



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτηρίου Βέη των Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Διπλωματική εργασία

του

Μοτσάκου Αδαμάντιου

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

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2023

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτηρίου Βέη των Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π

Διπλωματική εργασία

του

Μοτσάκου Αδαμάντιου

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

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 26^η Οκτωβρίου 2023

Φραγκίσκος Τοπαλής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ιωάννης Γκόνος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αντώνιος Αντωνόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2023

.....

Μοτσάκος Αδαμάντιος, Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών
Ε.Μ.Π.

Copyright © Μοτσάκος Αδαμάντιος, 2023
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτηρίου Βέη της Σχολής Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Για αυτόν το σκοπό πραγματοποιήθηκε ενεργειακή επιθεώρηση του συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτηρίου, διατυπώθηκαν προτάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής του απόδοσης με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και υπολογίστηκαν τα οφέλη από την προτεινόμενη ενεργειακή αναβάθμιση. Αρχικά, αναφέρονται κάποιες γενικές δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης και εξοικονόμησης ενέργειας για το σύστημα φωτισμού. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της καταγραφής του υφιστάμενου συστήματος φωτισμού του υπό μελέτη κτηρίου, καθώς και τα αποτελέσματα τριών προτάσεων αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζει ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων. Η πρώτη πρόταση αφορά στην αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα, αποδοτικότερα τεχνολογίας LED, η δεύτερη στην επιπλέον αναβάθμιση με προσθήκη αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού αναλόγως του διαθέσιμου φυσικού φωτισμού και η τρίτη στην τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας και κίνησης. Τέλος, παρουσιάζονται τα ενεργειακά οφέλη, το συνολικό κόστος και ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης από την εφαρμογή και των τριών προτάσεων.

Λέξεις Κλειδιά: Φωτισμός κτηρίων γραφείου, φωτισμός κτηρίων εκπαιδευτικής χρήσης, τεχνητός φωτισμός, αξιοποίηση φυσικού φωτισμού, ενεργειακή αναβάθμιση, εξοικονόμηση ενέργειας, τεχνοοικονομική μελέτη φωτισμού, αισθητήρες φωτισμού, αισθητήρες παρουσίας, αισθητήρες κίνησης.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Abstract

The main scope of this diploma dissertation was the improvement of the energy efficiency of the artificial lighting system of the Surveying Engineering building (Vei) of National Technical University of Athens. In order to save energy, an energy inspection was conducted, a number of proposals were performed and the corresponding benefits were calculated. Furthermore, some actions for energy upgrading of the lighting system of the building were also presented. Initially, general actions for energy upgrading and energy saving in lighting systems were mentioned. Moreover, the data from monitoring the existing lighting system and the results of the energy savings calculations by applying three proposals for upgrading the artificial lighting system were presented. These results comply with the requirements defined by the Energy Efficiency Regulation for Buildings of Greece. The first upgrade scenario concerned the replacement of existing luminaires with new, more efficient with LED technology. The second upgrade scenario concerned the installation of photosensors, which dim the artificial lighting levels, depending on the available daylight. The third upgrade scenario concerned the installation of presence and motion sensors. Finally, the energy benefits, the total cost and the payback period of the investment were presented by implementing all three upgrade scenarios.

Keywords: Office lighting, artificial lighting, daylight harvesting, energy upgrading, energy saving, techno-economic study, presence detectors, motion detectors.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνησή της.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον επιβλέποντα, τον Καθηγητή κ. Φραγκίσκο Β. Τοπαλή για την καθοδήγησή του, την διάθεσή του να με βοηθήσει και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου τη διεκπεραίωση αυτού του θέματος.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διδάκτορα Μπουρούση Κωνσταντίνο, ο οποίος καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, ήταν διαθέσιμος και πρόθυμος να μου παρέχει τις γνώσεις και την υποστήριξή του.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους, φίλους και οικογένεια, που όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου ήταν δίπλα μου.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	7
Ευχαριστίες	9
Εισαγωγή	15
1 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και βελτιστοποίησης του συστήματος τεχνητού φωτισμού	16
1.1 Εισαγωγή.....	16
1.2 Αναβάθμιση συστήματος φωτισμού	17
1.2.1 Φωτιστικά σώματα.....	17
1.2.2 Λαμπτήρες.....	18
1.3 Συντήρηση της εγκατάστασης του συστήματος φωτισμού	19
1.4 Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.....	19
1.5 Τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας και κίνησης.....	20
2 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ.)	21
2.1 Εισαγωγή.....	21
2.2 Στάθμη φωτισμού.....	21
2.3 Περιοχές (ζώνες) φυσικού φωτισμού.....	22
3 Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτισμού μας	24
3.1 Συνολικό κόστος της εγκατάστασης φωτισμού.....	24
3.1.1 Αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης	24
3.1.2 Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας	25
3.1.3 Κόστος συντήρησης.....	25
3.1.4 Συνολικό κόστος.....	26
3.2 Χρόνος απόσβεσης.....	26
4 Περιγραφή του κτηρίου Βέη της σχολής των Τοπογράφων Μηχανικών και καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού	28
4.1 Εισαγωγή.....	28

4.2	Περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου.....	28
4.3	Περιγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού.....	30
4.4	Καταγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού.....	31
5	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα, αποδοτικότερα φωτιστικά τεχνολογίας LED.....	33
5.1	Εισαγωγή.....	33
5.2	Περιγραφή προτεινόμενου εξοπλισμού	34
5.3	Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Α).....	38
5.4	Συγκριτικά αποτελέσματα.....	39
6	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού	41
6.1	Εισαγωγή.....	41
6.2	Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Β).....	44
6.2.1	<i>Ισόγειο</i>	44
6.2.2	<i>1ος Όροφος</i>	45
6.2.3	<i>2ος Όροφος</i>	46
7	Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με την τοποθέτηση αισθητήρων που ανιχνεύουν κίνηση και παρουσία	47
7.1	Εισαγωγή.....	47
7.2	Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Γ)	48
7.2.1	<i>Υπόγειο</i>	49
7.2.2	<i>Ισόγειο</i>	49
7.2.3	<i>1^{ος} Όροφος</i>	50
7.2.4	<i>2^{ος} Όροφος</i>	50
7.3	Συνολικά συγκριτικά αποτελέσματα.....	51
8	Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων εγκαταστάσεων (Σενάρια Α, Β, Γ).....	52
8.1	Εισαγωγή.....	52
8.2	Εφαρμογή Σεναρίου Α	53

8.3	Εφαρμογή Σεναρίου Β	56
8.4	Εφαρμογή Σεναρίου Γ	57
9	Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα	59
	Βιβλιογραφία	62
	Παράρτημα Α	63
	Παράρτημα Β	72
	Παράρτημα Γ	78
	Παράρτημα Δ.....	80

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο αναπτύσσονται τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της βελτίωσης του συστήματος τεχνητού φωτισμού ενός κτηρίου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία σύντομη αναφορά στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και στην Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ).

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού και παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού του συνολικού κόστους μιας εγκατάστασης φωτισμού και του χρόνου απόσβεσης της αντίστοιχης επένδυσης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο ακολουθεί μια περιγραφή του κτηρίου Βέη των Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών και των απαιτήσεών του όσον αφορά το φωτισμό. Έπειτα γίνεται η καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο προτείνεται αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών με νέα αποδοτικότερα που διαθέτουν φωτεινές πηγές LED.

Στο έκτο κεφάλαιο προτείνεται εκ νέου αναβάθμιση μέσω της εκμετάλλευσης του ηλιακού φωτός, τοποθετώντας αισθητήρες φωτισμού στους χώρους, όπου κρίνεται βιώσιμο.

Στο έβδομο κεφάλαιο μελετάται και πάλι τοποθέτηση αισθητήρων, αυτή τη φορά κίνησης/παρουσίας για τον χώρο στάθμευσης, τα λουτρά, τους διαδρόμους, τους χώρους κυκλοφορίας και τα κλιμακοστάσια.

Στο όγδοο κεφάλαιο υπολογίζεται η εξοικονόμηση που θα προέλθει από τις παραπάνω παρεμβάσεις, τα κόστη εγκατάστασης κι εξοπλισμού, χρόνος απόσβεσης κλπ.

Στο ένατο και τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζονται τα αποτελέσματα.

Ακολουθούν τα Παραρτήματα Α, Β, Γ, Δ στα οποία παρατίθενται ενδεικτικά αποτελέσματα από το πρόγραμμα RELUX για κάθε σενάριο και τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε (φωτιστικά, αισθητήρες).

1

Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και βελτιστοποίησης του συστήματος τεχνητού φωτισμού

1.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται διάφορες μέθοδοι για τη βελτιστοποίηση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσής του. Επίσης, περιγράφονται τεχνικές λύσεις αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού, στρατηγικές ελέγχου φωτισμού, καθώς και τεχνικές αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού.

Ο φωτισμός ευθύνεται για το 19% της παγκόσμιας ηλεκτρικής κατανάλωσης, ποσοστό που ισοδυναμεί με το 2%-3% της συνολικής ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας (ηλεκτρικής και θερμικής). Συγκεκριμένα, στα κτήρια του τριτογενή τομέα, το 25%-35% της συνολικής τους ενεργειακής κατανάλωσης, δηλαδή 2.650 τρισεκατομμύρια kWh ετησίως, αντιστοιχεί στην κατανάλωση για απαιτήσεις φωτισμού. Στην Ελλάδα, η ενέργεια που καταναλώνεται για φωτισμό είναι 2.960 GWh και υπερβαίνει: α) την ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση (1.987 GWh) κατά 49%, β) την ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη (2.543 GWh) κατά 16,4% και γ) την ηλεκτρική ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης (965 GWh) κατά 206,7%. [1]

Όλα τα συστήματα τεχνητού φωτισμού χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια. Δεδομένου ότι η μέση θερμική απόδοση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν 40% [2], κάθε kWh ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στο φωτισμό αντιστοιχεί σε περίπου 2,7 kWh αρχικής πρωτογενούς ενέργειας. Για την Ελλάδα, σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., η αντιστοιχία της kWh ηλεκτρικής ενέργειας με τη kWh αρχικής πρωτογενούς ενέργειας είναι 1 προς 2,9, διότι για να φτάσει μια ηλεκτρική kWh στον τελικό καταναλωτή απαιτούνται 2,9 kWh πρωτογενούς ενέργειας στο σταθμό παραγωγής. Οπότε, όταν γίνεται ο απαραίτητος συσχετισμός (μετατροπή ηλεκτρικής kWh σε kWh

πρωτογενούς ενέργειας), η εξοικονόμηση αρχικής πρωτογενούς ενέργειας είναι ακόμη μεγαλύτερη, εφόσον η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. [3]

Τα σύγχρονα κτήρια σημειώνουν υψηλά ποσοστά ενεργειακής κατανάλωσης όσον αφορά το σύστημα τεχνητού φωτισμού τους και αυτό οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους, στο φαινόμενο υπερδιαστασιολόγησης (λόγω είτε ανύπαρκτης είτε ελλιπούς μελέτης) και στη χρήση παρωχημένης ή συμβατικής τεχνολογίας.

Η ενεργειακή εξοικονόμηση μπορεί να φτάσει και το 30%-50% εάν ληφθούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας κι εφαρμοσθούν σύγχρονες τεχνολογίες. Ωστόσο, σημαντικό είναι να λαμβάνουμε υπόψη όχι μόνο την εξοικονόμηση αλλά και την παροχή της απαιτούμενης κάθε φορά ποσότητας και ποιότητας του φωτισμού. [4]

1.2 Αναβάθμιση συστήματος φωτισμού

1.2.1 Φωτιστικά σώματα

Ως φωτιστικό σώμα θεωρείται η διάταξη που έχει τη δυνατότητα να τροφοδοτεί με ηλεκτρικό ρεύμα τους λαμπτήρες που περιλαμβάνει με σκοπό τον φωτισμό ενός χώρου. Συνήθως το φωτιστικό σώμα μεταβάλλει την κατανομή της φωτεινής ροής, που προέρχεται από τη λειτουργία των λαμπτήρων που περιλαμβάνει, με κατάλληλους ανακλαστήρες ή διαχύτες όσον αφορά στα φωτιστικά με συμβατικούς λαμπτήρες ή με φακούς όσον αφορά τα φωτιστικά LED έτσι ώστε το μεγαλύτερο μέρος της να είναι αξιοποιήσιμο (αυξημένος δείκτης απόδοσης φωτιστικού LOR).

Για τη σωστή λειτουργία κάθε τύπου λαμπτήρα απαιτείται και το κατάλληλο φωτιστικό σώμα. Έτσι εξασφαλίζεται η σωστή απόδοση και επιτυγχάνεται η οριακή προς τις προδιαγραφές διάρκεια ζωής του λαμπτήρα. Στο εμπόριο κυκλοφορούν διάφοροι τύποι φωτιστικών σωμάτων, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται (εξωτερικά, οροφής, χωνευτά, κρεμαστά, ράγας).

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που αυξάνουν την απόδοση των φωτιστικών και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι : α) η ασφαλής λειτουργία, β) η αποδοτική διαμόρφωση της κατανομής της φωτεινής ροής των λαμπτήρων από τη σχεδίαση του οπτικού συστήματος, γ) η προστασία των λαμπτήρων από μηχανικές καταπονήσεις, δ) η εύκολη απαγωγή της θερμότητας που προέρχεται από τη λειτουργία των περιεχόμενων λαμπτήρων, ε) η εύκολη τοποθέτηση και συντήρηση, στ) η αποτροπή της θάμβωσης, ζ) η εναρμόνιση της παρουσίας του στις λειτουργικές και αρχιτεκτονικές συνθήκες του χώρου και η) η συμβατότητα με τυχούσες διατάξεις ελέγχου φωτισμού.

Για την επιλογή των φωτιστικών σωμάτων απαιτείται εξειδικευμένη "ανάγνωση" των τεχνικών χαρακτηριστικών τους, όπως ο τύπος κατανομής της φωτεινής ροής, ο συντελεστής απόδοσης, η κλάση θάμβωσης, η κατανάλωση ενέργειας, η κατανομή λαμπρότητας, η δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (dimming) και ο τύπος του ανακλαστήρα ή του διαχύτη.

Η επιλογή των φωτιστικών γίνεται ανάλογα με τον τύπο των εργασιών που διεξάγονται στο χώρο, το επιθυμητό επίπεδο ποιότητας του φωτισμού, αλλά και την ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης φωτισμού με στόχο την ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες της επιλογής είναι η φωτεινή αποδοτικότητα του φωτιστικού, που καθορίζεται ανάλογα με τον τύπο του λαμπτήρα, τις ανακλαστικές διατάξεις που διαθέτει κλπ και, σύμφωνα με το όριο που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 55 lm/W. [3]

1.2.2 Λαμπτήρες

Σημαντικό κριτήριο για την επιλογή λαμπτήρα αποτελεί η ονομαστική ηλεκτρική ισχύς του, χωρίς όμως να είναι το μοναδικό. Υπάρχουν λαμπτήρες στο εμπόριο που, παρά το γεγονός ότι έχουν ταυτόσημη ονομαστική ισχύ, χρωματική απόδοση και διαστάσεις, έχουν διαφορετική απόδοση σε lm/W. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι λαμπτήρες αυτοί διαθέτουν διαφορετική φωτεινή ροή (lm). Δηλαδή, μπορεί να επιτευχθεί μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, χωρίς κάποια αλλαγή στην εγκατάσταση του φωτισμού, παρά μόνο με την επιλογή λαμπτήρων που διαθέτουν απόδοση μεγαλύτερη των 65 lm/W. Η διαφορά στην απόδοση οφείλεται στη διαφορετική τεχνολογία των λαμπτήρων, η οποία επιβαρύνει ελάχιστα το κόστος αγοράς.

1.2.3 Φωτοεκπέμπουσες δίοδοι (Light emitting diodes-LED)

Οι φωτοεκπέμπουσες δίοδοι, ή κοινώς LED, είναι συνδυασμός ημιαγωγών p-n, όπου εφαρμόζοντας τάση σε αυτούς εκπέμπεται ακτινοβολία. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία μπορεί να είναι είτε υπέρυθη είτε ορατή. Το φως που εκπέμπεται από τους ημιαγωγούς εκτείνεται σε ένα μεγάλο εύρος μηκών κύματος, από το χαμηλό όριο ορατής ακτινοβολίας έως πολύ μεγάλα μήκη υπέρυθρης. Το τελικό επιθυμητό χρωματικό αποτέλεσμα προκύπτει από το συνδυασμό ημιαγωγικών υλικών. Ο ονομαστικός χρόνος ζωής των λαμπτήρων LED είναι εξαιρετικά μεγάλος φτάνοντας και τις 50.000-100.000 ώρες λειτουργίας. Ωστόσο ο αποδοτικός χρόνος ζωής μπορεί να είναι μικρότερος, ανάλογα με την αποδιδόμενη φωτεινή ροή καθώς και τη θερμοκρασία λειτουργίας του λαμπτήρα. Η απόδοση των LED έχει αυξηθεί πολύ. Έτσι από τα λίγα lumen/Watt που ήταν αρχικά, τα σύγχρονα LED λευκού

φωτός αποδίδουν έως 180 lumen/Watt. Οι κατασκευαστές αναφέρουν ότι η εργαστηριακή απόδοση των LED έχει πλέον αυξηθεί στα 220 lumen/Watt, σε δοκιμαστικό επίπεδο. [5]

1.3 Συντήρηση της εγκατάστασης του συστήματος φωτισμού

Η επικάλυψη ρύπων στις επιφάνειες των φωτιστικών σωμάτων και των λαμπτήρων, η γήρανση των υλικών των φωτιστικών (περσίδες, ανακλαστήρες), καθώς και των λαμπτήρων, οδηγούν με την πάροδο του χρόνου στη μείωση της απόδοσης μίας εγκατάστασης φωτισμού. Οι παράγοντες αυτοί συνιστούν τον συντελεστή συντήρησης της εγκατάστασης φωτισμού, ο οποίος εκφράζει τη μείωση της απόδοσής της σε σχέση με την αρχική. Η μείωση αυτή λαμβάνεται υπόψη κατά τη μελέτη φωτισμού. Προσαυξάνοντας τον αριθμό των φωτιστικών, ώστε το επίπεδο φωτισμού να μην πέφτει κάτω από την επιθυμητή τιμή, επιτυγχάνεται η αντιστάθμισή της. Μετρήσεις που διεξήχθησαν από εξειδικευμένους φορείς σε εγκαταστάσεις φωτισμού κτηρίων γραφείων, οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η μείωση του φωτισμού στις πλημμελώς συντηρημένες εγκαταστάσεις υπερβαίνει το 40%, ενώ αν η συντήρηση είναι τακτική τότε η μείωση δεν υπερβαίνει το 25%. Επίσης διαπιστώθηκε ότι δύναται να εξοικονομηθεί ενέργεια της τάξης του 15% εάν τα φωτιστικά καθαρίζονται ανά έτος με ταυτόχρονη αντικατάσταση του 1/3 των λαμπτήρων (για συμβατικά φωτιστικά) έστω και αν λειτουργούν, αφού η απόδοσή τους, όταν υπερβούν το 70% της διάρκειας ζωής τους, μειώνεται σημαντικά (μείωση ανάλογη με τον τύπο του λαμπτήρα και το είδος της έναυσης) και γίνονται ασύμφοροι. Το ποσοστό αυτό αντιπροσωπεύει την οικονομική διάρκεια ζωής, δηλαδή το χρόνο λειτουργίας πέραν του οποίου η λειτουργία του λαμπτήρα είναι ασύμφορη. Γι' αυτό το λόγο για το πρόγραμμα συντήρησης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των λαμπτήρων της εγκατάστασης φωτισμού.

1.4 Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

Ο φυσικός φωτισμός, μέσω των ανοιγμάτων του κελύφους, μπορεί να συνεισφέρει στην παροχή του επιθυμητού συστήματος φωτισμού στις περιμετρικές περιοχές στο εσωτερικό των κτηρίων. Στις περιοχές αυτές, η ισχύς για τον τεχνητό φωτισμό μειώνεται ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό με αποτέλεσμα να μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας. Όπου ο φυσικός φωτισμός δεν είναι επαρκής, η ποσότητα του αναγκαίου φωτισμού συμπληρώνεται από τον τεχνητό φωτισμό με τη ρύθμιση της στάθμης που παράγουν τα φωτιστικά σώματα. Η τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού σε κάθε διακριτό χώρο εργασίας είναι η πιο απλή λύση για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού. Οι αισθητήρες φωτισμού μετρούν την ένταση φωτισμού και ρυθμίζουν την ένταση του τεχνητού φωτισμού στο

επιθυμητό επίπεδο μέσω ρυθμιστή φωτός (dimmer). Το σύστημα αυτό είναι τοπικού χαρακτήρα και δεν συνδυάζεται ούτε επικοινωνεί με αντίστοιχα συστήματα εγκατεστημένα σε άλλους χώρους. [5]

1.5 Τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας και κίνησης

Οι αισθητήρες παρουσίας διακόπτουν τη λειτουργία του φωτιστικού όταν δεν ανιχνεύσουν την παρουσία ή κίνηση ατόμων στο χώρο και συνήθως επαναφέρουν τα φωτιστικά σε λειτουργία όταν ανιχνεύσουν παρουσία. Οι ενδεικνυόμενες εφαρμογές για συστήματα ελέγχου παρουσίας είναι οι χώροι στους οποίους η χρήση είναι διακοπτόμενη ή απρόβλεπτη, π.χ. χώροι φωτοτυπικών, αποθήκες, υπηρεσιακοί διάδρομοι.

Οι αισθητήρες παρουσίας μπορεί να είναι είτε αυτόνομοι είτε συνδεδεμένοι σε σύστημα ελέγχου και μπορούν να τοποθετηθούν σε τοίχο ή σε οροφή. Αυτός ο τύπος αισθητήρα 20 απαιτεί διάνοιξη της οροφής ή του τοίχου για την εγκατάστασή τους, ώστε να συνδεθούν με το σύστημα ηλεκτρικής παροχής. Η εγκατάσταση αυτή έχει σχετικά υψηλό κόστος όταν λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια ανακαίνισης, στο υφιστάμενο σύστημα φωτισμού.

Η εξοικονόμηση ενέργειας, με την εγκατάσταση ενός αισθητήρα παρουσίας, ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος και τον τρόπο χρήσης του χώρου, αλλά συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 30% και 50%.

Πολύ σημαντική είναι η ρύθμιση της ευαισθησίας στην ανίχνευση της κίνησης και η ρύθμιση της χρονικής καθυστέρησης για την απενεργοποίηση του συστήματος φωτισμού από τη στιγμή που ο αισθητήρας δεν αντιλαμβάνεται παρουσία στον χώρο.

2

Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ.)

2.1 Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή, η ενεργειακή ανεξάρτηση από τρίτες χώρες και η αναγκαιότητα αναβάθμισης του υπάρχοντος κτηριακού αποθέματος οδήγησαν την Ευρώπη στη έκδοση της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91/ΕΚ περί ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Η Ελλάδα, ως όφειλε απέναντι στις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εναρμόνισε την εθνική της νομοθεσία με την Κοινοτική Οδηγία, σύμφωνα με τον Νόμο 3661/2008.

Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ), ως τεχνικός Σύμβουλος της Πολιτείας συνέβαλε καθοριστικά στη σύνταξη του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ.) και των Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ), οι οποίες εξειδικεύουν τα πρότυπα των μελετών και των επιθεωρήσεων της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στα ελληνικά κλιματικά και κτηριακά δεδομένα. Στην ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 [6] καθορίζονται οι εθνικές προδιαγραφές για όλες τις παραμέτρους που απαιτούνται για την εφαρμογή της μεθοδολογίας υπολογισμών της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, όπως αυτή ορίζεται στον Κ.Εν.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010).

2.2 Στάθμη φωτισμού

Σε κάθε χώρο πρέπει να παρέχεται ο φωτισμός που εξασφαλίζει στους χρήστες οπτική άνεση, δηλαδή ένα περιβάλλον με την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού, που επιτρέπει την ευχάριστη διαμονή και την εκτέλεση εργασιών, χωρίς φαινόμενα που δημιουργούν οπτική δυσφορία ή/και κόπωση (θάμβωση κλπ).

Στον Πίνακα 1 αναγράφονται τα μέσα ελάχιστα επίπεδα φωτισμού και εγκατεστημένης ισχύος ηλεκτροφωτισμού ανά χρήση κτηρίου, για ενδεικτικές χρήσεις, όπως δίνονται από το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464.1:2002. [7]

Πίνακας 1: Στάθμη φωτισμού κι επίπεδο αναφοράς ενδεικτικών χώρων

Χώρος	Στάθμη φωτισμού (lx)	Επίπεδο αναφοράς (m)
Γραφείο	500	0.75
Αίθουσα διδασκαλίας	500	0.75
Εργαστήριο	500	0.75
Διάδρομος	100	0.0
Κλιμακοστάσιο	100	0.0
Λουτρό	200	0.5
Αίθουσα αρχείου	150	0.0

2.3 Περιοχές (ζώνες) φυσικού φωτισμού

Η χρήση φυσικού φωτισμού εξαρτάται από τον προσανατολισμό του κτηρίου, τον ηλιασμό του, τα πλευρικά ανοίγματα των χώρων του ή τα ανοίγματα της οροφής, τις ώρες λειτουργίας, τη χρήσεις και τις διαστάσεις των χώρων του (βάθος, μήκος, ύψος) κ.ά.

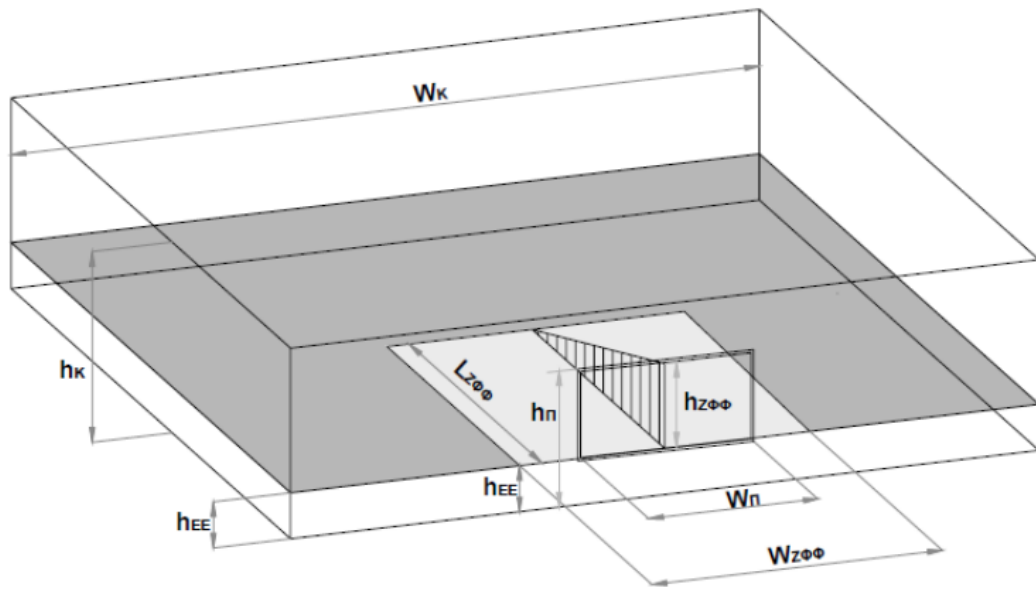
Εάν σε έναν χώρο υπάρχει πλευρικό άνοιγμα, το οποίο έχει πλάτος W_{π} και ύψος πρεκίου h_{π} (Εικόνα 1) , τότε η ζώνη φυσικού φωτισμού που σχηματίζεται καλύπτει μέρος του χώρου επάνω από την επιφάνεια εργασίας (με ύψος h_{EE}) και έχει βάθος $L_{Z\Phi\Phi}$, που εξαρτάται από το ύψος της δέσμης φυσικού φωτισμού $h_{Z\Phi\Phi}$ (ύψος μεταξύ πρεκίου κι επιφάνειας εργασίας) και υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις.

$$L_{Z\Phi\Phi} = 2,5 * h_{Z\Phi\Phi}$$

$$h_{Z\Phi\Phi} = h_{\pi} - h_{EE}$$

Αντίστοιχα, το πλάτος της ζώνης φυσικού φωτισμού W_{Π} (Εικόνα 1) υπολογίζεται ως το άθροισμα του πλάτους του παραθύρου και το μισό του βάθους της ζώνης φυσικού φωτισμού $L_{Z\Phi\Phi}$, όπως περιγράφεται στην ακόλουθη σχέση:

$$W_{Z\Phi\Phi} = W_{\Pi} + 0,5 * L_{Z\Phi\Phi}$$



Εικόνα 1: Ζώνη φυσικού φωτισμού από πλευρικά ανοίγματα χώρων

3

Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτισμού

Ένα σύστημα φωτισμού πρέπει να μελετάται και ως προς την οικονομική του βιωσιμότητα. Η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού παίζει σημαντικό ρόλο στην απόφαση για την εγκατάστασή ή μη ενός συστήματος καθώς και στη σύγκριση δύο προτεινόμενων συστημάτων. Ωστόσο, τα οικονομικά κριτήρια δεν πρέπει να δρουν ανταγωνιστικά με τα αισθητικά και οπτικά, που επίσης πρέπει να λαμβάνει υπόψιν του ο σχεδιαστής.

3.1 Συνολικό κόστος της εγκατάστασης φωτισμού

Η οικονομική ανάλυση ενός συστήματος φωτισμού πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλα τα κόστη που σχετίζονται με την αγορά, την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη συντήρησή του. Το συνολικό κόστος ενός συστήματος φωτισμού αποτελείται από:

- 1) το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης
- 2) το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας
- 3) το κόστος συντήρησης

3.1.1 Αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης

Το αρχικό κόστος, K_a (€), περιλαμβάνει την αγορά και την εγκατάσταση του εξοπλισμού, είναι ανεξάρτητο από τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού και υπολογίζεται ως εξής:

$$K_a = (\text{Κόστος εξοπλισμού}) + [(\Omega\text{ρες εγκατάστασης}) * (\Omega\text{ρομίσθιο})]$$

Όπου το κόστος εξοπλισμού είναι σε € και το ωρομίσθιο σε €/ώρα.

Το κόστος του εξοπλισμού εξαρτάται από τις επιλογές που κάνει ο σχεδιαστής, όπως των φωτιστικών και των λαμπτήρων και αυξάνεται με την εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμών. Το κόστος εγκατάστασης επηρεάζεται από τις ώρες εργασίας και την τιμή αυτής. Οι ώρες εργασίας μπορούν να μειωθούν με τη χρήση ειδικού εξοπλισμού και η τιμή της εργασίας διαφέρει αρκετά από περιοχή σε περιοχή.

Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει υφιστάμενο σύστημα φωτισμού, μελετάται το ενδεχόμενο της αναβάθμισής του ώστε να μειωθεί το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Το αρχικό κόστος αγοράς και τοποθέτησης του εξοπλισμού ονομάζεται κόστος αναβάθμισης. Γενικά, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται η υφιστάμενη καλωδίωση για το νέο σύστημα φωτισμού, καθώς έτσι μειώνεται το κόστος αντικατάστασης του υφιστάμενου συστήματος και η αναβάθμισή του γίνεται μια οικονομικά ελκυστική επιλογή

3.1.2 Κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας

Το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας εξαρτάται από τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού. Το ετήσιο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας, K_{en} (€/έτος), δίνεται από τη σχέση:

$$K_{en} = P * (\text{Τιμή kWh}) * (\text{Ώρες λειτουργίας/έτος}),$$

όπου P η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος φωτισμού σε kW.

Η τιμή της κιλοβατώρας (€/kWh) καθορίζεται από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, ανά κατηγορία πελατών (οικιακά τιμολόγια, τιμολόγια μέσης τάσης και τιμολόγια χαμηλής τάσης). Οι ώρες λειτουργίας ανά έτος προκύπτουν με εκτίμηση της χρήσης του κτηρίου.

3.1.3 Κόστος συντήρησης

Το κόστος συντήρησης του συστήματος φωτισμού προκύπτει μετά από κάποια χρόνια λειτουργίας αυτού, οπότε και απαιτούνται ορισμένες παρεμβάσεις. Τέτοιου είδους παρεμβάσεις είναι η αντικατάσταση των λαμπτήρων και των στραγγαλιστικών πηνίων, ο καθαρισμός των φωτιστικών σωμάτων, ο καθαρισμός των χώρων, η αντικατάσταση σπασμένων διαχυτικών καλυμμάτων ή ανακλαστικών περσίδων. Το κόστος συντήρησης, K_s (€/έτος), υπολογίζεται ως εξής:

$$K_{\sigma} = (\text{Κόστος υλικών συντήρησης}) * [(\text{Ωρες συντήρησης/έτος}) * \text{Ωρομίσθιο}]$$

Όπου το κόστος των υλικών συντήρησης είναι σε €/έτος και το ωρομίσθιο σε €/ώρα.

3.1.4 Συνολικό κόστος

Το συνολικό κόστος μιας εγκατάστασης φωτισμού προκύπτει με την άθροιση των τριών προαναφερόμενων επιμέρους κοστών. Ωστόσο το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης δεν είναι ετήσιο, όπως είναι το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας και το κόστος συντήρησης. Για αυτό το λόγο, είτε το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης διαιρείται με τη διάρκεια ζωής του συστήματος, ώστε να εκφραστεί σε € ανά έτος και κατόπιν προστίθεται με το ετήσιο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας και το ετήσιο κόστος συντήρησης, είτε το ετήσιο κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας και το ετήσιο κόστος συντήρησης πολλαπλασιάζονται με τη διάρκεια ζωής του συστήματος, ώστε να προκύψουν τα αντίστοιχα συνολικά κόστη και κατόπιν προστίθενται στο αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης.

Σε πολλές περιπτώσεις, συγκρίνοντας δύο προτεινόμενα συστήματα φωτισμού, το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης του ενός μπορεί να προκύψει μικρότερο σε σχέση με το άλλο, ενώ το συνολικό κόστος του πρώτου να είναι αρκετά μεγαλύτερο. Αυτό αποτελεί μια κλασική περίπτωση σε μια οικονομική ανάλυση συστημάτων φωτισμού, αποδεικνύοντας τη σπουδαιότητα του υπολογισμού του λειτουργικού κόστους και του κόστους συντήρησης.

3.2 Χρόνος απόσβεσης

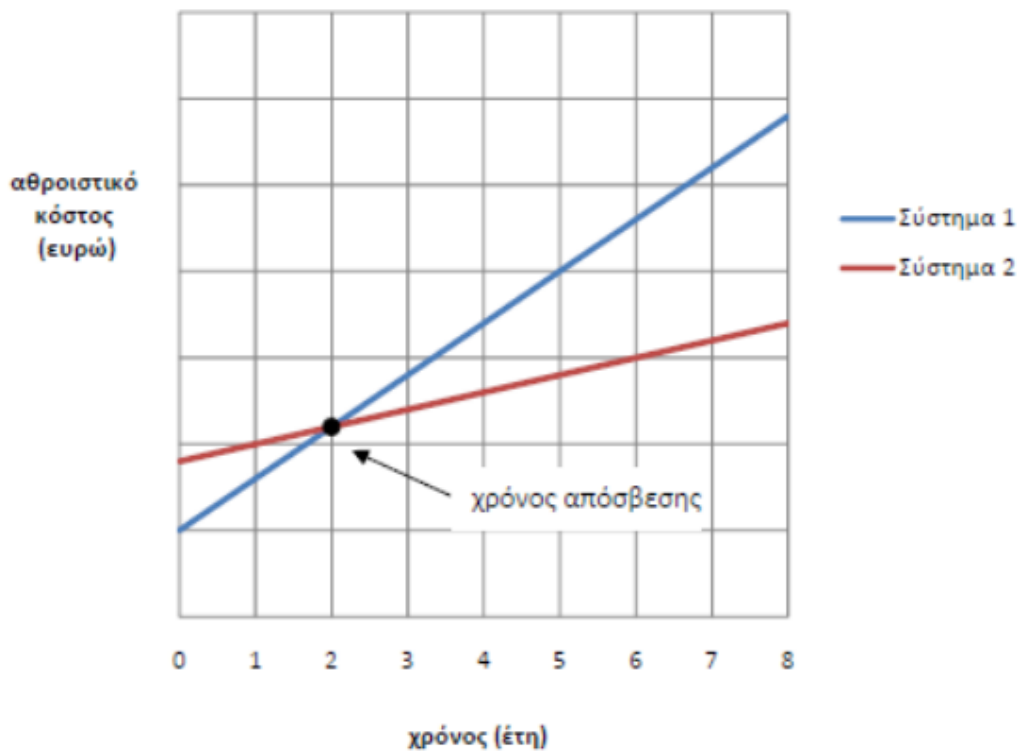
Ο χρόνος απόσβεσης της προτεινόμενης εγκατάστασης φωτισμού είναι ένα επίσης σημαντικό μέγεθος που πρέπει να υπολογίζεται κατά το σχεδιασμό, είτε πρόκειται για κτήριο υπό ανέγερση, είτε για υφιστάμενο κτήριο. Ως χρόνος απόσβεσης θεωρείται ο χρόνος που απαιτείται ώστε η εξοικονόμηση από το κόστος λειτουργίας να αντισταθμίσει το κόστος της επένδυσης.

$$\text{Χρόνος απόσβεσης} = \frac{\text{Κόστος επένδυσης 2} - \text{Κόστος επένδυσης 1}}{\text{Ετήσιο κόστος λειτουργίας 1} - \text{Ετήσιο κόστος λειτουργίας 2}}$$

Όπου οι δείκτες (1) και (2) αναφέρονται στα δύο προτεινόμενα συστήματα φωτισμού.

Στην περίπτωση όπου μελετάται η αναβάθμιση ενός υφιστάμενου συστήματος φωτισμού, ο δείκτης (1) αναφέρεται στο υφιστάμενο σύστημα. Συνεπώς, ο όρος Κόστος επένδυσης (1) ισούται με το μηδέν. Το κόστος της επένδυσης ισούται με το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης, που υπολογίστηκε παραπάνω. Το ετήσιο κόστος λειτουργίας ισούται με το άθροισμα του ετήσιου κόστους της καταναλισκόμενης ενέργειας και του ετήσιου κόστους συντήρησης, που υπολογίστηκαν επίσης παραπάνω.

Ο χρόνος επένδυσης μπορεί να υπολογισθεί και γραφικά, ως εξής, όπως φαίνεται στο Σχήμα1.



Σχήμα 1: Γραφικός υπολογισμός χρόνου απόσβεσης

Οι δύο καμπύλες αναπαριστούν τα αθροιστικά κόστη για κάθε σύστημα φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο. Το σημείο τομής των δύο καμπυλών αντιπροσωπεύει το χρόνο απόσβεσης του συστήματος 2, δηλαδή το χρονικό σημείο όπου το υψηλότερο κόστος επένδυσης του συστήματος 2 αντισταθμίζεται από την εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από το μειωμένο κόστος λειτουργίας του.

4

Περιγραφή του κτηρίου Βέη της σχολής των Τοπογράφων Μηχανικών και καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού

4.1 Εισαγωγή

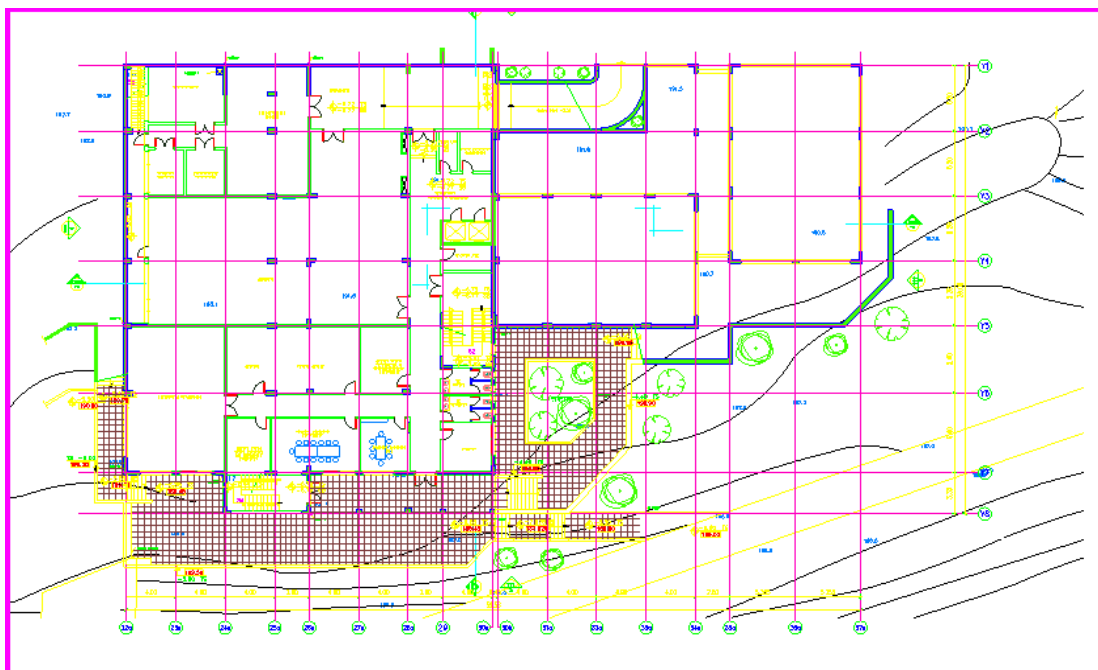
Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία σύντομη περιγραφή του κτηρίου Βέη της σχολής των Τοπογράφων Μηχανικών, η αναλυτική καταγραφή του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού του και υπολογίζεται η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος. Η σχεδίαση του κτηρίου στο πρόγραμμα και η καταγραφή του εξοπλισμού έγινε σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά και ηλεκτρολογικά σχέδια που μας παραχώρησε η τεχνική υπηρεσία του Ε.Μ.Π. και επιβεβαιώθηκε μετά από επισκέψεις στο κτήριο.

4.2 Περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου

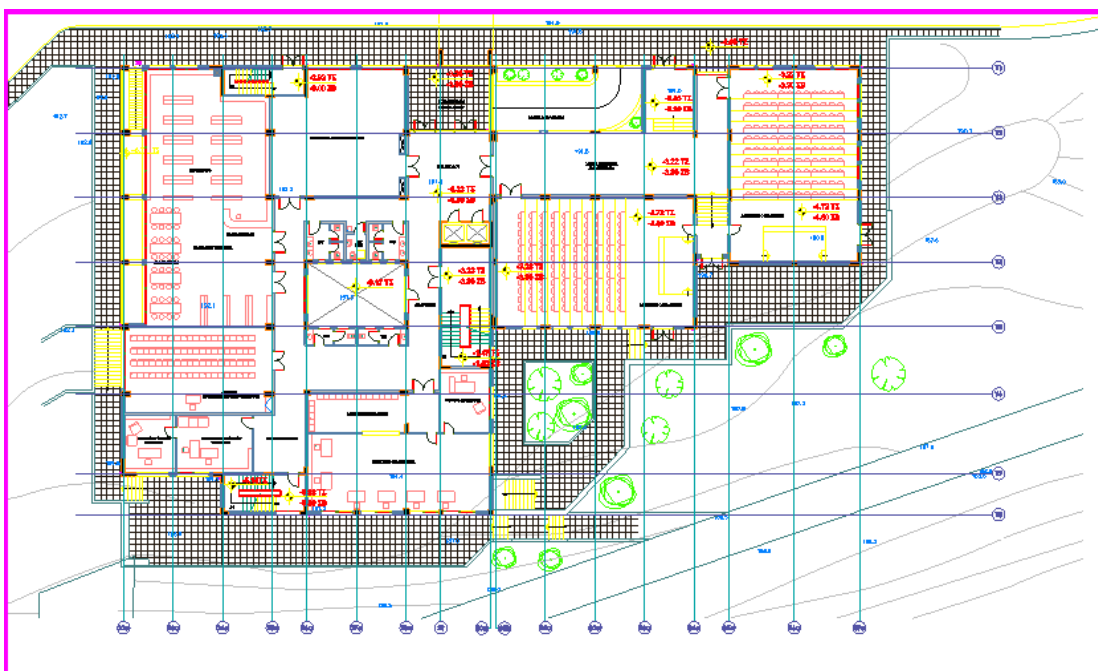
Το κτήριο Βέη της σχολής των Τοπογράφων Μηχανικών απαρτίζεται από το υπόγειο, το ισόγειο και δύο ορόφους.

Στο υπόγειο του κτηρίου, βρίσκονται λεβητοστάσια, μηχανοστάσια, WC, μερικά γραφεία και χώροι αποθήκευσης και αρχείων. Το ισόγειο αποτελείται από αμφιθέατρα, αίθουσες διδασκαλίας, το γραφείο του προέδρου, αίθουσα εκδηλώσεων και συνελεύσεων, καθώς και από τη βιβλιοθήκη της σχολής, αίθουσες που αποτελούν το αρχείο της Γραμματείας και, όπως και όλοι οι υπόλοιποι όροφοι, χώρους κοινής χρήσης (διαδρόμους, χολλ, λουτρά). Ο πρώτος όροφος φιλοξενεί βιβλιοθήκη, αίθουσα συσκέψεων τομέα, αίθουσες διδασκαλίας και εργαστήρια, καθώς και γραφεία διδασκόντων. Ο

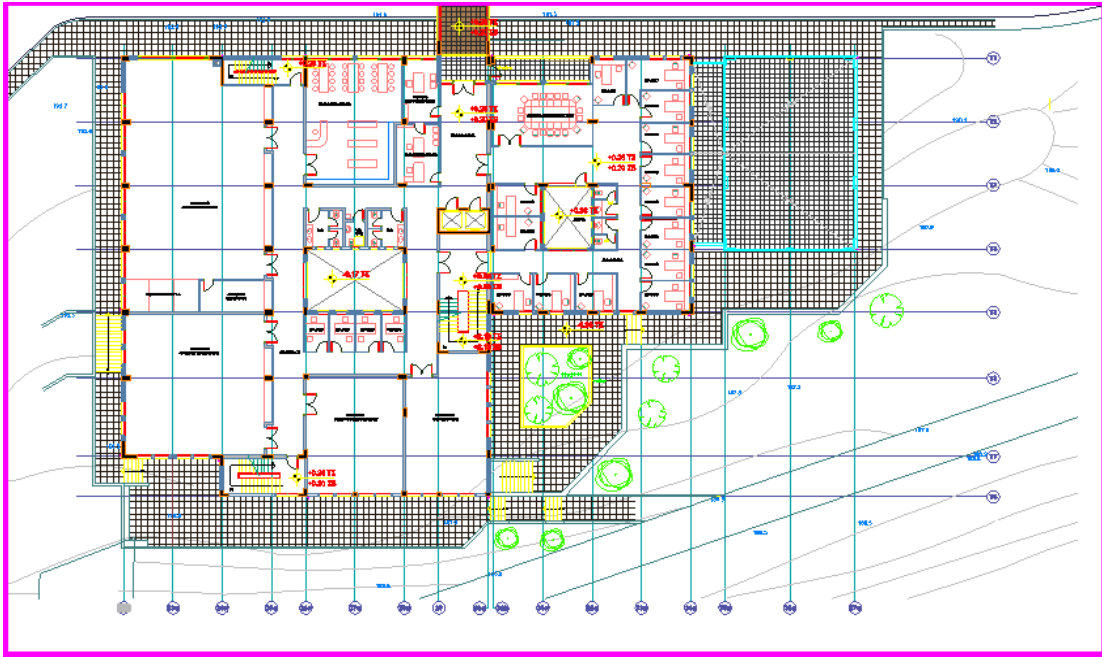
δεύτερος και τελευταίος όροφος στεγάζει και αυτός βιβλιοθήκη, αίθουσα συσκέψεων τομέα, αίθουσες διδασκαλίας και εργαστήρια και γραφεία διδασκόντων όπως και ο πρώτος όροφος. Στις Εικόνες 2-5 φαίνονται οι αρχιτεκτονικές κατόψεις του κτηρίου.



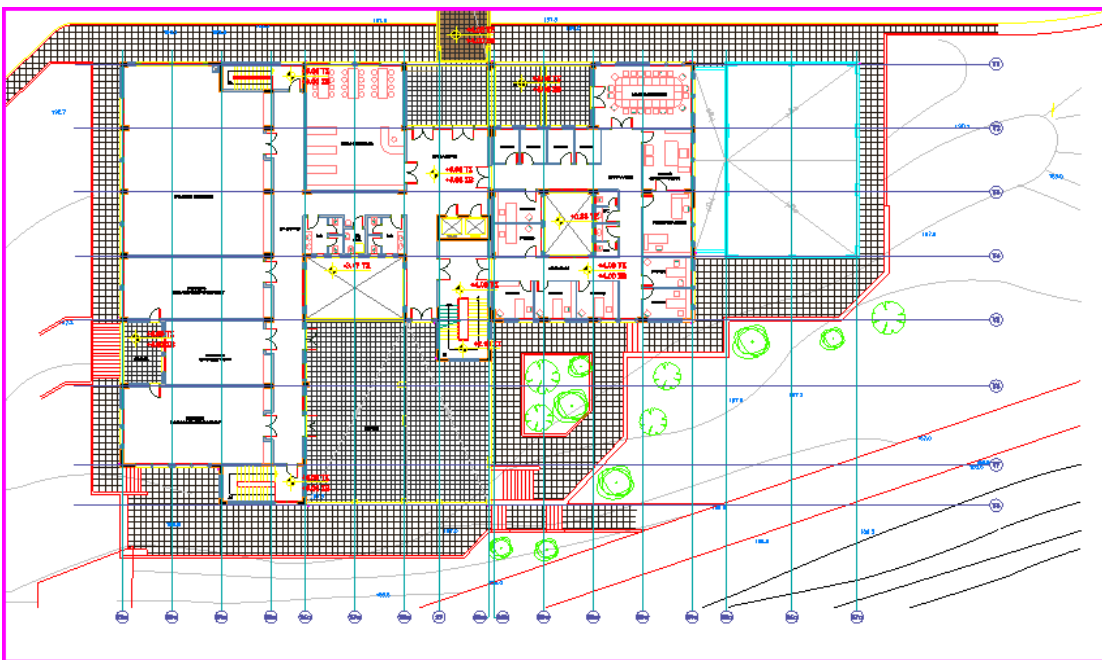
Εικόνα 2: Αρχιτεκτονική κάτοψη του υπογείου



Εικόνα 3: Αρχιτεκτονική κάτοψη του ισογείου



Εικόνα 4: Αρχιτεκτονική κάτοψη του 1ου ορόφου



Εικόνα 5: Αρχιτεκτονική κάτοψη του 2ου ορόφου

4.3 Περιγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού.

Όλα τα φωτιστικά του υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού του κτηρίου διαθέτουν λαμπτήρες φθορισμού. Συγκεκριμένα, Στα λουτρά και τους χώρους υγιεινής είναι τοποθετημένα

φωτιστικά οροφής 600x150mm Χωνευτά (με 1 λαμπτήρα, των 18 Watt) και φωτιστικά οροφής 1200x150mm Χωνευτά (με 1 λαμπτήρα, των 36 Watt) Οι διάδρομοι φωτίζονται από φωτιστικά ψευδοροφής 600x600mm Χωνευτά (4 λαμπτήρες, των 18 ανά φωτιστικό). Τα αμφιθέατρα φωτίζονται από στρογγυλά φωτιστικά οροφής Φ125 Χωνευτά των 120W. Οι υπόλοιποι χώροι (βιβλιοθήκες, γραφεία, εργαστήρια κλπ) φωτίζονται από φωτιστικά σώματα οροφής 1200x300mm Επιφανείας με κάλυμμα (2 λαμπτήρες φθορισμού των 36 Watt).

4.4 Καταγραφή του υφιστάμενου εξοπλισμού τεχνητού φωτισμού

Στον Πίνακα 2 αναγράφεται ο όροφος, τα φωτιστικά σώματα που βρίσκονται σε αυτόν, οι λαμπτήρες που αντιστοιχούν σε κάθε φωτιστικό, τα ονομαστικά Watt του κάθε λαμπτήρα και τα συνολικά Watt του κάθε φωτιστικού (συμπεριλαμβανομένων των απωλειών του ballast 15%). Στην τελευταία στήλη αναγράφεται η συνολική κατανάλωση στον κάθε όροφο ανά τύπο φωτιστικού, ενώ στον Πίνακα 3 αναγράφεται η κατανάλωση στο κτίριο ανά όροφο καθώς και η συνολική κατανάλωση στο κτίριο.

Πίνακας 2: Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού

	Φωτιστικά	Τύπος		Λαμπτήρες/ φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Συνολική ισχύς (W)
Υπόγειο	50	2X36W	Επιφανειακό	2	36	4140
"	2	1X36W	Χωνευτό	1	36	83
"	14	4X18W	Χωνευτό	4	18	1159
"	8	1X18W	Χωνευτό	1	18	166
Ισόγειο	74	2X36W	Επιφανειακό	2	36	6127
"	2	1X36W	Χωνευτό	1	36	83
"	28	4X18W	Χωνευτό	4	18	2318
"	8	1X18W	Χωνευτό	1	18	166
"	80	120W	Φ125 Χωνευτό	1	120	9600
Α' όροφος	127	2X36W	Επιφανειακό	2	36	10516
"	3	1X36W	Χωνευτό	1	36	124
"	27	4X18W	Χωνευτό	4	18	2236
"	10	1X18W	Χωνευτό	1	18	207
Β' όροφος	118	2X36W	Επιφανειακό	2	36	9770
"	2	1X36W	Χωνευτό	1	36	83
"	20	4X18W	Χωνευτό	4	18	1656
"	8	1X18W	Χωνευτό	1	18	166

Πίνακας 3: Συνολική ισχύς υφιστάμενης εγκατάστασης ανά όροφο

Επίπεδο	Εγκατεστημένη ισχύς (W)
Υπόγειο	5548
Ισόγειο	18294
A' όροφος	13082
B' όροφος	11675
Σύνολο	48599

Παρατηρούμε ότι αντιστοιχούν πολλά φωτιστικά σε κάθε χώρο λόγω του φαινομένου της υπερδιαστασιολόγησης. Αποτέλεσμα της υπερδιαστασιολόγησης είναι η ύπαρξη περιττών φωτιστικών, γεγονός που οδηγεί σε υπερβολικά μεγάλη κατανάλωση σε κάθε χώρο.

5

Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα, αποδοτικότερα φωτιστικά τεχνολογίας LED

5.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η κατανάλωση ενέργειας για το φωτισμό του κτηρίου Βέη των Τοπογράφων είναι σε υψηλά επίπεδα. Αυτό οφείλεται σε δύο κύριους λόγους. Πρώτον οφείλεται στο φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης και δεύτερον στο γεγονός ότι η φωτιστική απόδοση των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού δεν ξεπερνά τα 60 lm/W, με αποτέλεσμα να χρειαζόμαστε πολλά φωτιστικά για να έχουμε τον επιθυμητό φωτισμό, τα οποία καταναλώνουν πολλή ενέργεια. Έτσι οδηγηθήκαμε στο συμπέρασμα ότι δεν αρκεί μόνο να κάνουμε μελέτη για να μειώσουμε τα φωτιστικά, αλλά ότι θα είναι ακόμα καλύτερο να τα αντικαταστήσουμε με νέα φωτιστικά που διαθέτουν πλακέτα με LED chips. Στο κεφάλαιο αυτό λοιπόν θα μελετηθεί η αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με απλή αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων, με νέα αποδοτικότερα, τα οποία διαθέτουν φωτεινές πηγές LED (Σενάριο Α). Όπως προαναφέρθηκε, η φωτιστική απόδοση των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού δεν ξεπερνά τα 60 lm/Watt, σε αντίθεση με τις φωτεινές πηγές LED. Συγκεκριμένα τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν για αυτό το σενάριο έχουν φωτιστική απόδοση από 95 lm/Watt έως 123.5 lm/Watt. Οι υπολογισμοί και οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν με το αξιόπιστο πρόγραμμα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών RELUX. Στο Παράρτημα Α παρατίθενται τα αποτελέσματα για κάποιους αντιπροσωπευτικούς χώρους. Στο πρόγραμμα εισήχθησαν τα γεωμετρικά δεδομένα και οι αντίστοιχες οπτικές ιδιότητες των εσωτερικών στοιχείων του κάθε χώρου (ανακλαστικότητα τοίχων κλπ) και χρησιμοποιήθηκαν τα φωτομετρικά αρχεία των φωτιστικών σωμάτων που έχουν προδιαγραφεί. Ο συντελεστής συντήρησης (maintenance factor) θεωρήθηκε ίσος με 0,8.

5.2 Περιγραφή προτεινόμενου εξοπλισμού

Τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τεχνολογίας LED, υψηλής απόδοσης, τα οποία είναι εφοδιασμένα με οδηγό (driver), η κατανάλωση του οποίου είναι συνυπολογισμένη στα ονομαστικά τους Watt. Η επιλογή των φωτιστικών αυτών, έναντι άλλων, έγινε βάσει της υψηλής τους απόδοσης, της χαμηλής τους κατανάλωσης, της απόδοσης και της θερμοκρασίας του χρώματός τους καθώς και της μεγάλης διάρκειας ζωής τους. Επιλέχθηκαν φωτιστικά της εταιρείας LEDVANCE [8], τα οποία εξασφαλίζουν υψηλή ποιότητα φωτός και οικονομία στο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης. Να σημειωθεί ότι οι διαστάσεις των φωτιστικών που επιλέχθηκαν μελετήθηκαν να είναι ίσες με αυτές των υφιστάμενων για λόγους οικονομίας (να μη χρειαστεί να γίνουν εκ νέου εργασίες διάνοιξης της ψευδοροφής, με αποτέλεσμα να επιτύχουμε χαμηλό κόστος εγκατάστασης).

Παρακάτω βλέπουμε το διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής έντασης των φωτιστικών που επιλέχθηκαν για κάθε χώρο καθώς και τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

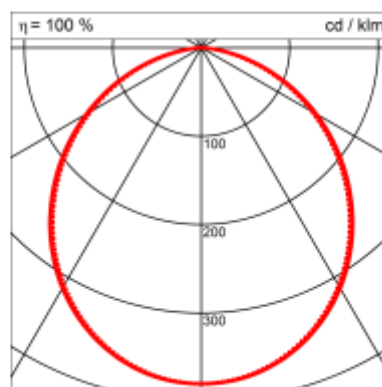
Για τον χώρο των αμφιθεάτρων επιλέχθηκε το DOWNLIGHT ALU 200 35 W 4000 K IP44 WT.

Ισχύς : 35 Watt

Φωτεινή ροή : 3325 lumen

Φωτιστική απόδοση : 95 lm/W

DOWNLIGHT ALU 200 35 W 4000 K IP44 WT
4058075091573



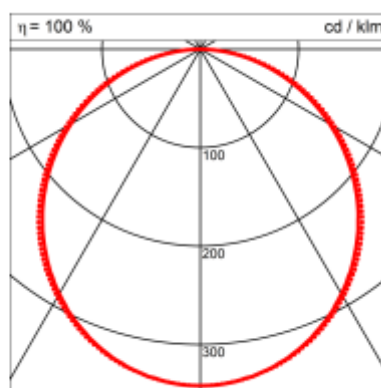
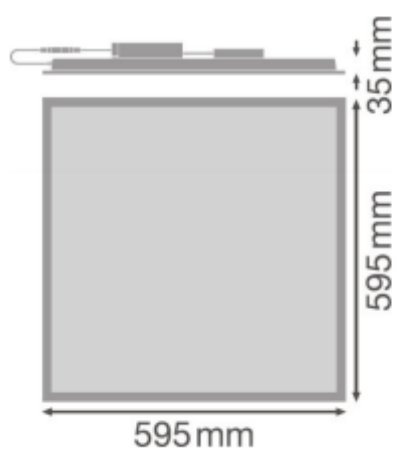
Για τον χώρο των λουτρών επιλέχθηκε το PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT.

Ισχύς : 30 Watt

Φωτεινή ροή : 3000 lumen

Φωτιστική απόδοση 100 lm/W

PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT
4058075225176



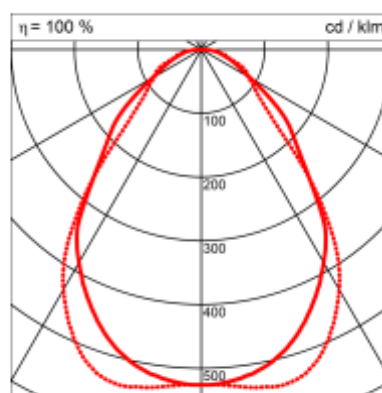
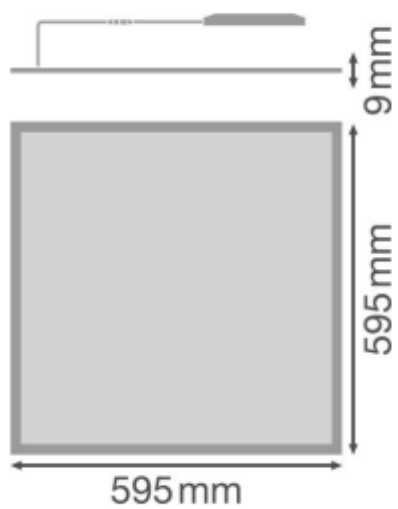
Για τους διαδρόμους επιλέχθηκε το PANEL PERFORMANCE 600 UGR<19 33 W 4000 K WT.

Ισχύς : 33 Watt

Φωτεινή ροή : 3600 lumen

Φωτιστική απόδοση 109.1 lm/W

PANEL PERFORMANCE 600 UGR<19 33 W 4000 K WT
4058075225251



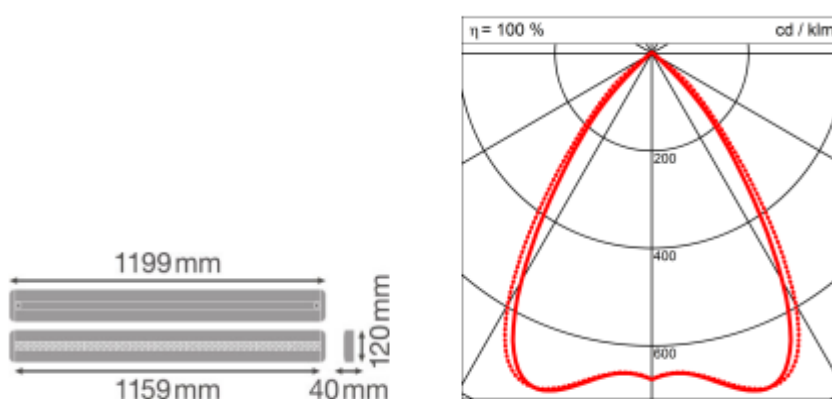
Τέλος για τους υπόλοιπους χώρους επιλέχθηκε το LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 4000 K EM.

Ισχύς : 34 Watt

Φωτεινή ροή : 4200 lumen

Φωτιστική απόδοση 123.5 lm/W

LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 4000 K EM
4058075109544



5.3 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο A)

Στον Πίνακες 4 αναγράφονται τα φωτιστικά σώματα που βρίσκονται σε κάθε όροφο, τα ονομαστικά Watt του κάθε λαμπτήρα, στην δε τελευταία στήλη αναγράφεται η τελική κατανάλωση κάθε φωτιστικού στον εκάστοτε όροφο. Να σημειωθεί ότι σε όλα τα φωτιστικά που επιλέχθηκαν για τη μελέτη αυτή αντιστοιχεί ένας λαμπτήρας, για το λόγο αυτό η ισχύς του λαμπτήρα συμπίπτει με την ισχύ του φωτιστικού. Επίσης στην ισχύ του φωτιστικού, όπως προαναφέρθηκε, είναι συμπεριλαμβανόμενες οι απώλειες του οδηγού (driver), εν αντιθέσει με τα φωτιστικά της υφιστάμενης κατάστασης, τα οποία χρησιμοποιούν ballast, των οποίων οι απώλειες έπρεπε να συνυπολογιστούν και ήταν ίσες με 15% της ονομαστικής ισχύος των λαμπτήρων. Τέλος παρουσιάζεται και η συνολική ισχύς της προτεινόμενης εγκατάστασης του κτηρίου.

Πίνακας 4: Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού

	Πλήθος	Τύπος φωτιστικού	Ισχύς φωτιστικού (W)	Συνολική ισχύς (W)
Υπόγειο	45	LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 4000 K EM	34	1530
"	13	PANEL PERFORMANCE 600 UGR<19 33 W 4000 K WT.	33	429
"	6	PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT.	30	180
Ισόγειο	89	LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 4000 K EM	34	3026
"	24	PANEL PERFORMANCE 600 UGR<19 33 W 4000 K WT.	33	792
"	11	PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT.	30	330
"	80	DOWNLIGHT ALU 200 35 W 4000 K IP44 WT.	35	2800
Α' όροφος	138	LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 4000 K EM	34	4692
"	25	PANEL PERFORMANCE 600 UGR<19 33 W 4000 K WT.	33	825
"	11	PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT.	30	330
Β' όροφος	107	LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 4000 K EM	34	3638
"	23	PANEL PERFORMANCE 600 UGR<19 33 W 4000 K WT.	33	759
"	11	PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT.	30	330
Σύνολο				19661

5.4 Συγκριτικά αποτελέσματα

Στον Πίνακα 5 βλέπουμε συγκριτικά τα αποτελέσματα του Σεναρίου Α με την υφιστάμενη κατάσταση. Στην τελευταία στήλη αναγράφεται η ποσοστιαία μείωση της κατανάλωσης σε Watt του κάθε χώρου. Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε:

$$\text{Μείωση(\%)} = \frac{\text{Κατ}_{\gamma\phi\iota\sigma\tau}(\text{Watt}) - \text{Κατ}_{\Sigma\epsilon\nu\text{A}}(\text{Watt})}{\text{Κατ}_{\gamma\phi\iota\sigma\tau}(\text{Watt})} * 100$$

Πίνακας 5: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Α

Επίπεδο		Υφιστάμενη κατάσταση		Προτεινόμενη κατάσταση, Σενάριο Α		Μείωση (%)
		Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	Φωτιστικά	Σύνολο χώρου (Watt)	
Υπόγειο	Λοιποί χώροι	50	4140	45	1530	63.04
	Διάδρομος	14	1159.2	13	429	62.99
	Λουτρό	10	248.4	6	180	27.54
Ισόγειο	Λοιποί χώροι	74	6127.2	89	3026	50.61
	Διάδρομος	28	2318.4	24	792	65.84
	Λουτρό	10	248.4	11	330	-32.85
	Αμφιθέατρα	80	9600	80	2800	70.83
Α' όροφος	Λοιποί χώροι	127	10515.6	138	4692	55.38
	Διάδρομος	27	2235.6	25	825	63.10
	Λουτρό	13	331.2	11	330	0.36
Β' όροφος	Λοιποί χώροι	118	9770.4	107	3638	62.77
	Διάδρομος	20	1656	23	759	54.17
	Λουτρό	10	248.4	11	330	-32.85
Σύνολο			48598.8		19661	59.54

Παρατηρούμε ότι η μείωση σε κάποιους χώρους μπορεί να φτάσει έως και 70%, ενώ σε στα λουτρά η ισχύς της προτεινόμενης εγκατάστασης είναι μεγαλύτερη. Αυτό συμβαίνει διότι στην αγορά δεν υπήρχε πάνελ led 60x60 cm κάτω των 30 W. Παρόλα αυτά επειδή η συγκεκριμένη ισχύς είναι πολύ μικρή αναλογικά με αυτήν σε άλλους χώρους δεν δημιουργεί πρόβλημα στην συνολική μείωση της ισχύος.

Τέλος επιτεύχθηκε μία πολύ μεγάλη μείωση στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ του κτηρίου, της τάξεως του 59,54 %, μείωση, η οποία οδηγεί σε σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, όπως θα αναλύσουμε στο 8ο Κεφάλαιο.

6

Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού

6.1 Εισαγωγή

Στην Ελλάδα οι μέρες με ηλιοφάνεια είναι αρκετές, με αποτέλεσμα να είναι πολύ οικονομικό να εκμεταλλευτούμε αυτό το προνόμιο για το φωτισμό των κτηρίων τις μέρες αυτές. Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθεί η αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού, οι οποίοι διαθέτουν τη δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β). Τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιούνται είναι ίδιου τύπου με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόταση αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού του Σεναρίου Α. Για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού προτείνεται η τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού σε κάθε διακριτό χώρο εργασίας, ο οποίος έχει επιλεγεί για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Οι αισθητήρες φωτισμού ανιχνεύουν την ένταση φωτισμού στην επιφάνεια που σημαδεύουν και ρυθμίζουν, ανάλογα με το φυσικό φωτισμό που προσπίπτει στην επιφάνεια αυτή, την ένταση του τεχνητού φωτισμού στο επιθυμητό επίπεδο μέσω ρυθμιστή φωτός (dimmer). Το σύστημα αυτό είναι τοπικού χαρακτήρα και δε συνδυάζεται ούτε επικοινωνεί με αντίστοιχα συστήματα εγκατεστημένα σε άλλους χώρους. Ο αισθητήρας που θα χρησιμοποιηθεί δε σβήνει το σύστημα φωτισμού, αλλά ρυθμίζει τη στάθμη φωτισμού στη χαμηλότερη ένταση με αποτέλεσμα να υπάρχει μία ελάχιστη κατανάλωση της τάξης του 15% της ισχύος των λαμπτήρων, η οποία λήφθηκε υπόψιν κατά τη διάρκεια των υπολογισμών. Ως κριτήριο επιλογής των χώρων αυτών χρησιμοποιήθηκε

ο μέσος συντελεστής DF (Daylight Factor), ο οποίος αποτελεί μέτρο επάρκειας του φυσικού φωτισμού.

$$DF = E_i/E_o * 100(\%),$$

όπου E_i είναι η ένταση φυσικού φωτισμού (lux) σε σημείο της επιφάνειας εργασίας στο εσωτερικό του χώρου και E_o η ένταση φυσικού φωτισμού (lux) σε σημείο του οριζόντιου επιπέδου στο εξωτερικό του χώρου την ίδια χρονική στιγμή. Ανάλογα με τη μέση τιμή του DF, χαρακτηρίζεται και η επίδραση του φυσικού φωτισμού στην πιθανή εξοικονόμηση ενέργειας.

Συγκεκριμένα, χαρακτηρίζεται ως:

- ισχυρή, αν η μέση τιμή του DF είναι μεγαλύτερη ή ίση με 3%,
- μέτρια, αν η μέση τιμή του DF είναι μεταξύ 3% και 2%,
- ασθενής αν η μέση τιμή του DF είναι μεταξύ 2% και 1%,
- δε λαμβάνεται υπόψη, αν είναι μικρότερη από 1%.

Για την εύρεση των ζητούμενων DF πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί και προσομοιώσεις με το πρόγραμμα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών RELUX, που χρησιμοποιεί την πλατφόρμα του RADIANCE. Στο Παράρτημα παρατίθενται τα αποτελέσματα για κάποιους αντιπροσωπευτικούς χώρους. Για όλες τις αίθουσες εισήχθησαν τα απαραίτητα γεωμετρικά δεδομένα και οι αντίστοιχες οπτικές ιδιότητες των εσωτερικών στοιχείων του κάθε χώρου (ανακλαστικότητα τοίχων, διαπερατότητα υαλοπινάκων κλπ). Επίσης ορίστηκε ο ακριβής προσανατολισμός του κτηρίου Βέη των Τοπογράφων Μηχανικών.

Χρησιμοποιώντας, για κάθε χώρο ξεχωριστά, την τιμή του μέσου συντελεστή DF, την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού, το ημερήσιο και ετήσιο ωράριο λειτουργίας και την πιθανότητα ηλιοφάνειας (sun probability) στην περιοχή της Αθήνας, υπολογίστηκε, και πάλι μέσω του φωτομετρικού προγράμματος RELUX, το ποσοστό του χρόνου ημέρας που θα απαιτείται τεχνητός φωτισμός.

Η πιθανότητα ηλιοφάνειας στην περιοχή της Αθήνας είναι, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6: Μηνιαία πιθανότητα ηλιοφάνειας στην πόλη της Αθήνας.

Μήνας	Πιθανότητα ηλιοφάνειας (%)	Μήνας	Πιθανότητα ηλιοφάνειας (%)
Ιανουάριος	44	Ιούλιος	90
φεβρουάριος	50	Αύγουστος	85
Μάρτιος	41	Σεπτέμβριος	70
Απρίλιος	55	Οκτώβριος	52
Μάιος	78	Νοέμβριος	50
Ιούνιος	87	Δεκέμβριος	48

Μελετήθηκαν όλοι οι χώροι, οι οποίοι είχαν εξωτερικά ανοίγματα, ως προς τη δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού και στους οποίους κρίθηκε οικονομικά ωφέλιμη η αξιοποίησή τους. Το νέο προτεινόμενο σύστημα φωτισμού (Σενάριο Β) θα συγκριθεί με την υπάρχουσα κατάσταση καθώς και με το προτεινόμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού με απλή αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων (Σενάριο Α).

Στους χώρους οι οποίοι κρίθηκαν κατάλληλοι για τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού επιλέχθηκε ο αισθητήρας PIR lighting management sensor - High ceiling areas Cat. No(s): 0 489 32 [9]. Στην Εικόνα 6 παρατίθεται η φωτογραφία του αισθητήρα φωτισμού. Τα χαρακτηριστικά τους αναγράφονται αναλυτικά στο Παράρτημα Δ. Στο υπόγειο επειδή δεν υπάρχει φυσικός φωτισμός δεν έγινε μελέτη.



Εικόνα 6: Φωτογραφία του αισθητήρα PIR lighting management sensor

6.2 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Β)

Στους παρακάτω Πίνακες αναγράφονται το όνομα του κάθε χώρου, η τιμή του μέσου συντελεστή DF, τα ισοδύναμα Watt που θα καταναλώνονται σε κάθε χώρο καθώς και η επί τοις εκατό μείωση που επέρχεται από την εγκατάσταση των αισθητήρων φωτισμού.

6.2.1 Ισόγειο

Πίνακας 7 : Συντελεστής DF και η ισοδύναμη κατανάλωση σε κάθε χώρο (ισόγειο)

Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Α) (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Β) (kWh)	Μείωση Σενάριο Α - Σενάριο Β (%)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Β (%)
βιβλιοθήκη	4.9	1656	1020	753.33	26.14	54.51
αιθουσα συσκέψεων	2.9	792	408	286.67	29.74	63.80
γραμματεία προέδρου	3.7	360	136	126.67	6.86	64.81
γραφείο προέδρου	5.9	216	102	66.67	34.64	69.14
προσωπικό γραμματείας	5.3	936	408	213.33	47.71	77.21
γραφείο γραμματείας	6.3	216	102	53.33	47.71	75.31
εκδηλώσεις τμήματος	3	864	510	353.33	30.72	59.10
αμφιθέατρο 1	2.3	4800	1400	1206.67	13.81	74.86
αμφιθέατρο 2	2.3	4800	1400	1206.67	13.81	74.86

6.2.2 1ος Όροφος

Πίνακας 8: Συντελεστής DF και η ισοδύναμη κατανάλωση σε κάθε χώρο (1ος Όροφος)

Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο A) (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο B) (kWh)	Μείωση Σενάριο A - Σενάριο B (%)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο B (%)
εργαστήριο αρχιτεκτονικής	6.9	648	374	180	51.87	72.22
εργαστήριο συγκοινωνιακής τεχνικής	3.1	720	408	273.33	33.01	62.04
εργαστήριο αγροτικής τεχνολογίας	4	792	680	400	41.18	49.49
εργαστήριο δομικής μηχανικής	4.3	1080	952	540	43.28	50
βιβλιοθήκη τομέα	5	576	408	220	46.08	61.81
γραφείο διευθυντή τομέα	5.5	432	102	53.33	47.71	87.65
προθάλαμος	4	216	66	40	39.39	81.48
αίθουσα συσκέψεων τομέα	8.4	576	204	93.33	54.25	83.80
γραφείο 5	4.8	144	374	40	89.30	72.22
γραφείο 6	11.7	216	374	46.67	87.52	78.40
γραφείο 7	4.1	144	374	40	89.30	72.22
γραφείο 8	4.1	144	374	40	89.30	72.22
γραφείο 9	4.1	144	374	40	89.30	72.22
γραφείο 10	4.1	144	374	40	89.30	72.22
γραφείο 11	4.1	144	374	40	89.30	72.22
γραφείο 12	4.1	144	374	40	89.30	72.22
γραφείο 13	4.1	144	374	40	89.30	72.22
γραφείο 14	4.5	144	374	53.33	85.74	62.96
γραφείο 15	4.5	144	374	53.33	85.74	62.96
γραφείο 16	4.5	144	374	53.33	85.74	62.96

6.2.3 2ος Όροφος

Πίνακας 9: Συντελεστής DF και η ισοδύναμη κατανάλωση σε κάθε χώρο (2ος Όροφος)

Χώρος	DF	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο A) (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο B) (kWh)	Μείωση Σενάριο A - Σενάριο B (%)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο B (%)
εργαστήριο γεωγραφίας	5.2	1080	952	500	47.48	53.70
εργαστήριο περιβαλλοντικού σχεδιασμού	3.2	576	306	200	34.64	65.28
εργαστήριο οργάνωσης χώρου	2.07	360	272	260	4.41	27.78
εργαστήριο πολεοδομικού σχεδιασμού	5.3	648	408	213.33	47.71	67.08
βιβλιοθήκη τομέα	4.7	576	408	226.67	44.44	60.65
γραφείο 1	6	144	68	33.33	50.98	76.85
γραφείο 2	6	144	68	33.33	50.98	76.85
γραφείο 3	6	144	68	33.33	50.98	76.85
γραφείο 4	6	144	68	33.33	50.98	76.85
αίθουσα συσκέψεων	7.4	432	306	93.33	69.50	78.40
γραφείο διευθυντή τομέα	6.3	288	102	53.33	47.71	81.48
γραμματεία τομέα	6.1	288	136	66.67	50.98	76.85
Γραφείο 5	4.6	144	68	40	41.18	72.22
Γραφείο 6	4.6	144	68	40	41.18	72.22
Γραφείο 7	3.3	144	68	46.67	31.37	67.59
Γραφείο 8	3.3	144	68	46.67	31.37	67.59
Γραφείο 9	3.3	144	68	46.67	31.37	67.59
διάδρομος αριστερά	5.1	1008	495	260	47.47	74.21

7

Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με την τοποθέτηση αισθητήρων που ανιχνεύουν κίνηση και παρουσία

7.1 Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο αυτό θα μελετηθεί η τοποθέτηση αισθητήρων, αυτή τη φορά παρουσίας και κίνησης (Σενάριο Γ). Αισθητήρες τοποθετήσαμε σε χώρους γενικής χρήσης, όπως λουτρά, διαδρόμους.

Τα λουτρά, όπως είναι λογικό, δεν έχουν επισκεψιμότητα όλες τις ώρες που λειτουργεί το κτήριο, όμως πολλές φορές οι χρήστες αφήνουν αναμμένα τα φώτα αφού φύγουν από το χώρο, με αποτέλεσμα την άσκοπη κατανάλωση ενέργειας. Αντίστοιχα και για τους διαδρόμους την ώρα που έχει μάθημα. Αυτό μας οδηγεί στην απόφαση της τοποθέτησης των αισθητήρων.

Η εξοικονόμηση που προέρχεται από τη χρήση τέτοιων αισθητήρων δεν μπορεί να υπολογιστεί από κάποιο πρόγραμμα, αλλά είναι βιβλιογραφική. Για το λόγο αυτό θεωρήσαμε, ανάλογα με την κίνηση που έχει ο κάθε χώρος, αλλά και σύμφωνα με τις ώρες λειτουργίας του, τα ποσοστά εξοικονόμησης εμπειρικά. Συγκεκριμένα θεωρήσαμε ποσοστό εξοικονόμησης στα λουτρά και τους χώρους υγιεινής 40% και στους διαδρόμους 35%. Η εξοικονόμηση θα υπολογισθεί σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Στις παρακάτω Εικόνες παρατίθενται οι φωτογραφίες των αισθητήρων που χρησιμοποιήθηκαν. Τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται αναλυτικότερα στο Παράρτημα Δ [9].



**Εικόνα 7: Φωτογραφία του αισθητήρα MOVEMENT DETECTOR PLEXO IP55 - DETECTION
ANGLE 360° - SURFACE MOUNTING**

7.2 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Σενάριο Γ)

Στους παρακάτω Πίνακες αναγράφονται το όνομα του κάθε χώρου, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας της υφιστάμενης κατάστασης, το ποσοστό της εξοικονόμησης που θα προέλθει από την τοποθέτηση των αισθητήρων και η ετήσια κατανάλωση που θα αντιστοιχεί, σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

7.2.1 Υπόγειο

Πίνακας 10: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Γ, υπόγειο

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Γ) (kWh)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Γ (%)
wc 1	36	21.6	40
wc 1.1	36	21.6	40
wc 1.2	36	21.6	40
wc 2	36	21.6	40
wc 2.1	36	21.6	40
wc 2.2	36	21.6	40
διάδρομος 1	792	514.8	35
διάδρομος 2	216	140.4	35
κλιμακοστάσιο 1	36	23.4	35
κλιμακοστάσιο 2	36	23.4	35

7.2.2 Ισόγειο

Πίνακας 11: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Γ, ισόγειο

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Γ) (kWh)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Γ (%)
wc 1 πάνω	36	21.6	40
wc 1.1 πάνω	36	21.6	40
wc 1.2 πάνω	36	21.6	40
wc 2 πάνω	36	21.6	40
wc 2.1 πάνω	36	21.6	40
wc 2.2 πάνω	36	21.6	40
wc 1 κάτω	36	21.6	40
wc 1.1 κάτω	36	21.6	40
WC AMK	72	43.2	40
wc 2 κάτω	36	21.6	40
wc 2.1 κάτω	36	21.6	40
χωρος εκτονωσης αμφιθεατρων	792	514.8	35
διάδρομος 1	1224	795.6	35
κλιμακοστάσιο 1	72	46.8	35
κλιμακοστάσιο 2	72	46.8	35

7.2.3 1^{ος} Όροφος

Πίνακας 12: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Γ, 1^{ος} όροφος

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Γ) (kWh)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Γ (%)
wc 1	36	21.6	40
wc 1.1	36	21.6	40
wc 1.2	36	21.6	40
wc 2	36	21.6	40
wc 2.1	36	21.6	40
wc 2.2	36	21.6	40
WC AMK	72	43.2	40
προθάλαμος	72	46.8	35
διάδρομος 1	720	468	35
διάδρομος 2	1224	795.6	35
κλιμακοστάσιο 1	72	46.8	35
κλιμακοστάσιο 2	72	46.8	35

7.2.4 2^{ος} Όροφος

Πίνακας 13: Σύγκριση υφιστάμενης κατάστασης με Σενάριο Γ, 2^{ος} όροφος

Χώρος	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Γ) (kWh)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Γ (%)
wc 1	36	21.6	40
wc 1.1	36	21.6	40
wc 1.2	36	21.6	40
wc 2	36	21.6	40
wc 2.1	36	21.6	40
wc 2.2	36	21.6	40
WC AMK	72	43.2	40
προθάλαμος	72	46.8	35
διάδρομος 1	720	468	35
διάδρομος 2	720	468	35
κλιμακοστάσιο 1	72	46.8	35
κλιμακοστάσιο 2	72	46.8	35

7.3 Συνολικά συγκριτικά αποτελέσματα

Τέλος, στον παρακάτω Πίνακα, καταγράφεται η κατανάλωση ενέργειας ανά όροφο και συνολικά για το Σενάριο Γ και η επί τοις εκατό μείωση σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Πίνακας 14: Κατανάλωση ενέργειας υφιστάμενης κατάστασης και Σενάριο Γ και σύγκριση αυτών.

Επίπεδο	Υφιστάμενη κατάσταση (kWh)	Προτεινόμενη κατάσταση (Σενάριο Γ) (kWh)	Μείωση Υφιστάμενη κατάσταση - Σενάριο Γ (%)
Υπόγειο	1386.9	922.5	33.48
Ισόγειο	26988	26059.2	3.44
Α' όροφος	26164.8	25293.6	3.33
Β' όροφος	23349.6	22654.8	2.98

8

Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους και χρόνου απόσβεσης των προτεινόμενων εγκαταστάσεων

(Σενάρια A, B, Γ)

8.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται ο υπολογισμός του κόστους για την εγκατάσταση του κάθε προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού. Επιπλέον, υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με τα τρία προτεινόμενα σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης. Αρχικά υπολογίζεται η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του Σεναρίου A (αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με νέα, αποδοτικότερα, τεχνολογίας LED) σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Έπειτα υπολογίζεται η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του Σεναρίου B (Σενάριο B: αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού, ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό) σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Τέλος, υπολογίζεται η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του Σεναρίου Γ (Σενάριο Γ: αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης) σε σχέση και πάλι με την υφιστάμενη κατάσταση. Υπολογίζονται, και για τις τρεις προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης του συστήματος φωτισμού, το ετήσιο όφελος σε ευρώ, η ηλεκτρική και η πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού και ο χρόνος απόσβεσης της κάθε επένδυσης. Για τον υπολογισμό του ετήσιου οικονομικού οφέλους χρησιμοποιήθηκε η τιμή αγοράς της

κιλοβατώρας για τους καταναλωτές μέσης τάσης που αναγράφεται στο τιμολόγιο BM1-10 και έχει την τιμή 0,071 €/kWh προσαυξημένη με Φ.Π.Α. 11% άρα 0,0771 €/kWh. Για τον υπολογισμό του κόστους εγκατάστασης θεωρήσαμε ότι για την εγκατάσταση ενός φωτιστικού απαιτείται απασχόληση 0,6 ωρών για τον τεχνικό και 0,6 ωρών για τον βοηθό του. Η τιμή της εργατοώρας ανέρχεται στα 19,87 € με προσαύξηση Φ.Π.Α. 24%, άρα 24,64 € για τον τεχνικό και 16,84 € με προσαύξηση Φ.Π.Α. 24%, άρα 20,88 € για τον βοηθό του αντίστοιχα. Επίσης θεωρήσαμε ότι για την εγκατάσταση των αισθητήρων απαιτείται απασχόληση 0,2 ωρών για τον τεχνικό και 0,2 ωρών για τον βοηθό του.

8.2 Εφαρμογή Σεναρίου A

Θα υπολογίσουμε, για το Σενάριο A, το κόστος της αναβάθμισης, την ηλεκτρική και την πρωτογενή ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, την εξοικονόμηση ενέργειας, το ετήσιο όφελος σε ευρώ και τον χρόνο απόσβεσης της επένδυσης.

Υπενθυμίζουμε ότι στο Σενάριο A μελετήσαμε την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού αντικαθιστώντας όλα τα υπάρχοντα φωτιστικά με νέα, αποδοτικότερα τεχνολογίας LED.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το κόστος κάθε φωτιστικού που προτάθηκε για την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού.

Πίνακας 15: Κόστος κάθε φωτιστικού

Φωτιστικό	Τιμή (€)
LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 4000 K EM	162.1
PANEL PERFORMANCE 600 UGR	121.6
PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT	94.6
DOWNLIGHT ALU 200 35 W 4000 K IP44 WT	56.6

Στους παρακάτω Πίνακες αναγράφεται το είδος, το πλήθος και η τιμή του κάθε φωτιστικού που χρειάζεται κάθε όροφος καθώς και το συνολικό κόστος για την αγορά αυτών.

Πίνακας 16: Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το υπόγειο (Σενάριο Α)

Φωτιστικό	Αριθμός Φωτιστικών	Κόστος/ φωτιστικό (€)	Συνολικό κόστος φωτιστικών (€)
LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 4000 K EM	45	162.1	7294.5
PANEL PERFORMANCE 600 UGR	13	121.6	1580.8
PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT	6	94.6	567.6
Σύνολο			9442.9

Πίνακας 17: Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για το ισόγειο (Σενάριο Α)

Φωτιστικό	Αριθμός Φωτιστικών	Κόστος/ φωτιστικό (€)	Συνολικό κόστος φωτιστικών (€)
LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 4000 K EM	89	162.1	14426.9
PANEL PERFORMANCE 600 UGR	24	121.6	2918.4
PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT	11	94.6	1040.6
DOWNLIGHT ALU 200 35 W 4000 K IP44 WT	80	56.6	4528
Σύνολο			22913.9

Πίνακας 18: Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για τον 1ο όροφο (Σενάριο Α)

Φωτιστικό	Αριθμός Φωτιστικών	Κόστος/ φωτιστικό (€)	Συνολικό κόστος φωτιστικών (€)
LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 4000 K EM	138	162.1	22369.8
PANEL PERFORMANCE 600 UGR	25	121.6	3040
PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT	11	94.6	1040.6
Σύνολο			26450.4

Πίνακας 19: Αριθμός και κόστος φωτιστικών προτεινόμενης κατάστασης για 2ο όροφο (Σενάριο Α)

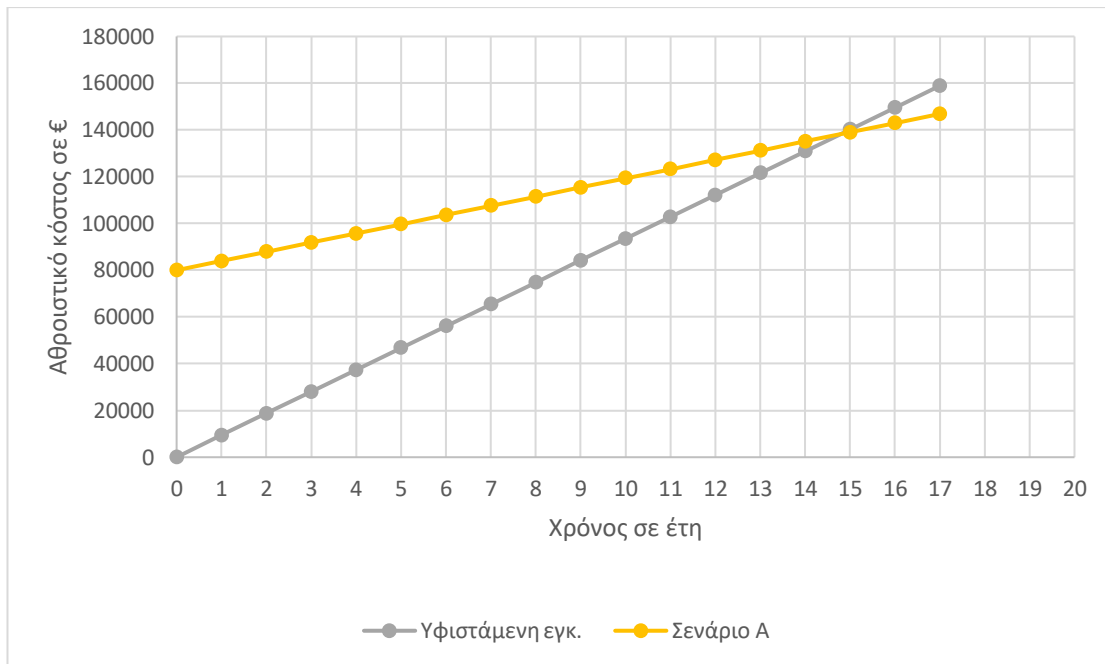
Φωτιστικό	Αριθμός Φωτιστικών	Κόστος/ φωτιστικό (€)	Συνολικό κόστος φωτιστικών (€)
LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 4000 K EM	107	162.1	17344.7
PANEL PERFORMANCE 600 UGR	23	121.6	2796.8
PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT	11	94.6	1040.6
Σύνολο			21182.1

Στον παρακάτω πίνακα, αναγράφονται η συνολική ισχύς και κατανάλωση ενέργειας για την υφιστάμενη κατάσταση και για το Σενάριο Α ανά όροφο αλλά και συνολικά. Επίσης αναγράφεται η εξοικονόμηση που θα προκύψει σε kWh και σε € και τα έτη απόσβεσης αυτής της επένδυσης.

Πίνακας 20: Συνολική ισχύς και κατανάλωση ενέργειας για την υφιστάμενη κατάσταση ανά όροφο αλλά και συνολικά (Σενάριο Α)

Επίπεδο	Ρυφιστ (W)	ΡΣενΑ (W)	Ευφιστ (kWh/y)	ΕΣενΑ (kWh/y)	Εξοικονόμηση (kWh/y)	Ετήσιο όφελος (€/y)	Έτη απόσβεσης
Υπόγειο	5547.6	2139	1386.9	534.75	852.15	128	
Ισόγειο	18294	6948	26988	11096	15892	2384	
Α' όροφος	13082.4	5847	26164.8	11694	14470.8	2170	
Β' όροφος	11674.8	4727	23349.6	9454	13895.6	2084	
Σύνολο	48598.8	19661	77889.3	32778.75	45110.55	6766	

Στο Παρακάτω Σχήμα βλέπουμε τη γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για το Σενάριο Α.



Σχήμα 2: Γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για το Σενάριο Α

8.3 Εφαρμογή Σεναρίου Β

Θα υπολογίσουμε, για το Σενάριο Β, το κόστος της αναβάθμισης, την ηλεκτρική και την πρωτογενή ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, την εξοικονόμηση ενέργειας, το ετήσιο όφελος σε ευρώ και τον χρόνο απόσβεσης της επένδυσης.

Υπενθυμίζουμε ότι στο Σενάριο Β μελετήσαμε την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού, οι οποίοι διαθέτουν τη δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό.

Στους χώρους οι οποίοι κρίθηκαν κατάλληλοι για τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού επιλέχθηκε ο αισθητήρας PIR lighting management sensor - High ceiling areas Cat. No(s): 0 489 32 με κόστος 78,34 €.

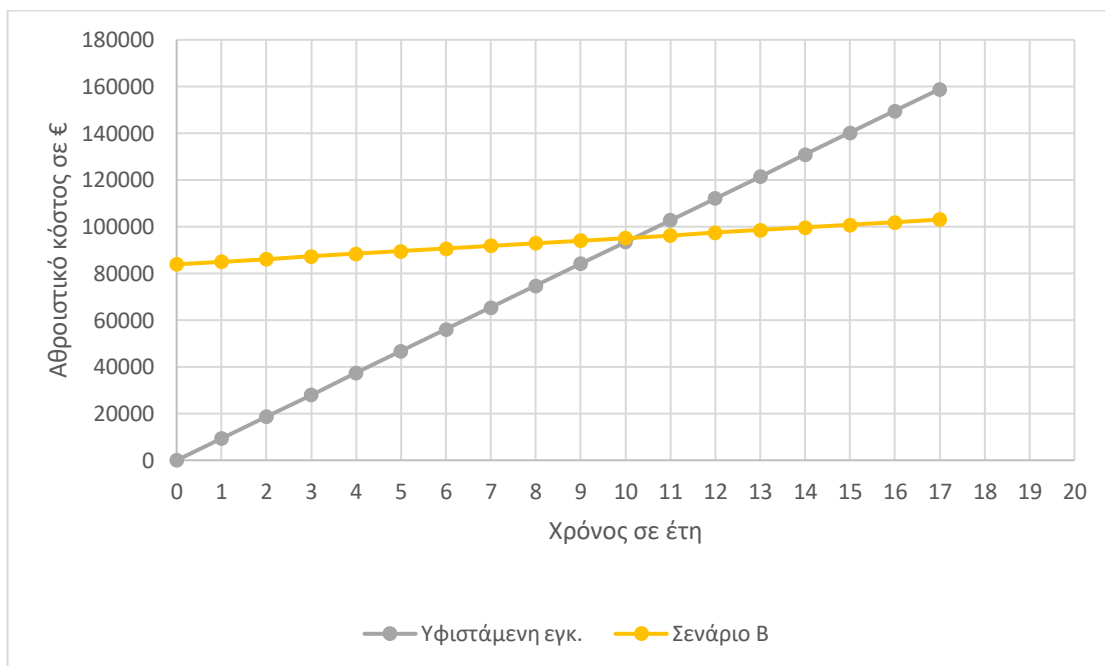
Σημειώνεται ότι η ισοδύναμη ισχύς του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού και δυνατότητα ρύθμισής της αντιστοιχεί στην εγκατεστημένη ισχύ ενός ισοδύναμου συστήματος τεχνητού φωτισμού, το οποίο θα κατανάλωνε την ίδια ενέργεια στον ίδιο χρόνο με το προτεινόμενο σύστημα.

Στον παρακάτω Πίνακα, αναγράφονται η κατανάλωση ενέργειας για την υφιστάμενη κατάσταση και για το Σενάριο Β ανά όροφο αλλά και συνολικά. Επίσης αναγράφεται η εξοικονόμηση που θα προκύψει σε kWh και σε € και τα έτη απόσβεσης αυτής της επένδυσης.

Πίνακας 21: Κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου του κτηρίου και συνολικά (Σενάριο Β)

Επίπεδο	Ευφιστ (kWh/y)	ΕΣενΒ (kWh/y)	Εξοικονόμηση (kWh/y)	Ετήσιο όφελος (€/y)	Έτη απόσβεσης
Ισόγειο	14640	4266	10373		
Α' όροφος	8064	2880	5184		
Β' όροφος	6552	2226	4325		
Σύνολο	29256	9373	19882	5100	10

Στο παρακάτω Σχήμα βλέπουμε τη γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για το Σενάριο Β.



Σχήμα 3 : Γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για το Σενάριο Β

8.4 Εφαρμογή Σεναρίου Γ

Θα υπολογίσουμε, για το Σενάριο Γ, το κόστος της αναβάθμισης, την ηλεκτρική και την πρωτογενή ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα φωτισμού, την εξοικονόμηση ενέργειας, το ετήσιο όφελος σε ευρώ και τον χρόνο απόσβεσης της επένδυσης.

Υπενθυμίζουμε ότι στο Σενάριο Γ μελετήσαμε την αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού με εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης στο υπόγειο χώρο στάθμευσης, σε διαδρόμους, wc, χολλ και κλιμακοστάσια.

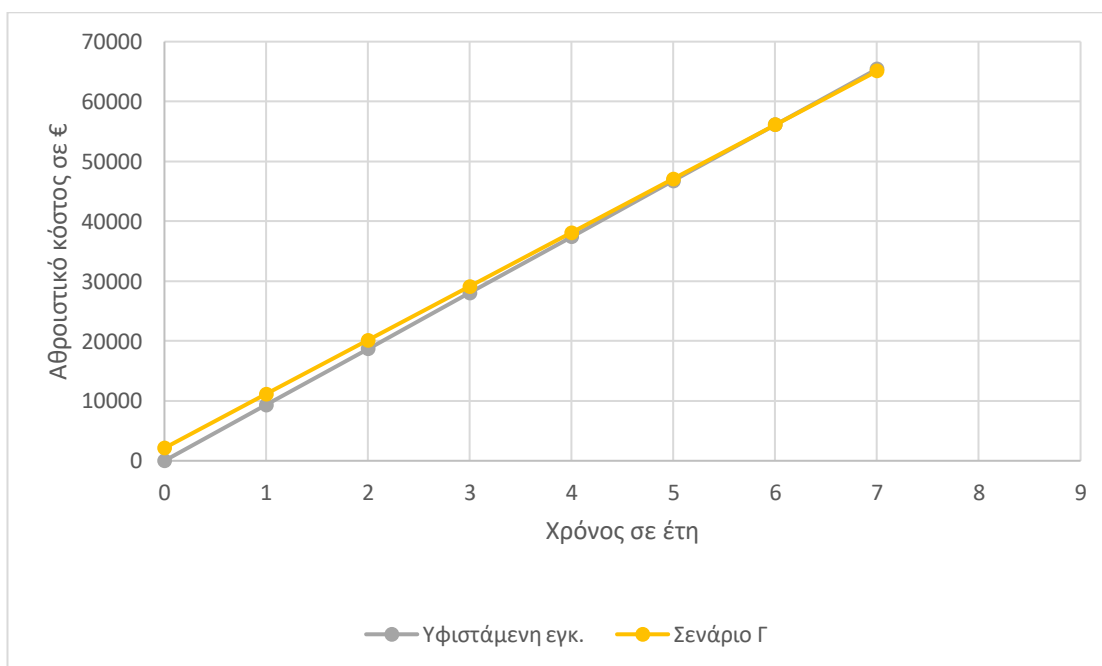
Ο αισθητήρας κίνησης που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη αυτή είναι ο MOVEMENT DETECTOR PLEKO IP55 με κόστος στα 43,39 €

Στον παρακάτω Πίνακα, αναγράφονται η συνολική ισχύς και κατανάλωση ενέργειας για την υφιστάμενη κατάσταση και για το Σενάριο Γ ανά όροφο αλλά και συνολικά. Επίσης αναγράφεται η εξοικονόμηση που θα προκύψει σε kWh και σε € και τα έτη απόσβεσης αυτής της επένδυσης.

Πίνακας 22: Κατανάλωση ενέργειας, ετήσιο όφελος και χρόνος απόσβεσης για την προτεινόμενη κατάσταση κάθε επιπέδου του κτηρίου και συνολικά (Σενάριο Γ)

Επίπεδο	Ευφιστ (kWh)	ΕΣενΓ (kWh)	Εξοικονόμηση (kWh)	Ετήσιο όφελος (€)	Έτη απόσβεσης
Υπόγειο	1386	922	464	355	6
Ισόγειο	26988	26059	928		
Α' όροφος	26164	25293	871		
Β' όροφος	23349	22654	694		

Στο παρακάτω Σχήμα βλέπουμε τη γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για το Σενάριο Γ.



Σχήμα 4: Γραφική αναπαράσταση του χρόνου απόσβεσης για το Σενάριο Γ

9

Σύνοψη αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα αποτελέσματα των τριών προτεινόμενων σεναρίων αναβάθμισης του συστήματος τεχνητού φωτισμού, με αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων τεχνολογίας LED (Σενάριο Α), με εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού ανάλογα με το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β) και με την εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης (Σενάριο Γ) .

9.1 Πίνακες αποτελεσμάτων

Πίνακας 23: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις τέσσερις καταστάσεις για το σύνολο των χώρων

Υφιστάμενη κατάσταση για το σύνολο των χώρων			
Συνολική ισχύς (W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)		
48598	77889		
Προτεινόμενη κατάσταση για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Α)			
Συνολική ισχύς (W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
19661	32778	79989	15
Προτεινόμενη κατάσταση για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Β)			
Συνολική ισχύς (W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
6318	9373	83906	10
Προτεινόμενη κατάσταση για το σύνολο των χώρων (Σενάριο Γ)			
Συνολική ισχύς (W)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)	Έτη απόσβεσης
46799	74930	2126	6

9.2 Ισχύς

Εφαρμόζοντας το Σενάριο Α, δηλαδή την αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων με νέα αποδοτικότερα τεχνολογίας LED, επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 59,5% ή κατά 28937 W. Με το προτεινόμενο σύστημα τοποθέτησης αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης του τεχνητού φωτισμού ανάλογα με τον φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β) επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 87% ή κατά 42280 W. Τέλος με βάση το Σενάριο Γ, την εγκατάσταση δηλαδή αισθητήρων παρουσίας/ κίνησης σε κάποιους χώρους του κτηρίου επιτυγχάνεται μείωση ισχύος κατά 3,7% ή κατά 1799 W.

9.3 Ενεργειακή κατανάλωση

Με το προτεινόμενο σύστημα αντικατάστασης των φωτιστικών σωμάτων το υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού με νέα αποδοτικότερα τεχνολογίας LED επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 45111 kWh. Με βάση το Σενάριο Β, δηλαδή το σύστημα τεχνητού φωτισμού με την εγκατάσταση αισθητήρων φυσικού φωτισμού επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 68516 kWh. Εφαρμόζοντας το τελευταίο Σενάριο, την εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας/κίνησης στο υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 2959 kWh.

9.4 Κόστος και χρόνος απόσβεσης

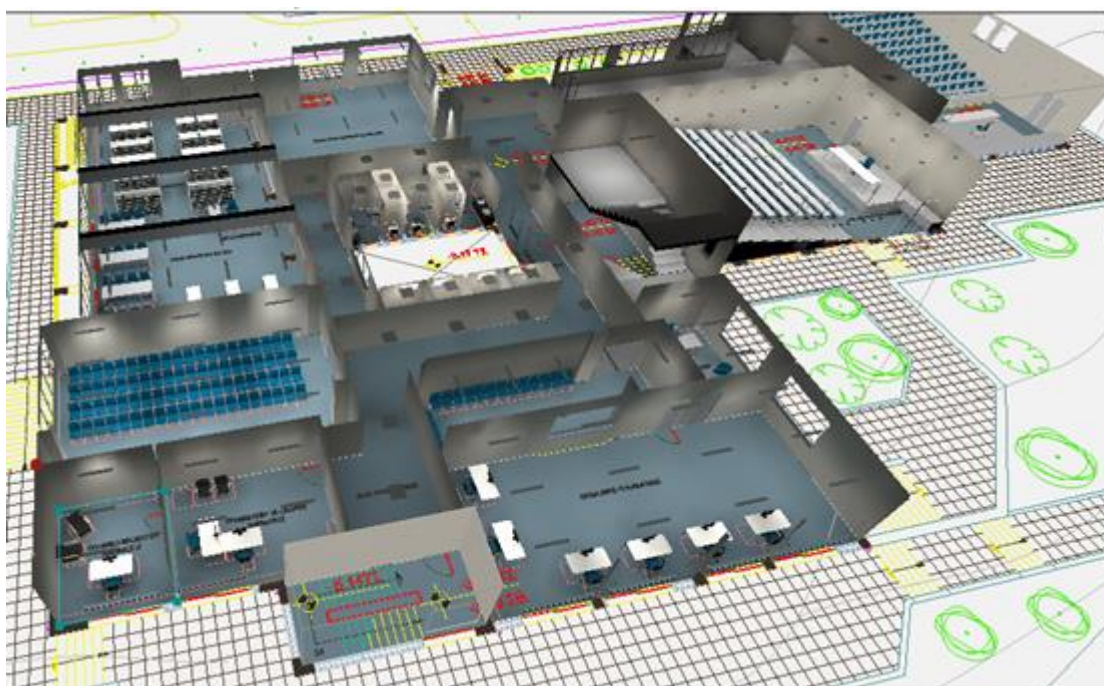
Το κόστος του Σεναρίου Α, της αντικατάστασης δηλαδή των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων με νέα αποδοτικότερα τεχνολογίας LED, είναι 79989 € και επιτυγχάνεται απόσβεση της επένδυσης σε 15 έτη. Το Σενάριο Β, δηλαδή η τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης του τεχνητού φωτισμού ανάλογα με το φυσικό φωτισμό, θα κοστίσει 83906 € ενώ θα επιτευχθεί απόσβεση σε 10 έτη. Τέλος με το προτεινόμενο σύστημα τοποθέτησης αισθητήρων κίνησης στο υφιστάμενο σύστημα τεχνητού φωτισμού (Σενάριο Γ), το κόστος θα ανέλθει στα 2126 € και η απόσβεση θα επιτευχθεί σε 6 έτη.

Βιβλιογραφία

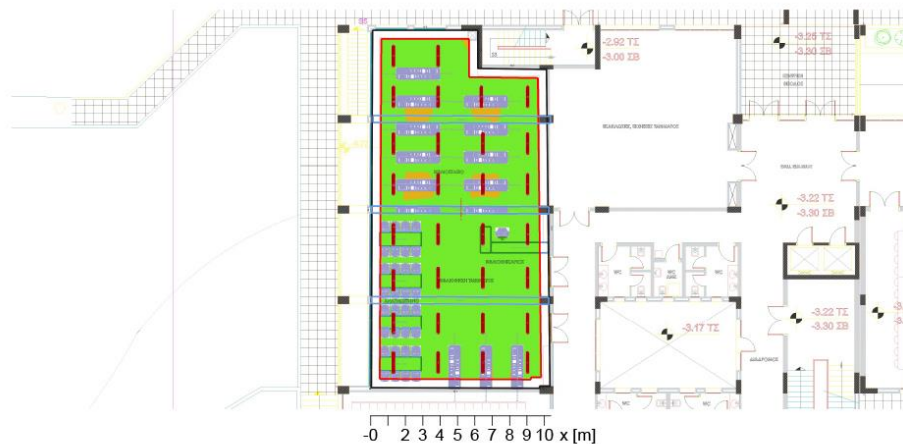
- [1] “Digital Agenda for Europe: what would it do for me?” , Brussels, 19 May 2010
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_10_199
- [2] Overall trends in energy efficiency in the EU, July 2020
<https://www.odyssee-mure.eu/publications/policy-brief/overall-energy-efficiency-trends.html>
- [3] Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, 2017
<https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/kenak/>
- [4] «Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια» , 2008 Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [5] Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση, «Φωτοτεχνία», Εκδόσεις Τζιόλα, 2010.
- [6] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Α΄ Έκδοση, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2017.
- [7] ΕΛΟΤ EN 12464.01 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ, «Φως και φωτισμός- Φωτισμός χώρων εργασίας – Μέρος 1: Εσωτερικοί χώροι εργασίας»
- [8] Ledvance. www.ledvance.gr
- [9] Kafkas. <https://www.kafkas.gr>
- [10] Relux Light Simulation Tools, "ReluxSuite Manual".

Παράρτημα Α

Σε αυτό το Παράρτημα παρατίθενται ενδεικτικά ορισμένα αποτελέσματα RELUX για τεχνητό φωτισμό (Σενάριο Α), για επιλεγμένους χώρους.



Βιβλιοθήκη:



100
Ένταση φωτισμού [lx]

200

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.20 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (199.74 m²)

126000.00 lm
1020.0 W
5.11 W/m² (1.10 W/m²/100lx)

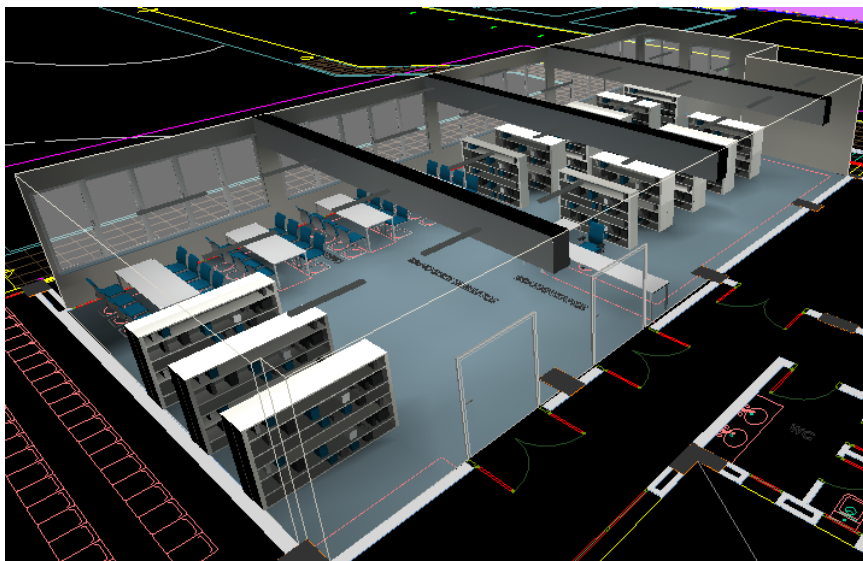
Περιοχή αξιολόγησης 1 Προφίλ χρήστη

Em
Emin
Emin/Em (Uo)
Emin/Emax (Ud)
UGR (5.2H 10.5H)
Θέση

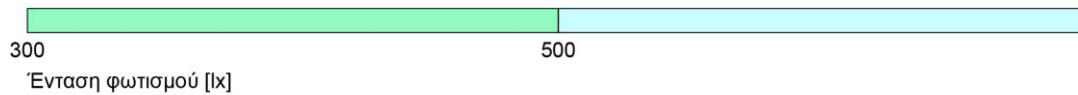
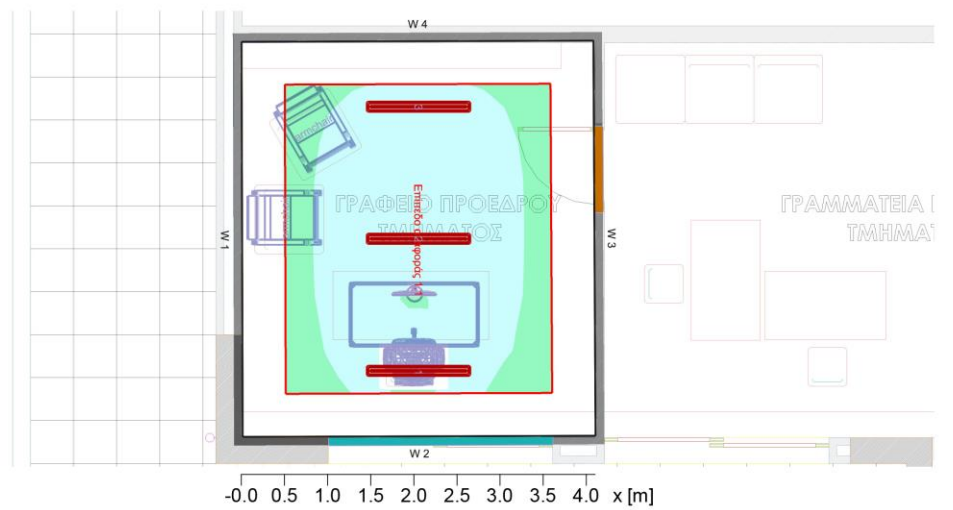
Επίπεδο αναφοράς 1.1

Educational premises - Educational buildings
5.36.22 (EN 12464-1, 8.2011) Library: reading areas (Ra >80.00)

Οριζόντιος
520 lx (>= 500 lx)
102 lx
0.62 (>= 0.60)
0.16
<=15.1 (< 19.00)
0.75 m



Γραφείο Προέδρου:



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.20 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (18.79 m²)

12600.00 lm
102.0 W
5.43 W/m² (0.97 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Em
Emin
Emin/Em (Uo)
Emin/Emax (Ud)
UGR (2.3H 2.1H)
Θέση

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Οριζόντιος
557 lx (>= 500 lx)
348 lx
0.62 (>= 0.60)
0.47
<=15.7
0.75 m

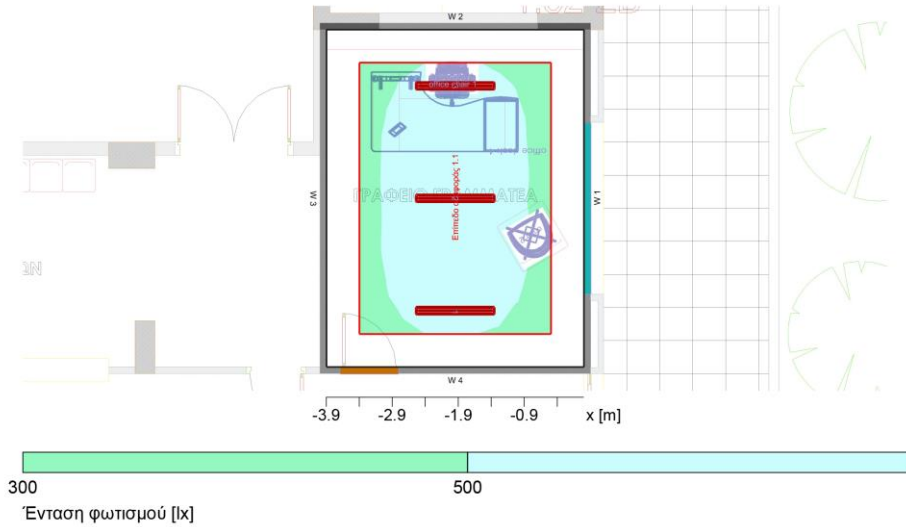
Μέγιστες επιφάνειες

m 1.5 (Οροφή)
m 1.1 (Τοίχος)
m 1.2 (Τοίχος)
m 1.3 (Τοίχος)
m 1.4 (Τοίχος)

Em
71 lx
101 lx
189 lx
102 lx
181 lx

Uo
0.75
0.55
0.31
0.55
0.27

Γραφείο Γραμματείας:



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.20 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (19.89 m²)

12600.00 lm
102.0 W
5.13 W/m² (0.95 W/m²/100lx)

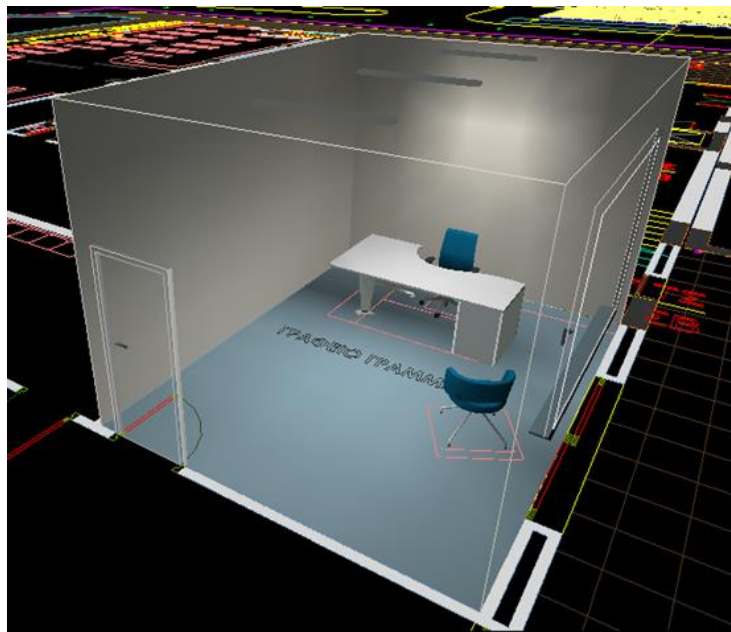
Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

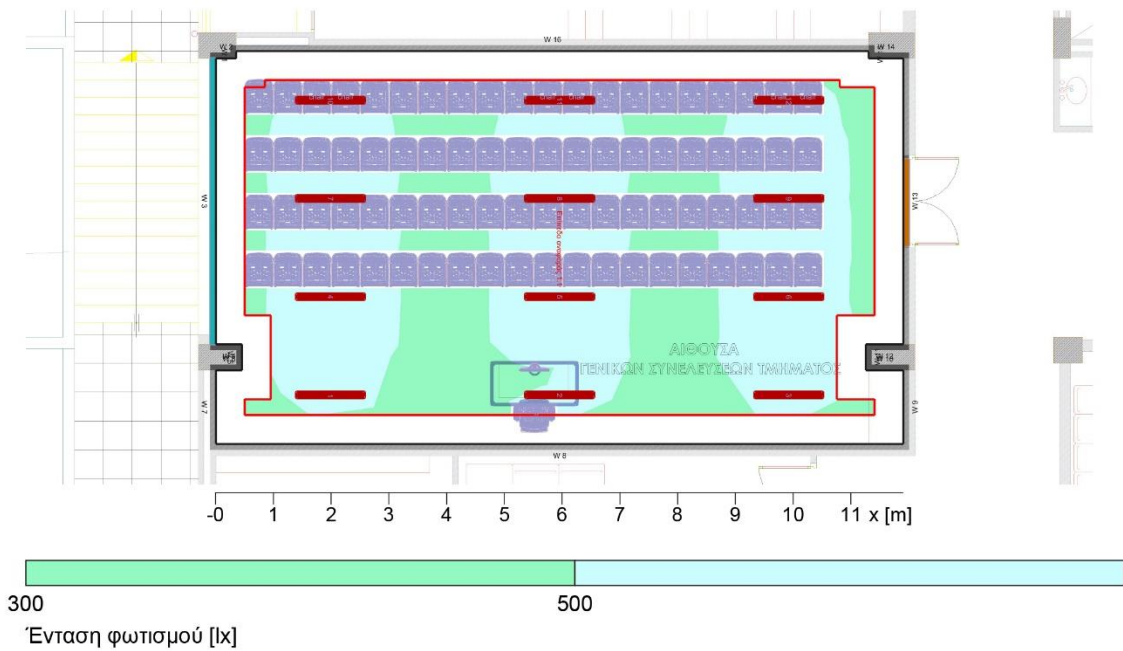
Οριζόντιος
Em 542 lx (>= 500 lx)
Emin 368 lx
Emin/Em (Uo) 0.68 (>= 0.60)
Emin/Emax (Ud) 0.53
UGR (2.0H 2.0H) <=15.7
Θέση 0.75 m

Μέγιστες επιφάνειες

	Em	Uo
m 1.5 (Οροφή)	68 lx	0.73
m 1.1 (Τοίχος)	99 lx	0.53
m 1.2 (Τοίχος)	173 lx	0.29
m 1.3 (Τοίχος)	100 lx	0.51
m 1.4 (Τοίχος)	173 lx	0.26



Αίθουσα συσκέψεων:



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.20 m
0.80

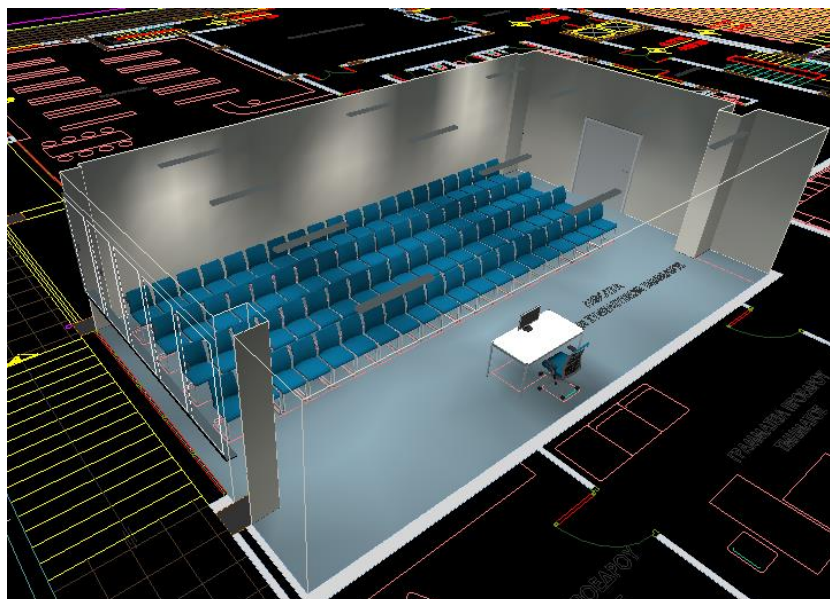
Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (80.31 m²)

50400.00 lm
408.0 W
5.08 W/m² (0.98 W/m²/100lx)

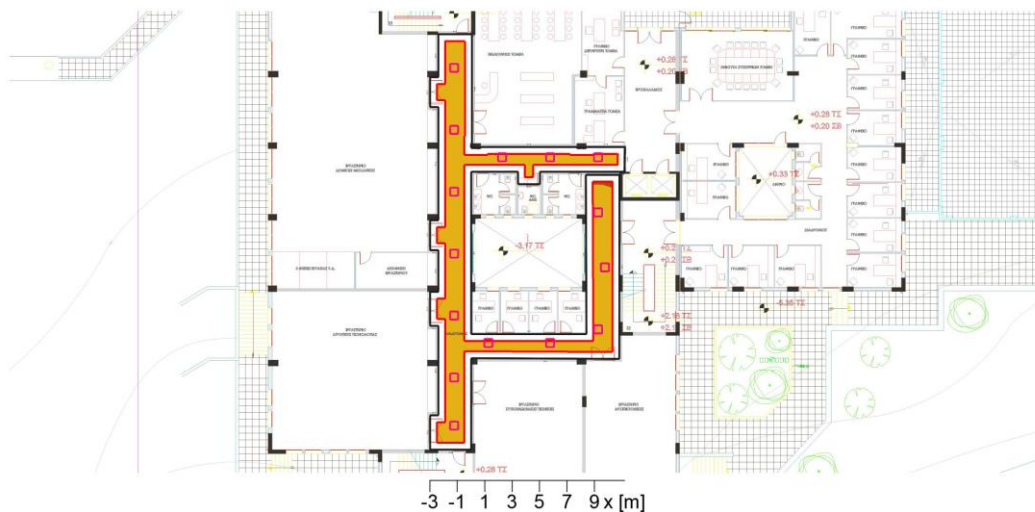
Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

	Οριζόντιος	
E _m	518 lx	(>= 500 lx)
E _{min}	303 lx	
E _{min} /E _m (U ₀)	0.58	(>= 0.60)
E _{min} /E _{max} (U _d)	0.42	
UGR (3.5H 6.0H)	<=15.2	
Θέση	0.75 m	



Διάδρομος, 1^{ος} όροφος :



50

Ένταση φωτισμού [lx]

100

Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
2.65 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (147.21 m²)

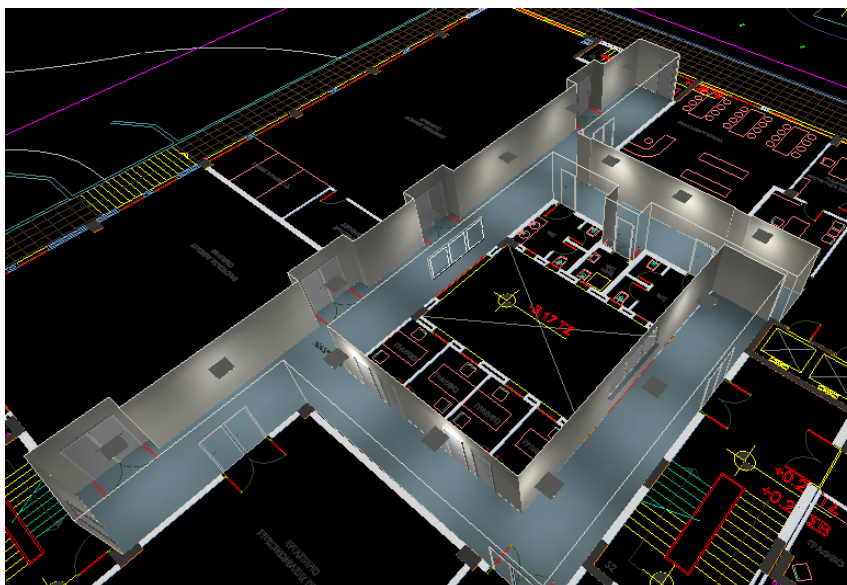
54000.00 lm
495.0 W
3.36 W/m² (1.63 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

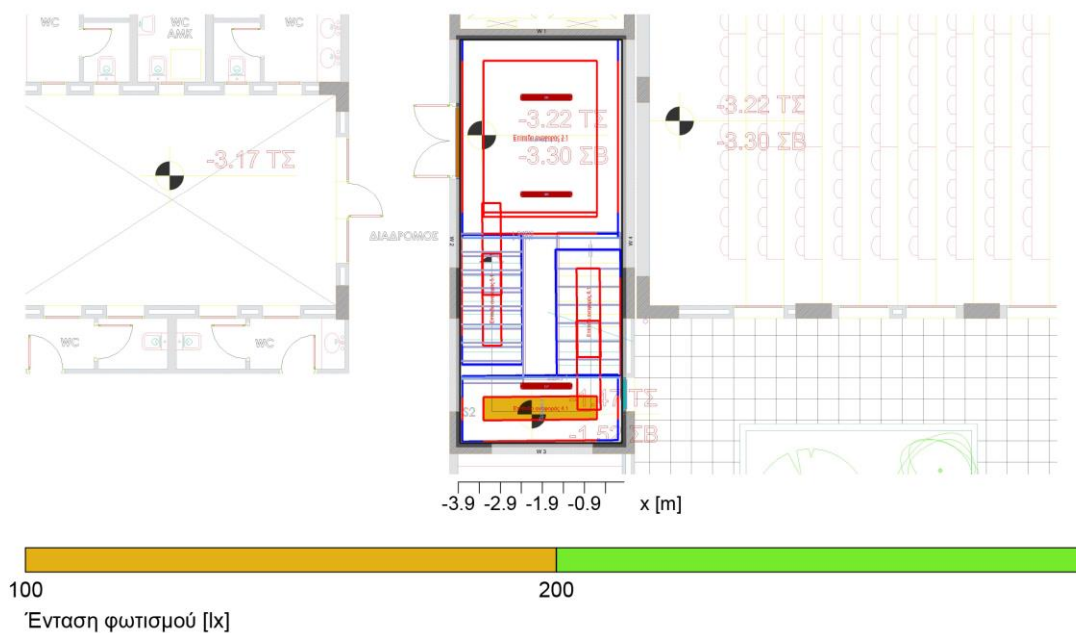
Em
Emin
Emin/Em (Uo)
Emin/Emax (Ud)
Θέση

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Οριζόντιος
207 lx (>= 100 lx)
94 lx (>= 100 lx)
0.45 (>= 0.40)
0.31 (>= 0.40)
0.00 m



Κλιμακοστάσιο:



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Θέση
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
1.80 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (5.73 m²)

4200.00 lm
34.0 W
5.94 W/m² (2.42 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 4

Προφίλ χρήστη

Em
Emin
Emin/Em (Uo)
Emin/Emax (Ud)
Θέση

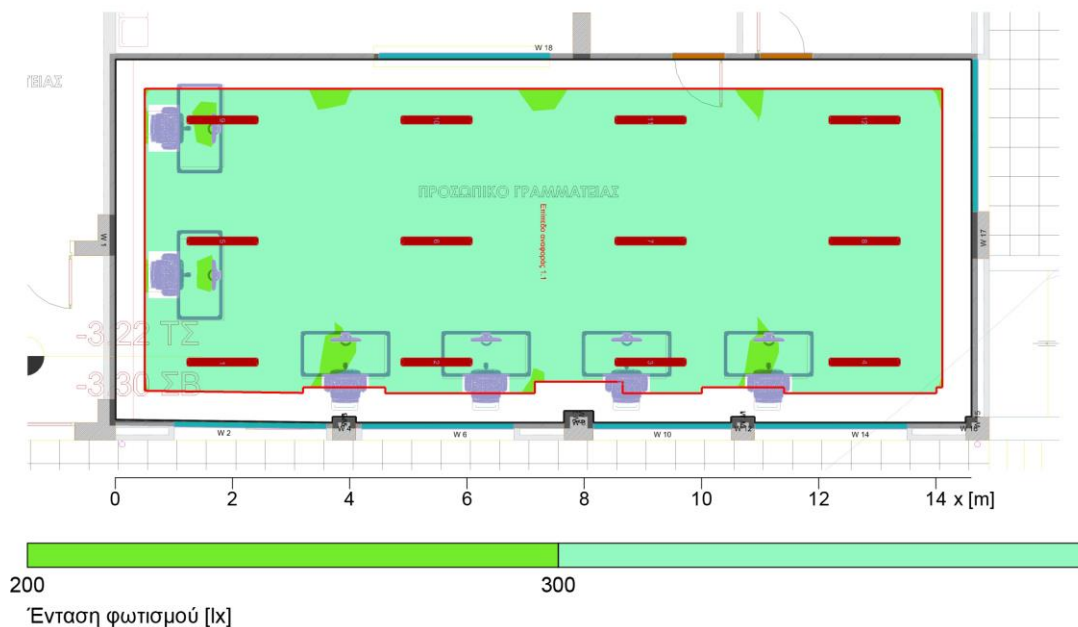
Επίπεδο αναφοράς 4.1

Traffic zones inside buildings
5.1.2 (EN 12464-1, 8.2011) Stairs, escalators, travolators (Ra >40.00)
Οριζόντιος

245 lx (>= 100 lx)
193 lx
0.78 (>= 0.40)
0.73
0.00 m



Προσωπικό γραμματείας:



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Συντελεστής συντήρησης

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
3.20 m
0.80

Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων
Συνολική ισχύς
Συνολική ισχύς ανά περιοχή (90.24 m²)

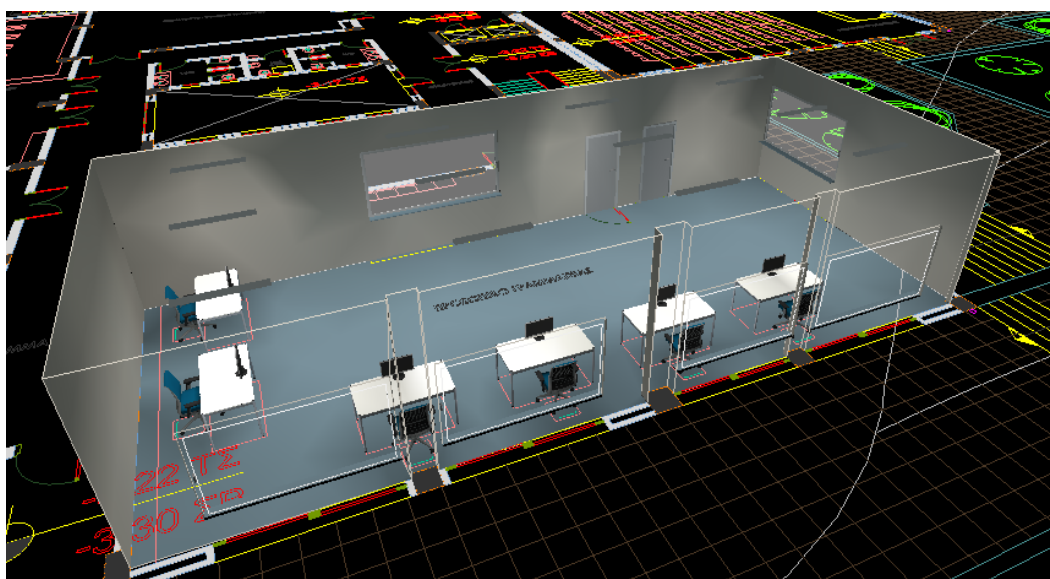
50400.00 lm
408.0 W
4.52 W/m² (0.98 W/m²/100lx)

Περιοχή αξιολόγησης 1

Επίπεδο αναφοράς 1.1

Em
Emin
Emin/Em (Uo)
Emin/Emax (Ud)
UGR (3.1H 7.4H)
Θέση

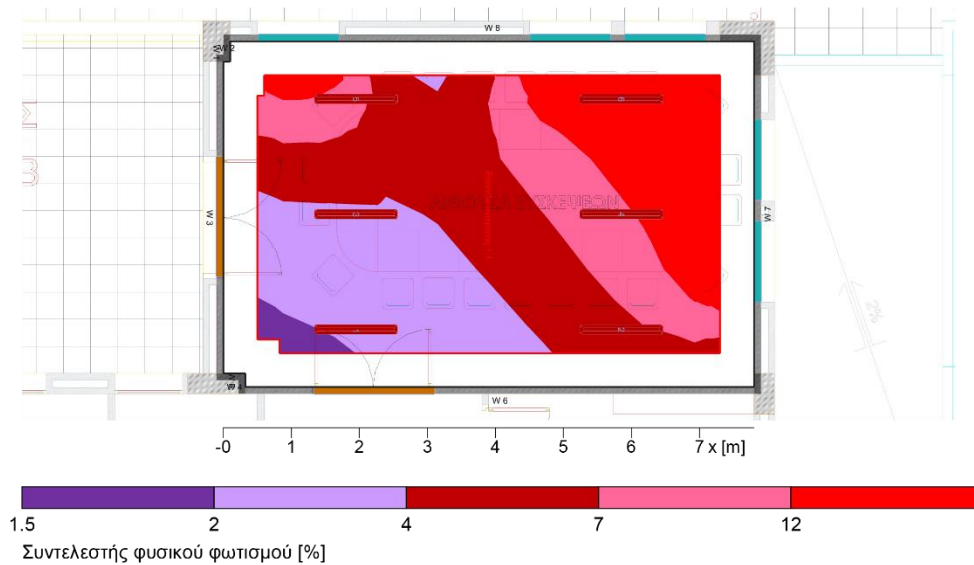
Οριζόντιος
560 lx (>= 500 lx)
238 lx
0.62 (>= 0.60)
0.37
<=15.2
0.75 m



Παράρτημα Β

Σε αυτό το Παράρτημα παρατίθενται ενδεικτικά ορισμένα αποτελέσματα RELUX για φυσικό φωτισμό (Σενάριο Β), για επιλεγμένους χώρους.

Αίθουσα συσκέψεων:



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται
Ύψος επιφάνειας εργασίας
Ύψος επιπέδου φωτιστικού
Τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιείται:

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
0.75 m
3.50 m
Νεφосκεπής ουρανός κατά CIE

Ημερομηνία, Χρόνος:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

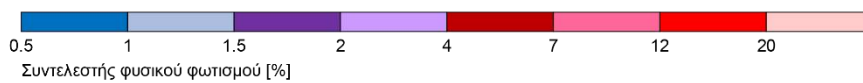
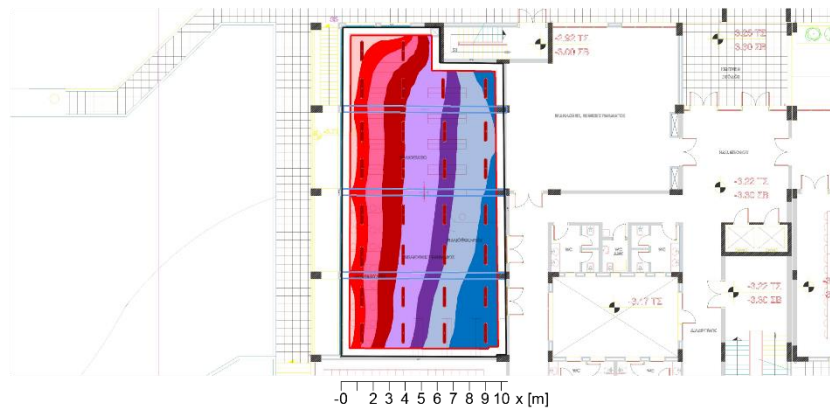
Γεωγραφικά στοιχεία:

Τοποθεσία : Athens
Γεωγραφικό πλάτος (μοίρες) : 37.98 °
Γεωγραφικό μήκος (μοίρες) : 23.73 °
Γωνία αζιμουθίου : 0.00 °

Συντελεστής φυσικού φωτισμού

Μέσος συντελεστής φυσικού φωτισμού Dav : 7.4
Ελάχιστος δείκτης φυσικού φωτισμού Dmin : 1.8
Μέγιστος δείκτης φυσικού φωτισμού Dmax : 19.3

Βιβλιοθήκη:



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται

Ύψος επιφάνειας εργασίας

Ύψος επιπέδου φωτιστικού

Τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιείται:

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού

0.75 m

3.20 m

Νεφροσκεπής ουρανός κατά CIE

Ημερομηνία, Χρόνος:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

Γεωγραφικά στοιχεία:

Τοποθεσία : Athens

Γεωγραφικό πλάτος (μίρες) 37.98°

Γεωγραφικό μήκος (μίρες) 23.73°

Γωνία αζιμουθίου : 0.00°

Συντελεστής φυσικού φωτισμού

Μέσος συντελεστής φυσικού φωτισμού

Dav : 4.9

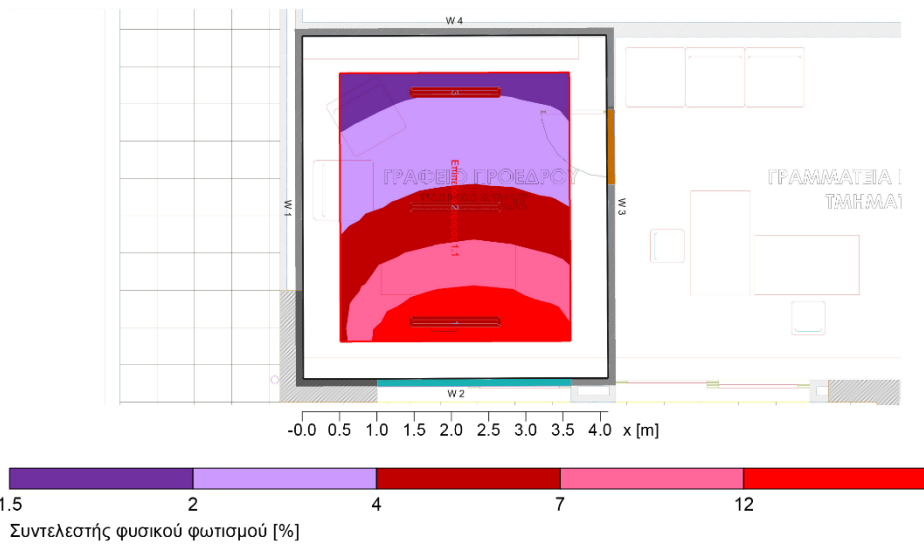
Ελάχιστος δείκτης φυσικού φωτισμού

Dmin : 0.6

Μέγιστος δείκτης φυσικού φωτισμού Dmax

: 27.9

Γραφείο Προέδρου:



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται	Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού
Ύψος επιφάνειας εργασίας	0.75 m
Ύψος επιπέδου φωτιστικού	3.20 m
Τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιείται:	Νεφροσκεπής ουρανός κατά CIE

Ημερομηνία, Χρόνος: 21.03. 10:28 (TST 09:56)

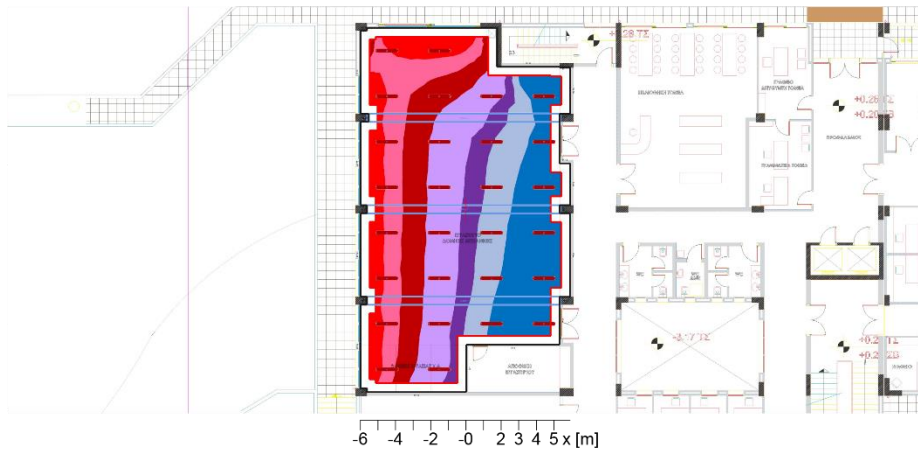
Γεωγραφικά στοιχεία:

Τοποθεσία : Athens
Γεωγραφικό πλάτος (μίρες) : 37.98 °
Γεωγραφικό μήκος (μίρες) : 23.73 °
Γωνία αζιμουθίου : 0.00 °

Συντελεστής φυσικού φωτισμού

Μέσος συντελεστής φυσικού φωτισμού	Dav	: 5.9
Ελάχιστος δείκτης φυσικού φωτισμού	Dmin	: 1.6
Μέγιστος δείκτης φυσικού φωτισμού Dmax		: 18.1

Εργαστήριο Δομικής Μηχανικής:



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται

Ύψος επιφάνειας εργασίας

Ύψος επιπέδου φωτιστικού

Τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιείται:

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού

0.75 m

3.00 m

Νεφσκεπής ουρανός κατά CIE

Ημερομηνία, Χρόνος:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

Γεωγραφικά στοιχεία:

Τοποθεσία : Athens

Γεωγραφικό πλάτος (μοίρες) 37.98°

Γεωγραφικό μήκος (μοίρες) 23.73°

Γωνία αζιμουθίου : 0.00°

Συντελεστής φυσικού φωτισμού

Μέσος συντελεστής φυσικού φωτισμού

Dav : 4.3

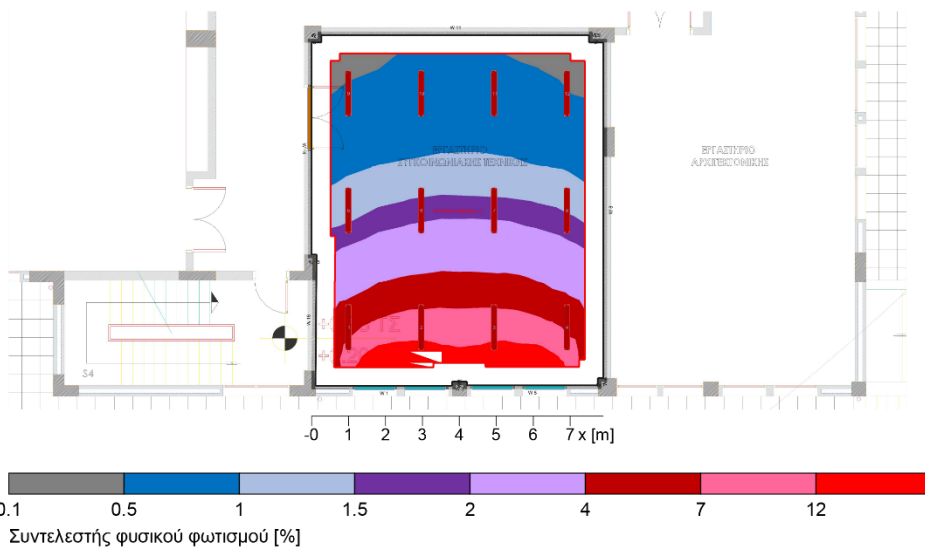
Ελάχιστος δείκτης φυσικού φωτισμού

Dmin : 0.5

Μέγιστος δείκτης φυσικού φωτισμού Dmax

: 14.6

Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής:



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού

Ύψος επιφάνειας εργασίας

0.75 m

Ύψος επιπέδου φωτιστικού

3.50 m

Τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιείται:

Νεφосκεπήс ουρανός κατά CIE

Ημερομηνία, Χρόνος:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

Γεωγραφικά στοιχεία:

Τοποθεσία

: Athens

Γεωγραφικό πλάτος (μίρες)

37.98 °

Γεωγραφικό μήκος (μίρες)

23.73 °

Γωνία αζιμουθίου

: 0.00 °

Συντελεστής φυσικού φωτισμού

Μέσος συντελεστής φυσικού φωτισμού

Dav : 3.1

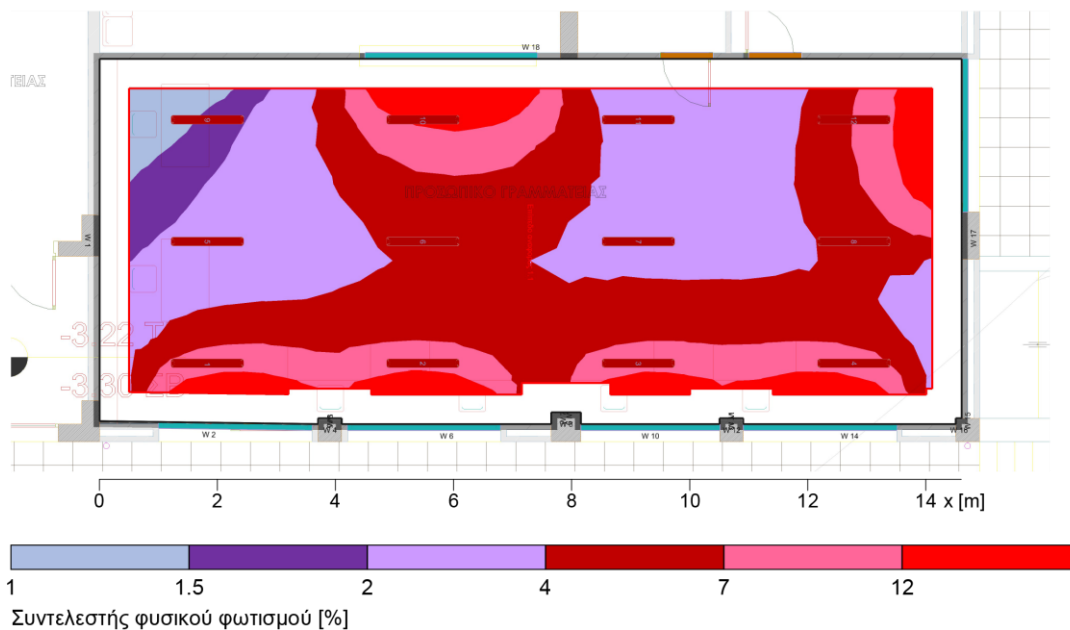
Ελάχιστος δείκτης φυσικού φωτισμού

Dmin : 0.4

Μέγιστος δείκτης φυσικού φωτισμού

Dmax : 14

Προσωπικό Γραμματείας:



Γενικά

Αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιείται

Ύψος επιφάνειας εργασίας

Ύψος επιπέδου φωτιστικού

Τρόπος υπολογισμού που χρησιμοποιείται:

Μέσος όρος έμμεσου ποσοστού

0.75 m

3.20 m

Νεφοσκεπής ουρανός κατά CIE

Ημερομηνία, Χρόνος:

21.03. 10:28 (TST 09:56)

Γεωγραφικά στοιχεία:

Τοποθεσία : Athens

Γεωγραφικό πλάτος (μίρες) : 37.98 °

Γεωγραφικό μήκος (μίρες) : 23.73 °

Γωνία αζιμουθίου : 0.00 °

Συντελεστής φυσικού φωτισμού

Μέσος συντελεστής φυσικού φωτισμού

Dav : 5.3

Ελάχιστος δείκτης φυσικού φωτισμού

Dmin : 1.1

Μέγιστος δείκτης φυσικού φωτισμού Dmax

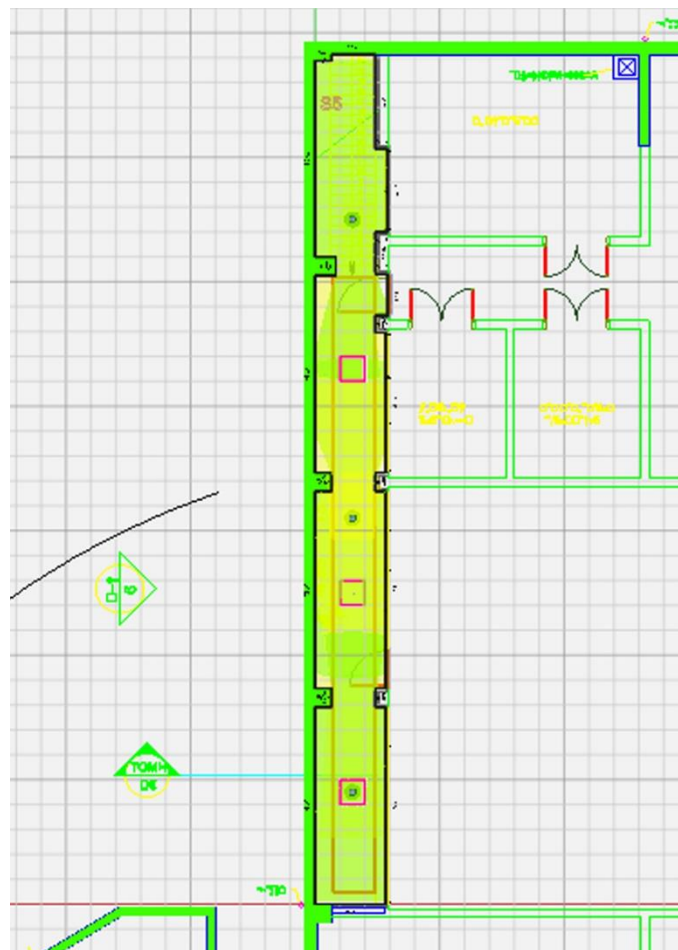
: 16.2

Παράρτημα Γ

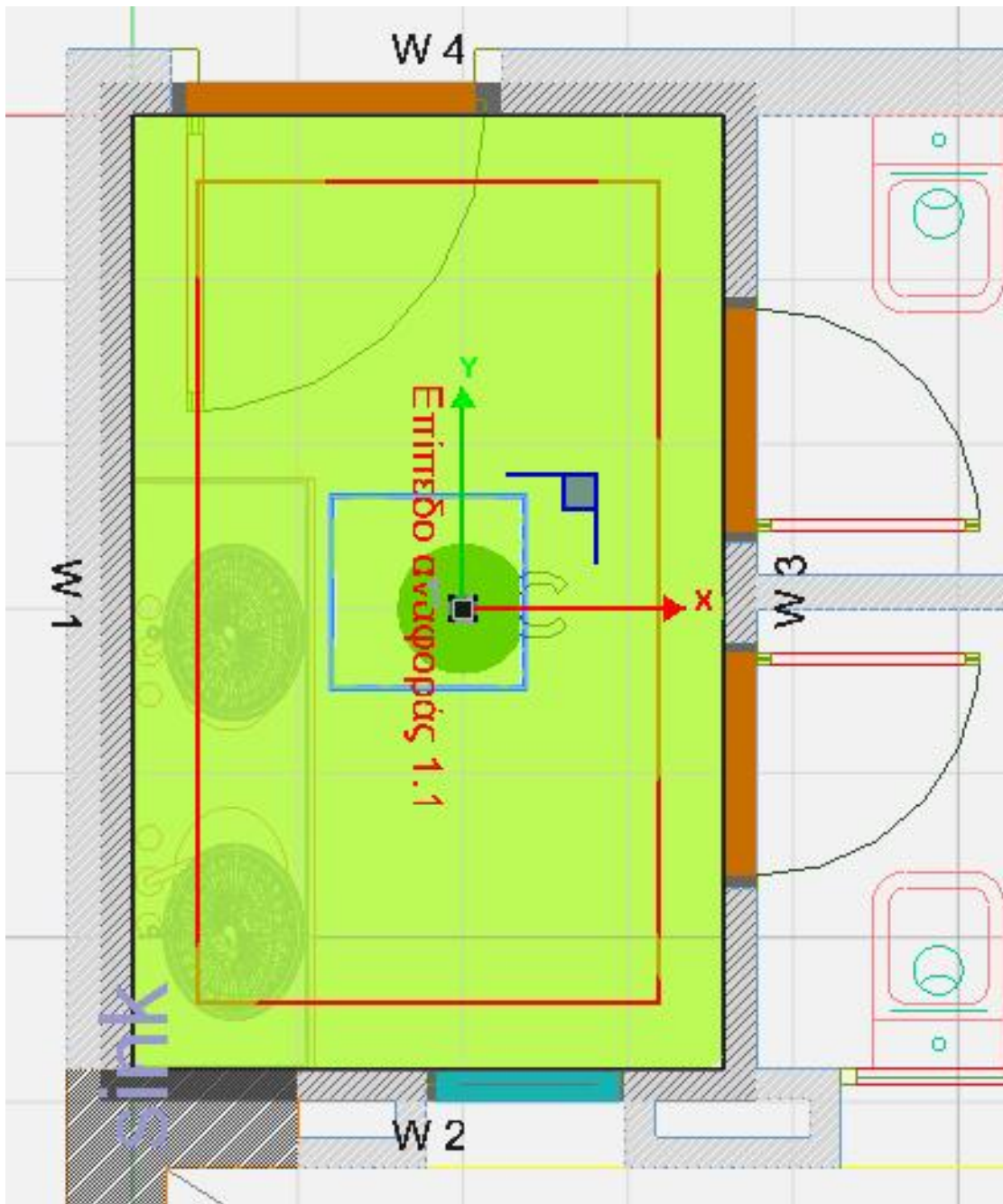
Σε αυτό το Παράρτημα παρατίθενται τα αποτελέσματα RELUX για αισθητήρες παρουσίας/κίνησης (Σενάριο Γ), για δύο χώρους.

Με το πράσινο χρώμα φαίνεται η περιοχή ανίχνευσης κίνησης στο χώρο.

Διάδρομος:



WC:

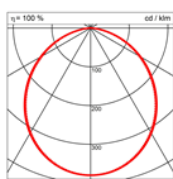


Παράρτημα Δ

Χαρακτηριστικά φωτιστικών:

Για κάθε φωτιστικό που χρησιμοποιήθηκε, ακολουθεί το κωδικό του όνομα, τα χαρακτηριστικά του, το διάγραμμα πολικής κατανομής της φωτεινής του έντασης καθώς και η φωτογραφία του.

DOWNLIGHT ALU 200 35 W 4000 K IP44 WT
4058075091573



Luminaires	
Hersteller	LEDVANCE
Article number	4058075091573
Product name	DOWNLIGHT ALU 200 35 W 4000 K IP44 WT
Product group	TRUNKING SYSTEM PERFORMANCE EM
Mounting type	Recessed
Mounting place	Ceiling

Model / Variant / Configuration	
Number / Name	---

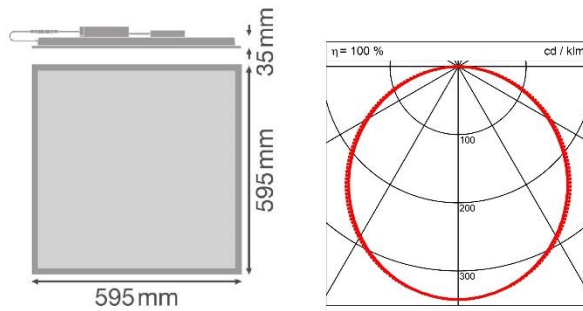
Description
Product without accessories

Luminaires	
Absolute Photometry	
System Light flux	3325.00 Lm
Luminaire output	95.00 Lm/W
LITG class	A40
CIE flux codes	50 81 97 100 100
System power	35.0W
Protection class	Protection class II
Protection degree	IP 44

Dimensions	
Diameter/height	0mm/0mm

Light Source	
Lamp type	1 x LED
System power	35 W
Light flux	3325 lm
Colour temperature	840/4000K
Lifetime	50000 h

PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT
4058075225176



Luminaires

Hersteller	LEDVANCE
Article number	4058075225176
Product name	PANEL PERFORMANCE 600 30 W 4000 K WT
Product group	PANEL PERFORMANCE
Mounting type	Surface mounted
Mounting place	Ceiling, Pole

Model / Variant / Configuration

Number / Name	---
---------------	-----

Description

Product without accessories

Luminaires

Absolute Photometry	
System Light flux	3000.00 Lm
Luminaire output	100.00 Lm/W
LiTG class	A40
CIE flux codes	46 77 95 100 100
System power	30.0W
Protection class	Protection class II
Protection degree	IP 20

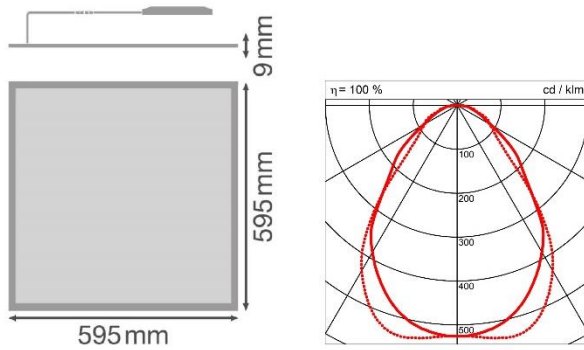
Dimensions

Diameter/Height	0mm/0mm
-----------------	---------

Light Source

Lamp type	1 x LED
System power	30 W
Light flux	3000 lm
Colour temperature	840/4000
Lifetime	60000 h

PANEL PERFORMANCE 600 UGR<19 33 W 4000 K WT
4058075225251



Luminaires

Hersteller	LEDVANCE
Article number	4058075225251
Product name	PANEL PERFORMANCE 600 UGR<19 33 W 4000 K WT
Product group	PANEL PERFORMANCE
Mounting type	Surface mounted
Mounting place	Ceiling, Pole

Model / Variant / Configuration

Number / Name	---
---------------	-----

Description

Product without accessories

Luminaires

Absolute Photometry	
System Light flux	3600.00 Lm
Luminaire output	109.10 Lm/W
LiTG class	A50
CIE flux codes	65 87 97 100 100
System power	33.0W
Protection class	Protection class II
Protection degree	IP 20

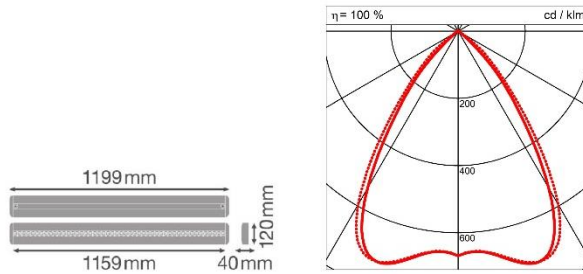
Dimensions

Diameter/Height	0mm/0mm
-----------------	---------

Light Source

Lamp type	1 x LED
System power	33 W
Light flux	3600 lm
Colour temperature	840/4000
Lifetime	60000 h

LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 4000 K EM
4058075109544



Luminaires

Hersteller	LEDVANCE
Article number	4058075109544
Product name	LINEAR IndiviLED® DIRECT EMERGENCY 1200 34 W 40...
Product group	PANEL VALUE
Mounting type	Surface mounted
Mounting place	Ceiling

Model / Variant / Configuration

Number / Name	---
---------------	-----

Description

Product without accessories

Luminaires

Absolute Photometry	
System Light flux	4200.00 Lm
Luminaire output	123.50 Lm/W
LiTG class	A60
CIE flux codes	85 99 100 99 100
System power	34.0W
Protection class	Protection class I
Protection degree	IP 20

Dimensions

Diameter/Height	0mm/0mm
-----------------	---------

Light Source

Lamp type	1 x LED
System power	34 W
Light flux	4200 lm
Colour temperature	840/4000
Lifetime	60000 h

CAT. N° 0 697 40

**MOVEMENT DETECTOR PLEXO IP55 - DETECTION ANGLE 360° - SURFACE MOUNTING - GREY**

Pack (number of units)	1
Volume (dm ³)	0,931
Weight (g)	218,00

Product characteristics**Ideal for outdoor and humid areas****PIR IP 55 wall or ceiling-mounting motion sensors, 360°**

- With directional head, range Ø8 m
- Fix directly to ceiling or wall (min. height: 1.70 m)
- 3-wire with neutral
- Light level threshold: 1 to 1000 lux
- Adjustable time delay: 12 s to 16 min
- Standby consumption: 0.9 W
- Optimum distance between 2 sensors: 6 m
- Grey

General characteristics**Motion sensors for 1 circuit - motion sensors for passage areas without natural light**

- Automatic on/off
- Manual adjustment of light level threshold and time delay via potentiometer