

Τμήμα Τεχνών Ήχου και Εικόνας, Ιόνιο Πανεπιστήμιο



Εναλλακτικοί Τρόποι Φωτισμού σε Κτήρια και Δημοσίους
Χώρους με Χρήση Εφαρμοσμένων Πολυμέσων για την
Βελτίωση της Ποιότητας Ζωής, της Αισθητικής και του
Φυσικού Περιβάλλοντος

Φοιτητής: Ευστάθιος Ηρακλής Μαυρομάτης TX2016092

Επιβλέπων Καθηγητής: Ιωάννης Δεληγιάννης

Συνεπιβλέπων Καθηγητής: Άγγελος Φλώρος

Συνεπιβλέπων Καθηγητής: Νίκος Κόκκαλης

Κέρκυρα, Νοέμβριος, 2022

Abstract

Η συγκεκριμένη έρευνα, έχει ως σκοπό να αναδείξει το πως η χρήση νέων τεχνολογιών για τον φωτισμό των δημοσίων χώρων των πόλεων αλλά και των όψεων των κτηρίων τους, μπορεί να οδηγήσει σε μια δραστική αλλαγή της ποιότητας ζωής όσων ανθρώπων αλλά και όσων έμβιων οργανισμών ζουν μέσα σε αυτές και στα προάστια τους. Πιο ειδικά, θα γίνει μελέτη επάνω στα θετικά αποτελέσματα που μπορεί να έχει η μείωση της ρύπανσης του φωτός στους παραπάνω τομείς καθώς και έρευνα για πρόταση λύσεων οι οποίες να είναι συμβατές με τους στόχους της εργασίας. Ως αρχική ιδέα έχει προταθεί η χρήση τεχνολογίας φωτισμού με χρήση βιντεοπροβολέα, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα καλαίσθητο αποτέλεσμα το οποίο όχι μόνο σέβεται τις σύγχρονες περιβαλλοντολογικές ανάγκες αλλά ταυτόχρονα ενισχύει σε πολιτισμικό επίπεδο την αισθητική της πόλης και των μνημείων της. Παράλληλα θα εξεταστούν θέματα διάδρασης και παραμετροποίησης του φωτισμού αναφορικά με τον χρόνο, τις συνθήκες που επικρατούν και την επισκεψιμότητα του χώρου, στοιχεία τα οποία μπορούν να αποτελέσουν βάση για περαιτέρω έρευνα.

Πίνακας Περιεχομένων

Abstract	2
Πίνακας Περιεχομένων	3
Δομή Εργασίας	3
1.Εισαγωγή	6
2. Το πρόβλημα της Φωτορύπανσης	8
2.1 Οι επιπτώσεις στον άνθρωπο:	8
2.2 Οι επιπτώσεις στο Οικοσύστημα:	9
2.3 Οι επιπτώσεις στην Αστρονομία:	10
2.4 Οι επιπτώσεις στην Οικονομία και στην Ενέργεια:	11
3. Η Αναποτελεσματικότητα	12
3.1 LED και LUX:	13
4. Πολιτισμός, Αισθητική, Φως και Σκοτάδι	15
5. Αρχιτεκτονική και Φωτισμός	19
6. Enter The Projection Method	23
6.1 Δυνατότητα Παραμετροποίησης:	23
6.2 Εξάλειψη της Φωτορύπανσης με “Μάσκες” :	24
6.3 Δυνατότητα Εναλλαγής της Αισθητικής Φωτισμού:	25
6.4 Πιθανά προβλήματα:	26
6.5 Κόστος και Κατανάλωση:	26
7. Η δική μας περίπτωση (Μεθοδολογία)	28
7.1 Επιλογή Τοποθεσίας	28
7.2 Εξοπλισμός:	31
7.3 Προετοιμασία, Δοκιμές και Δυσκολίες:	34
7.3.1 Δοκιμή #1 (Μικρού Σκέλους):	39
7.3.2 Δοκιμή #1 Ευθυγράμμιση 2 Βιντεοπροβολέων:	40
7.3.3 Δοκιμή #2 (Κανονικού Σκέλους):	43
7.4 Δημιουργία Τελικού Φωτισμού στο Creator:	49
7.5 Τελική Παρουσίαση:	56
8.Αποτελέσματα/Συζήτηση	58
9. Αναφορές	60
9.1 Διαδικτυακές Πηγές	63
9.2 Βιβλιογραφία	64
Ευχαριστίες	65

Δομή Εργασίας

Η εργασία μας χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη.

A) Το θεωρητικό σκέλος που είναι η έρευνα επάνω στην φωτορύπανση, την αισθητική και τις νέες μεθόδους φωτισμού.

B) Το πρακτικό σκέλος που αποτελείται από την αναλυτική περιγραφή και παρουσίαση των βημάτων που ακολουθήσαμε για να φωτίσουμε το κτήριο της Ιονικής Τράπεζας.

Στην συνέχεια αναφέρουμε κάποια από τα ερωτήματα που θέλαμε να απαντήσουμε και με βάση τα οποία δημιουργήθηκε η δομή αυτής της εργασίας.

Θεωρητικό Σκέλος:

1-2) Αρχικά θέλαμε να ερευνήσουμε το φαινόμενο της φωτορύπανσης και να απαντήσουμε κάποια ερωτήματα όπως: Τι θεωρείται φωτορύπανση; Ποια είναι τα αρνητικά της φωτορύπανσης ως προς του ανθρώπους αλλά ως προς το περιβάλλον;

3) Να βρούμε πληροφορίες για το αν υπάρχει κάποιο όφελος από τον τόσο υπερφωτισμό και αν ναι ποιο είναι αυτό; Ποιος ο λόγος ύπαρξης των τόσο υψηλών επιπέδων φωτεινότητας; Είναι οι τόσο δυνατές λάμπες LED όντως πιο οικονομικές ή μήπως απλά όλο αυτό το έξτρα φως είναι επιπλέον κόστος. Τι επιπτώσεις έχει το ψυχρό φως από αυτές τις λάμπες.

4) Πως το φως επηρεάζει τους ανθρώπους σε κοινωνικό επίπεδο; Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η χρήση του φωτισμού έχει θετικά αποτελέσματα στην ποιότητα ζωής και αν ναι πως επιτυγχάνεται κάτι τέτοιο. Πως το σκοτάδι και ο νυχτερινός ουρανός επηρεάζουν την αισθητική των ανθρώπων και ποια είναι η σημασία τους σε πολιτιστικό επίπεδο. Πως επηρεάζεται η τέχνη και η επιστήμη από το αυξανόμενο φαινόμενο της φωτορύπανσης.

5) Πως γίνεται ο εξωτερικός φωτισμός ιστορικού κτηρίου; Ποιες είναι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούμε και ποια είναι τα αρνητικά και τα θετικά τους; Υπάρχει κάποια μέθοδος που είναι καλύτερη από την άλλη; Ποιες είναι επιπτώσεις που έχουν ως προς τα επίπεδα φωτεινότητας;

6) Τι ακριβώς είναι η Μέθοδος Προτζέκτορα; Ποια τα πλεονεκτήματα της και ποια τα μειονεκτήματα σε σχέση με παλαιότερες μεθόδους; Υπάρχουν επιχειρήματα υπέρ της χρήσης προτζέκτορα σε σχέση με τις άλλες μεθόδους, ως προς την φωτορύπανση και την αισθητική. Τι δυνατότητες μας δίνει; Ποιο είναι το κόστος, Τι αρνητικά υπάρχουν; Είναι δυνατή η χρήση της ως μόνιμη μέθοδος φωτισμού;

Πρακτικό Σκέλος:

7.1) Λήψη φωτογραφιών του των πιθανών τοποθεσιών κατά την διάρκεια της νύχτας ώστε να φαίνεται ο ήδη υπάρχων φωτισμός. Επιλογή τελικού σημείου τοποθέτησης.

7.2) Αναλυτική περιγραφή του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε για την επίτευξη των σκοπών της εργασίας και εξήγηση ως προς τις δυνατότητες και την λειτουργία του. Κοστολόγηση του εξοπλισμού.

7.3) Διεκπεραίωση της όλων των βημάτων που ακολουθήσαμε για να συνδέσουμε τον εξοπλισμό μας. Δοκιμαστική τοποθέτηση του προτζέκτορα μαζί με το LFC. Περιγραφή των δοκιμών και της διαδικασίας που ακολουθήσαμε αλλά του σκοπού της κάθε δοκιμής. Αναφορά των προβλημάτων και όσων εμποδίων ανακαλύψαμε στην πορεία. Δοκιμές ως προς την σύνδεση και την χρήση δύο βιντεοπροβολέων αντί για έναν. Όσο αφορά την δοκιμή στο κτήριο της Ιονικής Τράπεζας. Η σάρωση θα γίνει όσο υπάρχει ακόμα σχετικό φως από την μέρα ώστε η κάμερα να μπορεί να “διαβάσει” σωστά το ανάγλυφο και αφού δημιουργηθεί η σάρωση στο Creator η δοκιμή θα γίνει την νύχτα. Δοκιμές με την παραμετροποίηση ως προς τον ήχο. Τι δυνατότητες υπάρχουν;

7.4) Δημιουργία των διαφορετικών ειδών φωτισμού: Ενός “μόνιμου” που θα λειτουργεί σαν προβολέας τοποθετημένος σωστά και με σωστές αποχρώσεις, ενός “καλλιτεχνικού” που θα προβάλλει διάφορα visuals επάνω στο κτήριο, ενός εποχικού φωτισμού και ενός πολύχρωμου αλλά απλού φωτισμού. Δημιουργία τελικών εκδοχών του φωτισμού.

7.5) Ανάλυση της τελικής παρουσίασης. Πήγε όπως το είχαμε προγραμματίσει;

Τι διαδικασία ακολουθήσαμε; Τι προβλήματα αντιμετωπίσαμε;

8) Σε ποια συμπεράσματα καταλήξαμε. Τι περαιτέρω έρευνες μπορούν να γίνουν; Επίλογος.

1.Εισαγωγή

Καθώς ένας από τους κύριους στόχους της συγκεκριμένης έρευνας είναι η ευαισθητοποίηση των πολιτών στο θέμα της ρύπανσης του φωτός, αποφασίσαμε αρχικά να αναφερθούμε και να εξηγήσουμε κάποιες από τις έννοιες και τους όρους οι οποίοι αποτελούν στοιχεία της φωτορύπανσης ή σχετίζονται άμεσα μαζί της.

Glare/Λάμψη ή Θάμβωση : Έτσι ονομάζεται η υπερβολική φωτεινότητα η οποία μειώνει την ορατότητα του παρατηρητή και προκαλεί προσωρινή τύφλωση, όπως όταν ένα πολύ δυνατό φως, φωτίζει κατευθείαν πάνω στα μάτια μας[16A]¹[19A]². Σύμφωνα με το Υπουργείο Μεταφορών των ΗΠΑ “η λάμψη στο μάτι μειώνει την ικανότητα διάκρισης χωρικών λεπτομερειών και είναι μια αντικειμενική μείωση στην οπτική απόδοση”. Μια τέτοια μείωση στην όραση μας είναι χειρότερη από το να μην υπήρχαν καθόλου φώτα και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη για τους οδηγούς. [19A]

Skyglow/Λάμψη του Ουρανού: Η λάμψη του ουρανού είναι το άμεσο ή ανακλώμενο φως που στέλνεται προς τα πάνω από ατελώς ή μη θωρακισμένες πηγές φωτός και διασκορπίζεται στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας έτσι μια φωτεινή ομίχλη πάνω από τις πόλεις που μειώνει την ορατότητα των αστεριών.[19A]

Light Trespass/Φωτιστική Παραβίαση : Η παραβίαση του φωτός είναι η ενόχληση που προκαλείται όταν ένα φως φωτίζει στην ιδιοκτησία κάποιου με ανεπιθύμητους ή ακούσιους τρόπους, όπως όταν τα φώτα του δρόμου ρίχνουν φως μέσα στα παράθυρα ενός υπνοδωματίου κάτι το οποίο που ενδέχεται να προκαλέσει διαταραχές στον ύπνο.[19A][16A]

Light Clutter /Φωτιστική Σύγχυση: Είναι η σύγχυση που προκαλούν στον παρατηρητή ομαδοποιημένες πηγές φωτός που είναι πολύ φωτεινές και του αποσπούν την προσοχή. [19A][16A]

Over-Illumination/Υπερφωτισμός: Ο υπερφωτισμός συμβαίνει όταν υπάρχει περισσότερο τεχνητό φως απ' ότι χρειαζόμαστε, μιλώντας είτε για φωτεινότητα είτε για διάρκεια. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα φώτα του δρόμου που έχουν δύο οι περισσότερες λάμπες στο ίδιο σημείο, ενώ μια θα ήταν αρκετή.[19A]

¹ International Dark-Sky Association, “Light Pollution,” February 14, 2017, .

² Kameshwari Pothukuchi, “City Light or Star Bright: A Review of Urban Light Pollution, Impacts, and Planning Implications,” *Journal of Planning Literature* 36, no. 2 (January 21, 2021): 088541222098642, .

Flicker/Τρεμοπαίξιμο : Το τρεμοπαίξιμο είναι η πολύ γρήγορη και συνεχής εναλλαγή στην φωτεινότητα μιας τεχνητής πηγής φωτός η οποία μπορεί να προκαλέσει πονοκεφάλους, ενόχληση και ερεθισμό στον παρατηρητή. Υπάρχουν επίσης στοιχεία που μιλούν για νευρολογικές επιδράσεις σε άτομα που δεν αντιλαμβάνονται το τρεμόπαιγμα.[19A][[12A](#)]³

Έχοντας αναλύσει τους παραπάνω όρους οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η “**Φωτορύπανση**” είναι η υπερβολική παρουσία τεχνητού φωτός, σε μέρη όπου δεν πρέπει να φωτίζονται ή που ο υπερβολικός φωτισμός δεν εξυπηρετεί κάποιον σκοπό.[[10A](#)]⁴

³ Kevin J. Gaston et al., “Benefits and Costs of Artificial Nighttime Lighting of the Environment,” *Environmental Reviews* 23, no. 1 (March 2015): 14–23, .

⁴ Katarzyna Fila, Magdalena Furman, and Jolanta Gintowt, “Illumination of Architecture. The Problem of Light Pollution,” *Czasopismo Techniczne* 2014, no. Budownictwo Zeszyt 5-B (19) 2014 (February 11, 2015): 85–90, .

2. Το πρόβλημα της Φωτορύπανσης

Σύμφωνα με την έρευνα του Kameshwari Pothukuchi[19A⁵] διάφοροι επιστήμονες, όταν ερωτήθηκαν από τον Berthaume (2007) ,συμφώνησαν σχετικά με τη σοβαρότητα του προβλήματος της φωτορύπανσης και την ανάγκη για τοπικές ρυθμίσεις. Ένας μάλιστα δήλωσε πως “Μακροπρόθεσμα, ο φωτισμός της νύχτας θα μπορούσε να είναι εξίσου καταστροφικός με την υπερθέρμανση του πλανήτη”.Επίσης κάθε χρόνο υπάρχει μια αύξηση της τάξης του 2.2% στις τεχνητά φωτισμένες υπαίθριες περιοχές, καθώς και μια αύξηση κατά 1,8% στην συνολική ανοδική ακτινοβολία.[19A] Λόγω της φωτορύπανσης, ο Γαλαξίας μας δεν είναι ορατός σε περισσότερο από το ένα τρίτο της ανθρωπότητας, συμπεριλαμβανομένου του 60% των Ευρωπαίων και σχεδόν του 80% των Βορειοαμερικανών.[9A⁶] Κάτι τέτοιο σε συνδυασμό, με το γεγονός ότι το **83% του κόσμου** και πάνω από το **99% των πληθυσμών των ΗΠΑ** και της Ευρώπης ζουν κάτω από ουρανούς που μολύνονται από την φωτορύπανση, δείχνει την επιτακτική ανάγκη για, γνωστοποίηση, κατανόηση και εν τέλει μείωση του φαινομένου προκειμένου να ανατραπούν οι καταστροφικές του συνέπειες.[18A⁷][9A]

2.1 Οι επιπτώσεις στον άνθρωπο:

Βασιζόμενοι στα παραπάνω στοιχεία θα θέλαμε να αναφερθούμε στις επιπτώσεις που έχει η φωτορύπανση σε διάφορους τομείς, ξεκινώντας με αυτές στον **ανθρώπινο οργανισμό**. Από τα βασικότερα προβλήματα του Τεχνητού Φωτός Την Νύχτα(**ΤΦΤΝ/ΑΛΑΝ**), είναι η διαταραχή των κιρκάδιων ρυθμών, κάτι που σε μακροχρόνια βάση έχει συνδεθεί με την αύξηση του βάρους, παχυσαρκία, διαταραχές στον μεταβολισμό όπως διαβήτης, κατάθλιψη και αϋπνία .[12A⁸][19A]. Επιπλέον ο τεχνητός φωτισμός σχετίζεται με την καταστολή της μελατονίνης κάτι το οποίο συνδέεται με την ανάπτυξη καρκίνου και πιο συγκεκριμένα ανάπτυξη καρκίνου του μαστού.[12A] Σημαντικό είναι το γεγονός ότι σε μια έρευνα υπήρξε σημαντική συσχέτιση μεταξύ του εξωτερικού τεχνητού φωτισμού και των περιπτώσεων καρκίνου του μαστού, ακόμη και μετά τον έλεγχο της πυκνότητας του πληθυσμού, της ευημερίας και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Όσες γυναίκες ζούσαν σε περιοχές όπου ήταν αρκετά φωτεινά έξω ώστε να μπορούν να διαβάσουν ένα βιβλίο τα

⁵ Kameshwari Pothukuchi, “City Light or Star Bright: A Review of Urban Light Pollution, Impacts, and Planning Implications,” *Journal of Planning Literature* 36, no. 2 (January 21, 2021): 088541222098642, .

⁶ Fabio Falchi et al., “The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness,” *Science Advances* 2, no. 6 (June 2016): e1600377, .

⁷ Mykyta Peregrym, Erika Péntzesné Kónya, and Mariia Savchenko, “How Are the Mediterranean Islands Polluted by Artificial Light at Night?,” *Ocean & Coastal Management* 198 (December 2020): 105365, .

⁸ Kevin J. Gaston et al., “Benefits and Costs of Artificial Nighttime Lighting of the Environment,” *Environmental Reviews* 23, no. 1 (March 2015): 14–23, .

μεσάνυχτα, είχαν **73%** υψηλότερο κίνδυνο να αναπτύξουν καρκίνο του μαστού από αυτές που ζούσαν σε περιοχές με λιγότερο τεχνητό εξωτερικό φωτισμό.[19A⁹] Τα παραπάνω μας δείχνουν ότι το σκοτάδι και ο σωστός φωτισμός είναι αναγκαία για την αρμονική ανθρώπινη δραστηριότητα με τους κιρκάδιους ρυθμούς. Το 2012 ο αμερικανικός ιατρικός σύλλογος (American Medical Association), χαρακτήρισε την φωτορύπανση ως κίνδυνο για την δημόσια υγεία.[19A]

2.2 Οι επιπτώσεις στο Οικοσύστημα:

Πέρα όμως από τις επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό, η φωτορύπανση προκαλεί τεράστια προβλήματα σε **όλα τα έμβια όντα αλλά και ολόκληρο το οικοσύστημα**. Επειδή η ζωή στην γη εξελίχθηκε γύρω από έναν εικοσιτετράωρο κύκλο φωτός και σκοταδιού, οποιαδήποτε ποσότητα τεχνητού φωτός μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην φύση και την βιοποικιλότητα.[19A] Ο τεχνητός φωτισμός την νύχτα αλλάζει τις ώρες και τις περιόδους όπου οι οργανισμοί μπορούν να βρουν τροφή ή άλλους πόρους, αυξάνοντας έτσι τις ευκαιρίες των ημερόβιων ειδών και μειώνοντας αυτές των νυκτόβιων[12A¹⁰]. Πολλά πτηνά καταλήγουν να λιμοκτονούν επειδή το τεχνητό φως, διαταράσσει την αναζήτηση τροφής[19A], καθώς επίσης και πολλά μπερδεύονται από τα φώτα και καταλήγουν να χτυπάνε πάνω σε τοίχους[10A¹¹]. Σε μία έρευνα, για τις αρνητικές συνέπειες της φωτορύπανσης στην περιοχή της μεσογείου (συμπεριλαμβανομένης και της Κέρκυρας όπου και εστιάζει αυτή η έρευνα) αναφέρεται ότι οι επιπτώσεις της φωτορύπανση στο οικοσύστημα είναι αρκετά σοβαρές καθώς επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την αναπαραγωγή, την πλοήγηση, τη συμπεριφορά, την αναζήτηση τροφής, την επιλογή βιοτόπου και τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις όλων των ζωντανών οργανισμών. Εκτός από τα είδη που ζουν στην στεριά η φωτορύπανση επιδρά αρνητικά και σε όσα είδη και φυτά βρίσκονται μέσα στην θάλασσα. Πιο συγκεκριμένα εικάζεται ότι στη Μεσόγειο η φωτορύπανση διαταράσσει την συμπεριφορά ψαριών και φυτοπλαγκτόν που ζουν μέχρι και σε 200 μέτρα βάθος.[18A¹²] Χαρακτηριστικό παράδειγμα των αρνητικών επιπτώσεων της φωτορύπανσης στο οικοσύστημα είναι αυτό των θαλάσσιων χελωνών.

⁹ Kameshwari Pothukuchi, "City Light or Star Bright: A Review of Urban Light Pollution, Impacts, and Planning Implications," *Journal of Planning Literature* 36, no. 2 (January 21, 2021): 088541222098642, .

¹⁰ Kevin J. Gaston et al., "Benefits and Costs of Artificial Nighttime Lighting of the Environment," *Environmental Reviews* 23, no. 1 (March 2015): 14–23, .

¹¹ Katarzyna Fila, Magdalena Furman, and Jolanta Gintowt, "Illumination of Architecture. The Problem of Light Pollution," *Czasopismo Techniczne* 2014, no. Budownictwo Zeszyt 5-B (19) 2014 (February 11, 2015): 85–90, .

¹² Mykyta Peregrym, Erika Péntezné Kónya, and Mariia Savchenko, "How Are the Mediterranean Islands Polluted by Artificial Light at Night?," *Ocean & Coastal Management* 198 (December 2020): 105365, .

Οι θαλάσσιες χελώνες αποφεύγουν να φτιάχνουν τις φωλιές τους σε παραλίες που έχουν τεχνητό φως και επίσης η άμεση παρουσία φωτός ή η λάμψη στον ουρανό αποπροσανατολίζει ενήλικες και εκκολαπτόμενες χελώνες μακριά από τον ωκεανό.[19A¹³] Έχει καταγραφεί πως η φωτορύπανση μπορεί να μειώσει την αύξηση του πληθυσμού των θαλάσσιων χελωνών κατά περισσότερο από 7%, όπως καταγράφηκε στην Ζάκυνθο[18A]. Βλέπουμε λοιπόν πως σε μέρη όπως η Μεσόγειος που αποτελούν παγκόσμια κέντρα βιοποικιλότητας, η χλωρίδα και η πανίδα απειλούνται με εξαφάνιση λόγω της έλλειψης του νυχτερινού σκότους. Το αντίκτυπο αυτό της φωτορύπανσης αγνοείται από τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων σε τοπικό αλλά και διεθνές επίπεδο[18A]. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι σε όλη την έκταση της Μεσογείου, υπάρχουν μόνο 49 νησάκια τα οποία είναι μη μολυσμένα ή μερικώς μη μολυσμένα από την φωτορύπανση, των οποίων η συνολική έκταση φτάνει μόλις τα 118.67 km². [18A] Ως μέτρο σύγκρισης αυτή της έκτασης φτάνει να καταλάβουμε, ότι μονάχα η έκταση της Κέρκυρας (που είναι το 13ο μεγαλύτερο νησί στην Μεσόγειο) αγγίζει τα 592 km², ενώ της Σικελία που είναι το μεγαλύτερο νησί, αγγίζει τα 25.711km².

2.3 Οι επιπτώσεις στην Αστρονομία:

Οι επιπτώσεις της φωτορύπανσης δημιουργούν σημαντικό κόστος σε τομείς όπως η **οικονομία, η ενέργεια** αλλά και η **αστρονομία**. [9A¹⁴] Με βάση στοιχεία από το 2001 (*κάθε χρόνο αυξάνεται η φωτορύπανση είπαμε παραπάνω*) το 66% του πληθυσμού της Αμερικής και το 50% του πληθυσμού της Ευρώπης δεν μπορούν να δουν τον Γαλαξία (Milky Way). [11A¹⁵] Επίσης το 40% του Αμερικάνικου πληθυσμού και το 20% του πληθυσμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχουν χάσει την ικανότητα να δουν τον πραγματικό νυχτερινό ουρανό με το μάτι μιας και τα μάτια τους δεν μπορούν να προσαρμοστούν στο σκοτάδι του νυχτερινού ουρανού. [11A] Όμως δεν είναι μόνο οι απλοί πολίτες που βιώνουν αυτές τις αρνητικές συνέπειες αλλά και οι αστρονόμοι, επαγγελματίες και μη. Λόγω της συνεχόμενης αύξησης της φωτορύπανσης μειώνεται συνεχώς η ορατότητα των ουράνιων σωμάτων (γαλαξίες, νεφελώματα κλπ). [11A]

¹³ Kameshwari Pothukuchi, "City Light or Star Bright: A Review of Urban Light Pollution, Impacts, and Planning Implications," *Journal of Planning Literature* 36, no. 2 (January 21, 2021): 088541222098642, .

¹⁴ Fabio Falchi et al., "The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness," *Science Advances* 2, no. 6 (June 2016): e1600377, .

¹⁵ Terrel Gallaway, Reed N. Olsen, and David M. Mitchell, "The Economics of Global Light Pollution," *Ecological Economics* 69, no. 3 (January 2010): 658–65, .

2.4 Οι επιπτώσεις στην Οικονομία και στην Ενέργεια:

Ο τεχνητός νυχτερινός φωτισμός καταναλώνει σημαντικές ποσότητες ενέργειας και έχει επίσης ως αποτέλεσμα την εκπομπή μεγάλης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα (και άλλων αερίων του θερμοκηπίου). [12A]¹⁶ Στις ΗΠΑ, το 30% του ηλεκτρισμού για φωτισμό σε εξωτερικούς χώρους, σπαταλιέται ως φωτορύπανση. Αυτό το 30% αναλογεί περίπου σε 72,9 εκατομμύρια mwh (1mwh = 1000 kWh) και η παραγωγή μιας τέτοια ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας παράγει τόσους ρύπους διοξειδίου του άνθρακα όσο 9,5 εκατομμύρια αυτοκίνητα.[19A]¹⁷[11A]¹⁸ Μια έρευνα [11A] του 2009 υποστηρίζει πως το κόστος της φωτορύπανσης στις ΗΠΑ φτάνει σχεδόν τα 7 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως. Ενώ το Εθνικό Παρατηρητήριο Οπτικής Αστρονομίας των ΗΠΑ αναφέρει ότι μόνο τα λάθος στοχευμένα ή ανεπαρκώς και μη θωρακισμένα φώτα εξωτερικού χώρου σπαταλούν 2,24 δισεκατομμύρια δολάρια στις Ηνωμένες Πολιτείες κάθε χρόνο.[19A] Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Νυχτερινού Ουρανού (IDA, International Dark-Sky Association) “Σε παγκόσμιο επίπεδο, σπαταλάμε κάθε χρόνο τουλάχιστον 50 δισεκατομμύρια δολάρια, για παραγωγή φωτός που φεύγει στο διάστημα”. Με τα σημερινά γεγονότα (Σεπτέμβριος 2022) να μας δείχνουν την επιτακτική ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και χρημάτων είναι πια αναγκαίο όλη αυτή η σπατάλη πόρων και ενέργειας να σταματήσει, μιας και κάτι τέτοιο είναι εφικτό χωρίς να επηρεαστούν τα προβλεπόμενα επίπεδα φωτισμού[19A] Σύμφωνα με το επίσημο site της Ευρωπαϊκής Ένωσης¹⁹ για να αντιμετωπιστεί η ενεργειακή κρίση θα πρέπει να υπάρξει μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τουλάχιστον 10% μέχρι τον Μάρτιο του 2023. Με βάση τα παραπάνω στατιστικά είναι φανερό πως μειώνοντας την φωτορύπανση μειώνεται σημαντικά η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας (ίσως και πολύ περισσότερο από το 10%) χωρίς ταυτόχρονα να υπάρχει καμία απώλεια στα επίπεδα φωτεινότητας και με μια παράλληλη αύξηση στην ποιότητα ζωής, αφού θα μειώνονταν και όλες οι άλλες αρνητικές επιπτώσεις της φωτορύπανσης.

¹⁶ Kevin J. Gaston et al., “Benefits and Costs of Artificial Nighttime Lighting of the Environment,” *Environmental Reviews* 23, no. 1 (March 2015): 14–23, .

¹⁷ Kameshwari Pothukuchi, “City Light or Star Bright: A Review of Urban Light Pollution, Impacts, and Planning Implications,” *Journal of Planning Literature* 36, no. 2 (January 21, 2021): 088541222098642, .

¹⁸ Terrel Gallaway, Reed N. Olsen, and David M. Mitchell, “The Economics of Global Light Pollution,” *Ecological Economics* 69, no. 3 (January 2010): 658–65,

¹⁹ “Press Corner,” European Commission - European Commission, n.d., .

3. Η Αναποτελεσματικότητα

Έχοντας δει τα τόσα προβλήματα που προκαλεί η φωτορύπανση στους ανθρώπους και το οικοσύστημα αλλά και την τεράστια σπατάλη ενέργειας που προκαλεί, είναι λογικό να αναρωτηθούμε, σε τι ακριβώς μας βοηθάει όλο αυτό το έξτρα φως ; Η αλήθεια είναι πως ενώ το “χρήσιμο” φως είναι απαραίτητο για να λειτουργούν οι σημερινές κοινωνίες, αυτό που ονομάζουμε φωτορύπανση είναι αυτό ακριβώς το έξτρα φως που δεν μας προσφέρει τίποτα. Πολλές φορές η αιτιολόγηση της κοινής γνώμης για όλον αυτό τον υπερφωτισμό είναι η “ασφάλεια στους αυτοκινητόδρομους” ή “η αποτροπή εγκληματικών συμπεριφορών” [9A²⁰][20A²¹]. Στην πραγματικότητα όμως δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα ώστε να μπορούμε να συνδέσουμε την αύξηση του φωτισμού με την αύξηση της ασφάλειας στον δρόμο όπως και επίσης δεν υπάρχουν δεδομένα που να συνδέουν την μείωση του φωτισμού με αύξηση των ατυχημάτων ή των εγκλημάτων.[23B²²][12A²³] Με λίγα λόγια πιο πολύ φως δεν σημαίνει περισσότερη ασφάλεια. Ωστόσο με την αύξηση του φωτισμού αυξάνεται η **αντίληψη** της ασφάλειας που νιώθουν οι πολίτες, κάτι τέτοιο όμως μπορεί να επιτευχθεί αποφεύγοντας τον υπερβολικό ή ρυπογόνο φωτισμό.[19A²⁴] Επιπλέον, πειραματικές μελέτες επάνω στον δυναμικό φωτισμό των δρόμων, μας δίνουν στοιχεία ότι οι άνθρωποι, προτιμούν να έχουν φως στο άμεσο περιβάλλον τους παρά στους δρόμους που βρίσκονται πέρα από αυτό.[13A²⁵] Κακοσχεδιασμένες ή μη θωρακισμένες πηγές φωτός μπορούν να δημιουργήσουν δυνατές σκιές, δημιουργώντας έτσι μόνιμες σκοτεινές περιοχές, προκαλώντας δυσκολία στην όραση, κάτι που έχει αποδειχθεί πως αυξάνει την αίσθηση απειλής. Επιπλέον όλες αυτές οι σκοτεινές περιοχές μπορεί να βοηθήσουν στην κάλυψη των εγκληματικών δραστηριοτήτων. Αυτή η αύξηση του φωτισμού που δεν βελτιώνει καθόλου την ασφάλεια μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να διευκολύνει την διάπραξη εγκλημάτων και τη διαφυγή του εγκληματία.[12A] Σύμφωνα με έρευνες, την περίοδο 2015 – 2019 στην Ζυρίχη αλλάχτηκαν οι παλαιότερες λάμπες με πιο ενεργειακά αποδοτικές αλλά παρά τα αυξημένα επίπεδα φωτεινότητας δεν υπήρξε καμία

²⁰ Fabio Falchi et al., “The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness,” *Science Advances* 2, no. 6 (June 2016): e1600377, .

²¹ Merle Pottharst and Benjamin Könecke, “The Night and Its Loss,” *Space–Time Design of the Public City* 15 (2013): 37–48, .

²² Rebecca Steinbach et al., “The Effect of Reduced Street Lighting on Road Casualties and Crime in England and Wales: Controlled Interrupted Time Series Analysis,” *Journal of Epidemiology and Community Health* 69, no. 11 (July 28, 2015): 1118–24, .

²³ Kevin J. Gaston et al., “Benefits and Costs of Artificial Nighttime Lighting of the Environment,” *Environmental Reviews* 23, no. 1 (March 2015): 14–23, .

²⁴ Kameshwari Pothukuchi, “City Light or Star Bright: A Review of Urban Light Pollution, Impacts, and Planning Implications,” *Journal of Planning Literature* 36, no. 2 (January 21, 2021): 088541222098642, .

²⁵ Antal Haans and Yvonne A.W. de Kort, “Light Distribution in Dynamic Street Lighting: Two Experimental Studies on Its Effects on Perceived Safety, Prospect, Concealment, and Escape,” *Journal of Environmental Psychology* 32, no. 4 (December 2012): 342–52, .

επίδραση στην εγκληματικότητα. Επίσης, δεν βρέθηκαν στοιχεία για περισσότερα τροχαία ατυχήματα σε σκοτεινά μέρη σε σύγκριση με τα φωτισμένα, αλλά υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με την “**θάμβωση**” που προκαλούν στους οδηγούς τα δυνατά LED φώτα των αυτοκινήτων.[\[19A\]](#) Ακόμη στοιχεία δείχνουν πως οι δρόμοι με αναρτημένο όριο ταχύτητας 50 km/h ή λιγότερο μπορούν να φωτίζονται επαρκώς, εξ ολοκλήρου από τους προβολείς των οχημάτων.[\[19A\]](#)

Βλέπουμε λοιπόν πως ο υπερφωτισμός όχι μόνο δεν λύνει αποτελεσματικά τα προβλήματα τα οποία καλείται να λύσει αλλά μπορεί και να βοηθήσει να γίνουν χειρότερα.

3.1 LED και LUX:

Ένας από τους κύριους λόγους για την αύξηση αυτή της φωτορύπανσης είναι οι λάμπες LED. Καθώς είναι πιο ενεργειακά αποδοτικές οι λάμπες LED, αντικαθιστούν όλο και περισσότερο τις παλαιότερες λάμπες αλογόνου και πυρακτώσεως. Στις ΗΠΑ, το 2010 υπήρχαν 200.000 LED και μέσα σε δύο χρόνια ο αριθμός αυτός είχε φτάσει στο 1.000.000.[\[24A\]](#)²⁶ Το φως των LED όμως σε αντίθεση με των προηγούμενων λαμπών βρίσκεται πιο κοντά στην μπλε περιοχή του οπτικού φάσματος κάτι το οποίο συμβάλλει σε πολλαπλές αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη και όχι μόνο υγεία. [\[3A\]](#)²⁷ Για να καταλάβει κανείς πόσο δυνατές είναι οι λάμπες LED, αρκεί να γνωρίζει κανείς τον αριθμό λουξ ή lux (σύμβολο: lx) που εκπέμπουν. **Lux** είναι η μονάδα μέτρησης της φωτεινότητας (**Illuminance**) ή της φωτεινής ροής (**Luminous Flux**) ανά μονάδα επιφάνειας και ισούται με ένα **lumen** ανά τετραγωνικό μέτρο m².[\[7A\]](#)²⁸ Η φωτεινότητα από τον νυχτερινό ουρανό, κυμαίνεται από περίπου ένα millilux (0,001 lx) σε μια καθαρή νύχτα χωρίς φεγγάρι έως 250 millilux (0,250 lx) όταν η πανσέληνος βρίσκεται ψηλά στον ουρανό.[\[8A\]](#)²⁹ Αντιθέτως, ο φωτισμός αμέσως κάτω από τις λάμπες του δρόμου είναι συνήθως της τάξης των 10-40 lx και παραμένει πάνω από 1 lx αρκετά μέτρα μακριά.[\[8A\]](#)[\[12A\]](#)³⁰ Αυτό σημαίνει ότι το άμεσο φως κάτω από τις λάμπες είναι το λιγότερο 40 φορές πιο φωτεινό από αυτό της πανσελήνου, ενώ ακόμα και μακριά από τα φώτα του δρόμου, το φως τους είναι πιο τουλάχιστον 4 φορές πιο δυνατό. Μαζί με αυτό

²⁶ US. Department of Energy, “Street Lighting and Blue Light Frequently Asked Questions,” Energy.gov, February 2017, .

²⁷ Christian Cajochen et al., “Evening Exposure to a Light-Emitting Diodes (LED)-Backlit Computer Screen Affects Circadian Physiology and Cognitive Performance,” *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)* 110, no. 5 (2011): 1432–38, .

²⁸ “Essentials of the SI: Base & Derived Units,” Nist.gov, 2019, .

²⁹ Fabio Falchi, “Light Pollution,” ed. Susanne M. Charlesworth and Colin A. Booth, *Urban Pollution*, October 16, 2018, 147–59, .

³⁰ Kevin J. Gaston et al., “Benefits and Costs of Artificial Nighttime Lighting of the Environment,” *Environmental Reviews* 23, no. 1 (March 2015): 14–23, .

είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως συνήθως στους δρόμους οι οδηγοί (παρατηρητές) μπορούν να βλέπουν την φωτεινή πηγή μια λάμπας ύψους 8 μέτρων, από τα 30 μέχρι και τα 100 μέτρα, ανάλογα με την γωνία προς την οποία ρίχνουν το φως.[[22A](#)³¹] Κάτι τέτοιο σε συνδυασμό με το γεγονός ότι πολλές φορές τα φώτα του δρόμου δεν είναι σωστά θωρακισμένα ή η γωνία προς την οποία φωτίζουν είναι λάθος[[23A](#)³²], μας δείχνει το πόσο εύκολο είναι όλο αυτό το φως να ξεφεύγει προς την λάθος κατεύθυνση. Μάλιστα ακόμα και όταν υπάρχει θωράκιση στις λάμπες, μπορεί να μην είναι αρκετή, μιας και οι παραδοσιακοί τρόποι θωράκισης δεν είναι αρκούν για να σταματήσουν την θάμβωση που δημιουργείται από τις τόσο φωτεινές λάμπες LED οι οποίες συνήθως αποτελούνται από πολλαπλές φωτεινές πηγές[[23A](#)]

³¹ S Słomiński, "Identifying Problems with Luminaire Luminance Measurements for Discomfort Glare Analysis," *Lighting Research & Technology* 48, no. 5 (February 8, 2016): 573–88, .

³² Sebastian Słomiński and Rafał Krupiński, "Luminance Distribution Projection Method for Reducing Glare and Solving Object-Floodlighting Certification Problems," *Building and Environment* 134 (April 2018): 87–101, .

4. Πολιτισμός, Αισθητική, Φως και Σκοτάδι

Αν κοιτάξουμε την ιστορία της ανθρώπινης τέχνης και την εξέλιξη της, θα δούμε πως το σκοτάδι και οι σκιές έχουν κεντρικό ρόλο στην καλλιτεχνική δημιουργία. Πολλά από τα σημαντικότερα έργα τέχνης, έχουν βασιστεί επάνω σε αυτές τις φωτοσκιάσεις ή έχουν εμπνευστεί από το σκοτάδι και την νύχτα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι πίνακες του Βαν Γκογκ “[Εξώστης καφενείου τη νύχτα](#)³³” και “[Εναστρη Νύχτα](#)³⁴”, ο πίνακας του Turner “[Ψαράδες στην Θάλασσα](#)³⁵” ή το έργο “Όνειρο Θερινής Νυχτός³⁶” του Σαίξπηρ. Στην μουσική υπάρχουν τα “Νυχτερινά ή Nocturne” τα οποία είναι μουσικές συνθέσεις εμπνευσμένες από την νύχτα.^[20A³⁷] Κοινό σε όλα αυτά τα έργα, είναι η αίσθηση του αγνώστου που δημιουργεί το σκοτάδι. Τη νύχτα τα πράγματα δεν φαίνονται με ευκρίνεια όπως την ημέρα, οι σιλουέτες που δημιουργούνται δίνουν μια άλλη διάσταση στο κάθε τι που βλέπουμε. Όταν αυτό συμβαίνει η φαντασία των ανθρώπων υπερβαίνει την λογική. Η απώλεια του φωτός, δημιουργεί μια μυστικιστική ατμόσφαιρα η οποία δίνει την ελευθερία να δημιουργηθούν ιδέες πέρα από τα όρια που θέτουν οι κανόνες της καθημερινότητας. Οι δεισιδαιμονίες, οι θρύλοι και οι ιστορίες, για πνεύματα, φαντάσματα και μάγισσες είναι χαρακτηριστικό αποτέλεσμα της επίδρασης που έχει το σκοτάδι στην φαντασία των ανθρώπων. Με την σειρά τους αυτές οι ιστορίες έχουν υπάρξει, πηγή έμπνευσης για αμέτρητα έργα τέχνης. Ο πίνακας του Γκόγια “[Σάββατο των Μαγισσών](#)³⁸” του 1798, που αναπαριστά μια ομάδα μαγισσών γύρω από μια τραγόμορφη φιγούρα, κάτω από το φως του φεγγαριού σε έναν νυχτερινό ουρανό γεμάτο με αστέρια, αποδίδει ακριβώς αυτή την επιρροή της νύχτας. Αν σκεφτεί κανείς πόσα βιβλία, ταινίες ή ποιήματα έχουν δημιουργηθεί γύρω από την θεματική αυτό των ιστοριών, τότε εύκολα καταλαβαίνει την τεράστια σημασία που έχει η νύχτα για την τέχνη. Βέβαια αυτή η θεματική είναι μόνο ένα παράδειγμα και είτε μιλάμε για μύθους και θρύλους ανά τους αιώνες, είτε για πνευματικότητα, είτε για τέχνη, η ουσία είναι ότι το σκοτάδι δίνει έμπνευση και χώρο σε έννοιες όπως είναι “ο φόβος, το μυστήριο, η μαγεία, ο θάνατος, η ελπίδα, το κακό, η μοναξιά, ο θαυμασμός και η ομορφιά” να εκφραστούν.

Ο νυχτερινός ουρανός που ενέπνευσε τους καλλιτέχνες του παρελθόντος, είναι πρακτικά ο ίδιος με αυτόν που θα μπορούσαμε να βλέπουμε και εμείς σήμερα αν δεν υπήρχε

³³ Vincent van Gogh, *Cafe Terrace at Night*, 1888, Oil on Canvas, 1888, Otterlo, Kröller-Müller Museum, .

³⁴ Vincent van Gogh, *The Starry Night*, 1889, Oil on Canvas, 1889, New York, Museum of Modern Art, .

³⁵ William Turner, *Fishermen at Sea*, 1796, Oil on Canvas, 1796, London, Tate Britain, .

³⁶ William Shakespeare, *A Midsummer Night's Dream*, 1595.

³⁷ Merle Pottharst and Benjamin Könecke, “The Night and Its Loss,” *Space-Time Design of the Public City* 15 (2013): 37–48, .

³⁸ Francisco de Goya, *Witches Sabbath*, 1798, Oil on Canvas, 1798, Madrid, Lázaro Galdiano Museum, .

φωτορύπανση. Από τον “ίδιο” ουρανό που εμπνεύστηκε ο Βαν Γκογκ, εμπνεύστηκε και ο Φρανσουά Μιλέ όταν δημιούργησε την δική του “[Εναστρη Νύχτα \(Μιλέ\)](#)”³⁹. Οι ίδιοι αστερισμοί φαίνονται στον ουρανό εδώ και χιλιάδες χρόνια και μάλιστα υπάρχουν μορφές τέχνης που ο νυχτερινός ουρανός είναι το πρωταρχικό αντικείμενο ενασχόλησης τους. Το είδος “space art” (διαστημική τέχνη) είναι μια μορφή τέχνης που αντλεί έμπνευση από ιδέες και γνώσεις που σχετίζονται με το διάστημα. Παρακλάδι αυτής είναι η αστροφωτογραφία όπου το αντικείμενο του ενδιαφέροντος είναι η φωτογράφιση του ίδιου του νυχτερινού ουρανού κάτω από συνθήκες ελάχιστης φωτορύπανσης.

Είναι φανερό λοιπόν, πως όταν μιλάμε για τέχνη και εν τέλη για αισθητική δεν μπορούμε να παραλείπουμε ένα από τα καίρια χαρακτηριστικά της, το σκοτάδι καθώς αποτελεί πηγή αστείρευτης έμπνευσης..

Πέραν όμως από την τέχνη, η σχέση ανάμεσα στο φως και στο σκοτάδι έχει πολύ σημαντικό ρόλο και στην καθημερινή αισθητική των ανθρώπων. Στην Δανία υπάρχει η έννοια του Hygge (Χούγκα). Το Hygge είναι μια κατάσταση του νου και το να βρίσκεται κάποιος σε μια κατάσταση που να χαρακτηρίζεται ως Hygge σημαίνει να βρίσκεται σε μια κατάσταση ευεξίας, χαλάρωσης, ασφάλειας και ζεστασιάς, ικανός να απολαύσει την στιγμή και τις μικρές χαρές της. [\[1A\]](#)⁴⁰ Για να μπορέσει να υπάρξει αυτή η κατάσταση, πρέπει να υπάρχει μια ζεστή ατμόσφαιρα, κάτι το οποίο συνδέεται άμεσα με τον υπάρχον φωτισμό. Το φως εκτός από το ότι προσφέρει ορατότητα έχει και έναν κοινωνικό ρόλο στο πως επηρεάζει την διάθεση των ανθρώπων. Οι πρακτικές φωτισμού μπορούν να δημιουργούν, να διαμορφώνουν και να εκφράζουν τις ιδέες και τις διαθέσεις των ανθρώπων για την οικειότητα, τον εαυτό τους αλλά και για τις γειτονιές στις οποίες ζουν.[\[1A\]](#) Το φως παίζει τεράστιο ρόλο στο να μπορεί να νιώσει κάποιος το Hygge. Σε αντίθεση με τα δυνατά LED φώτα που μπαίνουν συνήθως στους δρόμους των οποίων το φως είναι ψυχρό και λευκό στο μάτι, προκαλώντας θάμβωση και δυσφορία,[\[19A\]](#)⁴¹ τα θερμά φώτα δημιουργούν μια αίσθηση άνεσης και ασφάλειας. Πιο συγκεκριμένα, ο συνδυασμός χαμηλού θερμού φωτισμού μαζί με το φως από αναμμένα κεριά δημιουργούν μια αίσθηση ζεστασιάς [\[1A\]](#). Βλέπουμε λοιπόν πως οι άνθρωποι μπορούν να αποκομίσουν πολλαπλά οφέλη από τον τεχνητό νυχτερινό φωτισμό όταν όμως αυτός δεν λειτουργεί μόνο ως ένα εργαλείο για την ορατότητα, αλλά χρησιμοποιείται ως ένα κοινωνικό μέσο που σέβεται την αισθητική των ανθρώπων αλλά και του τόπου. Ένας τέτοιου είδους

³⁹ Jean-François Millet, *Starry Night*, 1857, Oil on Canvas, 1857, New Haven, Yale University Art Gallery, .

⁴⁰ Mikkel Bille, “Lighting up Cosy Atmospheres in Denmark,” *Emotion, Space and Society* 15 (May 1, 2015): 56–63, .

⁴¹ Kameshwari Pothukuchi, “City Light or Star Bright: A Review of Urban Light Pollution, Impacts, and Planning Implications,” *Journal of Planning Literature* 36, no. 2 (January 21, 2021): 088541222098642, .

φωτισμός μπορεί να ενισχύσει την απόλαυση και την αίσθηση ενός χώρου, να ορίσει και να αναδείξει τον χαρακτήρα ενός τόπου, και να θεωρείται από μόνος του μια μορφή τέχνης.[5A]⁴²

Ο φωτισμός στους κήπους Τίβολι (Tivoli Gardens) είναι υπόδειγμα ισορροπίας μεταξύ φωτός και σκοταδιού. Οι κήποι Τίβολι είναι ένα πάρκο αναψυχής στην Κοπεγχάγη της Δανίας, το οποίο δίνει εξαιρετική σημασία στον φωτισμό καθώς αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικά του στοιχεία. Στους κήπους Τίβολι το σκοτάδι είναι κάτι το θετικό, το οποίο ενισχύει την αίσθηση οικειότητας, του μυστηρίου, της φαντασίας και των μη οπτικών αισθήσεων [\[6A\]](#)⁴³. Οι σκοτεινές περιοχές και τα επίπεδα φωτισμού, διαχειρίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε ο εντυπωσιακός φωτισμός να παραμένει ελκυστικός και αποτελεσματικός σε όλη την έκταση του πάρκου. Ελαχιστοποιώντας την θάμβωση, τα πολλαπλά φώτα που στολίζουν τους κήπους μπορούν να γίνουν αντιληπτά ενώ παράλληλα μειώνεται το ενεργειακό κόστος και εξαλείφονται οι αρνητικές συνέπειες του υπερβολικού φωτισμού στην ανθρώπινη και μη υγεία.[\[6A\]](#). Με την παραπάνω περίπτωση ως παράδειγμα βλέπουμε, πως ενώ το φως και το σκοτάδι είναι δύο αντίθετες καταστάσεις, μπορεί να υπάρξει μια χρυσή τομή ανάμεσα τους ώστε η διατήρηση του νυχτερινού σκοταδιού να βελτιώνει τον τρόπο που αξιοποιούμε και αντιλαμβανόμαστε το φως. Δεδομένου ήδη ότι σε πολλές αστικές περιοχές λόγω της φωτορύπανσης τα αστέρια δεν είναι πλέον ορατά, είναι ξεκάθαρο πια πως η φυσική αισθητική του νυχτερινού ουρανού έχει διαβρωθεί.[\[12A\]](#)⁴⁴ Κάτι τέτοιο πέρα από τις προαναφερθείσες επιπτώσεις που έχει στην υγεία μας, έχει και μεγάλο αντίκτυπο στον ανθρώπινο πολιτισμό καθώς από αρχαιοτάτων χρόνων ο νυχτερινός ουρανός έχει βοηθήσει στην εξέλιξη του, παρέχοντας στον άνθρωπο προσανατολισμό τόσο σε χρονική όσο και σε γεωγραφική βάση. Με βάση την πορεία και την θέση των αστεριών οι άνθρωποι ανέπτυξαν συστήματα για τον προσδιορισμό του χρόνου των μηνών και των ημερών. Ακόμη ο νυχτερινός ουρανός ήταν το κύριο εργαλείο πλοήγησης μέχρι και πριν την εφεύρεση της πυξίδας.[\[20A\]](#) Όσο λοιπόν αυξάνεται η φωτορύπανση, το σκοτάδι χάνεται, και μαζί του και η τεράστια επιρροή που έχει στην πνευματικότητα, την τέχνη αλλά και την αισθητική των ανθρώπων. Καταστρέφοντας τον νυχτερινό ουρανό καταστρέφουμε και ένα τεράστιο μέρος της

⁴² J Dawson, “Feature Lighting in Liverpool City Centre: An Impact Assessment of the City’s Lighting Programme,” *North West Regional Development Agency, Liverpool City Council, and Liverpool Vision, Liverpool*, 2008.

⁴³ Tim Edensor and Mikkel Bille, “‘Always like Never Before’: Learning from the Lumitopia of Tivoli Gardens,” *Social & Cultural Geography* 20, no. 7 (November 22, 2017): 938–59, .

⁴⁴ Kevin J. Gaston et al., “Benefits and Costs of Artificial Nighttime Lighting of the Environment,” *Environmental Reviews* 23, no. 1 (March 2015): 14–23,

πολιτιστικής μας κληρονομιάς, στερώντας ήδη εμάς αλλά και τις επόμενες γενιές από ένα αγαθό που θα έπρεπε να είναι διαθέσιμο σε όλους.

5. Αρχιτεκτονική και Φωτισμός

Τα ιστορικά κτήρια και μνημεία αποτελούν αντικείμενα τεράστιου πολιτιστικού και αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος. Πέρα από την ιστορική τους σημασία, έχουν μεγάλη συνεισφορά στην οικονομία της πόλης, καθώς αποτελούν πόλο έλξης για τουρίστες από όλο τον κόσμο. Κατά την διάρκεια της μέρας η εικόνα των κτηρίων εξαρτάται μονάχα από την κατάσταση στην οποία βρίσκονται, όμως όταν το φως του ήλιου πέσει αυτό σταματάει να ισχύει. Τότε τον κύριο ρόλο για το πώς φαίνεται το κτήριο και πώς το αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι γύρω του, έχει ο νυχτερινός φωτισμός. Ένας λάθος σχεδιασμός του νυχτερινού φωτισμού μπορεί να καταστρέψει την εικόνα του κτηρίου, ένας σωστός να την αφήσει ίδια με την μέρα, και ένας που σέβεται την αισθητική και το περιβάλλον να την εξελίξει σε κάτι το μαγικό. [10A⁴⁵] Το τεχνητό φως είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για αισθητικούς λόγους από τον 19ο αιώνα, τόσο φυσικών όσο και ανθρώπινων κατασκευών και περιοχών, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα εγκαίνια της γέφυρας του Μπρούκλιν το 1883.[14A⁴⁶] Παρόλα αυτά, αυτό που συμβαίνει συνήθως κατά τον σχεδιασμό του φωτισμού, είναι το γεγονός ότι ο σχεδιασμός του φωτισμού του δρόμου γύρω από το κτήριο αντί να λειτουργεί αρμονικά με αυτόν του κτηρίου, υπάρχει ανεξάρτητα από αυτόν. [21A⁴⁷] Έτσι το φως από τον δρόμο, χωρίς αυτό να είναι κάτι το επιθυμητό, πέφτει πολλές φορές επάνω στο ίδιο το κτήριο και αντίστροφα, αλλάζοντας έτσι την εικόνα και των δύο.[21A] Βλέποντας την συνεχή εξέλιξη που έχουν οι τεχνολογίες φωτισμού, θα έπρεπε να υπάρχει αντίστοιχη εξέλιξη και στον φωτισμό των μνημείων. Κάτι τέτοιο όμως δεν συμβαίνει [17A⁴⁸].

Οι παραδοσιακοί τρόποι φωτισμού είναι 3:

1) **Η Χρήση Προβολέων / (The Planar Method):** Σε αυτή την μέθοδο ο φωτισμός ενός κτηρίου γίνεται, με την χρήση προβολέων οι οποίοι ρίχνουν ομοιόμορφο φως στο κτήριο συνήθως από μεγάλη απόσταση. Με αυτό τον τρόπο φωτισμού, φωτίζεται όλη η έκταση προς την οποία είναι στραμμένοι ο προβολείς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη ομοιομορφία στον φωτισμό του κτηρίου, πράγμα που δεν είναι επιθυμητό μιας και έτσι δεν δημιουργούνται καθόλου σκιάσεις ανάμεσα στις ενώσεις των διαφορετικών όψεων του κτηρίου με αποτέλεσμα να χάνει την αίσθηση του βάθους και να φαίνεται

⁴⁵ Katarzyna Fila, Magdalena Furman, and Jolanta Gintowt, "Illumination of Architecture. The Problem of Light Pollution," *Czasopismo Techniczne* 2014, no. Budownictwo Zeszyt 5-B (19) 2014 (February 11, 2015): 85–90, .

⁴⁶ JA Jakle and GF Thompson, "City Lights: Illuminating the American Night," *Johns Hopkins University Press*, 2001.

⁴⁷ Riad Saraiji and M. Saju Oommen, "Light Pollution Index (LPI): An Integrated Approach to Study Light Pollution with Street Lighting and Façade Lighting," *LEUKOS* 9, no. 2 (October 1, 2012): 127–45, .

⁴⁸ Wiesława Malska and Henryk Wachta, "Elements of Inferential Statistics in a Quantitative Assessment of Illuminations of Architectural Structures," *2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4)*, September 2016, 1–6, .

επίπεδο. Τα θετικά της συγκεκριμένης μεθόδου, είναι το γεγονός ότι δεν είναι παρεμβατική ως προς την αρχιτεκτονική του κτηρίου το οποίο φωτίζει, μιας και οι προβολείς τοποθετούνται μακριά από αυτό. Ακόμη είναι αρκετά οικονομική μιας και δεν χρειάζεται μεγάλος αριθμός προβολέων για να φωτιστεί επαρκώς το μνημείο. Όσο αφορά τα αρνητικά της, το κυριότερο είναι, ότι το τελικό αποτέλεσμα από αυτή την μέθοδο δεν είναι αισθητικά καλό. Η χρήση μια τέτοιας μεθόδου, δεν δικαιολογείται όμως ούτε όμως από περιβαλλοντολογικής άποψης, μιας και οι προβολείς λόγω της απόστασης τους από το αντικείμενου φωτισμού και προκειμένου να αποδίδουν τα απαραίτητα επίπεδα φωτεινότητα, πρέπει να είναι πολύ δυνατοί, πράγμα που κάνει την απόδοση φωτισμού του κάθε προβολέα αρκετά χαμηλή, περίπου στο 30%^[21A⁴⁹]. Όλο αυτό το φως σε τόσο μεγάλη απόσταση από το κτήριο, προκαλεί φωτορύπανση στην ατμόσφαιρα, φως στο εσωτερικό του κτηρίου και υψηλό κίνδυνο θάμβωσης από τα τόσο δυνατά φώτα. Επίσης αν και το κόστος των προβολέων είναι χαμηλό, το κόστος για την εγκατάσταση τους μπορεί να σχετικά μεγάλο.^[23A⁵⁰]

2) Η Σημειακή Μέθοδος (The Point or Accent Method): Σε αυτή τη μέθοδο, ο φωτισμός του κτηρίου αποτελείται από ένα συνδυασμό φωτιστικών σωμάτων μικρότερης ισχύος από την πρώτη, τα οποία είναι εγκατεστημένα επάνω στην πρόσοψη του κτηρίου ή σε κοντινή απόσταση, και με το φως τους τονίζουν διαφορετικές περιοχές του μνημείου. Αυτή η μέθοδος θεωρείται η πιο δύσκολη για έναν σχεδιαστή. Το αποτέλεσμα που δημιουργείται από αυτή την μέθοδο, είναι μια εικόνα μεγαλύτερης αντίθεσης σε σχέση με αυτή που δημιουργείται από την χρήση προβολέων. Στην προκειμένη περίπτωση η προσοχή του παρατηρητή εστιάζεται στις φωτισμένες αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες. Αυτός ο τύπος φωτισμού ονομάζεται και “φωτογλυπτική” (light sculpting), και ο σκοπός του σχεδιαστή δεν είναι απλά να φωτίσει το κτήριο, αλλά να το κάνει με έναν τρόπο που προσδίδει αισθητική, με σεβασμό στην αρχιτεκτονική του κτηρίου. Από άποψη φωτισμού, προσφέρει απόδοση φωτισμού έως και δύο φορές υψηλότερη από τη μέθοδο του προβολέα. Δεδομένου ότι η εγκατάσταση φωτισμού είναι συνήθως προσαρτημένη στην επιφάνεια του αντικείμενου, μειώνεται η διείσδυση του φωτός στο εσωτερικό του. ^[23A] Παρόλα αυτά και η συγκεκριμένη μέθοδος έχει αρκετά μειονεκτήματα. Βασικότερο είναι το υψηλό ρίσκο να χαθεί η συνοχή της εικόνας του φωτιζόμενου κτηρίου καθώς και της

⁴⁹ Riad Saraiji and M. Saju Oommen, “Light Pollution Index (LPI): An Integrated Approach to Study Light Pollution with Street Lighting and Façade Lighting,” *LEUKOS* 9, no. 2 (October 1, 2012): 127–45, .

⁵⁰ Sebastian Słomiński and Rafał Krupiński, “Luminance Distribution Projection Method for Reducing Glare and Solving Object-Floodlighting Certification Problems,” *Building and Environment* 134 (April 2018): 87–101, .

διάταξης του.[\[4A\]](#)⁵¹ Επίσης είναι μια παρεμβατική μέθοδος ως προς τη δομή του κτηρίου. Ακόμη, ενώ στην πρώτη μέθοδο, οι δοκιμές με τους προβολείς σε πραγματικές συνθήκες είναι κάτι το εφικτό, σε αυτή την μέθοδο επειδή τα φώτα πρέπει να εγκατασταθούν επάνω στο κτήριο, οι δοκιμές πρέπει αναγκαστικά να γίνονται μέσω προσημειώσεων σε υπολογιστές. Κάτι τέτοιο αν και μας δίνει μια εικόνα για το αποτέλεσμα, δεν μπορεί ποτέ να προβλέψει πως ακριβώς θα είναι.[\[15A\]](#)⁵² Στις περισσότερες περιπτώσεις τα φώτα είναι στραμμένα προς το πάνω μέρος του κτηρίου με αποτέλεσμα να μην πληρούνται τα ευρωπαϊκά κριτήρια για τον υπαίθριο φωτισμό.[\[23A\]](#)⁵³

3) Η Μικτή Μέθοδος (Mixed Method): Είναι ο συνδυασμός των δύο παραπάνω μεθόδων, η οποία χρησιμοποιείται σαν επέκταση της σημειακής μεθόδου, προκειμένου να μην χάνεται η συνοχής της εικόνας. Η χρήση προβολέων χρησιμεύει ως βάση, προσφέροντας αρκετή φωτεινότητα ώστε να διατηρείται η συνοχή της εικόνας του κτηρίου, πάνω στην οποία θα τονιστούν με την σημειακή μέθοδο οι διάφορες αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες του.[\[4A\]](#)⁵⁴[\[23A\]](#) Αν και δεν ξέρουμε ποια απ' όλες τις μεθόδους χρησιμοποιείται περισσότερο [\[17A\]](#)⁵⁵, υπάρχουν διάφοροι παράγοντες, ανάλογα με τους οποίους μπορούμε να διαλέξουμε εκείνη που ταιριάζει καλύτερα. Αυτοί οι παράγοντες είναι πράγματα όπως: Το μέγεθος του οικοδομήματος, η γωνία ή οι γωνίες απ' όπου μπορεί κάποιος να το παρατηρήσει καθώς και η απόσταση από την οποία κάποιος το παρατηρεί. Για παράδειγμα ένα, κτήριο που είναι σε μεγάλη απόσταση από το σημείο παρατήρησης δεν θα επωφεληθεί με την σημειακή μέθοδο, μιας και οι λεπτομέρειες που θα τονίζονται δεν θα είναι διακριτές. Αντιθέτως κτήρια με κοντινά σημεία παρατήρησης όπου η δομή τους και οι αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες τους είναι καλά αναγνωρίσιμες, αξίζει να φωτιστούν με αυτή τη μέθοδο. Με την ίδια μέθοδο πρέπει να φωτίζονται και τα ψηλά και μεγάλα οικοδομήματα, καθώς οι προβολείς που χρειάζονται για να τα φωτίσουν επαρκώς έχουν μεγάλο κόστος και επιδεινώνουν σημαντικά την φωτορύπανση. [\[21A\]](#)⁵⁶[\[23A\]](#) Επιπλέον γνωρίζουμε από έρευνες που έχουν γίνει [\[17A\]](#) ότι όταν πρόκειται για τον φωτισμό ενός κτηρίου που αποτελείται από διαφορετικές ζώνες φωτισμού, (δηλαδή

⁵¹ "CIE 234:2019 a Guide to Urban Lighting Masterplanning," *International Commission on Illumination*, September 18, 2019, .

⁵² Rafał Krupiński, "Luminance Distribution Projection Method in Dynamic Floodlight Design for Architectural Features," *Automation in Construction* 119 (November 2020): 103360, .

⁵³ Sebastian Słomiński and Rafał Krupiński, "Luminance Distribution Projection Method for Reducing Glare and Solving Object-Floodlighting Certification Problems," *Building and Environment* 134 (April 2018): 87–101, .

⁵⁴ "CIE 234:2019 a Guide to Urban Lighting Masterplanning," *International Commission on Illumination*, September 18, 2019, .

⁵⁵ Wiesława Malska and Henryk Wachta, "Elements of Inferential Statistics in a Quantitative Assessment of Illuminations of Architectural Structures," *2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4)*, September 2016, 1–6, .

⁵⁶ Riad Saraiji and M. Saju Oommen, "Light Pollution Index (LPI): An Integrated Approach to Study Light Pollution with Street Lighting and Façade Lighting," *LEUKOS* 9, no. 2 (October 1, 2012): 127–45, .

διαφορετική ποσότητα φωτός ανάλογα με το μέρος του κτηρίου) ισχύουν ορισμένες αρχές. Η αρχή της ενισχυμένης αντίληψης τους ύψους και αυτή του βάθους. Με βάση αυτές τις δύο αρχές προτείνονται δύο διαφορετικές μέθοδοι φωτισμού. Στην πρώτη μέθοδο η ένταση του φωτός στην βάση του κτηρίου είναι μικρότερη και αυξάνεται σταδιακά προς την κορυφή του κτηρίου. Ενώ στην δεύτερη μέθοδο συμβαίνει το αντίστροφο.^[17A] Παρόλο που και με τους δύο τρόπους μπορούν να δημιουργηθούν αρκετά ενδιαφέρων αποτελέσματα, και η αισθητική είναι κατά βάση κάτι το υποκειμενικό, ο τρόπος που φαίνεται να είναι πιο αρεστός στους παρατηρητές είναι ο πρώτος (από κάτω προς τα πάνω) ^{[17A][25A⁵⁷]} Με βάση τα παραπάνω και έχοντας δει τις τρεις παραδοσιακές μεθόδους φωτισμού, είναι εμφανές ότι καμίας τους δεν είναι ιδανική μιας και όλες έχουν αρνητικά. Ακόμα και στην περίπτωση της μικτής μεθόδου, θέματα όπως το κόστος εγκατάστασης, η φωτορύπανση και η παρέμβαση στο κτήριο, παραμένουν άλυτα. Κάτι τέτοιο λοιπόν δημιουργεί την επιτακτική ανάγκη για μια νέα μέθοδο φωτισμού, η οποία θα εξελίσσει την αισθητική των μνημείων σεβόμενη το περιβάλλον αλλά και το ίδιο το κτήριο το οποίο καλείται να φωτίσει.

⁵⁷ Wojciec Żagan and Krzysztof Skarżyński, “Analysis of Light Pollution from Floodlighting: Is There a Different Approach to Floodlighting?,” *Light and Engineering* 25 (January 1, 2017): 75–82, .

6. Enter The Projection Method

Την λύση, στα προβλήματα που δημιουργούνται με τις παραδοσιακές μεθόδου, έρχεται να δώσει η μέθοδος φωτισμού με χρήση προβολέα πολυμέσων (βιντεοπροβολέας / προτζέκτορας). Η μέθοδος αυτή ονομάζεται “**Μέθοδος Προτζέκτορα**” (**Projection Method**). [23A]⁵⁸ Με την χρήση ενός προτζέκτορα, μπορούν να διατηρηθούν όλα τα αισθητικά χαρακτηριστικά των προηγούμενων μεθόδων, καταργώντας όμως όλα τα μειονεκτήματα που θα υπήρχαν αν γινόταν χρήση συμβατικού εξοπλισμού, ή ακόμα να προστεθούν άλλα εντελώς καινούργια στοιχεία που θα ήταν αδύνατο να υλοποιηθούν πριν. Η μέθοδος βασίζεται στην κατανομή της φωτεινότητας επάνω στο κτήριο που ορίζει ο σχεδιαστής φωτισμού (light designer).[23A][15A]⁵⁹ Ο σχεδιαστής μπορεί να προβάλλει επάνω στο επιλεγμένο αντικείμενο, εικόνες, βίντεο, εφέ ή και “απλό” φως αναλόγως με την περίπτωση. Η μέθοδος δεν απαιτεί την εγκατάσταση των βιντεοπροβολέων επάνω στο κτίσμα και έτσι δεν αλλοιώνει την αρχιτεκτονική του μορφή.[23A][15A] Μιας και στην προκειμένη περίπτωση η κύρια πηγή φωτός είναι οι προτζέκτορες, τα επίπεδα φωτισμού περιορίζονται στην φωτεινότητα που μπορεί να παρέχει ένα συγκεκριμένο μοντέλο ή μια ομάδα συσκευών ανάλογα με την απόσταση. Κάτι τέτοιο βέβαια δεν είναι αρνητικό μιας και στην συντριπτική πλειοψηφία τους οι ήδη υπάρχοντες μέθοδοι φωτισμού ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια φωτεινότητας κατά τουλάχιστον 25% ακόμη και στις πιο αυστηρές συνθήκες.[23A] Ακόμη ένα πλεονέκτημα που έχει η χρήση βιντεοπροβολέων είναι η αρκετά εύκολη συντήρηση του συστήματος τους, μιας και πολλοί μοντέρνοι προτζέκτορες, μας ειδοποιούν μέσω email ή SMS, αν τυχόν και καεί κάποια λάμπα ή αν υπάρξει κάποια άλλη βλάβη.

6.1 Δυνατότητα Παραμετροποίησης:

Ένα από τα πιο σημαντικά προτερήματα αυτής της μεθόδου, είναι το γεγονός ότι μας δίνει την δυνατότητα της παραμετροποίησης του φωτισμού. Κάτι τέτοιο μπορεί να εφαρμοστεί με πάρα πολλούς τρόπους ανάλογα με τις διαφορετικές περιστάσεις. Μια από τις πιο σημαντικές χρήσεις αυτών των παραμετροποιήσεων αποσκοπεί εξοικονόμηση ενέργειας.[23A] Οι προτζέκτορες μπορούν εύκολα να ρυθμιστούν έτσι ώστε να αλλάζουν σε λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας ανάλογα με την ώρα, παρατείνοντας σημαντικά την διάρκεια ζωής της λάμπας.[23A] Για παράδειγμα θα μπορούσαμε τις ώρες αιχμής να

⁵⁸ Sebastian Słomiński and Rafał Krupiński, “Luminance Distribution Projection Method for Reducing Glare and Solving Object-Floodlighting Certification Problems,” *Building and Environment* 134 (April 2018): 87–101, .

⁵⁹ Rafał Krupiński, “Luminance Distribution Projection Method in Dynamic Floodlight Design for Architectural Features,” *Automation in Construction* 119 (November 2020): 103360, .

προγραμματίσουμε τους προτζέκτορες να φωτίζουν στο μέγιστο και τις υπόλοιπες ώρες να λειτουργούν σε λειτουργία εξοικονόμησης (περίπου στο 50%).

Η ώρα όμως δεν είναι η μόνη παράμετρος. Άλλες παράμετροι θα μπορούσαν να είναι, η εποχή, η ηλιοφάνεια, η χώρα, η κίνηση στους δρόμους, η τοποθεσία κ.α. Στην δική μας περίπτωση, οι λάμπες από τους προτζέκτορες που χρησιμοποιήσαμε είχαν διάρκεια ζωής μέχρι και 10.000 ώρες [26A]⁶⁰, ωστόσο σε άλλα μοντέλα η διάρκεια ζωής μπορεί να φτάσει μέχρι και τις 20.000 - 30.000 ώρες [27A]⁶¹[28A]⁶².

6.2 Εξάλειψη της Φωτορύπανσης με “Μάσκες” :

Ο κύριος λόγος όμως που διαλέξαμε την συγκεκριμένη μέθοδο φωτισμού είναι η δυνατότητα δημιουργίας “μασκών”. [23A]⁶³[15A]⁶⁴ Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι μέσω του λειτουργικού λογισμικού που χρησιμοποιούμε μπορούμε να σχεδιάσουμε τα περιγράμματα από τις περιοχές όπου δεν επιθυμούμε να φωτιστούν και σε αυτές τις περιοχές ο βιντεοπροβολέας ουσιαστικά θα δημιουργήσει περιοχές “μαύρου φωτός”, δηλαδή περιοχές όπου θα φωτίζονται με τον χαμηλότερο δυνατό φωτισμό που μπορεί να προβάλλει ο προτζέκτορας. Το πόσο φωτεινές θα είναι αυτές οι σκοτεινές περιοχές εξαρτάται κάθε φορά από την μέγιστη φωτεινότητα του κάθε προτζέκτορα και την αναλογία (λόγο) αντίθεσης (contrast ratio), δηλαδή την διαφορά στην φωτεινότητα, ανάμεσα στις πιο φωτεινές και τις πιο σκοτεινές περιοχές. Η αναλογία αντίθεσης είναι από τις σημαντικότερες παραμέτρους ενός προτζέκτορα μιας και μας επιτρέπει να ελαχιστοποιήσουμε την απώλεια της φωτεινής ροής του φωτός εκτός του φωτιζόμενου αντικειμένου. Για παράδειγμα ένας προτζέκτορας με μέγιστη φωτεινότητα 5000 lumen και αναλογία αντίθεσης 2500000:1 θα δείχνει πολύ πιο σκοτεινές τις σκοτεινές περιοχές σε σχέση με έναν άλλο με την ίδια μέγιστη φωτεινότητα αλλά με αναλογία αντίθεσης 15.000:1, ενώ και οι δύο θα δείχνουν το ίδιο φωτεινές τις πιο φωτεινές τους περιοχές μιας και οι δύο έχουν τα ίδια lumen. Έτσι λοιπόν με την δημιουργία κατάλληλων “μασκών” μπορούμε να μειώσουμε στο ελάχιστο την εκπομπή φωτός σε περιοχές εκτός του περιγράμματος του κτηρίου ή οπουδήποτε δεν θέλουμε να πέφτει φως. [23A][15A]

⁶⁰ “V11H871020 | PowerLite 2250U Full HD WUXGA 3LCD Projector | Meeting Room | Projectors | for Work | Epson US,” [epson.com](https://www.epson.com), accessed February 20, 2023, .

⁶¹ “V11HA26020 | PowerLite L630U Full HD WUXGA Laser Projector | Meeting Room | Projectors | for Work | Epson US,” [epson.com](https://www.epson.com), accessed February 20, 2023, .

⁶² “V11HA34920 | EB-PU1007W WUXGA 3LCD Laser Projector with 4K Enhancement | Large Venue | Projectors | for Work | Epson US,” [epson.com](https://www.epson.com), accessed February 20, 2023, .

⁶³ Sebastian Słomiński and Rafał Krupiński, “Luminance Distribution Projection Method for Reducing Glare and Solving Object-Floodlighting Certification Problems,” *Building and Environment* 134 (April 2018): 87–101, .

⁶⁴ Rafał Krupiński, “Luminance Distribution Projection Method in Dynamic Floodlight Design for Architectural Features,” *Automation in Construction* 119 (November 2020): 103360, .

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση του φαινομένου της φωτορύπανσης [21A⁶⁵][15A][23A]. Επιπλέον χάρις την δυνατότητα να τοποθετήσουμε μάσκες στα παράθυρα των κτηρίων εξαλείφεται η διείσδυση του φωτός στο εσωτερικό τους (Light Trespass). [23A⁶⁶][15A] Το φαινόμενο της θάμβωσης (glare) εμφανίζεται μόνο στα πλαίσια των “φωτεινών περιοχών” και ακόμη και εκεί περιορίζεται σημαντικά μιας και όταν χρησιμοποιούμε προτζέκτορες οι φωτιστικές πηγές είναι αρκετά λιγότερες απ’ ότι με τις παραδοσιακές μεθόδους φωτισμού[22A⁶⁷][15A].

Επιπρόσθετα υπάρχει και η δυνατότητα ανάπτυξης ενός συστήματος δημιουργίας δυναμικών μασκών (dynamic masking) για παρατηρητές και οχήματα που βρίσκονται μπροστά από τις “φωτεινές περιοχές”. [23A] Αυτή η μάσκα μπορεί να εφαρμόζεται είτε σε όλα τα αντικείμενα είτε μόνο σε εκείνα που κατευθύνονται προς τον βιντεοπροβολέα. Ένα σύστημα ανίχνευσης προσώπων μπορεί να ανιχνεύει αντικείμενα κοντά στην βάση του κτηρίου και να τοποθετεί μια δυναμική μάσκα, όπως ένα οβάλ, ορθογώνιο ή το ακριβές σχήμα του αντικειμένου, για να μειώσει το φαινόμενο της θάμβωσης που βιώνουν οι άνθρωποι που κοιτούν προς τον προβολέα. Κάτι που είναι αδύνατο να επιτευχθεί με άλλες μεθόδους φωτισμού. [23A]

6.3 Δυνατότητα Εναλλαγής της Αισθητικής Φωτισμού:

Ένα ακόμη προτέρημα της χρήσης βιντεοπροβολέων, είναι η τεράστια ευκολία με την οποία μπορεί να αλλάξει ο ήδη υπάρχον φωτισμός χωρίς να απαιτείται καμία αλλαγή στον ήδη εγκατεστημένο εξοπλισμό και χωρίς κάποιο έξτρα κόστος. [15A⁶⁸] Όταν χρησιμοποιούμε προτζέκτορες για τον φωτισμό ενός κτηρίου ο κάθε σχεδιαστής φωτισμού έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει όσες εκδοχές φωτισμού θέλει και να τις εναλλάσσει όποτε επιθυμεί χωρίς την παραμικρή δυσκολία, χρησιμοποιώντας απλά έναν H/Y. Έτσι μπορούν με μεγάλη ευκολία να υπάρξουν διαφορετικά είδη φωτισμού ανάλογα με τις εποχές, τις γιορτινές περιόδους, τις ώρες ή τις μέρες. [23A] Επιπλέον, είναι δυνατή η διαφοροποίηση της φωτεινότητας των διαφορετικών τμημάτων του κτηρίου χωρίς να επηρεάζονται τα υπόλοιπα κάτι που καθιστά εφικτή την εξάλειψη ανεπιθύμητων σκιάσεων. [23A][15A]. Έχοντας την δυνατότητα να δημιουργήσουμε θεωρητικά άπειρες

⁶⁵ Riad Saraiji and M. Saju Oommen, “Light Pollution Index (LPI): An Integrated Approach to Study Light Pollution with Street Lighting and Façade Lighting,” *LEUKOS* 9, no. 2 (October 1, 2012): 127–45, .

⁶⁶ Sebastian Słomiński and Rafał Krupiński, “Luminance Distribution Projection Method for Reducing Glare and Solving Object-Floodlighting Certification Problems,” *Building and Environment* 134 (April 2018): 87–101, .

⁶⁷ S Słomiński, “Identifying Problems with Luminaire Luminance Measurements for Discomfort Glare Analysis,” *Lighting Research & Technology* 48, no. 5 (February 8, 2016): 573–88, .

⁶⁸ Rafał Krupiński, “Luminance Distribution Projection Method in Dynamic Floodlight Design for Architectural Features,” *Automation in Construction* 119 (November 2020): 103360, .

παραλλαγές φωτισμού, είναι πλέον εφικτή η αλλαγή της αρχιτεκτονικής μορφής του κτηρίου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με την αλλαγή των χρωμάτων του, είτε με την εικονική “επισκευή” κατεστραμμένων τμημάτων του κτηρίου ή τμημάτων που έχουν διαβρωθεί από τις καιρικές συνθήκες ή τον χρόνο. Κάτι τέτοιο μπορεί να “επαναφέρει” ιστορικά μνημεία στην αρχική τους μορφή[15A].

6.4 Πιθανά προβλήματα:

Όταν το αντικείμενο φωτισμού βρίσκεται σε ανοιχτή περιοχή χωρίς κάποιο εμπόδιο ανάμεσα σε αυτό και τον προτζέκτορα τότε δεν υπάρχουν πολλά προβλήματα. Στην περίπτωση όμως που υπάρχουν πυκνά κτήρια ή στενοί δρόμοι, ένας προτζέκτορας δεν αρκεί και απαιτείται η χρήση περισσότερων[15A⁶⁹]. Το ίδιο συμβαίνει και όταν πρόκειται για εγκαταστάσεις μεγάλου μεγέθους. Μπορεί επίσης να υπάρξουν κάποια προβλήματα με την ανεξέλεγκτη σκίαση, π.χ. προερχόμενη από τους πεζούς. Και μέχρι στιγμής οι μεγάλες διαστάσεις και το βάρος των βιντεοπροβολέων πολυμέσων αποτελούν μειονέκτημα.[15A] Πολύ συχνά ο παραδοσιακός εξοπλισμός φωτισμού μπορεί να είναι κρυμμένος από τους παρατηρητές, οι προτζέκτορες όμως πρέπει να έχουν μια ανεμπόδιση θέα προς το κτήριο και έτσι δεν γίνεται να κρυφτούν τις περισσότερες φορές από τους θεατές.[15A] Υπάρχουν επίσης προβλήματα με τη διάρκεια ζωής των βιντεοπροβολέων, τόσο των ηλεκτρονικών τους όσο και των πηγών φωτός, καθώς και με τη στεγανότητα. Επειδή οι λάμπες που χρησιμοποιούν οι βιντεοπροβολείς αναπτύσσουν υψηλές θερμοκρασίες απαιτείται κατάλληλη απαγωγή θερμότητας εξωτερικά[15A]. Βέβαια αυτό το πρόβλημα αναμένεται να λυθεί καθώς η τεχνολογία των βιντεοπροβολέων εξελίσσεται ραγδαία[15A].

6.5 Κόστος και Κατανάλωση:

Σύμφωνα με έρευνες που έγιναν από τους Krupinski και Slominski μέχρι και το 2020 [23A⁷⁰][15A][22A⁷¹], η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον μόνιμο φωτισμό κτηρίων με την χρήση βιντεοπροβολέων είναι παρόμοια με εκείνη των παραδοσιακών μεθόδων που χρησιμοποιούν λαμπτήρες LED. Ωστόσο με την εξέλιξη της τεχνολογίας αυτό αναμένεται να αλλάξει υπέρ της νέας μεθόδου, μιας και οι δυνατότητες που προσφέρει την κάνουν αρκετά ελκυστική.[23A] Όσον αφορά το κόστος, αυτό εξαρτάται

⁶⁹ Rafał Krupiński, “Luminance Distribution Projection Method in Dynamic Floodlight Design for Architectural Features,” *Automation in Construction* 119 (November 2020): 103360, .

⁷⁰ Sebastian Slomiński and Rafał Krupiński, “Luminance Distribution Projection Method for Reducing Glare and Solving Object-Floodlighting Certification Problems,” *Building and Environment* 134 (April 2018): 87–101, .

⁷¹ S Slomiński, “Identifying Problems with Luminaire Luminance Measurements for Discomfort Glare Analysis,” *Lighting Research & Technology* 48, no. 5 (February 8, 2016): 573–88, .

από το μέγεθος του αντικειμένου που θέλουμε να φωτίσουμε και το επιθυμητό αποτέλεσμα.[23A]. Σε σχέση με την χρήση απλών προβολέων (Planar Method) η χρήση βιντεοπροβολέων έχει μεγαλύτερο κόστος, ωστόσο το γεγονός ότι με αυτή την μέθοδο εξαλείφονται φαινόμενα όπως η διείσδυση του φωτός και η Θάμβωση, αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προτερήματα της[23A]. Παρόλα αυτά, ο φωτισμός με την μέθοδο Προτζέκτορα πληροί τις τρέχουσες προϋποθέσεις για τον εξωτερικό φωτισμό[15A] Σε σχέση με την μικτή και την σημειακή μέθοδο (Mixed and Planar) η μέθοδος προτζέκτορα έχει μικρότερο κόστος ανάλογα βέβαια με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται[23A]. Εδώ είναι σημαντικό να τονίσουμε πως οι παραπάνω έρευνες μιλάνε για τιμές που **δεν** ανταποκρίνονται στην δική μας περίπτωση μιας και τα κτήρια και ο αριθμός των φωτιστικών πηγών διαφέρουν κατά πολύ καθώς. Ως παράδειγμα και μόνο αναφέρεται ότι στις παραπάνω έρευνες το κόστος φωτισμού με τις παραδοσιακές μεθόδους (Σημειακή Μέθοδος) για ένα συγκεκριμένου κτηρίου ανέρχεται περίπου στα 163.500€ για την αγορά και εγκατάσταση 109 φωτιστικών πηγών Phillips. Αντιθέτως το κόστος της Μέθοδος Προτζέκτορα ανέρχεται μόλις στα 91.000€ για την αγορά και εγκατάσταση 5 βιντεοπροβολέων Sanyo και στα 205.000€ για 4 βιντεοπροβολείς Panasonic.[23A]

7. Η δική μας περίπτωση (Μεθοδολογία)

Στην δική μας περίπτωση σκοπός μας ήταν αξιοποιήσουμε όλες τις παραπάνω πληροφορίες, για τους βιντεοπροβολείς, την Μέθοδο Προτζέκτορα, την φωτορύπανση και την αισθητική και να δούμε αν στην πράξη μπορούμε να φωτίσουμε ένα κτήριο με τέτοιο τρόπο που να ελαχιστοποιεί την φωτορύπανση, ενισχύοντας την αισθητική του κτηρίου και του περιβάλλοντα χώρου με την χρήση νέων τεχνολογιών.

7.1 Επιλογή Τοποθεσίας

Αρχικά ξεκινήσαμε βγάζοντας φωτογραφίες από πιθανές τοποθεσίες στις οποίες θα μπορούσαμε να σβήσουμε τον υπάρχοντα φωτισμό ώστε να τις αναδείξουμε με τον δικό μας. Οι τοποθεσίες αυτές ήταν οι εξής:

Α) Το Ανάκτορο των Αγίων Μιχαήλ και Γεωργίου στην Κέρκυρα (Παλάτι Κέρκυρας)



Εικ. 1: Ανάκτορο των Αγίων Μιχαήλ και Γεωργίου



Εικ. 2: Ανάκτορο των Αγίων Μιχαήλ και Γεωργίου #2

Β) Η Αψίδα του Παλατιού



Εικ. 3: Η Αψίδα του Παλατιού

Γ) Ένα κτήριο αριστερά από το Παλάτι



Εικ. 4: Κτήριο Αριστερά του Παλατιού

Δ) Η Ιονική Τράπεζα στην Κέρκυρα



Εικ. 5: Ιονική Τράπεζα



Εικ. 6: Ιονική Τράπεζα Πρόσωση

Παρατηρώντας αυτές τις τέσσερις τοποθεσίες, αποφασίσαμε πως η δοκιμή μας θα γινόταν στο κτήριο της Ιονικής Τράπεζας. Διαλέξαμε την συγκεκριμένη τοποθεσία μιας και στα πλαίσια της Χριστουγεννιάτικης Συναυλίας της Φιλαρμονικής Μάντζαρος τα φώτα του κτηρίου αλλά και μερικά από τον περιβάλλοντα χώρο θα έσβηναν, δίνοντας μας μια πολύ καλή ευκαιρία να δοκιμάσουμε το δικό μας φωτισμό με όσο δυνατόν λιγότερο εξωτερικό φως. Ακόμη, ο ανοιχτός και ανεμπόδιστος χώρος που μας προσέφερε η πλατεία μπροστά από το κτήριο, μας έδιναν την δυνατότητα να προβάλλουμε με τους προτζέκτορες μας από μεγάλη απόσταση χωρίς να χρειάζεται κάποια ειδική βάση ή εγκατάσταση.

7.2 Εξοπλισμός:

Έχοντας καταλήξει στην τοποθεσία αρχίσαμε να σχεδιάζουμε το πως ακριβώς θα υλοποιούσαμε την ιδέα μας. Εξ αρχής είχαμε αποφασίσει ότι θα χρησιμοποιούσαμε το προϊόν LFC Kit από την εταιρία Lightform. Το συγκεκριμένο προϊόν αποτελείται από μια υπολογιστική μονάδα (LFC) για σάρωση & αναπαραγωγή πολυμέσων, μια έγχρωμη 4K Logitech Brio κάμερα για σάρωση με ρυθμιζόμενη εστίαση, ένα σύστημα τοποθέτησης και το λογισμικό δημιουργίας περιεχομένου Lightform Creator.

Το LFC μπορεί να προσαρτηθεί σχεδόν σε οποιονδήποτε βιντεοπροβολέα χρησιμοποιώντας τα εξαρτήματα τοποθέτησης που περιλαμβάνονται με την αγορά.

Τα παραπάνω σε συνδυασμό με έναν τουλάχιστον προτζέκτορα και έναν H/Y αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα χαρτογραφική προβολής (Projection Mapping). Αυτό που μας έκανε να επιλέξουμε το συγκεκριμένο προϊόν είναι, η ξεχωριστή του ικανότητα να “διαβάζει” μέσω της κάμερας το ανάγλυφο από οποιοδήποτε αντικείμενο δίνοντας μας μια εικόνα στο Creator πάνω στην οποία ότι σχεδιάζουμε, προβάλλεται ακριβώς στα ίδια σημεία του αντικειμένου στον πραγματικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα:

Το LFC συνδέεται με οποιονδήποτε βιντεοπροβολέα μέσω HDMI. Έπειτα ξεκινάει η διαδικασία της σάρωσης (Structured Light Scanning) κατά την οποία προβάλλεται μια σειρά από μοτίβα φωτός “γκρι κώδικα” (gray code) στο αντικείμενο το οποίο θέλουμε να φωτίσουμε. Αυτά τα μοτίβα αναγνωρίζονται από την ενσωματωμένη 4K κάμερα και χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός “χάρτη” εκτίμησης βάθους (Depth Estimate Map). Ο “χάρτης” εκτίμησης βάθους, υπολογίζει την απόσταση των επιφανειών (ανάγλυφο) στο αντικείμενο φωτισμού και μεταφέρει ασύρματα τα δεδομένα στον H/Y μας. Γνωρίζοντας αυτά τα δεδομένα, οτιδήποτε δημιουργούμε στην ψηφιακή εικόνα του κτηρίου στο λογισμικό Creator, αντιστοιχεί ακριβώς στην ίδια τοποθεσία στο πραγματικό κτήριο. Υπάρχει επίσης μια μεγάλη συλλογή στο λογισμικό Creator από διαδραστικά εφέ, τα οποία χρησιμοποιούν τα δεδομένα από τον χάρτη εκτίμησης βάθους ώστε όταν εφαρμόζονται να λειτουργούν με βάση το ανάγλυφο του κτηρίου.

Στην συνέχεια ακολουθεί μια αναλυτική λίστα με όλο τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήσαμε.

Αναλυτική λίστα Εξοπλισμού:

A) Δύο προτζέκτορες Epson EB-2250U, με ανάλυση 1920 x 1200 pixels, φωτεινότητα μέχρι 5000 lumen ο καθένας, αντίθεση 15.000:1, ισχύς 300W και διάρκεια ζωής της λάμπας μέχρι και 10.000 ώρες. Συνολικού κόστους 2.800€ (1400€ + 1400€).

B) Δύο φορητές βάσεις δαπέδου, με ρόδες για τους προτζέκτορες.

Συνολικού κόστους 140€ (70€+70€).

Γ) Ένα HDMI splitter με δύο εξόδους. Κόστους 20€.

Δ) Έναν φορητό υπολογιστή. Κόστους 700€ (στην περίπτωση μας).

Ε) Ένα LFC kit της Lightform. Κόστους 750€.

ΣΤ) Ένα πολύπριζο με 6 εσοχές. Κόστους 15€.

Ζ) Μια μπαλαντέζα 50 μέτρων με τέσσερις εσοχές. Κόστους 30€.

Η) Ένα σύστημα ηχείων 2.1. Κόστους 40€.

Θ) Χαρτοταινία και μαρκαδόρος Συνολικού κόστους 5€ (3€ +2€).

Συνολικό κόστος 4500€.



Εικ. 7: Ο εξοπλισμός μας



Εικ. 8: Ο εξοπλισμός μας #2

7.3 Προετοιμασία, Δοκιμές και Δυσκολίες:

Αφού καταλήξαμε στον απαραίτητο εξοπλισμό που θα χρειαζόμασταν, ξεκινήσαμε να κάνουμε τις δοκιμές, προκειμένου να δούμε πως λειτουργεί το LFC και το Creator μιας και ήταν μια τεχνολογία με την οποία δεν είχαμε εμπειρία στην πράξη. Οι δοκιμές μας ήταν δοκιμές μικρού σκέλους και έγιναν μέσα σε έναν κλειστό χώρο προβάλλοντας των φωτισμό μας επάνω σε μια πόρτα. Από τα πρώτα ερωτήματα που θέλαμε να λύσουμε ήταν το αν είναι δυνατή η χρήση δύο βιντεοπροβολέων μέσω του LFC, όπου ο καθένας θα πρόβαλλε διαφορετικό περιεχόμενο. Στην ιστοσελίδα της Lightform, ενημερωθήκαμε πως δεν είναι δυνατόν να συνδεθούν δύο προτζέκτορες με το LFC, καθώς η ενσωματωμένη κάμερα μπορεί να “διαβάζει” μόνο το ανάγλυφο που βρίσκεται απέναντι από τον προβολέα επάνω στον οποίο είναι τοποθετημένη. Παρόλα αυτά, σκεφτήκαμε πως με την χρήση ενός HDMI splitter, θα ήταν εφικτό να προβάλλουμε την ίδια εικόνα και από τους δύο προτζέκτορες, αυξάνοντας έτσι την φωτεινότητα του προβαλλόμενου περιεχομένου. Αυτό όμως για να πετύχει είχε ως προϋπόθεση και οι δύο βιντεοπροβολείς να είναι τοποθετημένοι με τέτοιο τρόπο ώστε η εικόνα από κάθε προτζέκτορα να είναι ακριβώς ευθυγραμμισμένη με τον εαυτό της επάνω στο κτήριο (ή πόρτα για τις δοκιμές). Και αυτό μπορώ να πω πως ήταν ίσως και το δυσκολότερο κομμάτι αυτή της έρευνας μας, το οποίο όμως θα περιγράψω πιο μετά.

Η συνδεσμολογία μας έχει ως εξής:

- 1) Αρχικά τοποθετήσαμε τους προτζέκτορες επάνω στις βάσεις τους και τοποθετήσαμε το LFC επάνω στον έναν από τους δύο. Η κάμερα τοποθετήθηκε στον ίδιο προτζέκτορα με το LFC μέσω της βάσης της που την κρατάει σταθερή χωρίς να περιστρέφεται.
- 2) Μετά συνδέσαμε το LFC με την 4K κάμερα μέσω ενός καλωδίου USB A-C.
- 3) Έπειτα συνδέσαμε την HDMI έξοδο του LFC με την είσοδο του HDMI splitter και στην συνέχεια τις δύο HDMI εξόδους του splitter με τις HDMI εισόδους του κάθε βιντεοπροβολέα.
- 4) Στην συνέχεια συνδέσαμε την μπαλαντέζα στην πρίζα και σε μια από τις εσοχές τις βάλαμε την τροφοδοσία του πολύπριζου.
- 5) Έπειτα τοποθετήσαμε το λάπτοπ, επάνω στην βάση τους ενός προτζέκτορα.
- 6) Στο το πολύπριζο βάλαμε όλες τις τροφοδοσίες (από τους προτζέκτορες, από το LFC, από τον φορτιστή του λάπτοπ και από το splitter).
- 7) Έχοντας όλο τον εξοπλισμό μας στο ρεύμα και σωστά συνδεδεμένο μεταξύ του ξεκινήσαμε την διαδικασία ζεύξης (pairing) μεταξύ του λάπτοπ και του LFC. Η διαδικασία γίνεται ασύρματα

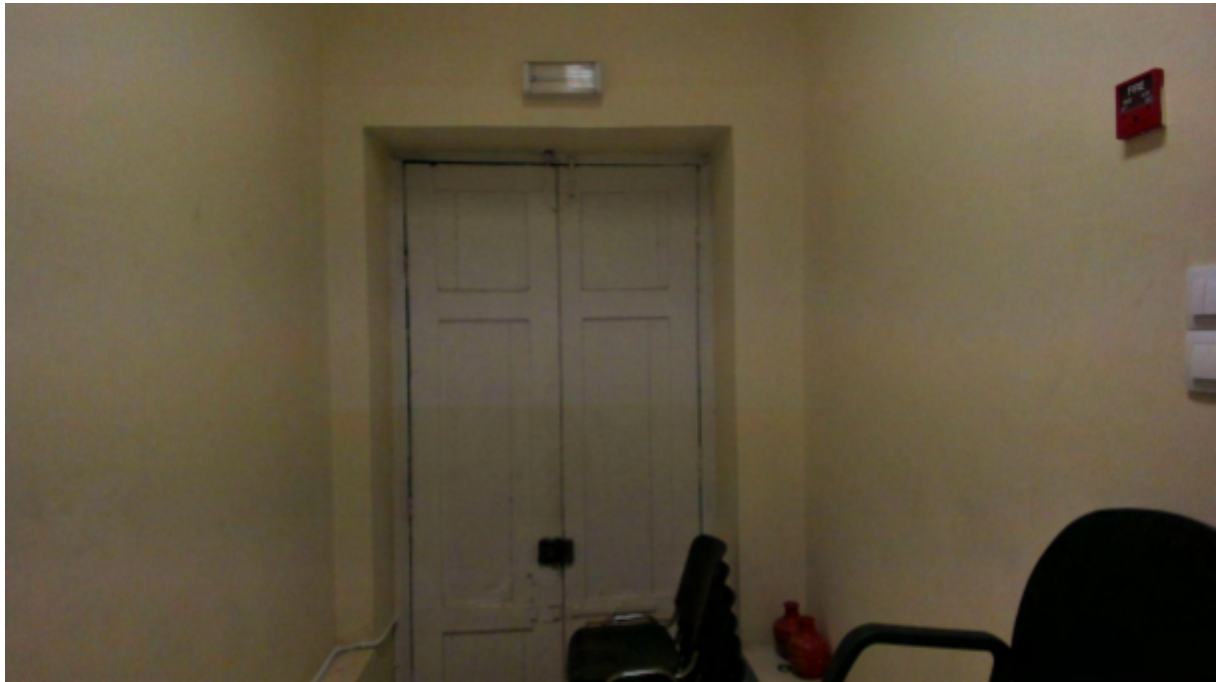
8) Κλείσαμε τον προτζέκτορα που δεν είχε την κάμερα επάνω του. Αποφασίσαμε να κάνουμε τις δοκιμές μόνο με έναν προτζέκτορα και να ανοίξουμε τον δεύτερο μόνο όταν είχαμε ένα ήδη ικανοποιητικό αποτέλεσμα με τον πρώτο. Έτσι αν κάτι δεν πήγαινε καλά στην μεταξύ τους ευθυγράμμιση να μπορούμε και τότε να έχουμε ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα.



Εικ. 9: Η 1η δοκιμή σε εσωτερικό χώρο, με τον εξοπλισμό συνδεδεμένο

Όταν πια είχαμε τελειώσει με τις απαραίτητες συνδέσεις και με την σύνδεση του LFC, είχε έρθει η ώρα για την διαδικασία της σάρωσης. Αρχικά κάναμε μια σάρωση με κλειστά τα φώτα ώστε τα μοτίβα που προβάλλονταν να φαίνονται καλύτερα. Όμως η εικόνα που μας έδωσε αυτή η σάρωση είχε πολλά κενά (μέρη που δεν αναγνώριζε το ανάγλυφο και δεν τα φωτογράφιζε). Στην επόμενη σάρωση ανοίξαμε το ένα από τα δύο φώτα που υπήρχαν στο δωμάτιο. Αυτό το επίπεδο φωτεινότητας έκανε την κάμερα να μπορεί να αναγνωρίσει τα μοτίβα με ιδιαίτερη ευκολία και η σάρωση μας έδωσε μια πολύ καθαρή εικόνα της πόρτα. Αυτή και κρατήσαμε. Όταν ανοίξαμε και τα δύο φώτα, η φωτεινότητα ήταν πιο δυνατή και έκρυβε σε κάποιο βαθμό τα μοτίβα οπότε και αυτή σάρωση δεν μας έδωσε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Όταν η σάρωση τελείωσε, το Creator εμφάνισε μια εικόνα η οποία απεικόνιζε ακριβώς τα σημεία στα οποία φώτιζε ο προτζέκτορας.

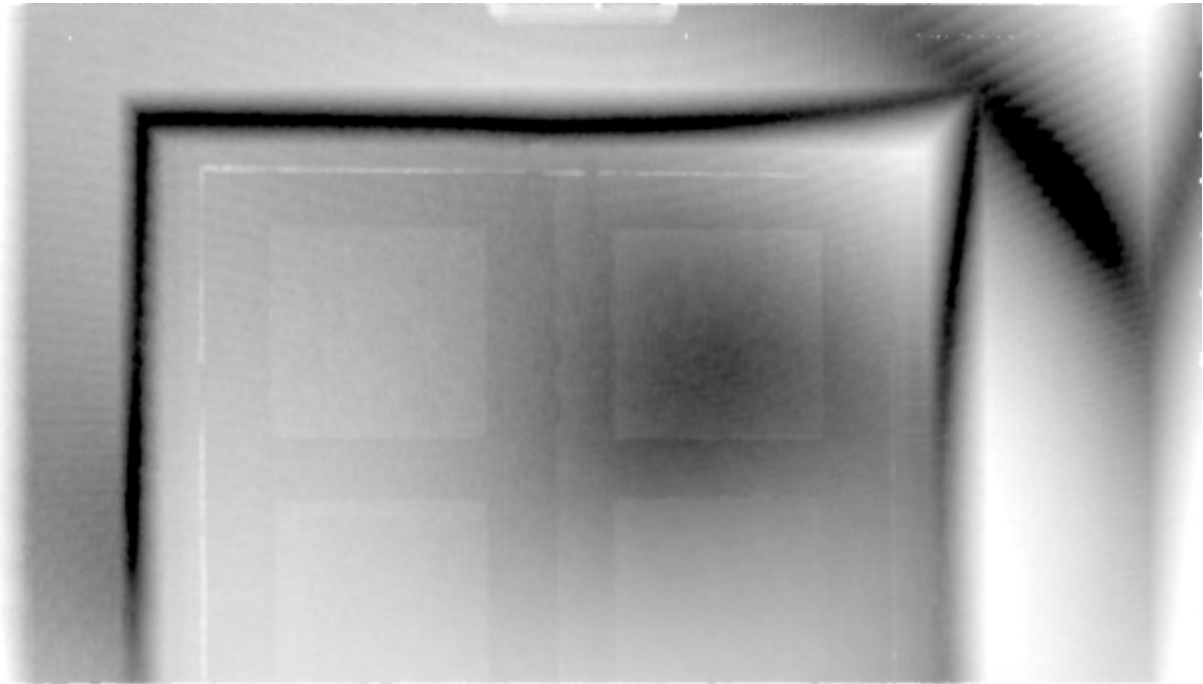
Ψάχνοντας τους φακέλους από την σάρωση είδαμε ότι η κάμερα είχε τραβήξει κι' άλλες εικόνες, μια έδειχνε ακριβώς αυτά που έβλεπε η κάμερα(ευρύτερη γωνία σε σχέση με την εικόνα που πήραμε), και οι άλλες που ήταν για την δημιουργία του 'Χάρτη" εκτίμησης βάθους. Το LFC αυτόματα μας επέστρεψε την εικόνα που αντιστοιχούσε στο περίγραμμα του βιντεοπροβολέα. Κάνοντας δοκιμές με το zoom, το προτζέκτορα είδαμε ότι πάντα η εικόνα από την σάρωση αντιστοιχούσε ακριβώς στα πλαίσια που φώτιζε ο προτζέκτορας ανάλογα με το zoom.



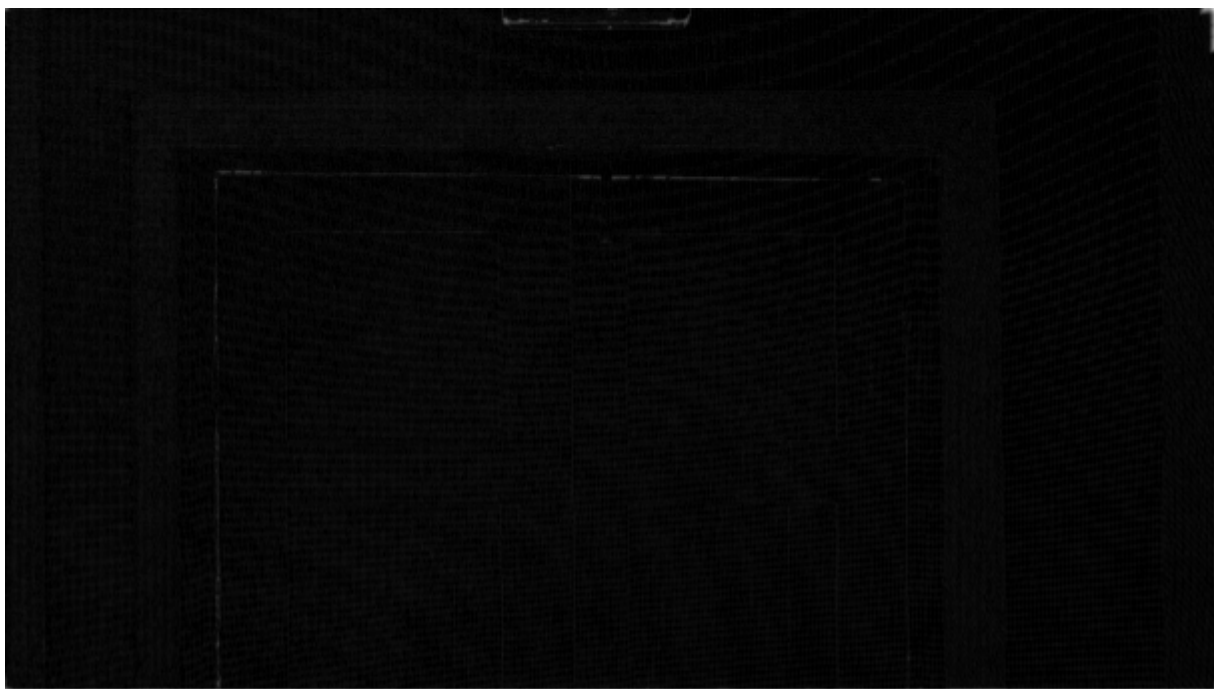
Εικ. 10: Η συνολική εικόνα που "έβλεπε" η κάμερα



Εικ. 11: Η εικόνα που μας επέστρεψε στο Creator



Εικ . 12: Εικόνα για την δημιουργία του Χάρτη Εκτίμησης Βάθους



Εικ. 13: Εικόνα για την δημιουργία του Χάρτη Εκτίμησης Βάθους #2

Με την σάρωση να είναι έτοιμη, σειρά είχε η εξοικείωση με το Creator. Με μια πρώτη ματιά στο λογισμικό είδαμε ότι το interface ήταν αρκετά φιλικό προς τον χρήστη, και η λειτουργία του ήταν αρκετά εύκολη. Είδαμε ένα tutorial στο site της Lightform και έχοντας ήδη γνώσεις από παρόμοια λογισμικά δημιουργίας εικόνων και βίντεο, το Creator φάνηκε πολύ απλό. Σε περίπου 30 λεπτά είχαμε καταλάβει σχεδόν τα πάντα. Όταν γίνεται μια σωστή σάρωση, τότε

μας δίνεται η δυνατότητα, οτιδήποτε σχεδιάσουμε στην εικόνα του Creator να εμφανιστεί στο σωστό σημείο στο αντικείμενο μας. Έτσι κάνοντας μια επιτυχημένη σάρωση, ο κάθε σχεδιαστής φωτισμού μπορεί να πάρει το αρχείο του Creator στον Η/Υ του, να πάρει όσο χρόνο θέλει και να δημιουργήσει εκεί οποιαδήποτε προβολή επιθυμεί. Έπειτα σε όποιο χρόνο θελήσει μπορεί να ανεβάσει το τελικό αρχείο στο LFC και να το προβάλει χωρίς κανένα πρόβλημα. Όλη αυτή η διαδικασία κάνει την προβολή διαφορετικών ειδών φωτισμού ακόμη και από διαφορετικούς σχεδιαστές πάρα πολύ απλή. Η μόνη απαίτηση είναι ο προτζέκτορας που χρησιμοποιήθηκε για την αρχική σάρωση να είναι τοποθετημένος ακριβώς στο ίδιο σημείο όπως όταν έγινε η σάρωση. Ακόμη και 1-2 εκ απόκλιση μπορούν να χαλάσουν το τελικό αποτέλεσμα, ειδικά όταν το κτήριο που προβάλλουμε είναι μεγάλου μεγέθους και έχουμε αρκετή απόσταση από αυτό. Γνωρίζοντας τα παραπάνω και το γεγονός ότι στην τελική παρουσίαση δεν υπήρχαν κάποιοι ήδη μόνιμα εγκατεστημένοι προτζέκτορες, δημιουργήθηκε η ανάγκη να σκεφτούμε μια μέθοδο ευθυγράμμισης. Η μέθοδος αυτή θα μας επέτρεπε να τοποθετήσουμε τον προτζέκτορα ακριβώς στο ίδιο σημείο με αυτό απ' όπου έγινε η αρχική σάρωση, σε περίπτωση που αυτός άλλαζε τοποθεσία. Αυτό και ήταν το βασικό ζητούμενο της 1ης δοκιμής μας.

7.3.1 Δοκιμή #1 (Μικρού Σκέλους):

Χρησιμοποιώντας το Creator είδαμε ότι μας δίνει την δυνατότητα δημιουργίας διάφορων περιγραμμάτων (Layers) επάνω στην εικόνα της πόρτας. Ενεργοποιώντας την επιλογή “Preview” μπορούσαμε να βλέπουμε σε αληθινό χρόνο τα περιγράμματα που σχεδιάζαμε. Έτσι σκεφτήκαμε πως αν δημιουργήσουμε αρκετά περιγράμματα τα οποία να αντιστοιχούν ακριβώς στα περιγράμματα από τα διάφορα σχήματα του αναγλύφου της πόρτας, θα μπορούσαμε κάθε φορά που τοποθετούμε το προτζέκτορα, να γνωρίζουμε πως όταν τα ψηφιακά περιγράμματα εφάπτονται ακριβώς με τα αληθινά, τότε ο προτζέκτορας είναι τοποθετημένος όπως όταν κάναμε την αρχική σάρωση. Αρχίσαμε λοιπόν να κάνουμε tracing σε όλα τα διαφορετικά σχήματα που μπορούσαμε να δούμε στην εικόνα. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται, το tracing που έχουμε κάνει για το περίγραμμα της πόρτας καθώς και τα τετράγωνα σχήματα που βρίσκονται πάνω της.



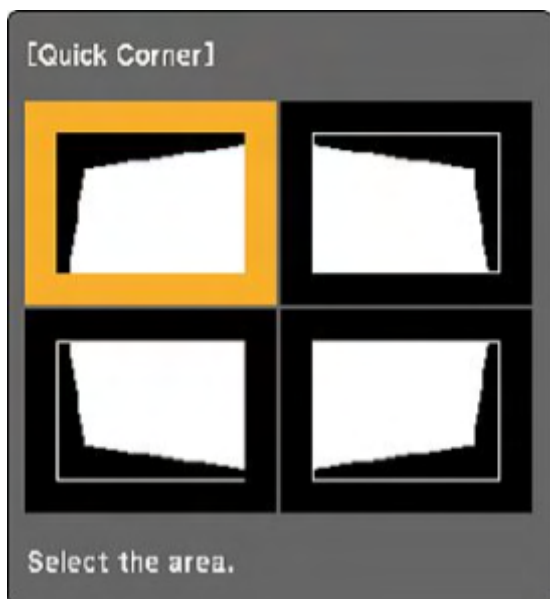
Εικ. 14 :Η διαδικασία του tracing στην Πόρτα

Αφού κάναμε ένα αναλυτικό tracing δημιουργώντας Layers για κάθε σχήμα που μπορούσαμε να δούμε, είχε έρθει η ώρα να αλλάξουμε την τοποθεσία του προτζέκτορα για να τεστάρουμε αν η ιδέα μας μπορούσε να εφαρμοστεί. Η επανατοποθέτηση του βιντεοπροβολέα έγινε με επιτυχία χωρίς να χρειαστούμε πολύ χρόνο. Την μεγαλύτερη δυσκολία μας την δημιούργησαν οι βάσεις, οι οποίες κουνιόνταν πολύ εύκολα και γι αυτό έπρεπε να είμαστε πολύ προσεκτικοί. Αν οι βάσεις αντί για ρόδες, ήταν σαν κλασσικά τρίποδα, και οι προτζέκτορες τοποθετούνταν σε κάποιο είδος κεφαλής (όπως στις βάσεις οροφής) αντί απλά να μπαίνουν επάνω σε ένα επίπεδο, τότε η διαδικασία θα γινόταν ακόμη πιο εύκολη. Παρόλα αυτά, τώρα πια γνωρίζουμε πως η επανατοποθέτηση του βιντεοπροβολέα ήταν εφικτή.

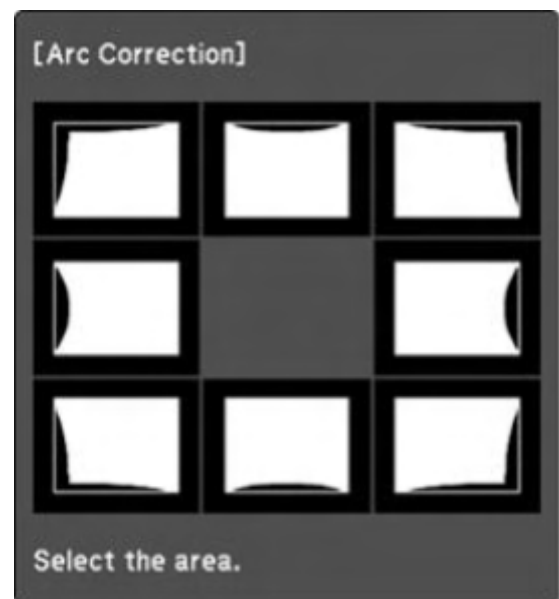
7.3.2 Δοκιμή #1 Ευθυγράμμιση 2 Βιντεοπροβολέων:

Σαν επόμενο βήμα, έπρεπε να βρούμε έναν τρόπο να ευθυγραμμίσουμε τους δύο βιντεοπροβολείς μεταξύ τους. Ο 1ος προτζέκτορας θα έμενε στην θέση που τον είχαμε βάλει για την σάρωση και θα έπρεπε με τον 2ο να βρούμε την κατάλληλη τοποθεσία. Για αρχή, αλλάξαμε τις ρυθμίσεις του 2ου προτζέκτορα (χρώμα, ratio, zoom) ώστε να είναι ίδιες με του πρώτου. Έπειτα δοκιμάσαμε διάφορες τοποθεσίες. Αν ο προτζέκτορας ήταν πιο μπροστά ή πιο πίσω από τον άλλο, τότε η εικόνα του εμφανίζονταν μεγαλύτερη ή μικρότερη σε σχέση με τον 1ο. Τελικά καταλήξαμε ότι θα τους βάζαμε δίπλα δίπλα. Ρυθμίζοντας τις βάσεις να είναι στο ίδιο ακριβώς ύψος και ανυψώνοντας τα “πόδια” του 2ου προτζέκτορα, βρήκαμε ένα σημείο έτσι ώστε τα πάνω και τα κάτω πλαίσια του να είναι στο ίδιο ύψος με τον 1ο. Ο 2ος προτζέκτορας ήταν τοποθετημένος δεξιά από τον 1ο, άρα η εικόνα του προεξείχε προς τα δεξιά, ενώ στα αριστερά δεν μπορούσε να καλύψει ολόκληρη την εικόνα του 1ου. Τα πλαίσια αριστερά και δεξιά, θα τα φτιάχναμε ψηφιακά, μέσω της δυνατότητας του προτζέκτορα να παραμορφώνει την προβαλλόμενη εικόνα από τις γωνίες της (Quick Corner). Γρήγορα όμως είδαμε ότι αυτή η λειτουργία ενώ μπορούσε να φέρει τα πλαίσια από τα δεξιά προς τα αριστερά, δεν μπορούσε να μεγαλώσει τα αριστερά πλαίσια προς τα αριστερά. Έτσι αποφασίσαμε ότι έπρεπε να αλλάξουμε τις ρυθμίσεις zoom του 2ου ώστε να περιέχουν ολόκληρη την εικόνα του 1ου πριν κάνουμε το Quick Corner. Καταλήξαμε κάνουμε λίγο zoom in με τον πρώτο και λίγο zoom out με τον 2ο και να τοποθετήσουμε τον 2ο δίπλα από τον 1ο και λίγο εκατοστά πιο πίσω.. Έτσι εικόνα του 1ου περιέχονταν ολοκληρωτικά στην εικόνα του 2ου.

Χρησιμοποιώντας την λειτουργία Quick Corner ξεκινήσαμε, να φέρνουμε τις γωνίες του 2ου προς τις αντίστοιχες γωνίες του 1ου, ώστε να εφάπτονται. Τότε παρατηρήσαμε ότι ενώ οι γωνίες τους εφάπτόταν ακριβώς, μερικά σημεία στην μέση της εικόνας δεν ευθυγραμμίζονταν ακριβώς. Δυστυχώς αυτό ήταν κάτι που δεν μπορούσαμε να λύσουμε. Όταν χρησιμοποιούμε την λειτουργία Quick Corner, το λογισμικό των συγκεκριμένων βιντεοπροβολέων, δεν μας δίνει την δυνατότητα να παραμορφώσουμε τα μέσα από τις πλευρές της εικόνας. Σε άλλα μοντέλα της Epson υπάρχει η δυνατότητα παραμόρφωσης 8 σημείων (στις 4 γωνιές και στα μέσα από κάθε πλευρά) που ονομάζεται Geometry Correction. Αν είχαμε αυτή την δυνατότητα, τότε θα μπορούσαμε να ρυθμίσουμε και τις δύο προβαλλόμενες εικόνες ώστε να εφάπτονται ακριβώς. Παρόλα αυτά όμως η εικόνα που προβάλλονταν στην πόρτα είχε αρκετή ευκρίνεια και η αυξημένη φωτεινότητα δικαιολογούσε την χρήση δύο βιντεοπροβολέων. Για να σιγουρέψουμε ότι η ευκρίνεια θα ήταν αρκετή ώστε το προβαλλόμενο αποτέλεσμα να είναι καλαίσθητο, προβάλλαμε πάνω στην πόρτα, μερικές διάφορα κείμενα, εικόνες και βίντεο. Σε όλες τις περιπτώσεις όλα ήταν ευδιάκριτα.



Εικ. 15: Λειτουργία Quick Corner



Εικ. 16: Λειτουργία Geometry Correction (Arc Correction)



Εικ. 17: Ευθυγράμμιση των δύο βιντεοπροβολέων

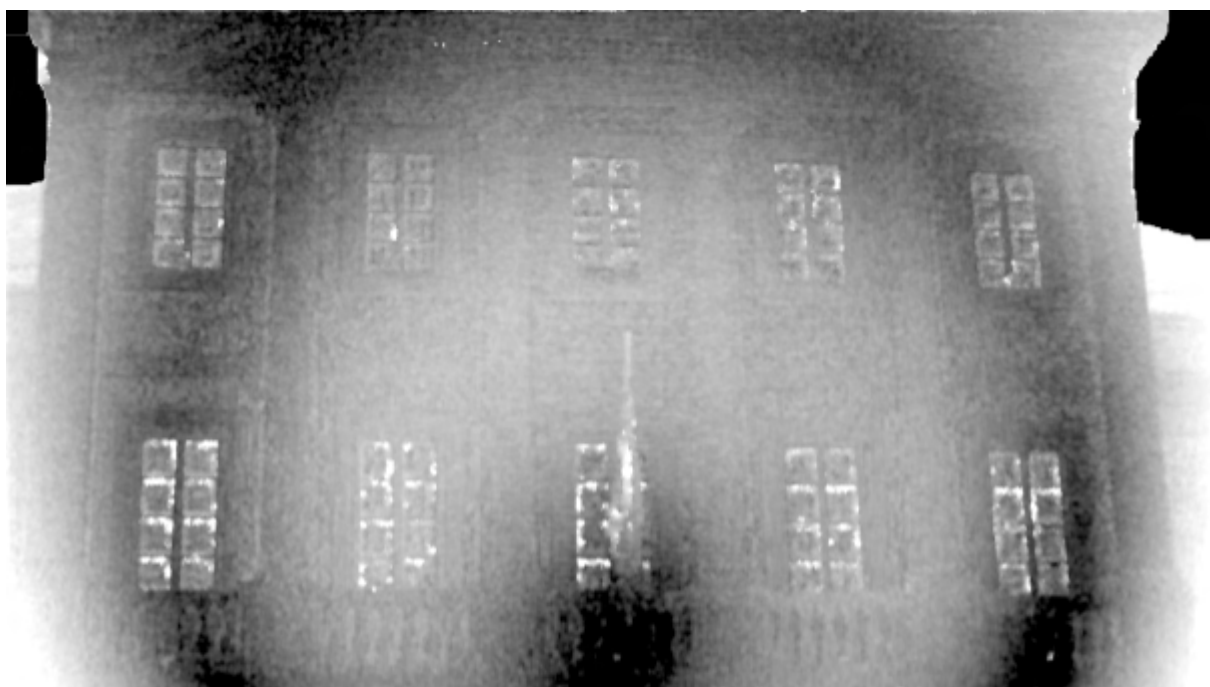
Στην Εικ. 17 έχουμε σε λειτουργία και τους δύο προτζέκτορες. Εδώ πέρα από τον στόχο της ευθυγράμμισης είδαμε και την δυνατότητα του βιντεοπροβολέα να δημιουργεί περιοχές με πολύ έντονο φως (λευκές περιοχές στην σκακιέρα) και περιοχές με λιγότερη φωτεινότητα. Αν ο λόγος αντίθεσης των βιντεοπροβολέων αντί για 15.000:1 ήταν μεγαλύτερος, οι σκοτεινές περιοχές θα ήταν ακόμα πιο σκοτεινές. Πήγαμε μπροστά από τους προτζέκτορες και σταθήκαμε στις φωτεινές και τις σκοτεινές περιοχές για να δούμε πόσο πολύ φως πέφτει στο μάτι ενός παρατηρητή που κοιτάει προς την πηγή του φωτός. Η διαφορά ανάμεσα στις περιοχές ήταν τεράστια. Στην πρώτη περίπτωση δεν μπορούσαμε να κοιτάζουμε για παραπάνω από μερικά δευτερόλεπτα, ενώ στην δεύτερη το φως αν και δημιουργούσε λάμψη, δεν ήταν καθόλου έντονη. Η ένταση της θα μπορούσε να παρομοιαστεί με αυτή από χριστουγεννιάτικα led λαμπάκια ή κάποια αδύναμη λάμπα δωματίου.

7.3.3 Δοκιμή #2 (Κανονικού Σκέλους):

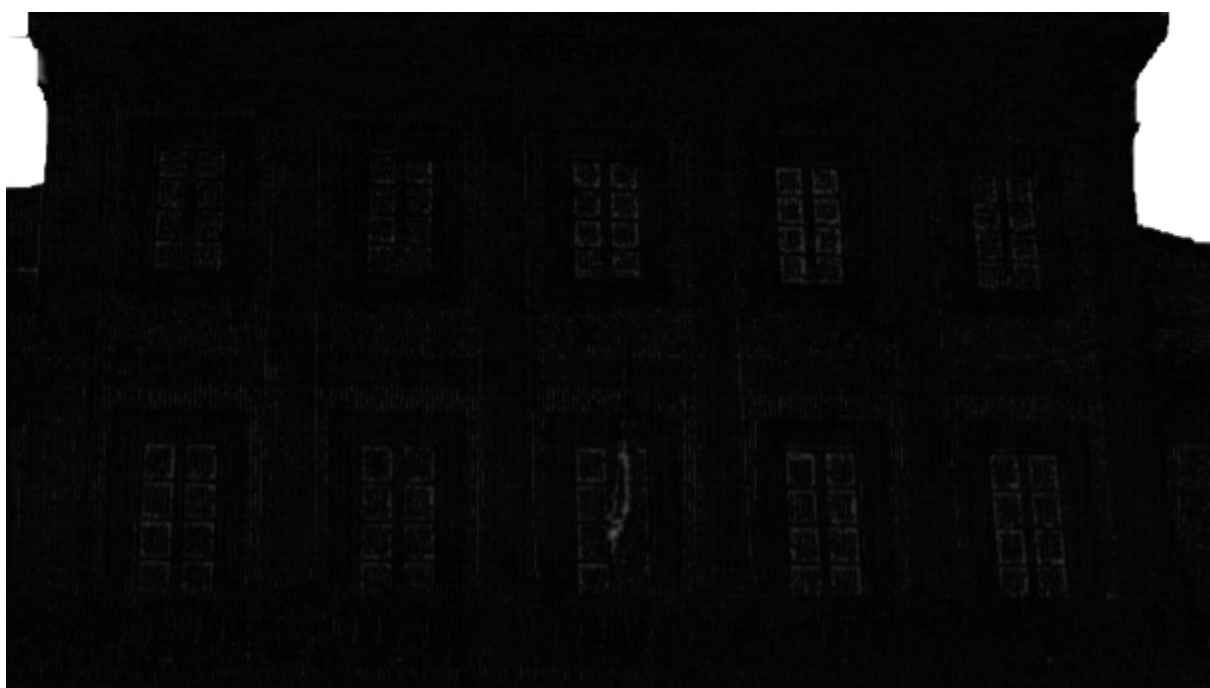
Αφού πλέον είχαμε δει στην πράξη πως λειτουργεί το LFC και η ευθυγράμμιση, ξεκινήσαμε τις δοκιμές στο κτήριο της Ιονικής Τράπεζας, όπου και θα γινόταν η τελική παρουσίαση. Μεταφέραμε όλον μας τον εξοπλισμό στην πλατεία έξω από την τράπεζα. Είχαμε συνεννοηθεί με τον υπεύθυνο ώστε να κλείσουν τα φώτα του κτηρίου κατά την διάρκεια των δοκιμών μας. Χρησιμοποιώντας την μπαλαντέζα, πήραμε ρεύμα από μια καφετέρια που βρίσκονταν κοντά. Πρώτο βήμα ήταν να βρούμε το σημείο από το οποίο θα γίνονταν η προβολή. Το σημείο αυτό έπρεπε να μας επιτρέπει να έχουμε ορατότητα προς ολόκληρο το κτήριο της τράπεζας, χωρίς να υπάρχει κάποιο εμπόδιο. Ακόμη έπρεπε να υπάρχει αρκετή απόσταση ώστε οι προβολείς να μπορούν να προβάλλουν σε όλο το μήκος του κτηρίου το οποίο ήταν περίπου 10 μέτρα. Μιας και υπάρχει ένα άγαλμα στο κέντρο της πλατείας καταλήξαμε να τοποθετούμε τους βιντεοπροβολείς λίγο πιο αριστερά από το κέντρο του κτηρίου και σε απόσταση περίπου 15 μέτρων (Εικ. 8). Έπειτα συνδέσαμε τον εξοπλισμό μας και ξεκινήσαμε την σάρωση.



Εικ. 18: Ολόκληρη η Εικόνα που τράβηξε η Κάμερα



Εικ. 19: Χάρτης Εκτίμησης Βάθους της Τράπεζας



Εικ. 20: Χάρτης Εκτίμησης Βάθους της Τράπεζας #2



Εικ. 21: Η εικόνα πάνω στην οποία θα σχεδιάζαμε τον φωτισμό

Η εικόνα από την σάρωση μας επέτρεπε να σχεδιάσουμε σε όλη την έκταση του πάνω μέρος του κτηρίου όπως και επιθυμούσαμε. Στην συνέχεια ξεκινήσαμε να σχεδιάζουμε τα περιγράμματα από τα παράθυρα και τις κολώνες, για να είναι δυνατή η διαδικασία της ευθυγράμμισης. Αφού σχεδιάσαμε τα απαραίτητα περιγράμματα ξεκινήσαμε την ευθυγράμμιση και του 2ου βιντεοπροβολέα. Η διαδικασία ήταν ακριβώς ίδια όπως και στην 1η μας δοκιμή. Η μόνη διαφορά ήταν, ότι επειδή υπήρχε μεγαλύτερη απόσταση από το κτήριο ακόμη και η παραμικρή κίνηση του προτζέκτορα είχε πολύ μεγαλύτερο αντίκτυπο απ' ότι στην 1η δοκιμή, χωρίς όμως αυτό να μας εμποδίζει στην σωστή ευθυγράμμιση. Ολοκληρώνοντας και αυτό το στάδιο, σειρά είχαν οι δοκιμές στο λογισμικό Creator ως προς το περιεχόμενο της προβολής. Για την ώρα δεν μας απασχολούσε η λεπτομέρεια ή η αισθητική του αποτελέσματος των δοκιμών, απλά θέλαμε να δούμε τις δυνατότητες του LFC σε ένα κτήριο μεγάλου μεγέθους. Ξεκινήσαμε προβάλλοντας διάφορα διαδραστικά εφέ και κάποια βίντεο που είχε ήδη μέσα η “βιβλιοθήκη”(Library) του Creator.



Εικ. 22: Δοκιμή Διαδραστικών Εφέ

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, το συγκεκριμένο διαδραστικό εφέ εφαρμόζεται επάνω στις διάφορες επιφάνειες του κτηρίου και αλλάζει χρώμα ανάλογα με την επιφάνεια στην οποία βρίσκεται. Για layer εφαρμογής του εφέ είχαμε διαλέξει απλά ένα ορθογώνιο που εκτείνονταν σε όλη την εικόνα που είχαμε στο Creator (ακόμη σε σημεία πέρα από το μήκος του κεντρικού κτηρίου). Το LFC αυτόματα αναγνώρισε τα διαφορετικά ανάγλυφα μέσα σε αυτό το layer, και αυτόματα άλλαξε τα χρώματα του κάθε ανάγλυφου. Κοιτάζοντας στην εικόνα είναι φανερό ότι παρόμοια χρώματα αντιστοιχούν σε παρόμοια ανάγλυφα. Η ικανότητα αυτή του LFC φαίνεται ακόμη περισσότερο σε σημεία όπως το “ΙΟΝΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ” που είναι γραμμένο στην κορυφή. Μέσα στο Creator υπάρχουν επιλογές που μας δίνουν την δυνατότητα να αλλάξουμε τα χρώματα που εμφανίζονται, να προσθέσουμε κίνηση στην αλλαγή των χρωμάτων, να αλλάξουμε την ταχύτητα με την οποία αλλάζουν και ακόμη να αλλάξουμε την τοποθεσία από την οποία ξεκινάει η αλλαγή τους. Οι ρυθμίσεις αυτές είναι διαφορετικές ανάλογα με το εφέ το οποίο χρησιμοποιούμε. Πέρα από τα διαδραστικά εφέ, το Creator μας επιτρέπει να προβάλλουμε οποιοδήποτε βίντεο ή εικόνα θελήσουμε.

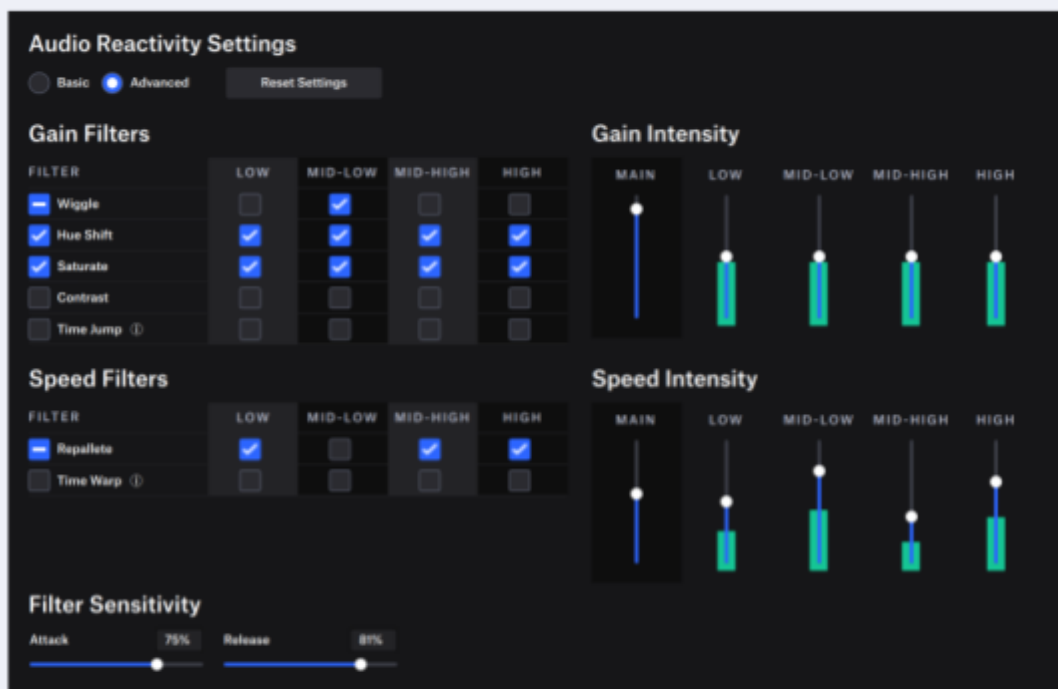
Ακόμη είναι δυνατή η χρήση generators που είναι εφέ τα οποία δεν αξιοποιούν τα δεδομένα της σάρωσης αλλά εφαρμόζονται ανάλογα με το σχήμα του layer.



Εικ. 23: Δοκιμές Generators και βίντεο

Μια ακόμη δυνατότητα που μας δίνει το LFC μέσω του Creator είναι η επιλογή που κάνει το περιεχόμενο των layers να αντιδρούν στον ήχο. Όταν ο σχεδιαστής έχει ολοκληρώσει την δημιουργία του φωτισμού που επιθυμεί να προβάλλει, τότε μπορεί να επιλέξει όποια layers θέλει και να τα κάνει να έχουν την δυνατότητα ανάδρασης με τον ήχο (audio reactive). Αυτή η ανάδραση με τον ήχο εφαρμόζεται μονάχα αφού επιτευχθεί το render του αρχείου και τότε ο σχεδιαστής μπορεί να επιλέξει αν θα υπάρξει κάποια ανάδραση και τις παραμέτρους αυτής. Έτσι ανάλογα με το είδος του ήχου που καταγράφει το ενσωματωμένο μικρόφωνο της κάμερας, εφαρμόζονται και ανάλογα φίλτρα στο περιεχόμενο που έχει γίνει render. Αφού κάναμε ένα render της πρόχειρης προβολής μας ξεκινήσαμε να πειραματιζόμαστε με την χρήση των φίλτρων. Παρατηρήσαμε ότι δεν μπορούσαμε να αποθηκεύσουμε κάποιες έτοιμες ρυθμίσεις για τα φίλτρα, οπότε η οποιαδήποτε αλλαγή θα έπρεπε να γίνει την ώρα της προβολής, όσο αυτή προβάλλεται.

Για παράδειγμα υπάρχουν τα φίλτρα έντασης (Gain Filters) όπως (Saturation, Contrast, Glitch, Ripple, Pixelate, Wiggle,) και ο χρήστης μπορεί να διαλέξει ποια από αυτά θα εφαρμόζονται ανάλογα με τις συχνότητες του ήχου (Low, Mid-Low, Mid-High, High) και την ένταση του. Ακόμη υπάρχουν τα φίλτρα ταχύτητας (Speed Filters) τα οποία διαθέτουν τις ίδιες παραμέτρους και ανάλογα με την ένταση του ήχου, εμφανίζονται πιο γρήγορα ή πιο αργά (Horizontal Shift, Vertical Shift, Grid Rotate, Kaleidoscope, Repalette). Επίσης υπάρχουν οι ρυθμίσεις ευαισθησίας των φίλτρων (Filter Sensitivity) που ρυθμίζουν το πόσο γρήγορα θα εμφανιστεί ένα φίλτρο (Attack) και το πόσο γρήγορα θα “σβήσει” (Release).



Εικ. 24: Μερικές από τις επιλογές φίλτρων

(Στον παρακάτω σύνδεσμο περιλαμβάνονται μερικά βίντεο από τις δοκιμές μας. Τα βίντεο είναι πρόχειρα τραβηγμένα από κινητό αλλά δείχνουν ακριβώς την χρήση των εφέ και των φίλτρων που περιγράψαμε παραπάνω).

Σύνδεσμος:

<https://drive.google.com/drive/folders/1fy2MqZmwOe2MqsRPpUOw52zPWWFe0qdU?usp=sharing>

Ως τελευταίο βήμα της δοκιμής έπρεπε να σημαδέψουμε τις θέσεις του εξοπλισμού μας, για να είναι δυνατή η ευθυγράμμιση την ημέρα της τελικής παρουσίασης.

Χρησιμοποιώντας την χαρτοταινία και μαρκαδόρο σημαδέψαμε:

- 1) Τα ακριβή σημεία στο πάτωμα όπου και ακουμπούσαν τα πόδια από τις βάσεις.
 - 2) Τα σημεία επάνω στις βάσεις όπου ακουμπούσαν τα πόδια των βιντεοπροβολέων.
- Ακόμα προσέξαμε να αποθηκευτούν οι ρυθμίσεις του κάθε προβολέα και της παραμόρφωσης τους, να μείνει σταθερή η σχέση μεταξύ των zoom του κάθε προβολέα και όλες οι ρυθμίσεις ύψους των βάσεων να έχουν κλειδώσει.

7.4 Δημιουργία Τελικού Φωτισμού στο Creator:

Αναφέραμε παραπάνω ότι ένα από τα προτερήματα του φωτισμού με την Μέθοδο Προτζέκτορα, είναι η ευκολία με την οποία μπορεί να δημιουργηθεί αλλά και να αλλάξει το είδος του φωτισμού του κτηρίου. Το Creator μας δίνει την δυνατότητα δημιουργίας slides μέσα στο ίδιο αρχείο. Έτσι μπορούμε αφού φτιάξουμε τα layers που θέλουμε, να τα “γεμίσουμε” με διαφορετικό περιεχόμενο ανάλογα με το slide. Κάθε slide μπορεί να έχει ξεχωριστή χρονική διάρκεια κάτι που βοηθάει στην σταδιακή δημιουργία μιας παρουσίασης όταν γίνει το τελικό render. Για παράδειγμα σε μια παρουσίαση με 6 slide μπορεί να υπάρχουν 6 διαφορετικά είδη φωτισμού ή ένα που σταδιακά προβάλλεται καθώς περνάει ο χρόνος. Αυτούς τους διαφορετικούς τρόπους φωτισμού είχαμε σκοπό να δημιουργήσουμε στο Creator.

A) Έναν “φυσικό” φωτισμό από που θα μπορούσε να είναι ο μόνιμος φωτισμό του κτηρίου.

B) Έναν πολύχρωμο φωτισμό, που θα εκμεταλλεύονταν την δυνατότητα αναπαραγωγής χρωμάτων του βιντεοπροβολέα.

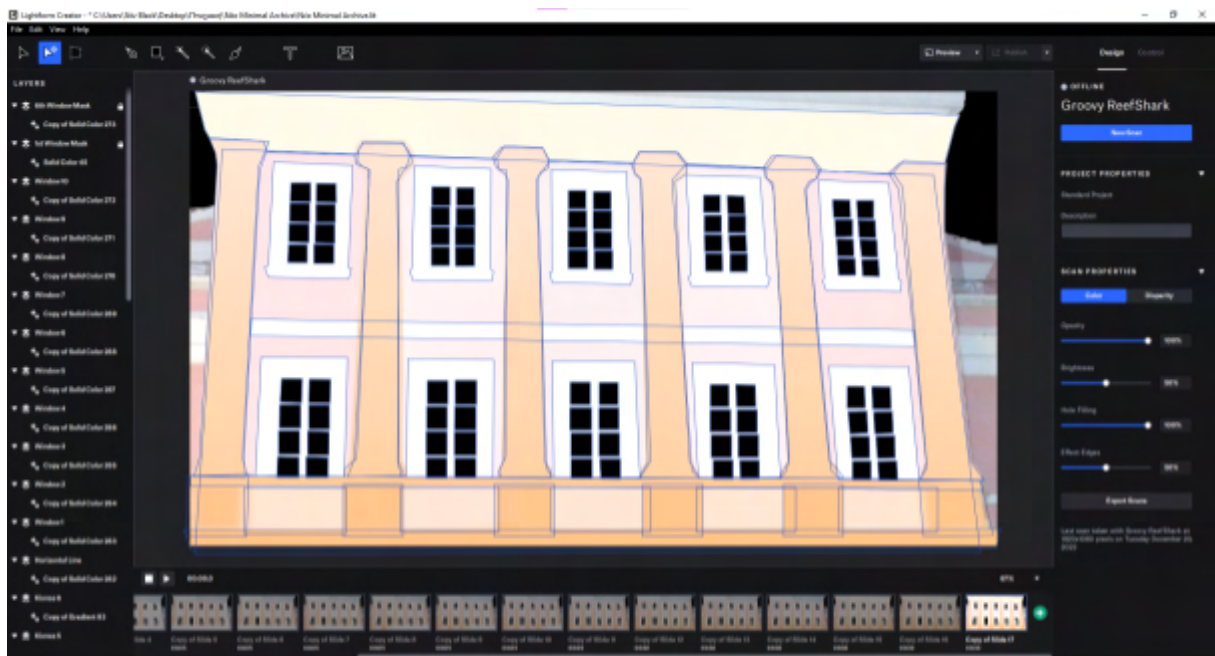
Γ) Έναν εποχικό φωτισμό και στην προκειμένη περίπτωση χριστουγεννιάτικο μιας και η παρουσίαση θα γινόταν την παραμονή των Χριστουγέννων.

Δ) Έναν πειραματικό φωτισμό με διαδραστικά εφέ και visuals που θα αποτελούσε την βασική παρουσίαση των δυνατοτήτων της νέας αυτής μεθόδου φωτισμού και που θα εκμεταλλεύονταν την δυνατότητα ανάδρασης με τον ήχο, που μας δίνει το LFC.

Εδώ να σημειωθεί ότι η δημιουργία του φωτισμού ενός κτηρίου αποτελεί μια καλλιτεχνική διαδικασία και σαν οποιαδήποτε καλλιτεχνική διαδικασία το αποτέλεσμα διαφέρει ανάλογα με την αισθητική του κάθε σχεδιαστή (καλλιτέχνη). Σκοπός αυτής της έρευνας δεν είναι να δείξει απλά τους παραπάνω δικούς μας τρόπους φωτισμού αλλά να δείξει στην

πράξη την νέα αυτή μέθοδο φωτισμού, μέσω της οποίας ο καθένας μπορεί με τεράστια ευκολία να εφαρμόσει τον δικό του φωτισμό στο προβαλλόμενο αντικείμενο.

Κατά την δημιουργία του φωτισμού “Α”, λάβαμε υπόψιν μας όλες τις πηγές που αναφέραμε παραπάνω περί φωτορύπανσης και σωστού φωτισμού. Έτσι βάλαμε μάσκες σε όλα τα παράθυρα ώστε το φως να μην μπαίνει στο εσωτερικό του κτηρίου. Φροντίσαμε η ένταση του φωτός να αυξάνεται καθώς αυξάνεται το ύψος του κτηρίου (αρχής της ενισχυμένης αντίληψης του ύψους) [17A⁷²], καθώς όπως αναφέραμε ήδη, κάτι τέτοιο είναι αρεστό στους περισσότερους παρατηρητές. Επιπλέον η χρωματική παλέτα μας αντιστοιχούσε σε φώτα θερμοκρασίας από 3500K μέχρι 6500K (πορτοκαλί ως σχεδόν λευκό). Βάλαμε τον πιο θερμό φωτισμό πιο κοντά στην βάση από τις κολώνες και τον πιο λευκό προς την κορυφή έτσι ώστε να φαίνεται όπως στην **σημειακή μέθοδο**, χωρίς όμως τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Κατά την παρουσίαση ο φωτισμός προβάλλεται σταδιακά επάνω στο κτήριο ξεκινώντας από την αριστερή κολώνα και σιγά σιγά εκτείνεται σε όλο το κτήριο.



Εικ. 25: Δημιουργία του Φυσικού φωτισμού στο Creator

⁷² Wieslawa Malska and Henryk Wachta, “Elements of Inferential Statistics in a Quantitative Assessment of Illuminations of Architectural Structures,” 2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4), September 2016, 1–6, .



Εικ. 26: Το τελικό Render του Φυσικού Φωτισμού

Κατά την δημιουργία του φωτισμού “Β” βασικός μας στόχος ήταν να δείξουμε πως φαίνονται τα χρώματα που μπορεί να προβάλλει ο βιντεοπροβολέα. Φτιάξαμε μια έκδοση που με αρκετά έντονα χρώματα και μια με πιο ήπια όπου τα χρώματα άλλαζαν ομαλά μεταξύ τους (Gradient). Και σε αυτή την περίπτωση υπήρχαν μάσκες σε όλα τα παράθυρα και ο τρόπος με τον οποίο προβάλλεται ο φωτισμός είναι σταδιακός.

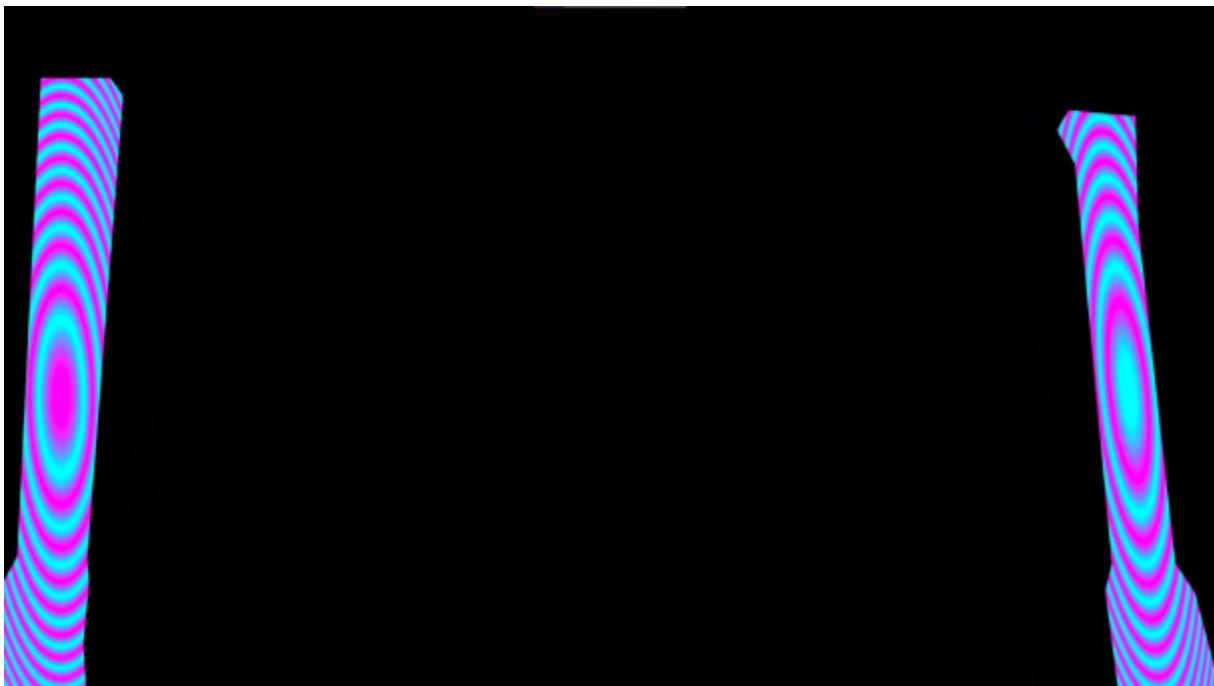
Κατά την δημιουργία του φωτισμού “Γ” επικεντρωθήκαμε στην δημιουργία διαφόρων ειδών χριστουγεννιάτικου φωτισμού. Χρησιμοποιήσαμε έτοιμα “royalty free” βίντεο και τα συνδυάσαμε με κάποια διαδραστικά εφέ. Για να δώσουμε την εορταστική χρωματική παλέτα (Κόκκινο, Πράσινο, Κίτρινο, Μπλε) δημιουργήσαμε έγχρωμα layers και κάναμε blending μεταξύ τους ώστε να φαίνονται και τα εφέ και τα βίντεο. Δεν χρησιμοποιήσαμε κάποια μάσκα μιας και ο συγκεκριμένος φωτισμός ήταν μόνο για να δείξει τις δυνατότητες ενός εποχικού φωτισμού όχι να χρησιμοποιηθεί ως μόνιμος. Βέβαια πολύ εύκολα μπορούμε να βάλουμε τις απαραίτητες μάσκες αν χρειαστεί.

Τέλος για την δημιουργία του φωτισμού “Δ” αφιερώσαμε τον περισσότερο χρόνο μας, μιας και εδώ δείχνουμε ουσιαστικά τις δυνατότητες χρήσης του βιντεοπροβολέα και του LFC. Εφαρμόστηκαν μάσκες στα παράθυρα και έγινε συνδυασμός διαδραστικών εφέ, generators και έτοιμων βίντεο, είτε δικά μας είτε από την βιβλιοθήκη του Creator. Ο τρόπος που προβάλλεται είναι σταδιακός και το κάθε slide λειτουργεί ως βήμα επάνω στον οποίο “χτίζει” το επόμενο, δημιουργώντας έτσι μια παράσταση διάρκεια περίπου 9 λεπτών η

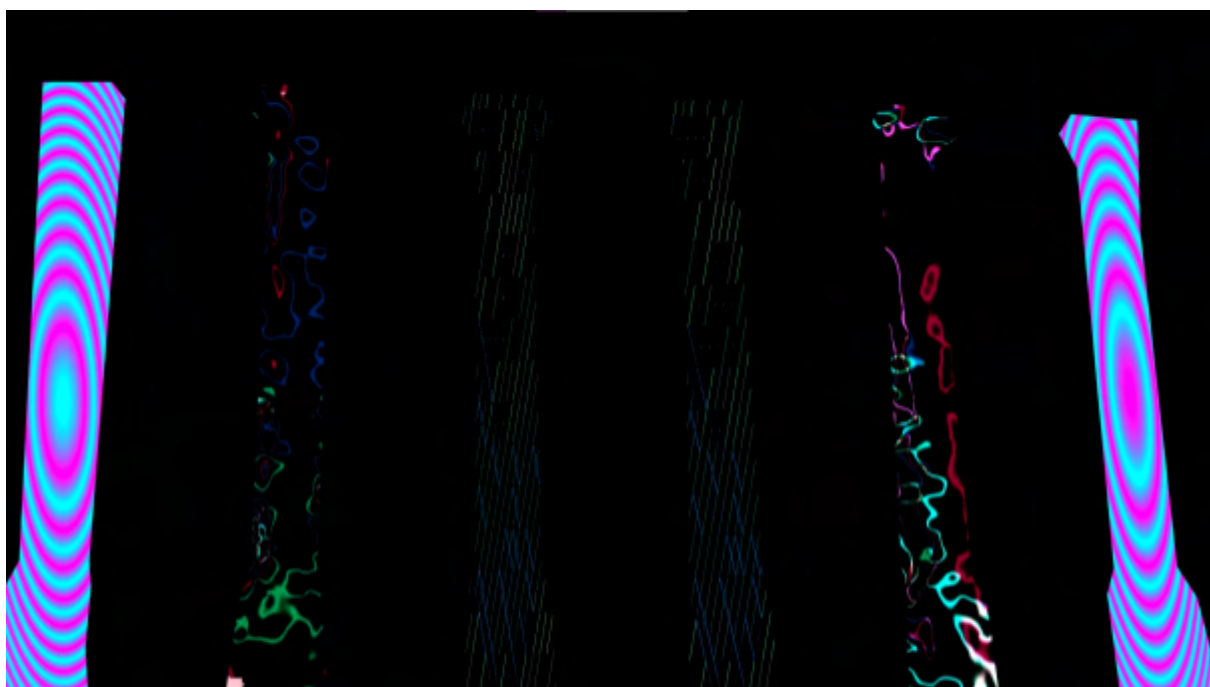
οποία μετά το τέλος της ξεκινάει από την αρχή. Η παρουσίαση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μόνιμος φωτισμός του κτηρίου στο σύνολο της, αλλά και κάθε ξεχωριστό slide ή μπορεί να “σταθεί” μόνο του. Δυνατή επίσης είναι και η επιλογή μερικών από τα slides όπως και η αλλαγή της σειρά με την οποία εμφανίζονται.

Αρχικά ξεκινάμε προβάλλοντας σε μεμονωμένα μέρη του κτηρίου (κολώνες) και στην συνέχεια το φως επεκτείνεται στα παράθυρα και στις περιοχές ανάμεσα τους. Με κάθε slide που αλλάζουμε, προβάλλονται όλο και περισσότερα εφέ στο κτήριο δημιουργώντας μια κλιμάκωση στην παρουσίαση. Με την χρήση ενός εφέ που προβάλλει την ζωγραφισμένη εικόνα του κτηρίου, κρύβουμε τα όσα ήδη προβάλλονται και επικεντρωνόμαστε μονάχα στην ζωγραφισμένη αυτή εικόνα. Με κάθε εναλλαγή μεταξύ της εικόνας αυτής και του “κρυμμένου” περιεχομένου εμφανίζεται και κάτι καινούργιο που δεν υπήρχε πριν. Όλα αυτά μέχρι την στιγμή που η το η ζωγραφισμένη εικόνα σταματάει να εμφανίζεται και δίνει χρόνο στον θεατή να δει τα όσα υπάρχουν από πίσω. Αυτό είναι το σημείο όπου προβάλλουμε εφέ σε όλα τα layers και μας δίνεται η δυνατότητα να δούμε την ανάδραση του με τον ήχο. Από εκεί και πέρα ξεκινάνε οι διάφορες παραλλαγές του φωτισμού, άλλες πιο μινιμαλιστικές και άλλες πιο χαοτικές. Καθώς φτάνουμε προς το τέλος, αφαιρούμε τα περισσότερα διαδραστικά εφέ και στην θέση τους προβάλλουμε κάποια από τα βίντεο και τις εικόνες του Creator, μέχρι και αυτά να σβήσουν και να ξανά ξεκινήσει η όλη παρουσίαση από την αρχή.

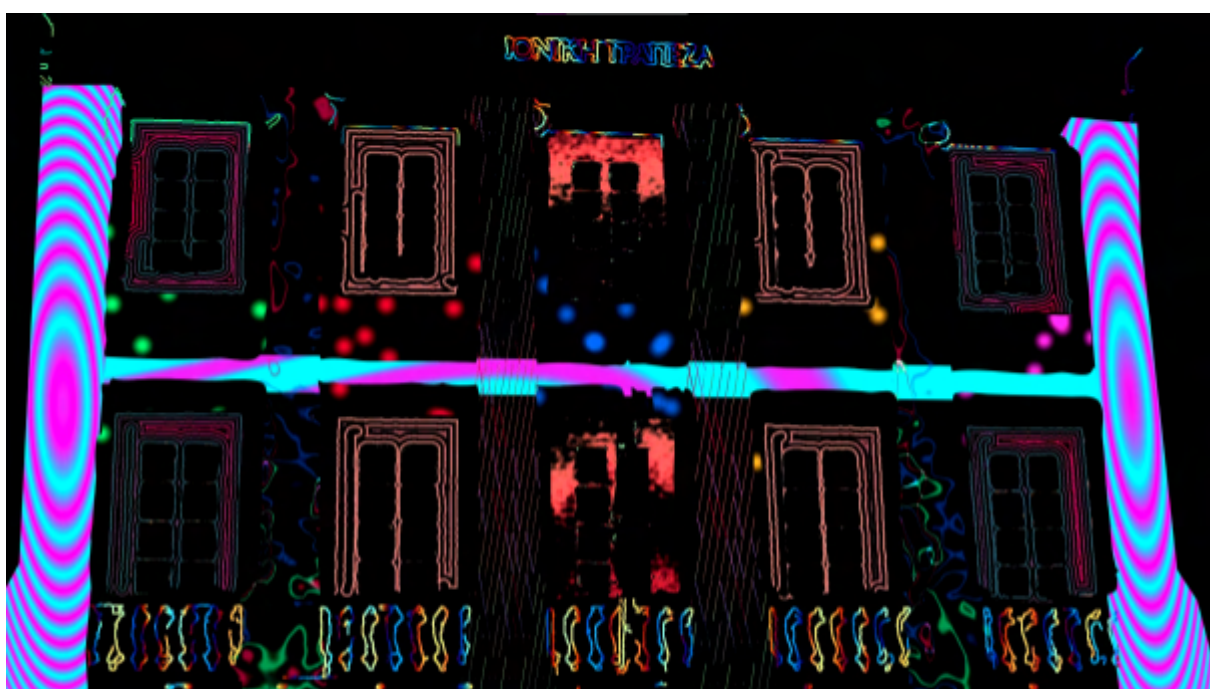
Παρακάτω παραθέτουμε μερικά από τα slides έτσι όπως έγιναν render από το Creator.



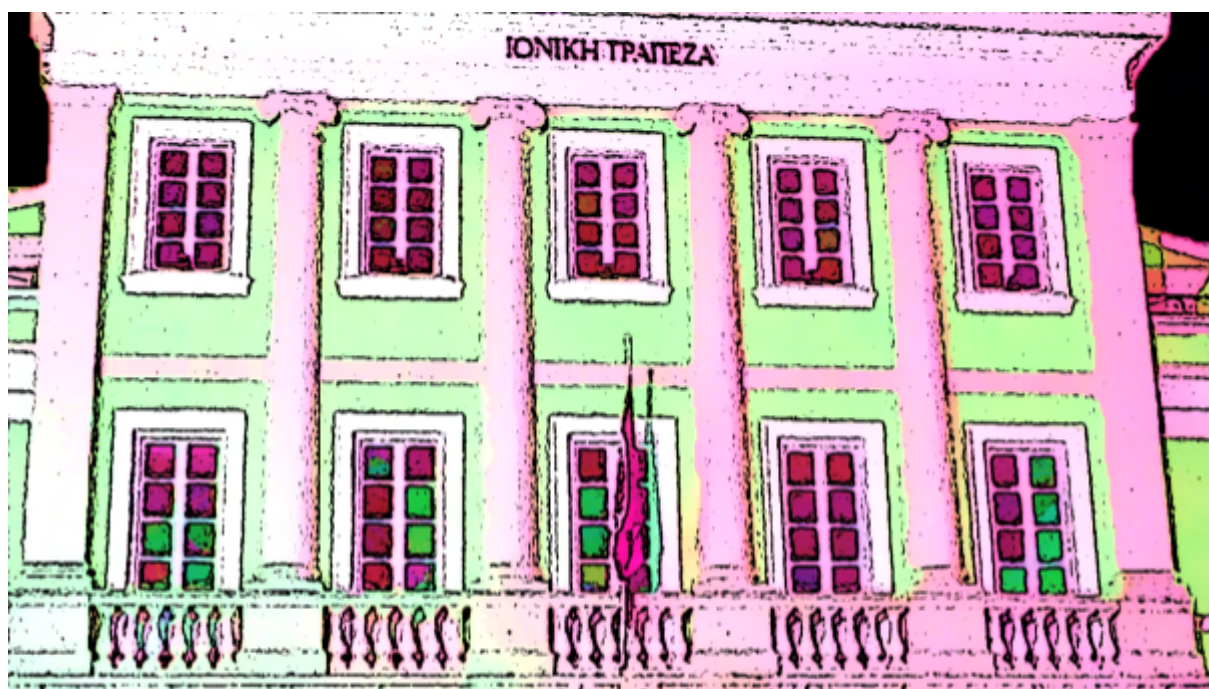
Εικ. 27 : Αρχή της παρουσίασης (Slide 2/26)



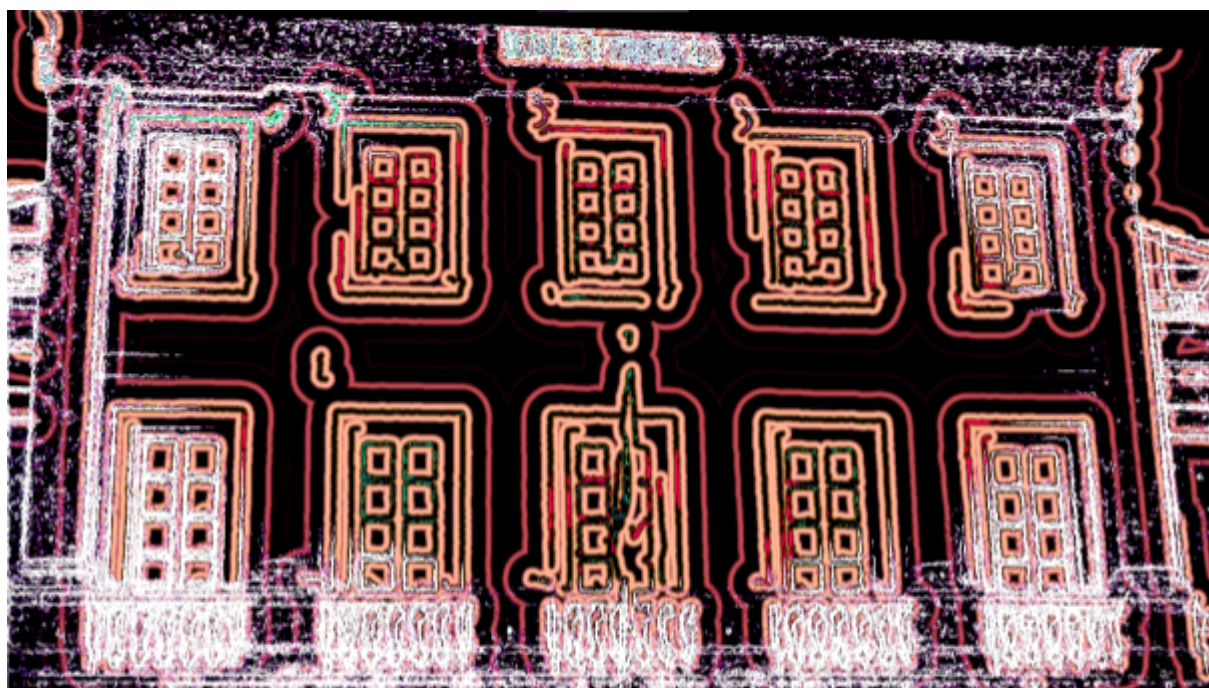
Εικ. 28 : Εξέλιξη με βάση τα προηγούμενα (Slide 6/26)



Εικ. 29 : Κλιμάκωση με χρήση διαδραστικών εφέ (Slide 11/26)



Εικ. 30 : Εφέ Ζωγραφισμένης Εικόνας



Εικ. 31 : Παραλλαγή του φωτισμού με διαδραστικά εφέ (Slide 18/26)



Εικ. 32 : Προβολή βίντεο και εικόνων (Slide 23/26)

7.5 Τελική Παρουσίαση:

Η παρουσίαση του φωτισμού μας έγινε στις 24 Δεκεμβρίου του 2022 και ώρα 19:30 στην Ιονική Τράπεζα. Φτάσαμε στον χώρο από τις 17:30 προκειμένου να έχουμε αρκετό χρόνο στην διάθεση μας για να τοποθετήσουμε σωστά τον εξοπλισμό μας. Δυστυχώς κατά την μετακίνηση το zoom του 2ου βιντεοπροβολέα άλλαξε θέση οπότε έπρεπε να κάνουμε την ευθυγράμμιση του από την αρχή. Χρησιμοποιώντας την ρύθμιση quick corner καταφέραμε να τον ευθυγραμμίσουμε με τον 1ο, αλλά επειδή μας πίεζε ο χρόνος τα περιθώρια γύρω από το κτήριο ξέφυγαν λίγο. Κάτι τέτοιο δεν αποτελεί πρόβλημα, μιας μπορούμε να βάλουμε μάσκες όπου ξεφεύγει το φως απλά θα έπρεπε να κάνουμε ένα νέο render και αυτό θα έπαιρνε χρόνο που δεν είχαμε. Πέραν όμως αυτού του μικρού εμποδίου όλα έγιναν πολύ εύκολα και στις 19:30 ήμασταν έτοιμη για την παρουσίαση μας. Ξεκινήσαμε προβάλλοντας τους χριστουγεννιάτικους φωτισμούς και βάζοντας χριστουγεννιάτικη μουσική να παίζει από τα ηχεία. Σε κάποια slides πειραματιστήκαμε με την ανάδραση του ήχου αλλά μιας και είχε μαζευτεί αρκετός κόσμος θεωρήσαμε πως αυτό κάτι τέτοιο θα ταίριαζε περισσότερο στην επόμενη προβολή μας. Ξεκινήσαμε να φορτώνουμε το render του φωτισμού “Δ” στον LFC. Κατά την διάρκεια της μεταφόρτωσης οι προτζέκτορες συνέχισαν να προβάλλουν το τελευταίο slide που είχαμε επιλέξει. Η μεταφόρτωση διήρκεσε περίπου 6 λεπτά και μετά ξεκίνησε η προβολή του επόμενου φωτισμού. Με το που ολοκληρώθηκε η φόρτωση, ξεκινήσαμε την προβολή. Είχαμε κατά νου κάποια πιθανά κομμάτια που θα μπορούσαν να συνοδεύουν την εικόνα αλλά δεν είχαμε καταλήξει σε κάποιο συγκεκριμένο. Εκείνη την στιγμή αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε το κομμάτι “Proxima Centauri” της ελληνικής psychedelic rock μπάντας Naxatras, καθώς θεωρήσαμε ότι το ύφος του ταίριαζε πάρα πολύ με το συγκεκριμένο είδος φωτισμού. Από την αρχή του κομματιού ξεκινήσαμε να πειραματιζόμαστε με τα φίλτρα της ανάδρασης του ήχου. Δεν είχαμε σχεδιάσει κάτι από πριν (μιας και οι δοκιμές θα έπρεπε να γίνουν στον χώρο προβολής), έτσι ξεκινήσαμε να αυτοσχεδιάζουμε και να διαλέξουμε τα φίλτρα και την ένταση τους αναλόγως με την μουσική. Στην αρχή βάλαμε τα φίλτρα “glitch” και “ripple” να εφαρμόζονται στις χαμηλές και μεσαίες (Low και Low-Mid) συχνότητες. Συνεχίσαμε αυξάνοντας την ένταση τους αναλόγως με την κορύφωση της μουσικής και αναλόγως με το slide στο οποίο βρισκόταν η προβολή. Όταν τα πιατίνια από τα ντραμς ξεκίνησαν να ακούγονται πιο έντονα, εφαρμόσαμε το φίλτρο pixelate στις ψηλές (High) συχνότητες. Όταν το κομμάτι βρισκόταν στην κορύφωση του εφαρμόσαμε φίλτρα όπως Vertical και Horizontal Shift μαζί με τα Contrast και Saturate στις χαμηλές και μεσαίες συχνότητες. Και

όταν το κομμάτι “άπλωνε” εφαρμόσαμε φίλτρα όπως το Kaleidoscope και το Grid Rotate. Όλες οι αποφάσεις μας συνέβαιναν εκείνη την στιγμή και το LFC μας έδινε την δυνατότητα να της πραγματοποιήσουμε χωρίς κάποιο delay. Όταν τελείωσε η παρουσίαση αυτού του φωτισμού η ανταπόκριση του κόσμου ήταν πάρα πολύ θετική κάτι το οποίο δικαίωσε τις αποφάσεις που κάναμε κατά την διάρκεια της παρουσίασης.

Στο τέλος δείξαμε για λίγα λεπτά τους πολύχρωμους φωτισμούς και τον μόνιμο “φυσικό” φωτισμό, εξηγώντας ότι όλα αυτά που προβάλλαμε ήταν αποτέλεσμα της χρήσης των βιντεοπροβολέων και του LFC καθώς και κάποιους από τους λόγους για τους οποίους διαλέξαμε αυτή την μέθοδο. Αφού τελείωσε η παρουσίαση μας, αποσυνδέσαμε τον εξοπλισμό μας τον μεταφέραμε πίσω στην βάση μας.

Εδώ είναι σύνδεσμος από την τελική παρουσίαση:

https://drive.google.com/drive/folders/1IED-EHvj-oA5mrxFD953LDsVQWpmwQa_?usp=sharing

8.Αποτελέσματα/Συζήτηση

Η βασική αφορμή για την συγκεκριμένη έρευνα είναι τα τεράστια επίπεδα φωτορύπανσης που υπάρχουν σε όλο τον πλανήτη και πιο συγκεκριμένα σε μέρη όπως τα νησιά της μεσογείου που αποτελούν τόπους μεγάλης βιοποικιλότητας και φυσικού κάλλους. Τα υψηλά αυτά επίπεδα δεν προσφέρουν ούτε περισσότερο φως ούτε κάποιο άλλο πλεονέκτημα σε εμάς ή το φυσικό περιβάλλον. Αντιθέτως αποτελούν αιτία πάρα πολλών αρνητικών επιπτώσεων σε όλους τους τομείς της ζωής των ανθρώπων αλλά όλων των έμβιων όντων. Ερευνώντας το συγκεκριμένο θέμα, είδαμε ότι ο δεν υπάρχει κάποια εμπεριστατωμένη δικαιολόγηση για την ύπαρξη των τόσο υψηλών επιπέδων φωτορύπανσης, πέρα από την άγνοια των υπεύθυνων φορέων να δώσουν μια αποτελεσματική λύση. Έχοντας ασχοληθεί με την συγκεκριμένη έρευνα για πάνω από έναν χρόνο και χρησιμοποιώντας ως βάση τις ήδη υπάρχουσες έρευνες επάνω στις νέες μεθόδους φωτισμού, είδαμε ότι η χρήση βιντεοπροβολών όχι μόνο μπορεί να μειώσει στο ελάχιστο τα επίπεδα φωτορύπανσης αλλά και να δημιουργήσει με πολύ εύκολο τρόπο νέα είδη φωτισμού ξεχωριστά για κάθε μνημείο που εξελίσσουν την αισθητική τους και του περιβάλλοντα χώρου. Στα θετικά, της νέας αυτή μεθόδου, περιλαμβάνεται η εξοικονόμηση ενέργειας και το πολλές φορές χαμηλότερο ή ίσο κόστος αγοράς και εγκατάστασης σε σχέση με τις άλλες μεθόδους. Στην έρευνα μας αποφασίσαμε να εξετάσουμε το πως όλα τα παραπάνω εφαρμόζονται στην πράξη και αν κάτι τέτοιο μπορεί να αποτελέσει τον μόνιμο φωτισμό ενός κτηρίου ή δημοσίου χώρου. Η απάντηση είναι πως ναι και μάλιστα με πολύ εύκολο τρόπο. Τα μόνα θέματα που θέλουν περαιτέρω διερεύνηση είναι η κατασκευή των βάσεων στις οποίες θα τοποθετούνται μόνιμα οι βιντεοπροβολείς και ο υπόλοιπος απαραίτητος εξοπλισμός, έτσι ώστε να προστατεύονται από τις καιρικές συνθήκες χωρίς να υπερθερμαίνονται. Κάτι το οποίο πιστεύουμε ότι είναι αρκετά εύκολο να επιτευχθεί. Πέρα από αυτό όμως δεν βρήκαμε κάποιο άλλο πρόβλημα ως προς την μόνιμη χρήση των βιντεοπροβολών.

Στην περίπτωση μας καταφέραμε, εξ ολοκλήρου και χωρίς κάποιον εξειδικευμένο εξοπλισμό μέσα σε λίγες μέρες να φωτίσουμε με επιτυχία ένα κτήριο στο ιστορικό κέντρο της Κέρκυρας χρησιμοποιώντας μονάχα δύο βιντεοπροβολείς, ένα LFC και έναν H/Y. Το συνολικό κόστος του εξοπλισμού μας ανέρχεται (σε τιμή λιανικής, στις 14/02/23) στα 4500€. Και απ' όλο το σύστημα φωτισμού το μόνο που χρειάζεται αλλαγή είναι οι λάμπες μετά την διάρκεια ζωής τους. Στην δική μας περίπτωση, η τιμή τους ανέρχεται περίπου στα 150€ η κάθε μια. Με βάση όλα τα παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως η χρήση βιντεοπροβολών είναι η πλέον καλύτερη δυνατή μέθοδος φωτισμού κτηρίων (με

τις ελάχιστες εξαιρέσεις που αναφέρθηκαν). Όσον αφορά την περαιτέρω έρευνα πάνω στο θέμα, εκτός από την δημιουργία βάσεων για τον εξοπλισμό, ένα άλλο θέμα είναι χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την τροφοδοσία του εξοπλισμού αυτού. Καθώς η συνολική χρήση ρεύματος που κάνει ο εξοπλισμός δεν είναι μεγάλη (περίπου 700W στις ρυθμίσεις μέγιστης ισχύς) θα μπορούσε να γίνει μια έρευνα που να εξετάζει το πως είναι δυνατή η τροφοδοσία ενός τέτοιου συστήματος μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (πχ ηλιακά πάνελ πάνω από τις βάσεις). Μια ακόμη έρευνα που μπορεί να γίνει, είναι η χρήση δυναμικών μασκών για τους θεατές και τα οχήματα μέσα στο πεδίο προβολής του προτζέκτορα και το απαραίτητο λογισμικό ή εξοπλισμός που χρειάζεται ώστε να επιτευχθεί κάτι τέτοιο. Τέλος, λόγω της πανδημίας η εταιρία Lightform έκλεισε στις 12 Αυγούστου του 2022, και παρόλο που ο εξοπλισμός LFC λειτουργεί κανονικά, δεν κατασκευάζονται νέες μονάδες, οπότε είναι αναγκαίο για όποιον δεν διαθέτει ήδη ένα LFC kit να χρησιμοποιήσει ένα άλλο λογισμικό για projection mapping το οποίο να διαβάσει το ανάγλυφο του κτηρίου. Λογισμικά όπως το MadMapper δηλώνουν ότι μέσω της σύνδεσης τους με μια DSLR κάμερα έχουν την δυνατότητα σάρωσης αντικειμένων με τη χρήσης Structured Lighting, αλλά απαιτείται περαιτέρω έρευνα ως προς τα τελικά αποτελέσματα τους για να δούμε αν μπορούν να ανταγωνιστούν την τεχνολογία της Lightform.

9. Αναφορές

[1A] Bille, Mikkel. “Lighting up Cosy Atmospheres in Denmark.” *Emotion, Space and Society* 15 (May 2015): 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.emospa.2013.12.008>.

[3A] Cajochen, Christian, Sylvia Frey, Doreen Anders, Jakub Späti, Matthias Bues, Achim Pross, Ralph Mager, Anna Wirz-Justice, and Oliver Stefani. “Evening Exposure to a Light-Emitting Diodes (LED)-Backlit Computer Screen Affects Circadian Physiology and Cognitive Performance.” *Journal of Applied Physiology* 110, no. 5 (May 2011): 1432–38. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00165.2011>.

[4A] Cie. “CIE 234:2019 A Guide to Urban Lighting Masterplanning.” International Commission on Illumination (CIE), September 18, 2019. <https://doi.org/10.25039/TR.234.2019>.

[5A] Dawson, J. “Feature Lighting in Liverpool City Centre: An Impact Assessment of the City’s Lighting Programme.” North West Regional Development Agency, Liverpool Vision, Liverpool 2008.

[6A] Edensor, Tim, and Mikkel Bille. “‘Always like Never before’: Learning from the Lumitopia of Tivoli Gardens.” *Social & Cultural Geography* 20, no. 7 (September 2, 2019): 938–59. <https://doi.org/10.1080/14649365.2017.1404120>.

[8A] Falchi, Fabio. “Light Pollution.” In *Urban Pollution*, edited by Susanne M. Charlesworth and Colin A. Booth, 147–59. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2018. <https://doi.org/10.1002/9781119260493.ch11>.

[9A] Falchi, Fabio, Pierantonio Cinzano, Dan Duriscoe, Christopher C. M. Kyba, Christopher D. Elvidge, Kimberly Baugh, Boris A. Portnov, Nataliya A. Rybnikova, and Riccardo Furgoni. “The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness.” *Science Advances* 2, no. 6 (June 3, 2016): e1600377. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>.

- [10A] Fila, Katarzyna, Magdalena Furman, and Jolanta Gintowt. "Illumination of Architecture. the Problem of Light Pollution" 2014, no. Budownictwo Zeszyt 5-B (19) 2014 (n.d.): 85–90. <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.14.341.3652>.
- [11A] Gallaway, Terrel, Reed N. Olsen, and David M. Mitchell. "The Economics of Global Light Pollution." *Ecological Economics* 69, no. 3 (January 2010): 658–65. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.10.003>.
- [12A] Gaston, Kevin J., Sian Gaston, Jonathan Bennie, and John Hopkins. "Benefits and Costs of Artificial Nighttime Lighting of the Environment." *Environmental Reviews* 23, no. 1 (March 2015): 14–23. <https://doi.org/10.1139/er-2014-0041>.
- [13A] Haans, Antal, and Yvonne A.W. de Kort. "Light Distribution in Dynamic Street Lighting: Two Experimental Studies on Its Effects on Perceived Safety, Prospect, Concealment, and Escape." *Journal of Environmental Psychology* 32, no. 4 (December 2012): 342–52. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.05.006>.
- [14A] Jakle, JA, and GF Thompson. "City Lights: Illuminating the American Night." Johns Hopkins University Press, 2001.
- [15A] Krupiński, Rafał. "Luminance Distribution Projection Method in Dynamic Floodlight Design for Architectural Features." *Automation in Construction* 119 (November 2020): 103360. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103360>.
- [17A] Malska, Wiesława, and Henryk Wachta. "Elements of Inferential Statistics in a Quantitative Assessment of Illuminations of Architectural Structures." In 2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4), 1–6. Karpacz, Poland: IEEE, 2016. <https://doi.org/10.1109/LUMENV.2016.7745529>.
- [18A] Peregrym, Mykyta, Erika Péntzesné Kónya, and Mariia Savchenko. "How Are the Mediterranean Islands Polluted by Artificial Light at Night?" *Ocean & Coastal Management* 198 (December 2020): 105365. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105365>.

- [19A] Pothukuchi, Kameshwari. “City Light or Star Bright: A Review of Urban Light Pollution, Impacts, and Planning Implications.” *Journal of Planning Literature* 36, no. 2 (May 2021): 155–69. <https://doi.org/10.1177/0885412220986421>.
- [20A] Pottharst, Merle, and Benjamin Könecke. “The Night and Its Loss.” In *Space–Time Design of the Public City*, edited by Dietrich Henckel, Susanne Thomaier, Benjamin Könecke, Roberto Zedda, and Stefano Stabilini, 37–48. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6425-5_3.
- [21A] Saraiji, Riad, and M. Saju Oommen. “Light Pollution Index (LPI): An Integrated Approach to Study Light Pollution with Street Lighting and Façade Lighting.” *LEUKOS* 9, no. 2 (October 1, 2012): 127–45. <https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2012.09.02.004>.
- [22A] Słomiński, S. “Identifying Problems with Luminaire Luminance Measurements for Discomfort Glare Analysis.” *Lighting Research & Technology* 48, no. 5 (August 2016): 573–88. <https://doi.org/10.1177/1477153515596374>.
- [23A] Słomiński, Sebastian, and Rafał Krupiński. “Luminance Distribution Projection Method for Reducing Glare and Solving Object-Floodlighting Certification Problems.” *Building and Environment* 134 (April 2018): 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.01.019>.
- [23B] Steinbach, Rebecca, Chloe Perkins, Lisa Tompson, Shane Johnson, Ben Armstrong, Judith Green, Chris Grundy, Paul Wilkinson, and Phil Edwards. “The Effect of Reduced Street Lighting on Road Casualties and Crime in England and Wales: Controlled Interrupted Time Series Analysis.” *Journal of Epidemiology and Community Health* 69, no. 11 (July 28, 2015): 1118–24. <https://doi.org/10.1136/jech-2015-206012>.
- [25A] Żagan, Wojciech, and Krzysztof Skarżyński. “Analysis of Light Pollution from Floodlighting: Is There a Different Approach to Floodlighting ” *Light and Engineering*, 2017.

9.1 Διαδικτυακές Πηγές

[7A] “Essentials of the SI: Base & Derived Units.” Accessed October 18, 2022.
<https://physics.nist.gov/cuu/Units/units.html>.

[16A] International Dark-Sky Association. “Light Pollution.” Accessed October 18, 2022.
<https://www.darksky.org/light-pollution/>.

[20B] European Commission - European Commission. “Press Corner,” n.d.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_22_5490.

[24A] Energy.gov. “Street Lighting and Blue Light Frequently Asked Questions.” Accessed October 18, 2022. ____
<https://www.energy.gov/eere/ssl/street-lighting-and-blue-light-frequently-asked-questions>.

[26A] “V11H871020 | PowerLite 2250U Full HD WUXGA 3LCD Projector | Meeting Room | Projectors | For Work | Epson US.” Accessed February 15, 2023. __
<https://epson.com/For-Work/Projectors/Meeting-Room/PowerLite-2250U-Full-HD-WUXGA-3LCD-Projector/p/V11H871020>.

[27A] “V11HA26020 | PowerLite L630U Full HD WUXGA Laser Projector | Meeting Room | Projectors | For Work | Epson US.” Accessed February 15, 2023. __
<https://epson.com/For-Work/Projectors/Meeting-Room/PowerLite-L630U-Full-HD-WUXGA-Laser-Projector/p/V11HA26020>.

[28A] “V11HA34920 | EB-PU1007W WUXGA 3LCD Laser Projector with 4K Enhancement | Large Venue | Projectors | For Work | Epson US.” Accessed February 15, 2023.
<https://epson.com/For-Work/Projectors/Large-Venue/EB-PU1007W-WUXGA-3LCD-Laser-Projector-with-4K-Enhancement/p/V11HA34920>.

9.2 Βιβλιογραφία

[2A] “Luminous Atmospheres: Energy Politics, Climate Technologies, and Cosiness in Denmark.” *Ambiances*, September 20, 2013. <https://doi.org/10.4000/ambiances.376>.

Dugar, AM. “The Role of Poetics in Architectural Lighting Design.” *Lighting Research & Technology* 50, no. 2 (August 23, 2016): 253–65.
<https://doi.org/10.1177/1477153516664967>.

Gallaway, Terrel. “On Light Pollution, Passive Pleasures, and the Instrumental Value of Beauty.” *Journal of Economic Issues* 44, no. 1 (March 2010): 71–88.
<https://doi.org/10.2753/jei0021-3624440104>.

Meier, Josiane, Ute Hasenöhr, Katharina Krause, and Merle Pottharst, eds. *Urban Lighting, Light Pollution and Society*. Routledge, 2014. <https://doi.org/10.4324/9781315747811>.

Sperling, Norman. “The Disappearance of Darkness.” *International Astronomical Union Colloquium* 112 (1991): 101–8. <https://doi.org/10.1017/s0252921100003821>.

Stone, Taylor. “The Value of Darkness: A Moral Framework for Urban Nighttime Lighting.” *Science and Engineering Ethics* 24 (June 8, 2017).
<https://doi.org/10.1007/s11948-017-9924-0>.

Ευχαριστίες

Η φωτορύπανση ήταν πάντα ένα από τα πράγματα που με ενοχλούσαν επειδή δεν μπορούσα να απολαύσω τον νυχτερινό ουρανό. Η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας είναι ένα όνειρο για μένα που δεν πίστευα ποτέ ότι θα γίνει πραγματικότητα. Νιώθω ευγνώμων για όλους τους ανθρώπους που με βοήθησαν στην πραγματοποίηση αυτού του ονείρου. Θέλω να ευχαριστήσω:

Τον επιβλέποντα καθηγητή μου Γιάννη Δελιγιάννη, ο οποίος χωρίς να έχει δει κάποια προηγούμενη δουλειά μου, δέχτηκε να με βοηθήσει να βρω το θέμα της εργασίας μου και μου παρείχε οτιδήποτε χρειαζόμουν για την εκπόνηση της, ακόμη και όταν δεν είχα επικοινωνήσει μαζί του για ένα χρόνο.

Τον συνεπιβλέποντα καθηγητή μου Άγγελο Φλώρο για την έμπνευση και τις ιδέες που μου έδωσε και που επέμεινε στο να αξιοποιήσουμε την ανάδραση του ήχου στην τελική παρουσίαση, προμηθεύοντας μου τα ηχεία.

Τον συνεπιβλέποντα καθηγητή μου Νίκο Κόκκαλη που με βοήθησε στην σωστή αναφορά των πηγών μου.

Τα παιδιά από την ομάδα projection mapping που με βοήθησαν στο πρακτικό μέρος της εργασίας και των οποίων η βοήθεια ήταν πραγματικά ανεκτίμητη. (Φώτιος Πάγκαλος, Αντρέας Κωνσταντής, Πελέκη Ντίνα, Οδυσσέας Τερζάκης)

Την κοπέλα μου Έλενα, που μου έδωσε την αρχική ιδέα του να κάνω μια πτυχιακή για την φωτορύπανση καθώς και για την υποστήριξη της όσο την έκανα.

Την μάνα μου που δεν με πίστευε όταν της έλεγα ότι τα καπελάκια στα φώτα είναι η λύση.

Τον πατέρα μου που έκανε υπομονή μαζί μου όλο αυτόν τον καιρό που έκανα την πτυχιακή.

Τις αδελφές μου που θέλανε κάποιον να ασχοληθεί με τον φωτισμό.

Τον φίλο μου τον Νικόλα Αναστασιάδη που μου έλυνε οποιαδήποτε απορία είχα σχετικά με την επιστημονική μεθοδολογία και έρευνα.

Την Μαρία Ταπάσκου για την βοήθεια της στην βιβλιογραφική μου έρευνα και που με παρότρυνε να κάνω μια πτυχιακή εργασία με τον Γιάννη.

Τους Naxatras, γιατί χωρίς την μουσική τους δεν θα είχε βγει αυτό το αποτέλεσμα και για το οποίο είμαι περήφανος.

Τον φίλο μου τον Χάρη που πάντα είχε κάτι καλό να πει για την πορεία της εργασίας.

Την Φράνσες, τον Άλεξ, τον Ερμή, τον Γιοχαν, την Βικτώρια, τον Γιονατάν, την Φανή, την Νίκη, την Λυδία, την Κασσάνδρα, τον Νίκο, τον Πανταζή, τον Σπύρο, την Μαρίνα, την Σοφία, τον Μένιο και όποιον άλλο έχω ξεχάσει που θα τον βάλω μετά.