



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ LASER

Μεταπτυχιακή διατριβή

«Έξυπνος φωτισμός εσωτερικών και εξωτερικών χώρων με χρήση
οπτικών ινών και διόδων εκπομπής φωτός»

Σαουνάτσου Ελένη



Επιβλέπων Καθηγητής: Σταύρος Μουσταϊζής

Χανιά, 2016

Εξεταστική Επιτροπή

Σταύρος Μουσταϊζής (Επιβλέπων Καθηγητής)

Αναπληρωτής Καθηγητής
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Πολυτεχνείο Κρήτης

Αριστομένης Αντωνιάδης

Καθηγητής
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Πολυτεχνείο Κρήτης

Μαρία Μανδαλάκη

Διδάσκων ΠΔ 407
Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
Πολυτεχνείο Κρήτης



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ-ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ LASER

Έξυπνος φωτισμός εσωτερικών και εξωτερικών χώρων με χρήση
οπτικών ινών και διόδων εκπομπής φωτός.

Εργασία για την απόκτηση μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης



Σαουνάτσου Ελένη

Εξεταστική Επιτροπή
Σ. Μουσταϊζής (Επιβλέπων), Α. Αντωνιάδης, Μ. Μανδαλάκη

Χανιά, 2016

Η παρούσα εργασία αφιερώνεται
στην οικογένειά μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Μουσταϊζή Σταύρο για την πολύτιμη καθοδήγησή του, τις σημαντικές συμβουλές του αλλά και για την ευχάριστη και εποικοδομητική συνεργασία που είχα μαζί του καθ' όλη την περίοδο εκπόνησης της διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την κ. Μανδαλάκη Μαρία, καθηγήτρια της Αρχιτεκτονικής Σχολής, για την καθοδήγηση και τις συμβουλές της στο κομμάτι του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού της διατριβής, καθώς και τον κ. Αντωνιάδη Αριστομένη, καθηγητή της σχολής ΜΠΔ για το χρόνο που αφιέρωσε στην ανάγνωση του κειμένου και για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βαζάκα Αλέξανδρο, καθηγητή της Αρχιτεκτονικής Σχολής, για τη συνεισφορά του στο σχεδιασμό της μακέτας και για την ευγενική παραχώρηση χρήσης του Εργαστηρίου Αρχιτεκτονικών Προπλασμάτων και Τεχνολογικών Εφαρμογών καθώς και τον κ. Δουλαβεράκη Χαράλαμπο, επιστημονικό συνεργάτη του παραπάνω εργαστηρίου, για τη βοήθεια του στην κοπή της μακέτας.

Τέλος, θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τους φίλους μου Κοντογιάννη Παναγιώτη και Μαραγκουδάκη Ιωάννη για την βοήθεια, στήριξη και συμπαράσταση τους κατά την διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι να παρουσιάσει αναλυτικά έξυπνα συστήματα φωτισμού με χρήση οπτικών ινών και πηγών φωτισμού LED, τις ιδιότητες και τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά τους καθώς και τις εφαρμογές που έχουν στο φωτισμό μεγάλων κτηρίων και ειδικών κατασκευών.

Επιπλέον, να εξερευνήσει τη δυνατότητα εφαρμογής των σύγχρονων τεχνολογιών με χρήση οπτικών ινών και πηγών φωτισμού τύπου LED για τον αποδοτικό φωτισμό απλών κατοικιών, με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας και ελαχιστοποίηση κόστους.

Για το σκοπό αυτό, προχωρήσαμε στον σχεδιασμό και στην κατασκευή μακέτας απλής κατοικίας καθώς και στην εγκατάσταση συστήματος φωτισμού με χρήση οπτικών ινών και πηγών φωτισμού LED στους εσωτερικούς και τους εξωτερικούς χώρους (πισίνα, κήπος, γκαράζ) της κατοικίας. Επίσης, αναπτύξαμε μια μεθοδολογία κατασκευής συστήματος φωτισμού σε μακέτα που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τη μελέτη φωτισμού όλων των χώρων της κατοικίας, την αναγωγή των τιμών στην κλίμακα της μακέτας, τον υπολογισμό και την επιλογή του αριθμού και του τύπου των πηγών φωτισμού και των δεσμών οπτικών ινών που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και του τρόπου εγκατάστασης και κατανομής των οπτικών ινών στην κατασκευή.

Για την τοποθέτηση των συστημάτων φωτισμού στη μακέτα υλοποιήθηκαν κατασκευαστικές καινοτομίες όπως για π.χ. η κατασκευή μακέτας με συναρμολογούμενα κομμάτια, η διπλή τοιχοποιία, η χρήση βοηθητικών στηριγμάτων μεταξύ της τοιχοποιίας, η κατακόρυφη τοποθέτηση των πηγών ρεύματος για την ελαχιστοποίηση των «δυνάμεων» που ασκούν οι δέσμες οπτικών ινών πάνω στην κατασκευή, η ειδική κατασκευή σύνδεσης των πηγών φωτισμού με τις δέσμες οπτικών ινών για μέγιστη απόδοση μεταφοράς φωτισμού κ.α.

Στη μακέτα που υλοποιήθηκε, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί τύποι πηγών φωτισμού και διαφορετικοί τύποι οπτικών ινών, έγινε αναλυτική καταγραφή και κωδικοποίηση των στοιχείων κάθε συστατικού της κατασκευής ενώ παρέχεται η δυνατότητα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης των πηγών φωτισμού και ο έλεγχος της ισχύος τους μέσω ροοστατών.

Το συνολικό αποτέλεσμα φωτισμού κρίνεται ιδιαίτερα πρωτότυπο και εντυπωσιακό, κάτι το οποίο αποδεικνύεται και στις τελικές εικόνες της κατασκευής. Επιπλέον, με βάση τα δεδομένα φωτισμού της μακέτας μπορούμε να υπολογίσουμε αναλογικά την μέγιστη απαιτούμενη ισχύ στους εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους του πραγματικού κτηρίου.

Έτσι, η μακέτα παρέχει την απαραίτητη ευελιξία για να χρησιμοποιηθεί ως βοηθητικό εργαλείο για τη μελέτη εφαρμογής του φωτός οπτικών ινών σε κατοικία αλλά και να αποτελέσει οδηγό για κάποιον αρχιτέκτονα μηχανικό που θα θελήσει να κάνει μελέτη φωτισμού κτηρίου ή να κατασκευάσει εγκατάσταση φωτισμού στις δικές του μακέτες.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	17
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
1.1 ΣΤΟΧΟΣ – ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ	17
1.2 ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ	19
1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	21
ΦΩΣ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑΤΑ	21
2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΦΩΤΙΣΜΟ	21
2.2 Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	22
2.3 ΧΡΩΜΑΤΑ	23
2.4 ΘΕΩΡΙΑ ΧΡΩΜΑΤΩΝ	24
2.4.1 ΧΡΩΜΑΤΙΚΟΣ ΤΡΟΧΟΣ	25
2.4.2 ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΙ ΧΡΩΜΑΤΩΝ	27
2.5 ΧΡΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	33
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ	33
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	33
3.2 ΒΑΣΙΚΗ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ	33
3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ	36
3.3.1 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ HAMAWARI	36
3.3.2 ΥΒΡΙΔΙΚΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ HSL 3000	38
3.3 ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ	40
3.3.1 ΦΩΤΕΙΝΗ ΠΗΓΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ (ILLUMINATOR)	40
3.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ	41
3.3.3 ΤΕΡΜΑΤΙΚΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ (FIBER OPTICS FIXTURES)	44
3.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	47
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ	47
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	47
4.2 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ	47
4.3 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ	51

4.4 ΠΡΟΘΗΚΕΣ ΜΟΥΣΕΙΩΝ	54
4.5 ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	55
4.5.1 Ο ΠΥΡΓΟΣ ΤΗΣ ΤΑΪΒΑΝ	55
4.5.2 Η ΑΝΑΣΤΡΑΜΜΕΝΗ ΠΥΡΑΜΙΔΑ ΣΤΟ ΜΕΞΙΚΟ	57
4.5.3 Ο ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΣ «ΠΡΑΣΙΝΟΣ» ΟΥΡΑΝΟΞΥΣΤΗΣ ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΥΟΡΚΗΣ ΣΤΟ ΜΑΝΧΑΤΑΝ	58
4.5.4 ΠΕΡΙΠΤΕΡΟ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΤΗΝ 11 ^η ΕΚΘΕΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΒΕΝΕΤΙΑ	60
4.5.5 Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΗΣ FERRARI ΣΤΟ ΑΜΠΟΥ ΝΤΑΜΠΙ	61
4.5.6 ΠΕΡΙΠΤΕΡΟ ΗΝΩΜΕΝΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΕΧΡΟ 2010 ΣΑΓΚΑΗ	61
4.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	65
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	65
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	65
5.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	65
5.3 ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	80
5.3.1 ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ	80
5.3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	87
ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΑΚΕΤΑΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	87
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	87
6.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΜΑΚΕΤΑΣ	87
6.3 ΕΙΔΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	88
6.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΩΝ LED ΚΑΙ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΩΝ	89
6.5 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ ΜΑΚΕΤΑΣ	92
6.6 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΑΚΕΤΑΣ	97
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	109
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	109
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	111
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ	111
8.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2	111
8.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 3	114
8.3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 4	115

8.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 5	118
8.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 6	118
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	119

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνες 2.1-2.2: Η ανακάλυψη της φωτιάς από τον προϊστορικό άνθρωπο [21,22]	21
Εικόνες 2.3 -2.4 -2.5: Η ανακάλυψη του λαμπτήρα πυρακτώσεως από τον Tomas Edison και τον Josef Swan καθώς και οι τύποι των λαμπτήρων που κατασκεύασαν [23,24,25]	22
Εικόνες 2.6 -2.7-2.8: Ο Ισαάκ Νεύτωνας, ο Κρίστιαν Χόουχενς και ο Τόμας Γιανγκ οι οποίοι ασχολήθηκαν με την φύση του φωτός [26,27,28].....	22
Πίνακας 2.1: Τα χρώματα του ορατού φάσματος, τα μήκη κύματος και οι αντίστοιχες συχνότητες [3].....	24
Εικόνες 2.9 -2.10: Τα βασικά χρώματα του χρωματικού Τροχού.[5] Η δημιουργία των δευτεροβάθμιων χρωμάτων από τα βασικά χρώματα.....	25
Εικόνες 2.11 -2.12: Τα δευτεροβάθμια χρώματα και τα τριτοβάθμια χρώματα [5].....	26
Εικόνες 2.13 -2.14: Τα καθαρά χρώματα στην κεντρική ζώνη του χρωματικού τροχού και ο πλήρης χρωματικός τροχός.....	26
Εικόνες 2.15 - 2.16: Τα θερμά και τα ψυχρά χρώματα στον χρωματικό τροχό – Τα ουδέτερα χρώματα του χρωματικού τροχού. [29,31]	27
Εικόνα 2.17: Επιλογή κόκκινου χρώματος από τον χρωματικό τροχό – Μονοχρωματικός συνδυασμός του κόκκινου χρώματος. [29,30].....	27
Εικόνα 2.18: Επιλογή αναλογικών χρωμάτων από τον χρωματικό τροχό [32]	28
Εικόνα 2.19: Επιλογή συμπληρωματικών χρωμάτων από τον χρωματικό τροχό [30].....	28
Εικόνα 2.20: Επιλογή διαχωρισμένων συμπληρωματικών χρωμάτων από τον χρωματικό τροχό [30]	29
Εικόνα 2.21: Επιλογή διπλών συμπληρωματικών χρωμάτων από τον χρωματικό τροχό [30].....	29
Εικόνα 2.22: Επιλογή τριαδικών χρωμάτων από τον χρωματικό τροχό [30]	30
Εικόνες 2.23 - 2.24: Ξενοδοχείο στο Αμπού Ντάμπι Ε.Α.Ε. και το πλανητάριο του κέντρου επιστήμης της Βαλένθια [12,13]	30
Εικόνες 2.25 - 2.26: Το Κολοσσαίο και η γέφυρα και το κάστρο των αγγέλων στην Ρώμη, Ιταλία [18,19].....	31
Εικόνες 2.27 -2.28: Το λιμάνι και η όπερα του Σύδνεϋ και οι καταρατές του Νιαγάρα, τα οποία φωταγωγήθηκαν με ροζ χρώμα, στο πλαίσιο της εκστρατεία κατά του καρκίνου του μαστού. [16,17].....	32
Εικόνα 2.29: Πενταόροφο εστιατόριο στο Λονδίνο στο οποίο το σύστημα φωτισμού οπτικών ινών αλλάζει χρώμα ανάλογα με την εκδήλωση που πραγματοποιείται [20]	32
Εικόνα 3.1: Προσπίπτουσα, Ανακλώμενη και Διαθλώμενη Ακτίνα	34
Εικόνα 3.2: Φαινόμενο ολικής ανάκλασής του φωτός	35
Εικόνα 3.3: Ολική ανάκλασή του φωτός μέσα στην οπτική ίνα	35
Εικόνα 3.4: Παρακολούθηση ηλίου κατά την διάρκεια της ημέρας στο σύστημα Hamawari...	36

Εικόνα 3.5: Τύποι ηλιακών συστημάτων φωτισμού Hamawari (α) XF-160S/198 AS (β) XF-110S/90AS (γ) XD-100S/36AS και (δ) XD-50S/12AS	37
Εικόνα 3.6: Το καλώδιο οπτικών ινών που χρησιμοποιείται στο σύστημα Hamawari	37
Εικόνα 3.7: Τερματικά συστήματα φωτισμού στο σύστημα Hamawari	38
Εικόνες 3.8, 3.9: Χρήση του συστήματος Hamawari σε οικιακό περιβάλλον και πολλαπλοί συλλέκτες Hamawari στην οροφή κτηρίου.	38
Εικόνα 3.10: Υβριδικός ηλιακός φωτισμός HSL 3000	39
Εικόνες 3.11, 3.12: Σύστημα φωτισμού και τρόπος εγκατάστασης του στην κατασκευή [7]...	40
Εικόνα: 3.14 Φωτεινή πηγή τροφοδοσίας [8]	41
Εικόνα: 3.15 Οπτικές ίνες σημειακού φωτισμού	41
Εικόνα: 3.16 Οπτικές ίνες πλάγιου φωτισμού	42
Εικόνα 3.17: Συμπαγής, Μονές και Περιπλεγμένες οπτικές ίνες.....	43
Εικόνα 3.18: Υάλινες οπτικές ίνες και οπτικές ίνες side-glow με διαφανές και χρωματιστό περίβλημα από PVC [15].....	44
Εικόνα 3.19: Τερματικά φωτιστικά διαφόρων ειδών [9,10,14].....	45
Εικόνες 4.1-4.2-4.3-4.4-4.5: Τερματικά φωτιστικά σώματα οπτικών ινών [15,16,17,18]	48
Εικόνες 4.6-4.7-4.8: Έναστρος ουρανός [19,23]	48
Εικόνες 4.9-4.10-4.11-4.12: Κουρτίνες οπτικών ινών [13,15,20,21]	49
Εικόνες 4.13 -4.14 -4.15: Χρήση οπτικών ινών στο χώρο του μπάνιου [15,25].....	49
Εικόνες 4.16 -4.17- 4.18 - 4.19: Επιπλέον εφαρμογές οπτικών ινών σε δάπεδο, σκάλες, τοίχους και υπνοδωμάτιο [22,23,24].....	50
Εικόνες 4.20-4.21: Φωτισμός οδικού δικτύου και φωτισμός δρόμων στις πόλεις [6,7].....	51
Εικόνες 4.22 - 4.23: Φωτισμός εξωτερικών χώρων με συστήματα οπτικών ινών [13].....	52
Εικόνες 4.24-4.25-4.26: Ο εξωτερικός τοίχος με φωτισμό οπτικών ινών του θαυμάσιου Μουσουλμανικού τεμένους στο Άμπου Ντάμπι και φωτισμός περιγράμματος πάρκου [8,15] 52	
Εικόνες 4.27-4.28-4.29-4.30: Φωτισμός κήπων, δαπέδων και εξωτερικής σκάλας μέσω των συστημάτων οπτικών ινών [9,10,33,34]	53
Εικόνες 4.31-4.32-4.33-4.34-4.35: Φωτισμός πισίνων μέσω των συστημάτων οπτικών ινών [11,12].....	53
Εικόνες 4.36-4.37-4.38: Χρήση οπτικών ινών σε προθήκες μουσείων [1].....	54
Εικόνα 4.39: Φωτισμός προθηκών στο μουσείο Ηρακλειδών στην Αθήνα [2]	55
Εικόνες 4.40-4.41-4.42: Ο πύργος της Ταϊβάν [27].....	56
Εικόνα 4.43: Το σχέδιο του ανελκυστήρα σε σχήμα φύλλου [27]	56
Εικόνα 4.44: Σχέδιο του πύργου της Ταϊβάν [27]	57

Εικόνες 4.45-4.46-4.47: Τόπος κατασκευής και σχέδιο αναστημένης πυραμίδας [31]	58
Εικόνες 4.48-4.49-4.50: Ο «πράσινος» ουρανοξύστης της Νέας Υόρκης [29].....	59
Εικόνα 4.51:Το σχέδιο ενσωμάτωσης των οπτικών ινών στην δομή του κτιρίου [29].....	59
Εικόνα 4.52-4.53-4.54: Φωτισμός του Ελληνικού περιπτερού στην 11 ^η έκθεση Αρχιτεκτονικής της Βενετίας [26]	60
Εικόνες 4.55-4.57-4.58: Speed of magic, Driving dream. Στον περιμετρικό χώρο γύρω από την οθόνη και την οροφή υπάρχουν συστήματα φωτισμού οπτικών ινών.	61
Εικόνα 4.56: Made in maranello, Ferrari factory tour ride. Σχεδιασμός της Ferrari με οπτικές ίνες	61
Εικόνες 4.59-4.60: Περίπτερο του Ηνωμένου Βασιλείου και Εσωτερικός χώρος	62
Εικόνες 4.61-4.62: Το κτήριο κατά την διάρκεια της κατασκευής του και η είσοδος του	62
Εικόνες 4.63-4.64: Σπόροι διαφόρων φυτών της παγκόσμιας χλωρίδας στο εσωτερικό των οπτικών ινών και εσωτερικός χώρος του κτηρίου	63
Εικόνες 4.65-4.66: Εσωτερικός χώρος του περιπτερού και φωτισμός κατασκευής το βράδυ	64
Εικόνες 4.67-4.68-4.69: Περιβάλλοντας χώρος της κατασκευής, φωτισμός και εσωτερικός χώρος	64
Εικόνα 5.1: Κάτοψη οικοπέδου.....	66
Εικόνα 5.2: Πρόσοψη κτηρίου	67
Εικόνα 5.3: Ανατολική όψη κτηρίου	67
Εικόνα 5.4: Δυτική όψη κτηρίου.....	68
Εικόνα 5.5: Νότια όψη κτηρίου	68
Εικόνα 5.6: Κάτοψη εισόδου γκαράζ	69
Εικόνα 5.7: Κάτοψη γκαράζ.....	69
Εικόνα 5.8: Κάτοψη ισογείου	70
Εικόνα 5.9: Κάτοψη μπάνιου-κουζίνας ισογείου.....	70
Εικόνα 5.10: Κάτοψη μπάνιου ισογείου.....	71
Εικόνα 5.11: Κάτοψη κουζίνας ισογείου	71
Εικόνα 5.12: Κάτοψη Α ορόφου	72
Εικόνα 5.13: Κάτοψη μπάνιου Α ορόφου	72
Εικόνα 5.14: Κάτοψη υπνοδωματίου Α ορόφου.....	73
Εικόνα 5.15: Κάτοψη παιδικού υπνοδωματίου Α ορόφου.....	73
Εικόνα 5.16: Διαμόρφωση εσωτερικών χώρων ισογείου (καθιστικό, κουζίνα και μπάνιο).....	74
Εικόνα 5.17: Διαμόρφωση εσωτερικών χώρων Α ορόφου (ενιαίος χώρος, χώρος βιβλιοθήκης, μπάνιο και υπνοδωμάτια)	75

Εικόνα 5.18: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση βόρειο - ανατολικής όψης	76
Εικόνα 5.19: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση βόρειο - δυτικής όψης	76
Εικόνα 5.20: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση νοτιο-δυτικής όψης.....	77
Εικόνα 5.21: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση ισογείου.....	77
Εικόνα 5.22: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση κουζίνας ισογείου	78
Εικόνα 5.23: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση κρεβατοκάμαρας Α ορόφου	78
Εικόνα 5.24: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση παιδικής κρεβατοκάμαρας Α ορόφου	79
Εικόνα 5.25: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση μπάνιου Α ορόφου	79
Εικόνα 5.26: Σχηματική αναπαράσταση για την φωτεινή ένταση πηγής «I».....	81
Εικόνα 5.27: Σχηματική αναπαράσταση για τον υπολογισμό της λαμπρότητας	81
Πίνακας 5.1: Ενδεικτικές τιμές εντάσεως φωτισμού [4]	83
Πίνακας 5.2: Θεωρητικός υπολογισμός φωτεινής ροής Φ στους εσωτερικούς χώρους.	84
Πίνακας 5.3: Θεωρητικός υπολογισμός φωτεινής ροής Φ στους εξωτερικούς χώρους.....	85
Πίνακας 5.4: Οι απαιτήσεις φωτισμού ανάλογα με την ηλικία σε χώρο 10 m ² [5]	85
Εικόνες 6.1: Άποψη της μακέτας με φωτισμό.....	87
Εικόνες 6.2-6.9: Υλικά για την κατασκευή της μακέτας (Κόντρα πλακέ 4mm, Μπάλα 2mm, Mdf 4mm, Διάφανο πλέξιγκλας 3mm, Διάφανο πλέξιγκλας 2mm, φύλλο αλουμινίου, Μπλε μεμβράνη, Ημιδιάφανη μεμβράνη)	88
Εικόνες 6.10-6.12: Οπτικές ίνες σημειακού φωτισμού, δεσμίδα οπτικών ινών πλάγιου φωτισμού και οπτικές ίνες side-glow	89
Εικόνα 6.13–6.14: Λυχνίες LED 3W της εταιρίας Epistar και 2.5W της εταιρίας Osram	90
Πίνακας 6.1: Τεχνικά Χαρακτηριστικά λυχνιών LED	90
Πίνακας 6.2: Θεωρητικός υπολογισμός φωτεινής ροής στην κλίμακα 1:50	91
Πίνακας 6.3: Θεωρητικός υπολογισμός του αριθμού των λυχνιών LED για την κατασκευή της μακέτας	91
Πίνακας 6.4: Αριθμός λυχνιών LED ανά χώρο	92
Πίνακας 6.5: Κατανομή οπτικών ινών εσωτερικών χώρων	93
Πίνακας 6.6: Κατανομή οπτικών ινών εξωτερικών χώρων.....	94
Εικόνα 6.15: Κατανομή οπτικών ινών ισογείου.	95
Εικόνα 6.17: Κατανομή οπτικών ινών γκαράζ και φωτιζόμενου τοίχου ισογείου.	96
Εικόνα 6.18: Κατανομή οπτικών ινών α ορόφου.....	97
Εικόνα 6.19: Συναρμολογούμενα κομμάτια μακέτας	98
Εικόνα 6.20-6.21: Καθαρισμός κομματιών μακέτας κατά την διάρκεια κατασκευής.	98

Εικόνα 6.22-6.29: Φάσεις κατασκευής πηγών LED και σύνδεσης δεσμών οπτικών ινών	100
Εικόνα 6.30-6.35: Τοποθέτηση οπτικών ινών για φωτισμό εξωτερικών χώρων (κήπος, πισίνα, γκαράζ)	101
Εικόνα 6.36-6.37: Κατακόρυφη τοποθέτηση πηγών φωτισμού LED στο κάτω μέρος της μακέτας	102
Εικόνα 6.38-6.39: Εσωτερικά στηρίγματα στη μετέπειτα κατασκευή της μακέτας	102
Εικόνα 6.40: Σχεδίαση ηλεκτρικού κυκλώματος τροφοδοσίας πηγών LED	103
Εικόνα 6.41-6.42: Υλοποίηση ηλεκτρικού κυκλώματος τροφοδοσίας πηγών LED	103
Εικόνα 6.43-6.46: Τοποθέτηση οπτικών ινών ισογείου	104
Εικόνα 6.47-6.50: Έλεγχος φωτισμού ισογείου	105
Εικόνα 6.51-6.54: Τοποθέτηση οπτικών ινών Α ορόφου	105
Εικόνα 6.55-6.58: Έλεγχος φωτισμού Α ορόφου	106
Εικόνα 6.59-6.62: Έλεγχος φωτισμού εξωτερικών χώρων	107
Πίνακας 7.1: Απαιτούμενη ισχύς στους εσωτερικούς χώρους	109
Πίνακας 7.2: Απαιτούμενη ισχύς στους εξωτερικούς χώρους	110

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες για φωτισμό σε δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους, έχουν οδηγήσει στην αλματώδη ανάπτυξη νέων συστημάτων φωτισμού. Η εξέλιξη και ανάπτυξη των συστημάτων αυτών, βρίσκεται σε εκπληκτικά δυναμική τροχιά, με την εκμετάλλευση όλο και πιο προηγμένων τεχνολογιών, νέων οπτικών συστημάτων και υλικών, ενώ ταυτόχρονα δίνεται ιδιαίτερη έμφαση και προσοχή σε θέματα διακόσμησης, ποιότητας, ασφάλειας, κατανάλωσης και φυσικά κόστους.

Ιδιαίτερη θέση στα μοντέρνα μέσα φωτισμού έχουν οι τεχνολογίες LED και οπτικών ινών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή και μεταφορά φωτός αντίστοιχα, και παρουσιάζουν πάρα πολλές εφαρμογές, κυρίως για φωτισμό μεγάλων κτηρίων (εμπορικά κέντρα, ουρανοξύστες) και ειδικών κατασκευών (γέφυρες, μουσεία, αρχαιολογικοί χώροι).

Η ευρεία αποδοχή τους ακόμα και από τους πιο απαιτητικούς μελετητές φωτισμού και αρχιτέκτονες δεν είναι τυχαία, αφού τα βασικά πλεονεκτήματα της τεχνολογίας αυτής, προσφέρουν αποδεδειγμένα νέες ευκαιρίες για ποιοτικότερες και αποτελεσματικότερες λύσεις φωτισμού.

1.1 ΣΤΟΧΟΣ – ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι να παρουσιάσει αναλυτικά έξυπνα συστήματα φωτισμού με χρήση οπτικών ινών, τις ιδιότητες και τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά τους καθώς και τις εφαρμογές που έχουν στο φωτισμό μεγάλων κτηρίων και ειδικών κατασκευών. Επιπλέον, να εξερευνήσει τη δυνατότητα εφαρμογής των σύγχρονων τεχνολογιών με χρήση οπτικών ινών και πηγών φωτισμού τύπου LED για τον αποδοτικό φωτισμό απλών κατοικιών, με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας και ελαχιστοποίηση κόστους.

Για να γίνει αυτό, προχωρήσαμε στον σχεδιασμό και στην κατασκευή μακέτας απλής κατοικίας και στην εγκατάσταση συστήματος φωτισμού με χρήση οπτικών ινών και πηγών φωτισμού LED στους εσωτερικούς (ισόγειο, καθιστικό, κουζίνα, μπάνιο, α όροφος, κρεβατοκάμαρες, μπάνιο) και τους εξωτερικούς χώρους (πισίνα, κήπος, γκαράζ) της κατοικίας. Στα πλαίσια αυτά, αναπτύξαμε μια μεθοδολογία κατασκευής συστήματος φωτισμού σε μακέτα, που περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

α) Την κατάλληλη επιλογή κατοικίας στην οποία θα υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης οπτικών ινών και θα διαθέτει ποικιλία χώρων. Για τον σκοπό αυτό, επιλέξαμε μια κατοικία με περιβάλλοντα εξωτερικό χώρο, ο οποίος

περιλαμβάνει πισίνα, γκαράζ και κήπο. Πρόκειται για μια παραθεριστική κατοικία τεσσάρων ατόμων σε θεωρητικό οικόπεδο χωρίς κλίση.

β) Τη μελέτη των επιπέδων φωτισμού (φωτεινή ροή) για τους εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους του κτηρίου με χρήση φωτομετρικών μεγεθών, λαμβάνοντας υπόψη κάποια ειδικά κριτήρια (π.χ. ανάγκες φωτός ανά ηλικία) και προβλέποντας πιθανές απώλειες στη μεταφορά φωτισμού.

γ) Την αναγωγή των τιμών του απαιτούμενου φωτισμού στην κλίμακα της μακέτας.

δ) Την επιλογή του αριθμού και του τύπου των πηγών φωτισμού για τον αποδοτικό φωτισμό κάθε χώρου της μακέτας. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν λυχνίες LED τεχνολογίας COB που επιτυγχάνουν μεγάλο βαθμό απόδοσης φωτισμού σε μικρότερη ισχύς ρεύματος.

ε) Την επιλογή του τύπου, του αριθμού και του μεγέθους των δεσμών των οπτικών ινών που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και του τρόπου τοποθέτησής και κατανομής τους για τη μεταφορά ικανοποιητικών επιπέδων φωτισμού σε κάθε χώρο της μακέτας.

Για την τοποθέτηση των συστημάτων φωτισμού στη μακέτα υλοποιήθηκαν κατασκευαστικές καινοτομίες όπως για π.χ. η κατασκευή μακέτας με συναρμολογούμενα και αποσπώμενα κομμάτια, η διπλή τοιχοποιία για να περάσουν οι δέσμες των οπτικών ινών, η κατασκευή πρόσοψης από γυαλί ώστε να είναι άμεσα ορατός ο φωτισμός των εσωτερικών χώρων χωρίς την αφαίρεση οποιουδήποτε τμήματος, η χρήση βοηθητικών στηριγμάτων μεταξύ της τοιχοποιίας και η κατακόρυφη τοποθέτηση των πηγών ρεύματος για την ελαχιστοποίηση των «δυνάμεων» που ασκούν οι δέσμες οπτικών ινών πάνω στην κατασκευή, η ειδική κατασκευή σύνδεσης των πηγών φωτισμού με τις δέσμες οπτικών ινών για μέγιστη απόδοση μεταφοράς φωτισμού κ.α.

Στη μακέτα που υλοποιήθηκε, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί τύποι πηγών φωτισμού και διαφορετικοί τύποι οπτικών ινών, έγινε αναλυτική καταγραφή και κωδικοποίηση των στοιχείων (ισχύς, τύπος, αριθμός, μήκος κ.λπ.) κάθε συστατικού της κατασκευής (πηγές φωτισμού LED, δέσμες οπτικών ινών, καλωδίωση) ενώ παρέχεται η δυνατότητα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης των πηγών φωτισμού και ο έλεγχος της ισχύος τους μέσω ροοστατών.

Το συνολικό αποτέλεσμα φωτισμού κρίνεται ιδιαίτερα πρωτότυπο και εντυπωσιακό, κάτι το οποίο αποδεικνύεται και στις τελικές εικόνες της κατασκευής. Επιπλέον, με βάση τα δεδομένα φωτισμού της μακέτας μπορούμε να υπολογίσουμε αναλογικά την μέγιστη απαιτούμενη ισχύ (σε watt) στους εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους του πραγματικού κτηρίου.

Έτσι, η μακέτα παρέχει την απαραίτητη ευελιξία ώστε να χρησιμοποιηθεί ως βοηθητικό εργαλείο για τη μελέτη εφαρμογής του φωτός οπτικών ινών σε κατοικία αλλά και να αποτελέσει οδηγό για κάποιον αρχιτέκτονα μηχανικό που θα θελήσει να κάνει μελέτη φωτισμού κτηρίου ή να κατασκευάσει εγκατάσταση φωτισμού στις δικές του μακέτες.

1.2 ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ

Η αναγκαιότητα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι άμεσα συνυφασμένη με τα πλεονεκτήματα χρήσης των οπτικών ινών στο φωτισμό μιας κατοικίας που είναι:

- ο αποδοτικός φωτισμός με ταυτόχρονη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας και χρήση πηγών φωτισμού χαμηλότερης ισχύος,
- η δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού,
- το καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα, η άριστη χρωματική απόδοση, η δυνατότητα εναλλαγής χρωμάτων και η δημιουργία οπτικών εφέ, η δυνατότητα διαμελισμού μιας φωτεινής πηγής σε μεγάλο αριθμό φωτεινών σημείων και η δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης φωτισμού,
- τα χαμηλό κόστος κατασκευής, εγκατάστασης και λειτουργίας, σε συνδυασμό με την εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής,
- η απουσία ηλεκτρικού ρεύματος, υπερϊώδους και υπέρυθρης ακτινοβολία, που καθιστά το φωτισμό απόλυτα ασφαλής ακόμα και όταν έρθουν οι οπτικές ίνες σε επαφή με νερό, γκάζι, εύφλεκτα υλικά,
- η δυνατότητα ενσωμάτωσης της οπτικής ίνας σε δομικά υλικά με την ελάχιστη δυνατή μορφολογική παρέμβαση.

1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η δομή της μεταπτυχιακής διατριβής περιλαμβάνει 8 κεφάλαια, τα οποία έχουν ως εξής:

Στο κεφάλαιο 1 περιγράψαμε ήδη την αναγκαιότητα, τους στόχους και τη συνεισφορά της διατριβής.

Το κεφάλαιο 2 περιλαμβάνει κάποιες εισαγωγικές έννοιες για το φως και τα χρώματα. Αρχικά, γίνεται μια ιστορική αναδρομή στην ιστορία του φωτισμού και περιγράφονται οι σύγχρονες απόψεις για την φύση του φωτός. Επιπλέον, αναλύεται η θεωρία χρωμάτων καθώς και ο σημαντικός ρόλος των χρωμάτων στο φωτισμό των κτιρίων.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μια εισαγωγή στις οπτικές ίνες και παρουσιάζεται η βασική αρχή λειτουργίας τους. Έπειτα, περιγράφονται αναλυτικά τα συστήματα φυσικού και τεχνητού φωτισμού μέσω οπτικών ινών καθώς τα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν έναντι των συμβατικών μεθόδων φωτισμού.

Το κεφάλαιο 4 παρουσιάζει αναλυτικά εφαρμογές των συστημάτων φωτισμού μέσω οπτικών ινών. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στον εσωτερικό και εξωτερικό φωτισμό των κτιρίων καθώς και στο φωτισμό προθηκών μουσείων. Έπειτα παρουσιάζονται συγκεκριμένες εφαρμογές των συστημάτων σε κάποια κτίρια και κατασκευές που πραγματικά εντυπωσιάζουν.

Το κεφάλαιο 5 περιλαμβάνει αναλυτικά το σχεδιασμό της κατοικίας, τον υπολογισμό των επιπέδων φωτισμού και τα σχέδια για την κατασκευή της μακέτας.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζεται αναλυτικά η κατασκευή της μακέτας, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, οι οπτικές ίνες, ο τρόπος ενσωμάτωσης τους στην κατασκευή και φυσικά το τελικό αποτέλεσμα φωτισμού της μακέτας.

Τέλος, στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι μελλοντικές επεκτάσεις της διατριβής, ενώ στο κεφάλαιο 8 αναφέρεται αναλυτικά η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε.

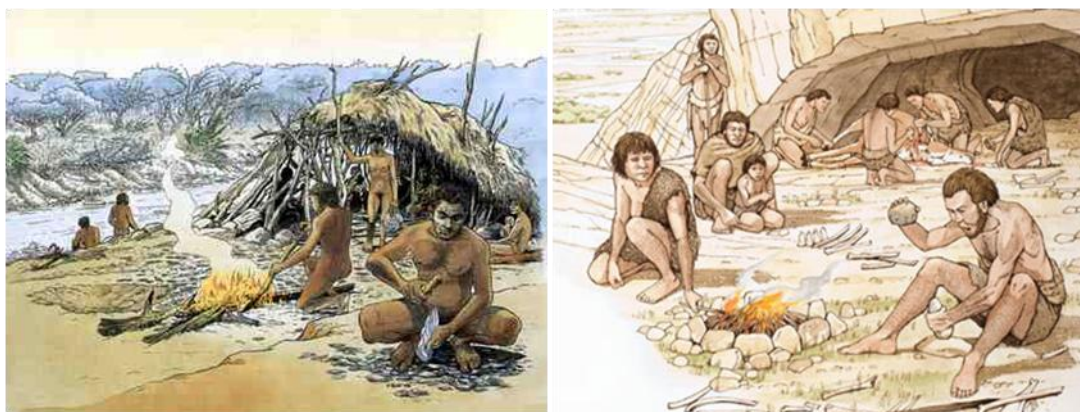
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΦΩΣ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑΤΑ

2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΦΩΤΙΣΜΟ

Ο ήλιος είναι η πρωταρχική πηγή φωτός. Καθημερινά ο πλανήτης μας δέχεται ασύλληπτα ποσά ηλιακής ενέργειας. Το φυσικό φως είναι το θεμελιώδες στοιχείο της καθημερινής μας ζωής. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα να «υπάρχουμε», να «φαινόμαστε», να «αναγνωρίζουμε», να «σχετιζόμαστε» με την σχεδόν ατέλειωτη ποικιλία των σχημάτων και χρωμάτων γύρω μας.

Από τη άλλη μεριά, ο τεχνητός φωτισμός, από αρχαιοτάτων χρόνων, μας βοήθησε να επεκτείνουμε την ημέρα μέσα στον νυκτερινό κύκλο της ζωής μας. Οι πρώτες προσπάθειες του ανθρώπου να παράγει τεχνητό φωτισμό τον οδήγησαν 300.000 χρόνια πριν, στο να χρησιμοποιεί τη φωτιά. Η λάμψη της φλόγας βοήθησε τον προϊστορικό άνθρωπο να ζήσει σε σπηλιές που δεν μπορούσαν ποτέ να φθάσουν οι ηλιακές ακτίνες. Η φωτιά άλλαξε αποφασιστικά τον τρόπο ζωής του ανθρώπου. Από πολύ νωρίς δημιουργήθηκαν διάφορα λειτουργικά και διακοσμητικά αντικείμενα για να φέρουν και να διατηρήσουν τη ανεκτίμητη φωτεινή φλόγα.



Εικόνες 2.1-2.2: Η ανακάλυψη της φωτιάς από τον προϊστορικό άνθρωπο [21,22]

Έπρεπε να περάσουν αρκετοί αιώνες από τότε, μέχρι να κατορθώσουμε να παράγουμε οικονομικά ηλεκτρισμό, ο οποίος στη συνέχεια θα είχε σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του τεχνητού φωτισμού. Στην πραγματικότητα, η εποχή του ηλεκτρικού φωτισμού αρχίζει το 1879 όταν ο Thomas Edison και ο Josef Swan επινόησαν σχεδόν ταυτόχρονα και ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον τον λαμπτήρα πυρακτώσεως. Υποστηρίζεται πάντως, ότι και οι δύο επανέφεραν τον λαμπτήρα, που εφευρέθηκε το 1854 από τον Γερμανό ωρολογοποιό Johann Heinrich Goebel. Για κάθε φωτεινή πηγή, από την δάδα, τον πυρσό, το κερί κ.α. μέχρι και τον λαμπτήρα πυρακτώσεως κατασκευάστηκαν

διάφορα «φωτιστικά σώματα» για την αποτελεσματική χρήση όλων αυτών των φωτεινών πηγών.



Εικόνες 2.3 -2.4 -2.5: Η ανακάλυψη του λαμπτήρα πυρακτώσεως από τον Tomas Edison και τον Josef Swan καθώς και οι τύποι των λαμπτήρων που κατασκεύασαν [23,24,25]

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες για φωτισμό σε δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους, έχουν οδηγήσει στην αλματώδη ανάπτυξη νέων συστημάτων φωτισμού. Η εξέλιξη και ανάπτυξη των συστημάτων αυτών, βρίσκεται σε εκπληκτικά δυναμική τροχιά, με την εκμετάλλευση όλο και πιο προηγμένων τεχνολογιών, νέων οπτικών συστημάτων και υλικών, ενώ ταυτόχρονα δίνεται ιδιαίτερη έμφαση και προσοχή σε θέματα διακόσμησης, ποιότητας, ασφάλειας, κατανάλωσης και φυσικά κόστους. [1]

2.2 Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ένα από τα σκοτεινότερα αλλά και ελκυστικότερα θέματα που απασχόλησαν τον άνθρωπο ήταν και η φύση του φωτός. Από πολύ παλιά, οι άνθρωποι προσπαθούσαν να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν τη «φύση» του φωτός. Για πολλά χρόνια ήταν αντικείμενο μακρόπνοων συζητήσεων, διαφωνιών, επιχειρημάτων και αντεπιχειρημάτων.

Η έρευνα γύρω από το πρόβλημα αυτό, σύνδεσε μεγάλα ονόματα της φυσικής. Πρώτος ο Ισαάκ Νεύτων, υποστήριξε τη σωματιδιακή φύση του φωτός για να ερμηνεύσει, με βάση την αρχή διατήρησης της ενέργειας και της ορμής, το νόμο της ανάκλασης του φωτός.



Εικόνες 2.6 -2.7-2.8: Ο Ισαάκ Νεύτωνας, ο Κρίστιαν Χούχενς και ο Τόμας Γιανγκ οι οποίοι ασχολήθηκαν με την φύση του φωτός [26,27,28]

Δύο σημαντικά φαινόμενα, η περίθλαση και η συμβολή του φωτός, απασχόλησαν τους φυσικούς Christian Huygens (Κρίστιαν Χούχενς, 1629-1695) και Tomas Young (Τόμας Γιανγκ, 1773-1829) το 1670 και 1803 αντίστοιχα. Οι Huygens και Young, μέσα από πειραματικές διαδικασίες πάνω στα φαινόμενα αυτά, απέδειξαν ότι το φως έχει κυματική φύση και συγκεκριμένα ότι είναι εγκάρσια κύματα.

Το αποκορύφωμα της έρευνας για τη φύση του φωτός ήρθε το 1864, όταν ο Maxwell (Μάξγουελ), αναπτύσσοντας τη μεγαλειώδη θεωρία του, απέδειξε ότι το φως είναι εγκάρσια ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Συνεχίζοντας την ιστορική ανάδρομη, συναντάμε στις αρχές του 20ου αιώνα το Max Planck (Μαξ Πλανκ, 1858-1947), ο οποίος χρησιμοποίησε τη σωματιδιακή φύση του φωτός, για να ερμηνεύσει την ακτινοβολία που εκπέμπουν τα θερμά σώματα. Στην πιο σύγχρονη εποχή, ο Einstein (Αϊνστάιν) χρησιμοποιώντας επίσης τη σωματιδιακή φύση του φωτός ερμηνεύει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.

Σήμερα πιστεύουμε στη διπλή φύση του φωτός, δηλαδή ότι το φως συμπεριφέρεται ως κύμα και ως σωματίο που ονομάζεται φωτόνιο. Σε φαινόμενα όπως η συμβολή, η περίθλαση και η πόλωση εκδηλώνεται η κυματική φύση του φωτός (ηλεκτρομαγνητικό κύμα), ενώ σε φαινόμενα που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη (απορρόφηση - εκπομπή), όπως το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, εκδηλώνεται η σωματιδιακή φύση του φωτός. [2]

2.3 ΧΡΩΜΑΤΑ

Το χρώμα και το φως είναι αλληλένδετα. Το ορατό φάσμα του φωτός περιέχει ακτινοβολίες, τις οποίες το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται ως χρώματα διαφορετικών μηκών κύματος.

Πιο συγκεκριμένα, τα χρώματα είναι μία κωδικοποίηση του ανθρώπινου νευρικού συστήματος για να διακρίνει τα μήκη κύματος (ή τις συχνότητες) του φωτός που προσπίπτουν στο αισθητήριο όργανο της όρασης.

Τα μήκη κύματος του φωτός που διεγείρουν τον ανθρώπινο οφθαλμό κυμαίνονται από περίπου 400 μέχρι 700 nm. Στον πίνακα φαίνεται σε γενικές γραμμές η χρωματική κωδικοποίηση του ανθρώπινου οφθαλμού. Σε κάθε μήκος κύματος η όραση του ανθρώπου αντιστοιχίζει και ένα χρώμα.

Πίνακας 2.1: Τα χρώματα του ορατού φάσματος, τα μήκη κύματος και οι αντίστοιχες συχνότητες [3]

Χρώμα	Περιοχή μηκών κύματος (nm)	Περιοχή συχνοτήτων (Hz)
Ερυθρό	~ 630–700 nm	~ 476–429 $\times 10^{12}$ Hz
Πορτοκαλί	~ 590–630 nm	~ 510–476 $\times 10^{12}$ Hz
Κίτρινο	~ 560–590 nm	~ 535–510 $\times 10^{12}$ Hz
Πράσινο	~ 500–560 nm	~ 600–535 $\times 10^{12}$ Hz
Κυανό	~ 440–500 nm	~ 680–600 $\times 10^{12}$ Hz
Ιώδες	~ 400–440 nm	~ 750–680 $\times 10^{12}$ Hz

Όταν στο μάτι του ανθρώπου προσπέσουν δύο ακτινοβολίες με διαφορετικά μήκη κύματος η ανθρώπινη όραση συνθέτει τα χρώματα δημιουργώντας καινούργια. Έτσι για παράδειγμα, αν μία φωτεινή πηγή μάς φαίνεται ότι εκπέμπει πράσινο χρώμα μπορεί αυτή να έχει μήκη κύματος στην περιοχή από 500 nm έως 560 nm ή να εκπέμπει ταυτόχρονα κίτρινες και μπλε ακτινοβολίες που όταν συντίθενται μας δίνουν πράσινο χρώμα. Για τη δημιουργία των χρωμάτων δεν μας είναι απαραίτητα όλα τα μήκη κύματος του ορατού φωτός αλλά μόνο ορισμένα από αυτά. Με άλλα λόγια, στηριζόμενοι σε κάποια χρώματα μπορούμε να συνθέσουμε όλα τα υπόλοιπα σύμφωνα με την θεωρία χρωμάτων. [3,4,8]

2.4 ΘΕΩΡΙΑ ΧΡΩΜΑΤΩΝ

Η θεωρία χρωμάτων έχει ιστορία πολλών αιώνων, στη διάρκεια των οποίων αναπτύχθηκαν διάφορες θεωρίες και χρωματικά μοντέλα τόσο από φυσικούς όσο και από ανθρώπους της τέχνης. Οι πρώτες γνωστές μελέτες στην θεωρία χρωμάτων έγιναν στην αρχαία Ελλάδα από τον Αριστοτέλη, ακολουθούν όμως και άλλα σημαντικά ονόματα όπως ο Acuilonius, Sigfrid Forsius, Isaac Newton, Johanes Wolfgang Goethe, Phillip Otto Runge, James Clerk Maxwell, ο Albert H. Munsell κ.α.

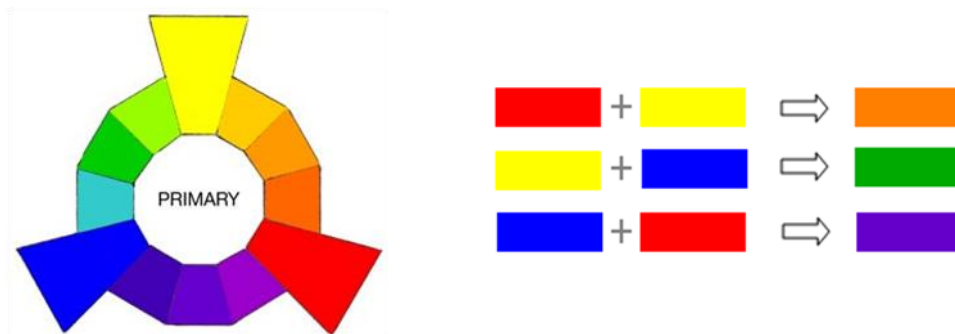
Η θεωρία χρωμάτων στηριζόμενη στην παρατήρηση και τον πειραματισμό προσδιορίζει κάποιες βασικές αρχές για τον τρόπο που μπορούμε να τα διαχειριστούμε τα χρώματα ώστε να έχουμε τα μέγιστα δυνατά οφέλη, τα οποία μπορεί να είναι οπτικά και αισθητικά, αλλά επίσης μπορεί να έχουν ψυχολογικές και πνευματικές προεκτάσεις. Ένα από τα πιο γνωστά βοηθήματα που χρησιμοποιεί είναι ο χρωματικός τροχός.[33,34]

2.4.1 ΧΡΩΜΑΤΙΚΟΣ ΤΡΟΧΟΣ

Ο χρωματικός τροχός είναι μία οπτική αναπαράσταση των χρωμάτων που είναι εύκολα αντιληπτή στον άνθρωπο. Η ιδέα του χρωματικού τροχού είναι να μας εξηγήσει πως συνδυάζονται τα τρία βασικά χρώματα και το καθαρό άσπρο φως προκειμένου να δημιουργήσουν εκατομμύρια χρώματα όπως η τεράστια ποικιλία χρωμάτων που συναντώνται στη φύση.

Στην θεωρία κάθε χρώμα που υπάρχει μπορεί να βρεθεί στον χρωματικό τροχό. Δεν υπάρχει συγκεκριμένος κανόνας για το πόσα χρώματα πρέπει να περιέχει ο χρωματικός τροχός. Συνήθως χρησιμοποιούνται μερικές δεκάδες δείγματα χρωμάτων γιατί είναι πιο πρακτικό από τα να χρησιμοποιηθούν τα εκατομμύρια χρώματα που αναγνωρίζονται από το ανθρώπινο μάτι.

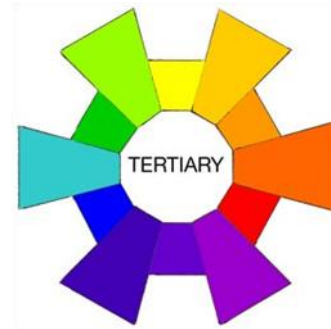
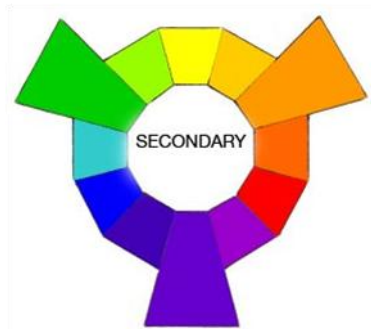
Τα χρώματα σε ένα χρωματικό τροχό μπορούν να χωριστούν σε τρεις κύριες κατηγορίες: πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια (βλέπε εικόνες 2.9, 2.11, 2.12). Τα τρία βασικά χρώματα που βρίσκονται στην φύση, το κόκκινο, το κίτρινο και το μπλε αποτελούν τα πρωτοβάθμια χρώματα και καταλαμβάνουν τις τρεις τριγωνικές περιοχές του τροχού (όπως φαίνεται στην εικόνα 2.9). Αυτά τα χρώματα αποτελούν τη βάση και συνθέτουν όλα τα άλλα χρώματα στον χρωματικό τροχό.



Εικόνες 2.9 -2.10: Τα βασικά χρώματα του χρωματικού Τροχού.[5] Η δημιουργία των δευτεροβάθμιων χρωμάτων από τα βασικά χρώματα.

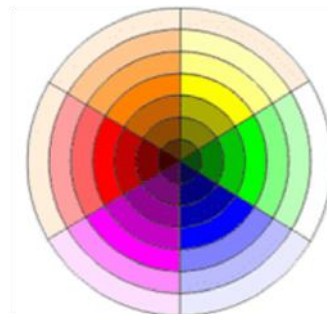
Καθένα από τα τρία βασικά χρώματα ενώνεται σε ίσες ποσότητες με τα γειτονικά βασικά χρώματα σχηματίζοντας έτσι τα δευτεροβάθμια χρώματα, το πορτοκαλί, το πράσινο και το πορφυρό. (Βλέπε εικόνες 2.10, 2.11)

Τα τριτοβάθμια χρώματα μπορούν να δημιουργηθούν με τη μίξη ενός βασικού και ενός δευτερεύοντος χρώματος και αποτελούν χρώματα όπως το κίτρινο-πράσινο, πορτοκαλοκίτρινο κ.τ.λ. (Βλέπε εικόνα 2.12)



Εικόνες 2.11 -2.12: Τα δευτεροβάθμια χρώματα και τα τριτοβάθμια χρώματα [5]

Η εικόνα 2.13 μας δείχνει το «καθαρό» κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, μπλε και πορφυρό που βρίσκονται στην κεντρική ζώνη του χρωματικού τροχού. Ο χρωματικός τροχός περιγράφει την ανάγκη για τη δημιουργία σκιών σ' αυτά τα χρώματα, προσθέτοντας φως στα χρώματα καθώς εκτείνονται εξωτερικά της βασικής ζώνης του χρωματικού τροχού ενώ αφαιρεί φως από τα χρώματα αυτά καθώς εκτείνονται εσωτερικά της βασικής ζώνης. Το σημείο του κέντρου του χρωματικού τροχού είναι το σημείο όπου το φως δεν υπάρχει καθόλου. Αυτό το σημείο είναι το «καθαρό» μαύρο ή σκότος. Η εξωτερική περιοχή του χρωματικού τροχού είναι η περιοχή όπου το φως υπερκαλύπτει όλα τα χρώματα. Αυτή η περιοχή αποτελεί το «καθαρό» άσπρο ή φως.

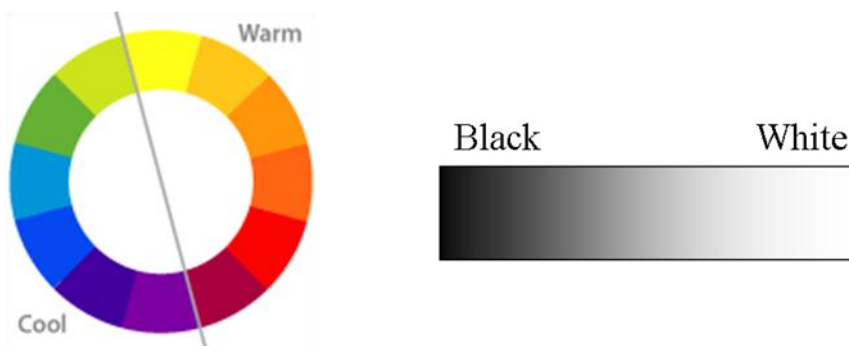


Εικόνες 2.13 -2.14: Τα καθαρά χρώματα στην κεντρική ζώνη του χρωματικού τροχού και ο πλήρης χρωματικός τροχός.

Ο χρωματικός τροχός λοιπόν, αποτελεί το τελικό αποτέλεσμα του συνδυασμού πρωτοβάθμιων, δευτεροβάθμιων και τριτοβάθμιων χρωμάτων καθώς και της παρουσίας ή απουσίας του φωτός στα χρώματα αυτά.

Μια άλλη βασική διαίρεση του χρωματικού τροχού είναι σε θερμά και ψυχρά χρώματα (βλέπε εικόνα 2.15.) Τα θερμά χρώματα (κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο) είναι δραστήρια, και δημιουργούν μια αίσθηση ζωντάνιας στο χώρο. Αντίθετα, τα ψυχρά χρώματα (πορφυρό, μπλε και πράσινο) δίνουν μια αίσθηση ηρεμίας, και δημιουργούν μια χαλαρωτική διάθεση. Τέλος, το λευκό,

το μαύρο, το γκρι και οι σκιές αυτών αποτελούν τα ουδέτερα χρώματα. Τα χρώματα αυτά δεν αποσπούν την προσοχή του παρατηρητή, δίνοντας τους έτσι την δυνατότητα να συνδυαστούν αρμονικά με οποιοδήποτε άλλο χρώμα του χρωματικού τροχού. [5,6,7,29,30]



Εικόνες 2.15 - 2.16: Τα θερμά και τα ψυχρά χρώματα στον χρωματικό τροχό – Τα ουδέτερα χρώματα του χρωματικού τροχού. [29,31]

2.4.2 ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΙ ΧΡΩΜΑΤΩΝ

Η θεωρία το χρωμάτων καθιστά τη διαδικασία συνδυασμού χρωμάτων απλή και εύκολη, παρέχοντας αρκετές μεθόδους για να επιλέξουμε χρώματα που να ταιριάζουν μεταξύ τους. Για ένα καλό συνδυασμό χρωμάτων (το σύνολο των χρωμάτων που παράγει τις καλύτερες εντυπώσεις), θα πρέπει να επιλέγει ένα χρώμα βάσης και στη συνέχεια να επιλεγούν τα χρώματα που μπορούν να συνυπάρχουν με αυτό. Μερικοί συνδυασμοί είναι άβολοι, ή ενοχλητικοί, ενώ άλλοι είναι ευχάριστοι και εντυπωσιακοί. Παρακάτω παραθέτονται ορισμένες βασικές μέθοδοι συνδυασμού των χρωμάτων του χρωματικού τροχού.

α) Μονοχρωματικός συνδυασμός

Στον μονοχρωματικό συνδυασμό γίνεται χρήση ενός χρώματος, αλλά με διαφορετικές αποχρώσεις. Χρησιμοποιώντας διάφορες αποχρώσεις, σκιές και τόνους από ένα μόνο χρώμα, μπορούν να δημιουργηθούν πολύ ωραία μονοχρωματικά συστήματα.

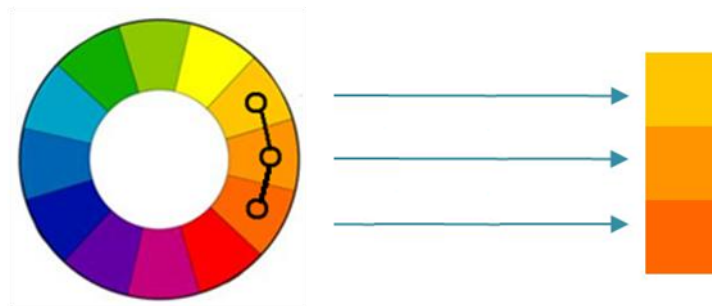


Εικόνα 2.17: Επιλογή κόκκινου χρώματος από τον χρωματικό τροχό – Μονοχρωματικός συνδυασμός του κόκκινου χρώματος. [29,30]

Τα συστήματα αυτά είναι εύκολα στη διαχείριση, επειδή φαίνονται πάντα ισορροπημένα και οπτικά ελκυστικά. Κατά κανόνα τα χρώματα αυτά ταιριάζουν μεταξύ τους.

β) Αναλογικός συνδυασμός

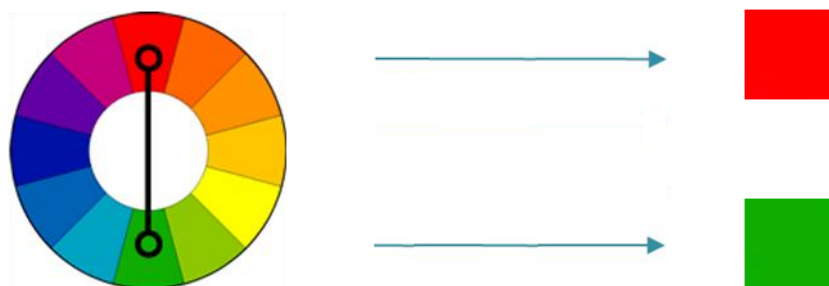
Στον αναλογικό συνδυασμό χρησιμοποιούνται χρώματα που βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο στον χρωματικό τροχό. Συνήθως ταιριάζουν αρκετά καλά, δημιουργούν το αίσθημα της άνεσης αλλά παρέχουν ελάχιστη αντίθεση, όταν χρησιμοποιούνται μαζί. Ένα χρώμα θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως κυρίαρχο και τα υπόλοιπα για τον εμπλουτισμό του συστήματος.



Εικόνα 2.18: Επιλογή αναλογικών χρωμάτων από τον χρωματικό τροχό [32]

γ) Συμπληρωματικός συνδυασμός

Στον συμπληρωματικό συνδυασμό χρησιμοποιούνται χρώματα που βρίσκονται απέναντι στο χρωματικό τροχό. Λόγω της υψηλής αντίθεσης τους χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε το αποτέλεσμα να μην είναι ενοχλητικό. Συνήθως χρησιμοποιούνται αποχρώσεις και διαφορετικοί τόνοι των συμπληρωματικών χρωμάτων ώστε να προκύψει ένα πιο ήπιο αποτέλεσμα.



Εικόνα 2.19: Επιλογή συμπληρωματικών χρωμάτων από τον χρωματικό τροχό [30]

δ) Διαχωρισμένος συμπληρωματικός συνδυασμός

Ο διαχωρισμένος συμπληρωματικός συνδυασμός βασίζεται σε τρία χρώματα. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιεί ένα χρώμα και τα δύο αντίστοιχα που γειτνιάζουν με το συμπληρωματικό του. Ο συνδυασμός αυτός προσφέρει

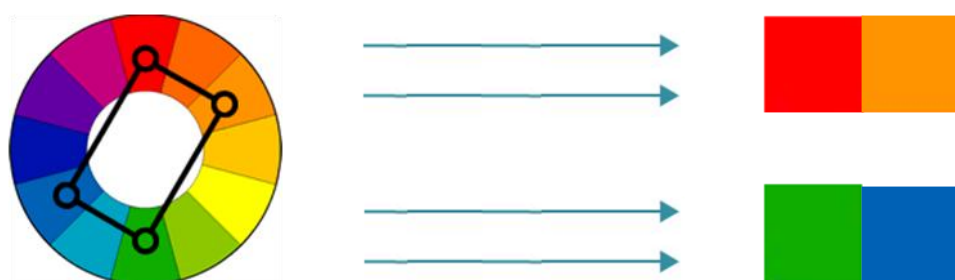
υψηλή αντίθεση χωρίς την ισχυρή ένταση που εμφανίζεται στον συμπληρωματικό συνδυασμό.



Εικόνα 2.20: Επιλογή διαχωρισμένων συμπληρωματικών χρωμάτων από τον χρωματικό τροχό [30]

ε) Διπλός συμπληρωματικός συνδυασμός

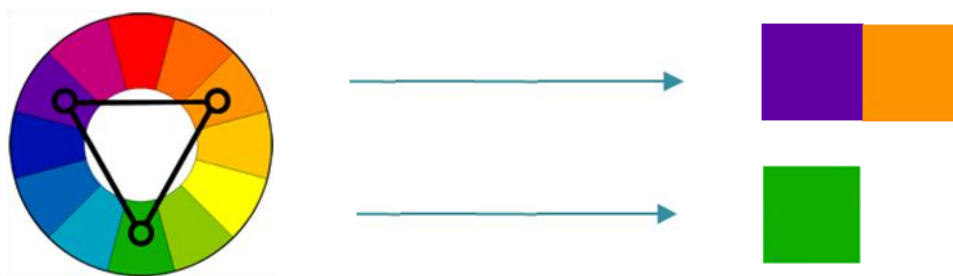
Ο διπλός συμπληρωματικός συνδυασμός βασίζεται στην χρήση τεσσάρων χρωμάτων. Τα χρώματα βρίσκονται στις δύο πλευρές ενός φανταστικού συμπληρωματικού συστήματος. Είναι δύσκολο να εναρμονιστούν, ιδίως εάν τα τέσσερα χρώματα χρησιμοποιούνται σε ίσες ποσότητες. Συνιστάται η επιλογή ενός χρώματος που θα έχει δεσπόζουσα θέση και ακολούθως η χρήση των αποχρώσεων, τόνων ή σκιών από τα υπόλοιπα χρώματα.



Εικόνα 2.21: Επιλογή διπλών συμπληρωματικών χρωμάτων από τον χρωματικό τροχό [30]

στ) Τριαδικός συνδυασμός

Ο τριαδικός συνδυασμός δημιουργείται με τη χρησιμοποίηση τριών χρωμάτων που ισαπέχουν γύρω από τον χρωματικό τροχό. Η αντίθεση αυτή μπορεί να είναι υπερβολικά έντονη. Η τριάδα είναι ένα από τα πιο χρήσιμα συστήματα, προσφέρει αρμονία και δημιουργεί ευχάριστα συναισθήματα. Επειδή οι τριάδες χρησιμοποιούν χρώματα που δεν έχουν καμία σχέση μεταξύ τους, μπορεί να είναι δύσκολο να συνδυαστούν. Για να χρησιμοποιηθεί η τριαδική αρμονία με επιτυχία, τα χρώματα θα πρέπει να είναι προσεκτικά ισορροπημένα, με άλλα λόγια ένα από τα χρώματα να κυριαρχεί και να τα άλλα δύο χρώματα να χρησιμοποιούνται για τόνους. [5,6,7,29,30,32]

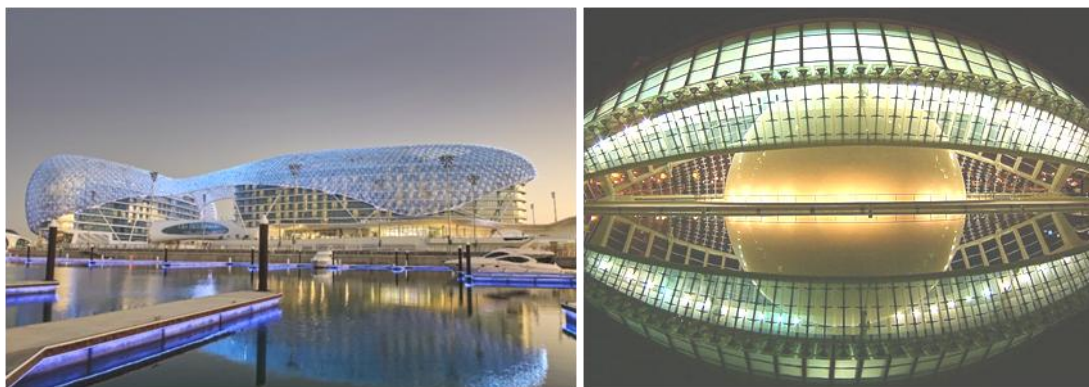


Εικόνα 2.22: Επιλογή τριαδικών χρωμάτων από τον χρωματικό τροχό [30]

2.5 ΧΡΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Τα χρώματα λοιπόν αναμφισβήτητα παίζουν σημαντικό ρόλο στον φωτισμό. Η επιλογή του κατάλληλου χρώματος στον φωτισμό εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Το χρώμα μπορεί να αναδείξει έναν χώρο, να βελτιώσει τις αναλογίες του, να προσθέσει βάθος, να αναδείξει τις φόρμες, να ορίσει κατευθύνσεις αλλά και να αποδώσει τα κατάλληλα συναισθήματα. Επιπλέον, μπορεί να εστιάσει την προσοχή σε επιλεγμένα στοιχεία του κτιρίου κάνοντας το πιο ενδιαφέρον. Με άλλα λόγια, προσδιορίζει και επηρεάζει τον χώρο, αλλά επιδρά και στην ανθρώπινη διάθεση, απόδοση και συμπεριφορά. Για τον λόγο αυτό, πολλοί σχεδιαστές φωτισμού δίνουν ιδιαίτερη βαρύτητα στην επιλογή των κατάλληλων χρωμάτων και αποχρώσεων που θα χρησιμοποιήσουν.

Τα νέα συστήματα εναλλαγής χρωμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ποικίλους τρόπους, προσφέροντας εκπληκτικά αποτελέσματα στο φωτισμό των κτιρίων. Η ευκολία με την οποία ο τεχνητός φωτισμός με χρήση χρώματος μπορεί να μεταμορφώσει τη νυκτερινή εικόνα ενός κτιρίου έχει αναγνωριστεί εδώ και αρκετά χρόνια και σήμερα υπάρχουν αρκετές τέτοιου είδους εγκαταστάσεις σε χώρους όπως εμπορικά κέντρα, καταστήματα, ξενοδοχεία, κτίρια γραφείων, κινηματογράφοι, κλπ. Ο φωτισμός αυτός, όταν εφαρμόζεται με φαντασία και ταλέντο μπορεί να δώσει ζωντάνια και ενδιαφέρον στο ευρύτερο τοπίο ή χώρο.



Εικόνες 2.23 - 2.24: Ξενοδοχείο στο Αμπού Νάμπι Ε.Α.Ε. και το πλανητάριο του κέντρου επιστήμης της Βαλένθια [12,13]

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των νέων τεχνολογιών φωτισμού αποτελεί η δυνατότητα απόδοσης χρώματος σε χώρους και επιφάνειες σε περιπτώσεις που είναι αδύνατον να επιτευχθεί με κάποιο άλλο τρόπο ή μέσο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα ιστορικά κτήρια και μνημεία στα οποία η χρωματική απόδοση μπορεί να γίνει μόνο μέσω προηγμένων συστημάτων φωτισμού. Η χρήση οποιουδήποτε άλλου τρόπου (π.χ. χρήση μόνιμης βαφής) θα κατέστρεφε την αρχιτεκτονική και θα αλλοίωνε την εικόνα των αυθεντικών χρωμάτων και υλικών του κτιρίου.



Εικόνες 2.25 - 2.26: Το Κολοσσαίο και η γέφυρα και το κάστρο των αγγέλων στην Ρώμη, Ιταλία [18,19]

Επίσης, πολλά μνημεία, σε ειδικές περιστάσεις όπως σε περιόδους εορτασμών, επετείων κλπ. έχουν τη δυνατότητα να φωτίζονται με διαφορετικό φωτισμό, εφιστώντας την προσοχή και δίνοντας με τον τρόπο αυτόν ένα συγκεκριμένο μήνυμα στο ευρύ κοινό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν περισσότερα από 200 κτίρια-ορόσημα σε όλο τον κόσμο, όπως το κρατικό κτίριο Empire στη Νέα Υόρκη, ο πύργος του Τόκιο στη Ιαπωνία, η γέφυρα Nan Pu στην Κίνα, το λιμάνι και η όπερα του Σύδνεϋ, οι καταρράκτες του Νιαγάρα κ.α. τα οποία φωταγωγήθηκαν με ροζ χρώμα, στο πλαίσιο της εκστρατείας που αφορά την ενημέρωση για την πρόληψη του καρκίνου του μαστού.



Εικόνες 2.27 -2.28: Το λιμάνι και η όπερα του Σύδνεϋ και οι καταρατές του Νιαγάρα, τα οποία φωταγωγήθηκαν με ροζ χρώμα, στο πλαίσιο της εκστρατεία κατά του καρκίνου του μαστού. [16,17]

Επιπλέον, η δυνατότητα εναλλαγής χρωμάτων καθιστά δυνατή για πρώτη φορά, τη δημιουργία κατάλληλου φωτισμού που ανταποκρίνεται κάθε φορά στις διαφορετικές ανάγκες των χρηστών ενός χώρου. Έτσι για παράδειγμα, μια αίθουσα μπορεί με τον κατάλληλο φωτισμό να αποτελέσει χώρο διεξαγωγής μια συνεδρίασης, χώρο συναυλίας ή χώρο διεξαγωγής ενός παιδικού πάρτι.



Εικόνα 2.29: Πενταόροφο εστιατόριο στο Λονδίνο στο οποίο το σύστημα φωτισμού οπτικών ινών αλλάζει χρώμα ανάλογα με την εκδήλωση που πραγματοποιείται [20]

Οι νέες αυτές τεχνολογίες προσφέρουν στους μελετητές φωτισμού και αρχιτέκτονες ένα δυναμικό εργαλείο που τους επιτρέπει για πρώτη φορά να δημιουργήσουν μοναδικά φωτιστικά εφέ και ταυτόχρονα εξασφαλίζει εγκαταστάσεις φωτισμού όπου τα φωτιστικά έχουν μικρό μέγεθος, μεγάλη διάρκεια ζωής, απαιτούν σχεδόν μηδενική συντήρηση, καταναλώνουν ελάχιστη ενέργεια και προσφέρονται σε σχήματα και χρώματα όχι μόνο πέρα από κάθε φαντασία αλλά και κατά παραγγελία. Επιπλέον, με δεδομένη την ευελιξία στο σχήμα τους, μπορούν διακριτικά να ενσωματωθούν στην αρχιτεκτονική ενός κτιρίου όπως για παράδειγμα σε προσόψεις ή για το φωτισμό μεγάλων γυάλινων επιφανειών ή πλαστικών πλαισίων.

Συνεπώς, η σημασία από τη χρήση των νέων αυτών τεχνολογιών στη διαμόρφωση της εικόνας του σύγχρονου αστικού τοπίου είναι τεραστία. Οι δυναμικοί αυτοί φωτισμοί είναι σήμερα στη διάθεση κάθε επαγγελματία του χώρου και μπορούν, αν χρησιμοποιηθούν με ευρηματικότητα και φαντασία να μεταμορφώσουν κυριολεκτικά τη εικόνα των κτιρίων. [9,10,11]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

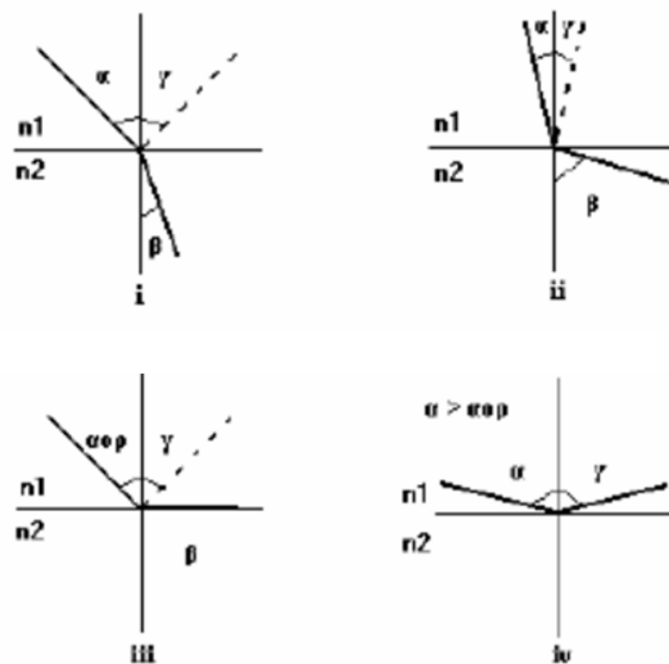
Παλαιότερα, τα συστήματα φωτισμού μέσω οπτικών ινών αποτελούσαν μια τεχνολογία του μέλλοντος, της οποίας η εδραίωση και συνεπώς η καθολική χρήση θα καθυστέρουσε αρκετά. Η τεχνολογική όμως εξέλιξη και ωρίμανση των συστημάτων αυτών, οδήγησε στη διαρκώς αυξανόμενη χρήση τους, με αποτέλεσμα σήμερα, οι οπτικές ίνες να αποτελούν τα πλέον προηγμένα συστήματα φωτισμού, συνιστώντας μία πολύ ιδιαίτερη και πρωτότυπη λύση φωτισμού.

Η ευρεία αποδοχή τους ακόμα και από τους πιο απαιτητικούς μελετητές φωτισμού και αρχιτέκτονες δεν είναι τυχαία, αφού τα βασικά πλεονεκτήματα της τεχνολογίας αυτής, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα διαμελισμού μιας φωτεινής πηγής σε μεγάλο αριθμό φωτεινών σημείων, προσφέρουν αποδεδειγμένα νέες ευκαιρίες για ποιοτικότερες και αποτελεσματικότερες λύσεις φωτισμού.

3.2 ΒΑΣΙΚΗ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Η αρχή διάδοσης του φωτός μέσα σε μια οπτική ίνα, βασίζεται στο φαινόμενο της ολικής ανάκλασης. Πιο συγκεκριμένα, το φως είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η διεύθυνση διάδοσης των φωτονίων είναι πάντα ευθύγραμμη σύμφωνα με τους κανόνες της γεωμετρικής οπτικής, εφόσον δεν παρεμβάλλονται εμπόδια και αποτελεί μία ακτίνα φωτός. Πολλές ακτίνες μαζί αποτελούν μια δέσμη φωτός.

Για το φως, ισχύουν τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης, όταν αυτά προσπίπτουν στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων. Η εικόνα 3.1.ι δείχνει τρεις ακτίνες φωτός: την προσπίπτουσα, την ανακλώμενη και την διαθλώμενη ακτίνα. Τόσο η ανακλώμενη όσο και η διαθλώμενη ακτίνα βρίσκονται επάνω στο λεγόμενο επίπεδο προσπτώσεως, το οποίο είναι το επίπεδο που ορίζει η προσπίπτουσα ακτίνα και η κάθετη επάνω στη διαχωριστική επιφάνεια στο σημείο προσπτώσεως.



Εικόνα 3.1: Προσπίπτουσα, Ανακλώμενη και Διαθλώμενη Ακτίνα

i. Νόμος της Ανάκλασης

Η γωνία πρόσπτωσης και η γωνία ανάκλασης είναι ίσες.

$$\alpha = \gamma$$

ii. Νόμος της Διάθλασης ή Νόμος του Snell

Οι γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης πληρούν τη σχέση:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

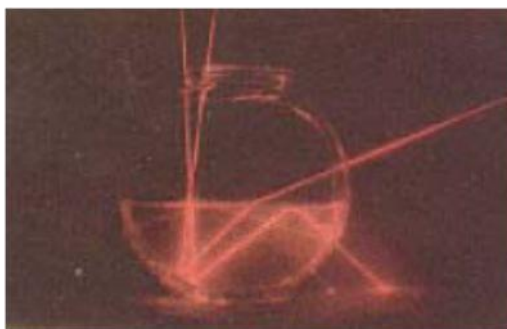
όπου n_1 , n_2 είναι σταθερές ποσότητες για τα δυο μέσα και ονομάζονται δείκτες διάθλασης των μέσων 1 και 2 αντίστοιχα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, εμφανίζονται και τα δύο φαινόμενα μαζί, με αποτέλεσμα η προσπίπτουσα δέσμη φωτός εν μέρη να ανακλάται και εν μέρη να διαθλάται. Από το νόμο του Snell, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι αν ο δείκτης διάθλασης του μέσου 1 είναι μεγαλύτερος από τον δείκτη διάθλασης του μέσου 2 τότε για τις γωνίες ισχύει ότι $\beta > \alpha$. Αυξάνοντας κατάλληλα τη γωνία πρόσπτωσης (α), μπορούμε να πετύχουμε ώστε $\beta = 90^\circ$, και η διαθλώμενη δέσμη να είναι παράλληλη με την διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων. Για γωνίες πρόσπτωσης μεγαλύτερες από την κρίσιμη γωνία, έχουμε το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης, όπου η φωτεινή δέσμη ανακλάται εξ ολοκλήρου και δεν υπάρχει διαθλώμενη ακτίνα.

Τα παραπάνω φαίνονται στις εικόνες 3.1.ii,iii,iv. Η «κρίσιμη γωνία» (οριακή) που σημειώνεται στο σχήμα 1.iii βρίσκεται από το νόμο του Snell ότι είναι:

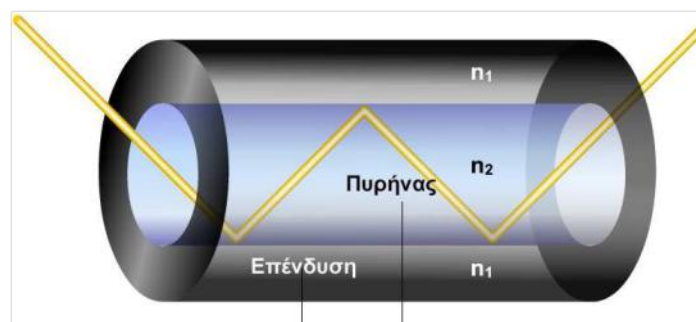
$$\alpha_{op} = \text{τοξ ημ} (n_2 / n_1)$$

Η ολική ανάκλαση μπορεί να παρατηρηθεί εύκολα μέσα σε ένα πρίσμα ή σε ένα διαφανές γυαλί γεμάτο με νερό.



Εικόνα 3.2: Φαινόμενο ολικής ανάκλασής του φωτός

Μέσα σε μια οπτική ίνα, υπάρχουν δυο μέσα διάδοσης (ο πυρήνας και η επένδυση) με δείκτες διάθλασης που διαφέρουν ελάχιστα.



Εικόνα 3.3: Ολική ανάκλασή του φωτός μέσα στην οπτική ίνα

Η φωτεινή δέσμη μεταδίδεται μέσω του πυρήνα της οπτικής ίνας (core), ο οποίος έχει μεγαλύτερη διάμετρο σε σχέση με το στρώμα της επένδυσης. Η φωτεινή δέσμη οδηγείται με διαδοχικές ανακλάσεις (πορεία zig zag) στα τοιχώματα της ίνας από το ένα άκρο στο άλλο. Η επιτυχία της διάδοσης αυτής οφείλεται στο γεγονός ότι το φως υφίσταται ολικές ανακλάσεις στο εσωτερικό της οπτικής ίνας με αποτέλεσμα η φωτεινή δέσμη να παραμένει εγκλωβισμένη μέσα στην οπτική ίνα καθ' όλη την πορεία της.

Οι βασικές προϋποθέσεις για να συμβεί η ολική ανάκλαση είναι:

- Πρώτον, ο δείκτης διάθλασης του εξωτερικού υλικού να είναι μικρότερος από τον δείκτη διάθλασης του εσωτερικού και
- Δεύτερον, η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας να είναι μεγαλύτερη από την «κρίσιμη γωνία». [1,2,5,6]

3.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

Παλιότερα, οι ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιήθηκαν ευρέως κυρίως για την εκμετάλλευση της θερμική ενέργεια του Ήλιου. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και των αναγκών για εκμετάλλευση όλο και περισσότερου φυσικού φωτισμού, οι ηλιακοί συλλέκτες βρήκαν εφαρμογές και στο χώρο του φωτισμού κτηρίων.

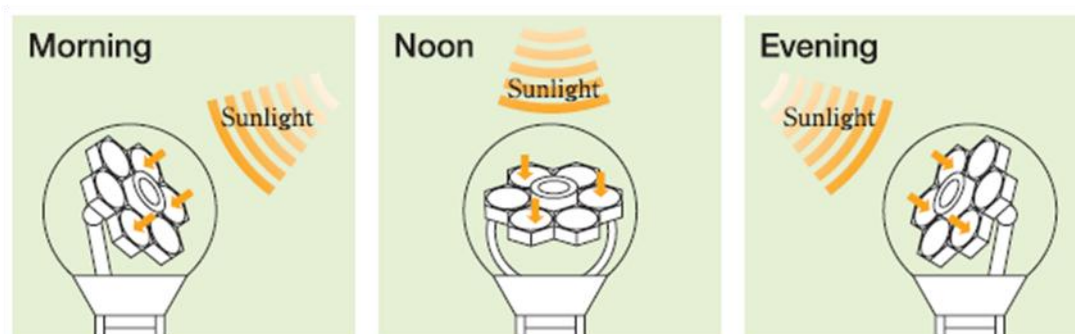
Οι συλλέκτες ηλιακού φωτός χρησιμοποιούν φακούς και καθρέφτες σε διάφορα σχήματα (παραβολικά, επίπεδα) ως ανακλαστήρες για να συγκεντρώσουν, να κατευθύνουν και να εστιάσουν την ηλιακή ενέργεια στο επιθυμητό σημείο. Με τον τρόπο αυτόν μπορούμε να πολλαπλασιάσουμε την προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια σε ένα δέκτη. Το σύστημα Hamawari αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα συστήματα ηλιακού φωτισμού.

3.3.1 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ HAMAWARI

Για την συλλογή του ηλιακού φωτός το σύστημα χρησιμοποιεί πολλαπλούς φακούς συγκέντρωσης οι οποίοι οδηγούν σε ένα σύστημα οπτικών ινών μέσω των οποίων γίνεται η μεταφορά του ηλιακού φωτός στο εσωτερικό του κτηρίου. Εκεί ειδικά τερματικά φωτιστικά σώματα διανέμουν το φως στο χώρο. Διαθέτει επίσης φακούς απορρόφησης της επικίνδυνης υπεριώδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας με αποτέλεσμα χαμηλότερη εκπομπή θερμότητας.

Πιο συγκεκριμένα, οι φακοί συγκέντρωσης του ηλιακού φωτός ακολουθούν αυτόματα τον ήλιο καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Η ακριβής θέση του ηλίου προσδιορίζεται με την βοήθεια ενός αισθητήρα, ο οποίος ρυθμίζει κατάλληλα την γωνία των φακών ώστε να συγκεντρώνεται η μέγιστη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία κατά την διάρκεια της ημέρας.

Σε περίπτωση συννεφιάς, το σύστημα είναι εξοπλισμένο με έναν εσωτερικό μηχανισμό, ο οποίος υπολογίζει τη θέση του ηλίου και ρυθμίζει κατάλληλα την γωνία των φακών.



Εικόνα 3.4: Παρακολούθηση ηλίου κατά την διάρκεια της ημέρας στο σύστημα Hamawari

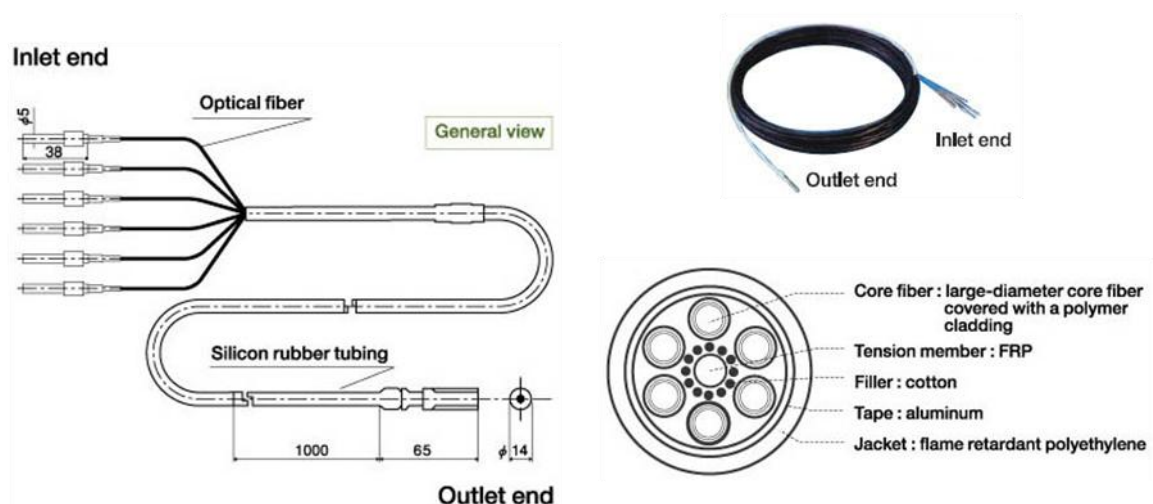
Το πλήθος των συλλεκτών Hamawari που θα εγκατασταθούν σε ένα κτήριο εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του κτηρίου. Για να καλυφτούν λοιπόν, οι διαφορετικές ανάγκες φωτισμού που υπάρχουν, έχουν κατασκευαστεί διάφοροι τύποι συστημάτων Hamawari, ορισμένοι από τους οποίους παρουσιάζονται στην εικόνα 3.5.



Εικόνα 3.5: Τύποι ηλιακών συστημάτων φωτισμού Hamawari (α) XF-160S/198 AS (β) XF-110S/90AS (γ) XD-100S/36AS και (δ) XD-50S/12AS

Σε μεγάλες κτηριακές εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται ο τύπος XF-160S/198 AS, ο οποίος παρέχει ηλιακό φως σε 33 θερματικά φωτιστικά σώματα. Για μικρότερες τώρα κατασκευές, χρησιμοποιούνται κυρίως οι τύποι XF-110S/90 AS, XD-100S/36 AS, XD-50S/12AS οι οποίοι καταλήγουν σε 15, 6 και 2 θερματικά φωτιστικά αντίστοιχα.

Το καλώδιο οπτικών ινών που μεταφέρει το φως αποτελείται ίνες γυαλιού χαλαζία μεγάλης διαμέτρου. Το καλώδιο αποτελείται από μια δέσμη 6 οπτικών ινών με μέγεθος πυρήνων 1 χιλ, κάθε μια από τις οποίες συνδέεται στο σημείο εστίασης ενός φακού. Έτσι, ένα καλώδιο οπτικών ινών μεταφέρει φως που συλλέγεται από έξι φακούς.



Εικόνα 3.6: Το καλώδιο οπτικών ινών που χρησιμοποιείται στο σύστημα Hamawari

Τέλος, τα ειδικά τερματικά φωτιστικά σώματα διανέμουν το φως στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου.



Εικόνα 3.7: Τερματικά συστήματα φωτισμού στο σύστημα Hamawari

Μια τυπική εγκατάσταση ενός συστήματος Hamawari σε οικιακό περιβάλλον παρουσιάζεται στην εικόνα 3.8. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε το σύστημα Hamawari αποτελεί εξαιρετική λύση σε χώρους με ελλειπή φωτισμό όπως, το υπόγειο, οι διάδρομοι και τα εσωτερικά δωμάτια των κτηρίων.[4]



Εικόνες 3.8, 3.9: Χρήση του συστήματος Hamawari σε οικιακό περιβάλλον και πολλαπλοί συλλέκτες Hamawari στην οροφή κτηρίου.

3.3.2 ΥΒΡΙΔΙΚΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ HSL 3000

Με παρόμοια λογική, δημιουργήθηκε το φωτιστικό σύστημα HSL 3000 το οποίο μπορεί να εξοικονομήσει εκατομμύρια ευρώ σε ενεργειακά κόστη και να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα ζωής. Το νέο σύστημα ονομάζεται υβριδικός ηλιακός φωτισμός και έχει ήδη χρησιμοποιηθεί σε ορισμένα κτήρια μεταξύ των οποίων είναι το American Museum of Science and Energy, Oak Ridge και το Tennessee.

Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα HSL 3000 αποτελείται από ένα πρωτεύον κάτοπτρο διαμέτρου 48 ιντσών το οποίο συγκεντρώνει το φως σε ένα δευτερεύον κάτοπτρο. Το δευτερεύον κάτοπτρο αποκόπτει την υπεριώδη και υπέ-

ρυθρή ακτινοβολία. Αποκόπτοντας την υπέρυθη ακτινοβολία μειώνεται σημαντικά η θερμότητα που μεταφέρεται στις οπτικές ίνες. Έπειτα, το ορατό φως εστιάζεται σε έναν δέκτη που αποτελείται από οπτικές ίνες, οι οποίες οδηγούν το φως στο εσωτερικό του κτηρίου. Μόνο δύο οπτικές ίνες είναι ικανές να μεταφέρουν φως που είναι ισοδύναμο με μια λάμπα των 60 watt ενώ το κάθε καλώδιο αποτελείται από 127 οπτικές ίνες. Για την σωστή διανομή του φωτός οι οπτικές ίνες ακολουθούν τις χαραγμένες διαδρομές όπως τα καλώδια ηλεκτρισμού σε ένα συμβατικό κτήριο. Έτσι, οι οπτικές ίνες κατάλληγουν σε φωτιστικά σώματα τα οποία με την σειρά τους διανέμουν το φως στους εσωτερικούς χώρους.

Επιπλέον, το σύστημα περιλαμβάνει μηχανισμό για τον εντοπισμό του ηλίου, ο οποίος αποτελείται από δύο κινητήρες οι οποίοι ελέγχονται από έναν μικροεπεξεργαστή με GPS. Το GPS υπολογίζει την ακριβή θέση του ηλίου με ακρίβεια μίας μοίρας. Έτσι το φως που μπαίνει στις οπτικές ίνες έχει τη μέγιστη απόδοση.



Εικόνα 3.10: Υβριδικός ηλιακός φωτισμός HSL 3000

Στην περίπτωση που ο καιρός δεν είναι φωτεινός μπαίνει η ιδέα του υβριδικού συστήματος. Τα lighting fixtures αναμειγνύουν το ηλιακό φως με τεχνητό από λάμπες φθορισμού ή πυρακτώσεως και έτσι δημιουργείται ένας υβριδικός γραμμικός αισθητήρας φωτός που ελέγχει την ένταση και την αναλογία φυσικού-τεχνητού φωτός έτσι ώστε να διατηρείται στα επιθυμητά επίπεδα η φωτεινότητα του χώρου.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του υβριδικού ηλιακού φωτισμού είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και η μείωση του οικονομικού κόστους αφού για την λειτουργία του απαιτεί μόνο μια μπαταρία 9 volt ανά βδομάδα, για να ηλεκτροδοτήσει το σύστημα εντοπισμού του ηλίου. Έτσι, για οικιακή χρήση, το σύστημα αυτό μπορεί να μειώσει τον λογαριασμό έως 60%.

Υπάρχουν ωστόσο και περιορισμοί στη χρήση αυτής της τεχνολογίας. Ο κύριος περιορισμός προς το παρόν είναι οι ίδιες οι οπτικές ίνες. Οι γυάλινες

Οπτικές ίνες είναι υψηλού κόστους με αποτέλεσμα να αυξάνουν σημαντικά την τελική τιμή. Αντίθετα, οι πλαστικές οπτικές ίνες είναι χαμηλού κόστους και χαμηλής μετάδοσης. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για απόσταση 30 - 50 ποδιών από τον συλλέκτη. Αυτός ο περιορισμός θα μπορούσε να αντιμετωπισθεί αν επικεντρωθούμε μόνο στους υψηλότερους ορόφους του κτηρίου, όπου η απόσταση από τον συλλέκτη είναι σχετικά μικρή.

Συμπερασματικά λοιπόν, πρόκειται για μια εξαιρετικά ενδιαφέρουσα τεχνολογία με σημαντικά οφέλη για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Αν και μέχρι σήμερα ο βασικός περιορισμός παραμένει το κόστος, τα επόμενα χρόνια αναμένεται σημαντική μείωση (ώστε να μην ξεπερνούν τα 10.000 δολάρια) με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η ευρύτερη εφαρμογή τους.[17]

3.3 ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

Ένα τυπικό σύστημα τεχνητού φωτισμού με οπτικές ίνες παρουσιάζεται στις εικόνες 3.11 και 3.12. Το όλο σύστημα αποτελείται από τρία κύρια μέρη τα οποία περιλαμβάνουν:

1. Τη φωτεινή πηγή τροφοδοσίας (Illuminator)
2. Το σύστημα μετάδοσης του φωτισμού με τις οπτικές ίνες (το οποίο θα πρέπει να είναι συμβατό με την φωτεινή πηγή και τον εξοπλισμό της)
3. Τερματικά φωτιστικά σώματα (σταθερά, κινητά, διακοσμητικά)[7]



Εικόνες 3.11, 3.12: Σύστημα φωτισμού και τρόπος εγκατάστασης του στην κατασκευή [7]

3.3.1 ΦΩΤΕΙΝΗ ΠΗΓΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ (ILLUMINATOR)

Η συσκευή είναι φτιαγμένη από αλουμίνιο και εξοπλισμένη με σύστημα απαγωγής της θερμοκρασίας, ανεμιστήρα, ασφάλεια, θερμική προστασία, κατοπτρικό ανακλαστήρα, φίλτρα, δίσκο εναλλαγής χρωμάτων, σύστημα αυξομείωσης της έντασης φωτισμού, κλπ.



Εικόνα: 3.14 Φωτεινή πηγή τροφοδοσίας [8]

Στην εικόνα 3.14 παρουσιάζονται διάφορα είδη συσκευών που διατίθενται στο εμπόριο. Ο λαμπτήρας τους ποικίλει ανάλογα με την επιθυμητή λύση φωτισμού δηλαδή με το τι θέλουμε να φωτίσουμε, με το πώς θέλουμε να το φωτίσουμε, με το πόσα φωτιστικά σημεία επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε κοκ. Τέλος, η συσκευή φωτισμού θα πρέπει να τοποθετείται σε μέρος που να είναι εύκολα επισκέψιμο και να αερίζεται επαρκώς. (Βλέπε εικόνα 3.12) [8]

3.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

Το σύστημα μετάδοσης φωτισμού αποτελείται από μια δεσμίδα οπτικών ινών που προσαρμόζεται κατάλληλα στην συσκευή φωτισμού για να μεταφέρει το φως στο σημείο που επιθυμούμε και με τον τρόπο που επιθυμούμε. Οι οπτικές ίνες χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με τρόπο φωτισμού και το υλικό κατασκευής τους.

Πρώτον, ανάλογα με τον τρόπο φωτισμού οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε:

α) Οπτικές ίνες σημειακού φωτισμού

Στην περίπτωση αυτή το φως εισέρχεται από την συσκευή στην ίνα και εξέρχεται κατευθυνόμενο σαν σποτ από το τέλος της ίνας. Αυτές οι οπτικές ίνες είναι καλυμμένες με αδιαφανές υλικό και καταλήγουν σε κάποιο φακό ή κάποιο φωτιστικό.



Εικόνα: 3.15 Οπτικές ίνες σημειακού φωτισμού

β) Οπτικές ίνες πλάγιου φωτισμού

Αντίθετα στην περίπτωση αυτή, το φως εισέρχεται από την συσκευή στην ίνα και εξέρχεται συνεχώς από τα τοιχώματα σε όλο το μήκος της ίνας. Αυτές οι

ΟΠΤΙΚΕΣ ίνες επικαλύπτονται από διάφανο υλικό διότι ο σκοπός είναι να μη παγιδεύουν πλήρως τις συνεχείς ανακλάσεις αλλά να διαφεύγει κάποιο φως και να φωτίζει όλο το μήκος τους.



Εικόνα: 3.16 Οπτικές ίνες πλάγιου φωτισμού

Σε αυτή την περίπτωση μάλιστα το τέλος της ίνας μπορεί να είναι ελεύθερο ή να επιστρέφει και να ξαναενώνεται στην συσκευή φωτισμού (να έχουμε δηλαδή εισαγωγή φωτός και από τα δύο άκρα της οπτικής ίνας από την ίδια συσκευή).

Επίσης, το τέλος της οπτικής ίνας μπορεί να καταλήγει και να δέχεται φως από μια δεύτερη συσκευή φωτισμού επιτυγχάνοντας έτσι τον διπλασιασμό του μήκους της (εισαγωγή φωτός από δύο συσκευές και από τα δύο άκρα της ίνας σε διπλάσιου μήκους συνεχή οπτική ίνα). Το μήκος των οπτικών ινών που δίνεται από τους κατασκευαστές ποικίλει, ανάλογα με την ποιότητα, το υλικό και τον τρόπο που είναι κατασκευασμένες.

Δεύτερον, ανάλογα με το υλικό που είναι κατασκευασμένες οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε:

α) Πλαστικές οπτικές ίνες

Κατασκευάζονται από το πολυμερές μεθακρυλικού μεθυλεστέρα (PMMA), το οποίο έχει ως πιο γνωστή εμπορική ονομασία «Plexiglass» (Εικ. 3.17) και ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους τις διακρίνουμε σε τρία είδη:

■ Συμπαγής οπτικές ίνες (Solidcore)

Οι συμπαγής οπτικές ίνες είναι σχετικά χονδρές (Φ 6-15 mm) κατασκευάζονται από συνθετικό πυρήνα με διάφανο κάλυμμα για συνεχές πλάγιο φως ή μαύρο κάλυμμα για σημειακό φωτισμό.

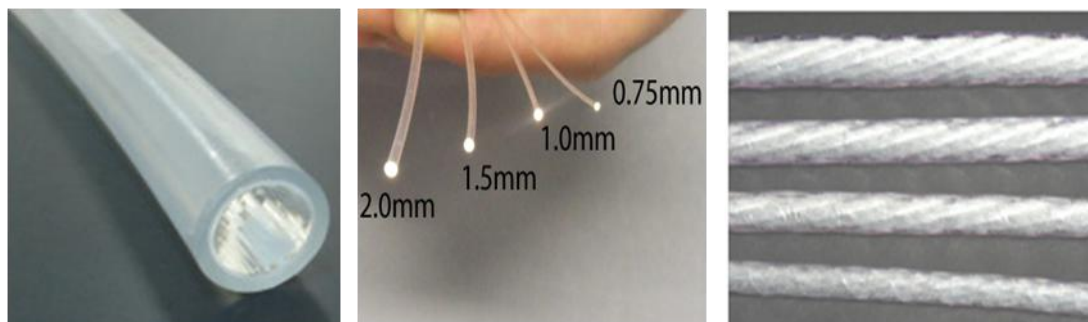
Ειδικής κατασκευής συμπαγείς οπτικές ίνες (UV protect) πρέπει να χρησιμοποιούνται σε εξωτερικούς και σε εσωτερικούς χώρους σε περίπτωση που είναι εκτεθειμένες στον ήλιο.

■ Μονές οπτικές ίνες (Mono)

Οι μονές οπτικές ίνες είναι σχετικά λεπτές (Φ 0,75-2 mm), είτε γυμνές, είτε προστατευμένες με μαύρο κάλυμμα για επίτευξη διακοσμητικών σημειακών εφέ (πχ. έναστρος ουρανός)

■ Περιπλεγμένες οπτικές ίνες (Multisint stranded)

Οι περιπλεγμένες οπτικές ίνες αποτελούνται από μερικές μονές ίνες καλυμμένες με διαφανές υλικό για συνεχές διακοσμητικό πλάγιο φως.



Εικόνα 3.17: Συμπαγής, Μονές και Περιπλεγμένες οπτικές ίνες

β) Υάλινες οπτικές ίνες

Κατασκευάζονται από εξαιρετικά καθαρό γυαλί με διάμετρο εξαιρετικά λεπτή. Ακολούθως, οι πολύ λεπτές ίνες γίνονται δέσμες ινών διαφορετικών διαμετρημάτων τα οποία με την σειρά τους περιβάλλονται με μαύρο PVC κάλυμμα για να μπορεί να μεταφερθεί το φως στην άλλη άκρη τους και να εξασφαλισθεί η μεγαλύτερη ελαστικότητα και η καλύτερη προστασία των οπτικών ινών.

Τα καλώδια αυτά στην μία άκρη τους ενώνονται όλα μαζί σε έναν κοινό σύνδεσμο (κονέκτορα) που προσαρμόζεται στην συσκευή φωτισμού. Η άλλη άκρη τους καταλήγει ξεχωριστά σε κάποιο τερματικό φωτιστικό. Φυσικά ο συνολικός αριθμός των «καλωδίων» ποικίλει ανάλογα με το διαμέτρημά τους, τα επιθυμητά σημεία φωτισμού, το μέγεθος του συνδέσμου (κονέκτορα), τις φωτιστικές δυνατότητες της συσκευής κλπ.

Οι υάλινες οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται κυρίως για σημειακό φωτισμό σε ένα ή περισσότερα σημεία, σε σχετικά μικρές αποστάσεις (1-10 μέτρα). Παρουσιάζουν ελάχιστες απώλειες φωτός, υψηλή αγωγιμότητα του φωτεινού σήματος και παραμένουν αναλλοίωτες στον χρόνο. Σε αυτό οφείλεται και η υψηλή τιμή τους σε σχέση με τις πλαστικές οπτικές ίνες. Τέλος, το σύστημα απαιτείται ειδική φωτιστική συσκευή προορισμένη για υάλινες οπτικές ίνες.



Εικόνα 3.18: Υάλινες οπτικές ίνες και οπτικές ίνες side-glow με διαφανές και χρωματιστό περίβλημα από PVC [15]

Ενδιαφέρουσα παραλλαγή των υάλινων ινών είναι οι ίνες SIDE-GLOW όπου το περίβλημα από PVC είναι διαφανές επιτρέποντας πλάγιο φωτισμό σε διάφορα σημεία της ίνας. Οι ίνες αυτές χρησιμοποιούνται για κατασκευή πολυελαίων, φωτεινών κουρτινών κλπ με πολύ εντυπωσιακά αποτελέσματα.

3.3.3 ΤΕΡΜΑΤΙΚΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ (FIBER OPTICS FIXTURES)

Είναι η κατάληξη των υάλινων οπτικών ινών (σημειακού φωτισμού) και υπάρχει τεράστια ποικιλία. Πρόκειται για φωτιστικά σώματα που είναι πραγματικές μινιατούρες συγκρινόμενα ακόμη και με τα μικρότερα συμβατικά φωτιστικά. Και είναι επόμενο αφού δεν υπάρχει ούτε ντουϊ, ούτε λαμπτήρας που όσο μικρά και αν είναι καταλαμβάνουν κάποιο χώρο. Είναι ότι μικρότερο μπορούμε να έχουμε σήμερα σε φωτιστικό σώμα. Το άκρον άωτον του μινιμαλισμού στα φωτιστικά.





Εικόνα 3.19: Τερματικά φωτιστικά διαφόρων ειδών [9,10,14]

Στην εικόνα 3.19 διακρίνουμε σποτς σταθερά ή κινητά-περιστρεφόμενα, διακοσμητικά σπότς όπου το φως διοχετεύεται μέσα σε μικρό διαμαντένιο κρύσταλλο για εντυπωσιακά εφέ, σποτς για πισίνες, σπα κ.τ.λ. καθώς και κομψότατα φωτιστικά εξωτερικών χώρων. [9,10,14]

3.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Ο πραγματικός λόγος που οι οπτικές ίνες προσελκύουν όλο και μεγαλύτερο ποσοστό του αγοραστικού κοινού οφείλεται κυρίως στα σημαντικά πλεονεκτήματα που εμφανίζουν. Τα συστήματα φωτισμού μέσω οπτικών ινών προσφέρουν εξαιρετικές δυνατότητες για υλοποίηση σχεδιασμών που θα παρέμειναν στη σφαίρα της φαντασίας με συμβατικά συστήματα φωτισμού. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι πολλά και σημαντικά και πολλοί υποστηρίζουν ότι πρόκειται για το σύστημα φωτισμού του μέλλοντος.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων φωτισμού μέσω οπτικών ινών είναι η δυνατότητα διαμελισμού μιας φωτεινής πηγής σε μεγάλο αριθμό φωτεινών σημείων που λειτουργώντας ως δευτερεύουσες φωτεινές πηγές παρέχουν τον κατάλληλο φωτισμό σε ένα αντικείμενο, σε ένα χώρο ή δημιουργούν ενδιαφέροντα διακοσμητικά οπτικά εφέ. Η ταυτόχρονη μεταφορά του φωτός σε πολλά σημεία από μια μόνο φωτεινή πηγή η οποία μπορεί να βρίσκεται σε προσιτή θέση κάνει δυνατή την υλοποίηση σχεδιασμών φωτισμού που θα παρέμειναν ανεκπλήρωτοι με συμβατικές μεθόδους εξαιτίας τόσο των τεχνικών δυσκολιών όσο και του υψηλού κόστους συντήρησης μιας τέτοιας εγκατάστασης.

Επίσης, το κόστος εγκατάστασης, συντήρησης και λειτουργίας τους (για τις πλαστικές οπτικές ίνες) είναι ιδιαίτερα χαμηλό. Οι ίδιες οι οπτικές ίνες έχουν εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής, όπως μεγάλη διάρκεια ζωής έχουν και οι περισσότεροι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται σήμερα στα συστήματα αυτά.

Ταυτόχρονα, έχουν άριστη χρωματική απόδοση, δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης φωτισμού, εναλλαγή χρωμάτων και δυνατότητα δημιουργίας οπτικών εφέ φωτισμού.

Από αρχιτεκτονική άποψη, υπάρχει δυνατότητα ενσωμάτωσης της οπτικής ίνας σε δομικά υλικά και στην αρχιτεκτονική ενός κτιρίου ή ενός χώρου, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ελάχιστη δυνατή μορφολογική παρέμβαση.

Επιπλέον, η χρήση των συστημάτων φωτισμού μέσω οπτικών ινών προσφέρει την δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτός καθιστώντας το χώρο πολύ πιο φυσικό και ανθρώπινο ενώ παράλληλα εξοικονομούνται τεράστια ποσά ενέργειας και μειώνεται σημαντικά το οικονομικό κόστος.

Τέλος, το σημαντικότερο πλεονέκτημα που εμφανίζουν οφείλεται κυρίως στην απουσία ηλεκτρικού ρεύματος. Στο τερματικό τους δεν υπάρχει ούτε ηλεκτρισμός, ούτε θερμοκρασία, ούτε υπεριώδης και υπέρυθρη ακτινοβολία, συνεπώς είναι απόλυτα ασφαλής και μπορούν να έλθουν σε επαφή με νερό, γκάζι, εύφλεκτα υλικά κ.α. αποτελώντας έτσι τη μοναδική λύση σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών.[11,12,13,17]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται και αναλύονται οι εφαρμογές συστημάτων φωτισμού μέσω οπτικών ινών σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους κτιρίων καθώς και ειδικές εφαρμογές τους, όπως ο φωτισμός προθηκών μουσείων. Τέλος, γίνεται αναφορά σε συγκεκριμένα κτίρια τα οποία χρησιμοποιούν συστήματα οπτικών ινών και εντυπωσιάζουν τόσο από άποψη αισθητικής όσο και από άποψη τεχνολογίας.

4.2 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

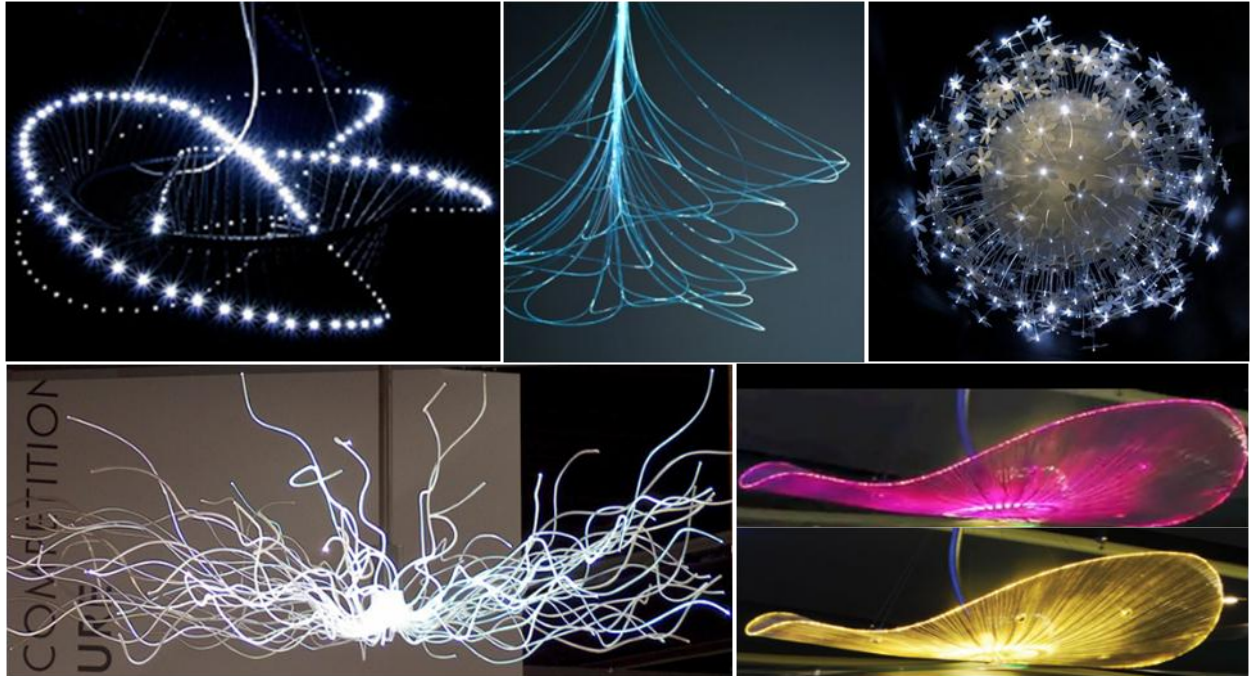
Ο εσωτερικός φωτισμός κατέχει κεντρικό ρόλο στην αρχιτεκτονική διαμόρφωση των χώρων ενός κτιρίου καθώς μπορεί να μεταβάλλει την εικόνα ενός χώρου προβάλλοντας τα προνόμιά του και αποκρύβοντας τυχόν δυσμορφίες ή αστοχίες. Ως δομικό στοιχείο που συμπληρώνει την εικόνα του χώρου, θα πρέπει να είναι λειτουργικός και ευέλικτος εξασφαλίζοντας την ασφαλή δράση και παραμονή και αναδεικνύοντας τις διαφορετικές λειτουργίες του χώρου.

Επιπλέον, θα πρέπει να ακολουθεί και να τονίζει τα ιδιαίτερα στοιχεία της διακόσμησης και να συμπληρώνει αρμονικά το ύφος και τους στόχους που έχει θέσει ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να αποδίδεται στη σχέση μεταξύ των διαφορετικών χώρων του κτιρίου ώστε να αποτελούν ένα ενιαίο σύνολο και να είναι ομαλή η μετάβαση μεταξύ τους.

Η επιτυχία του σχεδιασμού αξιολογείται με βάση την ικανοποίηση πρακτικών και λειτουργικών κριτηρίων. Φυσικά, λόγω της πολυπλοκότητας των σύγχρονων κατασκευών και των πολλαπλών χρήσεων των χώρων, ο σχεδιασμός ενός σωστού φωτισμού καθίσταται μια δύσκολη υπόθεση για τον μελετητή φωτισμού και απαιτεί συγκεκριμένες μεθόδους και προηγμένα συστήματα φωτισμού.

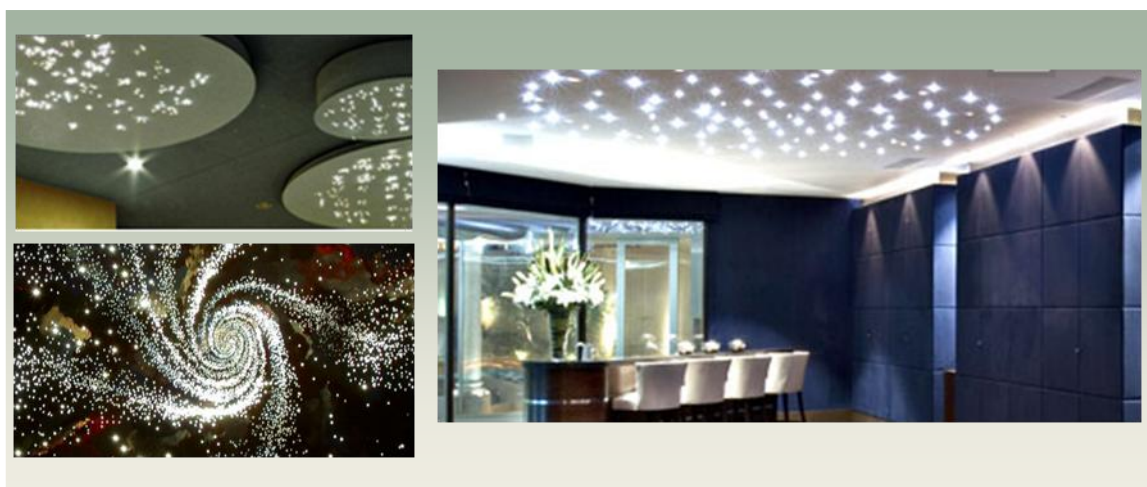
Μια πρωτοποριακή λύση στο χώρο του αρχιτεκτονικού φωτισμού αποτελούν τα συστήματα φωτισμού μέσω οπτικών ινών, τα οποία προσφέρουν απίστευτες δυνατότητες προσαρμογής, επιτρέποντας ταυτόχρονα την δημιουργία αλληλεπιδραστικών και δυναμικών σχεδιασμών φωτισμού. Επιπλέον, οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν εξαιρετικά μεγάλες ποσότητες φωτισμού να εκπέμπονται μέσω συστημάτων οπτικών ινών. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα συστήματα αυτά, οδήγησε στην καθολική χρήση τους σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών.

Τα συστήματα οπτικών ινών προσφέρουν απίστευτη ποικιλία δυνατοτήτων για μοντέρνο φωτισμό χώρων. Την πιο απλή εφαρμογή τους, αποτελούν τα τερματικά φωτιστικά σώματα εσωτερικών χώρων, στα οποία ο σχεδιασμός, η λειτουργικότητα αλλά και η αισθητική είναι πραγματικά εντυπωσιακή. Ορισμένα από τα φωτιστικά αυτά παρουσιάζονται στις εικόνες που ακολουθούν.



Εικόνες 4.1-4.2-4.3-4.4-4.5: Τερματικά φωτιστικά σώματα οπτικών ινών [15,16,17,18]

Η δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης φωτισμού, η δημιουργία ειδικών οπτικών εφέ φωτισμού καθώς και η δυνατότητα επιλογής γραμμικού ή σημειακού φωτισμού αποτελούν σημαντικά πλεονεκτήματα των συστημάτων αυτών. Χαρακτηριστικές εφαρμογές αποτελούν ο έναστρος ουρανός και οι κουρτίνες οπτικών ινών.



Εικόνες 4.6-4.7-4.8: Έναστρος ουρανός [19,23]



Εικόνες 4.9-4.10-4.11-4.12: Κουρτίνες οπτικών ινών [13,15,20,21]

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά των οπτικών ινών είναι το γεγονός ότι διαπερνώνται από φως και όχι από ηλεκτρικό ρεύμα. Έτσι, η χρήση τους ενδείκνυται ιδιαίτερα σε χώρους όπως το μπάνιο ή η κουζίνα, λόγω της ικανότητάς τους να απομονώνουν το αποτέλεσμα του φωτισμού από την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, ανταποκρινόμενες κατά αυτόν τον τρόπο στις ιδιαίτερες απαιτήσεις ασφαλείας των συγκεκριμένων χώρων.



Εικόνες 4.13 -4.14 -4.15: Χρήση οπτικών ινών στο χώρο του μπάνιου [15,25]

Γενικά, τα συστήματα οπτικών ινών μπορούν να ενσωματωθούν σε οποιοδήποτε χώρο ή κατασκευή αλλάζοντας ριζικά την αισθητική, την λειτουργικότητα και την δυναμική του περιβάλλοντα χώρου. Επιπλέον εφαρμογές αποτελούν ο φωτισμός δαπέδων, τοίχων, υπνοδωματίων, γραφείων, σκάλας, σάουνας, τζακούζι κ.α.



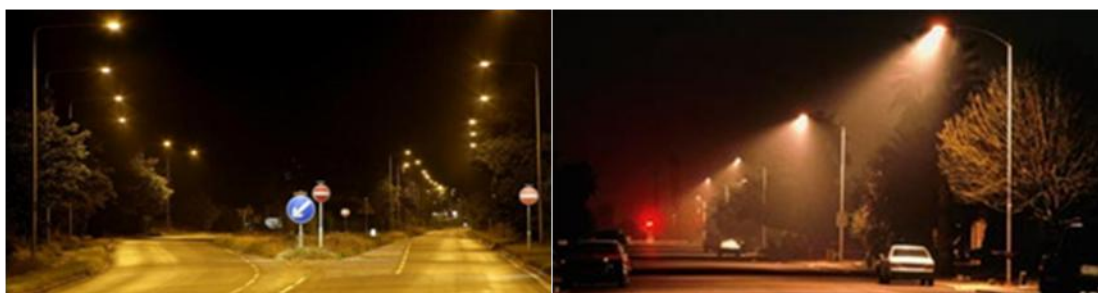
Εικόνες 4.16 -4.17- 4.18 - 4.19: Επιπλέον εφαρμογές οπτικών ινών σε δάπεδο, σκάλες, τοίχους και υπνοδωμάτιο [22,23,24]

Το πιο σημαντικό όμως πλεονέκτημα, από αρχιτεκτονική άποψη, των συστημάτων αυτών είναι η δυνατότητα ενσωμάτωσης της οπτικής ίνας σε δομικά υλικά και στην αρχιτεκτονική ενός κτιρίου/χώρου ώστε να εξασφαλιστεί η ελάχιστη δυνατή μορφολογική παρέμβαση. Το χαρακτηριστικό αυτό, είναι εξαιρετικά χρήσιμο και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για εφαρμογές φωτισμού ιστορικών κτιρίων και χώρων στα οποία απαιτείται μηδενική μορφολογική παρέμβαση. Φυσικά, σε κάθε εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων απαιτείται ξεχωριστή μελέτη και είναι ευθύνη του μελετητή φωτισμού σε συνεργασία με τον αρχιτέκτονα να προδιαγράψει με σαφήνεια και λεπτομέρεια τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του έργου πριν η μελέτη παραδοθεί στον κατάσκευαστή για την υλοποίηση της.

Στη περίπτωση χρησιμοποίησης οπτικών ινών για το γενικό φωτισμό ενός χώρου θα πρέπει να εκπονείται ειδική μελέτη και να καθορίζονται με σαφήνεια κάποιοι παράμετροι όπως ο αναγκαίος χώρος για να περάσουν οι δέσμες των ινών, το ίδιο το μέγεθος των δεσμών για την παροχή ικανοποιητικών επιπέδων φωτισμού και ο ακριβής έλεγχος της εκπεμπόμενης φωτεινής δέσμης.[14]

4.3 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Παλαιότερα, ο εξωτερικός φωτισμός αντιμετωπιζόταν αποκλειστικά ως υποκατάστατο του φυσικού φωτός τις νυκτερινές ώρες, δηλαδή μόνο ως μια βασική τεχνολογία που εξασφαλίζει ικανοποιητικά επίπεδα ορατότητας. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να είναι ομοιόμορφος, στατικός, να σπαταλά υπερβολική ενέργεια, να προκαλεί φωτορύπανση και προσβάλλει την αισθητική εικόνα των εξωτερικών χώρων και κτιρίων. Επιπλέον, δημιουργούσε αρνητικά συναισθήματα, επηρέαζε την ψυχολογία των ανθρώπων και οδηγούσε στην περαιτέρω υποβάθμιση του τοπίου.



Εικόνες 4.20-4.21: Φωτισμός οδικού δικτύου και φωτισμός δρόμων στις πόλεις [6,7]

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη, τι σημασία και τον ρόλο που έχει ο φωτισμός στην διαμόρφωση του σύγχρονου νυκτερινού τοπίου, ο σχεδιασμός καθώς και η υλοποίηση του οδηγούνται πλέον σε νέες βάσεις. Αρχικά, ο εξωτερικός φωτισμός θα πρέπει να είναι λειτουργικός και ευελικτος. Συνεπώς, θα πρέπει να εξασφαλίζει άριστες συνθήκες για την ασφαλή και άνετη κίνηση, παραμονή και δραστηριότητα στους εξωτερικούς χώρους και ταυτόχρονα να μπορεί να ανταποκρίνεται τόσο στις διαφορετικές χρήσεις των χώρων όσο και στις διαφορετικές ανάγκες και διαθέσεις εκείνων που τους χρησιμοποιούν.

Εξίσου σημαντική, είναι και η δυνατότητα ο φωτισμός να λειτουργεί αρμονικά με την αρχιτεκτονική τοπίου, να αναδεικνύει τις ιδιαιτεροτητες του εξωτερικού χώρου καθώς και να δημιουργεί μια συνολικά ενδιαφέρουσα εικόνα που να χαρακτηρίζεται από συνοχή.

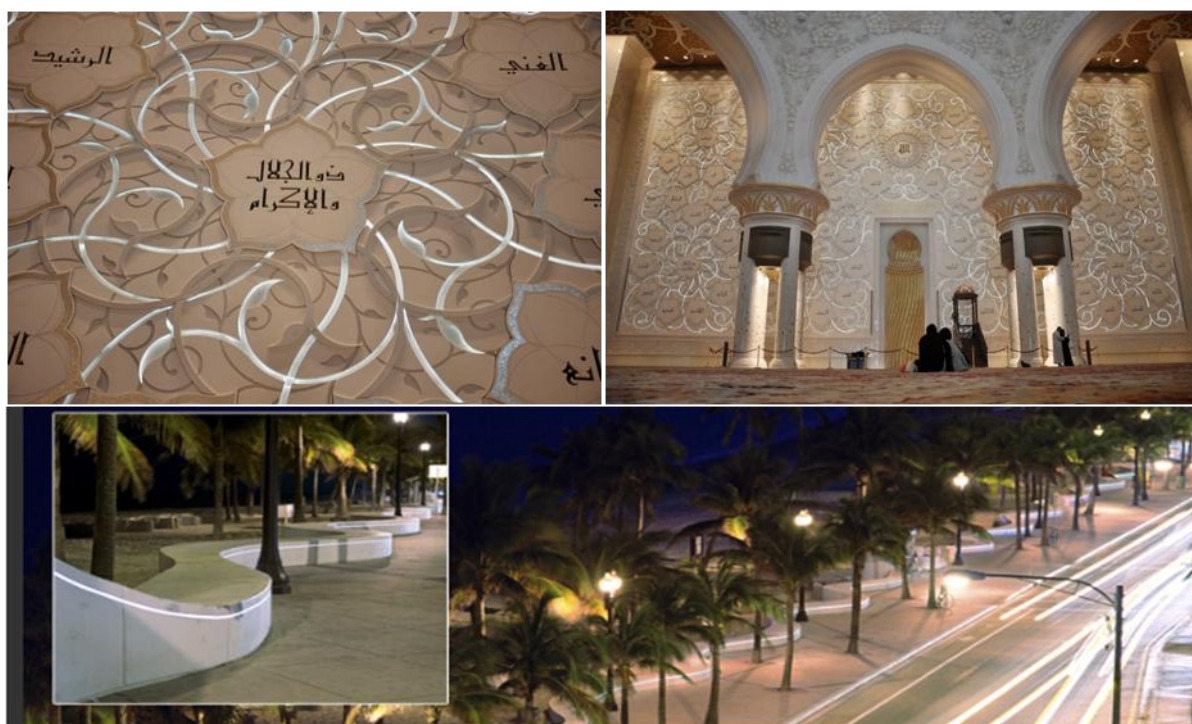


Εικόνες 4.22 - 4.23: Φωτισμός εξωτερικών χώρων με συστήματα οπτικών ινών [13]

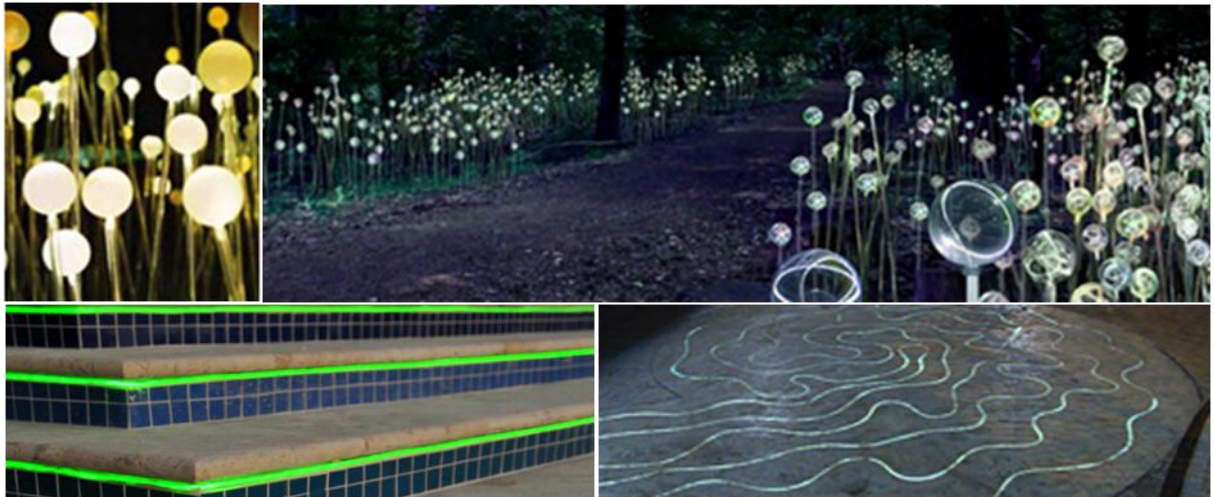
Έτσι, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται η ύπαρξη έντονου ενδιαφέροντος για την ποιότητα των εξωτερικών χώρων με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται και να εξελίσσονται νέα συστήματα φωτισμού τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ποικίλους τρόπους.

Οι νέες τεχνολογικές δυνατότητες φωτισμού με συστήματα οπτικών ινών συνιστούν απaráμιλλο τρόπο φωταγώγησης του εξωτερικού περιβάλλοντος με συναρπαστικό και πρακτικό τρόπο. Διαθέτουν εξαιρετικές δυνατότητες προσαρμογής, επιτρέποντας πλέον την υλοποίηση σχεδόν κάθε ιδέας και πρότασης για δημιουργικό φωτισμό εξωτερικών χώρων. Έτσι, οι σχεδιαστές φωτισμού απομακρύνονται από τον στατικό φωτισμό του παρελθόντος και να δημιουργούν ευπροσάρμοστη ατμόσφαιρα που θα μπορούσε να αλλάζει ανάλογα με τον καιρό ή την εποχή.

Επίσης, τα συστήματα αυτά προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα όσον αφορά τη συντήρηση και την αντοχή τους σε αντίξοες κλιματολογικές συνθήκες (ακραίες διακυμάνσεις θερμοκρασίας, υγρασία, ξηρασία) και αποτελούν την ιδανική λύση για πολλές εφαρμογές αρχιτεκτονικού φωτισμού εξωτερικών χώρων όπως για παράδειγμα ο ορισμός του περιγράμματος κτιρίων, ο φωτισμός δημόσιων χώρων, κήπων, τοίχων και δαπέδων.

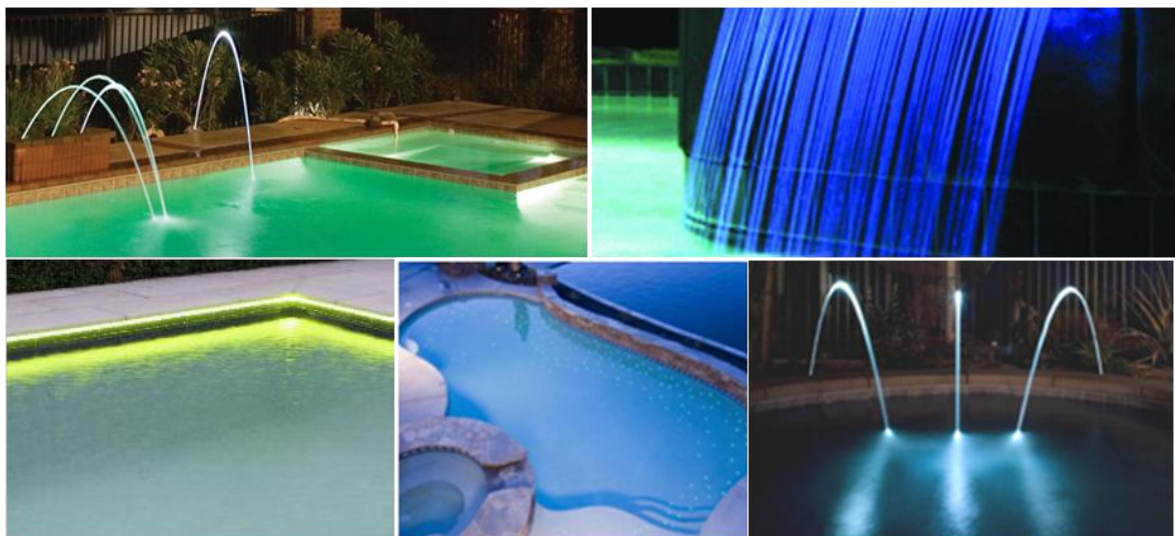


Εικόνες 4.24-4.25-4.26: Ο εξωτερικός τοίχος με φωτισμό οπτικών ινών του θαυμάσιου Μουσουλμανικού τεμένους στο Άμπου Ντάμπι και φωτισμός περιγράμματος πάρκου [8,15]



Εικόνες 4.27-4.28-4.29-4.30: Φωτισμός κήπων, δαπέδων και εξωτερικής σκάλας μέσω των συστημάτων οπτικών ινών [9,10,33,34]

Επιπλέον, η απουσία ηλεκτρικού ρεύματος παρέχει απόλυτη στεγανότητα στην οπτική ίνα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια και στο φωτισμό πισινών, σιντριβανιών, καταρρακτών, κολυμβητικών δεξαμενών και ενυδρείων. Ορισμένες από τις εφαρμογές αυτές παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνες 4.31-4.32-4.33-4.34-4.35: Φωτισμός πισινών μέσω των συστημάτων οπτικών ινών [11,12]

Στην πραγματικότητα, πολύ λίγες από τις πραγματικές δυνατότητες των νέων αυτών τεχνολογιών έχουν κατανοηθεί και εφαρμοσθεί στη χώρα μας σε δημοσίους χώρους μέχρι σήμερα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται οι ενεργοβόρες τεχνολογίες του παρελθόντος. Αυτό δυστυχώς έχει ως αποτέλεσμα, οι ρυθμοί μετάβασης στις νέες τεχνολογίες είναι να είναι εξαιρετικά αργοί και η υφιστάμενη δυσχερής οικονομική κατάσταση της χώρας θα έχει ως αποτέλεσμα την περαιτέρω καθυστέρηση.[5]

4.4 ΠΡΟΘΗΚΕΣ ΜΟΥΣΕΙΩΝ

Ο σχεδιασμός του φωτισμού στις προθήκες μουσείων οφείλει πρωταρχικά να σέβεται την ανάγκη για την προστασία των εκθεμάτων από τις καταστροφικές ιδιότητες της ακτινοβολίας σε όλα τα μήκη κύματος. Στα ιδιαίτερα ευπαθή εκθέματα από οργανική ύλη, η έκθεση τους ακόμα και στην ορατή ακτινοβολία επιταχύνει την αποδόμησή τους. Η καταστροφή μπορεί να περιοριστεί μόνο με τον έλεγχο του χρόνου έκθεσης του αντικειμένου στην ακτινοβολία καθώς και με την χρήση των κατάλληλων συστημάτων φωτισμού.

Τα τελευταία χρόνια, ο φωτισμός προθηκών μουσείων γίνεται αποκλειστικά με την χρήση συστημάτων οπτικών ινών. Το σημαντικό πλεονέκτημα που προσφέρουν τα συστήματα αυτά, είναι το αποτελεσματικό φιλτράρισμα της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) και ο περιορισμός της υπέρυθρης (IR) που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της εκπομπής θερμότητας στο χώρο της προθήκης. Επίσης, επιτρέπει την τοποθέτηση της φωτεινής πηγής σε μακρινή απόσταση από την προθήκη, κάτι που διευκολύνει την αποτελεσματική συντήρηση της εγκατάστασης και ασφάλεια των εκθεμάτων.



Εικόνες 4.36-4.37-4.38: Χρήση οπτικών ινών σε προθήκες μουσείων [1]

Επιπλέον, το εξαιρετικά μικρό μέγεθος των οπτικών ινών κάνει εύκολη την διακριτική ενσωμάτωσή τους στο σώμα της προθήκης. Τα χαρακτηριστικά

αυτά, είναι εξαιρετικά χρήσιμα για το φωτισμό προθηκών σε μουσεία, όπου απαιτούνται χαμηλά επίπεδα φωτισμού (από 50 έως 200 lux) από πολύ κοντινές αποστάσεις, (συχνά κοντινότερες των 600 χιλιοστών) εξαιτίας των περιορισμένων διαστάσεων της προθήκης. Στη περίπτωση αυτή, οι οπτικές ίνες φωτισμού είναι ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο ειδικά εάν ληφθεί υπόψη ότι μια συμβατική φωτεινή πηγή για παράδειγμα ένας λαμπτήρας αλογόνου ακόμα και 20W είναι δυνατό να δώσει αρκετές εκατοντάδες lux σε αυτή την απόσταση.

Εξίσου όμως σημαντική, είναι και η δυνατότητα χρησιμοποίησης διαφόρων εξαρτημάτων στα τελικά σημεία εκπομπής του φωτός όπως φακών, φίλτρων, εξαρτημάτων διάχυσης του φωτός κλπ. Αυτό εξασφαλίζει ευελιξία στο σχεδιασμό του φωτισμού της προθήκης, όταν τα εκθέματα αλλάζουν. [3,4]



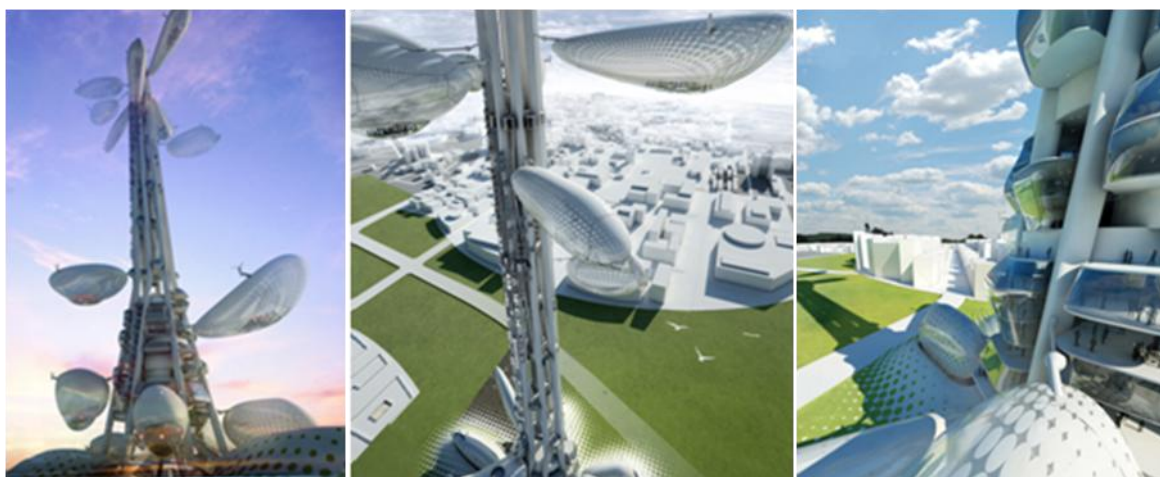
Εικόνα 4.39: Φωτισμός προθηκών στο μουσείο Ηρακλειδών στην Αθήνα [2]

4.5 ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Οι ειδικές εφαρμογές περιλαμβάνουν συγκεκριμένα κτίρια και κατασκευές τα οποία έχουν ενσωματώσει συστήματα φωτισμού μέσω οπτικών ινών. Τα περισσότερα από αυτά χρησιμοποιούν τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον και εντυπωσιάζουν τόσο από αισθητική όσο και από τεχνολογική πλευρά.

4.5.1 Ο ΠΥΡΓΟΣ ΤΗΣ ΤΑΪΒΑΝ

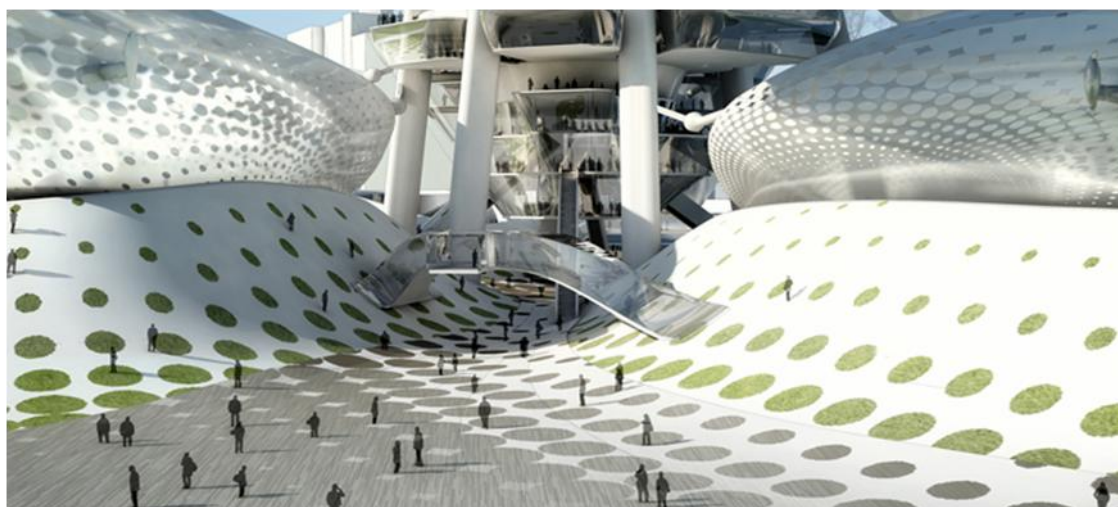
Η τρίτη μεγαλύτερη πόλη της Ταϊβάν, η Ταϊτσούνγκ, θα αποκτήσει σύντομα ένα κτήριο ορόσημο, που όμοιό του, όπως λένε οι εμπνευστές του, δεν έχει κατασκευαστεί ποτέ. Ο τίτλος του κατασκευαστικού τους οράματος είναι «Πλωτά παρατηρητήρια» και έχει σχεδιαστεί από μια ομάδα αρχιτεκτόνων με έδρα τη Ρουμανία και συγκεκριμένα με επικεφαλή τον αρχιτέκτονα Στέφαν Ντόριν, ο οποίος κέρδισε το πρώτο βραβείο στον διεθνή διαγωνισμό που διενεργήθηκε για τα εκατό χρόνια από την ίδρυση της Ταϊβάν.



Εικόνες 4.40-4.41-4.42: Ο πύργος της Ταϊβάν [27]

Ο αρχιτέκτονας εμπνεύστηκε από το σχήμα του νησιού της Ταϊβάν, που μοιάζει με φύλλο φυτού, καθώς και άλλα σύμβολα της χώρας. Ο φουτουριστικός πύργος, θα λειτουργεί ως παρατηρητήριο της πόλης για τους επισκέπτες, κτήρια γραφείων, μουσείο και αστικό πάρκο. Ποτέ μέχρι σήμερα δεν έχει δοθεί το πράσινο φως για την κατασκευή ενός εξαιρετικά προχωρημένου σχεδίου όσον αφορά τόσο τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του όσο και την εκμετάλλευση τεχνολογιών για την παραγωγή ενέργειας, τον δροσισμό, τον αερισμό, τη θέρμανση και φυσικά τον φωτισμό του κτηρίου.

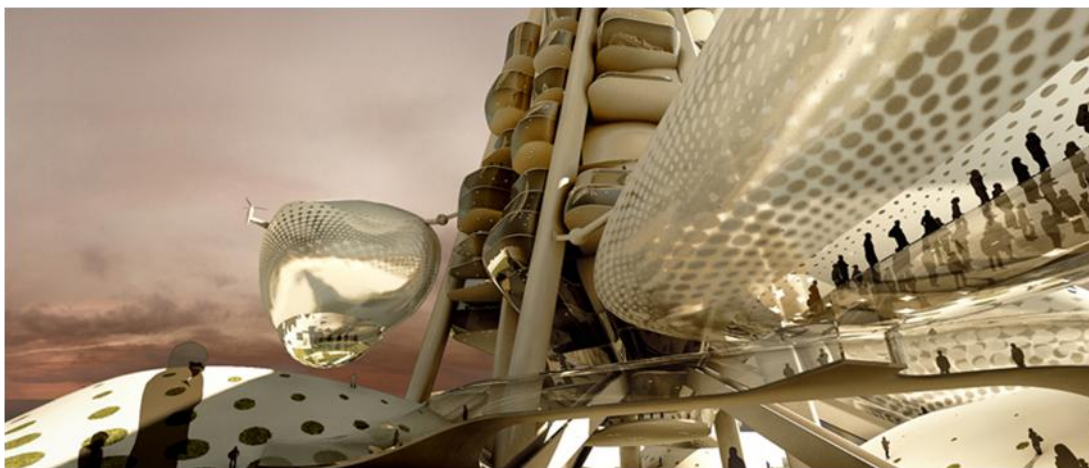
Το σχέδιο, που είναι βγαλμένο από ταινία επιστημονικής φαντασίας, προβλέπει την κατασκευή ενός «τεχνολογικού δέντρου» και οκτώ ειδικών ανελκυστήρων σε σχήμα φύλλου, οι οποίοι θα λειτουργούν και ως παρατηρητήρια για τους επισκέπτες. Τα «φύλλα» θα είναι κατασκευασμένα από ανθεκτικά και ελαφρά υλικά και θα μπορούν να μεταφέρουν μέχρι την κορυφή του πύργου από 50 μέχρι 80 άτομα κάθε φορά.



Εικόνα 4.43: Το σχέδιο του ανελκυστήρα σε σχήμα φύλλου [27]

Το κτήριο θα διαθέτει την τελευταία λέξη της τεχνολογίας σε ζητήματα εξοικονόμησης ενέργειας, αφού θα συνδυάζει με ιδανικό τρόπο όλες τις δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία. Το κεντρικό «σώμα» του πύργου θα λειτουργεί και ως ιδιότυπη καμινάδα που θα επιτρέπει στον αέρα να κυκλοφορεί αρμονικά ώστε να υπάρχει φυσικός αερισμός. Για τις ανάγκες σε ηλεκτρισμό του πύργου θα παράγεται ενέργεια από ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά συστήματα, ενώ ειδικά συστήματα θα εγκατασταθούν για τη συλλογή και επεξεργασία του βρόχινου νερού. Για τη θέρμανση του πύργου κατά τους χειμερινούς μήνες αλλά και για την παραγωγή θερμού νερού με το λιγότερο δυνατό οικονομικό αλλά και περιβαλλοντικό κόστος, θα τοποθετηθεί στη βάση του κτηρίου ειδικό σύστημα για την παραγωγή ενέργειας με την εκμετάλλευση της γεωθερμίας.

Τέλος, από μια τόσο τεχνολογικά εξελιγμένη κατασκευή δεν ήταν δυνατόν να λείπουν τα συστήματα φωτισμού μέσω οπτικών ινών. Ο πύργος θα διαθέτει συστήματα οπτικών ινών για απόλυτη εκμετάλλευση του φυσικού φωτός στο χώρο του μουσείου καθώς και στους υπόγειους χώρους. [27]

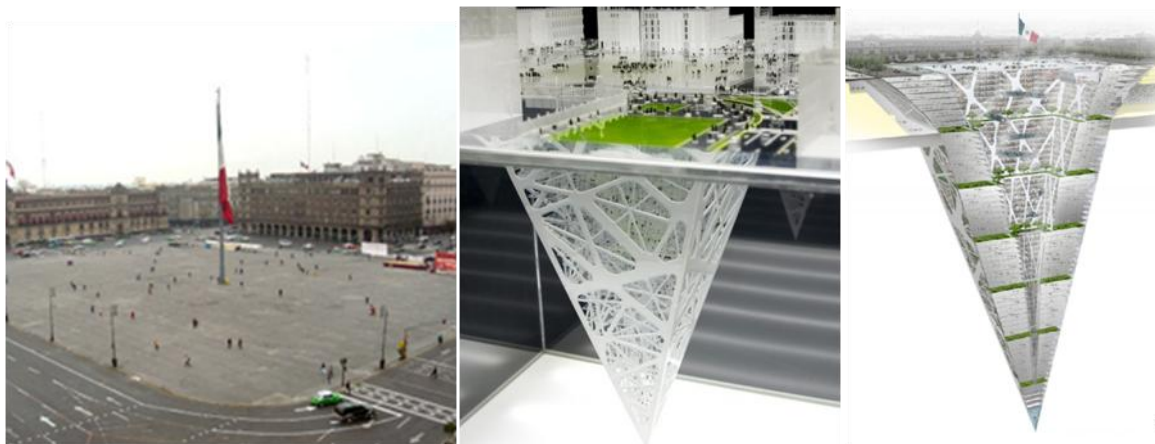


Εικόνα 4.44: Σχέδιο του πύργου της Ταϊβάν [27]

4.5.2 Η ΑΝΑΣΤΡΑΜΜΕΝΗ ΠΥΡΑΜΙΔΑ ΣΤΟ ΜΕΞΙΚΟ

Η ανεστραμμένη πυραμίδα είναι μια πρόταση του μεξικανικού αρχιτεκτονικού γραφείου BNKR που προσπαθεί να κάνει μια άλλη προβολή του μέλλοντος του ιστορικού κέντρου της πόλης του Μεξικού. Όπως οι ίδιοι οι αρχιτέκτονες λένε, είχαν να λύσουν τρία προβλήματα. Το πρώτο και βασικό, ότι το ιστορικό κέντρο της πόλης χρειάζεται αγωνιωδώς αναμόρφωση. Η ανάγκη, όμως, για νέες υποδομές, γραφεία, εμπορικές χρήσεις και δημόσιους χώρους δεν μπορεί να ικανοποιηθεί γιατί δεν υπάρχουν ελεύθερα οικόπεδα. Δυο ακόμα δεδομένα που έπρεπε να πάρουν υπόψη τους οι αρχιτέκτονες ήταν ότι τα υπάρχοντα κτήρια στο ιστορικό κέντρο και την ιστορική πλατεία είναι κηρυγμένα διατηρητέα και δεν μπορούν να κατεδαφιστούν, ενώ παράλληλα ο

οικοδομικός κανονισμός της πόλης επιτρέπει την ανέγερση μέχρι οκταώροφων κτηρίων. Έχοντας να πειραματιστούν με αυτά τα δεδομένα, αποφάσισαν να προτείνουν μια υπόγεια κατασκευή σε σχήμα ανεστραμμένης πυραμίδας.



Εικόνες 4.45-4.46-4.47: Τόπος κατασκευής και σχέδιο αναστημένης πυραμίδας [31]

Το κέντρο της πυραμίδας σε όλο το βάθος των 300 μέτρων θα είναι κενό, ώστε να επιτρέπει σε όλους τους κατοικήσιμους χώρους να έχουν φυσικό φωτισμό και αερισμό. Γύρω από αυτό το κενό θα χτιστούν τα σπίτια, τα καταστήματα, τα γραφεία, οι χώροι περιπάτου, ένα μουσείο και σταθμός του μετρό.

Για την εξασφάλιση φυσικού φωτός εντός των διαμερισμάτων και των γραφείων οι αρχιτέκτονες προτείνουν και σε αυτήν την κατασκευή συστήματα φωτισμού μέσω οπτικών ινών τα οποία θα μεταφέρουν φυσικό φως σε οποιοδήποτε σημείο δεν υπάρχει φυσική πρόσβαση. Ο έξω και ο κάτω κόσμος θα συνδέονται με ένα γυάλινο πάτωμα που θα καλύπτει το κεντρικό κενό και θα δίνει την αίσθηση της συνέχειας ανάμεσα στη ζωή πάνω στην πλατεία και κάτω από αυτήν.

Η πρόταση αυτή των αρχιτεκτόνων έχει συζητηθεί πάρα πολύ. Το πρόβλημα δεν είναι εάν και πώς μπορεί να κατασκευαστεί, αφού η τεχνολογία κάνει θαύματα, αλλά εάν μηχανικοί, αρχιτέκτονες και γεωλόγοι θα μπορέσουν να δώσουν απάντηση στο εάν μια τέτοια κατασκευή θα μπορέσει να ανταποκριθεί στους ισχυρούς σεισμούς που χτυπούν την πόλη του Μεξικού.

4.5.3 Ο ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΣ «ΠΡΑΣΙΝΟΣ» ΟΥΡΑΝΟΞΥΣΤΗΣ ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΥΟΡΚΗΣ ΣΤΟ ΜΑΝΧΑΤΑΝ

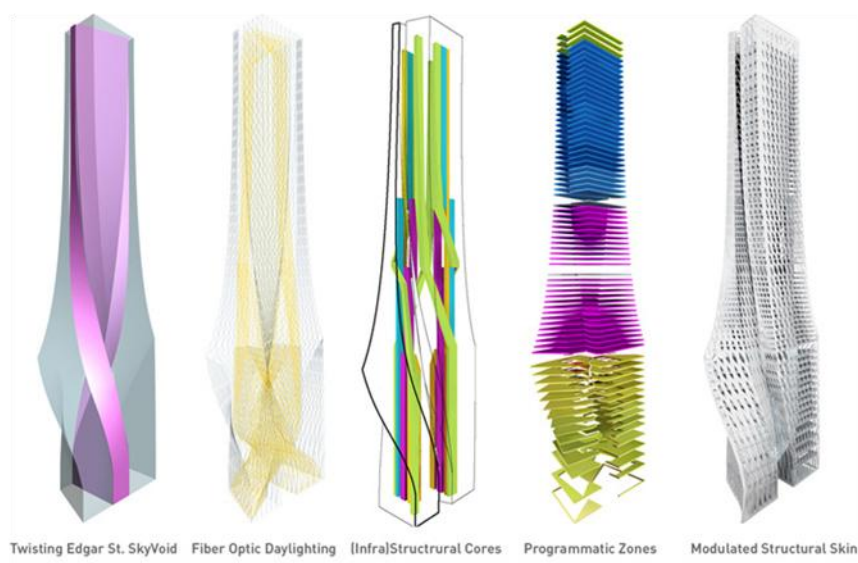
Στον αρχιτέκτονα Iwamoto Scott του Σαν Φρανσίσκο ανατέθηκαν από τη Νέα Υόρκη η δημιουργία ενός οικολογικού «πρασίνου ουρανοξύστη» ο οποίος θα αποτελεί ορόσημο για την πόλη της Νέας Υόρκης. Ο γιγάντιος πράσινος ουρανοξύστης, ο οποίος βρίσκεται στο δρόμο Edgar Street αποτελεί την αρχή από μακροπρόθεσμο όραμα για επιχειρησιακή ανάπτυξη της περιοχής. Ο

σκοπός του έργου είναι να επανασυνδέσει τους δρόμους Ουάσιγκτον και Γκρήνουιτς μέσω του δρόμου Edgar Street. Ο χώρος για να περάσει ο δρόμος θα προερχόταν από την μοναδική έμπνευση του αρχιτέκτονα για την δημιουργία ενός σπειροειδούς ουρανοξύστη.



Εικόνες 4.48-4.49-4.50: Ο «πράσινος» ουρανοξύστης της Νέας Υόρκης [29]

Ο οικολογικός ή πράσινος ουρανοξύστης σχεδιάστηκε ώστε να εξυπηρετεί τόσο τις πολιτιστικές όσο και τις εμπορικές ανάγκες της περιοχής, περιλαμβάνοντας χώρους διαβίωσης, εργασίας, εμπορικά καταστήματα, βιβλιοθήκη και χώρους τέχνης. Στον ουρανοξύστη ενσωματώνονται ιδιαίτερα προηγμένα και φιλικά προς το περιβάλλον συστήματα πράσινης τεχνολογίας. Όπως ήταν αναμενόμενο, η δυνατότητα παροχής φυσικού φωτός σε όλους τους χώρους του κτιρίου γίνεται αποκλειστικά με συστήματα οπτικών ινών. Το σχέδιο ενσωμάτωσης των οπτικών ινών στη δομή του κτιρίου παρουσιάζεται στην εικόνα [29,30]



Εικόνα 4.51:Το σχέδιο ενσωμάτωσης των οπτικών ινών στην δομή του κτιρίου [29]

4.5.4 ΠΕΡΙΠΤΕΡΟ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΤΗΝ 11^η ΕΚΘΕΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΒΕΝΕΤΙΑ

Η 11^η έκθεση Αρχιτεκτονικής της Βενετίας με θέμα "Αρχιτεκτονική περά από την οικοδόμηση", διήρκησε από τις 14/9/08 έως τις 23/11/08 και φιλοξένησε έργα αρχιτεκτόνων από 50 κράτη του κόσμου. Η ελληνική συμμετοχή στην έκθεση ονομαζόταν "Athens by sound". Η ελληνική ομάδα, αποτελούμενη από τους, Νατάσσα Καρανδεινού, Χριστίνα Αχτύπη, Στυλιανό Γιαραμέλο, επέλεξε να προσεγγίσει τον χώρο μέσα από μία μη υλική παράμετρο: τον ήχο.

Η Αρχιτεκτονική δεν είναι μόνο το κτισμένο. Η Αρχιτεκτονική συγκροτεί όλες οι ποιότητες του χώρου - υλικές και άυλες. Η ατμόσφαιρα, οι ήχοι, οι μυρωδιές, η δυνατότητα διάδρασης μεταξύ σωμάτων κ.ο.κ. αποτελούν όλα πτυχές του χώρου που μελετά η επιστήμη της αρχιτεκτονικής σε διεθνές επίπεδο σε όλο και αυξανόμενο βαθμό. Σε αυτό το διερευνητικό πνεύμα η ελληνική ομάδα επιλέγει να προσεγγίσει τον χώρο μέσα από μία μη υλική παράμετρο: τον ήχο.

Στο περίπτερο της ελληνικής συμμετοχής, ο επισκέπτης μπαίνει σε ένα μεγάλο συσκοτισμένο χώρο, μέσα σε ένα «δάσος» από καλώδια με ακουστικά και οπτικές ίνες που κρέμονται από την οροφή, πάνω από διάσπαρτα στον χώρο, χαμηλά ξύλινα πρίσματα με εγκιβωτισμένες οθόνες και έναν αφαιρετικό χάρτη της πρωτεύουσας. Τα ξύλινα πρίσματα φωτίζονται με κρυφό φωτισμό στη βάση τους, δίνοντας την εντύπωση ότι αποκολλούνται από το έδαφος. Οι οπτικές ίνες αποτελούν βασικό χαρακτηριστικό του περιπτέρου αναδεικνύοντας το δυναμικό του χαρακτήρα και δημιουργώντας ένα παιχνίδι αντανακλάσεων καθώς ο επισκέπτης κινείται ανάμεσα τους.[26]

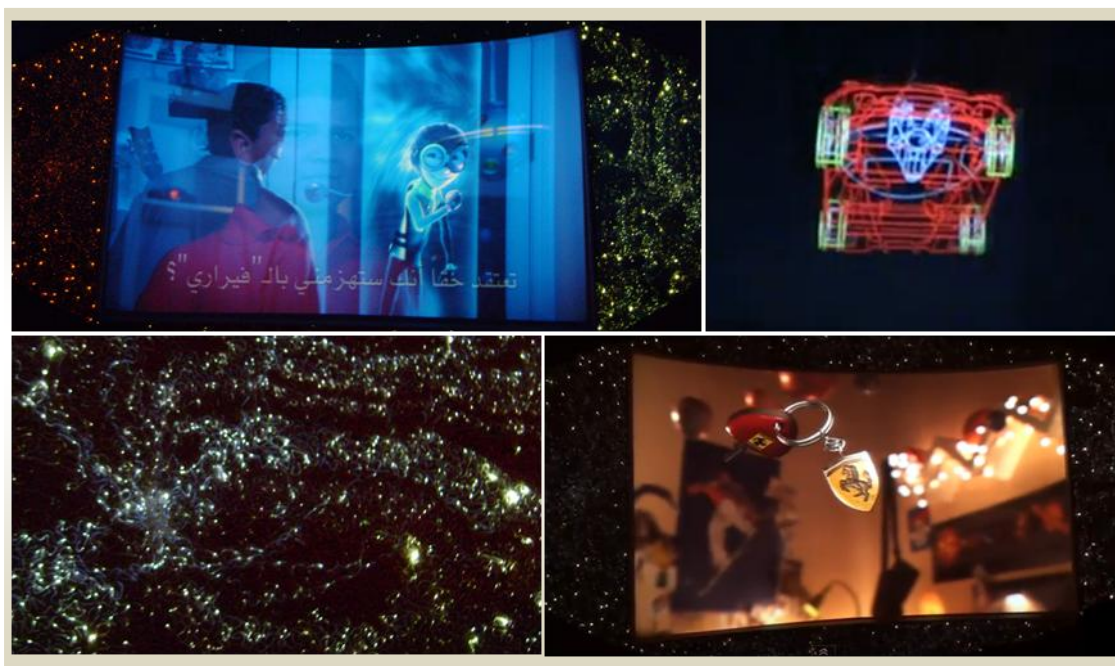


Εικόνα 4.52-4.53-4.54: Φωτισμός του Ελληνικού περιπτέρου στην 11^η έκθεση Αρχιτεκτονικής της Βενετίας [26]

4.5.5 Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΗΣ FERRARI ΣΤΟ ΑΜΠΟΥ ΝΤΑΜΠΙ

Ο κόσμος της Ferrari στο Αμπού Ντάμπι είναι το πρώτο θεματικό πάρκο της Ferrari, εκτείνεται σε έναν χώρο 200 στρεμμάτων στο νησί Yas και αποτελεί το μεγαλύτερο κλειστό θεματικό πάρκο παγκοσμίως.

Το πάρκο διαθέτει καταστήματα, ιταλικά εστιατόρια και φυσικά περισσότερα από 20 εντυπωσιακά παιχνίδια και πίστες για μικρούς και μεγάλους. Είναι μια έντονη πολύ-αισθησιακή εμπειρία που οφείλουν να δουν οι ενθουσιώδεις οπαδοί και όχι μόνο. Στο πάρκο υπάρχουν επίσης πολλές δραστηριότητες οι οποίες εντυπωσιάζουν από άποψη τεχνολογίας και αισθήσεων. Συγκεκριμένα, το Speed of magic, Driving dream προσφέρει στον επισκέπτη μια 3D εμπειρία, με την βοήθεια συστημάτων φωτισμού οπτικών ινών. Επίσης, στο Made in maranello, Ferrari factory tour ride, ο σχεδιασμός των μοντέλων της Ferrari στον χώρο και η παρουσίαση τους γίνεται επίσης με την βοήθεια οπτικών ινών.



Εικόνες 4.55-4.57-4.58: Speed of magic, Driving dream. Στον περιμετρικό χώρο γύρω από την οθόνη και την οροφή υπάρχουν συστήματα φωτισμού οπτικών ινών.

Εικόνα 4.56: Made in maranello, Ferrari factory tour ride. Σχεδιασμός της Ferrari με οπτικές ίνες.

4.5.6 ΠΕΡΙΠΤΕΡΟ ΗΝΩΜΕΝΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΕΧΡΟ 2010 ΣΑΓΚΑΗ

Η αρχιτεκτονική αφρόκρεμα του πλανήτη δείχνει την περιβαλλοντική ευαισθησία της μέσα από τα εκθετήρια για την ΕΧΡΟ 2010, η οποία διοργανώθηκε τον Μάιο 2010 στη Σαγκάη με θέμα «Καλύτερη πόλη για καλύτερη ζωή».

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην έκθεση προκάλεσε το περίπτερο του Ηνωμένου Βασιλείου το οποίο είναι αναμφίβολα το πιο πρωτοποριακό και εντυπωσιακό.



Εικόνες 4.59-4.60: Περίπτερο του Ηνωμένου Βασιλείου και Εσωτερικός χώρος

Μοιάζει βγαλμένο από σενάριο ταινίας επιστημονικής φαντασίας και δεν είναι λίγοι αυτοί που δυσκολεύονται να πιστέψουν ότι μια τέτοια κατασκευή είναι πραγματική. Εντυπωσιάζει με την βελονωτή, κρυστάλλινη όψη του και γεννά απορίες για το υλικό και τον τρόπο κατασκευής του. Αν το παρατηρήσει κανείς από μακριά μοιάζει με ένα τεράστιο παγάκι που στο κέντρο του έχει τη σημαία του Ηνωμένου Βασιλείου.



Εικόνες 4.61-4.62: Το κτήριο κατά την διάρκεια της κατασκευής του και η είσοδος του

Πίσω από τη σύλληψη και το σχεδιασμό του περιπτέρου βρίσκεται η δημιουργική ομάδα του Heatherwick Studio, υπό την καθοδήγηση του Thomas Heatherwick.

Με βάση λοιπόν το θέμα της έκθεσης η σχεδιαστική ομάδα σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το Λονδίνο είναι η πιο πράσινη πόλη στον κόσμο στο μέγεθός της, αποφάσισε να σχεδιάσει ένα "ναό βλαστών". Οι Βρετανοί χρόνια τώρα προσπαθούν να φέρουν τη φύση στις πόλεις τους και άξια θεωρούνται πρω-

τοπόροι στον τομέα αυτό. Πρόσφατα δημιούργησαν το πρώτο Ίδρυμα Βοτανικής, στο οποίο υπάγεται και η Kew Millenium Seed Bank. Η μεγαλύτερη τράπεζα βλαστών που συγκεντρώνει υλικό από σπάνια είδη φυτών από όλες τις γωνιές της γης.

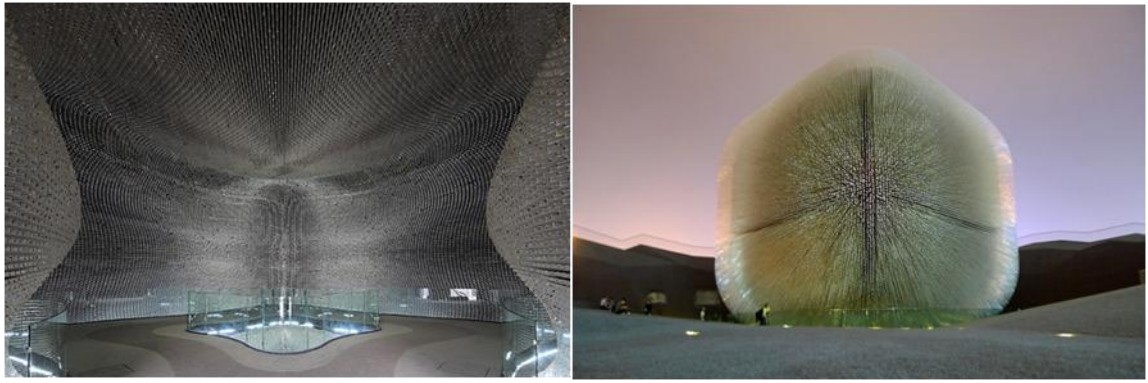
Οι σχεδιαστές θέλησαν να εστιάσουν στο ρόλο που έχουν και θα μπορούσαν να έχουν τα φυτά στη σύγχρονη, αστική ζωή. Σχεδίασαν έτσι ένα περίπτερο του οποίου η αρχιτεκτονική αποτελεί άμεση έκφανση του εκθεσιακού περιεχομένου του.

Το περίπτερο είναι κατασκευασμένο από μεταλλικό και ξύλινο σκελετό, από τον οποίο αρθρώνονται περιμετρικά, ακτινωτά 60.000 διάφανες, κρυστάλλινες οπτικές ίνες προς όλες τις κατευθύνσεις. Μέσα σε καθεμία από αυτές τις οπτικές ίνες, που έχει μήκος 7.5 μέτρα, έχει κλειστεί ένας ή και περισσότεροι διαφορετικοί σπόροι φυτών, σε συνθήκες που τους επιτρέπουν να αναπτύσσονται μέρα με τη μέρα.



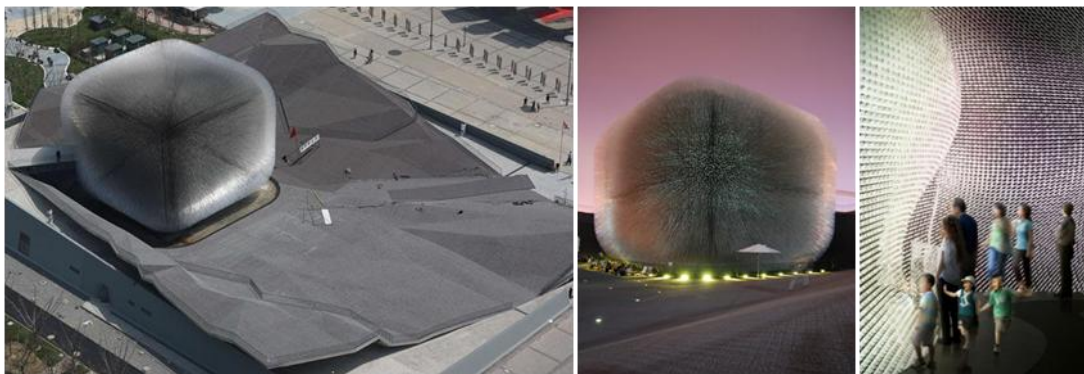
Εικόνες 4.63-4.64: Σπόροι διαφόρων φυτών της παγκόσμιας χλωρίδας στο εσωτερικό των οπτικών ινών και εσωτερικός χώρος του κτηρίου

Κατά τη διάρκεια της ημέρας επιτρέπουν στο φυσικό φως να εισβάλλει στο χώρο και να τον φωτίσει, ενώ το βράδυ χάρη σε ειδικούς φωτοσυλλέκτες που βρίσκονται τοποθετημένοι στο εσωτερικό τους, η όλη κατασκευή φωτίζεται. Όταν φυσάει, οι οπτικές αυτές ίνες, ανεμίζουν ελαφρά δημιουργώντας ένα δυναμικό αποτέλεσμα, που μαγνητίζει. Επίσης, οι οπτικές ίνες έχουν την ιδιότητα χάρη στο υλικό τους, να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στις εξωτερικές συνθήκες φωτισμού και να μεταβάλλονται ανάλογα με αυτές.



Εικόνες 4.65-4.66: Εσωτερικός χώρος του περιπτέρου και φωτισμός κατασκευής το βράδυ

Η κατασκευή έχει ύψος 20 μέτρα και αποτελείται από 6 ορόφους. Η περιήγηση στο περίπτερο διαιρείται σε 5 επιμέρους διαδρομές-πορείες που συνθέτουν την βασική σχεδιαστική φιλοσοφία. Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στον περιβάλλοντα χώρο ο οποίος αναπτύσσεται σε 4.000 περίπου τετραγωνικά μέτρα, επιτρέποντας τόσο στο ίδιο το περίπτερο να 'αναπνεύσει' όσο και στους επισκέπτες του να απολαύσουν το χώρο.[36,37,38,40,41]



Εικόνες 4.67-4.68-4.69: Περιβάλλοντας χώρος της κατασκευής, φωτισμός και εσωτερικός χώρος

4.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά λοιπόν, είναι σαφές ότι όλες οι σύγχρονες τεχνολογικά κατασκευές, οι οποίες διαθέτουν την τελευταία λέξη της τεχνολογίας σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας, ενσωματώνουν συστήματα φωτισμού μέσω οπτικών ινών. Το γεγονός αυτό δεν είναι τυχαίο, αφού εκτός των σημαντικών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν, υποστηρίζουν τον αιεφόρο σχεδιασμό, εξοικονομούν ενέργεια και ταυτόχρονα προσφέρουν την δυνατότητα εκμετάλλευσης του φυσικού φωτός. Αναμφισβήτητα λοιπόν, η ευρεία αποδοχή τους και φυσικά η καθολική χρήση τους είναι πλέον θέμα χρόνου και δίκαια χαρακτηρίζονται από πολλούς ως τα συστήματα φωτισμού του μέλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η επιλογή του κατάλληλου κτηρίου, ο σχεδιασμός του και ο υπολογισμός των επιπέδων φωτισμού, με σκοπό την κατασκευή μιας μακέτας η οποία θα αποτελεί ένα ζωντανό παράδειγμα της εφαρμογής των οπτικών ινών στον φωτισμό των κτιρίων.

5.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Αρχικά, θα έπρεπε να γίνει η κατάλληλη επιλογή ενός κτηρίου, στο οποίο θα υπάρχει η **δυνατότητα ενσωμάτωσης όλων των εφαρμογών των οπτικών ινών**. Για τον σκοπό αυτό, επιλέξαμε μια κατοικία με περιβάλλοντα εξωτερικό χώρο, ο οποίος περιλαμβάνει πισίνα, γκαράζ και κήπο. Πρόκειται για μια παραθεριστική κατοικία τεσσάρων ατόμων σε θεωρητικό οικόπεδο χωρίς κλίση. Η οικία βρίσκεται στο νομό Χανίων και έχει σχεδιαστεί με βάση τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής όπου επικρατούν σχετικά υψηλές θερμοκρασίες και ενίοτε ισχυροί άνεμοι.

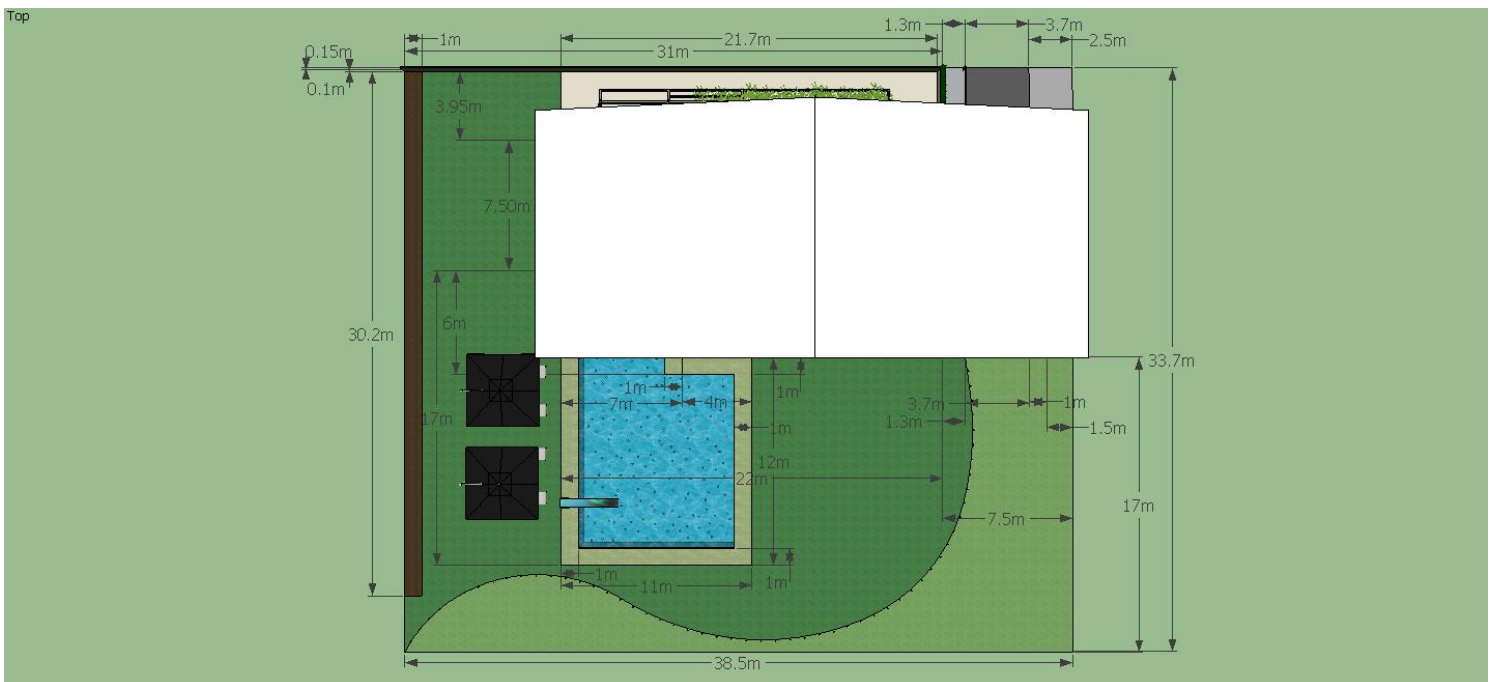
Πιο συγκεκριμένα, η πρόσοψη βρίσκεται προς τον βορρά ώστε να υπάρχει θέα, ενώ στην νότια πλευρά έχει τοποθετηθεί στέγαστρο το οποίο προσφέρει την απαραίτητη δροσιά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η πισίνα λόγω της εξάτμισης του νερού συντελεί θετικά στον δροσισμό του περιβάλλοντος χώρου ενώ το γκαράζ στην δυτική πλευρά διατηρεί την δροσιά στο εσωτερικό του σπιτιού κατά την διάρκεια της δύσης του ηλίου. Επιπλέον, τα αειθαλή δέντρα που υπάρχουν στην δυτική πλευρά του οικοπέδου μειώνουν σημαντικά τους ανέμους, οι οποίοι στην περιοχή των Χανίων είναι κατά κύριο λόγο βορειοδυτικοί.

Το οικόπεδο έχει μήκος 38.5 m, πλάτος 33.7 m και συνολικό εμβαδόν 1297.45 m². Η καλυπτόμενη επιφάνεια έχει εμβαδόν 350 m² ενώ ο ακάλυπτος χώρος καταλαμβάνει τα υπόλοιπα 947.45 m².

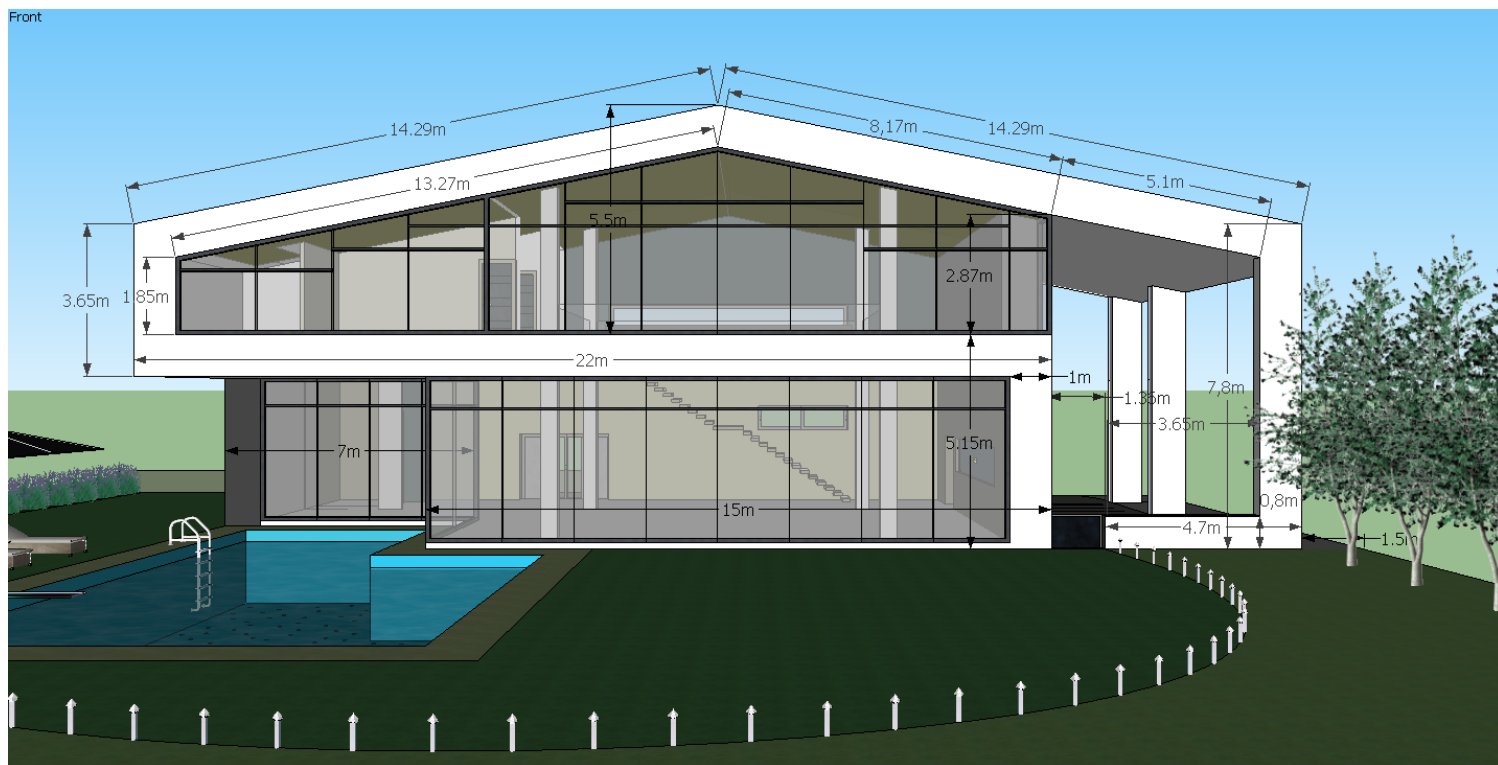
Η καλυπτόμενη επιφάνεια περιλαμβάνει το γκαράζ 58.75 m², ένα διάδρομο εισόδου 16.25 m², ένα τμήμα της πισίνας 35 m² και την κατοικία. Η κατοικία αποτελείται από ισόγειο 240 τετραγωνικών μέτρων και πρώτο όροφο 210.55 τετραγωνικών μέτρων. Το συνολικό ύψος του κτηρίου φτάνει τα 10.65 m. Το ισόγειο έχει ύψος 5.15 m ενώ ο πρώτος όροφος έχει μέγιστο ύψος 5.5 m και ελάχιστο 2.85 m αντίστοιχα.

Ο ακάλυπτος χώρος περιλαμβάνει κήπο συνολικού εμβαδού 672.8 m², αυλή 92.4 m², πισίνα 132 m² και διαδρόμους 50.25 m².

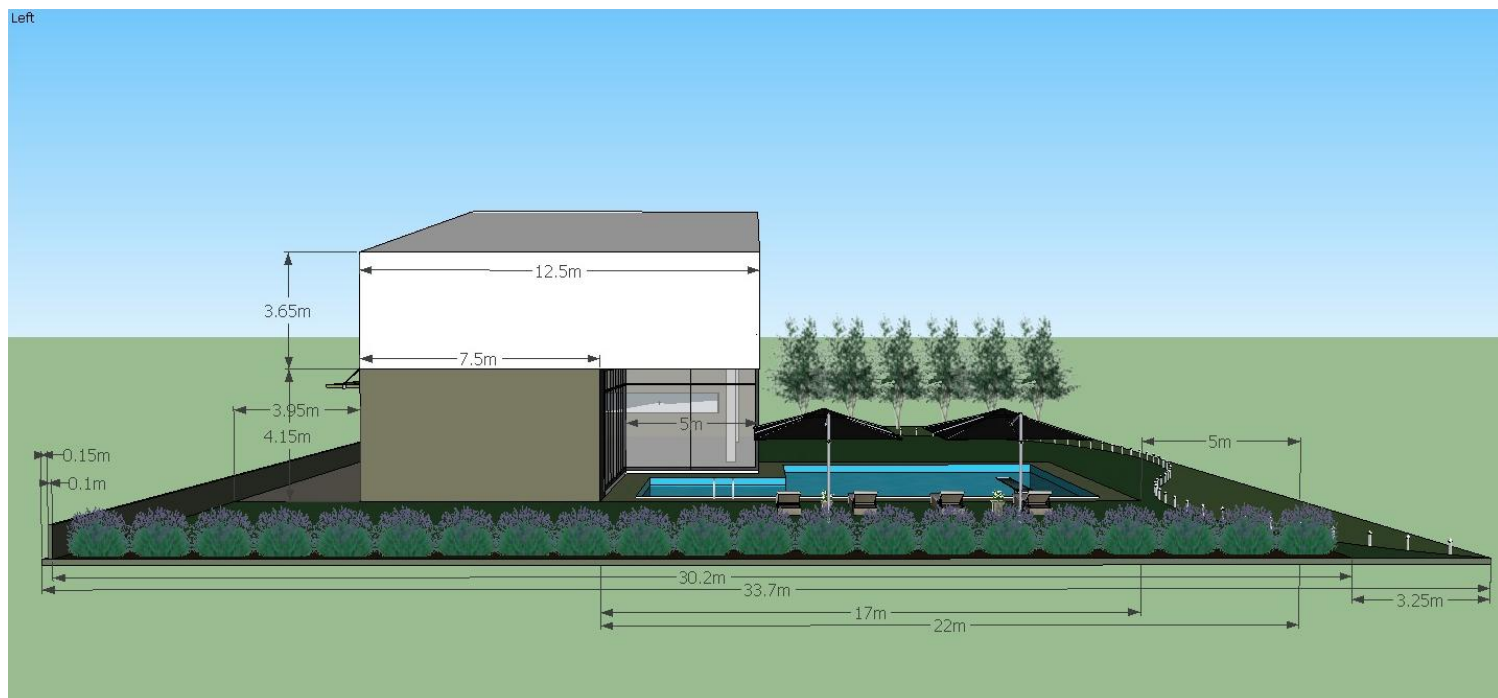
Παρακάτω παραθέτουμε την 3D απεικόνιση του κτηρίου και τα σχέδια κατασκευής, τα οποία περιλαμβάνουν όλες τις όψεις του κτίσματος (βόρεια, νότια, ανατολική, δυτική) καθώς και τις κατόψεις ισογείου και α ορόφου. Στις φωτογραφίες επιπλέον περιλαμβάνεται η διαμόρφωση των εσωτερικών (καθιστικό, κουζίνα, τραπεζαρία, χώρος μελέτης, υπνοδωμάτια, μπάνια) αλλά και εξωτερικών χώρων (πισίνα, γκαράζ και αυλή) ενώ στο τελευταίο μέρος της παραγράφου παρουσιάζεται και η 3D απεικόνιση μετά τον φωτο-ρεαλισμό.



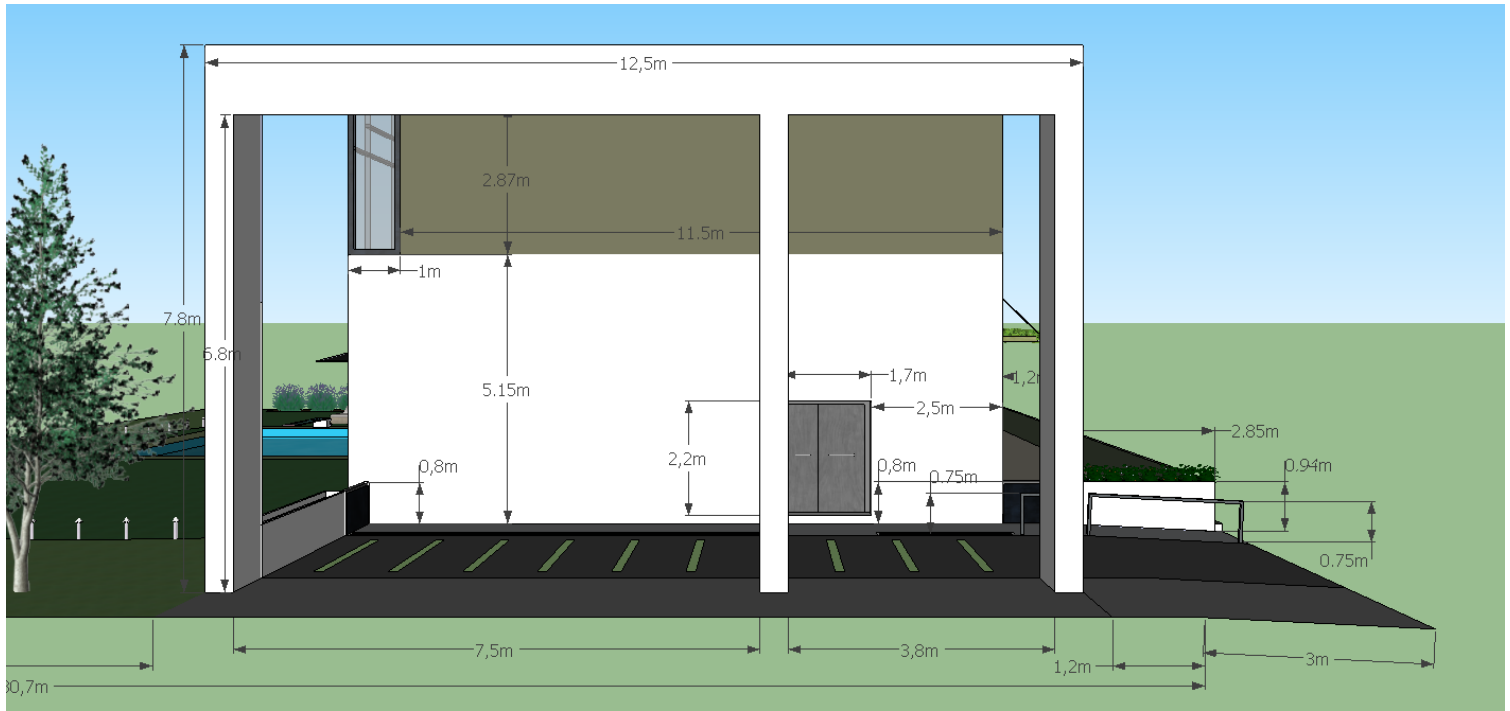
Σελίδα **66** από **124**



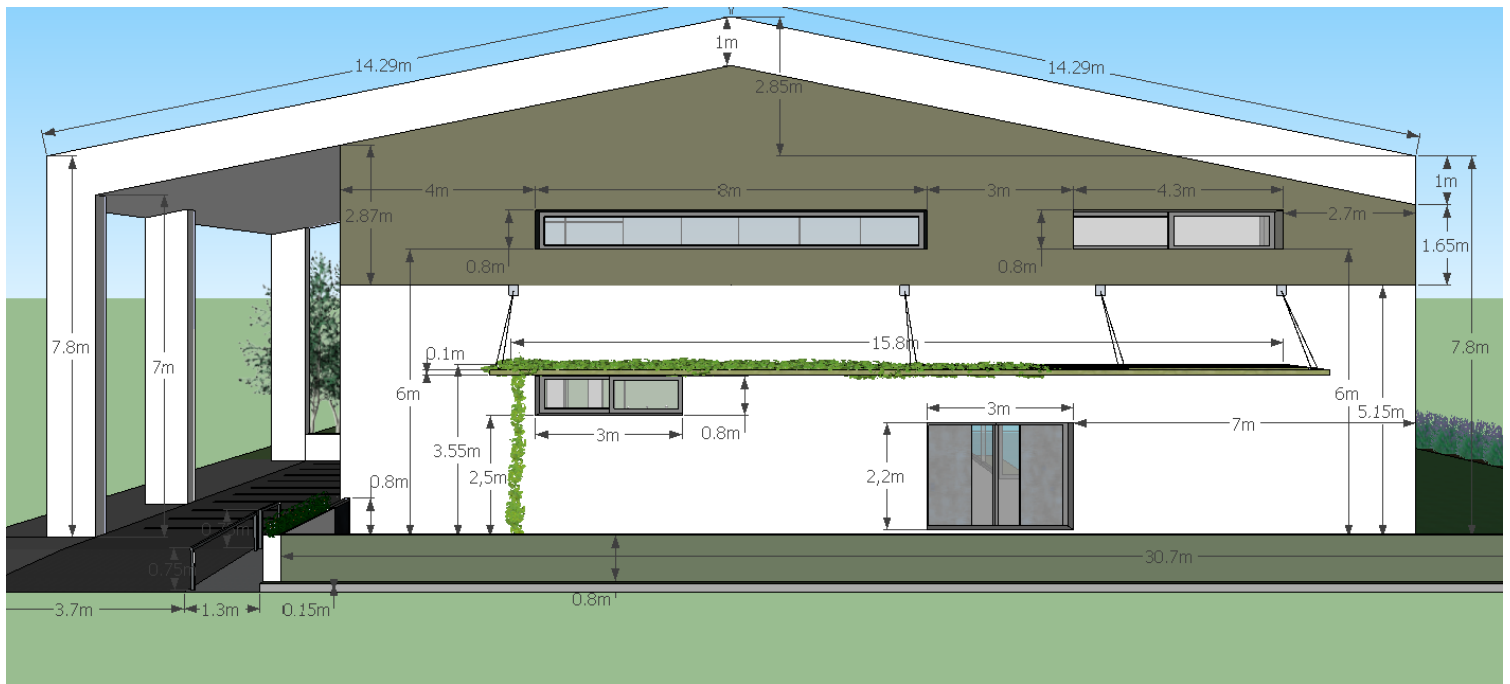
Εικόνα 5.2: Πρόσοψη κτηρίου



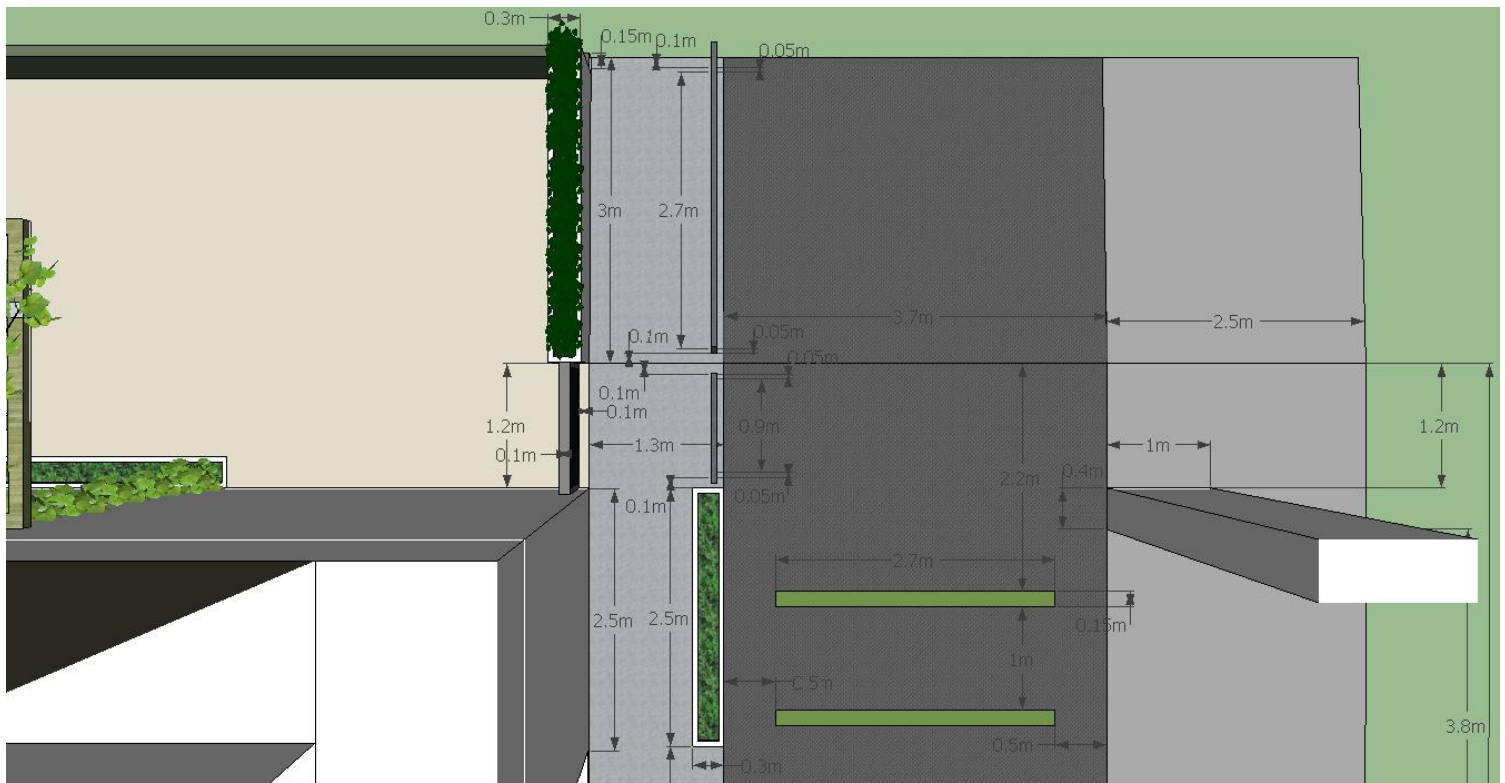
Εικόνα 5.3: Ανατολική όψη κτηρίου



Εικόνα 5.4: Δυτική όψη κτηρίου



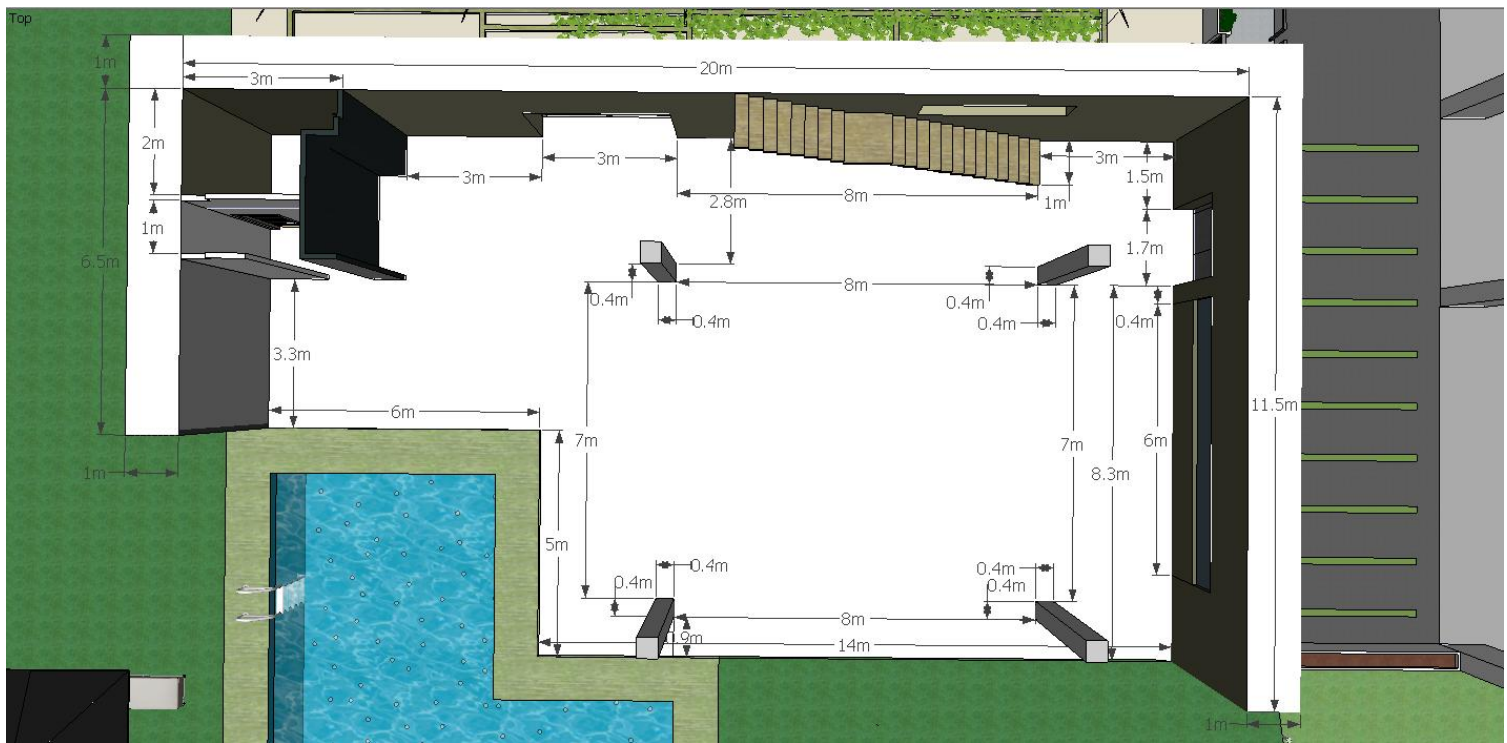
Εικόνα 5.5: Νότια όψη κτηρίου



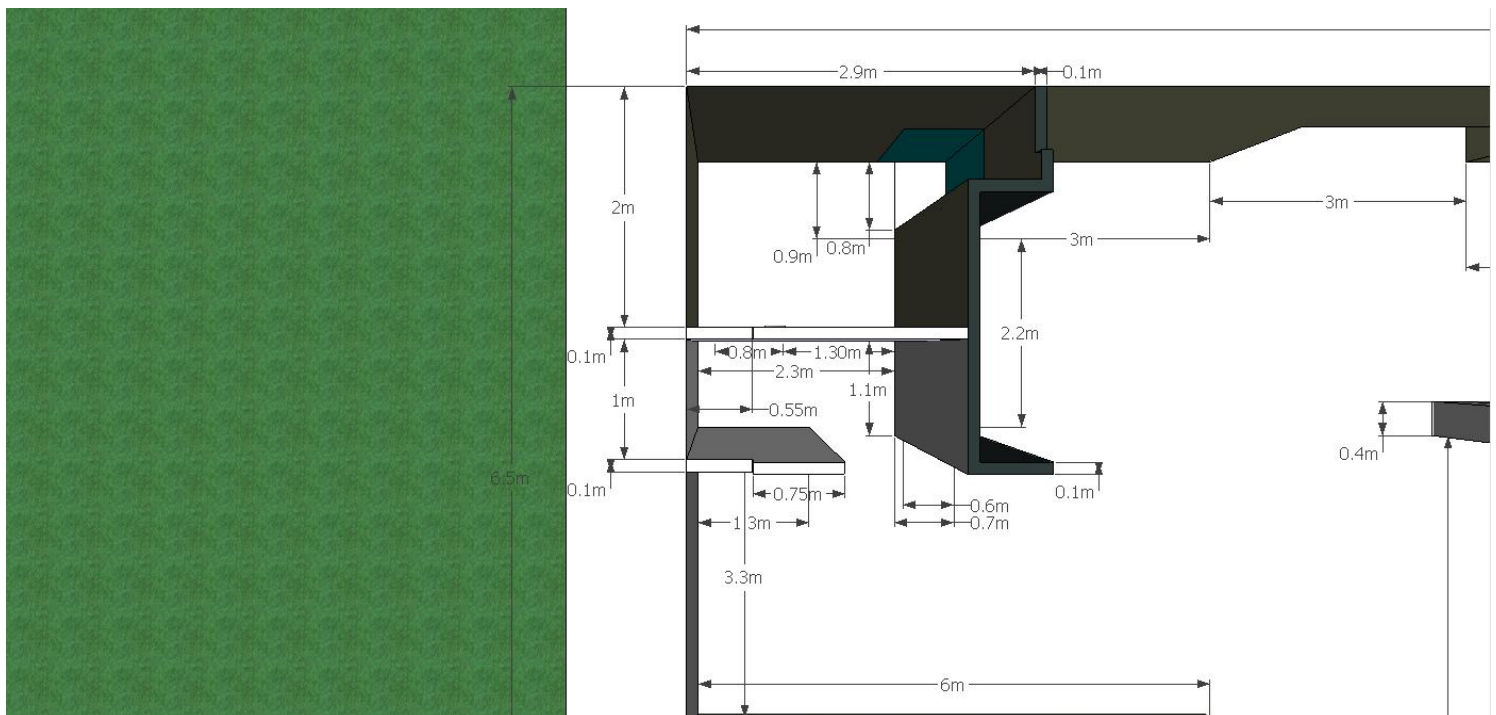
Εικόνα 5.6: Κάτοψη εισόδου γκαράζ



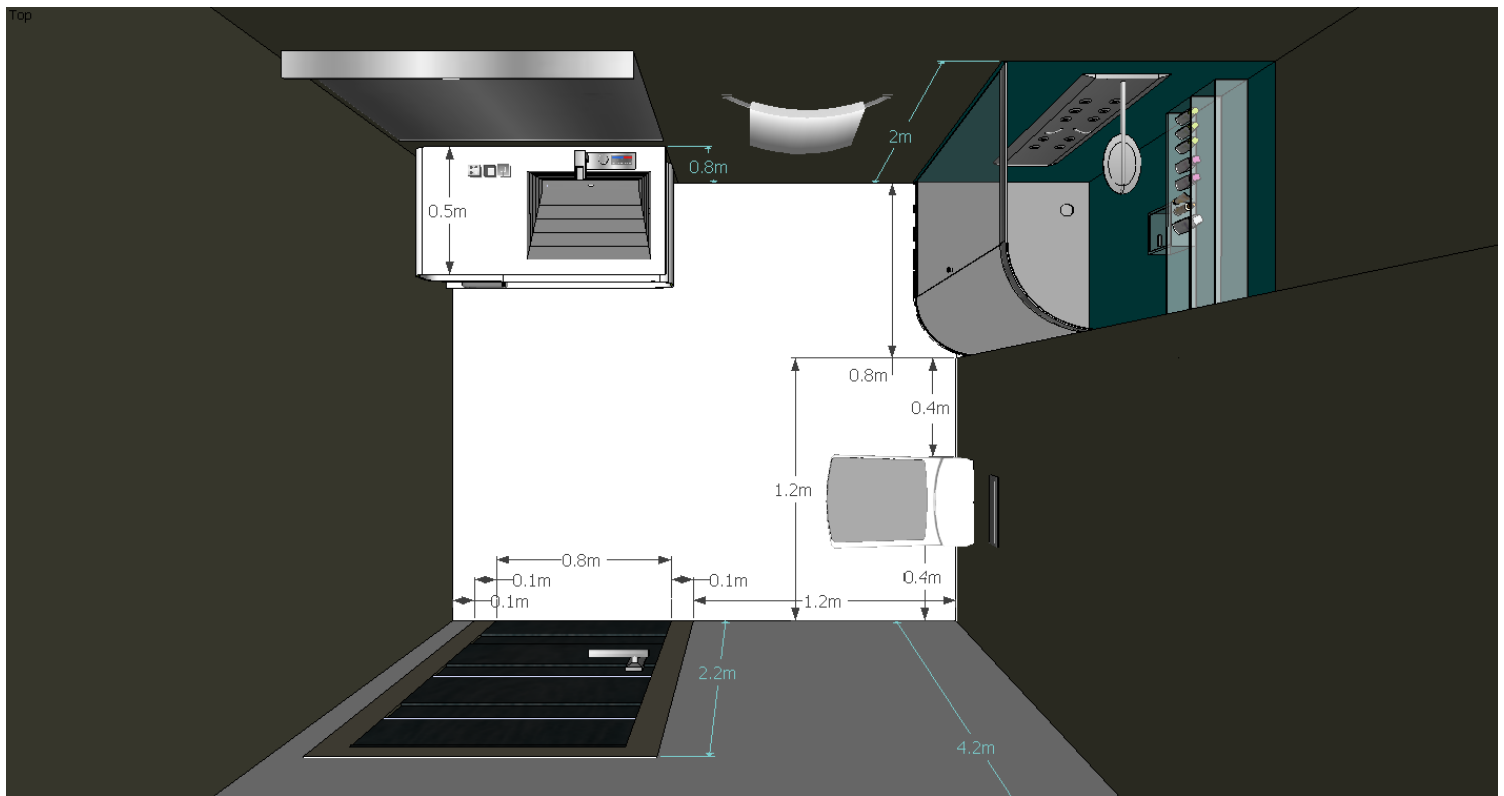
Εικόνα 5.7: Κάτοψη γκαράζ



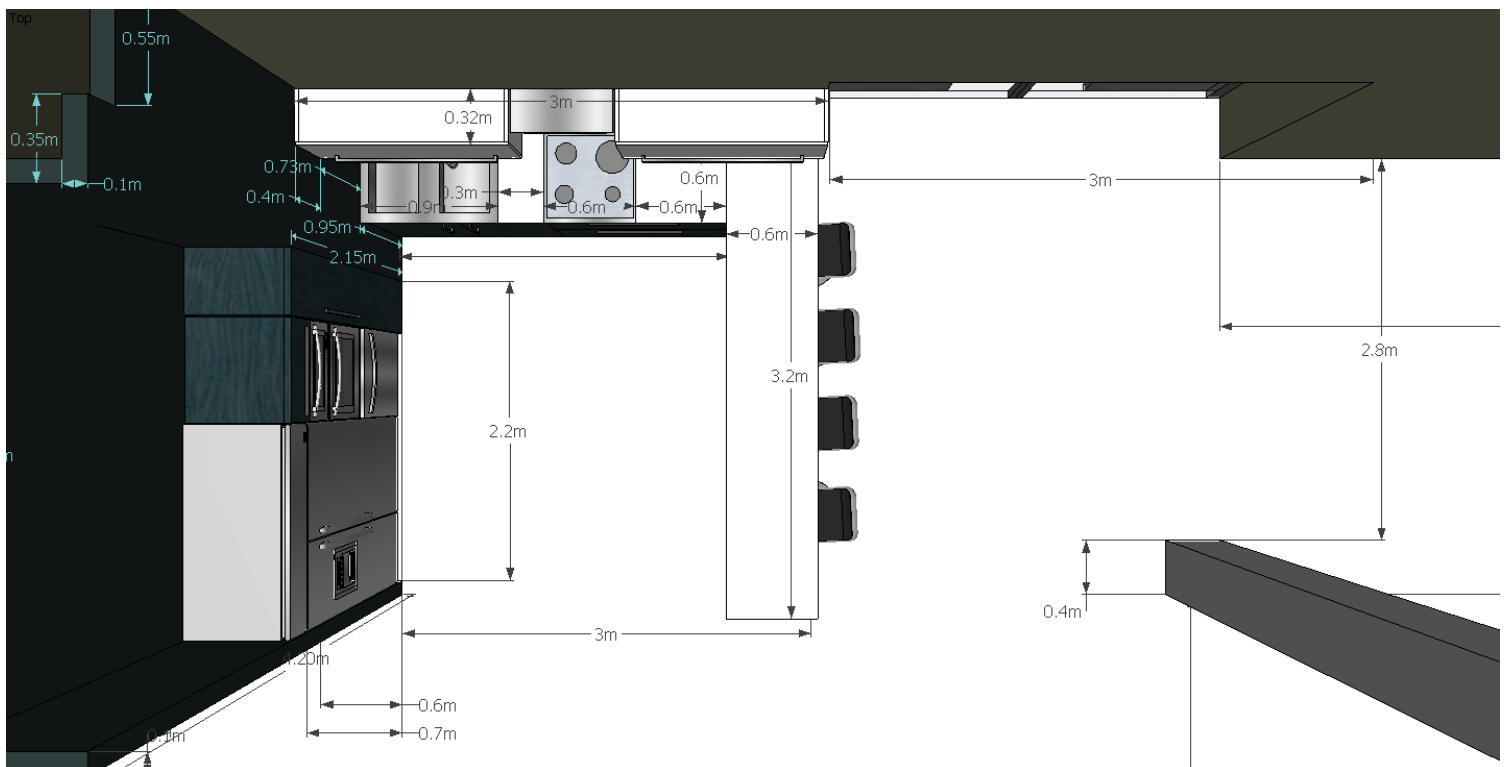
Εικόνα 5.8: Κάτοψη ισογείου



Εικόνα 5.9: Κάτοψη μπάνιου-κουζίνας ισογείου



Εικόνα 5.10: Κάτοψη μπάνιου ισογείου



Εικόνα 5.11: Κάτοψη κουζίνας ισογείου



Εικόνα 5.14: Κάτοψη υπνοδωματίου Α ορόφου

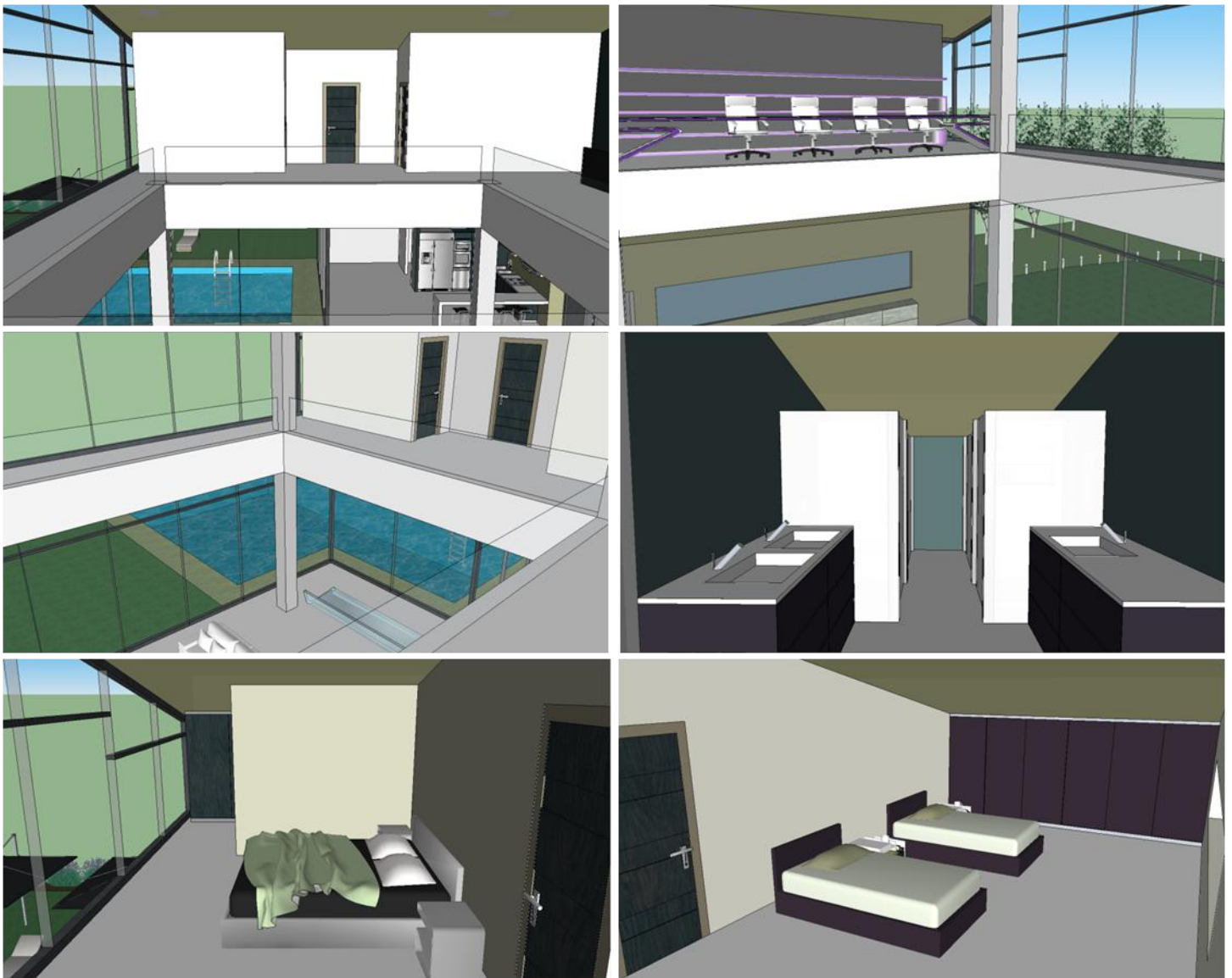


Εικόνα 5.15: Κάτοψη παιδικού υπνοδωματίου Α ορόφου

Ακολουθούν, ορισμένες εικόνες από την διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων ισόγειου και α ορόφου.



Εικόνα 5.16: Διαμόρφωση εσωτερικών χώρων ισόγειου (καθιστικό, κουζίνα και μπάνιο)



Εικόνα 5.17: Διαμόρφωση εσωτερικών χώρων Α ορόφου (ενιαίος χώρος, χώρος βιβλιοθήκης, μπάνιο και υπνοδωμάτια)

Τέλος, παρουσιάζεται η 3D απεικόνιση του κτηρίου με το φωτο-ρεαλιστικό πρόγραμμα Shaderlight. Οι φωτο-ρεαλιστικές απεικονίσεις είναι πλέον απαραίτητες γιατί δημιουργούν μια ολοκληρωμένη εικόνα οποιασδήποτε κατασκευής από τα αρχικά στάδια. Αυτό διευκολύνει τον μελετητή να κατανοήσει και να βελτιώσει το έργο του, παρέχοντας παράλληλα τη δυνατότητα ελέγχου και οριστικοποίησης των χρωμάτων, των υλικών και της αισθητικής του έργου. Επιπλέον, μειώνεται σημαντικά το κόστος από πιθανές αλλαγές και διορθώσεις κατά την διάρκεια κατασκευής. [3]



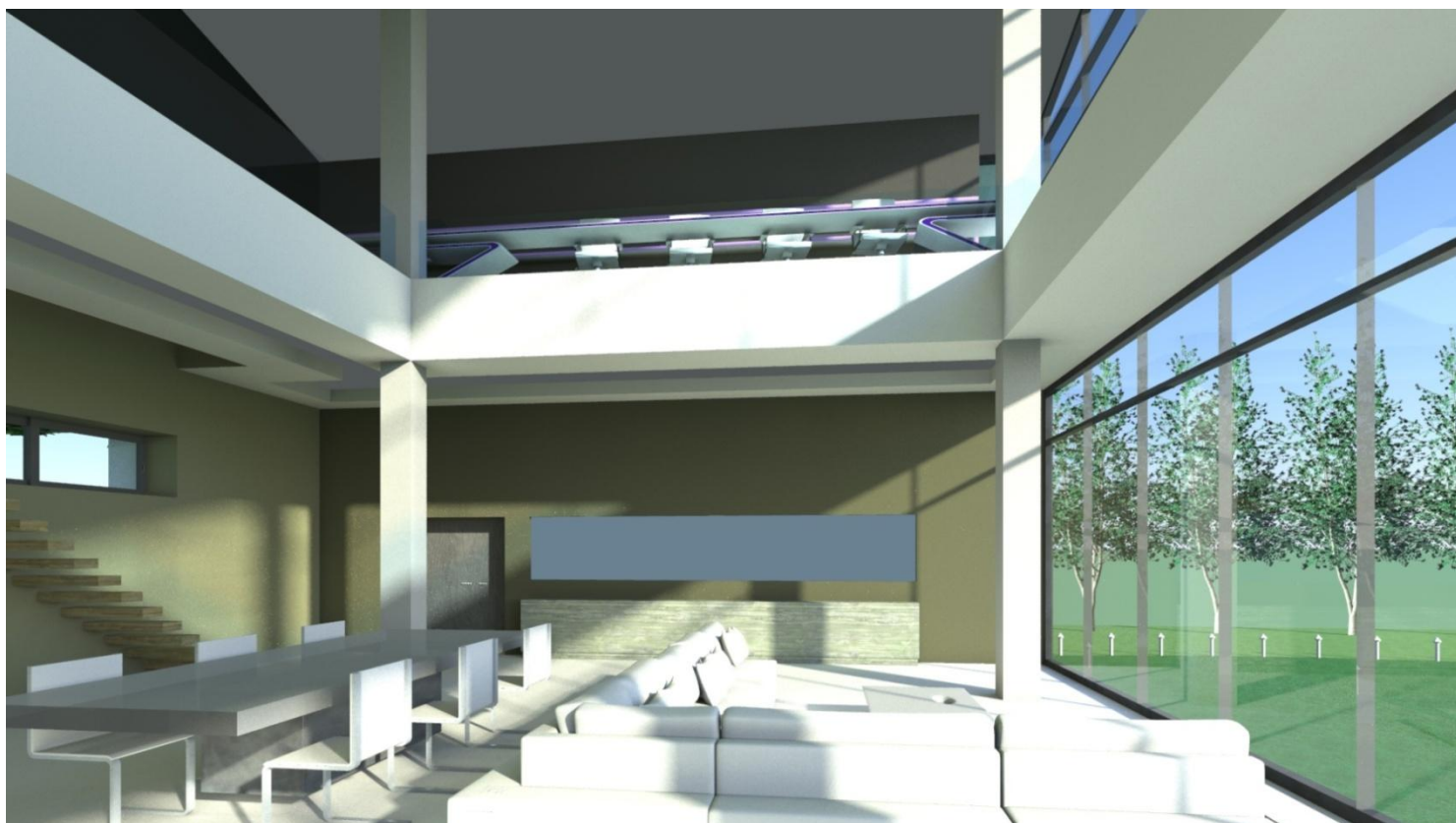
Εικόνα 5.18: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση βόρειο - ανατολικής όψης



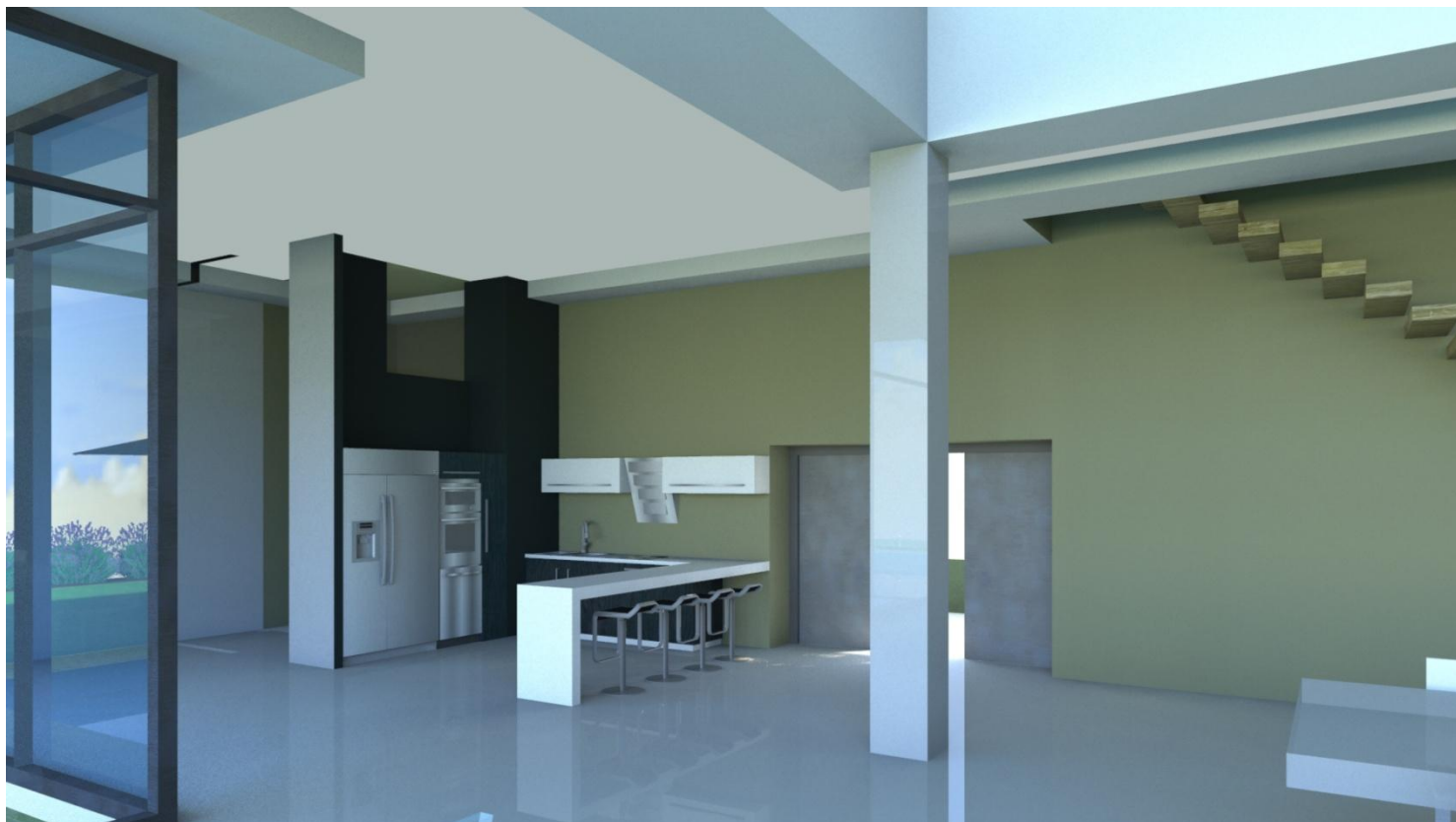
Εικόνα 5.19: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση βόρειο - δυτικής όψης



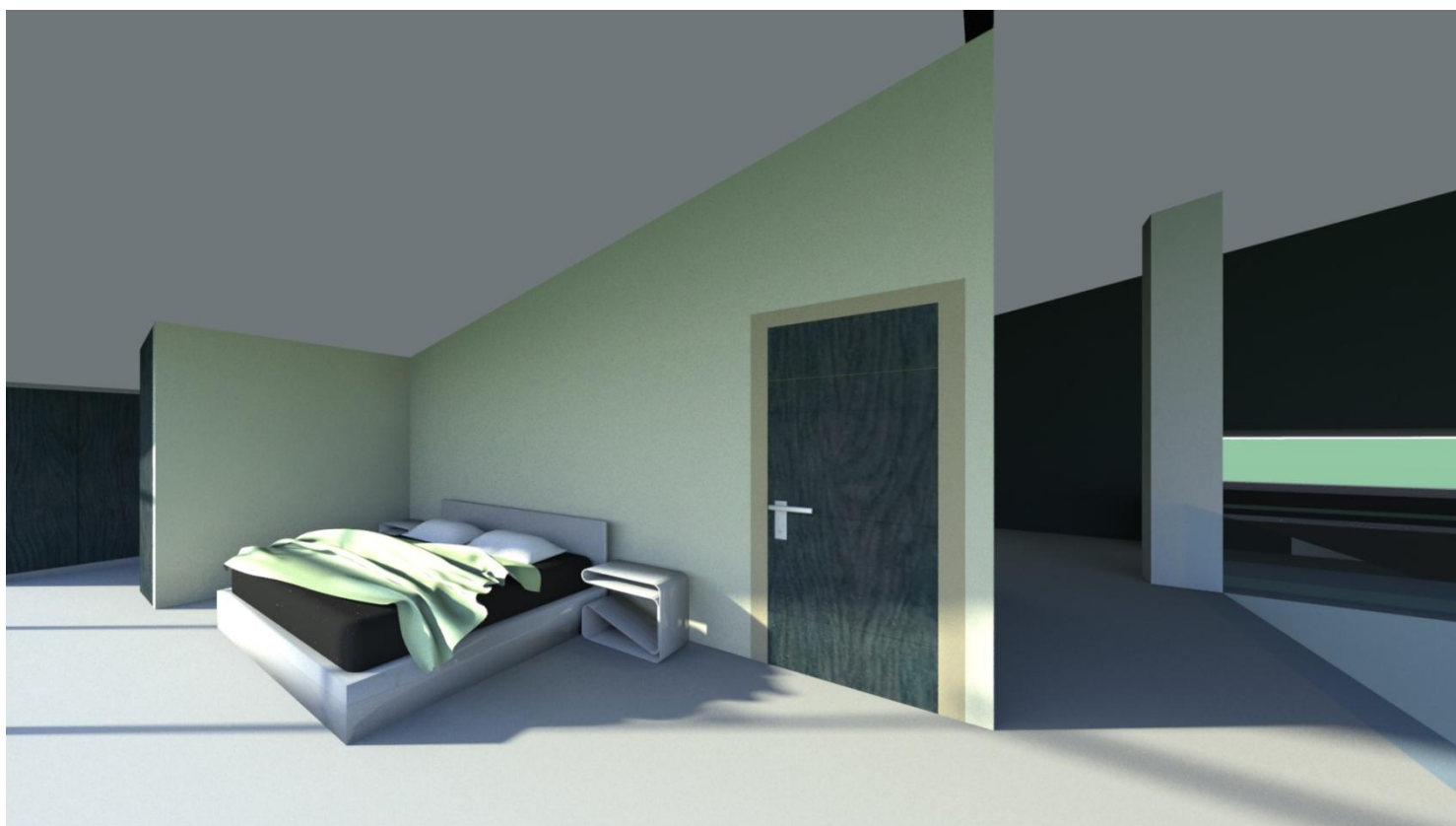
Εικόνα 5.20: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση νοτιο-δυτικής όψης



Εικόνα 5.21: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση ισογείου



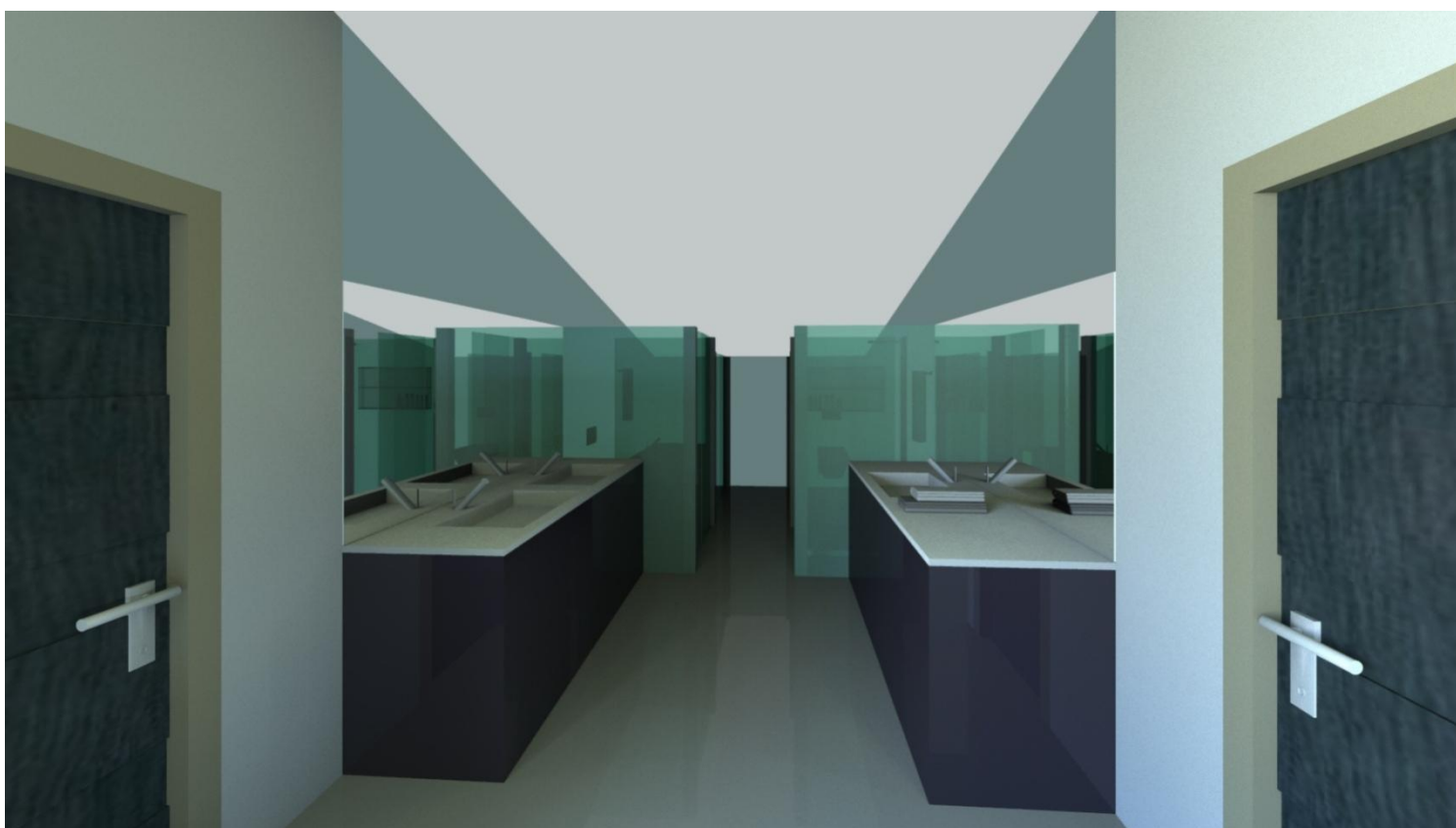
Εικόνα 5.22: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση κουζίνας ισογείου



Εικόνα 5.23: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση κρεβατοκάμαρας Α ορόφου



Εικόνα 5.24: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση παιδικής κρεβατοκάμαρας Α ορόφου



Εικόνα 5.25: Φωτο-ρεαλιστική αναπαράσταση μπάνιου Α ορόφου

5.3 ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Ο σωστός φωτισμός αναδεικνύει την αισθητική και την αρχιτεκτονική του χώρου, βελτιώνει σημαντικά τη λειτουργία του, αυξάνει την ευκρίνεια στο περιβάλλον και δημιουργεί την ιδανική ατμόσφαιρα για τους ανθρώπους που φιλοξενεί. Τα σημαντικά αυτά πλεονεκτήματα κατατάσσουν σήμερα τους μελετητές φωτισμού να αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της αρχιτεκτονικής μελέτης σε οποιασδήποτε κατασκευή. Για τον υπολογισμό των επιπέδων φωτισμού σε έναν χώρο, είναι απαραίτητη η χρήση των φωτομετρικών μεγεθών τα οποία περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω:

5.3.1 ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

1) Φωτεινή Ροή «Φ»

Η φωτεινή ροή είναι η ποσότητα του φωτός που παράγει μια φωτεινή πηγή προς όλες τις διευθύνσεις. Συμβολίζεται με το γράμμα Φ και μονάδα μέτρησης είναι το lumen (lm).

Αποτελεί μια από τις πιο βασικές πληροφορίες γιατί είναι ο πιο εύκολος τρόπος αναγνώρισης της πραγματικής φωτεινής ισχύος ενός λαμπτήρα, ανεξάρτητα από το είδος του και από τη θέση τοποθέτησης.

2) Ένταση φωτός «E»

Ένταση φωτισμού ορίζεται ως το ποσό της φωτεινής ροής, Φ, που προσπίπτει σε μονάδα μέτρησης επιφάνειας A. Συμβολίζεται με το γράμμα E και υπολογίζεται από την σχέση:

$$E = \Phi / A$$

Μονάδα μέτρησης της Έντασης είναι το **λουξ**, όπου **1lux = 1lumen/m²**

Ενδεικτικά έχουμε :

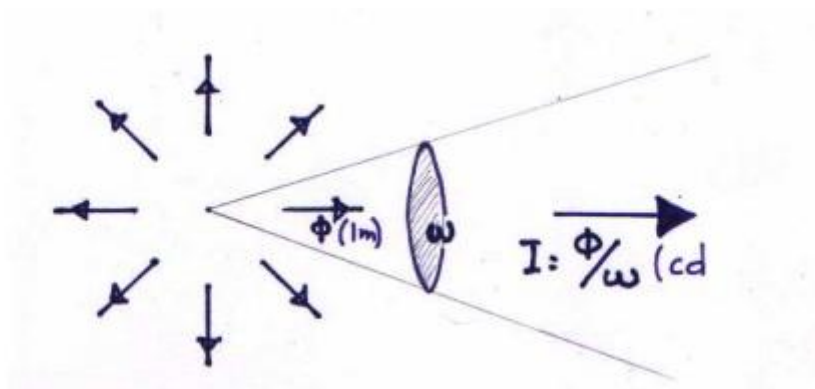
- ένταση ηλιακού φωτός 100.000 lux
- ένταση συννεφιασμένου ουρανού 5.000 - 10.000 lux
- ένταση φωτός φεγγαριού 0,25 lux
- ένταση φωτός σε χώρους εργασίας 100 – 1000 lux

3) Φωτεινή ένταση πηγής «I»

Φωτεινή ένταση ορίζεται ως η φωτεινή ροή Φ με συγκεκριμένη διεύθυνση από μια φωτεινή πηγή μέσα σε μικρή στερεά γωνία ω. Συμβολίζεται με το γράμμα «I» και υπολογίζεται από την σχέση:

$$I = \Phi / \omega$$

Μονάδα μέτρησης της Φωτεινής έντασης I είναι η **candela**, όπου $1\text{cd}=1\text{ lm/sr}$



Εικόνα 5.26: Σχηματική αναπαράσταση για την φωτεινή ένταση πηγής «I»

4) Λαμπρότητα «L»

Λαμπρότητα ορίζεται ως η φαινομενική φωτεινότητα, μιας επιφάνειας, που φθάνει στο μάτι ενός παρατηρητή.

Δίνεται από την σχέση:

$$L = I / A$$

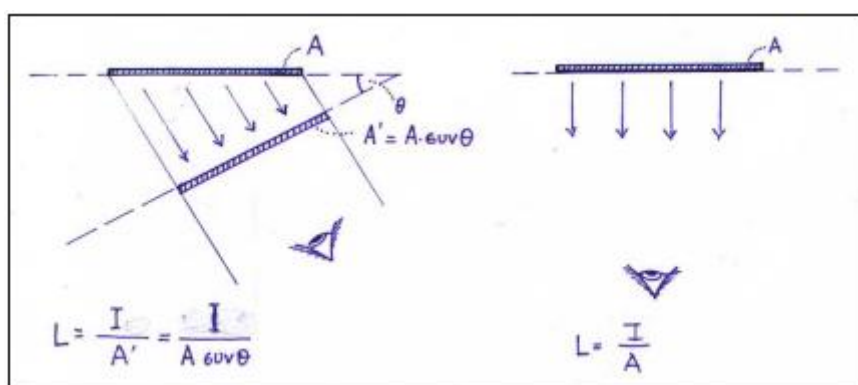
όπου I είναι η φωτεινή ένταση της πηγής και A η επιφάνεια.

Μονάδα μέτρησης της λαμπρότητας L είναι : cd/m^2

Σε περίπτωση που θέλουμε να υπολογίσουμε την λαμπρότητα μιας επιφάνειας την οποία βλέπουμε υπό γωνία θ , τότε η λαμπρότητα υπολογίζεται από την σχέση:

$$L = I / A'$$

όπου I είναι η ένταση της φωτεινής πηγής και $A' = A \sin \theta$ η ορατή περιοχή υπό γωνία θ (επιφάνεια παρατήρησης υπό γωνία θ).



Εικόνα 5.27:Σχηματική αναπαράσταση για τον υπολογισμό της λαμπρότητας

5) Φωτεινή απόδοση «η»

Φωτεινή απόδοση «η» ορίζεται ως το κλάσμα της συνολικής φωτεινής ροής Φ , που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή προς την συνολική ενέργεια W που καταναλώνεται για να εκπέμπεται η φωτεινή ροή Φ .

Δίνεται από την σχέση:

$$\eta = \Phi / W$$

Μονάδα μέτρησης της φωτεινής απόδοσης είναι: **lm/watt**

Το μέγεθος αυτό μας δείχνει πόσο οικονομικά λειτουργεί ένας λαμπτήρας έναντι ενός άλλου, δηλαδή πόσα lm βγάζει για κάθε W ηλεκτρικής ισχύος.

Φυσικά, είναι προφανές ότι το ποσό της ενέργειας που δε μετατρέπεται σε φωτεινή ροή μετατρέπεται σε θερμότητα.

6) Φωτιστική απόδοση η_E

Η φωτιστική απόδοση « η_E » αναφέρεται στο ποσοστό απόδοσης και λειτουργικότητας ενός φωτιστικού.

Ορίζεται ως ο λόγος της φωτεινής ροής Φ που εκπέμπει ένα φωτιστικό προς την φωτεινή ροή $\Phi_{ολ}$ που εκπέμπει η γυμνή λάμπα που χρησιμοποιείται για το συγκεκριμένο φωτιστικό.

Δίνεται από την σχέση:

$$\eta_E = \Phi / \Phi_{ολ} [4]$$

5.3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Τα επίπεδα φωτισμού σε ένα χώρο εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι:

- Το είδος του χώρου
- Η δραστηριότητα σε αυτόν και οι διαφορετικές χρήσεις του
- Η αρχιτεκτονική και η διακόσμηση του χώρου
- Ο αριθμός των ατόμων που τον χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο χώρο
- Η ηλικία των ατόμων και οι διαφορετικές απαιτήσεις τους σε φωτισμό αλλά και
- Η διάθεση ή ψυχολογία που μπορεί να έχουν

Επομένως, τα επίπεδα φωτισμού των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων εξαρτώνται από διαφορές παραμέτρους και η βέλτιστη λύση βρίσκεται από τον συνδυασμός όλων των παραπάνω, λαμβάνοντας φυσικά υπόψη και το κόστος. Στον πίνακα 5.1 που ακολουθεί παραθέτουμε τα στοιχεία για τα επίπεδα εντάσεων φωτισμού, βασισμένα στην **IES** (Illuminating Engineering Society) και **CIBSE Lighting Guide LG6**. Τα δεδομένα αυτά τροποποιούνται

ανά περίπτωση από τον μελετητή φωτισμού ώστε να εξυπηρετούν τις διαφορετικές ανάγκες των χρηστών αλλά και τις ιδιαιτερότητες του συγκεκριμένου χώρου.[4]

Πίνακας 5.1: Ενδεικτικές τιμές εντάσεως φωτισμού [4]

ΧΩΡΟΣ		ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (lux)	ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ
ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ ΡΟΥΧΩΝ	ΒΙΤΡΙΝΕΣ	1000 – 5000	
	ΠΑΓΚΟΙ	500 - 700	
	ΡΑΦΙΑ	300 - 500	
	ΓΕΝΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	50 - 500	
ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ - BAR	ΓΕΝΙΚΟΣ	30 -	
	ΣΗΜΕΙΑΚΟΣ	200 - 300	
ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ – FAST FOOD	ΠΑΓΚΟΙ	500	
	ΓΕΝΙΚΟΣ	250 - 500	
ΣΟΥΠΕΡΜΑΡΚΕΤ	ΡΑΦΙΑ	500 – 1000	
	ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	500	
ΦΑΡΜΑΚΕΙΑ		500	
ΕΜΠΟΡΙΟ ΤΡΟΦΙΜΩΝ		250	
ΚΟΣΜΗΜΑΤΟΠΩΛΕΙΑ		500	
ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΑ		1000	
ΟΠΤΙΚΑ		500	
ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΑ	ΡΑΦΙΑ	500	
	ΓΕΝΙΚΟΣ	250 - 500	
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	ΓΕΝΙΚΟΣ	100 - 150	
	ΣΚΑΛΕΣ	150	
	ΔΩΜΑΤΙΑ	120	
	ΚΟΥΖΙΝΑ	250	
	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΦΑΓΗΤΟΥ	400	
	ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	300	
ΓΡΑΦΕΙΑΚΟΙ ΧΩΡΟΙ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	500	
	ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΓΡΑΦΕΙΩΝ	500	
	ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΡΙΑ	1000	
	ΑΝΑΜΟΝΗ	120-150	
	ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	120-150	
ΙΑΤΡΕΙΑ	ΑΝΑΜΟΝΗ	200	
	ΧΩΡΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ	600 - 1000	
	ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	150	
	ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΕΙΟ	7000	

ΧΩΡΟΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ	ΜΟΥΣΕΙΑ ΓΕΝΙΚΟΣ	150	
	ΕΚΘΕΜΑΤΑ	300 – 600	
	ΕΥΑΙΣΘΗΤΑ ΕΚΘΕΜΑΤΑ	200 (MAXIMUM)	
	ΠΟΛΥ ΕΥΑΙΣΘΗΤΑ ΕΚΘΕΜΑΤΑ	50 (MAXIMUM)	
	ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΟΙ/ΘΕΑΤΡΑ	150	
	ΑΝΑΜΟΝΗ ΑΙΘΟΥΣΑ	ΦΩΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	
ΣΧΟΛΕΙΑ	ΑΙΘΟΥΣΕΣ	400 – 500	
	ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	200	

Στηριζόμενοι στις ενδεικτικές τιμές εντάσεως φωτισμού του πίνακα 5.1 υπολογίζουμε θεωρητικά την φωτεινή ροή Φ που χρειαζόμαστε στους εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους της μακέτας και καταγράφουμε τα αποτελέσματα μας στους πίνακες 5.2 και 5.3 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.2: Θεωρητικός υπολογισμός φωτεινής ροής Φ στους εσωτερικούς χώρους.

ΧΩΡΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)	ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (lux)	ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ Φ (lm)
ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	74,68	300	22404
ΚΟΥΖΙΝΑ	14,46	400	5784
ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	114,29	300	34287
ΜΠΑΝΙΟ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	11,3	300	3390
ΓΕΝΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	25,27	150	3790,5
ΣΚΑΛΑ	8	150	1200
ΧΩΡΟΣ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ	50,8	1000	50800
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ	33,15	120	3978
ΠΑΙΔΙΚΟ ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ	47,6	120	5712
ΜΠΑΝΙΟ Α ΟΡΟΦΟΥ	21	300	6300
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ Α ΟΡΟΦΟΥ	58	150	8700

Πίνακας 5.3: Θεωρητικός υπολογισμός φωτεινής ροής Φ στους εξωτερικούς χώρους

ΧΩΡΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)	ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (lux)	ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ Φ (lm)
ΠΙΣΙΝΑ	167	200	33400
ΓΚΑΡΑΖ	58.75	150	8812,5
ΚΗΠΟΣ	390	100	39000
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ			81212,5

Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στην για την σωστή επιλογή του αριθμού και του είδους λυχνιών LED που θα χρησιμοποιηθούν στην μετέπειτα κατασκευή της μακέτας ώστε το τελικό αποτέλεσμα φωτισμού να εξασφαλίζει την οπτική άνεση μέσω της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού και την σωστή απόδοση του περιβάλλοντα χώρου.

Φυσικά, ένας επιπλέον παράγοντας ο οποίος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στα παραπάνω αποτελέσματα είναι η σημαντική διαφοροποίηση των τιμών τους ανάλογα με την ηλικία των ατόμων.

Με το πέρασμα του χρόνου, το μάτι χάνει μέρος από την αποτελεσματικότητά του, λόγω κόπωσης των μυών και σκλήρυνσης του κρυσταλλώδους φακού. Αυτό έχει ως συνέπεια να χρειαζόμαστε αρκετά μεγαλύτερη ποσότητα φωτισμού για πραγματοποίηση μιας συγκεκριμένης εργασίας. Στον πίνακα 5.4 καταγράφονται ενδεικτικά οι απαιτήσεις σε φωτισμό ανάλογα με την ηλικία των ατόμων που ζουν και εργάζονται μέσα σε ένα χώρο 10 m². [5]

Πίνακας 5.4: Οι απαιτήσεις φωτισμού ανάλογα με την ηλικία σε χώρο 10 m² [5]

ΗΛΙΚΙΑ (έτη)	ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ Φ (lm)
10	400
20	450
30	730

40	1380
50	2950
60	8300

Τα δεδομένα του πίνακα 5.4 αποδεικνύουν το πόσο σημαντικό είναι να γνωρίζει ο μελετητής φωτισμού την ηλικία των ατόμων που ζουν και εργάζονται στον συγκεκριμένο χώρο γιατί ο ελλιπής φωτισμός σε άτομα μεγάλης ηλικίας οδηγεί σε μείωση των δραστηριοτήτων τους και κατ' επέκταση γίνεται αιτία απογοήτευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΑΚΕΤΑΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παραθέτουμε τον τρόπο κατασκευής της μακέτας (υπό κλίμακα 1:50), την επιλογή των κατάλληλων υλικών, τα είδη οπτικών ινών, την επιλογή των τροφοδοτικών και των πηγών LED που χρησιμοποιήθηκαν. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα στάδια κατασκευής της μακέτας καθώς τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν μέχρι να καταλήξουμε στο τελικό μας αποτέλεσμα.



Εικόνες 6.1: Άποψη της μακέτας με φωτισμό

6.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΜΑΚΕΤΑΣ

Η επιλογή των υλικών για την κατασκευή της μακέτας είναι ιδιαίτερα κρίσιμη διότι θα πρέπει να αναδεικνύουν την ιδιαιτερότητα του συγκεκριμένου φωτισμού και ταυτόχρονα να επιτρέπουν την ενσωμάτωση των οπτικών ινών στο εσωτερικό της κατασκευής ώστε τελικά να προκύψει το καλύτερο αισθητικό και ποιοτικό αποτέλεσμα φωτισμού.

Ο βασικός κορμός της μακέτας θα πρέπει να κατασκευαστεί από ένα σταθερό, άκαμπτο υλικό, το οποίο να είναι ικανό να σηκώνει το βάρος των οπτικών ινών που θα ενσωματωθούν στο εσωτερικό της κατασκευής. Με βάση τα δεδομένα αυτά, αποφασίσαμε ότι η μακέτα θα πρέπει να κατασκευαστεί από κόντρα πλακέ πάχους 4mm.

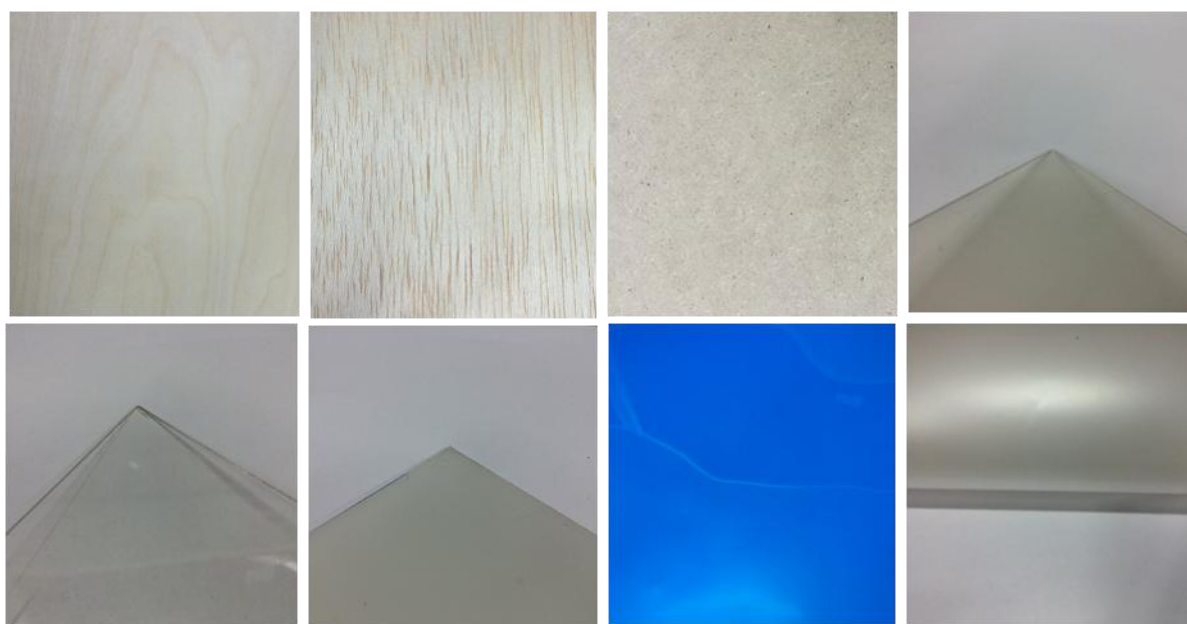
Για τα παράθυρα και τα κουφώματα θα χρησιμοποιηθεί διάφανο πλεξιγκλάς πάχους 3mm ενώ η οροφή, ο φωτισμός δαπέδου, τοίχων και τα εσωτερικά κάγκελα κατασκευάστηκαν από διάφανο πλέξιγκλας πάχους 2mm. Σε ορισμένες περιπτώσεις, στην πίσω πλευρά του πλέξιγκλας 2mm προσαρμόστηκε ημιδιαφανής και μπλε μεμβράνη ώστε το φως να έχει την

δυνατότητα να διαπερνά το πλέξιγκλας χωρίς όμως να είναι δυνατή η εμφάνιση των οπτικών ινών στο εσωτερικό της κατασκευής.

Τέλος, για την βάση της μακέτας χρησιμοποιήσαμε κόντρα πλακέ πάχους 2cm. ενώ τα εσωτερικά στηρίγματα κατασκευάστηκαν από ξύλο MDF πάχους 4mm. Για τα κομμάτια με σχετικά μικρό πάχος (στέγαστρο, κουπαστή, σκαλιά, φράκτης, εσωτερικές πόρτες κ.α.) χρησιμοποιήσαμε μπάλας πάχους 2mm.

Έτσι λοιπόν, για τον σχεδιασμό της μακέτας χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα υλικά:

- Κόντρα πλακέ πάχους 4mm
- Κόντρα πλακέ πάχους 2cm
- Πλέξιγκλας διάφανο πάχους 3mm
- Πλέξιγκλας διάφανο πάχους 2mm
- Μπάλας 2mm
- MDF πάχους 4mm
- Ημιδιαφανή μεμβράνη
- Μπλε μεμβράνη
- Φύλλο Αλουμινίου



Εικόνες 6.2-6.9: Υλικά για την κατασκευή της μακέτας (Κόντρα πλακέ 4mm, Μπάλας 2mm, Mdf 4mm, Διάφανο πλέξιγκλας 3mm, Διάφανο πλέξιγκλας 2mm, φύλλο αλουμινίου, Μπλε μεμβράνη, Ημιδιάφανη μεμβράνη)

6.3 ΕΙΔΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Ο φωτισμός των εσωτερικών χώρων του κτηρίου έγινε με οπτικές ίνες σημειακού φωτισμού. Επίσης, για τον φωτισμό των εσωτερικών τοίχων και την δημιουργία κουρτίνας χρησιμοποιήθηκαν οπτικές ίνες side-glow, οι οποίες έχουν

κατά κύριο λόγο διακοσμητικό χαρακτήρα και προσφέρουν εκπληκτικά αποτελέσματα φωτισμού.

Στους εξωτερικούς χώρους, χρησιμοποιήθηκαν οπτικές ίνες πλάγιου φωτισμού για τον φωτισμό του δαπέδου στο γκαράζ και οπτικές ίνες σημειακού φωτισμού για τον φωτισμό του κήπου και της πισίνας.

Οπότε, τα τρία είδη των οπτικών ινών που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Οπτικές ίνες σημειακού φωτισμού διαμέτρου 0,75mm
- Δεσμίδα οπτικών ινών πλάγιου φωτισμού 0,5mm
- Οπτικές ίνες side-glow διαμέτρου 0,5mm



Εικόνες 6.10-6.12: Οπτικές ίνες σημειακού φωτισμού, δεσμίδα οπτικών ινών πλάγιου φωτισμού και οπτικές ίνες side-glow

6.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΩΝ LED ΚΑΙ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΩΝ

Αρχικά, οι λυχνίες LED θα πρέπει να έχουν κυλινδρικό σχήμα ώστε να είναι εφικτή η τοποθέτηση των οπτικών ινών στο μπροστινό τμήμα του LED ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να έχουν αρκετά μικρό μέγεθος ώστε να είναι δυνατή και η ενσωμάτωση τους στο εσωτερικό της κατασκευής.

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας για την επιλογή των κατάλληλων λυχνιών είναι η φωτεινή ροή (Lumens) που παράγουν καθώς και η ισχύς (watt) που έχουν, δεδομένου ότι επιθυμούμε συγκεκριμένο αποτέλεσμα φωτισμού.

Μετά από αναζήτηση στην αγορά, επιλέξαμε τις παρακάτω λυχνίες τύπου G4 και ισχύος 3W και 2,5W των εταιριών Epistar και Osram αντίστοιχα, που παρουσιάζονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα6.13–6.14: Λυχνίες LED 3W της εταιρίας Epistar και 2.5W της εταιρίας Osmot

Με βάση τα στοιχεία των κατασκευαστριών εταιριών, οι λυχνίες LED τύπου G4-COB διαθέτουν τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

Πίνακας 6.1: Τεχνικά Χαρακτηριστικά λυχνιών LED

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	LED ΚΥΡΙΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	LED ΠΙΣΙΝΑΣ
Όνομα Κατασκευαστή:	Epistar	Osmot Eco-Light
Τύπος λυχνίας:	LED	LED
Τύπος Κάλυκα:	G4	G4
Τύπος Chip:	COB (Chips on Board)	COB (Chips on Board)
Σχήμα:	Μπάρας	Μπάρας
Διάμετρος:	1,6cm	1,8cm
Μήκος λυχνίας:	3,6cm	4cm
Τάση Λειτουργίας	12V DC	12V DC
Ισχύς:	3W	2.5W
Θερμοκρασία Χρώματος:	Ψυχρό Λευκό (5500-6000K)	Θερμό Λευκό (3000K)
Φωτεινή Ροή:	140 - 160 Lumens	200 Lumens (+/-15%)
Υλικό Κατασκευής:	Αλουμίνιο	Μέταλλο, Πλαστικό
Διάρκεια Ζωής:	30.000 ώρες	30.000 ώρες
Άλλα Χαρακτηριστικά:	-	Ενεργειακή κλάση απόδοσης A Γωνία Δέσμης 220 μοίρες
Προέλευση:	Χόνκ Κονγκ	Γερμανία

Οι λυχνίες χρησιμοποιούν την τεχνολογία COB (chips-on-board) που συνδυάζει μαζί πολλαπλά LED chips σε ένα module φωτισμού μικρού μεγέθους. Η τεχνολογία αυτή επιτυγχάνει **μεγάλο βαθμό απόδοσης φωτισμού σε μικρότερη ισχύς ρεύματος** . [1]

Με βάση τον θεωρητικό υπολογισμό της φωτεινής ροής για τους εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους (Κεφάλαιο 5, Πίνακες 5.2 και 5.3) υπολογίζουμε τον απαιτούμενο αριθμό λυχνιών LED για τους εσωτερικούς και τους εξωτερικούς χώρους και καταγράφουμε τα αποτελέσματα που προκύπτουν στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 6.2: Θεωρητικός υπολογισμός φωτεινής ροής στην κλίμακα 1:50

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ			ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΑΚΕΤΑΣ	
ΕΙΔΟΣ ΧΩΡΟΥ	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)	ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ (lm)	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)	ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ (lm)
ΙΣΟΓΕΙΟ	240	69.656	0,096	28
Α ΟΡΟΦΟΣ	210,55	76.690	0,084	30,6
ΠΙΣΙΝΑ	167	33400	0,067	13,4
ΓΚΑΡΑΖ	58,75	8.813	0,024	3,6
ΚΗΠΟΣ	390	39000	0,156	15,6

Πίνακας 6.3: Θεωρητικός υπολογισμός του αριθμού των λυχνιών LED για την κατασκευή της μακέτας

ΧΩΡΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	ΙΣΟΓΕΙΟ	Α ΟΡΟΦΟΣ	ΚΗΠΟΣ	ΓΚΑΡΑΖ		ΠΙΣΙΝΑ
Εμβαδόν διατομής οπτικής ίνας	0,44	0,44	0,44	0,19		0,44
Εμβαδόν διατομής δεσμίδας	17,66	17,66	12,36	6,28	9,42	52,98
Εμβαδόν επιφάνειας λυχνίας LED	200,96	200,96	200,96	200,96		254,34
Φωτεινή ροή Φ ανά δεσμίδα χωρίς απώλειες	12,30	12,30	8,61	4,37	6,56	35,41
Φωτεινή ροή Φ ανά δεσμίδα με απώλειες	3,07	3,07	8,61	2,18	3,28	35,41

Θεωρητικός υπολογισμός της συνολικής φωτεινής ροής	28	30,6	15,6	3,6	13,4
Αριθμός λυχνιών LED	9,12≈9	9,97≈10	1,81≈2	0,68≈1	0,4≈1

Φυσικά, στα παραπάνω αποτελέσματα θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι διαφοροποιήσεις των παραπάνω τιμών ανάλογα με την ηλικία των ατόμων καθώς και πιθανές καταστροφές που μπορούν να προκύψουν. Για τον λόγο αυτό, στην τελική εγκατάσταση αυξάνουμε τον αριθμό των λυχνιών ανά χώρο ή ενισχύουμε τον φωτισμό συγκεκριμένων χώρων. Ταυτόχρονα, τοποθετούμε ροοστάτες στο τελικό ηλεκτρικό κύκλωμα ώστε να ελέγχουμε πλήρως τα επίπεδα φωτισμού κάθε χώρου. Έτσι, ο τελικός αριθμός λυχνιών ανά χώρο διαμορφώνεται με βάση τα δεδομένα του πίνακα 6.4.

Πίνακας 6.4: Αριθμός λυχνιών LED ανά χώρο

ΕΙΔΟΣ ΧΩΡΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΥΧΝΙΩΝ LED	ΑΥΞΗΣΗ ΑΡΙΘΜΟΥ LED	ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ
ΙΣΟΓΕΙΟ	9	3	ΦΩΤΙΖΟΜΕΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ
Α ΟΡΟΦΟΣ	10	3	-
ΠΙΣΙΝΑ	1	-	ΚΟΥΡΤΙΝΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ
ΓΚΑΡΑΖ	1	2	-
ΚΗΠΟΣ	2	-	-

Επίσης, η επιφάνεια των 56 m² του ισογείου (που αντιστοιχεί στο άνοιγμα) φωτίζεται μέσω του α ορόφου ενώ έχει υπολογιστεί στα τετραγωνικά μέτρα του ισογείου. Για να επιτευχθεί λοιπόν, ο κατάλληλος φωτισμός των χώρων, τρεις λυχνίες του ισογείου μεταφέρονται και τοποθετούνται στην οροφή του κτηρίου.

Τέλος, η επιλογή των τροφοδοτικών σχετίζεται με την συνολική ισχύ που πρέπει να παρέχουν στο σύστημα καθώς και με την τάση λειτουργίας των πηγών LED. Έτσι, για τα 32 LED των 3 watt χρειαζόμαστε συνολική ισχύ 96 watt και τάση εξόδου 12 volt dc. Για λόγους ευελιξίας και καλύτερης ενσωμάτωσης στην κατασκευή (λόγο μικρού μεγέθους) επιλέξαμε δυο τροφοδοτικά των 60 watt το καθένα.

6.5 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ ΜΑΚΕΤΑΣ

Για την σωστή κατανομή των οπτικών ινών, ήταν απαραίτητο να κατασκευαστεί μια αρχική μακέτα. Η κατασκευή της αρχικής μακέτας έχει ως

πλεονέκτημα, πρώτον να εντοπιστούν τυχόν μειονεκτήματα στην κατασκευή και να γίνει διόρθωση τους στην τελική σχεδίαση και δεύτερον να γίνει ο απαραίτητος έλεγχος φωτισμού κάθε χώρου, ώστε το συνολικό αποτέλεσμα φωτισμού να είναι ομοιόμορφο και εντυπωσιακό. Έτσι, μετά από δοκιμές καταλήξαμε στην ακόλουθη κατανομή οπτικών ινών, που παρουσιάζεται στους πίνακες που ακολουθούν:

Πίνακας 6.5: Κατανομή οπτικών ινών εσωτερικών χώρων

ΧΩΡΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ LED	ΚΩΔΙΚΟΣ LED	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΑΝΑ ΔΕΣΜΙΔΑ	ΜΗΚΟΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ (cm)
ΙΣΟΓΕΙΟ	9	E1/30	40	30
		E2/35	40	35
		E3/35	40	35
		E4/35	40	35
		E5/20	40	20
		E6/23	40	23
		E7/20	40	20
		E9/23	40	23
		E10/20	40	20
Α ΟΡΟΦΟΣ	16	A1/35	40	35
		A2/27	40	27
		A3/35	40	35
		A4/37	40	37
		A5/27	40	27
		A6/35	40	35
		A7/27	40	27
		A8/27	40	27

		A9/35	40	35
		A10/27	40	27
		A11/35	40	35
		A12/27	40	27
		A13/35	40	35
		A14/50	40	50
		A15/50	40	50
		A16/50	40	50
ΤΟΙΧΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	1	T/40	40	40

Πίνακας 6.6: Κατανομή οπτικών ινών εξωτερικών χώρων

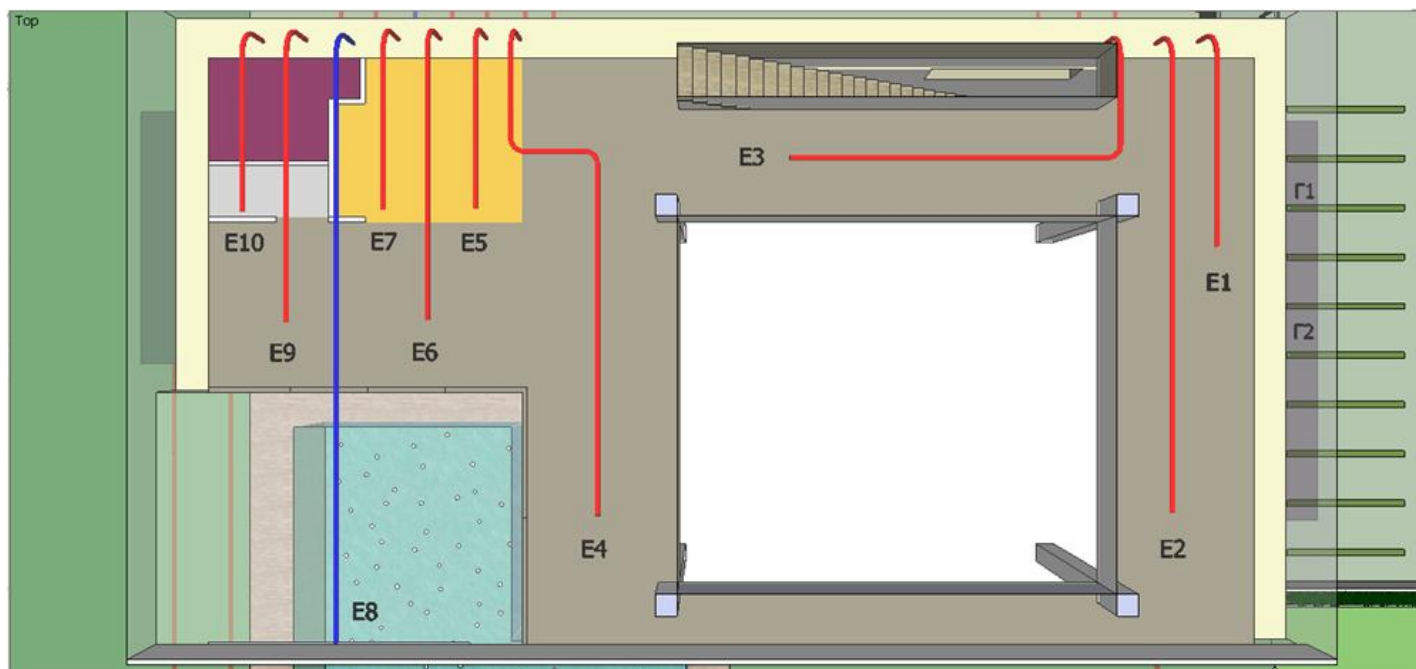
ΧΩΡΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ LED	ΚΩΔΙΚΟΣ LED	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΑΝΑ ΔΕΣΜΙΔΑ	ΜΗΚΟΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ (cm)
ΓΚΑΡΑΖ	2	Γ1/23,27	8	23
			8	27
		Γ2/24,29, 38	8	38
			8	29
			8	24
ΚΗΠΟΣ	2	Κ1/30,55	28	55
				30
		Κ2/37,47	28	37
				47
ΚΟΥΡΤΙΝΑ ΠΙΣΙΝΑΣ	1	E8/45	40	45

ΠΙΣΙΝΑ	1	Π/40	120	40
--------	---	------	-----	----

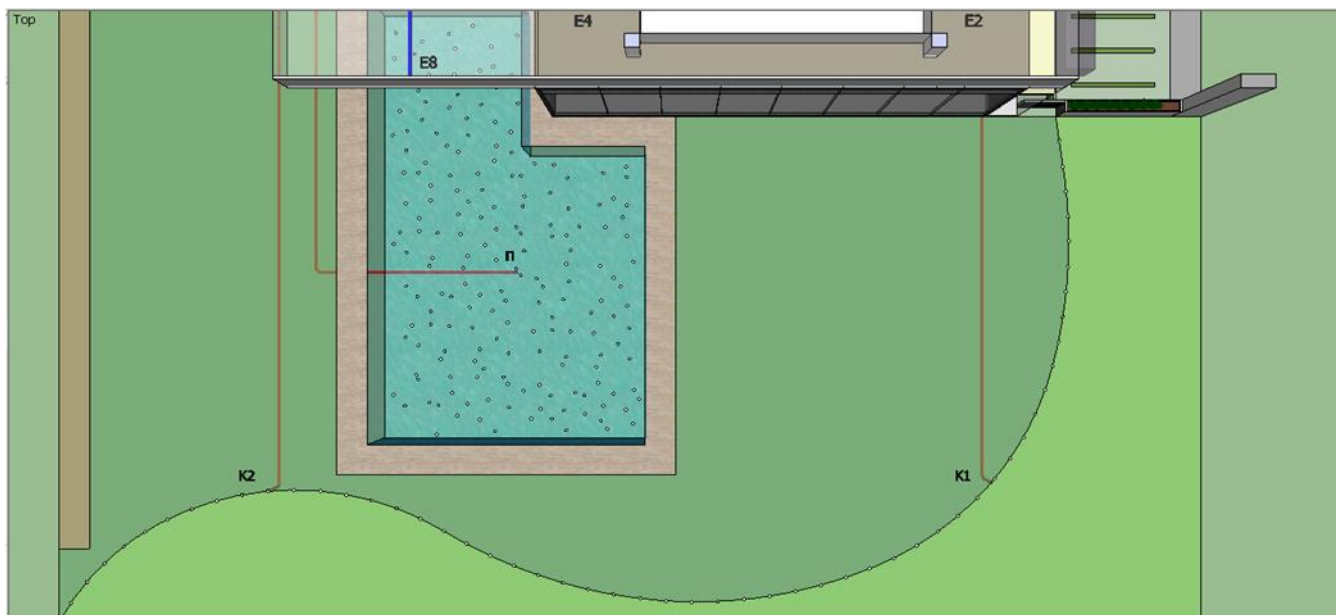
Η κωδικοποίηση των πηγών LED μας επιτρέπει να έχουμε άμεση πληροφόρηση για τον χώρο φωτισμού καθώς και για το μήκος των οπτικών ινών που τροφοδοτεί η συγκεκριμένη πηγή LED.

Για παράδειγμα οι δεσμίδες οπτικών ινών του α ορόφου κωδικοποιήθηκαν με τα σύμβολα A1/35, A2/27, A3/35 κτλ, όπου το A κωδικοποιεί τον όροφο, το 1 την σειρά τοποθέτησης και το 35 το μήκος των οπτικών ινών που συνδέθηκε με την συγκεκριμένη πηγή LED.

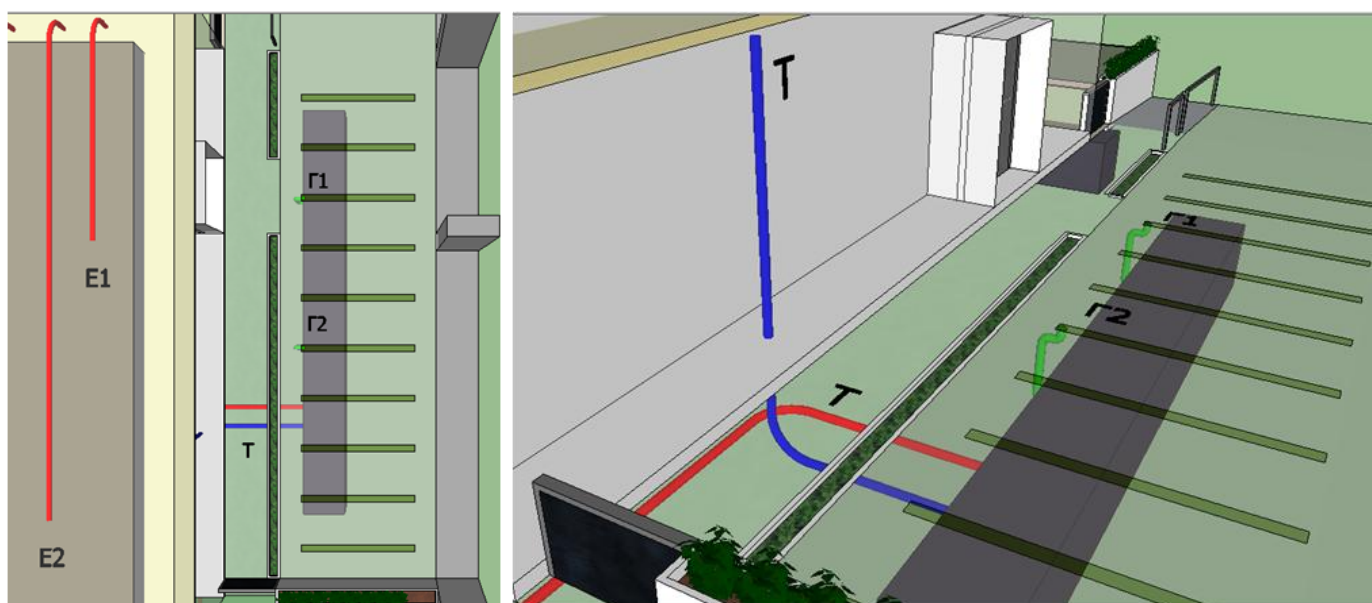
Για να έχουμε μια εποπτική εικόνα για το σημείο φωτισμού κάθε δεσμίδας παραθέτουμε τα 3D σχέδια κατανομής των οπτικών ινών για εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους.



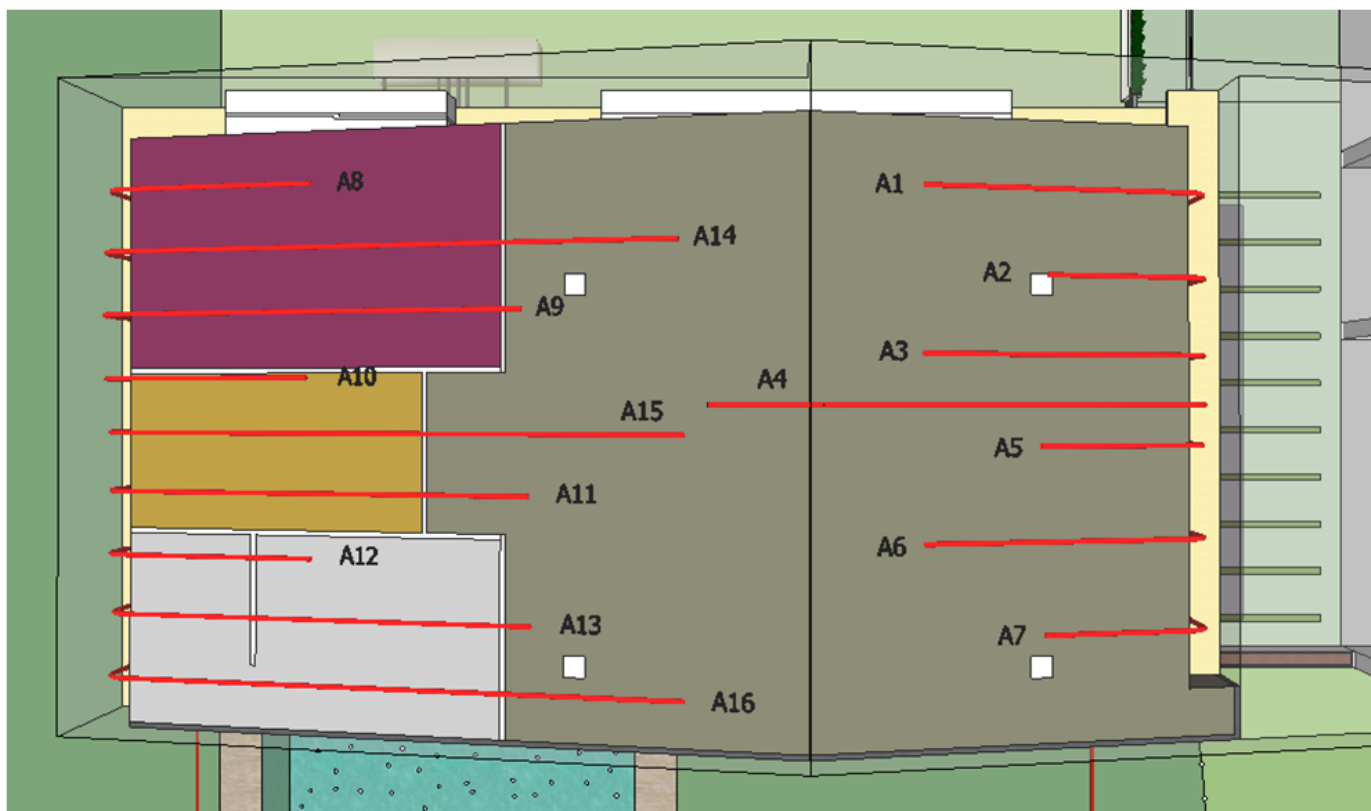
Εικόνα 6.15: Κατανομή οπτικών ινών ισογείου.



Εικόνα 6.16: Κατανομή οπτικών ινών πισίνας και κήπου.



Εικόνα 6.17: Κατανομή οπτικών ινών γκαράζ και φωτιζόμενου τοίχου ισογείου.



Εικόνα 6.18: Κατανομή οπτικών ινών α ορόφου.

6.6 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΑΚΕΤΑΣ

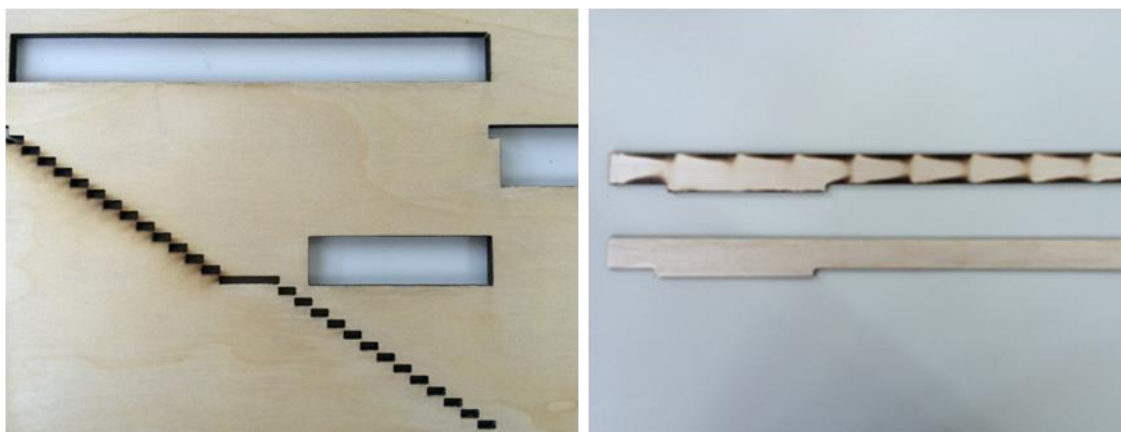
Αρχικά για την κατασκευή της μακέτας, θα έπρεπε να επιλέξουμε την κατάλληλη κλίμακα προκειμένου να είναι δυνατή η τοποθέτηση των οπτικών ινών στο εσωτερικό της κατασκευής. Έτσι, η κλίμακα σχεδίασης ορίστηκε 1:50.

Έπειτα, έπρεπε να γίνει 2D σχεδίαση των επιμέρους κομματιών ώστε να είναι δυνατή η μετέπειτα κοπή τους σε laser cutter και μηχάνημα cnc. Τα επιμέρους κομμάτια της μακέτας σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να ενσωματώνονται μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η κατασκευή και στήριξη της μακέτας χωρίς καμία συγκόλληση. Αυτό μας προσφέρει απίστευτη ευελιξία, μεγάλη σταθερότητα, συνοχή και δυνατότητα αποσυναρμολόγησης σε περίπτωση λάθους. Φυσικά, ένας τέτοιος σχεδιασμός προϋποθέτει συγκεκριμένη σειρά τοποθέτησης των κομματιών κατά την διάρκεια της κατασκευής. Η 2D σχεδίαση έγινε με το σχεδιαστικό πρόγραμμα Autocad 2012 και τα αντίστοιχα σχέδια παραθέτονται στο παράρτημα της παρούσας εργασίας. Η κοπή των κομματιών πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Αρχιτεκτονικών Προπλασμάτων και Τεχνολογικών Εφαρμογών της Αρχιτεκτονικής Σχολής του Πολυτεχνείου Κρήτης.



Εικόνα 6.19: Συναρμολογούμενα κομμάτια μακέτας

Στη συνέχεια, ακολουθεί ο καθαρισμός των κομματιών με υαλόχαρτο, ο οποίος υπήρξε αρκετά χρονοβόρος λόγω των τις μεγάλης επιφάνειας καθαρισμού και των πολλών κομματιών. Ορισμένες από τις φωτογραφίες πριν και μετά των καθαρισμό παρουσιάζονται στις εικόνες που ακολουθούν.



Εικόνα 6.20-6.21: Καθαρισμός κομματιών μακέτας κατά την διάρκεια κατασκευής.

Το επόμενο βήμα, είναι η κοπή των οπτικών ινών στις κατάλληλες διαστάσεις και η δημιουργία δεσμίδων. Η κοπή πραγματοποιήθηκε με ξυράφι ώστε η **διατομή της οπτικής ίνας να είναι κάθετη** με αποτέλεσμα να έχουμε μέγιστη απόδοση φωτός.

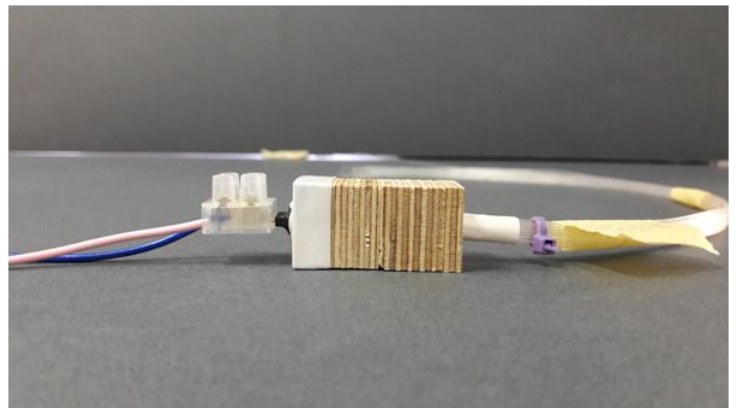
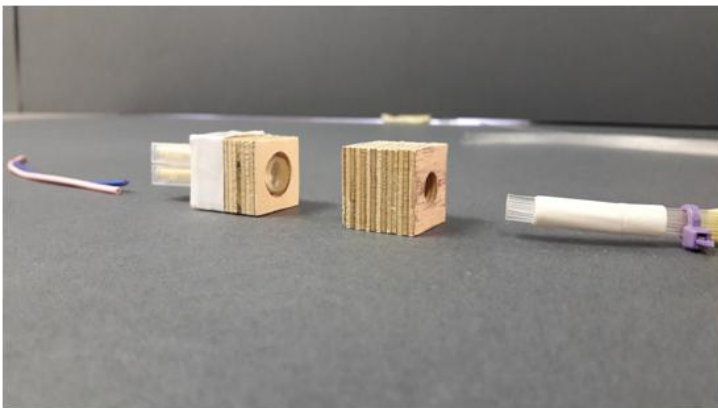
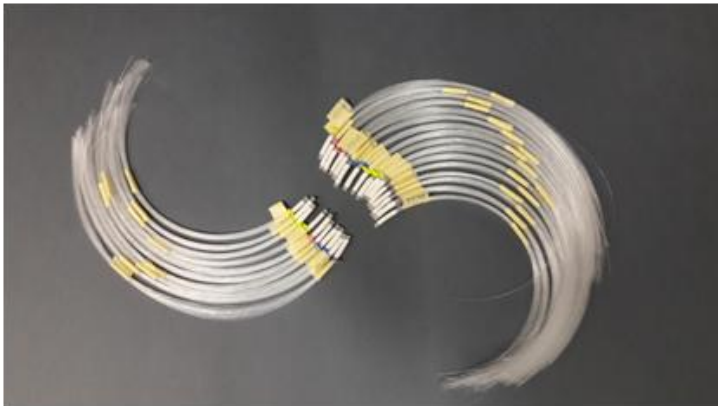
Η δημιουργία των δεσμίδων καθώς ο **αριθμός των οπτικών ινών που θα τοποθετηθούν σε αυτές, καθορίζεται με βάση την διάμετρο των πηγών LED** για μέγιστη απόδοση φωτός.

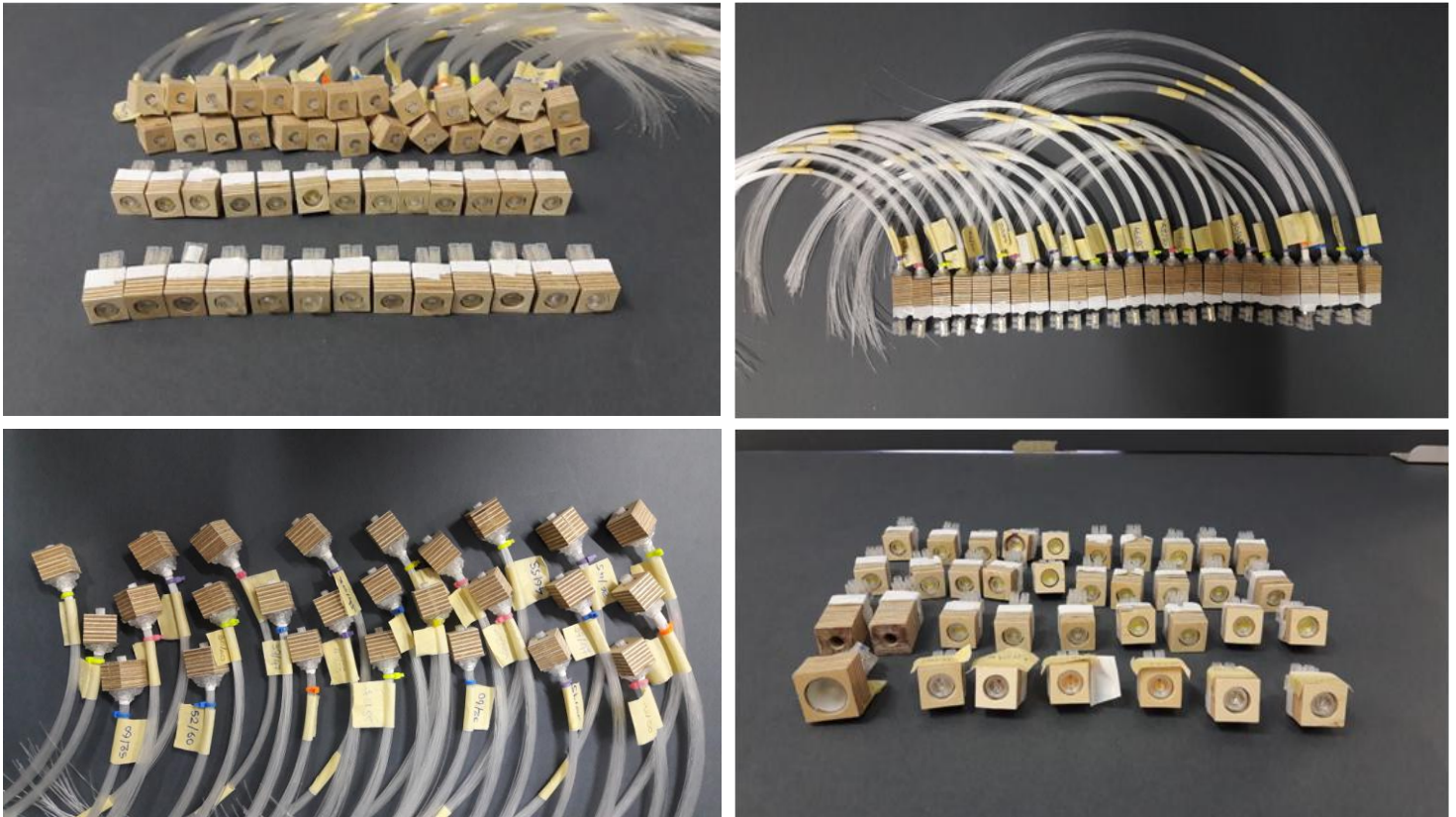
Για τις συγκεκριμένες πηγές, κατασκευάστηκαν 27 δεσμίδες οπτικών ινών κάθε μια από τις οποίες περιλαμβάνει 40 οπτικές ίνες. Εξαίρεση αποτελούν οι δεσμίδες των οπτικών ινών που θα τοποθετηθούν στην πισίνα (1

δεσμίδα), τον κήπο (2 δεσμίδες) και το γκαράζ (2 δεσμίδες). Η δεσμίδα της πισίνας περιλαμβάνει 120 οπτικές ίνες, οι οποίες συνδέονται με διαφορετική πηγή LED διαμέτρου 1,8cm. Οι δεσμίδες οπτικών ινών που θα τοποθετηθούν στον κήπο περιλαμβάνουν 28 οπτικές ίνες ανά δεσμίδα ενώ οι δεσμίδες του γκαράζ καλύπτονται με ειδικό εξωτερικό περίβλημα το οποίο περιλαμβάνει 8 οπτικές ίνες ανά δεσμίδα. Το μήκος των οπτικών ινών κάθε δεσμίδας αναγράφεται αναλυτικά στους πίνακες 6.2 και 6.3.

Στη συνέχεια ακολουθεί η προετοιμασία των πηγών LED και η σύνδεση τους με τις δεσμίδες των οπτικών ινών. Η στήριξη των πηγών LED έγινε με μονωτική ταινία ώστε να είναι δυνατή η αφαίρεση και αντικατάσταση τους σε περίπτωση καταστροφής ενώ η στήριξη των δεσμίδων έγινε με σιλικόνη προκειμένου να παραμένουν ακλόνητες στη επιθυμητή θέση.

Παρακάτω παρουσιάζονται εικόνες από τη διαδικασία προετοιμασίας των πηγών και των δεσμίδων φωτός.

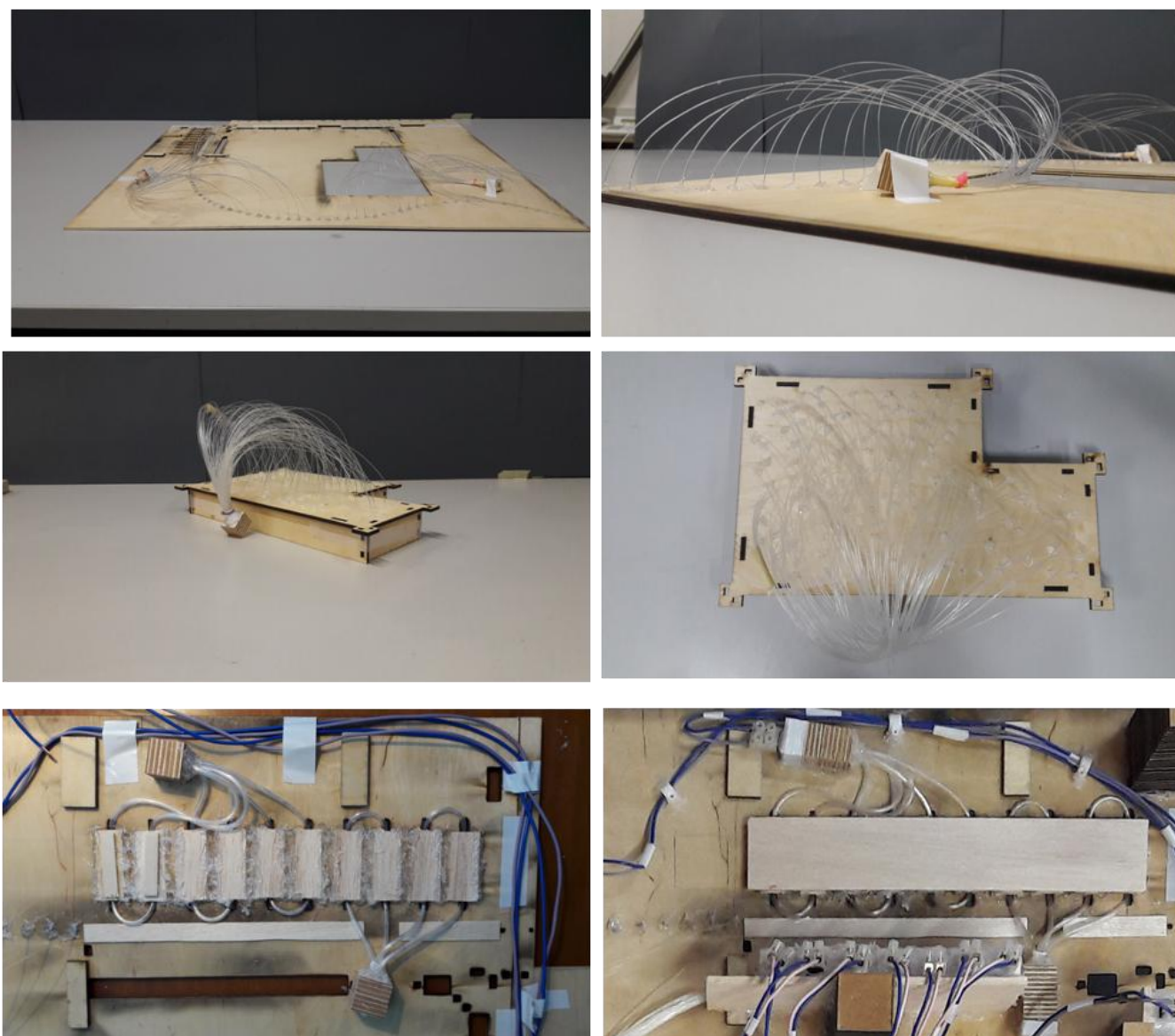




Εικόνα 6.22-6.29: Φάσεις κατασκευής πηγών LED και σύνδεσης δεσμών οπτικών ινών

Έπειτα ακολουθεί η σταδιακή τοποθέτηση και στήριξη τους στη βάση της μακέτας. Αρχικά ξεκινάμε με την τοποθέτηση των οπτικών ινών του κήπου όπου κάθε οπτική ίνα τοποθετείται στο καθορισμένο σημείο (οπή) με την βοήθεια σιλικόνης. Με παρόμοιο τρόπο, γίνεται και η τοποθέτηση των οπτικών ινών της πισίνας.

Αντίθετα, οι οπτικές ίνες του γκαράζ είναι πλάγιου φωτισμού και άρα μικρής φωτεινότητας. Το γεγονός αυτό ανταποκρίνεται μεν στην ανάγκες φωτισμού του συγκεκριμένου χώρου αλλά δημιουργεί ιδιαίτερες δυσκολίες στην εγκατάσταση. Προκειμένου να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα φωτισμού θα πρέπει κάθε δεσμίδα οπτικών ινών να έχει το μικρότερο δυνατό μήκος και ταυτόχρονα να έχουμε εισαγωγή φωτός και στα δύο άκρα της δεσμίδας από την ίδια πηγή LED. Με βάση τα δεδομένα αυτά, η πρώτη πηγή LED τροφοδοτεί δυο δεσμίδες οπτικών ινών και από τα δυο άκρα ενώ η δεύτερη τρεις. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται όλες οι σχετικές εικόνες από την τοποθέτηση των οπτικών ινών στους εξωτερικούς χώρους.

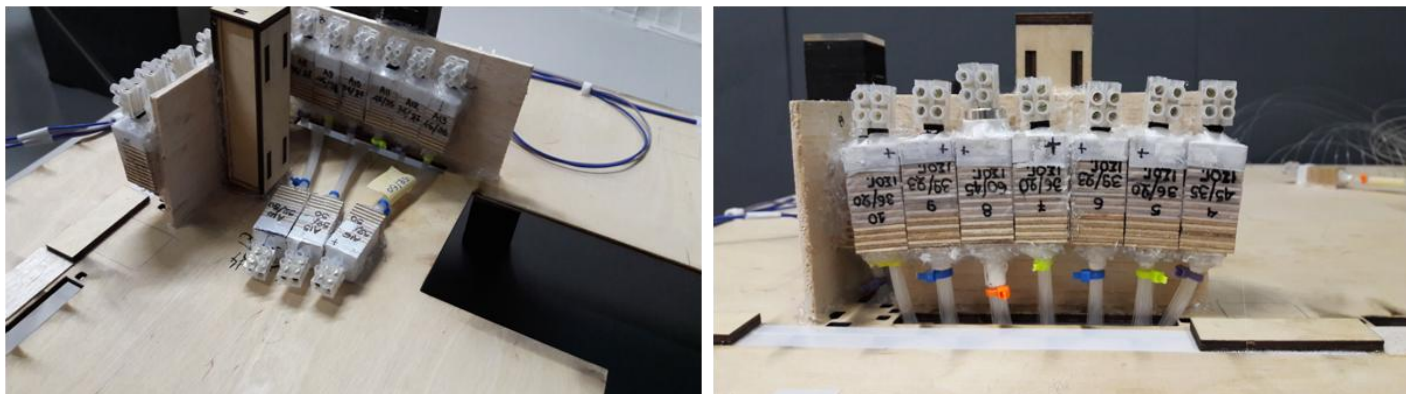


Εικόνα 6.30-6.35: Τοποθέτηση οπτικών ινών για φωτισμό εξωτερικών χώρων (κήπος, πίσина, γκαράζ)

Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης των οπτικών ινών για τους εξωτερικούς χώρους ακολουθεί η εγκατάσταση των οπτικών ινών στο εσωτερικό του κτηρίου. Στην συγκεκριμένη εγκατάσταση, η οριζόντια τοποθέτηση των πηγών στην βάση της μακέτας, μας δημιουργεί σοβαρά προβλήματα εξαιτίας των ισχυρών δυνάμεων που ασκούν οι δεσμίδες των οπτικών ινών στους εξωτερικούς τοίχους της κατασκευής. Οι δυνάμεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα την αστάθεια της κατασκευής, την έλλειψη συνοχής και πιθανότατα την καταστροφή των οπτικών ινών.

Για το λόγο αυτό, επιλέγουμε όλες οι **πηγές των εσωτερικών χώρων να τοποθετηθούν κατακόρυφα στην βάση της μακέτας**. Έτσι, μειώνουμε

Επίσης, για επιπλέον στήριξη της μακέτας **δημιουργούμε εσωτερικά στηρίγματα μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών τοίχων** τα οποία διατηρούν σταθερή την κατασκευή και συγχρόνως μας επιτρέπουν την ακριβής τοποθέτηση των κουφωμάτων στην νότια όψη του κτηρίου.



Εικόνα 6.36-6.37: Κατακόρυφη τοποθέτηση πηγών φωτισμού LED στο κάτω μέρος της μακέτας



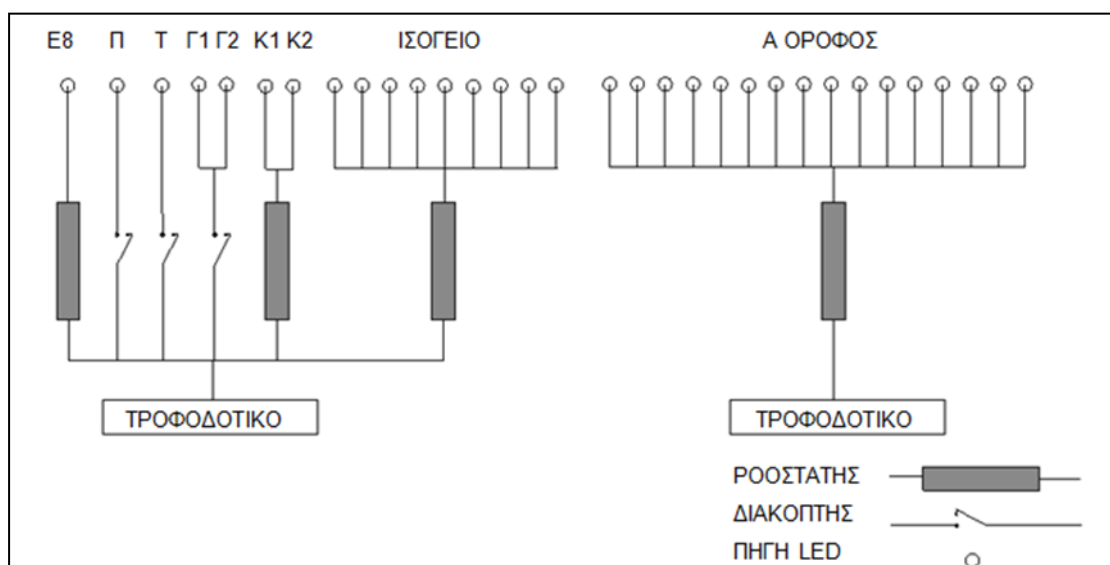
Εικόνα 6.38-6.39: Εσωτερικά στηρίγματα στη μετέπειτα κατασκευή της μακέτας

Έπειτα, κατασκευάζουμε το ηλεκτρικό κύκλωμα και τοποθετούμε στηρίγματα στην βάση της μακέτας. Κάθε πηγή LED οδηγείται μέσω καλωδίων σε ένα από τα δυο τροφοδοτικά.

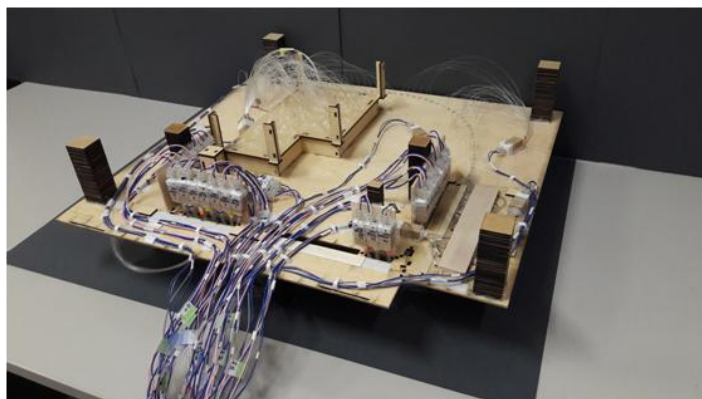
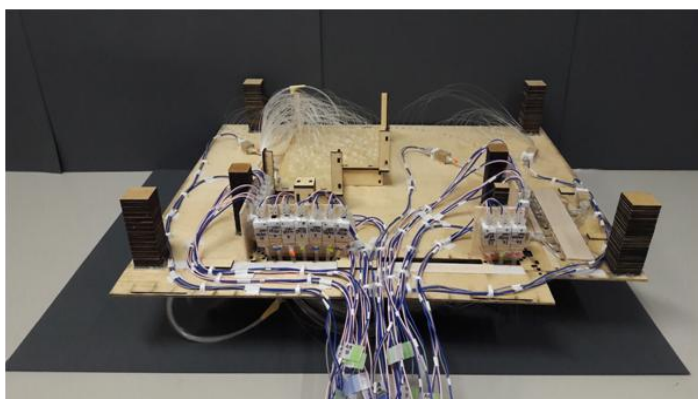
Πιο συγκεκριμένα, όλες οι πηγές LED του α ορόφου (16 πηγές LED) οδηγούνται στο πρώτο τροφοδοτικό ενώ οι υπόλοιπες πηγές LED του ισογείου και των εξωτερικών χώρων (16 πηγές LED) οδηγούνται στο δεύτερο. Σε κάθε καλώδιο αναγράφεται η κωδικοποίηση της πηγής LED ώστε να έχουμε τον πλήρη έλεγχο κατά την διάρκεια σύνδεσης των καλωδίων.

Πριν την τελική σύνδεση των πηγών με το τροφοδοτικό, πραγματοποιούμε παράλληλη σύνδεση των πηγών LED που θα λειτουργούν ταυτόχρονα και τοποθετούμε στις γραμμές ροοστάτες ή διακόπτες. Οι ροοστάτες μας επιτρέπουν να αυξομειώνουμε την ένταση του φωτός ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες φωτισμού του συγκεκριμένου χώρου.

Στο σχήμα παρουσιάζεται η σχηματική αναπαράσταση της σύνδεσης που πραγματοποιήσαμε και ακολουθούν οι εικόνες από την ολοκλήρωση της κατασκευής στην βάση της μακέτας:

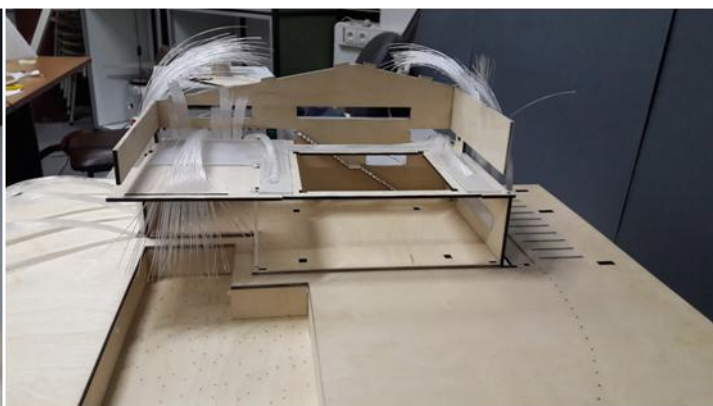


Εικόνα 6.40: Σχεδίαση ηλεκτρικού κυκλώματος τροφοδοσίας πηγών LED



Εικόνα 6.41-6.42: Υλοποίηση ηλεκτρικού κυκλώματος τροφοδοσίας πηγών LED

Στην συνέχεια, περνάμε τις οπτικές ίνες από τα προκαθορισμένα ανοίγματα της βάσης και αναποδογυρίζουμε την κατασκευή. Έπειτα, με συγκεκριμένη σειρά τοποθετούμε τα κομμάτια για την κατασκευή του ισογείου.



Εικόνα 6.43-6.46: Τοποθέτηση οπτικών ινών ισογείου

Ακολουθεί η ομοιόμορφη τοποθέτηση των οπτικών ινών στην οροφή με βάση την κατανομή των οπτικών ινών του ισογείου (Εικόνα 6.18), και πραγματοποιείται ο απαιτούμενος έλεγχος φωτισμού.





Εικόνα 6.47-6.50: Έλεγχος φωτισμού ισογείου

Με παρόμοιο τρόπο, συνεχίζουμε την τοποθέτηση κομματιών για την κατασκευή του α ορόφου και εγκαθιστούμε τις οπτικές ίνες. Για καλύτερο αποτέλεσμα φωτισμού και μείωση των σκιών τοποθετούμε στην οροφή μετά την εγκατάσταση των οπτικών ινών ένα φύλλο αλουμινίου.



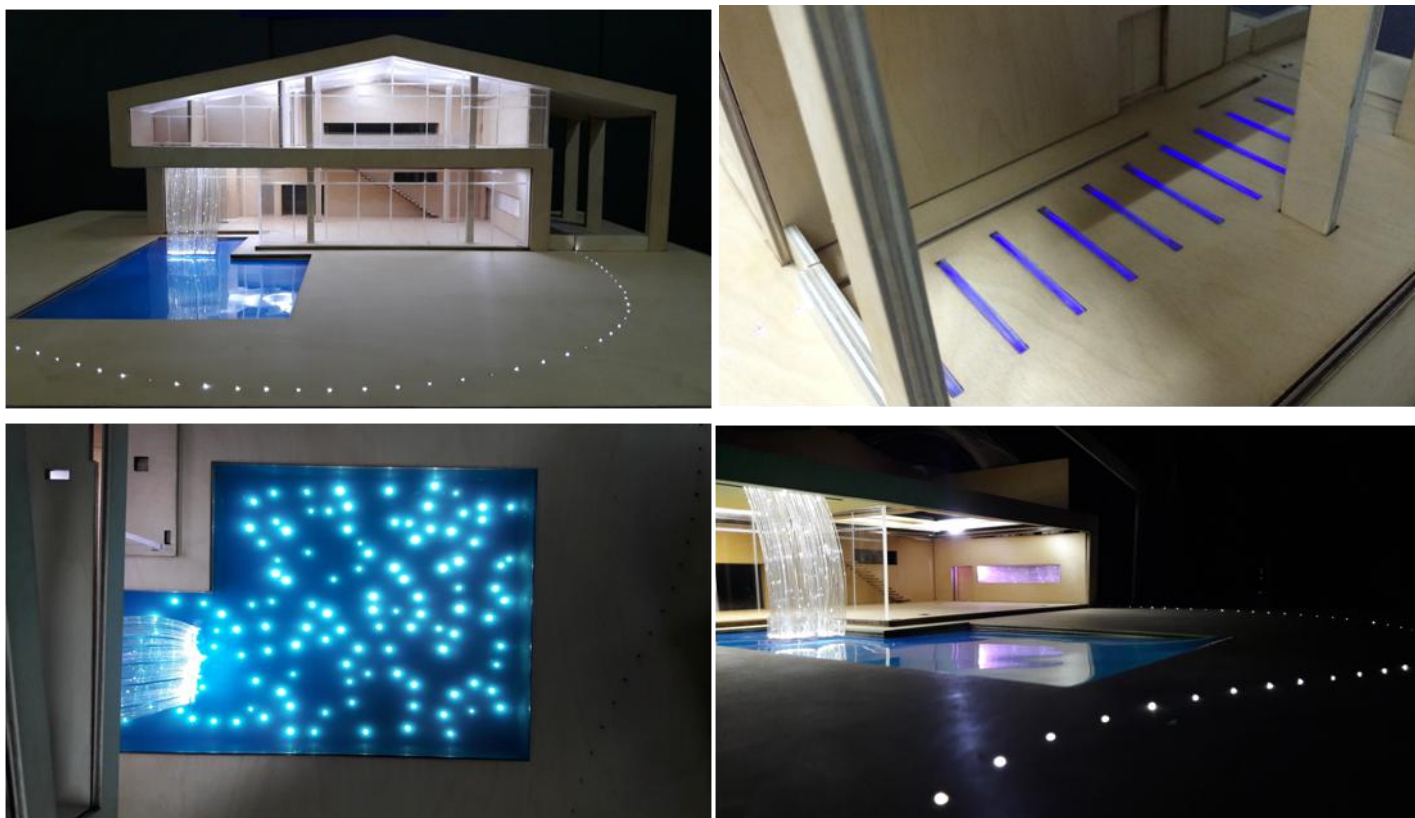
Εικόνα 6.51-6.54: Τοποθέτηση οπτικών ινών Α ορόφου

Στη συνέχεια ελέγχουμε το συνολικό αποτέλεσμα φωτισμού του πρώτου ορόφου.



Εικόνα 6.55-6.58: Έλεγχος φωτισμού Α ορόφου

Τέλος προχωράμε στον έλεγχο φωτισμού των εξωτερικών χώρων (πισίνα, κήπος, γκαράζ) αλλά και ολόκληρης της κατασκευής.



Εικόνα 6.59-6.62: Έλεγχος φωτισμού εξωτερικών χώρων

Συνοψίζοντας, διαπιστώνουμε ότι για την αποτελεσματικότερη εγκατάσταση των οπτικών ινών στο εσωτερικό της μακέτας, χρειάστηκε να γίνουν κάποιες καινοτόμες παρεμβάσεις κατά την διάρκεια της κατασκευής. Συγκεκριμένα, προχωρήσαμε στην:

- Κατασκευή μακέτας με συναρμολογούμενα κομμάτια (τα οποία διαθέτουν εγκοπές και προεξοχές), με αποτέλεσμα να επιτύχουμε απίστευτη ευελιξία, μεγάλη σταθερότητα, συνοχή, ακριβής τοποθέτηση των κομματιών και δυνατότητα αποσυναρμολόγησης σε περίπτωση λάθους.
- Χρήση εσωτερικών στηριγμάτων για καλύτερη στήριξη και ελαχιστοποίηση των δυνάμεων που ασκούν οι δεσμίδες οπτικών ινών στους εξωτερικούς τοίχους της κατασκευής
- Κατασκευή διπλής τοιχοποιίας, μέσω της οποίας διέρχονται οι δεσμίδες οπτικών ινών και οδηγούνται στις οροφές ισογείου και α ορόφου.
- Κατασκευή της πρόσοψης του κτηρίου από γυαλί (πλέξιγκλας) ώστε ο φωτισμός των εσωτερικών χώρων να είναι ορατός
- Σχεδιασμός υπερυψωμένης βάσης για την τοποθέτηση των πηγών φωτισμού, των οπτικών ινών και της ηλεκτρικής εγκατάστασης.
- Χρήση ειδικών βάσεων στήριξης για να επιτύχουμε την κατακόρυφη τοποθέτηση των οπτικών ινών στο κάτω μέρος της κατασκευής

- Ειδική κατασκευή ξύλινων βάσεων που συνδέουν τις πηγές φωτισμού με τις δεσμίδες ώστε να επιτύχουμε τη μέγιστη μεταφορά φωτός στο εσωτερικό των οπτικών ινών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα διατριβή παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα έξυπνα συστήματα φωτισμού μέσω οπτικών ινών, τα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν, οι εφαρμογές που μπορούν να έχουν στο φωτισμό ειδικών κατασκευών και κτιρίων καθώς και η συνεισφορά τους στον αειφόρο σχεδιασμό και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Επιπλέον, υλοποιήσαμε τον σχεδιασμό και την κατασκευή μιας μακέτας υπό κλίμακα 1:50, η οποία αποτελεί ζωντανό παράδειγμα της εφαρμογής των οπτικών ινών στον φωτισμό των κτηρίων. Πιο συγκεκριμένα, περιγράψαμε λεπτομερώς το σχεδιασμό, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, τα στάδια κατασκευής, τις δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε καθώς και κάποιες καινοτόμες παρεμβάσεις κατά την διάρκεια της κατασκευής. Στην συγκεκριμένη μακέτα ενσωματώνονται διαφορετικά είδη οπτικών ινών με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η παρουσίαση εναλλακτικών τύπων φωτισμού τόσο στους εσωτερικούς όσο και στους εξωτερικούς χώρους ενός κτηρίου.

Το συνολικό αποτέλεσμα φωτισμού κρίνεται ιδιαίτερα πρωτότυπο και εντυπωσιακό, κάτι το οποίο αποδεικνύεται και στις τελικές εικόνες της κατασκευής.

Επιπλέον, με βάση τα δεδομένα φωτισμού της μακέτας μπορούμε να υπολογίσουμε αναλογικά την απαιτούμενη ισχύ (σε watt) στους εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους του πραγματικού κτηρίου.

Πίνακας 7.1: Απαιτούμενη ισχύς στους εσωτερικούς χώρους

ΕΙΔΟΣ ΧΩΡΟΥ	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)	ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ (lm)	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (Watt)
ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	75	22404	448
ΚΟΥΖΙΝΑ	14,5	5784	115
ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	114	34287	685
ΜΠΑΝΙΟ	11	3390	68
ΓΕΝΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ	25	3791	76
ΣΚΑΛΑ	8	1200	24
ΧΩΡΟΣ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ	51	50800	1016
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ	33	3978	80

ΠΑΙΔΙΚΟ ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ	48	5712	114
ΜΠΑΝΙΟ Α	21	6300	126
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	58	8700	174

Πίνακας 7.2: Απαιτούμενη ισχύς στους εξωτερικούς χώρους

ΕΙΔΟΣ ΧΩΡΟΥ	ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)	ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ (lm)	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (Watt)
ΠΙΣΙΝΑ	167	33400	668
ΓΚΑΡΑΖ	58.75	8813	176
ΚΗΠΟΣ	390	39000	780

Μελλοντικά, η συγκεκριμένη μακέτα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βοηθητικό εργαλείο για τη πραγματοποίηση μετρήσεων που αφορούν τα επίπεδα φωτισμού καθώς τις απώλειες που προκύπτουν κατά την μετάδοση του φωτός από τις πηγές στο εσωτερικό των οπτικών ινών.

Επίσης, σε επόμενη φάση, είναι δυνατή και η συσχέτιση των παραπάνω αποτελεσμάτων με το μήκος των οπτικών ινών, το είδος τους και τον τρόπο εγκατάστασης τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ

8.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2

- [1] http://www.lucarte.gr/uplds/5_01-1996.pdf
- [2] <http://www.teicrete.gr/physics/lab/fdm/eppa/mk/fasmatoskopio.pdf>
- [3] http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AC_%CF%87%CF%81%CF%8E%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1
- [4] <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/museum/mater/colours/colours.html>
- [5] <http://www.color-wheel-artist.com/primary-colors.html>
- [6] http://users.otenet.gr/~konstk2/MMHM/YPOSTHRIKTIKO_YLIKO/MultiLabColors.pdf
- [7] <http://www.agrinioart.gr/?p=8425>
- [8] Διπλωματική εργασία «Εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό εμπορικών καταστημάτων» Ευάγγελος-Νικόλαος Δ. Μαδιάς, Αθήνα, Οκτώβριος 2010
- [9] http://www.greekarchitects.gr/site_parts/articles/print.php?article=2157&language=gr
- [10] <http://www.greekarchitects.gr/gr/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82/%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-leds-id4486>
- [11] <http://www.makthes.gr/news/reportage/82264/>
- [12] <http://www.archdaily.com/43336/the-yas-hotel-asymptote/>
- [13] <http://www.flickr.com/photos/mrruddock/1929792465/in/photostream>
- [14] <http://stylenews.peoplestylewatch.com/2010/10/01/think-pink-estee-lauder-breaks-a-world-record-for-bca/>
- [15] <http://www.google.gr/imgres?q=Nan+Pu+Bridge+pink&um=1&hl=el&biw=1280&bih=568&tbm=isch&tbnid=TbsVJtu7DAqOLM:&imgrefurl=http://www.bcacampaign.com/us/about/2006.shtml&docid=HRjz-KsCw4mHaM&imgurl=http://www.bcacampaign.com/us/images/about/2006/C hina-Nan-Pu-Bridge.jpg&w=460&h=233&ei=URQnT-e2B4Wi0QXmiPjNCg&zoom=1&iact=rc&dur=344&sig=115129581232971804481&page=1&tbnh=68&tbnw=135&start=0&ndsp=23&ved=1t:429,r:11,s:0&tx=66&ty=32>

- [16] <http://www.dutchessroez.com/2011/10/supporting-breast-cancer-awareness.html>
- [17] <http://thebeautyhour.com/blog/2010/10/pink-light/>
- [18] <http://www.flickr.com/photos/30831504@N06/3465268210/>
- [19] <http://www.superstock.com/stock-photos-images/1597-123491>
- [20] <http://pdf.archiexpo.com/pdf/universal-fibre-optics/catalogue-3/9059-6790-6.html>
- [21] http://www.google.gr/imgres?q=%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%B7%CF%88%CE%B7+%CF%84%CE%B7%CF%83+%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CE%B1%CF%82&um=1&hl=el&biw=1280&bih=568&tbn=isch&tbnid=E2lMrSPTsOLn9M:&imgrefurl=http://ionnko rr.blogspot.com/2010/09/blog-post_4361.html&docid=b5h9e25Gm77mGM&imgurl=http://1.bp.blogspot.com/_IHQL5-K7UJk/TJsQ7G6fmfI/AAAAAAAAAB_M/kl0nH9ULEF0/s1600/Fire-Discovery-01-goog.jpg&w=440&h=329&ei=RUFKT_CnM9Hb8QPZ4P2uDg&zoom=1&iact=r c&dur=203&sig=115129581232971804481&page=1&tbnh=161&tbnw=215&start=0&ndsp=22&ved=1t:429,r:0,s:0&tx=114&ty=80
- [22] <http://antigrafeus.blogspot.com/2011/03/400000.html>
- [23] <http://www.google.gr/imgres?q=thomas+edison+wiki&um=1&hl=el&sa=N&biw=1280&bih=568&tbn=isch&tbnid=ZLZ7d-iK-FoOEM:&imgrefurl=http://relmes.wordpress.com/2009/12/07/motivational-quote-genius/&docid=VIQrq3MmxDfL7M&imgurl=http://relmes.files.wordpress.com/2009/12/thomas-edison.jpg&w=520&h=415&ei=BUtKT9aBCIz-8QPvg-21Dg&zoom=1&iact=hc&vpx=926&vpy=133&dur=7109&hovh=201&hovw=251&tx=196&ty=87&sig=115129581232971804481&page=1&tbnh=112&tbnw=140&start=0&ndsp=27&ved=1t:429,r:7,s:0>
- [24] http://www.google.gr/imgres?q=Josef+Swan&um=1&hl=el&biw=1280&bih=568&tbn=isch&tbnid=KrLbpDjFfmO2sM:&imgrefurl=http://www.theiet.org/resources/library/archives/exhibition/domestic/edison.cfm&docid=D8f5cijBngRBcM&imgurl=http://www.theiet.org/resources/library/images/domestic/swan.jpg&w=150&h=199&ei=yk1KT9SGCsyp8APz_KGvDg&zoom=1&iact=hc&vpx=792&vpy=195&dur=1015&hovh=159&hovw=120&tx=109&ty=86&sig=115129581232971804481&page=1&tbnh=108&tbnw=80&start=0&ndsp=27&ved=1t:429,r:23,s:0
- [25] <http://www.google.gr/imgres?q=Josef+Swan+%CE%BB%CE%B1%CE%B C%CF%80%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B1+%CF%80%CF%85%CF%>

[81%CE%B1%CE%BA%CF%84%CF%89%CF%83%CE%B5%CF%89%CF%82&um=1&hl=en&biw=1280&bih=568&tbnid=bLeK10dwZ3XHZM:&imgrefurl=http://sfrang.com/historia/selida603.htm&docid=y94fJ-7t1oHtlM&imgurl=http://sfrang.com/historia/graphics/60/61-39.jpg&w=300&h=172&ei=T0xKT--](http://www.sfrang.com/historia/selida603.htm&docid=y94fJ-7t1oHtlM&imgurl=http://sfrang.com/historia/graphics/60/61-39.jpg&w=300&h=172&ei=T0xKT--IB8TB8gOYyZiPCg&zoom=1&iact=hc&vpx=439&vpy=108&dur=10063&hovh=137&hovw=240&tx=157&ty=82&sig=115129581232971804481&page=1&tbnh=85&tbnw=148&start=0&ndsp=24&ved=1t:429,r:2,s:0)

[IB8TB8gOYyZiPCg&zoom=1&iact=hc&vpx=439&vpy=108&dur=10063&hovh=137&hovw=240&tx=157&ty=82&sig=115129581232971804481&page=1&tbnh=85&tbnw=148&start=0&ndsp=24&ved=1t:429,r:2,s:0](http://www.sfrang.com/historia/selida603.htm&docid=y94fJ-7t1oHtlM&imgurl=http://sfrang.com/historia/graphics/60/61-39.jpg&w=300&h=172&ei=T0xKT--IB8TB8gOYyZiPCg&zoom=1&iact=hc&vpx=439&vpy=108&dur=10063&hovh=137&hovw=240&tx=157&ty=82&sig=115129581232971804481&page=1&tbnh=85&tbnw=148&start=0&ndsp=24&ved=1t:429,r:2,s:0)

[26]http://www.google.co.uk/imgres?q=newton&um=1&hl=en&sa=N&biw=1280&bih=568&tbnid=6RVLmRYolgkjrM:&imgrefurl=http://www.guardian.co.uk/science/2008/may/01/peopleinscience.physics&docid=Ei8hnQFBD0l8sM&imgurl=http://static.guim.co.uk/sys-images/Guardian/Pix/red/blue_pics/2008/04/30/newton.article.jpg&w=460&h=530&ei=PmBKT4OyBMKV8gOcvu2eDg&zoom=1&iact=hc&vpx=980&vpy=172&dur=4594&hovh=241&hovw=209&tx=116&ty=136&sig=107536472168428558140&page=1&tbnh=163&tbnw=138&start=0&ndsp=14&ved=1t:429,r:13,s:0

[27]http://www.google.co.uk/imgres?q=Christian+Huygens&um=1&hl=en&sa=N&biw=1280&bih=568&tbnid=LuPfv9vQoReKmM:&imgrefurl=http://almaak.tripod.com/biografias/christian_huygens.htm&docid=seBQrla1WoDseM&imgurl=http://almaak.tripod.com/images/biografias/bio_christian_huygens.jpg&w=304&h=302&ei=f19KT9rNDdDB8QPCoP3BDg&zoom=1&iact=hc&vpx=589&vpy=242&dur=3375&hovh=224&hovw=225&tx=144&ty=156&sig=107536472168428558140&page=1&tbnh=116&tbnw=114&start=0&ndsp=29&ved=1t:429,r:15,s:0

[28]<http://www.google.co.uk/imgres?q=Tomas+Young&um=1&hl=en&sa=N&biw=1280&bih=568&tbnid=308ZtlfenKDchM:&imgrefurl=http://theor.jinr.ru/~kuzemsky/tybio.html&docid=rVbOVJhb-gkAUM&imgurl=http://theor.jinr.ru/~kuzemsky/tyou.jpg&w=250&h=313&ei=-15KT-qBGM2s8QOFv-CZDg&zoom=1&iact=hc&vpx=614&vpy=110&dur=2500&hovh=250&hovw=200&tx=117&ty=158&sig=107536472168428558140&page=1&tbnh=116&tbnw=99&start=0&ndsp=24&ved=1t:429,r:4,s:0>

[29] <http://www.belightsoft.com/products/resources/using-the-color-wheel.php>

[30] <http://www.novelwebdesigns.com/web-design-θεωρία-χρωμάτων/>

[31] http://www.my-practical-baby-guide.com/color_theory.html

[32] <http://alyssaaldrich.com/color-theory-refresher/>

[33] <http://www.4myhome.gr/el/page/theoria-ton-xromaton.html>

[34] <http://www.xartofillis.gr/articles/11-colorhistory>

8.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 3

[1] Πτυχιακή Εργασία : «Αξιολόγηση Τμήματος Μητροπολιτικού Δικτύου Οπτικών Ινών Πελοποννήσου ,Μοντελοποίηση και Προτάσεις για Τυχόν Βελτιώσεις του», Σπουδαστές : Γκότσης Σταύρος , Πουλόπουλος Γιάννης.

[2]Πτυχιακή Εργασία : «Διαδικασίες ελέγχου και εφαρμογές διαχείρισης δικτύων οπτικών ινών», Σπουδαστής :Κρανίτης Παναγιώτης

[3]Πτυχιακή Εργασία : « Δυνατότητες Εξοικονόμησης Ηλεκτρικής Ενέργειας από τον φωτισμό κτιρίων », Εισηγητής : Ιωάννης Μιμίκος

[4] http://www.himawari-net.co.jp/e_page-index01.html

[5]http://www.hep.upatras.gr/class/download/met_pli/optikes_ines.pdf

[6]http://pcnetworks.pbworks.com/f/edunet_2_Part_II.pdf

[7]<http://www.fiberopticlightingkits.com/how-they-work-complete.html>

[8] <http://www.fiberstars.com/illuminators-halogen.html>

[9] <http://www.wiedamark.com/fiberopticlighting.aspx>

[10]<http://www.unlimitedlight.com/how-they-work-end-fitting.html>

[11]<http://www.greekarchitects.gr/gr/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82/%CE%B5%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CF%82-%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B9%CF%84%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D-%CE%BC%CE%B5-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD-%CE%B9%CE%BD%CF%8E%CE%BD-id1934>

[12]<http://www.greekarchitects.gr/gr/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%B4%CE%B5%CE%B9%CE%BE%CE%B7%CF%82-%CE%BC%CE%B5-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD-%CE%B9%CE%BD%CF%8E%CE%BD-id1605>

[13]<http://flashlight.gr/index.php?maincat=12&subcat=24&newsid=382>

- [14]<http://www.universal-fibre-optics.com/end-fittings.php>
- [15]<http://www.fiberopticlighting.com/stariflex-side-glow.php>
- [16]<http://www.archiexpo.com/prod/schott-ag/sheated-fiber-optics-58393-199931.html>
- [17] <https://sites.google.com/a/electronicbricks.it/electronicbricks/ebtm-blog/bring-the-sun-indoors-using-plastic-optical-fiber>

8.3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 4

- [1] http://www.afo.es/products/downloads/end_fittings.pdf
- [2] <http://www.herakleidon-art.gr/el/index.cfm?&get=building>
- [3] <http://www.anaco.gr/gr/mus/lightingoptions.html>
- [4]<http://www.greekarchitects.gr/gr/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82/%CE%B5%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CF%82-%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B9%CF%84%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D-%CE%BC%CE%B5-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD-%CE%B9%CE%BD%CF%8E%CE%BD-id1934>
- [5]http://www.gardenmagazine.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=96
- [6]http://www.google.gr/imgres?q=%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82+%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CF%89%CE%BD&start=296&um=1&hl=el&sa=N&biw=1280&bih=568&tbn=sch&tbnid=kEPQbg8kEt5c1M:&imgrefurl=http://www.sigmalive.com/simerini/environment/451163&dclid=EKv11SolPf7zpM&imgurl=http://www.sigmalive.com/files/imagecache/full_image/files/node_images/1/6/3/451163/lights_at_streets.jpg&w=719&h=480&ei=NBdBT57AEYTd8QOQn-C0CA&zoom=1&chk=sbg&iact=rc&dur=156&sig=115129581232971804481&page=20&tbnh=161&tbnw=274&ndsp=13&ved=0CI0CEK0DMD447gE&tx=106&ty=102
- [7]<http://www.emprosnet.gr/Technology/?EntityID=933e1ddf-626d-4577-8a9f-33896bf6ae5b>
- [8]<http://tendtotravel.com/2012/01/who-says-new-landmarks-are-not-attractive-abu-dhabi/>

- [9]<http://inhabitat.com/field-of-light-by-bruce-monroe/attachment/16747/?extend=1>
- [10]http://www.google.gr/imgres?q=italy+fiber+optics+lighting&um=1&hl=el&sa=N&biw=1280&bih=568&tbm=isch&tbnid=o8ePm71tuzcrBM:&imgrefurl=http://www.designboom.com/weblog/keyword/bruce-munro.html&docid=tJf6EmLzIJW54M&imgurl=http://www.designboom.com/weblog/images/images_2/andrea/bruce_munro/forest_of_light/forest01.jpg&w=818&h=609&ei=OB4GT76mJsWK8gOq1cmBDA&zoom=1&iact=rc&dur=391&sig=115129581232971804481&page=9&tbnh=157&tbnw=207&start=94&ndsp=10&ved=1t:429,r:4,s:94&tx=134&ty=68
- [11] <http://www.fiberoptictechnologies.com/photos/gallery1.html>
- [12] <http://www.fiberstarspoolandspa.com/>
- [13] <http://www.universal-fibre-optics.com/product-brochures.php>
- [14] http://www.realestatecorner.gr/el/article_groups/2/articles/5
- [15] <http://www.fiberstars.com/index.html>
- [16]http://www.google.gr/imgres?q=dubai+fiber+optics+lighting&um=1&hl=el&sa=N&biw=1280&bih=568&tbm=isch&tbnid=TWJKUi2nJXkM:&imgrefurl=http://fs-testserver-v2.com/scintilla-fibre-optic-chandelier-by-neues-licht/%3Fisalt%3D0&docid=ADa_ovWuZTwuBM&imgurl=http://inhabitat.com/wp-content/uploads/spiralight1.jpg&w=537&h=303&ei=OxkGT9zgEJP78QOX2-DfDA&zoom=1&iact=hc&vpx=934&vpy=189&dur=1781&hovh=169&hovw=299&tx=158&ty=149&sig=115129581232971804481&page=23&tbnh=165&tbnw=250&start=235&ndsp=10&ved=1t:429,r:9,s:235
- [17]http://www.google.gr/imgres?q=dubai+fiber+optics+lighting&um=1&hl=el&sa=N&biw=1280&bih=568&tbm=isch&tbnid=yFxHtPBjhAT6jM:&imgrefurl=http://www.notcot.org/page/287/&docid=mIE3n4_kX1h-oM&imgurl=http://uploads.notempire.com/images/uploads/kurage2.jpg&w=250&h=250&ei=OxkGT9zgEJP78QOX2-DfDA&zoom=1
- [18]http://www.google.gr/imgres?q=PARIS+fiber+optics+lighting&um=1&hl=el&biw=1280&bih=568&tbm=isch&tbnid=EKWrwX6uMMP0CM:&imgrefurl=http://lionheartdesign.blogspot.com/2007_02_01_archive.html&docid=CBQVSPEShrEqM&imgurl=http://www.ulrikajarl.com/users/390/5771_bloomster.jpg&w=500&h=470&ei=CyMGT8OnCY3Z8gOk3Li6AQ&zoom=1&iact=hc&vpx=880&vpy=174&dur=2813&hovh=218&hovw=232&tx=166&ty=133&sig=115129581232971804481&page=11&tbnh=160&tbnw=136&start=116&ndsp=12&ved=1t:429,r:4,s:116

- [19] <http://www.unlimitedlight.com/vmchk/Star-Ceiling-Kits.html?Treeld=1>
- [20] <http://www.unlimitedlight.com/Sensory-Wall-Tubes/1M-Sensory-Wall-Tube.html>
- [21] <http://www.fibreopticfx.co.uk/cmsfiles/PDF/CATALOGUE2008.pdf>
- [22] http://flashlight.gr/images/news/A.F.O.Fiber_Optics_Catalogue.pdf
- [23] http://www.unlimitedlight.com/Floor-Paver-Kits/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.browse&category_id=31&Itemid=53&Treeld=5
- [24] http://www.google.gr/imgres?q=%27%27MILAN+fiber+optics+lighting%27%27&um=1&hl=el&biw=1280&bih=568&tbnid=R9suWF3PM9kGIM:&imgrefurl=http://www.interiorstalk.com/newsletters/issue_55.html&docid=bXEJuTGf1xeDQM&imgurl=http://www.interiorstalk.com/news/dec/dec101_01.jpg&w=300&h=316&ei=SSkGT-v7F8qw8gOg8dCsAQ&zoom=1&iact=hc&vpx=1014&vpy=219&dur=766&hovh=230&hovw=219&tx=161&ty=220&sig=115129581232971804481&page=10&tbnh=163&tbnw=159&start=103&ndsp=11&ved=1t:429,r:4,s:103
- [25] http://www.google.gr/imgres?q=fiber+optics+bath&um=1&hl=el&sa=N&biw=1280&bih=568&tbnid=56CiyqoOIT97WM:&imgrefurl=http://www.fiber opticlighting.com/view-project.php%3Fproject%3Dbathroom-lighting&docid=uF6C7uA_zdQWWM&imgurl=http://www.fiber opticlighting.com/image/projects/by-application/pool-wet-area/bathroom-lighting/image-1.jpg&w=960&h=450&ei=KMNGT7GSH5Ca8qPP_e21Dg&zoom=1&iact=rc&dur=437&sig=115129581232971804481&page=2&tbnh=87&tbnw=186&start=23&ndsp=15&ved=1t:429,r:5,s:23&tx=61&ty=25
- [26] <http://flashlight.gr/%CE%A0%CE%B5%CF%81%CE%AF-%CF%86%CF%89%CF%84%CF%8C%CF%82-m11/%CE%88%CF%81%CE%B3%CE%B1-%CE%95%CF%84%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B9%CF%8E%CE%BD-s34/Athens-By-Sound-id544>
- [27] <http://www.archdaily.com/89589/taiwan-tower-competition-winner-dsba-mihai-carciun-and-upgrade-studio/07-66/>
- [28] <http://topontiki.gr/article/12827>
- [29] <http://www.iwamotoscott.com/>
- [30] <http://www.dogoodplanet.com/news/2010/07/07/the-eco-friendly-breathing-%E2%80%9Cgreen%E2%80%9D-skyscraper-landmark-for-new-york%E2%80%99s-lower-manhattan/>
- [31] <http://www.archdaily.com/156357/the-earthscraper-bnkr-arquitectura/>

- [32] <http://topontiki.gr/article/27823>
- [33] <http://gorillasinthemist.net/default.aspx?p=11>
- [34] <http://www.architecture-balar.com/2010/12/lighting-system-with-fiber-optics.html>
- [35] <http://architetturaedisegno.blogspot.com/2010/06/shanghai-expo-2010-uk-pavilion.html>
- [36] <http://www.homefood.gr/home/article.asp?page=1&id=658>
- [37] <http://www.urbandot.gr/archives/1184>
- [38] <http://www.heatherwick.com/uk-pavilion/>
- [39] <http://www.archdaily.com/58591/uk-pavilion-for-shanghai-world-expo-2010-heatherwick-studio/>
- [40] <http://www.dezeen.com/2010/03/31/uk-pavilion-at-shanghai-expo-2010-by-thomas-heatherwick-2/>
- [41] http://en.wikipedia.org/wiki/UK_pavilion_at_Expo_2010

8.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 5

- [1] "Αρχιτεκτονικό & στατικό σχέδιο" εκδοτικός όμιλος ΙΩΝ
- [2] "Αρχιτεκτονικό προοπτικό σχέδιο " εκδοτικός όμιλος ΙΩΝ
- [3] <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%B5%CE%B1%CE%BB%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82>
- [4] http://www.teiath.gr/userfiles/eadsa_web_admin/lessons/c_seme ster/2014_15/2014-15-arxitektonikiFotismosXoroiErgasias-theoryFotismos.pdf
- [5] <http://hlektrologia.gr/%CE%BF-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CF%87%CF%8E%CF%81%CE%BF-%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%AF%CE%B1%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1/>

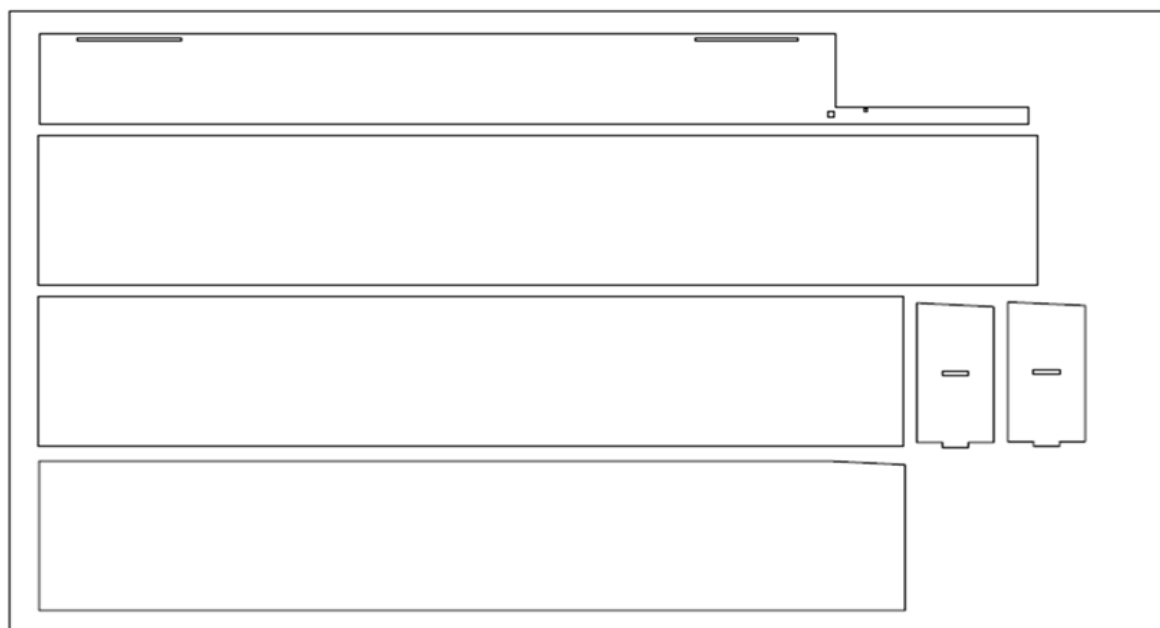
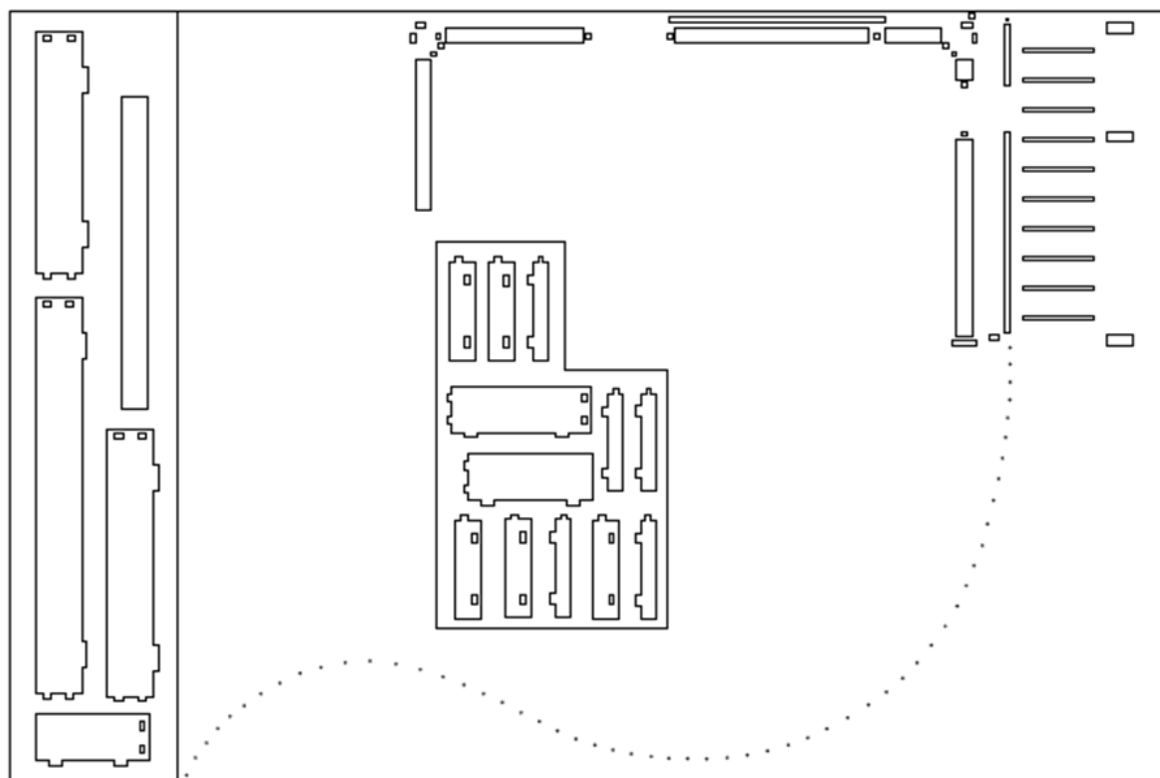
8.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 6

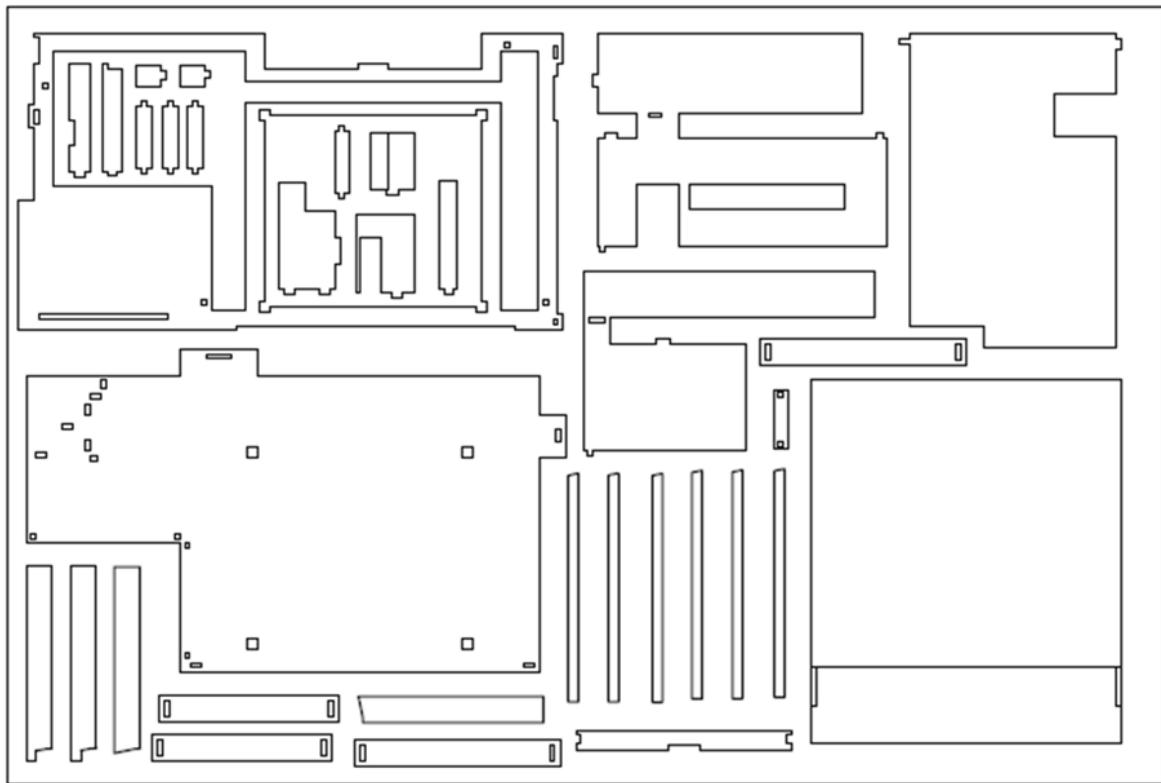
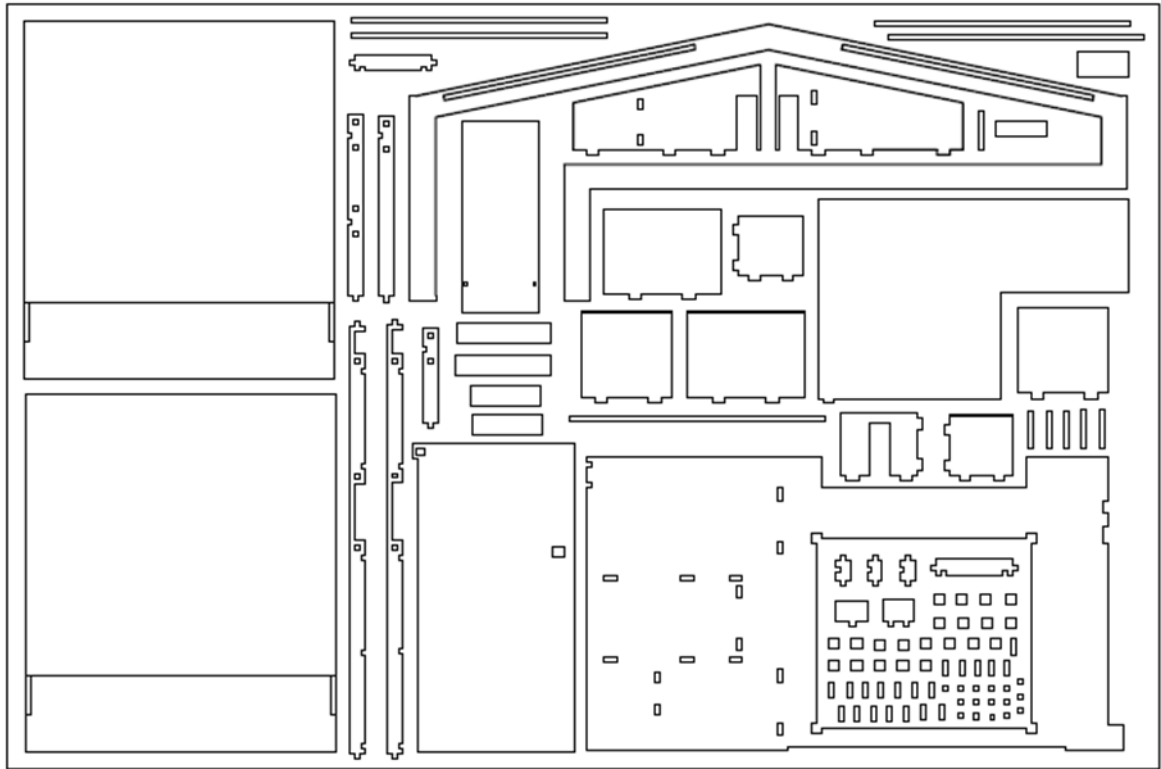
- [1] <http://www.ebay.co.uk/itm/281256229669>
- [2] <http://www.led-lights24.de/2-4w-led-leuchtmittel-warmweiss-g4-pin-stiftsockel-200lm-12v-osmot-eco-light-1018188636.html>

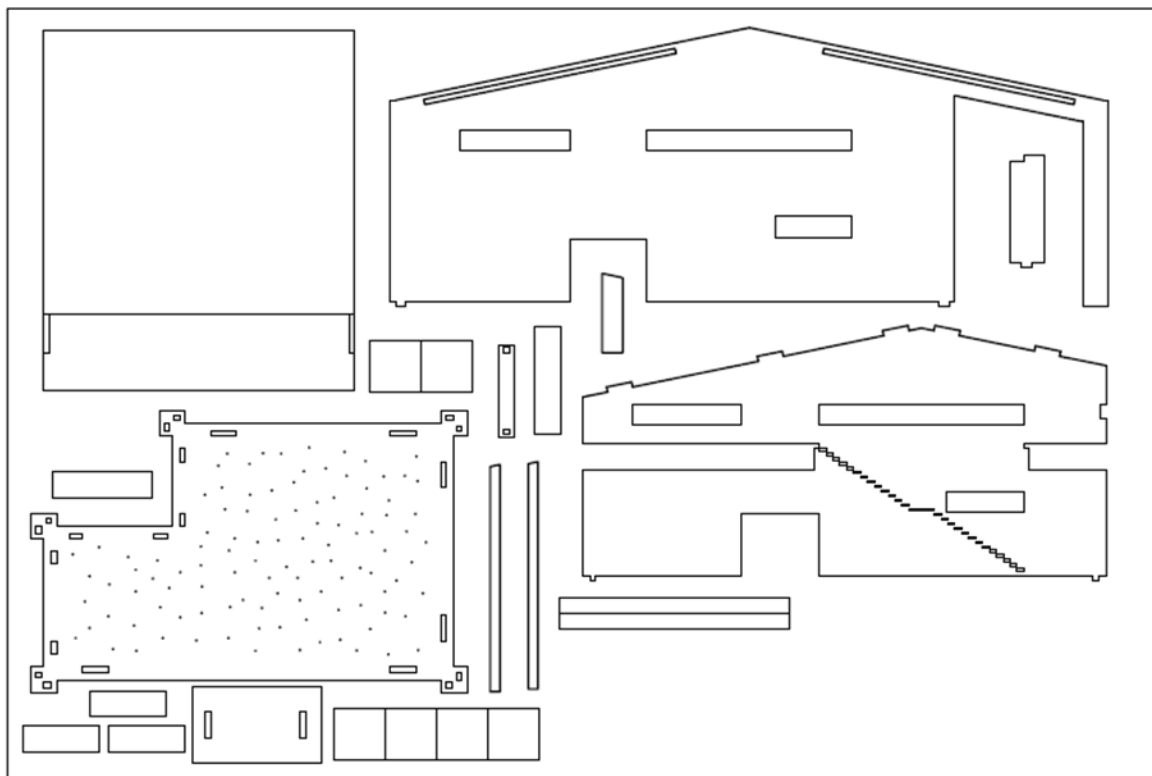
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παρακάτω παραθέτουμε ενδεικτικά τα βασικά κομμάτια από την δισδιάστατη σχεδίαση στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Autocad 2012 για τα διάφορα υλικά της μακέτας.

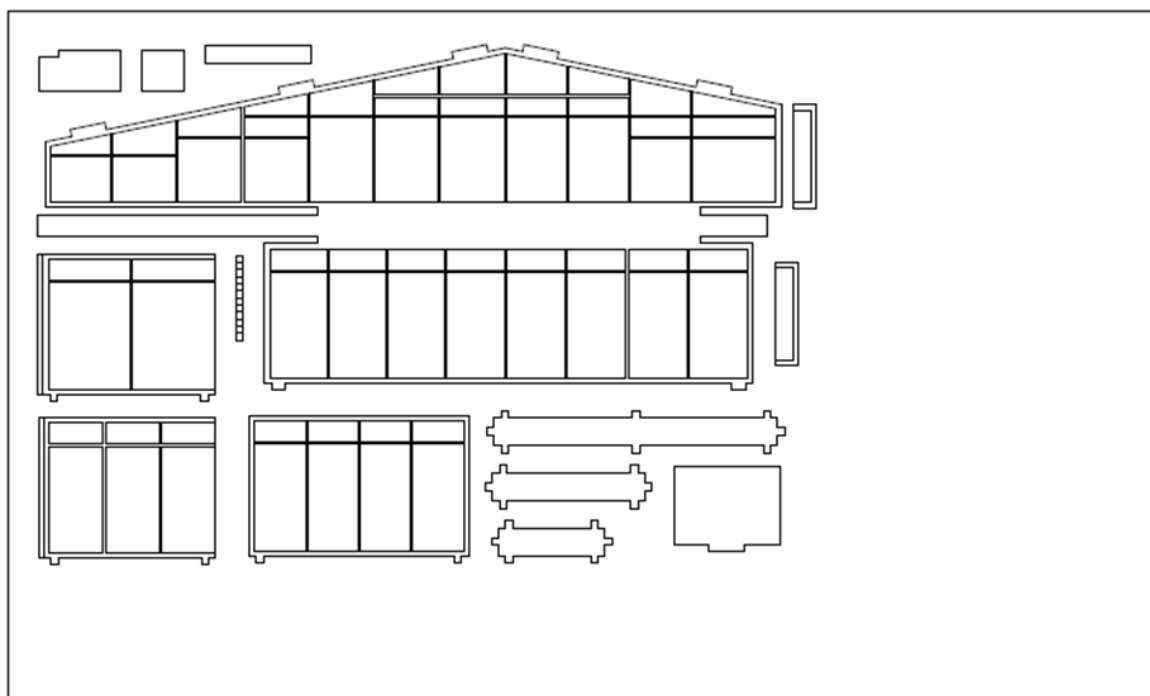
Κόντρα πλακέ 4mm



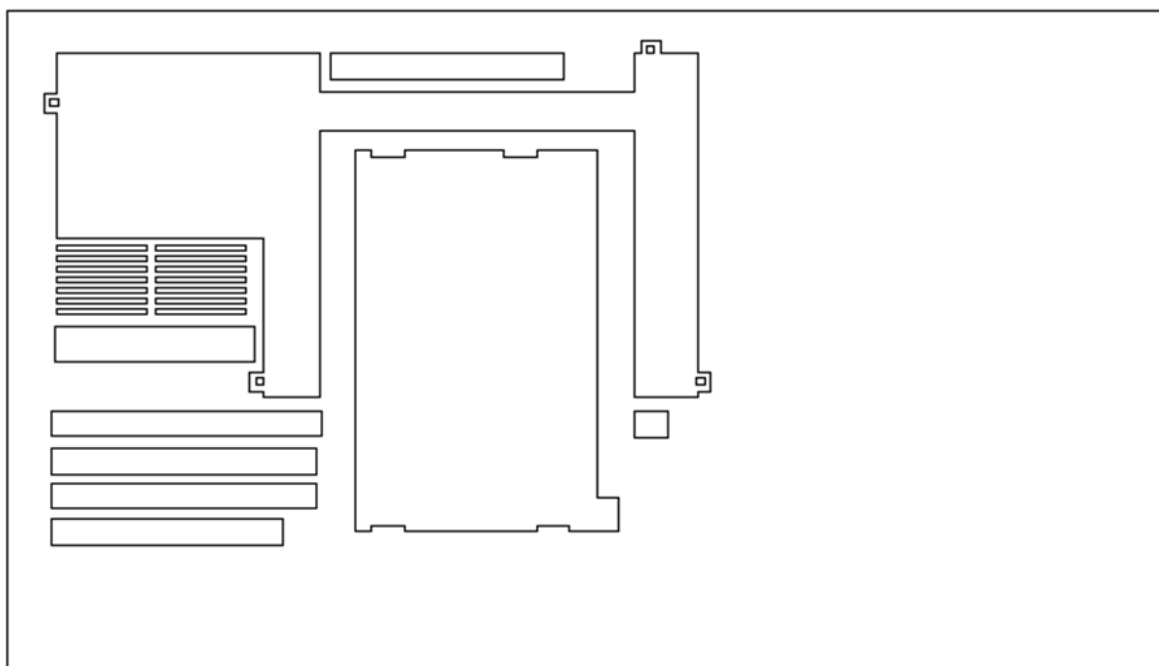




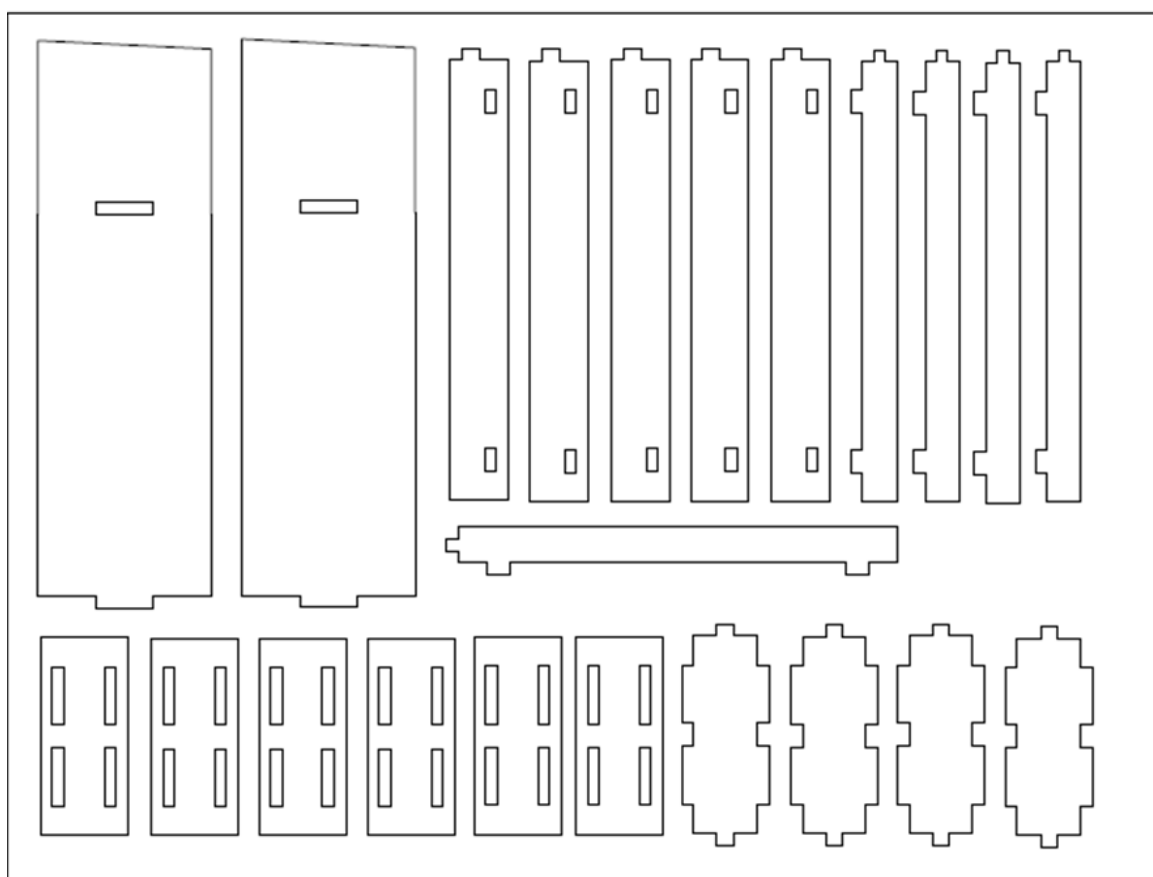
Πλέξιγκλας διάφανο πάχους 3mm

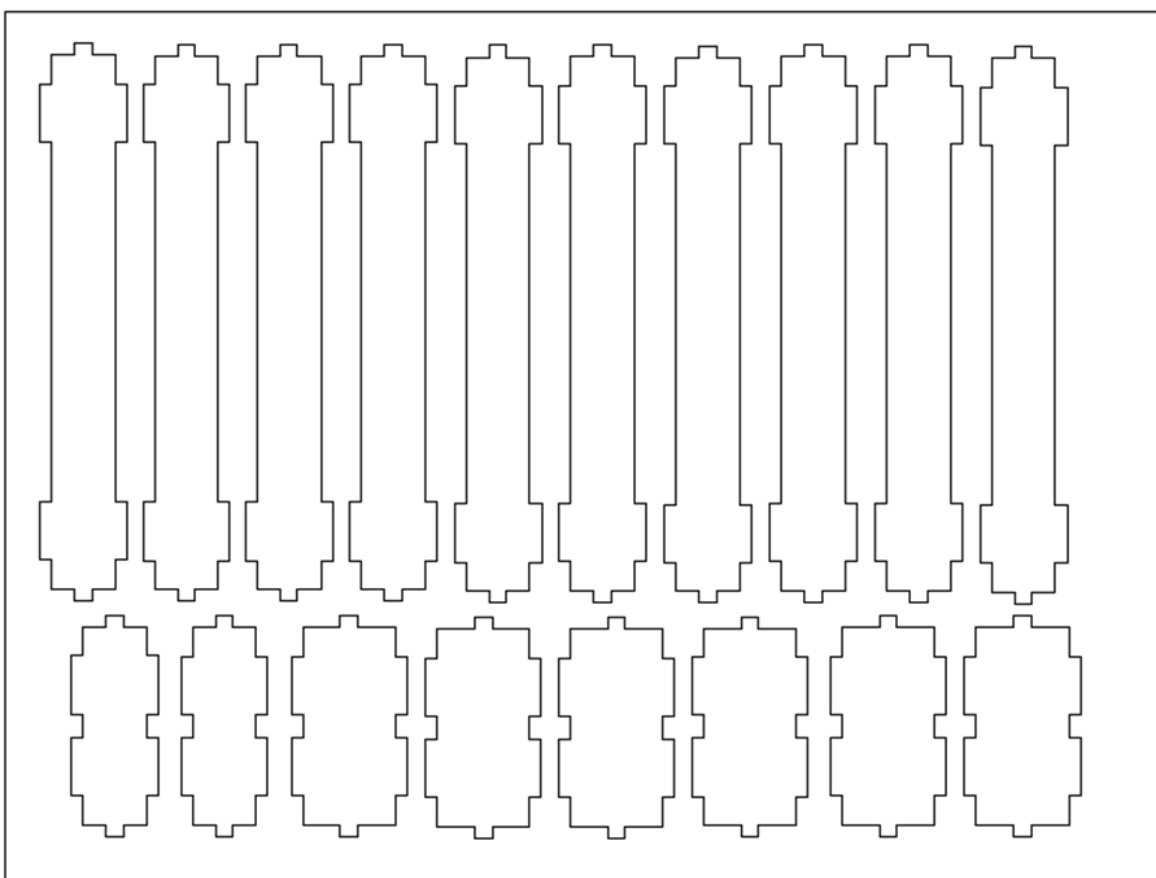
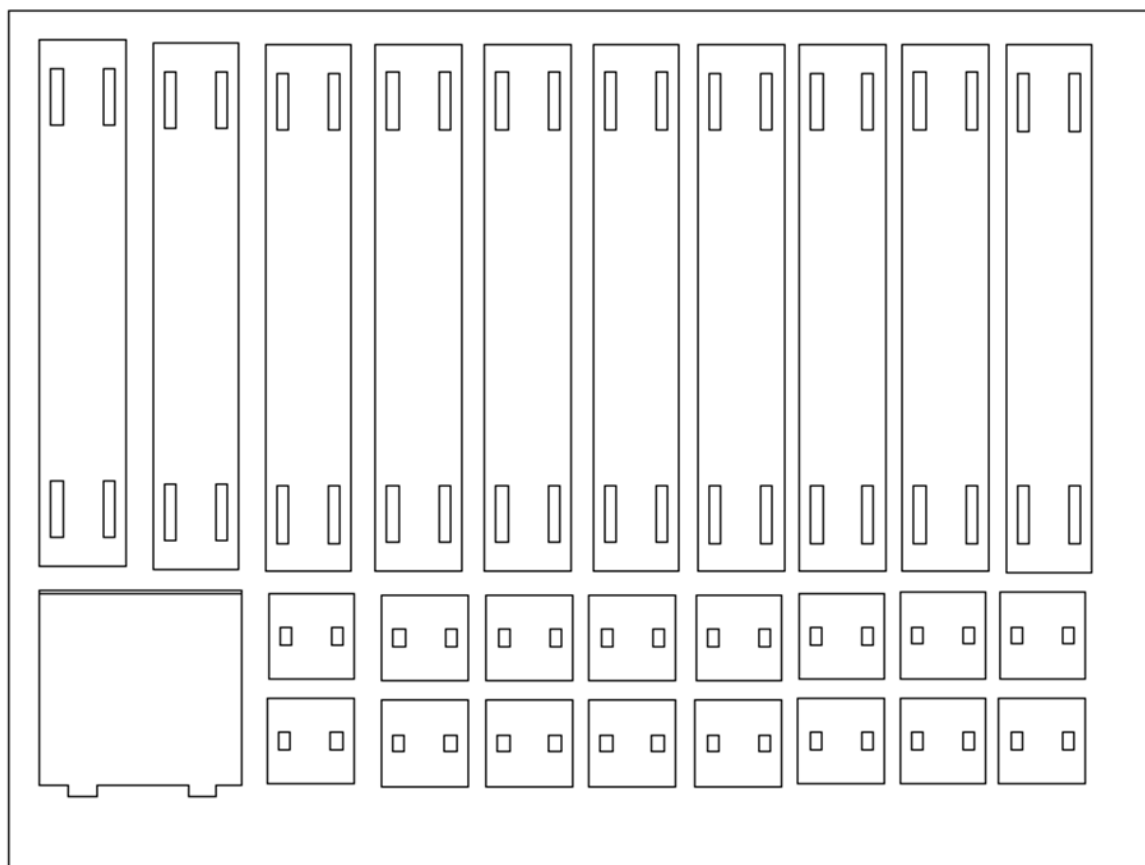


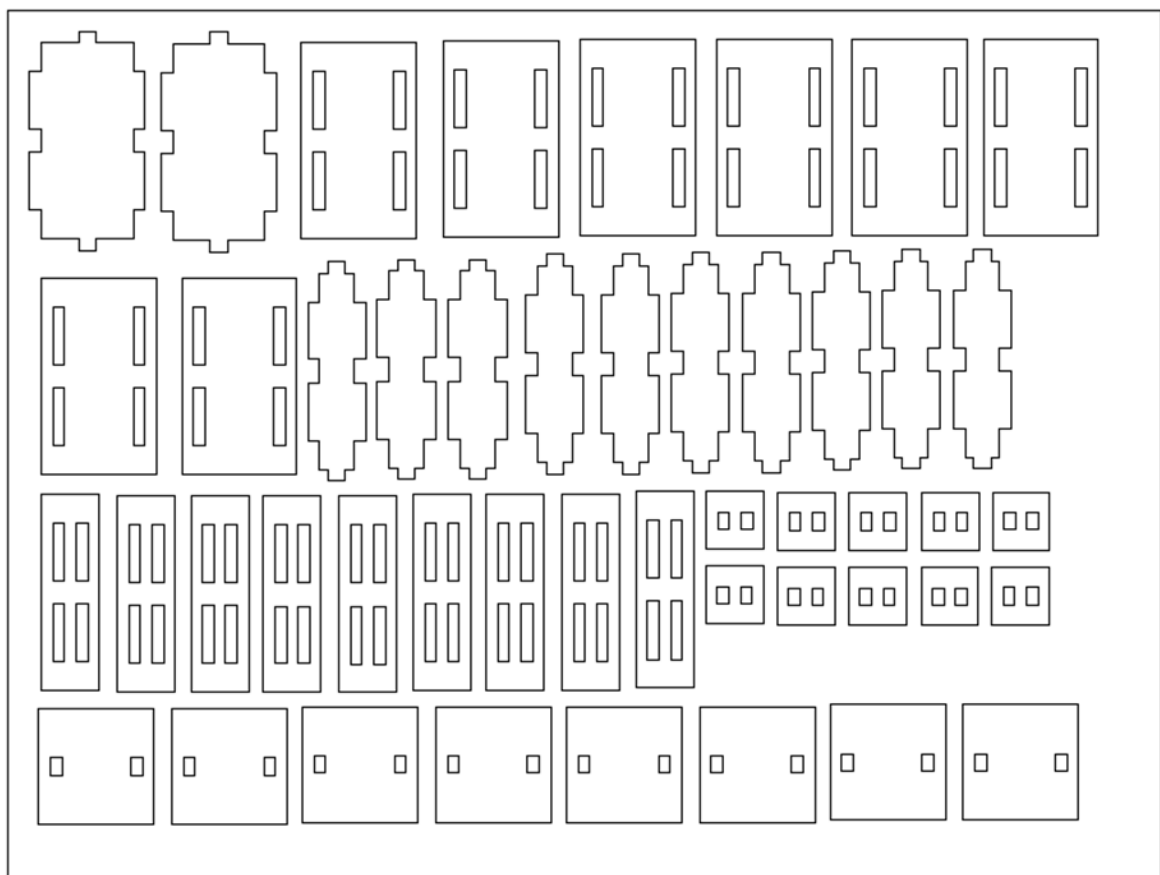
Πλέξιγκλας διάφανο πάχους 2mm



Στηρίγματα







Μπάλα 2mm

