



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ CALCULUX»

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΛΑΣΙΘΙΩΤΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΔΡΑΚΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ



ΗΡΑΚΛΕΙΟ, 2015

1 Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Εμμανουήλ Δρακάκη, επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας, για τις υποδείξεις και τις συμβουλές του, έτσι ώστε η εργασία μου μετά την πλήρωση της να είναι άρτια επιστημονικά. Ήταν τιμή για μένα η εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και η επιλογή μου για την ενασχόληση μου με αυτό το θέμα. Τέλος, τον ευχαριστώ πραγματικά για την αμέριστη διάθεση συνεργασίας, καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου και την οικογένεια μου για την ουσιαστική και ειλικρινή συμπαράσταση τους, καθώς και να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σ' αυτούς, οι οποίοι με στήριξαν τόσο ηθικά όσο και οικονομικά, ώστε να διαμορφώσω το χαρακτήρα μου και να διευρύνω τους επιστημονικούς μου ορίζοντες.

Νίκος Λασιθιωτάκης

2 Περίληψη

Η ποιότητα του φωτισμού επιδρά άμεσα στον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε, κινούμαστε, αισθανόμαστε και γενικότερα τον τρόπο που ζούμε και εργαζόμαστε. Για το λόγο αυτό, είναι επιτακτική η ανάγκη για το σαφή και λεπτομερή προσδιορισμό της πολυχρησιμοποιημένης έννοιας του «καλού» φωτισμού και πως αυτός σχετίζεται με το χώρο και τη χρήση του. Τα διεθνή πρότυπα και η τεχνική νομοθεσία σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, ορίζει μια σειρά μετρήσιμους «ποσοτικούς» κανόνες που θα πρέπει να τηρούνται, αυτό όμως δεν προεξοφλεί και μια ποιοτική εγκατάσταση φωτισμού, καθώς ο μόνος παράγοντας που θα πρέπει να επιτευχθεί είναι η ελάχιστη φωτεινότητα ανάλογα με τη χρήση του χώρου.

Ένας χώρος όπου ο φωτισμός εξασφαλίζει απλά οπτική άνεση έτσι ώστε οι δραστηριότητες να πραγματοποιούνται με άνεση και ασφάλεια, δεν μπορεί να χαρακτηριστεί σήμερα ως χώρος με ποιοτικό φωτισμό. Απαιτείται μια νέα ολιστική προσέγγιση με γνώμονα τον καταλληλότερο ή ιδανικό φωτισμό ενός χώρου ως αποτέλεσμα μιας επαγγελματικής μελέτης φωτισμού, η οποία επιπλέον να είναι φωτομετρικά τεκμηριωμένη.

Με βάση τα παραπάνω αποφασίστηκε να γίνει η εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας, για τη δημιουργία αρκετών παραδειγμάτων με το πρόγραμμα “Calculux” της εταιρείας Phillips.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά κάποιων βασικών εννοιών Φωτοτεχνίας, καθώς και στοιχείων του Τεχνητού Φωτισμού, τόσο για φωτιστικά σώματα, όσο και φωτισμού εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Στο δεύτερο κεφάλαιο υπάρχουν κάποια καλά παραδείγματα φωτισμού από τη διεθνή επιστημονική εμπειρία.

Στο κεφάλαιο τρίτο αναφέρεται η μεθοδολογία του προγράμματος “Calculux”, καθώς και αναλυτικά ο τρόπος με τον οποία έγιναν τα επιλεγμένα project. Τα project έχουν χωριστεί σε άτυπα υποκεφάλαια, τον εξωτερικό και τον εσωτερικό χώρο. Αυτά που επιλέχθηκαν για εξωτερικό χώρο είναι ένα γήπεδο ποδοσφαίρου και ένα παράδειγμα δρόμου διπλής κατεύθυνσης. Στον εσωτερικό χώρο έχουν επιλεγεί ένα παράδειγμα σπιτιού και ένας επαγγελματικός χώρος.

Στο κεφάλαιο τέσσερα παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα ανά επιλεγμένο project και στο κεφάλαιο πέντε τα συμπεράσματα. Τέλος στο κεφάλαιο έξι αναφέρονται περιληπτικά κάποιες ενέργειες που μπορούν να γίνουν για πιθανή μελλοντική εργασία πάνω στο θέμα.

3 Abstract

The quality of light affects directly to the way we perceive, move, feel and generally the way we live and work. For this reason, there is an urgent need for clear and detailed definition in order to use the concept of "good" lighting and how it relates to space and its use. International standards and technical legislation at European Union, defines a series of measurable "quantitative" rules should be respected, but this does not anticipate to the installation of quality lighting, as the only factor that should be achieved is the minimum brightness depending on the use of space.

A place where lighting simply ensures visual comfort, in order to activities can take place in comfort and safety; this cannot be described as a space with quality lighting. A new holistic approach involving the most appropriate or ideal illumination of an area, as a result of a professional lighting study, which was documented the factor photometric.

Based on the above, we decided to make this paper, creating several examples into the program "Calculux" of Phillips.

The first chapter refers to some basic concepts of Photometry and elements of artificial light, both for luminaires of indoor and outdoor lighting. In the second chapter, there are some good examples of lighting, which are taken from international scientific experience.

The third chapter refers to the methodology of the program "Calculux", with details of the way in which we were selected project. The project has been divided in informal subchapters, the exterior and the interior. The outdoors is a football pitch and a two-way street example. The indoors is a selected example of a house and a commercial space.

In the four chapters the results are presented in detail per selected project and in chapter five presented the results. Finally, in chapter six are summarized some actions that can be made for possible future work on the topic.

4 Περιεχόμενα

1	Ευχαριστίες.....	2
2	Περίληψη.....	3
3	Abstract	4
5	Εισαγωγή	9
1.1.	Βασικές έννοιες Φωτοτεχνίας	9
1.1.1.	Φωτεινή Ροή (Luminous Flux, Φ)	9
1.2.	Φωτεινή Ένταση (Luminous Intensity, I)	10
1.3.	Ένταση Φωτισμού (Illuminance, E)	10
1.4.	Λαμπρότητα (Luminance, L)	10
1.5.	Απόδοση Φωτεινής Πηγής (Luminous Efficiency).....	10
1.6.	Ομοιομορφία Λαμπρότητας (U).....	11
1.7.	Θάμβωση (Glare).....	11
1.8.	Ανάκλαση (Reflection).....	11
1.9.	Το χρώμα	13
1.9.1.	Ενεργειακή φασματική κατανομή.....	14
1.9.2.	Θερμοκρασία χρώματος.....	14
1.10.	Τεχνητός Φωτισμός	15
1.10.1.	Πηγές Τεχνητού Φωτισμού.	15
1.10.2.	Φωτιστικά Σώματα	16
1.11.	Φωτισμός Εσωτερικού Χώρου.	17
1.12.	Φωτισμός Εξωτερικού Χώρου	18
5.1.....		18
2.	Παραδείγματα Καλών Πρακτικών Φωτισμού.....	20
5.2.....		20
2.1.	Δήμος Αμαρουσίου	20
2.2.	Ανδαλουσία της Ισπανίας	20
2.3.	Πρωτοβουλία του Συνδέσμου 210ΤΑ.....	21
2.4.	Οδικός Φωτισμός στην Κύπρο	21
3.	Μεθοδολογία	22
3.1.	Παρουσίαση του Προγράμματος Calculux.....	22
3.2.	Εισαγωγή στο λογισμικό Calculux	23
3.3.	Μελέτη περίπτωσης πρώτη – Γήπεδο Ποδοσφαίρου.....	26
3.3.1.	Αρχικές Ρυθμίσεις προγράμματος	26
3.3.2.	Νέο Έργο.....	28
3.4.	Μελέτη περίπτωσης δεύτερη- Φωτισμός στάδιο με στίβο και ενδιάμεσο αγωνιστικό χώρο	41
3.5.	Μελέτη περίπτωσης τρίτη – Φωτισμός Δρόμου δυο κατευθύνσεων	43

3.5.1.	Φωτιστικά Σώματα Δρόμων	44
3.5.3.	Μελέτη Δρόμου Ταχείας Κυκλοφορίας	46
3.5.4.	Ρυθμίσεις.....	47
4.1.	Αίθουσα συνεδριάσεων.	52
4.2.	Φωτισμός μεγάλου χώρου γραφείων.....	53
4.3.	Επιλογή φωτιστικών.....	61
4.4.	Εισαγωγή πέργματων.....	63
4.5.	Τρόπος δημιουργίας πλέγματος	63
5.	Αποτελέσματα.....	65
5.1.	Αποτελέσματα εξωτερικών χώρων	65
5.1.1.	Γήπεδο ποδοσφαίρου	65
3.1.2.	Στάδιο με στίβο	71
3.1.3.	Φωτισμός δρόμου ταχείας κυκλοφορίας δυο κατευθύνσεων και τριών λωρίδων ταχύτητας.....	73
3.1.4.	Φωτισμός Πλατείας με σιντριβάνι.	74
3.1.5.	Κατανομή φωτισμού πρώτης πλευράς δρόμου	74
3.1.6.	Κατανομή φωτισμού δεύτερης πλευράς δρόμου.....	75
3.1.7.	Κατανομή φωτισμού πλατείας.....	77
3.2.	Σενάρια εσωτερικών χώρων.	77
3.2.1.	Γραφεία ορόφου.	77
4.	Συμπεράσματα	84
4.1.	Γενικά.....	84
4.2.	Γήπεδο ποδοσφαίρου	84
4.3.	Αγωνιστικός χώρος με στίβο.....	85
4.4.	Φωτισμός δρόμου ταχείας κυκλοφορίας με τρεις λωρίδες ταχύτητας.....	85
4.5.	Φωτισμός πλατείας με σιντριβάνι	88
4.6.	Εσωτερικοί χώροι.....	88
5.	Τεχνικές εκθέσεις από το λογισμικό	89
6.	Μελλοντική Εργασία	90
7.	Βιβλιογραφία.....	91
Εικόνα 1.	Αναπαράσταση κανονικής ανάκλασης.	12
Εικόνα 2.	Αναπαράσταση Ημιδιαχέουσας Ανάκλασης.....	12
Εικόνα 3.	Αναπαράσταση Διαχέουσας Ανάκλασης.	12
Εικόνα 4.	Αναπαράσταση Μικτής Ανάκλασης.	13
Εικόνα 5.	Ανάλυση Λευκού Φωτός στα στρωματά του ορατού φάσματος υπό το πρίσμα. 13	
Εικόνα 6.	Χρωματικός Χάρτης της C.I.E.....	15
Εικόνα 7.	Περιβάλλον Calculux.	23
Εικόνα 8.	Κατάλογος αρχείων βάσης δεδομένων των φωτιστικών στο λογισμικό Calculux.	23

Εικόνα 9. Επιλογή Options- Report Setup Defaults στο λογισμικό Calculux.	24
Εικόνα 10. Περιβάλλον καρτέλας Layout στο λογισμικό Calculux.....	24
Εικόνα 11. Περιβάλλον καρτέλας ISO Countour Method στο λογισμικό Calculux.	25
Εικόνα 12. Περιβάλλον καρτέλας Scaling στο λογισμικό Calculux.	25
Εικόνα 13. Μενού Ρυθμίσεων Έκθεσης.	27
Εικόνα 14. Περιεχόμενα Ρυθμίσεων Τεχνικής Έκθεσης.....	27
Εικόνα 15. Καρτέλα Νέου Έργου.....	28
Εικόνα 16. Καρτέλα Ρυθμίσεων Επιλογών Έργου.....	28
Εικόνα 17. Καρτέλα Ρυθμίσεων Επιλογών Έργου.....	29
Εικόνα 18. Καρτέλα Συντεταγμένων Μεγέθους του γηπέδου.....	30
Εικόνα 19. Βασική Καρτέλα Έργου.....	30
Εικόνα 20. Καρτέλα Βιβλιοθηκών Φωτιστικών.....	31
Εικόνα 21. Καρτέλα Επιλεχθέντος Φωτιστικού.....	32
Εικόνα 22. Καρτέλα Τρόπου τοποθέτησης Φωτιστικών.....	33
Εικόνα 23. Καρτέλα Συντεταγμένων Τοποθέτησης Φωτιστικών.....	33
Εικόνα 24. Τοποθέτηση Φωτιστικού.....	34
Εικόνα 25. Τρόπος Τοποθέτησης πυλώνα στην αντιδιαμετρική πλευρά.....	35
Εικόνα 26. Τελικές Θέσεις Φωτιστικών.....	35
Εικόνα 27. Κάτοψη Τοποθέτησης πυλώνων γηπέδου ποδοσφαίρου.....	36
Εικόνα 28. Ρύθμιση αποστάσεων τοποθέτησης Φωτιστικών.....	37
Εικόνα 29. Συνολική Κάτοψη Φωτιστικών γηπέδου.....	37
Εικόνα 30 Συνολική Κάτοψη Φωτιστικών γηπέδου.....	38
Εικόνα 31. Πίνακας μετρήσεων φωτεινότητας.....	38
Εικόνα 32. Τοποθέτηση φωτιστικών.....	39
Εικόνα 33. Τρισδιάστατη απεικόνιση.....	40
Εικόνα 34. Τοποθέτηση φωτιστικών μόνο στους πυλώνες.....	40
Εικόνα 35. Τρισδιάστατη τοποθέτηση φωτιστικών σωμάτων στο στάδιο.....	41
Εικόνα 36. Ρυθμίσεις τοποθέτησης φωτιστικών σε μπλόκ.....	42
Εικόνα 37. Ρυθμίσεις κατευθύνσεων τοποθετημένων φωτιστικών.....	42
Εικόνα 38. Εικόνες Επαρκούς Φωτισμού Δρόμων.....	46
Εικόνα 39. Μοντέλο Εγκατεστημένων Φωτιστικών Δρόμου.....	46
Εικόνα 40. Καρτέλα Επιλογής Σεναρίου Δρόμου Διπλής Κυκλοφορίας.....	47
Εικόνα 41. Επιλογή Φωτιστικών από Βιβλιοθήκες.....	47
Εικόνα 42. Καρτέλα Επιλογής Φωτιστικού.....	48
Εικόνα 43. Καρτέλα προσθήκης πυλώνων Φωτιστικών σωμάτων.....	49
Εικόνα 44. Καρτέλα μορφής τοποθέτησης των φωτιστικών σωμάτων εκατέρωθεν του δρόμου.....	49
Εικόνα 45. Προσομοίωση πλατείας με σιντριβάνι.....	51
Εικόνα 46. Προσομοίωση πλεγμάτων πλατείας με σιντριβάνι.....	52
Εικόνα 47. Τρισδιάστατη τοποθέτηση φωτιστικών.....	53
Εικόνα 48. Κατακόρυφη άποψη τοποθέτησης φωτιστικών.....	53
Εικόνα 49. Ρυθμίσεις διαστάσεων χώρου.....	54
Εικόνα 50. Η αίθουσα με τα γραφεία.....	58
Εικόνα 51. Ρυθμίσεις τοποθέτησης επίπλου εντός του γραφείου 1.....	59
Εικόνα 52. Η ρύθμιση του πλέγματος σε συγκεκριμένο χώρο.....	64
Εικόνα 53. Τοποθετημένα φωτιστικά εντός των χώρων.....	64
Εικόνα 54. Αποτελέσματα προσομοίωσης Γηπέδου ποδοσφαίρου.....	65
Εικόνα 55. Προσομοίωση σεναρίου τοποθέτησης 2 για το γήπεδο ποδοσφαίρου.....	67
Εικόνα 56. Προσομοίωση σεναρίου τοποθέτησης 3 για το γήπεδο ποδοσφαίρου.....	69
Εικόνα 57. Προσομοίωση Σταδίου με στίβο.....	71

Εικόνα 58. Προσομοίωση δρόμου ταχείας κυκλοφορίας δύο κατευθύνσεων και τριών λωρίδων ταχύτητας.....	73
Εικόνα 59. Προσομοίωση της πρώτης πλευράς δρόμου.....	74
Εικόνα 60. Προσομοίωση φωτισμού δεύτερης πλευράς δρόμου.....	75
Εικόνα 61. Προσομοίωση φωτισμού πλατείας.....	77
Εικόνα 62.Κάτοψη Ορόφου γραφείων.....	77
Εικόνα 63. Προσομοίωση γραφείου Νο14.....	78
Εικόνα 64. Σκαρίφημα έντασης φωτισμού γραφείο Νο14.....	79
Εικόνα 65. Προσομοίωση γραφείου Νο10.....	80
Εικόνα 66. Σκαρίφημα φωτισμού γραφείου Νο10.....	80
Εικόνα 67. Προσομοίωση αίθουσας αναψυχής.....	81
Εικόνα 68. Σκαρίφημα αίθουσας αναψυχής.....	82
Εικόνα 69. Προσομοίωση διαδρόμου.....	82
Εικόνα 70. Σκαρίφημα προσομοίωσης διαδρόμου.....	83
Εικόνα 71. Κατασκευή δρόμου με στροφή.....	86
Εικόνα 72.Αναφορά μερών δρόμου.....	87
Εικόνα 73.Ρύθμιση εσωτερικής στροφής δρόμου.....	87

Πίνακας 1. Θερμό, ουδέτερο και ψυχρό φως.....	14
Πίνακας 2. Διάκριση φωτιστικών σωμάτων ανάλογα με τη διανομή της φωτεινής ροής του λαμπτήρα.....	17
Πίνακας 3. Πίνακας Τεχνικών προδιαγραφών λαμπτήρων για πριν και μετά την επέμβαση.....	20
Πίνακας 4. Κλάσεις Φωτισμού Δρόμων κατά τα Βρετανικά πρότυπα.....	43
Πίνακας 5. Κλάσεις Ορισμού Φωτισμού.....	44
Πίνακας 6. Επιτρεπτά όρια φωτισμού για κάθε κατηγορία δρόμου.....	44
Πίνακας 7.Μοντέλα επιλεγμένων φωτιστικών.....	63
Πίνακας 8. Πίνακας κατανομής έντασης φωτισμού.....	75
Πίνακας 9. Πίνακας κατανομής έντασης δεύτερης πλευράς δρόμου.....	76
Πίνακας 10. Πίνακας κατανομής φωτισμού γραφείου Νο14.....	79
Πίνακας 11. Κατανομή φωτισμού γραφείου Νο10.....	81
Πίνακας 12. Πίνακας κατανομής φωτισμού αίθουσας αναψυχής.....	82
Πίνακας 13.Πίνακας κατανομής φωτισμού διαδρόμου.....	83

5 Εισαγωγή

Το φυσικό φως είναι το θεμελιώδες στοιχείο της καθημερινής μας ζωής, καθώς μας δίνει τη δυνατότητα να «υπάρχουμε», να «αναγνωρίζουμε» και να «σχετιζόμαστε» με την σχεδόν ατέλειωτη ποικιλία των σχημάτων και χρωμάτων γύρω μας. Από τη άλλη μεριά, ο τεχνητός φωτισμός μας βοηθάει να επεκτείνουμε την ημέρα μέσα στον νυκτερινό κύκλο της ζωής μας.

Ο ήλιος είναι η πρωταρχική πηγή φωτός. Ο πλανήτης μας λούζεται το χρόνο για κάθε m² εδάφους με 2.000 κिलοβατώρες φωτεινής ενέργειας. Το φως του ήλιου καθορίζει το σφυγμό της καθημερινής μας ζωής με την σταθερή εναλλαγή ημέρας και νύκτας.

Έτσι, από πολύ νωρίς δημιουργήθηκαν λειτουργικά ή και διακοσμητικά αντικείμενα για να φέρουν το φως στην καθημερινότητα μας. Βεβαίως οι λάμπες με υγρό καύσιμο βελτιώθηκαν αποφασιστικά μετά την εφεύρεση του κυκλικού καυστήρα το 1783 από τον Aime Argand. Τότε πρωτάρχισαν και τα πειράματα με λάμπες ηλεκτρικού τόξου, οι οποίες ήταν παρόλ' αυτά δύσκολες στη χρήση τους και επικίνδυνες.

Έπρεπε να περάσει ένας περίπου αιώνας για να κατορθώσει ο Werner Siemens το 1866 να παράγει ηλεκτρισμό οικονομικά με την βοήθεια του δυναμό. Στην πραγματικότητα η εποχή του ηλεκτρικού φωτισμού αρχίζει το 1879 όταν ο Thomas Edison και ο Josef Swan επινόησαν σχεδόν ταυτόχρονα και ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον τον λαμπτήρα πυρακτώσεως.

Τις τελευταίες δεκαετίες η ανάπτυξη των λαμπτήρων και των φωτιστικών βρίσκεται σε εκπληκτικά δυναμική τροχιά με την εκμετάλλευση των πιο προηγμένων τεχνολογιών, νέων οπτικών συστημάτων, νέων υλικών, design κλπ., ενώ ταυτόχρονα δίδεται συνεχώς αυξανόμενη προσοχή σε θέματα ποιότητας, ασφάλειας, κόστους και προστασίας του περιβάλλοντος.

Ο φωτισμός αποτελεί πλέον ένα σημαντικό κομμάτι του σχεδιασμού κτιρίων και εσωτερικών χώρων. Με τον κατάλληλο φωτισμό βελτιώνεται η οπτική άνεση των χρηστών και αναδεικνύεται ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός ενός κτιρίου.

1.1. Βασικές έννοιες Φωτοτεχνίας

1.1.1. Φωτεινή Ροή (Luminous Flux, Φ)

Για τον ορισμό της φωτεινής ροής ενός λαμπτήρα, απαιτείται η εισαγωγή της έννοιας του Συντελεστή Φασματικής Ευαισθησίας Ανθρώπινου Ματιού V_λ (Τοπάλης, 1994).

Το ανθρώπινο μάτι δυσκολεύεται να διακρίνει με την ίδια ευκολία όλες τις ακτινοβολίες του ορατού φάσματος ($380\text{nm} \leq \lambda \leq 780\text{nm}$). Η ευαισθητοποίηση του ανθρώπινου ματιού στο ορατό φως γίνεται σταδιακά και φτάνει στο μήκος κύματος των 555nm κατά την ημέρα και των 507nm κατά τη νύχτα. Το μέγεθος που καθορίζει την ευαισθητοποίηση του ματιού είναι ο Συντελεστής Ευαισθησίας Ανθρώπινου Ματιού V_λ και είναι καθαρός αριθμός για τον οποίον ισχύει:

$$0 \leq V_\lambda \leq 1$$

Η φωτεινή ροή, λοιπόν, μιας φωτεινής πηγής ορίζεται από το ακόλουθο ολοκλήρωμα:

$$\Phi = K_m \int_{380}^{780} P(\lambda) * V(\lambda) * d\lambda$$

Όπου,

$K_m = 683 \text{ lm/W}$, η μέγιστη φασματική ευαισθησία για τη φωτοπική όραση (555nm) και $P(\lambda) =$ η ισχύς της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας σε Watt

Η φωτεινή ροή μιας φωτεινής πηγής εκφράζει παράλληλα το ρυθμό εκπομπής φωτός από την πηγή αυτή και αντιστοιχίζεται ως μέγεθος με την ηλεκτρική ισχύ, καθώς αποτελεί για

τους λαμπτήρες ότι και η ηλεκτρική ισχύς για τις ηλεκτρικές συσκευές. Αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος των λαμπτήρων καθώς ταχτοποιούνται με βάση αυτήν και όχι με την ηλεκτρική τους ισχύ, η οποία απλά πληροφορεί για την ενέργεια που αυτοί καταναλώνουν.

Μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής είναι το Lumen (**lm**), δηλαδή η φωτεινή ροή που εκπέμπεται από στερεά γωνία ενός (1) sr (steradian) από σημειακή πηγή ομοιόμορφης έντασης μεγέθους 1 cd (candela).

1.2. Φωτεινή Ένταση (Luminous Intensity, I)

Ως φωτεινή ένταση ορίζεται ο λόγος της στοιχειώδους Φωτεινής Ροής $d\Phi$ που εκπέμπει μια σημειακή φωτεινή πηγή μέσα σε μία στοιχειώδη στερεά γωνία $d\omega$, προς τη γωνία αυτή (Τοπάλης, 1994):

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

Μία φωτεινή πηγή δεν εκπέμπει ομοιόμορφα το φως που παράγει. Αν η πηγή φωτός δεν παρουσιάζει την ίδια διανομή της φωτεινής εντάσεως προς όλες τις κατευθύνσεις (δεν είναι συμμετρική), τότε δίνεται η διανομή σε περισσότερα από ένα επίπεδα που περνούν από ένα ή περισσότερους άξονες συμμετρίας του φωτιστικού σώματος. Το πολικό διάγραμμα δίνεται συνήθως για λαμπτήρα φωτεινής ροής 1000 lm (Γκράτζιος, 2014).

1.3. Ένταση Φωτισμού (Illuminance, E)

Ως ένταση φωτισμού ορίζεται ο λόγος της στοιχειώδους φωτεινής ροής $d\Phi$, που προσπίπτει κάθετα σε μία στοιχειώδη επιφάνεια dS προς την επιφάνεια dS :

$$E = \frac{d\Phi}{dS}$$

Μονάδα μέτρησης της έντασης φωτισμού E αποτελεί το **lux**, που ισούται με lm/m^2 . Η ένταση φωτισμού δεν αφορά την πηγή (δηλαδή ένα λαμπτήρα), αλλά την επιφάνεια στην οποία προσπίπτει το φως που παράγει η πηγή.

1.4. Λαμπρότητα (Luminance, L)

Η έννοια της λαμπρότητας αφορά τον προσδιορισμό της «φωτεινότητας» μιας αυτόφωτης ή ετερόφωτης φωτοβολούσας επιφάνειας, που μεταβάλλεται ανάλογα το μέγεθος της επιφάνειας και τη θέση του παρατηρητή της επιφάνειας. Ορίζεται ως το πηλίκο της Φωτεινής Έντασης I της πηγής στην κατεύθυνση του παρατηρητή προς το εμβαδό της επιφάνειας της πηγής που βλέπει ο παρατηρητής. Μετριέται σε **cd/m^2** .

$$L = \frac{I}{S}$$

1.5. Απόδοση Φωτεινής Πηγής (Luminous Efficiency)

Η έννοια της απόδοσης μιας φωτεινής πηγής χρησιμοποιείται για το συσχετισμό του ποσού της αποδιδόμενης φωτεινής ροής μιας φωτεινής πηγής με την ηλεκτρική ισχύ που αυτή

καταναλώνει. Εκφράζεται μέσω του συντελεστή απόδοσης φωτεινής πηγής n , ο οποίος δίνεται από το πηλίκο της φωτεινής ισχύος προς την ηλεκτρική ισχύ:

$$n = \frac{\Phi}{P_{\eta\lambda}}$$

Μονάδα μέτρησης της απόδοσης είναι το **lm/W** (Lumen / Watt).

1.6. Ομοιομορφία Λαμπρότητας (U)

Η ορατότητα ενός αντικειμένου επί της επιφάνειας εξαρτάται από την κατανομή της λαμπρότητας πάνω σε αυτό. Εισάγεται, λοιπόν, η έννοια της ομοιομορφίας της κατανομής της λαμπρότητας, την οποία εκφράζουν οι ακόλουθοι συντελεστές:

- Ο γενικός συντελεστής ομοιομορφίας (U_0) ορίζεται ως ο λόγος L_{\min}/L_{med} ή L_{\min}/L_{\max} , όπου L_{\min} η ελάχιστη λαμπρότητα στο σύνολο της υπό μελέτη επιφάνειας, L_{med} η μέση και L_{\max} η μέγιστη αντίστοιχη λαμπρότητα.
- Ο συντελεστής διαμήκους ομοιομορφίας (U_1) ο οποίος ορίζεται ως ο μικρότερος λόγος L_{\min}/L_{\max} σε ευθείες παράλληλες προς τον άξονα του δρόμου κι έτσι αντικατοπτρίζει την ομοιομορφία που αντιλαμβανόμαστε προς το επίπεδο. Είναι προφανής, λοιπόν, η επίδραση της διαμήκους ομοιομορφίας στην αρτιότητα του συστήματος φωτισμού καθώς ανεπάρκειά της συνεπάγεται προβλήματα άνεσης και ασφάλειας.
- Ο συντελεστής εγκάρσιας ομοιομορφίας (U_v), ο οποίος ορίζεται ως ο μικρότερος λόγος L_{\min}/L_{\max} σε ευθείες κάθετες προς τον άξονα του επιπέδου. Ικανοποιητική τιμή εγκάρσιας ομοιομορφίας επιτρέπει στον παρατηρητή να διακρίνει την επιφάνεια καθ' όλο της το πλάτος.

1.7. Θάμβωση (Glare)

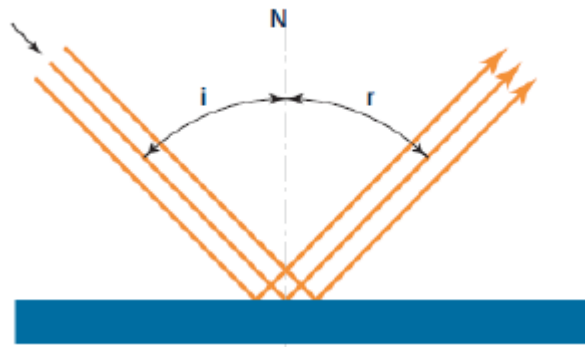
Η θάμβωση προκύπτει είτε από υψηλές τιμές λαμπρότητας, είτε από υψηλές αντιθέσεις λαμπρότητας, αλλά και από κακή κατανομή αυτής, πράγμα που συνεπάγεται και την ενόχληση του παρατηρητή, καθώς και τη δυσκολία διάκρισης διαφόρων αντικειμένων από μέρους του. Η θάμβωση παρουσιάζεται σε τρεις μορφές:

- Τη θάμβωση ενόχλησης, η οποία ταλαιπωρεί τους οφθαλμούς του παρατηρητή χωρίς όμως να εμποδίζει την οπτική απόδοση.
- Τη θάμβωση ανικανότητας η οποία συνδέεται με την ύπαρξη ποσότητας φωτός στο σύνολο του οπτικού πεδίου ικανής να μειώσει την αντίθεση λαμπρότητας μεταξύ αντικειμένων και του περιβάλλοντός τους, ώστε αυτά να είναι δυσδιάκριτα στον παρατηρητή. Ο φωτισμός του περιβάλλοντος λοιπόν πρέπει να αυξηθεί κατά μία τέτοια τιμή ώστε η αντίθεση μεταξύ αυτού και των αντικειμένων να είναι ικανοποιητική. Την τιμή αυτή υποδεικνύει ο δείκτης θάμβωσης *Threshold Increment (TI)*.
- Την απόλυτη θάμβωση, κατά την οποία γίνεται αδύνατη η διάκριση οποιουδήποτε αντικειμένου λόγω υπερβολικού φωτισμού.

1.8. Ανάκλαση (Reflection)

Η ανάκλαση παρουσιάζεται στις εξής μορφές (Center, n.d.):

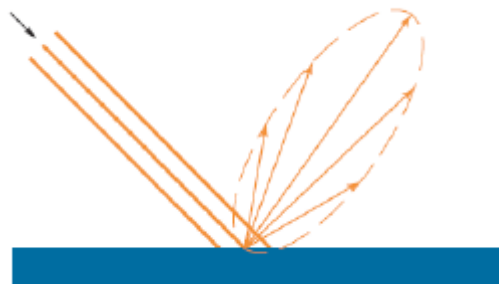
- Κανονική Ανάκλαση (Specular reflection)



Εικόνα 1. Αναπαράσταση κανονικής ανάκλασης.

Πρόκειται για ιδανική περίπτωση ανάκλασης, κατά την οποία η δέσμη του φωτός, η οποία προσπίπτει στην απόλυτα σιλιπνή επιφάνεια ανακλάται με γωνία ίδια με τη γωνία πρόσπτωσης χωρίς να διασκορπίζεται.

- Ημιδιαχέουσα Ανάκλαση (Composed Reflection)



Εικόνα 2. Αναπαράσταση Ημιδιαχέουσας Ανάκλασης.

Στην εν λόγω περίπτωση ανάκλασης η φωτεινή δέσμη διαχέεται όχι προς όλες τις κατευθύνσεις αλλά εντός περιορισμένης γωνίας, η οποία δεν υπερβαίνει τη γωνία πρόσπτωσης της φωτεινής δέσμης.

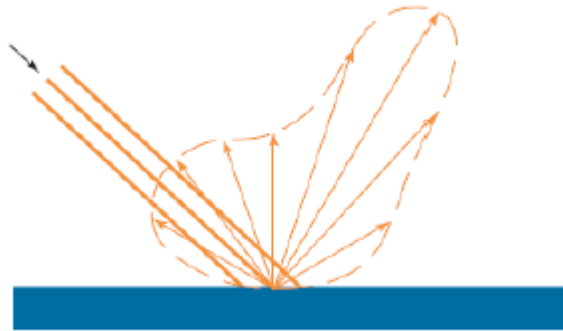
- Διαχέουσα Ανάκλαση (Diffused Reflection)



Εικόνα 3. Αναπαράσταση Διαχέουσας Ανάκλασης.

Σε αυτή την περίπτωση ανάκλασης η δέσμη φωτός ανακλάται και διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις.

- Μικτή Ανάκλαση (Mixed reflection)



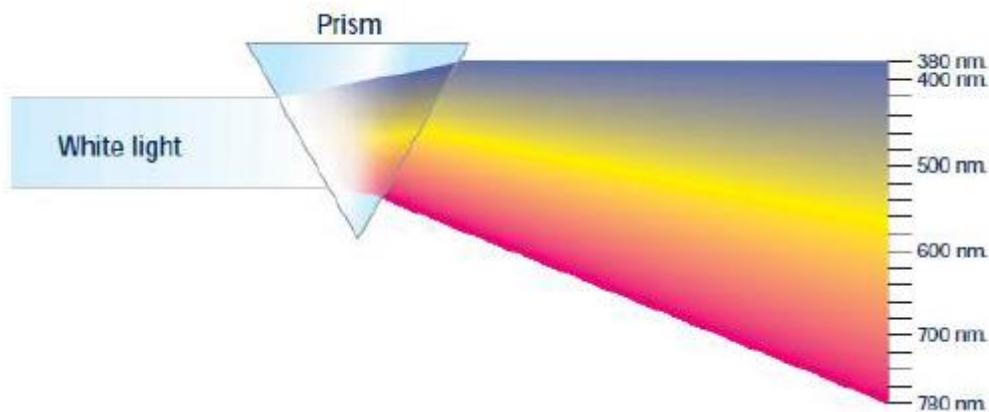
Εικόνα 4. Αναπαράσταση Μικτής Ανάκλασης.

Αποτελεί ένα είδος ανάκλασης που ενσωματώνει τα δύο προηγούμενα, καθώς ένα τμήμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ανακλάται ενώ ένα άλλο τμήμα και διασκορπίζεται. Ορίζεται ως **συντελεστής ανάκλασης** το πηλίκο της ροής που ανακλάται από μία επιφάνεια προς τη ροή που προσπίπτει σε αυτή.

1.9. Το χρώμα

Το χρώμα ορίζεται ως μια υποκειμενική ψυχολογική ερμηνεία του ορατού φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Κάθε χρώμα αποτελεί μια μονοχρωματική ακτινοβολία, ενώ τα μήκη κύματος των ορατών αυτών ακτινοβολιών κυμαίνονται μεταξύ 380nm και 780nm. Οι ακτινοβολίες αυτές συνιστούν το φάσμα του ορατού φωτός, ενώ από τη μίξη τους, όπως πρώτος διαπίστωσε ο Isaac Newton, προκύπτει το λευκό φως (Τσιώνος, 2010).

Τα αντικείμενα από μόνα τους, ούτε έχουν ούτε παράγουν φως, αλλά μπορούν να ανακλούν, να διαχέουν και να απορροφούν τμήμα της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτά. Η εικόνα του χρώματος ενός αντικειμένου, όπως αυτή γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι, αποτελεί ιδιότητα των αντικειμένων να ανακλούν τμήμα του φωτός που προσπίπτει πάνω σ' αυτά.



Εικόνα 5. Ανάλυση Λευκού Φωτός στα στρωματά του ορατού φάσματος υπό το πρίσμα.

1.9.1. Ενεργειακή φασματική κατανομή

Ο ορισμός της ενεργειακής φασματικής κατανομής, αφορά στο σύνολο των μηκών κύματος ακτινοβολίας που περιλαμβάνει το φως μίας φωτεινής πηγής. Πιο αναλυτικά, το ηλιακό φως περιέχει όλο το φάσμα των μηκών κύματος των ορατών ακτινοβολιών, πράγμα που δεν ισχύει για τις τεχνητές πηγές φωτισμού, των οποίων το φως ποικίλει σε χρωματική ακτινοβολία ανάλογα με την ενεργειακή φασματική κατανομή του. Αξίζει να σημειωθεί ότι το χρώμα που χαρακτηρίζει ένα αντικείμενο διαφέρει ανάλογα με την πηγή που το φωτίζει.

1.9.2. Θερμοκρασία χρώματος

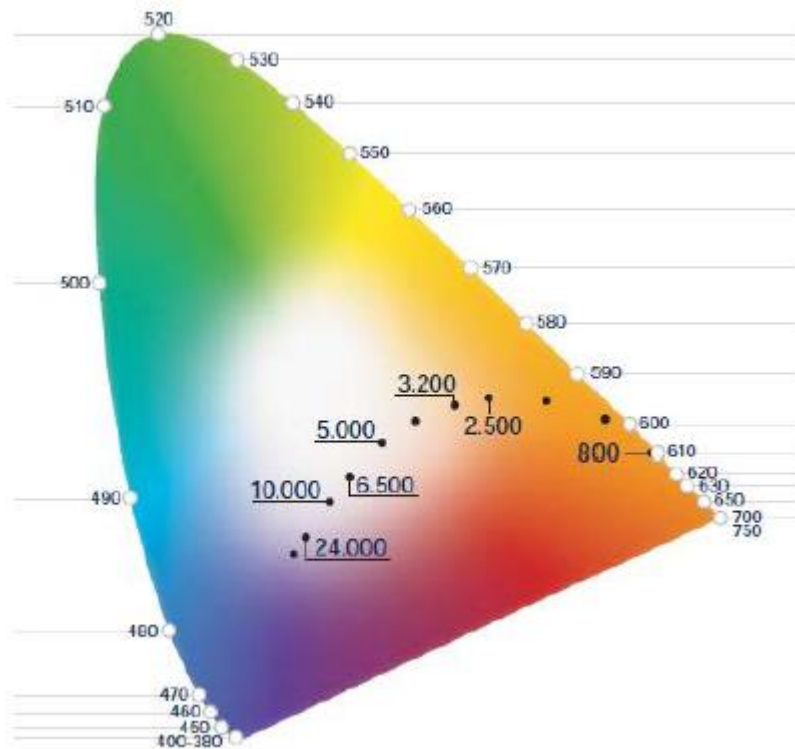
Για τον ορισμό της θερμοκρασίας σώματος, απαιτείται ο ορισμός του μέλανος σώματος του Max Planck όπου ισχύει ότι : Το μέλαν σώμα έχει τη βασική ιδιότητα να απορροφά κάθε εξωτερική ακτινοβολία. Το γεγονός αυτό προκαλεί την ανύψωση της θερμοκρασίας του, που ακολουθείται από εκπομπή ακτινοβολίας μέχρι να επανέλθει σε θερμοκρασιακή ισορροπία (Τσιώνας , 2010).

Έχοντας ορίσει και τα παραπάνω, ισχύει ότι θερμοκρασία χρώματος μιας φωτεινής πηγής είναι αυτή, στην οποία όταν βρεθεί το μέλαν σώμα τότε εκπέμπει φως ίδιας απόχρωσης με αυτό της πηγής. Μονάδα μέτρησης του μεγέθους είναι το Kelvin (K). Η θερμοκρασία χρώματος χρησιμοποιείται σαν έννοια και για να αποτυπώσει την εντύπωση που δημιουργεί το φως, που παράγει μία φωτεινή πηγή, εισάγοντας έτσι τις έννοιες του θερμού, ψυχρού και μέσου (ουδέτερου – λευκού) φωτός οι θερμοκρασίες των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Χαρακτηρισμός Φωτός	Θερμοκρασία χρώματος (K)
Θερμό (Warm)	<3.300
Μέσο – Ουδέτερο (Intermediate)	Από 3.300 έως 5.300
Ψυχρό (Cold)	>5.300

Πίνακας 1. Θερμό, ουδέτερο και ψυχρό φως.

Οι ανωτέρω έννοιες γίνονται αντιληπτές και από την καμπύλη θερμοκρασίας του χρώματος του μέλανος σώματος T_c , η οποία υποδεικνύει τα χρώματα που εκπέμπει το μέλαν σώμα ανάλογα με τη θερμοκρασία του και υπάγεται στο χρωματικό χάρτη της C.I.E., ο οποίος εικονίζεται στην Εικόνα 6 (Jacobs, 2008):



Εικόνα 6. Χρωματικός Χάρτης της C.I.E.

1.10. Τεχνητός Φωτισμός

Ο τεχνητός φωτισμός των χώρων, αποβλέπει στη συμπλήρωση του φωτισμού ημέρας, όπου αυτός δεν επαρκεί ή ακόμα και στην περίπτωση της πλήρους αντικατάστασης του το βράδυ. Ο τεχνητός φωτισμός πρέπει να καλύπτει τις φυσιολογικές απαιτήσεις του ατόμου και να δημιουργεί ένα ψυχολογικά ευχάριστο περιβάλλον, με τη λιγότερη δυνατή οικονομική επιβάρυνση. Ο σωστός φωτισμός δεν αποτελεί μία πολυτέλεια, αλλά είναι αναγκαιότητα τόσο κοινωνική όσο και οικονομική, αφού η ευχαρίστηση, η άνεση, η παραγωγικότητα και η ασφάλεια του ανθρώπου βελτιώνονται με το σωστό φωτισμό.

1.10.1. Πηγές Τεχνητού Φωτισμού.

Αυτή τη στιγμή είναι διαθέσιμα στην αγορά, πλήθος διαφόρων ειδών λαμπτήρων για όλες τις δραστηριότητες και τις χρήσεις, με διαφορετικές αρχές λειτουργίας, διαστάσεις, τιμές ισχύος και τάσεις λειτουργίας. Οι λαμπτήρες κατηγοριοποιούνται, με βάση την αρχή λειτουργίας τους, σε τρεις βασικές ομάδες:

- σε πυρακτώσεως,
- εκκενώσεως και
- φωτοεκπέμπουσες διόδους (LED).





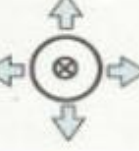
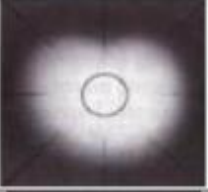






Οι τύποι λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές εσωτερικού φωτισμού είναι οι λαμπτήρες βολφραμίου και αλογόνου είδη της κατηγορίας πυρακτώσεως, φθορισμού, νατρίου υψηλής πίεσης και μεταλλικών αλογονιδίων είδη της κατηγορίας εκκενώσεως, αλλά και οι φωτοεκπέμπουσες διόδοι, οι οποίοι αποτελούν ακόμα ένα νέο είδος λαμπτήρα που εξελίσσεται καθημερινά.

Το στοιχείο του λαμπτήρα, το οποίο καθορίζει την ενεργειακή του κατανάλωση είναι η ονομαστική ισχύς του, η οποία δε θα πρέπει να αποτελεί το βασικό κριτήριο επιλογής, καθώς λαμπτήρες με την ίδια ονομαστική ισχύ μπορεί να έχουν τεράστιες διαφορές στα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τους, όπως τη χρωματική απόδοση ή την απόδοση lm/W .

1.10.2. Φωτιστικά Σώματα

Ένα φωτιστικό σώμα είναι μία ολοκληρωμένη μονάδα φωτισμού, αποτελούμενη από μία ή περισσότερες φωτεινές πηγές σε συνδυασμό με οπτικά και μηχανικά εξαρτήματα. Ο τρόπος σχεδιασμού τους είναι για τη λειτουργία τους με λαμπτήρες και προστατεύονται και συνδέονται με την παροχή ρεύματος. Η κύρια λειτουργία του φωτιστικού είναι η υλοποίηση ενός συστήματος φωτισμού που παράγει οπτικό έργο. Η επίτευξη απλώς των ελάχιστων συνιστώμενων τιμών έντασης φωτισμού δεν αρκεί, για να μεταφερθούν οι οπτικές ίνες πρέπει τα φωτιστικά σώματα να δημιουργήσουν μια ισορροπημένη κατανομή της λαμπρότητας ή και της φωτεινότητας σε σχέση με τη σωστή επιλογή των τελειωμάτων του χώρου, δηλαδή ορθός καθορισμός των επιφανειών.

Για τη χρήση φωτιστικών σωμάτων απαιτούνται συγκεκριμένες φωτομετρικές και τεχνικές προδιαγραφές βάσει προτύπων, τις οποίες ο κατασκευαστής του φωτιστικού είναι υποχρεωμένος να διαθέτει.

Χαρακτηρισμός φωτιστικού σώματος ως προς την κατανομή της ροής του λαμπτήρα	Παραστατική μορφή φωτιστικού σώματος	Αντίστοιχες εικόνες	Ποσοστό % φωτεινής ροής με κατεύθυνση επάνω	Ποσοστό % φωτεινής ροής με κατεύθυνση κάτω
Άμεσου φωτισμού (direct)			0-10%	90-100%
Ημιάμεσου φωτισμού (semi-direct)			10-40%	60-90%
Διάχυτου φωτισμού (diffuse)			40-60%	40-60%
Άμεσου-έμμεσου φωτισμού (direct-indirect)			40-60%	40-60%
Ημιάμεσου φωτισμού (semi-indirect)			60-90%	10-40%
Έμμεσου φωτισμού (indirect)			90-100%	0-10%

Πίνακας 2. Διάκριση φωτιστικών σωμάτων ανάλογα με τη διανομή της φωτεινής ροής του λαμπτήρα.

1.11. Φωτισμός Εσωτερικού Χώρου.

Ο εσωτερικός φωτισμός πρέπει να επιτρέπει στους ανθρώπους να βλέπουν ικανοποιητικά κατά την εργασία τους, να κινούνται με ασφάλεια τόσο κάτω από φυσιολογικές συνθήκες, όσο και σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης όπως σε μια διακοπή παροχής, ή δε ποσότητα και ποιότητα του φωτισμού εξαρτάται από το μέγεθος, την αντίθεση, την ηλικία των εργαζομένων, τη διάρκεια, τη διαβάθμιση των χρωμάτων, την πολυπλοκότητα, αλλά και από πολλά άλλα. Επίσης ο τρόπος με τον οποίο φωτίζεται ένας χώρος, μπορεί να επηρεάσει την εμφάνιση των αντικειμένων που βρίσκονται στο χώρο αυτό. Οι παραπάνω παράγοντες

ταξινομούμενοι μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι σε γραφεία και εργοστάσια πρέπει να δίδεται βάρος στην λειτουργικότητα παρά στην εμφάνιση, ενώ σε χώρους με λιγότερες οπτικές απαιτήσεις όπως σε τράπεζες, καταστήματα, σταθμούς μέσω μεταφοράς διατηρείται μια ισορροπία ανάμεσα σε λειτουργικότητα και εμφάνιση. Σε χώρους τέλος που έχουν σαν σκοπό την άνεση και τη χαλάρωση, όπως σε κέντρα διασκέδασης, εκκλησίες, κατοικίες η εμφάνιση είναι συνήθως πιο σημαντική από τη λειτουργικότητα (theledcompany, 2014).

Τώρα μερικές υποδείξεις για την ένταση του φωτισμού όπως την απαιτούμενη ποσότητα φωτός του χώρου για τους ανθρώπους που εργάζονται και κινούνται σ αυτό είναι ότι αν κάποιες εργασίες είναι κουραστικές για την όραση και πρόκειται να εκτελούνται από άτομα με μειωμένη όραση η άτομα που ο μέσος όρος ηλικίας τους είναι μεγαλύτερος από το κανονικό, για παράδειγμα άνω των 50 ετών, τότε ο τεχνικός της μελέτης πρέπει να προσανατολιστεί σε αύξηση της έντασης φωτισμού. Αντίθετα η στάθμη φωτισμού θα πρέπει να είναι μειωμένη όταν η διάρκεια των εργασιών που εκτελούνται είναι ιδιαίτερα μικρή. Η ένταση φωτισμού δεν πρέπει να είναι λιγότερη από 750 lux σε βιομηχανίες όπου απαιτούνται αυστηροί κανόνες. Είναι απλό στη μελέτη και την εγκατάσταση και δεν απαιτεί συντονισμό των θέσεων εργασίας οι οποίες μπορεί να μην είναι γνωστές ή μπορεί να αλλάζουν συνεχώς και συνεπώς επιτρέπεται απόλυτη ελαστικότητα των θέσεων εργασίας.

Η δεύτερη αφορά το περιορισμένο σύστημα που αναφέρεται σε συγκεκριμένες θέσεις εργασίας στις οποίες παρέχει επαρκή φωτισμό, ενώ στον υπόλοιπο χώρο η στάθμη φωτισμού είναι χαμηλότερη. Τέλος υπάρχει και ο τοπικός φωτισμός που παρέχει ένταση φωτισμού μόνο σε μια μικρή επιφάνεια πάνω στην οποία γίνεται κάποια εργασία και στο πολύ άμεσο περιβάλλον. Συναφή προς τα προηγούμενα είναι και η καταλληλότητα ενός λαμπτήρα σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Σε κρύους χώρους χαμηλής έντασης φωτισμού προτιμάται μια πιο ζεστή χρωματική απόδοση για καθημερινές ασχολίες, ενώ σε ζεστούς χώρους με υψηλή ένταση φωτισμού προτιμάται συνήθως μια πιο ψυχρή απόδοση χρωμάτων για περιπτώσεις πιο επίσημες (energystar, n.d.).

Όταν υπολογίζουμε εγκαταστάσεις εσωτερικού φωτισμού με φωτοδιόδους, το πρώτο πράγμα που ελέγχουμε είναι τι επίπεδα φωτισμού χρειαζόμαστε.

Οι συστάσεις για το τι επίπεδο φωτισμού θα χρησιμοποιήσουμε στον εσωτερικό φωτισμό δεν είναι μονοσήμαντες, αλλά μόνο ενδεικτικές. Από τις εντάσεις φωτισμού η καταλληλότερη και η πιο οικονομική από απόψεως συνεχούς λειτουργίας είναι αυτή των 2000 Lux (theledcompany, 2014).

1.12. Φωτισμός Εξωτερικού Χώρου

5.1

Ο φωτισμός του περιβάλλοντος χώρου είναι εξίσου σημαντικός με τον φωτισμό ανάδειξης των κτιρίων. Ο φωτισμός θα αναδείξει το χώρο αυτό παρέχοντας συγχρόνως ασφάλεια στο κοινό. Ο φωτισμός του περιβάλλοντος χώρου στόχευσε στα ακόλουθα σημεία:

- Ασφάλεια: Παρέχεται αρκετό φως στον περιβάλλοντα χώρο ώστε η διάβαση των πεζών να είναι ασφαλής και να είναι ορατά τα διάφορα πιθανά εμπόδια (για παράδειγμα σκάλες, μεταβολές στο επίπεδο, λακκούβες με νερό κ.α.) και συγχρόνως να δημιουργείται το αίσθημα ασφαλούς χρήσης του χώρου.
- Αισθητική: Να δημιουργηθούν πόλοι έλξης και διαδρομές στον ιστό του συγκροτήματος και συγχρόνως γίνει προσιτό στη χρήση του κατά τις βραδινές ώρες.

Ο σχεδιασμός του φωτισμού του περιβάλλοντος χώρου πρέπει να ακολουθεί τρεις άξονες:

- Το φωτισμό επιλεγμένων δέντρων.

- Το φωτισμό των σημαντικών αξόνων διακίνησης των ενοίκων με έμφαση στις προσβάσεις των εισόδων των κτιρίων.
- Τον τονισμό σημαντικών στοιχείων του περιβάλλοντος χώρου. Οι άξονες διακίνησης είναι οι σημαντικοί και επιλέχθηκαν, έτσι ώστε να καταστήσουν το χώρο αναγνωρίσιμο και να τονιστεί η τοπογραφία του. Ο ισόρροπος φωτισμός όλων των διαδρομών, θα μπορούσε να καταστρέψει τη γραφικότητα του υπαίθριου χώρου. Τα φωτιστικά σώματα πρέπει παρέχουν άμεσο, έμμεσο ή μεικτό φωτισμό και είναι κολόνες φωτισμού, χαμηλά φωτιστικά σώματα και φωτιστικά σώματα εδάφους. Η κατεύθυνση των φωτιστικών πηγών, η ποιότητα και ποσότητα του φωτισμού, η σχέση του φωτιζόμενου σημείου με το γενικότερο περιβάλλοντα χώρο πρέπει να μελετηθούν προσεκτικά, κατά περίπτωση, ώστε το αποτέλεσμα να μην δημιουργεί λειτουργικά προβλήματα στο κοινό. Συγχρόνως όμως πρέπει να διαθέτουν τέτοιο σχεδιασμό, ώστε να μην είναι εύκολο να κλαπούν ή να καταστραφούν από τους βανδάλους (Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 2015).

2. Παραδείγματα Καλών Πρακτικών Φωτισμού.



5.2

Στο παρών κεφάλαιο θα σας παρουσιάσουμε κάποια παραδείγματα, καλών πρακτικών φωτισμού, για εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους.

2.1. Δήμος Αμαρουσίου

Στο Δήμο Αμαρουσίου το Μάιο του 2009 αντικαταστάθηκαν 500 φωτιστικά σώματα, από δρόμους, ενώ μέχρι το τέλος του 2009 αντικαταστάθηκαν ακόμα επιπλέον 2000. Τα νέα φωτιστικά σώματα περιλάμβαναν λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων, με υψηλό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας από τους προγενέστερους λαμπτήρες ατμών υδραργύρου.

Η μεγάλης κλίμακας προμήθεια (2.500 φωτιστικά σώματα) επέφερε μείωση της τιμής αγοράς μέχρι και 46% (Κόρμα, 2013).

Τύπος λαμπτήρα	Ατμών Υδραργύρου	Μετάλλων Αλογονιδίων
		
Ισχύς	250 W	150 W
Κάλυκας	E40	E40
Φωτεινή ροή λαμπτήρα	12.700 lm	17.000 lm
Χρόνος ζωής	16.000 ώρες	32.000 ώρες
Ωρες λειτουργίας το έτος	3.650 ώρες/έτος	
Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια το έτος	912,50 kWh	547,50 kWh
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας	0,1 €/kWh	
Ετήσιο κόστος λειτουργίας	91,25 €	54,75 €
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανά λαμπτήρα	-	365,00 kWh
Ετήσια εξοικονόμησης δαπανών ανά λαμπτήρα	-	36,50 €
Ετήσια εξοικονόμηση εκπομπών CO2 ανά λαμπτήρα	-	328,50 kg
Ετήσια ποσοστιαία εξοικονόμηση	-	40,00%
Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για 2.500 λαμπτήρες	-	912,50 MWh/έτος
Συνολική εξοικονόμηση δαπανών για 2.500 λαμπτήρες	-	91.250,00 €/έτος
Συνολική εξοικονόμηση εκπομπών CO2 για 2.500 λαμπτήρες	-	821,25 τόνοι CO2/έτος

Πίνακας 3. Πίνακας Τεχνικών προδιαγραφών λαμπτήρων για πριν και μετά την επέμβαση.

2.2. Ανδαλουσία της Ισπανίας

Το 2007, η εταιρεία Light Environment Control S.L. (LEC), η οποία εδρεύει στην πόλη Barbate της Ανδαλουσίας και ιδρύθηκε το 2005, κατάφερε να γίνει η 1^η εταιρία, η οποία φώτισε μια ολόκληρη πόλη με συστήματα φωτισμού τεχνολογίας LED.

Η συγκεκριμένη εταιρεία έγινε πρωτοπόρος στον τομέα του φωτισμού με τεχνολογία LED, προσφέροντας λύσεις για τις συγκεκριμένες ανάγκες των πελατών της. Η επιδότηση που πέτυχε από το Ευρωπαϊκό ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης για το έργο αυτό ανέρχεται στα 1,32 εκ. ευρώ. Συνεργάστηκε με μία ομάδα επιστημόνων E&Tα και επένδυσε στην πόλη της έδρας της, δημιουργώντας πρότυπο:

- Κέντρο Έρευνας, Τεχνολογίας και Καινοτομίας.
- Εγκαθιστώντας τη μονάδα παραγωγής των προϊόντων της (σχεδιασμός αλλά και παραγωγή) (Κόρμα, 2013).

2.3. Πρωτοβουλία του Συνδέσμου 210ΤΑ

Παρακάτω παρουσιάζουμε το παράδειγμα πρωτοβουλίας του Συνδέσμου 210ΤΑ για την υλοποίηση Προγράμματος Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Δημοτικό Φωτισμό σε συνεργασία με τους Δήμους Κηφισίας, Ν. Ερυθραίας, Εκάλης, Λυκόβρυσης, Πεύκης και Χαλανδρίου.

Το πρόγραμμα προβλέπει:

- την αντικατάσταση των παλαιάς τεχνολογίας φωτιστικών σωμάτων με λαμπτήρες χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.
- την παροχή υπηρεσιών στους Δήμους που αρχίζουν τη σύνταξη μελέτης της πιλοτικής λειτουργίας του προγράμματος, για τη δημοπράτηση των έργων, καθώς και τρόπους χρηματοδότησης των τευχών δημοπράτησης.

Έτσι, στο πλαίσιο της μελέτης υλοποιήθηκαν τα ακόλουθα:

- Εγκατάσταση φωτιστικών σωμάτων τεχνολογίας LED αντίστοιχης φωτιστικής ικανότητας με τα υφιστάμενα σε συγκεκριμένο δρόμο.
- Μέτρηση της επιτευχθείσας μείωσης καταναλισκόμενης ενέργειας.
- Ανάλυση των υφιστάμενων συστημάτων φωτισμού και προκαταρκτικός σχεδιασμός του νέου συστήματος LED, ώστε να εκτιμηθούν οι οικονομικές παράμετροι της παρέμβασης.

Με την υλοποίηση του προγράμματος βγήκαν τα ακόλουθα συμπεράσματα μελέτης:

- Μείωση της καταναλισκόμενης ενεργείας κατά 58 % (συγκεκριμένο δρόμο).
- Μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 72% με την τεχνολογία LED και σε ουσιαστική εξάλειψη του κόστους συντήρησης (στο σύνολο του Δήμου).
- Μείωση κόστους λειτουργίας 15 ετίας κατά 9, 8 εκ €
- (από 12.6 εκ € σε 2.8 εκ €) μείωση κατά 78%.

2.4. Οδικός Φωτισμός στην Κύπρο

Μέσω ενός πιλοτικού προγράμματος για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης στον οδικό φωτισμό, η Κύπρος υλοποίησε τους εξής στόχους:

- Εξοικονόμηση Ηλεκτρισμού
- Συγκράτηση δαπανών για τον οδικό φωτισμό
- Μείωση εκπομπών CO₂
- Βελτίωση της ποιότητας του οδικού φωτισμού
- Μείωση του κόστους συντήρησης
- Εξαγωγή συμπερασμάτων για μελλοντική επέκταση του έργου σε άλλες τοπικές αρχές.

Πιο αναλυτικά λοιπόν, οι επεμβάσεις που έγιναν είναι οι εξής:

- Αντικατάσταση 63.000 φωτιστικών σωμάτων, από υψηλής πίεσης νατρίου σε LED.
- Κόστος αγοράς νέων φωτιστικών: €15.800.000.
- Κόστος αντικατάστασης υφιστάμενων φωτιστικών: €820.000.
- Εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας: 48% (12-18 GWh ανά έτος).
- Εκτιμώμενη μείωση εκπομπών CO₂: 10.500-15.700 tones ανά έτος.
- Μείωση του κόστους αγοράς δικαιωμάτων αερίων του θερμοκηπίου περίπου €15.000 ανά έτος.
- Μείωση του κόστους συντήρησης €160.000 με €220.000 ανά έτος.
- Μείωση κόστους και δαπανών για τον οδικό φωτισμό: €3.000.000 - €5.000.000 ανά έτος (Κόρμα, 2013).

3. Μεθοδολογία

3.1. Παρουσίαση του Προγράμματος Calculux

Το Calculux indoor & area είναι ένα λογισμικό το οποίο προσφέρεται δωρεάν από την Phillips και το οποίο προσφέρει ταχύτητα ευκολία χρήσης και ευελιξία και δίνει την δυνατότητα στους σχεδιαστές φωτισμού να επιλέγουν και να αξιολογούν τα συστήματα φωτισμού για τους διάφορους χώρους που μελετάνε όπως γραφεία και βιομηχανικές εφαρμογές για το Calculux indoor και αντίστοιχα το Calculux area για γήπεδα, χώρους στάθμευσης, χώρους γενικής χρήσης, βιομηχανικές εφαρμογές ακόμα και φωτισμούς δρόμων και οδών.

Το Calculux μπορεί να προσομοιώσει πραγματικές συνθήκες φωτισμού και μπορεί να αναλύσει συνθήκες διαφορετικών ειδών φωτισμού. Επίσης χρησιμοποιεί φωτιστικά από μια εκτενή βάση δεδομένων της Phillips και φωτομετρικά στοιχεία. Τέλος το πρόγραμμα έχει απλό μενού και λογικά πλαίσια διαλόγου και μια βήμα προς βήμα προσέγγιση σας ώστε να βοηθήσει να βρείτε μια πιο αποτελεσματική και οικονομικά λύση για τις διάφορες εφαρμογές φωτισμού.

Το λογισμικό Calculux μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε εσωτερικούς, όσο και σε εξωτερικούς χώρους. Σε εσωτερικούς χώρους μπορούν να γίνουν οι παρακάτω ενέργειες:

- Εκτέλεση υπολογισμών φωτισμού (συμπεριλαμβανομένων των άμεσων, έμμεσων, συνολικό και το μέσο φωτισμού) μέσα σε ορθογώνια δωμάτια.
- Πρόβλεψη δημοσιονομικών επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας, των επενδύσεων, λάμπα και το κόστος συντήρησης για διαφορετικές ρυθμίσεις φωτιστικό.
- Επιλογή φωτιστικών από μια εκτενή βάση δεδομένων της Philips ή από ειδικά σχηματοποιημένα αρχεία για φωτιστικά από άλλους προμηθευτές.
- Καθορισμός διαστάσεων των δωματίων, είδη φωτιστικό, παράγοντες συντήρησης, ακρίβεια, πλέγματα υπολογισμού και τύποι υπολογισμού.
- Σύνταξη εκθέσεων εμφανίζοντας τα αποτελέσματα σε κείμενο και γραφική μορφή.
- Υποστήριξη Εναλλαγή των τρόπων μεταφοράς και Φως παράγοντες ρύθμισης
- Υποστήριξη πολλαπλών γλωσσών.

Σε εξωτερικούς χώρους, χρησιμοποιείται το Calculux Area, σύμφωνα με το οποίο μπορούν να γίνουν οι παρακάτω ενέργειες:

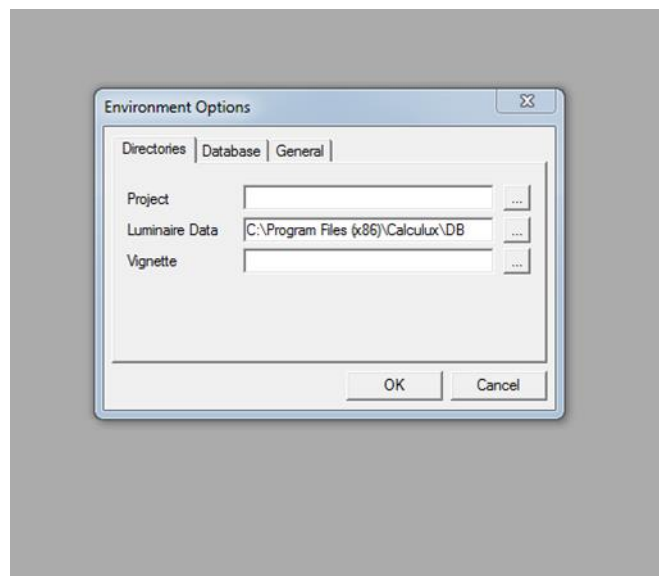
- Εκτέλεση υπολογισμών φωτισμού σε ορθογώνιες περιοχές υπολογισμό σε κάθε επίπεδο.
- Επιλογή φωτιστικών από μια εκτενή βάση δεδομένων της Philips ή από ειδικά σχηματοποιημένα αρχεία για φωτιστικά από άλλους προμηθευτές.
- Καθορισμός του φωτιστικού θέσης και του προσανατολισμού, είτε μεμονωμένα είτε σε ένα μπλοκ, πολικό, γραμμή, σημείο ή ελεύθερη διάταξη.
- Καθορισμός συντελεστών της συντήρησης, δικτύων υπολογισμού και τύποι υπολογισμού.
- Σύνταξη εκθέσεων εμφανίζοντας τα αποτελέσματα σε κείμενο και γραφική μορφή.
- Πρόβλεψη δημοσιονομικών επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας, των επενδύσεων, λάμπα και το κόστος συντήρησης για διαφορετικές ρυθμίσεις φωτιστικό.
- Χρήση εναλλαγής των τρόπων μεταφοράς και παράγοντες ρύθμισης φωτός.
- Υποστήριξη πολλαπλών γλωσσών.
- Εκτύπωση αναφορών σε διάφορες γλώσσες.

3.2. Εισαγωγή στο λογισμικό Calculux

Για να ανοίξουμε το πρόγραμμα Calculux, επιλέγουμε από το μενού **ΕΝΑΡΞΗ- Φάκελο CALCULUX-Επιλέγουμε indoor**. Αρχικά θα ρυθμίσουμε κάποιες παραμέτρους του Calculux, οι οποίες επηρεάζουν όλα τα μελλοντικά σχέδια (new defined luminaries, luminaire arrangements, calculations and/or reports), οι οποίες είναι:

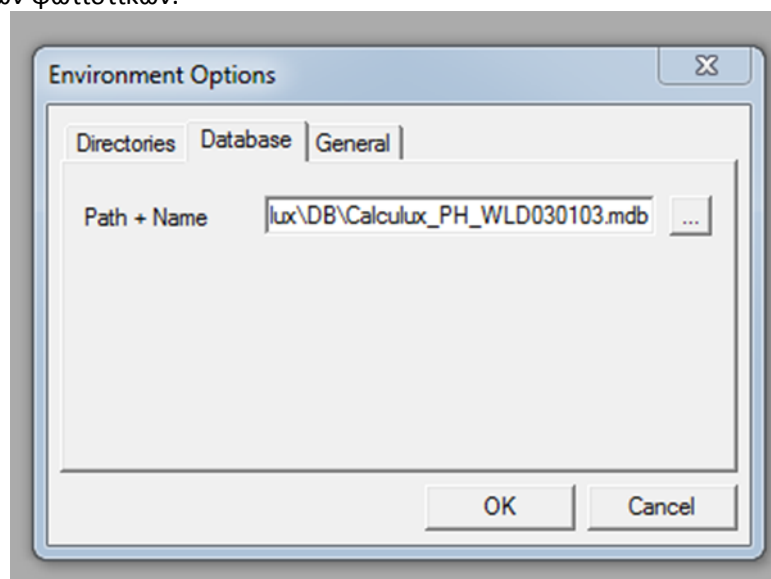
- Environment (options), δηλαδή προεπιλεγμένες ρυθμίσεις σχετικά με το περιβάλλον του προγράμματος,
- Report Setup Defaults, δηλαδή προεπιλεγμένες ρυθμίσεις σχετικά με το περιεχόμενο και τη μορφή των η έκθεση,
- Calculation Presentation Defaults, δηλαδή προεπιλεγμένες ρυθμίσεις σχετικά με τον Υπολογισμό.

Επιλέγουμε Options- Environment



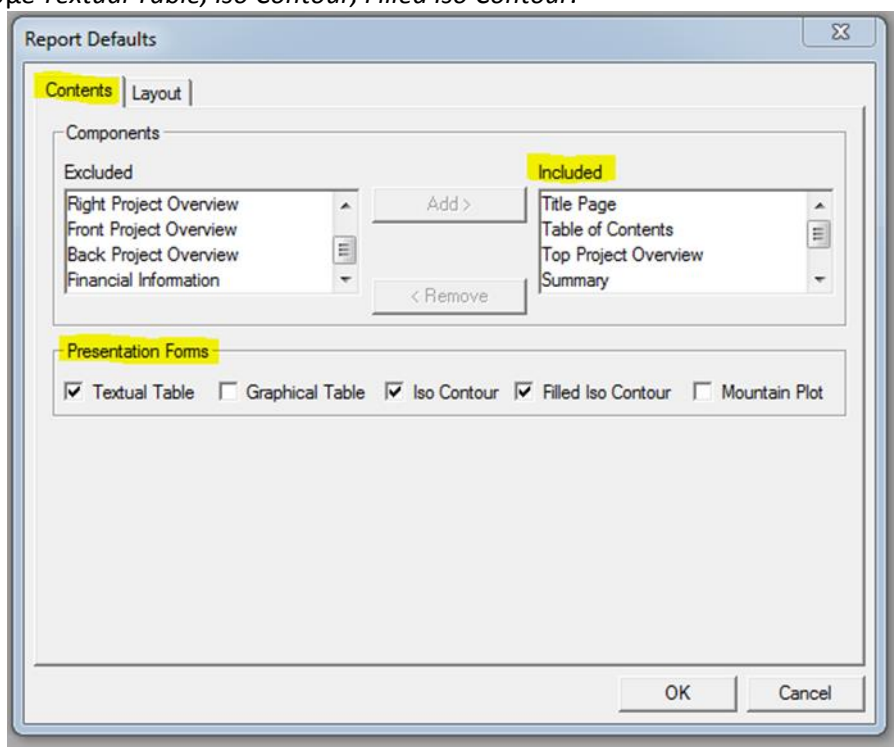
Εικόνα 7. Περιβάλλον Calculux.

Στην καρτέλα **Database** ελέγχουμε τις ρυθμίσεις του καταλόγου των αρχείων βάσης δεδομένων των φωτιστικών.



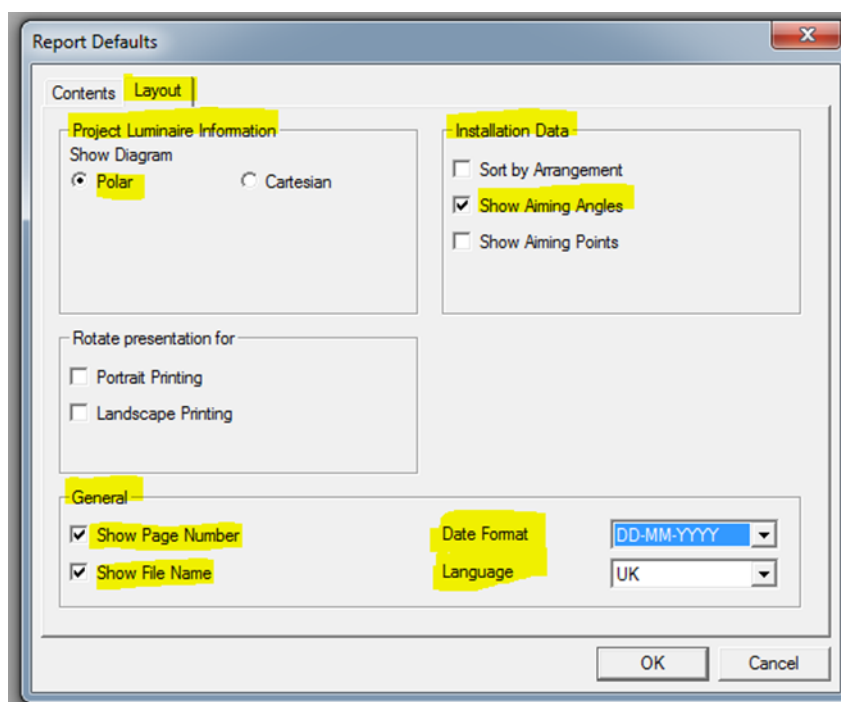
Εικόνα 8. Κατάλογος αρχείων βάσης δεδομένων των φωτιστικών στο λογισμικό Calculux.

Στη συνέχεια επιλέγουμε **Options- Report Setup Defaults** και στο πλαίσιο **Contents** του παράθυρου **Components**, επιλέγουμε *Title Page, Table of Contents, Top Project Overview, Summary, Luminaire Details, Installation Data*. Επίσης στο πλαίσιο **Presentation Forms** επιλέγουμε *Textual Table, Iso Contour, Filled Iso Contour*.



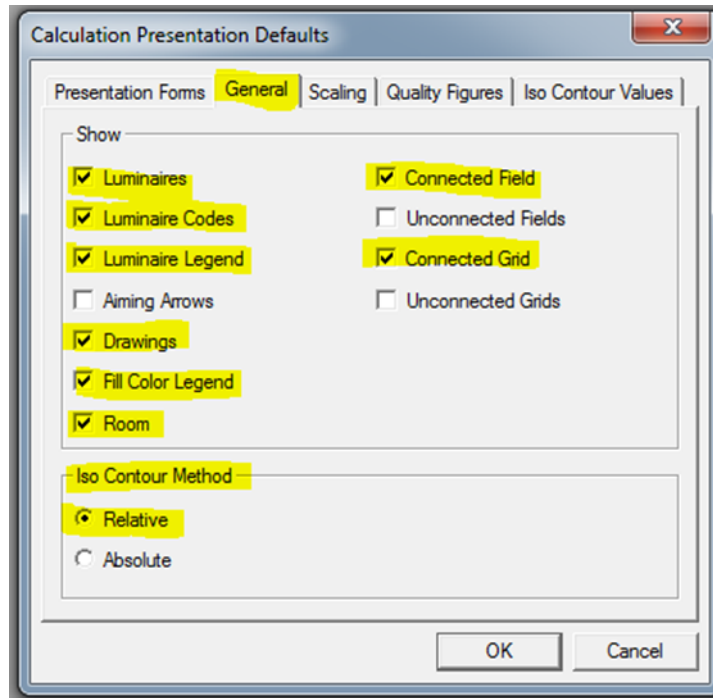
Εικόνα 9. Επιλογή Options- Report Setup Defaults στο λογισμικό Calculux.

Στην καρτέλα **Layout**, επιλέγουμε το πλαίσιο **Project Luminaire Information - Show Diagram** με την επιλογή **Polar**. Στο πλαίσιο **Installation Data** επιλέγουμε *Show Aiming Angles* και στο πλαίσιο **General** επιλέγουμε *Show Page Number, Show, File Name, Language 'UK'*.



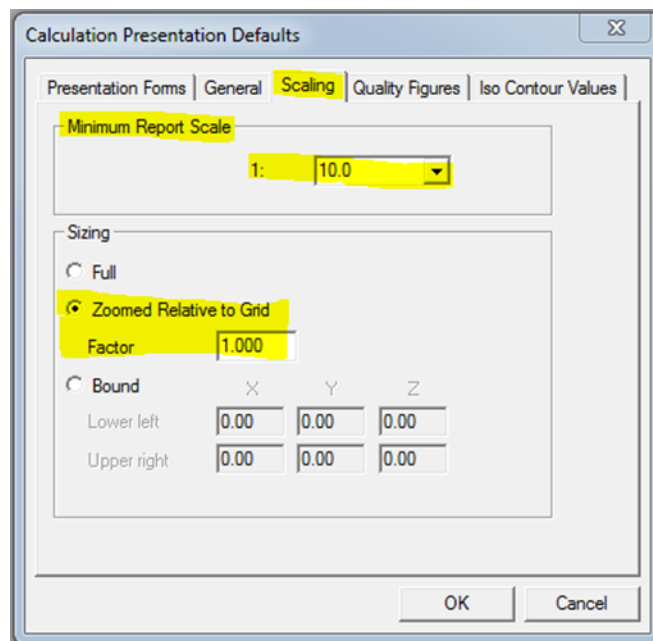
Εικόνα 10. Περιβάλλον καρτέλας Layout στο λογισμικό Calculux.

Στη συνέχεια επιλέγουμε **Options- Presentation Results Defaults** επιλέγουμε **Textual Table, Iso Contour, Filled Iso Contour**. Στην καρτέλα **General**, επιλέγουμε στο πλαίσιο **Show Diagram** επιλέγουμε *Luminaires, Luminaire Code, Luminaire Legend, Drawings, Fill Color Legend, Room, Connected Field, Connected Grid*
 Και στο πλαίσιο **ISO Countour Method** επιλέγουμε *Relativ*.



Εικόνα 11. Περιβάλλον καρτέλας ISO Countour Method στο λογισμικό Calculux.

Στην καρτέλα **Scaling** και στο πλαίσιο **Minimum Report Scale** επιλέγουμε τον αριθμό 10 και στο πλαίσιο **Sizing** επιλέγουμε **Zoomed Relative to Grid** με **Factor 1** (Phillips, 1996).



Εικόνα 12. Περιβάλλον καρτέλας Scaling στο λογισμικό Calculux.

3.3. Μελέτη περίπτωσης πρώτη – Γήπεδο Ποδοσφαίρου

Βάσει κανονισμών ο τρόπος φωτισμού ενός γηπέδου όσον αφορά τον αγωνιστικό χώρο διέπεται από συγκεκριμένους περιορισμούς που αποφέρουν επαρκή φωτισμό εντός του αγωνιστικού χώρου χωρίς παράλληλα να επηρεάζεται αρνητικά η όραση των χρηστών. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε περίπτωση που υπάρχουν αγωνιστικοί χώροι κοντά σε οδικά δίκτυα ή κτήρια, λόγω μεγάλου ύψους των πυλώνων τα φωτιστικά σώματα θα πρέπει να είναι τοποθετημένα με τρόπο τέτοιο ώστε να μη προκαλούν θάμβωση στους παρατηρητές (οδηγούς οχημάτων ή κατοίκους οικιακών χώρων).

Σε όλη την επιφάνεια του αγωνιστικού χώρου θα πρέπει η ένταση φωτισμού να ξεπερνά τα 2000 Lux. Είναι ένας περιορισμός που επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση φωτιστικών σωμάτων επάνω σε ιστούς (πυλώνες) ύψους 25 μέτρων.

Στην παρούσα εργασία μελετούμε τον φωτισμό του αγωνιστικού χώρου ενός γηπέδου ποδοσφαίρου με την βοήθεια του λογισμικού 'calculux outdoor' της εταιρίας PHILLIPS (Phillips, 1996).

Πρόκειται για ένα γήπεδο ποδοσφαίρου του οποίου μέσω του λογισμικού θα αναλύσουμε μόνο τον πλήρη φωτισμό του αγωνιστικού χώρου. Συνολικά το γήπεδο έχει μήκος 105 μέτρα και πλάτος 65.

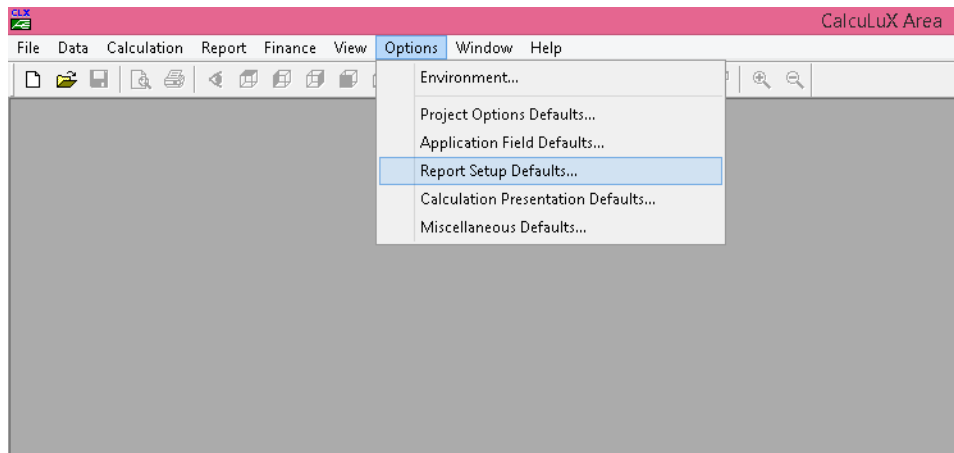
Ο φωτισμός θα τοποθετηθεί περιμετρικά του αγωνιστικού χώρου σε πυλώνες ύψους 25 μέτρων, δεδομένα που εισάγουμε χειροκίνητα στο λογισμικό και αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά της μελέτης. Για τον σχεδιασμό του χώρου και την τοποθέτηση του φωτισμού ορίζεται σαν σημείο αναφοράς συντεταγμένων το σημείο (0,0), επάνω στους άξονες συντεταγμένων (x,y).

3.3.1. Αρχικές Ρυθμίσεις προγράμματος

Πριν ξεκινήσει η δημιουργία του νέου έργου που αφορά την Φώτο-τεχνική μελέτη του γηπέδου που θα λειτουργήσει ως προπονητήριο, κάνουμε κάποιες αρχικές ρυθμίσεις στο λογισμικό που αφορούν την γενική προσέγγιση του θέματος από το ίδιο το πρόγραμμα, καθώς επίσης και ρυθμίσεις που αφορούν το περιεχόμενο της τελικής έκδοσης τεχνικής έκθεσης που δημιουργεί το ίδιο το λογισμικό. Με το πέρας των ρυθμίσεων αυτών μπορούμε να ξεκινήσουμε την δημιουργία του νέου έργου.

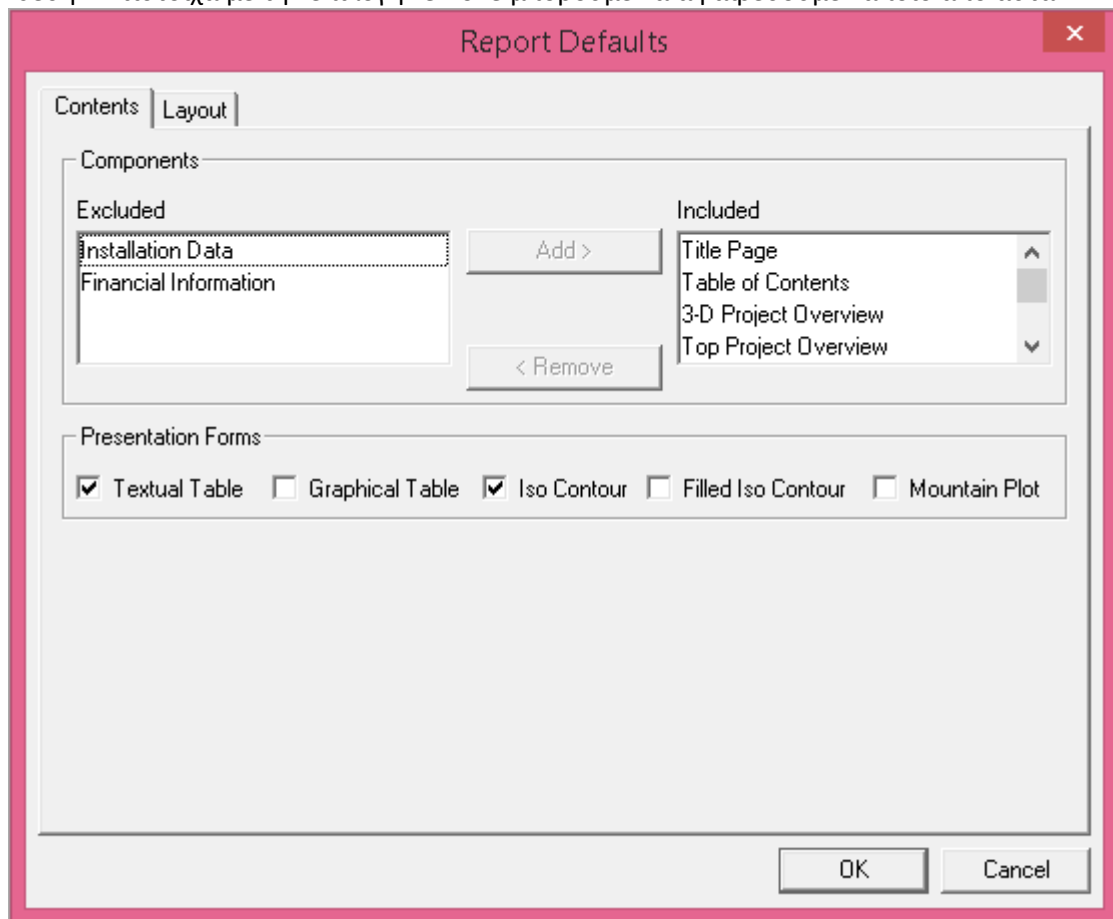
3.3.1.1. Ρυθμίσεις τεχνικής έκθεσης

Για την δημιουργία σωστής τεχνικής έκθεσης ακολουθούμε τις παρακάτω ρυθμίσεις. Σημειώνεται ότι το μενού του προγράμματος δεν υποστηρίζει ελληνική γλώσσα. Μέσω της καρτέλας επιλογές, μπαίνουμε στο μενού ρυθμίσεις έκθεσης.



Εικόνα 13. Μενού Ρυθμίσεων Έκθεσης.

Στο παράθυρο που εμφανίζεται και στην πρώτη καρτέλα με τον όνομα περιεχόμενα , contents, επιλέγουμε πατώντας 'add' όλα όσα χρειάζεται να εμπεριέχονται στην τεχνική έκθεση. Αντίστοιχα με την επιλογή remove μπορούμε να αφαιρέσουμε κάποιο από αυτά.



Εικόνα 14. Περιεχόμενα Ρυθμίσεων Τεχνικής Έκθεσης.

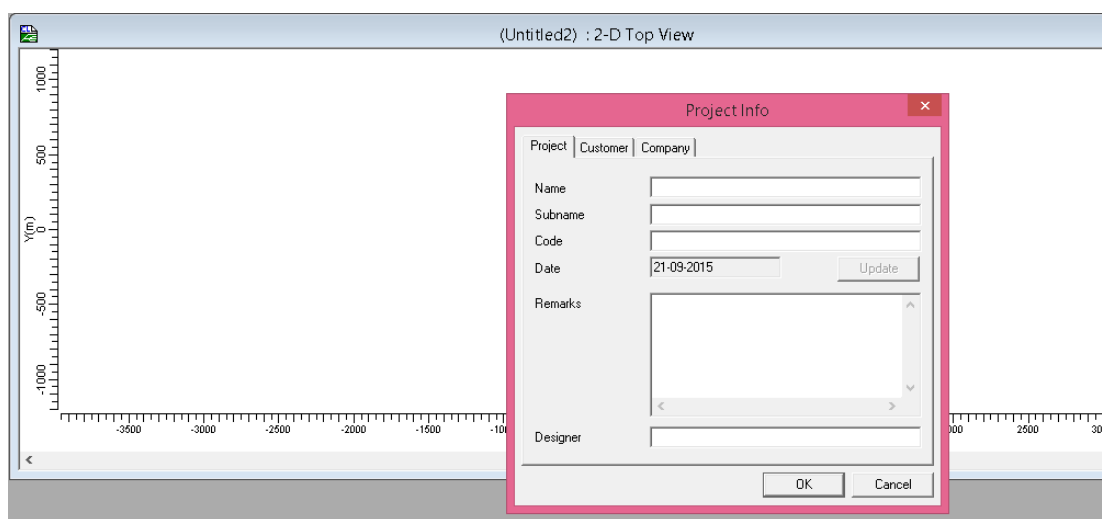
Η καρτέλα 'Presentation forms' αφορά την μορφή κατά την οποία θα εξαχθούν οι υπολογισμοί του έργου. Έχουμε την επιλογή να παρουσιάσουμε δεδομένα και υπολογισμούς με την μορφή πινάκων κειμένου, γραφημάτων, χαρακτηριστικών κ.λπ.

Η Καρτέλα lay out περιλαμβάνει ρυθμίσεις για τον τρόπο σελιδοποίησης, της έκθεσης. Μέσω των καρτελών αυτών έχουν ολοκληρωθεί οι βασικές ρυθμίσεις του λογισμικού. Όσο για τις ρυθμίσεις που αφορούν το έργο θα γίνονται ταυτόχρονα με την δημιουργία της εφαρμογής και θα επεξηγούνται αναλυτικά.

3.3.2. Νέο Έργο

Μετά τις αρχικές ρυθμίσεις αρχίζει η δημιουργία του νέου έργου , στην περίπτωση μας προπονητικό γήπεδο ποδοσφαίρου.

Μέσω της καρτέλας νέο έργο (New Project) εκκινούμε την διαδικασία της νέας μελέτης, δηλώνοντας τα στοιχεία του έργου μέσω της επιλογής 'Data' (επάνω αριστερά) και στη συνέχεια μέσω της καρτέλας 'Project info'.

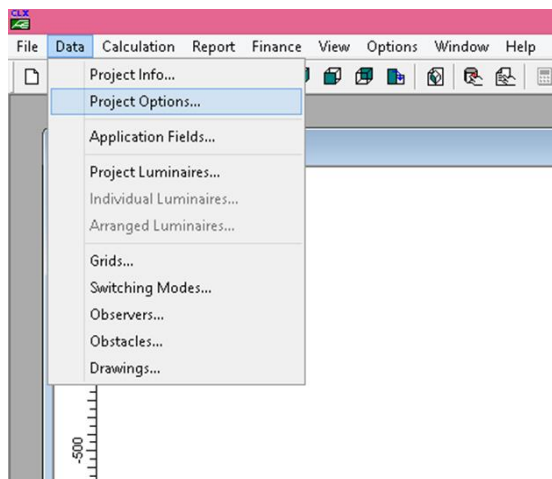


Εικόνα 15. Καρτέλα Νέου Έργου.

Μέσω της Εικόνα 15 φαίνεται ότι μπορούμε να εισαγάγουμε και στοιχεία πελάτη ή εταιρίας για την οποία προορίζεται η εφαρμογή, στοιχεία τα οποία εμφανίζονται στην τελική έκθεση.

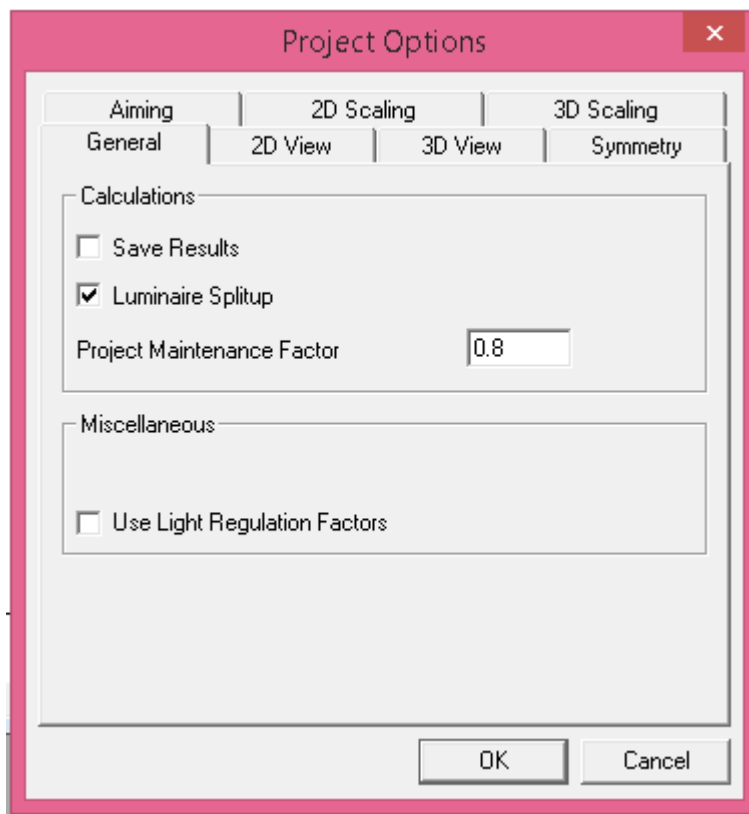
3.3.2.1. Ρυθμίσεις Έργου

Από το Data Menu ,πάνω αριστερά, στην επιλογή project options ανοίγει ένα νέο παράθυρο ρυθμίσεων



Εικόνα 16. Καρτέλα Ρυθμίσεων Επιλογών Έργου.

Που φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 17.



Εικόνα 17. Καρτέλα Ρυθμίσεων Επιλογών Έργου.

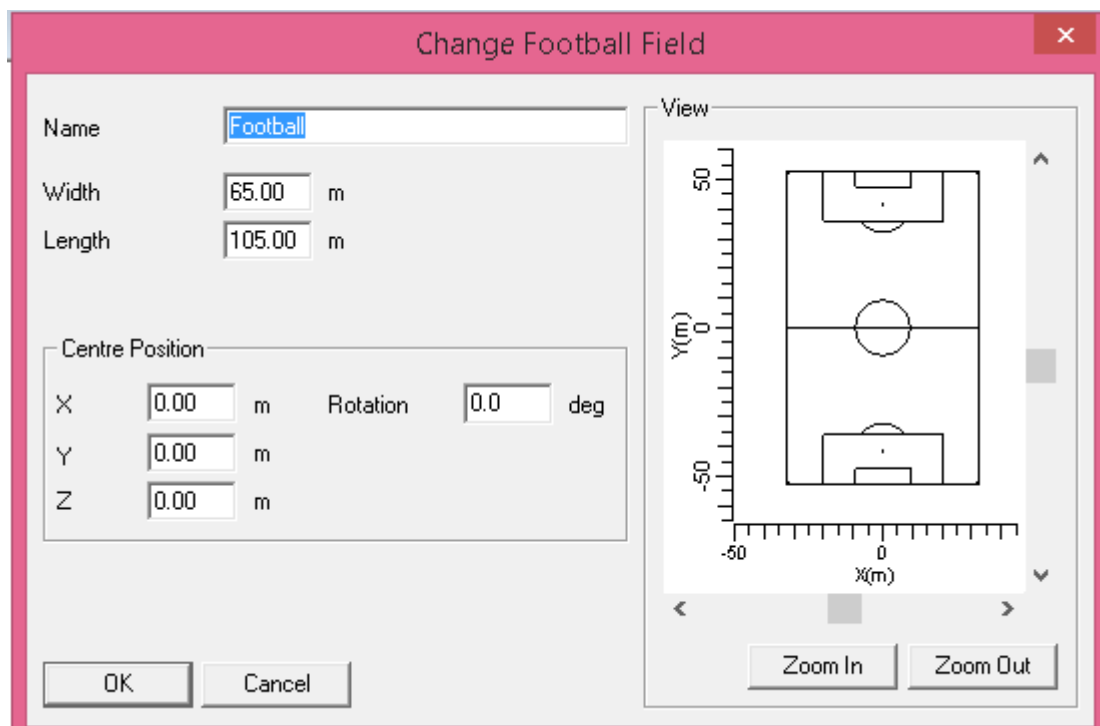
Στην περιοχή 'Γενικά', General ρυθμίζω τον συντελεστή ρύπανσης του φωτισμού μέσω της χρήσης του.

Project Maintenance Factor: *Συντελεστής Χρησιμοποίησης* είναι συνδυασμός του βαθμού ρύπανσης του χώρου το οποίο βρίσκεται το φωτιστικό σώμα και της περιόδου καθαρισμού. Κάθε φωτιστικό σώμα ρυπαίνεται συνήθως με σκόνη που βρίσκεται στο χώρο και η ρύπανση μπορεί να είναι ελαφρά, μεσαία ή βαριά ανάλογα για ποιο σκοπό χρησιμοποιείται ο χώρος πχ βιομηχανικός, γραφείο, ακόμα και η εφαρμογή εξωτερικού χώρου.

Ο συντελεστής ρυθμίζεται στο 0.8 όπως ορίζει το πρότυπο περί φωτισμού εξωτερικών χώρων.

Στη συνέχεια από το μενού Data και την εσωτερική επιλογή 'Application Fields' και μέσω της επιλογής Add μέσω τις καρτέλας που περιλαμβάνει έναν κατάλογο με πιθανούς προς μελέτη εξωτερικούς χώρους, επιλέγουμε τον χώρο που πρόκειται να μελετήσουμε (στην περίπτωση μας προπονητικό γήπεδο ποδοσφαίρου) και προσαρμόζουμε την μελέτη του χώρου στην εκάστοτε απαιτήσεις.

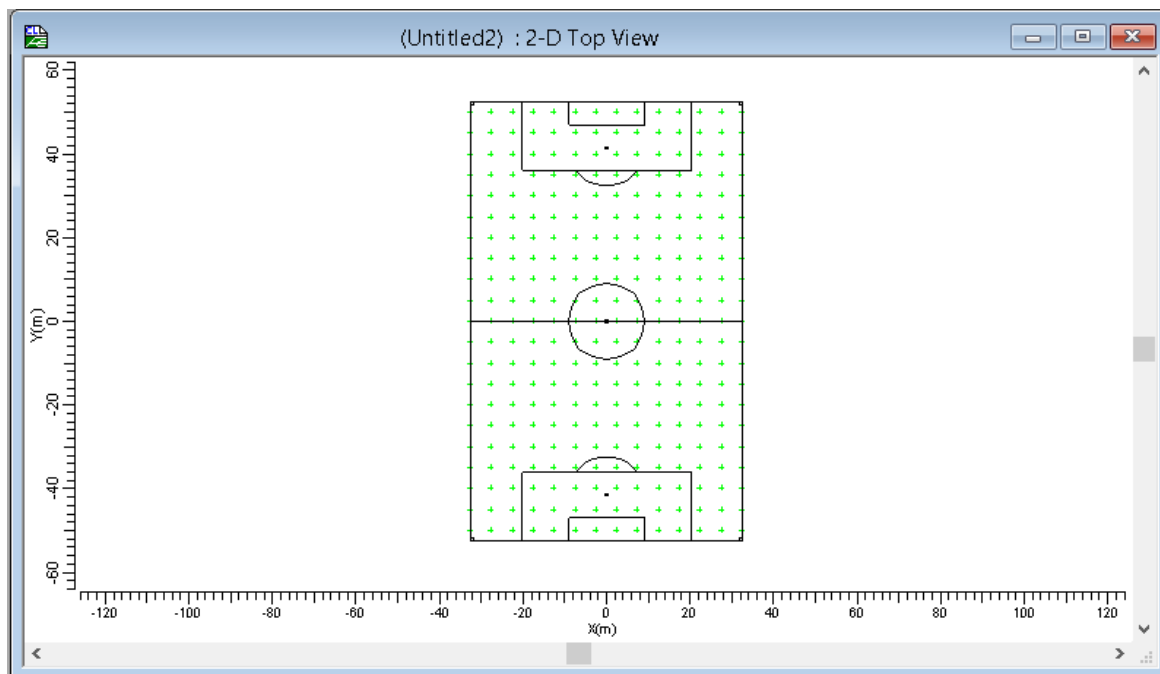
Εισάγουμε πληροφορίες για το πλάτος και το μήκος του γηπέδου, στην Εικόνα 18 που εμφανίζεται.



Εικόνα 18. Καρτέλα Συντεταγμένων Μεγέθους του γηπέδου.

Όσον αφορά τα X,Y,Z έχουν ως προεπιλογή την τιμή μηδέν, ορίζοντας σαν σημείο αναφοράς την αρχή των αξόνων.

Πατώντας αποδοχή (οκ) εμφανίζεται στην βασική καρτέλα του έργου στην Εικόνα 19.



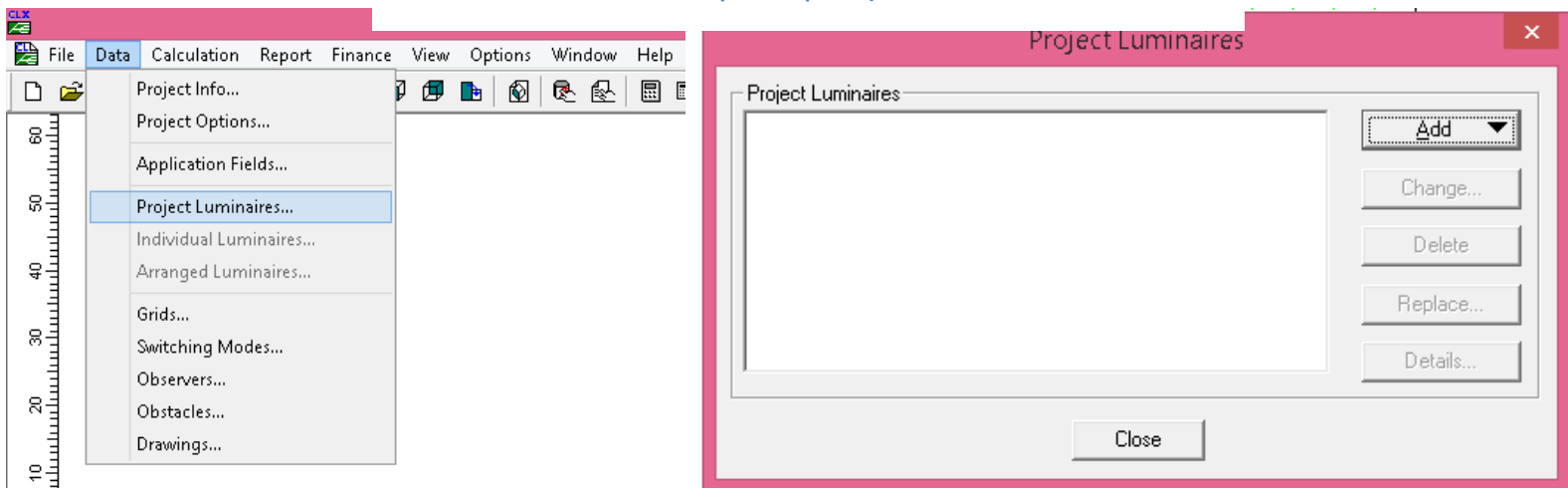
Εικόνα 19. Βασική Καρτέλα Έργου.

Φαίνεται στην Εικόνα 19 το γήπεδο με πολλά μικρά σημεία εντός του προς φωτισμό χώρου. Είναι τα διακριτά σημεία που αντιπροσωπεύουν τον χώρο του γηπέδου που πρόκειται να πάρει μέρος στους υπολογισμούς φωτισμού.

3.3.2.2. Βιβλιοθήκες φωτιστικών

Από το βασικό μενού και στις επιλογές της καρτέλας 'Data' ανοίγοντας την καρτέλα 'Project Luminaires' (φωτισμός έργου) μπορούμε μέσω της επιλογής Add που υπάρχει στο εμφανιζόμενο παράθυρο να κάνουμε εισαγωγή βιβλιοθήκης φωτιστικών ανάλογα με το έργο στο οποίο

Εικόνα 20. Καρτέλα Βιβλιοθηκών Φωτιστικών.



αναφέρεται η μελέτη.

Στην περίπτωση μας από τις κατηγορίες φωτισμού επιλέγουμε την βιβλιοθήκη flood lighting. Ως 'flood lights' ορίζονται τα φωτιστικά σώματα που προσφέρουν φωτισμό ευρείας δέσμης, διαχέουν το φως ομοιόμορφα προς το σημείο στο οποίο στοχεύουν χωρίς να αποτελούν οπτική ενόχληση για τον χρήστη, ενώ λόγω της ευρείας δέσμης που προσφέρουν μπορούν να καλύψουν μεγαλύτερη προς φωτισμό επιφάνεια. Για τον λόγο ότι δεν χρησιμοποιούν στοχευόμενη δέσμη φωτός 'Throw beam' συνήθως για να επιτευχθούν τα απαιτούμενα όρια φωτισμού χρησιμοποιούνται περισσότερα σώματα. Τέτοιου είδους φωτισμός είναι κατάλληλος για αγωνιστικούς χώρους και γενικότερα για εξωτερικούς χώρους που απαιτούν ομοιόμορφα διαχεόμενο φωτισμό.

Εισάγοντας την κατηγορία των flood lights προκύπτουν οι διαθέσιμες οικογένειες φωτιστικών που παράγει η κατασκευάστρια εταιρία του λογισμικού PHILLIPS. Επομένως θα δημιουργήσουμε μια μελέτη επιλέγοντας μια οικογένεια φωτιστικών δημιουργώντας σενάρια με διαφορετικά μοντέλα φωτιστικών καταλήγοντας στην βέλτιστη λύση.

3.3.2.3. Επιλογή Φωτιστικού

Αφού επιλέξαμε ως οικογένεια φωτιστικών την M/SNF 307 Επιλέγουμε ως κωδικό μοντέλου (που ανήκει στην οικογένεια αυτή) τον MNF307 .Τα φωτιστικά υπάρχουν με :

- Ένα μοντέλο εξωτερικού σκελετού (MNF307)
- Τρεις διαφορετικούς διανομείς (επιλέγουμε τονNB/41.0) ο οποίος μπορεί να φιλοξενήσει μια συγκεκριμένη έκδοση λάμπας , την
- Την HPI-T 2000W/400V.

Σημειώνεται ότι διαφορετική έκδοση διανομέα μπορεί να υποστηρίξει παραπάνω από ένα μοντέλα λαμπτήρα.

Add Project Luminaires

Family Name: Family Code:

Filter

Housing	Distributor	Nr. x Lamp
MNF307	MB/41.0	1 x HPI-T2000W/400V
	NB/41.0	
	NB/42.0	

Lamp

Ballast:

Colour:


Flux:

Maintenance Factors

Luminaire Type:

Lamp:

Picture



Selected Luminaire

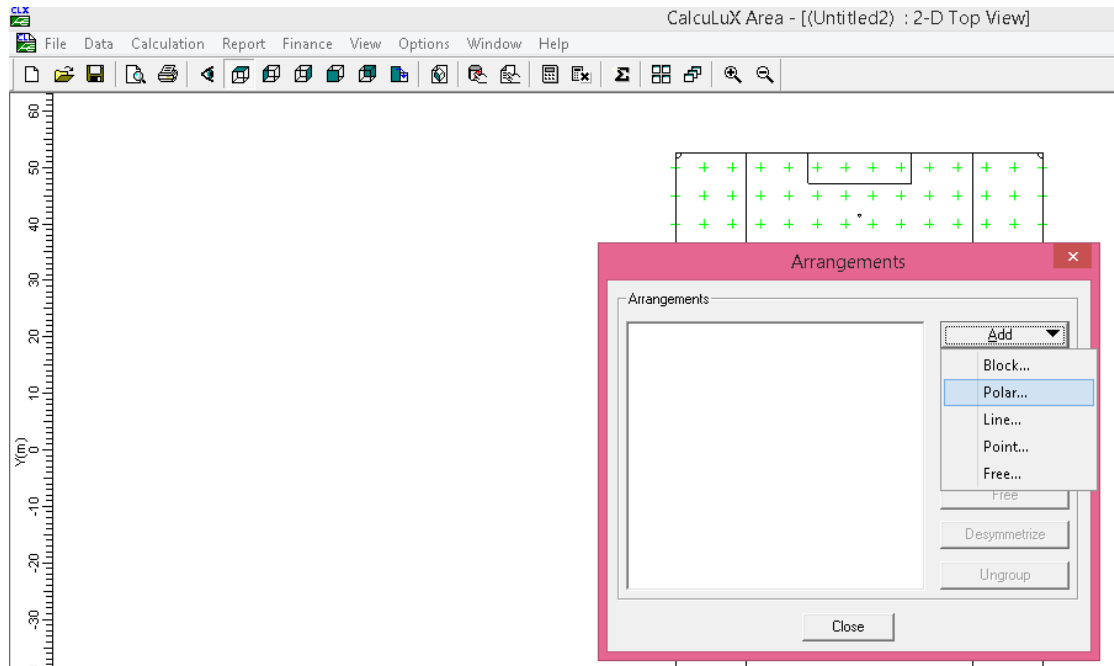
Reference Name:

Εικόνα 21. Καρτέλα Επιλεγμένου Φωτιστικού.

Όσον αφορά τις ρυθμίσεις ρύπανσης κατόπτρου και λαμπτήρα , χρησιμοποιούμε ως συντελεστή μονάδα καθώς ο προβολέας είναι στεγανότητας IP65 για νερό εκτοξευόμενο με πίεση και στεγανός σε σκόνη.

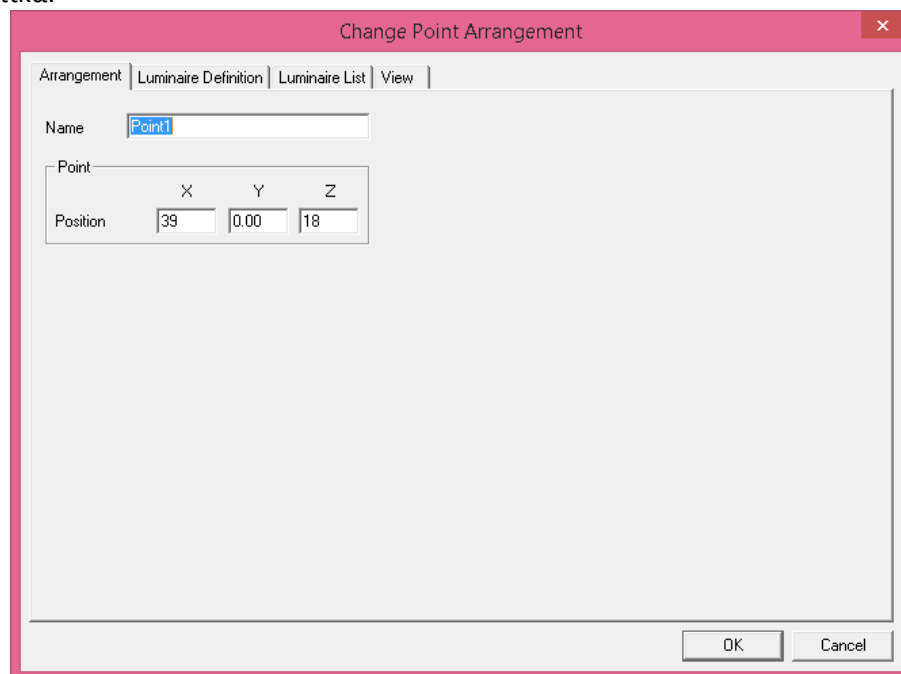
3.3.2.4. Τοποθέτηση Φωτιστικών

Μετά την επιλογή μοντέλου για να επιλέξουμε τρόπο τοποθέτησής τους από το βασικό μενού και την καρτέλα Data , επιλέγουμε 'Arranged luminaire' και εμφανίζεται στην Εικόνα 22.



Εικόνα 22. Καρτέλα Τρόπου τοποθέτησης Φωτιστικών.

Στην επιλογή Add επιλέγοντας Point προσθέτουμε ουσιαστικά ένα σημείο το οποίο ονομάζουμε αναλόγως και αποτελεί το πρώτο σημείο στο οποίο θα τοποθετηθεί πυλώνας για φωτιστικά.



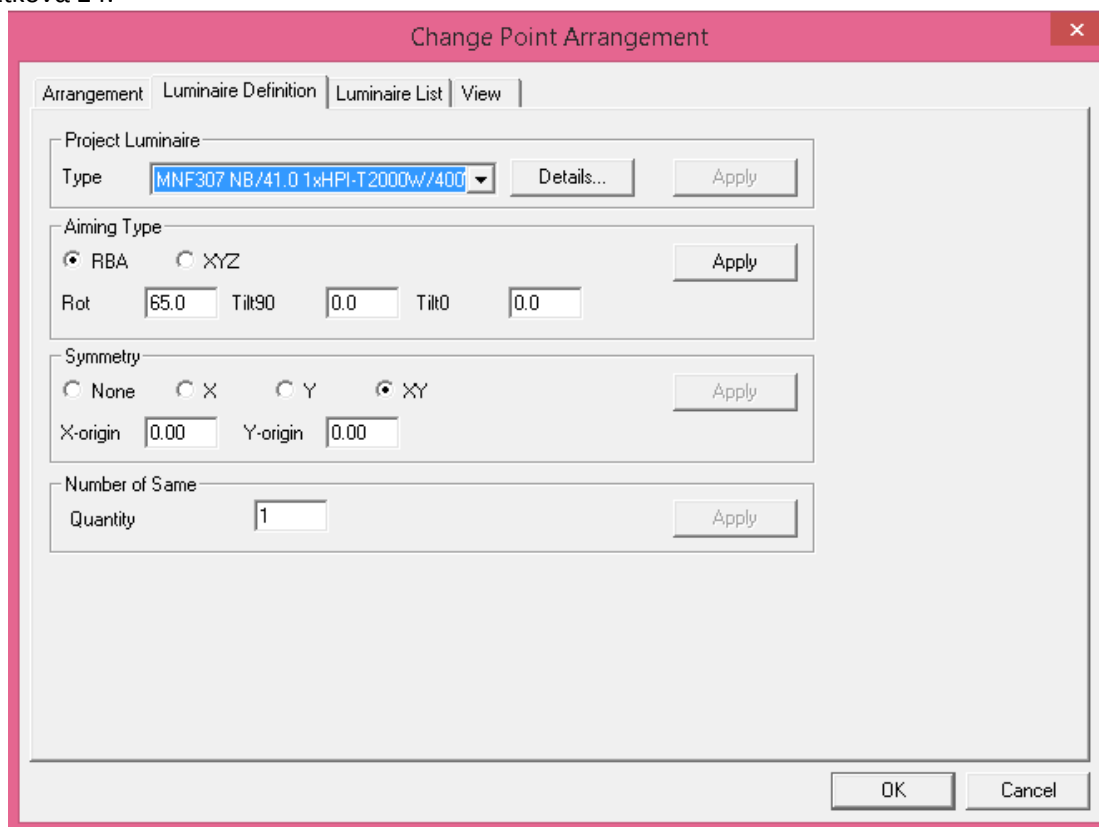
Εικόνα 23. Καρτέλα Συντεταγμένων Τοποθέτησης Φωτιστικών

Παρουσιάζεται στην Εικόνα 23 η οποία περιλαμβάνει με την σειρά της τρεις ακόμη. Στην πρώτη δηλώνουμε όνομα πυλώνα και συντεταγμένες στις οποίες θα τοποθετηθεί σύμφωνα

με την θέση του γηπέδου. Ουσιαστικά μέσω συντεταγμένων τοποθετούμε το φωτιστικό στο κατάλληλο ύψος και προσομοιώνουμε την ύπαρξη πυλώνα.

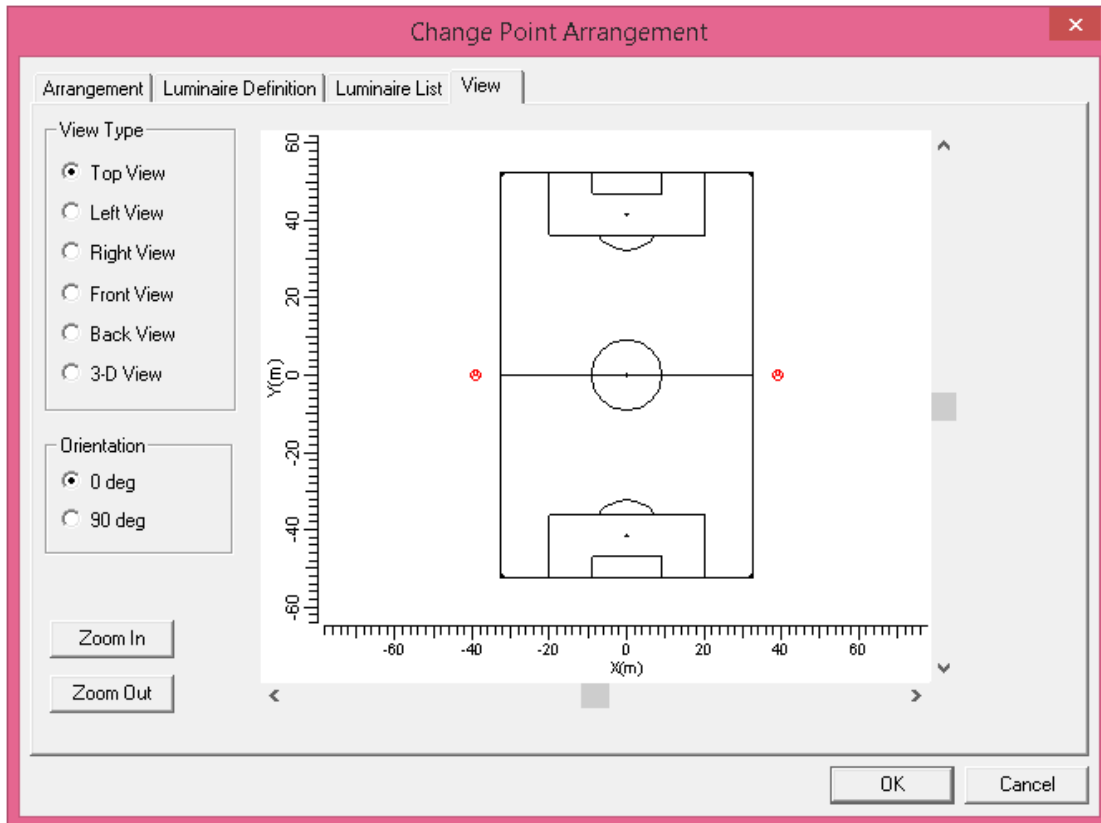
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 23 τοποθετούμε το φωτιστικό στο σημείο (39,0,18), δηλαδή σε μήκος 39 μέτρα από την αρχή του γηπέδου και σε ύψος 18 μέτρα.

Περνώντας στην δεύτερη καρτέλα 'Luminaire Definition' ρυθμίζουμε όπως φαίνεται στην Εικόνα 24.



Εικόνα 24. Τοποθέτηση Φωτιστικού.

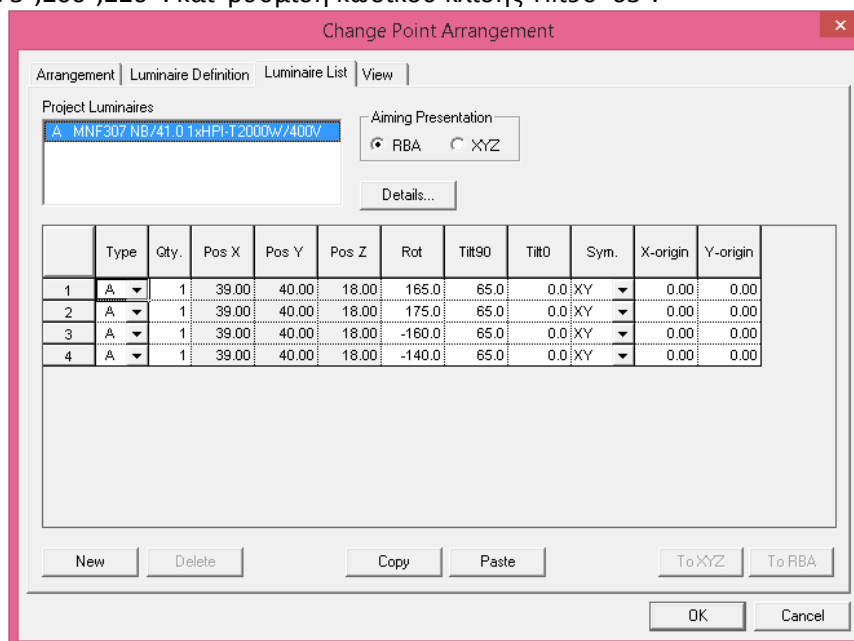
Στην καρτέλα 'Aiming type' ρυθμίζουμε τη συμμετρία τοποθέτησης κατά XY. Με τον τρόπο αυτό τοποθετώντας (προσομοιώνοντας) τους πυλώνες της μίας πλευράς του γηπέδου , αυτόματα τοποθετούνται πυλώνες συμμετρικά και από την άλλη πλευρά , κατά συμμετρία XY δηλαδή έχοντας τις ίδιες ρυθμίσεις και ιδιότητες. Ολοκληρώνοντας τις ρυθμίσεις στην καρτέλα 'view' (Εικόνα 25) παρουσιάζεται ο τρόπος τοποθέτησης του πυλώνα και του συμμετρικού του στην απέναντι πλευρά. Από τις συντεταγμένες των αξόνων επαληθεύεται ο τρόπος τοποθέτησης τους στα σημεία (39,0,18) και (-39,0-18).



Εικόνα 25. Τρόπος Τοποθέτησης πυλώνα στην αντιδιαμετρική πλευρά.

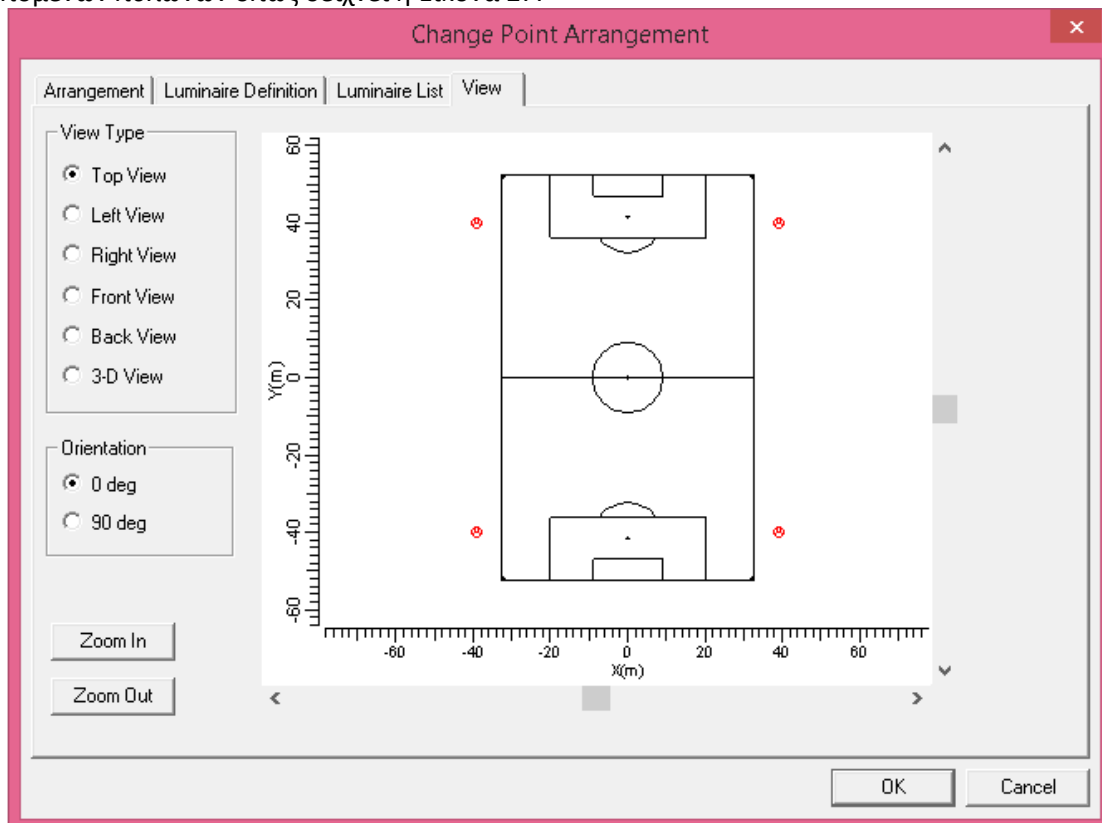
Πατώντας αποδοχή (OK) επιστρέφουμε στο μενού που αναλύσαμε στην παράγραφο 3.3.2.4. Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία (πατώντας Add) και προσθέτουμε νέο πυλώνα φωτισμού με την ονομασία Point 2 και πραγματοποιούμε τις παρακάτω ρυθμίσεις.

- Τοποθέτηση στα σημεία (39,40,18) και συμμετρικό κατά XY ((-39,-40,-18).
- Επιλογή RBA
- Δημιουργία 4 προβολών στο μενού Luminaire list tab με προσανατολισμούς 165°,175°,200°,220°. και ρύθμιση κωδικού κλίσης Tilt90=65°.



Εικόνα 26. Τελικές Θέσεις Φωτιστικών.

Και αντίστοιχα επιλέγοντας στην καρτέλα view, προκύπτει η κάτοψη τοποθέτησης των επόμενων πυλώνων όπως δείχνει η Εικόνα 27.

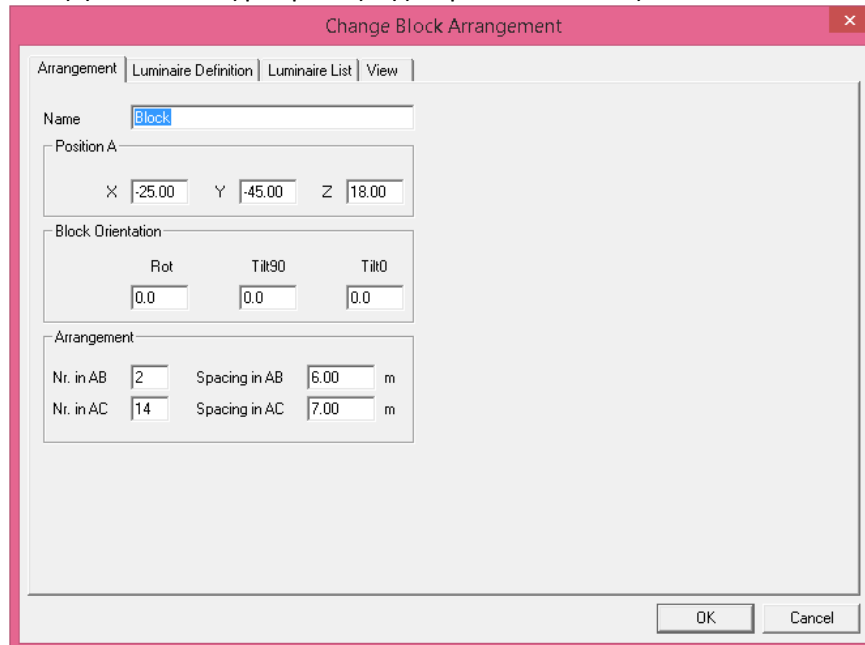


Εικόνα 27. Κάτοψη Τοποθέτησης πυλώνων γηπέδου ποδοσφαίρου.

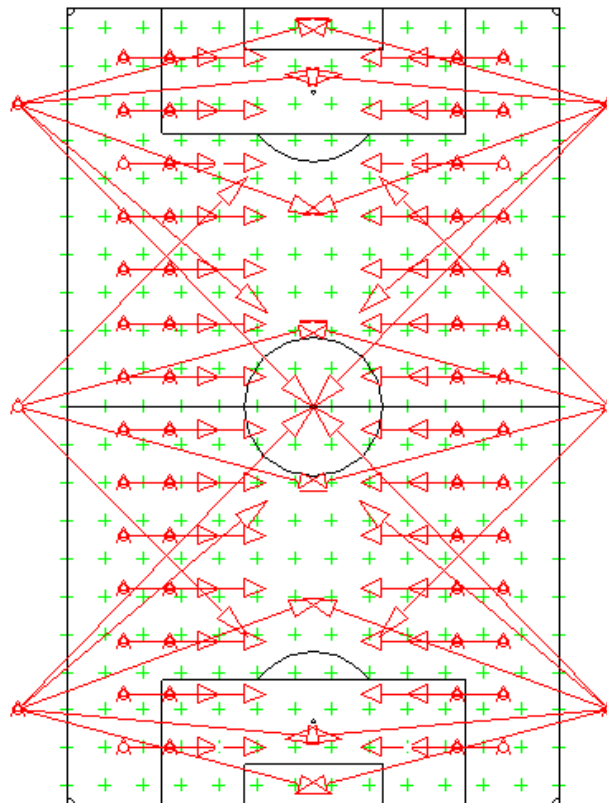
Συνοψίζοντας το γήπεδο έχει συνολικά σε κάθε πλευρά τρεις πυλώνες και συνολικά 30 φωτιστικά που φαίνονται τοποθετημένα στην Εικόνα 29. Διακρίνονται επίσης και τα ξεχωριστά στηριζόμενα φωτιστικά που βρίσκονται πάνω απ το γήπεδο. Όσον αφορά τα εν λόγω φωτιστικά σώματα, δημιουργήσαμε δυο διαφορετικά σενάρια τοποθέτησης τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

3.3.2.4.1. Σενάριο τοποθέτησης 1

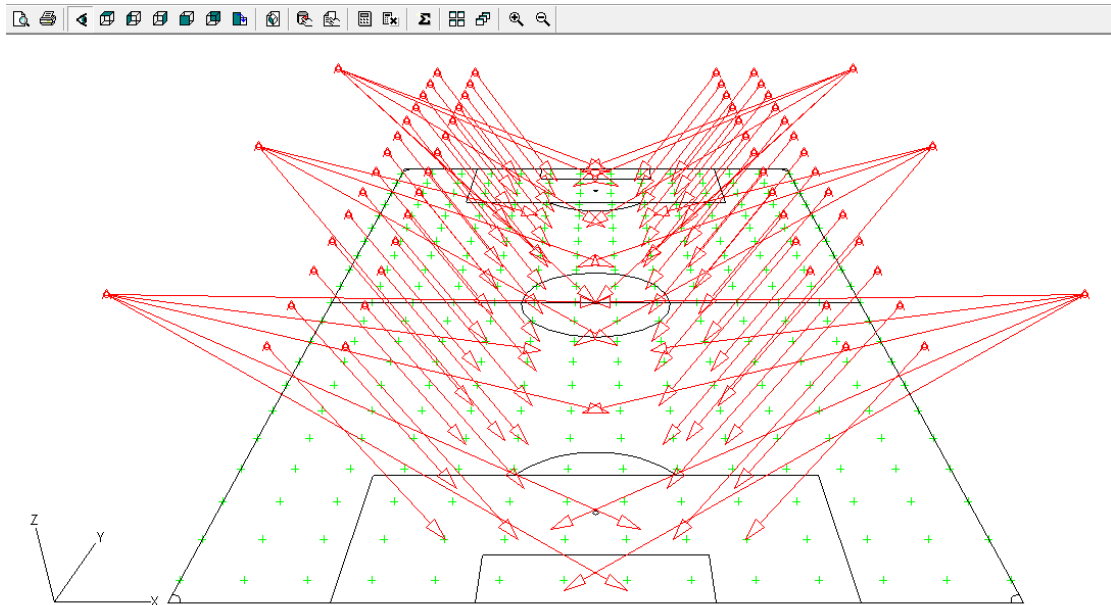
Κατά το σενάριο αυτό υποθέτουμε ότι υπάρχουν πλευρικά στηρίγματα κατά μήκος των πλάγιων γραμμών του γηπέδου (αναφερόμαστε στις πλευρές 105 μέτρων), στις οποίες τοποθετούνται φωτιστικά τύπου MNF307/NB 2000W/400V. Τοποθετούνται 28 φωτιστικά σε κάθε πλευρά, έχοντας ανά δύο φωτιστικά κάθε ομάδα 6 μέτρα κατά πλάτος και 7 μέτρα κατά μήκος όπως φαίνεται στις ρυθμίσεις της παρακάτω εικόνας.



Εικόνα 28. Ρύθμιση αποστάσεων τοποθέτησης Φωτιστικών.



Εικόνα 29. Συνολική Κάτοψη Φωτιστικών γηπέδου.



Εικόνα 30 Συνολική Κάτοψη Φωτιστικών γηπέδου.

Έχοντας ήδη δημιουργήσει την προσομοίωση φωτισμού του γηπέδου , πραγματοποιούμε τους υπολογισμούς του φωτισμού χώρου, ώστε να προκύψει ένα διάγραμμα επάνω στον αγωνιστικό χώρο που θα μετράει τον φωτισμό (σε Lux), που βρίσκεται στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων.

Παράλληλα δημιουργείται και ένας συγκεντρωτικός πίνακας που μας δείχνει τις τιμές φωτισμού (σε Lux)σε διάφορα σημεία του γηπέδου, βάσει συντεταγμένων και θα αναλυθεί στο κεφάλαιο αποτελεσμάτων.

CalcuLuX Area - [(γηπεδοοοοακριανα) Football : Textual Table]

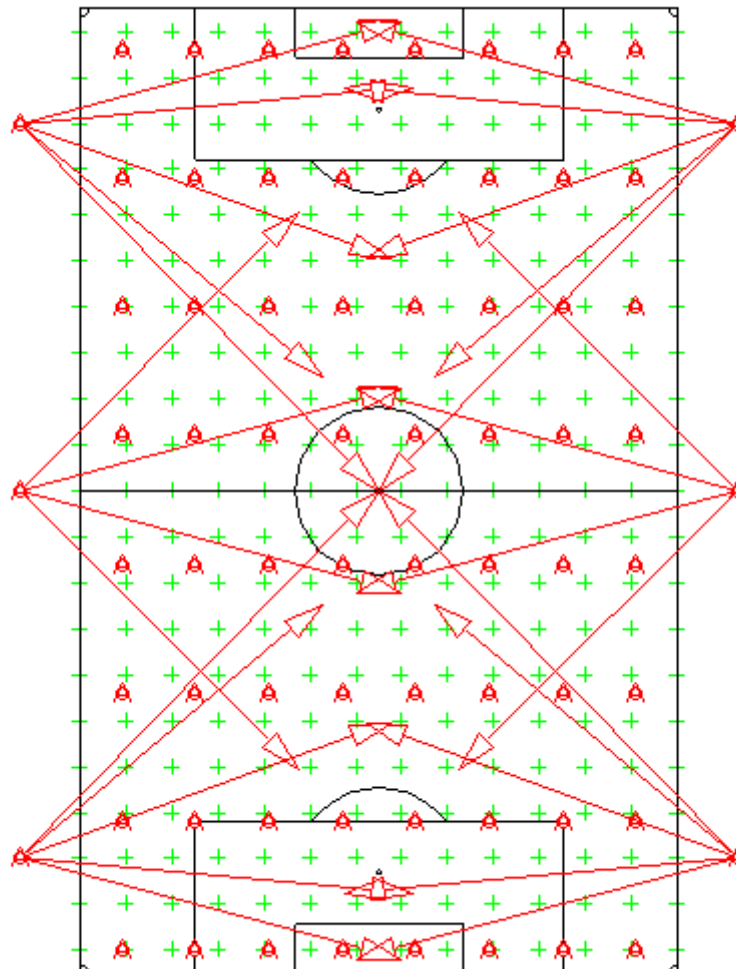
X (m) Y (m)	-32.50	-27.50	-22.50	-17.50	-12.50	-7.50	-2.50	2.50	7.50	12.50	17.50	22.50	27.50	32.50
50.00	317	469	620	759	867	736	518	541	803	940	791	646	495	339
45.00	490	696	898	1111	1314	1109	712	732	1159	1371	1141	925	726	510
40.00	626	880	1114	1377	1624	1360	868	885	1394	1659	1403	1135	898	639
35.00	689	975	1243	1530	1806	1512	988	997	1530	1827	1552	1257	984	694
30.00	701	994	1300	1625	1913	1623	1082	1082	1625	1926	1638	1309	999	700
25.00	701	1008	1338	1687	1983	1703	1152	1151	1704	1986	1697	1349	1013	702
20.00	741	1074	1415	1750	2041	1752	1217	1221	1754	2039	1754	1423	1083	749
15.00	849	1177	1514	1811	2085	1803	1275	1278	1806	2088	1814	1527	1192	865
10.00	1076	1377	1640	1915	2151	1858	1319	1314	1855	2158	1919	1654	1394	1105
5.00	1301	1600	1759	1985	2193	1877	1336	1339	1878	2190	1987	1762	1611	1318
0.00	1379	1686	1810	1998	2190	1859	1336	1338	1861	2189	1998	1809	1686	1379
-5.00	1318	1611	1762	1984	2190	1875	1340	1337	1874	2194>	1982	1760	1598	1300
-10.00	1104	1395	1654	1921	2157	1860	1315	1315	1859	2150	1917	1641	1380	1077
-15.00	866	1191	1524	1814	2085	1805	1276	1276	1805	2081	1813	1510	1176	850
-20.00	748	1083	1426	1751	2042	1752	1220	1218	1753	2042	1748	1418	1075	739
-25.00	701	1009	1346	1693	1985	1702	1154	1150	1697	1983	1684	1338	1006	701
-30.00	699	997	1305	1637	1921	1626	1078	1080	1622	1909	1622	1295	989	698
-35.00	690	977	1248	1541	1816	1520	990	983	1501	1790	1519	1232	968	685
-40.00	633	887	1116	1374	1628	1367	871	853	1328	1587	1345	1093	866	618
-45.00	501	706	891	1096	1309	1115	710	685	1060	1249	1063	864	679	479
-50.00	327	470	605	732	859	737	514	492	675	788	701	578	445	305<

Εικόνα 31.Πίνακας μετρήσεων φωτεινότητας

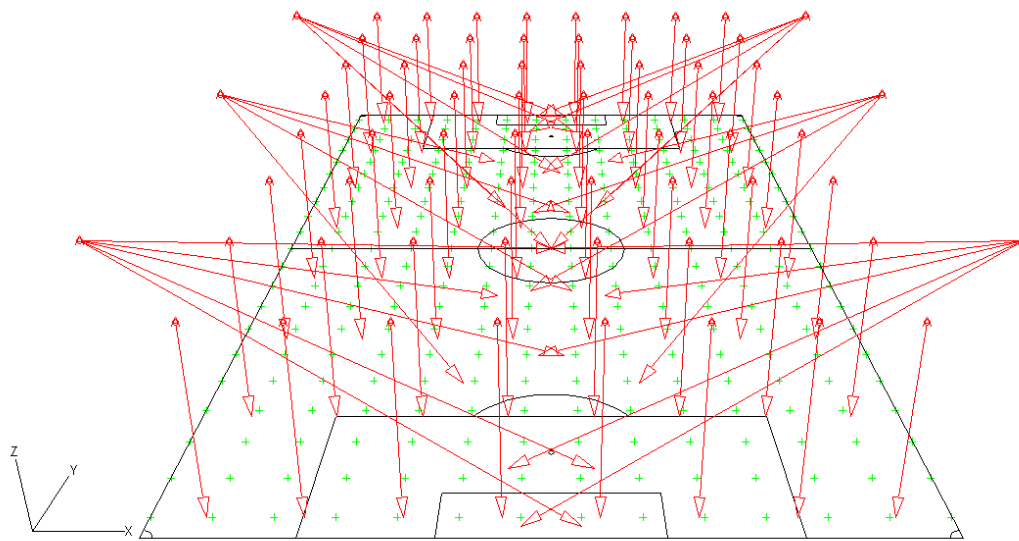
Παρατηρούμε ότι Συνολικά στα περισσότερα σημεία ο φωτισμός είναι επαρκής όμως λόγω ύψους ίσως από το σχήμα φαίνεται ότι δεν είναι πλήρως ομαλά κατανομημένος στον χώρο αφού μερικά σημεία παρουσιάζουν φωτισμό τοπικά άνω των 400 (Lux). Για να διορθώσουμε το πρόβλημα μπορούμε να κάνουμε αλλαγές στην τοποθέτηση των φωτιστικών όπως στην γωνία περιστροφής η στην κλίση που έχουν προς τον αγωνιστικό χώρο. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα όπως θάμβωση στους χρήστες ή ακόμα πιο εστιασμένο φωτισμό. Για τον λόγο αυτό μπορούμε να επέμβουμε στο ύψος των πυλώνων και να δούμε τα αποτελέσματα. Αυξανουμε το ύψος από 18 σε 20 μέτρα και λαμβάνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα.

3.3.4.2.2. Σενάριο τοποθέτησης 2

Στο δεύτερο σενάριο τοποθέτησης επιλέχθηκε να τοποθετηθεί ένα πλέγμα φωτιστικών ιδίου τυπου με τα φωτιστικά του πρώτου σεναρίου σε ύψος 18 μέτρων επάνω από το γήπεδο εκτός από τους ήδη τοποθετημένους πυλώνες. Τοποθετήθηκαν συνολικά 64 φωτιστικά που καλύπτουν σχεδόν όλη τον κάτοψη του γηπέδου όπως φαίνεται στην



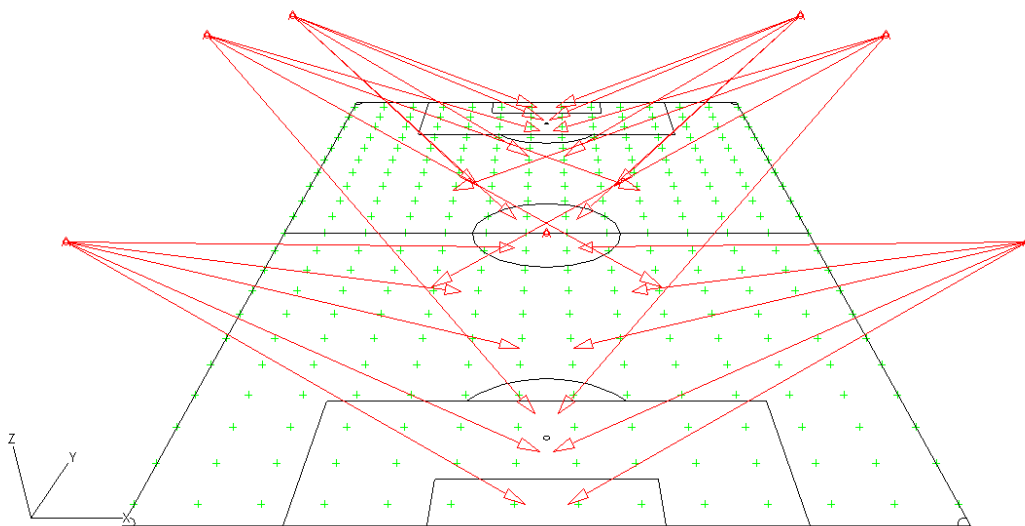
Εικόνα 32. Τοποθέτηση φωτιστικών



Εικόνα 33. Τρισδιάστατη απεικόνιση

Αξίζει να σημειωθεί ότι επάνω στους πυλώνες ήταν σχετικά δύσκολη η τοποθέτηση μεγάλου αριθμού φωτιστικών του συγκεκριμένου μοντέλου λόγω του μεγέθους και της γεωμετρίας τους που είναι ορθογώνια. Εναλλακτικά τοποθετούμε φωτιστικά τύπου MVF/403 CAT-A5 2Kw/400V. Για την εισαγωγή αυτού του τύπου φωτιστικών, δημιουργούμε σε κάθε πυλώνα σειρές φωτιστικών οι οποίες περιλαμβάνουν πέντε φωτιστικά έκαστη. Στην περίπτωση αυτή το γήπεδο θα έχει 180 φωτιστικά τέτοιου τύπου.

3.3.4.2.3. Σενάριο τοποθέτησης 3

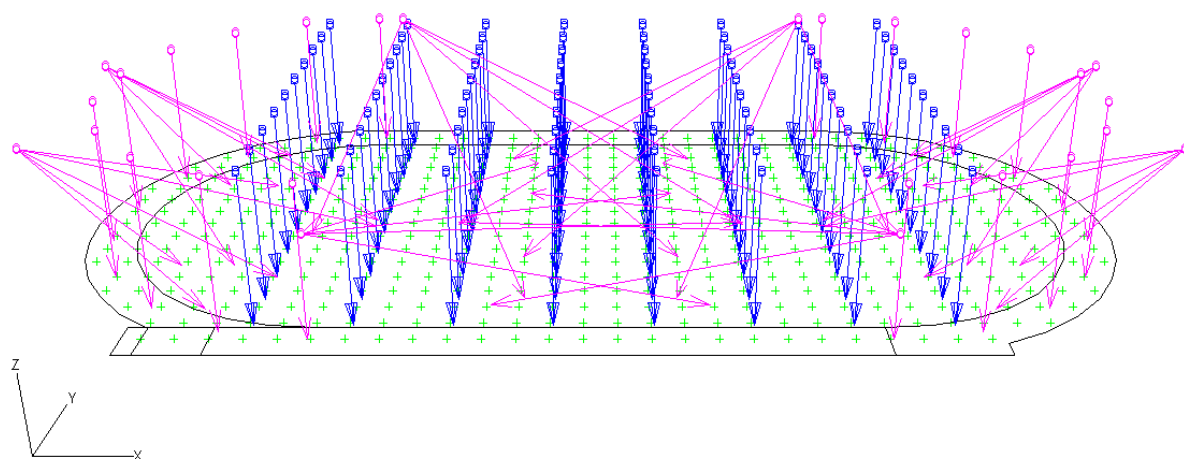


Εικόνα 34. Τοποθέτηση φωτιστικών μόνο στους πυλώνες

3.4. Μελέτη περίπτωσης δεύτερη- Φωτισμός στάδιο με στίβο και ενδιάμεσο αγωνιστικό χώρο.

Το παρόν σενάριο αφορά στάδιο ολυμπιακών προδιαγραφών που περιλαμβάνει περιμετρικό στίβο. Αποτελεί ένα σενάριο σχεδόν παρόμοιο με το γήπεδο ποδοσφαίρου. Στην παρούσα περίπτωση χρειαζόμαστε επαρκή φωτισμό (άνω των 2000lux) και σε κάθε σημείο του στίβου ομοιόμορφα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι στη μεγαλύτερη επιφάνειά του ο αγωνιστικός χώρος θα πρέπει να έχει αρκετά κοντινές τιμές φωτεινότητας.

Για να επιτευχθεί η ομοιομορφία πέραν από την ρύθμιση στις κατευθύνσεις των φωτιστικών, αυτά τοποθετήθηκαν σε αρκετά μεγάλο ύψος, 22 μέτρα στους πυλώνες και 25 τα φωτιστικά των ημικυκλίων καθώς και τα ενδιάμεσα. ΜΕ τον συγκεκριμένο τρόπο τοποθέτησης εκμεταλλευόμαστε την ενδιάμεση απόσταση λειτουργίας των φωτιστικών στην οποία το κάθε ένα προσφέρει φωτεινή ροή χωρίς μεγάλες αποκλίσεις λόγω διαφορετικής κατεύθυνσης τοποθέτησης.



Εικόνα 35. Τρισδιάστατη τοποθέτηση φωτιστικών σωμάτων στο στάδιο

Στο παρόν έργο παρατηρούνται τρεις διαφορετικοί τρόποι τοποθέτησης φωτιστικών σωμάτων.

- Φωτιστικά σε πυλώνες
- Φωτιστικά σε διάταξη μπλόκ
- Φωτιστικά που καλύπτουν κατά μήκος τα δυο πλευρικά τόξα

Η τοποθέτηση σε διάταξη μπλόκ (ομοιόμορφη τοποθέτηση κατά x, y, z σε όλη την κάλυψη του γηπέδου και μέχρι τα όρια που επιθυμούμε έγινε μέσω της επιλογής 'arranged luminaires' → insert block) από την καρτέλα Data.

Στην συνέχεια δηλώνουμε αποστάσεις μεταξύ φωτιστικών κατά άξονα x και κατά άξονα y , αριθμό φωτιστικών καθώς και τον χώρο (σε μέτρα) που θέλουμε να καλύπτουν κατά τους δυο άξονες. Έμμεσα δηλώνουμε το εμβαδό κάλυψης των φωτιστικών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 35.

Change Block Arrangement ✕

Arrangement | Luminaire Definition | Luminaire List | View

Name:

Position A

X: Y: Z:

Block Orientation

Rot: Tilt90: Tilt0:

Arrangement

Nr. in AB: Spacing in AB: m

Nr. in AC: Spacing in AC: m

OK Cancel

Εικόνα 36. Ρυθμίσεις τοποθέτησης φωτιστικών σε μπλόκ

Change Block Arrangement ✕

Arrangement | Luminaire Definition | Luminaire List | View

Project Luminaires

A SNF100 /4 1xMHN-TD150w
B SNF307 NB/42.0 1xSON-T1000w
 C MNF307 MB/41.0 1xHPI-T2000w/230v
 D MVF406 CAT-A2 1xMHN-SA1800w/400

Aiming Presentation
 RBA XYZ

Details...

	Type	Qty.	Pos X	Pos Y	Pos Z	Rot	Tilt90	Tilt0	Sym.	X-origin	Y-origin
1	B	1	-52.00	-35.70	25.00	0.0	0.0	0.0	NONE	0.00	0.00
2	B	1	-37.00	-35.70	25.00	0.0	0.0	0.0	NONE	0.00	0.00
3	B	1	-22.00	-35.70	25.00	0.0	0.0	0.0	NONE	0.00	0.00
4	B	1	-7.00	-35.70	25.00	0.0	0.0	0.0	NONE	0.00	0.00
5	B	1	8.00	-35.70	25.00	0.0	0.0	0.0	NONE	0.00	0.00
6	B	1	23.00	-35.70	25.00	0.0	0.0	0.0	NONE	0.00	0.00
7	B	1	38.00	-35.70	25.00	0.0	0.0	0.0	NONE	0.00	0.00
8	B	1	53.00	-35.70	25.00	0.0	0.0	0.0	NONE	0.00	0.00
9	B	1	-52.00	-27.70	25.00	0.0	0.0	0.0	NONE	0.00	0.00
10	B	1	-37.00	-27.70	25.00	0.0	0.0	0.0	NONE	0.00	0.00
11	B	1	-22.00	-27.70	25.00	0.0	0.0	0.0	NONE	0.00	0.00

New Delete Copy Paste ToXYZ ToRBA

OK Cancel

Εικόνα 37. Ρυθμίσεις κατευθύνσεων τοποθετημένων φωτιστικών

3.5. Μελέτη περίπτωσης τρίτη – Φωτισμός Δρόμου δυο κατευθύνσεων

Ο βασικός σκοπός του οδικού φωτισμού είναι η παροχή ασφάλειας στους οδηγούς που κινούνται στους δρόμους αφού η οδήγηση, ειδικά τη νύχτα, κρύβει πολλές παγίδες και πολλούς κινδύνους. Η συνεχώς αυξανόμενη κίνηση στο οδικό δίκτυο κατά τη διάρκεια της νύχτας, έχει οδηγήσει στον τριπλασιασμό των ατυχημάτων συγκριτικά με εκείνων που σημειώνονται την ημέρα. Ο βασικός λόγος αυτής της αρνητικής εξέλιξης είναι η μειωμένη ορατότητα αλλά και η κόπωση, οδηγών και πεζών, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των αντανακλαστικών τους, με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να αντιληφθούν τα εμπόδια και τους κινδύνους του οδοστρώματος. Επίσης, η πρόοδος της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην κατασκευή πολύ γρήγορων οχημάτων με αποτέλεσμα η ασφάλεια των επιβατών τους να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αντίδραση του οδηγού. Συνεπώς, πρέπει να εξασφαλίζεται ικανοποιητικός τεχνητός φωτισμός, έτσι ώστε ο οδηγός θα είναι σε θέση να διακρίνει έγκαιρα τα τυχόν εμπόδια που θα εμφανιστούν στην πορεία του και θα έχει τον απαραίτητο χρόνο να αντιδράσει με σωστό και αποτελεσματικό τρόπο. Γενικά υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι προσέγγισης για την σχεδίαση του φωτισμού ενός δρόμου:

- η μέθοδος της μέσης έντασης φωτισμού και
- η μέθοδος της λαμπρότητας.

Η πρώτη μέθοδος, η οποία είναι η επικρατούσα στις ΗΠΑ, στηρίζεται στην υπόθεση ότι παρέχοντας ένα συγκεκριμένο επίπεδο έντασης φωτισμού στο οδόστρωμα και κατάλληλη ομοιομορφία, μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητική ορατότητα. Η δεύτερη μέθοδος, η οποία είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στην Ευρώπη, στηρίζεται στην υπόθεση ότι η ορατότητα συνδέεται με την λαμπρότητα του οδοστρώματος και των αντικειμένων πάνω στο οδόστρωμα.

Κατά τα βρετανικά πρότυπα (BS 5489) διαμορφώνονται κλάσεις οδικού φωτισμού, ανάλογα με το είδος και την κατάσταση της οδού και φαίνονται στον Πίνακα 4, ενώ αφορούν διαμήκη τμήματα οδών.

ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΙ	
Πυκνότητα κυκλοφορίας	Κλάση φωτισμού
Υψηλή	M1
Μέση	M2
Χαμηλή	M3
Διαχωρισμένες οδοί ταχείας κυκλοφορίας	
Έλεγχος/ διαχωρισμός κυκλοφορίας	Κλάση φωτισμού
Φτωχός	M1
Καλός	M2
Κύριες και δευτερεύουσες αστικές αρτηρίες	
Έλεγχος/ διαχωρισμός κυκλοφορίας	Κλάση φωτισμού
Φτωχός	M2
Καλός	M3
Συλλεκτήρες και τοπικές αστικές οδοί	
Έλεγχος/ διαχωρισμός κυκλοφορίας	Κλάση φωτισμού
Φτωχός	M4
Καλός	M5

Πίνακας 4. Κλάσεις Φωτισμού Δρόμων κατά τα Βρετανικά πρότυπα.

Βάσει των κλάσεων φωτισμού προκύπτει ο Πίνακας 5 που τις ορίζει.

Κλάση φωτισμού	Μέση λαμπρότητα $L_{av}(cd/m^2)$	Συνολική Ομοιομορφία $U_o (L_{min}/L_{av})$	Αρχικό TI (θάμβωση)	Διαμήκης ομοιομορφία $U_L(L_{min}/L_{max})$	Λαμπρότητα περιβάλλοντος χώρου SR
	Για όλες τις οδούς.	Για όλες τις οδούς.	Για όλες τις οδούς.	Για οδούς χωρίς/με λίγους κόμβους	Για οδούς με διαβάσεις πεζών
M1	>2,0	>0,4	<10%	>0,7	>0,5
M2	>1,5	>0,4	<10%	>0,7	>0,5
M3	>1,0	>0,4	<10%	>0,5	>0,5
M4	>0,75	>0,4	<15%	-	-
M5	>0,5	>0,4	<15%	-	-

Πίνακας 5. Κλάσεις Ορισμού Φωτισμού.

Επομένως τα επιτρεπτά όρια φωτισμού για κάθε κατηγορία δρόμου φαίνονται στον Πίνακα 6.

ΕΙΔΟΣ ΟΔΟΥ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ (LUX)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΣ		9	1:3
ΤΑΧΕΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	ΜΕΓΑΛΗ	14	1:3
	ΜΕΤΡΙΑ	12	
	ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	9	
ΚΥΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ	17	1:3
	ΜΕΤΡΙΑ	13	
	ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	9	
ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ	12	1:4
	ΜΕΤΡΙΑ	9	
	ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	6	
ΤΟΠΙΚΗ	ΜΕΓΑΛΗ	9	1:6
	ΜΕΤΡΙΑ	7	
	ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	4	

Πίνακας 6. Επιτρεπτά όρια φωτισμού για κάθε κατηγορία δρόμου.

3.5.1. Φωτιστικά Σώματα Δρόμων

Το φωτιστικό σώμα αποτελεί ουσιαστικά τη συσκευή φωτισμού, καθώς περιέχει τη φωτεινή πηγή, όπως και διατάξεις υποβοήθησης των οπτικών χαρακτηριστικών. Τα βασικά στοιχεία που αποτελούν το φωτιστικό σώμα είναι η φωτεινή πηγή, στοιχείο που αναλύθηκε στην προηγούμενη Υποπαράγραφο, ο ανακλαστήρας, το διαφανές κάλυμμα της διάταξης και το σώμα. Οι λαμπτήρες εκκένωσης και φθορισμού απαιτούν και συσκευές ελέγχου της τάσης του ρεύματος, οι οποίες συνήθως τοποθετούνται και αυτές μέσα στο φωτιστικό σώμα. Ο ανακλαστήρας χρησιμεύει στη συγκέντρωση της φωτεινής ακτινοβολίας και κατεύθυνσή της προς την επιθυμητή περιοχή φωτισμού. Κατασκευάζεται από αλουμίνιο. Όσον αφορά το διαφανές κάλυμμα, αυτό κατασκευάζεται από γυαλί ή πλαστικό (μόνο γυαλί για υψηλή ισχύ λαμπτήρα), και μπορεί να είναι επίπεδου (arff), ημί-εξέχοντος (semi-cutof), ή εξέχοντος (non-cutoff) τύπου, ανάλογα με το αν επιθυμείται διασπορά του φωτός και επάνω από τη γωνία

των 90°, δηλαδή επάνω από το ύψος του σώματος. Όταν κάτι τέτοιο δεν αποτελεί πρόβλημα, το διαφανές κάλυμμα είναι εξέχοντος τύπου, δηλαδή επεκτείνεται προς τα κάτω, και μπορεί να είναι πρισματικό, ώστε να λειτουργεί σαν διαθλαστήρας για έλεγχο και ανακατανομή του φωτός. Όταν η διασπορά άνω των 90° είναι ανεπιθύμητη, εφαρμόζεται επίπεδο κάλυμμα από καθαρά διαφανές υλικό.

3.5.2. Στήριξη φωτιστικών σωμάτων

Για την τοποθέτηση του φωτιστικού σώματος στο επιθυμητό σημείο χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις πρόσθετες διατάξεις στήριξης. Ωστόσο, δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις όπου το φωτιστικό σώμα στηρίζεται είτε σε υπάρχοντες στύλους ή κατασκευές, με τη χρήση απλώς ενός βραχίονα, είτε απευθείας, χωρίς βραχίονα, όπως σε σήραγγες. Στις περιπτώσεις ολοκληρωμένης διάταξης στήριξης, αυτή αποτελείται συνήθως από δύο επιμέρους τμήματα, **το στύλο** και **το βραχίονα**.

Τα **υλικά κατασκευής** ενός συνήθους **στύλου** ηλεκτροφωτισμού είναι το αλουμίνιο και ο γαλβανισμένος ή ανοξείδωτος χάλυβας. Για την προστασία του υλικού πολλές φορές ο στύλος βάφεται ή επικαλύπτεται από ειδικές πλαστικές επικαλύψεις. Επίσης, πολλές φορές χρησιμοποιείται και το οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο, όμως, αντιμετωπίζει προβλήματα διάβρωσης, ειδικά σε παραθαλάσσιες περιοχές. Οι **διατομές** των στύλων μπορεί να είναι κυκλικές, σταθερής ή μεταβλητής διαμέτρου, ή πολυγωνικές, εκτός των στύλων από σκυρόδεμα που είναι πάντα κυκλικής διατομής. Για τη **στήριξή** τους, οι στύλοι από σκυρόδεμα εμπύγνυνται στο έδαφος, ενώ οι μεταλλικοί κοχλιώνονται σε βάση από σκυρόδεμα.

Το ύψος τοποθέτησης του φωτιστικού σώματος, και κατ' επέκταση το ύψος του στύλου, επηρεάζει τα φωτεινά χαρακτηριστικά του παραγόμενου φωτισμού, καθώς και το εύρος της φωτιζόμενης περιοχής. Μεγαλύτερα ύψη προσφέρουν μεγαλύτερη και πιο ομοιόμορφη κάλυψη, καθώς και μείωση της θάμβωσης, αλλά χαμηλότερη φωτεινότητα. Χαμηλότερα ύψη οδηγούν σε μεγαλύτερο πλήθος φωτιστικών σωμάτων και σε τοποθέτηση πιο κοντά στο οδόστρωμα. Το σύνηθες **ύψος** των στύλων ηλεκτροφωτισμού κυμαίνεται στα 9-15 m, ενώ για υψηλούς ιστούς εφαρμόζονται πολύ μεγάλα ύψη, της τάξης των 30 m και άνω. Παράγοντες που μπορεί να περιορίζουν το ύψος είναι η ύπαρξη υπέργειων γραμμών κοινής ωφέλειας, παράπλευρα αεροδρόμια και η τοποθέτηση μέσα σε κατοικημένες περιοχές.

Οι προαναφερθέντες **υψηλοί ιστοί** δεν είναι απλώς πολύ ψηλά τοποθετημένα φωτιστικά σώματα, αλλά μία διαφορετική αντίληψη φωτισμού. Με τη χρήση τέτοιων ιστών αρκεί η τοποθέτηση λίγων στύλων, και όχι απαραίτητα κοντά στο οδόστρωμα, για τον ομοιόμορφο φωτισμό μίας εκτεταμένης περιοχής, σε αντίθεση με το συνήθη γραμμικό φωτισμό των οδών. Φωτισμός επί υψηλών ιστών ενδείκνυται σε περιπτώσεις κόμβων, ισόπεδων και ανισόπεδων, σε σταθμούς διοδίων και στάθμευσης, σε οδούς με πολύ μεγάλα πλάτη και πολλές λωρίδες κυκλοφορίας, και εν γένει όπου απαιτείται ο φωτισμός ή η ορατότητα μίας εκτεταμένων διαστάσεων περιοχής, ενώ αντενδείκνυται για κατοικημένες περιοχές, όπου μπορεί να είναι ενοχλητικός.

Ο **βραχίονας στήριξης** του φωτιστικού σώματος αποτελεί, συνήθως, ξεχωριστό τεμάχιο από το στύλο, και στηρίζεται στην κορυφή του. Μπορεί να είναι ευθύγραμμος ή με καμπύλη, οριζόντιος ή ελαφρά κεκλιμένος. Το μήκος του κυμαίνεται από 1,2-4,5 m, ανάλογα με την απόσταση του στύλου από το οδόστρωμα και την επιθυμητή θέση του φωτιστικού σώματος σε σχέση με αυτό. Τέλος, οι βραχίονες μπορεί να είναι μονοί ή διπλοί (μονοπροέχοντες ή αμφιπροέχοντες).



Εικόνα 38. Εικόνες Επαρκούς Φωτισμού Δρόμων.

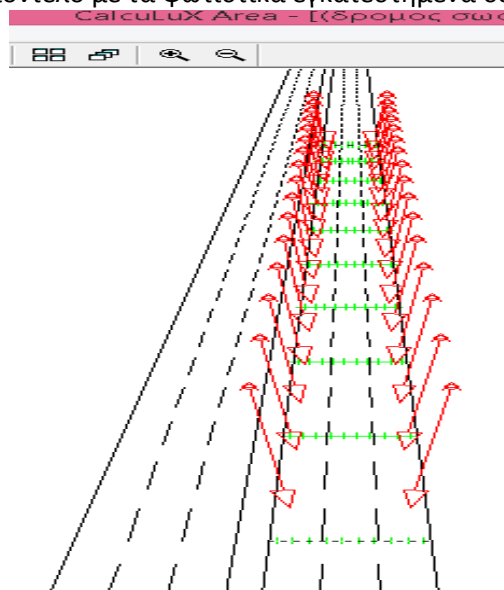
3.5.3. Μελέτη Δρόμου Ταχείας Κυκλοφορίας

Επιλέξαμε ένα σενάριο οδικού δικτύου με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Κύρια οδός ταχείας κυκλοφορίας
- Δυο κατευθύνσεων με διαχωριστική νησίδα
- Τρεις λωρίδες ταχύτητας ανά κατεύθυνση
- Πλάτος 7,5μέτρα
- Πλάτος διαχωριστικού 1,5μέτρο
- Μήκος οδού 160μέτρα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στοχευμένα επιλέχθηκε μήκος δρόμου 160 μέτρα καθώς σε διάφορες προσομοιώσεις που έγιναν διαπιστώθηκε ότι σε μικρότερο μήκος δρόμου η προσομοίωση παρουσίαζε σχετική αστάθεια στα αποτελέσματά της αφού λόγω μικρού μήκους της οδού δεν είχαν δοθεί τα κατάλληλα περιθώρια στο λογισμικό να διαδώσει σε όλα τα δυνατά μήκη και πλάτη του δρόμου το φως από κάθε ένα εγκατεστημένο φωτιστικό. Ειδικότερα, κάθε φωτιστικό διαχέει την φωτεινότητα του μέχρι μια μέγιστη δυνατή απόσταση(που εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους). Σε περίπτωση που η απόσταση του οδικού δικτύου που προσομοιώνεται είναι μικρότερη της μέγιστης απόστασης στην οποία το πιο απομακρυσμένο φωτιστικό διαχέει το φως του αυτό σημαίνει υπερβολική συγκέντρωση φωτός στα άκρα του μοντέλου και κατά συνέπεια αναληθή αποτελέσματα. Με απλά λόγια με μικρό μήκος μοντέλου, "φυλακίζεται" στο φως σε μικρότερα όρια. Παρατηρήθηκε στο μεγαλύτερο κομμάτι της οδού ομοιομορφία στον φωτισμό από το μήκος των 160μέτρων και μετά επομένως είναι ένα μήκος που αρκεί για την προσομοίωσή μας.

Η Εικόνα 39 δείχνει το μοντέλο με τα φωτιστικά εγκατεστημένα σε ύψος 18 μέτρων.



Εικόνα 39. Μοντέλο Εγκατεστημένων Φωτιστικών Δρόμου.

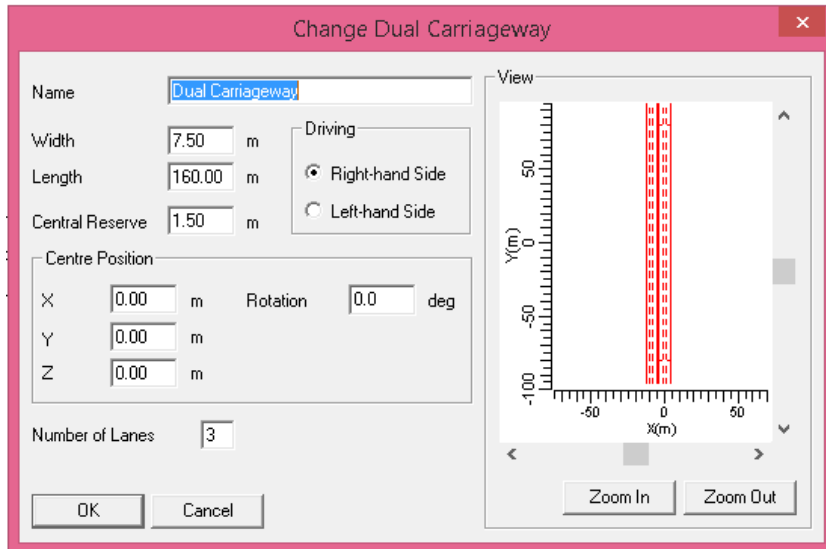
3.5.4. Ρυθμίσεις

3.5.4.1. Ρυθμίσεις Τοποθεσίας

Ακολουθώντας την προηγούμενη διαδικασία

- Data→Application Fields→Add

Επιλέγουμε από την βιβλιοθήκη σεναρίων δρόμο διπλής κυκλοφορίας και εισάγουμε τις απαιτούμενες ρυθμίσεις.

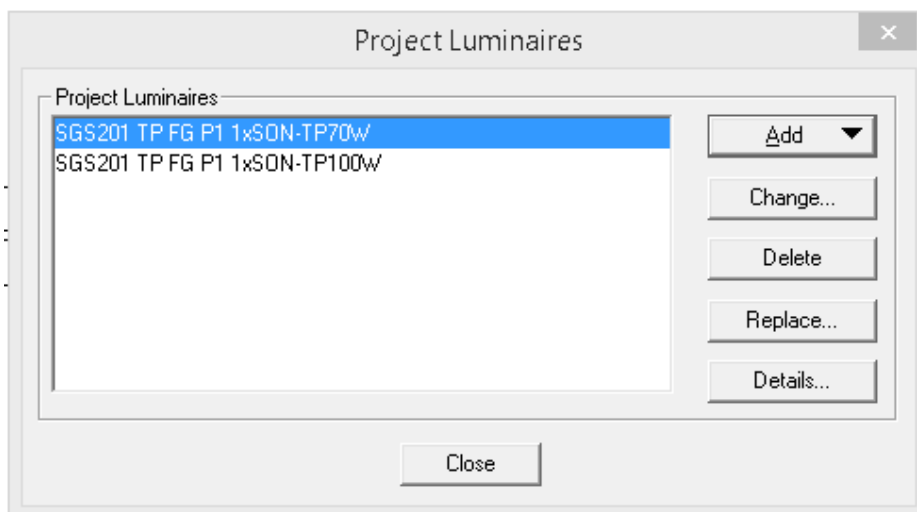


Εικόνα 40. Καρτέλα Επιλογής Σεναρίου Δρόμου Διπλής Κυκλοφορίας.

3.5.4.2. Επιλογές Φωτιστικών

Επιλέγουμε από τις υπάρχουσες βιβλιοθήκες της εταιρίας τα φωτιστικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Είναι εφικτό να εισάγουμε στην καρτέλα παραπάνω από ένα φωτιστικά ώστε να πραγματοποιήσουμε όσες προσομοιώσεις θέλουμε επιλέγοντας εύκολα από μια καρτέλα και όχι κάνοντας ξανά και ξανά την διαδικασία εισαγωγής δεδομένων. Στην περίπτωση μας εισάγαμε δυο διαφορετικά φωτιστικά της ίδιας οικογένειας με διαφορετική ονομαστική ισχύ.

- Data→Project Luminaires→add→Database→Street lighting



Εικόνα 41. Επιλογή Φωτιστικών από Βιβλιοθήκες.

Η τελική και αποδεκτή προσομοίωση έγινε με το μοντέλο των 70W καθώς δεν κρίθηκε απαραίτητη η χρήση μεγαλύτερου φωτιστικού.

Project Luminaire Details	
Description Dimensions Quality Figures Polar Diagram Cartesian Diagram Isocandela Diagram	
General	
Reference Name	SGS201 TP FG P1 1xSON-TP70W
Luminaire Maintenance Factor	1.00
Lamp Maintenance Factor	1.00
Luminaire	
Housing	SGS201
Distributor	TP FG P1
Measurement Code	MIR4012000
Brand Name	PHILIPS
Family	201 Family
Main Application	Street Lighting
System Wattage	80.00 watt
System Voltage	230.00 volt
Lamp	
Name	SON-TP70W
Colour	
Ballast	Standard
Nr of Lamps	1
Lamp Flux	6600.00 lumen
Close	

Εικόνα 42. Καρτέλα Επιλογής Φωτιστικού.

3.5.4.3. Ρυθμίσεις Τοποθέτησης Φωτιστικών

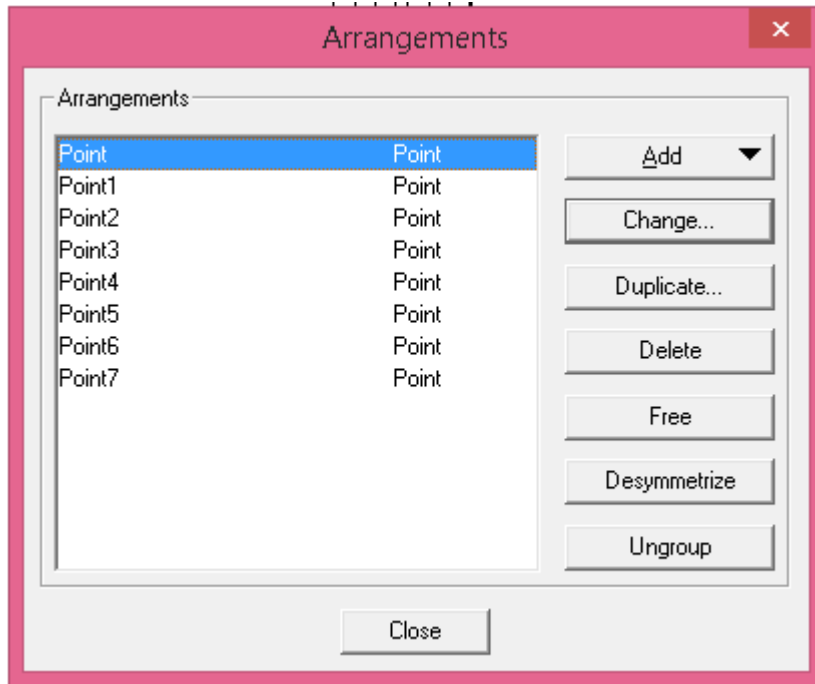
Στο σημείο αυτό ρυθμίζουμε την τοποθέτηση των φωτιστικών. Όπως έχει ήδη προαναφερθεί τα φωτιστικά τοποθετούνται βάσει συντεταγμένων τριών αξόνων (x,y,z). Για την προσομοίωση ενός στύλου ύψους 18 μέτρων σε συγκεκριμένο σημείο στην άκρη της οδού, ουσιαστικά προσομοιώνουμε το σημείο του φωτιστικού.

Στην συγκεκριμένη εφαρμογή, τοποθετήθηκαν στυλοί φωτισμού σε ύψος 18 μέτρων από το έδαφος, και σε μήκος 4.5 μέτρων από το κέντρο του διαχωριστικού διαζώματος προς την πλάγια πλευρά του δρόμου. Η απόσταση μεταξύ των στύλων είναι 10μέτρα .

Η τοποθέτηση φωτιστικών γίνεται ως εξής.

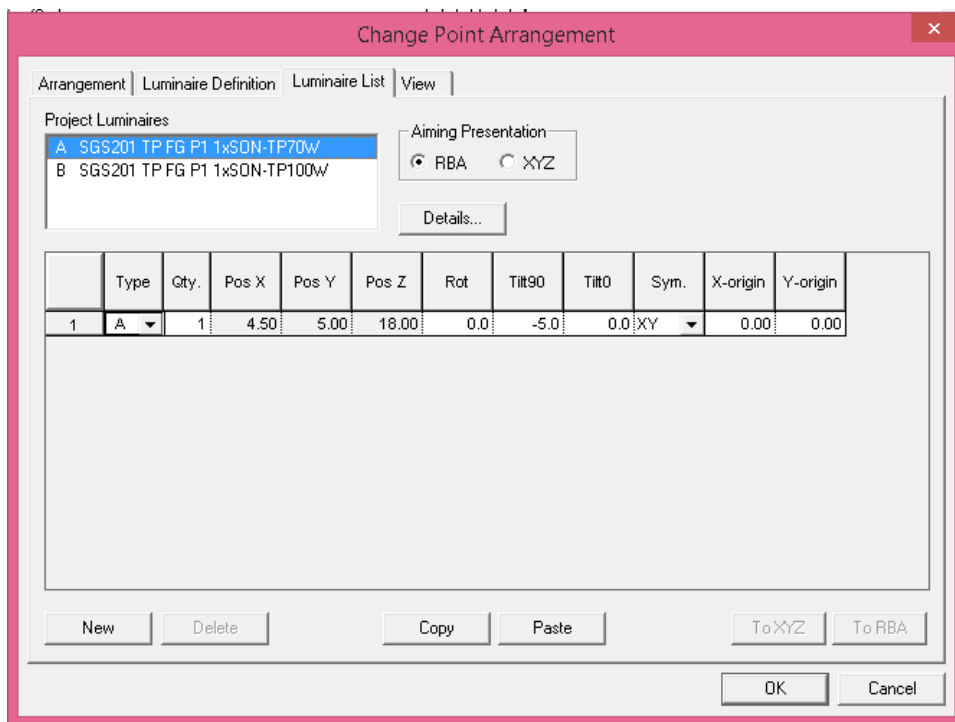
- Data→Arranged Luminaires→Add.

Με την εντολή Add, Εισάγουμε κάθε φορά πυλώνα σε συγκεκριμένη θέση, και κατ επιλογή μας και τον συμμετρικό του ως προς τον άξονα που εμείς θέλουμε.



Εικόνα 43. Καρτέλα προσθήκης πυλώνων Φωτιστικών σωμάτων.

Τοποθετείται φωτισμός εκατέρωθεν της δεξιάς οδού. Εσωτερικά του μενού υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης παραπάνω από ενός φωτιστικού σε κάθε πυλώνα και μάλιστα σε διαφορετική φορά προς τον δρόμο, όπως και κλίση τον κάθε ένα όπως φαίνεται στην Εικόνα 44.



Εικόνα 44. Καρτέλα μορφής τοποθέτησης των φωτιστικών σωμάτων εκατέρωθεν του δρόμου.

Όπως φαίνεται το παραπάνω μενού υπάρχουν τρεις παράμετροι που ονομάζονται Rot, Tilt90 και Tilt0. Είναι παράμετροι που αντιπροσωπεύουν μια διαφορετική κατεύθυνση του

φωτιστικού έκαστη. Για τις δύο χρησιμοποιήσαμε την ρύθμισή αναφοράς ενώ για την Τρίτη (Tilt 90) έγινε ρύθμιση στις -5° που μεταφράζεται σε στροφή της βασικής δέσμης κατά 5 μοίρες εσωτερικά προς τον δρόμο.

3.4. Φωτισμός πλατείας με σιντριβάνι.

Πρόκειται για μια πλατεία ορθογώνιου σχήματος , που περιλαμβάνει σταθερά καθίσματα περιμετρικά (παγκάκια) και στο κέντρο κυκλικό σιντριβάνι διαμέτρου τριών μέτρων. Επιπλέον έχει δημιουργηθεί προς προσομοίωση και ο πεζόδρομος που οδηγεί από και προς την πλατεία. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι κατά τις νυχτερινές ώρες σε δημόσιους χώρους , ένας σημαντικός τρόπος μείωσης της εγκληματικότητας είναι η αύξηση της ένταση φωτισμού σε όλο το μήκος και πλάτος της πλατείας ή του δρόμου, κυρίως σε περιοχές που υπάρχουν καταστήματα ή πεζοί. Για τον λόγο αυτό παρόλο που σε πεζόδρομους και πλατείες η επαρκής ένταση φωτισμού δεν κινείται σε υψηλά επίπεδα(πλήν περιπτώσεων τοπικού φωτισμού), φροντίζουμε να φτάνουμε την ποσότητα φωτισμού σε υψηλότερα επίπεδα για την ασφάλεια των πολιτών.

Στο παρόν σενάριο πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε περιμετρικά της πλατείας φωτιστικά αστικού τύπου σε κολώνες τριών μέτρων , όπως και κατά μήκος του πεζόδρομου που οδηγούν σ αυτήν. Επιπλέον για τον τοπικό φωτισμό του σιντριβανιού χρειάζονται φωτιστικά με την ιδιότητα της παροχής μιας εστιασμένης και ευθείας δέσμης φωτός που θα καλύπτουν περιμετρικά και από απόσταση το σιντριβάνι ώστε το φως να διαχέεται προς αυτό να μεν ευθύγραμμα αλλά όσο το δυνατόν ομοιόμορφα.

Για την αύξηση του επίπεδου φωτισμού σε όλη την κάλυψη της πλατείας , πρόκειται να χρησιμοποιηθούν τοποθετημένα σε πυλώνες τέσσερα φωτιστικά τύπου 'flood lighting' που χρησιμοποιούν κάτοπτρα που δεν συγκεντρώνουν το φως σε μια ευθύγραμμη δέσμη.

Τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν για τον φωτισμό της πλατείας φαίνονται παρακάτω.

- Φωτισμός πλατείας από τις τέσσερις γωνίες.
Φωτιστικά SNF 111 /MB58 SON-T-1000W



- Περιμετρικός φωτισμός πλατείας.
Φωτιστικά CGS523 TP FG 1xSON-TP250W



- Φωτισμός σιντριβανιού τοπικά.

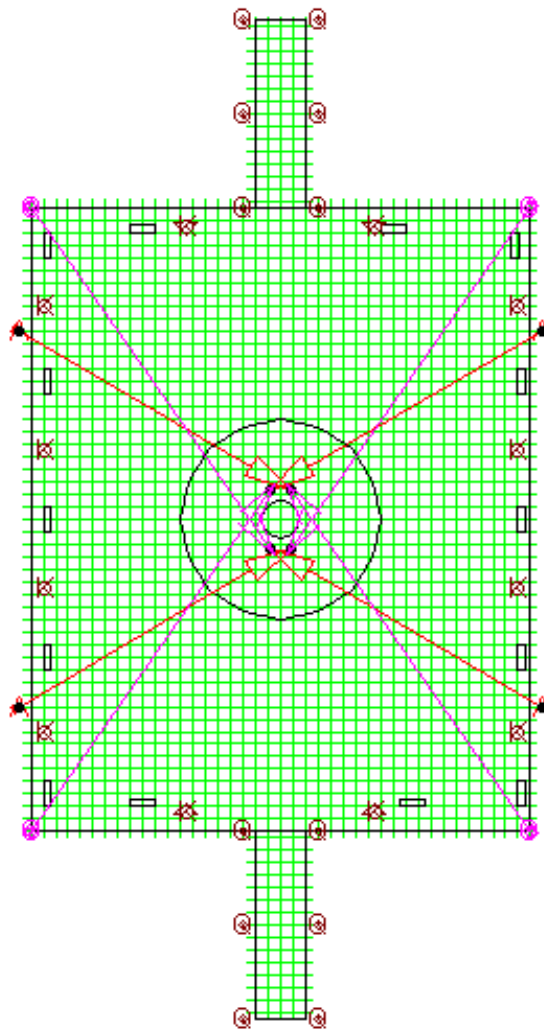
Φωτιστικά MVF406 CAT-A3 1xMHN-SA1800W/400V



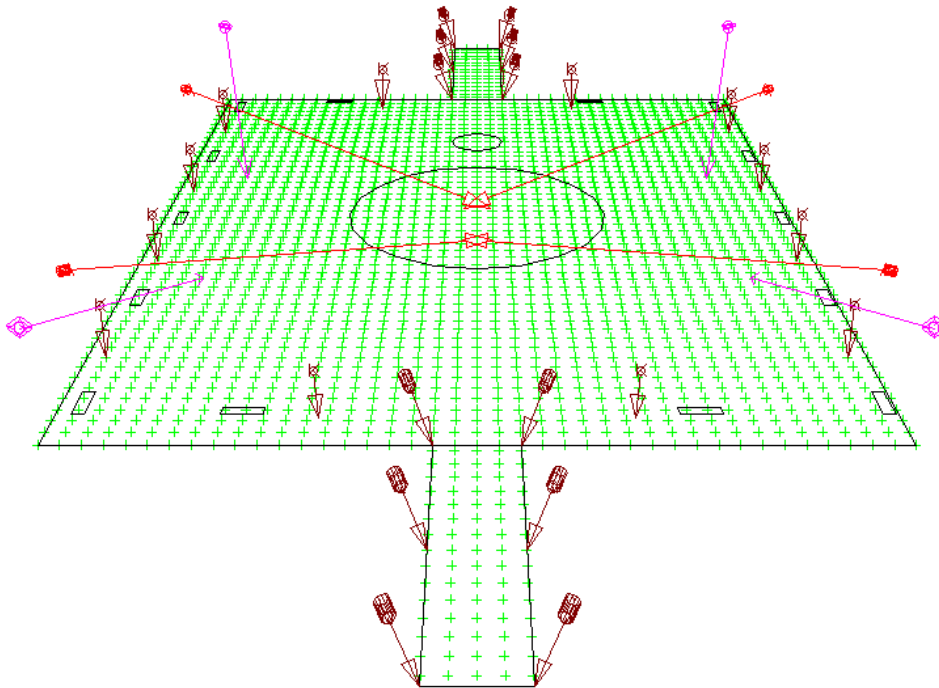
- Φωτισμός πεζόδρομου.
Φωτιστικά CDS501 PC A P11 1xCDM-TT150W/830



Μετά τη τοποθέτηση των φωτιστικών η προσομοίωση φαίνεται στην Εικόνα 45.



Εικόνα 45. Προσομείωση πλατείας με σιντριβάνι.



Εικόνα 46. Προσομοίωση πλεγμάτων πλατείας με σιντριβάνι

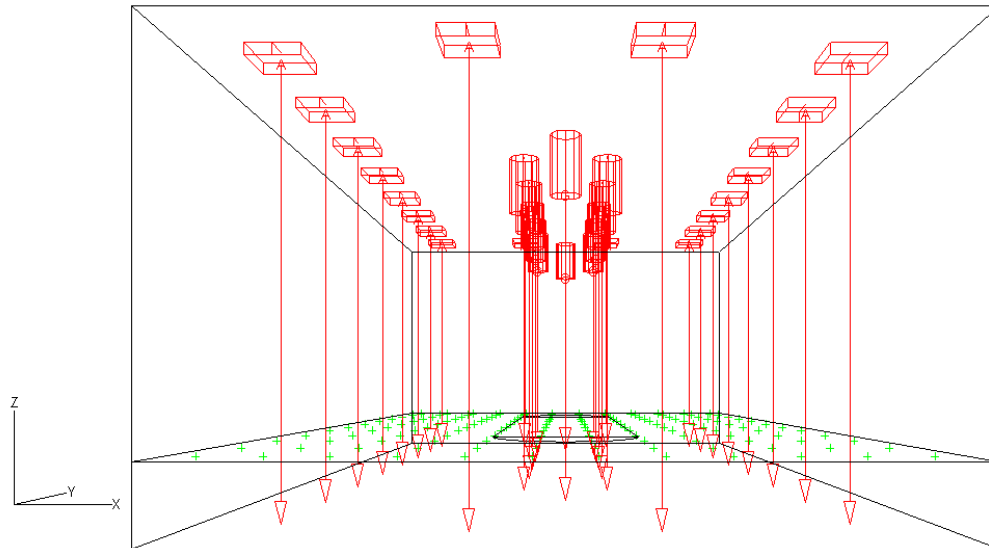
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 46 τα πλέγματα προσομοίωσης, εκτίνονται σε όλο το πλάτος της πλατείας καθώς και σε όλο το πλάτος του δρόμου. Έχουν δημιουργηθεί τρία διαφορετικά πλέγματα προσομοίωσης, ένα για κάθε κομμάτι του πεζόδρομου και ένα κομμάτι που περιλαμβάνει όλη την πλατεία.

4. Φωτισμός εσωτερικού χώρου.

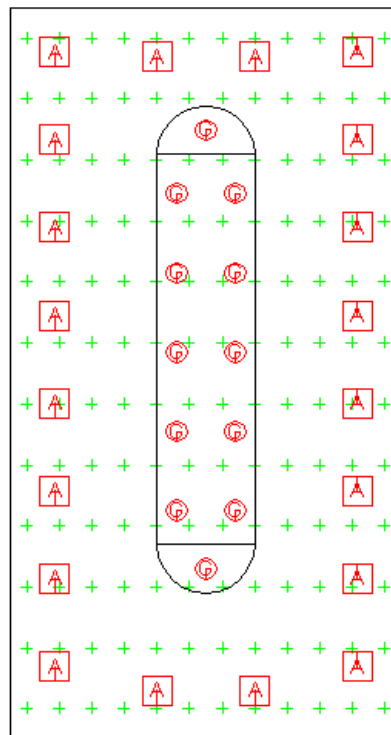
4.1. Αίθουσα συνεδριάσεων.

Βάσει των προτύπων φωτισμού , EN 12464-1 , Ο ελάχιστος φωτισμός σε γραφεία και αίθουσες συνεδριάσεων πρέπει να ξεπερνάει τα 300 lux ενώ συνηθίζεται σε περιπτώσεις ειδικές να τοποθετούνται φωτιστικά άνωθεν των γραφείων για επιπλέον τοπικό φωτισμό που ελέγχεται από τον εκάστοτε χρήστη, πολλές φορές ξεχωριστά για κάθε φωτιστικό. Ο χώρος που αφορά το παρόν σενάριο , είναι μια αίθουσα συνεδριάσεων που έχει διαστάσεις 9*15*5 μέτρα. Στο μέσω της αίθουσας υπάρχει ο πάγκος συνεδριάσεων σε ύψος 0.80μέτρα από το δάπεδο. Ο βασικός φωτισμός αποτελείται από φωτιστικά FBS561/2402*PL-L40W(με λαμπτήρες φθορισμού, χρώματος 830K τοποθετημένα στο ταβάνι της αίθουσας (σε ύψος 5 μέτρα από το δάπεδο). Επιπλέον έχουν τοποθετηθεί επιπλέον βοηθητικά φωτιστικά τύπου SPK 631 METAL σε ύψος 4 μέτρα από το δάπεδο , περιμετρικά του πάγκου συνεδριάσεων , για τοπικό φωτισμό. Η τοποθέτηση των φωτιστικών έγινε αρκετά ψηλά (4μέτρα) ώστε να μην προκαλείται θάμβωση στον χρήστη μιας και συνηθίζεται σε τέτοιες περιπτώσεις να χρησιμοποιούνται έπιπλα μεγάλης ανακλαστικότητας , αφού είναι επικαλυμμένα με

βερνίκια.



Εικόνα 47.Τρισδιάστατη τοποθέτηση φωτιστικών

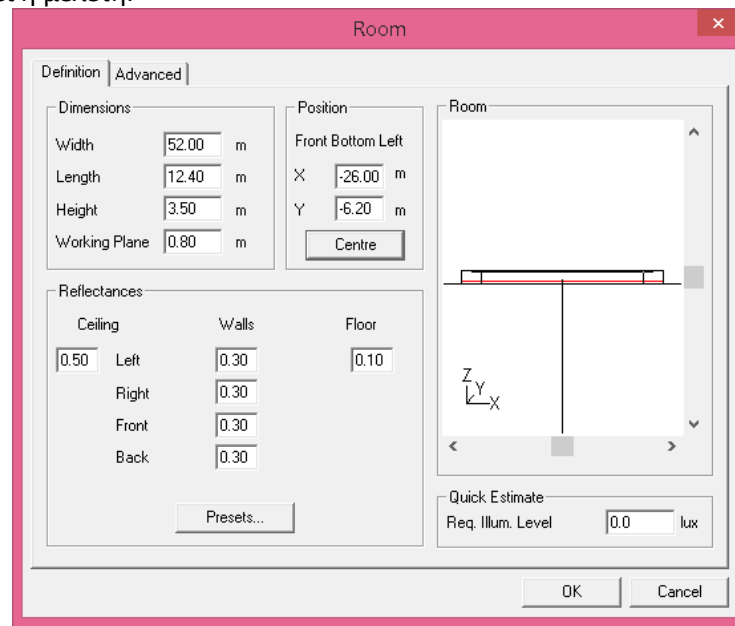


Εικόνα 48.Κατακόρυφη άποψη τοποθέτησης φωτιστικών

4.2. Φωτισμός μεγάλου χώρου γραφείων

Σε αυτό το project θα υλοποιήσουμε την φωτοτεχνική μελέτη ενός μεγάλου χώρου γραφείων εργασίας. Όπως είπαμε και στα προηγούμενα project για να δημιουργήσουμε ένα καινούριο project πατάμε την άσπρη σελίδα που βρίσκεται στην γραμμή εργαλείων του προγράμματος ή από το μενού File- New Project.

Πρώτο βήμα όπως σε όλες τις προσεγγίσεις είναι η δημιουργία του χώρου στον οποίο θα πραγματοποιηθεί η μελέτη.



Εικόνα 49. Ρυθμίσεις διαστάσεων χώρου

Από την Εικόνα 49 βλέπουμε έναν χώρο πλάτους 12,4 μέτρων, μήκους 52 μέτρων, ενώ οι όποιες εργασίες θα πραγματοποιούνται σε γραφεία με ύψος 0.8 μέτρα από το έδαφος.

Για την διευκόλυνσή μας πατώντας την επιλογή CENTRE, Τοποθετούμε το κέντρο του δωματίου στην αρχή των αξόνων χ,γ.

Οι συντελεστές ανάκλασης των τοίχων έχουν ως εξής

- 0,5 για το ταβάνι
- 0,3 για τις τοιχοποιίες
- 0,1 για το δάπεδο

Το Calculux δεν μας δίνει την δυνατότητα να εισάγουμε μια ολοκληρωμένη κάτοψη από σχεδιαστικό πρόγραμμα θα πρέπει να σχεδιαστεί μια υποτυπώδης κάτοψη. Έτσι λοιπόν από το μενού *Data-Drawings* θα σχεδιάσουμε γραμμή-γραμμή την κάτοψη. Όλα τα γραφεία έχουν μήκος 5m και πλάτος 5.8m εκτός από την αίθουσα συνεδριάσεων και τον χώρο αναψυχής τα οποία έχουν πλάτος 10m και μήκος 5m και όλες οι πόρτες είναι 0,80m και το πάχος των τοίχων είναι 0,20m.

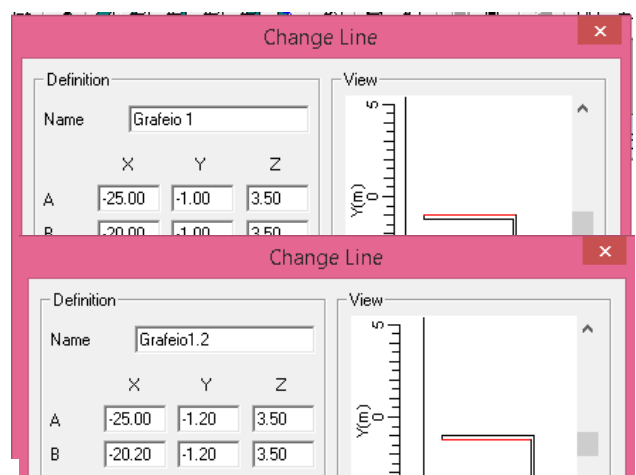
Γράφείο 1°

Χρησιμοποιούμε την επιλογή *Data→Drawings→Add→Line* και σχεδιάζουμε τον εσωτερικό χώρο.

Τοίχος Νο1

	X	Y	Z
A	-25.20	-1.00	3.50
B	-20.00	-1.00	3.50

Τοίχος Νο2



	X	Y	Z
A	-25.00	-1.20	3.50
B	-20.20	-1.20	3.50

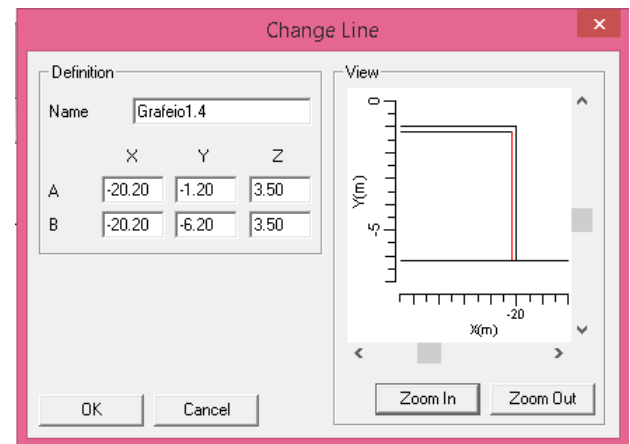
Τοίχος Νο3

	X	Y	Z
A	-20.00	-1.00	3.50
B	-20.00	-6.20	3.50



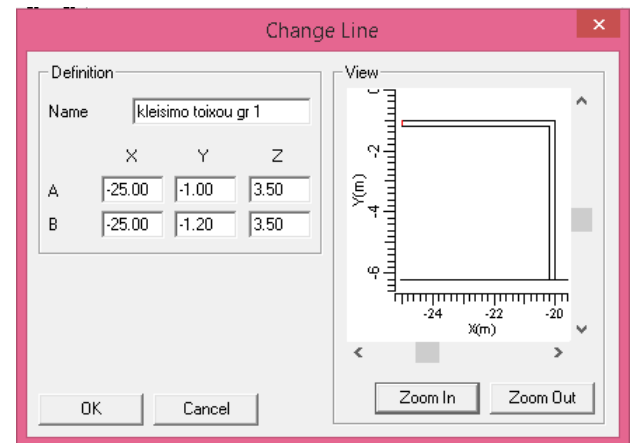
Τοίχος Νο4

	X	Y	Z
A	-20.20	-1.20	3.50
B	-20.20	-6.20	3.50



Τοίχος Νο5 (κλείσιμο τοίχων)

	X	Y	Z
A	-	-	3.50
	25.00	1.00	
B	-	-	3.50
	25.00	1.20	

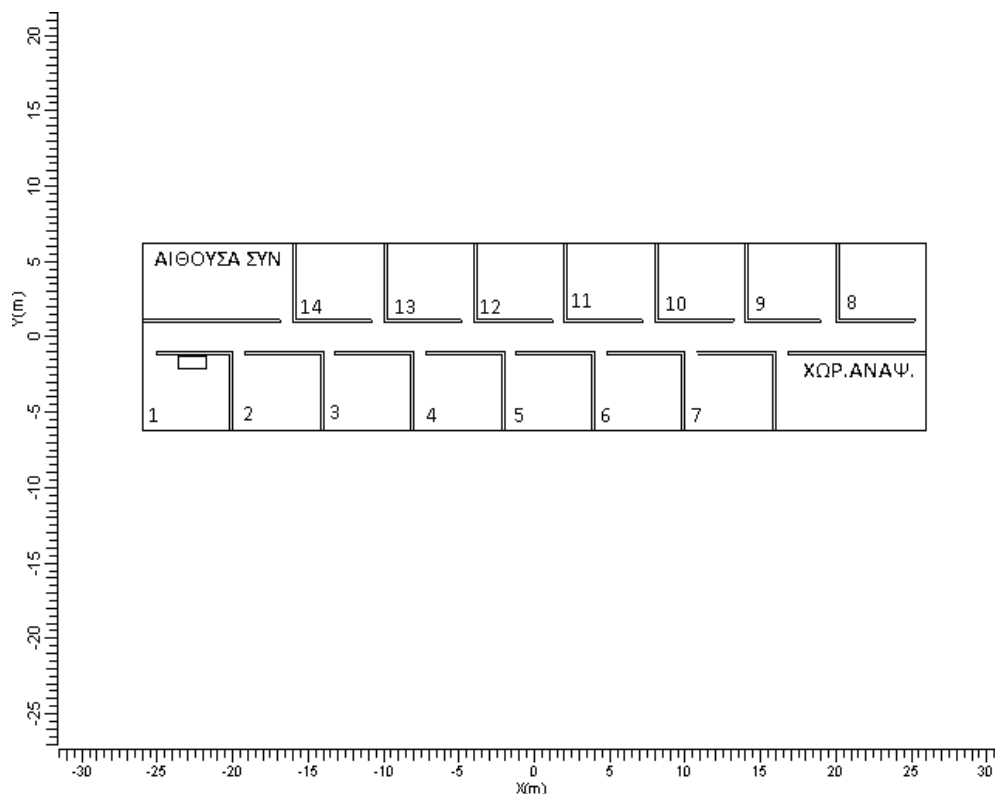


Με τον τρόπο αυτό δημιουργήσαμε το πρώτο χώρο γραφείου στο δωμάτιο. Αντίστοιχα δημιουργούμε εντός του χώρου τους διαχωρισμούς και των υπόλοιπων γραφείων. Με τον τρόπο που είδαμε παραπάνω κατασκευάζουμε και τους υπόλοιπους χώρους αφού χρησιμοποιήσαμε τις παρακάτω συντεταγμένες.

Grafείο 2			Grafείο 2.1			Grafείο 2.2			Grafείο 2.3									
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z							
A	-19.20	-1.0	3.50	A	-19.20	-	1.20	3.50	A	-14.00	-	1.00	3.50	A	-14.20	-1.20	3.50	
B	-14.00	-	1.00	3.50	B	-14.20	-	1.20	3.50	B	-14.00	-	6.20	3.50	B	-14.20	-6.20	3.50
Grafείο 2.4			Grafείο 3			Grafείο 3.1			Grafείο 3.2									
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z							
A	-19.20	-	1.00	3.50	A	-13.2	-	1.00	3.50	A	-13.2	-	1.20	3.50	A	-8.00	-1.00	3.50
B	-19.20	-	1.20	3.50	B	-8.00	-	1.00	3.50	B	-8.20	-	1.20	3.50	B	-8.00	-6.20	3.50
Grafείο 3.3			Grafείο 3.4			Grafείο 4			Grafείο 4.1									
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z							
A	-8.20	-	1.20	3.50	A	-13.20	-	1.00	3.50	A	-7.20	-	1.00	3.50	A	-7.20	-1.20	3.50
B	-8.20	-	6.20	3.50	B	-13.20	-	1.20	3.50	B	-2.00	-	1.00	3.50	B	-2.20	-1.20	3.50
Grafείο 4.2			Grafείο 4.3			Grafείο 4.4			Grafείο 5									
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z							
A	-2.00	-	1.00	3.50	A	-2.20	-	1.20	3.50	A	-7.20	-	1.00	3.50	A	-1.20	-1.00	3.50
B	-2.00	-	6.20	3.50	B	-2.20	-	6.20	3.50	B	-7.20	-	1.20	3.50	B	+4.00	-1.00	3.50
Grafείο 5.1			Grafείο 5.2			Grafείο 5.3			Grafείο 5.4									
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z							
A	-1.20	-	1.20	3.50	A	+4.00	-	1.00	3.50	A	+3.80	-	1.20	3.50	A	-1.20	-1.00	3.50
B	+3.80	-	1.20	3.50	B	+4.00	-	6.20	3.50	B	+3.80	-	6.20	3.50	B	-1.20	-1.20	3.50
Grafείο 6			Grafείο 6.1			Grafείο 6.2			Grafείο 6.3									
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z							
A	+4.80	-	1.00	3.50	A	+4.80	-	1.20	3.50	A	+10.00	-	1.00	3.50	A	+9.8	-1.20	3.50
B	+10.00	-	1.00	3.50	B	+9.80	-	1.20	3.50	B	+10.00	-	6.20	3.50	B	+9.8	-6.20	3.50

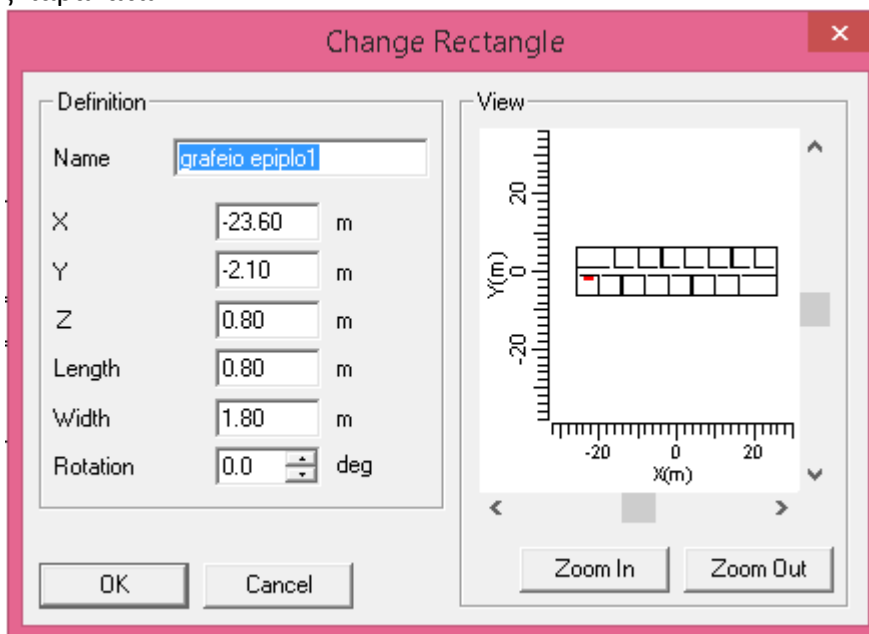
	Grafeio 6.4				Grafeio 7				Grafeio 7.1				Grafeio 7.2		
	X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z
A	+4.80	- 1.00	3.5 0	A	+10.8 0	+1.0 0	3.5 0	A	+10.8 0	1.20 0	3.5 0	A	+16.0 0	1.00 0	3.5 0
B	+4.80	- 1.20	3.5 0	B	+16.0 0	+1.0 0	3.5 0	B	+15.8 0	+1.2 0	3.5 0	B	+16.0 0	6.20 0	3.5 0
	Grafeio 7.3				Grafeio 7.4				Grafeio 8				Grafeio 8.1		
	X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z
A	+15.8 0	- 1.20		A	+10.8 0	- 1.00	3.5 0	A	+20.0 0	+1.0 0	3.5 0	A	+20.2 0	+1.2 0	3.5 0
B	+15.8 0	+6.2 0		B	+10.8 0	- 1.20	3.5 0	B	+20.0 0	+6.2 0	3.5 0	B	+20.2 0	+6.2 0	3.5 0
	Grafeio 8.2				Grafeio 8.3				Grafeio 8.4				Grafeio 9		
	X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z
A	+20.0 0	+1.0 0	3.5 0	A	+20.2 0	+1.2 0	3.5 0	A	+25.2 0	+1.0 0	3.5 0	A	+14.0 0	+1.0 0	3.5 0
B	+25.2 0	+1.0 0	3.5 0	B	+25.2 0	+1.2 0	3.5 0	B	+25.2 0	+1.2 0	3.5 0	B	+14.0 0	+6.2 0	3.5 0
	Grafeio 9.1				Grafeio 9.2				Grafeio 9.3				Grafeio 9.4		
A	X	Y	Z	A	X	Y	Z	A	X	Y	Z	A	X	Y	Z
B	+14.2 0	+1.2 0	3.5 0	B	+14.0 0	+1.0 0	3.5 0	B	+14.2 0	+1.2 0	3.5 0	B	+19.2 0	+1.0 0	3.5 0
A	+14.2 0	+6.2 0	3.5 0	A	+19.2 0	+1.0 0	3.5 0	A	+19.2 0	+1.2 0	3.5 0		+19.2 0	+1.2 0	3.5 0
	Grafeio 10				Grafeio 10.1				Grafeio 10.2				Grafeio 10.3		
	X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z
A	+8.00	+1.2 0	3.5 0	A	+8.20	+1.2 0	3.5 0	A	+8.00	+1.0 0	3.5 0	A	+8.20	+1.2 0	3.5 0
B	+8.00	+6.2 0	3.5 0	B	+8.20	+6.2 0	3.5 0	B	+13.2 0	+1.0 0	3.5 0	B	+8.20	+1.2 0	3.5 0
	Grafeio 10.4				Grafeio 11				Grafeio 11.1				Grafeio 11.2		
	X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z
A	+13.2 0	+1.0 0	3.5 0	A	+2.00	+1.0 0	3.5 0	A	+2.20	+1.2 0	3.5 0	A	+2.00	+1.0 0	3.5 0
B	+13.2 0	+1.2 0	3.5 0	B	+2.00	+6.2 0	3.5 0	B	+2.20	+6.2 0	3.5 0	B	+7.20	+1.0 0	3.5 0
	Grafeio 11.3				Grafeio 11.4				Grafeio 12				Grafeio 12.1		
	X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z
A	+2.20	+1.2 0	3.5 0	A	+7.20	+1.0 0	3.5 0	A	-4.00	+1.0 0	3.5 0	A	-3.80	+1.2 0	3.5 0
B	+7.20	+1.2 0	3.5 0	B	+7.20	+1.2 0	3.5 0	B	-4.00	+6.2 0	3.5 0	B	-3.80	+6.2 0	3.5 0
	Grafeio 12.2				Grafeio 12.3				Grafeio 12.4				Grafeio 13		

	X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z
A	-4.00	+1.0 0	3.5 0	A	-3.80	+1.2 0	3.5 0	A	+1.20	+1.0 0	3.5 0	A	- 10.00	+1.0 0	3.5 0
B	+1.20	+1.0 0	3.5 0	B	+1.20	+1.2 0	3.5 0	B	+1.20	+1.2 0	3.5 0	B	- 10.00	+6.2 0	3.5 0
Grafeio 13.1				Grafeio 13.2				Grafeio 13.3				Grafeio 13.4			
	X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z
A	-9.80	+1.2 0	3.5 0	A	- 10.00	+1.0 0	3.5 0	A	-9.80	+1.2 0	3.5 0	A	-4.80	+1.2 0	3.5 0
B	-9.80	+6.2 0	3.5 0	B	-4.80	+1.0 0	3.5 0	B	-4.80	+1.2 0	3.5 0	B	-4.80	+1.2 0	3.5 0
Grafeio 14				Grafeio 14.1				Grafeio 14.2				Grafeio 14.3			
	X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z		X	Y	Z
A	- 16.00	1.00	3.5 0	A	- 15.80	+1.2 0	3.5 0	A	- 15.80	+1.2 0	3.5 0	A	- 16.00	+1.0 0	3.5 0
B	- 16.00	6.20	3.5 0	B	- 15.80	+6.2 0	3.5 0	B	- 10.80	+1.2 0	3.5 0	B	- 10.80	+1.0 0	3.5 0



Εικόνα 50. Η αίθουσα με τα γραφεία

Στην συνέχεια δημιουργούμε εξοπλισμό εντός των γραφείων. Επειδή μελέτη μας είναι φωτοτεχνική μας ενδιαφέρει ο φωτισμός επάνω στους πάγκους εργασίας (γραφεία). Για την δημιουργία γραφείου επιλέγουμε εισαγωγή αντικειμένου rectangle από το μενού Data και τοποθετούμε μέσω συντεταγμένων ένα σε κάθε χώρο όπως παρακάτω.



Εικόνα 51.Ρυθμίσεις τοποθέτησης επίπλου εντός του γραφείου 1

Αντίστοιχα με τον ίδιο τρόπο εισάγουμε και τα υπόλοιπα έπιπλα μέσω συντεταγμένων εντός των υπόλοιπων γραφείων. Για την αποφυγή περιττών εικόνων δημιουργούμε πίνακες με τις συντεταγμένες των υπόλοιπων επίπλων

Library 2					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
-17.95	-6.15	2.00	0.40	2.50	0.0
Library 3					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
-11.95	-6.15	2.00	0.40	2.50	0.0
Library 4					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
-5.95	-6.15	2.00	0.40	2.50	0.0
Library 5					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
-0.05	-6.15	2.00	0.40	2.50	0.0
Library 6					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
+6.05	-6.15	2.00	0.40	2.50	0.0

Γραφείο 7					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
+12.40	-2.10	0.80	0.80	1.80	0.0
Γραφείο 8					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
+22.00	+1.30	0.80	0.80	1.80	0.0
Γραφείο 9					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
+16.00	+1.30	0.80	0.80	1.80	0.0
Γραφείο 10					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
+10.00	+1.30	0.80	0.80	1.80	0.0
Γραφείο 11					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
+4.00	+1.30	0.80	0.80	1.80	0.0
Γραφείο 12					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
-2.00	+1.30	0.80	0.80	1.80	0.0
Γραφείο 13					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
-8.00	+1.30	0.80	0.80	1.80	0.0
Γραφείο 14					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
-14.00	+1.30	0.80	0.80	1.80	0.0
Γραφείο 15 (XorosAnapsuxhs)					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
+19.50	-4.50	0.80	1.50	4.00	0.0
Γραφείο 16 (AithSunedriaseon)					
X (m)	Y(m)	Z(m)	Length(m)	Width(m)	Rotation(m)
-23.30	+3.00	0.80	1.50	4.00	0.0

Για την εισαγωγή ονόματος στον κάθε χώρο υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής κειμένου πάντοτε με την βοήθεια συντεταγμένων. Η μόνη διαφορά είναι στην επιλογή Text στην καρτέλα Data→Drawings.

4.3. Επιλογή φωτιστικών

Αφού ολοκληρώσαμε τον σχεδιασμό του χώρου, προχωράμε στην επιλογή και τοποθέτηση φωτιστικών. Από την στιγμή που αναφερόμαστε σε εντελώς ξεχωριστούς και απομονωμένους χώρους με διαφορετικές απαιτήσεις μπορούμε να δηλώσουμε ξεχωριστά φωτιστικά για κάθε χώρο.

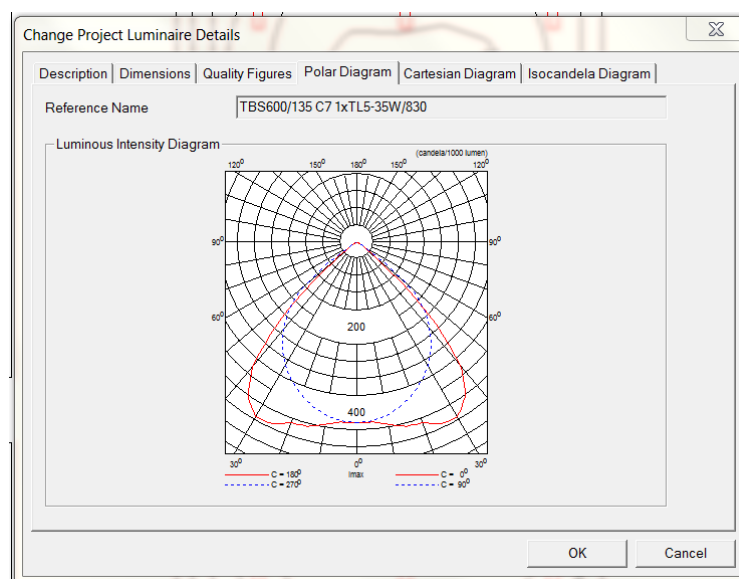
Η επιλογή των φωτιστικών είναι προσωπική επιλογή του κάθε μελετητή. Επίσης τα φωτιστικά που επιλέχθηκαν υπήρχαν αυστηρά και μόνο στις βιβλιοθήκες της PHILIPS.

Για αυτό το Project για την επιλογή των φωτιστικών δοκιμαστηκαν διάφορα μοντέλα κοιτάζοντας κάποιους παραμέτρους όπως είναι η απόσταση των φωτιστικών από την οροφή, την θέση των φωτιστικών στο χώρο, την απόσταση μεταξύ τους και το πλήθος των φωτιστικών.

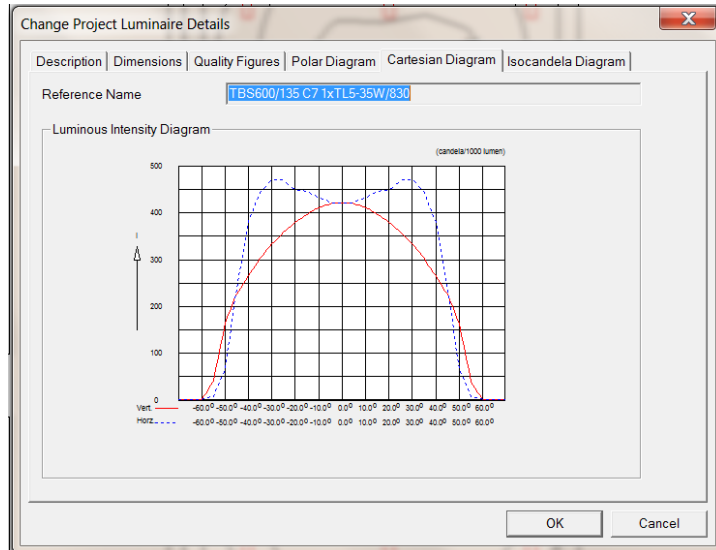
Κριτήρια επιλογής των φωτιστικών αποτέλεσαν τα διαγράμματα των φωτιστικών

- Πολικό διάγραμμα
- Καρτεσιανό διάγραμμα
- Διάγραμμα isocandela.

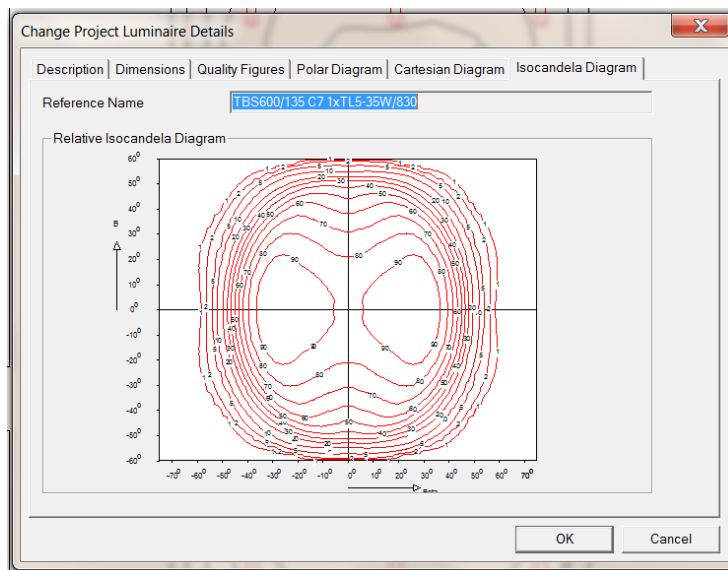
Πολικό Διάγραμμα δείχνει πως διαχέεται η φωτεινότητα στο χώρο σε όλες τις κατευθύνσεις, η διακεκομμένη μπλε γραμμή δείχνει την καμπύλη της φωτεινότητας από 270 έως 90 μοίρες και η κόκκινη συνεχόμενη γραμμή δείχνει την καμπύλη της φωτεινότητας από 0 έως 180 μοίρες ή πιο απλά πως διαχέεται το φως κατά μήκος και κατά πλάτος του φωτιστικού.



Καρτεσιανό διάγραμμα δείχνει στο καρτεσιανό επίπεδο πια είναι η καμπύλη που διαχέεται το φως ως προς το μήκος του (μπλε διακεκομμένη γραμμή) και ως προς το πλάτος του (κόκκινη συνεχόμενη γραμμή).



Isocandela διάγραμμα είναι ένα διάγραμμα το οποίο αποτελείται από γραμμές που ενώνουν τα σημεία τα οποία έχουν την ίδια φωτεινή ένταση.



Το κάθε διάγραμμα διαφέρει από φωτιστικό σε φωτιστικό και εξαρτάται από τον τύπο του φωτιστικού αλλά και από τους ανακλαστήρες που είναι τοποθετημένοι σε κάθε φωτιστικό.

Στον παρακάτω πίνακα 10 θα παραθέσουμε τα φωτιστικά που επιλέξαμε για την συγκεκριμένη φωτοτεχνική μελέτη.

	A	B	C
Family Name:	<i>TBS600</i>	<i>REFLECTOR LAMPS</i>	<i>IMPALA</i>
Family Code:	<i>TBS600</i>	<i>HALOGEN</i>	<i>TBS 160</i>
Housing:	<i>TBS600/135</i>	<i>MASTERLINE PLUS 50W</i>	<i>TBS 160/228</i>
Light distributor:	<i>C7</i>	<i>60D</i>	<i>M2</i>

4.4. Εισαγωγή πλέγματος

Στην συνέχεια θα τοποθετήσουμε τα πλέγματα έτσι ώστε εκεί πάνω να γίνουν οι υπολογισμοί. Θα τοποθετήσουμε σε κάθε δωμάτιο πλέγματα με ελεύθερο τρόπο κατά το πρότυπο DIN όμως την προϋθμιση του στο πρόγραμμα Calculux θα είναι σύμφωνα με το Calculux. Δηλαδή από το μενού *Data-Project Options* στο πλαίσιο **Miscellaneous** στην επιλογή **Use Grid Standard** επιλέγουμε **Calculux**.

Τα σημεία πλέγματος διαιρούνται πάνω από το επίπεδο εργασίας. Το πρώτο σημείο πλέγματος απέχει 0.5 φορές την απόσταση μεταξύ των υπόλοιπων σημείων πλέγματος, από τον εξωτερικό τοίχο ή τους εσωτερικούς που έχουμε σχεδιάσει.

Τώρα για τον αριθμό των σημείων πλέγματος έχουμε:

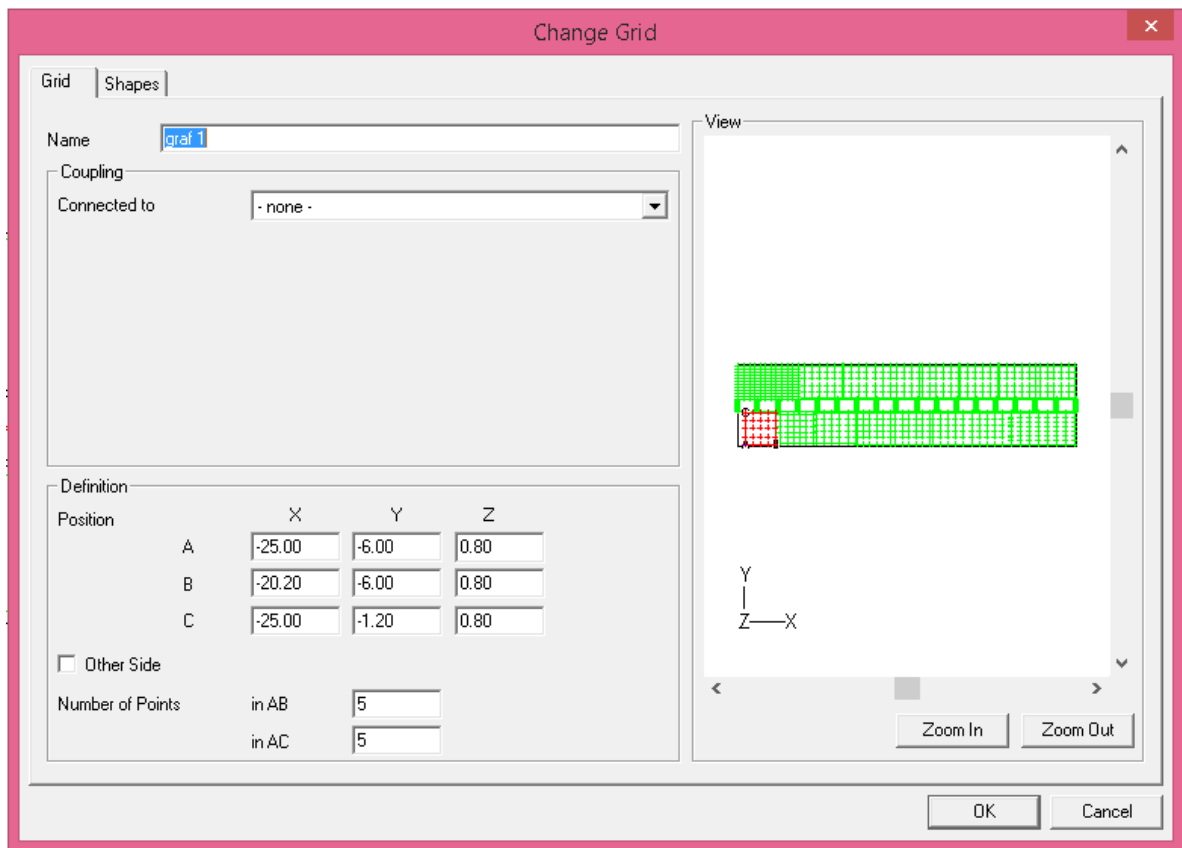
- Για μήκος της πλευράς είναι 0 έως 2 m πόντους χρήση 7 πλέγμα
- Για μήκος πλευράς είναι από 2 έως 5 m πόντους χρήση 8 πλέγμα
- Για μήκος πλευράς είναι 5 μέχρι 8 m πόντους χρήση 9 πλέγμα
- Για μήκος πλευράς είναι 8 μέχρι 10 m χρησιμοποιήσει 10 σημεία του δικτύου

Ουσιαστικά τα πλέγματα που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούν ξεχωριστή προσομοίωση για κάθε χώρο. Έτσι δημιουργήσαμε ένα πλέγμα προσομοίωσης για κάθε αίθουσα και ένα για τον διάδρομο.

4.5. Τρόπος δημιουργίας πλέγματος

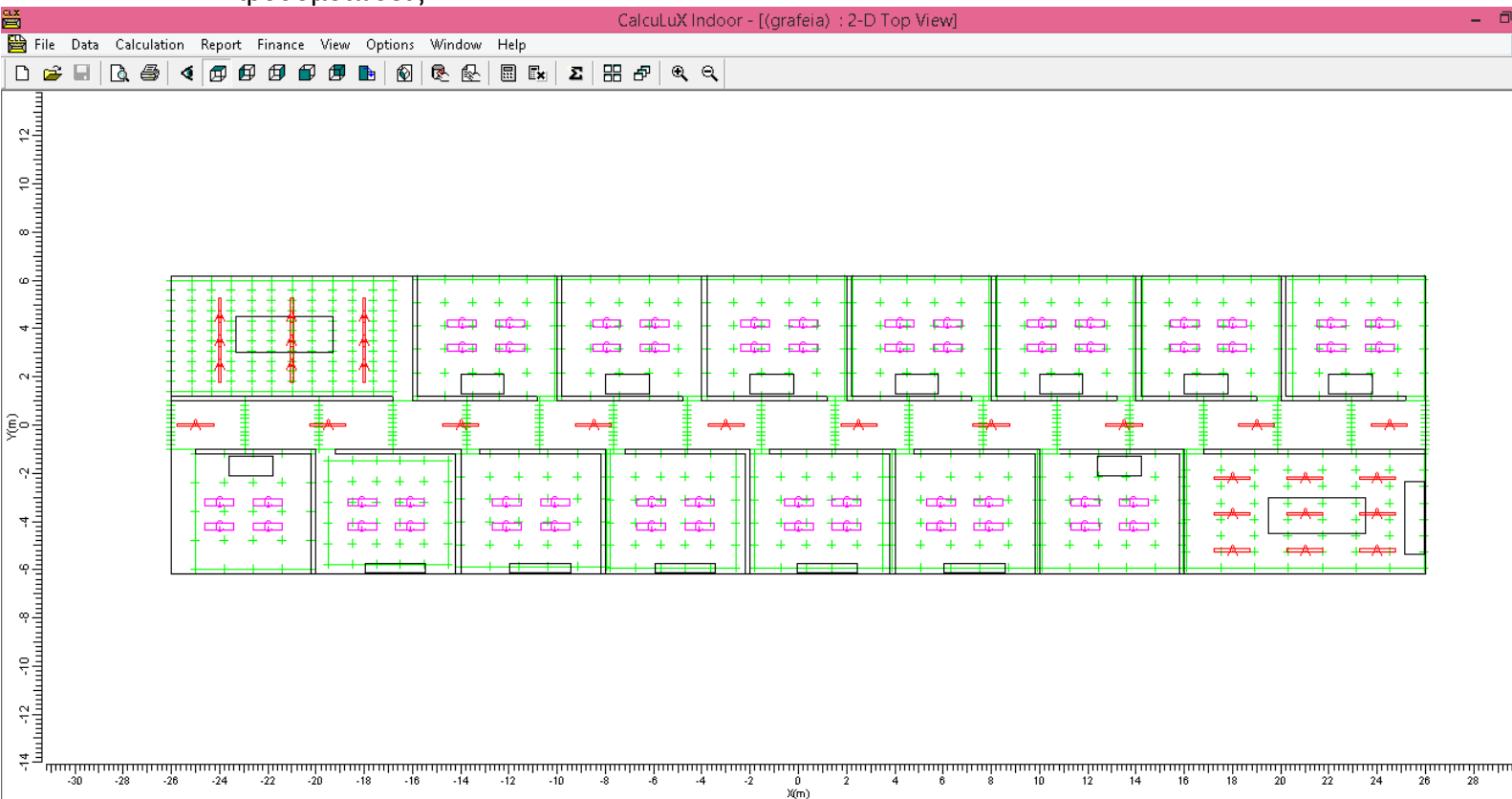
Για την δημιουργία πλέγματος σε ένα χώρο επιλέγουμε από το μενού data την επιλογή grids και εισάγουμε ένα νέο πλέγμα, στο οποίο θα πρέπει να δηλώσουμε ποιο χώρο θα προσομοιώσει.

Γνωστοποιούμε στον πλέγμα τρία από τα τέσσερα ακραία σημεία της προς προσομοίωση ορθογώνιας αίθουσας όπως φαίνεται παρακάτω για το γραφείο 1.



Εικόνα 52. Η ρύθμιση του πλέγματος σε συγκεκριμένο χώρο

Αφού ολοκληρώσαμε τα πλέγματα προσομοίωσης, ολοκληρώνουμε την τοποθέτηση φωτιστικών με τρόπο που είναι ήδη γνωστός από τις προηγούμενες προσομοιώσεις.



Εικόνα 53. Τοποθετημένα φωτιστικά εντός των χώρων.

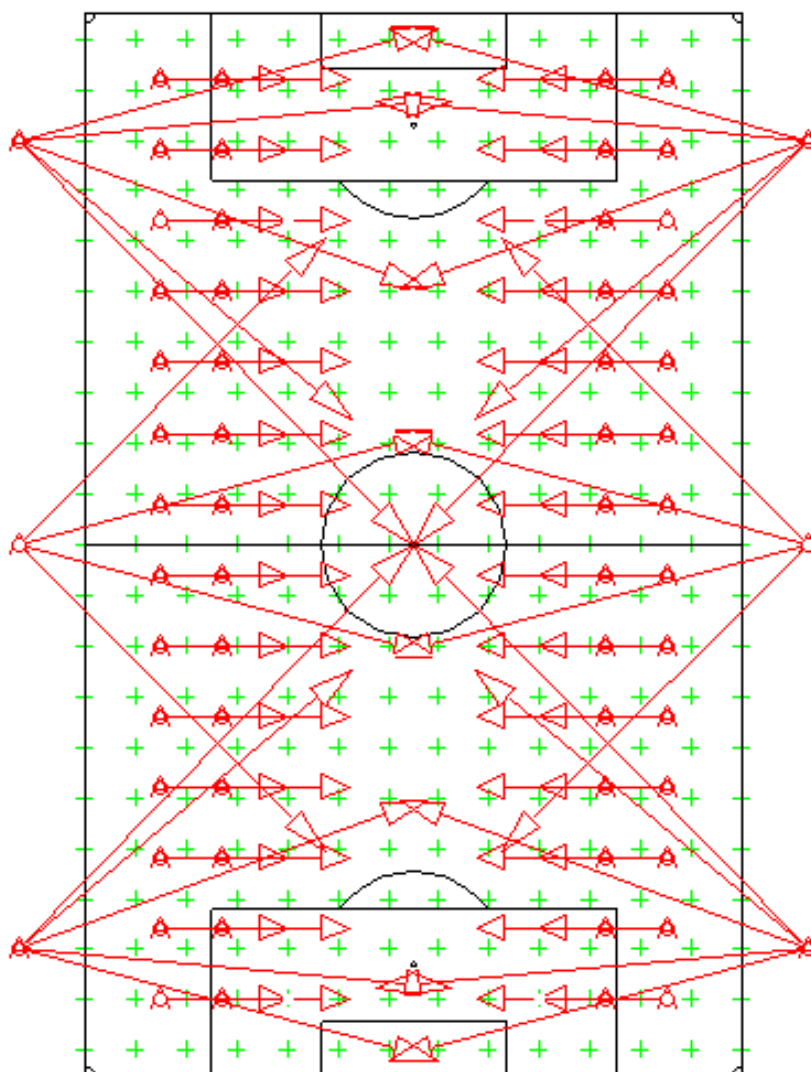
5. Αποτελέσματα

Παρακάτω παρατίθενται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις των σεναρίων σε κάθε περίπτωση ξεχωριστά ενώ οι τεχνικές εκθέσεις που δημιουργεί το λογισμικό, παρατίθενται στο παράρτημα.

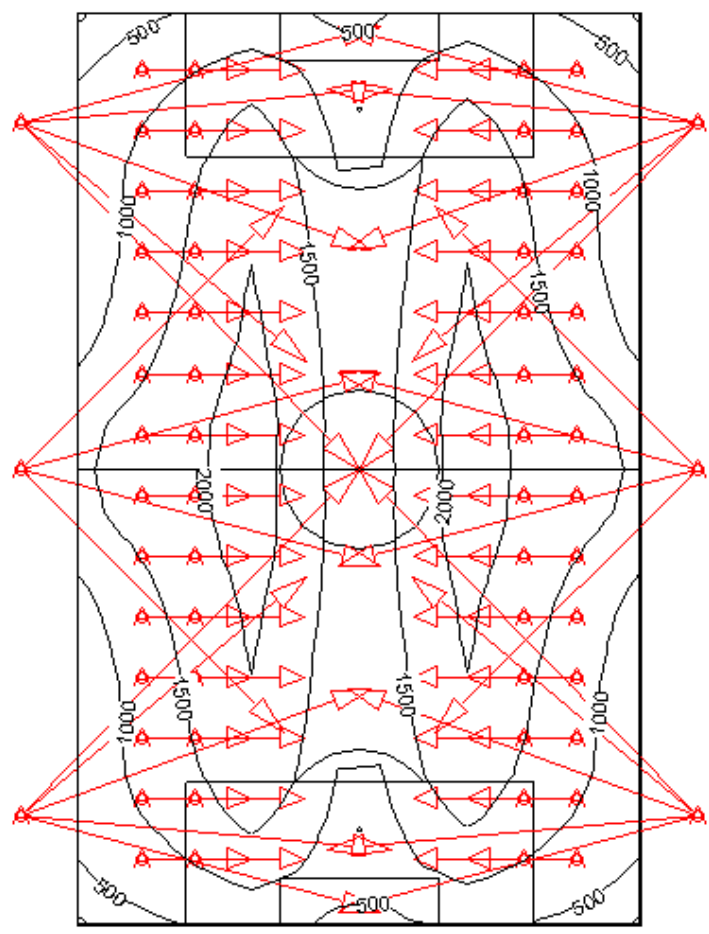
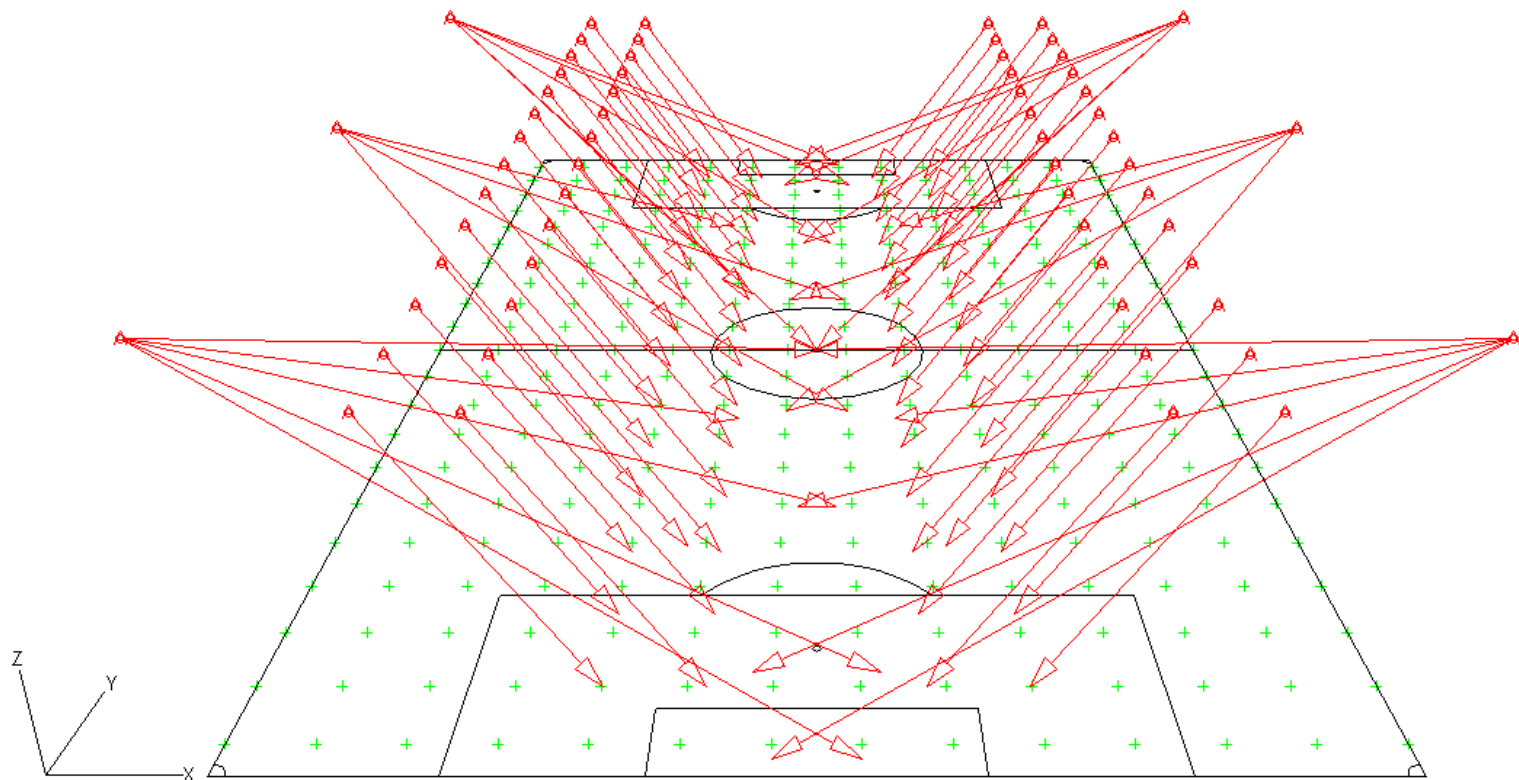
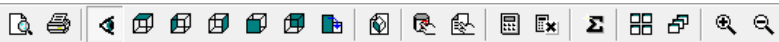
5.1. Αποτελέσματα εξωτερικών χώρων

5.1.1. Γήπεδο ποδοσφαίρου

5.1.1.1. Σενάριο τοποθέτησης 1



Εικόνα 54. Αποτελέσματα προσομοίωσης Γηπέδου ποδοσφαίρου.



Το μεγαλύτερο μέρος της κάλυψης του γηπέδου έχει φωτεινή ισχύ πάνω από 1500 lux , ενώ τα σημεία που παρατηρείται λιγότερη ισχύς είναι τα άκρα του γηπέδου και αυτό οφείλεται πιθανότατα σε τρεις λόγους,

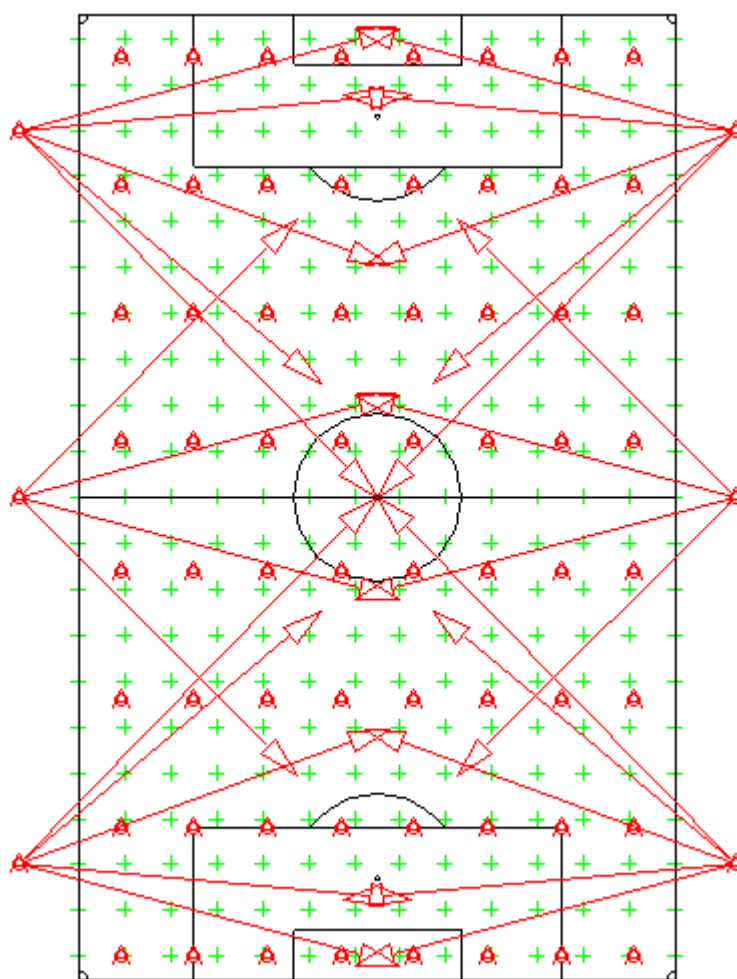
Οι πυλώνες είναι αρκετά κοντά στον αγωνιστικό χώρο πράγμα που σημαίνει ότι είναι δύσκολο για τα τοποθετημένα φωτιστικά να κοιτάζουν τα πολύ χαμηλά σημεία του γηπέδου

Η γωνίες κλίσης των φωτιστικών είναι λίγο μεγαλύτερες ώστε να φτάνει περισσότερο φως στα κεντρικά σημεία

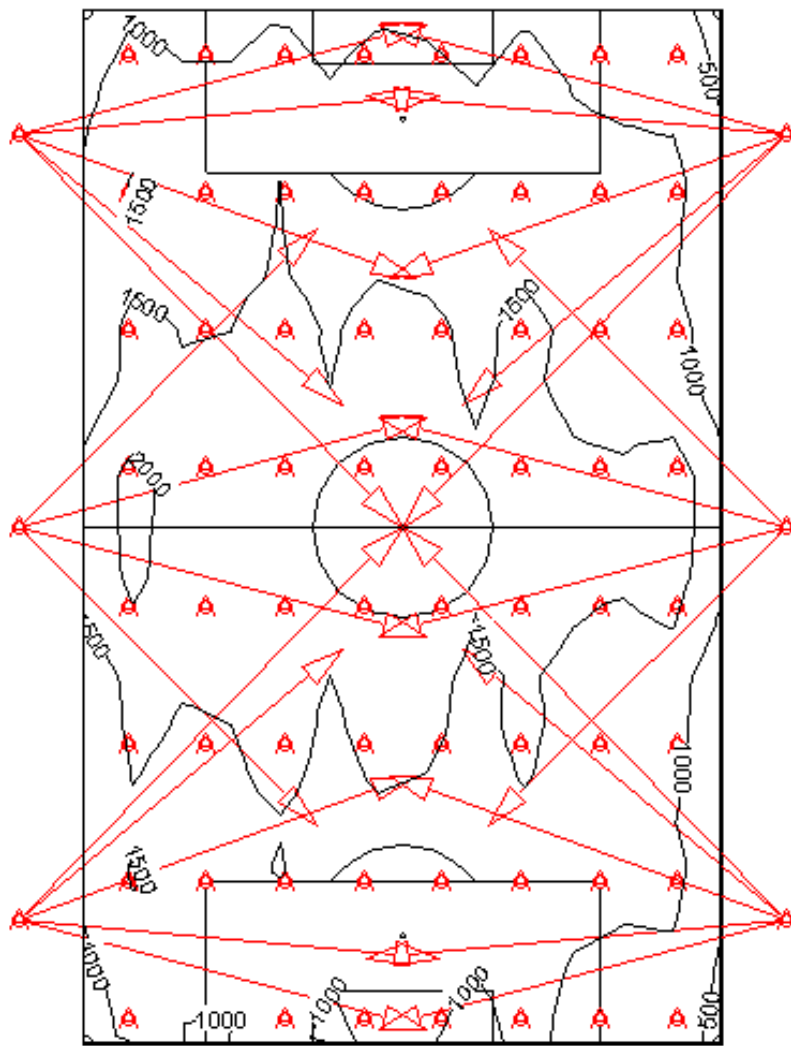
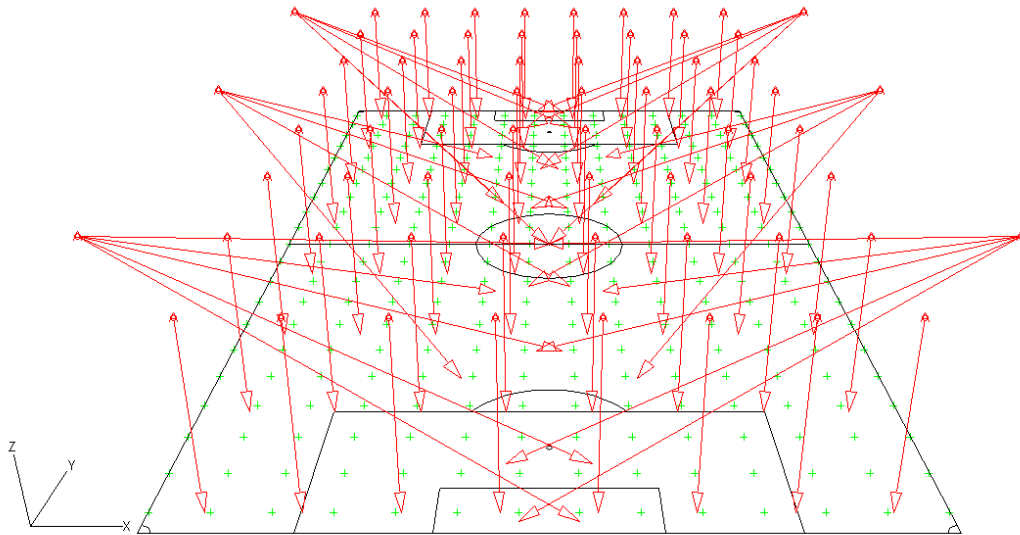
Οι πυλώνες δεν έχουν τοποθετηθεί στις τέσσερις γωνίες του γηπέδου , αλλά λίγο πιο μέσα με σκοπό να παρακάμπτουν πρακτικά τις γωνίες του γηπέδου μη φωτίζοντάς τις επαρκώς.

Ο φωτισμός θεωρείται επαρκής και δεν απαιτείται κάποια ενέργεια βελτίωσης του συγκεκριμένου σεναρίου καθώς το παρόν γήπεδο χρησιμοποιείται ως προπονητήριο και δεν υποχρεούται να συμμορφωθεί σε απαιτήσεις διεθνών κανονισμών.

3.1.1.1.2. Σενάριο τοποθέτησης 2

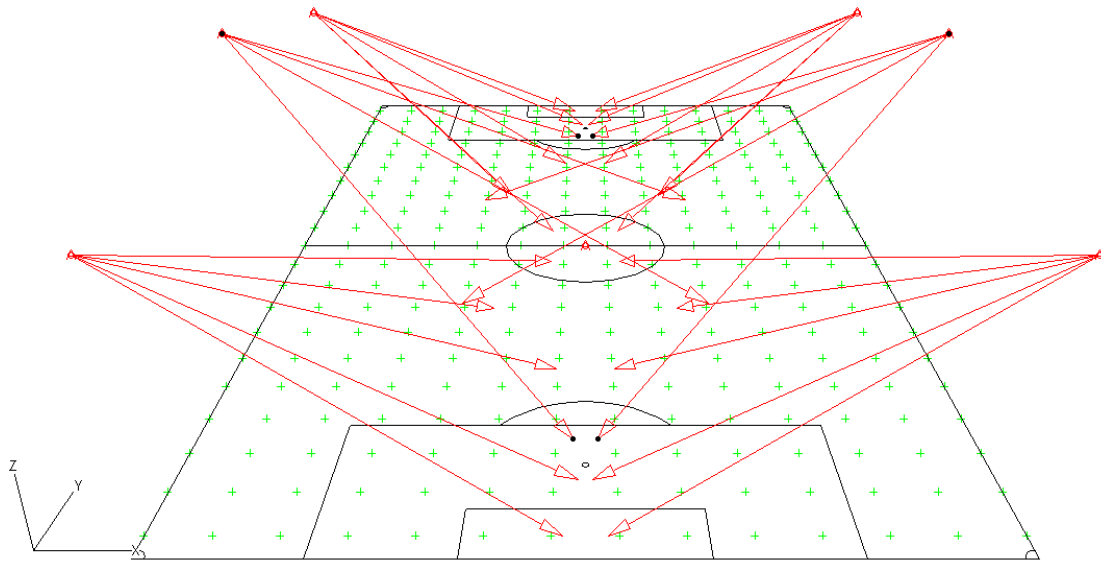


Εικόνα 55. Προσομοίωση σεναρίου τοποθέτησης 2 για το γήπεδο ποδοσφαίρου.

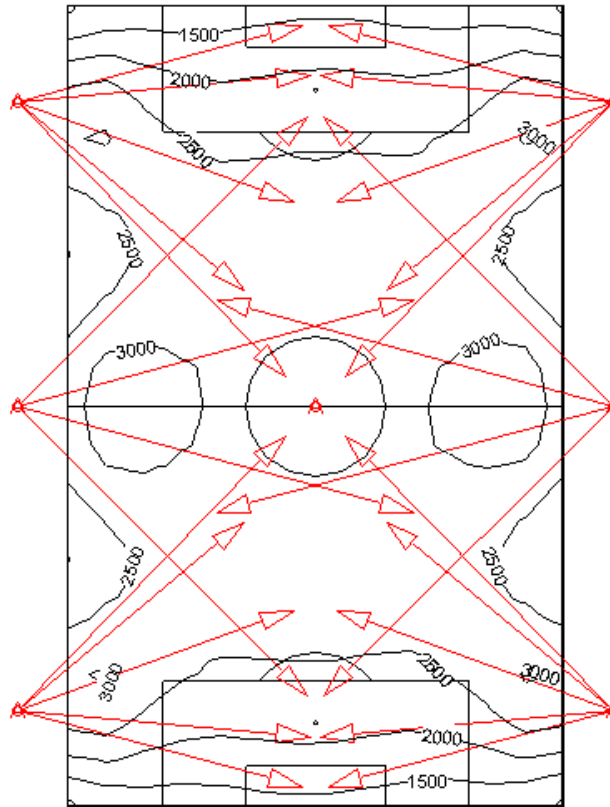


Τα όρια φωτεινής ισχύος είναι και σε αυτό το σενάριο άνω των 1500lux. Παρατηρείται στην παραπάνω εικόνα ότι το πρόβλημα έλλειψης φωτεινότητας στις γωνίες του γηπέδου έχει διορθωθεί αισθητά, και αυτό οφείλεται στο block των φωτιστικών που τοποθετήθηκαν άμεσα επάνω από τον αγωνιστικό χώρο. Ο συγκεκριμένος τρόπος εγκατάστασης ενδείκνυται κυρίως για κλειστούς αγωνιστικούς χώρους μιας και ο τρόπος τοποθέτησης των φωτιστικών απαιτεί ιδιαίτερη κατασκευή επάνω από τον αγωνιστικό χώρο.

3.1.1.1.3. Σενάριο τοποθέτησης 3



Εικόνα 56. Προσομοίωση σεναρίου τοποθέτησης 3 για το γήπεδο ποδοσφαίρου.



CalcuLux Area - [(γηπεδο μονο πυλωνες κυκλ φωτ) Football : Textual Table]

File Data Calculation Report Finance View Options Window Help

X (m) Y (m)	-32.50	-27.50	-22.50	-17.50	-12.50	-7.50	-2.50	2.50	7.50	12.50	17.50	22.50	27.50	32.50
50.00	1185<	1384	1438	1394	1418	1502	1552	1569	1543	1468	1451	1498	1462	1269
45.00	2064	2175	1979	1858	1845	1894	1943	1954	1927	1894	1904	2025	2243	2147
40.00	2777	2863	2455	2246	2153	2190	2234	2237	2210	2189	2290	2498	2924	2816
35.00	2965	3046	2699	2518	2389	2407	2442	2449	2436	2431	2545	2711	3046	2940
30.00	2607	2715	2644	2585	2583	2587	2608	2612	2599	2597	2598	2643	2706	2560
25.00	2153	2464	2567	2615	2677	2710	2697	2693	2699	2673	2632	2570	2469	2133
20.00	1980	2337	2543	2703	2758	2757	2735	2725	2740	2757	2716	2560	2353	1982
15.00	2103	2465	2658	2811	2858	2811	2791	2791	2810	2858	2812	2684	2513	2152
10.00	2436	2822	2904	2927	2951	2894	2849	2848	2894	2936	2925	2936	2876	2502
5.00	2739	3126	3166	3018	2971	2887	2822	2815	2884	2964	3012	3177	3154	2765
0.00	2814	3234	3270>	3038	2967	2851	2748	2748	2851	2967	3038	3270>	3234	2814
-5.00	2765	3154	3177	3012	2964	2884	2815	2822	2887	2971	3018	3166	3126	2739
-10.00	2502	2876	2936	2925	2936	2894	2848	2849	2894	2951	2927	2904	2822	2436
-15.00	2152	2513	2684	2812	2858	2810	2791	2791	2811	2858	2811	2658	2465	2103
-20.00	1982	2353	2560	2716	2757	2740	2725	2735	2757	2758	2703	2543	2337	1980
-25.00	2133	2469	2570	2632	2673	2699	2693	2697	2710	2677	2615	2567	2464	2153
-30.00	2560	2706	2643	2598	2597	2599	2612	2608	2587	2583	2585	2644	2715	2607
-35.00	2940	3046	2711	2545	2431	2436	2449	2442	2407	2389	2518	2699	3046	2965
-40.00	2816	2924	2498	2290	2189	2210	2237	2234	2190	2153	2246	2455	2863	2777
-45.00	2147	2243	2025	1904	1894	1927	1954	1943	1894	1845	1858	1979	2175	2064
-50.00	1269	1462	1498	1451	1468	1543	1569	1552	1502	1418	1394	1438	1384	1185<

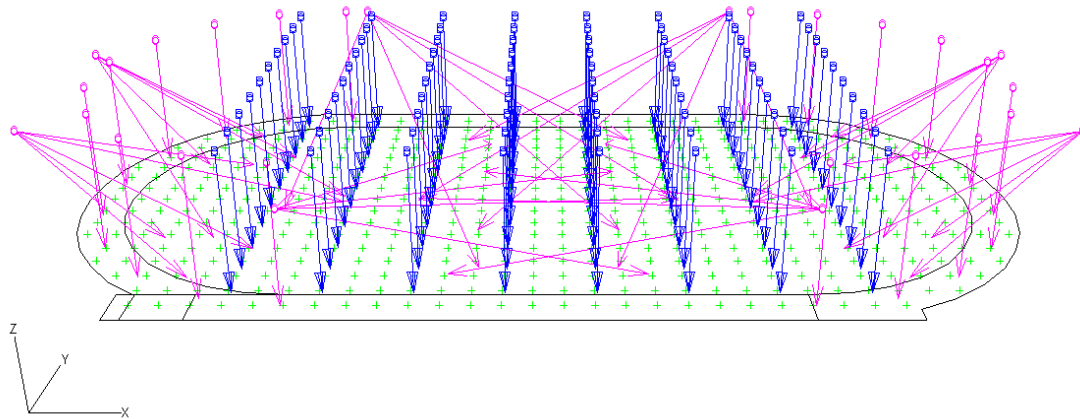
Παρατηρούμε ότι τα επίπεδα φωτεινότητας είναι πολύ παραπάνω από αυτά των προηγούμενων σεναρίων, σε όλα τα μήκη και πλάτη του αγωνιστικού χώρου. Στο μεγαλύτερο μέρος του γηπέδου καταγράφονται τιμές από 2500-3000 Lux, Παρόλα αυτά παρατηρείται ότι

οι μικρότερες τιμές φωτεινότητας παρατηρούνται και πάλι στις απομακρυσμένες άκρες του γηπέδου παρόλο που αναφερόμαστε σε τιμές των 1500lux. Αυτό μας παραπέμπει στο συμπέρασμα ότι, επειδή το ύψος των πυλώνων είναι ένα χαρακτηριστικό που δεν γίνεται να αλλάξει εύκολα, μιας και αν μειωθεί αυτό, μειώνεται αμέσως και η γωνία των προβολών προς το γήπεδο, με σκοπό να καταφέρουν να καλύψουν όλα τον αγωνιστικό χώρο πράγμα που ενδέχεται να δημιουργήσει προβλήματα θάμβωσης σε αθλητές και θεατές.

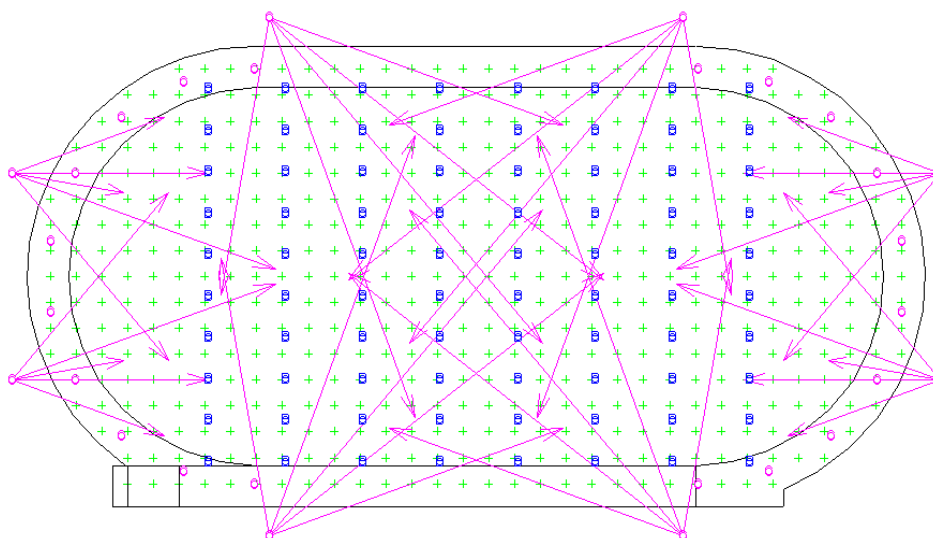
Για τον λόγο αυτό ένα ουσιαστικό μέτρο που μπορεί να ληφθεί για την αντιμετώπιση της έλλειψης φωτισμού στα άκρα του γηπέδου είναι να 'θυσιάζονται' κάποια φωτιστικά σώματα ώστε να προσφέρουν την απαιτούμενη φωτεινή ισχύ στοχευμένα σε αυτά τα σημεία.

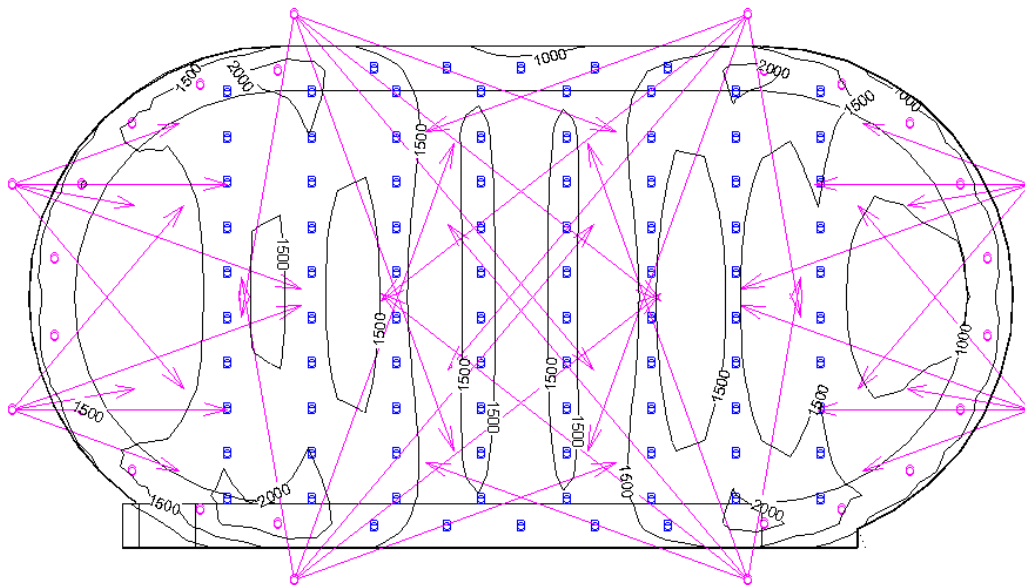
Αποτελεί τον πιο πρακτικό και εύκολο τρόπο τοποθέτησης φωτιστικών σε σχέση με τους δυο παραπάνω με την διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή τοποθετούνται επάνω στους πυλώνες μεγαλύτερος αριθμός προβολών.

3.1.2. Στάδιο με στίβο



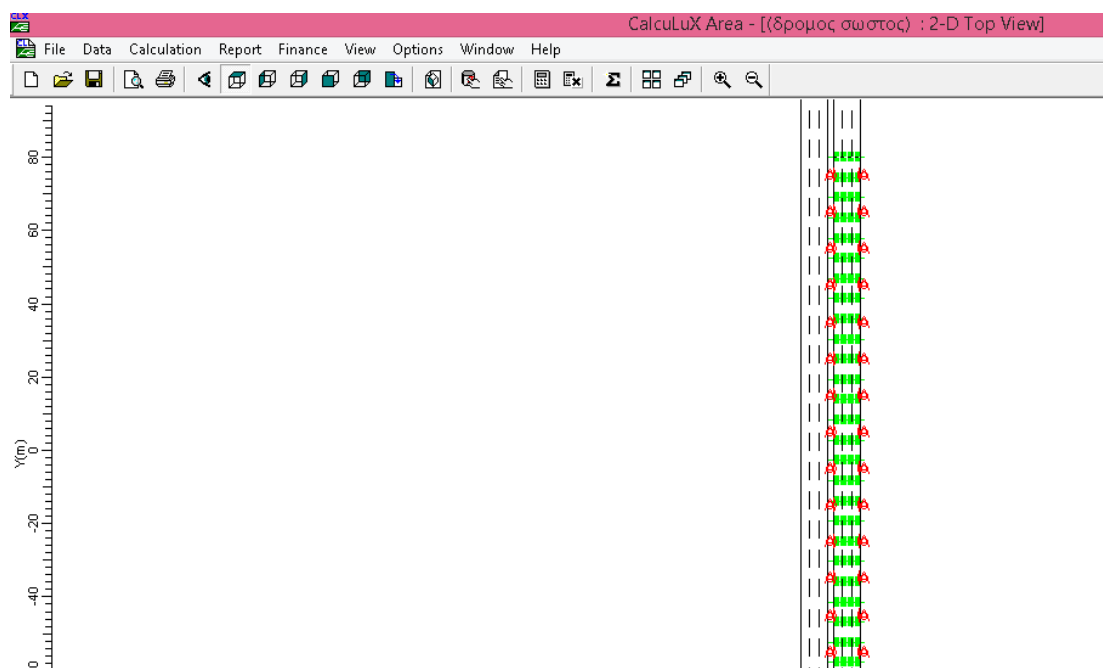
Εικόνα 57. Προσομοίωση Σταδίου με στίβο.



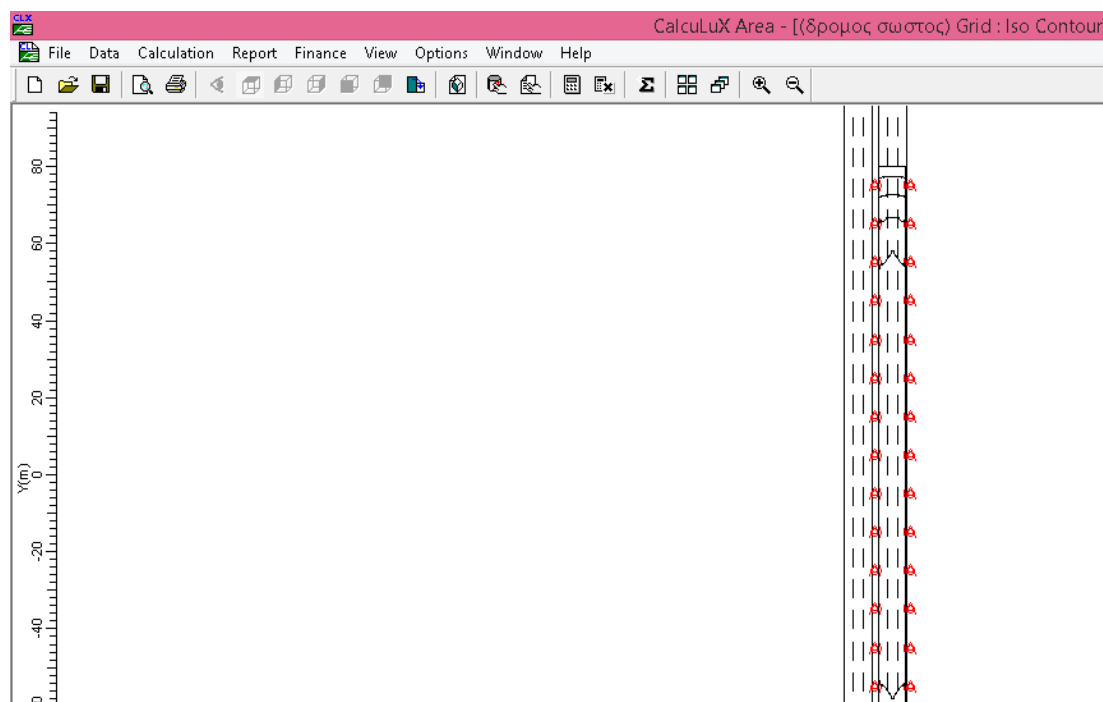


Στο παρόν σενάριο χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις παραπάνω πυλώνες περιμετρικά του σταδίου οι οποίοι φέρουν λιγότερα φωτιστικά έκαστος σε σχέση με τα προηγούμενα σενάρια. Ο λόγος που επιλέχθηκε η μέθοδος αυτή είναι λόγω της μεγαλύτερης έκτασης που καλύπτει το στάδιο σε σχέση με ένα γήπεδο ποδοσφαίρου καθώς ο στίβος έχει πλάτος 8.5 μέτρων σε όλο το μήκος του. Στο παρόν σενάριο δεν παρατηρείται ελλείψεις φωτισμός στα άκρα μια και έχουν τοποθετηθεί περιμετρικά και άνωθεν του στίβου φωτιστικά σώματα. Ο τρόπος τοποθέτησης του πρακτικά είναι λιγότερο πολύπλοκος από αυτόν των ενδιάμεσων φωτιστικών αφού ως βάσεις χρησιμοποιούν τα στέγαστρα του σταδίου.

3.1.3. Φωτισμός δρόμου ταχείας κυκλοφορίας δυο κατευθύνσεων και τριών λωρίδων ταχύτητας.



Εικόνα 58. Προσομοίωση δρόμου ταχείας κυκλοφορίας δύο κατευθύνσεων και τριών λωρίδων ταχύτητας.



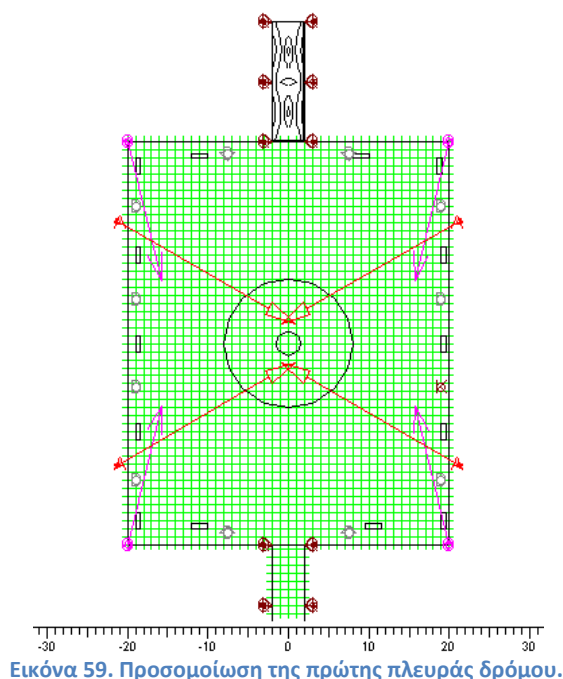
Όπως αναφέρθηκε σε παραπάνω κεφάλαια επιλέξαμε ένα οριακά προς τα πάνω μεγάλο μήκος δρόμου ώστε να δώσουμε την άνεση στα φωτιστικά σώματα να επιδράσουν μεταξύ τους ώστε το δείγμα φωτισμού να είναι ακριβές. Έτσι επιλέχθηκε δρόμος 160 μέτρων και κατά την προσομοίωση παρατηρήσαμε μεγάλο ποσοστό ομοιομορφίας στον φωτισμό με την ισχύ να αγγίζει τα επιθυμητά όρια (16-17lux για την περίπτωση μας), ενώ παρατηρείται από την εικόνα και μια σχετική ανομοιομορφία και έλλειψη φωτισμού στα άκρα του δείγματος

δρόμου. Αυτό δεν αποτελεί ανησυχητικό φαινόμενο. Είναι απόλυτα φυσιολογικό καθώς όσο προχωράμε προς το τέλος του δρόμου, αφήνουμε πίσω μας φωτιστικά που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους όσον αφορά τον φωτισμό. Έτσι στο τέλος του δρόμου, το τελευταίο ζεύγος φωτιστικών θα αλληλεπιδρά μόνο με τα γειτονικά του με σκοπό να μην λαμβάνει αρκετό φωτισμό από τα φώτα που βρίσκονται πιο κοντά στο κέντρο του δρόμου. Το φαινόμενο αυτό είναι καθαρά θέμα λογισμικού μιας και στην πραγματικότητα όταν τοποθετούμε φωτιστικά σε έναν δρόμο, τα τοποθετούμε σε πολύ μεγάλο μήκος και όχι σε ένα δείγμα 160 μέτρων.

3.1.4. Φωτισμός Πλατείας με σιντριβάνι.

Όπως αναφέραμε παραπάνω κατά την τοποθέτηση των φωτιστικών, χωρίσαμε τα πλέγματα προσομοίωσης σε τρεις διαφορετικούς χώρους. Οι δυο πρώτοι χώροι είναι ο δρόμος εκατέρωθεν της πλατείας που οδηγεί από και προς αυτήν. Ο τρίτος χώρος είναι η πλατεία στην οποία έχει τοποθετηθεί ένα τρίτο ξεχωριστό πλέγμα προσομοίωσης. Μετά τις απαραίτητες ρυθμίσεις πραγματοποιούμε τις προσομοιώσεις και προκύπτουν τα παρακάτω γραφήματα και πίνακες για την κατανομή φωτισμού.

3.1.5. Κατανομή φωτισμού πρώτης πλευράς δρόμου

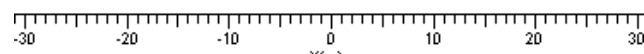
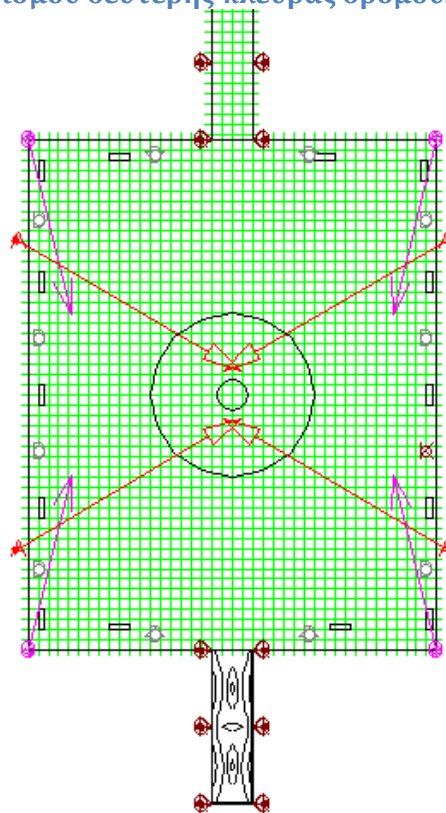


Εικόνα 59. Προσομοίωση της πρώτης πλευράς δρόμου.

X (m) Y (m)	-2.00	-1.00	0.00	1.00	2.00
39.50	220	359	331	359	220
38.50	194	322	373	322	194
37.50	153	289	455	289	153
36.50	136<	278	524	278	136
35.50	145	296	495	296	145
34.50	181	317	417	317	181
33.50	239	370	353	370	239
32.50	216	398	432	398	216
31.50	240	372	355	372	240
30.50	184	320	420	320	184
29.50	149	300	499	300	149
28.50	143	284	530>	284	143
27.50	163	298	463	298	163
26.50	208	334	384	334	208
25.50	239	375	345	375	239

Πίνακας 8. Πίνακας κατανομής έντασης φωτισμού.

3.1.6. Κατανομή φωτισμού δεύτερης πλευράς δρόμου.

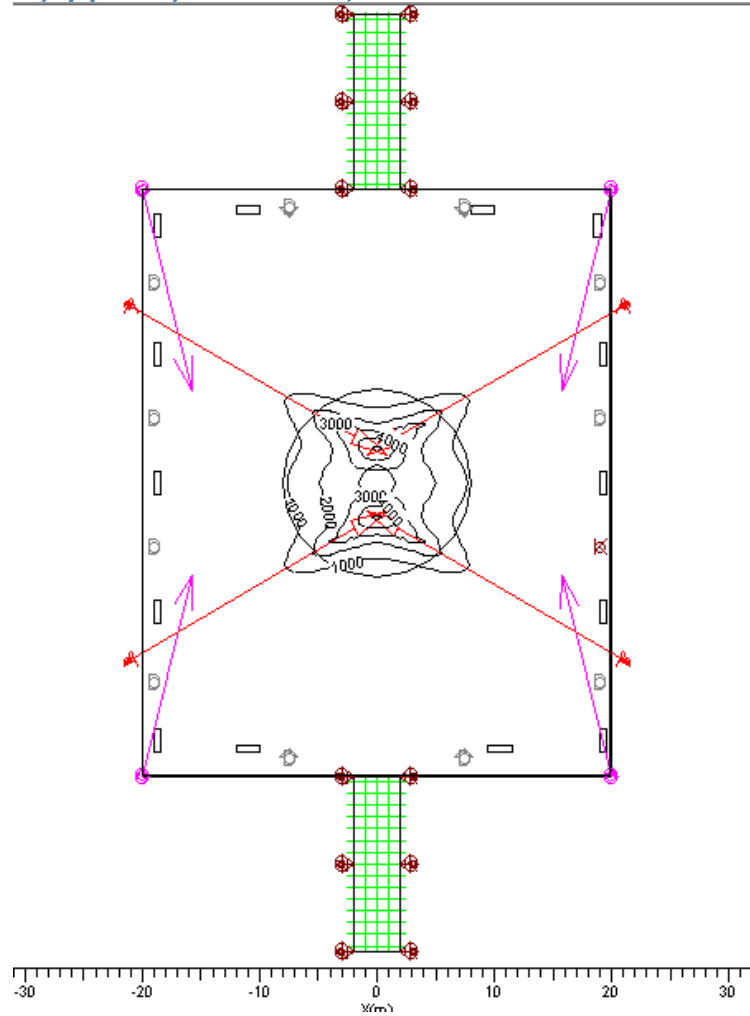


Εικόνα 60. Προσομοίωση φωτισμού δεύτερης πλευράς δρόμου.

X (m) Y (m)	-2.00	-1.00	0.00	1.00	2.00
-25.50	239	375	345	375	239
-26.50	208	334	384	334	208
-27.50	163	298	463	298	163
-28.50	143	284	530>	284	143
-29.50	149	300	499	300	149
-30.50	184	320	420	320	184
-31.50	240	372	355	372	240
-32.50	216	398	432	398	216
-33.50	239	370	354	370	239
-34.50	181	317	417	317	181
-35.50	145	296	495	296	145
-36.50	136<	278	524	278	136
-37.50	153	289	455	289	153
-38.50	194	322	373	322	194
-39.50	220	359	331	359	220

Πίνακας 9. Πίνακας κατανομής έντασης δεύτερης πλευράς δρόμου.

3.1.7. Κατανομή φωτισμού πλατείας

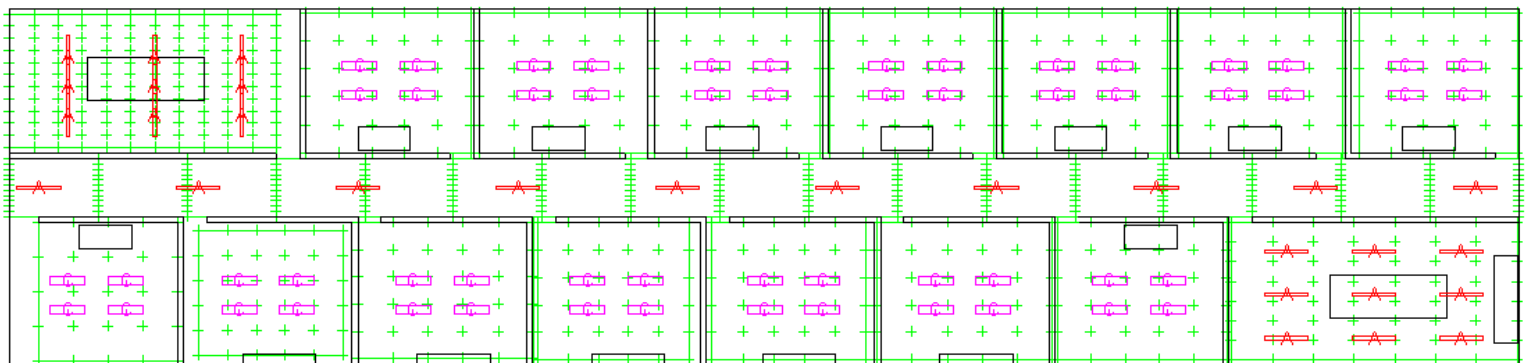


Εικόνα 61. Προσομοίωση φωτισμού πλατείας.

Λόγω του ότι ο πίνακας κατανομής φωτισμού τις πλατείας ήταν αρκετά μεγάλος λόγω του πλήθους των σημείων που περιλαμβάνει δεν ήταν δυνατόν να εισαχθεί στο σημείο αυτό, για αυτό και τον συναντάμε παρακάτω στην τεχνική έκθεση που δημιουργεί το λογισμικό για την πλατεία.

3.2. Σενάρια εσωτερικών χώρων.

3.2.1. Γραφεία ορόφου.



Εικόνα 62.Κάτοψη Ορόφου γραφείων.

Χωρίσαμε τον όροφο σε όλου τους επιμέρους χώρους που φωτίζονται ξεχωριστά και επιλέξαμε να γίνουν προσομοιώσεις για όλους τους χώρους. Παρατηρούμε ότι τα γραφεία έχουν κατασκευασθεί και έχουν το ίδιο μέγεθος και τα ίδια φωτιστικά. Για αυτό εδώ θα παρατεθούν αποτελέσματα από δυο γραφεία ενδεικτικά ενώ τα υπόλοιπα αποτελέσματα θα είναι διαθέσιμα στις εκθέσεις του λογισμικού.

3.2.1.1. Γραφείο Νο14



Εικόνα 63. Προσομείωση γραφείου Νο14.



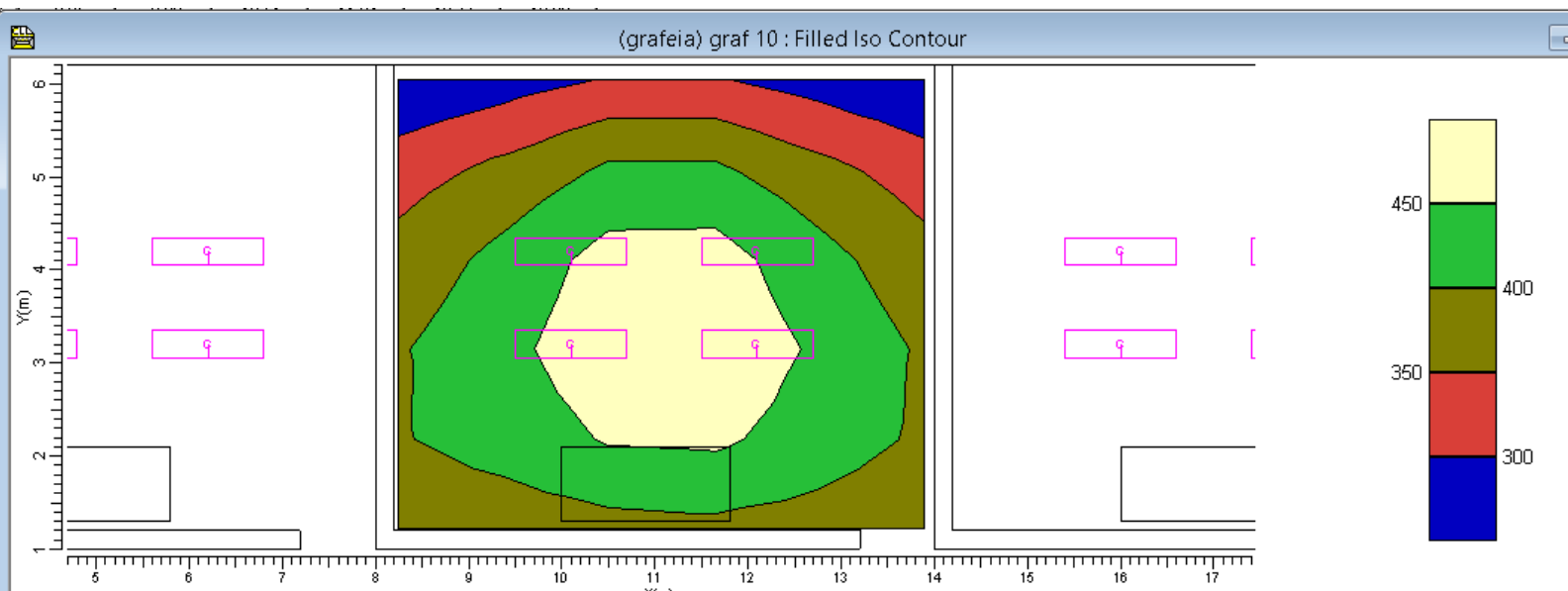
Εικόνα 64. Σκαρίφημα έντασης φωτισμού γραφείο Νο14.

(grafeia) graf 14 : Textual Table

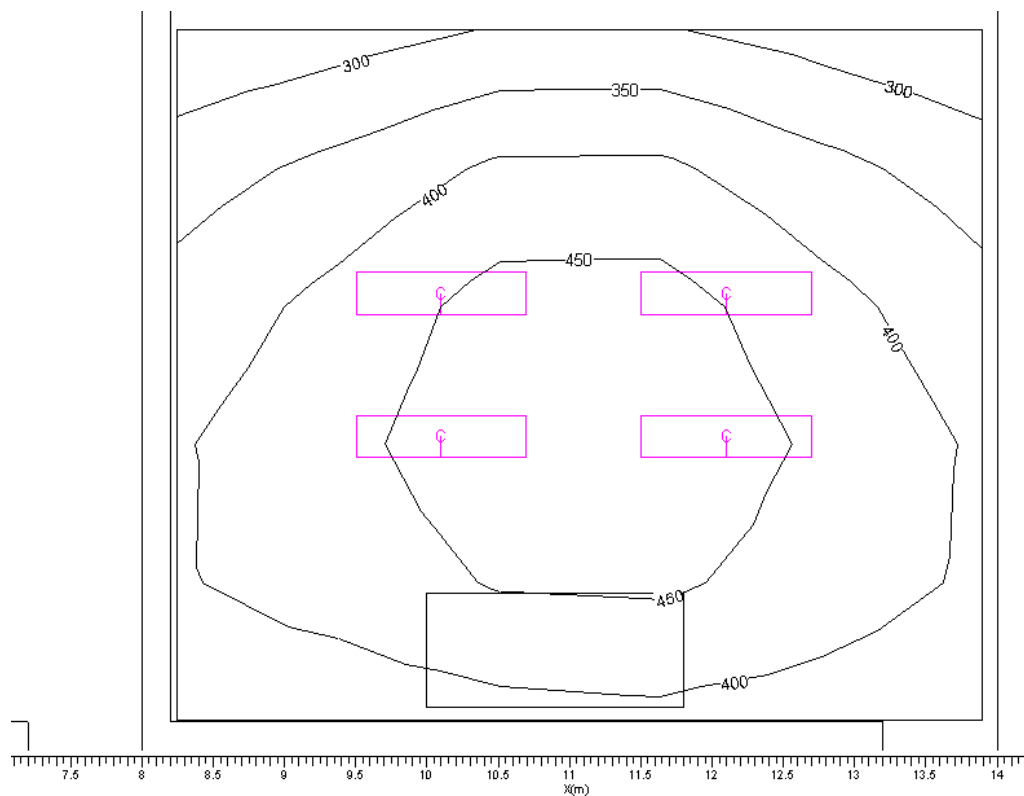
X (m) Y (m)	-15.80	-14.66	-13.52	-12.38	-11.24	-10.10
6.05	186<	214	272	282	243	205
5.08	310	355	462	474	393	311
4.11	399	450	592	605>	489	373
3.14	410	454	592	601	486	376
2.17	362	409	509	492	399	344
1.20	284	336	390	348	293	285

Πίνακας 10. Πίνακας κατανομής φωτισμού γραφείου Νο14.

3.2.1.2. Γραφείο Νο10



Εικόνα 65. Προσομείωση γραφείου Νο10.

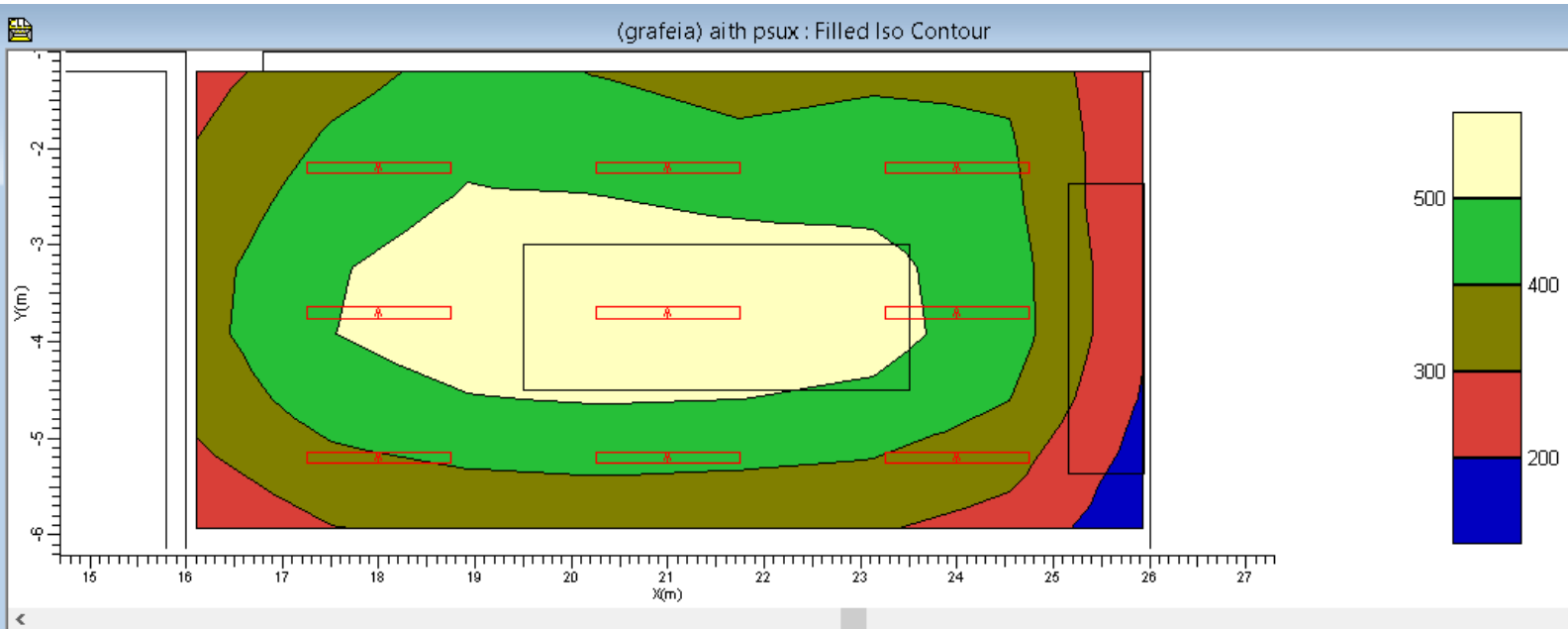


Εικόνα 66. Σκαρίφημα φωτισμού γραφείου Νο10.

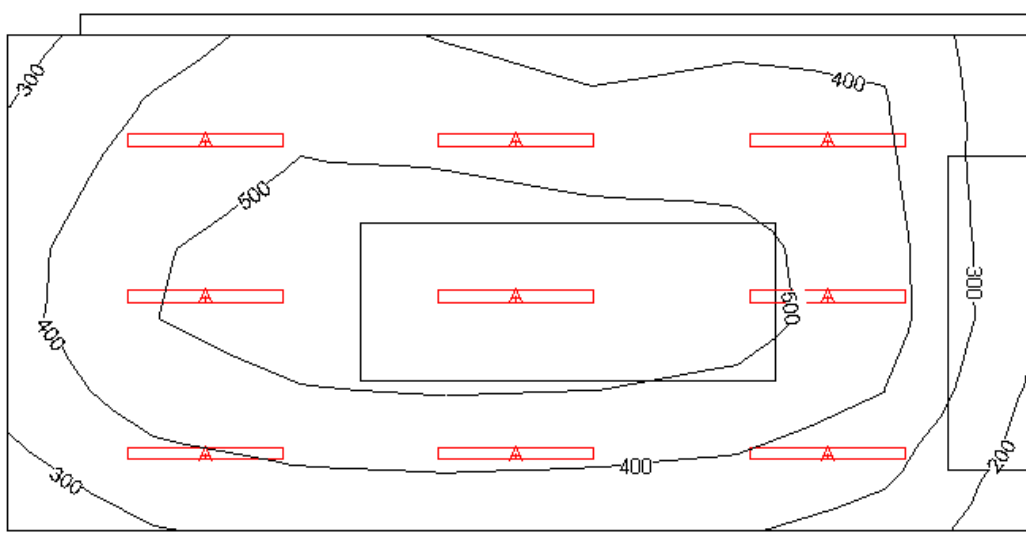
X (m) Y (m)	8.25	9.38	10.51	11.64	12.77	13.90
6.05	254	277	304	304	277	252<
5.08	327	364	409	409	365	325
4.11	369	416	470	471	417	367
3.14	396	436	484	487>	442	392
2.17	396	421	454	459	428	391
1.20	363	369	382	387	375	355

Πίνακας 11. Κατανομή φωτισμού γραφείου Νο10.

3.2.1.3. Αίθουσα ψυχαγωγίας.



Εικόνα 67. Προσομοίωση αίθουσας αναψυχής.



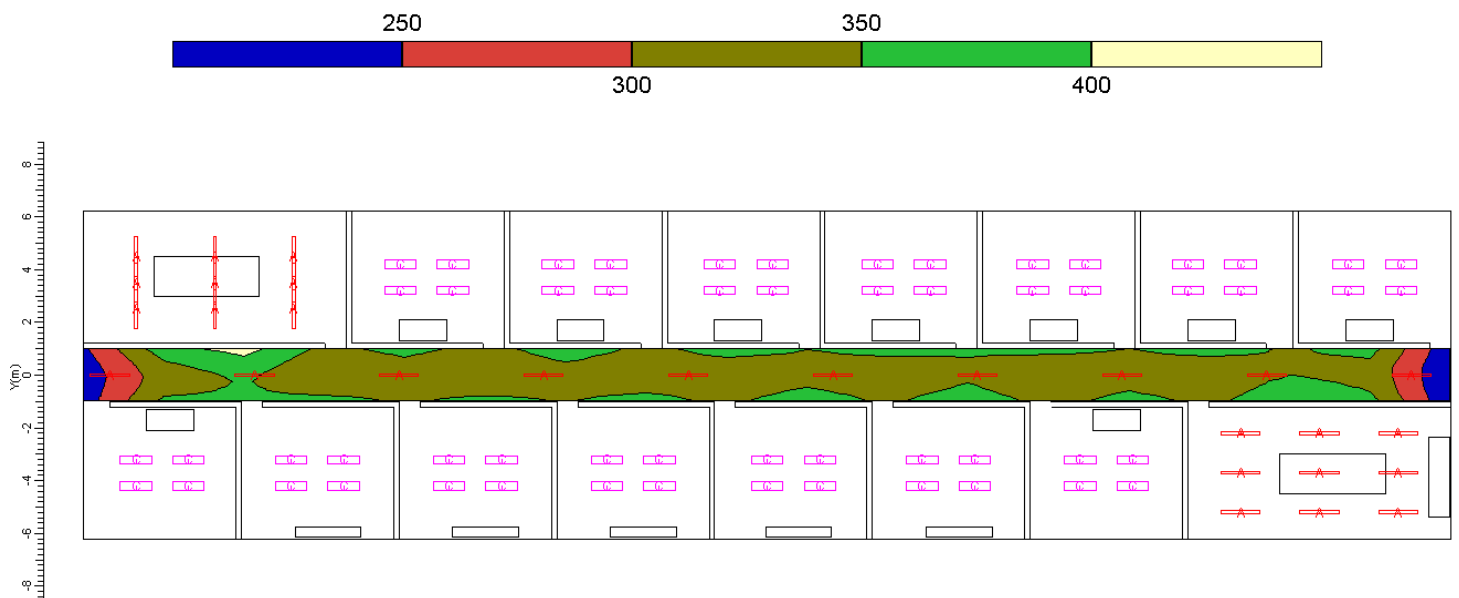
Εικόνα 68. Σκαρίφημα αίθουσας αναψυχής.

(grafeia) aith psux : Textual Table

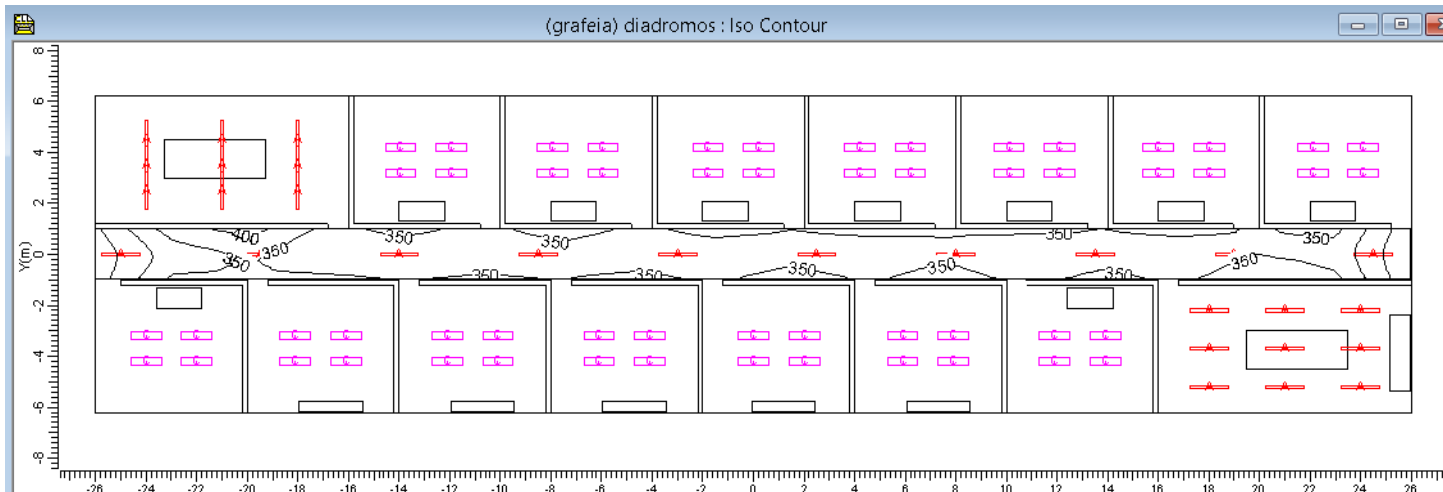
X (m)	16.10	17.51	18.91	20.32	21.73	23.14	24.54	25.95
Y (m)								
-1.20	264	360	436	394	355	380	380	214
-1.88	298	412	479	454	418	434	408	213
-2.56	332	453	509	505	484	480	422	206
-3.24	361	492	544	555	546	528	441	210
-3.91	367	498	551	562>	556	535	444	211
-4.59	334	452	495	507	501	481	401	189
-5.27	277	374	406	415	408	392	329	157
-5.95	213	294	320	325	320	307	258	127<

Πίνακας 12. Πίνακας κατανομής φωτισμού αίθουσας αναψυχής.

3.2.1.4. Διάδρομος



Εικόνα 69. Προσομοίωση διαδρόμου.



Εικόνα 70. Σκαρίφημα προσομοίωσης διαδρόμου.

Παρατηρείται στο τελευταίο κομμάτι (αριστερή πλευρά του διαδρόμου) σημεία στα οποία η πυκνότητα ξεπερνάει τα 400 lux σε αντίθεση με τα υπόλοιπα σημεία του διαδρόμου που η ένταση Φώτος κυμαίνεται γύρω στα 350 Lux. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται από τη αλληλεπίδραση των φωτιστικών σωμάτων της αίθουσας συνεδριάσεων, του γραφείου Νο2 και του τοίχου στο τέλος του διαδρόμου, ο οποίος “εγκλωβίζει” το φως του τελευταίου φωτιστικού μη αφήνοντας το να πάει παρακάτω ενώ παράλληλα το ανακλά προς το εσωτερικό του διαδρόμου. Η σχετική τραχύτητα του τοίχου προκαλεί μη ομοιόμορφη ανάκλαση του φωτός, επομένως μέσω των δυνατοτήτων του παρόντος προγράμματος δεν είναι εφικτό να γνωρίζουμε με ακρίβεια προς τα πού ανακλάται το περισσότερο φως, και η μόνη πηγή πληροφοριών είναι τα διαγράμματα φωτισμού και οι πίνακες κατανομής ανά τα σημεία.

CalcuLuX Indoor - [(grafeia) diadromos : Textual Table]

File Data Calculation Report Finance View Options Window Help

X (m) Y (m)	-26.00	-22.94	-19.88	-16.82	-13.76	-10.71	-7.65	-4.59	-1.53	1.53	4.59	7.65	10.71	13.76	16.82	19.88	22.94	26.00
1.00	241	382	421>	336	367	332	381	337	373	352	369	360	366	350	370	346	366	212
0.82	236	367	406	327	357	323	370	330	361	345	357	354	352	344	357	345	358	210
0.64	232	355	393	321	347	316	358	324	348	339	344	349	338	338	345	344	350	207
0.45	227	345	382	317	338	312	348	320	337	335	333	344	327	334	336	343	342	205
0.27	223	337	370	314	331	310	340	319	328	334	325	342	318	331	327	344	337	202
0.09	221	331	362	313	327	310	334	319	322	334	319	342	312	330	322	348	336	201
-0.09	219	328	357	315	326	313	332	322	320	337	317	344	309	331	321	353	338	200<
-0.27	220	330	354	321	327	319	332	328	320	342	318	349	309	336	322	361	341	201
-0.45	221	336	355	330	330	327	334	336	322	350	320	357	311	343	323	369	345	203
-0.64	222	343	356	341	334	339	338	347	326	360	326	367	315	352	325	377	350	204
-0.82	224	352	358	354	340	352	343	360	331	373	333	378	322	362	330	387	359	207
-1.00	225	362	360	367	346	366	348	373	338	385	341	389	331	372	338	397	367	208

Πίνακας 13. Πίνακας κατανομής φωτισμού διαδρόμου.

Επιπρόσθετα αν παρατηρήσουμε μέσω του πίνακα κατανομής φωτισμού, στα σημεία του διαδρόμου που επικοινωνούν με τις πόρτες κάθε αίθουσας, ο φωτισμός

του διαδρόμου ,δεν αλληλεπιδρά με τον φωτισμό κάθε γραφείου. Αφού για κάθε τμήμα (διάδρομος, γραφεία , αίθουσες) έχει τοποθετηθεί ξεχωριστό πλέγμα προσομοίωσης. Με τον τρόπο αυτό προσομοιώσαμε την ύπαρξη πόρτας εισόδου σε κάθε χώρο ξεχωριστά που τον απομονώνει από τον διάδρομο. Αυτό φαίνεται αν παρατηρήσουμε το χρωματικό διάγραμμα ενός γραφείου κοντά στην πόρτα (σημείο επικοινωνίας με τον διάδρομο) που εμφανίζει χαμηλότερη ένταση φωτισμού, ενώ σε περίπτωση που επικοινωνούσε με τον φωτισμό του διαδρόμου ο φωτισμός θα έπρεπε να είναι μεγαλύτερος.

4. Συμπεράσματα

4.1. Γενικά

Βασικός στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η δημιουργία ενός ορθού εγχειριδίου χρήση του λογισμικού Calculux, Καθώς και η προσομοίωση φωτισμού τμημάτων σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους.

Περιλαμβάνει τον κατάλογο φωτιστικών της κατασκευάστριας εταιρίας PHILIPS με μοντέλα φωτιστικών για όλα τα είδη φωτισμού.

Γενικά το Calculux αποτελεί ένα λογισμικό που μετράει αρκετά χρόνια στον χώρο της φωτοτεχνίας. Στηρίζεται κυρίως σε ένα σύστημα συντεταγμένων τριών αξόνων (X,Y,Z) και όσον αφορά την τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων αλλά και ως προς το σχεδιαστικό κομμάτι. Αυτός ο τρόπος σχεδιασμού το καθιστά σχετικά πιο πολύπλοκο σε σχέση με τα σύγχρονα προγράμματα μελετών , προσφέρει όμως ρεαλιστικές προσομοιώσεις φωτισμού ενώ εξάγει αποτελέσματα σε γραφήματα και πίνακες εύκολα στην ανάλυση. Εξάγει επιπλέον και πίνακες που αναφέρουν την ένταση φωτισμού στον χώρο γύρω από οποιοδήποτε σημείο συγκεκριμένων συντεταγμένων.

Το μέγεθος του εκάστοτε πίνακα (η ποσότητα των σημείων και μετρήσεων που περιλαμβάνει) εξαρτάται σίγουρα από το μέγεθος του χώρου προσομοίωσης , καθώς όσο πιο μεγάλος χώρος λογικό είναι να περιλαμβάνει περισσότερα σημεία των τριών αξόνων. Ανεξάρτητα από το μέγεθος του χώρου , το πλήθος των σημείων και μετρήσεων του πίνακα εξαρτάται από την πυκνότητα του πλέγματος προσομοίωσης. Βασικό είναι η πυκνότητα του πλέγματος πάντα σε σχέση με το μέγεθος του χώρου να μην είναι πολύ μεγάλη καθώς σημεία στον ίδιο χώρο που απέχουν μερικά εκατοστά , αμελητέα διαφορά έντασης φωτισμού. Επομένως δεν χρειάζεται να εξάγουμε πληροφορίες που πρακτικά δεν χρειαζόμαστε.

Σαν λογισμικό αποτελεί μια εύκολη και ελεύθερη προς χρήση λύση που μπορεί να υποστηρίξει μελέτες φυτοτεχνίας μέχρι και σε οικονομοτεχνικό επίπεδο για ένα μεγάλο εύρος τεχνικών έργων. Λόγω της σχετικής πολυπλοκότητας του σχεδιαστικού τμήματος του ενδέχεται να μην είναι εφικτό να υποστηρίξει πολύπλοκα σχήματα έργων ή συγκεκριμένες προσομοιώσεις φωτισμού.

4.2. Γήπεδο ποδοσφαίρου

Μετά την ανάλυση των σεναρίων φωτισμού του γηπέδου , από τις προσομοιώσεις ως πλήρως αποδεκτό σενάριο ο φωτισμός μόνο από πυλώνες περιμετρικά. Κατασκευαστικά είναι αρκετά πιο απλό από τα υπόλοιπα σενάρια μιας και δεν χρειάζεται επιπλέον κατασκευή βάσεων άνωθεν του αγωνιστικού χώρου. Τα επίπεδα φωτισμού φροντίσαμε να είναι και στα

τρία σενάρια υψηλά βάσει των προτύπων (άνω των 1500 lux), επομένως η διαφορά έγκειται στον τρόπο τοποθέτηση των φωτιστικών. Λόγω των υψηλών απαιτήσεων σε ένταση φωτισμού χρησιμοποιήθηκε μεγάλη ποσότητα φωτιστικών σωμάτων (περίπου 64 προβολείς συνολικά).

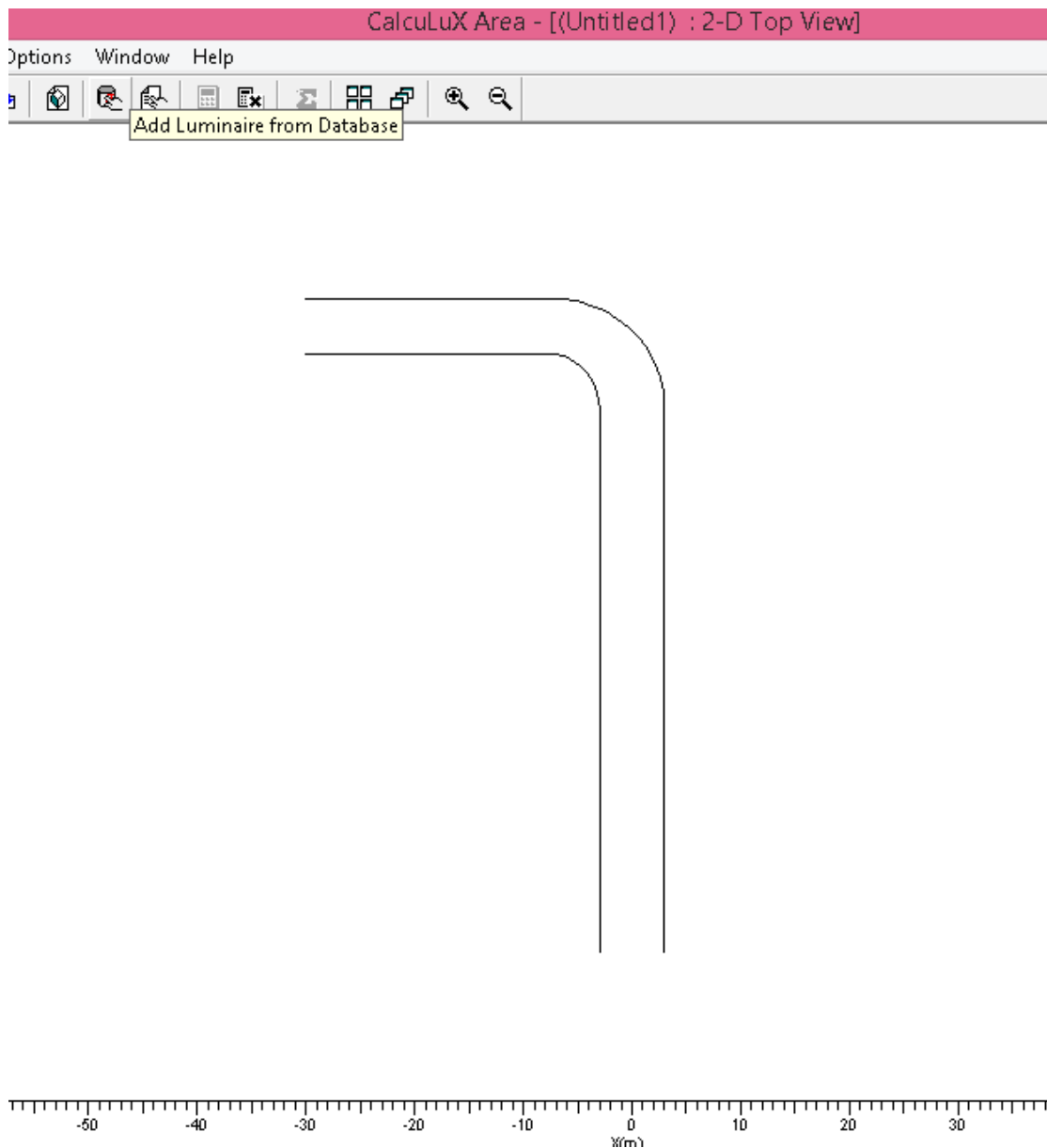
4.3. Αγωνιστικός χώρος με στίβο.

Στο παρόν σενάριο σίγουρα θα μπορούσαμε να πούμε ότι θα ήταν προτιμότερο ο φωτισμός να γίνει όπως και πριν δηλαδή με πυλώνες περιμετρικά. Η συγκεκριμένη εφαρμογή, δεν πρόκειται για ένα απλό προπονητικό κέντρο, αλλά για ένα συνήθως αποτελεί στάδιο ολυμπιακών προδιαγραφών που θα πρέπει να υποστηρίζει τα περισσότερα από τα αθλήματα. Αυτό συνεπάγεται και την ύπαρξη κερκίδων καθώς και στεγάστρων επάνω από αυτές. Πολλές φορές δε γίνεται λόγος για ύπαρξη στέγαστρο σε όλη την κάλυψη του σταδίου. Στην περίπτωση αυτή υπάρχοντος του στέγαστρου κατασκευαστικά έχει γίνει και μια προμελέτη για την τοποθέτηση των φωτιστικών επάνω σε αυτό όχι μόνο περιμετρικά στις βάσεις του, αλλά και άνωθεν του αγωνιστικού χώρου και σε όλη την κάλυψή του. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται λιγότερα φωτιστικά στα άκρα ενώ για τον υπόλοιπο φωτισμό τοποθετούνται φωτιστικά σε όλο το κομμάτι άνωθεν του χώρου. Τα δε επίπεδα φωτισμού φτάνουν συγκεκριμένα επίπεδα όπως και πριν.

4.4. Φωτισμός δρόμου ταχείας κυκλοφορίας με τρεις λωρίδες ταχύτητας.

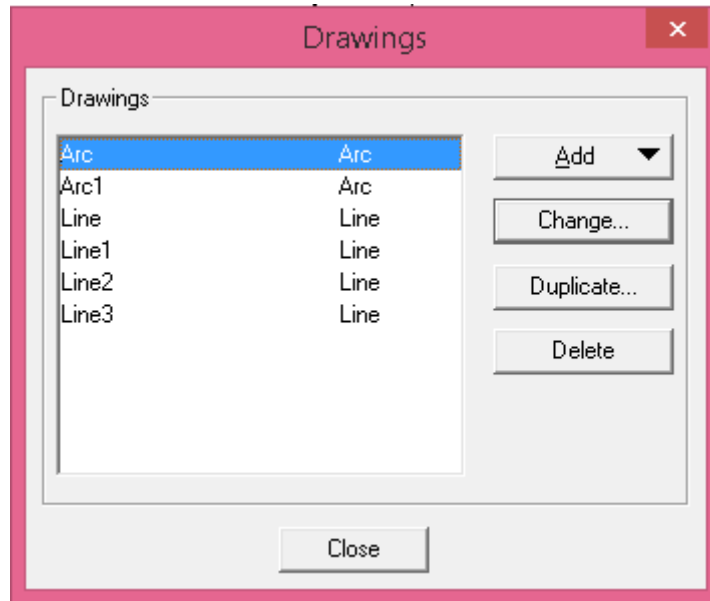
Στην περίπτωση αυτή οι επιλογές τοποθέτησης των φωτιστικών ήταν περιορισμένες. Έγινε τοποθέτηση σε πυλώνες των 18 μέτρων και επιλογή φωτιστικών από την βιβλιοθήκη φωτισμού οδικού δικτύου. Προσομοιώθηκε η μια κατεύθυνση της οδού μιας και αν υπάρξουν αποδεκτά αποτελέσματα για αυτή εφαρμόζεται ομοιόμορφα και στην άλλη κατεύθυνση εκτός από την περίπτωση της μη ομοιομορφίας του εδάφους στην άλλη πλευρά.

Η ιδιαιτερότητα του λογισμικού στην περίπτωση αυτή είναι ότι υποστηρίζει μόνο οδικό δίκτυο ευθείας γραμμής και όχι στροφές. Επομένως ο μηχανικός που πρόκειται να μελετήσει στην πράξη ένα οδικό δίκτυο μέσω του λογισμικού θα πρέπει να προσομοιώσει την ύπαρξη στροφής και τον φωτισμό της με δικό του τρόπο. Ενδεικτικά προσομοιώθηκε δρόμος ευθείας με μια αριστερή στροφή μέσω του menu drawing που φαίνεται παρακάτω.



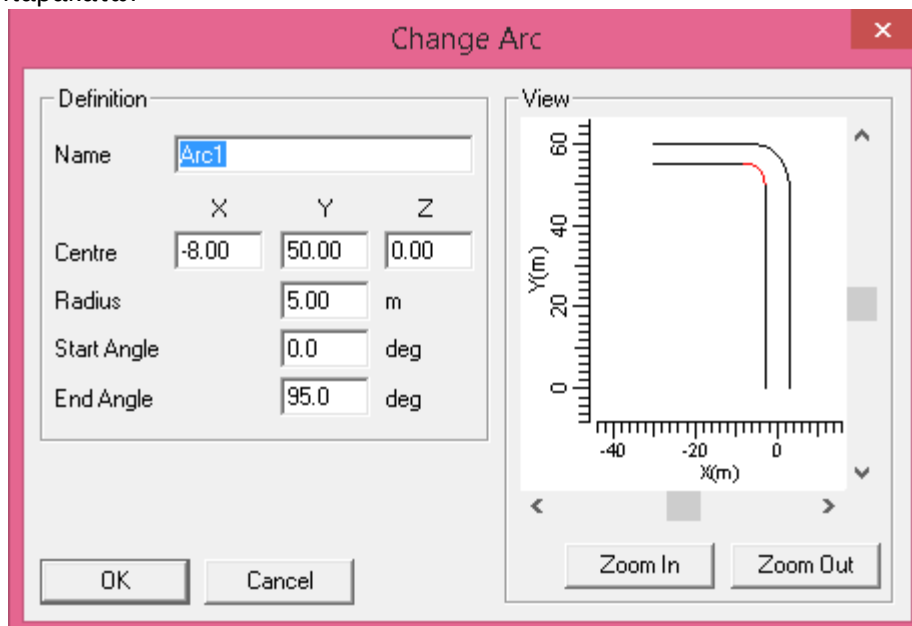
Εικόνα 71. Κατασκευή δρόμου με στροφή.

Ο δρόμος αυτός κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας ευθείες και τόξα τα οποία εισήχθησαν στο σχέδιο με συγκεκριμένες συντεταγμένες και ρυθμίσεις.



Εικόνα 72. Αναφορά μερών δρόμου.

Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις ευθείες για τα όρια της ευθείας οδού και ανάμεσα τους δυο τόξα για τα όρια της στροφής. Όλα τοποθετήθηκαν σε συγκεκριμένες συντεταγμένες. Όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 73. Ρύθμιση εσωτερικής στροφής δρόμου.

Επιστρέφοντας στο σενάριο μας τοποθετήθηκαν συμμετρικά φωτιστικά εκατέρωθεν της οδού ανά δέκα μέτρα. Το μήκος δρόμου που χρησιμοποιήθηκε έπρεπε να είναι επαρκές για την ομαλή και ακριβή προσομοίωση, και τόσο ώστε να καλύπτει με το παραπάνω την ελάχιστη απόσταση στην οποία φωτιστικά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους “ανταλλάσσοντας φως”.

Παρατηρήθηκε ομοιομορφία στον φωτισμό της οδού με τα όρια έντασης στην οδό είναι επαρκή βάσει των απαιτήσεων (16-18 lux).

4.5. Φωτισμός πλατείας με σιντριβάνι

Έγινε μια προσέγγιση χρήσης φωτιστικών σε πλατεία που προσφέρουν χαμηλό και επαρκή φωτισμό κοντά στα σημεία ύπαρξης κοινού. Χρησιμοποιήθηκαν Φωτά εστιασμένης δέσμης για τον από απόσταση φωτισμό του σιντριβανιού καθώς και προβολείς που διανέμουν το φως προς πάσα κατεύθυνση για αύξηση του φωτισμού τις μεταμεσονύκτιες ώρες. Το λογισμικό δεν υποστηρίζει τρισδιάστατη κατασκευή με υπαρκτά τοιχώματα εντός του σιντριβανιού ενώ σε περίπτωση συγκεκριμένου σχεδίου, είναι αρκετά περίπλοκη η κατασκευή συγκεκριμένου πλέγματος προσομοίωσης ακόμα και καθ ύψος σε ένα κατακόρυφο αντικείμενο. Στις πρώτες προσομοιώσεις αναλύθηκε το φώς που πέφτει στο κάτω μέρος του σιντριβανιού, επομένως στις επόμενες μέσω των ρυθμίσεων μειώθηκε η κλίση των φωτιστικών συγκεντρωμένης δέσμης ώστε να ρίχνουν περισσότερο φως στο μέσο του σιντριβανιού σε λίγο μεγαλύτερο ύψος, στο σημείο ύπαρξης κάποιου γλυπτού.

4.6. Εσωτερικοί χώροι

Δημιουργήθηκαν εσωτερικοί χώροι μέσω του μενού drawings. Όσον αφορά τους εσωτερικούς χώρους, το πρόγραμμα διαθέτει φωτιστικά για κάθε εφαρμογή όσο και για αρχιτεκτονικό φωτισμό. Είναι εφικτή η δημιουργία ξεχωριστού φωτισμού σε σημεία τοιχοποιίας που υπάρχουν έργα τέχνης ή στοιχεία που απαιτούν επιπλέον φωτισμό. Η προσομοίωση στην περίπτωση αυτή είναι εύκολη καθώς υπάρχει τυποποιημένη διαδικασία δημιουργίας πλέγματος προσομοίωσης σε τοίχο.

Όσον αφορά την δημιουργία χώρων, υπάρχουν ήδη έτοιμοι τυποποιημένοι χώροι των οποίων ο κάθε χρήστης μπορεί να ρυθμίσει τις διαστάσεις όπως μήκος πλάτος ύψος κάθε χώρου. Διαφορετικά ο σχεδιασμός εξεζητημένων έργων επιτυγχάνεται μέσω του μενού drawings και πάντα μέσω συντεταγμένων.

Το πρόγραμμα παρέχει και τρισδιάστατη απεικόνιση των σχεδίων όμως μόνο μέσω των συντεταγμένων. Επομένως κατά την τρισδιάστατη απεικόνιση φαίνονται μόνο τα τερματικά σημεία τοίχων και άλλων αντικειμένων. Το λογισμικό εσωτερικών χώρων παρέχει και χρωματική απεικόνιση της κατανομής έντασης φωτός μαζί με τα όρια φωτεινότητας του κάθε χρώματος. Όπως το λογισμικό εξωτερικών χώρων έτσι και αυτό των εσωτερικών δημιουργεί έκθεση με τεχνικές περιγραφές βάσει των ρυθμίσεων του κάθε χρήστη.

Ο φωτισμός που επιτεύχθηκε σε κάθε χώρο με την τοποθέτηση φωτιστικών ως επί το πλείστον από λαμπτήρες φθορισμού κρίθηκε επαρκές σε κάθε χώρο, αφού στα περισσότερα σημεία ξεπερνάει την ένταση των 350 Lux, φωτισμός που είναι υπέρ αρκετός για τον φωτισμό χώρων εργασίας. Σε περίπτωση που υπάρχουν απαιτήσεις για λιγότερο φωτισμό λόγω θάμβωσης αξίζει να αναφερθεί ότι χρησιμοποιήθηκαν φωτιστικά με παραπάνω από μια λάμπες έκαστο έτσι ώστε στην περίπτωση αυτή να λειτουργούν οι μισοί λαμπτήρες χωρίς να επηρεάζεται η ομοιομορφία του φωτισμού, και να μην μένουν κάποια φωτιστικά εντελώς απενεργοποιημένα.

5. Τεχνικές εκθέσεις από το λογισμικό

6. Μελλοντική Εργασία

Όπως είναι κατανοητό, η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί μόνο ένα μέρος μελέτης του προγράμματος “Calculux” της εταιρείας Phillips. Όπως αναφέραμε και παραπάνω τα project τα οποία τελικά επιλέχθηκαν για να μελετηθούν, αποτελούν μία τυχαία επιλογή και έγινε προσπαθώντας να προσεγγιστούν όσο το δυνατόν καλύτερα κάποια παραδείγματα φωτισμού εσωτερικού και εξωτερικού χώρου.

Έτσι σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθούν κάποια επιπλέον πράγματα ως μελλοντική εργασία στα θέματα φωτισμού, τα οποία είναι τα εξής:

- Λόγω τεχνικών δυσκολιών, όπως αναφέραμε και παραπάνω τα παραδείγματα του φωτισμού εξωτερικού χώρου με αυτά του εσωτερικού έγιναν σε διαφορετική έκδοση του “Calculux”. Αυτό συνέβη επειδή το παρών πρόγραμμα είναι αρκετά παλιό (1996) και έχει αρκετές δυσκολίες στη χρήση του, καθώς και περιορισμούς αφού δεν περιλαμβάνει νέες τεχνολογίες φωτισμού. Μία πρόταση εργασίας, λοιπόν θα ήταν να μελετηθούν τα παραπάνω παραδείγματα σε άλλα προγράμματα με περισσότερες δυνατότητες, όπως π.χ. το “Dialux” ή λογισμικά τα οποία υπάρχουν διαθέσιμα για ακαδημαϊκή χρήση..
- Επίσης, θα μπορούσαμε να επιλέξουμε άλλα παραδείγματα μελέτης, διαφορετικής φύσης, όπως φωτισμός κάποιου μουσειακού χώρου ή αρχαιολογικού χώρου, τα οποία διέπουν διαφορετικοί κανόνες φωτισμού βάσει των Κοινοτικών Κανονισμών και απαιτούν ως φυσικό επακόλουθο ειδικότερες εφαρμογές φωτισμού.
- Εξίσου σημαντικό κομμάτι φωτισμού, το οποίο δε μελετήθηκε, είναι ο εξωτερικός φωτισμός κτιρίων για την ανάδειξη του, το οποίο αποτελεί και αυτό ένα πολύ σημαντικό κομμάτι στον τομέα του φωτισμού. Αναφέρθηκε παρόλα αυτά παραπάνω ότι ο εξωτερικός φωτισμός κτηρίων δεν είναι δυνατόν να προσομοιωθεί με ακρίβεια στο παρόν λογισμικό αφού δεν υποστηρίζει την κατασκευή ενός πλήρους τρισδιάστατου κτηρίου με διάφορα διαφανή και αδιαφανή υλικά που ενδέχεται να υπάρχουν στο εξωτερικό κέλυφος.
- Ένα κομμάτι που αποτελεί καινοτομία των τελευταίων χρόνων είναι ο φωτισμός εσωτερικών και εξωτερικών χώρων με φωτιστικά τεχνολογίας LED με διάφορες θερμοκρασίες χρωμάτων. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει μόνο έναν μικρό αριθμό τέτοιων φωτιστικών κυρίως για εσωτερικούς χώρους που όμως χρησιμοποιούνται μόνο για κρυφό φωτισμό και τα συγκεκριμένα μοντέλα δεν μπορούν να αποτελέσουν τον βασικό φωτισμό ενός χώρου. Η τεχνολογία φωτισμού με φωτοδιόδους Led Απαιτεί αρκετή έρευνα μιας και κρύβει ιδιαιτερότητες ως προς την εξάπλωση του φωτός καθώς και ως προς την ένταση και τους χρωματισμούς. Αποτελεί μια τεχνολογία που βρίσκεται στο προσκήνιο κυρίως λόγω των διάφορων χρωματισμών, της ελάχιστης απαιτούμενης ενέργειας καθώς και λόγω της μακροβιότητας τους. Θα μπορούσε λοιπόν να γίνει μια έρευνα γύρω από τις προσομοιώσει φωτοτεχνίας με LED.

7. Βιβλιογραφία

- Center, L. R., n.d. *Illumination Fundamentals*. s.l.:Lighting Research Center. energystar, n.d. <http://www.energystar.gov>. [Ηλεκτρονικό] Available at: http://www.energystar.gov/index.cfm?c=lighting.pr_what_are [Πρόσβαση Σάββατο Σεπτέμβριος 2015].
- Jacobs, A., 2008. *SynthLight Handbook Chapter 1: Fundamentals*. 1 επιμ. London: Low Energy Architecture Research Unit, Metropolitan University.
- Phillips, 1996. <http://www.lightingsoftware.philips.com>. [Ηλεκτρονικό] Available at: <http://www.lightingsoftware.philips.com> [Πρόσβαση Δευτέρα Μάρτιος 2015].
- theledcompany, 2014. <http://theledcompany.gr>. [Ηλεκτρονικό] Available at: <http://theledcompany.gr/led/%CF%83%CF%84%CF%8C%CF%87%CE%BF%CE%B9-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%BA%CF%81%CE%B9%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%B1-%CE%BC%CE%B5%CE%BB%CE%AD%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CF%86%CF%89%CF%84> [Πρόσβαση Σάββατο Σεπτέμβριος 2015].
- Γκράτζιος, Λ., 2014. *ΜΕΛΕΤΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΧΩΡΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ DIALUX*. Καβάλα: ΤΕΙ Καβάλας.
- Κόρμα, Έ., 2013. <http://www.cres.gr>. [Ηλεκτρονικό] Available at: http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/effect_lesvos/7_EFFECT-%20W5%20-LESVOS_EK.pdf [Πρόσβαση Τετάρτη Σεπτέμβριος 2015].
- ΛΕΩΝΙΔΑΣ, Γ., 2014. *ΜΕΛΕΤΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΧΩΡΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ DIALUX*. Καβάλα: ΤΕΙ ΚΑΒΑΛΑΣ.
- Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 2015. *ΑΝΕΓΕΡΣΗ ΦΟΙΤΗΤΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΣΤΗ ΜΥΤΙΛΗΝΗ*. Μυτιλήνη: Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Τοπάλης, Φ., 1994. *Συντελεστής Φασματικής Εαισθησίας Ανθρώπινου Ματιού*. Στο: *Φωτοτεχνία*. Αθήνα: Ε.Μ.Π.
- Τσιώνος, Γ. Α., 2010. *Εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό δρόμων – Πιλοτική εφαρμογή στο Δήμο Χαλανδρίου*. Αθήνα: ΕΜΠ.