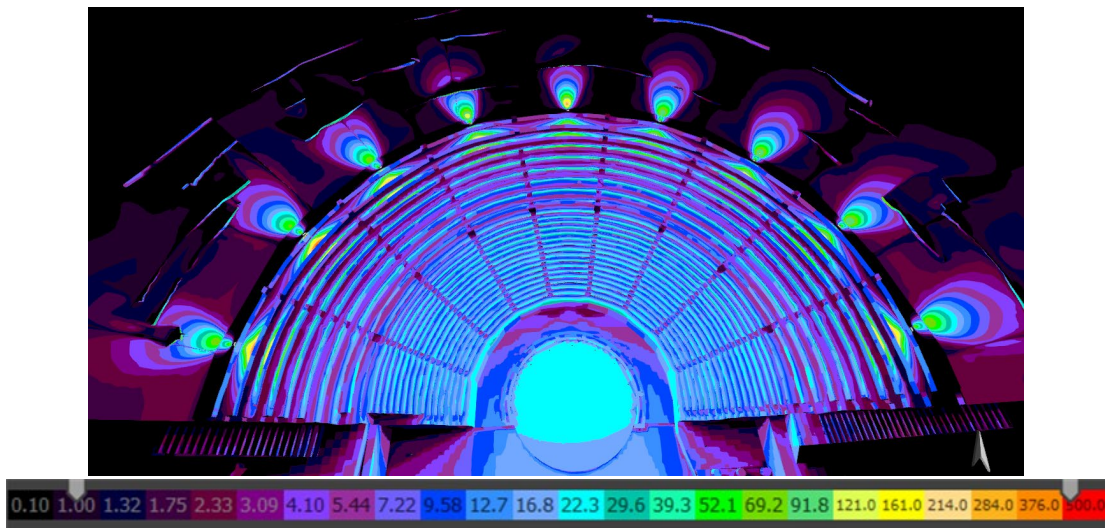
Εικόνα 5-45 Ζεύγος φωτιστικών Γ και ΣΤ



Εικόνα 5-46 Απεικόνιση του κοίλου



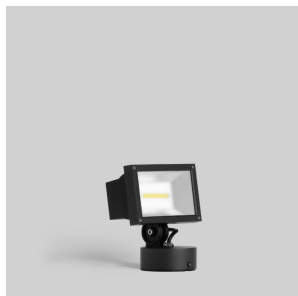
Εικόνα 5-47 Φωτισμός του κοίλου μόνο από τα ζεύγη προβολέων



Εικόνα 5-48 Επίπεδα φωτισμού μόνο από τα ζεύγη προβολέων

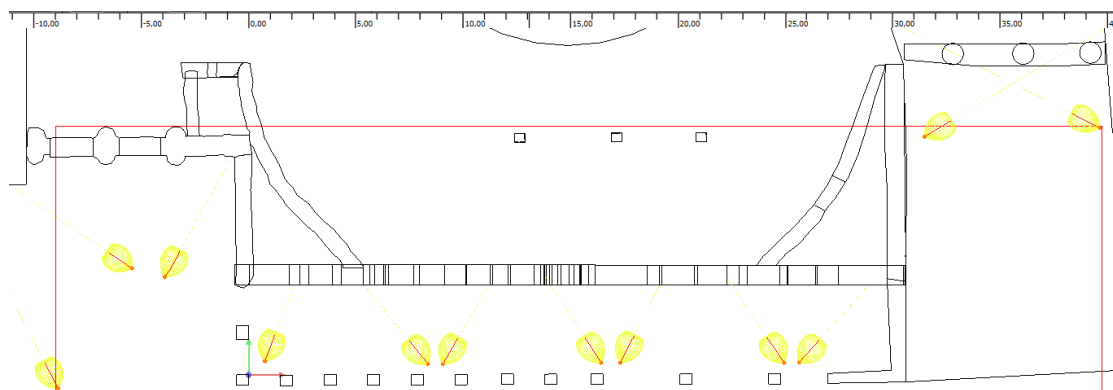
5.2.5 Φωτισμός προσκηνίου

Πραγματοποιούμε τον φωτισμό του προσκηνίου με 12 φωτιστικά σώματα BEGA floodlight 77 538 K4 (εφεξής ΣΩΜΑ ΤΥΠΟΣ Ζ). Ανήκει στην ίδια σειρά με τα τύπου Ε με βασική διαφορά ότι αυτά έχουν ανοικτή φωτεινή δέσμη.

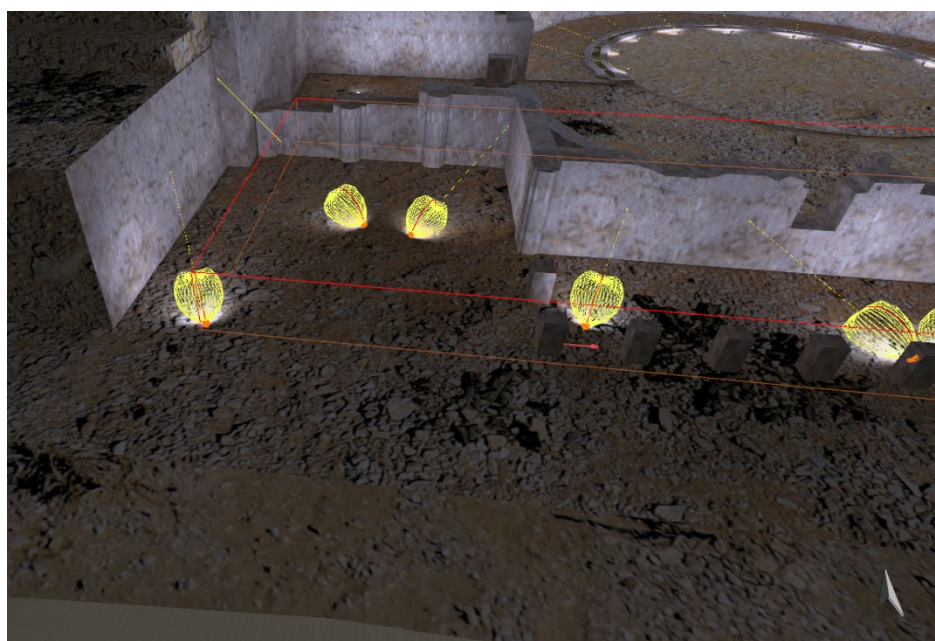


Εικόνα 5-49 BEGA floodlight 77 538 K4 (Πηγή: bega.com)

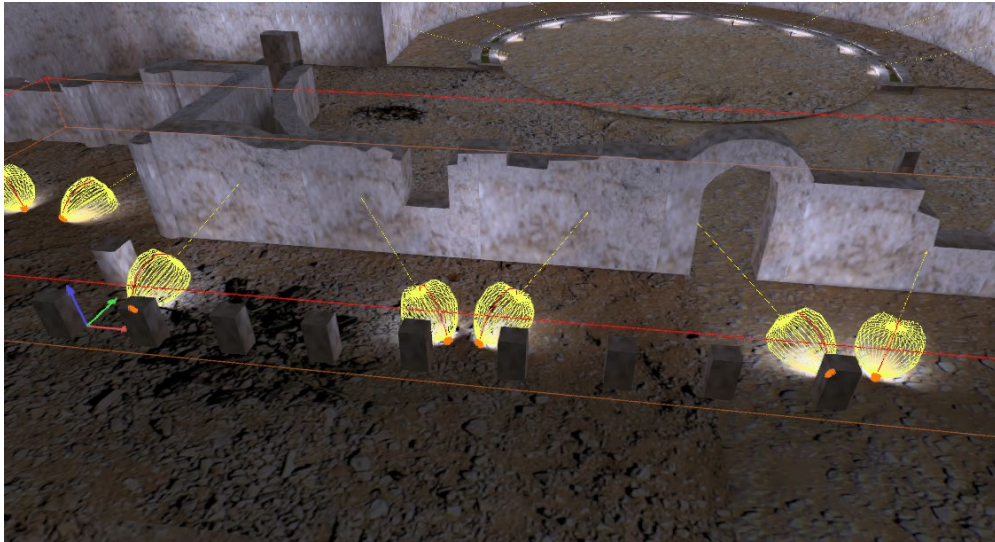
Οι θέσεις τους και οι στοχεύσεις τους φαίνονται παρακάτω.



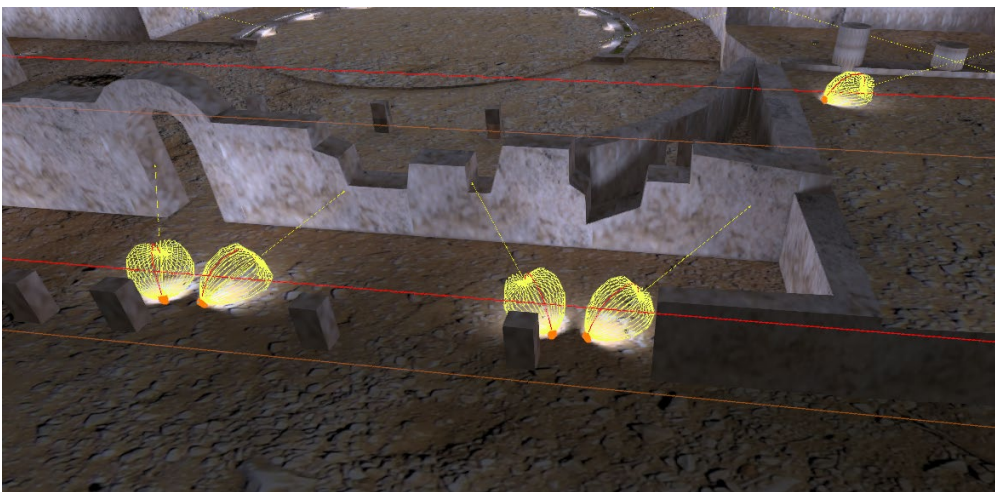
Εικόνα 5-50 Θέσεις φωτιστικών τύπου Ζ



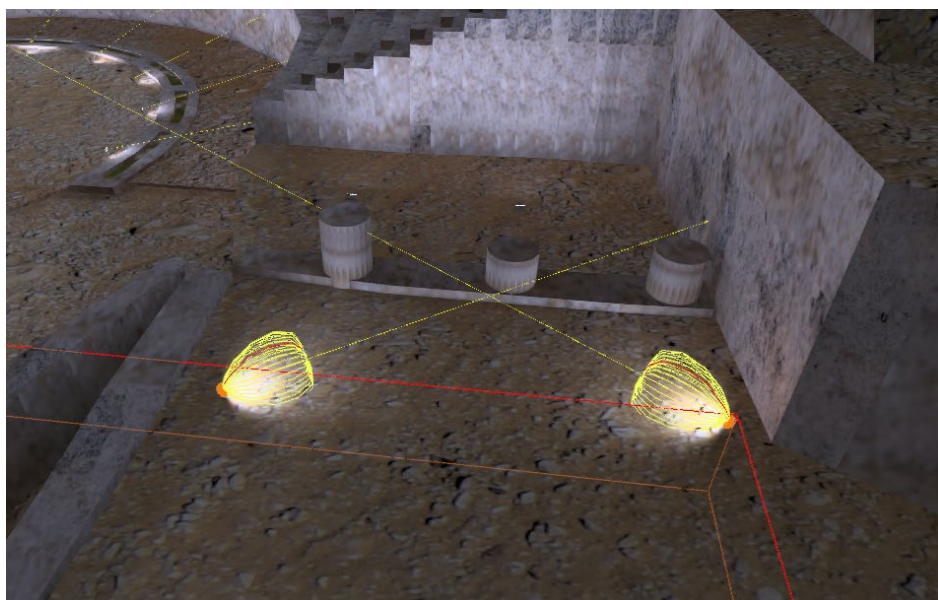
Εικόνα 5-51 Θέσεις και στοχεύσεις φωτιστικών 1/4



Εικόνα 5-52 Θέσεις και στοχεύσεις φωτιστικών 2/4



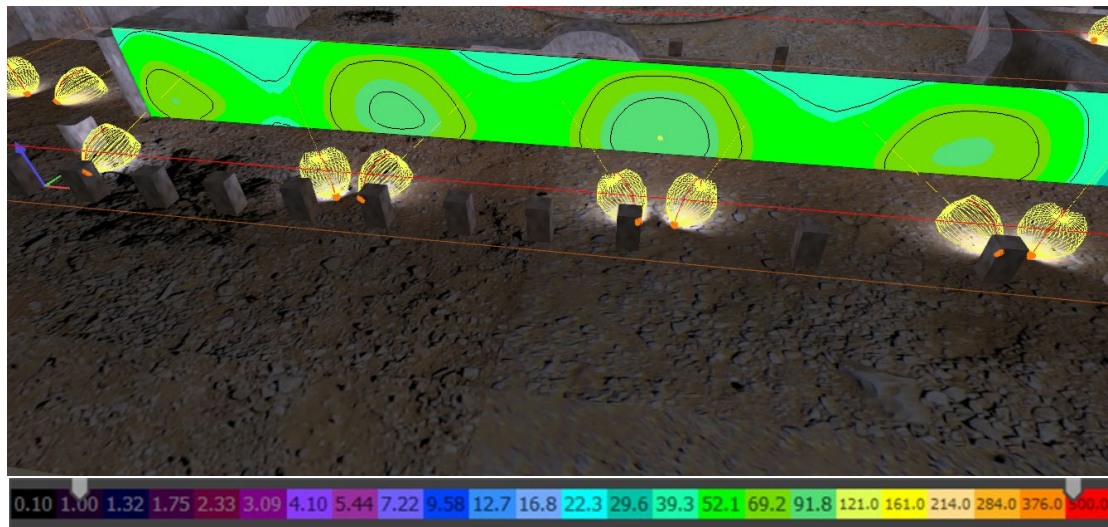
Εικόνα 5-53 Θέσεις και στοχεύσεις φωτιστικών 3/4



Εικόνα 5-54 Θέσεις και στοχεύσεις φωτιστικών 4/4

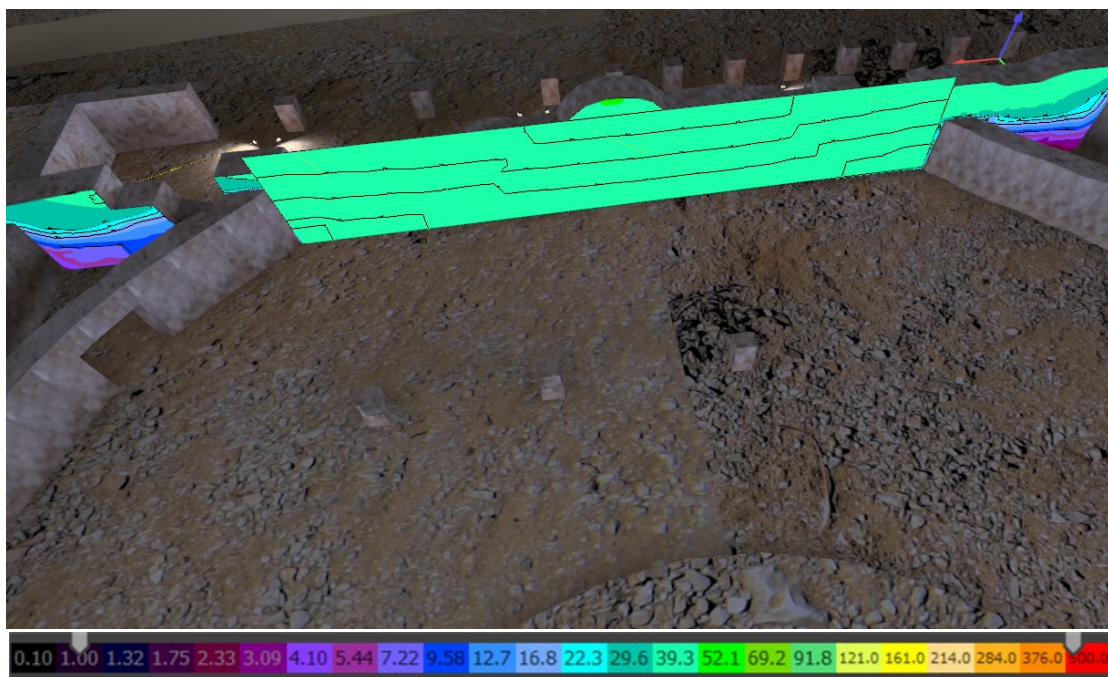
Με τα φωτιστικά αυτά αποσκοπούμε στον ομοιόμορφο φωτισμό των επιφανειών όπου αυτές υπάρχουν καθώς και την δημιουργία σκιών από άλλα σωζόμενα στοιχεία σε συνδυασμό με την ανάδειξη τους.

Δημιουργώντας μια επιφάνεια υπολογισμού στην πρόσοψη του προσκηνίου μετράμε μέσο επίπεδο φωτισμού 68,4 lx με συντελεστή ομοιομορφίας 0,34.



Εικόνα 5-55 Επίπεδα φωτισμού στην πρόσοψη του προσκηνίου

Η πίσω όψη του φωτίζεται από τους προβολείς τύπου ΣΤ που βρίσκονται στο κοίλο. Εκεί μετράμε 46 lx με συντελεστή 0,86. Ο μακρινός διάχυτος φωτισμός δίνει ιδιαίτερα ομοιόμορφο αποτέλεσμα.



Εικόνα 5-56 Επίπεδα φωτισμού στην πίσω όψη του προσκηνίου

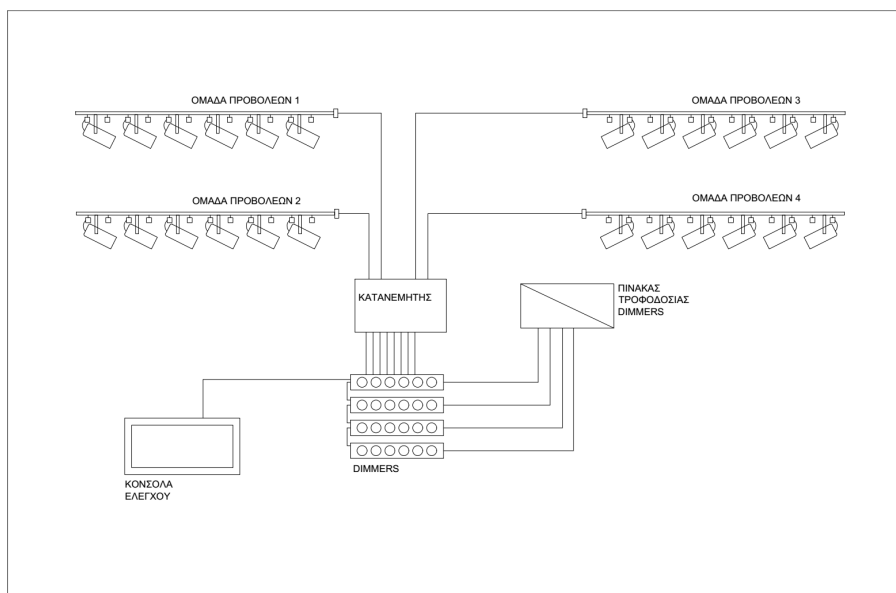
5.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ

5.3.1 Ηλεκτρολογική εγκατάσταση για τον φωτισμό παραστάσεων

Κατά τη διάρκεια θεατρικών παραστάσεων ή άλλων πολιτιστικών δρώμενων η σκηνή (ορχήστρα) θα φωτίζεται από προβολείς ανάλογων των απαιτήσεων κάθε παράστασης. Η τοποθέτηση του εξοπλισμού θα γίνεται σε ικρίωματα προσωρινού χαρακτήρα, που θα τοποθετούνται μόνο για διάστημα κατά το οποίο θα λαμβάνουν χώρα τα προγραμματισμένα δρώμενα και θα απομακρύνονται και θα αποθηκεύονται τον υπόλοιπο χρόνο.

Τα περισσότερα συστήματα φωτισμού παραστάσεων περιλαμβάνουν:

1. το σημείο στο οποίο αναρτώνται τα φωτιστικά για την επιθυμητή κατεύθυνση των ακτινών
2. τις φωτιστικές μονάδες (φωτοβόλα σώματα)
3. τη διανομή ισχύος
4. το σύστημα ελέγχου έντασης (dimmers για συμβατικά συστήματα και ενσωματωμένα συστήματα ελέγχου για μονάδες LED).
5. το σύστημα ελέγχου (DMX-512 είναι το πιο σύνηθες ψηφιακό πρωτόκολλο ελέγχου)
6. τη ροή του συστήματος.
 - a. Για συμβατικά συστήματα φωτισμού ο έλεγχος γίνεται από ένα dimmer. Η ροή διαμορφώνεται ως εξής: κονσόλα ελέγχου > κατανεμητής σήματος ελέγχου > dimmer > ηλεκτρικό καλώδιο > Φωτιστική μονάδα.
 - b. για συστήματα LED: κονσόλα ελέγχου > κατανεμητής σήματος > μονάδα LED με παροχή συνεχούς ρεύματος
 - c. για μικτά συστήματα που συνδυάζουν τις περιπτώσεις a και b, η ροή είναι κονσόλα ελέγχου > κατανεμητής σήματος > διαχωριστής σήματος για τα dimmers και για τις μονάδες LED >η διακλάδωση συνεχίζει όπως περιεγράφηκε στις υποπεριπτώσεις.

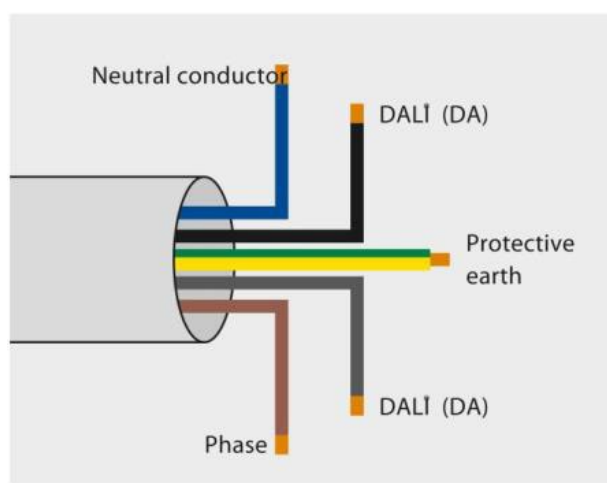


Εικόνα 5-57 Παράδειγμα διαγράμματος το οποίο δείχνει πως προσαρμόζεται ένα σύνθετο σύστημα φωτισμού σε μία θεατρική παράσταση. [4]

[4]

5.3.2 Έλεγχος DALI

Η τεχνική ελέγχου του φωτισμού DALI (Digital Addressable Lighting Interface - Ψηφιακή Διευθυνσιοδοτούμενη Διασύνδεση Φωτισμού), είναι ένα διεθνώς αποδεκτό και αναγνωρισμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας για έλεγχο φωτισμού, οι αρχές και οι κανονισμοί του οποίου καθορίζονται στο τεχνικό πρότυπο IEC 62386. Παρέχει μεγάλη ευελιξία στον ψηφιακό έλεγχο των φωτιστικών πηγών και επιτρέπει μελλοντική επέκταση του συστήματος. Ο έλεγχος των σεναρίων φωτισμού δεν απαιτεί επιπλέον καλωδίωση αλλά επιτυγχάνεται μέσω λογισμικού. Ένα ακόμα πλεονέκτημα της τεχνικής είναι ότι οι γραμμές ηλεκτρικού ρεύματος και οι γραμμές ελέγχου μπορούν να τοποθετηθούν μαζί στο ίδιο καλώδιο. Η καλωδίωση μπορεί να είναι σε σειρά, σε διάταξη αστέρα ή σε μικτή μορφή. Επομένως, τα καλώδια που απαιτούνται για την εγκατάσταση στο θέατρο είναι NYM 3x1.5mm² + 2x0.75mm² (οι διατομές επιλέχθηκαν λαμβάνοντας υπόψη το μήκος των καλωδιώσεων).



Εικόνα 5-58 Διάγραμμα των πέντε αγωγών μέσα σε ένα καλώδιο [4]

Ένα σύστημα DALI αποτελείται από μία πηγή ρεύματος, έναν ελεγκτή (controller) και τις εισόδους. Σε κάθε κύκλωμα DALI, μπορούν να αποθηκευτούν μέχρι 16 σεναρία φωτισμού και είναι δυνατός ο καθορισμός 16 ομάδων φωτιστικών σωμάτων (μέχρι 64 φωτιστικά σώματα, καθένα έχει τη δική του διεύθυνση).

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος για να τεθεί σε λειτουργία το σύστημα είναι ο ακόλουθος:

1. Διευθυνσιοδότηση του συστήματος (κάθε μονάδα λαμβάνει μια τυχαία διεύθυνση DALI μεταξύ 0 και 63).
2. Προσδιορισμός κάθε διεύθυνσης (ταυτοποίηση κάθε διεύθυνσης στο αντίστοιχο φωτιστικό).
3. Ομαδοποίηση των φωτιστικών σε διαφορετικές ομάδες. Μία συσκευή μπορεί να ανήκει σε αρκετές ομάδες.
4. Παραμετροποίηση σκηνής και συστήματος για κάθε ομάδα και κάθε φωτιστικό.

[4]

5.3.3 Έλεγχος φωτισμού για την διεξαγωγή δρώμενου

Κατά την πραγματοποίηση κάποιου δρώμενου στο χώρο του θεάτρου υπάρχουν τρία βασικά σενάρια:

- 1) Οι θεατές εισέρχονται ή εξέρχονται στο χώρο
- 2) Οι θεατές κάθονται στις κερκίδες
- 3) Έκτακτη απομάκρυνση των θεατών (πχ διακοπή ρεύματος)

Τα τρία αυτά σενάρια δεν καλύπτονται από τον φωτισμό ανάδειξης του θεάτρου, όπως πχ φωτισμός ασφαλείας των σκαλών και των διαδρόμων. Αυτά πρέπει να τοποθετούνται προσωρινά και να αφαιρούνται, αφού δεν είναι δυνατή η μόνιμη εγκατάστασή τους χωρίς βλάβη του μνημείου. Κατά περίπτωση μπορούν να χρησιμοποιούν ομάδες φωτιστικών στην πλήρη ή μερική τους ένταση ανάλογα με την κρίση του χειριστή φωτισμού της εκδήλωσης σε συνεργασία με τον αρμόδιο ηλεκτρολόγο που πρέπει να απασχολείται στο θέατρο για τη λειτουργία του.

Για το τρίτο σενάριο προτείνεται η σύνδεση των 9 προβολέων τύπου ΣΤ που βρίσκονται στο κοίλο με σύστημα UPS για την εξασφάλιση του απαραίτητου φωτισμού ώστε να απομακρυνθούν τυχόν επισκέπτες ασφαλώς από το χώρο του θεάτρου σε περίπτωση διακοπής της ρευματοδότησης.

5.3.4 Ηλεκτρολογική εγκατάσταση

Οι γενικές προδιαγραφές της εγκατάστασης συγκεντρώνονται στα παρακάτω:

- Η επιτρεπόμενη πτώση τάσης στα δίκτυα φωτισμού είναι 1% από υποπίνακα μέχρι φωτιστικό σημείο και 3% συνολικά από Γενικό Πίνακα Διανομής Χαμηλής τάσης (Γ.Π.Χ.Τ.) μέχρι το φωτιστικό σημείο.
- Η τροφοδοσία θα γίνει από το δίκτυο της Δ.Ε.Η.
- Ο κεντρικός Ηλεκτρικός Πίνακας θα είναι τύπου Pillar. Από το Pillar θα τροφοδοτηθούν τα κυκλώματα φωτισμού και οι λοιπές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Η είσοδος και έξοδος των καλωδίων θα γίνεται από το κάτω τμήμα ώστε να είναι ασφαλής έναντι καιρικών συνθηκών και μέσω απολύτως στεγανών στυπιοθληπτών αναλόγου διατομής.
- Για τα κυκλώματα φωτισμού χρησιμοποιείται κατά κανόνα διατομή 1,5 mm²/ 10A, εκτός εάν η απόσταση είναι μεγάλη άρα θα πρέπει να επιλεγθεί μεγαλύτερη διατομή και αντίστοιχο μέσο προστασίας.
- Για τα κυκλώματα ρευματοδοτών χρησιμοποιείται κατά κανόνα διατομή 2,5mm²/16A.
- Για την προστασία των γραμμών των κυκλωμάτων φωτισμού χρησιμοποιούνται μικροαυτόματοι τύπου L.
- Ομαδοποίηση κυκλωμάτων, remote control, αυτοματισμός, βάσει του πρωτοκόλλου DALI. Χρήση αισθητήρων (On/Off daylight sensor).
- Σενάρια ελέγχου των εγκαταστάσεων και εξοικονόμησης ενέργειας.
- Προαιρετικά μεταλλικό πλέγμα που κλειδώνει μπορεί να τοποθετηθεί και να καλυφθούν κάποια φωτιστικά για προστασία από βανδαλισμούς.
- Σε σημεία που θα χρειαστούν εκσκαφές διέλευσης καλωδιώσεων σε σημεία που υπάρχουν αντικείμενα αρχαιολογικής αξίας στο υπέδαφος, αυτές θα πρέπει να γίνονται όσο το δυνατόν πιο επιφανειακές και πάντα χειρωνακτικά.
- UV- resistant flexible σωλήνες πολυπροπυλενίου για την όδευση των καλωδίων

- Σε όλη την ηλεκτρολογική εγκατάσταση προβλέπονται επιπλέον παροχές ρεύματος (εφεδρείες) για την κάλυψη μελλοντικών αναγκών που δεν έχουν ακόμα προδιαγραφεί.
- Πρόβλεψη για in situ δοκιμές και δειγματοληψίες
- Προγραμματισμός διαδικασιών συντήρησης. Για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος φωτισμού προτείνεται ο κατάλληλος σχεδιασμός του προγράμματος συντήρησης της εγκατάστασης φωτισμού που θα περιλαμβάνει τα εξής:
 1. καθαρισμός των φωτιστικών με κατάλληλα συστατικά καθαρισμού για να μην προκληθούν καταστροφές στις επιφάνειες των φωτιστικών σωμάτων.
 2. Ομαδοποιημένη αλλαγή λαμπτήρων για να μειωθεί το λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης και να διατηρηθούν τα επίπεδα φωτισμού σταθερά κατά τις προβλεπόμενες τιμές τους. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι προτείνεται κατά την προμήθεια λαμπτήρων να προβλεφθούν επιπλέον τεμάχια για να υπάρχουν πάντα διαθέσιμοι οι κατάλληλοι λαμπτήρες με την προβλεπόμενη θερμοκρασία χρώματος και λοιπά χαρακτηριστικά που παρουσιάστηκαν παραπάνω.
 3. Επιθεώρηση για εντοπισμό φθορών, ελαττωματικού εξοπλισμού ή άλλων προβλημάτων που μπορεί να οδηγήσουν σε οπτική όχληση των ανθρώπων αλλά και σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας.

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση του αρχαίου θεάτρου για την εξυπηρέτηση του φωτισμού προτείνεται να έχει τριφασική τροφοδοσία για λόγους εξυπηρέτησης των φορτίων και ευελιξίας, ενώ χωρίζεται σε κυκλώματα τα οποία διαμορφώνονται ως εξής: το σύνολο των φορτίων μοιράζεται στις τρεις (3) φάσεις R, S, T έτσι ώστε η φόρτιση ανά φάση να είναι ομοιόμορφη. Οι διατομές των καλωδίων επιλέγονται τέτοιες ώστε πάντα να εξασφαλίζεται η πτώση τάσης σε κάθε γραμμή να είναι μικρότερη του 3%.

[4]

Η εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται στα 3951 Watt. Θεωρώντας συντελεστή ισχύος $\cos\phi=0.85$, η φαινόμενη ισχύς προκύπτει 4.648,23VA. Αναφορικά με τις γραμμές φωτισμού, προβλέπεται, για την καλύτερη συντήρηση των καλωδιώσεων και τη σωστή κατανομή των φορτίων, να δημιουργηθούν δέκα ανεξάρτητες γραμμές φωτισμού.

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
13	BEGA	77536K4	LED 20,5W	20.5 W	2173 lm	106.0 lm/W
18	BEGA	77538K4	LED 20,5W	20.5 W	2392 lm	116.7 lm/W
28	BEGA	84174K4	LED 33,2W	33.0 W	4201 lm	127.3 lm/W
2	BEGA	84441K4	LED 42,5W	42.5 W	2808 lm	66.1 lm/W
11	BEGA	84442K4	LED 42,5W	42.5 W	4603 lm	108.3 lm/W
9	BEGA	84502K4	LED 195,0W	195.0 W	19468 lm	99.8 lm/W
2	BEGA	84505K4	LED 42,0W	42.0 W	3766 lm	89.7 lm/W

Εικόνα 5-59 Πίνακας με το σύνολο των φωτιστικών, την κατανάλωσή τους και την φωτεινή ροή τους

Γραμμή	Ομάδα	Φωτιστικά	Ισχύς (W)
C1	Δ αναλημματικός 1	13 x A	431,6
C2	Δ αναλημματικός 2	2 x B, 1 x Δ, 4 x E	208
C3	B και BA αναλημματικός 1	15 x A	498
C4	B και BA αναλημματικός 2	2 x Γ, 6 x E	208
C5	Προσκήνιο	12 x Z	246
C6	Ορχήστρα	9 x E	184,5
C7	Κοίλο 1	3 x ΣΤ	585
C8	Κοίλο 2	3 x ΣΤ	585
C9	Κοίλο 3	3 x ΣΤ	585
C10	Κοίλο 4	9 x Γ	382,5

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα, ο πίνακας που θα εξυπηρετεί την εγκατάσταση θα φέρει μέσα προστασίας των γραμμών (μικροαυτόματοι) και ρευματοδότες. Θα είναι μεταλλικός στεγανός IP65, πλήρης και κατασκευασμένος και πιστοποιημένος κατά ISO 9000. Το μέγεθος του πίνακα θα είναι τέτοιο που θα επιτρέπει τη δυνατότητα μελλοντικής επέκτασής του κατά 30%. Στο ίδιο σημείο θα βρίσκεται και ο πίνακας που θα φέρει τα μέσα προστασίας για την εξυπηρέτηση των περιοδικών εκδηλώσεων.

6 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Με την παρούσα μελέτη φωτισμού παρουσιάζεται μία γενικότερη πρόταση για την αναβάθμιση του αρχαιολογικού χώρου Δωδώνης με τον φωτισμό του αρχαίου θεάτρου. Ο φωτισμός αναδεικνύει τον όγκο και την μεγαλοπρέπεια του μνημείου και δίνει την δυνατότητα στους πολίτες να το θαυμάσουν και μετά την δύση του ηλίου.

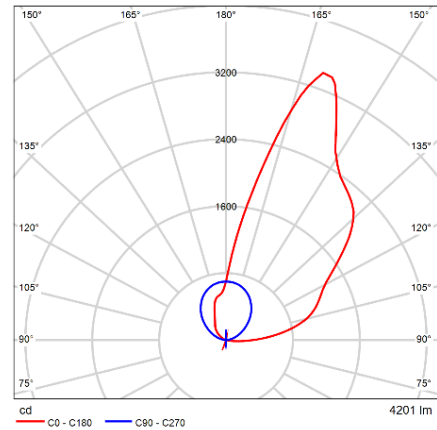
Τα φωτιστικά που προτείνονται για την υλοποίηση της μελέτης πληρούν τους αναγκαίους δείκτες προστασίας για σκόνη και υγρασία, είναι εξωτερικού χώρου και κατάλληλα για αρχιτεκτονικό φωτισμό. Δεν αλλοιώνουν την εικόνα του μνημείου, κατά τη διάρκεια της ημέρας. Παρομοίως και κατά τη διάρκεια της νύχτας, πρωταγωνιστής είναι το μνημείο και όχι τα φωτιστικά ή ο φωτισμός γενικότερα. Χρησιμοποιήθηκαν ήπιες τεχνικές φωτισμού και όχι υπερβολές καθώς η δημιουργία εντυπωσιακών εφέ δεν συνάδει με τον χαρακτήρα του χώρου ο οποίος αποτελεί πολιτιστική κληρονομιά.

Product data sheet

BEGA LED 33,2W

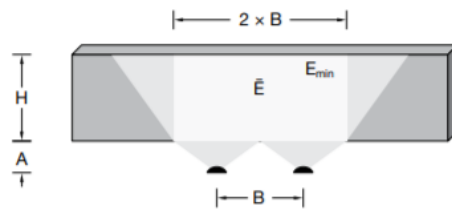


Article No.	84174K4
P	33.0 W
Φ _{Luminaire}	4201 lm
Luminous efficacy	127.3 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



Polar LDC

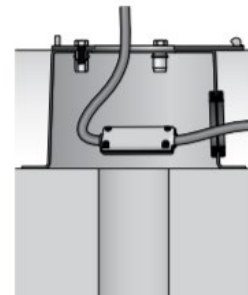
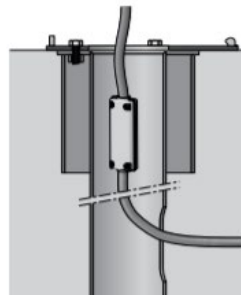
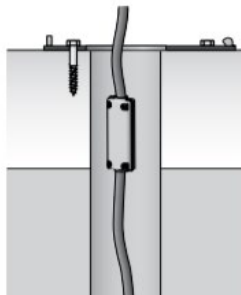
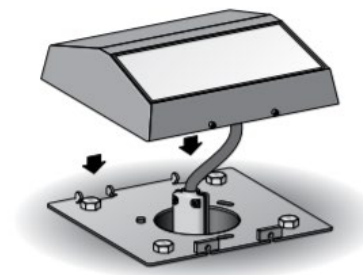
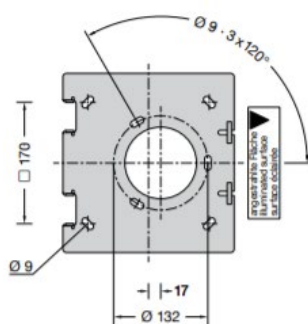
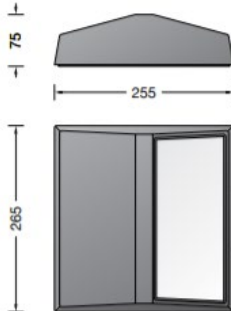
A	H	B	Ē	E _{min}
1,5 m	6 m	4,5 m	117 lx	20 lx
2 m	8 m	6 m	66 lx	11,4 lx
3 m	12 m	9 m	29 lx	5 lx



A Abstand der Leuchten zur Fassade
H Höhe der Fassade
B Abstand zwischen den Leuchten
Ē mittlere Beleuchtungsstärke auf der Fassade
E_{min} minimale Beleuchtungsstärke

A distance between luminaires and facade
H height of the facade
B distance between luminaires
Ē average illuminance on facade
E_{min} minimum illuminance

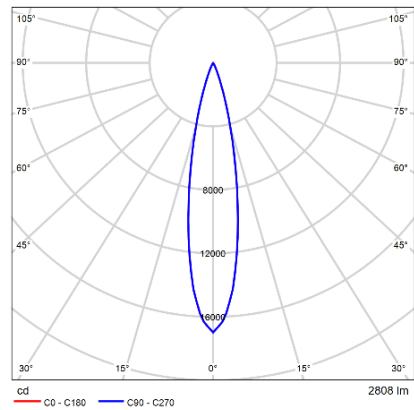
A distance entre les luminaires et la façade
H hauteur de la façade
B interdistance entre les luminaires
Ē niveau d'éclairage moyen sur la façade
E_{min} niveau d'éclairage minimal



BEGA LED 42,5W



Article No.	84441K4
P	42.5 W
$\Phi_{\text{Luminaire}}$	2808 lm
Luminous efficacy	66.1 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80

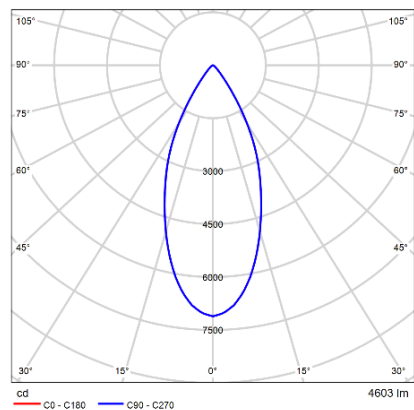


Polar LDC

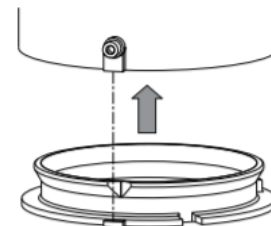
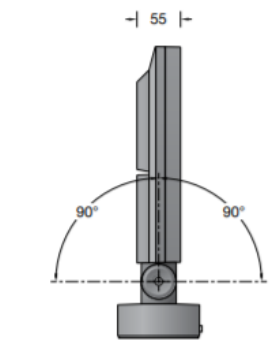
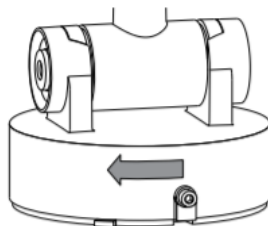
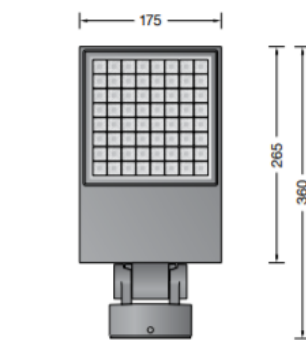
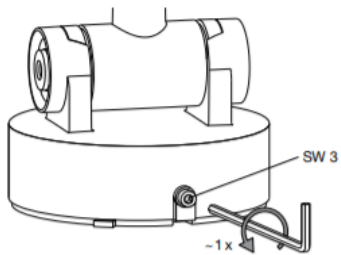
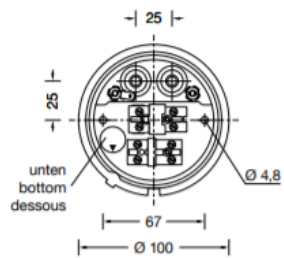
BEGA LED 42,5W



Article No.	84442K4
P	42.5 W
$\Phi_{\text{Luminaire}}$	4603 lm
Luminous efficacy	108.3 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



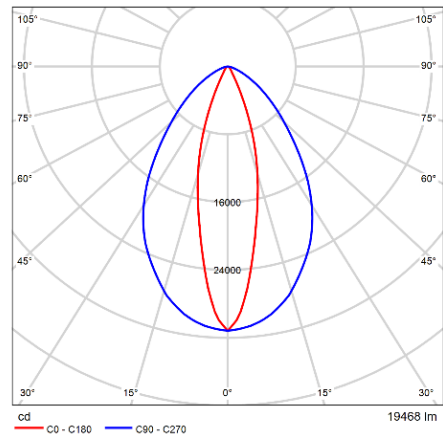
Polar LDC



BEGA LED 195,0W

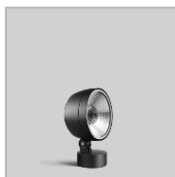


Article No.	84502K4
P	195.0 W
$\Phi_{\text{Luminaire}}$	19468 lm
Luminous efficacy	99.8 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80
Index	Rebe

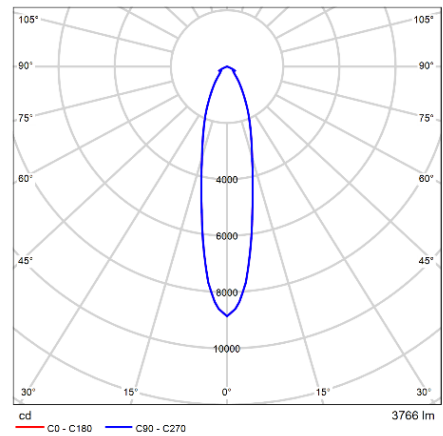


Polar LDC

BEGA LED 42,0W

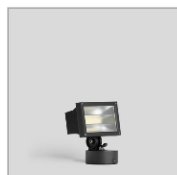


Article No.	84505K4
P	42.0 W
$\Phi_{\text{Luminaire}}$	3766 lm
Luminous efficacy	89.7 lm/W
CCT	4000 K
CRI	90

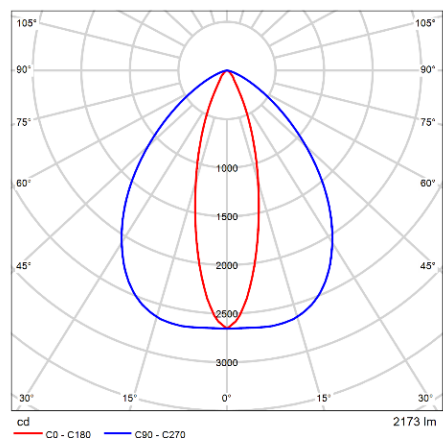


Polar LDC

BEGA LED 20,5W



Article No.	77536K4
P	20.5 W
$\Phi_{\text{Luminaire}}$	2173 lm
Luminous efficacy	106.0 lm/W
CCT	4000 K
CRI	90



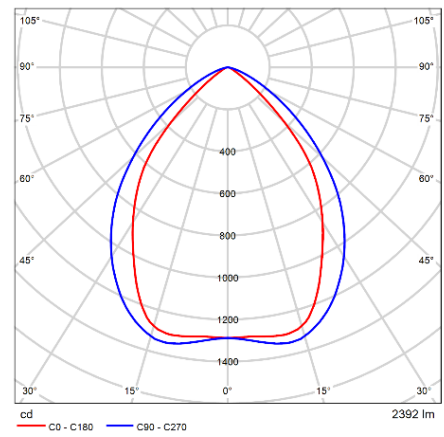
Polar LDC

BEGA LED 20,5W

BEGA



Article No.	77538K4
P	20.5 W
$\Phi_{\text{Luminaire}}$	2392 lm
Luminous efficacy	116.7 lm/W
CCT	4000 K
CRI	90



Polar LDC

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΑ, 2^η Έκδοση
Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση
2014, 2010 ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ
- [2] Lighting for Interior Design
Malcolm Innes
2012, Laurence King Publishing Ltd
- [3] Wikipedia, Φως
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%82>
- [4] Μελέτη Φωτισμού Αρχαίου Θεάτρου Θάσου
Παπακωνσταντίνου Χριστίνα Σουλτάνα
2016, Διπλωματική Εργασία ΑΠΘ, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: Προστασία Συντήρηση και Αποκατάσταση Μνημείων Πολιτισμού
- [5] Wikipedia, Ορατό Φάσμα
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9F%CF%81%CE%B1%CF%84%CF%8C_%CF%86%CE%AC%CF%83%CE%BC%CE%B1
- [6] Comprehensive Ophthalmology
A. K. Khurana
2007, 2003, 1996, New Age International (P) Ltd
- [7] Φωτισμός & Αρχιτεκτονική
Θεόδωρος Δ. Κοντορήγας
2006, ΚΤΙΡΙΟ – ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΗ ΔΟΜΗΣΗ Ε.Π.Ε.
- [8] ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΑΝΑΔΕΙΞΗΣ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ
Ιωάννης Τριπιδάκης
2011, ΕΜΠ Διδακτορική Διατριβή
- [9] Μελέτη Φωτισμού Τείχους Δυμαίων στον Άραξο Αχαΐας
Χρυσούλα Παναγοπούλου
2015, ΕΜΠ Διπλωματική Εργασία
- [10] ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ Τεχνικές Οδηγίες Κατασκευών
2011, ΚΤΙΡΙΟ ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ε.Π.Ε.
- [11] Di Salvo, Santina. (2014). Innovation in lighting for enhancing the appreciation and preservation of archaeological heritage. Journal of Cultural Heritage. 15. 209–212. 10.1016/j.culher.2013.03.001.
- [12] Φωτισμός μνημείων, Ναών και Ιστορικών κτιρίων.
Κώστας Κάπος
Άρθρο στο flashlight.gr1 (17 Οκτωβρίου 2005)
- [13] «Φωτισμός ανάδειξης κτιρίων και αστικών υπαίθριων χώρων»
Σημειώσεις του μαθήματος: Ε.Θ.. Τεχνικών εγκαταστάσεων ,
Κοντορούπης, Τριπιδάκης, Σταματοπούλου , 1998
- [14] Μελέτη Φωτισμού Λίθινης Σιδηροδρομικής Γέφυρας στο Μάναρη Αρκαδίας

Μυρτώ Μ. Κανακάκη
2006, ΕΜΠ Διπλωματική Εργασία

- [15] Η Αρχιτεκτονική του φωτός και η πόλη την νύχτα
Κοντορήγας Θεόδωρος
Greek Architects, 2009
- [16] Gianni Forcolini, Lighting, Milano, 2004, σ.457, πιν.7.5
- [17] Βασικές αρχές για τον φωτισμό μνημείων, ναών και ιστορικών κτιρίων
Κώστας Κάπος costaskapos.blogspot.gr 2008
- [18] ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΜΝΗΜΕΙΩΝ,
Κώστας Κάπος, ΤΕΕ/ΤΚΜ, 10-11 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2014
- [19] ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ (Ιούλιος 2004)
Κώστας Κάπος costaskapos.blogspot.gr 2008
- [20] ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΑΡΧΑΙΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΔΙΟΝΥΣΟΥ (Μάρτιος 2006)
Κώστας Κάπος costaskapos.blogspot.gr 2008
- [21] ΦΩΤΙΖΟΝΤΑΣ ΤΑ ΕΛΕΥΣΙΝΙΑ ΜΥΣΤΗΡΙΑ (Ιούλιος 2005)
Κώστας Κάπος costaskapos.blogspot.gr 2008
- [22] Φωτισμός αρχαιολογικού χώρου Αρχαίας Μεσσήνης
Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Γεώργιος Α. Βόκας, Μαρία Τζωρτζάκη, Γεώργιος
Στραβοδήμος, Κωνσταντίνος Α. Μπουρούσης, Λάμπρος Θ. Δούλος
ΕΜΠ
- [23] Προμελέτη φωτισμού αρχαιολογικού χώρου Αρχαίας Μεσσήνης
Εργαστήριο Φωτοτεχνίας ΕΜΠ
- [24] ΗΛΕΚΤΡΟΦΩΤΙΣΜΟΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΜΕΣΣΗΝΗΣ: ΧΟΡΗΓΙΚΟΣ ΦΑΚΕΛΟΣ
ΔΙΑΖΩΜΑ 2015
- [25] Wikipedia, Αμφιθέατρο της Νιμ
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BC%CF%86%CE%B9%CE%B8%CE%AD%CE%B1%CF%84%CF%81%CE%BF_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%9D%CE%B9%CE%BC
- [26] Arena, Nîmes
BEGA <https://www.bega.com/en/references/arena-nimes/>
- [27] Wikipedia, Αρχαίο ελληνικό θέατρο
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B1%CE%AF%CE%BF_%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%B7%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%B8%CE%AD%CE%B1%CF%84%CF%81%CE%BF
- [28] Κείμενα από το <https://www.diazoma.gr/>
Σωματείο ΔΙΑΖΩΜΑ