



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

Ενεργειακή επιθεώρηση και εξοικονόμηση ενέργειας σε σχολικά κτίρια του δήμου Βούλας Αττικής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Κ. Σκρέτης – Γεώργιος Β. Χροναίος

Επιβλέπων καθηγητής : Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Επιβλέπων : Λάμπρος Δούλος

Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.



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

Ενεργειακή επιθεώρηση και εξοικονόμηση ενέργειας σε σχολικά κτίρια του δήμου Βούλας Αττικής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Κ. Σκρέτης – Γεώργιος Β. Χροναίος

Επιβλέπων καθηγητής : Φραγκίσκος Β. Τοπαλής

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Επιβλέπων : Λάμπρος Δούλος

Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

.....

.....

.....

Φ. Β Τοπαλής

Σ. Παπαθανασίου

Σ. Καβατζά

Καθηγητής ΕΜΠ

Επικουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Λέκτωρ ΕΜΠ

Αθήνα Μάρτιος 2011

.....
.....
Ιωάννης Κ. Σκρέτης

Γεώργιος Β. Χροναίος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος
Μηχανικός και Μηχανικός
Υπολογιστών ΕΜΠ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος
Μηχανικός και Μηχανικός
Υπολογιστών ΕΜΠ

Copyright © Ιωάννης Κ. Σκρέτης, Γεώργιος Β. Χροναίος 2011

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 τους συγγραφείς.

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

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι α) η διατύπωση μιας σειράς δράσεων για την ενεργειακή αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και του συστήματος κεντρικής θέρμανσης τεσσάρων δημοτικών κτιρίων του δήμου Βούλας Αττικής και β) ο υπολογισμός του αντίστοιχου οφέλους από την εφαρμογή αυτών. Τα κτίρια που εξετάστηκαν είναι τυπικά σχολικά συγκροτήματα κατασκευασμένα στη δεκαετία του 80. Παρότι η λειτουργία τους είναι 9 μήνες τον χρόνο, σε σύγκριση με ένα τυπικό κτίριο που χρησιμοποιείται 12 μήνες το χρόνο, η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό και θέρμανση είναι σημαντική. Αρχικά, αναφέρεται η ευρωπαϊκή και η ελληνική πολιτική για την ενεργειακή αποδοτικότητα στον κτιριακό τομέα, καθώς και γενικές δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης και εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια. Στη συνέχεια γίνεται λεπτομερής καταγραφή των ενεργειακών χαρακτηριστικών του κάθε κτιρίου και παρουσιάζονται οι κυριότερες δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα φωτισμού και κεντρικής θέρμανσης. Τέλος, παρουσιάζονται τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν, καθώς και τα κόστη και οι χρόνοι απόσβεσης των απαιτούμενων επενδύσεων.

Λέξεις Κλειδιά

Εξοικονόμηση ενέργειας, ενεργειακή αναβάθμιση, ενεργειακή επιθεώρηση, κεντρική θέρμανση, τεχνητός φωτισμός, αξιοποίηση φυσικού φωτισμού, χρόνος αποπληρωμής επένδυσης

Abstract

Aim of this diploma thesis are the presentation of a) various actions for energy upgrade of artificial lighting system and central heating for four public buildings of Municipality of Voula city and b) the calculations of the corresponding benefits and energy savings by applying these actions. The selected buildings were typical schools that were built in the early 80s. Despite of schools are used only for 9 months per year, comparing to a typical building that is used for 12 months, their lighting and central heating systems consume great amounts of energy. In this thesis, the European and Greek policies about energy efficiency in the building sector are introduced, as well as general actions of energy upgrade and saving energy in sustainable buildings. Furthermore, a detailed recording of energy characteristics of each building and the main actions of energy saving in the lighting and central heating system are presented. Finally not only the energy and environmental benefits of the suggested actions are presented but also the costs and the payback period of the investment.

Key words

Energy saving, energy upgrade of existing buildings, central heating, artificial lighting, daylight harvesting, payback period of an investment, energy inspection

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της εργασίας αναπληρωτή καθηγητή Ε.Μ.Π. Φραγκίσκο Β. Τοπαλή και τον συνεπιβλέποντα διδάκτορα Λάμπρο Δούλο για την πολύτιμη καθοδήγηση τους για την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον υποψήφιο διδάκτορα Κωνσταντίνο Μπουρούση για την βοήθεια που προσέφερε για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	5
Λέξεις Κλειδιά	5
Abstract	6
Key words	6
Εισαγωγή	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ	15
1.1 Η ευρωπαϊκή πολιτική για την ενεργειακή αποδοτικότητα	15
1.2 Η εξοικονόμηση ενέργειας στο πλαίσιο της Ελληνικής ενεργειακής πολιτικής	18
1.3 Ενεργειακή αποδοτικότητα και εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ	21
2.1 Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους	21
2.1.1 Προσθήκη θερμομόνωσης	22
2.1.2 Αντικατάσταση παλαιών υαλοπινάκων, θυρών και κουφωμάτων	24
2.1.3 Θερμική μάζα	28
2.1.4 Διπλοκέλυφες όψεις.....	28
2.1.5 Διατάξεις σκιασμού	29
2.1.6 Αεροστεγανότητα	31
2.1.7 Μείωση του ύψους του χώρου.....	31
2.1.8 Χρήση ειδικών επιχρισμάτων (χρήση «ψυχρών» υλικών) σε οροφές και όψεις	31
2.1.9 Προσθήκη υγραμόνωσης	33
2.1.10 Φυσικός/νυχτερινός αερισμός.....	33
2.1.11 Χρήση φύτευσης	34
2.1.12 Εγκατάσταση/ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων	35
2.2 Ενεργειακή αναβάθμιση των Η/Μ εγκαταστάσεων	39
2.2.1 Αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης.....	39
2.2.2 Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού.....	40
2.2.3 Αναβάθμιση στους κυκλοφορητές	40
2.2.4 Μηχανικός αερισμός (free cooling)	40
2.2.5 Υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες οροφής	41
2.2.6 Παράγωγή ζεστού νερού χρήσης	42
2.2.7. Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ).....	43
2.2.8 Εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης ενέργειας κτιρίου	43
2.3 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού	44
2.4 Εφαρμογή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	44
2.4.1 Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή ζεστού νερού	44
2.4.2 Εφαρμογή ηλιακής ψύξης με τη χρήση αντλιών θερμότητας απορρόφησης/προσρόφησης	46
2.4.3 Εφαρμογή γεωθερμικής αντλίας ψύξης/θέρμανσης με την αξιοποίηση της γεωθερμίας του εδάφους ή πιθανού υπόγειου υδάτινου ρεύματος.....	47
2.4.4 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων για την κάλυψη ηλεκτρικών φορτίων	48
2.4.5 Εγκατάσταση ενεργειακών τζακιών	49
2.4.6 Εναλλακτική παροχή καυσίμου στο λέβητα	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	53
3.1 Γενική Περιγραφή	53
3.2 Τα μέρη ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης.....	53
3.3 Η κατάσταση των συστημάτων κεντρικής θέρμανσης στην Ελλάδα σήμερα και συνήθη προβλήματα.....	55
3.4 Εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα κεντρικής θέρμανσης	55
3.4.1 Αντικατάσταση καυσίμου στο σύστημα θέρμανσης με φυσικό αέριο, όπου υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με δίκτυο.....	56
3.4.2 Αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης.....	56
3.4.3 Συντήρηση και έλεγχος του συστήματος θέρμανσης	57
3.4.4 Θερμομόνωση συστήματος κεντρικής θέρμανσης	57
3.4.5 Κάλυψη αναγκών για ζεστό νερό χρήσης από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης.....	58
3.4.6 Χωρισμός θερμαινόμενων περιοχών σε ζώνες	58
3.4.7 Θερμοστατικές βαλβίδες σωμάτων, ακριβείς θερμοστάτες χώρου, σύστημα αντιστάθμισης	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ/ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	61
4.1 Τεχνητός φωτισμός	61
4.1.1 Χρήση ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων	62
4.1.2 Χρήση κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων υψηλής απόδοσης	63
4.1.3 Εγκατάσταση κατάλληλων στραγγαλιστικών πηνίων (ballasts)	64
4.1.4 Συντήρηση.....	65
4.1.5 Συστήματα ελέγχου.....	65
4.1.6 Σχεδιαστικές παράμετροι και ενεργειακή διαχείριση	66
4.2 Φυσικός φωτισμός.....	66
4.2.1 Ειδικό υαλοπίνακες	67
4.2.2 Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά	67
4.2.3 Διαφανή μονωτικά υλικά.....	68
4.2.4 Ράφια φωτισμού - ανακλαστήρες, περσίδες	68
4.2.5 Εσωτερική διαμόρφωση του χώρου	70
4.2.6 Αισθητήρες φυσικού φωτισμού	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	77
5.1 Γενική περιγραφή κτιρίων	77
5.1.1 2 ^ο νηπιαγωγείο Βούλας	77
5.1.2 2 ^ο δημοτικό Βούλας	78
5.1.3 2 ^ο λύκειο Βούλας.....	80
5.1.4 3 ^ο δημοτικό Βούλας	81
5.2 Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης/ψύξης/αερισμού	83
5.2.1 2 ^ο νηπιαγωγείο Βούλας	83
5.2.2 2 ^ο δημοτικό Βούλας	85
5.2.3 2 ^ο λύκειο Βούλας.....	86
5.2.4 3 ^ο δημοτικό Βούλας	87
5.3.1 2 ^ο νηπιαγωγείο Βούλας	89
5.3.2 2 ^ο δημοτικό Βούλας	89
5.3.3 2 ^ο λύκειο Βούλας.....	92
5.3.4 3 ^ο δημοτικό Βούλας	94
5.4 Αξιολόγηση της συνολικής ενεργειακής κατάστασης των κτιρίων	95
5.4.1 2 ^ο νηπιαγωγείο Βούλας	95
5.4.2 2 ^ο δημοτικό Βούλας	97

5.4.3 2 ^ο λύκειο Βούλας.....	100
5.4.4 3 ^ο δημοτικό Βούλας	102
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	107
6.1 2 ^ο νηπιαγωγείο Βούλας.....	107
6.2 2 ^ο δημοτικό Βούλας.....	108
6.3 2 ^ο λύκειο Βούλας	110
6.4 3 ^ο δημοτικό Βούλας.....	111
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΙΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	113
7.1 Χρήση νέων αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων και αντικατάσταση λαμπτήρων	113
7.1.1 2 ^ο νηπιαγωγείο Βούλας	114
7.1.2 2 ^ο δημοτικό Βούλας	117
7.1.3 2 ^ο λύκειο Βούλας.....	121
7.1.4 3 ^ο δημοτικό Βούλας	125
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	130
8.1 Χρήση αισθητήρων σύζευξης τεχνητού/φυσικού φωτισμού και των αντίστοιχων συστημάτων έναυσης.....	130
8.1.1 2 ^ο νηπιαγωγείο Βούλας	131
8.1.2 2 ^ο δημοτικό Βούλας	134
8.1.3 2 ^ο λύκειο Βούλας.....	138
8.1.4 3 ^ο δημοτικό Βούλας	142
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΣΤΙΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ	146
9.1 2 ^ο νηπιαγωγείο Βούλας.....	146
9.2 2 ^ο δημοτικό Βούλας.....	148
9.3 2 ^ο λύκειο Βούλας	150
9.4 3 ^ο δημοτικό Βούλας.....	153
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	156
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	158
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	159
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	195
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....	229

Εισαγωγή

Οι αλλαγές που συντελούνται τα τελευταία χρόνια στον παγκόσμιο ενεργειακό χάρτη είναι συνεχείς και ραγδαίες. Στα προβλήματα της στενότητας των ενεργειακών πόρων, της διαφαινόμενης εξάντλησης των αποθεμάτων και του ασφαλούς ανεφοδιασμού, έχουν προστεθεί τα σοβαρά περιβαλλοντικά και κλιματικά προβλήματα που προκαλούνται από την παραγωγή και τη χρήση της ενέργειας και σύμφωνα με την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα, χρήζουν άμεσης και αποτελεσματικής αντιμετώπισης. Η ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα αντιστοιχεί στο 40% της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης σε ευρωπαϊκό επίπεδο και σε περίπου 50% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων που ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και προκαλούν την κλιματική αλλαγή.

Ο φωτισμός και η θέρμανση αποτελούν δύο από τους κύριους παράγοντες σπατάλης ενέργειας. Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι η παγκόσμια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή φωτισμού αγγίζει συνολικά σήμερα το 19%. Στην Ελλάδα, αν και χώρα με μικρές σχετικά απαιτήσεις για θέρμανση λόγω γεωγραφικής θέσης, οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στην ευρωπαϊκή πολιτική για την ενεργειακή αποδοτικότητα και περιγράφονται οι κοινοτικές οδηγίες προς την κατεύθυνση αυτή. Επιπλέον παρουσιάζονται οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στο κτιριακό τομέα στα πλαίσια της ελληνικής ενεργειακής πολιτικής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι δράσεις για τη μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για Θέρμανση, Ψύξη, Κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ) με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Γενικά, ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών (Η/Μ) εγκαταστάσεων, Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ).

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται τα μέρη ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης, η κατάσταση των συστημάτων αυτών στην Ελλάδα καθώς και τα συνήθη προβλήματα που παρατηρούνται. Στη συνέχεια παρατίθενται τρόποι βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας μέσω της αναβάθμισης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι πιο διαδεδομένες τεχνικές λύσεις για να εξοικονομηθεί ηλεκτρική ενέργεια σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων, τρόποι για την αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού και οι δυνατότητες για αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφονται τα υπό μελέτη κτίρια. Παρατίθενται οι ενεργειακές επιθεωρήσεις κάθε κτιρίου, όπου περιλαμβάνουν την αναλυτική καταγραφή των υφιστάμενων συστημάτων κεντρικής θέρμανσης και των υφιστάμενων συστημάτων τεχνητού φωτισμού. Τέλος αξιολογείται η συνολική ενεργειακή κατάσταση των κτιρίων και επιλέγονται οι δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση του προτεινόμενου συστήματος κεντρικής θέρμανσης κάθε κτιρίου, όπου παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα από την αναβάθμισή τους.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση του προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού για κάθε χώρο των τεσσάρων σχολίων. Επίσης περιγράφεται συνοπτικά η υπολογιστική διαδικασία που οδήγησε στη συγκεκριμένη προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε σύγκριση της προτεινόμενης κατάστασης σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και έγινε περιγραφή των πλεονεκτημάτων της προτεινόμενης δράσης, καθώς και η οικονομική μελέτη της συγκεκριμένης δράσης.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζεται η περαιτέρω αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού και τα ενεργειακά οφέλη που προκύπτουν από την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Στο σύνολο των χώρων των κτιρίων πραγματοποιήθηκε ανάλυση ως προς τη δυνατότητα αξιοποίησής του και τελικά κρίθηκε ωφέλιμη η εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού σε αρκετούς

από αυτούς (κυρίως στις σχολικές αίθουσες). Για τους χώρους αυτούς, παρατίθεται η περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας για το σύστημα τεχνητού φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης και αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού καθώς και το επιπλέον κόστος για την εγκατάσταση του συστήματος εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού.

Στο ένατο κεφάλαιο γίνεται η συγκεντρωτική σύγκριση της προτεινόμενης κατάστασης των τεσσάρων σχολικών κτιρίων με την υφιστάμενη κατάσταση. Τέλος παρουσιάζονται τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη τόσο από την αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού όσο και του συστήματος κεντρικής θέρμανσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

1.1 Η ευρωπαϊκή πολιτική για την ενεργειακή αποδοτικότητα

Ευρωπαϊκή στρατηγική και στόχοι

Η ευρωπαϊκή επιτροπή πρότεινε τον Ιανουάριο 2007 μια διεξοδική δέσμη μέτρων για τη χάραξη μιας νέας ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής, προκειμένου να αντιμετωπισθούν οι κλιματικές αλλαγές και να ενισχυθεί η ενεργειακή ασφάλεια και η ανταγωνιστικότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Η δέσμη προτάσεων θέτει διάφορους φιλόδοξους στόχους σχετικά με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και τις ΑΠΕ με σκοπό να δημιουργηθεί μια πραγματική εσωτερική αγορά ενέργειας και να ενισχυθεί η αποτελεσματικότητα των σχετικών ρυθμίσεων.

Στη συνάντηση κορυφής των ηγετών της ΕΕ στις 8 & 9 Μαρτίου του 2007, το ευρωπαϊκό συμβούλιο, λαμβάνοντας υπόψη την πρόταση της ευρωπαϊκής επιτροπής για μια «ενεργειακή πολιτική για την Ευρώπη» ενέκρινε ένα συνολικό ενεργειακό σχέδιο δράσης για την περίοδο 2007-2009. Πρόκειται, στην ουσία, για τη διατύπωση και υιοθέτηση (για πρώτη φορά στην ιστορία της ΕΕ) μιας κοινής ευρωπαϊκής πολιτικής για την ενέργεια.

Επίκεντρο της νέας ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής είναι ο κύριος στρατηγικός ενεργειακός στόχος ότι η ΕΕ θα πρέπει να μειώσει τις εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου κατά 20% μέχρι το 2020, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Για την επίτευξη του κεντρικού στρατηγικού στόχου, η ευρωπαϊκή επιτροπή προτείνει παράλληλα, την επίτευξη τριών σχετιζόμενων στόχων, με ορίζοντα το 2020: βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%, αύξηση του ποσοστού διείσδυσης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα στο επίπεδο του 20% και αύξηση του ποσοστού των βιοκαυσίμων στις μεταφορές στο 10%.

Ειδικότερα μεταξύ των δέκα μέτρων του ευρωπαϊκού σχεδίου δράσης για την ενέργεια τα ακόλουθα αφορούν την ενεργειακή αποδοτικότητα:

- Καλύτερη λειτουργία της εσωτερικής αγοράς ενέργειας.
- Διευκόλυνση των κρατών-μελών για ανάπτυξη αλληλεγγύης στην περίπτωση ενεργειακών κρίσεων ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής τροφοδοσία με πετρέλαιο, φυσικό αέριο και ηλεκτρική ενέργεια.
- Βελτίωση του κοινοτικού μηχανισμού εμπορίας εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ώστε να μετατραπεί σε πραγματικό καταλύτη για τη μείωση εκπομπών CO₂ και τις επενδύσεις για καθαρή ενέργεια.
- Ανάπτυξη προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας σε ευρωπαϊκό, εθνικό και διεθνές επίπεδο, που περιλαμβάνει και τη βελτίωση της κατανόησης των ενεργειακών θεμάτων από τους ευρωπαίους καταναλωτές.

Στην κατεύθυνση των περιβαλλοντικών δεσμεύσεων σε ευρωπαϊκό επίπεδο, προωθείται η ηλεκτροπαραγωγή από ανανεώσιμες πηγές με την οδηγία 2001/77/ΕΚ για την «προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας», καθώς και η εξοικονόμηση ενέργειας που καλύπτεται από έναν αριθμό οδηγιών της ευρωπαϊκής επιτροπής, όπως είναι η οδηγία 2002/91/ΕΚ για την «ενεργειακή απόδοση των κτιρίων», η οδηγία 2002/31/ΕΚ για τη σήμανση της κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών κλιματιστικών, η οδηγία 2003/66/ΕΚ που αφορά στη σήμανση της κατανάλωσης ενέργειας για τα οικιακά ηλεκτρικά ψυγεία και τους καταψύκτες, η οδηγία 2004/8/ΕΚ για την προώθηση της «συμπαράγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας» η οδηγία 2005/32/ΕΚ για την «οικολογική σχεδίαση του εξοπλισμού» και τέλος η πρόσφατη οδηγία 2006/32/ΕΚ για τη βελτίωση της «ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες».

Στις 23 Ιανουαρίου 2008, η ευρωπαϊκή επιτροπή, σε συνέχεια του ευρωπαϊκού σχεδίου δράσης για την ενέργεια (2007-2009), παρουσίασε δύο προτάσεις για νέες οδηγίες, για τον

περιορισμό εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο 2013-2020 και για τις ΑΠΕ, όπου υπάρχουν επί μέρους προτάσεις για τις χώρες-μέλη.

Για την εξοικονόμηση ενέργειας, ισχύουν οι στόχοι της οδηγίας 2006/32/EK και το σχέδιο δράσης ενεργειακής αποδοτικότητας που έχει παρουσιάσει η ευρωπαϊκή επιτροπή στο τέλος του 2006, όπου προβλέπονται 9% εξοικονόμηση ενέργειας στην τελική κατανάλωση μέχρι το 2016 και 20% μείωση συνολικής κατανάλωσης ενέργειας μέχρι το 2020.

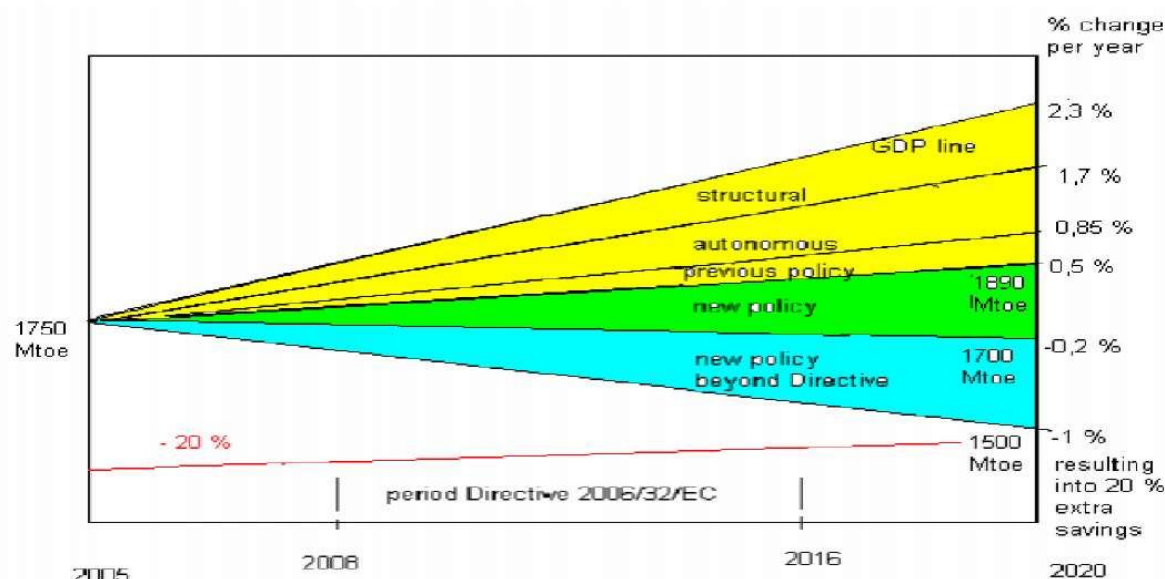
Για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, θα ισχύσει σε ευρωπαϊκό επίπεδο μείωση κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 για όλους τους κλάδους δραστηριότητας. Η διαχείριση του περιορισμού των εκπομπών γίνεται σε δύο επίπεδα. Στο επίπεδο των εγκαταστάσεων που υπάγονται στο σύστημα εμπορίας εκπομπών και στις εκπομπές εκτός συστήματος εμπορίας. Οι επιτρεπόμενες εκπομπές που ανήκουν στο σύστημα εμπορίας θα ξεκινούν από το μέσο όρο της περιόδου 2008-2011 και θα βαίνουν μειούμενες κατά 1,74% το χρόνο μέχρι το 2020. Παράλληλα, θα πρέπει να μειωθούν και οι εκπομπές εκτός εμπορίας που για την Ελλάδα η μείωση θα είναι κατά 4%. Ο εθνικός στόχος περιορισμού των εκπομπών για το 2020 είναι το άθροισμα των επί μέρους απαιτούμενων περιορισμών εντός και εκτός εμπορίας.

Ειδικότερα, η οδηγία 2006/32/EK για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες, θέτει ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας στα κράτη-μέλη 9% για τα επόμενα εννέα χρόνια και επίσης υποχρεώνει τα κράτη-μέλη να εκπονήσουν σχέδια δράσης ενεργειακής απόδοσης.

Οδηγία 2006/32/EK και σχέδιο δράσης ενεργειακής απόδοσης

Η ανακοίνωση της ευρωπαϊκής επιτροπής, της 19ης Οκτωβρίου 2006, με τίτλο: «σχέδιο δράσης για την ενεργειακή απόδοση: αξιοποίηση του δυναμικού» αποτελεί μια ρεαλιστική στρατηγική ενεργειακής απόδοσης, που υπογραμμίζει τη σημασία των ελάχιστων προτύπων ενεργειακής απόδοσης για ευρύ φάσμα συσκευών και εξοπλισμού (από είδη νοικοκυριού, όπως ψυγεία και κλιματιστικές συσκευές, έως βιομηχανικές αντλίες και ανεμιστήρες), για τα κτίρια, τις μεταφορές και τις ενεργειακές υπηρεσίες. Στο σχέδιο δράσης παρουσιάζονται και αξιολογούνται ποιοτικά και ποσοτικά μέτρα για την περαιτέρω μείωση της ενεργειακής έντασης (επιπλέον του 1,8%) κατά 1,5%.

Μελέτες που έχουν εκπονηθεί, για λογαριασμό της ΕΕ, δείχνουν ότι είναι δυνατόν να εξοικονομηθεί 20% επιπλέον ενέργεια το 2020. Το ποσοστό αυτό ισοδυναμεί σε 390 ΜΤΙΠ (1 ΜΤΙΠ= 106 ΤΙΠ, όπου ΤΙΠ σημαίνει: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου), 100 δισεκ. € (390 ΜΤΙΠ με τιμή \$48/bbl), 780 Mt CO₂ και 780.000 θέσεις εργασίας πλήρους απασχόλησης. Στο Διάγραμμα 1.1 εμφανίζεται η επίτευξη του στόχου μέχρι το 2020.



Διάγραμμα 1.1 Βελτίωση ενεργειακής έντασης*

*Η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κατά 1,5% (πράσινο και μπλε πεδίο) προστίθεται στον ετήσιο ρυθμό μείωσης της ενεργειακής έντασης 1,8% του σεναρίου "business as usual" (κίτρινο πεδίο), ο οποίος περιλαμβάνει την ετήσια βελτίωση 0,35% από την εφαρμογή της κοινοτικής νομοθεσίας και άλλες δράσεις (0,6% ετησίως από διαρθρωτικές αλλαγές, όπως της βιομηχανικής ανάπτυξης και 0,85% ετησίως «αυτόνομης βελτίωσης», όπως η αντικατάσταση / εκσυγχρονισμός τεχνολογικού εξοπλισμού). Συνολικά ο συνδυασμός των μέτρων θα μειώσει την ενεργειακή ένταση κατά 3,3% ετησίως, με δεδομένη μία μέση ετήσια αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 0,5% και έναν ετήσιο ρυθμό αύξησης του ΑΕΠ κατά 2,3%. Η αναφορά στο Διάγραμμα 4 της οδηγίας 2006/32/EK αποτυπώνει το στόχο εξοικονόμησης ενέργειας 9% για την περίοδο 2008 - 2016. Παράλληλα με την εξοικονόμηση ενέργειας στον τομέα της ζήτησης, αντίστοιχο ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας 20% μπορεί να επιτευχθεί με μείωση των απωλειών κατά τη μετατροπή και μεταφορά της ενέργειας [1].

Με το σχέδιο δράσης επιδιώκεται να κινητοποιηθεί το ευρύ κοινό, οι ιθύνοντες χάραξης πολιτικής και οι παράγοντες της αγοράς και να μετασχηματισθεί η εσωτερική αγορά ενέργειας κατά τρόπο, που να προσφέρει στους πολίτες της ΕΕ, υποδομές (συμπεριλαμβανομένων των κτιρίων), προϊόντα (μεταξύ άλλων συσκευές και αυτοκίνητα), διεργασίες και ενεργειακές υπηρεσίες με τον υψηλότερο, παγκοσμίως, ενεργειακό βαθμό απόδοσης.

Σύμφωνα με το εν λόγω σχέδιο δράσης, η σημαντικότερη εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να πραγματοποιηθεί στους τομείς της κατοικίας και στα εμπορικά κτίρια, όπου υπάρχει ένα σημαντικό δυναμικό μείωσης που εκτιμάται από 27% έως 30%, καθώς επίσης στη μεταποιητική βιομηχανία, με δυνατότητες εξοικονόμησης περίπου 25%, και στον τομέα των μεταφορών, με δυνατότητες μείωσης που εκτιμώνται στο 26%.

Το σχέδιο δράσης αναμένεται να συμβάλει στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας της ευρωπαϊκής βιομηχανίας, στην ανάπτυξη των εξαγωγών νέων, καθαρών τεχνολογιών και στη βελτίωση της επικρατούσας κατάστασης στην απασχόληση. Εξάλλου, με την εξοικονόμηση που θα προκύψει, θα αντισταθμιστεί το κόστος των επενδύσεων στις καινοτόμες τεχνολογίες.

Τα μέτρα που εγκρίθηκαν από την ευρωπαϊκή επιτροπή και περιλαμβάνονται στο σχέδιο δράσης είναι τα αποτελεσματικότερα από άποψη κόστους/οφέλους, δηλαδή το περιβαλλοντικό κόστος του κύκλου ζωής τους είναι το χαμηλότερο και, παράλληλα, δεν υπερβαίνει τις επενδύσεις που προβλέπονται στον τομέα της ενέργειας. Έχει δοθεί προτεραιότητα σε ορισμένα από αυτά τα μέτρα, τα οποία πρέπει να ληφθούν χωρίς καθυστέρηση, ενώ άλλα προβλέπεται να εφαρμοστούν μέχρι την πρώτη αξιολόγηση του σχεδίου δράσης (σε 6 χρόνια), όπως βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τις ενεργοβόρες συσκευές και τον τεχνικό εξοπλισμό.

Είναι, ωστόσο, αναγκαίο να γίνει αντιληπτό ότι η ουσιαστική και βιώσιμη εξοικονόμηση ενέργειας συνεπάγεται τόσο την ανάπτυξη τεχνικών, προϊόντων και υπηρεσιών υψηλής ενεργειακής απόδοσης, όσο και την αλλαγή των προτύπων παραγωγής και κατανάλωσης, αλλά και εν γένει τη μεταβολή της συμπεριφοράς, ώστε να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας και να διατηρηθεί, παράλληλα, η ίδια ποιότητα ζωής.

Εκτιμάται ότι με την αλλαγή της καταναλωτικής συμπεριφοράς και τη χρήση τεχνολογιών υψηλής ενεργειακής απόδοσης μπορεί να εξοικονομηθεί το ένα πέμπτο της ενεργειακής κατανάλωσης έως το 2020.

Στο στόχο αυτό θα συμβάλλει τα μέγιστα η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται μέσω των νέων προτύπων ενεργειακής απόδοσης τα οποία έχουν θεσπισθεί για τα νέα και τα ανακαινιζόμενα κτίρια και που έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν κατά 25% τη ζήτηση που προβλέπεται λόγω του αναμενόμενου διπλασιασμού της χρήσης κλιματισμού μέχρι το 2020.

Τέλος, στο σχέδιο δράσης, προτείνεται η επέκταση της εφαρμογής της 2002/91/EK και σε υφιστάμενα κτίρια μικρότερα των 1.000 m². Με την επέκταση αυτήν προβλέπεται ένα επιπλέον σημαντικότατο όφελος 80 ΜΤΙΠ. [3,8]

Οδηγία 2002/91 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων

Με την οδηγία 2002/91/EK για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων, η κοινότητα ενίσχυσε περαιτέρω τα μέτρα, που έχουν ήδη θεσπισθεί στα κράτη-μέλη της ΕΕ στο πλαίσιο της προγενέστερης οδηγίας SAVE 93/76/ΕΟΚ, ώστε να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα, η οποία αντιστοιχεί στο 40% της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης σε ευρωπαϊκό επίπεδο και σε περίπου 50% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων που ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και προκαλούν την κλιματική αλλαγή.

Η ΕΕ έχει θεσπίσει πολλά κοινοτικά προγράμματα χρηματοδότησης για την ανάπτυξη, την επίδειξη και την εφαρμογή της διαχείρισης της ενεργειακής ζήτησης και για τη χρήση των ανανεώσιμων ενεργειών, τόσο σε μεμονωμένα κτίρια όσο και σε πολεοδομικούς ιστούς, όπως επίσης και για άλλες πτυχές της αειφόρου δόμησης.

Με την οδηγία 2002/91 η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων υπολογίζεται πλέον στη βάση μεθοδολογίας, που διαφοροποιείται σε περιφερειακό (εθνικό) επίπεδο και περιέχει, εκτός της θερμομόνωσης και άλλες παραμέτρους, που διαδραματίζουν ολόένα και περισσότερο σημαντικό ρόλο, όπως οι εγκαταστάσεις θέρμανσης/κλιματισμού, φωτισμού ή εφαρμογής ΑΠΕ αλλά και ο σχεδιασμός του κτιρίου. Τα μέτρα είναι υποχρεωτικά για τα νέα κτίρια, με την εκπόνηση ενεργειακής μελέτης, ωστόσο ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των υφιστάμενων κτιρίων, στα οποία υπάρχουν σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας, αρχής γενομένης από τις αποδοτικές ανακαινίσεις υφιστάμενων κτιρίων άνω των 1.000 m².

Για την επίτευξη των στόχων της οδηγίας βασικό στοιχείο είναι η ενεργειακή πιστοποίηση, που θα διενεργείται από ιδιώτες επιθεωρητές και η έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) που θα επιτρέπει στους καταναλωτές να συγκρίνουν και να αξιολογούν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Η υποχρέωση έκδοσης ΠΕΑ κατά την κατασκευή, την ανακαίνιση, την πώληση και την εκμίσθωση κτιρίων, δεκαετούς ισχύος, θα λειτουργήσει ως το πλέον βασικό κίνητρο για να προωθηθούν επεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, ιδιαίτερα των παλαιότερων κτιρίων, δεδομένου ότι θα συντελεστούν σημαντικές αλλαγές στην αγορά ακινήτων.

Παράλληλα, τα μέτρα στοχεύουν και στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, που καλούνται να παίξουν ένα ρόλο «πιλότου» για την αποτελεσματική διείσδυση των μέτρων ενεργειακής απόδοσης.

Η ευρωπαϊκή επιτροπή αναμένει ότι με την εφαρμογή της οδηγίας 2002/91/EK στα κράτη-μέλη και ειδικότερα μέσω της διαδικασίας της ανακαίνισης των υπαρχόντων κτιρίων, θα επιτευχθεί σημαντική βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών των πόλεων και της ποιότητας ζωής των κατοίκων, έως τα μέσα της τρέχουσας εκατονταετίας [1-2,5].

1.2 Η εξοικονόμηση ενέργειας στο πλαίσιο της Ελληνικής ενεργειακής πολιτικής

Ένας σημαντικός στόχος της ελληνικής ενεργειακής πολιτικής, είναι η προώθηση μέτρων και προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας και ορθολογικής χρήσης της ενέργειας. Με την

υιοθέτηση των ευρωπαϊκών οδηγιών τέθηκε το νομικό πλαίσιο για την έκδοση υπουργικών αποφάσεων για την ενεργειακή σήμανση στην Ελλάδα, καθώς και για την πιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων (Ν.3661/08). Εξάλλου, έχει υιοθετηθεί πλήθος μέτρων για τις μεταφορές, με την ολοκλήρωση του Ν.3423/05 για τα βιοκαύσιμα, την ανανέωση των παλαιών ιδιωτικής χρήσεως αυτοκινήτων, και τη βελτίωση των προδιαγραφών των οδικών δικτύων και των μέσων μαζικής μεταφοράς.

Το νομικό πλαίσιο για τον ενεργειακό σχεδιασμό της χώρας, ολοκληρώθηκε με την ψήφιση του Ν. 3438/06 για τη σύσταση Συμβουλίου Εθνικής Ενεργειακής Στρατηγικής (ΣΕΕΣ) ως γνωμοδοτικό όργανο για τη χάραξη μακροχρόνιας ενεργειακής πολιτικής.

Στο πρώτο εθνικό σχέδιο δράσης για την ενεργειακή αποδοτικότητα παρουσιάζονται συγκεκριμένα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, τα οποία συντονισμένα σε όλους τους τομείς, θα οδηγήσουν σε εξοικονόμηση ενέργειας τουλάχιστον έως 16,41TWh το 2016 εκπληρώνοντας το στόχο του 9% και βοηθώντας έτσι την Ελλάδα να μειώσει την εξάρτησή της από τις εισαγωγές ενέργειας. Επιπλέον, η υιοθέτηση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK), η στρόφη προς τεχνολογίες με καλύτερη ενεργειακή απόδοση ενισχύει την καινοτομία και την ανταγωνιστικότητα συμβάλλοντας στη βελτίωση του επιχειρηματικού κλίματος, την άμεση και ουσιαστική ανάπτυξη της χώρας και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Ο τομέας των μεταφορών εκτιμάται ότι έχει περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας 36% περίπου. Ο τριτογενής και ο οικιακός τομέας με ποσοστό συμμετοχής σε εξοικονόμηση 30% και 29% αντίστοιχα. Το σύνολο των προτεινόμενων μέτρων διαμορφώνει ένα ολοκληρωμένο εθνικό πρόγραμμα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, η εφαρμογή του οποίου θα οδηγήσει στην επίτευξη του ενεργειακού στόχου εξοικονομώντας μεγάλα ποσά ορυκτών καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας και παράλληλα ενισχύεται η περαιτέρω διείσδυση του φυσικού αερίου και των ΑΠΕ [1,3,4,6-8].

1.3 Ενεργειακή αποδοτικότητα και εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια

Η ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα αντιστοιχεί στο 40% της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης σε ευρωπαϊκό επίπεδο και σε περίπου 50% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων που ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και προκαλούν την κλιματική αλλαγή. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των υφιστάμενων κτιρίων είναι ένας από τους οικονομικά αποτελεσματικούς τρόπους τήρησης των δεσμεύσεων της Διάσκεψης του Κιότο για την αλλαγή του κλίματος.

Στην Ευρώπη, ο κόσμος περνά σχεδόν το 90% του χρόνου του μέσα σε κτίρια. Η κακή ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων επηρεάζει την υγεία των ενοίκων και οδηγεί σε κτίρια με αυξημένο κόστος συντήρησης, θέρμανσης και κλιματισμού. Η αλλαγή στον τρόπο μελέτης, κατασκευής, ανακαίνισης και κατεδάφισης των κτιρίων και του δομημένου περιβάλλοντος προς την κατεύθυνση της ενεργειακής αποδοτικότητας αναμένεται να επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις σε περιβαλλοντικό και οικονομικό επίπεδο στις πόλεις και στην ποιότητα ζωής των κατοίκων τους.

Ακόμη όμως και αν όλα τα νέα κτίρια κατασκευάζονται με ενεργειακά αποδοτικό τρόπο, ο ρυθμός αντικατάστασης των υπαρχόντων κτιρίων (0,5 έως 2% ετησίως) είναι τόσο αργός, ώστε να χρειάζεται πολύς χρόνος για να γίνει πραγματικά αισθητός ο αντίκτυπος των νέων κτιρίων.

Η οδηγία 2002/91/ΕΚ αποδίδει ιδιαίτερη σημασία στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των υφιστάμενων κτιρίων, στα οποία υπάρχουν σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η θερμομόνωση των παλαιότερων κτιρίων στην Ευρώπη θα μπορούσε να μειώσει τις εκπομπές CO₂ και το αντίστοιχο ενεργειακό κόστος κατά 42%.

Η ευρωπαϊκή επιτροπή αναμένει ότι με την εφαρμογή της οδηγίας 2002/91/ΕΚ στα κράτη-μέλη και ειδικότερα μέσω της διαδικασίας της ανακαίνισης των υπαρχόντων κτιρίων, θα επιτευχθεί σημαντική βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών των πόλεων και της ποιότητας ζωής των κατοίκων, έως τα μέσα της τρέχουσας εκατονταετίας.

Η ΕΕ έχει θεσπίσει πολλά κοινοτικά προγράμματα χρηματοδότησης για την ανάπτυξη, την επίδειξη και την εφαρμογή της διαχείρισης της ενεργειακής ζήτησης και για τη χρήση των

ανανεώσιμων ενεργειών, τόσο σε μεμονωμένα κτίρια όσο και σε κτιριακά σύνολα, όπως επίσης και για άλλες πτυχές της αειφόρου δόμησης.

Σήμερα, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν δοκιμασμένες τεχνικές και καινοτόμες τεχνολογίες, υπάρχει ακόμη δυσκολία στη διείσδυση μέτρων ενεργειακής απόδοσης στον κτιριακό τομέα. Το κύριο εμπόδιο είναι η έλλειψη ενδιαφέροντος από πλευράς κατασκευαστών και αγοραστών, οι οποίοι λανθασμένα θεωρούν την ενεργειακά αποδοτική δόμηση δαπανηρή και δεν εμπιστεύονται τις νέες τεχνολογίες ως προς την αξιοπιστία και την απόδοσή τους μακροπρόθεσμα.

Για την αντιμετώπιση αυτού και άλλων εμποδίων στην ενεργειακή αποδοτικότητα, τα κράτη-μέλη οφείλουν να θεσπίσουν σειρά μέτρων υποστήριξης και κυρίως να παρέχουν κίνητρα. Με τον τρόπο αυτό και με παράλληλες συνδυασμένες δράσεις θα δοθεί έμφαση στα μακροπρόθεσμα οφέλη, έτσι ώστε αγοραστές, τράπεζες και δανειοδοτικοί οργανισμοί να μπορούν να κάνουν διάκριση μεταξύ κτιρίων που μελετώνται και κατασκευάζονται με τις συνήθεις μεθόδους και εκείνων που μελετώνται και κατασκευάζονται με τεχνικές σύμφωνες με την αρχή της αειφόρου ανάπτυξης.

Στο πλαίσιο αυτό σημαντικό ρόλο κατέχει η συνεχής υποστήριξη επιδεικτικών έργων, με εστίαση στα έργα κατασκευής και ανακαίνισης τυπικών κτιρίων αστικών κατοικιών, σχολείων, νοσοκομείων και γραφείων [1,5].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ

Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι η παρουσίαση δράσεων για τη μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για ΘΨΚ, φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Γενικά, ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και Η/Μ εγκαταστάσεων, ΑΠΕ και ΣΗΘ.

2.1 Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους

Τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού έχουν τη σημαντικότερη επίδραση στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Το κέλυφος επηρεάζει σημαντικά την ενεργειακή ζήτηση των Η/Μ συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού, δεδομένου ότι καθορίζει τα φορτία θέρμανσης, ψύξης και τον εισερχόμενο φυσικό φωτισμό. Αναβαθμίζοντας το κτιριακό κέλυφος, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση, μέσω της μείωσης των θερμικών και ηλεκτρικών φορτίων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, με την εφαρμογή στοιχείων κελύφους υψηλής αποδοτικότητας μπορεί να αποφευχθεί η χρήση των Η/Μ συστημάτων. Αναλόγως της τρέχουσας απόδοσης του κελύφους, η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να φτάσει έως και το 50% με εφαρμογή ενός εκτεταμένου σχεδίου ανακαίνισης (π.χ. εφαρμόζοντας συνδυασμό μέτρων ή εφαρμόζοντας σχέδιο πλήρους ανακαίνισης των όψεων που μπορεί να φτάνει έως την εφαρμογή 'διπλού κελύφους').

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (Internal Rate of Return - IRR) για επεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στην ανακαίνιση του κτιριακού κελύφους κυμαίνεται τυπικά μεταξύ 5% και 25%, αναλόγως της υφιστάμενης κατάστασης του κελύφους, του κόστους εργασιών, τις τιμές ενέργειας και τα χρηματοδοτικά πλαίσια.

Η θερμομόνωση ενός κτιρίου είναι αναγκαία προϋπόθεση για την εξασφάλιση υγιεινής, ευχάριστης και θερμικά άνετης διαμονής μέσα σε ένα κτίριο κάτω από συνθήκες οικονομίας. Ιδιαίτερα στις κατοικίες που λειτουργούν συνεχώς, η θερμομόνωση είναι βασική ανάγκη. Με την καλή θερμομόνωση του κτιρίου επιτυγχάνεται :

1. Εξοικονόμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας για τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων κατά τη χειμερινή περίοδο.
2. Περιορισμός των φθορών που παρατηρούνται λόγω της έλλειψης θερμομόνωσης, όπως οι θραύσεις σωληνώσεων από τον παγετό, οι αποκολλήσεις επιχρισμάτων και χρωματισμών από συμπύκνωση υδρατμών στις ψυχρές εξωτερικές επιφάνειες.
3. Μείωση των δαπανών κατασκευής της εγκατάστασης θέρμανσης, που είναι ανάλογες με την εγκατεστημένη ισχύ του λέβητα.
4. Μείωση των εκλυόμενων ρύπων τόσο στο άμεσο περιβάλλον του κτιρίου, όσο και στο ευρύτερο.

Οι θερμικές απώλειες ενός κτιρίου εξαρτώνται αφενός από την ποιότητα της θερμομόνωσης, αφετέρου από άλλες παραμέτρους όπως:

1. Η έντονη έκθεση του κτιρίου στους ανέμους, η οποία αυξάνει τις θερμικές απώλειες. Αντίθετα η ύπαρξη γειτονικών κτιρίων, δέντρων ή άλλων εμποδίων τα οποία προφυλάσσουν το κτίριο από την άμεση επίδραση των ανέμων, μειώνουν τις θερμικές απώλειες.
2. Ο αριθμός ελεύθερων πλευρών. Όσο περισσότερες είναι οι ελεύθερες πλευρές ενός κτιρίου, τόσο μεγαλύτερες είναι οι θερμικές απώλειες.
3. Η ενοποίηση χώρων διαφορετικών ορόφων. Σε διπλοκατοικίες με συνέχεια των χώρων, η θερμότητα του κάτω ορόφου συγκεντρώνεται στον πάνω όροφο με αποτέλεσμα την αίσθηση ψύχους του κάτω.
4. Οι καπνοδόχοι, οι σωληνώσεις παροχής θερμού και ψυχρού νερού, καθώς και οι σωλήνες των κεντρικών θερμάνσεων δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον γιατί συμβάλουν στις θερμικές απώλειες, εκτός αν είναι μονωμένοι. Για τις καπνοδόχους, η σωστή

μόνωση εξασφαλίζει τη σωστή κυκλοφορία των καυσαερίων και την αποφυγή δημιουργίας όξινων συμπτυκνωμάτων.[1,8]

Η εκτίμηση των τεχνικών μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας πραγματοποιείται βάσει της κλιματικής συνθήκης, της υφιστάμενης κατάστασης και των συνθηκών λειτουργίας του κτιρίου. Η ενεργειακή απόδοση του συστήματος του κελύφους μπορεί να βελτιωθεί με την εφαρμογή των ακόλουθων μέτρων:

1. Έλεγχος των θερμικών απωλειών και κερδών από τις διαφανείς επιφάνειες με χρήση κατάλληλων πλαισίων (κουφωμάτων) και υαλοπινάκων.
2. Βελτίωση της θερμομόνωσης τοίχων, οροφών και δαπέδων με χρήση μονωτικών υλικών μεγαλύτερου πάχους.
3. Βελτίωση της θερμομόνωσης όλου του κτιρίου με εφαρμογή διπλού κελύφους στις όψεις (διαφανούς ή αδιαφανούς το οποίο είναι ευκολότερο στο σχεδιασμό του και τον έλεγχό του)
4. Έλεγχος θερμικών κερδών από τις διαφανείς επιφάνειες με χρήση κατάλληλων συστημάτων σκιασμού.
5. Μείωση της αεροπερατότητας του κελύφους (μέσω των πλαισίων των ανοιγμάτων, μέσω ρωγμών και μέσω των συνδετικών στοιχείων των διαφόρων τμημάτων του κελύφους).
6. Μείωση του ύψους των χώρων και της διαστρωμάτωσης του αέρα (σε κλίματα όπου κυριαρχούν οι ανάγκες ψύξης).
7. Σχεδιασμός και έλεγχος των ανοιγμάτων ώστε να επιτρέπουν τον αερισμό και να μειώνουν τις απώλειες θέρμανσης / ψύξης (για παράδειγμα στην περίπτωση μηχανικού αερισμού, πρέπει να γίνεται ανάκτηση θερμότητας από τον εξερχόμενο αέρα).
8. Έλεγχος των θερμικών κερδών από τις αδιαφανείς επιφάνειες με αλλαγή της ανακλαστικότητας του δαπέδου.
9. Χρήση βλάστησης για το σκιασμό των επιφανειών κατά τη θερινή περίοδο και για τη μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας του άμεσου περιβάλλοντος του κτιρίου, μέσω της εξατμιστικής ψύξης και της διαπνοής.
10. Ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων (θερμοκήπια, τοίχοι μάζας, τοίχοι trombe) στο κτιριακό κέλυφος για την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη χειμερινή περίοδο.
11. Εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής για τη μείωση των ψυκτικών φορτίων και τη βελτίωση της θερμικής άνεσης κατά τη θερινή περίοδο.
12. Ο διαμπερής και νυχτερινός αερισμός περιορίζει τα ψυκτικά φορτία τη θερινή περίοδο. Η ύπαρξη ανοιγμάτων οροφής (φεγγίτες, φωταγωγοί, ηλιακές καμινάδες κ.α.) συμβάλουν στον αερισμό και απομάκρυνση της θερμότητας (ανοδική όδευση) που εγκλωβίζεται μέσα στους χώρους.
13. Η επικάλυψη του εξωτερικού κτιριακού κελύφους με βαφές υψηλής ανακλαστικότητας και υψηλής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας (χρήση «ψυχρών» υλικών).

Ο βέλτιστος συνδυασμός διαφόρων μέτρων οδηγεί και στη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

Η βελτίωση της θερμικής απόδοσης μεμονωμένων στοιχείων θα πρέπει να συνοδεύεται από ομοίμορφη θερμομόνωση του κελύφους ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες.

Η θερμομόνωση είναι θεμελιώδης παράμετρος σε κλίματα όπου κυριαρχούν οι ανάγκες θέρμανσης, αλλά αποτελεί πλεονέκτημα και σε κλίματα όπου κυριαρχούν ψυκτικές ανάγκες, παρότι τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με το συνδυασμό θερμομόνωσης και θερμικής ικανότητας και με την εξασφάλιση φυσικού αερισμού και συστημάτων σκιασμού [9].

2.1.1 Προσθήκη θερμομόνωσης

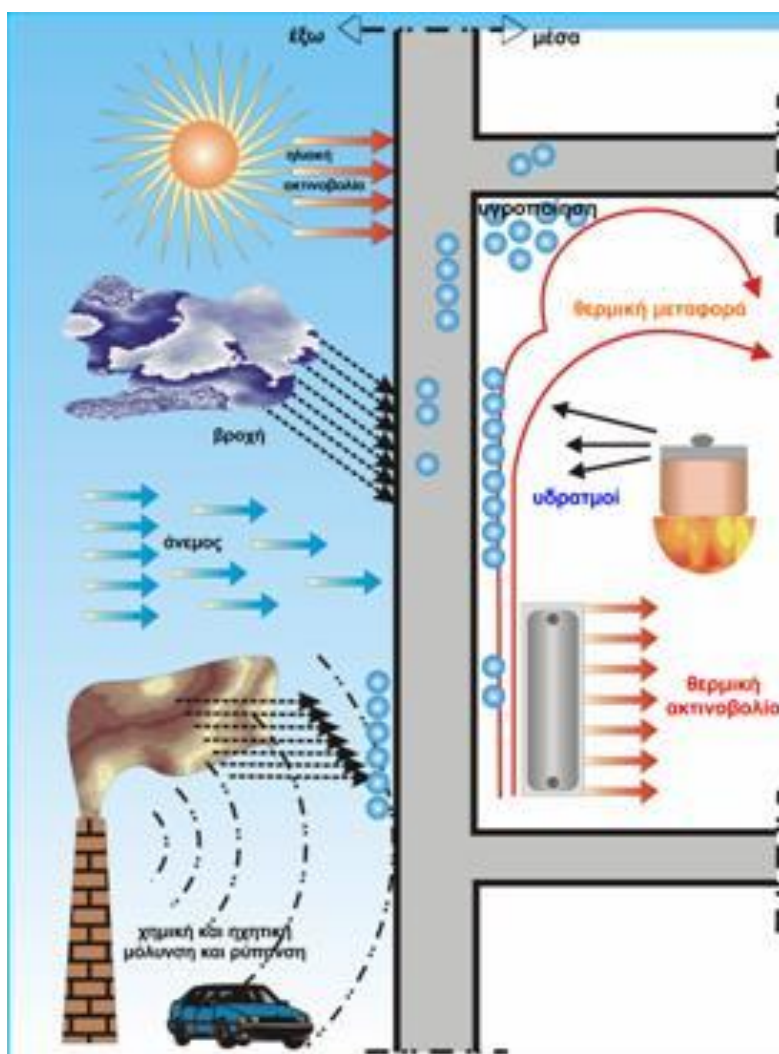
Η προσθήκη θερμομόνωσης αφορά στους τοίχους, στις οροφές και στα δάπεδα (δηλαδή επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, π.χ. επαφή με *pilotis*).

Η θερμομόνωση, εν γένει θα πρέπει α) να είναι εξωτερική, ώστε να αξιοποιείται η θερμική μάζα στο εσωτερικό των χώρων, β) να τοποθετείται έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι θερμογέφυρες (μόνωση τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού) και γ) να καλύπτει τουλάχιστον τις

απαιτήσεις για νέα κτίρια (στο σύνολο τους και στα επιμέρους δομικά στοιχεία τους) στη συγκεκριμένη κλιματική ζώνη σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.

Η προσθήκη θερμομόνωσης αφορά κυρίως κτίρια κατασκευασμένα μέχρι το 1980, τα οποία δε φέρουν καθόλου θερμομόνωση στα δομικά τους στοιχεία. Σε κτίρια που έχουν μόνωση (κτίρια κατασκευασμένα μετά το 1980), ή στα οποία έχει γίνει μερική προσθήκη θερμομόνωσης, αλλά κρίνεται ότι η θερμομόνωση είναι ανεπαρκής, είναι δυνατόν η επέμβαση να αφορά μόνο στα ευαίσθητα σημεία του κτιρίου (π.χ. μόνωση φέροντος οργανισμού για κάλυψη θερμογεφυρών, πρόσθετη μόνωση οροφής).

Σε ειδικές περιπτώσεις όπου η εξωτερική μόνωση δεν είναι δυνατή για κατασκευαστικούς λόγους (π.χ. σε στέγες ή σε τοιχοποιίες με επικάλυψη συγκεκριμένης αισθητικής) μπορεί να τοποθετηθεί εναλλακτικά εσωτερική μόνωση. Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος για εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση είναι της τάξης του 10-40%.



Σχήμα 2.1 Επιδράσεις πάνω σε ένα πλευρικό τοίχωμα [15]

Συνήθεις τύποι μονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται στα κτίρια είναι το fiberglass, ο αφρός πολυουραιθάνης, ο αφρός πολυστερίνης, ο πετροβάμβακας κ.ά.

Το φράγμα υδατμών χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με τη μόνωση για την προστασία του μονωτικού υλικού από συμπύκνωση υδατμών και ανάπτυξη μυκήτων. Το φράγμα υδατμών πρέπει να τοποθετείται πάντοτε σε επαφή με τη θερμή πλευρά της μόνωσης. Δηλαδή σε ένα θερμαινόμενο κτίριο το φράγμα τοποθετείται μεταξύ της θερμαινόμενης επιφάνειας του κελύφους και της μόνωσης.

Μετά τον προσδιορισμό των βασικών αδυναμιών της θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους (ύστερα από μία ενεργειακή επιθεώρηση), συντάσσεται ένας κατάλογος με τυπικές δράσεις οι οποίες πρέπει να περιληφθούν στο γενικό πρόγραμμα ανακατασκευής του κτιρίου:

- Βελτίωση της θερμομόνωσης της τοιχοποιίας, με τοποθέτηση πρόσθετης θερμομόνωσης εξωτερικά.
- Βελτίωση της θερμομόνωσης της τοιχοποιίας με τοποθέτηση πρόσθετης θερμομόνωσης στο διάκενο (εάν υπάρχει).
- Βελτίωση της θερμομόνωσης της τοιχοποιίας, με τοποθέτηση πρόσθετης θερμομόνωσης εσωτερικά (όπου κρίνεται αναγκαίο).
- Βελτίωση της θερμομόνωσης της τοιχοποιίας χώρων, της οποίας τμήματα βρίσκονται κάτω από τη στάθμη του εξωτερικού εδάφους, με τοποθέτηση θερμομόνωσης εσωτερικά.
- Βελτίωση της θερμομόνωσης της τοιχοποιίας χώρων, της οποίας τμήματα βρίσκονται κάτω από τη στάθμη του εξωτερικού εδάφους, με τοποθέτηση θερμομόνωσης εξωτερικά.
- Βελτίωση της θερμομόνωσης του δαπέδου (των τμημάτων που βρίσκονται σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους).
- Τοποθέτηση μόνωσης σε τοίχους που βρίσκονται πίσω από θερμαντικά σώματα.
- Περιορισμός των θερμογεφυρών του κελύφους.
- Βελτίωση της θερμομόνωσης της οροφής με χρήση φράγματος ακτινοβολίας (λεπτό φύλλο ή επίστρωση υλικού υψηλής ανακλαστικότητας στην υπέρυθρη ακτινοβολία, συνήθως φύλλο αλουμινίου, το οποίο εφαρμόζεται στη μία ή και στις δύο πλευρές των υλικών του υποστρώματος).
- Βελτίωση της θερμομόνωσης της οροφής με δημιουργία αεριζόμενου διάκενου (αυτή η λύση σε συνδυασμό με φράγμα ακτινοβολίας δίνει καλύτερα αποτελέσματα) [13].

2.1.2 Αντικατάσταση παλαιών υαλοπινάκων, θυρών και κουφωμάτων

Όλα τα διαφανή συστήματα που αποτελούν μέρος του κτιριακού κελύφους απαιτείται να έχουν χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας (σε συνδυασμό με κατάλληλο συντελεστή φωτοδιαπερατότητας, και ανακλαστικότητας, ώστε να αποφεύγεται η μείωση του φυσικού φωτισμού).

Τα ανακλαστικά συστήματα υαλοπινάκων (με επικάλυψη low-e) μπορούν να εξασφαλίσουν συντελεστές θερμομόνωσης παρόμοιους με αυτούς των αδιαφανών στοιχείων (αυτά τα συστήματα έχουν ενταχθεί ήδη στους κανονισμούς και εφαρμόζονται στις βόρειες χώρες). Τα συστήματα υαλοπινάκων και οι διαφανείς όψεις είναι πολύ σημαντικά στοιχεία του κελύφους γιατί επιτρέπουν την άμεση είσοδο φυσικού φωτισμού και ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτό μπορεί να συνεπάγεται υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Οι υαλοπίνακες νέας τεχνολογίας με ειδική επεξεργασία, μπορούν να επιτρέπουν την είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας στο ορατό μέρος του φάσματος ώστε να εξασφαλίζουν επαρκή φυσικό φωτισμό και μειωμένα θερμικά κέρδη.

Οι κύριες παράμετροι για την επιλογή κατάλληλων υαλοπινάκων είναι:

- **Συντελεστής Θερμοπερατότητας U:** Η θερμική ισχύς ανά μονάδα επιφανείας, η οποία μεταδίδεται εντός / εκτός του κτιρίου και οφείλεται στη θερμοκρασιακή διαφορά ανά βαθμό (W/m^2K). Χαμηλές τιμές U εξασφαλίζουν σημαντική μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο.
- **Συντελεστής ηλιακής ενέργειας g:** ο λόγος της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας προς την ενέργεια που μεταδίδεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Χαμηλές τιμές g εξασφαλίζουν μείωση των ηλιακών κερδών.
- **Συντελεστής Φωτοδιαπερατότητας T_v:** το ποσοστό της προσπίπτουσας φωτεινής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο κτίριο. Υψηλές τιμές εξασφαλίζουν υψηλές στάθμες φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους.

Εφ' όσον προκύπτει από την ενεργειακή επιθεώρηση/καταγραφή του κτιρίου, ότι τα παράθυρα, οι θύρες και τα κουφώματα είναι χαμηλής ενεργειακής απόδοσης, συνιστάται η αντικατάστασή τους από νέα ενεργειακά αποδοτικά.

Εν γένει κουφώματα σιδερένια, παλαιάς κατασκευής ή χαμηλής αεροστεγανότητας θα πρέπει να αντικαθιστούνται από θερμομονωτικά κουφώματα με πιστοποιημένες ιδιότητες. Επίσης σε περίπτωση που τα υπάρχοντα κουφώματα είναι αποδοτικά ενεργειακά, αλλά με κακή συναρμογή (και παρουσιάζουν σημαντικές θερμικές απώλειες λόγω διείσδυσης του αέρα), μπορούν να προβλεφθούν επεμβάσεις αεροστεγάνωσής τους.



Σχήμα 2.2 Ανταλλαγή θερμότητας μέσω υαλοπινάκων [15]

Αντικατάσταση θυρών μπορεί να γίνει εφ' όσον από την ενεργειακή επιθεώρηση προκύπτει ότι παρουσιάζουν κακές θερμικές ιδιότητες.

Η αντικατάσταση των παλιών ανοιγμάτων γίνεται συνήθως με νέα ανοίγματα διπλών υαλοστασίων και με θερμομονωμένο πλαίσιο. Τα ανοιγόμενα πλαίσια (παράθυρα, μπαλκονόπορτες) περιορίζουν στο ελάχιστο τη διείσδυση αέρα σε σχέση με τα συρόμενα και επάλληλα. Τα συρόμενα παράθυρα επιφέρουν συνεχή αερισμό της θερμομόνωσης και επιταχύνουν τη γήρανσή της. Ειδικότερα, σε όλες τις ζώνες συνιστάται η χρήση διπλών υαλοπινάκων κυρίως στις πλευρές του κτιρίου που είναι εκτεθειμένες σε ψυχρούς ανέμους, (ανάλογα την επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου). Αντίστοιχα στα κτίρια που βρίσκονται στην Κλιματική Ζώνη Γ και Δ (σχήμα 2.3) συνιστάται η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε όλες τις πλευρές του κτιρίου.



Σχήμα 2.3 Κλιματικές ζώνες Ελλάδας
(Πηγή : www.estir.gr)

Τα νέα παράθυρα θα πρέπει να πληρούν τις απαιτούμενες θερμικές ιδιότητες ανά κλιματική ζώνη σύμφωνα με την τρέχουσα νομοθεσία για νέα κτίρια [8].

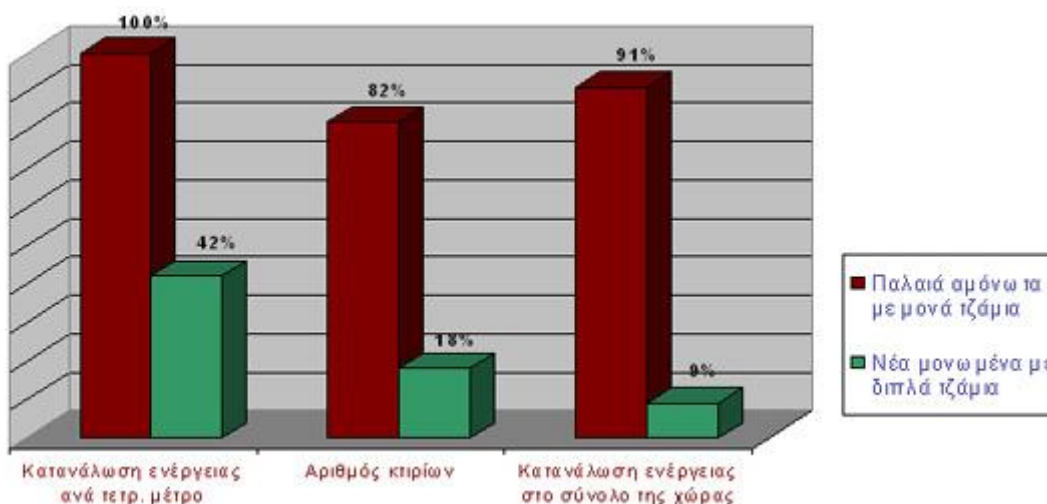
Η τοποθέτηση εξωτερικών παραθυρόφυλλων περιορίζει ακόμα περισσότερο τις απώλειες ανοιγμάτων και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις υψηλής ταχύτητας ανέμου. Παράλληλα η μερική ή ολική

χρήση τους τη θερινή περίοδο περιορίζει και τα ηλιακά κέρδη και κατά συνέπεια τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος της εξοικονόμησης ενέργειας για θέρμανση με την αντικατάσταση παλαιών υαλοπινάκων, θυρών και κουφωμάτων (χωρίς να υπολογίζεται αθροιστικά στις υπόλοιπες δράσεις) είναι της τάξης του 10-20%.

➤ Μονοί και διπλοί υαλοπίνακες

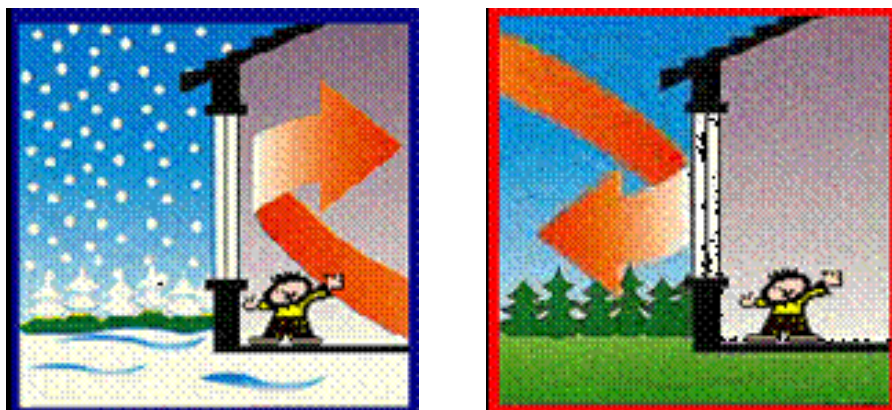
Εξ αιτίας της σχετικά υψηλής αγωγιμότητας του γυαλιού, ανοίγματα με μονό φύλλο υαλοπίνακα αποτελούν ιδιαίτερα αδύναμα σημεία στη θερμομόνωση του κτιρίου. Επίσης, ένα άνοιγμα με μονό υαλοπίνακα παρέχει πολύ μειωμένη προστασία από εξωτερικούς θορύβους. Για τους ανωτέρω λόγους σε πολλές περιπτώσεις οι μονοί υαλοπίνακες έχουν ήδη αντικατασταθεί με διπλούς. Το διάκενο μεταξύ των δύο φύλλων μειώνει τη θερμοπερατότητα τουλάχιστον κατά το ήμισυ. Επιπλέον, το κλειστό διάκενο επιτρέπει τη χρήση 'επικαλυπτικών στρώσεων' χαμηλής εκπομπής και/ή με επιλεκτικές ιδιότητες, σε ένα από τα δύο φύλλα, καθώς και τη χρήση αερίων πλήρωσης χαμηλής αγωγιμότητας, τα οποία βελτιώνουν σημαντικά την απόδοση του συστήματος των υαλοπινάκων.



Διαγραμμα 2.1 Κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια με μονά και διπλά τζάμια [15]

➤ Θερμοανакλαστικοί υαλοπίνακες

Οι διπλοί ανακλαστικοί υαλοπίνακες συνήθως αποτελούνται από ένα εξωτερικό διαφανές φύλλο υαλοπίνακα και ένα εσωτερικό φύλλο που φέρει ειδική επικάλυψη με ιδιότητες χαμηλής εκπομπής στην υπέρυθη ακτινοβολία, με την επιφάνεια που φέρει την επικάλυψη τοποθετημένη προς το διάκενο μεταξύ των υαλοπινάκων (οι επικαλύψεις απαιτούν προστασία και πρέπει να τοποθετούνται πάντοτε προς το διάκενο). Οι επικαλυπτικές στρώσεις μειώνουν τη θερμική ανταλλαγή δι' ακτινοβολίας μεταξύ των φύλλων των υαλοπινάκων και έτσι επιτυγχάνεται μείωση της θερμοπερατότητας κατά περίπου 40%. Πρόσθετη μείωση της τάξης του περίπου 20% μπορεί να επιτευχθεί με πλήρωση του διακένου με μείγμα αέρα και ευγενών αερίων, όπως αργό ή κρυπτόν, το οποίο έχουν χαμηλότερη αγωγιμότητα από τον αέρα [8].



Σχήμα 2.4 Χρήση θερμοανакλαστικών υαλοπινάκων [15]

➤ Υαλοπίνακες ελέγχου ηλιακής ακτινοβολίας

Συνήθως αποτελούνται από ένα εξωτερικό φύλλο υαλοπίνακα με ανακλαστική επικάλυψη και ένα εσωτερικό διαφανές φύλλο υαλοπίνακα. Η επιφάνεια που φέρει την επικάλυψη τοποθετείται προς το εξωτερικό περιβάλλον ή προς το διάκενο αναλόγως της διαδικασίας τοποθέτησης του επικαλυπτικού υλικού. Η λειτουργία αυτού του τύπου της επικάλυψης είναι να ανακλά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Η εφαρμογή αυτού του τύπου υαλοπινάκων μπορεί να έχει ως συνέπεια τη μείωση του εισερχόμενου φυσικού φωτισμού και την αύξηση της λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού.

Επομένως, για τη μείωση των θερμικών κερδών κατά τη διάρκεια του θέρους, τα καταλληλότερα προϊόντα είναι οι επιλεκτικοί υαλοπίνακες οι οποίοι ανακλούν το μεγαλύτερο μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας αλλά επιτρέπουν την είσοδο της φωτεινής ακτινοβολίας.

Οι επιλεκτικοί υαλοπίνακες είναι οικονομικά αποδοτικοί (περίοδος αποπληρωμής μικρότερη των 10 ετών) εάν εφαρμοστούν σε κτίρια με μεγάλο ψυκτικό φορτίο, σε θερμά κλίματα και εφόσον συνδυαστούν με συστήματα ελέγχου του φυσικού φωτισμού. Ο βαθμός επιλεκτικότητας μπορεί να εξαχθεί από το λόγο του συντελεστή φωτοδιαπερατότητας προς το συντελεστή ηλιακής ενέργειας T_n/g . Οι ψηλότερες τιμές 'επιλεκτικότητας' επιτυγχάνονται με επικάλυψη με λεπτή στρώση από ψήγματα μετάλλων, η οποία συνδυάζεται με χαμηλή εκπομπή στην υπέρυθρη ακτινοβολία (Far Infrared - FIR και Near Infrared - NIR). Οι υαλοπίνακες αυτοί είναι οικονομικά αποδοτικοί ακόμη και στα ψυχρά κλίματα, δεδομένου ότι μειώνουν τα ψυκτικά φορτία κατά τη θερινή περίοδο και τα θερμικά φορτία κατά τη χειμερινή περίοδο. Αντιθέτως, οι επιλεκτικοί υαλοπίνακες δε συνιστάται να χρησιμοποιούνται σε κτίρια που παρουσιάζουν μόνο ανάγκες θέρμανσης.

➤ Άλλοι τύποι υαλοπινάκων

Τριπλά συστήματα υαλοπινάκων και διπλά παράθυρα, βελτιώνουν επίσης τη θερμομόνωση, με μόνο μειονέκτημα το μεγάλο τους πάχος. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι ένα σύστημα διπλών υαλοπινάκων με επίστρωση low-e παρουσιάζει καλύτερη θερμική απόδοση από ένα τριπλό σύστημα στο οποίο τα φύλλα των υαλοπινάκων είναι απλά διαφανή.

Ένα πολύ λεπτό και φωτοδιαπερατό μονωτικό προϊόν είναι το σύστημα διπλών υαλοπινάκων με κενό αέρος, αν και δεν είναι διαδεδομένη η εφαρμογή του στην Ευρώπη.

➤ Εφαρμογή φιλμ ελέγχου της ακτινοβολίας σε υφιστάμενους υαλοπίνακες

Η αντικατάσταση των υαλοπινάκων μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση διαφανών φιλμ τα οποία εφαρμόζονται στην εσωτερική (τα φιλμ low-e) ή στην εξωτερική επιφάνεια του υαλοπίνακα και χρησιμεύουν για τον περιορισμό των ηλιακών κερδών τη θερινή περίοδο. Αυτή η λύση είναι

φθηνότερη από την αντικατάσταση των υαλοπινάκων αλλά φυσικά με χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση και μικρότερη διάρκεια ζωής.

➤ Πλαίσια

Η θερμοπερατότητα του πλαισίου επηρεάζει τη γενική θερμοπερατότητα του συστήματος του ανοίγματος (U) αναλόγως της σχέσης πλαισίου και γυάλινης επιφάνειας. Λόγω της υψηλής θερμικής αγωγιμότητας των μεταλλικών στοιχείων, τα πλαστικά και τα ξύλινα πλαίσια παρουσιάζουν πάντοτε βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση, ακόμη και στην περίπτωση που τα μεταλλικά πλαίσια έχουν σχεδιαστεί με θερμοδιακοπή και παρουσιάζουν καλή οικονομική απόδοση [1,9,13].

2.1.3 Θερμική μάζα

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό μέτρο και εφαρμόζεται κυρίως σε νέα κτίρια, αλλά σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να εφαρμοστεί και σε ανακαινιζόμενα. Η θερμική μάζα αποθηκεύει ενέργειας και μειώνει έτσι τις ημερήσιες και εποχιακές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Η αποθήκευση θερμικής ενέργειας δε γίνεται σε όλη τη θερμική μάζα, κατά τη διάρκεια των ημερήσιων θερμοκρασιακών μεταβολών και το πάχος της τοιχοποιίας που χρησιμεύει ως θερμική αποθήκη μπορεί να υπολογιστεί, π.χ. χρησιμοποιώντας τις μεθόδους UNI-CEN. Επίσης, η θερμική μάζα εξασφαλίζει χρονική υστέρηση, δηλαδή η χρονική διαφορά όπου παρατηρείται η μέγιστη θερμοκρασία μεταξύ της εξωτερικής και της εσωτερικής επιφάνειας. Είναι συνεπώς πολύ σημαντικό στοιχείο της στρατηγικής για μείωση τόσο των θερμικών απαιτήσεων κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, όσο και των απαιτήσεων ψύξης κατά τη διάρκεια του θέρους.

Η θερμική μάζα επηρεάζει τη θερμική άνεση, δεδομένου ότι επηρεάζει τη θερμοκρασία των επιφανειών και τη θερμοκρασία του αέρα (η θερμική άνεση των ενοίκων καθορίζεται και από τις δύο θερμοκρασίες και το συνδυασμό τους).

Για να είναι αποτελεσματική, η θερμική μάζα θα πρέπει να είναι σε επαφή με το εσωτερικό περιβάλλον. Γι αυτό συνιστάται:

- Η θερμομόνωση να τοποθετείται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει μέρος του πάχους του τοίχου να είναι μεταξύ της θερμομόνωσης και του εσωτερικού αέρα (αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση της θερμομόνωσης στο ενδιάμεσο της διπλής τοιχοποιίας ή εξωτερικά).
- Να αποφεύγονται ψευδοροφές και ψευδοπατώματα, τα οποία δημιουργούν διάκενο αέρα μεταξύ της μάζας και του εσωτερικού περιβάλλοντος, απομονώνοντας έτσι, σε μεγάλο ποσοστό, τον εσωτερικό αέρα από τη θερμική μάζα.
- Επιπλέον, για να μπορεί η θερμική μάζα να αποθηκεύει, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τη θερμική ενέργεια που εισέρχεται στο κτίριο από τις διαφανείς επιφάνειες θα πρέπει να έχει επιφάνεια με υψηλό συντελεστή απορροφητικότητας [1,9].

2.1.4 Διπλοκέλυφες όψεις

Οι διπλοκέλυφες και αεριζόμενες όψεις, σε νέα αλλά και σε υφιστάμενα κτίρια, είναι αποτελεσματικές στρατηγικές, τόσο σε ψυχρά όσο και σε θερμά κλίματα. Αυτά τα παθητικά συστήματα επηρεάζουν σημαντικά τον αερισμό, τα ηλιακά κέρδη και τις θερμικές απώλειες και συνεπώς πρέπει να σχεδιάζονται από ειδικούς και να λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες κάθε κτιρίου.

Το δεύτερο κέλυφος μπορεί να είναι διαφανές ή αδιαφανές, αναλόγως με τις ανάγκες θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού του κτιρίου και το διάκενο μπορεί να είναι φυσικά ή μηχανικά αεριζόμενο. Οι διαφανείς διπλές όψεις παρουσιάζουν αρκετές δυσκολίες στο σχεδιασμό και στη λειτουργία, για αυτό και η επιλογή αυτής της λύσης απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Ένα απλό, φυσικά αεριζόμενο δεύτερο κέλυφος, που αποτελείται από στεγανό και θερμομονωμένο πάνελ και διπλά παράθυρα, μπορεί να είναι μια πολύ καλή εναλλακτική λύση για τη βελτίωση της θερμομόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας.

Οι διπλοκέλυφες όψεις μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την προστασία του κτιρίου από υπερθέρμανση. Το εξωτερικό κέλυφος παρέχει σκιασμό στο εσωτερικό κέλυφος, ενώ ο αερισμός του διάκενου απομακρύνει τη θερμική ενέργεια η οποία διαπερνά το εξωτερικό κέλυφος. Το ιδανικό σύστημα σ' αυτή την περίπτωση είναι ένα εξωτερικό κέλυφος μικρής μάζας με υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας στην εξωτερική του επιφάνεια (για τη μείωση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας) και εσωτερική πλευρά με χαμηλή διαπερατότητα στην υπέρυθρη ακτινοβολία (low-e) (για τη μείωση της θερμικής ανταλλαγής μεταξύ των δύο στοιχείων του διπλού κελύφους). Ο ελεύθερος χώρος που δημιουργείται μεταξύ των δύο στοιχείων μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ένταξη κινητών συστημάτων σκιασμού αλλά και για την επίτευξη φυσικής κυκλοφορίας του αέρα με την ένταξη ανοιγμάτων μεταξύ του κτιρίου και του διάκενου [9].

2.1.5 Διατάξεις σκιασμού

Για την παροχή αποτελεσματικής προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι σκιάστρων. Τα σκιάστρα απαιτούν κατάλληλο προσανατολισμό, διαστασιολόγηση και χωροθέτηση και μπορεί να παρέχουν προστασία σε όλη την εξωτερική τοιχοποιία όταν συνδυάζονται με τα υποστυλώματα, τους εξώστες και τους προβόλους.

Τα εσωτερικά σκιάδια, όπως κουρτίνες και περσίδες, περιορίζουν ελάχιστα τα ηλιακά κέρδη από τα ανοίγματα.

Τα εξωτερικά σκιάστρα, ως μέθοδος βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου, εφαρμόζονται σε προσανατολισμούς με μεγάλη θερμική επιβάρυνση λόγω ηλιασμού. Αυτά μπορεί να είναι σταθερά (πρόβολοι, μπαλκόνια, περιστρεφόμενες - μη αναρτώμενες - περσίδες, πέργκολες) ή κινητά (τέντες, παντζούρια, ρολά κ.ά.), συμπαγή ή διάτρητα.

Η σκίαση είναι αποδοτικότερη όταν καλύπτει όλη την εξωτερική επιφάνεια ενός κτιρίου και όχι μόνο τα ανοίγματα. Τα σταθερά σκιάδια πρέπει να σχεδιάζονται σύμφωνα με το ηλιακό ύψος της περιοχής, ώστε να υπάρχει περιορισμός των ηλιακών κερδών το καλοκαίρι και δυνατότητα αξιοποίησής τους το χειμώνα, με βέλτιστη λύση την τοποθέτηση εξωτερικής πέργκολας με φυλλοβόλα φύτευση.

Συνιστώνται οριζόντια σε νότιους, νοτιοανατολικούς και νοτιοδυτικούς προσανατολισμούς (π.χ. με βέλτιστο μήκος 0,80-1,00 m για τυπικό νότιο παράθυρο στην περιοχή της Αθήνας), ώστε να μην εμποδίζεται ο χειμερινός ηλιασμός. Σε δυτικούς και ανατολικούς προσανατολισμούς συνιστώνται σκιάστρα κατακόρυφου τύπου.

Έμφαση πρέπει να δοθεί στη διαστασιολόγηση των σκιάστρων, ώστε να προστατεύουν το κτίριο από την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι, αλλά να επιτρέπουν την είσοδο της στο κτίριο το χειμώνα. Θα πρέπει να εξετάζεται και το θέμα του φυσικού φωτισμού ώστε να εξασφαλίζεται επάρκεια και προστασία από θάμβωση (ένα σκιάστρο μπορεί να λειτουργήσει και ως ενισχυτικό του φυσικού φωτισμού και ως ανακλαστική επιφάνεια για αποφυγή θάμβωσης, αρκεί να έχει κατάλληλες αναλογίες, θέση και οπτικές ιδιότητες).

Η ανάγκη για την τοποθέτηση των σκιάστρων πρέπει να τεκμηριώνεται από την ενεργειακή επιθεώρηση και μελέτη. Σε περίπτωση αντικατάστασης υφιστάμενου συστήματος σκίασης πρέπει να προβλέπεται η επανάχρηση/αξιοποίηση/ανακύκλωση του παλαιού συστήματος.

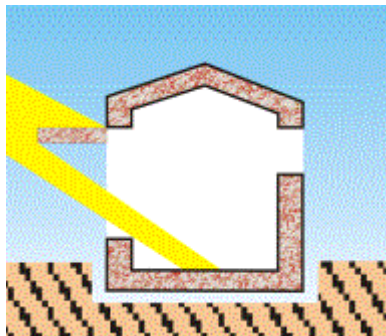
Επιπλέον, για την τεκμηρίωση της επιλογής των σκιάστρων πρέπει να ληφθεί υπόψη ο κύκλος ζωής τους (π.χ. κόστος συντήρησης και καθαρισμού).

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος της εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη από τη χρήση διατάξεων σκιασμού είναι της τάξης του 20-30%.

Η απόδοση ενός σκιάστρου εκφράζεται με το συντελεστή σκίασης (Shading Coefficient - SC): ο λόγος g του παραθύρου / g του απλού υαλοπίνακα, όπου g είναι ο συντελεστής ηλιακής ενέργειας.

Τύποι σκιάστρων:

- **Κινητές διατάξεις:** Έχουν το πλεονέκτημα της ελεγχόμενης λειτουργίας, είτε χειροκίνητης είτε αυτόματης, και της προσαρμογής της κλίσης τους αναλόγως της θέσης του ήλιου και άλλων περιβαλλοντικών παραμέτρων.
- **Εσωτερικά σκιάστρα:** Είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα προστασίας. Τοποθετούνται εύκολα αλλά η κύρια λειτουργία τους είναι ο έλεγχος της στάθμης και της κατανομής του φωτισμού. Δεν είναι αποτελεσματικά ως προς τον έλεγχο των θερμικών φορτίων γιατί δεν αποτρέπουν της είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο, αλλά εάν είναι κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυαστούν με κατάλληλους επιλεκτικούς υαλοπίνακες, σε κάποιες περιπτώσεις, παρέχουν τη δυνατότητα ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας, παράλληλα με τον έλεγχο του φυσικού φωτισμού. Τέτοιοι συνδυασμοί συνιστώνται στις περιπτώσεις που δεν μπορούν να εφαρμοστούν εξωτερικά συστήματα σκιασμού.
- **Εξωτερικά σκιάστρα:** έχουν το πλεονέκτημα ότι αποτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο (όπως και όλες οι εξωτερικές διατάξεις) και συνεπώς είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στον έλεγχο του θερμικού περιβάλλοντος. Πρέπει να είναι κατασκευασμένα από υλικά χαμηλής θερμοχωρητικότητας με ανακλαστικές τελικές επιστρώσεις, ώστε να μειώνουν την ποσότητα της ενέργειας που αποθηκεύεται στη μάζα τους και ανακλάται προς το κτίριο. Συνιστάται, επίσης, να επιλέγονται συστήματα που επιτρέπουν την κίνηση του αέρα μεταξύ των σκιάστρων και του εξωτερικού ανοίγματος του παραθύρου, ώστε να απομακρύνεται η θερμότητα που απορροφάται από τα σκιάστρα. Μερικοί τύποι εξωτερικών σκιάστρων μπορεί να παρουσιάζουν μειονεκτήματα ως προς τη συντήρηση και το χρόνο ζωής, αλλά διατίθενται στην αγορά συστήματα προηγμένης τεχνολογίας με υψηλή αντοχή στις ανεμοπιέσεις.



Σχήμα 2.5 Περιορισμός ηλιακής ακτινοβολίας με χρήση εξωτερικών σκιάστρων [15]

- **Σκιάστρα ενδιάμεσης τοποθέτησης:** Πρόκειται για διατάξεις που επιτρέπουν την τοποθέτηση των σκιάστρων μεταξύ των δύο φύλλων των υαλοπινάκων. Αποτρέπουν την είσοδο της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας, αλλά επιτρέπουν επίσης της είσοδο ακτινοβολίας κατά τη χειμερινή περίοδο, με κατάλληλη κλίση. Έχουν μέση απόδοση όσον αφορά στη μείωση των ανεπιθύμητων θερμικών κερδών, δεδομένου ότι η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο διάκενο μεταξύ των υαλοπινάκων, αυξάνοντας έτσι τη θερμοκρασία στο διάκενο και μέρος αυτής μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο. Ένα πιθανό μειονέκτημα είναι η δημιουργία υδρατμών μεταξύ των δύο υαλοπινάκων κατά τη διάρκεια του χειμώνα.
- **Τέντες - κινητά πετάσματα:** Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των σταθερών διατάξεων και την ευελιξία των κινητών.
- **Σταθερές διατάξεις:** είναι διατάξεις ειδικά σχεδιασμένες για συγκεκριμένο κτίριο και είναι μικρότερης ευελιξίας από τις κινητές. Απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό τους γιατί μπορεί να περιορίζουν τα ηλιακά κέρδη σε περιόδους που είναι επιθυμητά. Για τον καθορισμό των βέλτιστων γεωμετρικών χαρακτηριστικών, ώστε να εξασφαλίζεται σκιασμός κατά τη θερινή περίοδο χωρίς μείωση των ηλιακών κερδών κατά το χειμώνα, υπάρχουν στη διάθεση των μελετητών διαγράμματα και εξειδικευμένα λογισμικά.

- **Προεξοχές - Πρόβολοι:** Είναι πολύ διαδεδομένα συστήματα στις περιοχές με θερμό κλίμα. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα τους είναι ότι, εάν τοποθετηθούν σωστά, επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας όταν ο ήλιος είναι χαμηλά (το χειμώνα) και την αποτρέπουν το καλοκαίρι (αποτρέπουν επίσης και μέρος της διάχυτης ακτινοβολίας). Ο κύριος περιορισμός τους είναι ότι είναι κατάλληλα μόνο για νότια ανοίγματα. Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δέχονται ακτινοβολία χαμηλού ύψους ήλιου, επομένως απαιτούν άλλα (κατακόρυφα) συστήματα προστασίας.
- **Ανακλαστικές διατάξεις (ράφια) φωτισμού:** Είναι ένα πολύ αποτελεσματικό σύστημα το οποίο μπορεί να συνδυάσει έλεγχο του φυσικού φωτισμού και σκιασμό. Είναι οριζόντιες ανακλαστικές επιφάνειες που τοποθετούνται στο ψηλότερο τμήμα και μέσα στα ανοίγματα ή ακριβώς έξω από αυτά. Με κατάλληλη τοποθέτηση τους και συνδυασμό τους με τους προβόλους μπορούν να σκιάσουν μεγάλο τμήμα του ανοίγματος και παράλληλα να επιτρέπουν στο φυσικό φως να διεισδύει στις βαθύτερες ζώνες του χώρου, μέσω ανακλάσεων μεταξύ της ανακλαστικής διάταξης και της οροφής του χώρου.
- **Περσίδες:** Παρόλο που οι περσίδες χρησιμοποιούνται συνήθως ως σταθερές διατάξεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως κινητές. Εάν είναι κινητές, αποτρέπουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία (και μερικώς τη διάχυτη), ενώ επιτρέπουν την είσοδο της κατά τη χειμερινή περίοδο. Όταν είναι σταθερές παρέχουν επίσης ασφάλεια. Βέβαια, μπορεί να παρουσιάσουν το μειονέκτημα του περιορισμού της θέας και να αυξήσουν την απαίτηση για τεχνητό φωτισμό. Επίσης, όπως μπορεί να συμβεί με όλες τις εξωτερικές διατάξεις, η συντήρησή τους μπορεί να είναι δύσκολη εάν δεν έχει προβλεφθεί σύστημα πρόσβασης στη φάση του σχεδιασμού του κτιρίου.

Επίσης, οι περσίδες μπορεί να επηρεάζουν τη ροή του αέρα (είτε να διευκολύνουν είτε να εμποδίζουν το φυσικό αερισμό), αναλόγως της γεωμετρίας τους, της κλίσης τους και του άμεσου περιβάλλοντος του κτιρίου.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι περσίδων. Κάποιοι έχουν ειδικό ανακλαστικό σχήμα το οποίο αποτρέπει την άμεση προσπίπτουσα ακτινοβολία μεγάλης γωνίας, αλλά ανακλούν την ακτινοβολία μικρής γωνίας προς την οροφή του χώρου (αυξάνοντας έτσι τον εισερχόμενο φυσικό φωτισμό και εξασφαλίζοντας εξοικονόμηση ενέργειας και συνθήκες άνεσης) [8,9,13,19].

2.1.6 Αεροστεγανότητα

Η μείωση της αεροπερατότητας μπορεί να συνεισφέρει έως και 20% [9] στην εξοικονόμηση ενέργειας, σε κλίματα που κυριαρχούν οι ανάγκες θέρμανσης. Τα παράθυρα και οι πόρτες αποτελούν συνήθως τα αδύνατα σημεία του κελύφους και απαιτούν προσεκτικό σχεδιασμό, καθώς και τα συνδετικά στοιχεία του σκελετού του κτιρίου και της τοιχοποιίας.

2.1.7 Μείωση του ύψους του χώρου

Η μείωση του ύψους του χώρου μειώνει τη διαστρωμάτωση του αέρα. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μείωση του όγκου του αέρα που απαιτείται να θερμανθεί κατά τη χειμερινή περίοδο.

2.1.8 Χρήση ειδικών επιχρισμάτων (χρήση «ψυχρών» υλικών) σε οροφές και όψεις

Η ανακλαστικότητα των εξωτερικών επιφανειών είναι θεμελιώδες χαρακτηριστικό των «ψυχρών» υλικών και μπορεί σχετικά εύκολα να διαφοροποιηθεί με απλή επεξεργασία των επιφανειών, όπως η εφαρμογή ανακλαστικής βαφής στην οροφή του κτιρίου και στους εξωτερικούς τοίχους. Η ανακλαστικότητα είναι η ικανότητα της επιφάνειας να ανακλά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1. Στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική, σε θερμά κλίματα (π.χ. στην περιοχή της Μεσογείου) είναι εκτεταμένη η χρήση εξωτερικών λευκών επιφανειών. Οι λευκές οροφές και οι λευκοί τοίχοι απορροφούν μικρότερη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας από τις σκουρόχρωμες επιφάνειες.

Τα ψυχρά υλικά είναι κατ' εξοχήν επιστρώσεις με υψηλή ανακλαστικότητα στο ηλιακό φάσμα και υψηλό συντελεστή θερμικής εκπομπής. Βασική τους ιδιότητα είναι η ανάκλαση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα τη μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας των δομικών στοιχείων. Η ιδιότητα αυτή είναι σημαντική για τη μείωση των ψυκτικών φορτίων και των εσωτερικών θερμοκρασιών των χώρων το καλοκαίρι. Η απόδοση των «ψυχρών» υλικών αυξάνεται, συγκριτικά με ένα συμβατικό υλικό επίστρωσης, όσο πιο σκούρο είναι το χρώμα του. Ως «ψυχρά» υλικά συμπεριφέρονται και τα ανοιχτόχρωμα υλικά, τα οποία προσεγγίζουν το λευκό.



Σχήμα 2.6 Ανακλαστικότητα «ψυχρών» υλικών στις επιφάνειες του κτιρίου [15]

Η βιομηχανική έρευνα έχει δώσει προϊόντα βαφής σκούρων αποχρώσεων που εφαρμόζονται για τη δημιουργία «ψυχρών» οροφών και ανακλούν την υπέρυθρη ακτινοβολία η οποία αντιστοιχεί στο ήμισυ της ενέργειας του ηλιακού φωτός. Οι «ψυχρές» οροφές και τοίχοι ανακλούν μεγαλύτερο ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε σύγκριση με τις συμβατικές επιφάνειες, εξασφαλίζοντας έτσι χαμηλότερες θερμοκρασίες στο εσωτερικό των κτιρίων, με συνέπεια τη μείωση της χρήσης ενέργειας για κλιματισμό και τη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμονησίδας. Εάν το κτιριακό κέλυφος είναι καλά μονωμένο και η θερμομόνωση είναι τοποθετημένη εξωτερικά, τα θερμικά κέρδη κατά το χειμώνα προέρχονται μόνο από τα ανοίγματα. Συνεπώς, οι επιφάνειες υψηλής ανακλαστικότητας δεν επιβαρύνουν τη χειμερινή λειτουργία.

Η χρήση ειδικών «ψυχρών» υλικών συνιστάται:

- Σε οροφές, οι οποίες είναι ήδη θερμομονωμένες ή σε οροφές στις οποίες δεν είναι δυνατή η προσθήκη θερμομόνωσης (θα πρέπει να τεκμηριώνεται από κατάλληλη μελέτη).
- Σε οροφές όπου προστίθεται θερμομόνωση και τα «ψυχρά» υλικά τοποθετούνται για συμπληρωματικό όφελος.
- Σε οροφές ή σημεία οροφών όπου (για τεχνικούς, οικονομικούς ή και άλλους λόγους) δεν κρίνεται σκόπιμη η φύτευση.
- Όταν η επιφάνεια εφαρμογής των ψυχρών υλικών είναι ασκίαστη κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας τους μήνες Ιούνιο-Σεπτέμβριο.
- Όταν το εν λόγω κτίριο παρουσιάζει σημαντικά υψηλά ψυκτικά φορτία, σε σχέση με τα φορτία θέρμανσης.
- Για εφαρμογή σε τοίχους, όταν η προσθήκη μόνωσης δεν αποτελεί ενδεδειγμένη λύση, είτε για κατασκευαστικούς λόγους είτε λόγω μεγάλων ψυκτικών φορτίων.

Θα πρέπει, σε κάθε περίπτωση, να τεκμηριώνεται από την ενεργειακή μελέτη και από το κόστος, ότι η επένδυση είναι οικονομικά αποδοτική.

Επί πλέον, θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη επανεπάλειψης της επιφάνειας, ιδιαίτερα για οριζόντιες επιφάνειες, με «ψυχρό» επίχρισμα, κάθε 3-4 χρόνια.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος της εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη με τη χρήση ειδικών επιχρισμάτων είναι της τάξης του 20-30% σε παρακείμενους χώρους [1].

2.1.9 Προσθήκη υγραμόνωσης

Η εφαρμογή εξωτερικής υγραμόνωσης (μεμβράνες ή αδιαβροχοποιητικές επικαλύψεις) και σύστημα αποστράγγισης για τον περιορισμό της υγρασίας σε υπόγειους χώρους που εφάπτονται με το έδαφος, συμβάλουν στον περιορισμό των θερμικών και ψυκτικών φορτίων. Οι τοιχοποιίες και τα δάπεδα που εφάπτονται με το έδαφος, λειτουργούν σαν πηγή θερμότητας (χειμώνα) και δροσισμού (καλοκαίρι) μέσα στο χώρο που περιβάλλουν.

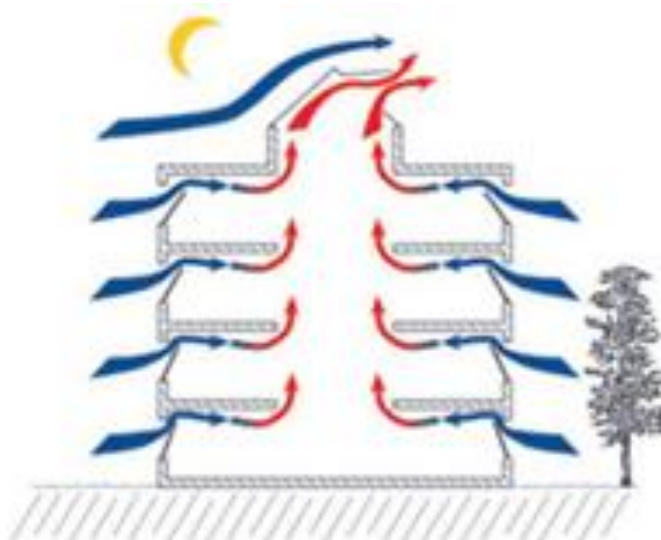
2.1.10 Φυσικός/νυχτερινός αερισμός

Ο διαμπερής και νυχτερινός αερισμός περιορίζουν τα ψυκτικά φορτία τη θερινή περίοδο. Η ύπαρξη ανοιγμάτων οροφής (φεγγίτες, φωταγωγοί, ηλιακές καμινάδες κ.α.) συμβάλουν στον αερισμό και απομάκρυνση της θερμότητας με ανοδική όδευση που εγκλωβίζεται μέσα στους χώρους.

Με την εφαρμογή του αερισμού, ιδιαίτερα κατά τις ενδιάμεσες περιόδους του έτους (Απρίλιο έως Μάιο και Σεπτέμβρη έως Οκτώβρη) και τις βραδινές ώρες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 10% - 15% χωρίς καμία επιπλέον οικονομική επιβάρυνση εγκατάστασης εξοπλισμού.

Εάν ο φυσικός αερισμός δεν μπορεί να επιτευχθεί επαρκώς με φυσικό τρόπο, συνιστάται η χρήση μηχανικού ή και υβριδικού αερισμού.

Ο επαρκής φυσικός αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλα τοποθετημένα και διαστασιολογημένα ανοίγματα. Με αυτά εξασφαλίζεται διαμπερής ή κατακόρυφος αερισμός τις επιθυμητές εποχές και ώρες του έτους. Για το διαμπερή αερισμό μπορούν να χρησιμοποιηθούν παράθυρα ή τμήματα παραθύρων, φεγγίτες ή θυρίδες εισόδου και εξόδου του αέρα. Συμπληρωματικά για την επίτευξη του κατακόρυφου αερισμού (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού), μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανοίγματα στην οροφή ή σε απολήξεις κλιμακοστασίων ή και καμινάδες αερισμού (αιολικές ή ηλιακές καμινάδες).



Σχήμα 2.7 (α) Διαμπερής αερισμός [15]



Σχημα 2.7 (β) Κατακόρυφος αερισμός [15]

Μέτρα που μπορούν να συνεισφέρουν στον έλεγχο του αερισμού (οριζόντιου και κατακόρυφου) και στην εξοικονόμηση ενέργειας είναι:

- Έλεγχος ανοίγματος θυρών και παραθύρων (χειροκίνητος ή αυτόματος).
- Κατάλληλος σχεδιασμός των παραθύρων για εξασφάλιση αερισμού.
- Έλεγχος του ανοίγματος των θυρών μεταξύ ζωνών με διαφορετικές θερμοκρασίες ρύθμισης.
- Χρήση κλιμακοστασίων και αίθριων για κατακόρυφο αερισμό.

Επίσης, στη φάση του σχεδιασμού του κτιρίου, μπορεί να υιοθετηθεί ο διαχωρισμός της λειτουργίας τμημάτων των ανοιγμάτων ώστε να εξασφαλίζεται αερισμός αλλά και ασφάλεια των χώρων, μέσω της τοποθέτησης προστατευτικών μεταλλικών πλεγμάτων, καθώς και η προσθήκη ανοιγμάτων για παροχή επιπλέον φυσικού φωτισμού, παράλληλα με τα υπόλοιπα ανοίγματα.

Στην ενεργειακή μελέτη θα πρέπει να αναφέρεται η παροχή νωπού αέρα (αλλαγές αέρα ανά ώρα ή κυβικά μέτρα ανά ώρα) καθώς και ποια ανοίγματα συνεισφέρουν στο φυσικό αερισμό, με ποιο τρόπο θα επιτυγχάνεται η επιθυμητή λειτουργία τους καθώς και η μείωση, με τον τρόπο αυτό, της απαιτούμενης ή καταναλισκόμενης ενέργειας [18,29].

2.1.11 Χρήση φύτευσης

Η εξωτερική φύτευση με φυλλοβόλα δένδρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μερικό σκιασμό των κτιριακών όψεων και για τη μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά τους θερινούς μήνες ως βελτίωση μικροκλίματος. Τα φυτά απορροφούν ηλιακή ακτινοβολία και παράγουν υδρατμούς, με αποτέλεσμα να ψυχραίνουν τον αέρα στο άμεσο περιβάλλον.

Είναι επίσης δυνατό να χρησιμοποιηθεί φύτευση για τη δημιουργία «πράσινων» οροφών και όψεων. Το έδαφος και τα φυτά που καλύπτουν την επιφάνεια του κτιρίου παρέχουν θερμομόνωση και αυξάνουν τη θερμοχωρητικότητα του κτιρίου. Έχουν συνεπώς πολύ θετική επίδραση σε κλίματα με ψηλές απαιτήσεις ψύξης. Πριν την τοποθέτησή τους πρέπει να προηγηθεί στατική μελέτη της οροφής και εφαρμογή αποστράγγισης και υδρομόνωσης.

Χρησιμοποιούνται κυρίως φυλλοβόλα φυτά, ώστε να επιτρέπουν τα θερμικά κέρδη κατά τη χειμερινή περίοδο και ποικιλίες με χαμηλή απαίτηση σε νερό, όπως είναι τα παχύφυλλα, κακτοειδή κτλ. Τα αναρριχητικά φυτά συμβάλουν στη σκίαση του κελύφους αλλά προκαλούν ζημιές στο κτιριακό κέλυφος. Για τη δημιουργία διάκενου μεταξύ της τοιχοποιίας και της φύτευσης, ώστε να εξασφαλίζεται αερισμός αλλά και προστασία των επιφανειών από την ανάπτυξη των φυτών, χρησιμοποιούνται μεταλλικά πλέγματα για τη στήριξη των αναρριχόμενων φυτών, σε απόσταση 30-40 εκ. από την τοιχοποιία.



Εικόνα 2.1 Φύτευση οροφής [15]

Η φύτευση θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 60% της οροφής. Η εφαρμογή της φυτεμένης οροφής θα πρέπει να περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες κατασκευαστικές λεπτομέρειες και εργασίες (στεγανοποίηση με διπλή στεγάνωση, αποστραγγιστικό στρώμα, κηπευτικό στρώμα, φυτά και σύστημα άρδευσης). Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται φυτεμένα δώματα εκτατικού τύπου ή το αποστραγγιστικό στρώμα είναι κροκάλες, θα πρέπει να έχει προηγηθεί στατικός έλεγχος του δώματος, ιδιαίτερα για κατασκευές προ του 1981.

Θα πρέπει να δίνεται και μια απλή μελέτη πρόβλεψης άρδευσης του φυτεμένου χώρου και να τεκμηριώνεται η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης νερού.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος της εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη είναι της τάξης του 20% στον υποκείμενο όροφο του κτιρίου [1].

2.1.12 Εγκατάσταση/ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων

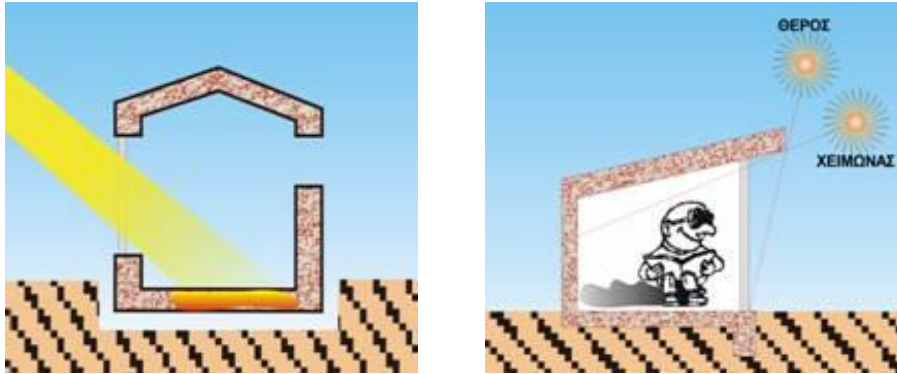
Σημαντική συνεισφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση ενός κτιρίου αποτελεί η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας με διάφορες τεχνικές στο κτιριακό κέλυφος. Το πιο σημαντικό στοιχείο στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση των κτιρίων το χειμώνα αλλά και για αποφυγή της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι είναι ο σωστός προσανατολισμός των ανοιγμάτων.

Ο νότιος προσανατολισμός (με απόκλιση 30° ανατολικά ή δυτικά) είναι αυτός που δέχεται επαρκή ακτινοβολία και συνιστάται για τη βελτιστοποίηση του ηλιασμού των χώρων που έχουν μεγαλύτερη ανάγκη για θέρμανση. Νότιου προσανατολισμού ανοίγματα που δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα, με κατάλληλα οριζόντια σκίαστρα, επιβαρύνονται ελάχιστα το καλοκαίρι. Ανοίγματα στο βορρά βοηθούν στην καλύτερη ποιότητα φωτισμού στο χώρο γιατί δέχονται μόνο διάχυτο και όχι άμεσο φως, συνιστώνται για το καλοκαίρι, αλλά πρέπει να είναι περιορισμένης επιφάνειας γιατί παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες το χειμώνα. Η αξιοποίηση του ανατολικού προσανατολισμού ανοιγμάτων προτείνεται για ηλιασμό των χώρων κατά τις πρωινές ώρες, ενώ, τα δυτικά ανοίγματα έχουν τη δυσμενέστερη θερμική συμπεριφορά όλο το χρόνο. Γι' αυτό συνιστώνται μόνο όπου είναι απαραίτητο για λόγους φωτισμού ή θέας. Γενικά, στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα πρέπει να προβλέπονται εξωτερικές και κατακόρυφες διατάξεις σκίασης.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα στα κτίρια αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων το χειμώνα. Αποτελούν δομικά στοιχεία του κτιρίου, που αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του

θερμοκηπίου και ειδικότερο, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της προκύπτουσας θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου.

Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα είναι το σύστημα άμεσου κέρδους, που περιλαμβάνει το σχεδιασμό παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού και μεγέθους, σε συνδυασμό με την απαιτούμενη θερμική μάζα (βαριά υλικά, όπως πέτρα, πλάκες μπετόν στους τοίχους και στα δάπεδα, χωρίς να είναι καλυμμένα, π.χ. από χαλιά), η οποία απορροφά μέρος της εισερχόμενης ακτινοβολίας και θερμότητας και την αποδίδει στο χώρο αργότερα και έτσι διατηρείται ο χώρος θερμός για περισσότερες ώρες.



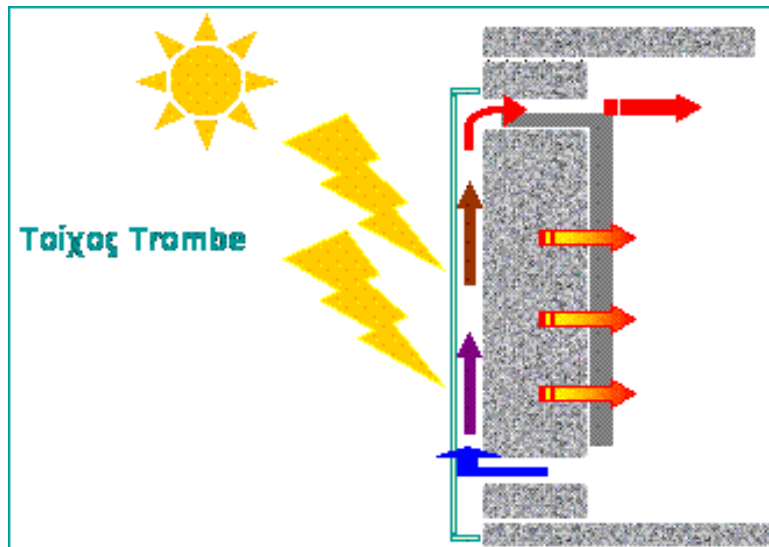
Σχήμα 2.8 Κατάλληλος προσανατολισμός ανοιγμάτων (παθητικό ηλιακό σύστημα άμεσου κέρδους) [15]

Μερικά παθητικά συστήματα έμμεσου κέρδους είναι:

- **Ηλιακοί τοίχοι:** Έχουν στην εξωτερική τους πλευρά, σε μικρή απόσταση (περίπου 15 cm) από την τοιχοποιία, τζάμι (υαλοπίνακα) και λειτουργούν ως ηλιακοί συλλέκτες μεταφέροντας τη θερμότητα είτε μέσω του υλικού του τοίχου (τοίχος θερμικής αποθήκευσης), είτε μέσω θυρίδων (θερμοσιφωνικό πάνελ) στον εσωτερικό χώρο. Συνδυασμός των δύο λειτουργιών είναι ο τοίχος μάζας με θυρίδες ή τοίχους Trombe-Michel (σχήμα 2.9).



Εικόνα 2.2 Τοίχος θερμικής αποθήκευσης [15]

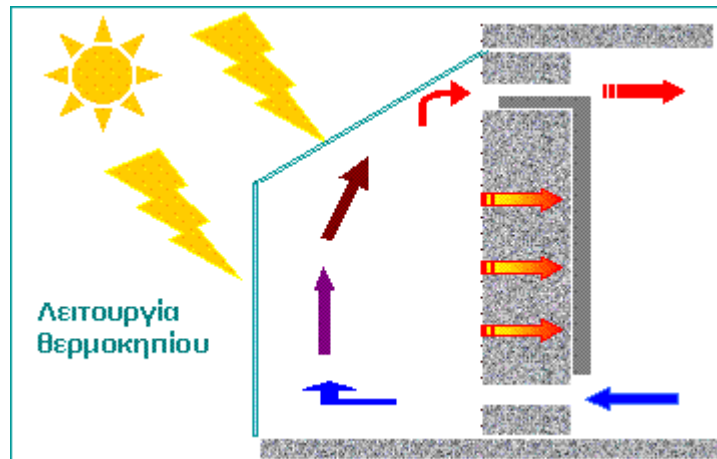


Σχημα 2.9 Λειτουργία τοίχου Trombe [15]

- **Θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι):** Είναι κλειστοί χώροι που ενσωματώνονται σε νότια τμήματα του κτιριακού κελύφους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων ή των ενδιάμεσων τοίχων. Για την περίπτωση προσθήκης θερμοκηπίου σε υφιστάμενο κτίριο θα πρέπει να υπάρχει είτε σχετική οικοδομική άδεια (τροποποίηση) είτε βεβαίωση ότι με την προσθήκη δε θα υπάρχει υπέρβαση στους συντελεστές δόμησης και κάλυψης.



Εικονα 2.3 Χρήση θερμοκηπίου στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου [15]

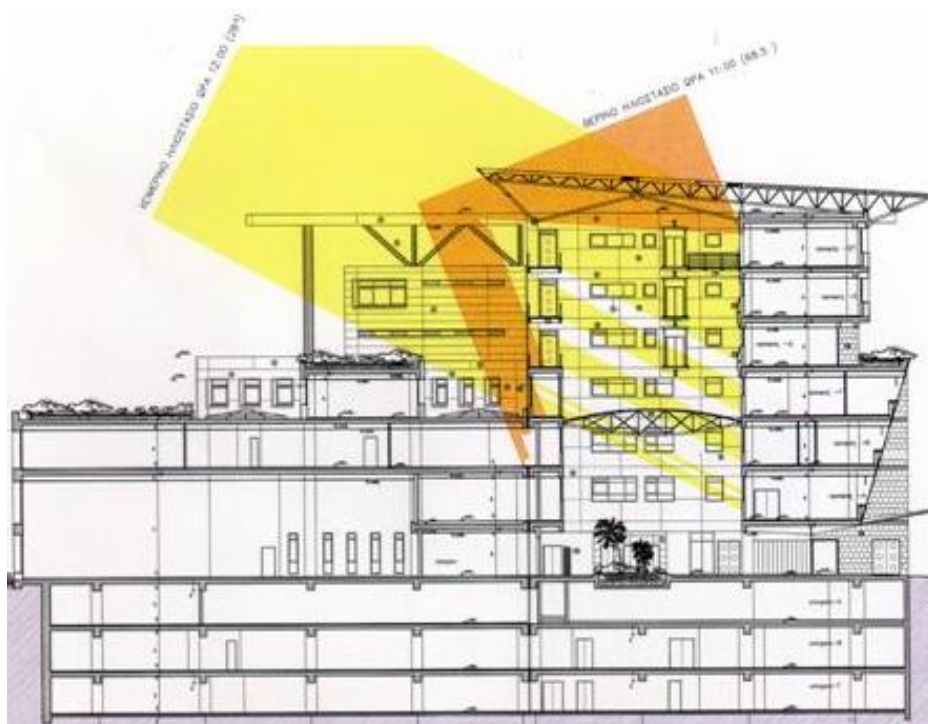


Σχήμα 2.10 Λειτουργία θερμοκηπίου στα κτίρια [15]

- **Ηλιακά αίθρια:** Είναι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου οι οποίοι έχουν στην οροφή τους υαλοστάσια και λειτουργούν όπως τα θερμοκήπια.



Εικόνα 2.4 Ηλιακό αίθριο [15]



Σχήμα 2.11 Ενεργειακός Σχεδιασμός του κτιρίου της Ε.Σ.Υ.Ε. στην οδό Πειραιώς:
Τομή κτιρίου - ανάλυση ηλιασμού και σκιασμού των ηλιακών αιθρίων [15]

Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα προσαρτώνται σε όψεις του κτιρίου με νότιο προσανατολισμό, οι οποίες θα πρέπει να μη σκιάζονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Επί πλέον, συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική προστασία, καθώς και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία (π.χ. χρήση φυλλοβόλων δέντρων, οριζόντιο σκίαση, τέντες, περσίδες) και πάντοτε με δυνατότητα αερισμού.

Θα πρέπει επίσης να τεκμηριώνεται και να περιγράφεται ο έλεγχος της λειτουργίας των συστημάτων σκίασης κατά τη θερινή περίοδο για την αποφυγή υπερθέρμανσης των χώρων.

Η εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων συνιστάται κυρίως στις Κλιματικές Ζώνες Γ και Δ του ΚΕΝΑΚ (ν. 3661/08) [8,16,29].

2.2 Ενεργειακή αναβάθμιση των Η/Μ εγκαταστάσεων

2.2.1 Αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης

Τα μέρη ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι:

1. Ο λέβητας.
2. Ο καυστήρας.
3. Οι κυκλοφορητές και η δεξαμενή καυσίμων.
4. Οι διατάξεις ασφαλείας.
5. Οι σωληνώσεις.
6. Τα θερμαντικά σώματα.

Η κατάσταση των σημερινών συστημάτων κεντρικής θέρμανσης είναι κακή. Πάνω από το 35% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται ετησίως στην Ελλάδα είναι στα κτίρια, καθώς πάνω από το 50% αυτής οφείλεται στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης. Με δεδομένο το γεγονός ότι η πλειοψηφία του ελληνικού πληθυσμού κάνει χρήση κεντρικής θέρμανσης, τα περιθώρια εξοικονόμησης είναι μεγάλα.

Ενδεικτικές προτεινόμενες τεχνικές παρεμβάσεις για την αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι:

1. Θερμομόνωση της κεντρικής στήλης της θέρμανσης.
2. Θερμοστατικές βαλβίδες σωμάτων και ακριβείς θερμοστάτες χώρου ή σύστημα αντιστάθμισης.
3. Αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου).
4. Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης πετρελαίου με φυσικό αέριο, όπου υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με δίκτυο.

Περαιτέρω ανάλυση για την αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ακολουθεί σε επόμενο κεφάλαιο [11].

2.2.2 Αναβάθμιση συστήματος κλιματισμού

Ο βαθμός ενεργειακής αποδοτικότητας της λειτουργίας ενός κλιματιστικού συστήματος σε μερικά φορτία, είναι συνήθως χαμηλότερος από τον αντίστοιχο του πλήρες φορτίου. Για αυτό το λόγο δεν προτείνεται η υπερδιαστασιολόγηση του συστήματος. Οι κύριοι λόγοι υπερδιαστασιολόγησης είναι οι ανάγκες άνεσης (αποδεκτή θερμοκρασία και υγρασία σε μικρούς χρόνους απόκρισης) ακόμα και κατά τη διάρκεια του πλήρους φορτίου και πιθανή μελλοντική αύξηση της δραστηριότητας που θα οδηγήσει σε αύξηση των ψυκτικών απαιτήσεων.

Συνήθως οι κατασκευαστές δίνουν το λόγο ενεργειακής αποδοτικότητας των συστημάτων. Όποτε επιλέγεται το σύστημα, επιλέγεται ο εξοπλισμός με το μεγαλύτερο λόγο ενεργειακής αποδοτικότητας. Ωστόσο, όπως ειπώθηκε και παραπάνω, η αποδοτικότητα των μερικών φορτίων είναι συχνά αρκετά διαφορετική από αυτή σε πλήρες φορτίο που δίνεται από τους κατασκευαστές. Αν η αποδοτικότητα σε μερικά φορτία είναι διαθέσιμη πρέπει να επιλεγεί ο εξοπλισμός που ελαχιστοποιεί την ενεργειακή κατανάλωση

Για τα τοπικά κλιματιστικά (αντλίες θερμότητας διαιρούμενου ή μη τύπου), προτείνεται η χρήση συστημάτων με απόδοση Energy Efficiency Ratio (EER)>3. Τα συστήματα με ενσωματωμένο ρυθμιστή στροφών (inverter) που περιορίζουν την κατανάλωση σε περιπτώσεις απαίτησης μερικών φορτίων, προτείνονται μόνο στην περίπτωση συνεχούς λειτουργίας των συστημάτων για ψύξη και όχι για συστήματα που λειτουργούν περιστασιακά όπως σε περιπτώσεις καύσωνα.

Οι μεμονωμένες τεχνικές βελτιώσεις δεν μπορούν από μόνες τους να οδηγήσουν σε υψηλές μακροπρόθεσμες αποδόσεις. Η συντήρηση και λειτουργία είναι απαραίτητη γιατί επιτρέπει την αύξηση ή τη διατήρηση των αποδόσεων, της διαθεσιμότητας, της αξιοπιστίας και κατά επέκταση τη μείωση ή τη διατήρηση των λειτουργικών δαπανών.

2.2.3 Αναβάθμιση στους κυκλοφορητές

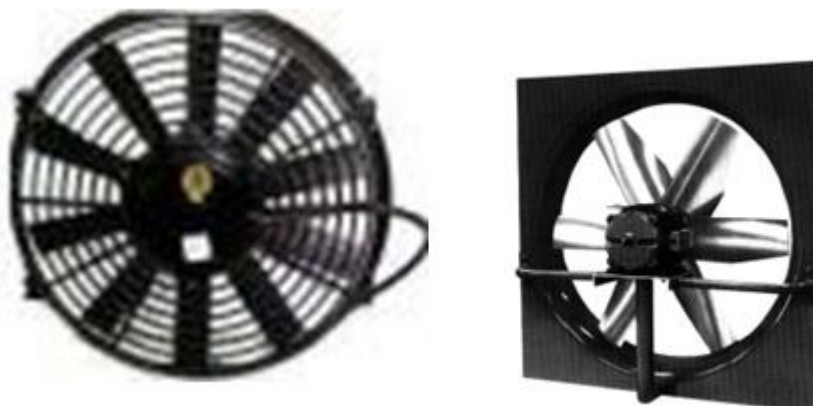
Η χρήση νέας τεχνολογίας κυκλοφορητών υψηλής απόδοσης μπορεί να επιφέρει μείωση της ετήσιας χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους κυκλοφορητές κατά 60%.

2.2.4 Μηχανικός αερισμός (free cooling)

Με την εφαρμογή του αερισμού είτε μηχανικού είτε φυσικού κατά τις ενδιάμεσες περιόδους (Απρίλιος-Μάιος και Σεπτέμβριος-Οκτώβριος) και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού τις βραδινές ώρες, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας χωρίς επιπλέον οικονομική επιβάρυνση εγκατάστασης εξοπλισμού, παρά μόνο το κόστος λειτουργίας των ανεμιστήρων.

Στα περισσότερα μεγάλα κτίρια (επιχειρήσεις, δημοτικά κτίρια) ο μηχανικός αερισμός συνιστάται για τον πλήρη έλεγχο της λειτουργίας του αερισμού, ο οποίος με φυσικό τρόπο μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος σε λειτουργικά θέματα, όπως το άνοιγμα και το κλείσιμο παραθύρων, φεγγιτών κ.ο.κ. Ο μηχανικός αερισμός, μπορεί να γίνει είτε μέσω του κεντρικού συστήματος

κλιματισμού σε free cooling mode, με την κατάλληλη ρύθμιση είτε μέσω υφισταμένων αεραγωγών ή και απλών ανεμιστήρων εισαγωγής και απαγωγής αέρα στους χώρους.



Εικόνα 2.12 Ανεμιστήρες εισαγωγής και απαγωγής αέρα [15]

Η λειτουργία του συστήματος μηχανικού αερισμού συνιστάται να γίνεται αυτόματα (π.χ. με χρονοδιακόπτη ή με θερμοστάτη) κατά προτίμηση μέσω του συστήματος ενεργειακής διαχείρισης του κτιρίου (BEMS) εφ' όσον υπάρχει ή έχει εγκατασταθεί στο κτίριο.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος της εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη με μηχανικό είναι της τάξης του 10-15% [1].

2.2.5 Υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες οροφής

Συμπληρωματικά του συστήματος φυσικού ή μηχανικού αερισμού συνιστάται η εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής. Με τον τρόπο αυτό ανεβαίνει το θερμοκρασιακό όριο θερμικής άνεσης, καθώς η μεταφορά θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα μέσω του δημιουργούμενου ρεύματος, αντιστοιχεί σε 3-4 βαθμούς χαμηλότερη «αισθητή» θερμοκρασία. Σε ένα κτίριο με την κατάλληλη θερμική και ηλιακή προστασία, η θερμοκρασία άνεσης με τη χρήση ανεμιστήρων οροφής μπορεί να φτάσει και τους 29-32°C. Για κάθε βαθμό αύξησης του θερμοστάτη έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 7%. Έτσι, συνέπεια της χρήσης ανεμιστήρων οροφής είναι η χρονική μείωση της χρήσης και η ενεργειακά αποδοτική λειτουργία του κλιματιστικού συστήματος.



Εικόνα 2.6 Ανεμιστήρας οροφής [15]

Η παρέμβαση αυτή ενδείκνυται ιδιαίτερα, όταν δεν προβλέπεται σύστημα κλιματισμού ή συνδυάζεται με απομάκρυνση των split unit κλιματιστικών και με την παράλληλη ύπαρξη συστημάτων φυσικού ή μηχανικού αερισμού στο χώρο.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος της εξοικονόμησης ενέργειας για ψύξη με τη χρήση ανεμιστήρων είναι της τάξης του 20-30% [1].

2.2.6 Παράγωγή ζεστού νερού χρήσης

Η κατανάλωση του νερού και ειδικότερα του ζεστού νερού χρήσης είναι συνυφασμένη με την ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου στις κοινωνίες των ανθρώπων. Ο μέσος όρος κατανάλωσης ζεστού νερού χρήσης ανά άτομο σήμερα κυμαίνεται από 30 έως 60 λίτρα ανά την ημέρα. [www.ydrometal.gr]

Συνήθως γίνεται υπερδιαστασιολόγηση των απαιτήσεών μας προκαλώντας έτσι αναμφίβολα αύξηση στο κόστος αγοράς του εξοπλισμού αλλά και στο κόστος λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης.

Μεγέθη όπως η ελάχιστη επιθυμητή θερμοκρασία του νερού, η συνολική ημερήσια κατανάλωση και η απαιτητή παροχή στην ώρα αιχμής είναι απαραίτητο να υπολογίζονται από τα πρώτα στάδια της μελέτης.

➤ Ζεστό νερό χρήσης

Δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού και εναλλάκτης θερμότητας

Ο λειτουργία της δεξαμενής αποθήκευσης ζεστού νερού είναι να εξασφαλίζει απόθεμα ενέργειας για τις μέρες με περιορισμένη ηλιακή ακτινοβολία. Η χωρητικότητά της θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού, για να αποφευχθεί η έλλειψη του, σε ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια.

Κυρίως χρησιμοποιούνται χαλύβδινες δεξαμενές με επισμάλτωση. Για την προστασία από τη διάβρωση απαιτούν μαγνήσιο. Οι δεξαμενές αποθήκευσης από ανοξείδωτο χάλυβα έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής αλλά είναι ακριβότεροι.

Ο εναλλάκτης θερμότητας του συμβατικού θερμοσίφωνα τοποθετείται στο ανώτερο σημείο της δεξαμενής για να τον προστατέψει από τη θέρμανση ποσότητας νερού μεγαλύτερης από την απαιτούμενη.

Διαστασιολόγηση του συστήματος

Όταν η διαστασιολόγηση γίνεται από κάποιον ειδικό, που χρησιμοποιεί ειδικό λογισμικό και διαγράμματα για τον υπολογισμό της επιφάνειας του συλλέκτη και του μεγέθους της δεξαμενής αποθήκευσης, το αποτέλεσμα είναι το καλύτερο δυνατό. Ο σχεδιασμός και η διαστασιολόγηση των συστημάτων ηλιακών συλλεκτών και των δεξαμενών αποθήκευσης, θα πρέπει να γίνει από κατάλληλα εκπαιδευμένο τεχνικό, με τη χρήση προσαρμοσμένων λογισμικών και διαγραμμάτων.

➤ Προτεραιότητα όπου αυτό είναι δυνατόν, στη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας

Πέρα από τα αδιαφιλονίκητα οικολογικά οφέλη που απορρέουν από τη χρήση των ήπιων μορφών ενέργειας, υπάρχουν και τα οικονομικά οφέλη, αφού η ενέργεια αυτή παρέχεται από τη φύση πραγματικά δωρεάν.

Ωστόσο, το σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να καλύπτει και τις ανάγκες για ζεστό νερό χρήσης, αφού οι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες καταναλώνουν την τριπλάσια πρωτογενή ενέργεια για την κάλυψη του ίδιου φορτίου.

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (νόμος 3661/08, έγκριση ΚΕΝΑΚ), σε όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια είναι υποχρεωτική η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα. Το ελάχιστο ποσοστό του ηλιακού μεριδίου σε ετήσια βάση καθορίζεται σε 60%. Οι υπόλοιπες ανάγκες πρέπει να καλύπτονται από το κεντρικό σύστημα θέρμανσης, με παράλληλη χρήση ηλεκτρικής αντίστασης για εφεδρεία.

➤ Χρήση αυτοματισμών ελέγχου

Το κόστος αγοράς ενός αυτοματισμού ελέγχου θερμοκρασιών για μία εγκατάσταση παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, είναι σήμερα σε χαμηλά επίπεδα, ενώ εξασφαλίζει πολλά πλεονεκτήματα, όπως την εκμετάλλευση και της παραμικρής διαφοράς θερμοκρασίας και τη βέλτιστη λειτουργία αναμικτικών βανών και κυκλοφορητών επιτυγχάνοντας οικονομία. Με τη χρήση του κατάλληλου αυτοματισμού μπορεί να δοθεί προτεραιότητα στη φτηνότερη πηγή ενέργειας, τον έλεγχο της ανακυκλοφορίας, στην αποφυγή της υπερθέρμανσης, αλλά και την παραγωγή της απαιτούμενης ποσότητας νερού που χρειάζεται χωρίς οποιαδήποτε σπατάλη. Βέβαια σε αυτό το σημείο δεν πρέπει να γίνονται υπερβολές, που θα δημιουργήσουν πολύπλοκες εγκαταστάσεις, δύσκολες να ελεγχθούν και να συντηρηθούν.

➤ Θερμομόνωση και καλή συντήρηση εξοπλισμού

Η θερμοκρασιακή διατήρηση του ζεστού νερού, όταν πλέον παραχθεί, είναι εξίσου σημαντική με την ίδια τη διαδικασία παραγωγής. Το μεγαλύτερο μέρος των υφιστάμενων εγκαταστάσεων υστερούν σε αυτό το σημείο αφού τα στοιχεία των εγκαταστάσεων (θερμοδοχεία, δίκτυα κτλ), δεν εξασφαλίζουν πάντα την απαραίτητη θερμομόνωση με αποτέλεσμα το νερό να κρυώνει γρήγορα και να χρειάζεται εκ νέου η θέρμανση του. Το παράδοξο είναι ότι ενώ η συντήρηση της θερμομόνωσης στις εγκαταστάσεις ζεστού νερού είναι μια σχετικά εύκολη και μικρού κόστους εργασία δε γίνεται ποτέ συστηματικά. Επίσης η διατήρηση των δικτύων σε καλή κατάσταση και ο τακτικός καθαρισμός των εναλλακτών θερμότητας από τις επικαθήσεις αλάτων εξασφαλίζουν αποδοτικότερη λειτουργία [1,8,17].

2.2.7. Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ)

Εγκατάσταση συστήματος ΣΗΘ για την ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Ενδείκνυται για κτίρια με υψηλά θερμικά φορτία χειμώνα καλοκαίρι, όπως νοσοκομεία και ξενοδοχεία. Η επιτυχημένη εγκατάσταση μονάδας συμπαγωγής οδηγεί στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου σε ποσοστό 10-25% περίπου συγκρινόμενο με την ξεχωριστή παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Ίδιο είναι και το ποσοστό μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Η νέα οδηγία 2002/91/EC για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, απαιτεί από τα κράτη-μέλη να επιβεβαιώσουν ότι για τα καινούργια κτίρια με συνολική ωφέλιμη επιφάνεια μεγαλύτερη από 1000 m², η τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική πραγματοποίηση εναλλακτικών συστημάτων, όπως οι μονάδες συμπαγωγής, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πριν το στάδιο κατασκευής [14].

2.2.8 Εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης ενέργειας κτιρίου

Εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης ενέργειας (Building Energy Management System - BEMS) μπορεί να γίνει σε κτίρια του τριτογενούς τομέα με πολύπλοκες εγκαταστάσεις και ειδικές απαιτήσεις λειτουργίας. Σε χώρους ξενοδοχείων ενδείκνυται η χρήση ηλεκτρονικής κάρτας στα δωμάτια για τον περιορισμό της άσκοπης κατανάλωσης ενέργειας.

Η εγκατάσταση ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (BEMS) έχει ως σκοπό την επιτήρηση ή και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου, ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των εγκαταστάσεων από ένα σταθμό ελέγχου. Παράλληλα, είναι δυνατή η παρακολούθηση και καταγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στο κτίριο, καθώς και η δημιουργία αρχείου με στατιστικά στοιχεία. Το σύστημα βασίζεται σε διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας.

Τα σημαντικότερα συστήματα που μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης σε ένα κτίριο είναι τα εξής:

- Συστήματα κλιματισμού – θέρμανσης.
- Παθητικά συστήματα (αίθρια, αερισμός κλπ.).
- Ανοίγματα, σκίαστρα κλπ.
- Εγκατάσταση φωτισμού.
- Συστήματα δροσισμού.
- Ηλεκτρικές καταναλώσεις.
- Ποιότητα αέρα.
- Εγκαταστάσεις ασφαλείας.

Το σύστημα αποτελείται από έναν κεντρικό σταθμό παρακολούθησης και ελέγχου, τα αισθητήρια όργανα, τις συσκευές εκτέλεσης εντολών, καθώς και τις συνδετήριες καλωδιώσεις. Ο προγραμματισμός και ο χειρισμός του συστήματος γίνεται μέσω του κεντρικού σταθμού ελέγχου.

Σε ορισμένους τομείς, η λειτουργία και η επιλογή διαφόρων καταστάσεων λειτουργίας γίνεται μέσω επιμέρους χειριστηρίων, τα οποία διαθέτουν ανάλογους επιλογείς [12].

2.3 Αναβάθμιση του συστήματος τεχνητού φωτισμού

➤ Ενδεικτικές συστάσεις για συστήματα φωτισμού

- Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού ιδιαίτερα στους χώρους εργασίας όπου τα απαιτούμενα επίπεδα φωτισμού είναι πολύ υψηλά. Ο τεχνητός φωτισμός στους μεγάλους χώρους πρέπει να γίνεται κατά ζώνες, ανάλογα με τα επίπεδα φυσικού φωτισμού της εκάστοτε ζώνης του χώρου. Οι εσωτερικές περσίδες ή κουρτίνες πρέπει να είναι ανοιχτού χρώματος για την αποφυγή περιορισμού του φυσικού φωτισμού.
- Η χρήση αυτοματισμών (αισθητήρια έντασης φωτισμού) για τον έλεγχο των επιπέδων φωτισμού και της λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού ενός χώρου συμβάλει στην εξοικονόμηση ενέργειας.
- Εγκατάσταση των παλιών λαμπτήρων πυράκτωσης με λαμπτήρες υψηλής φωτιστικής ικανότητας και χαμηλής ισχύος, όπως λαμπτήρες φθορισμού. Οι λαμπτήρες αυτοί ενδείκνυνται ιδιαίτερα σε χώρους με συνεχή φωτισμό, όπως εξωτερικοί χώροι, γραφεία κ.α. Τα ηλεκτρονικά στραγγαλιστικά πηνία είναι ενεργειακά αποδοτικότερα από τα μαγνητικά.
- Εγκατάσταση φωτιστικών με ανακλαστικές ιδιότητες που ενισχύουν τη φωτιστική ισχύ των λαμπτήρων.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος της συνολικής εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτισμό είναι της τάξης του 30% [1].

Περαιτέρω ανάλυση θα ακολουθήσει στο κεφάλαιο 4.

2.4 Εφαρμογή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

2.4.1 Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή ζεστού νερού

Το βασικό στοιχείο ενός ηλιακού συλλέκτη είναι η επιφάνεια απορρόφησης. Οι επιφάνειες απορρόφησης είναι συνήθως μαύρες, καθώς οι σκούρες επιφάνειες παρουσιάζουν πολύ υψηλό βαθμό απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Καθώς η επιφάνεια θερμαίνεται σε μια θερμοκρασία υψηλότερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, εκπέμπει ένα μεγάλο μέρος από τη συσσωρευμένη ηλιακή ενέργεια με μορφή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος. Ο λόγος της απορροφημένης ενέργειας ως προς την εκπεμπόμενη εξαρτάται από το βαθμό εκπομπής.



Εικόνα 2.7 Ηλιακοι συλλεκτες
(Πηγή : iliofar.gr)

Προκειμένου να μειωθούν οι απώλειες ενέργειας μέσω της θερμικής εκπομπής, οι περισσότεροι αποδοτικές απορροφητικές επιφάνειες φέρουν μια επιλεκτική επικάλυψη. Η επικάλυψη επιτρέπει τη μετατροπή ενός μεγάλου ποσοστού της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα, μειώνοντας ταυτόχρονα την εκπομπή θερμότητας. Η επιλεκτική επικάλυψη παρέχει ποσοστό απορρόφησης της τάξης του 90%.

Στην αγορά διατίθενται διάφοροι τύποι ηλιακών συλλεκτών:

- Συλλέκτες χωρίς γυάλινη κάλυψη/ προστασία
- Επίπεδοι συλλέκτες με γυάλινη κάλυψη
- Σωληνωτή απορροφητική επιφάνεια κενού

➤ **Ζεστό Νερό για κάλυψη αναγκών κεντρικού συστήματος θέρμανσης (combi systems)**

Σε πολλές περιπτώσεις είναι επίσης δυνατόν η ηλιακή ενέργεια να συμπληρώνει τη θέρμανση του κτιρίου. Αυτό είναι συνήθως εφικτό όταν οι απαιτήσεις θέρμανσης είναι πολύ μικρές. Συγκρινόμενο με ένα σύστημα ζεστού νερού, ο λόγος του μεγέθους της επιφάνειας συλλογής προς το μέγεθος της δεξαμενής είναι πολύ μεγαλύτερος από τον απαιτούμενο μόνο για ζεστό νερό.

Συχνά, ένας διαφορικός ρυθμιστής είναι αρκετός για ένα μικρό ηλιακό σύστημα για θέρμανση νερού.

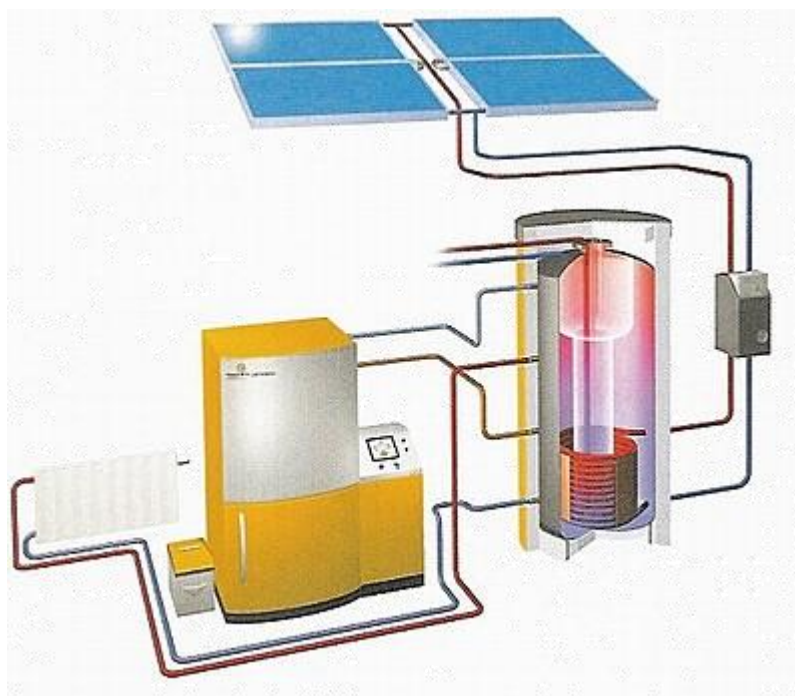
Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει με δύο αισθητήρες θερμοκρασίας, ένα στο συλλέκτη και ένα στη δεξαμενή. Αν η θερμοκρασία στο συλλέκτη είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία της δεξαμενής, ένας κυκλοφορητής ξεκινά να λειτουργεί μέχρι να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη θερμοκρασία στη δεξαμενή ή μέχρι η θερμοκρασία στο συλλέκτη να εξισωθεί με τη θερμοκρασία της δεξαμενής.

Αν το σύστημα είναι συνδεδεμένο με ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης, με τη χρήση τεσσάρων αισθητήρων θερμοκρασίας το σύστημα μπορεί να ρυθμιστεί πολύ αποδοτικά. Η τοποθέτηση των τεσσάρων αισθητήρων μπορεί να γίνει ως εξής:

1. Στον εναλλάκτη ανακύκλωσης, που βρίσκεται στο χαμηλότερο άκρο της δεξαμενής
2. Στην έξοδο του ηλιακού συλλέκτη
3. Στο συμβατικό λέβητα, που θα θερμάνει το νερό αν δεν επαρκεί η ηλιακή ενέργεια
4. Στον εναλλάκτη θερμότητας συμβατικού καυσίμου που βρίσκεται στο μέσο της δεξαμενής αποθήκευσης.

Το σύστημα ρύθμισης ξεκινά την αντλία ανακύκλωσης, αν η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του συλλέκτη και της δεξαμενής είναι μεταξύ 50°C – 80°C. Αν αυτή η θερμοκρασιακή διαφορά πέσει στους 20°C - 30°C, τότε ο ηλιακός ρυθμιστής θα κλείσει την αντλία ανακύκλωσης. Ο εναλλάκτης συμβατικού καυσίμου λειτουργεί μόνο αν η θερμοκρασία στο μέσο της δεξαμενής

είναι χαμηλότερη από μια προκαθορισμένη θερμοκρασία. Αυτό παρέχει εγγύηση για τη συνεχή διαθεσιμότητα ζεστού νερού.



Σχήμα 2.12 Λειτουργία συστήματος combi
(Πηγή : www.domika.gr)

Η επιτυχής απόδοση της εγκατάστασης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, που δεν περιορίζονται μόνο στην επιλογή της επιφάνειας της εγκατάστασης στην οροφή.

Η καταναλωτική συμπεριφορά των χρηστών παίζει σημαντικό ρόλο, ενώ τόσο ο τύπος του συστήματος κατανομής της ενέργειας όσο και ο τρόπος της θέρμανσης του νερού, παίζουν αποφασιστικό ρόλο. Η κατανομή της ενέργειας και η θέρμανση του νερού θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε η συμπεριφορά των καταναλωτών να μην επηρεάζει την αποδοτικότητα του συνολικού συστήματος [1,8,10].

2.4.2 Εφαρμογή ηλιακής ψύξης με τη χρήση αντλιών θερμότητας απορρόφησης/προσρόφησης

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για ψύξη χώρων είναι έννοια που παρουσιάζει μια σημασιολογική αντίθεση. Εν τούτοις είναι δυνατό ο ήλιος, ο οποίος προκαλεί την ανάγκη για ψύξη, να προσφέρει και την αναγκαία ενέργεια για την ικανοποίησή της. Σκοπός της ηλιακής ψύξης είναι η διατήρηση της θερμοκρασίας του ψυχωμένου χώρου σε επίπεδο χαμηλότερο της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, δαπανώντας γι' αυτό ηλιακή ενέργεια. Είναι συνεπώς φανερό ότι, το υπό άντληση ψυκτικό φορτίο, που δημιουργείται από την ύπαρξη αυτής της θερμοκρασιακής διαφοράς, παρουσιάζει ένα μέγιστο, χρονικά ταυτιζόμενο με τη μεγιστοποίηση της εντάσεως της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επομένως, η ταύτιση αυτή, καθιστά κατ' αρχήν ευνοϊκή τη χρήση της ηλιακής ενέργειας στην ψύξη.

Προχωρώντας σε περισσότερο λεπτομερή εξέταση των διεργασιών που συνδέονται με την παραγωγή ψύχους, αναφέρεται ότι μια τυπική ψυκτική μονάδα, συνίσταται από έναν εξατμιστήρα ή ψυκτικό στοιχείο, ένα συμπιεστή, ένα συμπυκνωτήρα και μία βαλβίδα εκτονώσεως. Αυτή η ψυκτική μονάδα είναι μια τυπική ψυκτική μονάδα «καταναλώσεως έργου», όπου όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τόσο περισσότερο έργο συμπίεσης δαπανάται για την άντληση της θερμότητας με βάση ορισμένη θερμοκρασία εξατμίσεως. Αντιπροσωπεύει δε τη λεγόμενη

συμβατική μέθοδο ψύξεως με μηχανική συμπίεση ατμών η οποία και χρησιμοποιεί, στην πληθώρα των περιπτώσεων, τον ηλεκτρισμό ως πηγή ενέργειας. Επί του προκειμένου, υπάρχουν δύο προϋποθέσεις, συγκεκριμένα:

- Πρέπει να καταναλωθεί ενέργεια για την ψυκτική διαδικασία και
- Πρέπει να παρουσιάζεται υψηλότερο ψυκτικό φορτίο όταν αυξάνει η θερμοκρασία περιβάλλοντος, δηλαδή όταν η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται μέγιστη.

Προκειμένου να αξιοποιηθεί η ηλιακή ενέργεια για παραγωγή ψύχους, πρέπει να συνδυαστούν κατάλληλα οι δυο παραπάνω προϋποθέσεις. Η χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας για ψύξη επιφέρει την αναβάθμισή της, εφόσον αντικαθιστά ηλεκτρικό έργο, μέσω ενός κατάλληλου «μετατροπέα». Ο μετατροπέας αυτός είναι ο ψύκτης απορροφήσεως ή θερμικής συμπίεσεως, δηλαδή ένα ψυκτικό συγκρότημα που χρησιμοποιεί θερμότητα ως κινητήρια ενέργεια και όχι ηλεκτρισμό. Στη μέθοδο απορροφήσεως, την πλέον εμπορική εφαρμογή της τεχνικής αυτής, ο συμπίεστος αντικαθίσταται από μία σειρά στοιχείων. Αυτά είναι: ο αναγεννητήρας, η αντλία ανακυκλοφορίας απορροφητικού διαλύματος, ο απορροφητήρας και ο ανακομιστήρας. Το απορροφητικό ρευστό επιλέγεται ανάλογα προς το χρησιμοποιούμενο ψυκτικό και τις συνθήκες λειτουργίας του εξαμιστήρα. Μέχρι τώρα έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως, μόνο δύο ζεύγη, δηλαδή το υδατικό διάλυμα βρωμιούχου λιθίου και το υδατικό διάλυμα αμμωνίας. Τονίζεται ότι στην περίπτωση της μεθόδου απορροφήσεως, η συμπίεση και η υγροποίηση των παραγόμενων ατμών στον εξαμιστήρα γίνεται δια χημικής απορροφήσεως στον απορροφητήρα.

2.4.3 Εφαρμογή γεωθερμικής αντλίας ψύξης/θέρμανσης με την αξιοποίηση της γεωθερμίας του εδάφους ή πιθανού υπόγειου υδάτινου ρεύματος

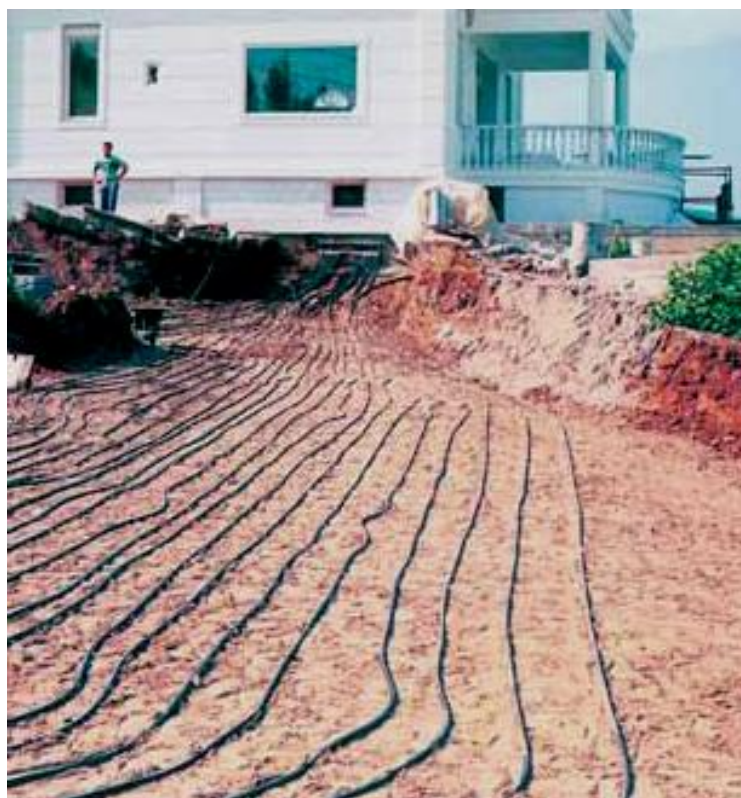
Οι Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας (ΓΑΘ) αξιοποιούν τη θερμότητα της γης προκειμένου να επιτύχουν ενεργειακά αποδοτική θέρμανση ή/και ψύξη κτιρίου.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι ΓΑΘ αφαιρούν θερμότητα από το έδαφος την οποία αποδίδουν στο σύστημα θέρμανσης του κτιρίου. Η διαδικασία αυτή μπορεί να αναστραφεί το καλοκαίρι, οπότε οι ΓΑΘ αφαιρούν θερμότητα από το κτίριο ή αλλιώς παρέχουν ψύξη σε αυτό.

Η αξιοποίηση του ενεργειακού δυναμικού του εδάφους, γίνεται με συνδυασμό υδρόψυκτων αντλιών θερμότητας και εναλλάκτη θερμότητας εδάφους. Ο εναλλάκτης εδάφους περιλαμβάνει σωλήνες τοποθετημένες στο έδαφος, ή μέσα σε φρεάτια γεωτρήσεων, στις οποίες κυκλοφορεί νερό σε κλειστό κύκλωμα. Οι σωλήνες αυτοί τοποθετούνται είτε οριζόντια σε μικρό βάθος (περίπου 2m), όταν υπάρχει μεγάλη επιφάνεια οικοπέδου είτε κατακόρυφα σε μεγάλο βάθος περίπου 80-100m.

Οι ΓΑΘ συνδυάζονται με σύστημα θέρμανσης-ψύξης χαμηλής θερμοκρασίας (ενδοδαπέδιο, fan-coils, παροχή αέρα μέσω αεραγωγών, κλπ) λειτουργούν όμως και με καλοριφέρ.

Επειδή η θερμοκρασία του εδάφους σε μερικά μέτρα βάθος παραμένει σταθερή (ή σχεδόν σταθερή) καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ($15-17^{\circ}\text{C}$), ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, τα γεωθερμικά συστήματα θέρμανσης-ψύξης καταναλώνουν μέχρι και 30% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τα κλιματιστικά τελευταίας τεχνολογίας, με αποτέλεσμα να παρέχουν αποδοτική θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό στα κτίρια, με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον [25].



Εικόνα 2.8 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας [15]

2.4.4 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων για την κάλυψη ηλεκτρικών φορτίων

Η χρήση φωτοβολταϊκών συστοιχιών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ώριμη και συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία, ευρέως διαδεδομένη σε όλη την Ευρώπη. Τα φωτοβολταϊκά διακρίνονται σε 'διασυνδεδεμένα' συστήματα, που συνδέονται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, και σε αυτόνομα συστήματα, όπου χρησιμοποιούνται και συσσωρευτές (μπαταρίες). Τα αυτόνομα συστήματα μπορεί να περιλαμβάνουν και άλλες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής, όπως ανεμογεννήτριες ή/και μικρά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (υβριδικά συστήματα). Στην Ελλάδα η χρήση των Φ/Β στον οικιακό τομέα είναι περιορισμένη.

Στην περίπτωση που η κατοικία είναι διασυνδεδεμένη στο δίκτυο, η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας πωλείται στη ΔΕΗ με τιμή η οποία καθορίζεται από την εκάστοτε νομοθεσία.

Για την κατοικία που δεν είναι διασυνδεδεμένη στο δίκτυο (αυτόνομη κατοικία) είναι απαραίτητη η αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας σε μπαταρίες, που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της νύχτας ή όταν δεν υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια. Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές αυτές είναι ειδικού τύπου (π.χ. τύπου "Solar") ώστε να αντέχουν στους συνεχείς κύκλους φόρτισης - εκφόρτισής τους. Οι μπαταρίες, ανάλογα με την ποιότητα τους και τον τρόπο χρήσης τους, έχουν διάρκεια ζωής που κυμαίνεται από 3 έως 8 χρόνια.

Απαραίτητος και στις δύο περιπτώσεις (διασυνδεδεμένη ή αυτόνομη κατοικία) είναι ο αντιστροφέας ισχύος (inverter) που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος, που παράγουν τα φωτοβολταϊκά, σε εναλλασσόμενο ρεύμα για τις οικιακές συσκευές και το δίκτυο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ισχύς του inverter πρέπει να είναι περίπου το 80-90% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος των φωτοβολταϊκών ώστε να λειτουργεί κατά το δυνατόν στη μέγιστη ισχύ του και να επιτυγχάνεται έτσι μέγιστη απόδοση. Οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες αποτελούνται από φωτοβολταϊκά πλαίσια τα οποία συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους. Τα Φ/Β πλαίσια που χρησιμοποιούνται ευρέως έχουν ισχύ από 50 Wp έως 200 Wp. Όσον αφορά το υλικό κατασκευής τους, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, διαχωρίζονται κυρίως σε μονοκρυσταλλικού, πολυκρυσταλλικού ή

και άμορφου πυριτίου. Το εύρος της απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων του εμπορίου είναι 4-15%.

Για τη βέλτιστη λειτουργία των φωτοβολταϊκών σε μια κατοικία πρέπει πρώτα απ' όλα να ληφθούν υπόψη τα εξής:

- Νότιος προσανατολισμός της θέσης εγκατάστασης, με μικρές αποκλίσεις
- Κατάλληλη κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο (π.χ. προτεινόμενη κλίση για την Ελλάδα είναι περίπου 30°)
- Μηδενική σκίαση στο χώρο τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών

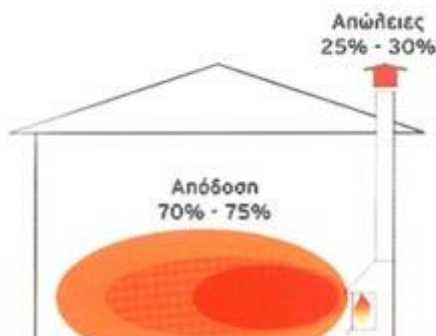
Μια προσεγγιστική εκτίμηση για τον απαιτούμενο χώρο τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών συστοιχιών που επικρατούν στην αγορά (κρυσταλλικών) είναι ότι σε 1 m² εγκαθίστανται 140 W_p [14].

2.4.5 Εγκατάσταση ενεργειακών τζακιών

Ένα ενεργειακό τζάκι χαρακτηρίζεται από εστία κλειστού τύπου με πυρίμαχο τζάμι. Η εστία του ενεργειακού τζακιού είναι κατασκευασμένη από πυρότουβλα, μαντέμι ή κεραμικό υλικό, μεγάλης αντοχής στη φωτιά. Ο βαθμός απόδοσης των ενεργειακών τζακιών είναι εξαιρετικά υψηλός και κυμαίνεται μεταξύ 70-75% , χάρη στην ελεγχόμενη καύση. Με το ενεργειακό τζάκι έχουμε τη δυνατότητα θέρμανσης πολλών τετραγωνικών μέτρων, χωρίς άλλου είδους θέρμανση. Κατά συνέπεια τα ενεργειακά τζάκια εξοικονομούν σημαντικά ποσά θερμικής ενέργειας, βοηθούμενα από το βεντιλατέρ, που επιτρέπει τη διοχέτευση ζεστού αέρα, φτάνοντας σε έναν ή και περισσότερους χώρους, που θερμαίνονται ομοιόμορφα [15].



Εικόνα 2.9 Ενεργειακο τζακι
(Πηγή : www.tzakiakotsifas.gr)



Σχημα 2.13 Απόδοση ενεργειακού τζακιού
(Πηγή : www.thermotechniki.gr)

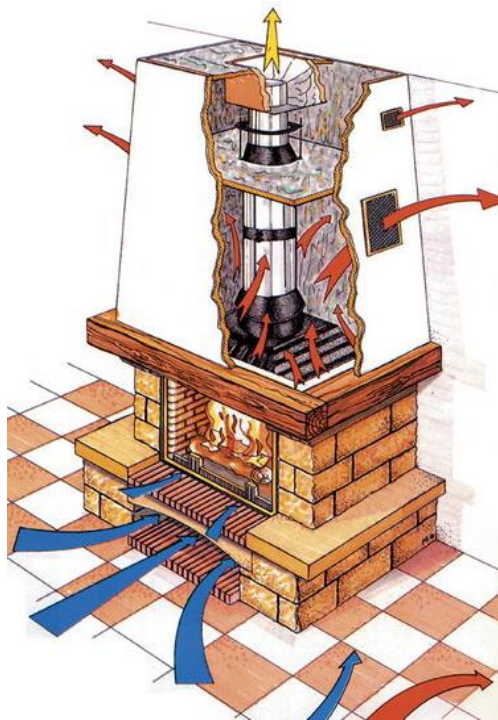
Επομένως η επιλογή ενεργειακής εστίας εξασφαλίζει:

- Αυξημένη απόδοση.
- Οικονομία καυσίμου.
- Δυνατότητα διανομής θερμού αέρα μέσω αεραγωγών.
- Ασφάλεια.
- Οικολογική δευτερογενή καύση.

Η δευτερογενής καύση συντελεί ώστε τα καπναέρια της πρωτογενούς καύσης να καίγονται με δευτερεύουσα φλόγα προ της εισαγωγής τους στον καπνοσυλλέκτη χαρίζοντας ένα εντυπωσιακό θέαμα διπλής φλόγας, μεγαλύτερη απόδοση και επομένως εκπομπή λιγότερων ρύπων στο περιβάλλον (οικολογική καύση).

Αντιθέτως οι εστίες ανοικτού τύπου από μαντέμι ή πυρότουβλο απορροφούν μέσω του καπνοσυλλέκτη μόνο τα καπναέρια που παράγονται στο χώρο καύσης αλλά ταυτόχρονα και μεγάλη ποσότητα θερμότητας άλλων εστιών θέρμανσης του χώρου (καλοριφέρ).

Υπάρχει η δυνατότητα μετατροπής μιας εγκαταστημένης εστίας ανοικτού τύπου από πυρότουβλο σε κλειστού ενεργειακού τύπου ενσωματώνοντας μια ειδική κασέτα-εστία με αποτέλεσμα την εξασφάλιση των παραπάνω αναφερομένων πλεονεκτημάτων.



Σχήμα 2.14 Μετατροπή παραδοσιακού τζακιού σε ενεργειακό
(Πηγή : www.energeiaka-tzakia.gr)

2.4.6 Εναλλακτική παροχή καυσίμου στο λέβητα

Τα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης με βιομάζα (π.χ. ξύλο) λειτουργούν ακριβώς όπως τα συμβατικά συστήματα με πετρέλαιο και φυσικό αέριο συναντούνται απλά πιο σπάνια.

Τα συστήματα θέρμανσης με ξύλο μπορούν να χωριστούν σε αυτόματα και μη-αυτόματα (χειροκίνητα) συστήματα λειτουργίας. Τα χειροκίνητα συστήματα θα πρέπει να τροφοδοτούνται με το χέρι (κούτσουρα) και είναι κυρίως για μικρά κτίρια. Για τη θέρμανση μεγαλύτερων κτιρίων θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μόνο αυτόματα συστήματα. Τα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης με ξύλα προσφέρουν μια συγκρίσιμη θερμική άνεση.

Οι λέβητες ξύλου μπορούν να προσαρμοστούν πολύ καλά. Σύμφωνα με αυτό, ένα σύστημα είναι ικανό να παράγει τόσο ζεστό νερό το καλοκαίρι, όσο και θέρμανση το χειμώνα. Η ετήσια αποδοτικότητα θα είναι περίπου 70-75% [15].

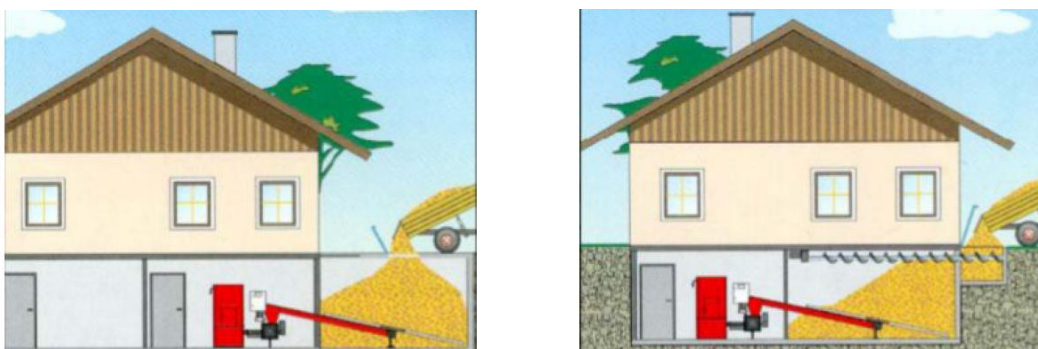
Οι ξύλινοι κύλινδροι και τα ρινίσματα είναι τα δύο πιο κατάλληλα καύσιμα για αυτόματη πυροδότηση των συστημάτων θέρμανσης στα μεγάλα κτίρια.

Οι κύλινδροι και τα ρινίσματα έχουν πολλά πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα τα οποία πρέπει να εκτιμηθούν. Το καύσιμο που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται πολύ από τις τοπικές συνθήκες και από παραμέτρους όπως είναι ο χώρος αποθήκευσης, η τιμή και ο φόρτος εργασίας εξαρτώμενος από τη λειτουργία της εγκατάστασης.

Για να επιτραπεί η προσαρμοστικότητα του καυσίμου, μπορεί να επιλεγεί λέβητας που μπορεί να λειτουργεί τόσο με κύλινδρους όσο και με ρινίσματα. Το σύστημα τροφοδοσίας είναι απαραίτητο να μπορεί να χειριστεί και τα δύο καύσιμα.

Η στάχτη που παράγεται δεν είναι επικίνδυνη και συχνά χρησιμοποιείται ως λίπασμα. Στις αστικές περιοχές μπορεί συχνά να διατεθούν μαζί με τα οικιακά απόβλητα, τηρώντας τους τοπικούς κανονισμούς.

Συστήνεται να γίνει συμφωνία παροχής υπηρεσιών συντήρησης με την εταιρία εγκατάστασης του συστήματος.



Σχήμα 2.15 Αποθήκευση καυσίμου εκτός (αριστερά) και εντός κτιρίου (δεξιά) [15]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

3.1 Γενική Περιγραφή

Ως κεντρική θέρμανση ορίζεται η παραγωγή θερμότητας για τη θέρμανση χώρων ή/και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης από ένα κεντρικό σύστημα εγκατεστημένο σε ένα κτίριο (ή σύνολο κτιρίων) για το σκοπό αυτό.

Το κεντρικό αυτό σύστημα αποτελείται από ένα σύνολο αλληλοσυνδεδεμένων συσκευών και οργάνων. Συγκεκριμένα αποτελείται από το λέβητα, τον καυστήρα, τον κυκλοφορητή, τη δεξαμενή καυσίμων, τις διατάξεις ασφαλείας, τις σωληνώσεις, την καπνοδόχο και τα θερμαντικά σώματα.

Η ενέργεια που παράγεται μεταφέρεται στους διάφορους χώρους μέσω ενός θερμαντικού μέσου (νερό, ατμός, αέρας) ενώ η διανομή επιτυγχάνεται μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων ή αεραγωγών, ή ακόμη και με συνδυασμό και των δύο.

3.2 Τα μέρη ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης

➤ Λέβητας

Ο λέβητας είναι ουσιαστικά μια 'πίεστική' δεξαμενή η οποία μεταβιβάζει θερμότητα στο θερμαντικό μέσο. Είναι ο χώρος όπου γίνεται η απαραίτητη καύση προκειμένου να θερμανθεί το μέσο αυτό. Στην Ελλάδα το μέσο αυτό είναι ως επί το πλείστον ζεστό νερό χαμηλών θερμοκρασιών.

Ο τύπος του λέβητα που χρησιμοποιείται καθορίζεται κυρίως από την απαιτούμενη θερμοκρασία και πίεση του παραγόμενου ατμού ή νερού.

Η πιο διαδεδομένη σχεδίαση είναι ο λέβητας φλογοσωλήνων ή αλλιώς κυψελωτός, όπου τα καυσαέρια διέρχονται μέσω συστοιχίας σωλήνων προσαρμοσμένων στο κύριο σώμα του λέβητα. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται πτερυγιοφόροι σωλήνες για την αύξηση της επιφάνειας θερμικής συναλλαγής, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση και ελαχιστοποιώντας το μέγεθος των μονάδων. Αυτός ο τύπος λέβητα γενικά περιορίζεται μέχρι μια μέγιστη πίεση 25 bar και μέγιστη θερμοκρασία 300°C. Πέρα από τα όρια αυτά συνήθίζεται να χρησιμοποιούνται μονάδες υδροσωλήνων. Σε αυτόν τον τύπο λέβητα, οι σωλήνες περιέχουν το νερό και τα καυσαέρια διέρχονται γύρω από τους σωλήνες και μεταφέρουν τη θερμότητα από την εξωτερική επιφάνεια των σωλήνων προς το εσωτερικό.

Οι λέβητες διακρίνονται σύμφωνα με το υλικό κατασκευής τους σε χυτοσίδηρους και χαλύβδινους. Οι χυτοσίδηροι αντέχουν καλύτερα στη διάβρωση, μπορούν να επιδεχθούν προσθήκες στοιχείων και χρειάζονται μικρότερες ποσότητες νερού κατά τη λειτουργία τους. Οι χαλύβδινοι έχουν μικρό βάρος και αντέχουν καλύτερα στις πιέσεις και στις απότομες αλλαγές θερμοκρασίας. Οι διαστάσεις τους προσαρμόζονται καλύτερα στις διάφορες απαιτήσεις και έχουν χαμηλό κόστος.

Επίσης διακρίνονται σύμφωνα με τον τρόπο διαχείρισης των καυσαερίων σε συμβατικούς και συμπύκνωσης. Ένας λέβητας συμπύκνωσης, εξαιτίας του υψηλού βαθμού απόδοσής του (έως 110%), οδηγεί σε μία μέση εξοικονόμηση στο κόστος του καυσίμου της τάξης του 15%. Με τόσο υψηλή εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει ότι μπορεί να είναι οικονομικά συμφέρουσα και η αντικατάσταση ενός υπάρχοντος λέβητα από έναν άλλο τύπου συμπύκνωσης. Εάν κάτι τέτοιο δεν προκύψει ότι ισχύει, με την προσθήκη ενός στοιχείου συμπύκνωσης σε έναν υπάρχοντα λέβητα μπορεί να αποδοθεί σ' αυτόν ένα σημαντικό μέρος της προαναφερθείσας δυνατότητας για εξοικονόμηση ενέργειας και, συνεπώς, χρημάτων.

➤ **Καυστήρας**

Ο καυστήρας είναι μια συσκευή προσαρμοσμένη πάνω στο λέβητα μέσα στην οποία επιτυγχάνεται η ανάμειξη του καύσιμου υλικού (π.χ. πετρέλαιο ή φυσικό αέριο) με τον αέρα έτσι ώστε να προκαλείται και να συντηρείται η καύση.

Οι καυστήρες διακρίνονται σε τρεις τύπους ανάλογα με το καύσιμο (υγρό ή αέριο) που χρησιμοποιούν ή/και τον τρόπο διασκορπισμού του καυσίμου και την ανάμειξή του με τον αέρα καύσης:

- Καυστήρες εξάτμισης.
- Καυστήρες διασκορπισμού.
- Καυστήρες περιστροφής.

➤ **Κυκλοφορητές και δεξαμενή καυσίμων**

Σε μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης, οι κυκλοφορητές μεταφέρουν το νερό από το λέβητα στα θερμαντικά σώματα και αντιστρόφως. Ο κυκλοφορητής είναι αντλία φυγοκεντρικού τύπου και κινείται με τη βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος. Συνήθως τοποθετούνται μέσα στο λεβητοστάσιο και κοντά στο λέβητα.

Η δεξαμενή καυσίμων αποτελεί άλλο ένα σημαντικό στοιχείο μιας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης καθώς εκεί αποθηκεύεται το πετρέλαιο. Μια δεξαμενή καυσίμων μπορεί να είναι είτε μεταλλική είτε πλαστική.

➤ **Διατάξεις ασφαλείας**

Οι διατάξεις ασφαλείας εξασφαλίζουν τη λειτουργία μιας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης και αποτελούνται από το κλειστό δοχείο διαστολής, τον αυτόματο πληρώσεως, τη βαλβίδα ασφαλείας και τη βαλβίδα ανοδικής προστασίας. Μέσω αυτών εξασφαλίζεται η σταθερή πίεση του νερού μέσα στην εγκατάσταση θέρμανσης και η προστασία από ηλεκτρόλυση.

➤ **Σωληνώσεις**

Η μεταφορά του νερού από το λέβητα στα θερμαντικά σώματα και η επιστροφή του πίσω στο λέβητα επιτυγχάνεται μέσω του δικτύου σωληνώσεων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τρία είδη σωλήνων: χαλκοσωλήνες, χαλυβδοσωλήνες και πλαστικοί σωλήνες. Οι χαλκοσωλήνες είναι οι πιο διαδεδομένοι σήμερα, οι πλαστικοί χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, ενώ οι χαλυβδοσωλήνες έχουν εγκαταλειφθεί.

➤ **Θερμαντικά σώματα**

Τα θερμαντικά σώματα αποτελούν τις τελικές συσκευές ενός συστήματος εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης μέσω των οποίων η θερμότητα που μεταφέρει το θερμαντικό ρευστό μεταδίδεται στους εσωτερικούς χώρους. Τα σώματα είναι συνήθως κατασκευασμένα από χάλυβα ή αλουμίνιο. Τα σώματα από χυτοσίδηρο έχουν σταματήσει να εγκαθίστανται σήμερα, καθώς είναι πιο βαριά και, ενώ διατηρούν τη θερμοκρασία τους για πολλή ώρα, αργούν να ζεσταθούν.

Τα θερμαντικά σώματα διαθέτουν ειδικούς διακόπτες που επιτρέπουν την απομόνωσή τους προκειμένου να μην ξοδεύεται ενέργεια άσκοπα σε χώρους που δεν κατοικούνται. Διαθέτουν επίσης βαλβίδες εξαερισμού για την εξαέρωσή τους σε περιπτώσεις που συσσωρεύεται αέρας χωρίς να επιτρέπει την ομαλή κυκλοφορία του νερού στο εσωτερικό τους.

3.3 Η κατάσταση των συστημάτων κεντρικής θέρμανσης στην Ελλάδα σήμερα και συνήθη προβλήματα

Σύμφωνα με σχετικές μελέτες, στα μεγάλα αστικά κέντρα της Ελλάδας υπάρχουν σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας. Ενώ τυπικά φαίνεται ότι ένας μεγάλος αριθμός λεβήτων περνά από συντήρηση από εγκεκριμένους τεχνίτες, παρ' όλα αυτά ο έλεγχος είναι ανεπαρκής και συνήθως ανακριβής και υποτυπώδης. Αυτό έχει διαπιστωθεί καθώς λέβητες που ελέγχθηκαν, μετά από κατάλληλη μελέτη ξαναρυθμίστηκαν και λειτούργησαν πολύ πιο αποτελεσματικά απ' ότι πριν.

Αξίζει επίσης να επισημανθεί ότι στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης δεν υπάρχουν μετρητές θερμικής ενέργειας. Γίνεται λοιπόν κατανάλωση δίχως μέτρηση ενέργειας (σε αντίθεση με την ηλεκτρική ενέργεια) και το αποτέλεσμα είναι σπατάλη και αλόγιστη χρήση.

Εξετάζοντας το όλο θέμα που ανακύπτει από ευρύτερη σκοπιά μπορεί κανείς να δει την έκταση του προβλήματος σε εθνικό επίπεδο, καθώς πάνω από το 35% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται ετησίως στην Ελλάδα είναι στα κτίρια, και πάνω από το 50% αυτής οφείλεται στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης. Με δεδομένο το γεγονός ότι η πλειοψηφία του ελληνικού πληθυσμού κάνει χρήση κεντρικής θέρμανσης, τα περιθώρια εξοικονόμησης είναι μεγάλα.

Καθώς όμως το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων χρησιμοποιεί ενιαία συστήματα και όχι αυτόνομα, δημιουργείται μεγάλο πρόβλημα καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα αυτόνομης θερμικής διαχείρισης ανάλογα με τις ανάγκες καθενός νοικοκυριού, με αποτέλεσμα την προαναφερθείσα κατασπατάληση ενέργειας, ακόμα και όταν η θέρμανση σε ένα μη κατοικήσιμο χώρο δεν είναι απαραίτητη.

Επίσης, οι λέβητες σε κεντρικά συστήματα θέρμανσης λειτουργούν με χρονοδιακόπτες και όχι με βάση τη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων με αποτέλεσμα, προκειμένου να θερμανθούν περισσότερο κάποιοι μη μονωμένοι και κρύοι χώροι, να υπερθερμαίνονται αναγκαστικά και αυτοί που δεν έχουν τόσο μεγάλες ανάγκες.

3.4 Εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα κεντρικής θέρμανσης

Μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης θεωρείται επιτυχημένη όταν θερμαίνει κατάλληλα και όσο χρειάζεται, με οικονομία και ασφάλεια. Προκειμένου να επιτευχθούν αυτά, απαιτείται σωστή μελέτη που να περιλαμβάνει:

1. Την κατανάλωση και το είδος καυσίμου.
2. Την υφιστάμενη κατάσταση των λεβήτων και των καυστήρων, καθώς και τεχνικά χαρακτηριστικών των συστημάτων.
3. Τα φορτία που καλύπτει κάθε λέβητας για θέρμανση χώρων, ζεστό νερό χρήσης και οι ώρες λειτουργίας.
4. Τις ενδείξεις των μετρητών πίεσης και θερμοκρασίας.
5. Τους αυτοματισμούς ελέγχου.
6. Τον τρόπο υπολογισμού κατανομής δαπανών θέρμανσης.
7. Την κατάσταση του συστήματος διανομής θέρμανσης.
8. Τον τύπο των τερματικών μονάδων.

Η επιλογή ισχύος του λέβητα αποτελεί πρώτη προτεραιότητα και στηρίζεται στον υπολογισμό των βασικών κλιματικών και γεωγραφικών παραμέτρων και των θερμικών απωλειών του κτιρίου. Παρόλα αυτά, δε λαμβάνονται υπόψη όλες οι παράμετροι με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολλές ελαττωματικές και προβληματικές εγκαταστάσεις.

Ο σωστός σχεδιασμός και η μελέτη πριν την εγκατάσταση ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης εγγυάται μια επιτυχημένη εγκατάσταση. Ειδικά όσον αφορά νέες οικοδομές η συνεργασία του υπεύθυνου της οικοδομής με τον επιβλέποντα μηχανικό και τον εγκαταστάτη υδραυλικό βοηθά στη λύση πολλών προβλημάτων.

Στη συνέχεια ακολουθούν μερικές βασικές παρεμβάσεις που μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης.

3.4.1 Αντικατάσταση καυσίμου στο σύστημα θέρμανσης με φυσικό αέριο, όπου υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης με δίκτυο

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του φυσικού αερίου ως καυσίμου σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης είναι:

1. Μείωση της εξάρτησης του καταναλωτή από το πετρέλαιο. Η χρήση του φυσικού αερίου θα έχει σημαντικές θετικές επιδράσεις στη δομή του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας, μια και θα μειωθεί η εξάρτησή μας από το πετρέλαιο.
2. Προστασία του περιβάλλοντος. Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση. Κατά την καύση του δεν αφήνει ίχνη και υπολείμματα ούτε παράγει ενώσεις του θείου που συνιστούν μία από τις σημαντικότερες αιτίες ρύπανσης.
3. Είναι οικονομικότερο: σε σύγκριση με άλλες πηγές ενέργειας, επιτρέπει μια σημαντική εξοικονόμηση σε όλες τις μορφές χρησιμοποίησής του.
4. Παρουσιάζει περιορισμένες ανάγκες συντήρησης. Χάρη στα χαρακτηριστικά καύσης του μια σωστή τακτική συντήρηση αρκεί για την εξασφάλιση της τέλει λειτουργίας των εγκαταστάσεων και μιας μεγαλύτερης διάρκειας ζωής των συσκευών χρήσης.
5. Με το εύχρηστο δίκτυο διανομής συνδέεται κατευθείαν στο κτίριο και στους άλλους χώρους χρήσης.
6. Δεν απαιτεί δεξαμενή αποθήκευσης. Ελαχιστοποιούνται τα προβλήματα προμήθειας καυσίμων, οι καθυστερήσεις του ανεφοδιασμού, οι περιοδικοί έλεγχοι των αποθεμάτων.
7. Οι νέου τύπου συσκευές παρέχουν τη δυνατότητα και για ιδιαίτερες λύσεις εγκατάστασης, που ιδίως στην περίπτωση ανακαινίσεων θα ήταν δύσκολο να επιτευχθούν με τη χρήση άλλων καυσίμων. Σε ορισμένες τυπολογίες χρήσης μπορεί από μόνο του να εξασφαλίσει όλες τις ενεργειακές ανάγκες.

3.4.2 Αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης

Η αντικατάσταση του παλιού λέβητα με νέο υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου), μπορεί να εξοικονομήσει σημαντικά ποσά ενέργειας.

Ένας λέβητας συμπύκνωσης, εξαιτίας του υψηλού βαθμού απόδοσής του (μεγαλύτερο από 100%), οδηγεί σε μία μέση εξοικονόμηση στο κόστος του καυσίμου της τάξης του 15%. Αυτή η βελτίωση οφείλεται στην κατά 35% περίπου καλύτερη αποδοτικότητα των καινούργιων λεβήτων σε σχέση με τους υπάρχοντες. Ειδικότερα, οι επίτοιχοι λέβητες φυσικού αερίου συμπύκνωσης μπορούν να αποδώσουν έως 107%, συμπεριλαμβανομένης και της αυτονομίας που προσφέρουν. Εάν κάτι τέτοιο όμως δεν είναι εφικτό για διαφόρους λόγους, τότε με την προσθήκη ενός στοιχείου συμπύκνωσης σε έναν υπάρχοντα επιδαπέδιο λέβητα μπορεί να αποδοθεί σ' αυτόν ένα σημαντικό μέρος της προαναφερθείσας δυνατότητας για εξοικονόμηση ενέργειας.

Στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμογών είναι κατάλληλη και συμφέρουσα η εγκατάσταση ενός ομοβάθμιου λέβητα ή ενός συνδυασμού μικρότερων και μεγαλύτερων λεβήτων. Πολύ σπάνια το φορτίο είναι αρκετά σταθερό για την ικανοποιητική κάλυψή του από ένα μεγάλο λέβητα, καθώς οι εποχιακές, εβδομαδιαίες ή ωριαίες διακυμάνσεις είναι πολύ συνηθισμένες. Συνήθως, το φορτίο μπορεί να καλύπτεται πιο αποδοτικά όταν χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα και παράγεται από μονάδες μικρότερης δυναμικότητας, για τις οποίες τα τμήματα αυτά αντιστοιχούν σε υψηλά θερμικά φορτία που πρέπει να καλύψουν, με αποτέλεσμα να λειτουργούν με καλύτερους βαθμούς απόδοσης.

Καλό είναι να αποφεύγονται οι μεγάλοι λέβητες που δε λειτουργούν σε πλήρη ισχύ, οπότε και με χαμηλή απόδοση. Συνήθως αυτό συμβαίνει όταν η απαιτούμενη ισχύς ενός λέβητα ξεπερνά τα 350 kW, οπότε ενδείκνυται η εγκατάσταση δύο ή περισσότερων λεβήτων. Συνήθως σε μεσαίου μεγέθους εγκαταστάσεις και πάντοτε στις μεγάλες προτιμούνται περισσότεροι του ενός λέβητες καθώς, παρέχεται έτσι η δυνατότητα να λειτουργεί ένας μόνο λέβητας σε περιόδους που δεν υπάρχει μεγάλη ζήτηση. Η εξοικονόμηση που προκύπτει αντισταθμίζει πολύ γρήγορα το αυξημένο κόστος αγοράς περισσότερων λεβήτων και καυστήρων αντί ενός.

Όσον αφορά τους καυστήρες, κυκλοφορούν σήμερα καυστήρες προηγμένης τεχνολογίας στους οποίους μπορούν να γίνουν οι σωστές και απαραίτητες ρυθμίσεις για τέλεια καύση.

Υπάρχουν καυστήρες με αυτόματο «τάμπερ» αέρα που υποβοηθούν καταυτόν τον τρόπο την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς εμποδίζουν την είσοδο κρύου αέρα όταν ο καυστήρας είναι ανενεργός. Με την αντικατάσταση του παλιού μας καυστήρα με έναν νέας τεχνολογίας διπλού καυσίμου (πετρελαίου-φυσικού αερίου) με πολλές βαθμίδες έγχυσης, μπορούμε να εξοικονομήσουμε έως και 5-7% καύσιμο.

3.4.3 Συντήρηση και έλεγχος του συστήματος θέρμανσης

Σε όλες τις περιπτώσεις, το σύστημα απαιτεί συντήρηση για την ομαλή λειτουργία του. Όταν κάποιος προγραμματίζει τη συντήρηση ενός συστήματος θέρμανσης χώρων, πρέπει να έχει στο μυαλό του την τεράστια διαφορά στην απόδοση που εμφανίζει ένα καλά συντηρημένο, σε σχέση με ένα ελλιπώς συντηρημένο σύστημα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, μπορεί να μειωθεί η ενεργειακή σπατάλη ή, ακόμη, και να καλυφθούν αυξημένες απαιτήσεις σε θέρμανση χώρων, με μικρό ή και μηδενικό οικονομικό κόστος. Πάντοτε όμως, εξ αιτίας της πολυπλοκότητας των εν λόγω συστημάτων, η συντήρηση τους πρέπει να γίνεται από κάποιον ειδικευμένο τεχνικό και σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Έτσι, μόνο, μπορεί να είναι εγγυημένη η ορθή λειτουργία και η καλή κατάσταση του εξοπλισμού. Οι βασικές εργασίες συντήρησης ενός λέβητα περιλαμβάνουν τον καθαρισμό του φλογοθαλάμου, τον καθαρισμό των σωληνών, τον καθαρισμό και τη ρύθμιση των μπεκ του καυστήρα, τον καθαρισμό της καπνοδόχου, τον έλεγχο των αντλιών καυσίμου και του κυκλώματος τροφοδοσίας για πιθανές διαρροές και τον έλεγχο του κυκλώματος τροφοδοσίας νερού.

Ο συντηρητής εκδίδει και το πιστοποιητικό συντήρησης βάσει νομοθεσίας, με μετρήσεις του βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης, της θερμοκρασίας των καυσαερίων και της περιεκτικότητάς τους σε CO₂ και αιθάλη.

Τυχόν χαραμάδες στο λέβητα επιτρέπουν την είσοδο κρύου αέρα στο εσωτερικό του μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την απόδοσή του.

Άλλες εργασίες συντήρησης είναι ο καθαρισμός της καμινάδας, της δεξαμενής καυσίμου, έλεγχος αντλιών, έλεγχος σωμάτων καλοριφέρ, εξαέρωση δικτύου, διαρροές, για τον περιορισμό των απωλειών του δικτύου διανομής θερμότητας.

Με απλά μέτρα όπως ο έλεγχος των παραμέτρων λειτουργίας (κατανάλωσης – θερμικής άνεσης) καλής θερμομόνωσης του λέβητα και του δικτύου σωληνώσεων μπορούμε να εξοικονομήσουμε 4-6% καύσιμο.

Μια μείωση της προκαθορισμένης θερμοκρασίας αναφοράς κατά ένα βαθμό συμβάλει σε πάνω από 6% λιγότερα καύσιμα.

3.4.4 Θερμομόνωση συστήματος κεντρικής θέρμανσης

Οι σωληνώσεις που περνούν μέσα από μη θερμαινόμενους χώρους θα πρέπει να μονώνονται επιμελώς.

Ένας λέβητας χωρίς μόνωση μπορεί να έχει απώλειες πάνω από 5% σε σχέση με ένα μονωμένο λέβητα όπου οι απώλειες δεν ξεπερνούν το 1%.

3.4.5 Κάλυψη αναγκών για ζεστό νερό χρήσης από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης

Οι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες καταναλώνουν την τριπλάσια πρωτογενή ενέργεια για την κάλυψη του ίδιου φορτίου απ' ότι ένας λέβητας με συμβατικό καύσιμο.

Η διασύνδεση ενός boiler με το λέβητα δύναται να καλύψει το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης για ζεστό νερό χρήσης, ιδίως τη χειμερινή περίοδο.

Βεβαίως, θα πρέπει πρώτα να εξεταστεί η περίπτωση για την υλοποίηση του αντιθέτου: κάλυψη αναγκών ζεστού νερού για την κεντρική θέρμανση από εγκατάσταση παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (π.χ. ηλιακοί συλλέκτες), το οποίο εξετάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

3.4.6 Χωρισμός θερμαινόμενων περιοχών σε ζώνες

Ο διαχωρισμός ενός κτιρίου κατά ζώνες περιορίζει την κατανάλωση ενέργειας. Οι θερμαινόμενες περιοχές πρέπει να χωρίζονται σε ζώνες παρόμοιας ζήτησης θέρμανσης, όσον αφορά τις ώρες χρήσης και στα απαιτούμενα θερμοκρασιακά επίπεδα. Με αυτόν τον τρόπο, ο έλεγχος του συστήματος γίνεται πιο αποδοτικός.

Όταν εφαρμόζεται ένας τέτοιος χωρισμός, μπορούν να καθορίζονται ανά ζώνη τόσο η πολυβάθμια λειτουργία του λεβητοστασίου, όταν αυτή είναι διαθέσιμη, όσο και το θερμοκρασιακό επίπεδο του μέσου εναλλαγής θερμότητας. Το πρώτο επιτρέπει την ελαχιστοποίηση των περιττών αναφλέξεων και διακοπών λειτουργίας του συστήματος, ενώ με το δεύτερο επιτρέπεται η πιο ακριβής συσχέτιση της θερμοκρασίας εξόδου του μέσου με αυτήν του θερμαινόμενου χώρου.

3.4.7 Θερμοστατικές βαλβίδες σωμάτων, ακριβείς θερμοστάτες χώρου, σύστημα αντιστάθμισης

Οι θερμοστατικές βαλβίδες των θερμαντικών σωμάτων (Thermostatic Radiator Valve - TRV) πρέπει να ρυθμίζονται σύμφωνα με τη βέλτιστη θερμοκρασία για κάθε θερμαινόμενη περιοχή. Θερμοκρασίες υψηλότερες από αυτήν οδηγούν σε ενεργειακή κατανάλωση κατά πολύ αυξημένη σε σχέση με την κανονική, θέτοντας σε κίνδυνο ακόμα και την άνεση των ενοίκων. Ιδιαίτερη προσοχή, επίσης, πρέπει να δίνεται στη διαφύλαξη της άνεσης των ενοίκων από τις χαμηλές θερμοκρασίες. Εξάλλου, όσο σημαντική κι αν είναι η εξοικονόμηση ενέργειας σ' ένα κτιριακό συγκρότημα, πάντοτε σημαντικότερη είναι η θερμική άνεση των ανθρώπων που κατοικούν ή λειτουργούν στους διάφορους χώρους του.

Αντίστοιχα με τις θερμοστατικές βαλβίδες, οι θερμοστάτες των δωματίων πρέπει να ρυθμίζονται κατά τρόπο τέτοιο που οι ένοικοι να μην μπορούν να ορίζουν αυθαίρετα υψηλές θερμοκρασίες, είτε ηθελημένα είτε κατά λάθος. Για τους διάφορους χώρους ενός κτιρίου, π.χ. για τα γραφεία, τα δωμάτια ενός ξενοδοχείου κ.τ.λ., πρέπει να τηρούνται τα συνιστώμενα θερμοκρασιακά επίπεδα, όπως ορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ.

Για να αποφευχθεί κατασπατάληση ενέργειας όταν θερμαίνονται χώροι δίχως αυτό να είναι αναγκαίο υπάρχουν τρόποι ώστε ο λέβητας να ρυθμίζεται με ειδικά συστήματα και ανάλογα να ανταποκρίνεται στην εξωτερική θερμοκρασία (αντιστάθμιση). Τα συστήματα ρύθμισης διατηρούν την εσωτερική θερμοκρασία σταθερή ανεξάρτητα από τις εξωτερικές μεταβολές, συνεισφέροντας έτσι στην αποφυγή υπερθέρμανσης των εσωτερικών χώρων. Αυτές οι ρυθμίσεις μπορούν να εφαρμοστούν ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης και ο βαθμός ακριβείας τους εξαρτάται από τον αυτοματισμό που επιλέγεται.

Τα πιο εξελιγμένα συστήματα ρύθμισης έχουν έναν αισθητήρα που μεταδίδει τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας σε μια ηλεκτρονική συσκευή η οποία προσαρμόζει τη θερμοκρασία του νερού ανάλογα.

Υπάρχουν ακόμη και οι θερμοστατικοί διακόπτες που μπορούν να ρυθμίσουν επιτυχώς τη θερμοκρασία διαφορετικών και ξεχωριστών χώρων, καθώς επίσης και να εξαλείψουν τυχόν λάθη και μειονεκτήματα που προκύπτουν από λάθη στις μελέτες, αλλαγές στη χρήση των χώρων κλπ.

Τέτοιοι διακόπτες μπορούν να ρυθμίζουν αυτόματα την ποσότητα ζεστού νερού και τη θερμοκρασία ενός χώρου. Το κόστος αγοράς τους είναι μικρό ενώ τα οφέλη στην εξοικονόμηση που προκύπτουν από τη χρήση τους μεγάλα.

Με τη χρήση αυτόματου έλεγχου με χρονοδιακόπτη και αντιστάθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας μέσω τρίοδης βαλβίδας ανάμιξης και αισθητηρίων μπορούμε να εξοικονομήσουμε 6-10% καύσιμο [11,22-24].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ/ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Η συνολική αναβάθμιση του συστήματος φωτισμού μπορεί να αφορά τόσο στην αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού, όσο και στην εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού με κατάλληλους αισθητήρες φωτισμού.

Στόχος του σχεδιασμού των συστημάτων φωτισμού είναι η εξασφάλιση οπτικής άνεσης, μέσω:

- της παροχής της απαιτούμενης ποσότητας φωτισμού, η οποία καθορίζεται από διεθνή πρότυπα και τον ΚΕΝΑΚ, βάσει της χρήσης και των λειτουργικών απαιτήσεων κάθε χώρου
- της ποιότητας του φωτισμού, η οποία εξασφαλίζεται με καλή κατανομή και αποφυγή φαινομένων θάμβωσης, κατάλληλη χρωματική απόδοση και χρώμα φωτισμού, ανάδειξη στοιχείων χώρου, κατεύθυνση φωτισμού και δημιουργία κατάλληλων αντιθέσεων (contrast) κλπ [8].

➤ Δυναμικό Ενεργειακής Εξοικονόμησης

Ο φωτισμός έχει ουσιαστική επίδραση στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων, αντιστοιχώντας σε περισσότερο από το 1/3 της συνολικής χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ορισμένες κατηγορίες χρήσης κτιρίων, όπως στα κτίρια γραφείων. Με τη βοήθεια της σύγχρονης τεχνολογίας, μπορεί να επιτευχθεί πολύ σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση. Ανάλογα με την υπάρχουσα κατάσταση και αναβάθμιση των συστημάτων φωτισμού του κτιρίου, μπορεί να επιτευχθεί ενεργειακή εξοικονόμηση της τάξης του 30% στο σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας και 50% στο σύστημα φωτισμού, βελτιώνοντας τα υφιστάμενα συστήματα φωτισμού.

Η αναβάθμιση ή ο ανασχεδιασμός των συστημάτων φωτισμού θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μόνο αν το κόστος των επεμβάσεων έχει καλό χρόνο αποπληρωμής σε σχέση με την εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται και η ποιότητα φωτισμού διατηρείται ή βελτιώνεται.

4.1 Τεχνητός φωτισμός

Στα σύγχρονα κτίρια παρατηρείται συχνά το φαινόμενο της υπερδιαστασιολόγησης των συστημάτων τεχνητού φωτισμού με σκοπό κυρίως την πρόληψη προβλημάτων που προκύπτουν από ανεπαρκείς μελέτες (ή και παντελή έλλειψη μελέτης).

Αυτό το φαινόμενο, σε συνδυασμό με τη χρήση πεπερασμένης ή συμβατικής τεχνολογίας στις εγκαταστάσεις φωτισμού, οδηγεί σε υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των συστημάτων του τεχνητού φωτισμού, με μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την οπτική ποιότητα του χώρου και την οπτική άνεση.

Στόχος, συνεπώς, της μελέτης αναβάθμισης του τεχνητού φωτισμού είναι η μείωση της υπερκατανάλωσης ενέργειας με ταυτόχρονη βελτίωση των συνθηκών οπτικής άνεσης. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να μελετηθούν:

- Η δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού.
- Η χρήση ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων.
- Η χρήση κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων υψηλής απόδοσης.
- Η εγκατάσταση κατάλληλων συσκευών ελέγχου (όπως χρονοδιακόπτες ή χρήση ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού).

Ως πρώτο βήμα στο προσδιορισμό των κατάλληλων μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης, θα πρέπει να γίνει μια καταγραφή του εξοπλισμού του φωτισμού και των κύριων λειτουργικών παραμέτρων τους, όπως είναι

- Οι αυτοματισμοί.
- Η διάταξη διακοπών.

- Το είδος φωτιστικών (διανομή φωτός, ανακλαστήρες, κτλ.).
- Οι λαμπτήρες (είδος, ποσότητα, χρόνος ζωής, ειδική ενεργειακή χρήση κτλ.).
- Οι συνδετικές διατάξεις και ballasts (κατηγορίες, απώλειες κτλ.).
- Ο μέσος χρόνος λειτουργίας.

Τα δεδομένα που συλλέγονται θα πρέπει να δίνουν τη δυνατότητα να υπολογισθεί η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό (σε kW) και η ετήσια ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για φωτισμό (σε kWh/yr) στο κτίριο.

Με βάση την εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση για φωτισμό, η ενεργειακή αποδοτικότητα των συστημάτων φωτισμού μπορεί να εκτιμηθεί με τη βοήθεια των ακόλουθων δεικτών:

1. Εγκατεστημένη ισχύς ανά τετραγωνικό μέτρο (W/m^2) σε σχέση με την απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού (σε lux).
2. Ηλεκτρική κατανάλωση για τον φωτισμό ανά τετραγωνικό μέτρο (σε kWh/m^2).
3. Ώρες συνολικής λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων (σε h/yr).
4. Αποδοτικότητα λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων (lm/W).

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ή η ετήσια ηλεκτρική χρήση για φωτισμό, παρέχουν πληροφορίες μόνο από τη σύγκριση της προηγούμενης και της μετέπειτα εγκατάστασης. Η χρήση των δεικτών 1-3 επιτρέπει την άμεση εκτίμηση του συστήματος φωτισμού.

Σημειώνεται ότι οι δείκτες απόδοσης εξαρτώνται από τη χρήση του κτιρίου. Ο ΚΕΝΑΚ ορίζει ως ανώτατο όριο της εγκατεστημένης ισχύος τα 15 W/m^2 και ως κατώτατο όριο της αποδοτικότητας των λαμπτήρων και των φωτιστικών τα 55 lm/W [8,26].

4.1.1 Χρήση ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως ήταν οι πιο συνήθεις τύποι λαμπτήρων για περισσότερο από 100 χρόνια. Το ηλεκτρικό ρεύμα θερμαίνει το νήμα για να παραχθεί φως. Αυτοί οι λαμπτήρες είναι πλέον μη αποδοτικοί γιατί το 95% του ηλεκτρισμού μετατρέπεται σε θερμότητα και θα πρέπει να αντικαθίστανται.

Οι λαμπτήρες αλογόνου (ειδική κατηγορία των λαμπτήρων πυρακτώσεως) είναι πιο αποδοτικοί (20% με 50% σε σύγκριση με τους συνήθεις λαμπτήρες πυρακτώσεως) αλλά παρόλα αυτά δεν εναρμονίζονται με τους νέους κανονισμούς (ΚΕΝΑΚ).



Εικόνα 4.1 Λαμπτήρες πυρακτώσεως (α) απλοί (β) αλογόνου [21]

Οι λαμπτήρες φθορισμού αποτελούνται από γυάλινο σωλήνα σφραγισμένο, με λευκή εσωτερική επικάλυψη από φθορίζουσες σκόνη, που ενεργοποιούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία που παράγεται από ένα τόξο υδραργύρου και πλήρωση από αδρανές αέριο με μικρή ποσότητα υδραργύρου. Οι πιο κοινά τύποι είναι ο σωληνοειδής και ο συμπαγής. Όλοι οι λαμπτήρες φθορισμού απαιτούν στραγγαλιστική διάταξη (ballast) για την έναυση και τον έλεγχο της διαδικασίας παραγωγής φωτός. Η αποδοτικότητα των λαμπτήρων φθορισμού υπερβαίνει αυτή των λαμπτήρων πυρακτώσεως κατά 5-8 φορές, αναλόγως του συστήματος φωτισμού. Απαιτούν υψηλότερη αρχική επένδυση αλλά ο συνολικός χρόνος ζωής είναι 10-15 φορές μεγαλύτερος. Έχουν ελαφρά χαμηλότερη χρωματική απόδοση.

Είναι κατάλληλοι για εμπορικούς χώρους και χώρους γραφείων. Σημειώνεται ότι σε αυτή την κατηγορία λαμπτήρων παρουσιάζεται μεγάλη διαφορά στην αποδοτικότητα (π.χ. ως αποτέλεσμα της διαμέτρου του σωλήνα, οι λαμπτήρες T5 είναι υψηλότερης απόδοσης από τους παλαιούς T8/T12). Συνεπώς η αντικατάσταση παλαιών λαμπτήρων φθορισμού με λαμπτήρες φθορισμού νέας τεχνολογίας και μεγαλύτερης απόδοσης, στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι οικονομικά αποτελεσματική.

Οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού μπορούν να αντικαταστήσουν τους κοινούς λαμπτήρες πυρακτώσεως. Έχουν μικρές διαστάσεις και προσφέρονται με κάλυκες κοινού λαμπτήρα: βιδωτούς (E 27 και E 14), και μπαγιονέ (B15d). Προσφέρουν την ίδια ποιότητα φωτισμού με τους κοινούς λαμπτήρες και έχουν την ίδια φωτεινότητα, ενώ καταναλώνουν μέχρι 5 φορές λιγότερη ενέργεια. Γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται σε χώρους όπου τα φώτα μένουν αναμμένα πολλές ώρες, όπως το καθιστικό και η κουζίνα. Έχουν 10 φορές μεγαλύτερο μέσο χρόνο ζωής από τους κοινούς λαμπτήρες (10.000 ώρες). Έτσι, ενώ οι λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης κοστίζουν περισσότερο, τελικά συμφέρουν, αφού εκτός της οικονομίας σε κατανάλωση ενέργειας υπάρχει και οικονομικό όφελος από το κόστος των κοινών λαμπτήρων (10 τεμάχια) που θα χρειάζοσταν για τις 10.000 ώρες [21,27].



Εικόνα 4.2 Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού [21]

4.1.2 Χρήση κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων υψηλής απόδοσης

Ο σχεδιασμός των σύγχρονων φωτιστικών σωμάτων γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε αυτά να είναι αποδοτικότερα σε σχέση με τα παλαιά φωτιστικά. Αν και οι βασικοί λευκοί ανακλαστήρες έχουν ανακλαστικότητα 70%, στους ανακλαστήρες αλουμινίου η ανακλαστικότητα μπορεί να φτάσει έως και 95%. Η αναβάθμιση παλαιών εγκαταστάσεων με σύγχρονο εξοπλισμό συνήθως οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας ενώ παράλληλα βελτιώνεται η ποιότητα του φωτεινού περιβάλλοντος (π.χ. εξάλειψη έντονων ανακλάσεων στις οθόνες των ηλεκτρονικών υπολογιστών).

Πολλά σύγχρονα φωτιστικά διαθέτουν προσεχτικά σχεδιασμένο σύστημα ανακλαστήρων ώστε να κατευθύνουν το φως στο επιθυμητό σημείο. Αυτό επιτρέπει την εγκατάσταση μικρότερου αριθμού φωτιστικών και λαμπτήρων για την παραγωγή του απαιτούμενου φωτισμού. Είναι πιθανόν να μπορούν να βελτιωθούν τα παλαιότερα, λιγότερα αποδοτικά φωτιστικά, με την αντικατάσταση των διάχυτων ή των πρισματικών καλυμμάτων με συστήματα ανακλαστήρων. Εναλλακτικά, μπορούν να ενσωματωθούν ανακλαστήρες στα φωτιστικά, διατηρώντας τα υπάρχοντα στοιχεία ελέγχου του φωτισμού. Σε κάποιες περιπτώσεις αυτό μπορεί να γίνει σε συνδυασμό με τη μείωση του αριθμού των λαμπτήρων, προκειμένου να παραχθεί ο απαιτούμενος φωτισμός, με σημαντική εξοικονόμηση (με τους ανακλαστήρες και τα καλύμματα εκτιμάται ότι μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 20% έως 50%). [30-32]



Εικόνα 4.3 Φωτιστικά σώματα σε τυπικό χώρο γραφείου [21]

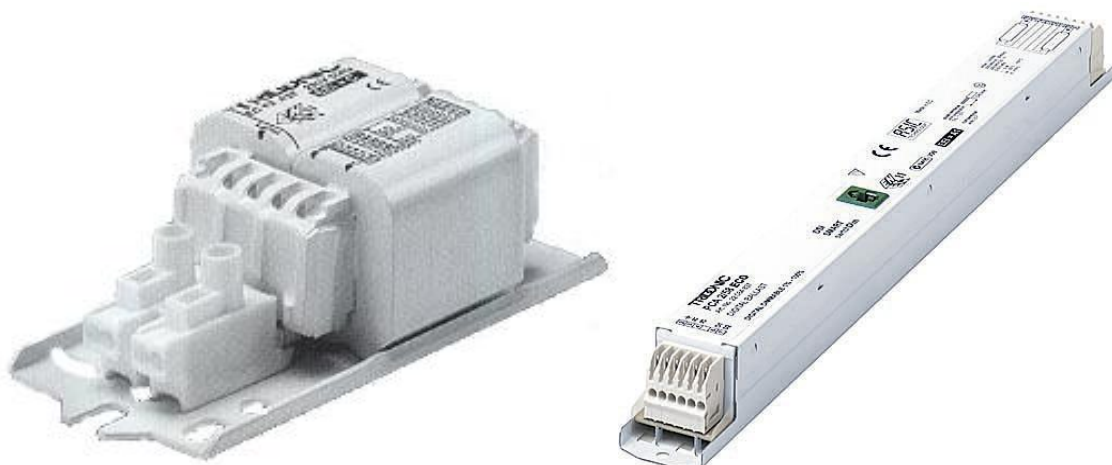
4.1.3 Εγκατάσταση κατάλληλων στραγγαλιστικών πηνίων (ballasts)

Τα στραγγαλιστικά πηνία με δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής στάθμης (dimming) είναι απαραίτητα εξαρτήματα για την έναυση ενός ή περισσότερων λαμπτήρων φθορισμού ή άλλου τύπου λαμπτήρων εκκένωσης. Χρησιμεύει κυρίως στον περιορισμό του ρεύματος στην απαιτούμενη τιμή, μετασχηματίζοντας την ηλεκτρική τάση και παρέχοντας τις απαιτούμενες συνθήκες για την έναυση των λαμπτήρων. Καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας των λαμπτήρων τα ballasts καταναλώνουν ενέργεια.

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ballast, τα ηλεκτρομαγνητικά και τα ηλεκτρονικά υψηλής συχνότητας (High Frequency - HF). Τα ηλεκτρονικά είναι πολύ πιο αποδοτικά από τα μαγνητικά. Με την ευρωπαϊκή οδηγία 2000/55/EC για την ενεργειακή αποδοτικότητα των ballast για λαμπτήρες φθορισμού, μερικοί τύποι μαγνητικών ballast τίθενται εκτός αγοράς.

Τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών ballast είναι τα εξής:

- Είναι εξαρτήματα ενιαία, με μικρό βάρος και σχετικά εύκολη διαδικασία εγκατάστασης.
- Λειτουργούν χωρίς πρόβλημα στις μεταβαλλόμενες στο δίκτυο τιμές συχνοτήτων. Επίσης είναι δυνατή και η λειτουργία του στο συνεχές ρεύμα.
- Σημαντική οικονομία στο κόστος λειτουργίας τους αφού καταναλώνουν έως και 25% λιγότερη ενέργεια από τα μαγνητικά.



Εικόνα 4.4 Ηλεκτρομαγνητικό (αριστερά) και ηλεκτρονικό ballast (δεξιά) [21]

- Παρατηρείται επαύξηση της διάρκειας ζωής του λαμπτήρα κατά 30% με 50% και σε συνδυασμό με τα λιγότερα χρησιμοποιούμενα υλικά, οδηγούμαστε σε ελαχιστοποίηση του κόστους συντήρησης-αντικατάστασης.

- Ως συνέπεια της μικρότερης κατανάλωσης ενέργειας, εκλύεται μικρότερη ποσότητα θερμότητας οπότε απαιτείται λιγότερο ψυκτικό φορτίο για τον κλιματισμό.
- Δεν εμφανίζεται το στροβοσκοπικό φαινόμενο αφού το HF ballast δίνει στην έξοδο του ρεύμα συχνότητας της τάξης των 20 kHz με 36 kHz.
- Δεν παρατηρείται το φωτεινή μαρμαρυγή (flickering) κατά την έναυση του λαμπτήρα, ενώ ένα αυτόματο εσωτερικό κύκλωμα αποκόβει τη λειτουργία του ballast στο τέλος ζωής του λαμπτήρα οδηγώντας στην αποφυγή ανώφελης κατανάλωσης ενέργειας που καταλήγει σε υπερθέρμανση και καταστροφή του ballast.
- Προσφέρουν την ευχέρεια επιλογής επιπέδου φωτισμού ανάλογα με το φωτισμό του εξωτερικού περιβάλλοντος (Electronic Dimmable Ballasts - EDB), δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας.
- Δεν εμφανίζουν κανένα θόρυβο, γι' αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε χώρους όπως: ιατρεία, studio για film κ.α.
- Προκαλούν αυτόματη αποκοπή του κυκλώματος τροφοδοσίας του λαμπτήρα σε περίπτωση υπερτάσεων και στιγμιαία επανέναυσή του, μετά από προηγηθείσα διακοπή τάσεως ή βραχυκυκλώματος.
- Η ασφάλεια που βρίσκεται στην είσοδο του φίλτρου προστατεύει την πηγή τροφοδοσίας ισχύος από πιθανό βραχυκύκλωμα στο ηλεκτρονικό ballast αλλά και από υπερθέρμανση αυτού [21,26, 31,32].

4.1.4 Συντήρηση

Με το πέρασμα του χρόνου, τα φωτιστικά και η επιφάνειες των χώρων ρυπαίνονται. Επιπρόσθετα, η απόδοση των λαμπτήρων μειώνεται με το χρόνο. Επομένως η ποσότητα φωτισμού που παρέχεται από μία εγκατάσταση μειώνεται. Η έλλειψη συντήρησης σημαίνει ότι το εγκατεστημένο σύστημα φωτισμού δεν αποδίδει το μέγιστο δυνατό, με αποτέλεσμα να καταναλώνεται άσκοπα ηλεκτρική ενέργεια. Πολλές εγκαταστάσεις συντηρούνται ελάχιστα και ένας απλός καθαρισμός των φωτιστικών και των λαμπτήρων μπορούν συχνά να βελτιώσουν των φωτισμό των χώρων. Οι απαιτήσεις για συντήρηση θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη φάση του σχεδιασμού της εγκατάστασης. Φωτιστικά όπου είναι εύκολη η πρόσβαση, θα πρέπει να καθαρίζονται τακτικά και να αντικαθίστανται ομαδικά οι λαμπτήρες τους, όταν πλησιάζουν το τέλος της ζωής τους. Κάποια φωτιστικά σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μειώνονται οι απαιτήσεις για συντήρηση, όπως τα αυτοαεριζόμενα φωτιστικά όπου αντιστέκονται στη συγκέντρωση σκόνης στην επιφάνειά τους [21].

4.1.5 Συστήματα ελέγχου

Τα κατάλληλα συστήματα ελέγχου του φωτισμού μπορούν να επιτύχουν αξιοσημείωτη εξοικονόμηση ενέργειας, μειώνοντας την κατανάλωση ισχύος για το φωτισμό στους χώρους των γραφείων από 30% έως 50%.

Τα συστήματα ελέγχου του φωτισμού είναι συσκευές που ρυθμίζουν τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού επικοινωνώντας με ένα εξωτερικό σήμα με τα φωτιστικά σώματα. Τα ενεργειακά αποδοτικά συστήματα ελέγχου περιλαμβάνουν:

- Τοπικούς χειροκίνητους διακόπτες σε κατάλληλα διαμορφωμένα κυκλώματα.
- Αισθητήρες ελέγχου παρουσίας.
- Χρονοδιακόπτες.
- Αισθητήρες φυσικού φωτισμού.

Το επιπλέον κόστος της εγκατάστασης ενός συστήματος ελέγχου μπορεί να αποσβεστεί από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται. Η επιλογή ενός συστήματος φωτισμού με υψηλής ποιότητας ηλεκτρονικά ballast θα αυξήσει ακόμα περισσότερο το όφελος από την εξοικονόμηση ενέργειας [28].

4.1.6 Σχεδιαστικές παράμετροι και ενεργειακή διαχείριση

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος φωτισμού καθώς και η μείωση του κόστους λειτουργίας του επιτυγχάνονται με την κατάλληλη διαστασιολόγηση του συστήματος φωτισμού, την επιλογή κατάλληλων φωτεινών πηγών, την εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου φωτισμού και την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού. Ένα σύστημα φωτισμού, όπου τα φωτιστικά κατανέμονται με βάση τις θέσεις εργασίας ή ένα σύστημα φωτισμού με δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού, αναλόγως των απαιτήσεων της περιοχής που ορίζει, βελτιώνει την απόδοση ενός συστήματος φωτισμού.

Ο φυσικός φωτισμός έχει μεγάλη επίδραση στην εμφάνιση του χώρου και μπορεί να οδηγήσει με μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας. Οι χρήστες του κτιρίου συνήθως προτιμούν έναν καλά φωτιζόμενο χώρο από φυσικό φως, εφόσον έχει εξασφαλιστεί η οπτική (προστασία από θάμβωση) και η θερμική άνεση (προστασία από υπερθέρμανση). Για να αξιοποιηθούν πλήρως τα οφέλη του φυσικού φωτός στο εσωτερικό των κτιρίων, είναι απαραίτητο να εξασφαλιστεί ότι ο τεχνητός φωτισμός ρυθμίζεται αναλόγως με τα επίπεδα του φυσικού φωτισμού. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλων αισθητήρων σύζευξης φυσικού/τεχνητού φωτισμού.

Επίσης, η βελτίωση της ποιότητας φωτισμού σε ένα χώρο εργασίας οδηγεί στη βελτίωση της παραγωγικότητας [33].

4.2 Φυσικός φωτισμός

Στόχος της αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού προς όφελος του κτιρίου, εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας, είναι η επίτευξη οπτικής άνεσης. Έτσι, μέσω κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, θα πρέπει να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς χώρους επαρκής ποσότητα φωτισμού και ομαλή κατανομή. Πρέπει να αποφεύγονται οι έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης φωτισμού, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης».

Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των εξωτερικών ανοιγμάτων, αλλά και από τα χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ανακλαστικότητα).

Ως σύστημα φυσικού φωτισμού νοείται το σύνολο που αποτελείται από:

- Υαλοπίνακα ή άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο.
- Πλαίσιο (κούφωμα).
- Διάταξη σκιασμού (είτε δομικό στοιχείο είτε άλλο).

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται στις εξής τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

- Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία.
- Ανοίγματα οροφής.
- Αίθρια.
- Φωταγωγοί.

Αντίστοιχα, ο εξοπλισμός, με τη βοήθεια του οποίου αυξάνεται η απόδοση του συστήματος φυσικού φωτισμού και βελτιώνονται οι συνθήκες οπτικής άνεσης, περιλαμβάνει τα εξής.

- Ειδικούς Υαλοπίνακες
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά
- Διαφανή μονωτικά υλικά
- Ράφια φωτισμού-ανακλαστήρες, περσίδες
- Εσωτερική διαμόρφωση του χώρου, χρώματα, διάνοιξη εσωτερικών ανοιγμάτων κοκ.
- Αισθητήρες σύζευξης φυσικού/τεχνητού φωτισμού [17].

4.2.1 Ειδικοί υαλοπίνακες

Η χρήση βελτιωμένων ειδικών υαλοπινάκων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων και στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης που διαμορφώνονται στους εσωτερικούς χώρους.

Οι ιδιότητες αυτές μπορεί να είναι σταθερές, μεταβαλλόμενες (ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες) ή ρυθμιζόμενες.

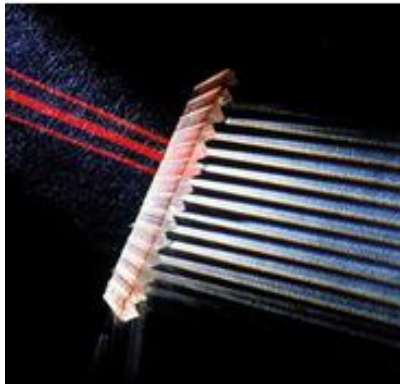
Κατηγορίες ειδικών υαλοπινάκων, οι οποίοι διαφοροποιούνται από τους κοινούς ως προς τα θερμικά και τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά, είναι:

- Ανακλαστικοί υαλοπίνακες : Ανακλούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών αλλά μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο και στα κτίρια του γειτονικού περιβάλλοντος.
- Έγχρωμοι υαλοπίνακες : Με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου.
- Απορροφητικοί υαλοπίνακες : Απορροφούν σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας (περιορίζουν τη θερμοπερατότητα χωρίς να μειώνουν σημαντικά τη φωτοδιαπερατότητα) και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου. Έχουν το πλεονέκτημα, σε σχέση με τους ανακλαστικούς, ότι δε δημιουργούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου.
- Υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e) αναλόγως με τον τρόπο με τον οποίο τοποθετούνται εμποδίζουν μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας είτε να εισέρχεται προς το κτίριο, είτε να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον. Οι υαλοπίνακες αυτοί συνιστώνται για τη μείωση των θερμικών απωλειών (το χειμώνα) ή κερδών (το καλοκαίρι) των κτιρίων, ανάλογα με τις θερμικές απαιτήσεις του κτιρίου και το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκονται.
- Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες : Εκτός από τους συνήθεις διπλούς (ή τριπλούς) υαλοπίνακες, αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα έχουν οι υαλοπίνακες που στο διάκενό τους περιέχουν άλλο αέριο (π.χ. αργό) αντί για αέρα. Συνιστώνται σε κτίρια με μεγάλα ανοίγματα, όπου απαιτείται υψηλή θερμομόνωση του κελύφους.
- Ηλεκτροχρωμικοί : Είναι υαλοπίνακες, των οποίων οι ιδιότητές τους, όπως η διαπερατότητά τους, μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος.
- Φωτοχρωμικοί : Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτούς. Η φωτοδιαπερατότητά τους μειώνεται με την αύξηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας.
- Θερμοχρωμικοί : Είναι υαλοπίνακες των οποίων οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμοι.
- Υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων : Με την εφαρμογή τάσης μετατρέπονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς.

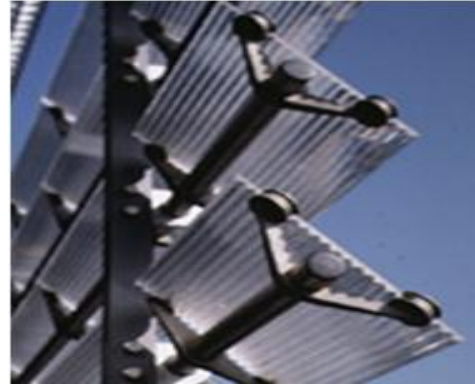
Για την επιλογή του κατάλληλου υαλοπίνακα θα πρέπει να εξετάζεται η χρήση του κτιρίου, η συνεισφορά του υαλοπίνακα στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση και τα συνεπαγόμενα οικονομικά οφέλη του συστήματος (κόστος, όφελος, χρόνος απόσβεσης). Κατά την επιλογή τους απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή έτσι, ώστε τα θερμικά και οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων, να επιλεγούν με κριτήριο τόσο τη συμπεριφορά τους στη θέρμανση και στο δροσισμό του κτιρίου, όσο και των απαιτήσεων σε φυσικό φωτισμό στο εσωτερικό των χώρων [17].

4.2.2 Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά

Τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά είναι στοιχεία που διαθλούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία και αναλόγως της κατασκευαστικής τους δομής μπορούν να αποκλείσουν πλήρως την είσοδο ή να αλλάξουν την κατεύθυνση της εισερχόμενης ακτινοβολίας. Εν γένει είναι ημιδιαφανή και άρα δε συνιστώνται εκεί που είναι επιθυμητή η θέα προς τα έξω.



Σχήμα 4.1 Λειτουργία πρισματικών στοιχείων [15]



Εικόνα 4.5 Διάταξη πρισματικών στοιχείων [15]

Τα πρισματικά στοιχεία τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου είτε ως αυτόνομα στοιχεία είτε μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων.

4.2.3 Διαφανή μονωτικά υλικά

Είναι φωτοδιαπερατά υλικά υψηλής θερμομονωτικής ικανότητας, τα οποία αντικαθιστούν τμήματα της εξωτερικής τοιχοποιίας.

Η διαφανής μόνωση εν γένει είναι διαχυτική και έχει πολύ καλές οπτικές ιδιότητες, συνδυάζοντας τις θερμομονωτικές ικανότητες μιας τοιχοποιίας (2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα από τους διπλούς υαλοπίνακες) με την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού.

Η διαφανής μόνωση μπορεί να τοποθετηθεί σε τοίχους ή και οροφές. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες διαφανών μονωτικών υλικών, τα οποία τοποθετούνται μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων.

Η φωτοδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45% και του 80% (με μια μείωση της τάξης του 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα).



Εικόνα 4.6 Εφαρμογή διαφανών μονωτικών υλικών σε υαλοπίνακα (αριστερά) και σε τοιχοποιία (δεξιά) [15]



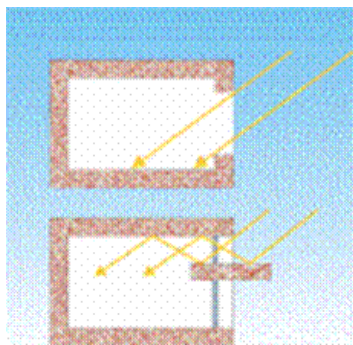
4.2.4 Ράφια φωτισμού - ανακλαστήρες, περσίδες

Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία, με ανακλαστική επιφάνεια, που στερεώνονται στα πλαίσια των εξωτερικών ανοιγμάτων και κατευθύνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου.

Εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού, αυξάνοντας τη στάθμη του φωτισμού σε απομακρυσμένες από τα παράθυρα ζώνες, μειώνοντας παράλληλα τη στάθμη φωτισμού στη ζώνη των παραθύρων.

Για την αποτελεσματική λειτουργία τους απαιτείται υψηλή ανακλαστικότητα της οροφής του χώρου. Η χρήση τους είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε εργασιακούς χώρους, όπου απαιτείται ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού.

Η ανακατεύθυνση όμως του φυσικού φωτισμού προς την οροφή δημιουργεί προβληματική συμπεριφορά στους αισθητήρες φωτισμού.



Σχήμα 4.2 Λειτουργία ραφιών φωτισμού [15]

Ανακλαστικές περσίδες

Είναι κινητά ανακλαστικά στοιχεία, μικρού μεγέθους, που τοποθετούνται στην εσωτερική ή την εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος ή και μεταξύ διπλών κουφωμάτων. Ως σύστημα φυσικού φωτισμού λειτουργούν όπως και τα ράφια φωτισμού, εκτρέποντας της ηλιακές ακτίνες προς την επιθυμητή κατεύθυνση στο χώρο (κατά προτίμηση στην οροφή).

Οι κινητές περσίδες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές καθώς επιτρέπουν εύκολα τη ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 4.7 Κινητές περσίδες σε οροφή [15]

Τόσο τα ράφια φωτισμού, όσο και οι περσίδες μπορούν και πρέπει να εξασφαλίζουν και την απαιτούμενη, για λόγους θερμικής προστασίας, σκίαση των χώρων, αλλά και τον απαιτούμενο

χειμερινό ηλιασμό. Ομοίως, δημιουργούν προβληματική συμπεριφορά στους αισθητήρες φωτισμού [21,30].

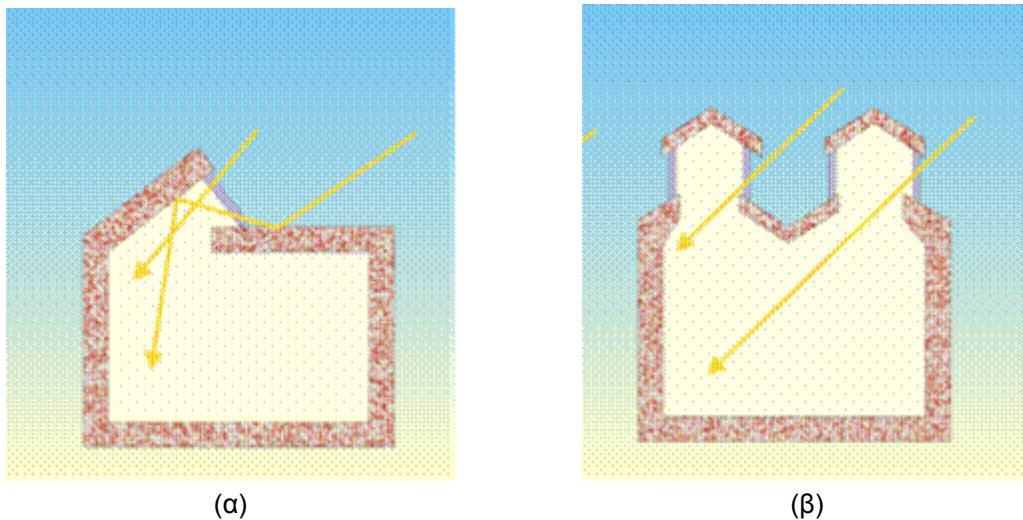
4.2.5 Εσωτερική διαμόρφωση του χώρου

Ανοίγματα οροφής

Τα εξωτερικά ανοίγματα στην οροφή αποτελούν ειδική κατηγορία συστημάτων φυσικού φωτισμού, καθώς παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα εξωτερικά ανοίγματα στην τοιχοποιία:

- Παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φως από τον ουράνιο θόλο.
- Λόγω της θέσης τους, συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός μέσα στους χώρους.

Τα ανοίγματα οροφής μπορούν να φέρουν είτε διαφανείς, είτε ημιδιαφανείς (διαχυτικούς) υαλοπίνακες.



Σχήμα 4.3 Λειτουργία ανοιγμάτων οροφής (α) κεκλιμένων (β) κατακόρυφων [15]

Στα ανοίγματα οροφής συνιστάται εν γένει να υπάρχει σύστημα ηλιοπροστασίας ή εκτροπής του άμεσου φωτός, με ανακλαστήρες, περσίδες ή κινητά πετάσματα.

Τα συστήματα αυτά, ανάλογα με τον τύπο του ανοίγματος μπορεί να είναι εξωτερικά ή εσωτερικά.

Η τελική επιλογή ενός τέτοιου συστήματος γίνεται με κριτήρια που αφορούν τη συνολική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και το κόστος αυτών.

Τα οριζόντια ανοίγματα οροφής έχουν το μειονέκτημα ότι δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόπτωση το καλοκαίρι από ότι το χειμώνα και για το λόγο αυτό συχνά συνιστώνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα στην οροφή, σε συνδυασμό με διατάξεις σκιασμού (Εικόνα 4.8).

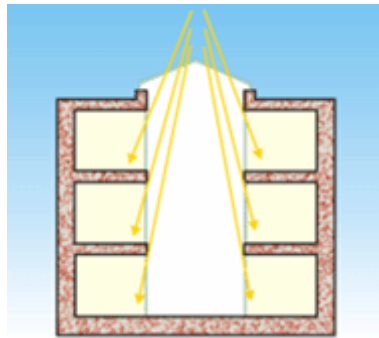


Εικόνα 4.8 Κατακόρυφα ανοίγματα οροφής [15]

Αίθρια

Τα αίθρια, είτε ανοιχτά, είτε με κάλυψη, συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας καθώς:

- Επιτρέπουν την είσοδο φωτεινής ακτινοβολίας στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου.
- Βοηθούν στην αύξηση της στάθμης του φωτισμού των χώρων (και στην ομοιογενή κατανομή του, εφόσον αυτοί φωτίζονται και από κατακόρυφα ανοίγματα).
- Παρέχουν διάχυτο φως (από τον ουρανό και από τις επάλληλες ανακλάσεις στο εσωτερικό τους), συντελώντας στην ομοιόμορφη κατανομή του (χωρίς θάμβωση).



Σχήμα 4.4 Λειτουργία αίθριου [15]



Εικόνα 4.9 Αίθρια με κάλυψη [15]

Ανάλογα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αίθριου, τα οπτικά χαρακτηριστικά των επιφανειών του, όπως η ανακλαστικότητα των τοίχων και του δαπέδου, και τα οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων, που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο ή και την οροφή, επηρεάζεται και η στάθμη φωτισμού των χώρων.

Για το λόγο αυτό, θα πρέπει κατά το σχεδιασμό των αίθριων να συνυπολογίζονται οι επιδράσεις των χαρακτηριστικών αυτών στην οπτική άνεση των εσωτερικών χώρων, πάντα σε συνδυασμό με την επίδρασή τους στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.

Φωταγωγοί

Οι φωταγωγοί εισάγουν το φυσικό φως σε χώρους όπου είναι αδύνατη η διείσδυση φυσικού φωτός με άλλο τρόπο. Υπάρχουν διάφορα είδη φωταγωγών με ποικιλία διαστάσεων. Εν γένει οι φωταγωγοί θα πρέπει να έχουν επιφάνειες ανακλαστικές.

Τα δε ανοίγματα που βλέπουν σε αυτούς συνιστάται να έχουν στην ποδιά τους ανακλαστήρα, ώστε να διοχετεύεται το φως στους εσωτερικούς χώρους.

Η απόδοσή των φωταγωγών μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη ανακλαστήρα στην κορυφή τους για την είσοδο του φωτός, ο οποίος να εκτρέπει τις ηλιακές ακτίνες προς τα κάτω. Για ακόμα μεγαλύτερη απόδοση μπορεί να συνοδεύονται από ηλιοστάτη (συσκευή η οποία φέρει καθρέπτη και η οποία ακολουθεί την πορεία του ήλιου κατά τη διάρκεια τις ημέρας).

Για το φωτισμό ενός ή και περισσότερων ορόφων μπορεί να χρησιμοποιηθούν σωλήνες-φωταγωγοί (φωτοσωλήνες). Η μέγιστη απόδοσή τους εξασφαλίζεται σε περιορισμένο μήκος φωτοσωλήνα, ανάλογα με τον τύπο και τον κατασκευαστή.

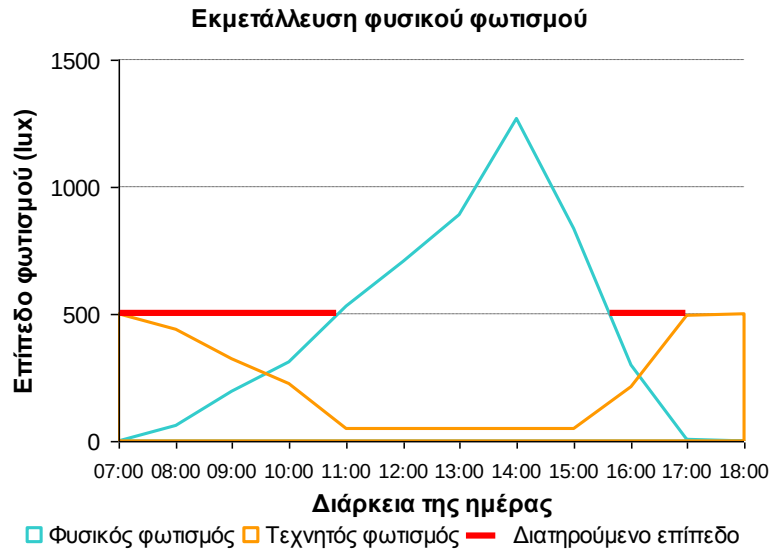
Σε πολλές περιπτώσεις οι φωταγωγοί μπορεί να συνεισφέρουν και στο φυσικό αερισμό ενός χώρου.



Σχήμα 4.5 Λειτουργία φωταγωγού [15]

4.2.6 Αισθητήρες φυσικού φωτισμού

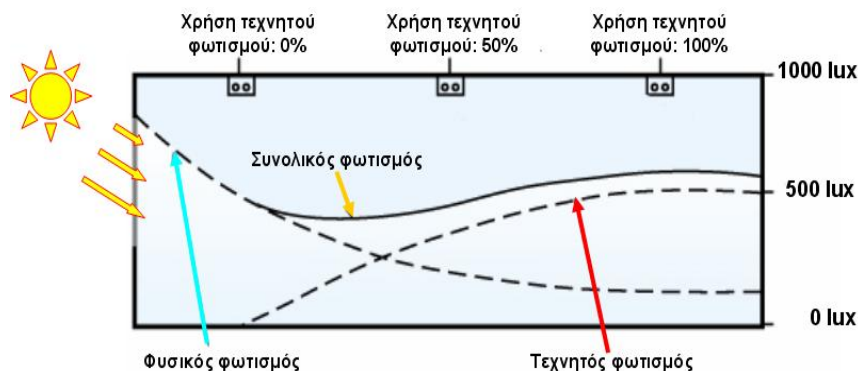
Στις περιμετρικές περιοχές των κτιρίων, μέρος του επιθυμητού φωτισμού μπορεί συχνά να παρασχεθεί από το φυσικό φωτισμό μέσω των εξωτερικών ανοιγμάτων τους. Σε αυτές τις περιοχές, μειώνεται η ισχύς για τον τεχνητό φωτισμό ανάλογα με τη διαθέσιμη ποσότητα του φυσικού φωτισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για το σύστημα τεχνητού φωτισμού. Για την επιτυχή εφαρμογή αυτών των μεθόδων πρέπει να υπάρχουν υψηλά επίπεδα φυσικού φωτισμού, έτσι ώστε να παραμένει σε ικανοποιητικό επίπεδο ο συνολικός φωτισμός σε συνδυασμό με τη μείωση του τεχνητού φωτισμού και να γίνεται σωστή εγκατάσταση των αισθητήρων φωτισμού.



Διάγραμμα 4.1 Οι αισθητήρες φωτισμού διατηρούν ένα σταθερό επίπεδο φωτισμού εκμεταλλευόμενοι το φυσικό φωτισμό και προσαρμόζοντας αντίστοιχα τα επίπεδα του τεχνητού φωτισμού [34]

Ρυθμίζοντας τη στάθμη του τεχνητού φωτισμού, συμπληρώνεται ο φυσικός φωτισμός από το φωτισμό των φωτιστικών σωμάτων όσο αυξάνεται η απόσταση από το παράθυρο (Διάγραμμα 4.1). Η εξοικονόμηση ενέργειας που πραγματοποιείται από την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι πιο σημαντικοί είναι:

- Οι κλιματολογικοί παράγοντες του τόπου στον οποίο βρίσκεται το κτίριο
- Η μορφή, ο προσανατολισμός και το σχέδιο του κτιρίου
- Ο αισθητήρας φωτισμού με τον αλγόριθμο ελέγχου του, την εγκατάστασή του και τη θέση σε λειτουργία του
- Οι δραστηριότητες που πραγματοποιούνται μέσα στο κτίριο [27,30-32].



Διάγραμμα 4.2 Τομή ενός δωματίου με τα προφίλ του φυσικού, τεχνητού και συνολικού φωτισμού [21]

Αισθητήρες φωτισμού (Photosensors)

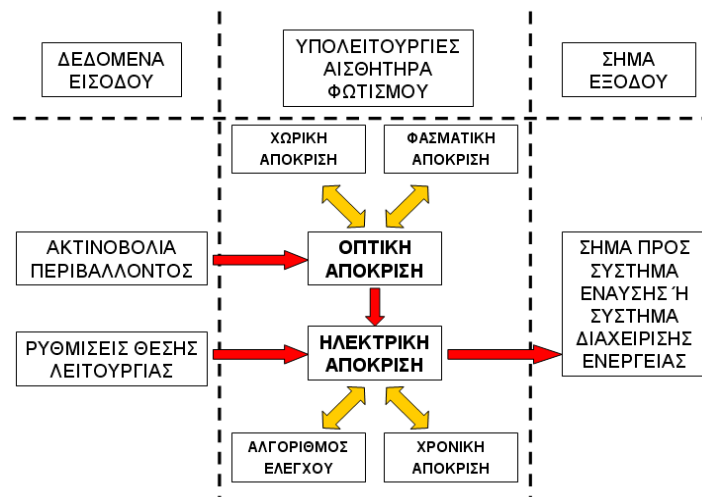
Η βασική λειτουργία ενός αισθητήρα φωτισμού είναι η παραγωγή μιας τάσης ελέγχου η οποία συσχετίζεται με το ποσό και τη διανομή του φωτισμού μέσα στο χώρο στον οποίο είναι τοποθετημένος. Η λειτουργία ενός αισθητήρα φωτισμού είναι περίπλοκη επειδή εξαρτάται από πολλές μεταβλητές, όπως είναι:

- Η κατανομή του φωτισμού στο χώρο που βρίσκεται ο αισθητήρας
- Η φασματική σύνθεση του φωτισμού

- Οι ρυθμίσεις της θέσης σε λειτουργία του αισθητήρα
- Το περιβάλλον επίπεδο φωτισμού

Ο αισθητήρας φωτισμού είναι μια πλήρης μονάδα ελέγχου που περιέχει φακό για την είσοδο του φωτός, φωτοκύτταρο, και το απαραίτητο ηλεκτρικό κύκλωμα για την παραγωγή του σήματος ελέγχου. Πιο απλά, η σύνθετη λειτουργία ενός αισθητήρα φωτισμού χωρίζεται σε μικρότερες και πιο εύχρηστες υπολειτουργίες. Με το συνδυασμό των αποδόσεων τους προκύπτει η ολική απόκριση ενός τέτοιου συστήματος. Στο Διάγραμμα 4.3 παρουσιάζονται οι υπολειτουργίες ενός αισθητήρα φωτισμού.

Οι βασικές υπολειτουργίες διαχωρίζονται μεταξύ των οπτικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών του αισθητήρα. Η οπτική υπολειτουργία συλλέγει την προσπίπτουσα ακτινοβολία από το περιβάλλον και την κατευθύνει στο φωτοκύτταρο (χωρική απόκριση του αισθητήρα), οριοθετεί τη φασματική απόκριση του αισθητήρα έτσι ώστε να μπορεί να συσχετιστεί με φωτομετρικές ποσότητες (φασματική απόκριση του αισθητήρα) και στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα. Η χωρική απόκριση περιγράφει την ευαισθησία του αισθητήρα φωτισμού στην προσπίπτουσα ακτινοβολία από διαφορετικές κατευθύνσεις μέσα στο χώρο που είναι τοποθετημένος και η φασματική απόκριση περιγράφει την ευαισθησία του αισθητήρα φωτισμού σε συνάρτηση με το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Στη συνέχεια η ηλεκτρική υπολειτουργία του αισθητήρα φωτισμού, με μεγαλύτερο βάρος στον αλγόριθμο ελέγχου, τροποποιεί το σήμα που παράγεται από το φωτοκύτταρο για να παραχθεί η τελική απόκριση από τον αισθητήρα φωτισμού.



Διάγραμμα 4.3 Υπολειτουργίες ενός αισθητήρα φωτισμού [21]

Συνεπώς, οι οπτικές και ηλεκτρικές υπολειτουργίες μετασχηματίζουν τα δεδομένα εισόδου (ακτινοβολία περιβάλλοντος και ρυθμίσεις θέσης λειτουργίας) σε ένα σήμα εξόδου που ελέγχει τα ηλεκτρονικά σύστημα έναυσης και λειτουργίας λαμπτήρων φθορισμού ή το κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας ενός κτιρίου. Το σήμα εξόδου κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 0-10 V, εκτός αν ο αισθητήρας φωτισμού και το σύστημα έναυσης των λαμπτήρων φθορισμού (ballast) είναι ενσωματωμένα σε ένα σύστημα, οπότε το σύστημα έναυσης σχεδιάζεται για να λειτουργεί συγκεκριμένα με έναν ιδιαίτερο αισθητήρα φωτισμού [17,30-34].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Τα επιλεγμένα κτίρια είναι τυπικά σχολικά συγκροτήματα και εκτός από την κύρια λειτουργία τους αποτελούν πόλο επισκέψεων από τους γονείς των μαθητών αλλά και λόγω των καλλιτεχνικών εκδηλώσεων που πραγματοποιούνται τακτικά στο χώρο των σχολείων. Σε σύγκριση με ένα τυπικό κτίριο που χρησιμοποιείται 12 μήνες το χρόνο τα επιλεγμένα κτίρια έχουν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας αν αναλογιστεί κάποιος ότι χρησιμοποιούνται 9 μήνες τον χρόνο. Όπως αποδείχτηκε με επιστημονική τεκμηρίωση τα κτίρια παρουσιάζουν ανάγκες ουσιαστικής ενεργειακής αναβάθμισης.

5.1 Γενική περιγραφή κτιρίων

5.1.1 2^ο νηπιαγωγείο Βούλας

Το 2^ο νηπιαγωγείο Βούλας βρίσκεται επί των οδών Πλαπούτα και Ασκληπιοῦ στη Βούλα Αττικής. Κατασκευάστηκε το 1983 και έκτοτε δεν έχει υποστεί καμία σημαντική ανακαίνιση. Η χρήση του κτιρίου είναι αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς σκοπούς (σχολείο). Υπάρχει χαμηλή βλάστηση περιμετρικά αυτού ενώ το σύστημα δόμησης του είναι πανταχόθεν ελεύθερο. Καταλαμβάνει χώρο συνολικού εμβαδού (χωρίς υπόγεια) 346m² ενώ αποτελείται από 1 όροφο (ισόγειο). Ο κύριος προσανατολισμός του κτιρίου είναι νοτιοδυτικός.



Νότια όψη του κτιρίου



Δυτική όψη του κτιρίου

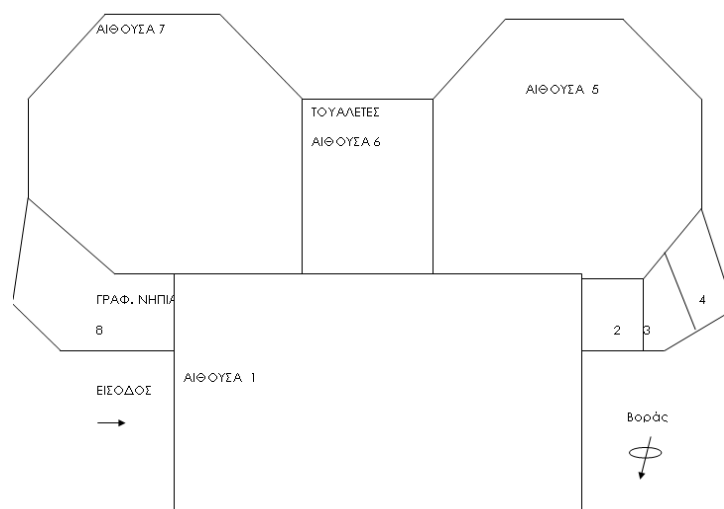


Βόρεια όψη του κτιρίου



Ανατολική όψη του κτιρίου

Εικόνα 5.1 Όψεις του κτιρίου



Σχήμα 5.1 Κάτοψη του ισόγειου με την αρίθμηση των αιθουσών και τον προσανατολισμό του κτιρίου

5.1.2 2^ο δημοτικό Βούλας

Το 2^ο δημοτικό Βούλας βρίσκεται επί των οδών Πλαπούτα και Ασκληπιοῦ στη Βούλα Αττικής. Κατασκευάστηκε το 1980 και έκτοτε δεν έχει υποστεί καμία σημαντική ανακαίνιση. Η χρήση του κτιρίου είναι αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς σκοπούς (σχολείο). Υπάρχει χαμηλή βλάστηση περιμετρικά αυτού ενώ το σύστημα δόμησης του είναι πανταχόθεν ελεύθερο. Καταλαμβάνει χώρο συνολικού εμβαδού (χωρίς υπόγεια) 2.056m^2 ενώ αποτελείται από 2 ορόφους (ισόγειο και α' όροφος). Ο κύριος προσανατολισμός του κτιρίου είναι βορειανατολικός.



Βόρεια όψη του κτιρίου



Δυτική όψη του κτιρίου

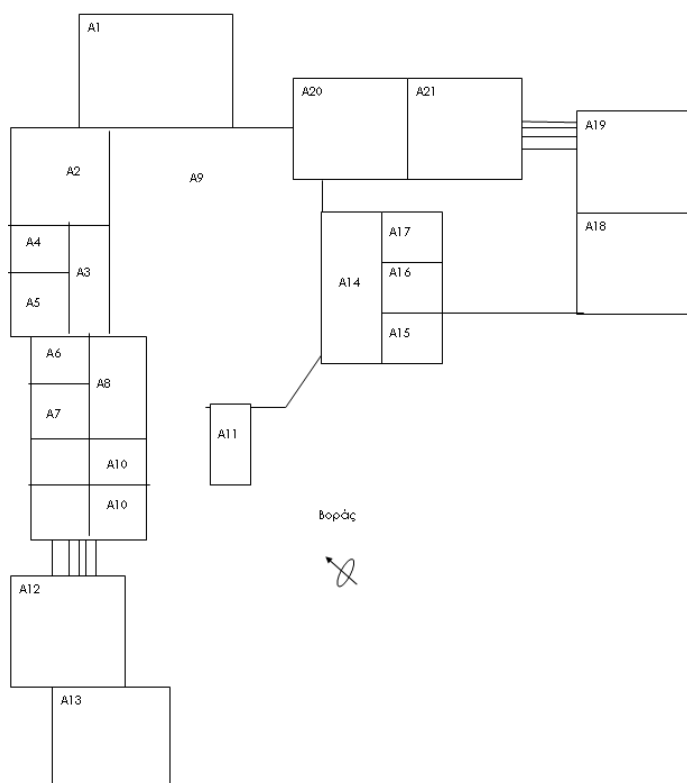


Νότια όψη του κτιρίου

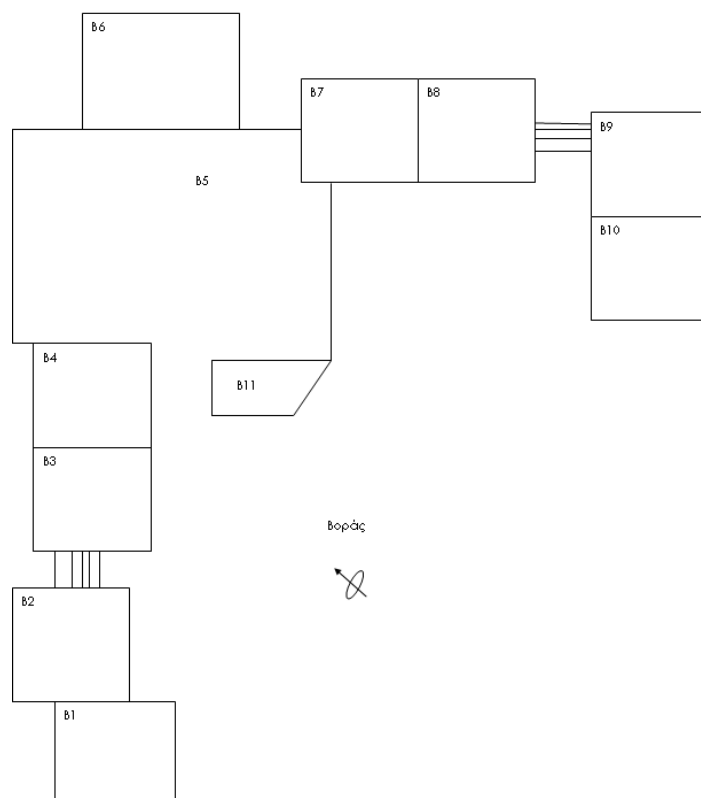


Ανατολική όψη του κτιρίου

Εικόνα 5.2 Όψεις του κτιρίου



Σχήμα 5.2 Κάτοψη του ισογείου με την αρίθμηση των αιθουσών και τον προσανατολισμό του κτιρίου



Σχήμα 5.3 Κάτοψη του Β επιπέδου (1^{ος} όροφος) με την αρίθμηση των αιθουσών και τον προσανατολισμό του κτιρίου

5.1.3 2^ο λύκειο Βούλας

Το 2^ο λύκειο Βούλας βρίσκεται επί των οδών Βουλιαγμένης και προόδου στη Βούλα Αττικής. Κατασκευάστηκε το 1992 και έκτοτε δεν έχει υποστεί καμία σημαντική ανακαίνιση παρά μόνο την αντικατάσταση των απλών υαλοπινάκων του Α επιπέδου της νοτιοδυτικής πλευράς. Η χρήση του κτιρίου είναι αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς σκοπούς (σχολείο). Υπάρχει χαμηλή βλάστηση περιμετρικά αυτού ενώ το σύστημα δόμησης του είναι πανταχόθεν ελεύθερο. Καταλαμβάνει χώρο συνολικού εμβαδού (χωρίς υπόγεια) 1706m^2 ($1236\text{m}^2 + 470\text{m}^2$ αίθριο) ενώ αποτελείται από τρία επίπεδα (2 όροφοι και ημι- ισόγειο). Ο κύριος προσανατολισμός του κτιρίου είναι βορειοανατολικός (προσανατολισμός εισόδου).



Βορειοδυτική όψη του κτιρίου



Βορειοανατολική όψη του κτιρίου

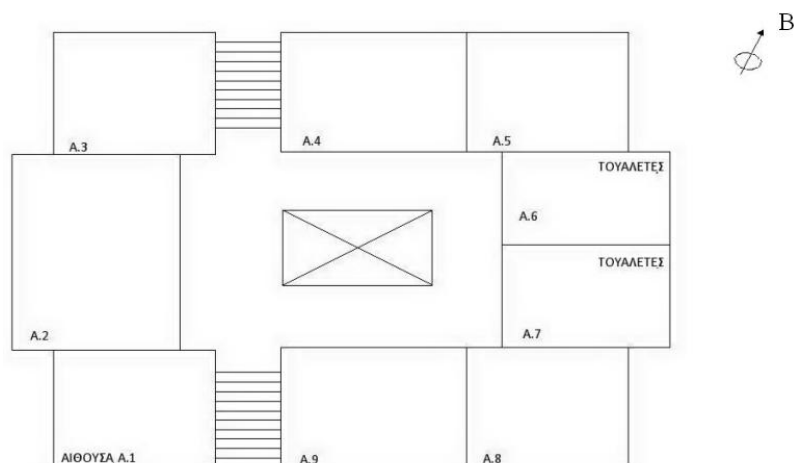


Νοτιοανατολική όψη του κτιρίου

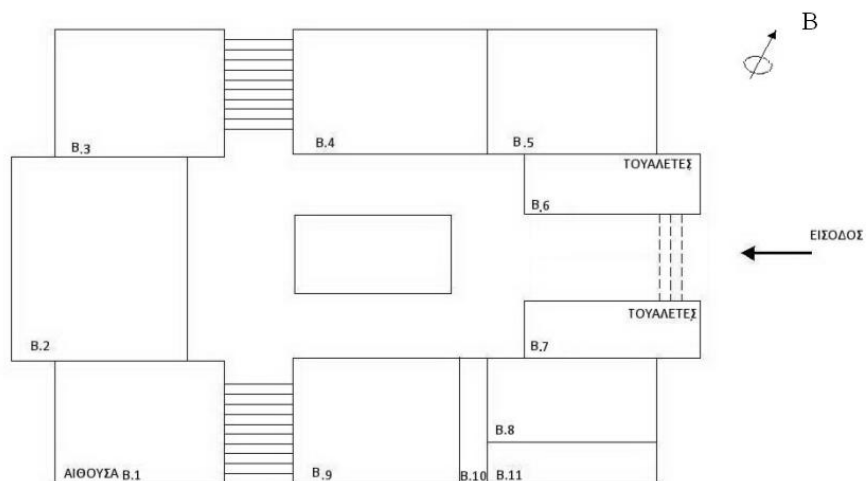


Νοτιοδυτική όψη του κτιρίου

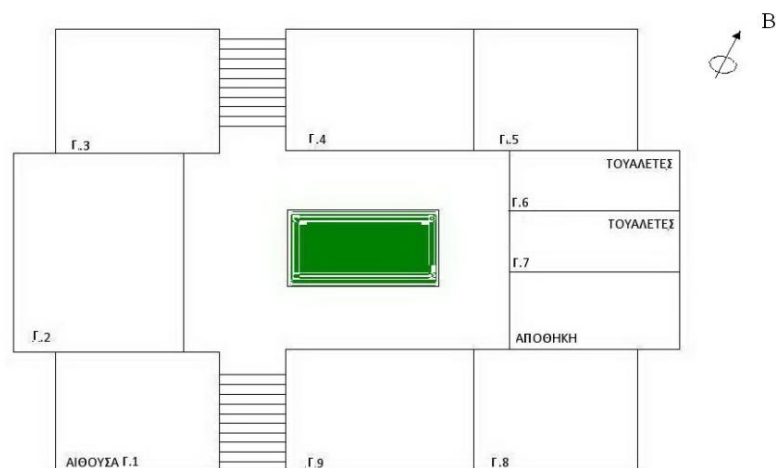
Εικόνα 5.3 Όψεις του κτιρίου



Σχήμα 5.4 Κάτοψη του Α επιπέδου (2^{ος} όροφος) με την αρίθμηση των αιθουσών και τον προσανατολισμό του κτιρίου



Σχήμα 5.5 Κάτοψη του Β επιπέδου (1^{ος} όροφος) με την αρίθμηση των αιθουσών και τον προσανατολισμό του κτιρίου



Σχήμα 5.6 Κάτοψη του Γ επιπέδου (ημι-ισόγειο) με την αρίθμηση των αιθουσών και τον προσανατολισμό του κτιρίου

5.1.4 3^ο δημοτικό Βούλας

Το 3^ο δημοτικό Βούλας βρίσκεται επί των οδών Μπιζανίου και Υμηττού στη Βούλα Αττικής. Κατασκευάστηκε το 1981 και έκτοτε δεν έχει υποστεί καμία σημαντική ανακαίνιση. Η χρήση του κτιρίου είναι αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς σκοπούς (σχολείο). Υπάρχει χαμηλή βλάστηση περιμετρικά αυτού ενώ το σύστημα δόμησης του είναι πανταχόθεν ελεύθερο. Καταλαμβάνει χώρο συνολικού εμβαδού (χωρίς υπόγεια) 1.056m² ενώ αποτελείται από 3 ορόφους (ισόγειο, α' και β' όροφος). Ο κύριος προσανατολισμός του κτιρίου είναι νοτιοδυτικός.



Νότια όψη του κτιρίου



Δυτική όψη του κτιρίου

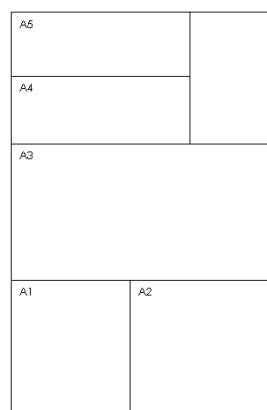


Βόρεια όψη του κτιρίου



Ανατολική όψη του κτιρίου

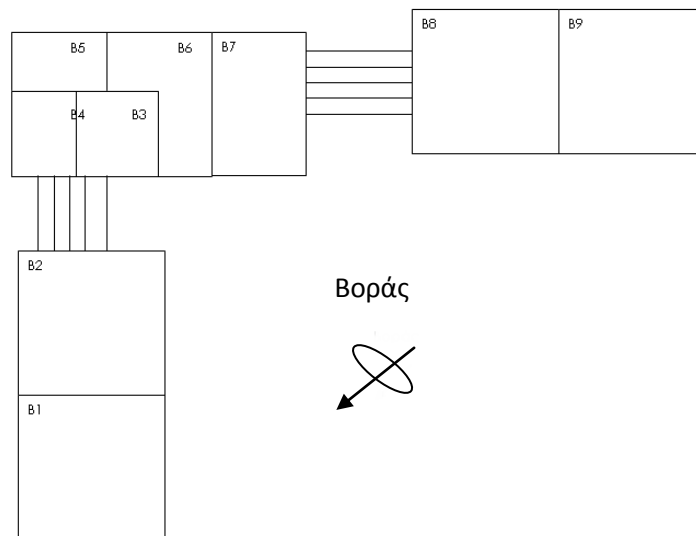
Εικόνα 5.4 Όψεις του κτιρίου



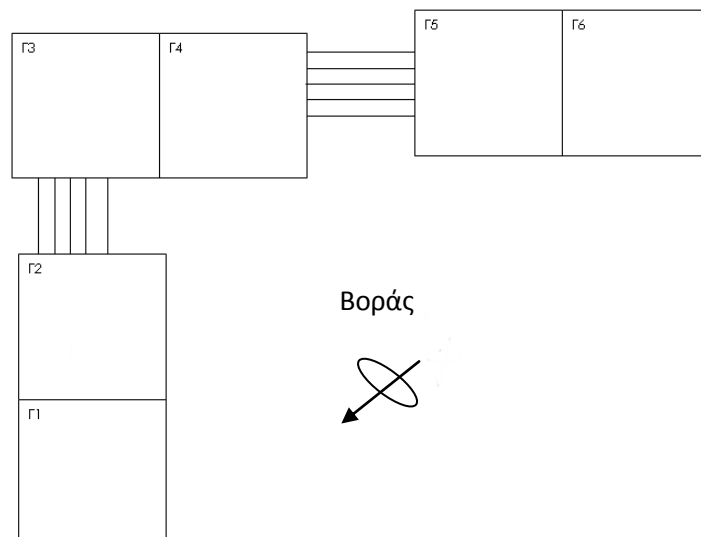
Βοράς



Σχήμα 5.7 Κάτοψη του Α επιπέδου (Ισόγειο) με την αρίθμηση των αιθουσών και τον προσανατολισμό του κτιρίου



Σχήμα 5.8 Κάτοψη του Β επιπέδου (1^{ος} όροφος) με την αρίθμηση των αιθουσών και τον προσανατολισμό του κτιρίου



Σχήμα 5.9 Κάτοψη του Γ επιπέδου (2^{ος} όροφος) με την αρίθμηση των αιθουσών και τον προσανατολισμό του κτιρίου

5.2 Περιγραφή υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης/ψύξης/αερισμού

5.2.1 2^ο νηπιαγωγείο Βούλας

Ο εγκατεστημένος λέβητας είναι χρονολογίας του 1985, μάρκας SOULIS, ονομαστικής ισχύος 58,14kW. Ενώ η συντήρησή του πρέπει να γίνεται μια φορά τον χρόνο, διαπιστώθηκε πως δεν έχει ελεγχθεί ποτέ, δεν έχει καθαριστεί ποτέ, παρουσιάζει οξείδωση (σκουριά), έχουν ξεκολλήσει μερικές εξωτερικές ενώσεις του μετάλλου. Επίσης, η θερμοκρασία των εξερχόμενων καυσαερίων είναι πολύ υψηλότερη του κανονικού, τα καυσαέρια είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για το περιβάλλον και η στεγανότητα του δεν είναι επαρκής. Η τεχνολογία που χρησιμοποιεί για την θέρμανση του νερού δεν είναι αποδοτική (πιεστικός λέβητας τριών διαδρομών με φυσική έκλυση καυσαερίων στο περιβάλλον), το οποίο μεταφράζεται σε βαθμό απόδοσης ~80%.

Ο καυστήρας που λειτουργεί σε συνεργασία με τον λέβητα, είναι χρονολογίας του 1985, μάρκας Fintherm ισχύος 36 – 101,16 kW.

Το καύσιμο του καυστήρα είναι το πετρέλαιο και δεν μπορεί να λειτουργήσει με κανένα άλλο καύσιμο.

Η κατάσταση του καυστήρα είναι πολύ κακή. Η συντήρησή του δεν ήταν τακτική και παρουσιάζει μικροφθορές στις ηλεκτρολογικές του συνδέσεις. Ο βαθμός απόδοσής του είναι πολύ χαμηλός.

Δεν υπάρχει σύστημα ψύξης και αερισμού.



Εικόνα 5.5 Λέβητας και καυστήρας του εξεταζόμενου κτιρίου

5.2.1.1 Ετήσια κατανάλωση καυσίμου (πετρέλαιο)

Η κατανάλωση πετρελαίου πριν την προτεινόμενη παρέμβαση υπολογίσθηκε από τα στοιχεία των τιμολογίων πώλησης του πετρελαίου για το έτος 2008. Τα στοιχεία που αντλήθηκαν από τα ανωτέρω τιμολόγια παρουσιάζονται συγκεντρωμένα στον Πίνακα 1. Τα τιμολόγια παρατίθενται στο Παράρτημα Γ.

Πίνακας 1 Κατανάλωση πετρελαίου πριν την προτεινόμενη παρέμβαση (έτος 2008).

Περίοδος κατανάλωσης / Πληρωμής Λογαριασμών	Πετρέλαιο (lt)
2/5/2008	1.200
22/10/2008	1.200
15/1/2009	500
Σύνολο 375 ημερών	2.900
Σύνολο 365 ημερών	2.823

Η κατανάλωση καυσίμου και η θερμική ενέργεια πριν την προτεινόμενη παρέμβαση υπολογίζονται αναλυτικά στον Πίνακα 2. Για τους υπολογισμούς αυτούς χρησιμοποιούνται τα εξής δεδομένα και παραδοχές:

- Θερμογόνος δύναμη πετρελαίου $\Theta_{\text{π}}$: 9,8 kWh/lt.
- Βαθμός απόδοσης λεβήτων 80% για καύση πετρελαίου θέρμανσης.

Πίνακας 2 Κατανάλωση θερμικής ενέργειας πριν την προτεινόμενη παρέμβαση (έτος 2008).

Καύσιμο	Ποσότητα (lt)	Πρωτογενής θερμική ενέργεια (kWh)
	[1]	[2] = [1] · 9.8 kWh/lt
Πετρέλαιο	2.823	27.665

Οπότε η κατανάλωση πρωτογενούς θερμικής ενέργειας είναι:

$$[KK\pi]_{\pi\rho iv} \cdot \Theta_{\pi} = 27.665 \text{ kWh}$$

όπου $[KK\pi]_{\pi\rho iv}$ η Κατανάλωση Καυσίμου (πετρελαίου) πριν την προτεινόμενη παρέμβαση.

5.2.2 2° δημοτικό Βούλας

Ο εγκατεστημένος λέβητας είναι χρονολογίας του 1980, μάρκας SOULIS, ονομαστικής ισχύος 232,56kW. Ενώ η συντήρησή του πρέπει να γίνεται μια φορά τον χρόνο, διαπιστώθηκε πως δεν έχει ελεγχθεί ποτέ, δεν έχει καθαριστεί ποτέ, παρουσιάζει οξείδωση (σκουριά), έχουν ξεκολλήσει μερικές εξωτερικές ενώσεις του μετάλλου. Επίσης, η θερμοκρασία των εξερχόμενων καυσαερίων είναι πολύ υψηλότερη του κανονικού, τα καυσαέρια είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για το περιβάλλον και η στεγανότητα του δεν είναι επαρκής. Η τεχνολογία που χρησιμοποιεί για την θέρμανση του νερού δεν είναι αποδοτική (πιεστικός λέβητας τριών διαδρομών με φυσική έκλυση καυσαερίων στο περιβάλλον), το οποίο μεταφράζεται σε βαθμό απόδοσης ~80%.

Ο καυστήρας που λειτουργεί σε συνεργασία με τον λέβητα, είναι χρονολογίας του 1980, μάρκας Intercalo ισχύος 226.74 – 348.84 kW.

Το καύσιμο του καυστήρα είναι το πετρέλαιο και δεν μπορεί να λειτουργήσει με κανένα άλλο καύσιμο.

Η κατάσταση του καυστήρα είναι πολύ κακή. Η συντήρηση του δεν ήταν τακτική και παρουσιάζει μικροφθορές στις ηλεκτρολογικές του συνδέσεις. Ο βαθμός απόδοσής του είναι πολύ χαμηλός.

Δεν υπάρχει σύστημα ψύξης και αερισμού.



Εικόνα 5.6 Λέβητας και καυστήρας του εξεταζόμενου κτιρίου

5.2.2.1 Ετήσια κατανάλωση καυσίμου (πετρέλαιο)

Η κατανάλωση πετρελαίου πριν την προτεινόμενη παρέμβαση υπολογίστηκε από τα στοιχεία των τιμολογίων πώλησης του πετρελαίου για το έτος 2008. Τα στοιχεία που αντλήθηκαν από τα ανωτέρω τιμολόγια παρουσιάζονται συγκεντρωμένα στον Πίνακα 3. Τα τιμολόγια παρατίθενται στο Παράρτημα Γ

Πίνακας 3 Κατανάλωση πετρελαίου πριν την προτεινόμενη παρέμβαση (έτος 2008).

Περίοδος κατανάλωσης / Πληρωμής Λογαριασμών	Πετρέλαιο (lt)
14/1/2008	2.000
6/3/2008	2.000
22/10/2008	1.500
Σύνολο 360 ημερών	5.500
Σύνολο 365 ημερών	5.576

Η κατανάλωση καυσίμου και η θερμική ενέργεια πριν την προτεινόμενη παρέμβαση υπολογίζονται αναλυτικά στον Πίνακα 4. Για τους υπολογισμούς αυτούς χρησιμοποιούνται τα εξής δεδομένα και παραδοχές:

- Θερμογόνος δύναμη πετρελαίου Θ_{π} : 9,8 kWh/lt.
- Βαθμός απόδοσης λεβήτων 80% για καύση πετρελαίου θέρμανσης.

Πίνακας 4 Κατανάλωση θερμικής ενέργειας πριν την προτεινόμενη παρέμβαση (έτος 2008).

Καύσιμο	Ποσότητα (lt)	Πρωτογενής θερμική ενέργεια (kWh)
	[1]	[2] = [1] · 9,8 kWh/lt
Πετρέλαιο	5.576	54.645

Οπότε η κατανάλωση πρωτογενούς θερμικής ενέργειας είναι:

$$[ΚΚ\pi]_{\pi\rho\iota\nu} \cdot \Theta_{\pi} = 54.645 \text{ kWh}$$

όπου $[ΚΚ\pi]_{\pi\rho\iota\nu}$ η Κατανάλωση Καυσίμου (πετρελαίου) πριν την προτεινόμενη παρέμβαση.

5.2.3 2^ο λύκειο Βούλας

Ο καυστήρας λόγω κακής συντήρησης, παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα και δυσλειτουργίες. Είναι χαμηλής αποδοτικότητας (κάτω του 80%), δεν είναι 100% στεγανός, η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι αρκετά πάνω από το επιθυμητό, δεν έχει ευκολίες χειρισμού. Όλα αυτά μεταφράζονται σε αυξημένους ρύπους, σε μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου. Ενώ μειονέκτημα είναι η χρήση πετρελαίου σαν καύσιμο.

Ο λέβητας είναι του 2003 σε πολύ καλή κατάσταση και λειτουργεί με διπλό καύσιμο (φυσικό αέριο και πετρέλαιο)

5.2.3.1 Ετήσια κατανάλωση καυσίμου (πετρέλαιο)

Η κατανάλωση πετρελαίου πριν την προτεινόμενη παρέμβαση υπολογίσθηκε από τα στοιχεία των τιμολογίων πώλησης του πετρελαίου για το έτος 2008. Τα στοιχεία που αντλήθηκαν από τα ανωτέρω τιμολόγια παρουσιάζονται συγκεντρωμένα στον Πίνακα 5. Τα τιμολόγια παρατίθενται στο Παράρτημα Γ.

Πίνακας 5 Κατανάλωση πετρελαίου πριν την προτεινόμενη παρέμβαση (έτος 2008).

Περίοδος κατανάλωσης / Πληρωμής Λογαριασμών	Πετρέλαιο (lt)
1/17/2008	2.000
2/25/2008	1.500
10/24/2008	1.800
Σύνολο 391 ημερών	5.300
Σύνολο 365 ημερών	4.948

Η κατανάλωση καυσίμου και η θερμική ενέργεια πριν την προτεινόμενη παρέμβαση υπολογίζονται αναλυτικά στον Πίνακα 6. Για τους υπολογισμούς αυτούς χρησιμοποιούνται τα εξής δεδομένα και παραδοχές:

- Θερμογόνος δύναμη πετρελαίου Θ_{π} : 9,8 kWh/lt.
- Βαθμός απόδοσης λεβήτων 80% για καύση πετρελαίου θέρμανσης.

Πίνακας 6 Κατανάλωση θερμικής ενέργειας πριν την προτεινόμενη παρέμβαση (έτος 2008).

Καύσιμο	Ποσότητα (lt)	Πρωτογενής θερμική ενέργεια (kWh)
	[1]	[2] = [1] · 9.8 kWh/lt
Πετρέλαιο	4.948	48.490

Οπότε η κατανάλωση πρωτογενούς θερμικής ενέργειας είναι:

$$[KK\pi]_{\pi\pi\pi\pi} \cdot \Theta_{\pi} = 48.490 \text{ kWh}$$

όπου [KKπ]ππππ η Κατανάλωση Καυσίμου (πετρελαίου) πριν την προτεινόμενη παρέμβαση.

5.2.4 3° δημοτικό Βούλας

Ο εγκατεστημένος λέβητας είναι χρονολογίας του 1986, μάρκας SOULIS, ονομαστικής ισχύος 139,53kW. Ενώ η συντήρησή του πρέπει να γίνεται μια φορά τον χρόνο, διαπιστώθηκε πως δεν έχει ελεγχθεί ποτέ, δεν έχει καθαριστεί ποτέ, παρουσιάζει οξείδωση (σκουριά), έχουν ξεκολλήσει μερικές εξωτερικές ενώσεις του μετάλλου. Επίσης, η θερμοκρασία των εξερχόμενων καυσαερίων είναι πολύ υψηλότερη του κανονικού, τα καυσαέρια είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για το περιβάλλον και η στεγανότητα του δεν είναι επαρκής. Η τεχνολογία που χρησιμοποιεί για την θέρμανση του νερού δεν είναι αποδοτική (πιεστικός λέβητας τριών διαδρομών με φυσική έκλυση καυσαερίων στο περιβάλλον), το οποίο μεταφράζεται σε βαθμό απόδοσης ~80%.

Ο καυστήρας που λειτουργεί σε συνεργασία με τον λέβητα, είναι χρονολογίας του 1986, μάρκας Joanes ισχύος 140 kW.

Το καύσιμο του καυστήρα είναι το πετρέλαιο και δεν μπορεί να λειτουργήσει με κανένα άλλο καύσιμο.

Η κατάσταση του καυστήρα είναι πολύ κακή. Η συντήρηση του δεν ήταν τακτική και παρουσιάζει μικροφθορές στις ηλεκτρολογικές του συνδέσεις. Ο βαθμός απόδοσής του είναι πολύ χαμηλός.

Δεν υπάρχει σύστημα ψύξης και αερισμού.



Εικόνα 5.7 Λέβητας και καυστήρας του εξεταζόμενου κτιρίου

5.2.4.1 Ετήσια κατανάλωση καυσίμου (πετρέλαιο)

Η κατανάλωση πετρελαίου πριν την προτεινόμενη παρέμβαση υπολογίσθηκε από τα στοιχεία των τιμολογίων πώλησης του πετρελαίου για το έτος 2008. Τα στοιχεία που αντλήθηκαν από τα ανωτέρω τιμολόγια παρουσιάζονται συγκεντρωμένα στον Πίνακα 7. Τα τιμολόγια παρατίθενται στο Παράρτημα Γ.

Πίνακας 7 Κατανάλωση πετρελαίου πριν την προτεινόμενη παρέμβαση (έτος 2008).

Περίοδος κατανάλωσης / Πληρωμής Λογαριασμών	Πετρέλαιο (lt)
5/2/2008	1.500
22/10/2008	2.800
Σύνολο 376 ημερών	4.300
Σύνολο 365 ημερών	4.174

Η κατανάλωση καυσίμου και η θερμική ενέργεια πριν την προτεινόμενη παρέμβαση υπολογίζονται αναλυτικά στον Πίνακα 8. Για τους υπολογισμούς αυτούς χρησιμοποιούνται τα εξής δεδομένα και παραδοχές:

- Θερμογόνος δύναμη πετρελαίου Θ_{π} : 9,8 kWh/lt.
- Βαθμός απόδοσης λεβήτων 80% για καύση πετρελαίου θέρμανσης.

Πίνακας 8 Κατανάλωση θερμικής ενέργειας πριν την προτεινόμενη παρέμβαση (έτος 2008).

Καύσιμο	Ποσότητα (lt)	Πρωτογενής θερμική ενέργεια (kWh)
	[1]	[2] = [1] · 9.8 kWh/lt
Πετρέλαιο	4.174	40.905

Οπότε η κατανάλωση πρωτογενούς θερμικής ενέργειας είναι:

$$[KK\pi]_{\pi\pi\pi\pi} \cdot \Theta_{\pi} = 54.648,62\text{kWh}$$

όπου [KKπ]πριν η Κατανάλωση Καυσίμου (πετρελαίου) πριν την προτεινόμενη παρέμβαση.

5.3 Καταγραφή και περιγραφή υφιστάμενου συστήματος φωτισμού

5.3.1 2^ο νηπιαγωγείο Βούλας

Το κυρίως σύστημα φωτισμού αποτελείται από γραμμικά φωτιστικά σώματα φθορισμού 2Χ36W, με λαμπτήρες τύπου T8, με μαγνητικό ballast χωρίς ανακλαστήρα. Σε κάθε αίθουσα όπως παρουσιάζεται και στις παρακάτω φωτογραφίες υπάρχει υπερβολικός αριθμός φωτιστικών παλαιάς τεχνολογίας, χαμηλής απόδοσης και χωρίς παραβολικές περσίδες. Στους κοινόχρηστους χώρους του κτιρίου χρησιμοποιούνται φωτιστικά με λαμπτήρες πυρακτώσεως των 100W. Για τον υπολογισμό της συνολικής ισχύος του συστήματος φωτισμού προσαυξάνεται κατά 25% η ισχύς των λαμπτήρων φθορισμού ώστε να συνυπολογισθούν οι απώλειες των μαγνητικών ballast.

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζεται συνολικά η υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού ανά αίθουσα με βάση το σκαρίφημα στην εισαγωγή.

Πίνακας 9 Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)
1	16	2	36	Φθορισμού	1.440
2	2	1	100	Πυράκτωσης	200
3	2	1	100	Πυράκτωσης	200
4	2	1	100	Πυράκτωσης	200
5	18	2	36	Φθορισμού	1.620
6	8	1	100	Πυράκτωσης	800
7	18	2	36	Φθορισμού	1.620
8	7	2	36	Φθορισμού	630
Σύνολο					6.710



Εικόνα 5.8 Υπερβολικός αριθμός και απαρχαιωμένα φωτιστικά στις αίθουσες.

5.3.2 2^ο δημοτικό Βούλας

Το κυρίως σύστημα φωτισμού αποτελείται από γραμμικά φωτιστικά σώματα φθορισμού 2Χ36W, με λαμπτήρες τύπου T8, με μαγνητικό ballast χωρίς ανακλαστήρα. Σε κάθε αίθουσα όπως παρουσιάζεται και στις παρακάτω φωτογραφίες υπάρχει υπερβολικός αριθμός φωτιστικών παλαιάς τεχνολογίας, χαμηλής απόδοσης και χωρίς παραβολικές περσίδες. Στους κοινόχρηστους χώρους του κτιρίου χρησιμοποιούνται φωτιστικά με λαμπτήρες πυρακτώσεως των 100W. Για τον υπολογισμό της συνολικής ισχύος του συστήματος φωτισμού προσαυξάνεται κατά 25% η ισχύς των λαμπτήρων φθορισμού ώστε να συνυπολογισθούν οι απώλειες των μαγνητικών ballast.

Στον Πίνακα 10 και 11 παρουσιάζεται συνολικά η υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού ανά αίθουσα με βάση το σκαρίφημα στην εισαγωγή.

Πίνακας 10 Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (ισόγειο)

A επίπεδο ισόγειο	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)
A1	16	2	36	Φθορισμού	1.440
A2	12	2	36	Φθορισμού	1.080
A3	3	2	36	Φθορισμού	270
A4	3	2	36	Φθορισμού	270
A5	4	1	100	Πυράκτωσης	400
A6	3	2	36	Φθορισμού	270
A7	6	1	100	Πυράκτωσης	600
A8	2	2	36	Φθορισμού	180
A9	18	2	36	Φθορισμού	1.620
A10	16	1	60	Πυράκτωσης	960
	2	1	100	Πυράκτωσης	200
A11	2	2	36	Φθορισμού	180
A12	12	2	36	Φθορισμού	1.080
A13	12	2	36	Φθορισμού	1.080
A14	12	1	36	Φθορισμού	540
A15	4	1	100	Πυράκτωσης	400
A16	4	1	100	Πυράκτωσης	400
A17	2	1	100	Πυράκτωσης	200
A18	12	2	36	Φθορισμού	1.080
A19	12	2	36	Φθορισμού	1.080
A20	12	2	36	Φθορισμού	1.080
A21	12	2	36	Φθορισμού	1.080
A22	6	2	36	Φθορισμού	540
A23	4	2	36	Φθορισμού	360
Σύνολο					16.390

Πίνακας 11 Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (α' όροφος)

B επίπεδο 1^{ος} όροφος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)
B1	12	2	36	Φθορισμού	1.080
B2	12	2	36	Φθορισμού	1.080
B3	12	2	36	Φθορισμού	1.080
B4	12	2	36	Φθορισμού	1.080
B5	38	2	36	Φθορισμού	3.420
B6	16	2	36	Φθορισμού	1.440
B7	12	2	36	Φθορισμού	1.080
B8	12	2	36	Φθορισμού	1.080
B9	12	2	36	Φθορισμού	1.080
B10	12	2	36	Φθορισμού	1.080
B11	6	2	36	Φθορισμού	540
Σύνολο					14.040
Σύνολο κτιρίου					30.430



Εικόνα 5.9 Υπερβολικός αριθμός και απαρχαιωμένα φωτιστικά στις αίθουσες.

5.3.3 2^ο λύκειο Βούλας

Κατά την επίσκεψη στο χώρο του κτιρίου διαπιστώθηκε ότι χρησιμοποιούνται επί το πλείστον φωτιστικά σώματα φθορισμού, με λαμπτήρες τύπου T8 2X36W με μαγνητικό ballast. Σε κάθε αίθουσα όπως παρουσιάζεται και στις παρακάτω φωτογραφίες υπάρχει υπερβολικός αριθμός φωτιστικών με 12 γραμμικά φωτιστικά, παλαιάς τεχνολογίας, χαμηλής απόδοσης και χωρίς παραβολικές περσίδες. Στους κοινόχρηστους χώρους του κτιρίου χρησιμοποιούνται φωτιστικά με λαμπτήρες πυρακτώσεως των 100W. Για τον υπολογισμό της συνολικής ισχύος του συστήματος φωτισμού προσαυξάνεται κατά 25% η ισχύς των λαμπτήρων φθορισμού ώστε να συνυπολογισθούν οι απώλειες των μαγνητικών ballast.



Εικόνα 5.10 Υπερβολικός αριθμός και απαρχαιωμένα φωτιστικά στις αίθουσες

Στο Πίνακα 12 παρουσιάζεται συνολικά η υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού ανά αίθουσα με βάση το σκαρίφημα στην εισαγωγή.

Πίνακας 12 Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού

A Επίπεδο 2^{ος} Όροφος	Αριθμός φωτιστικών	Αριθμός λαμπτήρων	Ισχύς Λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)
A.1	9	2	36	Φθορισμού	810
A.2	12	2	36	Φθορισμού	1.080
A.3	9	2	36	Φθορισμού	810
A.4	9	2	36	Φθορισμού	810
A.5	13	1	36	Φθορισμού	585
A.6 WC	3	1	100	Πυράκτωσης	300
A.7 WC	3	1	100	Πυράκτωσης	300
A.8	9	2	36	Φθορισμού	810
A.9	9	2	36	Φθορισμού	810
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	6	2	36	Πυράκτωσης	540
Σύνολο					6.855
B Επίπεδο 1^{ος} Όροφος					
B.1	9	2	36	Φθορισμού	810
B.2	12	2	36	Φθορισμού	1.080
B.3	9	2	36	Φθορισμού	810
B.4	9	2	36	Φθορισμού	810
B.5	9	2	36	Φθορισμού	810
B.6 WC	3	1	100	Πυράκτωσης	300
B.7 WC	3	1	100	Πυράκτωσης	300
B.8	6	2	36	Φθορισμού	540
B.9	9	2	36	Φθορισμού	810
B.10	3	2	36	Φθορισμού	270
B.11 WC	1	1	100	Πυράκτωσης	100
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	10	2	36	Πυράκτωσης	900
Σύνολο					7.540
Γ Επίπεδο Ημι-ισόγειο					
Γ.1	9	2	36	Φθορισμού	810
Γ.2	12	2	36	Φθορισμού	1.080
Γ.3	9	2	36	Φθορισμού	810
Γ.4	9	2	36	Φθορισμού	810
Γ.5	9	2	36	Φθορισμού	810
Γ.6 WC	3	1	100	Πυράκτωσης	300
Γ.7 WC	3	1	100	Πυράκτωσης	300
Γ.8 ΛΕΒΗΤΑΣ	1	1	100	Πυράκτωσης	100
Γ.9	9	2	36	Φθορισμού	810
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	8	2	36	Φθορισμού	720
ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΑ	4	1	250	Πυράκτωσης	1.250
ΣΚΑΛΕΣ	2	1	100	Πυράκτωσης	200
Σύνολο					8.000
Σύνολο κτιρίου					22.395

5.3.4 3^ο δημοτικό Βούλας

Το κυρίως σύστημα φωτισμού αποτελείται από γραμμικά φωτιστικά σώματα φθορισμού 2Χ36W, με λαμπτήρες τύπου T8, με μαγνητικό ballast χωρίς ανακλαστήρα. Σε κάθε αίθουσα όπως παρουσιάζεται και στις παρακάτω φωτογραφίες υπάρχει υπερβολικός αριθμός φωτιστικών παλαιάς τεχνολογίας, χαμηλής απόδοσης και χωρίς παραβολικές περσίδες. Στους κοινόχρηστους χώρους του κτιρίου χρησιμοποιούνται φωτιστικά με λαμπτήρες πυρακτώσεως των 100W. Για τον υπολογισμό της συνολικής ισχύος του συστήματος φωτισμού προσαυξάνεται κατά 25% η ισχύς των λαμπτήρων φθορισμού ώστε να συνυπολογισθούν οι απώλειες των μαγνητικών ballast. Στους Πίνακες 13 14 και 15 παρουσιάζεται συνολικά η υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού ανά αίθουσα με βάση το σκαρίφημα στην εισαγωγή.

Πίνακας 13 Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (ισόγειο)

Επίπεδο Α Ισόγειο	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)
A4 ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ Α	8	2	36	Φθορισμού	720
A3 ΧΩΛ ΕΙΣΟΔΟΥ Α	6	2	36	Φθορισμού	540
A1 ΑΙΘ.ΠΟΛ.ΧΡΗΣΕΩΝ 1 Α	6	2	36	Φθορισμού	540
A2 ΑΙΘ.ΠΟΛ.ΧΡΗΣΕΩΝ 2 Α	6	2	36	Φθορισμού	540
Σύνολο					2.340

Πίνακας 14 Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (1^{ος} όροφος)

Επίπεδο Β 1ος όροφος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)
B5 ΓΡ.ΣΥΛΛΟΓΟΥ Β	2	2	36	Φθορισμού	180
B4 ΓΡ.Δ-ΝΤΗ Β	2	2	36	Φθορισμού	180
B6 ΑΠΟΘ.ΕΠΟΠΤ.ΟΡΓΑΝ.	1	1	100	Πυράκτωσης	100
B3 ΠΡΟΘΑΛ.ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ Β	2	2	36	Φθορισμού	180
B1 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Β1)	9	2	36	Φθορισμού	810
B2 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Β2)	9	2	36	Φθορισμού	810
B7 ΓΡ.ΔΑΣΚΑΛΩΝ Β	7	2	36	Φθορισμού	630
B8 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Β3)	9	2	36	Φθορισμού	810
B9 WC Β ΣΤΑΘΜΗΣ	10	1	100	Πυράκτωσης	1.000
Σύνολο					4.700

Πίνακας 15 Υφιστάμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (2^{ος} όροφος)

Επίπεδο Γ 2ος όροφος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)
Γ1 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Γ1)	9	2	36	Φθορισμού	810
Γ2 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Γ2)	9	2	36	Φθορισμού	810
Γ3 ΑΙΘ.ΦΥΣ.-ΧΗΜΕΙΑΣ Γ	9	2	36	Φθορισμού	810
Γ4 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Δ') Γ	9	2	36	Φθορισμού	810
Γ5 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Ε') Γ	9	2	36	Φθορισμού	810
Γ6 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(ΣΤ') Γ	9	2	36	Φθορισμού	810
ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ Α	2	1	100	Πυράκτωσης	200
ΕΞΩΤΕΡ.ΧΩΡΟΙ	13	1	100	Πυράκτωσης	1.300
Σύνολο					6.360
Σύνολο κτιρίου					13.400



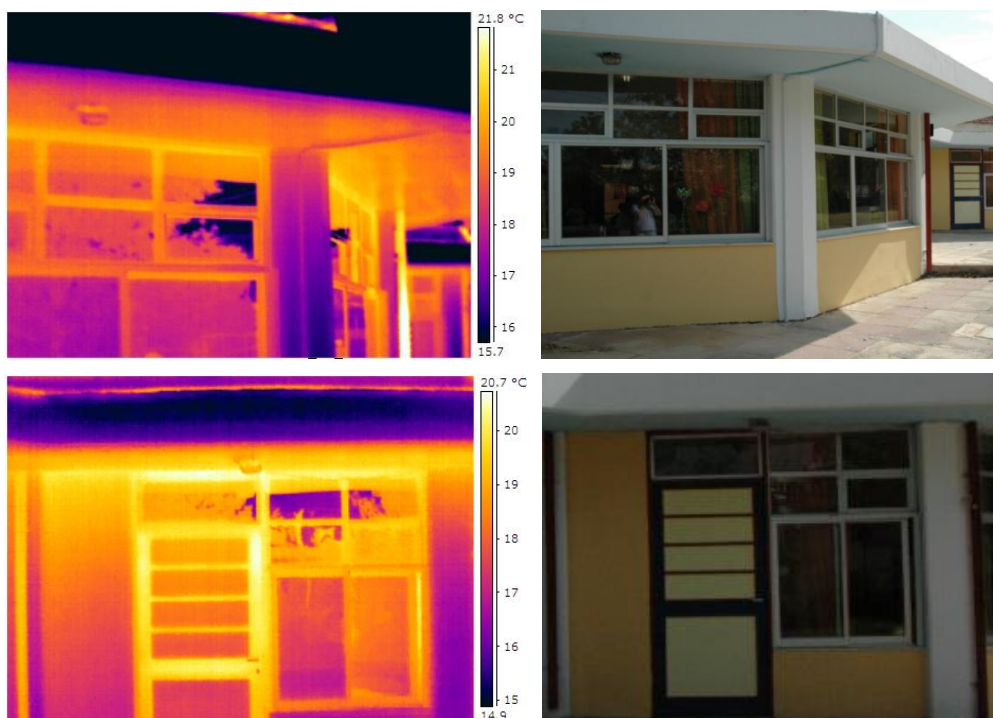
Εικόνα 5.11 Υπερβολικός αριθμός και απαρχαιωμένα φωτιστικά στις αίθουσες.

5.4 Αξιολόγηση της συνολικής ενεργειακής κατάστασης των κτιρίων

5.4.1 2^ο νηπιαγωγείο Βούλας

Κατά τη διάρκεια της επίσκεψης στο κτίριο για την ενεργειακή επιθεώρηση συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία και πραγματοποιήθηκαν οι αναγκαίες μετρήσεις για τον εντοπισμό των ευαίσθητων σημείων και για την εξαγωγή συμπερασμάτων και καθορισμό προτεραιοτήτων για την ενεργειακή αναβάθμιση και τη λήψη αποφάσεων για τις απαραίτητες δράσεις.

Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά θερμοφωτογραφίες από το κέλυφος του εξεταζόμενου κτιρίου.



Εικόνα 5.12 Ενδεικτικές θερμοφωτογραφίες με τις αντίστοιχες φωτογραφίες στο ορατό του εξεταζόμενου κτιρίου

Συνοπτικά παρατηρήθηκαν τα παρακάτω:

- Δεν υπάρχει θερμομόνωση στο δώμα παρά μόνο στεγνωτικές μεμβράνες κάτω από την επίστρωση χαλκιού. Στον υποκείμενο όροφο υπήρχε υγρασία σε σημεία των τοίχων από την κακή εφαρμογή.

- Στα ανοίγματα χρησιμοποιούνται μονά υαλοστάσια πάχους 6mm με αντίστοιχα μεταλλικά πλαίσια.



Εικόνα 5.13 Ανυπαρξία μόνωσης της ταράτσας



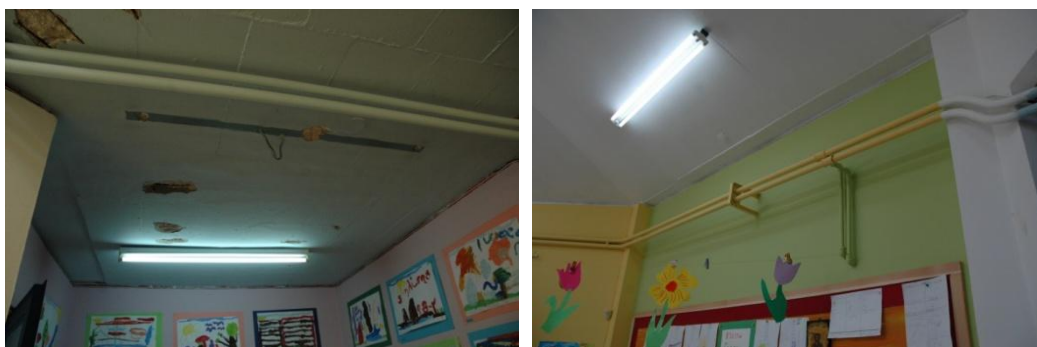
Εικόνα 5.14 Μονά υαλοστάσια

- Ο λέβητας λόγω κακής συντήρησης, παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα και δυσλειτουργίες. Είναι χαμηλής αποδοτικότητας (~80%), δεν είναι 100% στεγανός, η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι αρκετά πάνω από το επιθυμητό, δεν έχει ευκολίες χειρισμού. Όλα αυτά μεταφράζονται σε αυξημένους ρύπους, μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου και μειωμένη ικανότητα παραγωγής ζεστού νερού. Μειονέκτημα επίσης θεωρείται η χρήση πετρελαίου ως καυσίμου.
- Ο καυστήρας είναι πολύ παλιός (χρονολογίας του 1985), το καύσιμο του είναι το πετρέλαιο και δεν μπορεί να λειτουργήσει με κανένα άλλο εναλλακτικό. Τέλος, η κατάστασή του είναι πολύ κακή. Η συντήρηση του δεν ήταν τακτική και παρουσιάζει μικροφθορές στις ηλεκτρολογικές του συνδέσεις. Ο βαθμός απόδοσης του είναι πολύ χαμηλός.



Εικόνα 5.15 Κακή κατάσταση και κακή συντήρηση λέβητα και καυστήρα

- Όλο το δίκτυο σωληνώσεων της θέρμανσης είναι εντελώς αμόνωτο με συνέπεια μεγάλες απώλειες θερμικής ισχύος.



Εικόνα 5.16 Αμόνωτες σωληνώσεις του δικτύου θέρμανσης.

- Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση παρατηρήθηκε επίσης άσκοπη χρήση του φωτισμού. Κρίνεται αναγκαίο να υπάρξει αλλαγή της στάσης των εργαζομένων στο κτίριο στο θέμα της άσκοπης χρήσης φωτισμού. Η λειτουργία του φωτισμού όταν αυτός δεν είναι αναγκαίος επιβαρύνει άδικα την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Κρίνεται επομένως απαραίτητο το κλείσιμο όλων των φωτιστικών σωμάτων στους χώρους όπου δεν χρειάζονται ή όταν σταματά η εργασία με τη χρήση αυτοματισμών στο σύστημα ελέγχου του φωτισμού. Επίσης είναι αρκετά χρήσιμο να γίνεται τακτική συντήρηση και καθαρισμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών, ώστε να βελτιστοποιείται η απόδοσή τους
- Σε αρκετές αίθουσες υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα οπότε υπάρχει δυνατότητα εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού στον χώρο του σχολείου.



(α)



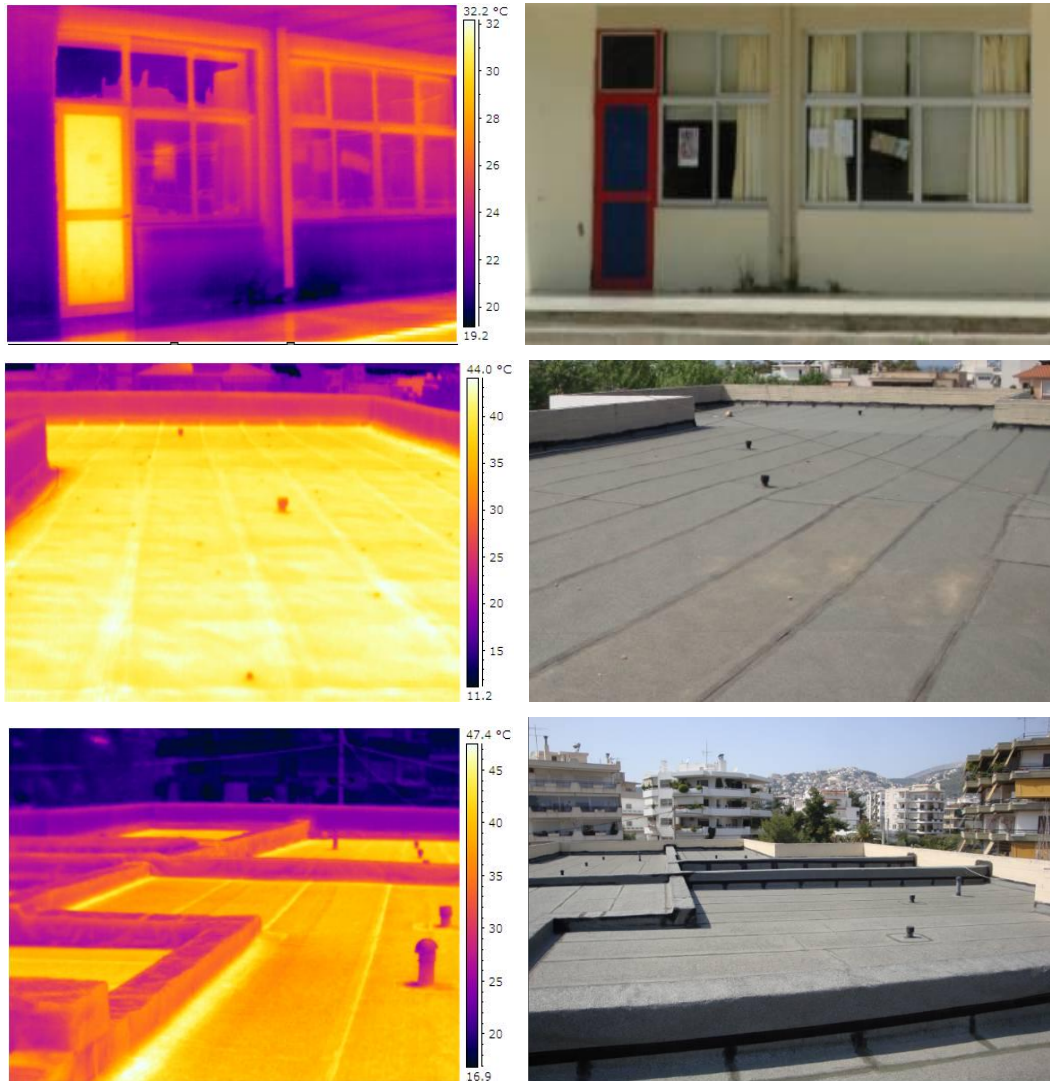
(β)

Εικόνα 5.16 (α) Άσκοπη σπατάλη φωτισμού (β) Μεγάλο δυναμικό εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού

5.4.2 2^ο δημοτικό Βούλας

Κατά τη διάρκεια της επίσκεψης στο κτίριο για την ενεργειακή επιθεώρηση συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία και πραγματοποιήθηκαν οι αναγκαίες μετρήσεις για τον εντοπισμό των ευαίσθητων σημείων και για την εξαγωγή συμπερασμάτων και καθορισμό προτεραιοτήτων για την ενεργειακή αναβάθμιση και τη λήψη αποφάσεων για τις απαραίτητες δράσεις.

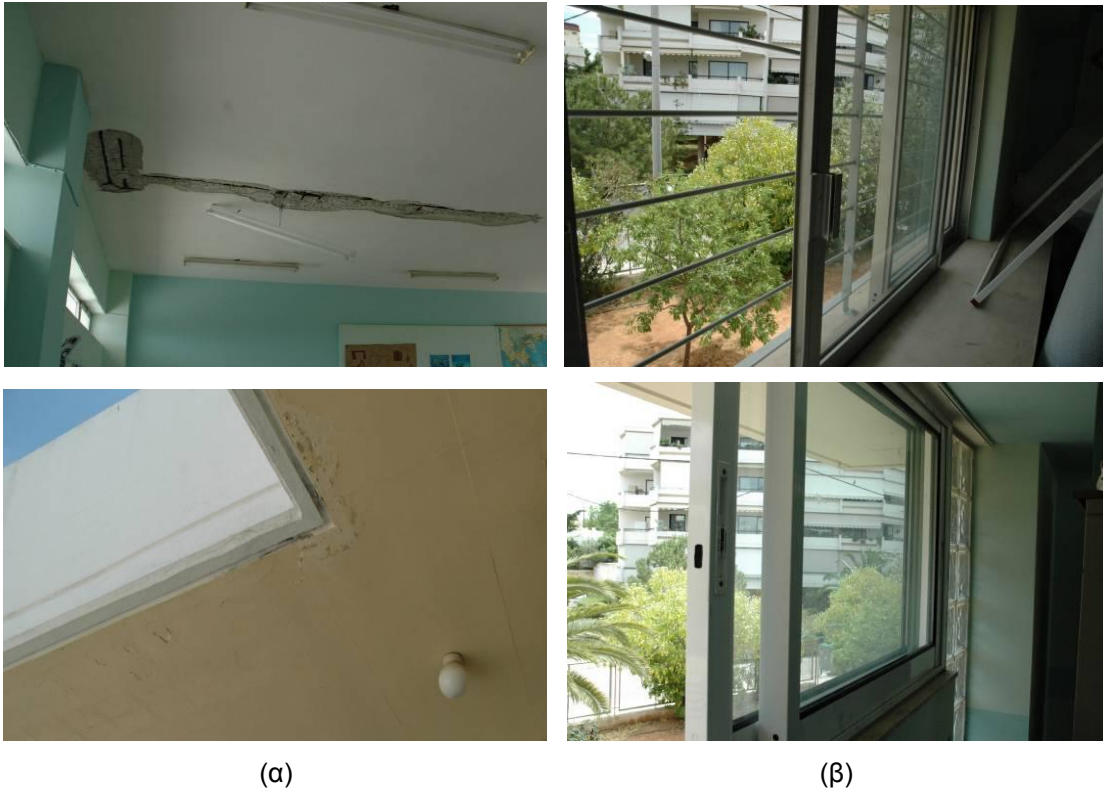
Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά θερμοφωτογραφίες από το κέλυφος του εξεταζόμενου κτιρίου.



Εικόνα 5.17 Ενδεικτικές θερμοφωτογραφίες με τις αντίστοιχες φωτογραφίες στο ορατό του εξεταζόμενου κτιρίου

Συνοπτικά παρατηρήθηκαν τα παρακάτω:

- Δεν υπάρχει θερμομόνωση στο δώμα παρά μόνο στεγνωτικές μεμβράνες. Σε πολλά σημεία παρατηρήθηκε επίσης κακή εφαρμογή στην τοποθέτηση της στεγνωτικής μεμβράνης αφού σε αντίστοιχα σημεία στον υποκείμενο όροφο υπήρχε υγρασία σε σημεία των τοίχων. Στα ανοίγματα χρησιμοποιούνται μονά υαλοστάσια πάχους 6mm με αντίστοιχα μεταλλικά πλαίσια.



Εικόνα 5.18 (α) Ανυπαρξία μόνωσης της ταράτσας (β) Μονά υαλοστάσια

- Ο λέβητας λόγω κακής συντήρησης, παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα και δυσλειτουργίες. Είναι χαμηλής αποδοτικότητας (~80%), δεν είναι 100% στεγανός, η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι αρκετά πάνω από το επιθυμητό, δεν έχει ευκολίες χειρισμού. Όλα αυτά μεταφράζονται σε αυξημένους ρύπους, μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου και μειωμένη ικανότητα παραγωγής ζεστού νερού. Μειονέκτημα επίσης θεωρείται η χρήση πετρελαίου ως καυσίμου.
- Ο καυστήρας είναι πολύ παλιός (χρονολογίας του 1980), το καύσιμο του είναι το πετρέλαιο και δεν μπορεί να λειτουργήσει με κανένα άλλο εναλλακτικό. Τέλος, η κατάστασή του είναι πολύ κακή. Η συντήρησή του δεν ήταν τακτική και παρουσιάζει μικροφθορές στις ηλεκτρολογικές του συνδέσεις. Ο βαθμός απόδοσης του είναι πολύ χαμηλός.



Εικόνα 5.19 Κακή κατάσταση και κακή συντήρηση λέβητα και καυστήρα

- Όλο το δίκτυο σωληνώσεων της θέρμανσης είναι εντελώς αμόνωτο με συνέπεια μεγάλες απώλειες θερμικής ισχύος.



Εικόνα 5.20 Αμόνωτες σωληνώσεις του δικτύου θέρμανσης.

- Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση παρατηρήθηκε επίσης άσκοπη χρήση του φωτισμού. Κρίνεται αναγκαίο να υπάρξει αλλαγή της στάσης των εργαζομένων στο κτίριο στο θέμα της άσκοπης χρήσης φωτισμού. Η λειτουργία του φωτισμού όταν αυτός δεν είναι αναγκαίος επιβαρύνει άδικα την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Κρίνεται επομένως απαραίτητο το κλείσιμο όλων των φωτιστικών σωμάτων στους χώρους όπου δεν χρειάζονται ή όταν σταματά η εργασία με τη χρήση αυτοματισμών στο σύστημα ελέγχου του φωτισμού. Επίσης είναι αρκετά χρήσιμο να γίνεται τακτική συντήρηση και καθαρισμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών, ώστε να βελτιστοποιείται η απόδοσή τους
- Σε αρκετές αίθουσες υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα οπότε υπάρχει δυνατότητα εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού στον χώρο του σχολείου.



(α)



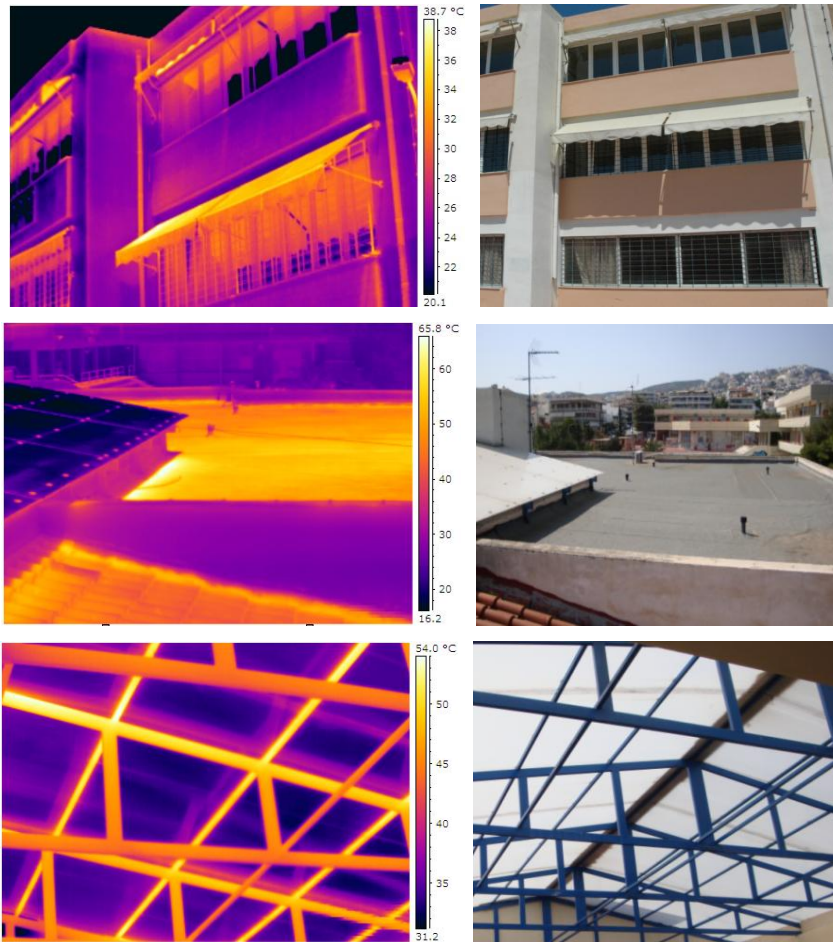
(β)

Εικόνα 5.21 (α) Άσκοπη σπατάλη φωτισμού (β) Μεγάλο δυναμικό εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού

5.4.3 2^ο Λύκειο Βούλας

Κατά τη διάρκεια της επίσκεψης στο κτίριο για την ενεργειακή επιθεώρηση συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία και πραγματοποιήθηκαν οι αναγκαίες μετρήσεις για τον εντοπισμό των ευαίσθητων σημείων και για την εξαγωγή συμπερασμάτων και καθορισμό προτεραιοτήτων για την ενεργειακή αναβάθμιση και τη λήψη αποφάσεων για τις απαραίτητες δράσεις.

Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά θερμοφωτογραφίες από το κέλυφος του εξεταζόμενου κτιρίου.



Εικόνα 5.22 Ενδεικτικές θερμοφωτογραφίες με τις αντίστοιχες φωτογραφίες στο ορατό του εξεταζόμενου κτιρίου

Συνοπτικά παρατηρήθηκαν τα παρακάτω:

- Από την επίσκεψη στο κτίριο διαπιστώθηκε ότι έχει πραγματοποιηθεί εκτός από την τυπική μόνωση η οποία ήταν πολυστερίνη συρρικνωμένη σε κακή κατάσταση και υγραμόνωση με πισσόχαρτο όπως παρουσιάζεται στις παρακάτω φωτογραφίες. Σε πολλά σημεία παρατηρήθηκε κακή εφαρμογή στην τοποθέτηση της αφού σε αντίστοιχα σημεία στον υποκείμενο όροφο υπήρχε υγρασία σε σημεία των τοίχων.



Εικόνα 5.23 Μόνωση δώματος με πισσόχαρτο και εμφανή σημάδια φθοράς

- Στα ανοίγματα όπου δεν έχει γίνει αντικατάσταση των υαλοπινάκων χρησιμοποιούνται μονοί υαλοπίνακες πάχους 6mm με αντίστοιχα μεταλλικά πλαίσια



Εικόνα 5.24 Μονά υαλοστάσια σε μεταλλικό πλαίσιο

- Ο καυστήρας λόγω κακής συντήρησης, παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα και δυσλειτουργίες. Είναι χαμηλής αποδοτικότητας (κάτω του 80%), δεν είναι 100% στεγανός, η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι αρκετά πάνω από το επιθυμητό, δεν έχει ευκολίες χειρισμού. Όλα αυτά μεταφράζονται σε αυξημένους ρύπους, σε μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου. Ενώ μειονέκτημα είναι η χρήση πετρελαίου σαν καύσιμο
- Στις νότιες και δυτικές προσόψεις του κτιρίου παρατηρήθηκε στους χρήστες θερμική δυσφορία
- Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση παρατηρήθηκε επίσης άσκοπη χρήση του φωτισμού. Κρίνεται αναγκαίο να υπάρξει αλλαγή της στάσης των εργαζομένων στο κτίριο στο θέμα της άσκοπης χρήσης φωτισμού. Η λειτουργία του φωτισμού όταν αυτός δεν είναι αναγκαίος επιβαρύνει άδικα την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Κρίνεται επομένως απαραίτητο το κλείσιμο όλων των φωτιστικών σωμάτων στους χώρους όπου δεν χρειάζονται ή όταν σταματά η εργασία με τη χρήση αυτοματισμών στο σύστημα ελέγχου του φωτισμού. Επίσης είναι αρκετά χρήσιμο να γίνεται τακτική συντήρηση και καθαρισμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών, ώστε να βελτιστοποιείται η απόδοσή τους
- Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη της οπτικής άνεσης μέσα στο κτίριο και κυρίως στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Η δυνατότητα εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού στον χώρο του σχολείου είναι υψηλή εξαιτίας των μεγάλων ανοιγμάτων του κτιρίου, τόσο από τα παράθυρα περιμετρικά σε όλους τους ορόφους του κτιρίου όσο και από το αίθριο στο κέντρο του κτιρίου. Αυτό οδηγεί στην μείωση του τεχνητού φωτισμού κατά μικρή διάρκεια των ωρών της ημέρας, λόγω της μεγάλης έντασης του φυσικού φωτισμού



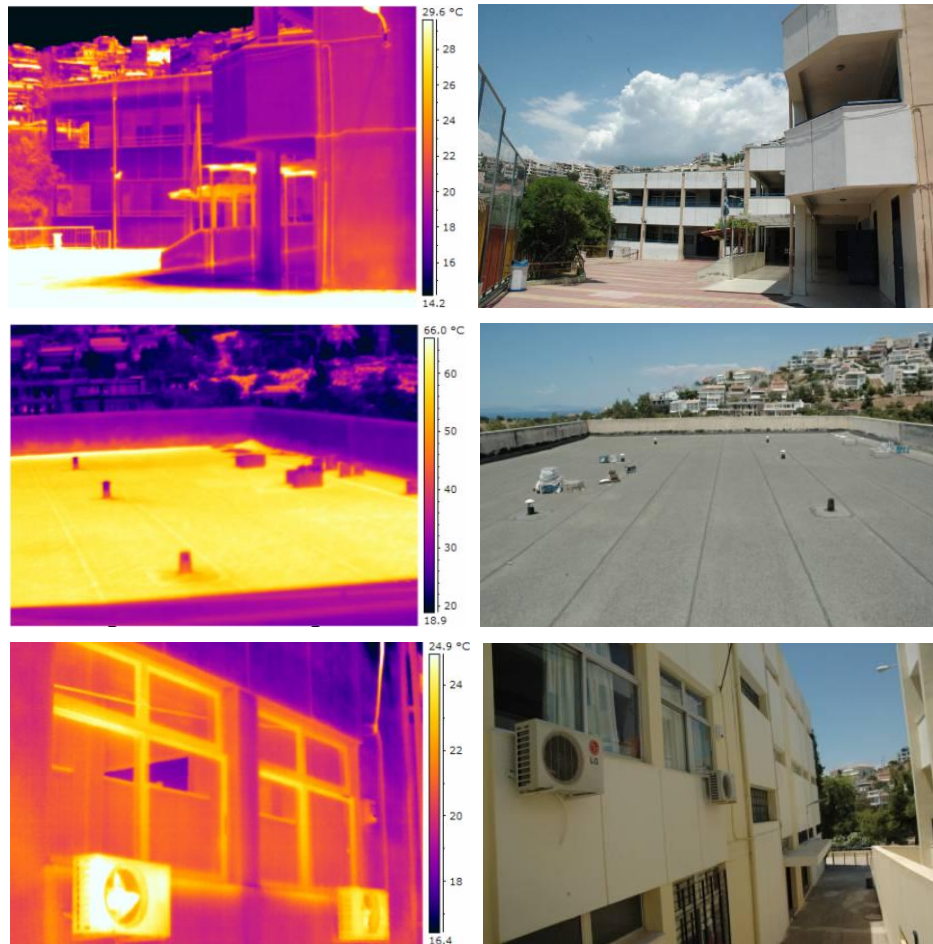
Εικόνα 5.25 Εξωτερική όψη του κτιρίου και αίθριο

5.4.4 3^ο δημοτικό Βούλας

Κατά τη διάρκεια της επίσκεψης στο κτίριο για την ενεργειακή επιθεώρηση συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία και πραγματοποιήθηκαν οι αναγκαίες μετρήσεις για τον εντοπισμό των ευαίσθητων σημείων και για την εξαγωγή συμπερασμάτων και καθορισμό

προτεραιοτήτων για την ενεργειακή αναβάθμιση και τη λήψη αποφάσεων για τις απαραίτητες δράσεις.

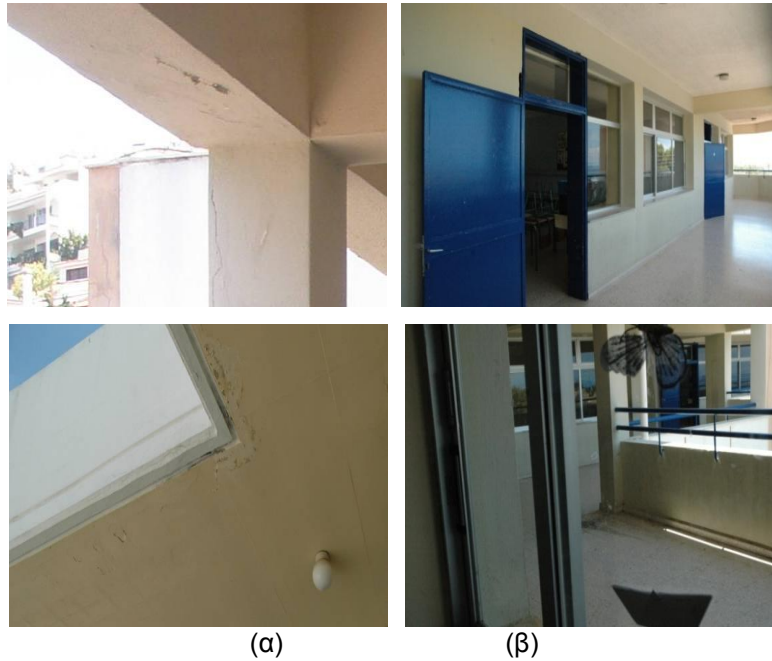
Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά θερμοφωτογραφίες από το κέλυφος του εξεταζόμενου κτιρίου.



Εικόνα 5.26 Ενδεικτικές θερμοφωτογραφίες με τις αντίστοιχες φωτογραφίες στο ορατό του εξεταζόμενου κτιρίου

Συνοπτικά παρατηρήθηκαν τα παρακάτω:

- Δεν υπάρχει θερμομόνωση στο δώμα παρά μόνο στεγνωτικές μεμβράνες. Σε πολλά σημεία παρατηρήθηκε επίσης κακή εφαρμογή στην τοποθέτηση της στεγνωτικής μεμβράνης αφού σε αντίστοιχα σημεία στον υποκείμενο όροφο υπήρχε υγρασία σε σημεία των τοίχων. Στα ανοίγματα χρησιμοποιούνται μονά υαλοστάσια πάχους 6mm με αντίστοιχα μεταλλικά πλαίσια.



(α)

(β)

Εικόνα 5.27 (α) Ανυπαρξία μόνωσης της ταράτσας (β) Μονά υαλοστάσια

- Ο λέβητας λόγω κακής συντήρησης, παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα και δυσλειτουργίες. Είναι χαμηλής αποδοτικότητας (~80%), δεν είναι 100% στεγανός, η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι αρκετά πάνω από το επιθυμητό, δεν έχει ευκολίες χειρισμού. Όλα αυτά μεταφράζονται σε αυξημένους ρύπους, μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου και μειωμένη ικανότητα παραγωγής ζεστού νερού. Μειονέκτημα επίσης θεωρείται η χρήση πετρελαίου ως καυσίμου.
- Ο καυστήρας είναι πολύ παλιός (χρονολογίας του 1986), το καύσιμο του είναι το πετρέλαιο και δεν μπορεί να λειτουργήσει με κανένα άλλο εναλλακτικό. Τέλος, η κατάστασή του είναι πολύ κακή. Η συντήρηση του δεν ήταν τακτική και παρουσιάζει μικροφθορές στις ηλεκτρολογικές του συνδέσεις. Ο βαθμός απόδοσης του είναι πολύ χαμηλός.



Εικόνα 5.28 Κακή κατάσταση και κακή συντήρηση λέβητα και καυστήρα

- Όλο το δίκτυο σωληνώσεων της θέρμανσης είναι εντελώς αμόνωτο με συνέπεια μεγάλες απώλειες θερμικής ισχύος.



Εικόνα 5.29 Αμόνωντες σωληνώσεις του δικτύου θέρμανσης.

- Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση παρατηρήθηκε επίσης άσκοπη χρήση του φωτισμού. Κρίνεται αναγκαίο να υπάρξει αλλαγή της στάσης των εργαζομένων στο κτίριο στο θέμα της άσκοπης χρήσης φωτισμού. Η λειτουργία του φωτισμού όταν αυτός δεν είναι αναγκαίος επιβαρύνει άδικα την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Κρίνεται επομένως απαραίτητο το κλείσιμο όλων των φωτιστικών σωμάτων στους χώρους όπου δεν χρειάζονται ή όταν σταματά η εργασία με τη χρήση αυτοματισμών στο σύστημα ελέγχου του φωτισμού. Επίσης είναι αρκετά χρήσιμο να γίνεται τακτική συντήρηση και καθαρισμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών, ώστε να βελτιστοποιείται η απόδοσή τους
- Σε αρκετές αίθουσες υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα οπότε υπάρχει δυνατότητα εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού στον χώρο του σχολείου.



(α)



(β)

Εικόνα 5.30 (α) Άσκοπη σπατάλη φωτισμού (β) Μεγάλο δυναμικό εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης θα έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση σημαντικής ποσότητας ενέργειας για θέρμανση, λόγω του αυξημένου συντελεστή απόδοσης του νέου συστήματος, εκτιμώντας ότι μετά την αναβάθμισή του ο νέος συντελεστής απόδοσης (Coefficient Of Performance - COP) θα πολύ μεγαλύτερος. Όπου είναι δυνατή η διασύνδεση με το δίκτυο φυσικού αερίου, προτείνεται αναβάθμιση με νέο σύστημα το οποίο θα χρησιμοποιεί σαν καύσιμο το φυσικό αέριο, με αποτέλεσμα και περιβαλλοντικά οφέλη (λόγω των χαμηλότερων εκπομπών CO₂ που προκαλεί το φυσικό αέριο σε σχέση με το πετρέλαιο).

6.1 2^ο νηπιαγωγείο Βούλας

Προτείνεται η εκκένωση του δικτύου και η αποξήλωση και απομάκρυνση του υπάρχοντος λέβητα και αντικατάστασή του με χυτοσίδηρο (μαντεμένιο) λέβητα χαμηλών θερμοκρασιών, ενδεικτικού τύπου TREGI 8N, ισχύος 63,8 kW της εταιρίας RIELLO (προέλευσης Ιταλικής). Ο λέβητας διαθέτει πέντε διαδρομές καυσαερίων και είναι κατασκευασμένος από ειδικό κράμα που αντέχει στις θερμικές καταπονήσεις και προσφέρει τη μεγαλύτερη δυνατή οικονομία και ασφάλεια λειτουργίας για όλες τις μεσαίες εγκαταστάσεις θέρμανσης πετρελαίου και αερίου.

Όλοι οι λέβητες κατά την έναρξη λειτουργίας τους, δημιουργούν συμπτκνώματα από τα καυσαέρια τα οποία διαβρώνουν και καταστρέφουν το λέβητα. Για τη αποφυγή δημιουργίας αυτών των όξινων συμπτκνωμάτων, είναι απαραίτητη η διατήρηση μιας ελάχιστης θερμοκρασίας νερού στο λέβητα. Η τεχνολογία του προτεινόμενου λέβητα διασφαλίζει την υψηλή θερμοκρασία με την ανάμειξη του ζεστού νερού προσαγωγής και κρύου νερού επιστροφής στο εσωτερικό του λέβητα, όπως π.χ. τετράοδη βάνα. Ο λέβητας παρουσιάζει μειωμένες εκπομπές ρύπων και ο καθαρισμός του γίνεται εύκολα από την μπροστινή πόρτα με άνοιγμα αριστερά ή δεξιά. Ο βαθμός απόδοσης του ανέρχεται έως το 96%.

Η περιοχή του σχολείου έχει διασυνδεθεί με το δίκτυο του φυσικού αερίου. Δεδομένης της απόδοσης του παλιού και νέου λέβητα, της θερμογόνου δύναμης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου και της τιμής του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της τάξεως του 40%. Για την αρμονική λειτουργία με τον λέβητα, προτείνεται η εγκατάσταση ενός μονοβάθμιου καυστήρα φυσικού αερίου ενδεικτικού τύπου BS2, ισχύος 35 – 91 kW, της εταιρείας RIELLO (Ιταλικής προέλευσης).

Ο καυστήρας είναι χαμηλών εκπομπών ρύπων οξειδίων του αζώτου πιστοποιημένος σύμφωνα με τις ισχύουσες Ευρωπαϊκές προδιαγραφές (CE) και περιλαμβάνει βαλβίδα λειτουργίας δύο ρυθμίσεων, βαλβίδα ασφαλείας σταθεροποιητή πίεσης, πιεζοστάτη αερίου και αέρα καθώς και φίλτρο.

Η ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας για την αρχική κατάσταση του κτιρίου, κάνοντας την εξής παραδοχή σχετικά με τον βαθμό απόδοσης του υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης και η οποία προκύπτει από τα καταγεγραμμένα τεχνικά χαρακτηριστικά και την παλαιότητά του:

- COP_{πριν} συστήματος θέρμανσης: 0,75

είναι η εξής :

Κατανάλωση πρωτογενούς θερμικής ενέργειας πριν την προτεινόμενη παρέμβαση = **27.665 kWh**

Ενεργειακή ζήτηση κτιρίου για θέρμανση = 27.665 kWh · 0,75 = **20.749 kWh**

Μετά την αναβάθμιση του συστήματος, ο νέος συντελεστής απόδοσης είναι :

- COP_{μετά} συστήματος θέρμανσης: 0,9

Κατανάλωση πρωτογενούς θερμικής ενέργειας μετά την προτεινόμενη παρέμβαση = 20.749 kWh / 0,9 = **23.054 kWh**

Πίνακας 16 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης)

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (φυσικό αέριο)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	23.054
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	4.611
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	16,67

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης οδηγεί σε μία ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση της τάξης του 16,67%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 4.611 kWh.

Εξοικονόμηση Ενέργειας από αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης= $E_{\text{πρ}} - E_{\text{αφ}} = 4.611 \text{ kWh}$.

Η θερμογόνος δύναμη πετρελαίου είναι 9,8kWh/lit, άρα έχω εξοικονόμηση 470 lit

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης

Όπως παρουσιάζεται στις προσφορές (παράρτημα Γ) η αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι 5.663,7€ συμπεριλαμβανομένου το Φ.Π.Α.

Το κόστος αγοράς πετρελαίου είναι 0,777€/lit (μέση τιμή αγοράς lit το 2010)

(Πηγή : www.ypan.gr).

Άρα το ετήσιο πόσο εξοικονόμησης από την αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι $470 \text{ lit} \cdot 0,777 \text{ €/lit} = 365,2 \text{ €}$

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης = $5.663,7 \text{ €} / 365,2 \text{ €/y} = 15,5 \text{ έτη}$

Η εξοικονόμηση ενέργειας ανά κόστος επένδυσης είναι

$$4.611 \text{ kWh} : 5.663,7 \text{ €} = 0,814 \text{ kWh/€}$$

6.2 2° δημοτικό Βούλας

Προτείνεται η εκκένωση του δικτύου και η αποξήλωση και απομάκρυνση του υπάρχοντος λέβητα και αντικατάστασή του με χυτοσίδηρο (μαντεμένιο) λέβητα χαμηλών θερμοκρασιών, ενδεικτικού τύπου GT 338, ισχύος 230 – 280 kW της εταιρίας DE DIETRICH (προέλευση Γερμανικής). Ο λέβητας διαθέτει πέντε διαδρομές καυσαερίων και είναι κατασκευασμένος από ειδικό κράμα που αντέχει στις θερμικές καταπονήσεις και προσφέρει τη μεγαλύτερη δυνατή οικονομία και ασφάλεια λειτουργίας για όλες τις μεσαίες εγκαταστάσεις θέρμανσης πετρελαίου και αερίου.

Όλοι οι λέβητες κατά την έναρξη λειτουργίας τους, δημιουργούν συμπυκνώματα από τα καυσαέρια τα οποία διαβρώνουν και καταστρέφουν το λέβητα. Για τη αποφυγή δημιουργίας αυτών των όξινων συμπυκνωμάτων, είναι απαραίτητη η διατήρηση μιας ελάχιστης θερμοκρασίας νερού στο λέβητα. Η τεχνολογία του προτεινόμενου λέβητα διασφαλίζει την υψηλή θερμοκρασία με την ανάμειξη του ζεστού νερού προσαγωγής και κρύου νερού επιστροφής στο εσωτερικό του λέβητα, όπως π.χ. τετράοδη βάνα. Ο λέβητας παρουσιάζει μειωμένες εκπομπές ρύπων και ο καθαρισμός του γίνεται εύκολα από την μπροστινή πόρτα με άνοιγμα αριστερά ή δεξιά. Ο βαθμός απόδοσής του ανέρχεται έως το 96%.

Η περιοχή του σχολείου έχει διασυνδεθεί με το δίκτυο του φυσικού αερίου. Δεδομένης της απόδοσης του παλιού και νέου λέβητα, της θερμογόνου δύναμης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου και της τιμής του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της

τάξεως του 40%. Για την αρμονική λειτουργία με τον λέβητα, προτείνεται η εγκατάσταση ενός διβάθμιου καυστήρα φυσικού αερίου ενδεικτικού τύπου RS 5 D*, ισχύος 160 – 300 kW, της εταιρείας RIELLO (Ιταλικής προέλευσης).

Ο καυστήρας είναι χαμηλών εκπομπών ρύπων οξειδίων του αζώτου πιστοποιημένος σύμφωνα με τις ισχύουσες Ευρωπαϊκές προδιαγραφές (CE) και περιλαμβάνει βαλβίδα λειτουργίας δύο ρυθμίσεων, βαλβίδα ασφαλείας σταθεροποιητή πίεσης, πιεζοστάτη αερίου και αέρα καθώς και φίλτρο και συσκευή ελέγχου στεγανότητας βαλβίδων (V.P.S.).

Η ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας για την αρχική κατάσταση του κτιρίου, κάνοντας την εξής παραδοχή σχετικά με τον βαθμό απόδοσης του υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης και η οποία προκύπτει από τα καταγεγραμμένα τεχνικά χαρακτηριστικά και την παλαιότητα του:

- $COP_{\text{πριν}}$ συστήματος θέρμανσης: 0,75

είναι η εξής :

Κατανάλωση πρωτογενούς θερμικής ενέργειας πριν την προτεινόμενη παρέμβαση = **54.645 kWh**

Ενεργειακή ζήτηση κτιρίου για θέρμανση = $54.645 \text{ kWh} \cdot 0,75 = \mathbf{40.984 \text{ kWh}}$

Μετά την αναβάθμιση του συστήματος, ο νέος συντελεστής απόδοσης είναι :

- $COP_{\text{μετά}}$ συστήματος θέρμανσης: 0,9

Κατανάλωση πρωτογενούς θερμικής ενέργειας μετά την προτεινόμενη παρέμβαση = $40.984 \text{ kWh} / 0,9 = \mathbf{45.538 \text{ kWh}}$

Πίνακας 17 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης)

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (φυσικό αέριο)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	45.538
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	9.107
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	16,67

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης οδηγεί σε μία ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση της τάξης του 16,67%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 9.107 kWh.

Εξοικονόμηση Ενέργειας από αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης= $E_{\text{πριν}} - E_{\text{μετά}} = 9.107 \text{ kWh}$

Η θερμογόνο δύναμη πετρελαίου είναι 9,8kWh/lit, άρα έχω εξοικονόμηση 929 lit

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης

Όπως παρουσιάζεται στις προσφορές (παράρτημα Γ) η αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι 11.560,84€ συμπεριλαμβανομένου το Φ.Π.Α.

Το κόστος αγοράς πετρελαίου είναι 0,777€/lit (μέση τιμή αγοράς lit το 2010)

(Πηγή : www.ypan.gr).

Άρα το ετήσιο πόσο εξοικονόμησης από την αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι $929 \text{ lit} \cdot 0,777 \text{ €/lit} = 722 \text{ €}$

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης = $11.560,84 \text{ €} / 722 \text{ €/y} = \mathbf{16 \text{ έτη}}$

Η εξοικονόμηση ενέργειας ανά κόστος επένδυσης είναι

$$9.107 \text{ kWh} : 11.560,84 \text{ €} = \mathbf{0,788 \text{ kWh/€}}$$

6.3 2^ο λύκειο Βούλας

Ο καυστήρας λόγω κακής συντήρησης, παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα και δυσλειτουργίες. Είναι χαμηλής αποδοτικότητας (κάτω του 80%), δεν είναι 100% στεγανός, η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι αρκετά πάνω από το επιθυμητό, δεν έχει ευκολίες χειρισμού. Όλα αυτά μεταφράζονται σε αυξημένους ρύπους, σε μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου. Ενώ μειονέκτημα είναι η χρήση πετρελαίου σαν καύσιμο.

Η περιοχή του σχολείου έχει διασυνδεθεί με το δίκτυο του φυσικού αερίου. Δεδομένης της απόδοσης του λέβητα, της θερμογόνου δύναμης του πετρελαίου και του φυσικού αερίου και της τιμής του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της τάξεως του 40%. Για την αρμονική λειτουργία με τον λέβητα, προτείνεται η αντικατάστασή υπάρχοντος καυστήρα με διβάθμιο καυστήρα φυσικού αερίου, RIELLO (Ιταλικής προέλευσης), τύπου RS 5 D* ισχύος 137.600 – 296.700 Kcal/h. αυξημένης αποδοτικότητας (~94%), με ενσωματωμένο σύστημα ελέγχου, χαμηλών εκπομπών βλαβερών οξειδίων για το περιβάλλον.

Ο καυστήρας είναι χαμηλών εκπομπών ρύπων οξειδίων του αζώτου πιστοποιημένος σύμφωνα με τις ισχύουσες Ευρωπαϊκές προδιαγραφές (CE) και περιλαμβάνει βαλβίδα λειτουργίας δύο ρυθμίσεων, βαλβίδα ασφαλείας σταθεροποιητή πίεσης, πιεζοστάτη αερίου και αέρα καθώς και φίλτρο και συσκευή ελέγχου στεγανότητας βαλβίδων (V.P.S).

Η ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας για την αρχική κατάσταση του κτιρίου, κάνοντας την εξής παραδοχή σχετικά με τον βαθμό απόδοσης του υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης και η οποία προκύπτει από τα καταγεγραμμένα τεχνικά χαρακτηριστικά και την παλαιότητά του:

- $COP_{\text{πριν}}$ συστήματος θέρμανσης: 0,8

είναι η εξής :

Κατανάλωση πρωτογενούς θερμικής ενέργειας πριν την προτεινόμενη παρέμβαση = **48.940 kWh**

Ενεργειακή ζήτηση κτιρίου για θέρμανση = $48.940 \text{ kWh} \cdot 0,8 = \mathbf{39.152 \text{ kWh}}$

Μετά την αναβάθμιση του συστήματος, ο νέος συντελεστής απόδοσης είναι :

- $COP_{\text{μετά}}$ συστήματος θέρμανσης: 0,9

Κατανάλωση πρωτογενούς θερμικής ενέργειας μετά την προτεινόμενη παρέμβαση = $39.152 \text{ kWh} / 0,9 = \mathbf{43.502 \text{ kWh}}$

Πίνακας 17 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης)

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (φυσικό αέριο)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	43.502
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	5.438
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	8,89

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης οδηγεί σε μία ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση της τάξης του 8,89%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 5.438 kWh.

Εξοικονόμηση Ενέργειας από αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης= $E_{\text{ΞΕΘ}} = 5.438 \text{ kWh}$

Η θερμογόνος δύναμη πετρελαίου είναι 9,8kWh/lit, άρα έχω εξοικονόμηση 555 lit

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης

Όπως παρουσιάζεται στις προσφορές (παράρτημα Γ) η αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι 5.349,05€ συμπεριλαμβανομένου το Φ.Π.Α.

Το κόστος αγοράς πετρελαίου είναι 0,777€/lt (μέση τιμή αγοράς lt το 2010)

(Πηγή : www.ypan.gr).

Άρα το ετήσιο πόσο εξοικονόμησης από την αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι $555\text{lt} \cdot 0,777\text{€/lt} = 431\text{€}$

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης = $5.349,05\text{€} / 431\text{€/y} = 12,4$ έτη

Η εξοικονόμηση ενέργειας ανά κόστος επένδυσης είναι

$$5.438 \text{ kWh} : 5.349,05\text{€} = \mathbf{1,017 \text{ kWh/€}}$$

6.4 3° δημοτικό Βούλας

Προτείνεται η εκκένωση του δικτύου και η αποξήλωση και απομάκρυνση του υπάρχοντος λέβητα και αντικατάστασή του με χυτοσίδηρο (μαντεμένιο) λέβητα χαμηλών θερμοκρασιών, ενδεικτικού τύπου 4 RCT 9, ισχύος 157 kW της εταιρίας RIELLO (προέλευση Ιταλική). Ο λέβητας διαθέτει πέντε διαδρομές καυσαερίων και είναι κατασκευασμένος από ειδικό κράμα που αντέχει στις θερμικές καταπονήσεις και προσφέρει τη μεγαλύτερη δυνατή οικονομία και ασφάλεια λειτουργίας για όλες τις μεσαίες εγκαταστάσεις θέρμανσης πετρελαίου και αερίου. Η περιοχή του σχολείου δεν έχει διασυνδεθεί με το δίκτυο του φυσικού αερίου.

Όλοι οι λέβητες κατά την έναρξη λειτουργίας τους, δημιουργούν συμπυκνώματα από τα καυσαέρια τα οποία διαβρώνουν και καταστρέφουν το λέβητα. Για τη αποφυγή δημιουργίας αυτών των όξινων συμπυκνωμάτων, είναι απαραίτητη η διατήρηση μιας ελάχιστης θερμοκρασίας νερού στο λέβητα. Η τεχνολογία του προτεινόμενου λέβητα διασφαλίζει την υψηλή θερμοκρασία με την ανάμειξη του ζεστού νερού προσαγωγής και κρύου νερού επιστροφής στο εσωτερικό του λέβητα, όπως π.χ. τετράοδη βάνα. Ο λέβητας παρουσιάζει μειωμένες εκπομπές ρύπων και ο καθαρισμός του γίνεται εύκολα από την μπροστινή πόρτα με άνοιγμα αριστερά η δεξιά. Ο βαθμός απόδοσής του ανέρχεται έως το 96%.

Για την αρμονική λειτουργία με τον λέβητα, προτείνεται η εγκατάσταση ενός διβάθμιου καυστήρα πετρελαίου της εταιρείας RIELLO (προέλευσης Ιταλικής), τύπου RG 3 D ισχύος 83 - 178 kW.

Ο καυστήρας είναι χαμηλών εκπομπών ρύπων οξειδίων του αζώτου πιστοποιημένος σύμφωνα με τις ισχύουσες Ευρωπαϊκές προδιαγραφές (CE) και περιλαμβάνει βαλβίδα λειτουργίας δύο ρυθμίσεων, βαλβίδα ασφαλείας σταθεροποιητή πίεσης, πιεζοστάτη αερίου και αέρα καθώς και φίλτρο. Διαθέτει κλαπé αέρος και αυτόματο υδραυλικό ντάμπερ του αέρα για πρόσθετη οικονομία στην κατανάλωση καυσίμου.

Η ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας για την αρχική κατάσταση του κτιρίου, κάνοντας την εξής παραδοχή σχετικά με τον βαθμό απόδοσης του υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης και η οποία προκύπτει από τα καταγεγραμμένα τεχνικά χαρακτηριστικά και την παλαιότητά του:

- $COP_{\text{πριν}}$ συστήματος θέρμανσης: 0,75

είναι η εξής :

Κατανάλωση πρωτογενούς θερμικής ενέργειας πριν την προτεινόμενη παρέμβαση = **40.905 kWh**

Ενεργειακή ζήτηση κτιρίου για θέρμανση = $48.940 \text{ kWh} \cdot 0,75 = \mathbf{30.679 \text{ kWh}}$

Μετά την αναβάθμιση του συστήματος, ο νέος συντελεστής απόδοσης είναι :

- $COP_{\text{μετά}}$ συστήματος θέρμανσης: 0,9

Κατανάλωση πρωτογενούς θερμικής ενέργειας μετά την προτεινόμενη παρέμβαση = $30.679 \text{ kWh} / 0,9 = \mathbf{34.088 \text{ kWh}}$

Πίνακας 18 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης)

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (πετρέλαιο)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	34.088
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	6.817
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	16,67

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης οδηγεί σε μία ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση της τάξης του 16,67%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 6.817 kWh.

Εξοικονόμηση Ενέργειας από αναβάθμιση συστήματος κεντρικής θέρμανσης= $E_{\Sigma E\theta}$ = 6.817 kWh

Η θερμογόνος δύναμη πετρελαίου είναι 9,8kWh/lt, άρα έχω εξοικονόμηση 696 lt

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης

Όπως παρουσιάζεται στις προσφορές (παράρτημα Γ) η αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι 5.887€ συμπεριλαμβανομένου το Φ.Π.Α.

Το κόστος αγοράς πετρελαίου είναι 0,777€/lt (μέση τιμή αγοράς lt το 2010)

(Πηγή : www.ypan.gr).

Άρα το ετήσιο πόσο εξοικονόμησης από την αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης είναι $696 \text{ lt} \cdot 0,777 \text{ €/lt} = 541 \text{ €}$

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης = $5.887 \text{ €} / 541 \text{ €/y} = 10,9$ έτη

Η εξοικονόμηση ενέργειας ανά κόστος επένδυσης είναι $6.817 \text{ kWh} : 5.887 \text{ €} = 1,158 \text{ kWh/€}$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΙΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Η χρήση νέων και αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων, καθώς και η σωστή διαστασιολόγησή τους θα έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση σημαντικής ποσότητας ενέργειας για φωτισμό και βελτίωση των συνθηκών οπτικής άνεσης.

7.1 Χρήση νέων αποδοτικότερων φωτιστικών σωμάτων και αντικατάσταση λαμπτήρων

Με βάση τις ενδεικτικές μετρήσεις κατά τη διάρκεια της νύκτας προτείνεται μείωση των φωτιστικών και αλλαγή των φωτιστικών σωμάτων με νέα υψηλότερης απόδοσης, με νέους αποδοτικότερους λαμπτήρες τύπου T5, με παραβολική περσίδα και ηλεκτρονικό ballast μειώνοντας έτσι σε μεγάλο βαθμό την εγκατεστημένη ισχύ ανά αίθουσα, και ταυτοχρόνως το κόστος ηλεκτρισμού, χωρίς την υποβάθμιση των επίπεδων φωτισμού εκτός των αποδεκτών ορίων. Η χρήση των ηλεκτρονικών ballast θα αυξήσει την ενεργειακή απόδοση των λαμπτήρων φθορισμού, θα μειώσει τις απώλειες, θα αυξήσει το συντελεστή ισχύος και επίσης θα μηδενίσει τα προβλήματα τρεμοπαίγματος και θορύβου.

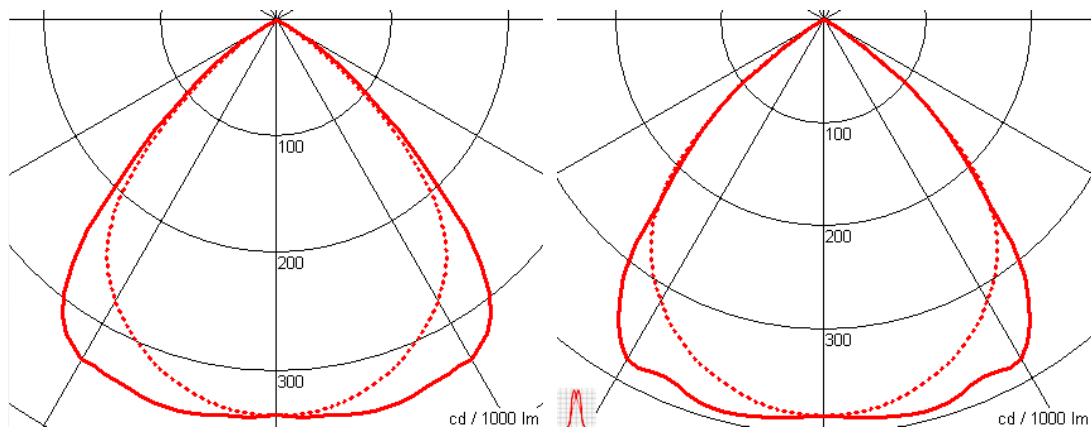
Στους κοινόχρηστους χώρους του κτιρίου όπου χρησιμοποιούνται φωτιστικά με λαμπτήρες πυρακτώσεως των 100W, αυτά θα αντικατασταθούν από φωτιστικά με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (εξοικονόμησης ενέργειας) των 23W. Οι κατασκευαστές ισχυρίζονται, ότι ο ηλεκτρονικός λαμπτήρας των 20W φωτίζει το ίδιο με λαμπτήρα πυρακτώσεως 100W. Έχει διαπιστωθεί όμως ότι τούτο δεν είναι αληθές επομένως προτείνεται ο τύπος των 23W. Σύμφωνα με τα εγχειρίδια των εταιρειών η φωτεινή του ροή είναι 1500 lm και δημιουργεί φωτισμό κατάλληλο για τα όρια φωτισμού των βοηθητικών χώρων του κτιρίου (διάδρομοι, τουαλέτες και κλιμακοστάσια).

Για κάθε τυπικό χώρο πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί και προσομοιώσεις με αξιόπιστα προγράμματα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το RELUX, το οποίο χρησιμοποιεί την πλατφόρμα του RADIANCE. Στα παραρτήματα της ενεργειακής μελέτης παρατίθενται τα αποτελέσματα για κάθε τυπικό χώρο. Στο πρόγραμμα εισήχθησαν τα γεωμετρικά δεδομένα και οι αντίστοιχες οπτικές ιδιότητες των εσωτερικών στοιχείων του κάθε χώρου (ανακλαστικότητα τοίχων, διαπερατότητα υαλοπινάκων, κλπ). Δόθηκαν τα φωτομετρικά αρχεία των φωτιστικών σωμάτων που έχουν προδιαγραφεί και κατά συνέχεια έχουν συμπεριληφθεί στις οικονομικές προσφορές. Ο αριθμός και οι τύποι των φωτιστικών σωμάτων στις προσφορές έχουν προκύψει από την μελέτη και αναφέρονται παρακάτω. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με συντελεστή συντήρησης (maintenance factor) ίσο με 0,8.

Χρησιμοποιήθηκαν γραμμικά φωτιστικά φθορισμού ελληνικής κατασκευής (Γαλλής ΑΕ) υψηλής απόδοσης τα οποία είναι εφοδιασμένα με ηλεκτρονικά ballast. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν και τα πολικά διαγράμματα κατανομής της φωτεινής έντασής τους παρουσιάζονται κατωτέρω. Η επιπρόσθετη κατανάλωση λόγω των ηλεκτρονικών ballast υπολογίστηκε ίση με 10% της ισχύος των λαμπτήρων.

Manufacturer Gallis Lighting S.A.		Manufacturer Gallis Lighting S.A.	
4309-4062	IKARUS 2X39W with Parabolic Louver	4311-4343	Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
Length: 960 mm, Width: 87 mm, Height: 89 mm		Length: 1350 mm, Width: 84 mm, Height: 90 mm	
Efficiency:	67,12% (A50, U 99.9% $\pm$ 0.1%)	Efficiency:	75,34% (A50, U 99.9% $\pm$ 0.1%)
Tot. system power:	85 W	Tot. system power:	108 W
Equipment:	2 x Osram Lumilux FQ 39W/830	Equipment:	2 x Osram Lumilux FQ 54W/840
Total luminous flux:	6200 lm	Total luminous flux:	8900 lm
Luminous flux for emergency lighting:	-----	Luminous flux for emergency lighting:	-----

Σχήμα 7.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν



Διάγραμμα 7.1 Πολικά διαγράμματα της φωτεινής ροής, 2X39W αριστερά και 2X54W δεξιά

7.1.1 2^ο νηπιαγωγείο Βούλας

Η προτεινόμενη κατάσταση εκτίθεται στον κατωτέρω πίνακα. Βασική προϋπόθεση ήταν ότι η μέση στάθμη φωτισμού εντός των αιθουσών διδασκαλίας να μην υπολείπεται των 400 lux και των 250 lux εντός των βοηθητικών χώρων, σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές και εθνικές προδιαγραφές για το φωτισμό εσωτερικών χώρων.

Πίνακας 19 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)	Ένταση φωτισμού κυρίων χώρων (lux)
1	9	2	54	Φθορισμού	1.069,2	554
2	2	1	23	Φθορισμού	46	-
3	2	1	23	Φθορισμού	46	-
4	2	1	23	Φθορισμού	46	-
5	4	2	54	Φθορισμού	475,2	430
6	8	1	23	Φθορισμού	184	-
7	4	2	54	Φθορισμού	475,2	445
8	4	2	54	Φθορισμού	475,2	533
Σύνολο					2.222,80	

Τα ποσοτικά και ποιοτικά οφέλη όπως προκύπτουν από την προτεινόμενη δράση είναι τα παρακάτω:

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η υφιστάμενη ισχύς του συστήματος είναι 6.710W, ενώ του προτεινόμενου 2.222,80W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1584h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 6.710 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{10.629 \text{ kWh}}$$

$$\text{Ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 2.222,8 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{3.521 \text{ kWh}}$$

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας στον τεχνητό φωτισμό είναι:

$$\mathbf{ΕΞΕ_{\tau\phi} = (6.710 \text{ W} - 2.222,80 \text{ W}) \cdot 1584 \text{ h} = 7.108 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **66,87%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$E_{\text{πρωτογενής}} = E_{\text{τελ}} : 0,37 = 19.211 \text{ kWh}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ πριν}} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (6.710 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = 9.035 \text{ kg}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ μετά}} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (2.222,80 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = 2.993 \text{ kg}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **66,87%** και μείωση των εκπομπών κατά **6.042 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 20 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (αντικατάσταση των παλαιών ενεργοβόρων φωτιστικών σωμάτων από νέα και πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα)

	ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	10.629
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	7.108
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	66,87

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η αντικατάσταση των παλαιών ενεργοβόρων φωτιστικών σωμάτων από νέα και πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα οδηγεί σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 66,87%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 19.211 kWh.

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης

Όπως παρουσιάζεται στις προσφορές (παράρτημα Γ) η αγορά των φωτιστικών σωμάτων για την προτεινόμενη εγκατάσταση με ενσωματωμένο το ηλεκτρονικό ballast για το 2^ο νηπιαγωγείο είναι 2.141,8€ συμπεριλαμβανομένου το Φ.Π.Α.

Η πληρωμή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με το τιμολόγιο Γ22 της ΔΕΗ (0,11529€/kWh για όλες τις kWh +13%ΦΠΑ = 0,1303€/kWh). Σύμφωνα με την εξοικονόμηση ενέργειας το ποσό που εξοικονομείται ετησίως είναι:

$$\begin{aligned} \text{Ετήσιο ποσό εξοικονόμησης} &= E_{\text{τελ}} \cdot \text{Τιμή kWh} = \\ &= 7.108 \text{ kWh/y} \cdot 0,1303 \text{ €/kWh} = 926 \text{ €/y} \end{aligned}$$

Άρα:

$$\text{Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης} = 2.141,8\text{€} / 926\text{€/y} = 2,31 \text{ έτη}$$

Η εξοικονόμηση ενέργειας ανά κόστος επένδυσης είναι:

$$7.108 \text{ kWh} / 2.141,8\text{€} = 3,319 \text{ kWh/€}$$

Ενδεικτικά στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την αίθουσα διδασκαλίας 5

General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (67.88 m ²)	6.36 W/m ² (1.48 W/m ² /100lx)

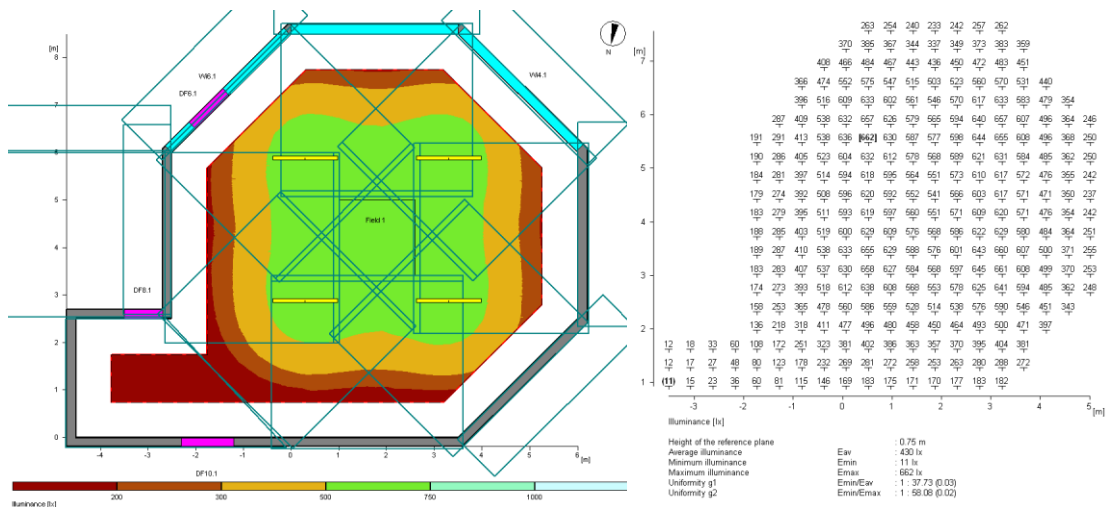
Illuminance

Average illuminance	Eav	430 lx
Minimum illuminance	Emin	11 lx
Maximum illuminance	Emax	662 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:37.7 (0.03)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:58.1 (0.02)

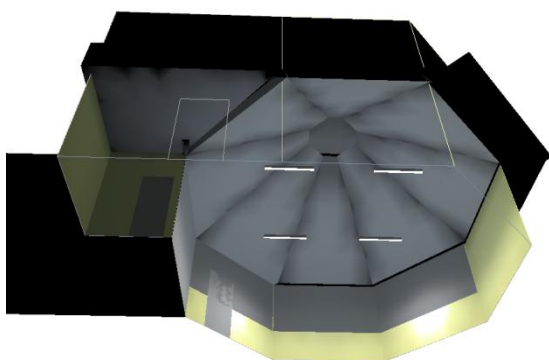
Type No./Make

		Gallis Lighting S.A.
1	4	Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Σχήμα 7.2 Φωτομετρικά αποτελέσματα για την αίθουσα διδασκαλίας 5



Σχήμα 7.3 Φωτομετρικά αποτελέσματα για την αίθουσα διδασκαλίας 5



Εικόνα 7.1 Δραστική μείωση φωτιστικών στην αίθουσα 5 με κατάλληλη μελέτη φωτισμού

7.1.2 2^ο δημοτικό Βούλας

Η προτεινόμενη κατάσταση εκτίθεται στον κατωτέρω πίνακα. Βασική προϋπόθεση ήταν ότι η μέση στάθμη φωτισμού εντός των αιθουσών διδασκαλίας να μην υπολείπεται των 400 lux και των 250 lux εντός των βοηθητικών χώρων, σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές και εθνικές προδιαγραφές για το φωτισμό εσωτερικών χώρων.

Πίνακας 21 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (ισόγειο)

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)	Ένταση φωτισμού κυρίων χώρων (lux)
A1	6	2	54	Φθορισμού	712,8	461
A2	4	2	54	Φθορισμού	475,2	485
A3	1	2	54	Φθορισμού	118,8	451
A4	1	2	54	Φθορισμού	118,8	447
A5	4	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	92	-
A6	1	2	54	Φθορισμού	118,8	432
A7	6	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	138	-
A8	2	2	39	Φθορισμού	171,6	302
A9	14	2	54	Φθορισμού	1.663,2	392
A10	16	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	368	-
	2	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	46	-
A11	1	2	39	Φθορισμού	85,8	365
A12	4	2	54	Φθορισμού	475,2	505
A13	4	2	54	Φθορισμού	475,2	479
A14	4	2	54	Φθορισμού	475,2	488
A15	4	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	92	-
A16	4	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	92	-
A17	2	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	46	-
A18	4	2	54	Φθορισμού	475,2	527
A19	4	2	54	Φθορισμού	475,2	539
A20	4	2	54	Φθορισμού	475,2	465
A21	4	2	54	Φθορισμού	475,2	517

(Συνέχεια πίνακα 21)

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)	Ένταση φωτισμού κυρίων χώρων (lux)
A22	3	2	39	Φθορισμού	257,4	-
A23	2	2	39	Φθορισμού	171,6	396
Σύνολο					8.094,4	

Πίνακας 22 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (α' όροφος)

Χώρος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)	Ένταση φωτισμού κυρίων χώρων (lux)
b1	4	2	54	Φθορισμού	475,2	486
b2	4	2	54	Φθορισμού	475,2	484
b3	4	2	54	Φθορισμού	475,2	507
b4	4	2	54	Φθορισμού	475,2	496
b5	19	2	54	Φθορισμού	2.257,2	415
b6	9	2	39	Φθορισμού	772,2	446
b7	4	2	54	Φθορισμού	475,2	469
b8	4	2	54	Φθορισμού	475,2	493
b9	4	2	54	Φθορισμού	475,2	508
b10	4	2	54	Φθορισμού	475,2	489
b11	3	2	54	Φθορισμού	356,4	575
Σύνολο					7.187,4	
Σύνολο ισογείου και α' ορόφου					15.281,80	

Τα ποσοτικά και ποιοτικά οφέλη όπως προκύπτουν από την προτεινόμενη δράση είναι τα παρακάτω:

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η υφιστάμενη ισχύς του συστήματος είναι 30.430,00W, ενώ του προτεινόμενου 15.281,80W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 30.430 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{48.201,12 \text{ kWh}}$$

$$\text{Ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 15.281,80 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{24.206,37 \text{ kWh}}$$

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας στον τεχνητό φωτισμό είναι:

$$\mathbf{EE_{\tau\phi} = (30.430 \text{ W} - 15.281,80 \text{ W}) \cdot 1584 \text{ h} = 23.994,75 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **49,78%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$\mathbf{EE_{\tau\phi} \text{ πρωτογενής} = EE_{\tau\phi} : 0,37 = 64.850,68 \text{ kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{CO_2 \text{ πριν}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (30.430 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{40.971 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας
Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO_2 θα είναι:

$$m_{CO_2 \text{ μετά}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (15.281,80 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{20.575 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας
με ποσοστό μείωσης **49,78%** και μείωση των εκπομπών κατά **20.396 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 23 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (αντικατάσταση των παλαιών ενεργοβόρων φωτιστικών σωμάτων από νέα και πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα)

	ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	48.201,12
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	23.994,75
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	49,78

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η αντικατάσταση των παλαιών ενεργοβόρων φωτιστικών σωμάτων από νέα και πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα οδηγεί σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 49,78%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 64.850,68 kWh

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης

Όπως παρουσιάζεται στις προσφορές (παράρτημα Γ) η αγορά των φωτιστικών σωμάτων για την προτεινόμενη εγκατάσταση με ενσωματωμένο το ηλεκτρονικό ballast για το 2^ο δημοτικό είναι 13.459,3€ συμπεριλαμβανομένου το Φ.Π.Α.

Η πληρωμή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με το τιμολόγιο Γ22 της ΔΕΗ (0,11529€/kWh για όλες τις kWh +13%ΦΠΑ = 0,1303€/kWh). Σύμφωνα με την εξοικονόμηση ενέργειας το ποσό που εξοικονομείται ετησίως είναι:

$$\begin{aligned} \text{Ετήσιο ποσό εξοικονόμησης} &= E \cdot E_{\text{τηρ}} \cdot \text{Τιμή kWh} = \\ &= 23.994,75 \text{ kWh/y} \cdot 0,1303 \text{ €/kWh} = \mathbf{3.126,5\text{€/y}} \end{aligned}$$

Άρα:

$$\text{Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης} = 13.459,3\text{€} / 3.126,5\text{€/y} = \mathbf{4,3 \text{ έτη}}$$

Η εξοικονόμηση ενέργειας ανά κόστος επένδυσης είναι:

$$23.994,75 \text{ kWh} / 13.459,3\text{€} = \mathbf{1,783 \text{ kWh/€}}$$

Ενδεικτικά στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την αίθουσα διδασκαλίας Α18.

General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Maintenance factor

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
0.80

Total luminous flux of all lamps
Total power
Total power per area (61.50 m²)

35600 lm
432 W
7.02 W/m² (1.33 W/m²/100lx)

Illuminance

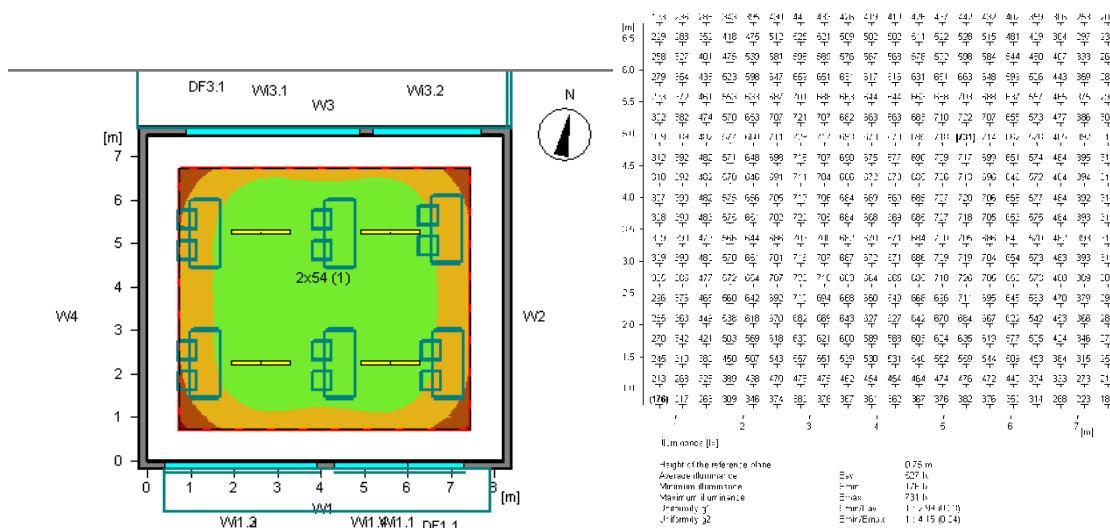
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity g1
Uniformity g2

Eav 527 lx
Emin 176 lx
Emax 731 lx
Emin/Em 1:2.99 (0.33)
Emin/Emax 1:4.15 (0.24)

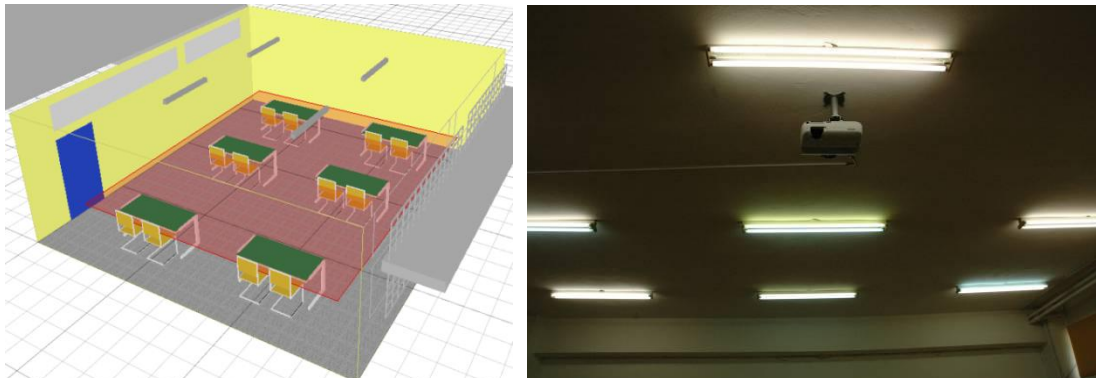
Type No. Make

1 4 **Gallis Lighting S.A.**
Order No. : 4311-4343
Luminaire name : Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Σχήμα 7.4 Φωτομετρικά αποτελέσματα για την αίθουσα διδασκαλίας A18



Σχήμα 7.5 Φωτομετρικά αποτελέσματα για την αίθουσα διδασκαλίας A18



Εικόνα 7.2 Δραστική μείωση φωτιστικών στην αίθουσα A18 με κατάλληλη μελέτη φωτισμού

7.1.3 2^ο λύκειο Βούλας

Η προτεινόμενη κατάσταση εκτίθεται στον κατωτέρω πίνακα. Βασική προϋπόθεση ήταν ότι η μέση στάθμη φωτισμού εντός των αιθουσών διδασκαλίας να μην υπολείπεται των 400 lux και των 250 lux εντός των βοηθητικών χώρων, σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές και εθνικές προδιαγραφές για το φωτισμό εσωτερικών χώρων.

Πίνακας 24 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Α επίπεδο)

Α Επίπεδο 2ος Όροφος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)	Ένταση φωτισμού κυρίων χώρων (lux)
A.1	4	2	39	Φθορισμού	343,2	409
A.2	4	2	54	Φθορισμού	475,2	516
A.3	4	2	39	Φθορισμού	343,2	410
A.4	4	2	54	Φθορισμού	475,2	510
A.5	4	2	54	Φθορισμού	475,2	575
A.6 WC	3	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	69	-
A.7 WC	3	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	69	-
A.8	4	2	39	Φθορισμού	343,2	427
A.9	4	2	39	Φθορισμού	343,2	434
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	6	2	18	Φθορισμού	237,6	-
ΣΥΝΟΛΟ					3.174	

Πίνακας 25 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (Β και Γ επίπεδο)

Β Επίπεδο 1ος Όροφος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)	Ένταση φωτισμού κυρίων χώρων (lux)
B.1	4	2	39	Φθορισμού	343,2	410
B.2	4	2	54	Φθορισμού	475,2	519
B.3	4	2	39	Φθορισμού	343,2	411
B.4	4	2	39	Φθορισμού	343,2	433
B.5	4	2	39	Φθορισμού	343,2	428
B.6 WC	3	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	69	-
B.7 WC	3	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	69	-
B.8	2	2	39	Φθορισμού	171,6	415
B.9	4	2	39	Φθορισμού	343,2	431
B.10	2	2	39	Φθορισμού	171,6	467
B.11 WC	1	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	23	-
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	10	2	18	Φθορισμού	396	-
ΣΥΝΟΛΟ					3.091,4	
Γ Επίπεδο Ημι-ισόγειο						

(Συνέχεια πίνακα 25)

Β Επίπεδο 1ος Όροφος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)	Ένταση φωτισμού κυρίων χώρων (lux)
Γ.1	4	2	39	Φθορισμού	343,2	409
Γ.2	4	2	54	Φθορισμού	475,2	516
Γ.3	4	2	39	Φθορισμού	343,2	403
Γ.4	4	2	39	Φθορισμού	343,2	432
Γ.5	4	2	39	Φθορισμού	343,2	431
Γ.6 WC	3	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	69	-
Γ.7 WC	3	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	69	-
Γ.8 ΛΕΒΗΤΑΣ	1	1	23	Πυράκτωσης	23	
Γ.9	4	2	39	Φθορισμού	343,2	437
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	8	2	18	Φθορισμού	316,8	396
ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΑ	4	1	70	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	308	-
ΣΚΑΛΕΣ	2	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	46	-
ΣΥΝΟΛΟ					3.023	
ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΙΡΙΟΥ					9.288,4	

Τα ποσοτικά και ποιοτικά οφέλη όπως προκύπτουν από την προτεινόμενη δράση είναι τα παρακάτω:

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η υφιστάμενη ισχύς του συστήματος είναι 22.395,00 W, ενώ του προτεινόμενου 9.288,4 W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1584h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 22.395,00 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{35.474 \text{ kWh}}$$

$$\text{Ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 9.288,4 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{14.713 \text{ kWh}}$$

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας στον τεχνητό φωτισμό είναι:

$$E_{\text{ΞE}_{\text{ΤΦ}}} = (22.395 \text{ W} - 9.288,4 \text{ W}) \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{20.761 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **58,52%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$E_{\text{ΞE}_{\text{ΤΦ}}} \text{ πρωτογενής} = E_{\text{ΞE}_{\text{ΤΦ}}} : 0,37 = \mathbf{56.110 \text{ kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ πριν}} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (22.395 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{30.152 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg} \text{ ρύπου/kWh}$ για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ μετά}} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (9.288,4 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{12.506 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg ρύπου/kWh}$ για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας με ποσοστό μείωσης **58,52%** και μείωση των εκπομπών κατά **17.646 kg**
 Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 26 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (αντικατάσταση των παλαιών ενεργοβόρων φωτιστικών σωμάτων από νέα και πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα)

	ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	35.474
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	20.761
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	58,52

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η αντικατάσταση των παλαιών ενεργοβόρων φωτιστικών σωμάτων από νέα και πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα οδηγεί σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 58,52%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 56.110 kWh.

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης

Όπως παρουσιάζεται στις προσφορές (παράρτημα Γ) η αγορά των φωτιστικών σωμάτων για την προτεινόμενη εγκατάσταση με ενσωματωμένο το ηλεκτρονικό ballast για το 2^ο λύκειο είναι 10.548,3€ συμπεριλαμβανομένου το Φ.Π.Α.

Η πληρωμή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με το τιμολόγιο Γ22 της ΔΕΗ (0,11529€/kWh για όλες τις kWh +13%ΦΠΑ = 0,1303€/kWh). Σύμφωνα με την εξοικονόμηση ενέργειας το ποσό που εξοικονομείται ετησίως είναι:

$$\begin{aligned} \text{Ετήσιο ποσό εξοικονόμησης} &= E \Xi E_{\tau\phi} \cdot \text{Τιμή kWh} = \\ &= 20.761 \text{ kWh/y} \cdot 0,1303 \text{ €/kWh} = \mathbf{2.705,2€/y} \end{aligned}$$

Άρα:

$$\text{Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης} = 10.548,3€ / 2.705,2€/y = \mathbf{3,4 \text{ έτη}}$$

Η εξοικονόμηση ενέργειας ανά κόστος επένδυσης είναι:

$$20.761 \text{ kWh} / 10.548,3€ = \mathbf{1,968 \text{ kWh/€}}$$

Ενδεικτικά στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την αίθουσα διδασκαλίας Β.1.



Σχήμα 7.6 Τρισδιάστατη απεικόνιση αίθουσας διδασκαλίας (B1)

General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (52.50 m ²)	5.94 W/m ² (1.45 W/m ² /100lx)

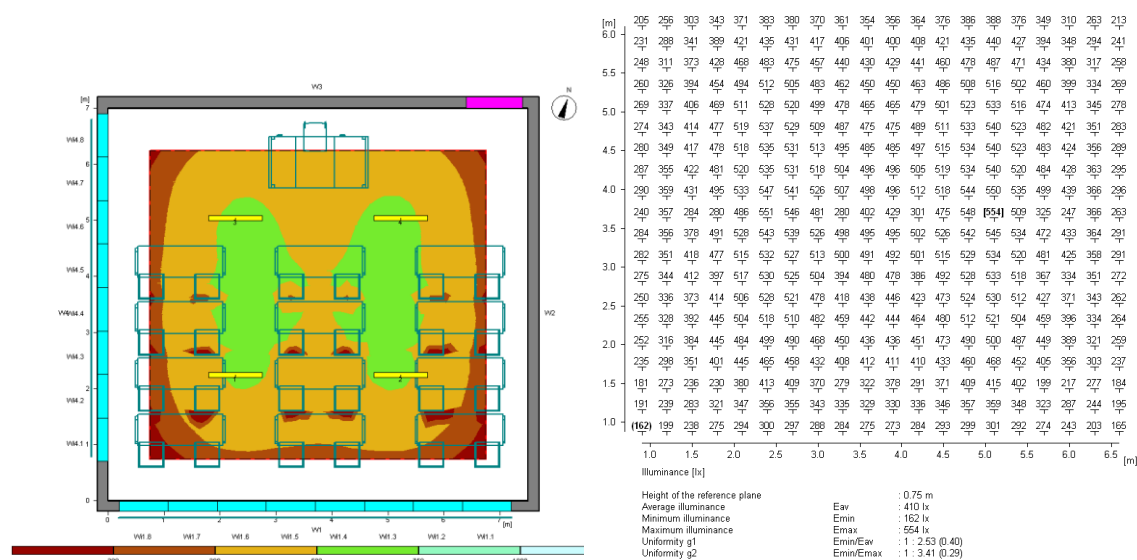
Illuminance

Average illuminance	Eav	410 lx
Minimum illuminance	Emin	162 lx
Maximum illuminance	Emax	554 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.53 (0.4)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.41 (0.29)

Type No.\Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Σχήμα 7.7 Φωτομετρικά αποτελέσματα για την αίθουσα διδασκαλίας B1



Σχήμα 7.8 Φωτομετρικά αποτελέσματα για την αίθουσα διδασκαλίας Β.1

7.1.4 3^ο δημοτικό Βούλας

Η προτεινόμενη κατάσταση εκτίθεται στον κατωτέρω πίνακα. Βασική προϋπόθεση ήταν ότι η μέση στάθμη φωτισμού εντός των αιθουσών διδασκαλίας να μην υπολείπεται των 400 lux και των 250 lux εντός των βοηθητικών χώρων, σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές και εθνικές προδιαγραφές για το φωτισμό εσωτερικών χώρων.

Πίνακας 27 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (ισόγειο)

Επίπεδο Α Ισόγειο	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)	Ένταση φωτισμού κυρίων χώρων (lux)
A4 ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ Α	2	2	54	Φθορισμού	237,6	481
A3 ΧΩΛ ΕΙΣΟΔΟΥ Α	4	2	54	Φθορισμού	475,2	383
A1 ΑΙΘ.ΠΟΛ.ΧΡΗΣΕΩΝ_1 Α	2	2	39	Φθορισμού	171,6	352
A2 ΑΙΘ.ΠΟΛ.ΧΡΗΣΕΩΝ_2 Α	2	2	54	Φθορισμού	237,6	365
Σύνολο					1.122	

Πίνακας 28 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (α' όροφος)

Επίπεδο Β 1ος όροφος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)	Ένταση φωτισμού κυρίων χώρων (lux)
B5 ΓΡ.ΣΥΛΛΟΓΟΥ Β	1	2	54	Φθορισμού	118,8	408
B4 ΓΡ.Δ-ΝΤΗ Β	1	2	54	Φθορισμού	118,8	466
B6 ΑΠΟΘ.ΕΠΟΠΤ.ΟΡΓΑΝ.	1	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	23	-
B3 ΠΡΟΘΑΛ.ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ Β	1	2	39	Φθορισμού	85,8	282
B1 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(B1)	4	2	54	Φθορισμού	475,2	539
B2 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(B2)	4	2	54	Φθορισμού	475,2	537

(Συνέχεια πίνακα 28)

Επίπεδο Β 1ος όροφος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)	Ένταση φωτισμού κυρίων χώρων (lux)
B7 ΓΡ.ΔΑΣΚΑΛΩΝ Β	3	2	54	Φθορισμού	356,4	411
B8 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Β3)	4	2	54	Φθορισμού	475,2	542
B9 WC Β ΣΤΑΘΜΗΣ	10	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	230	-
Σύνολο					2.358,4	

Πίνακας 29 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού (β' όροφος)

Επίπεδο Γ 2ος όροφος	Αριθμός φωτιστικών	Λαμπτήρες ανά φωτιστικό	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ανά υποχώρο (W)	Ένταση φωτισμού κυρίων χώρων (lux)
Γ1 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Γ1)	4	2	54	Φθορισμού	475,2	537
Γ2 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Γ2)	4	2	54	Φθορισμού	475,2	537
Γ3 ΑΙΘ.ΦΥΣ-ΧΗΜΕΙΑΣ Γ	4	2	54	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	475,2	520
Γ4 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Δ') Γ	4	2	54	Φθορισμού	475,2	537
Γ5 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Ε') Γ	4	2	54	Φθορισμού	475,2	537
Γ6 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(ΣΤ') Γ	4	2	54	Φθορισμού	475,2	537
ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ Α	2	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	46	-
ΕΞΩΤΕΡ.ΧΩΡΟΙ	13	1	23	Ηλεκτρονικός λαμπτήρας	299	-
Σύνολο					3.196,2	
Σύνολο ισογείου, α' ορόφου και β' ορόφου					6.676,6	

Τα ποσοτικά και ποιοτικά οφέλη όπως προκύπτουν από την προτεινόμενη δράση είναι τα παρακάτω:

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η υφιστάμενη ισχύς του συστήματος είναι 13.400W, ενώ του προτεινόμενου 6.676,6W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 13.400 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{21.225,6 \text{ kWh}}$$

$$\text{Ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 6.676,6 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{10.575,73 \text{ kWh}}$$

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας στον τεχνητό φωτισμό είναι:

$$\mathbf{E\ddot{E}E_{\tau\phi} = (13.400 \text{ W} - 6.676,6 \text{ W}) \cdot 1.584 \text{ h} = 10.649,87 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **50,17%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$\mathbf{E\ddot{E}E_{\tau\phi} \text{ πρωτογενής} = E\ddot{E}E_{\tau\phi} : 0,37 = 28.783,43 \text{ kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{CO_2 \text{ πριν}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (13.400 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{18.041,76 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{CO_2 \text{ μετά}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (6.676,6 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{8.989,37 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **50,17%** και μείωση των εκπομπών κατά **20.396 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 30 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (αντικατάσταση των παλαιών ενεργοβόρων φωτιστικών σωμάτων από νέα και πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα)

	ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	21.225,6
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	10.649,87
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	50,17

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η αντικατάσταση των παλαιών ενεργοβόρων φωτιστικών σωμάτων από νέα και πιο αποδοτικά φωτιστικά σώματα οδηγεί σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 50,17%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 28.783,43 kWh.

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης

Όπως παρουσιάζεται στις προσφορές (παράρτημα Γ) η αγορά των φωτιστικών σωμάτων για την προτεινόμενη εγκατάσταση με ενσωματωμένο το ηλεκτρονικό ballast για το 3^ο δημοτικό είναι 6.053,6€ συμπεριλαμβανομένου το Φ.Π.Α.

Η πληρωμή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με το τιμολόγιο Γ22 της ΔΕΗ (0,11529€/kWh για όλες τις kWh +13%ΦΠΑ = 0,1303€/kWh). Σύμφωνα με την εξοικονόμηση ενέργειας το ποσό που εξοικονομείται ετησίως είναι:

$$\begin{aligned}\text{Ετήσιο ποσό εξοικονόμησης} &= E \cdot E_{\text{τη}} \cdot \text{Τιμή kWh} = \\ &= 10.649,87 \text{ kWh/y} \cdot 0,1303 \text{ €/kWh} = \mathbf{1.388\text{€/y}}\end{aligned}$$

Άρα:

$$\text{Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης} = 6.053,6\text{€} / 1.388\text{€/y} = \mathbf{4,36 \text{ έτη}}$$

Η εξοικονόμηση ενέργειας ανά κόστος επένδυσης είναι:

$$10.649,87 \text{ kWh} / 6.053,6\text{€} = \mathbf{1,759 \text{ kWh/€}}$$

Ενδεικτικά στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την αίθουσα διδασκαλίας ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ Α.

General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	17800 lm
Total power	216 W
Total power per area (27.38 m ²)	7.89 W/m ² (1.64 W/m ² /100lx)

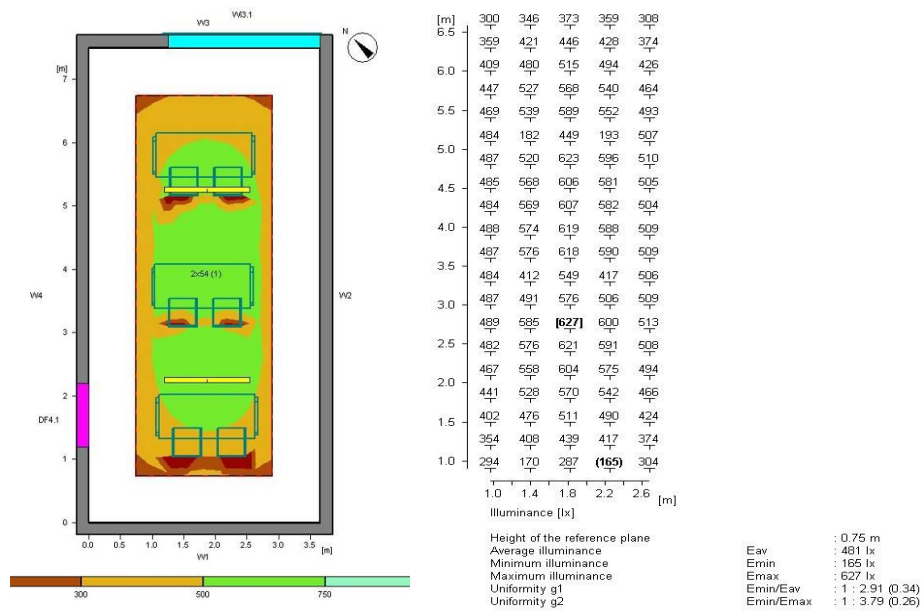
Illuminance

Average illuminance	E _{av}	481 lx
Minimum illuminance	E _{min}	165 lx
Maximum illuminance	E _{max}	627 lx
Uniformity g1	E _{min} /E _m	1:2.91 (0.34)
Uniformity g2	E _{min} /E _{max}	1:3.79 (0.26)

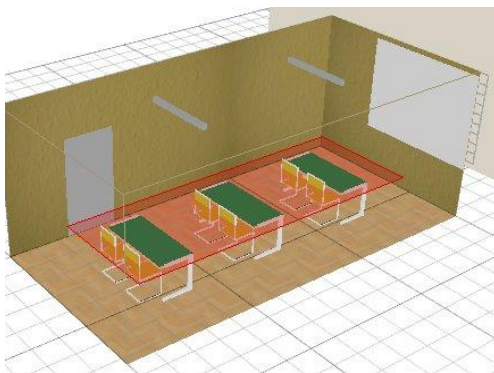
Type No.\Make

		Gallis Lighting S.A.
2	2	Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Σχήμα 7.9 Φωτομετρικά αποτελέσματα για την αίθουσα διδασκαλίας ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ Α



Σχήμα 7.10 Φωτομετρικά αποτελέσματα για την αίθουσα διδασκαλίας A18



Εικόνα 7.3 Δραστική μείωση φωτιστικών στην αίθουσα ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ Α με κατάλληλη μελέτη φωτισμού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Γενικά η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη της οπτικής άνεσης μέσα στο κτίριο και κυρίως στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Η δυνατότητα εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού στον χώρο του σχολείου είναι υψηλή εξαιτίας των μεγάλων ανοιγμάτων του κτιρίου, τόσο από τα παράθυρα περιμετρικά του κτιρίου. Αυτό οδηγεί στην μείωση του τεχνητού φωτισμού κατά τη διάρκεια των ωρών της ημέρας, λόγω της μεγάλης έντασης του φυσικού φωτισμού.

8.1 Χρήση αισθητήρων σύζευξης τεχνητού/φυσικού φωτισμού και των αντίστοιχων συστημάτων έναυσης

Για την μέγιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού προτείνεται αυτόνομος αισθητήρας φωτισμού, ένας για κάθε φωτιστικό σώμα. Έτσι μειώνεται το κόστος από μια ακριβή εγκατάσταση με ενιαίο σύστημα διαχείρισης φωτισμού στο κτίριο και αυξάνεται η ευκολία τοποθέτησης από έμπειρο και εξειδικευμένο προσωπικό για την ρύθμιση του συστήματος. Για την τοποθέτηση των αισθητήρων απαραίτητη προϋπόθεση είναι η αλλαγή των ballast με αντίστοιχα ηλεκτρονικά τα οποία έχουν την δυνατότητα ρύθμισης της στάθμης φωτισμού (Electronic Dimmable Ballasts).

Για κάθε αίθουσα στην οποία υπάρχουν εξωτερικά ανοίγματα πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί και προσομοιώσεις με αξιόπιστα προγράμματα υπολογισμού φωτομετρικών μεγεθών. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το RELUX, το οποίο χρησιμοποιεί την πλατφόρμα του RADIANCE. Για κάθε χώρο υπολογίστηκε ο μέσος συντελεστής DF (Daylight Factor) υπό νεφοσκεπή ουρανό σύμφωνα με το DIN 5034 (DIN 5034 part 2, CIE Publication No 22) για την περιοχή της Βούλας. 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) αλλά και των αντίστοιχων δομικών στοιχείων του εξωτερικού περιβάλλοντος καθώς και ο σωστός προσανατολισμός. Στα παραρτήματα της ενεργειακής μελέτης παρατίθενται τα αποτελέσματα για κάθε τυπικό χώρο.

Για τον υπολογισμό του ποσοστού του χρόνου της ημέρας που θα απαιτείται τεχνητός φωτισμός ή αλλιώς για την κατανάλωση του συστήματος φωτισμού χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω δεδομένα (RELUX):

- Μέσος συντελεστής DF (Daylight Factor) ανά αίθουσα
- Απαιτούμενη στάθμη φωτισμού = 400 lux
- Ημερήσιο και ετήσιο ωράριο λειτουργίας
- Η πιθανότητα ηλιοφάνειας (Sun probability) στην περιοχή της Αθήνας

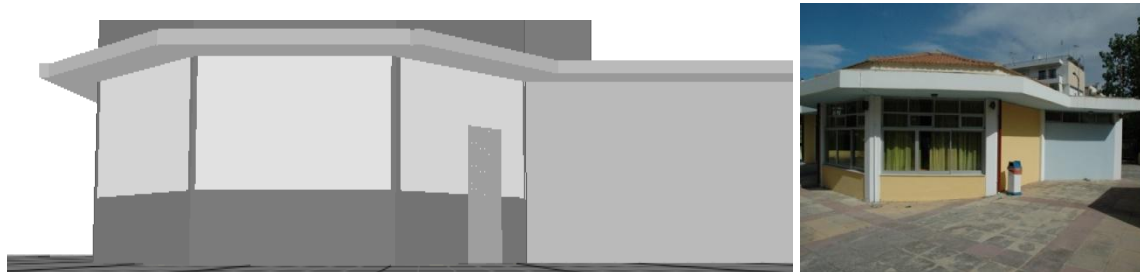
Πίνακας 31 Μηνιαία πιθανότητα ηλιοφάνειας (Sun probability) στην περιοχή της Αθήνας

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

Ο αισθητήρας φωτισμού ρυθμίζει τη στάθμη τεχνητού φωτισμού χωρίς να τη μηδενίζει ποτέ ακόμη και στην περίπτωση επάρκειας φυσικού φωτισμού οπότε ο τεχνητός φωτισμός μειώνεται στο 15% της ισχύος των λαμπτήρων. Η απόδοση και λειτουργία τέτοιων συστημάτων έχει μετρηθεί

στο Εργαστήριο Φωτοτεχνίας του ΕΜΠ. Η συνεισφορά αυτή έχει υπολογιστεί στην συνολική κατανάλωση του συστήματος φωτισμού.

8.1.1 2° νηπιαγωγείο Βούλας



Εικόνα 8.1 Κατασκευή εξωτερικού μοντέλου για τον υπολογισμό του φυσικού φωτισμού

Η κατανάλωση ενέργειας έχει υπολογιστεί για την υφιστάμενη κατάσταση αλλά και για την προτεινόμενη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 32.

Πίνακας 32 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού με χρήση αυτόνομων αισθητήρων φωτισμού

Χώρος	Συντελεστής DF	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας	Υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	*Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)	Προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	**Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)
1	1,47	38,11%	1.440	891	475,2	294
2	-	-	200	200	46	46
3	-	-	200	200	46	46
4	-	-	200	200	46	46
5	3,09	80,62%	1.620	314	475,2	92
6	-	-	800	800	184	184
7	3,16	81,13%	1.620	306	475,2	90
8	5,5	84,87%	630	95	475,2	72
Σύνολο			6.710	3.006	2.222,80	870

* Στην υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

** Στην προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

Τα ποσοτικά και ποιοτικά οφέλη όπως προκύπτουν από την προτεινόμενη δράση είναι τα παρακάτω:

Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην υφιστάμενη κατάσταση:

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η υφιστάμενη ισχύς του συστήματος είναι 6.710 W, ενώ η ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας του με τη χρήση αισθητήρων για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι 3.006 W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 6.710 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = 10.629 \text{ kWh}$$

$$\text{Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 3.006 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{4.762 \text{ kWh}}$$

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας λόγω του φυσικού φωτισμού είναι:

$$\mathbf{E\Xi E_{\phi\phi} = (6.710 \text{ W} - 3.006 \text{ W}) \cdot 1.584 \text{ h} = 5.867 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **55,20%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$\mathbf{E\Xi E_{\phi\phi} \text{ πρωτογενής} = E\Xi E_{\phi\phi} : 0,37 = 15.857 \text{ kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$\mathbf{m_{CO_2} \text{ πριν} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (6.710 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = 9.035 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$\mathbf{m_{CO_2} \text{ μετά} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (3.006 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = 4.048 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **55,20%** και μείωση των εκπομπών κατά **4.987 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 33 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην υφιστάμενη κατάσταση)

	ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	10.629
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	5.867
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	55,20

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η χρήση αισθητήρων σύζευξης τεχνητού/ φυσικού φωτισμού και των αντίστοιχων συστημάτων έναυσης οδηγεί σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 55,20%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 15.857 kWh.

Σύγκριση με την προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην προτεινόμενη κατάσταση:

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η προτεινόμενη ισχύς του συστήματος είναι 2.222,80 W, ενώ η ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας του με τη χρήση αισθητήρων για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι 870 W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1584 h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 2.222,8 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h} = \mathbf{3.521 \text{ kWh}}$$

$$\text{Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 870 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h} = \mathbf{1.378 \text{ kWh}}$$

Η ετήσια Ξ οικονόμηση Ξ νέργειας λόγω του φυσικού φωτισμού είναι:

$$\Xi E_{\phi\phi} = (2.222,80 \text{ W} - 870 \text{ W}) \cdot 1584 \text{ h} = \mathbf{2.143 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **60,86%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$\Xi E_{\phi\phi} \text{ πρωτογενής} = \Xi E_{\phi\phi} : 0,37 = \mathbf{5.792 \text{ kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{CO_2} \text{ πριν} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (2.222,80 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{2.993 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{CO_2} \text{ μετά} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (870 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{1.171 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **60,86%** και μείωση των εκπομπών κατά **4.922 kg**

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης

Όπως παρουσιάζεται στις προσφορές το κόστος του συστήματος εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού για το 2^ο νηπιαγωγείο είναι 1.256,15€ συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.

Η πληρωμή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με το τιμολόγιο Γ22 της ΔΕΗ (0,11529 €/kWh για όλες τις kWh +13%ΦΠΑ = 0,1303 €/kWh). Σύμφωνα με την εξοικονόμηση ενέργειας το ποσό που εξοικονομείται ετησίως είναι:

$$\begin{aligned} \text{Ετήσιο ποσό εξοικονόμησης} &= \Xi E_{\phi\phi} \cdot \text{Τιμή kWh} = \\ &= 2.143 \text{ kWh/y} \cdot 0,1303 \text{ €/kWh} = \mathbf{280€/y} \end{aligned}$$

Άρα:

$$\text{Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης} = 1.256,15€ / 280€/y = \mathbf{4,49 \text{ έτη}}$$

Η εξοικονόμηση ενέργειας ανά κόστος επένδυσης είναι:

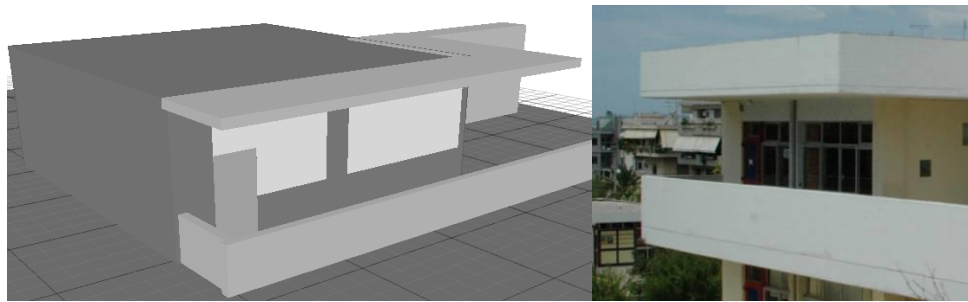
$$2.143 \text{ kWh} / 1.256,15€ = \mathbf{1,706 \text{ kWh/€}}$$

Πίνακας 34 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην προτεινόμενη κατάσταση)

	ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	3.521
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	2.143
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	60,86

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η χρήση αισθητήρων σύζευξης τεχνητού/ φυσικού φωτισμού και των αντίστοιχων συστημάτων έναυσης οδηγεί σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 60,86%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 5.792 kWh.

8.1.2 2° δημοτικό Βούλας



Εικόνα 8.2 Κατασκευή εξωτερικού μοντέλου για τον υπολογισμό του φυσικού φωτισμού

Η κατανάλωση ενέργειας έχει υπολογιστεί για την υφιστάμενη κατάσταση αλλά και για την προτεινόμενη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 35 και 36.

Πίνακας 35 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού με χρήση αυτόνομων αισθητήρων φωτισμού(ισόγειο)

Χώρος	Συντελεστής DF	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας	Υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	*Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)	Προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	**Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)
A1	1,72	34,05	1.440	949,68	712,8	470,09
A2	2,9	68,24	1.080	343,01	475,2	150,92
A3	-	-	270	270,00	118,8	118,80
A4	4,56	80,18	270	53,51	118,8	23,55
A5	-	-	400	400,00	92	92,00
A6	3,85	77,58	270	60,53	118,8	26,63
A7	-	-	600	600,00	138	138,00
A8	-	-	180	180,00	171,6	171,60
A9	0,65	-	1.620	1.620,00	1.663,2	1663,20
A10	-	-	960	960,00	368	368,00
	-	-	200	200,00	46	46,00
A11	10,3	84,06	180	28,69	85,8	13,68
A12	1,65	33,32	1.080	720,14	475,2	316,86
A13	2,17	43,47	1.080	610,52	475,2	268,63
A14	0,77	-	540	540,00	475,2	475,20
A15	-	-	400	400,00	92	92,00
A16	-	-	400	400,00	92	92,00
A17	-	-	200	200,00	46	46,00
A18	1,68	33,63	1.080	716,80	475,2	315,39
A19	2,43	55,45	1.080	481,14	475,2	211,70
A20	1,4	29,71	1.080	759,13	475,2	334,02
A21	-	-	1.080	1.080,00	475,2	475,20
A22	-	-	540	540,00	257,4	257,40
A23	5,7	82,11	360	64,40	171,6	30,70
Σύνολο			16.390	12.177,57	8.094,40	6.197,58

* Στην υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

** Στην προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

Πίνακας 36 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού με χρήση αυτόνομων αισθητήρων φωτισμού(α' όροφος)

Χώρος	Συντελεστής DF	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας	Υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	*Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)	Προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	**Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)
b1	1,36	37,06	1.080	679,75	475,2	299,09
b2	1,05	31,93	1.080	735,16	475,2	323,47
b3	0,98	29,89	1.080	757,19	475,2	333,16
b4	3,1	79,98	1.080	216,22	475,2	95,14
b5	1,5	38,42	3.420	2106,04	2257,2	1.389,98
b6	3,4	82,35	1.440	254,16	772,2	136,29
b7	1,13	33,70	1.080	716,04	475,2	315,06
b8	1,98	51,37	1.080	525,20	475,2	231,09
b9	1,47	38,11	1.080	668,41	475,2	294,10
b10	1,39	37,46	1080	675,43	475,2	297,19
b11	5,1	84,79	540	82,13	356,4	54,21
Σύνολο			14.040	7.415,73	7.187,4	3.768,78
Σύνολο ισογείου και α' ορόφου			30.430	19.593,3	15.281,8	9.966,36

* Στην υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

** Στην προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

Τα ποσοτικά και ποιοτικά οφέλη όπως προκύπτουν από την προτεινόμενη δράση είναι τα παρακάτω:

Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην υφιστάμενη κατάσταση:

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η υφιστάμενη ισχύς του συστήματος είναι 30.430W, ενώ η ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας του με τη χρήση αισθητήρων για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι 19.593,3 W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 30.430\text{W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{48.201,12 \text{ kWh}}$$

$$\text{Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 19.593,3 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{31.035,79 \text{ kWh}}$$

Η ετήσια $E_{\text{οικονόμηση}}$ Ενέργειας λόγω του φυσικού φωτισμού είναι:

$$E_{\text{οικονόμηση}} = (30.430 \text{ W} - 19.593,3 \text{ W}) \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{17.165,33 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **35,61%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$E_{\text{πρωτογενής}} = E_{\text{οικονόμηση}} : 0,37 = \mathbf{46.392,78 \text{ kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ πριν}} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (30.430 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{40.971 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{CO_2 \text{ μετά}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (19.593,3 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{26.380 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg ρύπου/kWh}$ για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **35,61%** και μείωση των εκπομπών κατά **14.591 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 37 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην υφιστάμενη κατάσταση)

	ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	48.201,12
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	17.165,33
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	35,61

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η χρήση αισθητήρων σύζευξης τεχνητού/ φυσικού φωτισμού και των αντίστοιχων συστημάτων έναυσης οδηγεί σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 51,00%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 46.392,78 kWh.

Σύγκριση με την προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην προτεινόμενη κατάσταση:

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η προτεινόμενη ισχύς του συστήματος είναι 15.281,8 W, ενώ η ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας του με τη χρήση αισθητήρων για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι 9966,36 W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584 h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 15.281,8 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{24.206,37 \text{ kWh}}$$

$$\text{Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 9.966,36 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{15.786,71 \text{ kWh}}$$

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας λόγω του φυσικού φωτισμού είναι:

$$E_{\text{Εξοικονόμηση}} = (15.281,8 \text{ W} - 9.966,36 \text{ W}) \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{8.419,66 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **34,78%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$E_{\text{Εξοικονόμηση}} \text{ πρωτογενής} = E_{\text{Εξοικονόμηση}} : 0,37 = \mathbf{22.755,84 \text{ kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{CO_2 \text{ πριν}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (15.281,8 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{20.575 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg ρύπου/kWh}$ για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{CO_2 \text{ μετά}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (9966,36 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{13.418,7 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg} \text{ ρύπου/kWh}$ για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **34,78%** και μείωση των εκπομπών κατά **7.156,3 kg**

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης

Όπως παρουσιάζεται στις προσφορές το κόστος του συστήματος εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού για το 2^ο δημοτικό είναι 7.536,89€ συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.

Η πληρωμή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με το τιμολόγιο Γ22 της ΔΕΗ (0,11529 €/kWh για όλες τις kWh +13%ΦΠΑ = 0,1303 €/kWh). Σύμφωνα με την εξοικονόμηση ενέργειας το ποσό που εξοικονομείται ετησίως είναι:

$$\begin{aligned} \text{Ετήσιο ποσό εξοικονόμησης} &= E \Xi E_{\text{φφ}} \cdot \text{Τιμή kWh} = \\ &= 8.419,66 \text{ kWh/y} \cdot 0,1303 \text{ €/kWh} = \mathbf{1.097€/y} \end{aligned}$$

Άρα:

$$\text{Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης} = 7.536,89 \text{ €} / 1.097€/y = \mathbf{6,87 \text{ έτη}}$$

Η εξοικονόμηση ενέργειας ανά κόστος επένδυσης είναι:

$$8.419,66 \text{ kWh} / 7.536,89 \text{ €} = \mathbf{1,117 \text{ kWh/€}}$$

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 38 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην προτεινόμενη κατάσταση)

	ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	24.206,37
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	8.419,66
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	34,78

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η χρήση αισθητήρων σύζευξης τεχνητού/ φυσικού φωτισμού και των αντίστοιχων συστημάτων έναυσης οδηγεί σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 34,78%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 22.755,84 kWh.

8.1.3 2^ο λύκειο Βούλας



Εικόνα 8.3 Κατασκευή εξωτερικού μοντέλου για τον υπολογισμό του φυσικού φωτισμού

Ο υπολογισμός της εξοικονόμησης ενέργειας έχει υπολογιστεί και για την υφιστάμενη κατάσταση φυσικού φωτισμού αλλά και για την προτεινόμενη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 39 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού με χρήση αυτόνομων αισθητήρων φωτισμού (Α επίπεδο)

Α Επίπεδο 2 ^{ος} Όροφος	Συντελεστής DF	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας	Υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	*Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)	Προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	**Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)
A.1	6,3	82,56	810	141,26	343,2	59,85
A.2	3	69,97	1.080	324,32	475,2	142,70
A.3	6,3	82,56	810	141,26	343,2	59,85
A.4	2,7	62,90	810	300,51	475,2	176,30
A.5	5,9	82,24	585	103,90	475,2	84,40
A.6 WC	2,43	-	300	300	69	69
A.7 WC	1,4	-	300	300	69	69
A.8	5,9	82,24	810	143,86	343,2	60,95
A.9	3	69,97	810	243,24	343,2	103,06
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	-	-	540	540	237,6	237,60
ΣΥΝΟΛΟ			6.855	2.538,36	3.174	1.062,72

* Στην υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

** Στην προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

Πίνακας 40 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού με χρήση αυτόνομων αισθητήρων φωτισμού (Β και Γ επίπεδο)

Β Επίπεδο 1 ^{ος} Όροφος	Συντελεστής DF	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας	Υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	*Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)	Προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	**Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)
B.1	5,9	82,24	810	143,86	343,2	60,95
B.2	2,8	66,00	1.080	367,20	475,2	161,57
B.3	5,9	82,24	810	143,86	343,2	60,95
B.4	3,2	72,66	810	221,45	343,2	93,83
B.5	6,2	82,48	810	141,91	343,2	60,13
B.6 WC	-	-	300	300	69	69
B.7 WC	-	-	300	300	69	69

(Συνέχεια πίνακα 40)

Β Επίπεδο 1 ^{ος} Όροφος	Συντελεστής DF	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας	Υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	*Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)	Προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	**Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)
B.8	3,8	77,28	540	122,69	171,6	38,99
B.9	2,9	68,24	810	257,26	343,2	109,00
B.10	2,03	41,08	270	159,08	171,6	101,11
B.11 WC	-	-	100	100	23	23
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	-	-	900	900	396	396
ΣΥΝΟΛΟ			7.540	3.157,31	3.091,4	3.157,31
Γ Επίπεδο Ημι-ισόγειο						
Γ.1	5	81,11	810	153,01	343,2	64,83
Γ.2	2,9	68,24	1080	343,01	475,2	150,92
Γ.3	5	81,11	810	153,01	343,2	64,83
Γ.4	1,57	32,39	810	547,64	343,2	232,04
Γ.5	1,09	21,32	810	637,31	343,2	270,03
Γ.6 WC	-	-	300	300	69	69
Γ.7 WC	-	-	300	300	69	69
Γ.8 ΛΕΒΗΤΑΣ	-	-	100	100	23	23
Γ.9	1,45	28,92	810	575,75	343,2	243,95
ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ	-	-	720	720	316,8	316,80
ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚ Α	-	-	1250	1250	308	308
ΣΚΑΛΕΣ	-	-	200	200	46	46
ΣΥΝΟΛΟ			6.550	5.279,72	3.023	1.858,40
ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΙΡΙΟΥ			22.395	10.975,39	9.288,40	4.164,65

* Στην υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

** Στην προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

Τα ποσοτικά και ποιοτικά οφέλη όπως προκύπτουν από την προτεινόμενη δράση είναι τα παρακάτω:

Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην υφιστάμενη κατάσταση:

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η υφιστάμενη ισχύς του συστήματος είναι 22.395 W, ενώ η ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας του με τη χρήση αισθητήρων για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι 10.975,39W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 22.395 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{35.474 \text{ kWh}}$$

$$\text{Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 10.975,39 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{17.385 \text{ kWh}}$$

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας λόγω του φυσικού φωτισμού είναι:

$$\mathbf{E_{\text{φφ}}} = (22.395 \text{ W} - 10.975,39 \text{ W}) \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{18.089 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **51,00%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$E_{\text{EΦΦ}} \text{ πρωτογενής} = E_{\text{EΦΦ}} : 0,37 = 48.889 \text{ kWh}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ πριν}} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (22.395 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = 30.152 \text{ kg}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ μετά}} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (10975.39 \text{ W} \cdot 1584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = 14.777 \text{ kg}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **51,00%** και μείωση των εκπομπών κατά **15.375 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 41 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην υφιστάμενη κατάσταση)

	ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	35.474
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	18.089
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	51,00

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η χρήση αισθητήρων σύζευξης τεχνητού/ φυσικού φωτισμού και των αντίστοιχων συστημάτων έναυσης οδηγεί σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 51,00%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 48.889 kWh.

Σύγκριση με την προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην προτεινόμενη κατάσταση:

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η προτεινόμενη ισχύς του συστήματος είναι 9.288,40W, ενώ η ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας του με τη χρήση αισθητήρων για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι 4.164,65W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ωρες λειτουργίας} = 9.288,4 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = 14.713 \text{ kWh}$$

$$\text{Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος φωτισμού} \cdot \text{Ωρες λειτουργίας} = 4.164,65 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = 6.597 \text{ kWh}$$

Η ετήσια $E_{\text{EΦΦ}}$ εξοικονόμηση $E_{\text{Ενέργειας}}$ λόγω του φυσικού φωτισμού είναι:

$$E_{\text{EΦΦ}} = (9.288,4 \text{ W} - 4.164,65 \text{ W}) \cdot 1584 \text{ h} = 8.116 \text{ kWh}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **55,16%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$E_{\text{ΞΕ}}^{\text{φφ}} \text{ πρωτογενής} = E_{\text{ΞΕ}}^{\text{φφ}} : 0,37 = 21.935 \text{ kWh}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{\text{CO}_2} \text{ πριν} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (9.288,4\text{W} \cdot 1.584\text{h}) \cdot 0,85\text{kg/kWh} = 12.506 \text{ kg}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85\text{kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{\text{CO}_2} \text{ μετά} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (4.164,65\text{W} \cdot 1.584\text{h}) \cdot 0,85\text{kg/kWh} = 5.607 \text{ kg}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85\text{kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **55,16%** και μείωση των εκπομπών κατά **6.899 kg**

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης

Όπως παρουσιάζεται στις προσφορές το κόστος του συστήματος εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού για το 2^ο λύκειο είναι 6.280,74€ συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.

Η πληρωμή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με το τιμολόγιο Γ22 της ΔΕΗ (0,11529 €/kWh για όλες τις kWh +13%ΦΠΑ = 0,1303 €/kWh). Σύμφωνα με την εξοικονόμηση ενέργειας το ποσό που εξοικονομείται ετησίως είναι:

$$\begin{aligned} \text{Ετήσιο ποσό εξοικονόμησης} &= E_{\text{ΞΕ}}^{\text{φφ}} \cdot \text{Τιμή kWh} = \\ &= 8.116 \text{ kWh/y} \cdot 0,1303 \text{ €/kWh} = 1.057\text{€/y} \end{aligned}$$

Άρα:

$$\text{Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης} = 6.280,74\text{€} / 1.057\text{€/y} = 5,94 \text{ έτη}$$

Η εξοικονόμηση ενέργειας ανά κόστος επένδυσης είναι:

$$8.116\text{kWh} / 6.280,74\text{€} = 1,292\text{kWh/€}$$

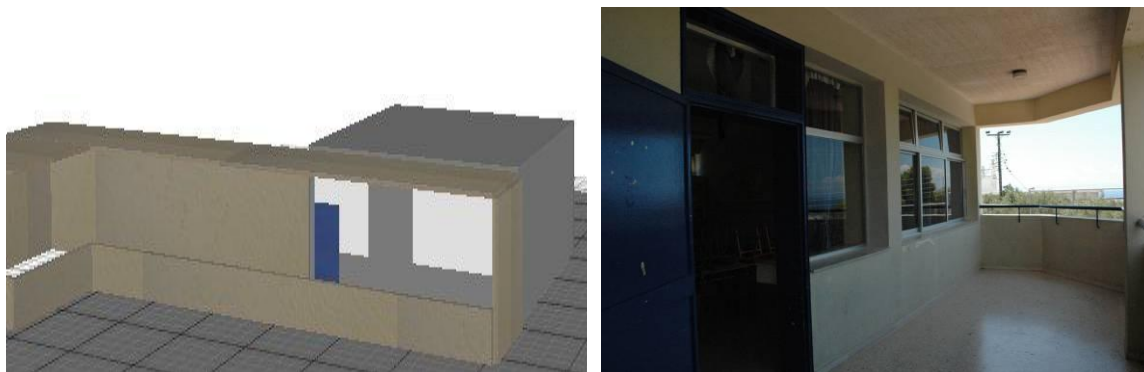
Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 42 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην προτεινόμενη κατάσταση)

	ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	14.713
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	8.116
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	55,16

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η χρήση αισθητήρων σύζευξης τεχνητού/ φυσικού φωτισμού και των αντίστοιχων συστημάτων έναυσης οδηγεί σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 55,16%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 21.935 kWh.

8.1.4 3^ο Δημοτικό Βούλας



Εικόνα 8.4 Κατασκευή εξωτερικού μοντέλου για τον υπολογισμό του φυσικού φωτισμού

Η κατανάλωση ενέργειας έχει υπολογιστεί για την υφιστάμενη κατάσταση αλλά και για την προτεινόμενη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 43, 44 και 45.

Πίνακας 43 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού με χρήση αυτόνομων αισθητήρων φωτισμού(ισόγειο)

Επίπεδο Α Ισόγειο	Συντελεστής DF	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας	Υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	*Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)	Προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	**Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)
A4 ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ Α	0,87	-	720	720,00	237,6	237,60
A3 ΧΩΛ ΕΙΣΟΔΟΥ Α	0,78	-	540	540,00	475,2	475,20
A1 ΑΙΘ.ΠΟΛ.ΧΡΗΣΕΩΝ_1 Α	1,76	34,41	540	354,19	171,6	112,55
A2 ΑΙΘ.ΠΟΛ.ΧΡΗΣΕΩΝ_2 Α	1,44	30,46	540	375,52	237,6	165,23
Σύνολο			2.340	1.989,70	1.122	990,58

* Στην υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

** Στην προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

Πίνακας 44 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού με χρήση αυτόνομων αισθητήρων φωτισμού(α' όροφος)

Επίπεδο Β 1ος όροφος	Συντελεστής DF	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας	Υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	*Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)	Προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	**Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)
B5 ΓΡ.ΣΥΛΛΟΓΟΥ Β	9,6	83,97	180	28,85	118,8	19,04
B4 ΓΡ.Δ-ΝΤΗ Β	4,8	80,79	180	34,58	118,8	22,82
B6 ΑΠΟΘ.ΕΠΟΠΤ.ΟΡΓΑΝ.	-	-	100	100,00	23	23,00
B3 ΠΡΟΘΑΛ.ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ Β	-	-	180	180,00	85,8	85,80
B1 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Β1)	0,92	15,61	810	683,56	475,2	401,02
B2 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Β2)	1,02	19,10	810	655,29	475,2	384,44
B7 ΓΡ.ΔΑΣΚΑΛΩΝ Β	1,67	33,55	630	418,64	356,4	236,83
B8 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Β3)	1,05	20,17	810	646,62	475,2	379,35
B9 WC Β ΣΤΑΘΜΗΣ	-	-	1.000	1.000,00	230	230,00
Σύνολο			4.700	3.747,54	2.358,4	1.782,3

Πίνακας 45 Προτεινόμενη κατάσταση συστήματος φωτισμού με χρήση αυτόνομων αισθητήρων φωτισμού(β' όροφος)

Επίπεδο Γ 2ος όροφος	Συντελεστής DF	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας	Υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	*Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)	Προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού (W)	**Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος με αισθητήρες φωτισμού (W)
Γ1 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Γ1)	0,99	18,18	810	662,74	475,2	388,81
Γ2 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Γ2)	1,12	22,24	810	629,86	475,2	369,52
Γ3 ΑΙΘ.ΦΥΣ-ΧΗΜΕΙΑΣ Γ	2,1	44,20	810	451,98	475,2	265,16
Γ4 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Δ') Γ	0,89	14,38	810	693,52	475,2	406,87
Γ5 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Ε') Γ	1,15	23,06	810	623,21	475,2	365,62
Γ6 ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(ΣΤ') Γ	1,14	22,76	810	625,64	475,2	367,04
ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ Α	-	-	200	200,00	46	46,00
ΕΞΩΤΕΡ.ΧΩΡΟΙ	-	-	1.300	1.300,00	299	299,00
Σύνολο			6.360	5.186,96	3.196,2	2.508,02
Σύνολο ισογείου, α' ορόφου και β' ορόφου			13.400	10.924,20	6.676,60	5.280,90

* Στην υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

** Στην προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού

Τα ποσοτικά και ποιοτικά οφέλη όπως προκύπτουν από την προτεινόμενη δράση είναι τα παρακάτω:

Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην υφιστάμενη κατάσταση:

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η υφιστάμενη ισχύς του συστήματος είναι 13.400W, ενώ η ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας του με τη χρήση αισθητήρων για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι 10.924,20 W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 13.400\text{W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{21.225,6 \text{ kWh}}$$

$$\text{Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 10.924,20 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{17.303,93 \text{ kWh}}$$

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας λόγω του φυσικού φωτισμού είναι:

$$\mathbf{E_{\text{E}}E_{\text{φ}}} = (13.400 \text{ W} - 10.924,2 \text{ W}) \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{3.921,67 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **18,48%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$\mathbf{E_{\text{E}}E_{\text{φ}} \text{ πρωτογενής}} = E_{\text{E}}E_{\text{φ}} : 0,37 = \mathbf{3.921,67 \text{ kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$\mathbf{m_{CO_2} \text{ πριν}} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (13.400 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{18.041,76 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85\text{kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$\mathbf{m_{CO_2} \text{ μετά}} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (10.924,20 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{14.708,34 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **18,48%** και μείωση των εκπομπών κατά **3.333,42 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 46 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην υφιστάμενη κατάσταση)

	ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	21.225,6
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	3.921,67
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	18,48

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η χρήση αισθητήρων σύζευξης τεχνητού/ φυσικού φωτισμού και των αντίστοιχων συστημάτων έναυσης οδηγεί σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 18,48%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 3.921,67 kWh.

Σύγκριση με την προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην προτεινόμενη κατάσταση:

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η προτεινόμενη ισχύς του συστήματος είναι 6.676,60 W, ενώ η ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας του με τη χρήση αισθητήρων για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι 5.280,90 W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584 h) έχουμε:

Ισχύς προτεινόμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού · Ώρες λειτουργίας = 6.676,60 W · 1.584 h =
10.575,73 kWh

Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος φωτισμού · Ώρες λειτουργίας = 5.280,90 W · 1.584 h =
8.364,95 kWh

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας λόγω του φυσικού φωτισμού είναι:

$$E_{\text{Εφφ}} = (6.676,60 \text{ W} - 5.280,90 \text{ W}) \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{2.210,79 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **20,90%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$E_{\text{Εφφ}} \text{ πρωτογενής} = E_{\text{Εφφ}} : 0,37 = \mathbf{5.975,10 \text{ kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{\text{CO}_2} \text{ πριν} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (6.676,60 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{8.989,37 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{\text{CO}_2} \text{ μετά} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (5.280,90 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{7.110,20 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **20,90%** και μείωση των εκπομπών κατά **1.879,17 kg**

Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης

Όπως παρουσιάζεται στις προσφορές το κόστος του συστήματος εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού για το 3^ο δημοτικό είναι 3.533€ συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α.

Η πληρωμή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με το τιμολόγιο Γ22 της ΔΕΗ (0,11529 €/kWh για όλες τις kWh +13%ΦΠΑ = 0,1303 €/kWh). Σύμφωνα με την εξοικονόμηση ενέργειας το ποσό που εξοικονομείται ετησίως είναι:

$$\begin{aligned}\text{Ετήσιο ποσό εξοικονόμησης} &= E \cdot E_{\text{φφ}} \cdot \text{Τιμή kWh} = \\ &= 12.860,65 \text{ kWh/y} \cdot 0,1303 \text{ €/kWh} = \mathbf{1.676\text{€/y}}\end{aligned}$$

Άρα:

$$\text{Χρόνος αποπληρωμής προτεινόμενης δράσης} = 3.533\text{€} / 1.676\text{€/y} = \mathbf{2,11 \text{ έτη}}$$

Η εξοικονόμηση ενέργειας ανά κόστος επένδυσης είναι:

$$12.860,65 \text{ kWh} / 3.533\text{€} = \mathbf{3,64\text{kWh/€}}$$

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 47 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την προτεινόμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην προτεινόμενη κατάσταση)

	ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	10.575,73
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	2.210,79
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	20,90

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω αποτελέσματα, η χρήση αισθητήρων σύζευξης τεχνητού/ φυσικού φωτισμού και των αντίστοιχων συστημάτων έναυσης οδηγεί σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 20,90%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 5.975,10 kWh.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΣΤΙΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

Ο ταυτόχρονος συνδυασμός όλων των παραπάνω παρεμβάσεων που αφορούν το σύστημα φωτισμού και το σύστημα κεντρικής θέρμανσης οδηγεί σε εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας.

9.1 2^ο νηπιαγωγείο Βούλας

Σύστημα φωτισμού

Η υφιστάμενη ισχύς του συστήματος είναι 6710 W, ενώ η ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας του με τη χρήση αισθητήρων για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι 870W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 6.710\text{W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{10.628,64 \text{ kWh}}$$

$$\text{Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 870\text{W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{1.378,08 \text{ kWh}}$$

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας λόγω του φυσικού φωτισμού είναι:

$$\mathbf{E\Xi E_{\phi\phi}} = (6710 \text{ W} - 870\text{W}) \cdot 1584\text{h} = \mathbf{9.250,56 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **87,03%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$\mathbf{E\Xi E_{\phi\phi} \text{ πρωτογενής}} = E\Xi E_{\phi\phi} : 0,37 = \mathbf{25.001,51 \text{ kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$\mathbf{m_{CO_2} \text{ πριν}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (6710\text{W} \cdot 1.584\text{h}) \cdot 0,85\text{kg/kWh} = \mathbf{9.034 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85\text{kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$\mathbf{m_{CO_2} \text{ μετά}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (870\text{W} \cdot 1.584\text{h}) \cdot 0,85\text{kg/kWh} = \mathbf{1.171 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85\text{kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **87,03%** και μείωση των εκπομπών κατά **7.863 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 48 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην προτεινόμενη κατάσταση)

	ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ΦΥΣΙΚΟΣ + ΤΕΧΝΗΤΟΣ) (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	10.628,64
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	9.250,56
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	87,03

Όπως παρατηρείται από τα παραπάνω αποτελέσματα, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις οδηγούν σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 87,03%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 25.001,51 kWh.

Σύστημα θέρμανσης

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας λόγω της κεντρικής θέρμανσης είναι:

$$E_{\text{ΕΞ}} = 4.611 \text{ kWh}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **16,67%**.

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος θέρμανσης οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ πριν}} = (Q_{\text{th}} / K\Theta\Delta_{\text{π}}) \cdot F = (27.665 \text{ kWh} / 11,92 \text{ kWh/kg}) \cdot 3,142 \text{ kg/kg} = \mathbf{7.292 \text{ kg}}$$

όπου $F = 3,142 \text{ kg}$ ρύπου/kg πετρελαίου και Κατωτέρα Θερμογόνος Δύναμη πετρελαίου $K\Theta\Delta_{\text{π}} = 11,92 \text{ kWh/kg}$

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος θέρμανσης οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ μετά}} = (Q_{\text{th}} / K\Theta\Delta_{\text{φα}}) \cdot F = (23.054 \text{ kWh} / 13,83 \text{ kWh/kg}) \cdot 2,715 \text{ kg/kg} = \mathbf{4.526 \text{ kg}}$$

όπου $F = 2,715 \text{ kg}$ ρύπου/kg φυσικού αερίου και Κατωτέρα Θερμογόνος Δύναμη φυσικού αερίου $K\Theta\Delta_{\text{φα}} = 13,83 \text{ kWh/kg}$

με ποσοστό μείωσης **37,93%** και μείωση των εκπομπών κατά **2.766 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 49 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση θέρμανσης και την αναβάθμισή της στην προτεινόμενη κατάσταση)

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	23.054
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	4.611
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	16,67

Όπως παρατηρείται από τα παραπάνω αποτελέσματα, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις οδηγούν σε μία σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση της τάξης του 16,67%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 4.611 kWh.

Εκτίμηση της οικονομικής αποδοτικότητας της επέμβασης

Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση τελικής ενέργειας στο 2^ο νηπιαγωγείο Βούλας, λόγω των προτεινόμενων παρεμβάσεων είναι 13.861,56kWh ενώ συνολική ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι 29.612,51kWh. Τα κόστη ανά δράση για το 2^ο νηπιαγωγείο Βούλας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 50 Κόστη ανά προτεινόμενη δράση για το επιλεγμένο κτίριο

Προτεινόμενη δράση	Κόστος €
Αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου)	5.663,7
Φυσικός φωτισμός	1.256,15
Τεχνητός φωτισμός	2.141,79
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ	9.061,64

Οπότε:

Συνολική ετήσια εξοικονόμηση τελικής ενέργειας / Κόστος επένδυσης =

$$13.861,56\text{kWh} / 9.061,64\text{€} = \mathbf{1,530\text{ kWh/€}}$$

Συνολική ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας / Κόστος επένδυσης =

$$29.612,51\text{kWh} / 9.061,64\text{€} = \mathbf{3,268\text{ kWh/€}}$$

Η παρέμβαση είναι πολύ αποδοτική και από οικονομικής πλευράς αφού για παράδειγμα αν αναλογιστεί κάποιος το κόστος για το σύστημα φωτισμού 3.397,94€ την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 9.251kWh και το κόστος κιλοβατώρας 0,1303€/kWh συμπεραίνει ότι ετησίως εξοικονομούνται 1.205,41€ μόνο από το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού.

Επίσης το κόστος για αντικατάσταση καυστήρα είναι 5.663,7€, ενώ λαμβάνοντας υπόψη την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 4,611kWh (θερμογόνος δύναμη πετρελαίου 9,8kWh/lit, άρα εξοικονόμηση 470lit) και κόστος αγοράς πετρελαίου 0,777€/lit (μέση τιμή αγοράς lit το 2010) υπολογίζεται ότι ετησίως εξοικονομούνται 365,2€.

9.2 2^ο δημοτικό Βούλας

Σύστημα φωτισμού

Η υφιστάμενη ισχύς του συστήματος είναι 30.430 W, ενώ η ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας του με τη χρήση αισθητήρων για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι 9.966,36W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 30.430\text{W} \cdot 1.584\text{ h} = \mathbf{48.201,12\text{kWh}}$$

$$\text{Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 9.966,36\text{W} \cdot 1.584\text{ h} = \mathbf{15.786,7\text{ kWh}}$$

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας λόγω του φυσικού φωτισμού είναι:

$$\mathbf{E\Xi E_{\phi\phi}} = (30.430\text{ W} - 9.966,36\text{W}) \cdot 1584\text{h} = \mathbf{32.414,42\text{kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **67,25%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$\mathbf{E\Xi E_{\phi\phi}\text{ πρωτογενής}} = E\Xi E_{\phi\phi} : 0,37 = \mathbf{87.606,54\text{kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{CO_2 \text{ πριν}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (30.430W \cdot 1.584h) \cdot 0,85kg/kWh = \mathbf{40.971 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85kg$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{CO_2 \text{ μετά}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (9.966,36W \cdot 1.584h) \cdot 0,85kg/kWh = \mathbf{13.419kg}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85kg$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **67,25%** και μείωση των εκπομπών κατά **27.552 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 51 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην προτεινόμενη κατάσταση)

	ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ΦΥΣΙΚΟΣ + ΤΕΧΝΗΤΟΣ) (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	48.201,12
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	32.414,42
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	67,25

Όπως παρατηρείται από τα παραπάνω αποτελέσματα, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις οδηγούν σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 67,25%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 87.606,54kWh.

Σύστημα θέρμανσης

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας λόγω της κεντρικής θέρμανσης είναι:

$$E_{\text{Εξοκ}} = \mathbf{9.107 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **16,67%**.

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος θέρμανσης οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{CO_2 \text{ πριν}} = (Q_{th} / K\Theta\Delta_{\pi}) \cdot F = (54.645 \text{ kWh} / 11,92 \text{ kWh/kg}) \cdot 3,142 \text{ kg/kg} = \mathbf{14.404 \text{ kg}}$$

όπου $F = 3,142 \text{ kg}$ ρύπου/kg πετρελαίου και $K\Theta\Delta_{\pi}$ Κατωτέρα Θερμογόνος Δύναμη πετρελαίου $K\Theta\Delta_{\pi} = 11,92 \text{ kWh/kg}$

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος θέρμανσης οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{CO_2 \text{ μετά}} = (Q_{th} / K\Theta\Delta_{\phi\alpha}) \cdot F = (45.538 \text{ kWh} / 13,83 \text{ kWh/kg}) \cdot 2,715 \text{ kg/kg} = \mathbf{8.940 \text{ kg}}$$

όπου $F = 2,715 \text{ kg}$ ρύπου/kg φυσικού αερίου και $K\Theta\Delta_{\phi\alpha}$ Κατωτέρα Θερμογόνος Δύναμη φυσικού αερίου $K\Theta\Delta_{\phi\alpha} = 13,83 \text{ kWh/kg}$

με ποσοστό μείωσης **37,93%** και μείωση των εκπομπών κατά **5.464 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 52 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση θέρμανσης και την αναβάθμισή της στην προτεινόμενη κατάσταση)

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	45.538
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	9.107
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	16,67

Όπως παρατηρείται από τα παραπάνω αποτελέσματα, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις οδηγούν σε μία σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση της τάξης του 16,67%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 9.107 kWh.

Εκτίμηση της οικονομικής αποδοτικότητας της επέμβασης

Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση τελικής ενέργειας στο 2^ο δημοτικό Βούλας, λόγω των προτεινόμενων παρεμβάσεων είναι 41.521,42kWh ενώ συνολική ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι 96.713.54kWh. Τα κόστη ανά δράση για το 2^ο δημοτικό Βούλας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 53 Κόστη ανά προτεινόμενη δράση για το επιλεγμένο κτίριο

Προτεινόμενη δράση	Κόστος €
Αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου)	11.560,84
Φυσικός φωτισμός	7.536,89
Τεχνητός φωτισμός	13.459,3
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ	32.557,03

Οπότε:

Συνολική ετήσια εξοικονόμηση τελικής ενέργειας / Κόστος επένδυσης =

$$41.521,42\text{kWh} / 32.557,03\text{€} = \mathbf{1,275\text{ kWh/€}}$$

Συνολική ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας / Κόστος επένδυσης =

$$96.713.54\text{kWh} / 32.557,03\text{€} = \mathbf{2,971\text{ kWh/€}}$$

Η παρέμβαση είναι πολύ αποδοτική και από οικονομικής πλευράς αφού για παράδειγμα αν αναλογιστεί κάποιος το κόστος για το σύστημα φωτισμού 20.996,19€ την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 32.414,42kWh και το κόστος κιλοβατώρας 0,1303€/kWh συμπεραίνει ότι ετησίως εξοικονομούνται 4.223,6€ μόνο από το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού.

Επίσης το κόστος για αντικατάσταση καυστήρα είναι 11.560,84€, ενώ λαμβάνοντας υπόψη την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 9.107kWh (θερμογόνος δύναμη πετρελαίου 9,8kWh/lit, άρα εξοικονόμηση 929lit) και κόστος αγοράς πετρελαίου 0,777€/lit (μέση τιμή αγοράς lit το 2010) υπολογίζεται ότι ετησίως εξοικονομούνται 722€.

9.3 2^ο λύκειο Βούλας

Σύστημα φωτισμού

Η υφιστάμενη ισχύς του συστήματος είναι 22.395 W, ενώ η ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας του με τη χρήση αισθητήρων για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι 870W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584h) έχουμε:

Ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού · Ώρες λειτουργίας = 22.395 W · 1.584 h =
35.474 kWh

Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος φωτισμού · Ώρες λειτουργίας = 4.164,65W · 1.584 h =
6.597 kWh

Η ετήσια $E_{\text{οικονόμηση}}$ Ενέργειας λόγω του φυσικού φωτισμού είναι:

$$E_{\text{οικονόμηση}} = (22.395 \text{ W} - 4.164,65 \text{ W}) \cdot 1584 \text{ h} = \mathbf{28.877 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **81,40%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$E_{\text{οικονόμηση}} \text{ πρωτογενής} = E_{\text{οικονόμηση}} : 0,37 = \mathbf{78.046 \text{ kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ πριν}} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (22.395 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{30.152 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ μετά}} = Q_{\text{ηλ}} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (4.164,65 \text{ W} \cdot 1.584 \text{ h}) \cdot 0,85 \text{ kg/kWh} = \mathbf{5.607 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85 \text{ kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **81,40%** και μείωση των εκπομπών κατά **24.545 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 54 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην προτεινόμενη κατάσταση)

	ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ΦΥΣΙΚΟΣ + ΤΕΧΝΗΤΟΣ) (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	35.474
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	28.877
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	81,40

Όπως παρατηρείται από τα παραπάνω αποτελέσματα, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις οδηγούν σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 81,40%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 78.046 kWh.

Σύστημα θέρμανσης

Η ετήσια $E_{\text{οικονόμηση}}$ Ενέργειας λόγω της κεντρικής θέρμανσης είναι:

$$E_{\text{οικονόμηση}} = \mathbf{5.438 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **8,89%**.

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος θέρμανσης οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{CO_2 \text{ πριν}} = (Q_{th} / K\Theta\Delta_{\pi}) \cdot F = (48.940 \text{ kWh} / 11,92 \text{ kWh/kg}) \cdot 3,142 \text{ kg/kg} = \mathbf{12.900 \text{ kg}}$$

όπου $F = 3,142 \text{ kg}$ ρύπου/kg πετρελαίου και Κατωτέρα Θερμογόνος Δύναμη πετρελαίου $K\Theta\Delta_{\pi} = 11,92 \text{ kWh/kg}$

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος θέρμανσης οι εκπομπές CO_2 θα είναι:

$$m_{CO_2 \text{ μετά}} = (Q_{th} / K\Theta\Delta_{\phi\alpha}) \cdot F = (43.502 \text{ kWh} / 13,83 \text{ kWh/kg}) \cdot 2,715 \text{ kg/kg} = \mathbf{8.540 \text{ kg}}$$

όπου $F = 2,715 \text{ kg}$ ρύπου/kg φυσικού αερίου και Κατωτέρα Θερμογόνος Δύναμη φυσικού αερίου $K\Theta\Delta_{\phi\alpha} = 13,83 \text{ kWh/kg}$

με ποσοστό μείωσης **33,80%** και μείωση των εκπομπών κατά **4.360 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 55 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση θέρμανσης και την αναβάθμισή της στην προτεινόμενη κατάσταση)

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	43.502
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	5.438
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	8,89

Όπως παρατηρείται από τα παραπάνω αποτελέσματα, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις οδηγούν σε μία σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση της τάξης του 8,89%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 5.438 kWh.

Εκτίμηση της οικονομικής αποδοτικότητας της επέμβασης

Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση τελικής ενέργειας στο 2^ο λύκειο Βούλας, λόγω των προτεινόμενων παρεμβάσεων είναι 34.315kWh ενώ συνολική ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι 83.484kWh. Τα κόστη ανά δράση για το 2^ο λύκειο Βούλας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 56 Κόστη ανά προτεινόμενη δράση για το επιλεγμένο κτίριο

Προτεινόμενη δράση	Κόστος €
Αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου)	5.349,05
Φυσικός φωτισμός	6.280,74
Τεχνητός φωτισμός	10.548,33
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ	22.178,12

Οπότε:

Συνολική ετήσια εξοικονόμηση τελικής ενέργειας / Κόστος επένδυσης =

$$34.315 \text{ kWh} / 22.178,12 \text{ €} = \mathbf{1,547 \text{ kWh/€}}$$

Συνολική ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας / Κόστος επένδυσης =

$$83.484 \text{ kWh} / 22.178,12 \text{ €} = \mathbf{3,764 \text{ kWh/€}}$$

Η παρέμβαση είναι πολύ αποδοτική και από οικονομικής πλευράς αφού για παράδειγμα αν αναλογιστεί κάποιος το κόστος για το σύστημα φωτισμού 16.829€ την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 28.877kWh και το κόστος κιλοβατώρας 0,1303€/kWh συμπεραίνει ότι ετησίως εξοικονομούνται 3.762,7€ μόνο από το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού.

Επίσης το κόστος για αντικατάσταση καυστήρα είναι 5.349,05€, ενώ λαμβάνοντας υπόψη την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 5.438kWh (θερμογόνος δύναμη πετρελαίου 9,8kWh/lit, άρα εξοικονόμηση 555lit) και κόστος αγοράς πετρελαίου 0,777€/lit (μέση τιμή αγοράς lit το 2010) υπολογίζεται ότι ετησίως εξοικονομούνται 431€.

9.4 3^ο δημοτικό Βούλας

Σύστημα φωτισμού

Η υφιστάμενη ισχύς του συστήματος είναι 13.400 W, ενώ η ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας του με τη χρήση αισθητήρων για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι 5.280,90W. Σύμφωνα με το ωράριο λειτουργίας (εργάσιμες μέρες, 8:00-16:00, εκτός Ιουλίου, Αύγουστου, 15μερο Χριστουγέννων, Πάσχα, 1.584h) έχουμε:

$$\text{Ισχύς υφιστάμενου συστήματος τεχνητού φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 13.400\text{W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{21.225,6 \text{ kWh}}$$

$$\text{Ισοδύναμη ισχύς λειτουργίας συστήματος φωτισμού} \cdot \text{Ώρες λειτουργίας} = 5.280,90\text{W} \cdot 1.584 \text{ h} = \mathbf{8.364,95 \text{ kWh}}$$

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας λόγω του φυσικού φωτισμού είναι:

$$\mathbf{E\Xi E_{\phi\phi}} = (13.400\text{W} - 5.280,90\text{W}) \cdot 1584\text{h} = \mathbf{12.860,65 \text{ kWh}}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **60,59%**.

Η αντίστοιχη εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι:

$$\mathbf{E\Xi E_{\phi\phi} \text{ πρωτογενής}} = E\Xi E_{\phi\phi} : 0,37 = \mathbf{34.758,51 \text{ kWh}}$$

όπου $\eta_H = 0,37$ ο βαθμός απόδοσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$\mathbf{m_{CO_2 \text{ πριν}}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (13.400\text{W} \cdot 1.584\text{h}) \cdot 0,85\text{kg/kWh} = \mathbf{18.041,76 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85\text{kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος φωτισμού οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$\mathbf{m_{CO_2 \text{ μετά}}} = Q_{\eta\lambda} \cdot F_{\text{σταθμού}} = (5.280,90\text{W} \cdot 1.584\text{h}) \cdot 0,85\text{kg/kWh} = \mathbf{7.110,20 \text{ kg}}$$

όπου $F_{\text{σταθμού}} = 0,85\text{kg}$ ρύπου/kWh για περιοχές του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

με ποσοστό μείωσης **60,59%** και μείωση των εκπομπών κατά **10.931,56 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 57 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση τεχνητού φωτισμού και τοποθέτηση των αισθητήρων στην προτεινόμενη κατάσταση)

	ΦΩΤΙΣΜΟΣ (ΦΥΣΙΚΟΣ + ΤΕΧΝΗΤΟΣ) (ηλεκτρισμός)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	21.225,6
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	12.860,65
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	60,59

Όπως παρατηρείται από τα παραπάνω αποτελέσματα, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις οδηγούν σε μία εξαιρετικά σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για φωτισμό της τάξης του 60,59%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 34.758,51kWh.

Σύστημα θέρμανσης

Η ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας λόγω της κεντρικής θέρμανσης είναι:

$$E_{\text{Eκ0}} = 6.817 \text{ kWh}$$

με ποσοστό εξοικονόμησης **16,67%**.

Εκπομπές CO₂

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του συστήματος θέρμανσης οι εκπομπές CO₂ είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ πριν}} = (Q_{\text{th}} / K\Theta\Delta_{\pi}) \cdot F = (40.905 \text{ kWh} / 11,92 \text{ kWh/kg}) \cdot 3,142 \text{ kg/kg} = \mathbf{10.782 \text{ kg}}$$

όπου $F = 3,142 \text{ kg}$ ρύπου/kg πετρελαίου και $K\Theta\Delta_{\pi}$ Κατωτέρα Θερμογόνος Δύναμη πετρελαίου $K\Theta\Delta_{\pi} = 11,92 \text{ kWh/kg}$

Σύμφωνα με την προτεινόμενη κατάσταση του συστήματος θέρμανσης οι εκπομπές CO₂ θα είναι:

$$m_{\text{CO}_2 \text{ μετά}} = (Q_{\text{th}} / K\Theta\Delta_{\pi}) \cdot F = (34.088 \text{ kWh} / 11,92 \text{ kWh/kg}) \cdot 3,142 \text{ kg/kg} = \mathbf{8.985 \text{ kg}}$$

με ποσοστό μείωσης **16,67%** και μείωση των εκπομπών κατά **1.797 kg**

Οπότε στον παρακάτω πίνακα έχουμε συνοπτικά:

Πίνακας 58 Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση σε kWh, ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh και ετήσιο ποσοστό μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας (Σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση θέρμανσης και την αναβάθμισή της στην προτεινόμενη κατάσταση)

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ (ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ)
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh)	34.088
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	6.817
Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας (%)	16,67

Όπως παρατηρείται από τα παραπάνω αποτελέσματα, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις οδηγούν σε μία σημαντική ετήσια εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση της τάξης του 16,67%. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή της συγκεκριμένης παρέμβασης, η οποία θα οδηγήσει τελικά σε μία ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ίσης με 6.817 kWh.

Εκτίμηση της οικονομικής αποδοτικότητας της επέμβασης

Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση τελικής ενέργειας στο 3^ο δημοτικό Βούλας, λόγω των προτεινόμενων παρεμβάσεων είναι 19.677,65kWh ενώ συνολική ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι 41.575,51kWh. Τα κόστη ανά δράση για το 3^ο δημοτικό Βούλας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 59 Κόστη ανά προτεινόμενη δράση για το επιλεγμένο κτίριο

Προτεινόμενη δράση	Κόστος €
Αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλής απόδοσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου)	5.887
Φυσικός φωτισμός	3.532,92
Τεχνητός φωτισμός	6.053,65
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ	15.473,57

Οπότε:

Συνολική ετήσια εξοικονόμηση τελικής ενέργειας / Κόστος επένδυσης =

$$19.677,65\text{kWh} / 15.473,57\text{€} = \mathbf{1,272\text{ kWh/€}}$$

Συνολική ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας / Κόστος επένδυσης =

$$41.575,51\text{kWh} / 15.473,57\text{€} = \mathbf{2,687\text{ kWh/€}}$$

Η παρέμβαση είναι πολύ αποδοτική και από οικονομικής πλευράς αφού για παράδειγμα αν αναλογιστεί κάποιος το κόστος για το σύστημα φωτισμού 9.586,6€ την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 12.860,65kWh και το κόστος κιλοβατώρας 0,1303€/kWh συμπεραίνει ότι ετησίως εξοικονομούνται 1.676 € μόνο από το προτεινόμενο σύστημα φωτισμού.

Επίσης το κόστος για αντικατάσταση καυστήρα είναι 5.887€, ενώ λαμβάνοντας υπόψη την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας 6.817kWh (θερμογόνος δύναμη πετρελαίου 9,8kWh/lt, άρα εξοικονόμηση 696lt) και κόστος αγοράς πετρελαίου 0,777€/lt (μέση τιμή αγοράς lt το 2010) υπολογίζεται ότι ετησίως εξοικονομούνται 541€.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] “Πρόγραμμα «ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΩ»”, Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα 2009.
- [2] “1^η έκθεση για το μακροχρόνιο ενεργειακό σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020”, Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα 2007.
- [3] Οδηγία 2006/32/EK και σχέδιο δράσης ενεργειακής απόδοσης, Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο 2006.
- [4] Νόμος 3661/08, “Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις”, ΦΕΚ 89 Α/19-5-2008.
- [5] Οδηγία 2002/91/EK για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, Ευρωπαϊκή Κοινότητα και Συμβούλιο 2002.
- [6] Νόμος 3423/05, “Εισαγωγή στην ελληνική αγορά των βιοκαυσίμων και των άλλων ανανεώσιμων καυσίμων”, ΦΕΚ 304/Α/13-12-2005.
- [7] Νόμος 3438/06, “Σύσταση συμβουλίου εθνικής ενεργειακής στρατηγικής-ρύθμιση θεμάτων υπουργείου ανάπτυξης”, ΦΕΚ33/Α/14-2-2006.
- [8] “Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων – ΚΕΝΑΚ”, Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα 2010.
- [9] Pagliano Lorenzo, Dama Alessandro, “Κτιριακό κέλυφος - τεχνικό εγχειρίδιο”, European GreenBuilding Programme (GBP), www.eu-greenbuilding.org.
- [10] Δρα Θ. Τσούτσος, Ε. Κορμά, Μ. Καραγιώργας, Β. Δρόσου, Α. Αηδόνης, “Οδηγός Ηλιακού Κλιματισμού”, ΚΑΠΕ, 2005.
- [11] “Οδηγός Καύσης Λεβήτων και Κλιβάνων-Φούρνων”, ΚΑΠΕ 1996.
- [12] “Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Συστήματα HVAC”, ΚΑΠΕ 2004.
- [13] “Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας μέσω της Θερμομόνωσης”, ΚΑΠΕ 2004.
- [14] “Οδηγός Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ”, ΚΑΠΕ 2001.
- [15] “Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ”, www.cres.gr.
- [16] Ξενάκης Μ., “Παθητικά ηλιακά συστήματα και η απόδοσή τους στην Ελλάδα”, www.ecoarchitects.gr 2008.
- [17] “Energy efficient refurbishment of existing housing - case studies”, Energy Saving Trust 2008.
- [18] David Moris, “A strategic approach to energy and environmental management”, The Carbon Trust 2008.
- [19] Caitlin MacGee, “Shading”, Your Home Guide 2008.
- [20] Pauissen K., Hermann L., “Τεχνικό εγχειρίδιο για το φωτισμό”, European GreenBuilding Programme (GBP), www.eu-greenbuilding.org 2007.
- [21] Δούλος Θ. Λάμπρος, “Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού”, Διδακτορική διατριβή ΕΜΠ, Δεκέμβριος 2010.
- [22] “Εξοικονόμηση Ενέργειας στις Οικιακές Εγκαταστάσεις Κεντρική Θέρμανσης με Πετρέλαιο”, Δραστηριότητα του Προγράμματος SAVE, ΚΑΠΕ.
- [23] “Θέρμανση των Κτιρίων με Λέβητες & η Μέτρηση της Καταναλισκόμενης Ενέργειας”, περιοδικό Τεχνικά, Σεπτέμβριος 2001.
- [24] “Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας σε κτίρια”, εκδόσεις ΚΑΠΕ, 2008.
- [25] Μενδρινός Δ., “Γεωθερμική ενέργεια : σύγχρονες τεχνολογίες για ψύξη και θέρμανση”, ΚΑΠΕ 2007.
- [26] Λαμπροπούλου Ε., “Τεχνητός φωτισμός και ενέργεια”, ΚΑΠΕ 2006.
- [27] “Energy Design Resources Design Brief”, www.energydesignresources.com 2008.
- [28] Λαμπροπούλου Ε., “Φωτισμός κτιρίων και εξοικονόμηση ενέργειας”, ΚΑΠΕ 2007.
- [29] Λαζαρη Ε., “Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα : Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής”, ΚΑΠΕ 2002.
- [30] The IESNA lighting handbook illuminating engineering society of north America, New York, 2000.

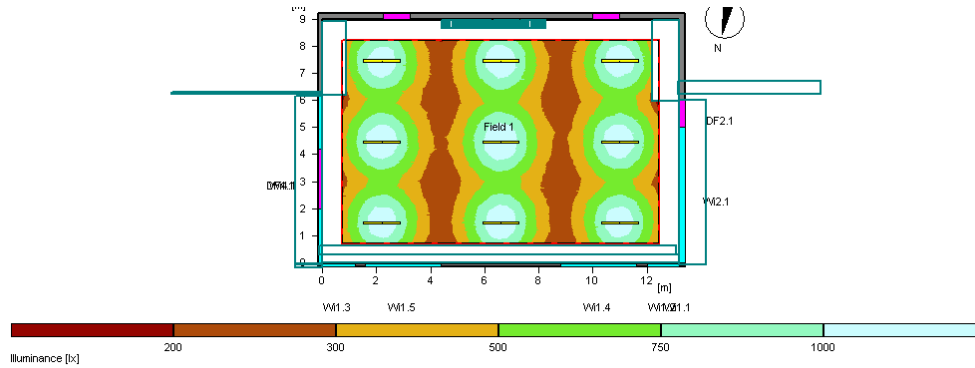
- [31] Λάμπρος Δούλος, Άρης Τσαγκρασούλης, Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, “ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ”, Αθήνα 2010.
- [32] Λάμπρος Δούλος, Άρης Τσαγκρασούλης, Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, “ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Η/Μ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ”, Αθήνα 2010.
- [33] Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση, "Φωτοτεχνία", Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα 2010.
- [34] Λάμπρος Δούλος, Άρης Τσαγκρασούλης, Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, “Διαχείριση αισθητήρων φωτισμού για επίτευξη συνθηκών οπτικής άνεσης και βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης”, 2007.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2^ο νηπιαγωγείο Βούλας

Αίθουσα 1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.30 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	80100 lm
Total power	972 W
Total power per area (118.80 m ²)	8.18 W/m ² (1.37 W/m ² /100lx)

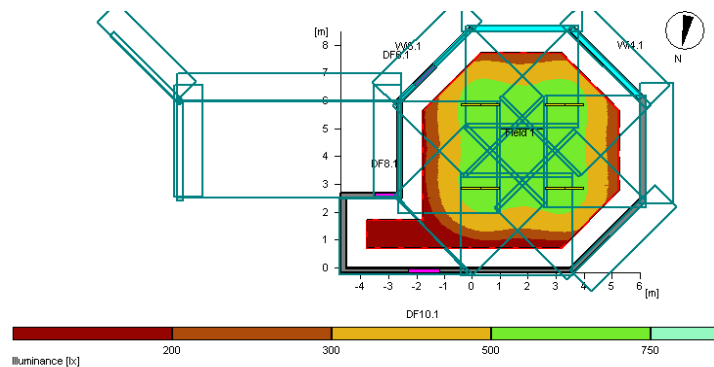
Illuminance

Average illuminance	Eav	597 lx
Minimum illuminance	Emin	221 lx
Maximum illuminance	Emax	1200 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.7 (0.37)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:5.42 (0.18)

Type No./Make

2	9	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Αίθουσα 5



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (67.88 m ²)	6.36 W/m ² (1.48 W/m ² /100lx)

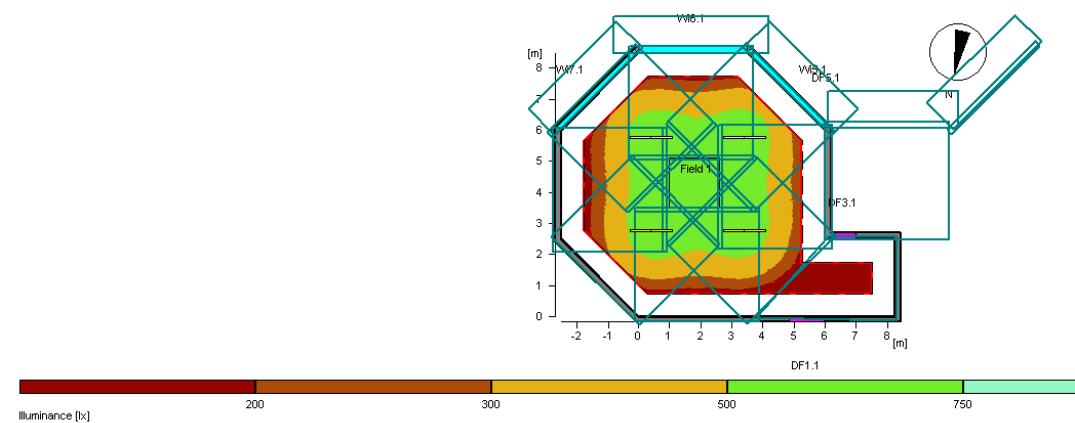
Illuminance

Average illuminance	Eav	430 lx
Minimum illuminance	Emin	11 lx
Maximum illuminance	Emax	662 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:37.7 (0.03)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:58.1 (0.02)

Type No./Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Αίθουσα 7



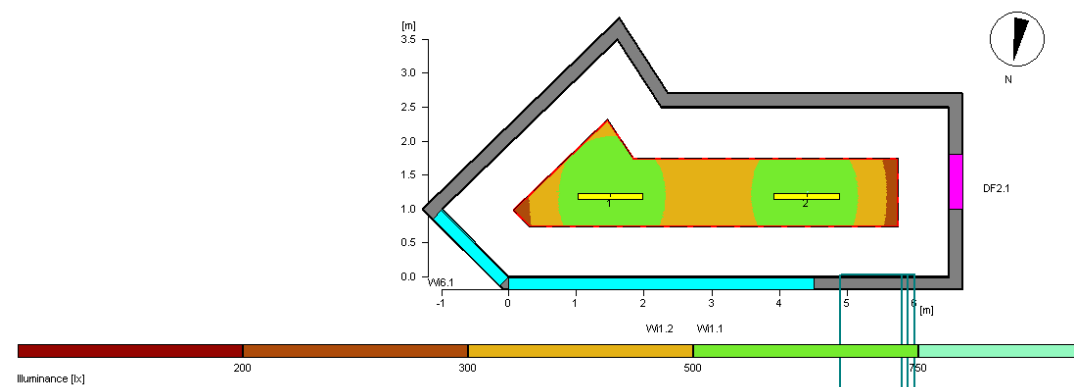
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (68.50 m²)	6.31 W/m² (1.43 W/m²/100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 443 lx
Minimum illuminance	Emin 9 lx
Maximum illuminance	Emax 649 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:49.5 (0.02)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:72.5 (0.01)

Type No.Make

Gallis Lighting S.A.	
1	4
Order No.	: 4311-4343
Luminaire name	: Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Αίθουσα 8



General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.30 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	12400 lm
Total power	170 W
Total power per area (17.92 m²)	9.48 W/m² (1.78 W/m²/100lx)

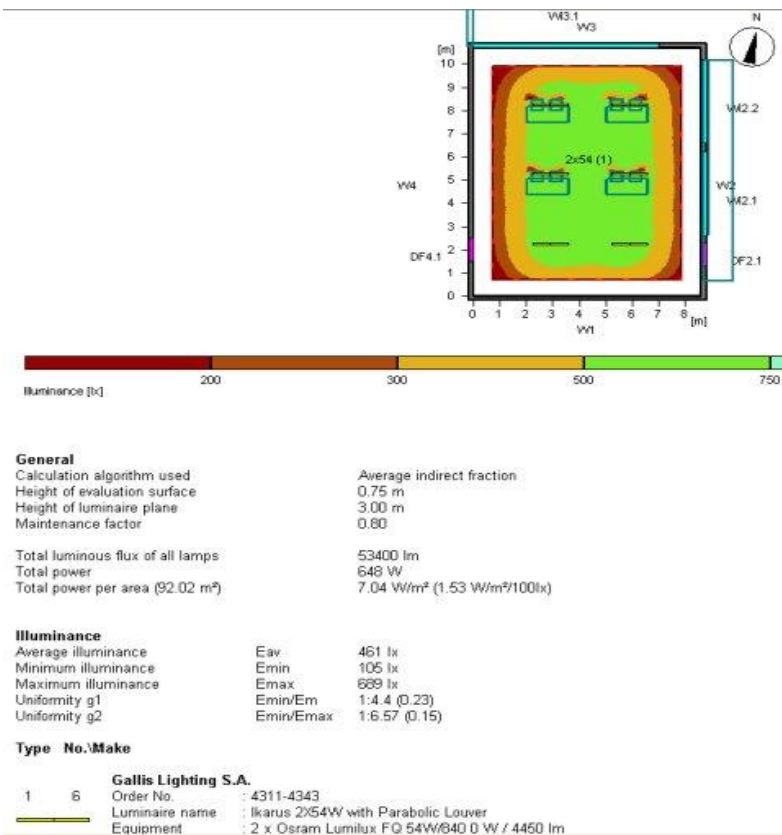
Illuminance	
Average illuminance	Eav 533 lx
Minimum illuminance	Emin 261 lx
Maximum illuminance	Emax 742 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.04 (0.49)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.84 (0.35)

Type No.Make

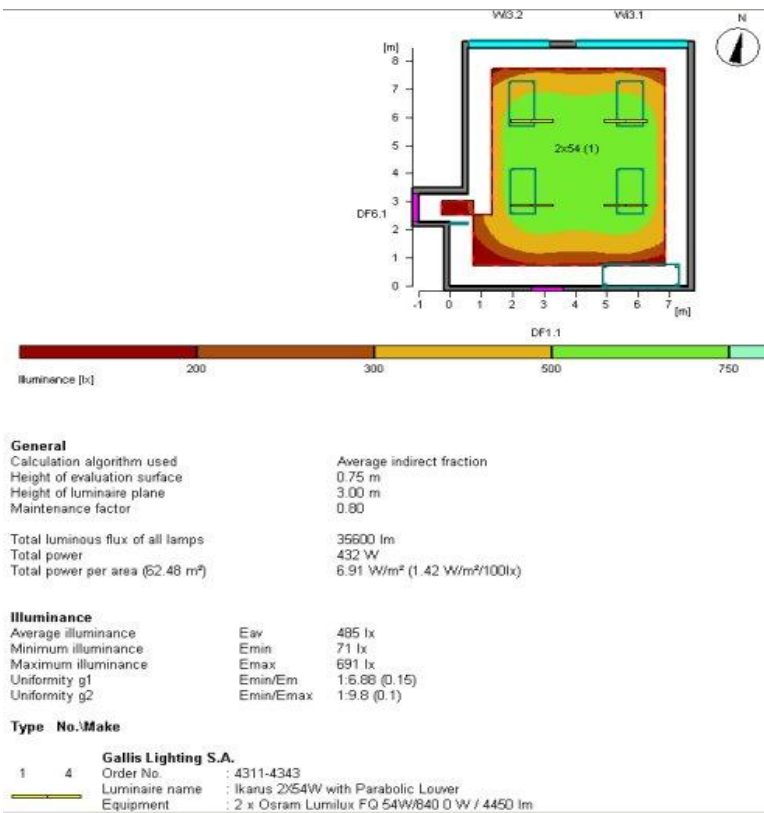
Gallis Lighting S.A.	
1	2
Order No.	: 4309-4062
Luminaire name	: IKARUS 2x39W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 39W/830 0 W / 3100 lm

2^ο δημοτικό Βούλας

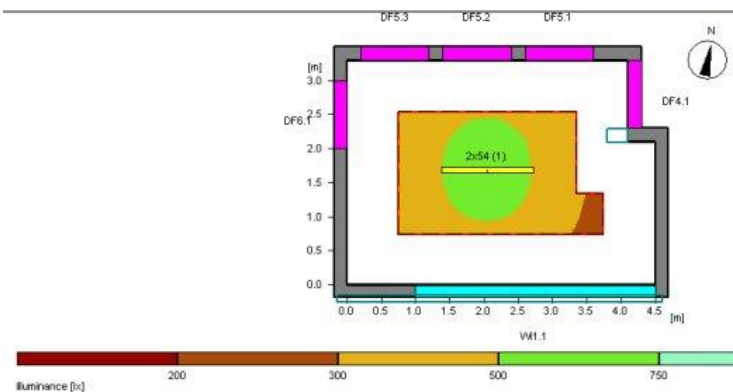
Αίθουσα Α1



Αίθουσα Α2



Αίθουσα A3



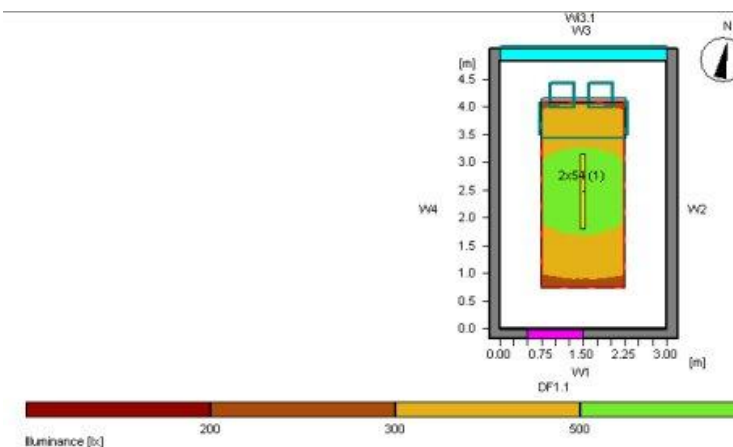
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	8900 lm
Total power	108 W
Total power per area (14.37 m²)	7.52 W/m² (1.67 W/m²/100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 451 lx
Minimum illuminance	Emin 230 lx
Maximum illuminance	Emax 576 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.97 (0.51)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.51 (0.4)

Type No./Make

Gallis Lighting S.A.	
2	1
Order No.	: 4311-4343
Luminaire name	: Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Αίθουσα A4



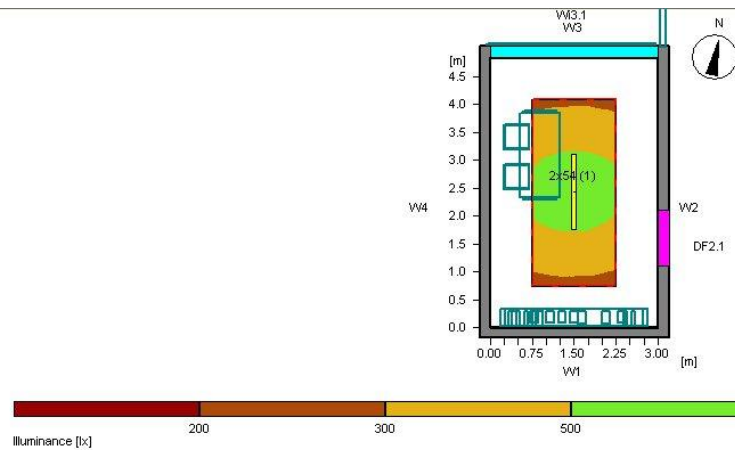
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	8900 lm
Total power	108 W
Total power per area (14.55 m²)	7.42 W/m² (1.66 W/m²/100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 447 lx
Minimum illuminance	Emin 246 lx
Maximum illuminance	Emax 611 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:1.81 (0.55)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:2.48 (0.4)

Type No./Make

Gallis Lighting S.A.	
1	1
Order No.	: 4311-4343
Luminaire name	: Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Αίθουσα Α6



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	8900 lm
Total power	108 W
Total power per area (14.55 m²)	7.42 W/m² (1.72 W/m²/100lx)

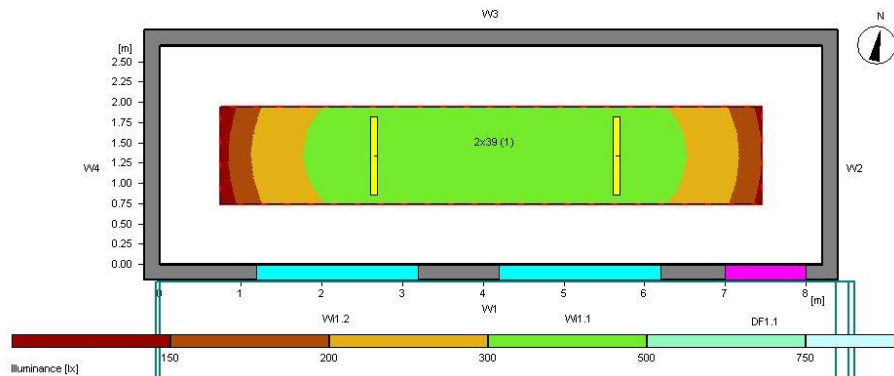
Illuminance

Average illuminance	Eav	432 lx
Minimum illuminance	Emin	235 lx
Maximum illuminance	Emax	594 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.84 (0.54)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.53 (0.4)

Type No./Make

1	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Αίθουσα Α8



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	12400 lm
Total power	170 W
Total power per area (22.14 m²)	7.68 W/m² (2.54 W/m²/100lx)

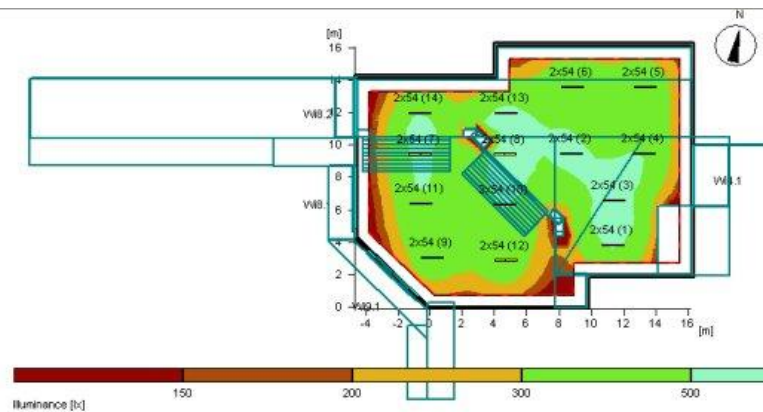
Illuminance

Average illuminance	Eav	302 lx
Minimum illuminance	Emin	118 lx
Maximum illuminance	Emax	391 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.56 (0.39)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.31 (0.3)

Type No./Make

2	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2x39W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 39W/830 0 W / 3100 lm

Αίθουσα A9



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	1.21 m
Height of luminaire plane	4.20 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	124600 lm
Total power	1512 W
Total power per area (293.20 m²)	5.16 W/m² (1.32 W/m²/100lx)

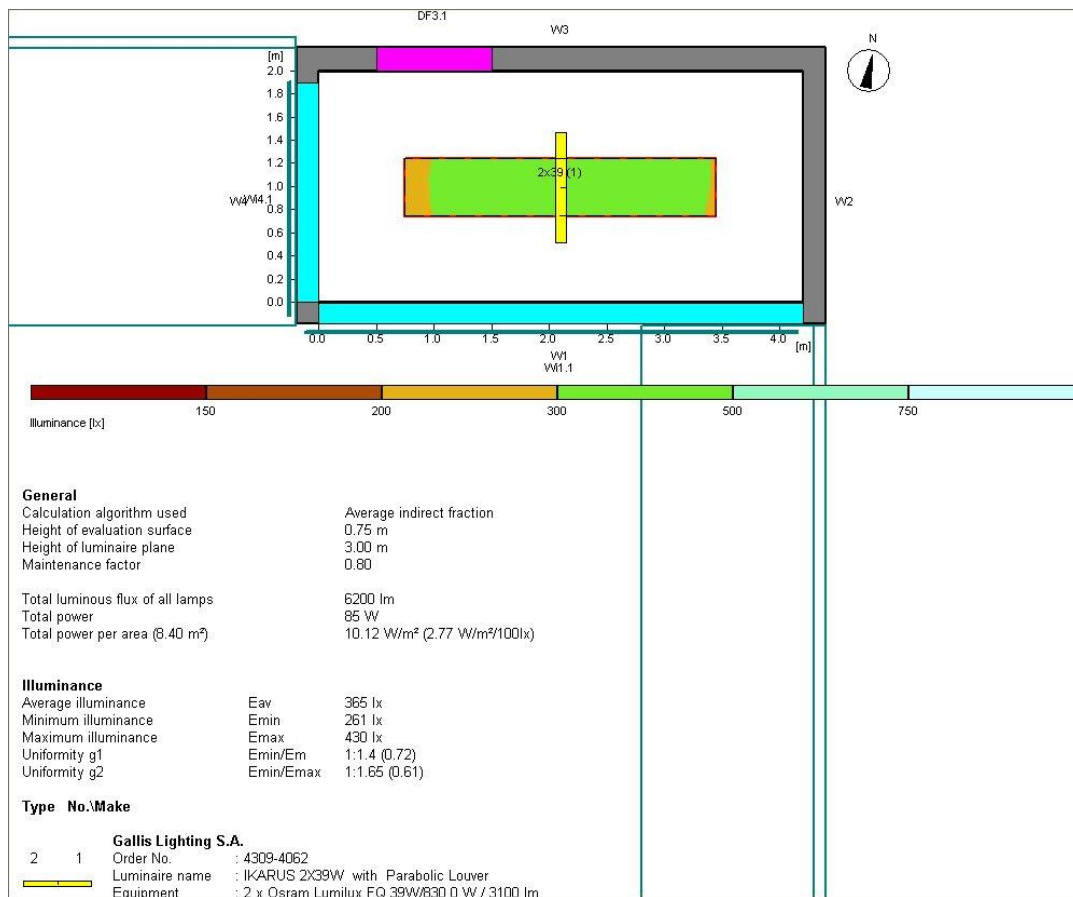
Illuminance

Average illuminance	Eav	392 lx
Minimum illuminance	Emin	74 lx
Maximum illuminance	Emax	619 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:5.28 (0.19)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:8.33 (0.12)

Type No. Make

1	14	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Αίθουσα A11



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	6200 lm
Total power	85 W
Total power per area (8.40 m²)	10.12 W/m² (2.77 W/m²/100lx)

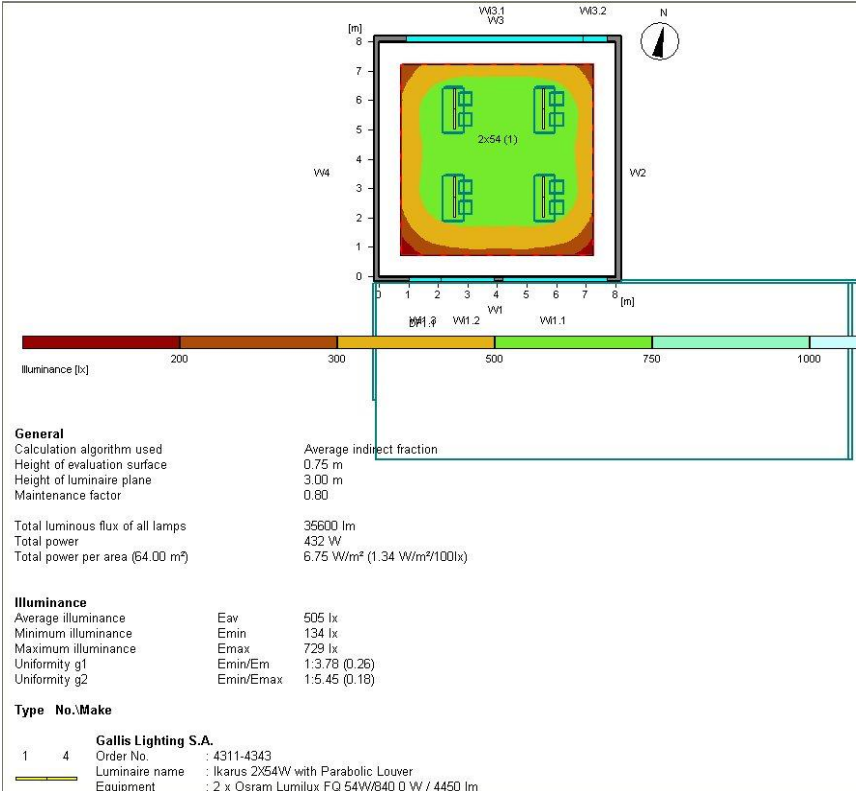
Illuminance

Average illuminance	Eav	365 lx
Minimum illuminance	Emin	261 lx
Maximum illuminance	Emax	430 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.4 (0.72)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.65 (0.61)

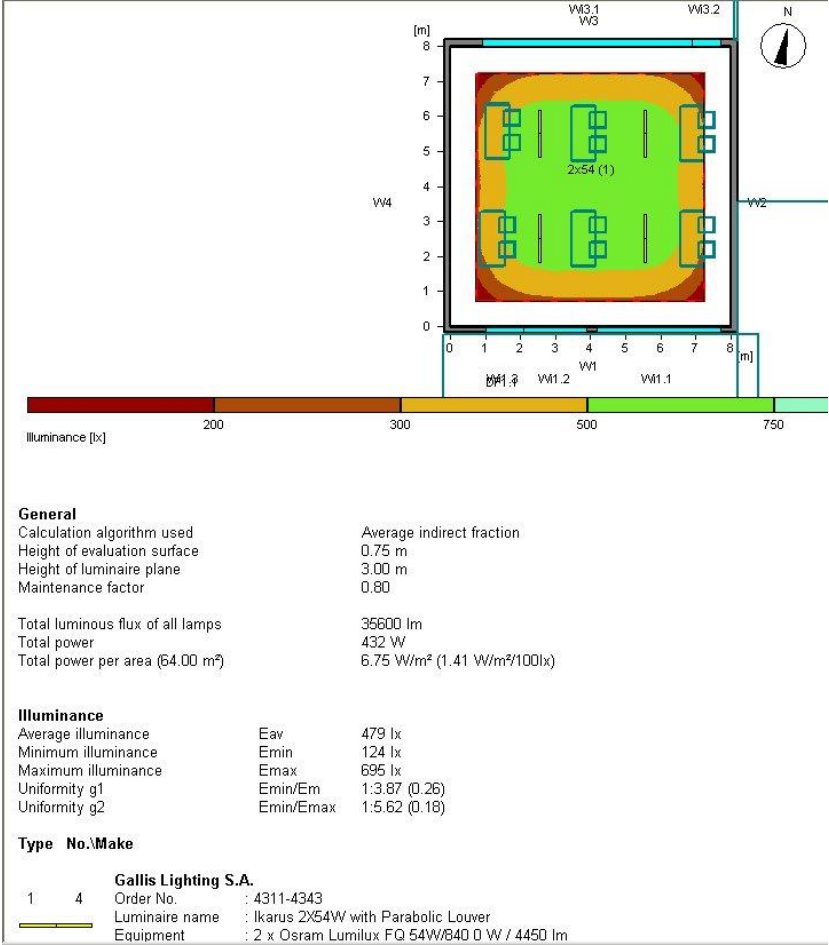
Type No. Make

2	1	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2x39W with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 39W/830 0 W / 3100 lm

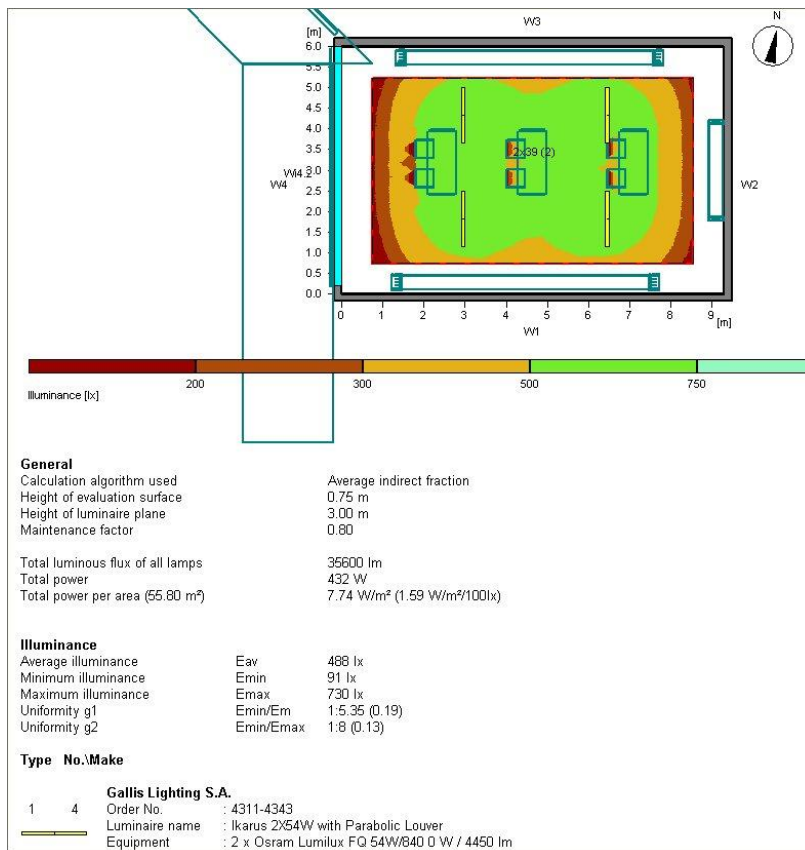
Αίθουσα A12



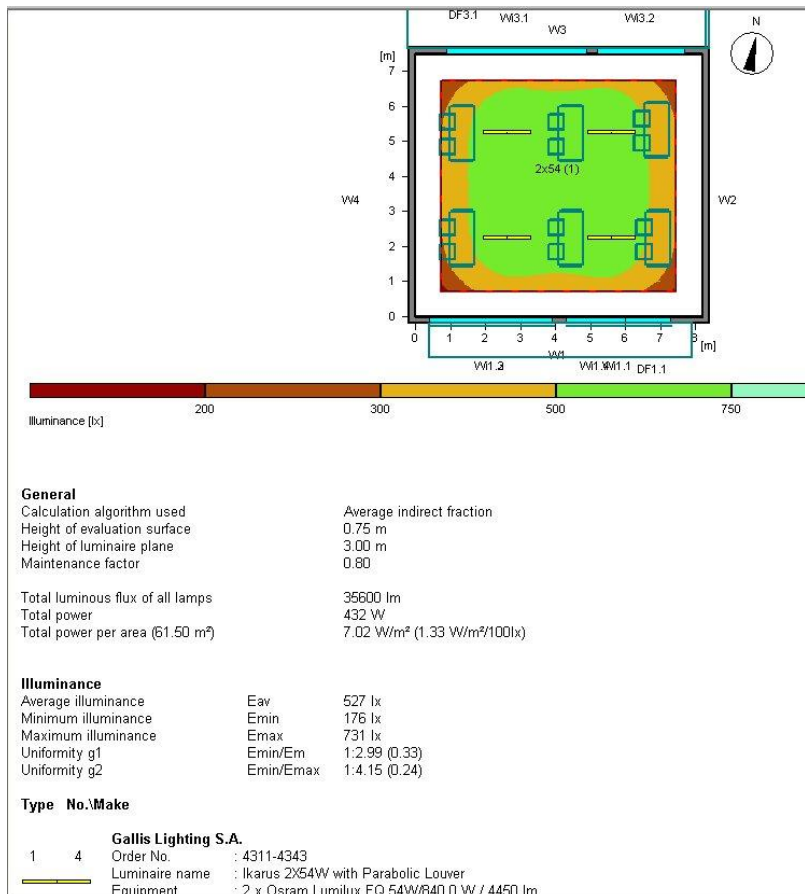
Αίθουσα A13



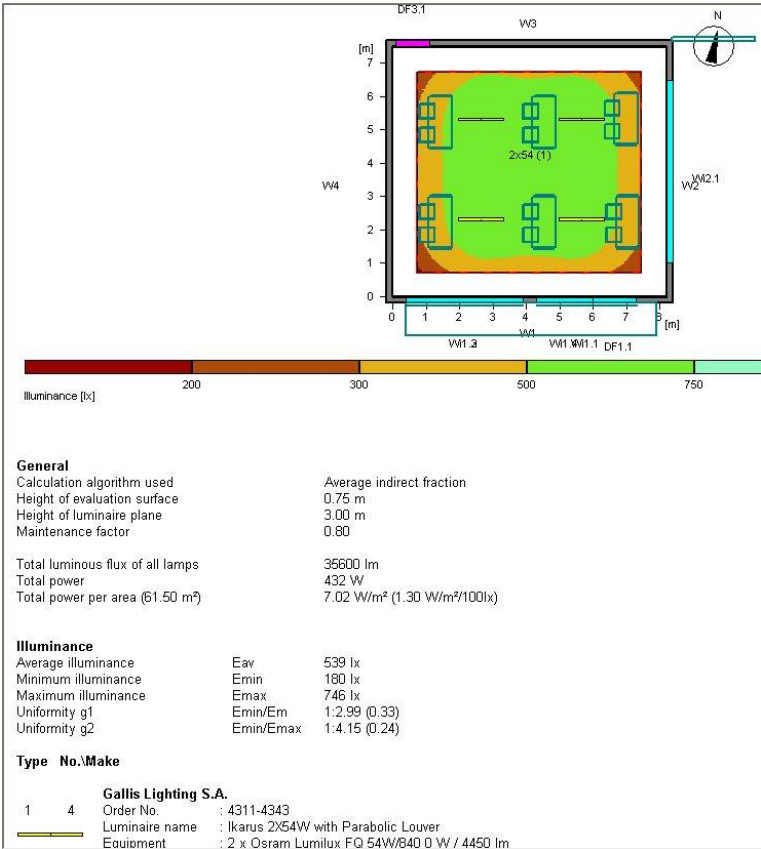
Αίθουσα A14



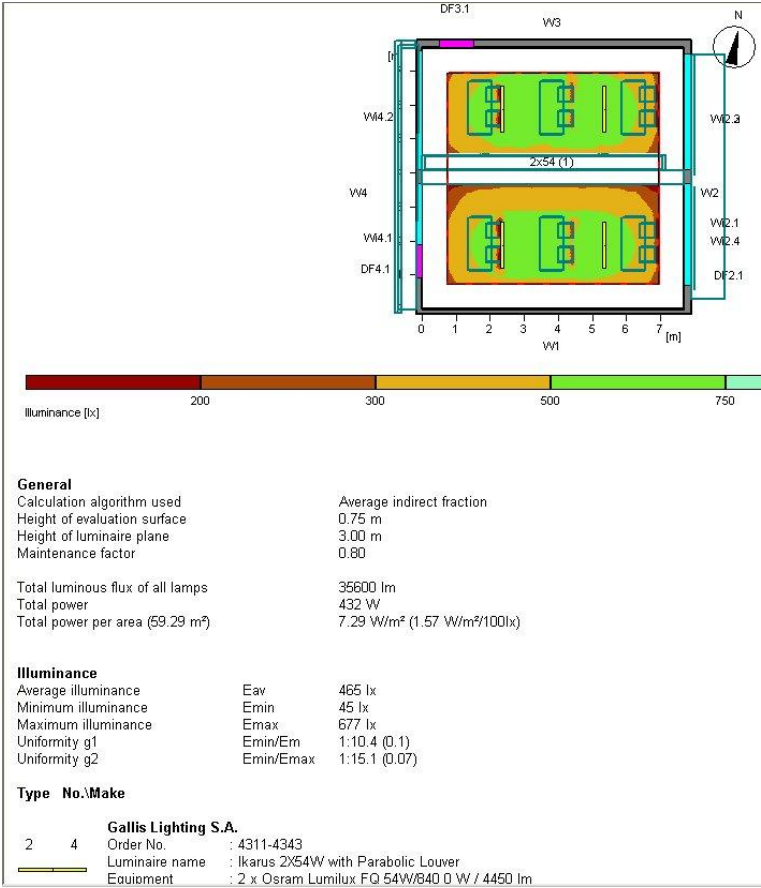
Αίθουσα A18



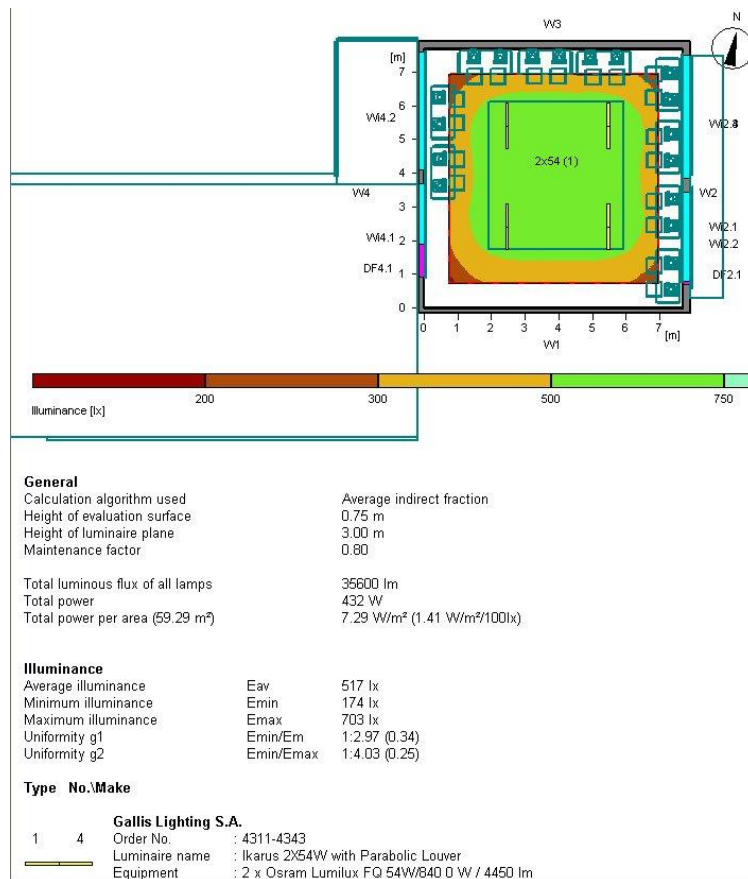
Αίθουσα A19



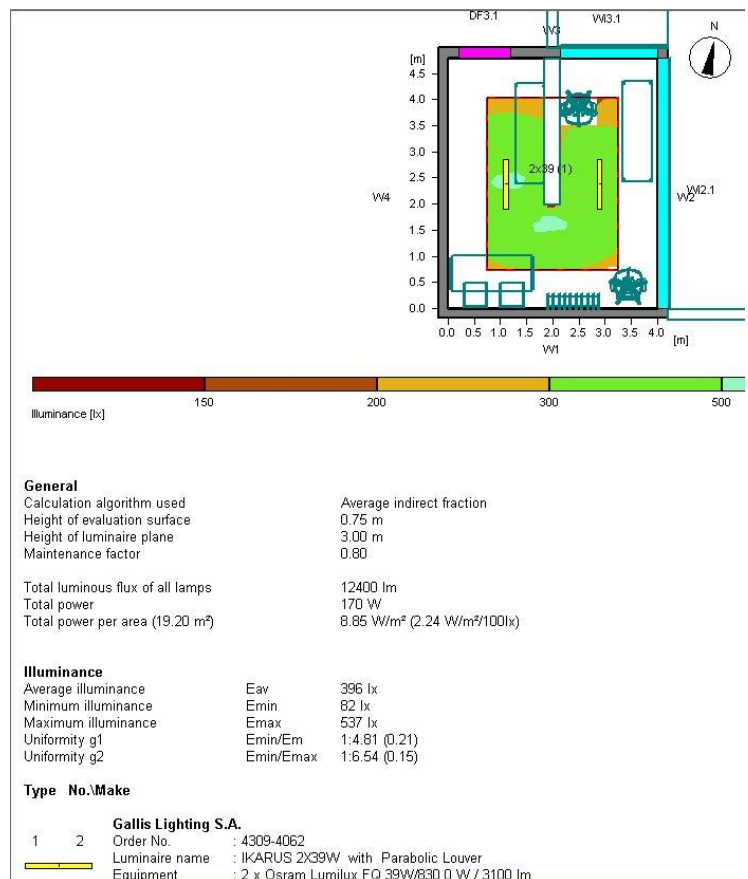
Αίθουσα A20



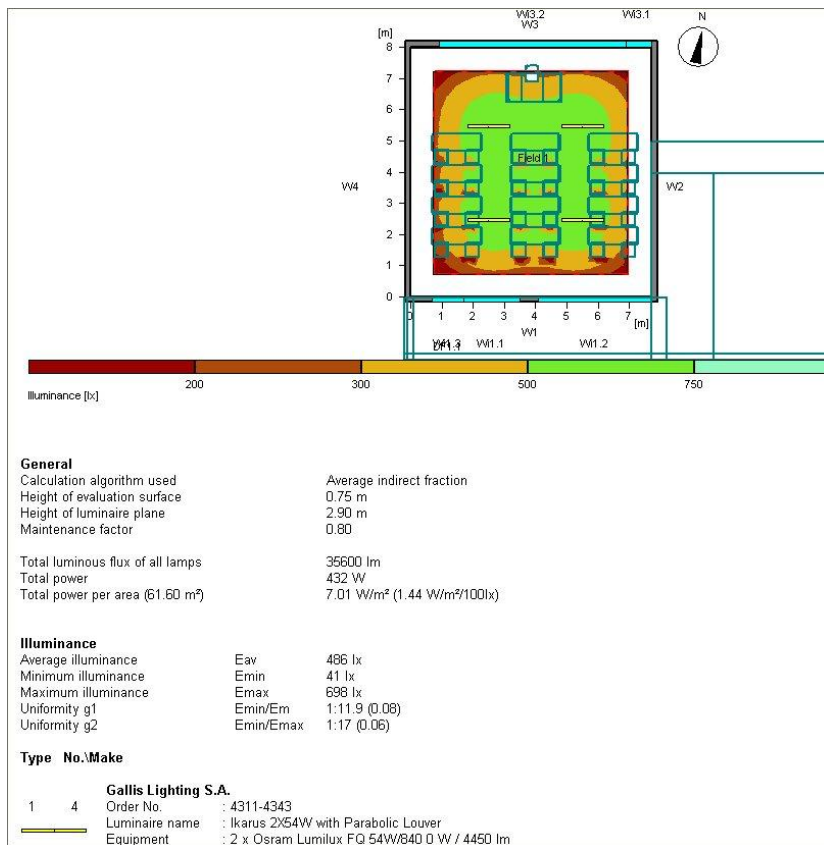
Αίθουσα A21



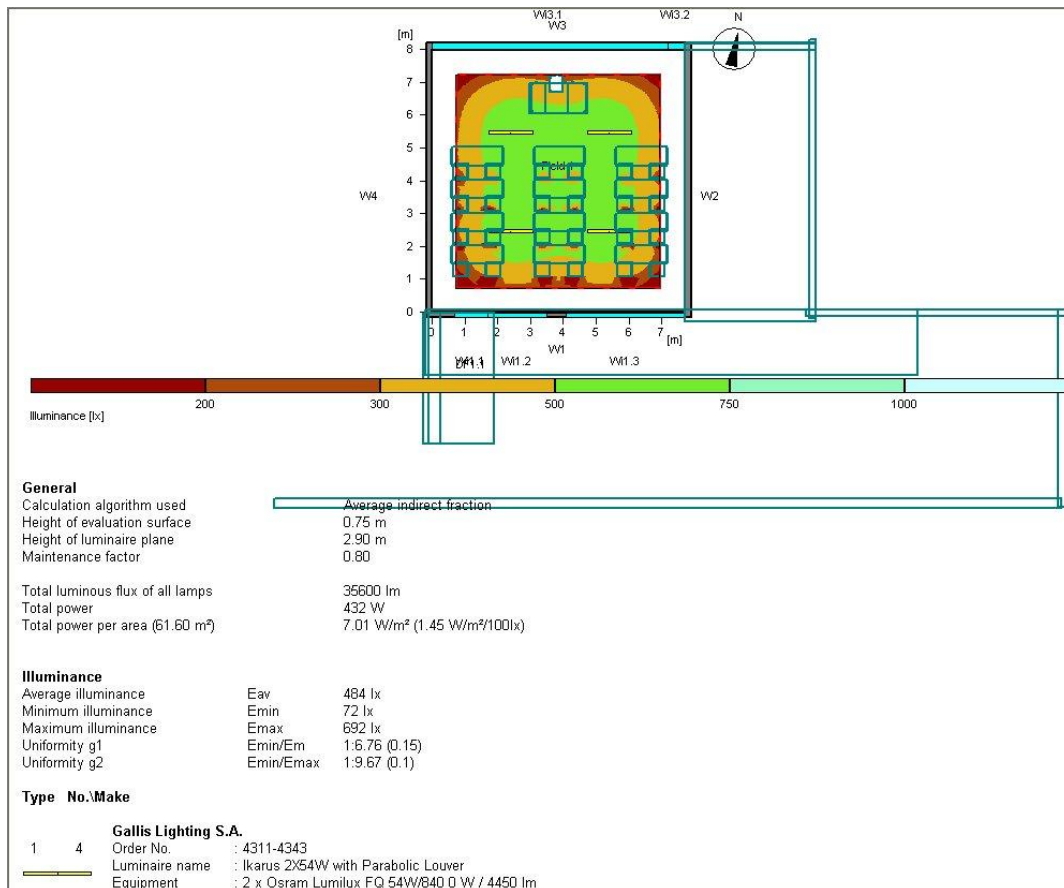
Αίθουσα A23



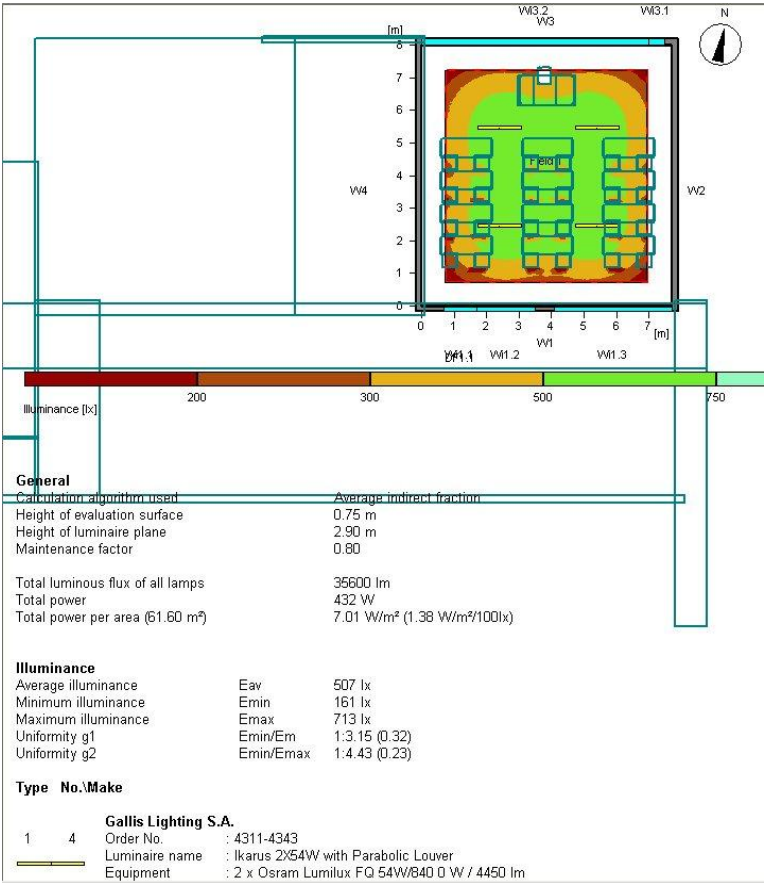
Αίθουσα B1



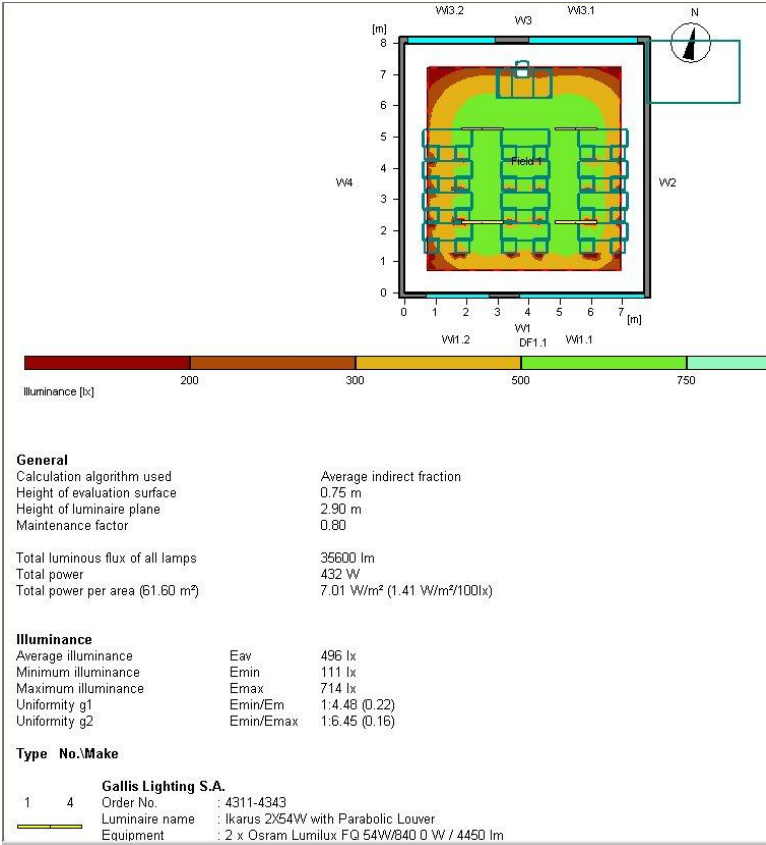
Αίθουσα B2



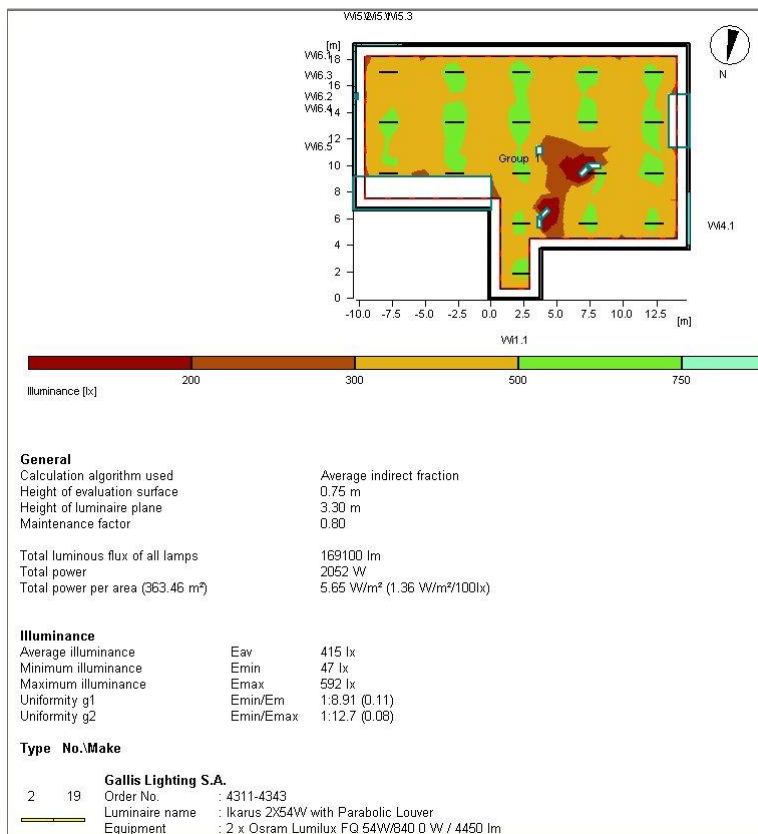
Αίθουσα B3



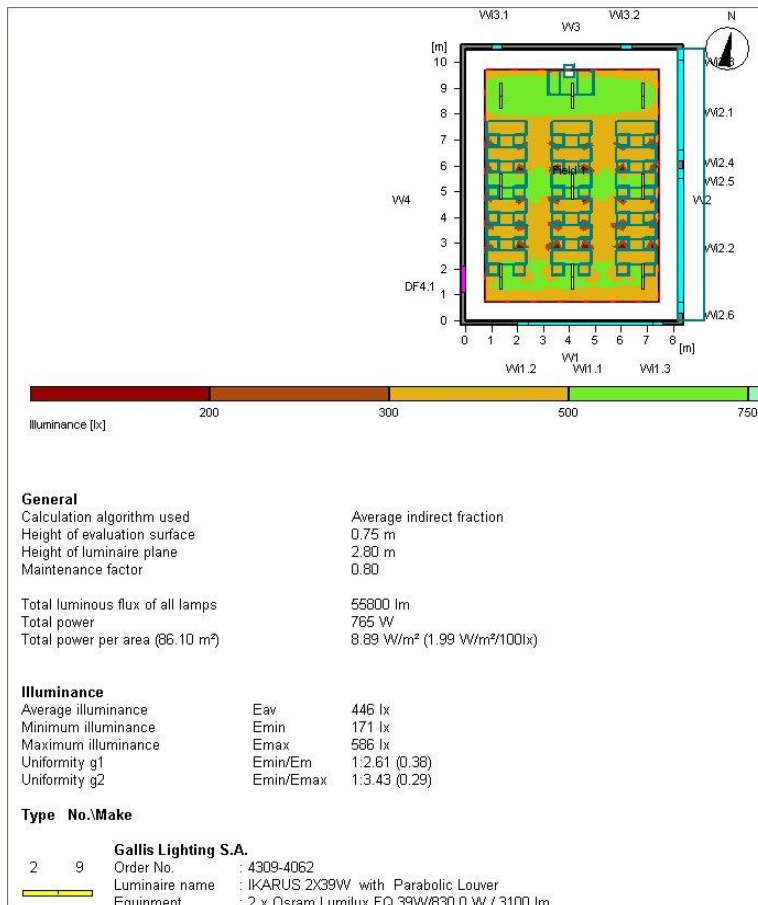
Αίθουσα B4



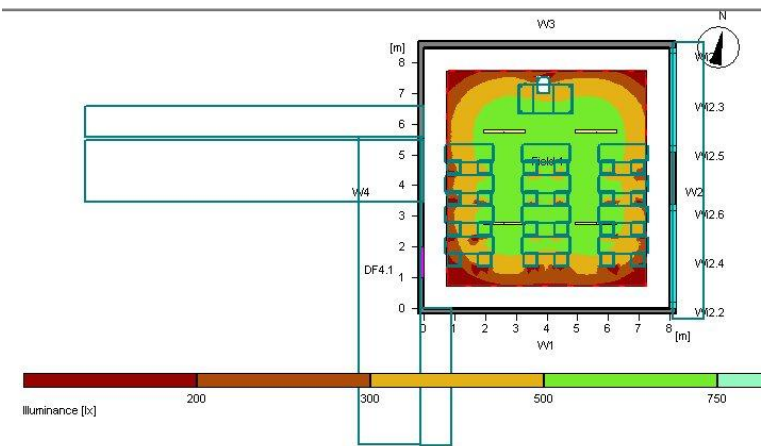
Αίθουσα B5



Αίθουσα B6



Αίθουσα B7

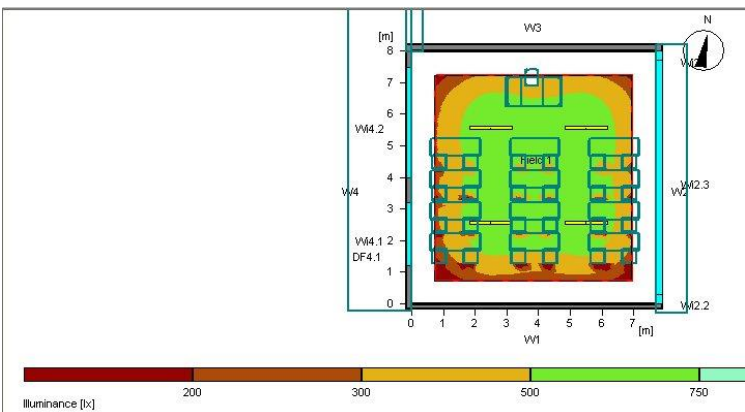


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (68.00 m²)	6.35 W/m² (1.35 W/m²/100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 469 lx
Minimum illuminance	Emin 81 lx
Maximum illuminance	Emax 716 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:5.78 (0.17)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:8.83 (0.11)

Type No. Make	
1 4	Gallis Lighting S.A.
	Order No. : 4311-4343
	Luminaire name : Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
	Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Αίθουσα B8

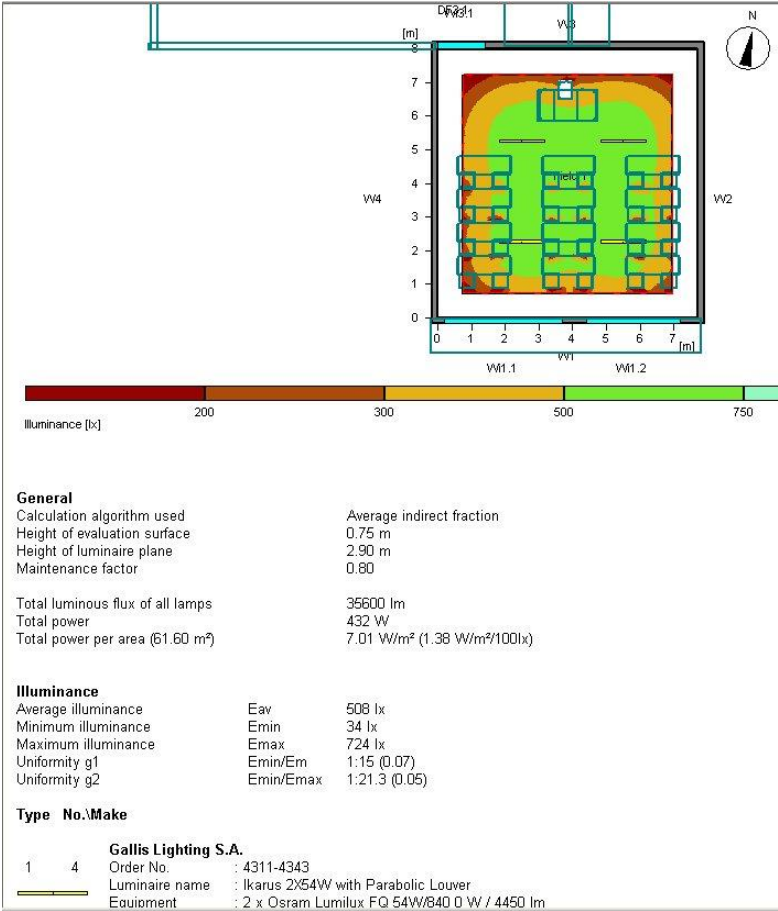


General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (61.60 m²)	7.01 W/m² (1.42 W/m²/100lx)

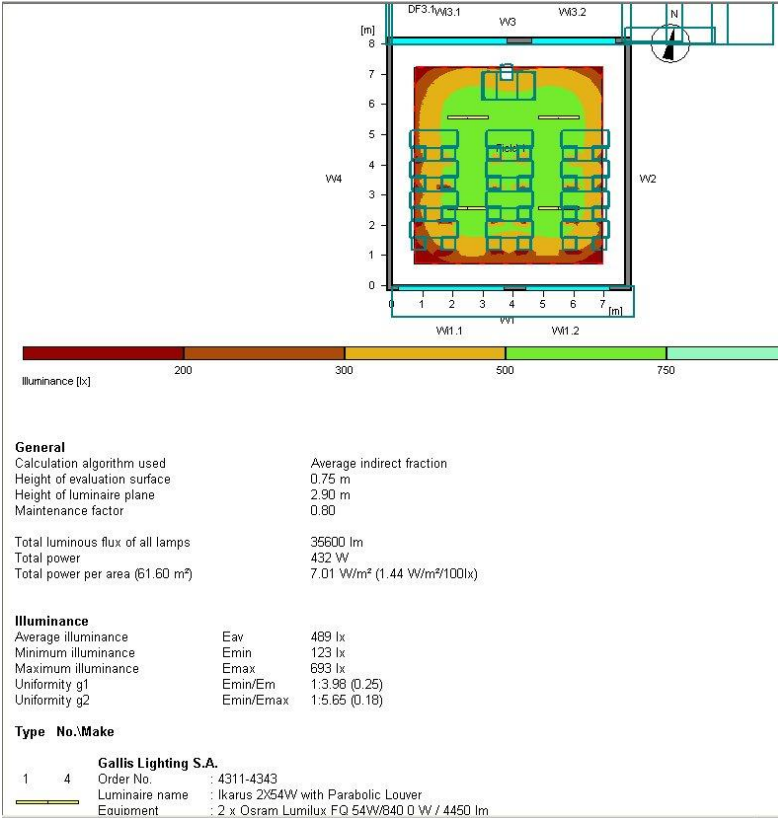
Illuminance	
Average illuminance	Eav 493 lx
Minimum illuminance	Emin 84 lx
Maximum illuminance	Emax 708 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:5.69 (0.17)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:8.46 (0.12)

Type No. Make	
1 4	Gallis Lighting S.A.
	Order No. : 4311-4343
	Luminaire name : Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
	Equipment : 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

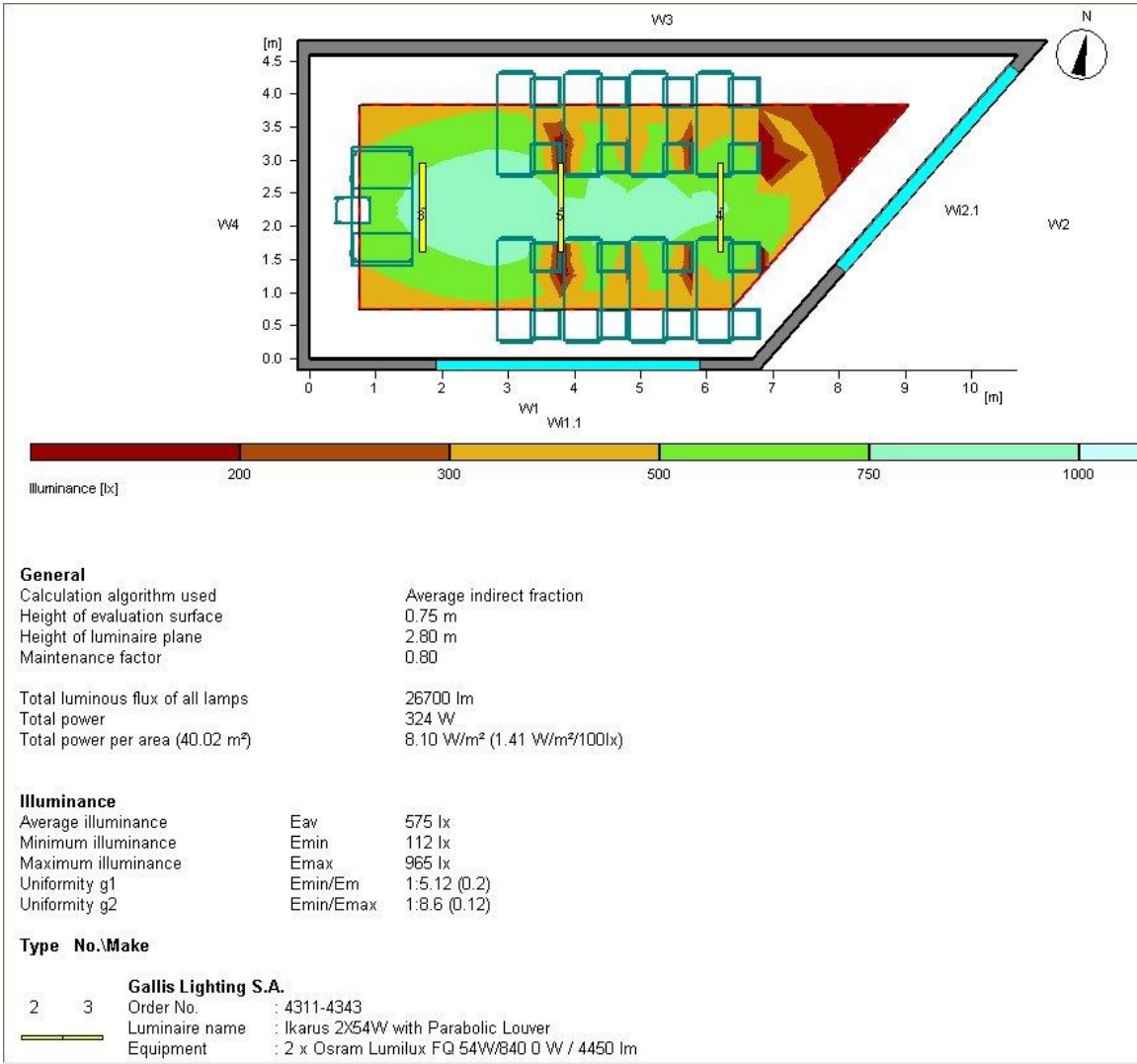
Αίθουσα B9



Αίθουσα B10

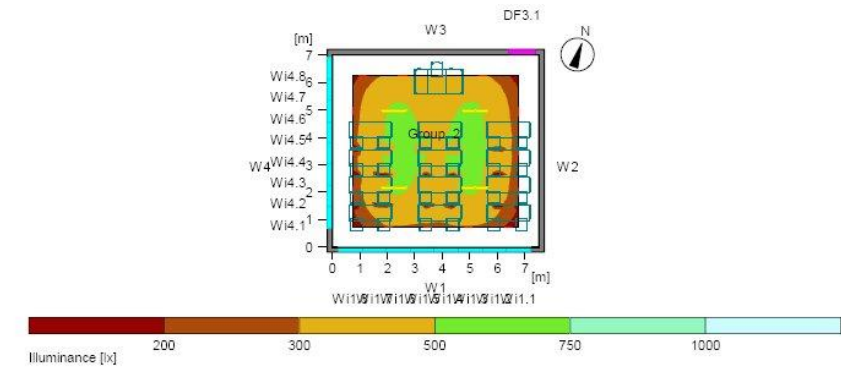


Αίθουσα B11



2ο λύκειο Βούλας

Αίθουσα Α.1



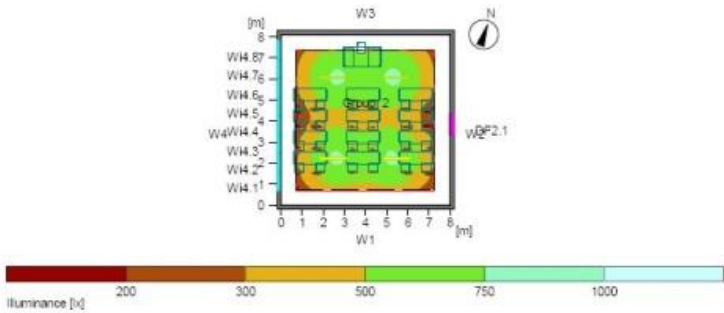
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (52.50 m²)	5.94 W/m² (1.45 W/m²/100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 409 lx
Minimum illuminance	Emin 169 lx
Maximum illuminance	Emax 551 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:2.42 (0.41)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:3.26 (0.31)

Type No.Make

Gallis Lighting S.A.	
1	4
Order No.	: 4309-4062
Luminaire name	: IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα Α.2



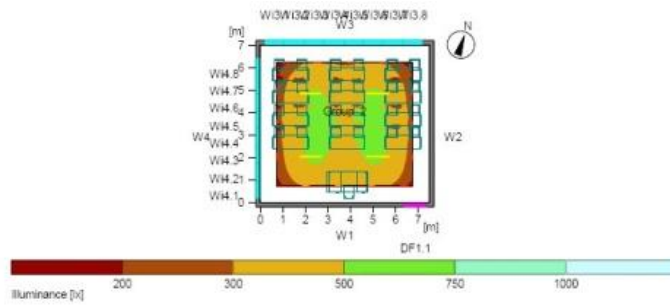
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	40000 lm
Total power	432 W
Total power per area (64.80 m²)	6.67 W/m² (1.29 W/m²/100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 516 lx
Minimum illuminance	Emin 74 lx
Maximum illuminance	Emax 768 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:6.96 (0.14)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:10.4 (0.1)

Type No.Make

Gallis Lighting S.A.	
1	4
Order No.	: 4311-4343
Luminaire name	: IKARUS 2X54W T16 with Parabolic Louver
Equipment	: 2 x T5 HO 54W 0 W / 5000 lm

Αίθουσα A.3



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (52.50 m ²)	5.94 W/m ² (1.45 W/m ² /100lx)

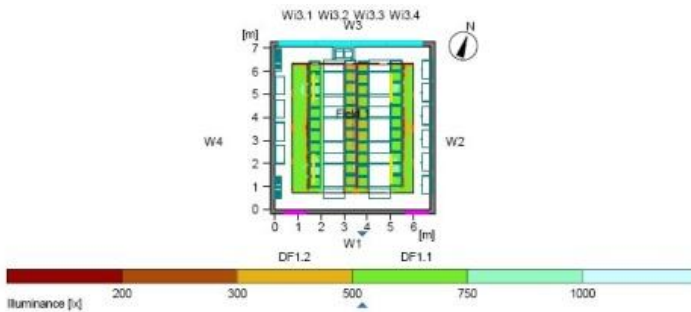
Illuminance

Average illuminance	Eav	410 lx
Minimum illuminance	Emin	153 lx
Maximum illuminance	Emax	551 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.68 (0.37)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.59 (0.28)

Type No./Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα A.4



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	40000 lm
Total power	432 W
Total power per area (47.92 m ²)	9.01 W/m ² (1.77 W/m ² /100lx)

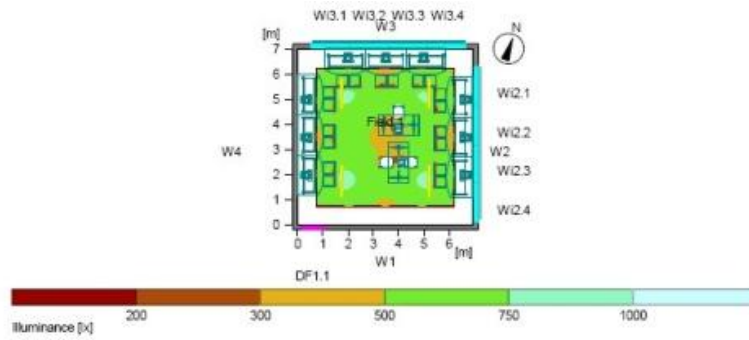
Illuminance

Average illuminance	Eav	510 lx
Minimum illuminance	Emin	37 lx
Maximum illuminance	Emax	800 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:13.7 (0.07)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:21.4 (0.05)

Type No./Make

2	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : IKARUS 2X54W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 54W 0 W / 5000 lm

Αίθουσα Α.5



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	40000 lm
Total power	432 W
Total power per area (48.65 m ²)	8.88 W/m ² (1.54 W/m ² /100lx)

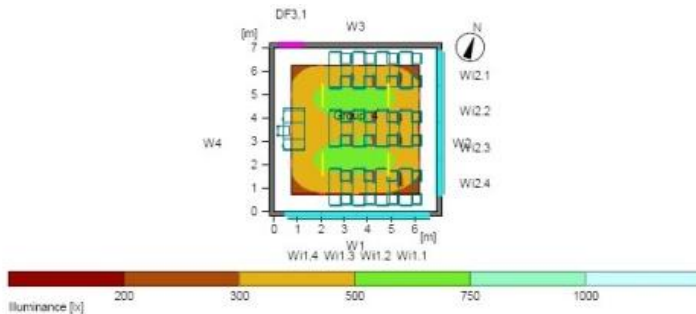
Illuminance

Average illuminance	Eav	575 lx
Minimum illuminance	Emin	170 lx
Maximum illuminance	Emax	783 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:3.39 (0.3)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:4.61 (0.22)

Type No./Make

2	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : IKARUS 2X54W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 54W 0 W / 5000 lm

Αίθουσα Α.8



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (48.65 m ²)	6.41 W/m ² (1.50 W/m ² /100lx)

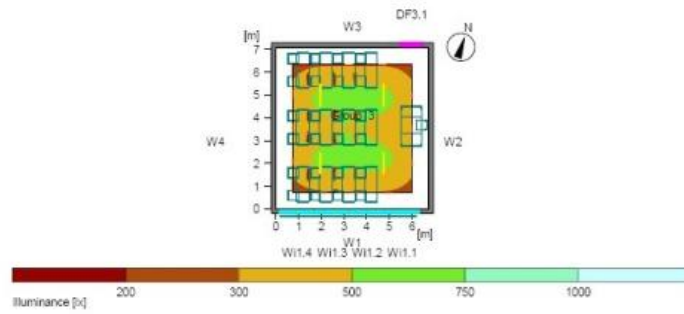
Illuminance

Average illuminance	Eav	427 lx
Minimum illuminance	Emin	215 lx
Maximum illuminance	Emax	554 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.99 (0.5)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.58 (0.39)

Type No./Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα A.9



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (47.92 m ²)	6.51 W/m ² (1.50 W/m ² /100lx)

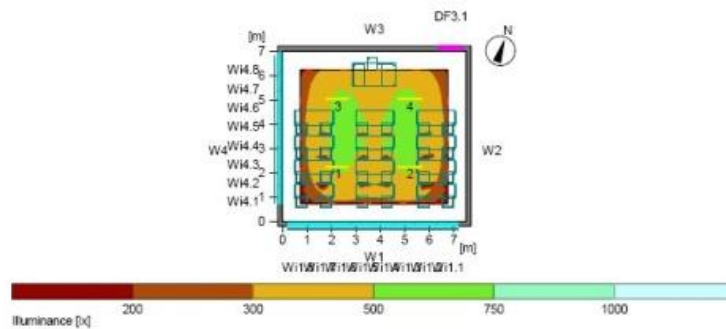
Illuminance

Average illuminance	Eav	434 lx
Minimum illuminance	Emin	231 lx
Maximum illuminance	Emax	558 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.88 (0.53)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.41 (0.41)

Type No./Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα B.1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (52.50 m ²)	5.94 W/m ² (1.45 W/m ² /100lx)

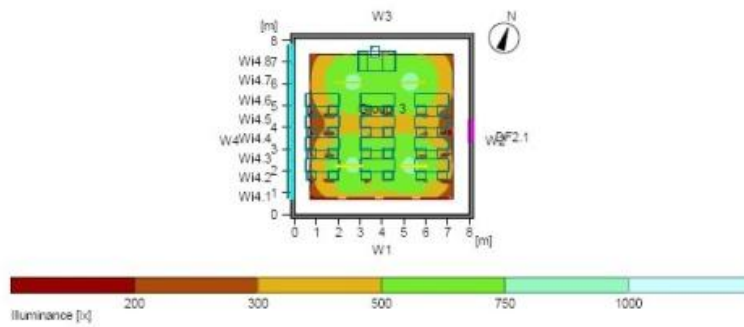
Illuminance

Average illuminance	Eav	410 lx
Minimum illuminance	Emin	162 lx
Maximum illuminance	Emax	554 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.53 (0.4)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.41 (0.29)

Type No./Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα Β.2



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	40000 lm
Total power	432 W
Total power per area (64.80 m²)	6.67 W/m² (1.29 W/m²/100lx)

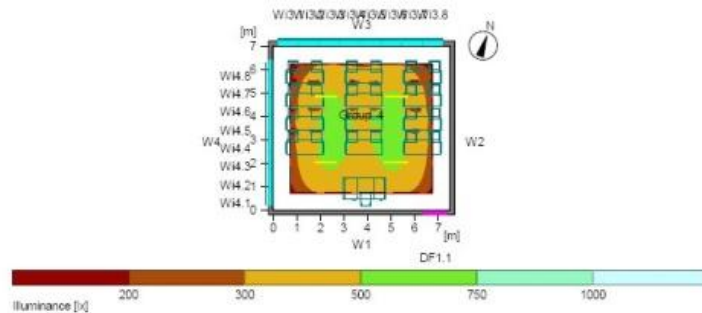
Illuminance

Average illuminance	Eav	519 lx
Minimum illuminance	Emin	84 lx
Maximum illuminance	Emax	775 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:6.2 (0.16)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:9.25 (0.11)

Type No. Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : IKARUS 2X54W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 54W 0 W / 5000 lm

Αίθουσα Β.3



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (52.50 m²)	5.94 W/m² (1.45 W/m²/100lx)

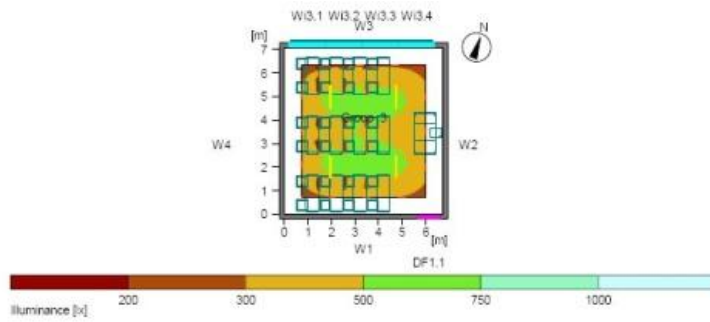
Illuminance

Average illuminance	Eav	411 lx
Minimum illuminance	Emin	154 lx
Maximum illuminance	Emax	551 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.68 (0.37)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.59 (0.28)

Type No. Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα Β.4



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (47.92 m ²)	6.51 W/m ² (1.51 W/m ² /100lx)

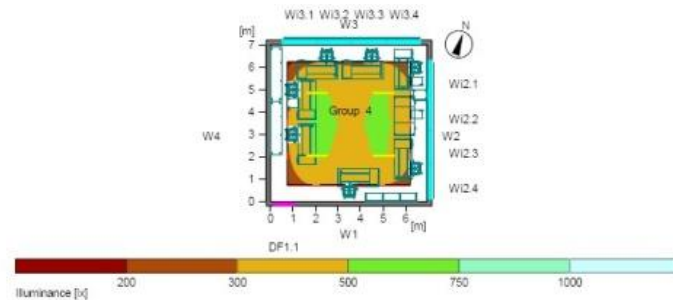
Illuminance

Average illuminance	Eav	433 lx
Minimum illuminance	Emin	160 lx
Maximum illuminance	Emax	559 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.7 (0.37)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.49 (0.29)

Type No. Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα Β.5



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (48.65 m ²)	6.41 W/m ² (1.50 W/m ² /100lx)

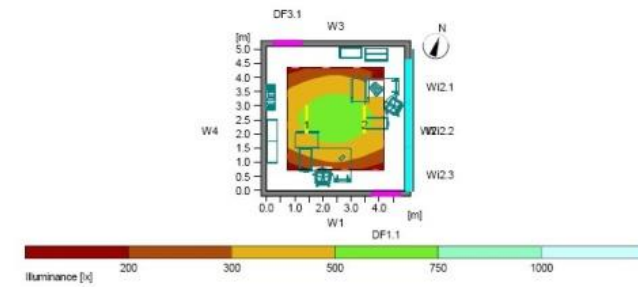
Illuminance

Average illuminance	Eav	428 lx
Minimum illuminance	Emin	200 lx
Maximum illuminance	Emax	543 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.14 (0.47)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.72 (0.37)

Type No. Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα B.8



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	14000 lm
Total power	156 W
Total power per area (24.99 m²)	6.24 W/m² (1.50 W/m²/100lx)

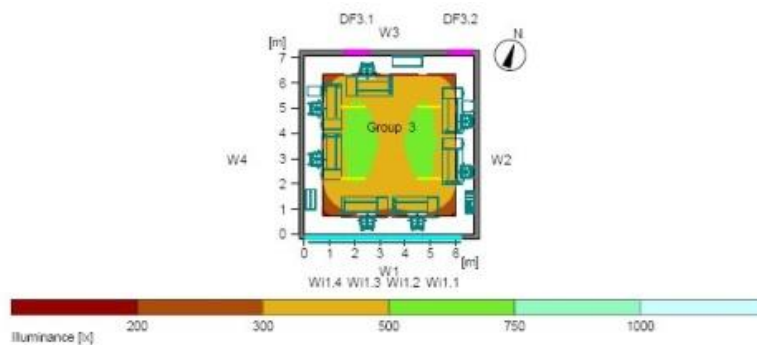
Illuminance

Average illuminance	Eav	415 lx
Minimum illuminance	Emin	133 lx
Maximum illuminance	Emax	644 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:3.13 (0.32)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:4.86 (0.21)

Type No./Make

1	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα B.9



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (47.92 m²)	6.51 W/m² (1.51 W/m²/100lx)

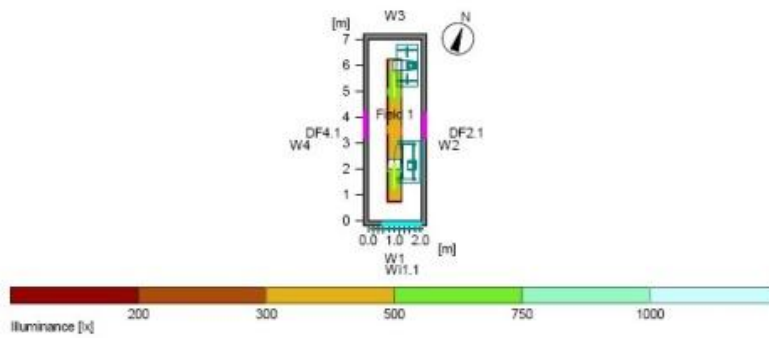
Illuminance

Average illuminance	Eav	431 lx
Minimum illuminance	Emin	194 lx
Maximum illuminance	Emax	548 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.22 (0.45)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.82 (0.35)

Type No./Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα Β.10



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	14000 lm
Total power	156 W
Total power per area (14.35 m²)	10.87 W/m² (2.33 W/m²/100lx)

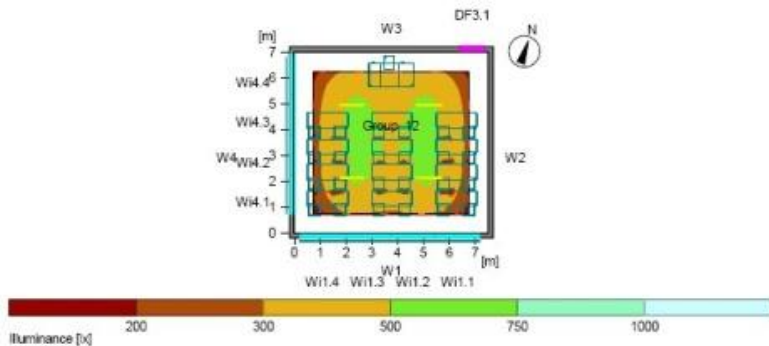
Illuminance

Average illuminance	Eav	467 lx
Minimum illuminance	Emin	365 lx
Maximum illuminance	Emax	560 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:1.28 (0.78)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:1.54 (0.65)

Type No. Make

1	2	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα Γ.1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (52.50 m²)	5.94 W/m² (1.45 W/m²/100lx)

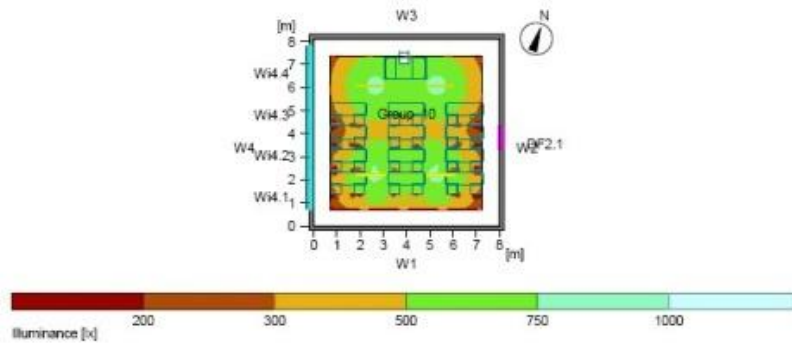
Illuminance

Average illuminance	Eav	409 lx
Minimum illuminance	Emin	177 lx
Maximum illuminance	Emax	554 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.31 (0.43)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:3.12 (0.32)

Type No. Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα Γ.2



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	40000 lm
Total power	432 W
Total power per area (64.80 m ²)	6.67 W/m ² (1.29 W/m ² /100lx)

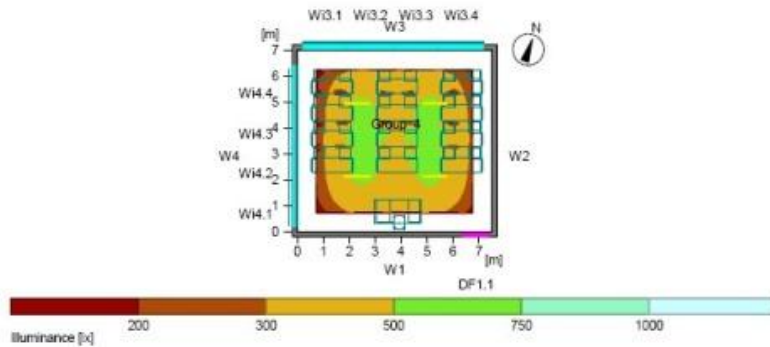
Illuminance

Average illuminance	Eav	516 lx
Minimum illuminance	Emin	153 lx
Maximum illuminance	Emax	774 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:3.38 (0.3)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:5.07 (0.2)

Type No./Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4311-4343
		Luminaire name : IKARUS 2X54W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 54W 0 W / 5000 lm

Αίθουσα Γ.3



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (52.50 m ²)	5.94 W/m ² (1.48 W/m ² /100lx)

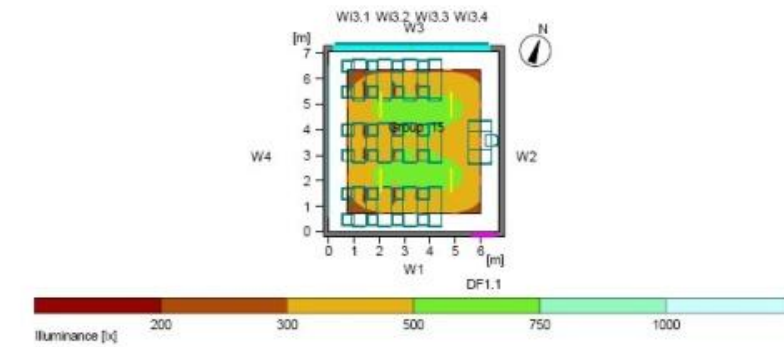
Illuminance

Average illuminance	Eav	403 lx
Minimum illuminance	Emin	47 lx
Maximum illuminance	Emax	551 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:8.64 (0.12)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:11.8 (0.08)

Type No./Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα Γ.4



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (47.92 m ²)	6.51 W/m ² (1.51 W/m ² /100lx)

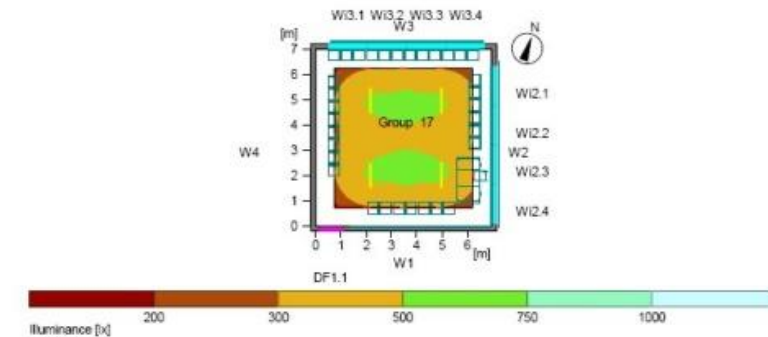
Illuminance

Average illuminance	Eav	432 lx
Minimum illuminance	Emin	215 lx
Maximum illuminance	Emax	558 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.01 (0.5)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.6 (0.38)

Type No.Make

1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα Γ.5



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	28000 lm
Total power	312 W
Total power per area (48.65 m ²)	6.41 W/m ² (1.49 W/m ² /100lx)

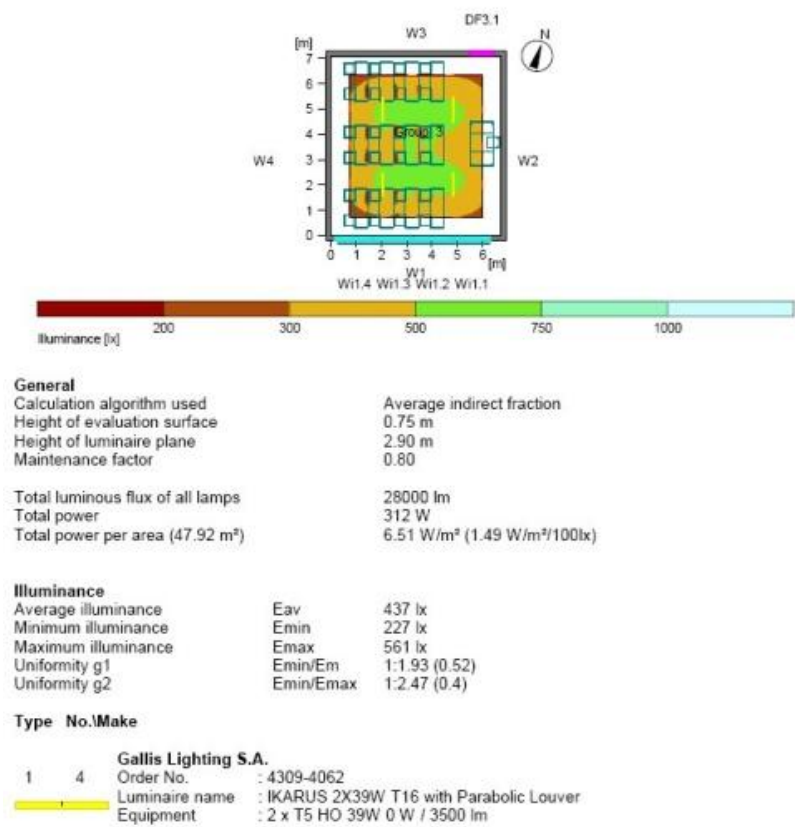
Illuminance

Average illuminance	Eav	431 lx
Minimum illuminance	Emin	205 lx
Maximum illuminance	Emax	548 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:2.1 (0.48)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:2.67 (0.37)

Type No.Make

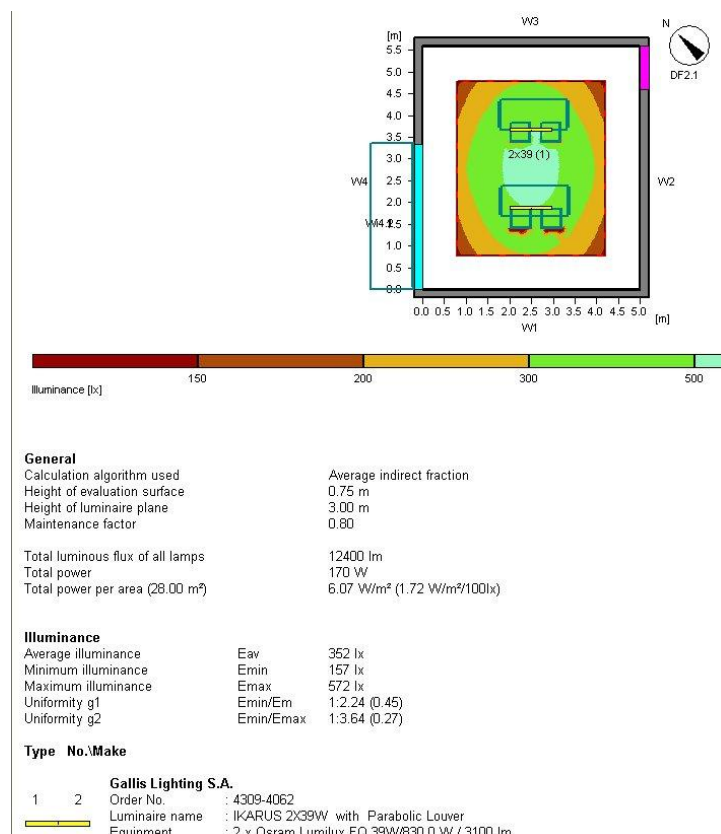
1	4	Gallis Lighting S.A.
		Order No. : 4309-4062
		Luminaire name : IKARUS 2X39W T16 with Parabolic Louver
		Equipment : 2 x T5 HO 39W 0 W / 3500 lm

Αίθουσα Γ.9

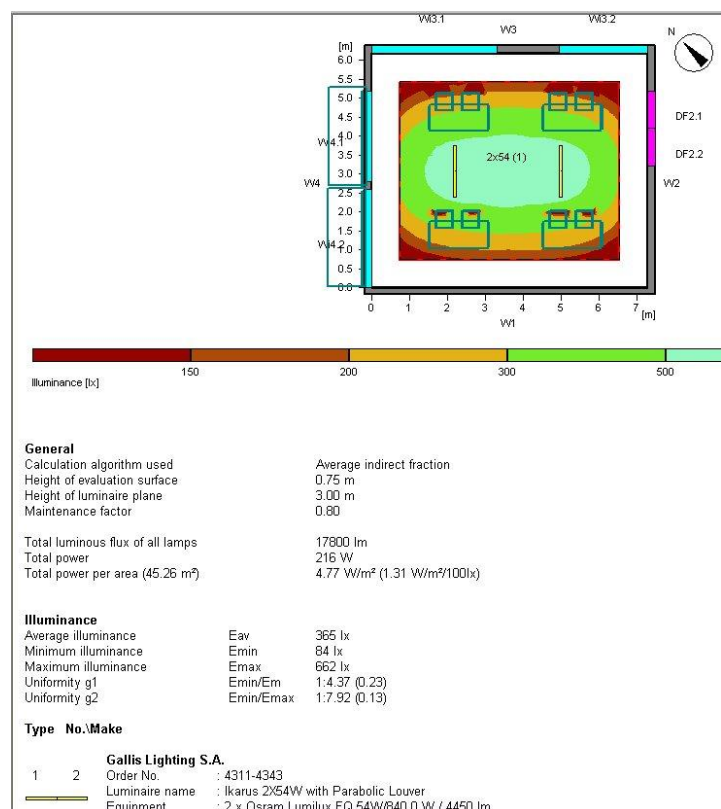


3^ο δημοτικό Βούλας

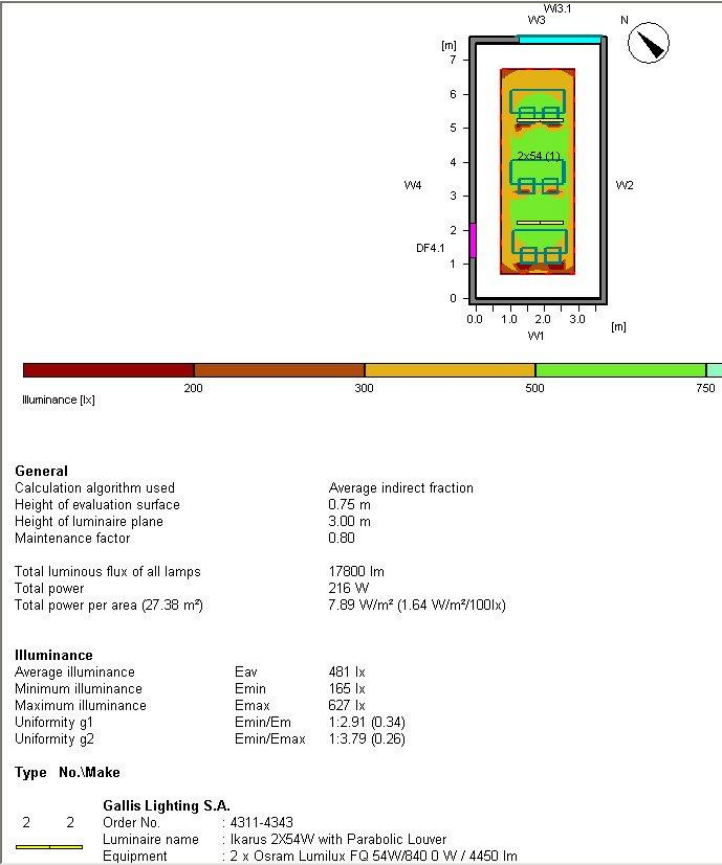
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων_1 Α



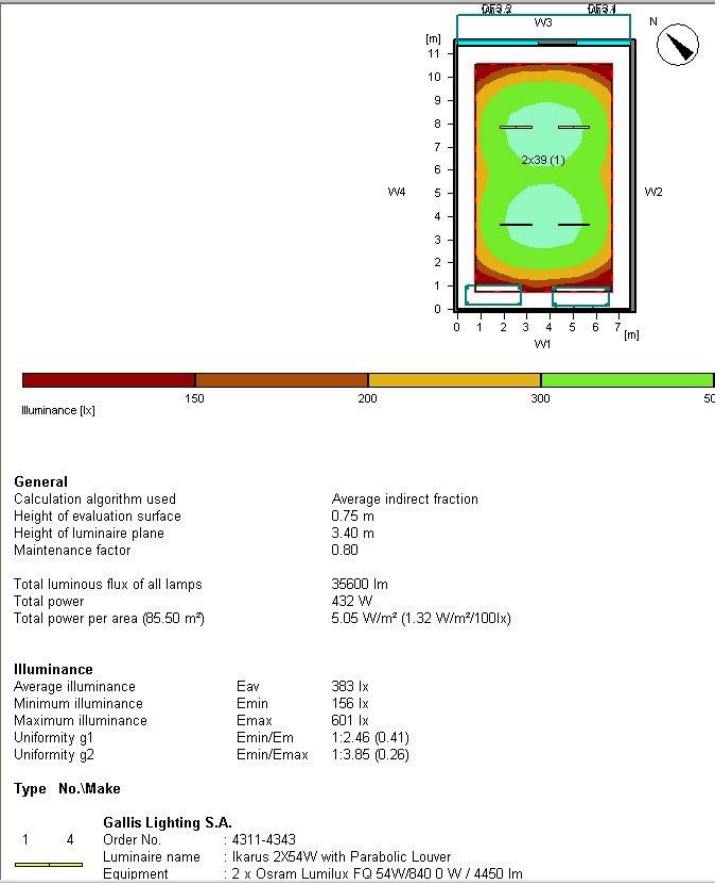
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων_2 Α



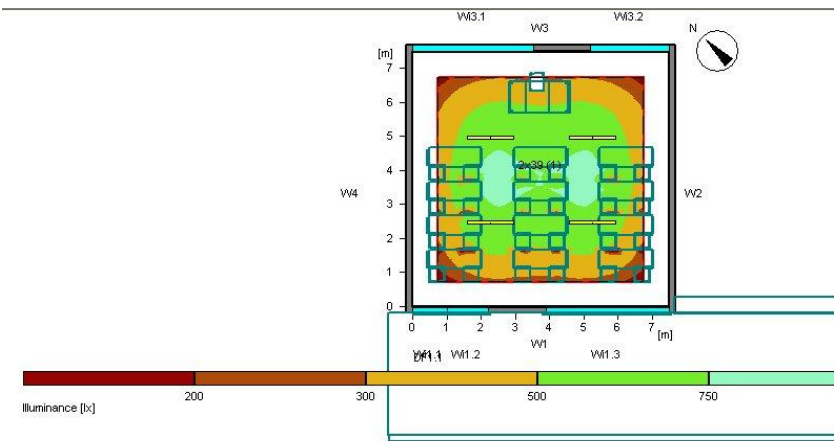
Βιβλιοθήκη Α



Χωλ εισόδου Α



Αίθουσα διδασκαλίας.(B1)



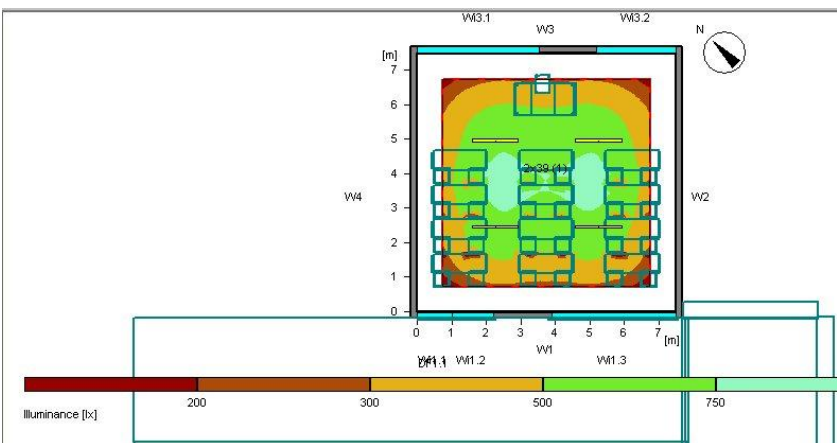
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (56.25 m²)	7.68 W/m² (1.43 W/m²/100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 537 lx
Minimum illuminance	Emin 175 lx
Maximum illuminance	Emax 811 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:3.07 (0.33)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:4.63 (0.22)

Type No.\Make

1	4	Gallis Lighting S.A.	
		Order No.	: 4311-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

Αίθουσα διδασκαλίας.(B2)



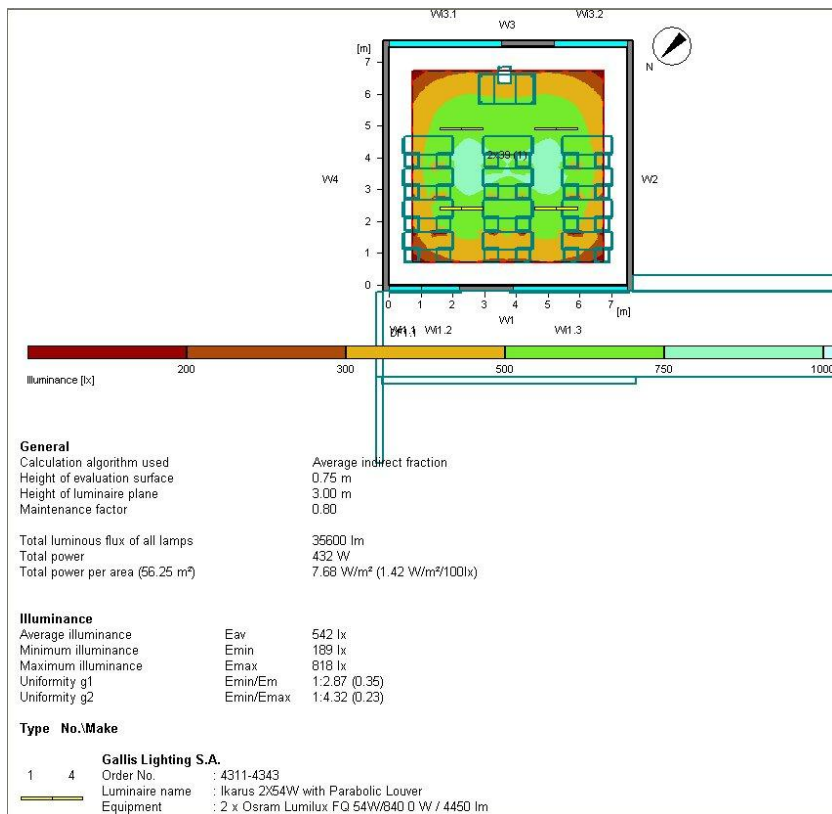
General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (56.25 m²)	7.68 W/m² (1.43 W/m²/100lx)

Illuminance	
Average illuminance	Eav 539 lx
Minimum illuminance	Emin 180 lx
Maximum illuminance	Emax 811 lx
Uniformity g1	Emin/Em 1:3 (0.33)
Uniformity g2	Emin/Emax 1:4.52 (0.22)

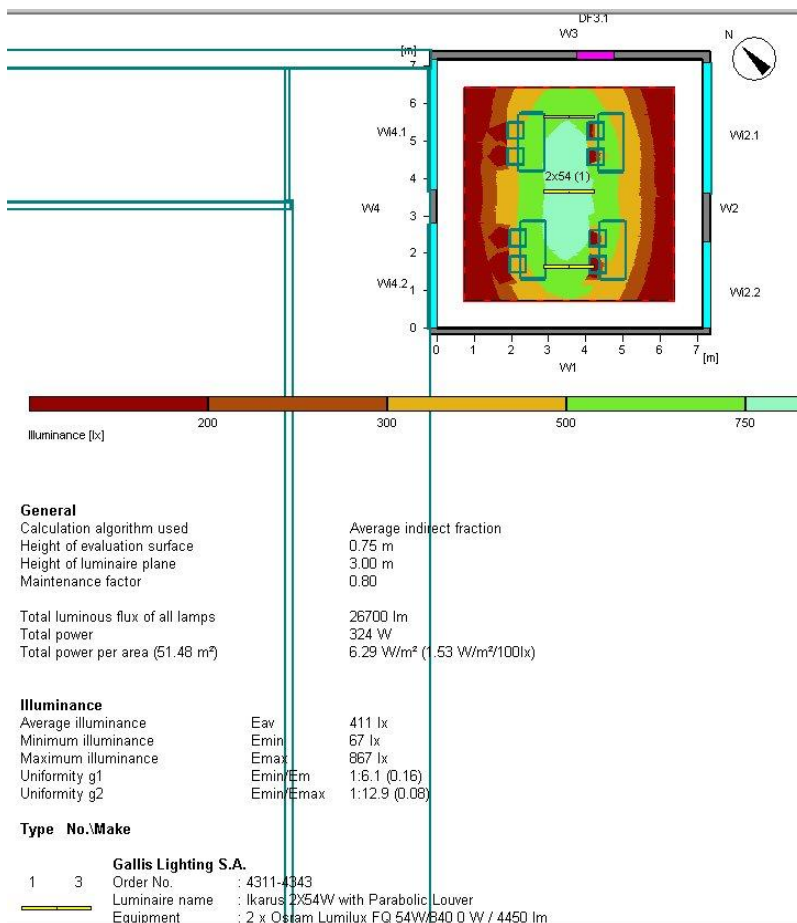
Type No.\Make

1	4	Gallis Lighting S.A.	
		Order No.	: 4311-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2x54W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

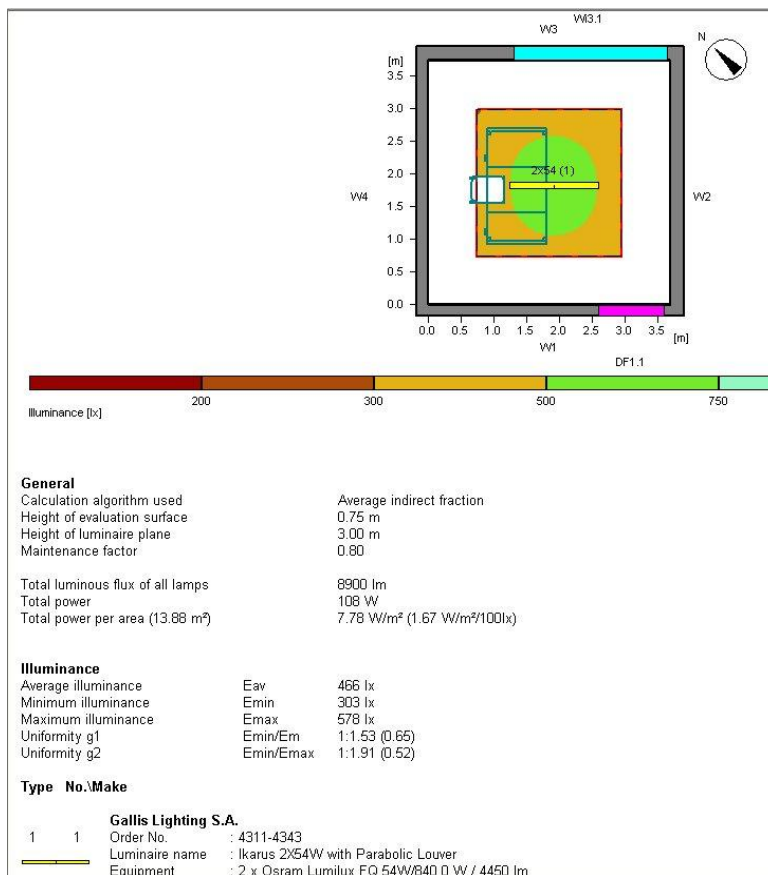
Αίθουσα διδασκαλίας.(B3)



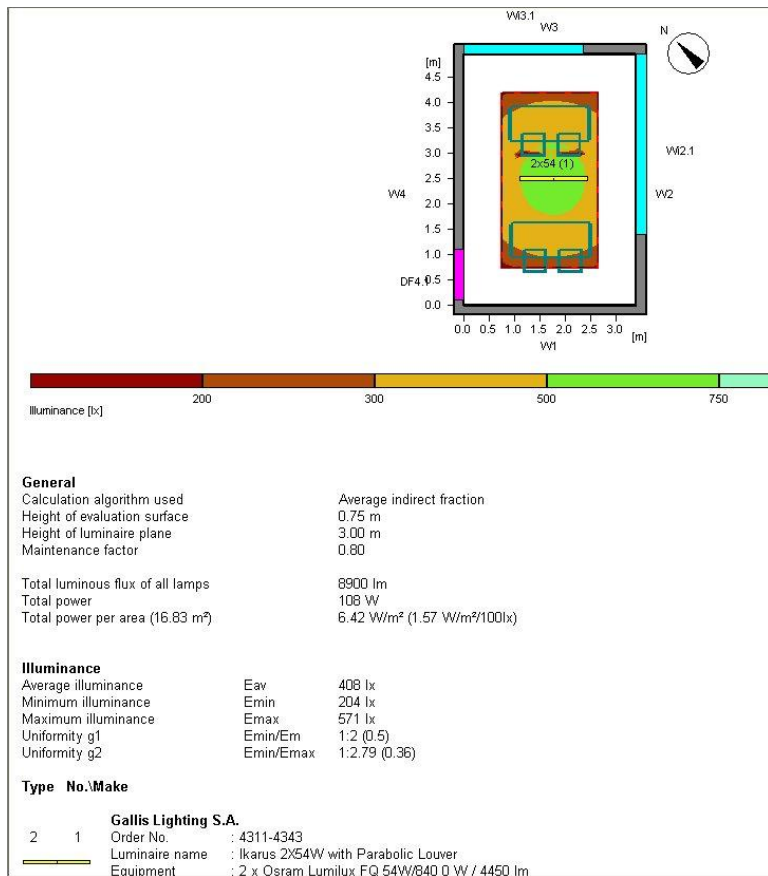
Γραφείο δασκάλων Β



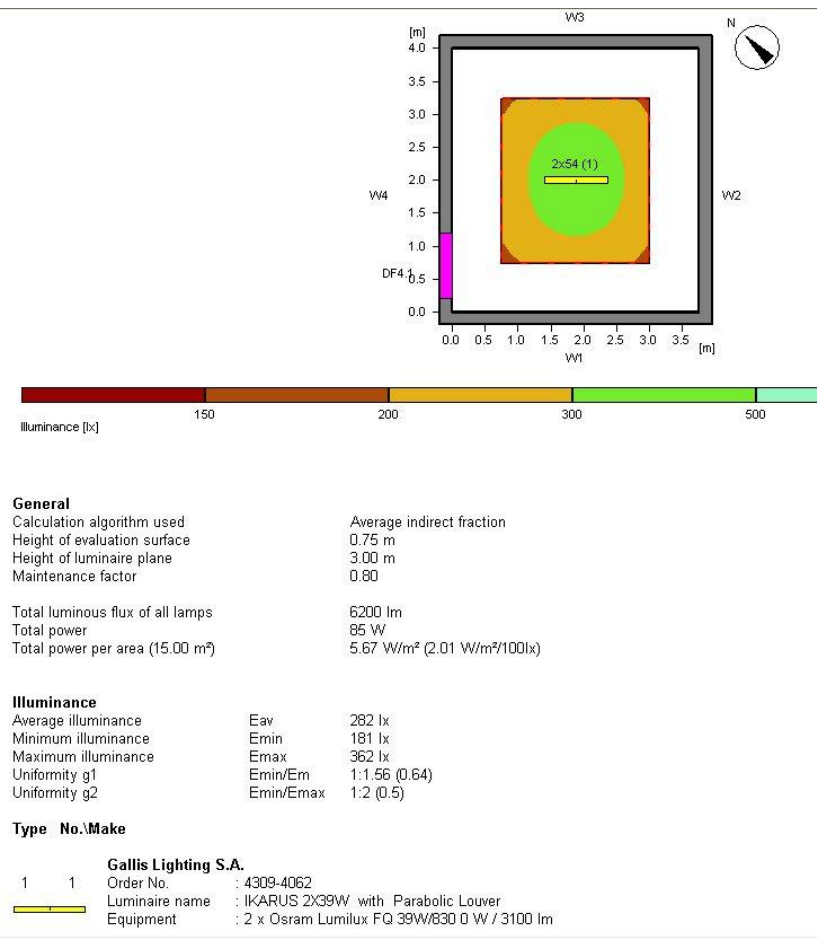
Γραφείο διευθυντή Β



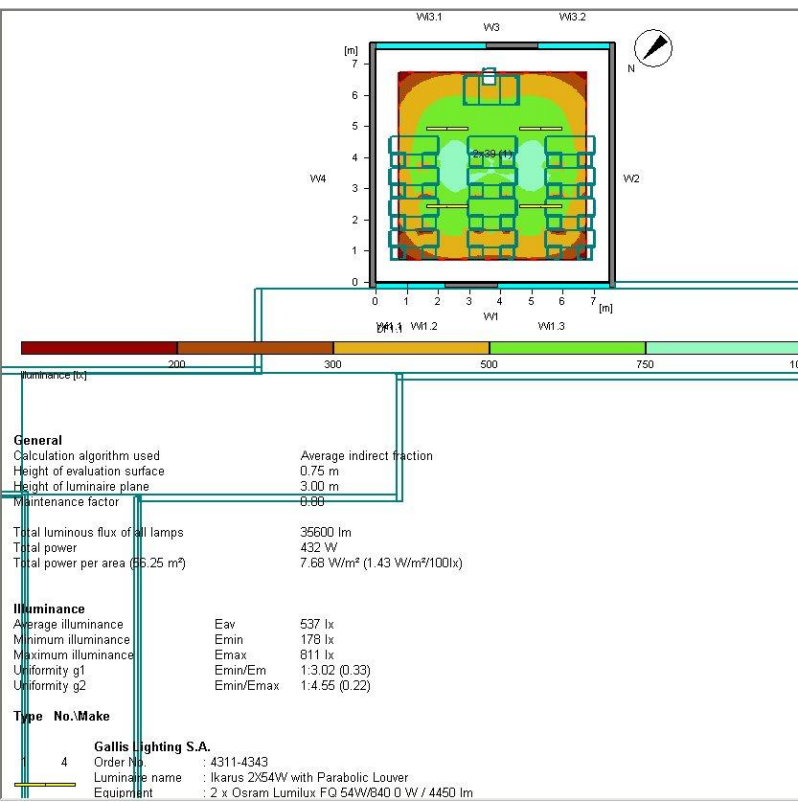
Γραφείο.συλλόγου Β



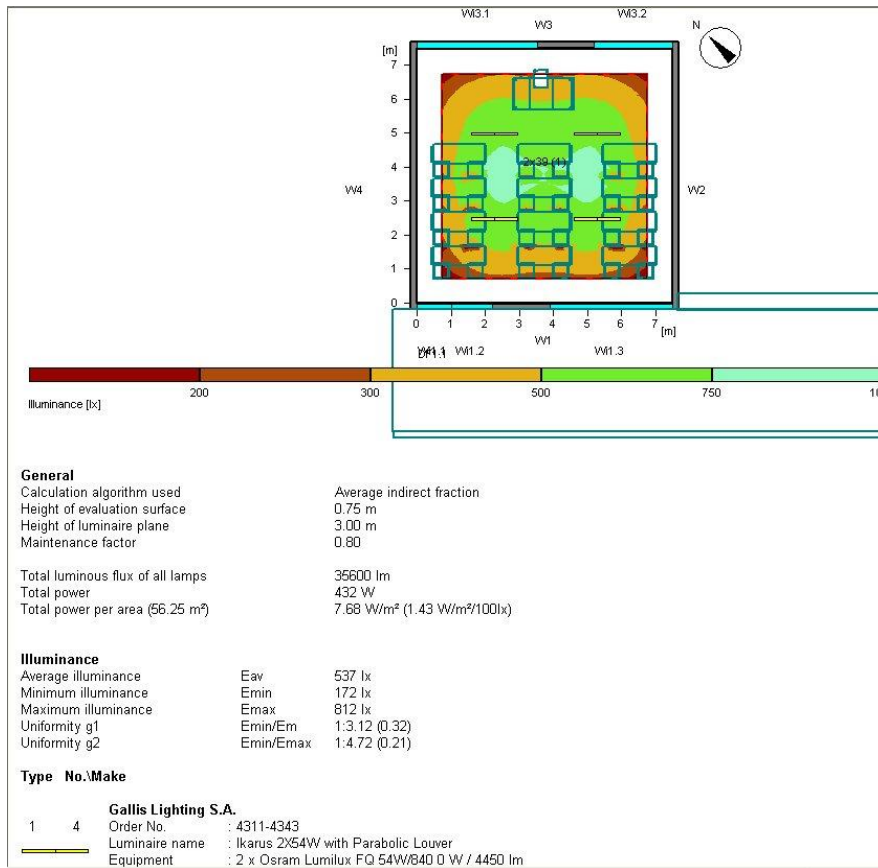
Προθάλαμος διοίκησης Β



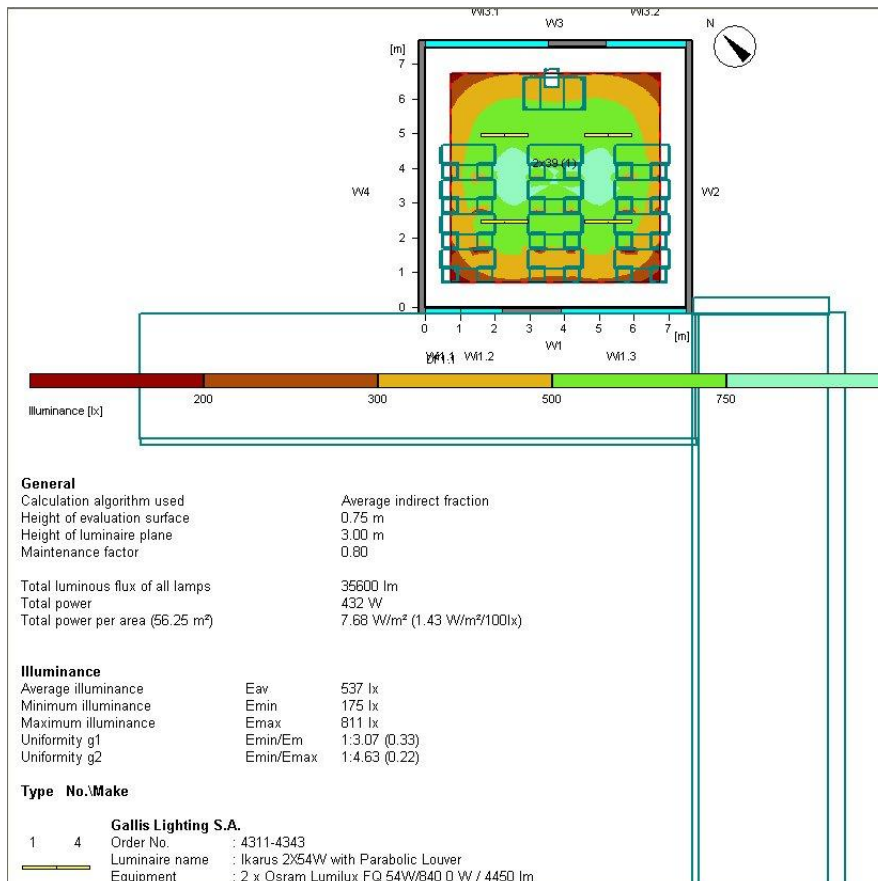
Αίθουσα διδασκαλίας.(Ε') Γ



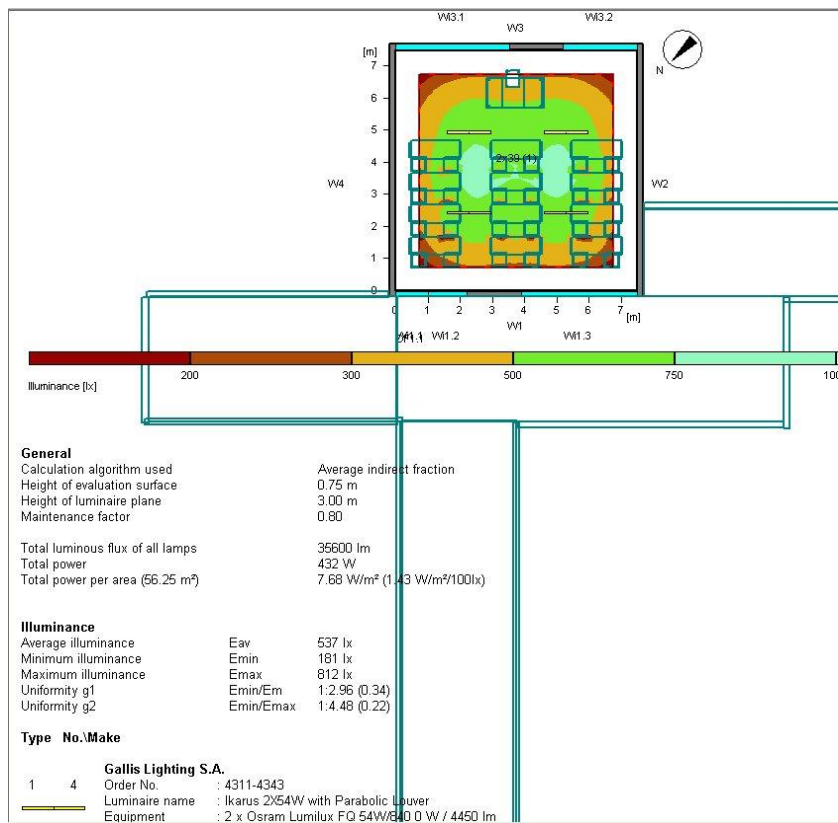
Αίθουσα διδασκαλίας.(Γ1)



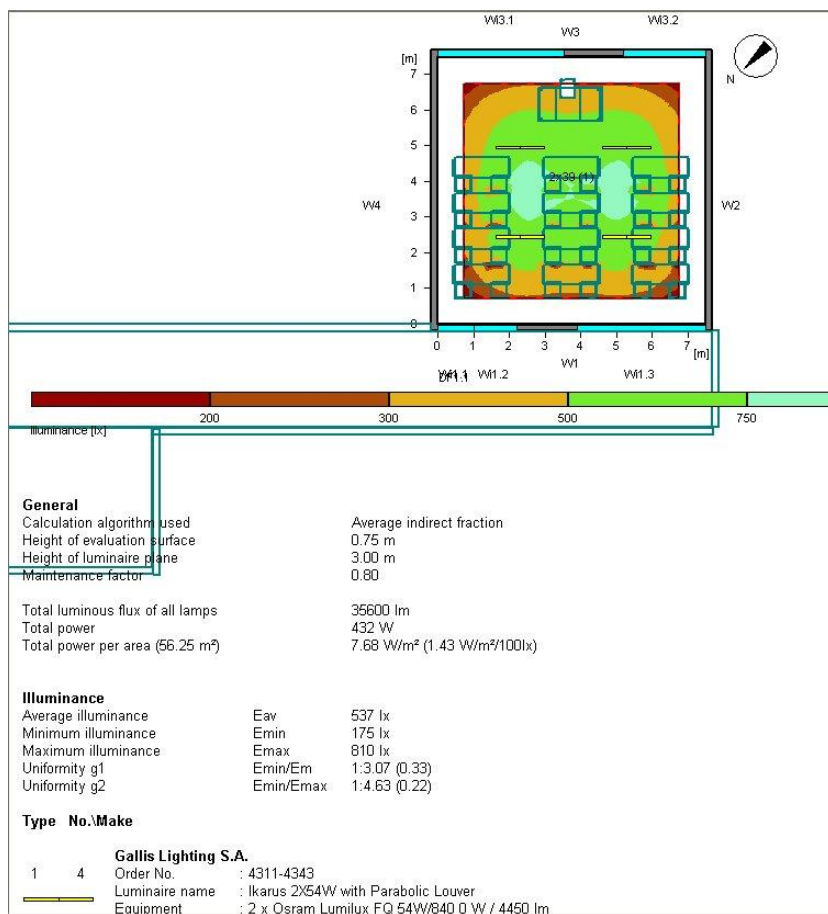
Αίθουσα διδασκαλίας.(Γ2)

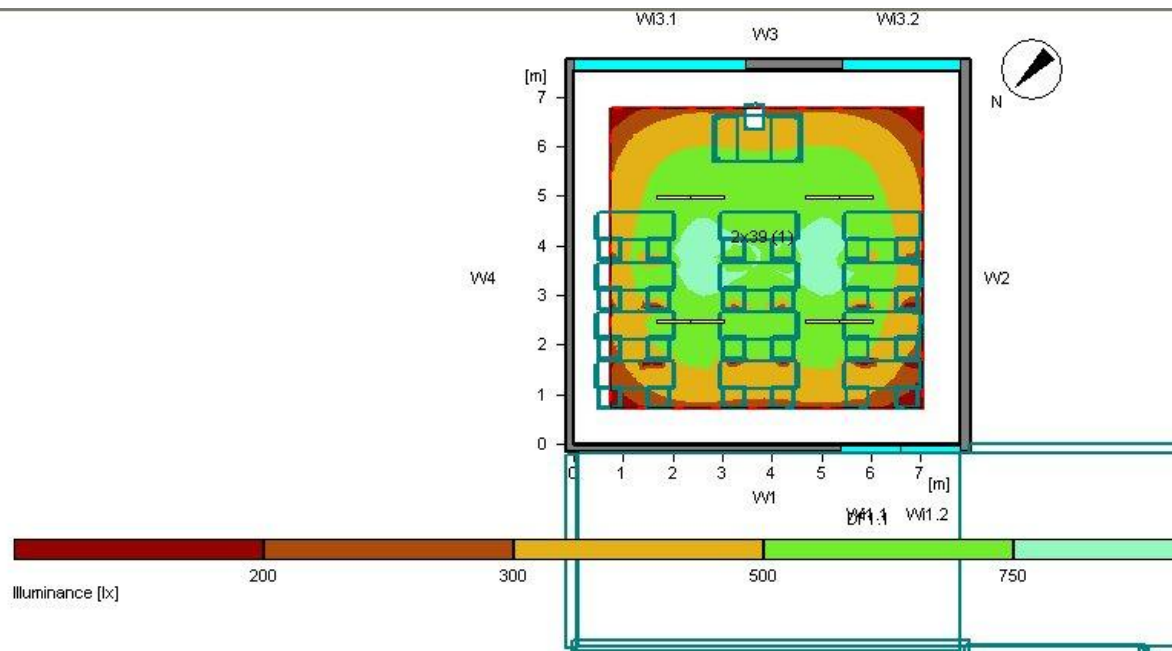


Αίθουσα διδασκαλίας.(Δ') Γ



Αίθουσα διδασκαλίας.(ΣΤ') Γ





General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	3.00 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	35600 lm
Total power	432 W
Total power per area (58.89 m ²)	7.34 W/m ² (1.41 W/m ² /100lx)

Illuminance

Average illuminance	Eav	520 lx
Minimum illuminance	Emin	156 lx
Maximum illuminance	Emax	805 lx
Uniformity g1	Emin/Em	1:3.32 (0.3)
Uniformity g2	Emin/Emax	1:5.15 (0.19)

Type No.\Make

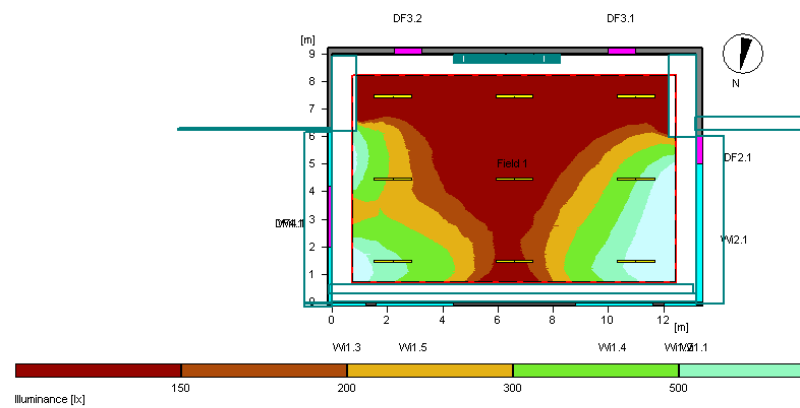
Gallis Lighting S.A.

1	4	Order No.	: 4311-4343
		Luminaire name	: Ikarus 2X54W with Parabolic Louver
		Equipment	: 2 x Osram Lumilux FQ 54W/840 0 W / 4450 lm

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2^ο νηπιαγωγείο Βούλας

Αίθουσα 1

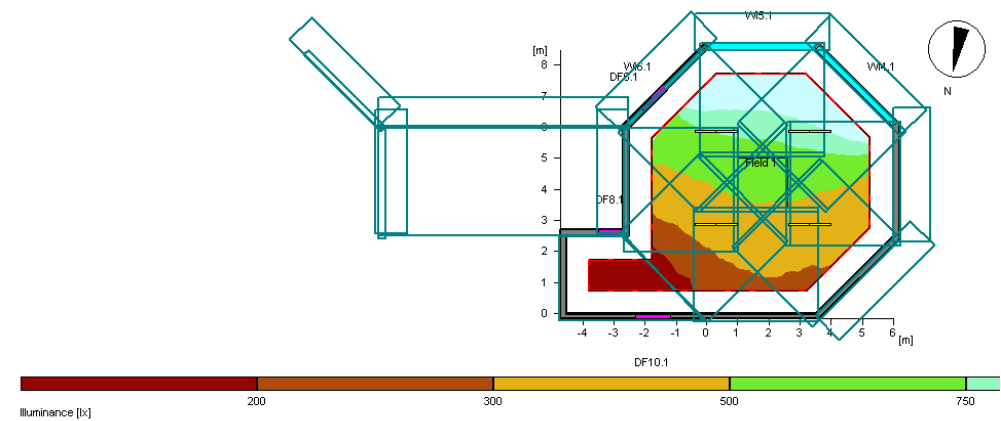


General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:
Average indirect fraction
0.75 m
2.30 m
Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:51)

Geographical data:
Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 23.50 °
Longitude (degrees) : 37.50 °
North angle : 190.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : 1.47
Minimum daylight ratio : 0.1
Maximum daylight ratio : 8.16

Αίθουσα 5

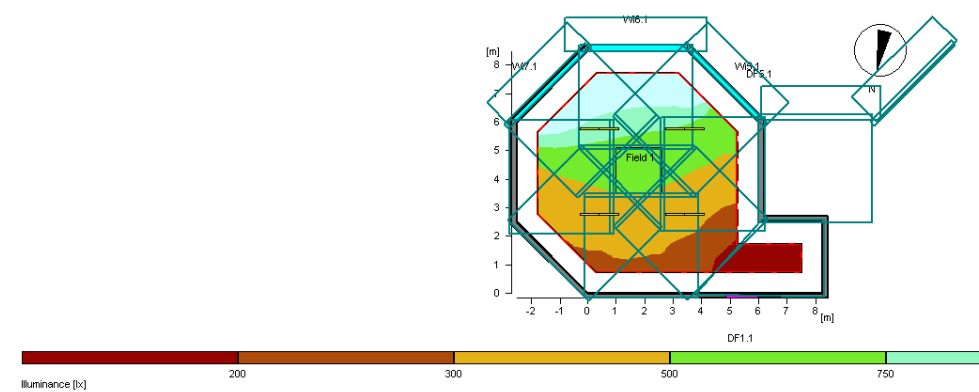


General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:
Average indirect fraction
0.75 m
2.90 m
Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:51)

Geographical data:
Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 23.50 °
Longitude (degrees) : 37.50 °
North angle : 190.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : 3.13
Minimum daylight ratio : 0.28
Maximum daylight ratio : 9.52

Αίθουσα 7



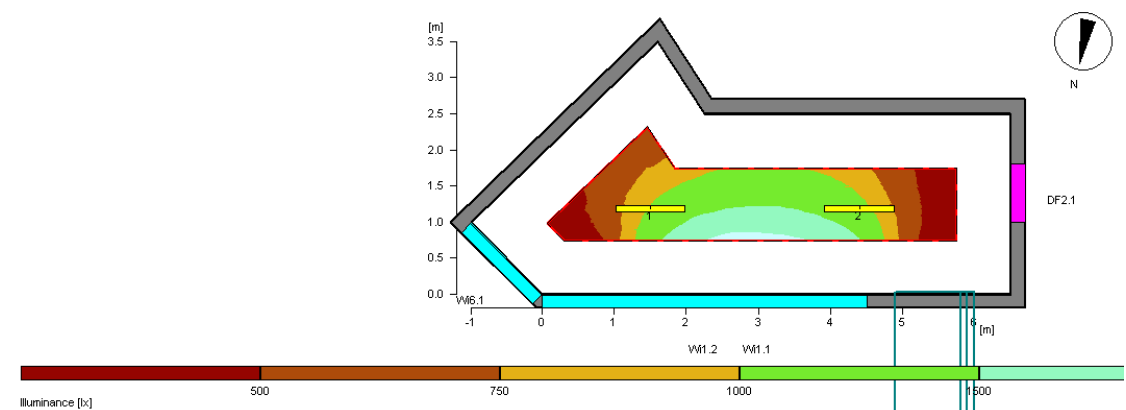
General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:
Date, Time:
Geographical data:
Location
Latitude (degrees)
Longitude (degrees)
North angle

Average indirect fraction
0.75 m
2.90 m
Overcast sky acc. CIE
21.03. 10:28 (TST 10:51)

Illuminance
Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 3.16
Dmin : 0.34
Dmax : 8.83

Αίθουσα 8



General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:
Date, Time:
Geographical data:
Location
Latitude (degrees)
Longitude (degrees)
North angle

Average indirect fraction
0.75 m
2.30 m
Overcast sky acc. CIE

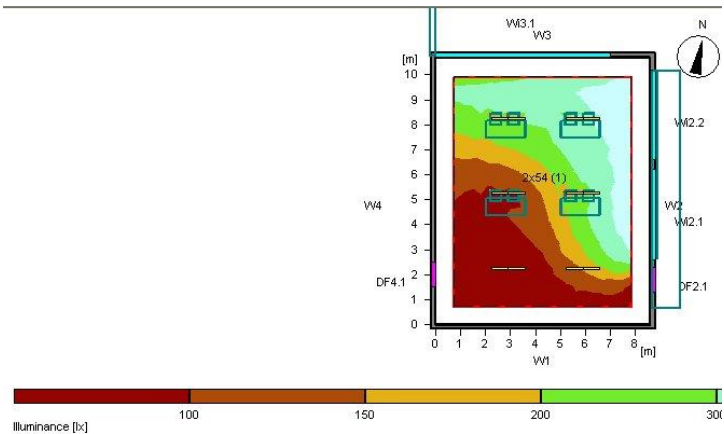
21.03. 10:28 (TST 10:51)

Illuminance
Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 5.5
Dmin : 1.5
Dmax : 11.1

2^ο Δημοτικό Βούλας

Αίθουσα Α1



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:

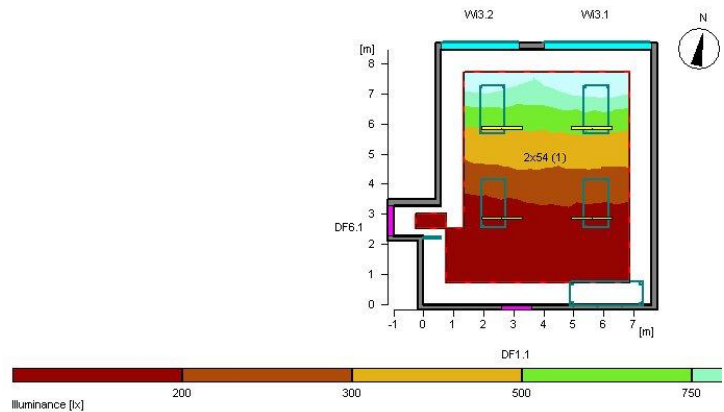
Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Day : 1.72
Dmin : 0.3
Dmax : 5.44

Αίθουσα Α2



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:

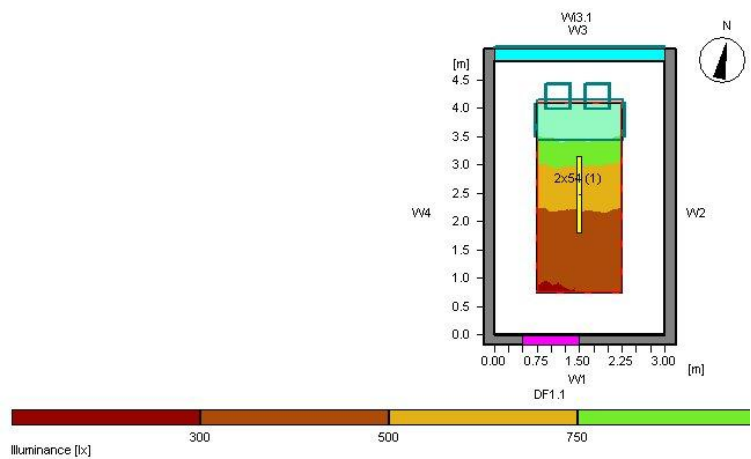
Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Day : 2.9
Dmin : 0.2
Dmax : 11.1

Αίθουσα A4

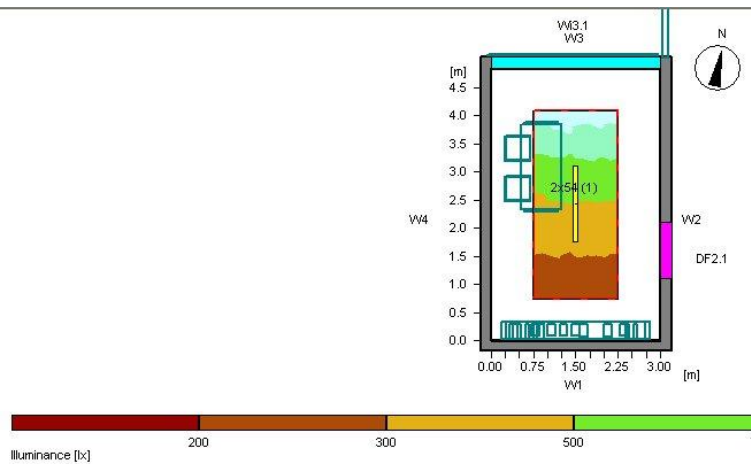


General
Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 3.00 m
Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 4.56
Minimum daylight ratio : Dmin : 2
Maximum daylight ratio : Dmax : 9.51

Αίθουσα A6

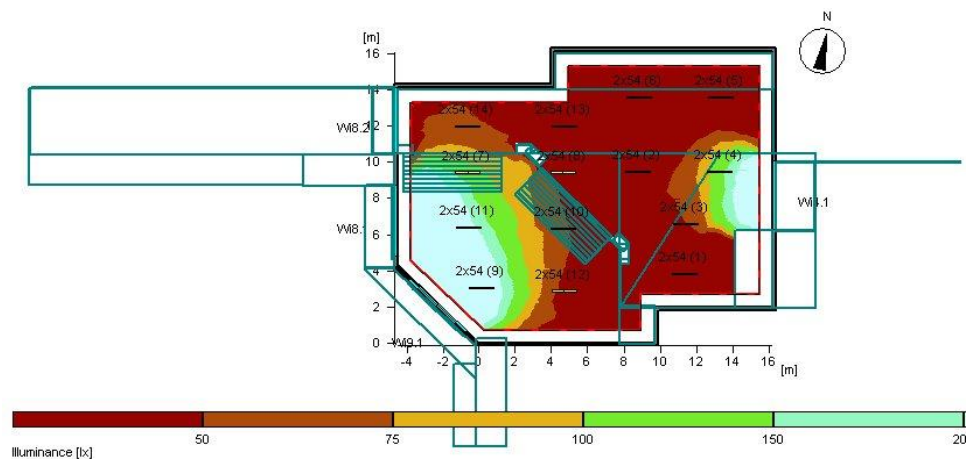


General
Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 3.00 m
Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
Date, Time : 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 3.85
Minimum daylight ratio : Dmin : 1.41
Maximum daylight ratio : Dmax : 8.22

Αίθουσα A9



General

Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 1.21 m
Height of luminaire plane : 4.20 m
Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

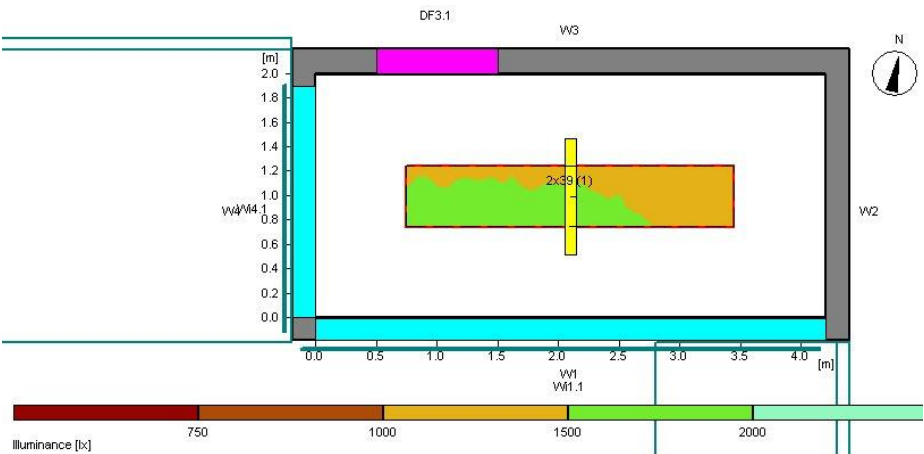
Geographical data:

Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : Dav : 0.65
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.04
Maximum daylight ratio : Dmax : 4.84

Αίθουσα A11



General

Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 3.00 m
Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

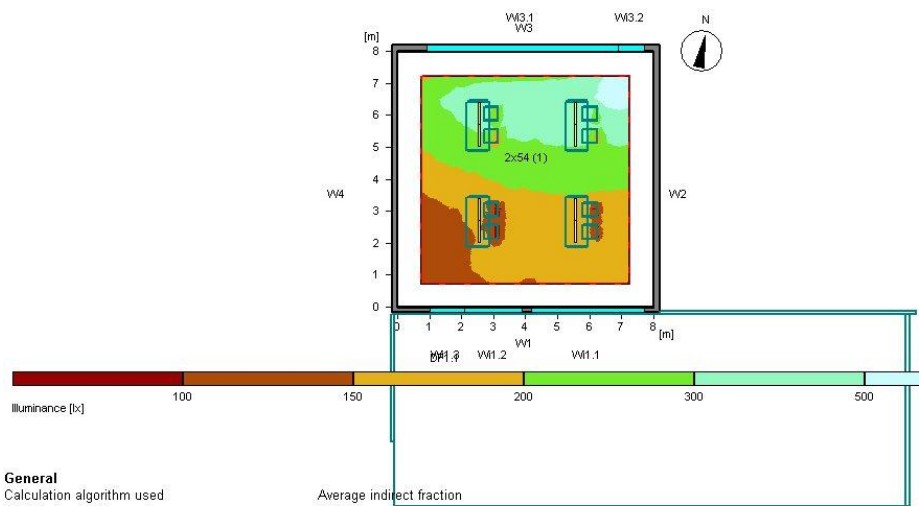
Geographical data:

Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : Dav : 10.3
Minimum daylight ratio : Dmin : 8.8
Maximum daylight ratio : Dmax : 12.1

Αίθουσα A12



General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

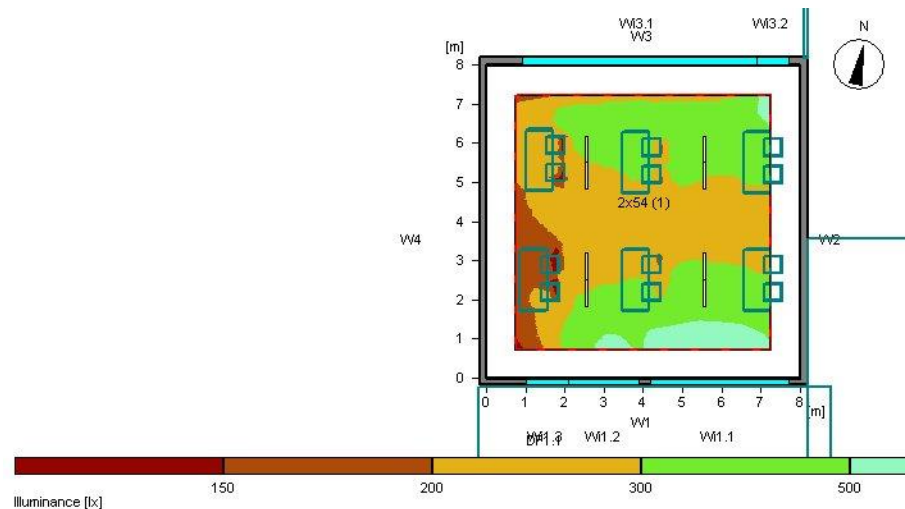
Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : 1.65
Minimum daylight ratio : 0.67
Maximum daylight ratio : 5.23

Αίθουσα A13



General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

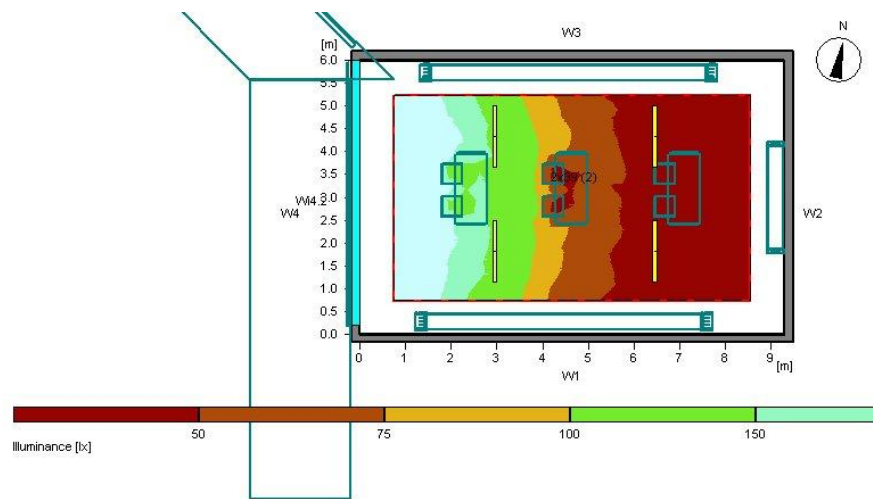
Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : 2.17
Minimum daylight ratio : 0.63
Maximum daylight ratio : 4.43

Αίθουσα A14

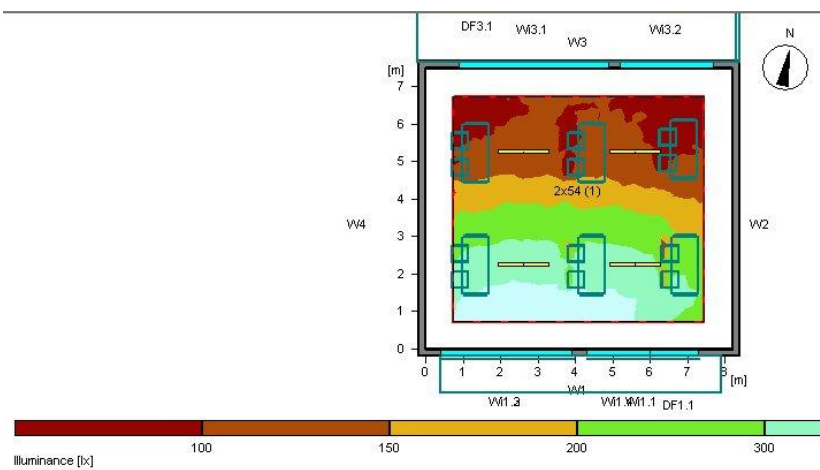


General
Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 3.00 m
Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 0.77
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.12
Maximum daylight ratio : Dmax : 2.68

Αίθουσα A18

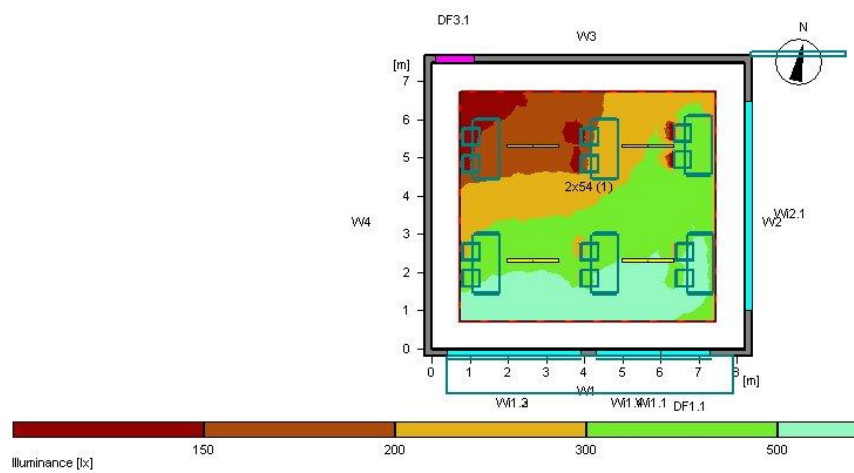


General
Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 3.00 m
Calculation mode used : Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 1.68
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.4
Maximum daylight ratio : Dmax : 4.62

Αίθουσα A19



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:

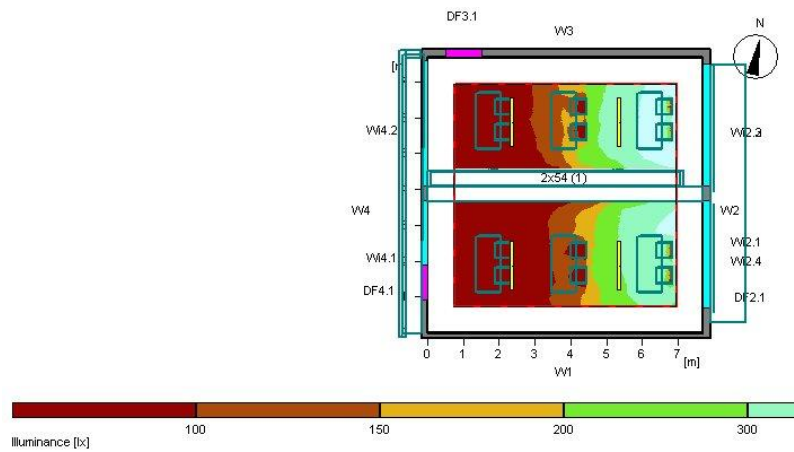
Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 2.43
Dmin : 0.55
Dmax : 5.03

Αίθουσα A20



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:

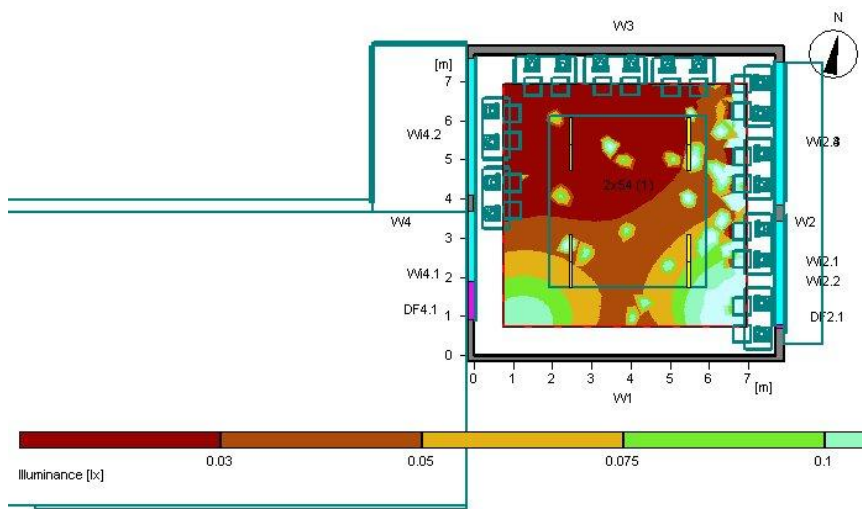
Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 1.4
Dmin : 0.18
Dmax : 5.82

Αίθουσα A21



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:

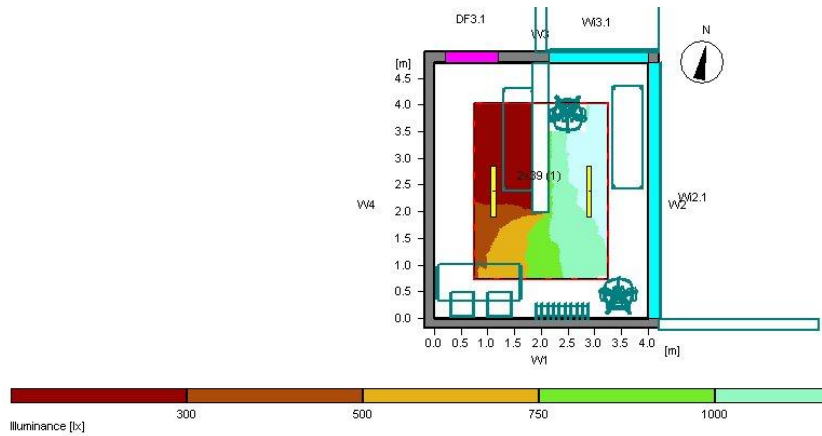
Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 0
Dmin : 0
Dmax : 0.01

Αίθουσα A23



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:

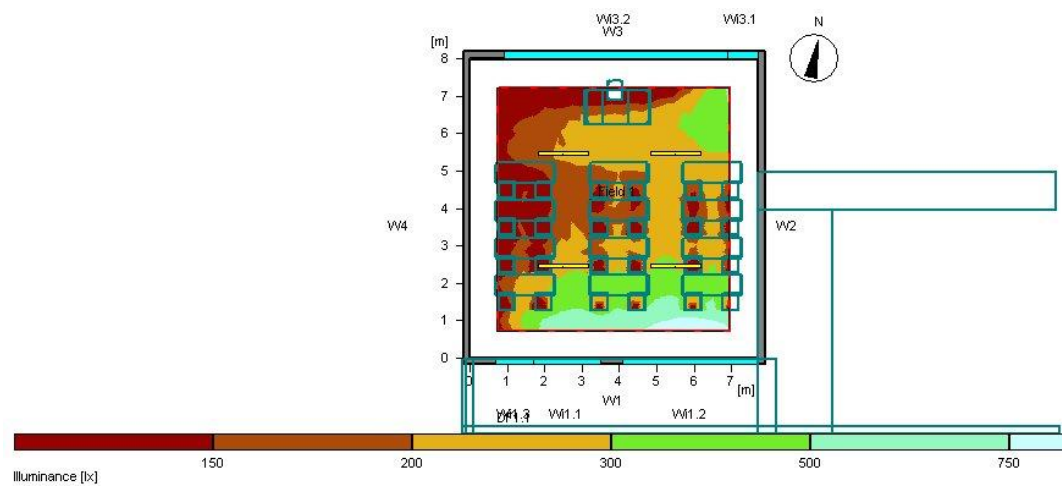
Location : athens voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 5.7
Dmin : 0.5
Dmax : 12.4

Αίθουσα B1



General

Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 2.90 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:51)

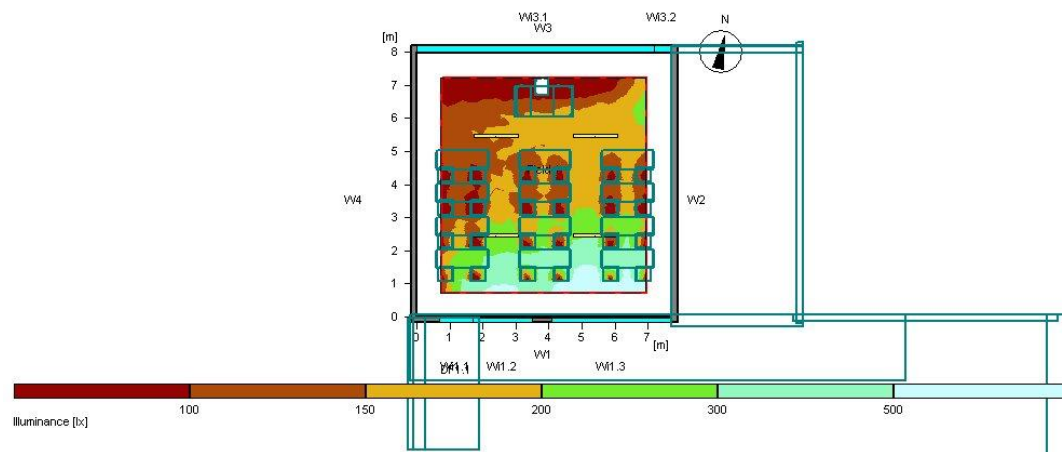
Geographical data:

Location : athens_youla
Latitude (degrees) : 23.50 °
Longitude (degrees) : 37.50 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : Dav : 1.36
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.29
Maximum daylight ratio : Dmax : 4.43

Αίθουσα B2



General

Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 2.90 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:51)

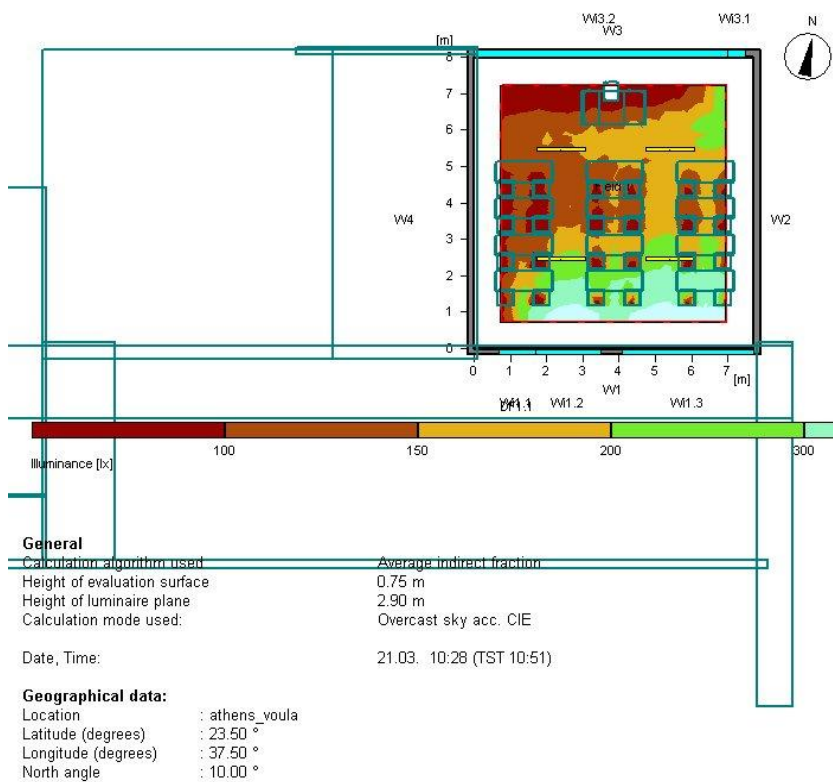
Geographical data:

Location : athens_youla
Latitude (degrees) : 23.50 °
Longitude (degrees) : 37.50 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

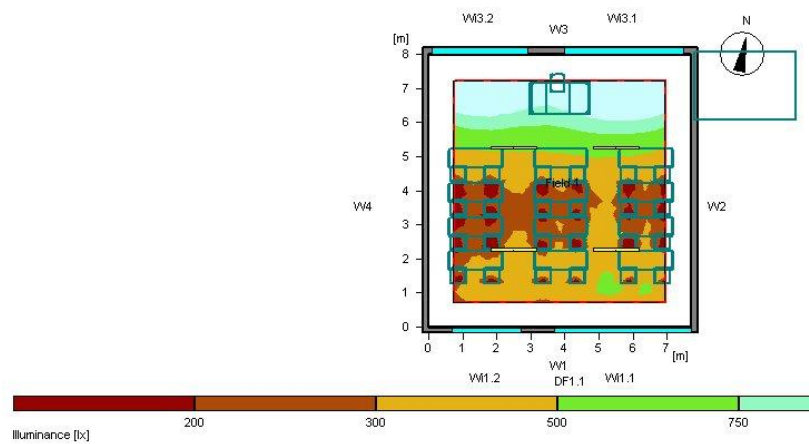
Average daylight ratio : Dav : 1.05
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.24
Maximum daylight ratio : Dmax : 4.16

Αίθουσα B3



Illuminance	
Average daylight ratio	Dav : 0.98
Minimum daylight ratio	Dmin : 0.23
Maximum daylight ratio	Dmax : 3.41

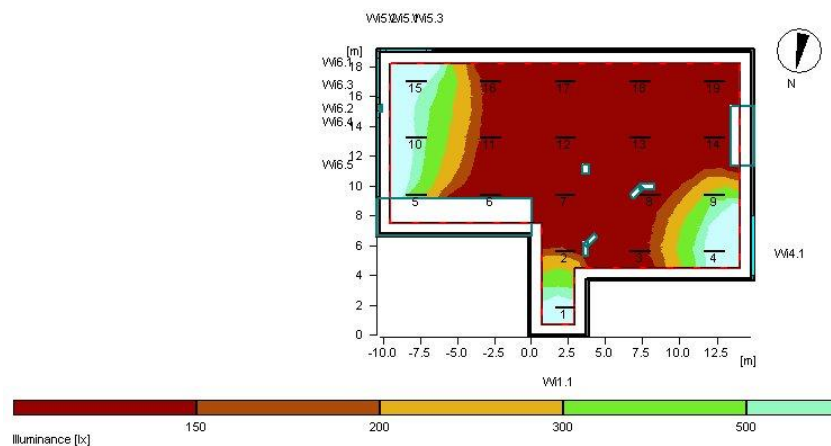
Αίθουσα B4



General	
Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of evaluation surface	0.75 m
Height of luminaire plane	2.90 m
Calculation mode used:	Overcast sky acc. CIE
Date, Time:	21.03. 10:28 (TST 10:51)
Geographical data:	
Location	: athens_voula
Latitude (degrees)	: 23.50 °
Longitude (degrees)	: 37.50 °
North angle	: 10.00 °

Illuminance	
Average daylight ratio	Dav : 3.1
Minimum daylight ratio	Dmin : 0.6
Maximum daylight ratio	Dmax : 12

Αίθουσα B5



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
2.80 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 10:51)

Geographical data:

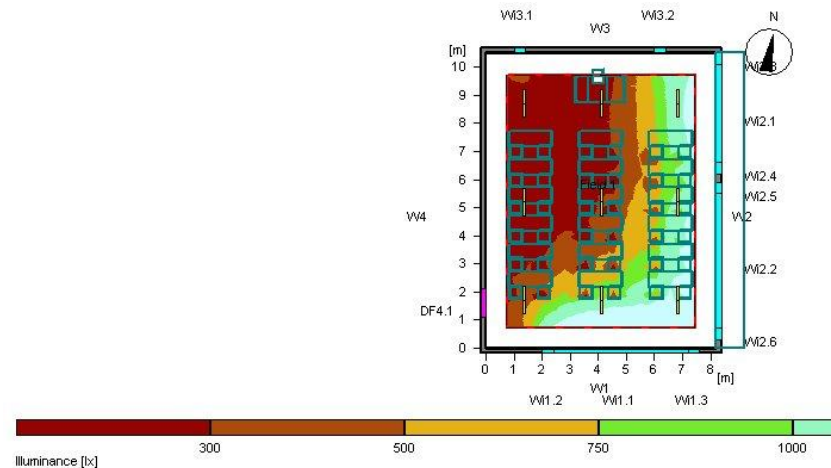
Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 23.50 °
Longitude (degrees) : 37.50 °
North angle : 190.00 °

Illuminance

Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 1.5
Dmin : 0.1
Dmax : 12

Αίθουσα B6



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
2.80 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 10:51)

Geographical data:

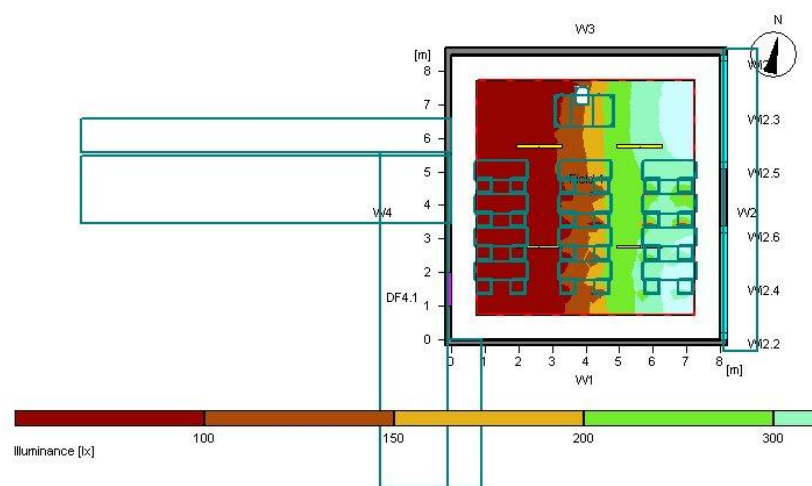
Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 23.50 °
Longitude (degrees) : 37.50 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 3.4
Dmin : 0.5
Dmax : 13.2

Αίθουσα B7



General

Calculation algorithm used: 0.75 m
Height of evaluation surface: 2.90 m
Height of luminaire plane: Overcast sky acc. CIE
Calculation mode used:

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:51)

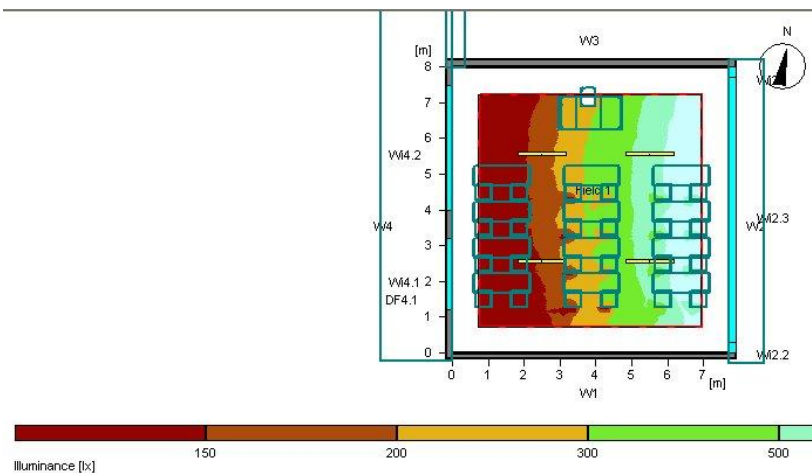
Geographical data:

Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 23.50 °
Longitude (degrees) : 37.50 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : 1.13
Minimum daylight ratio : 0.21
Maximum daylight ratio : 3.71

Αίθουσα B8



General

Calculation algorithm used: 0.75 m
Height of evaluation surface: 2.90 m
Height of luminaire plane: Overcast sky acc. CIE
Calculation mode used:

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:51)

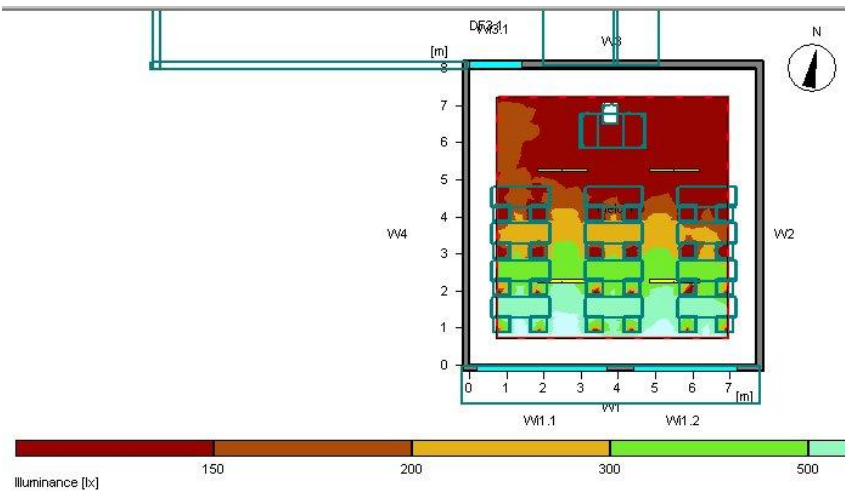
Geographical data:

Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 23.50 °
Longitude (degrees) : 37.50 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : 1.98
Minimum daylight ratio : 0.3
Maximum daylight ratio : 5.86

Αίθουσα B9



General

Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 2.90 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:51)

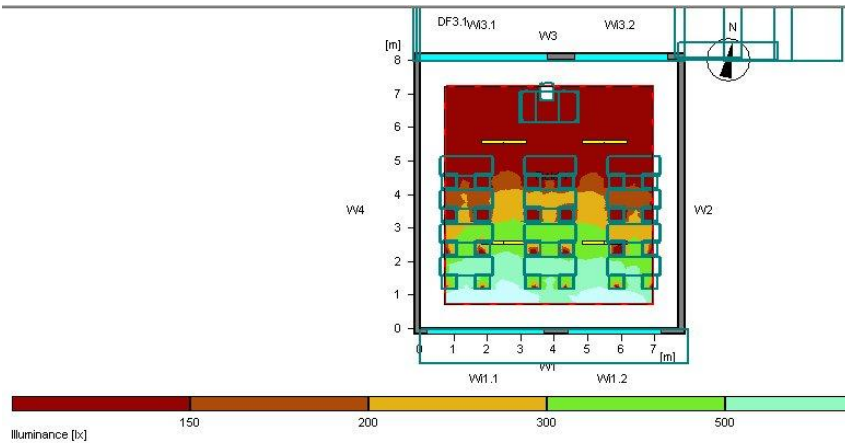
Geographical data:

Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 23.50 °
Longitude (degrees) : 37.50 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : Dav : 1.47
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.3
Maximum daylight ratio : Dmax : 5.07

Αίθουσα B10



General

Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 2.90 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 10:51)

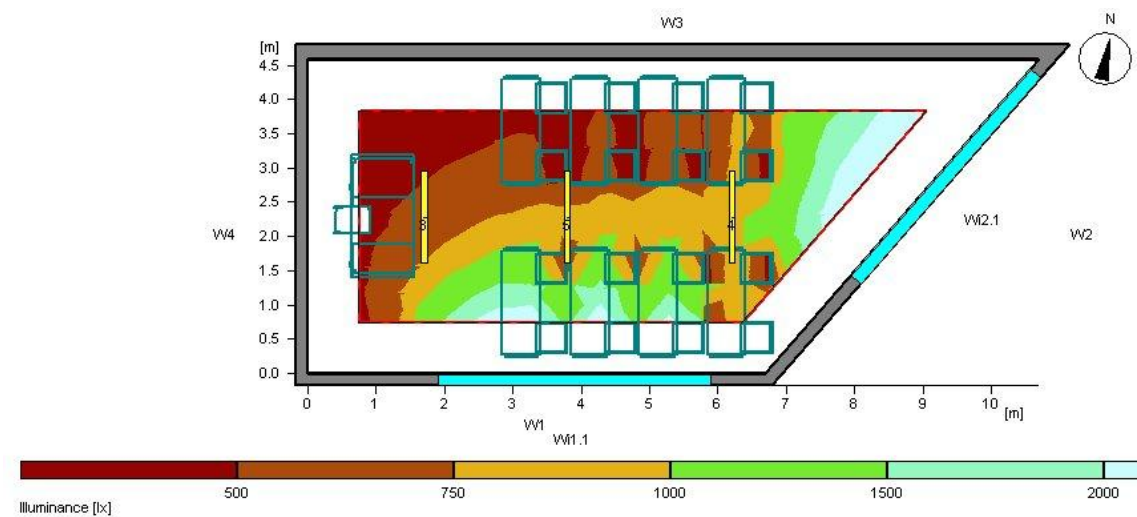
Geographical data:

Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 23.50 °
Longitude (degrees) : 37.50 °
North angle : 10.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : Dav : 1.39
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.29
Maximum daylight ratio : Dmax : 5.42

Αίθουσα B11



General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:
Date, Time:

Average indirect fraction
0.75 m
2.80 m
Overcast sky acc. CIE

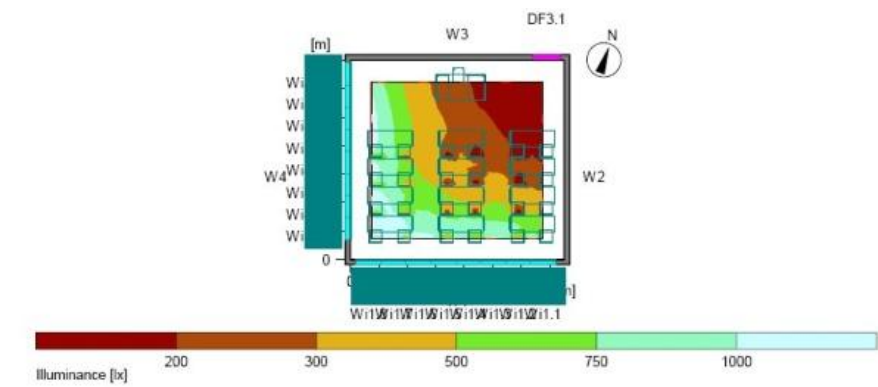
21.03. 10:28 (TST 10:51)

Geographical data:
Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 23.50 °
Longitude (degrees) : 37.50 °
North angle : 10.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 5.1
Minimum daylight ratio : Dmin : 2.1
Maximum daylight ratio : Dmax : 14

2° λύκειο Βούλας

Αίθουσα Α.1

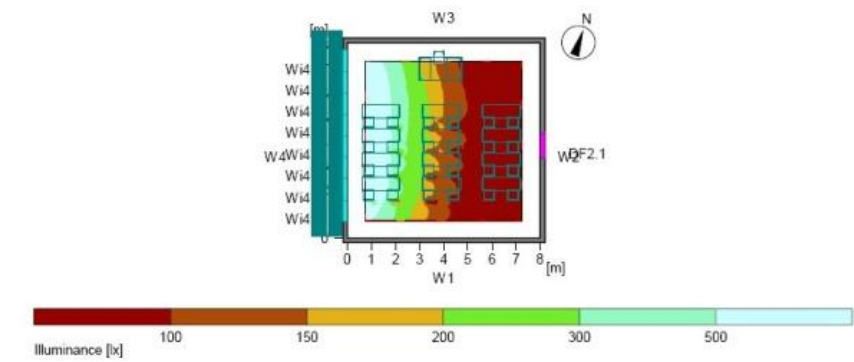


General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio: Dav : 3.3
Minimum daylight ratio: Dmin : 0.57
Maximum daylight ratio: Dmax : 8.51

Αίθουσα Α.2

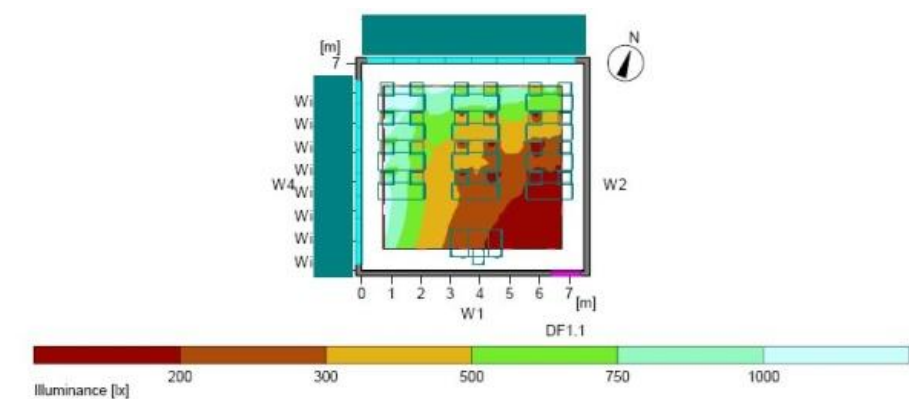


General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio: Dav : 1.55
Minimum daylight ratio: Dmin : 0.17
Maximum daylight ratio: Dmax : 6.27

Αίθουσα A.3



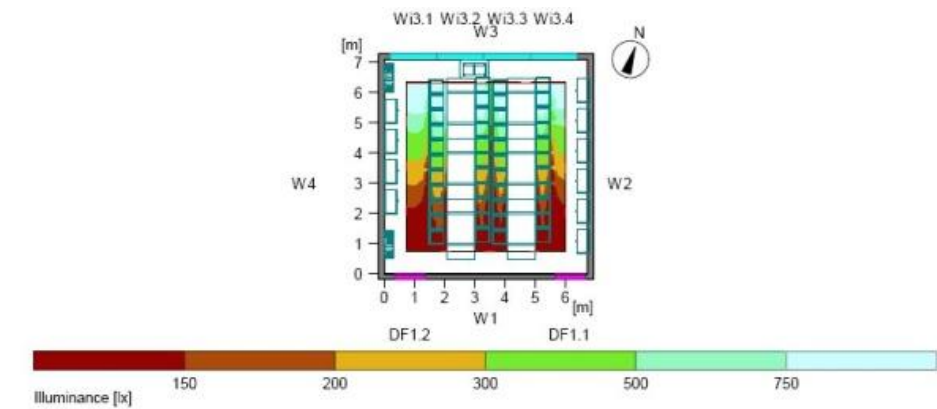
General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Date, Time:

Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 3.27
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.84
Maximum daylight ratio : Dmax : 8.52

Αίθουσα A.4



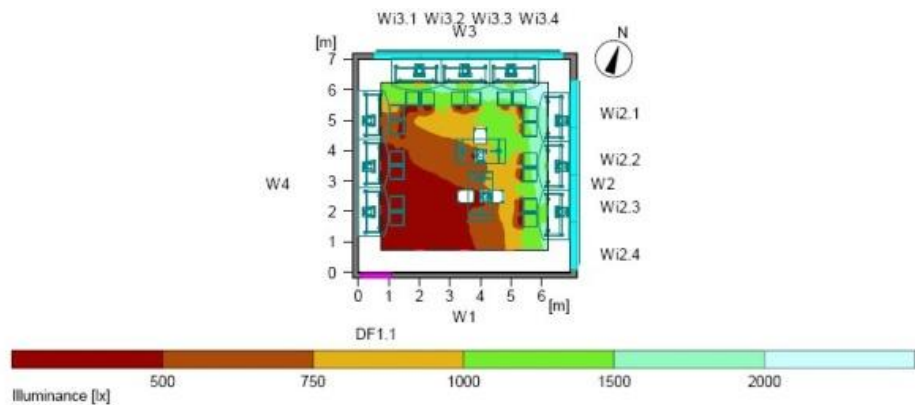
General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Date, Time:

Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 2.7
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.2
Maximum daylight ratio : Dmax : 11.8

Αίθουσα Α.5



General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Date, Time:

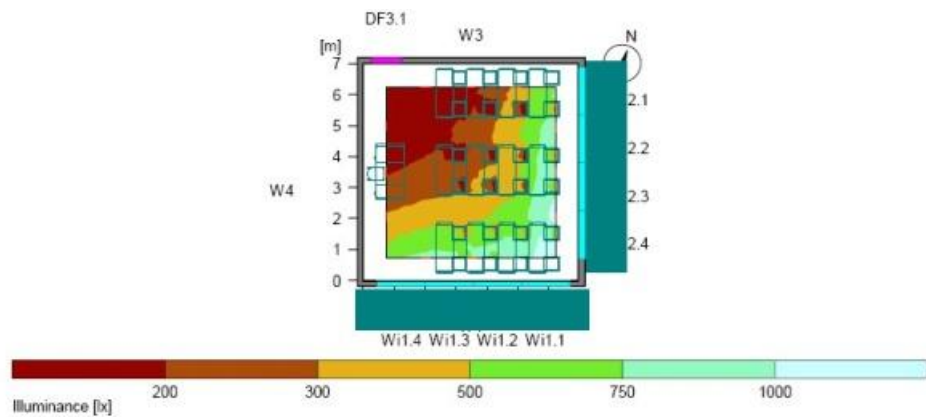
Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 5.9
Dmin : 0.9
Dmax : 15.9

Αίθουσα Α.8



General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Date, Time:

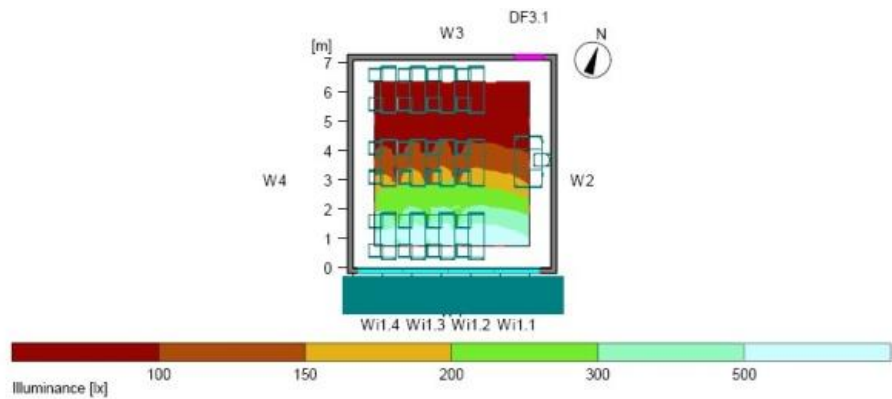
Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 2.88
Dmin : 0.71
Dmax : 7.6

Αίθουσα A.9

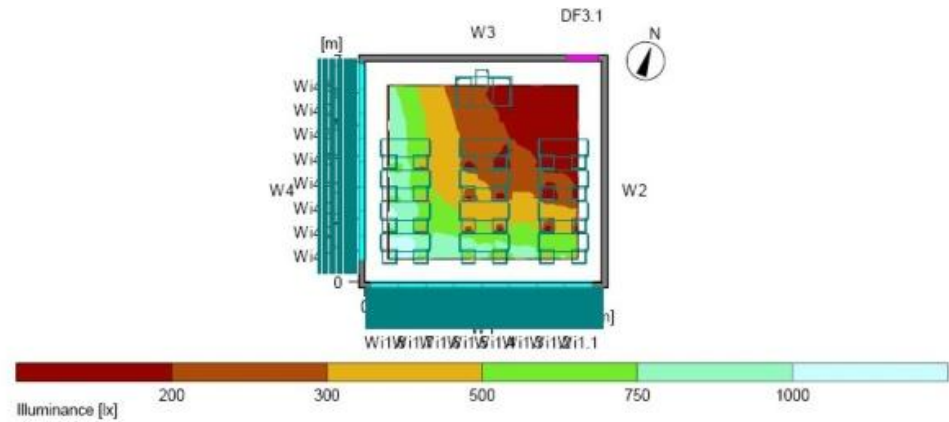


General
 Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE
 Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
 Location: Voula, Athens
 Latitude (degrees): 37.50 °
 Longitude (degrees): 23.45 °
 North angle: 19.00 °

Illuminance
 Average daylight ratio: Dav : 1.41
 Minimum daylight ratio: Dmin : 0.26
 Maximum daylight ratio: Dmax : 5.04

Αίθουσα B.1

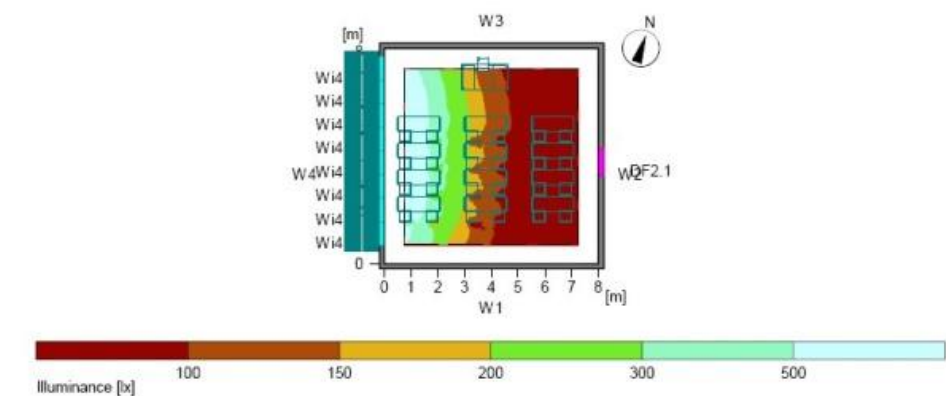


General
 Calculation algorithm used: Average indirect fraction
 Height of evaluation surface: 0.75 m
 Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE
 Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
 Location: Voula, Athens
 Latitude (degrees): 37.50 °
 Longitude (degrees): 23.45 °
 North angle: 19.00 °

Illuminance
 Average daylight ratio: Dav : 2.99
 Minimum daylight ratio: Dmin : 0.6
 Maximum daylight ratio: Dmax : 7.8

Αίθουσα B.2



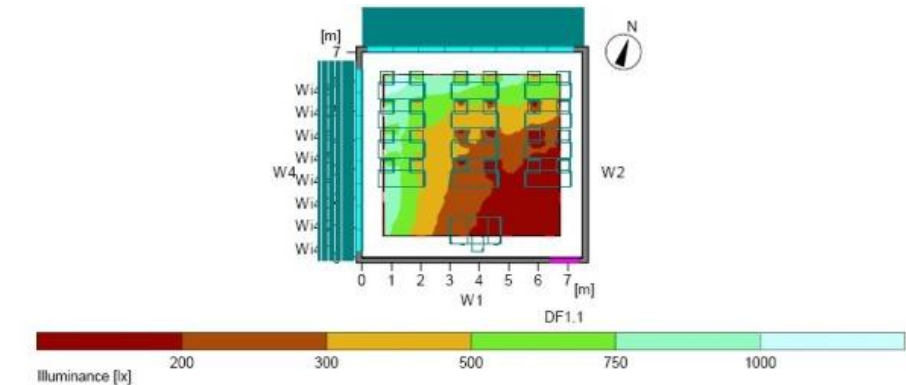
General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Date, Time:

Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 1.39
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.14
Maximum daylight ratio : Dmax : 5.37

Αίθουσα B.3



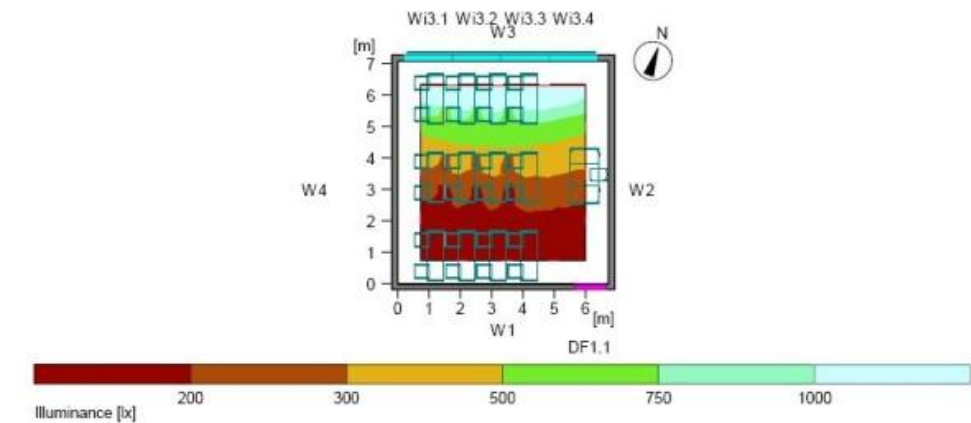
General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Date, Time:

Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 2.93
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.77
Maximum daylight ratio : Dmax : 7.7

Αίθουσα B.4



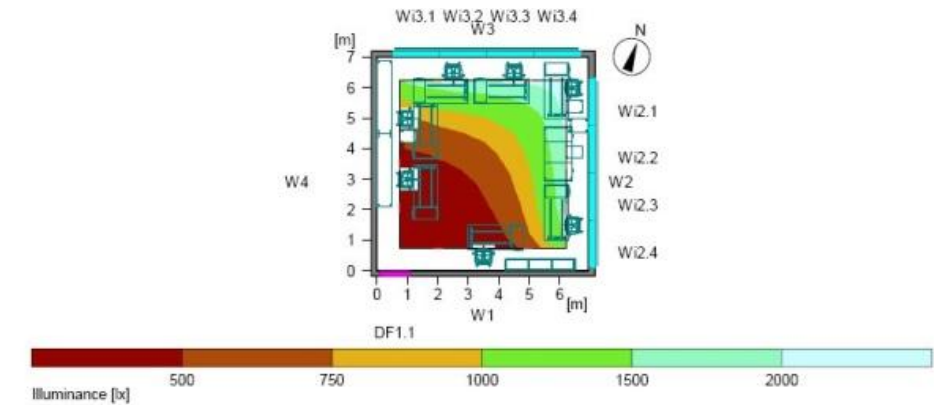
General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Date, Time:

Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio Dav : 3.2
Minimum daylight ratio Dmin : 0.5
Maximum daylight ratio Dmax : 11.1

Αίθουσα B.5



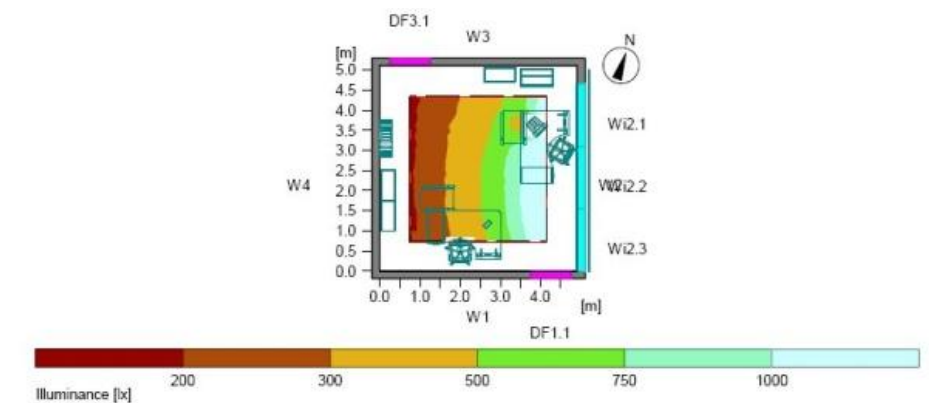
General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Date, Time:

Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio Dav : 6.2
Minimum daylight ratio Dmin : 1.5
Maximum daylight ratio Dmax : 15.1

Αίθουσα B.8

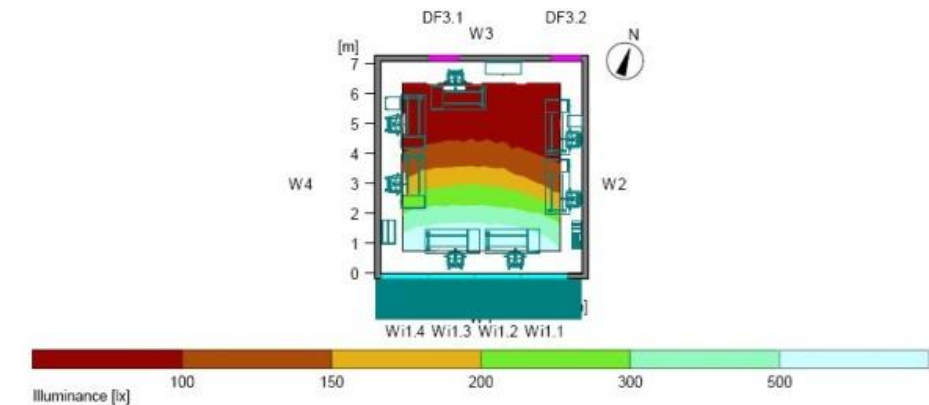


General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE
Date, Time:
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio
Dav : 3.8
Dmin : 1.3
Dmax : 11

Αίθουσα B.9

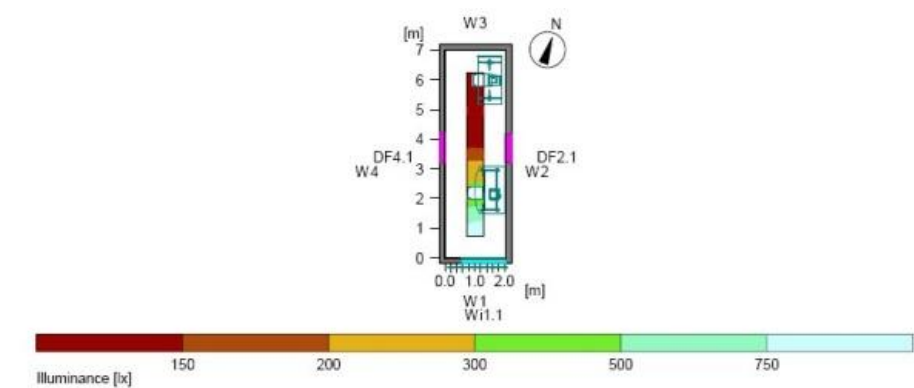


General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE
Date, Time:
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio
Dav : 1.59
Dmin : 0.31
Dmax : 5.8

Αίθουσα B.10



General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Date, Time:

Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE

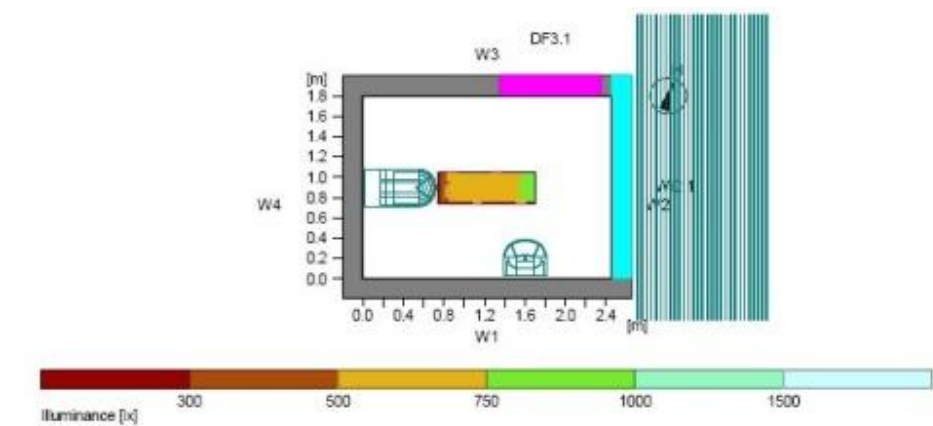
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 2.03
Dmin : 0.29
Dmax : 7.46

Αίθουσα B.11



General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Date, Time:

Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE

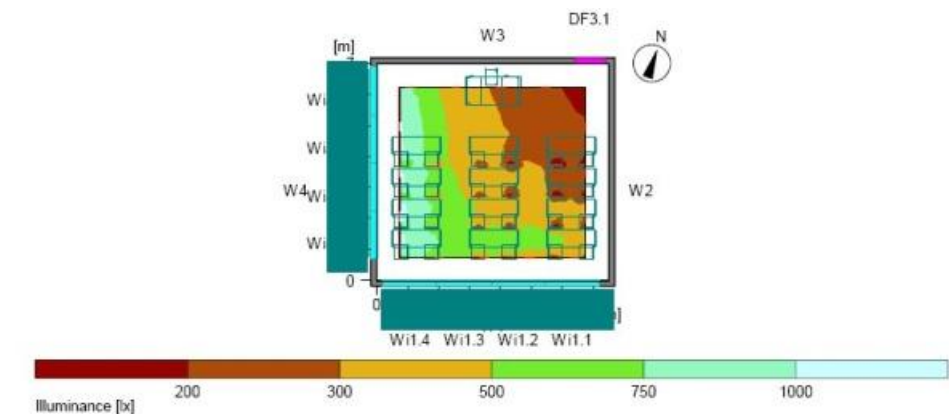
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 4.36
Dmin : 3.34
Dmax : 5.79

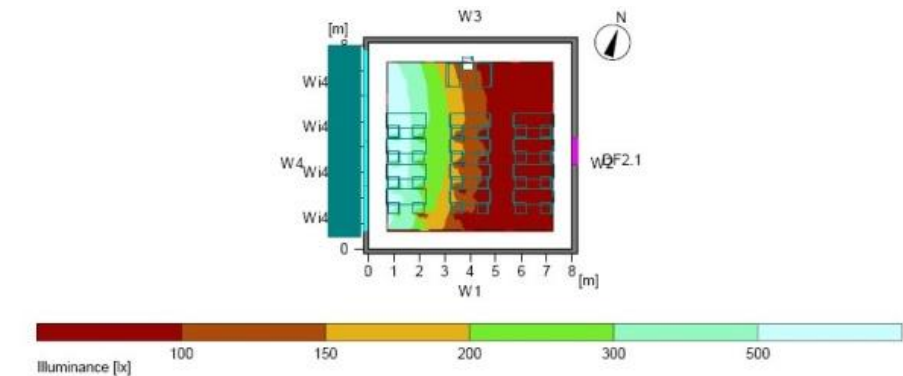
Αίθουσα Γ.1



General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)
Geographical data:
Location: Voula, Athens
Latitude (degrees): 37.50 °
Longitude (degrees): 23.45 °
North angle: 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio: Dav : 3.19
Minimum daylight ratio: Dmin : 1.29
Maximum daylight ratio: Dmax : 7.18

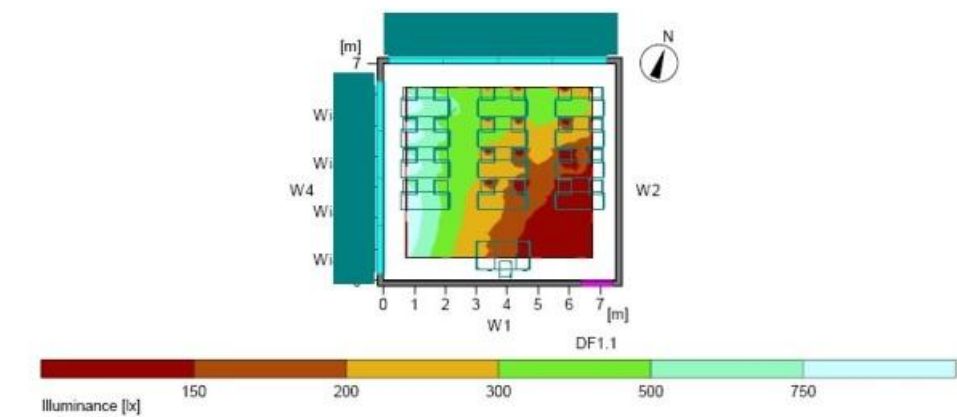
Αίθουσα Γ.2



General
Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)
Geographical data:
Location: Voula, Athens
Latitude (degrees): 37.50 °
Longitude (degrees): 23.45 °
North angle: 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio: Dav : 1.35
Minimum daylight ratio: Dmin : 0.18
Maximum daylight ratio: Dmax : 5.3

Αίθουσα Γ.3



General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE

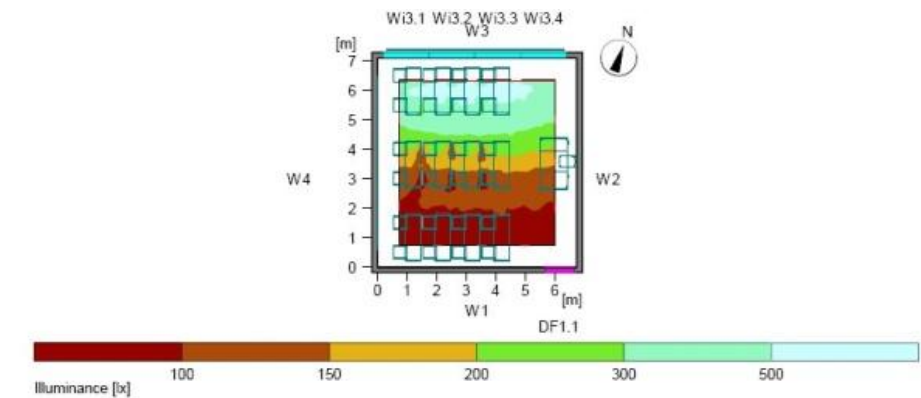
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 2.28
Dmin : 0.57
Dmax : 6.27

Αίθουσα Γ.4



General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE

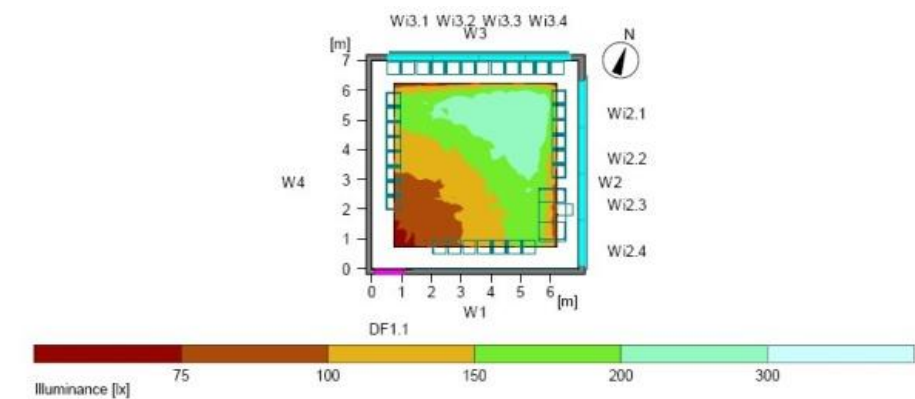
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 1.57
Dmin : 0.31
Dmax : 3.93

Αίθουσα Γ.5



General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Date, Time:

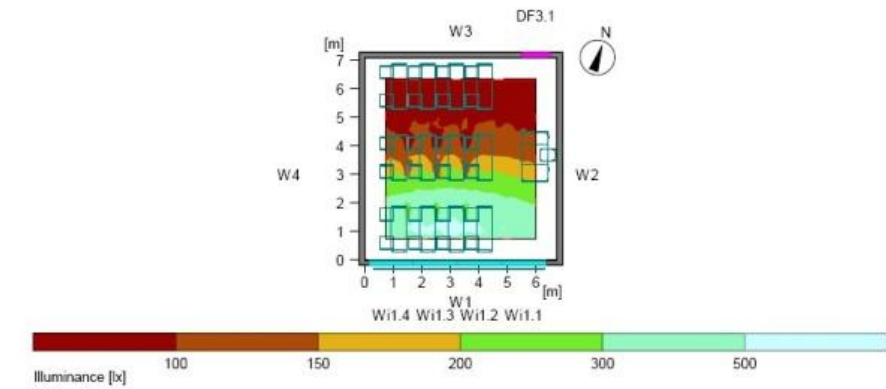
Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE
21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 1.09
Dmin : 0.48
Dmax : 1.97

Αίθουσα Γ.9



General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Calculation mode used:
Date, Time:

Average indirect fraction
0.75 m
Overcast sky acc. CIE
21.03. 10:28 (TST 09:55)

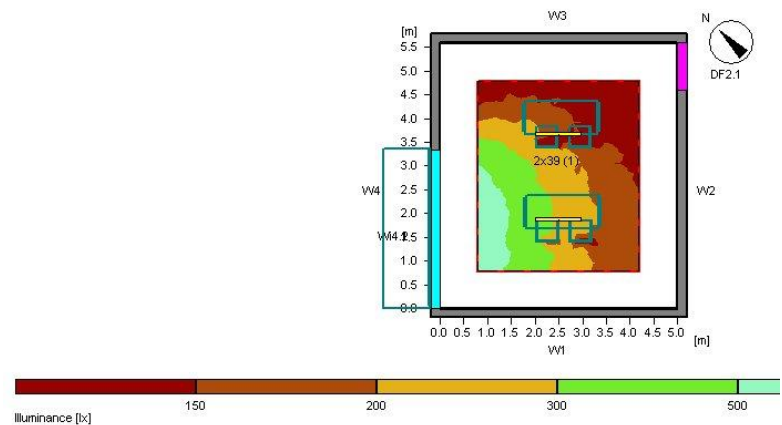
Geographical data:
Location : Voula, Athens
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : 19.00 °

Illuminance
Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 1.45
Dmin : 0.34
Dmax : 3.66

3° δημοτικό Βούλας

Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων_1 A



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:

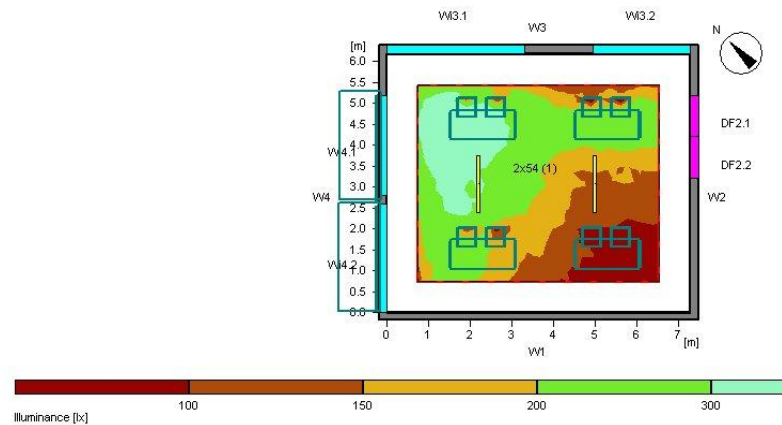
Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : -45.00 °

Illuminance

Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 1.76
Dmin : 0.69
Dmax : 4.72

Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων_2 A



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:

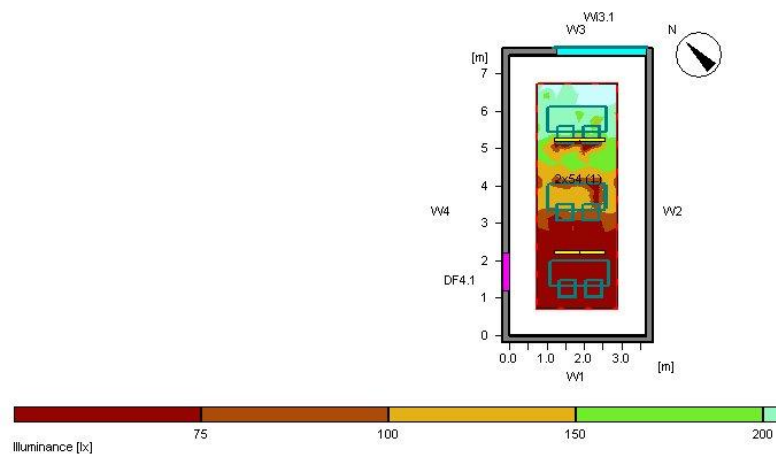
Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : -45.00 °

Illuminance

Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 1.44
Dmin : 0.34
Dmax : 2.75

Βιβλιοθήκη Α



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 3.00 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

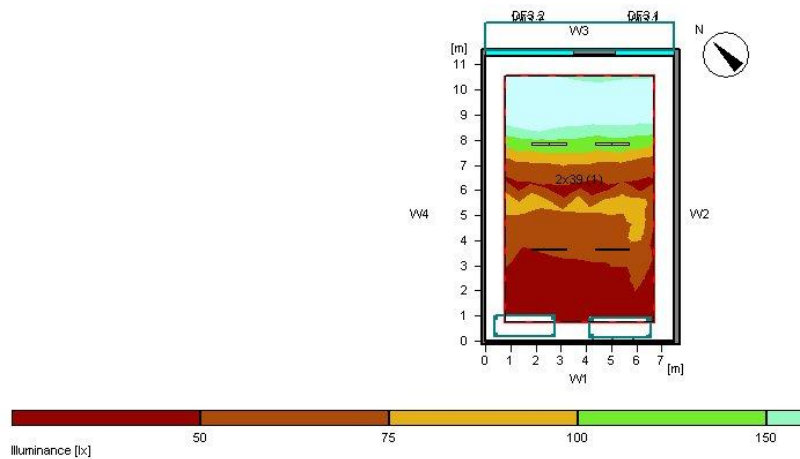
Geographical data:

Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : -45.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : 0.87
Minimum daylight ratio : 0.15
Maximum daylight ratio : 3.65

Χωλ εισόδου Α



General

Calculation algorithm used: Average indirect fraction
Height of evaluation surface: 0.75 m
Height of luminaire plane: 3.40 m
Calculation mode used: Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

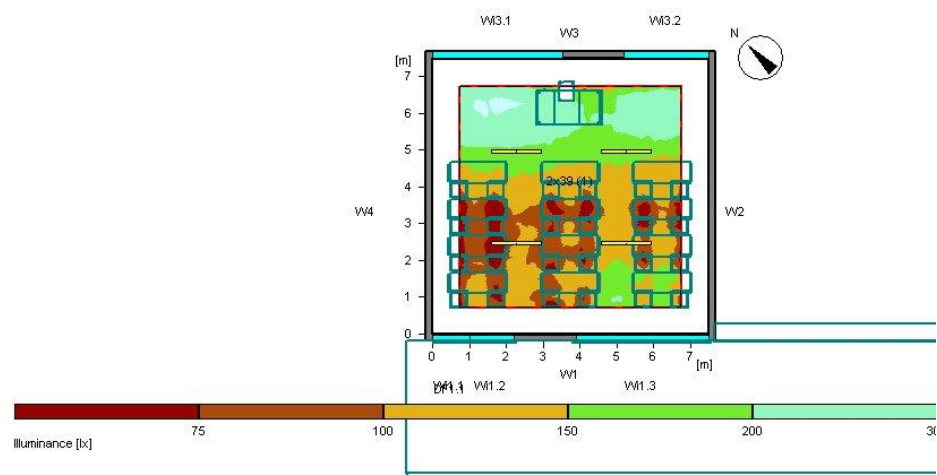
Geographical data:

Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : -45.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : 0.78
Minimum daylight ratio : 0.21
Maximum daylight ratio : 2.33

Αίθουσα διδασκαλίας.(B1)

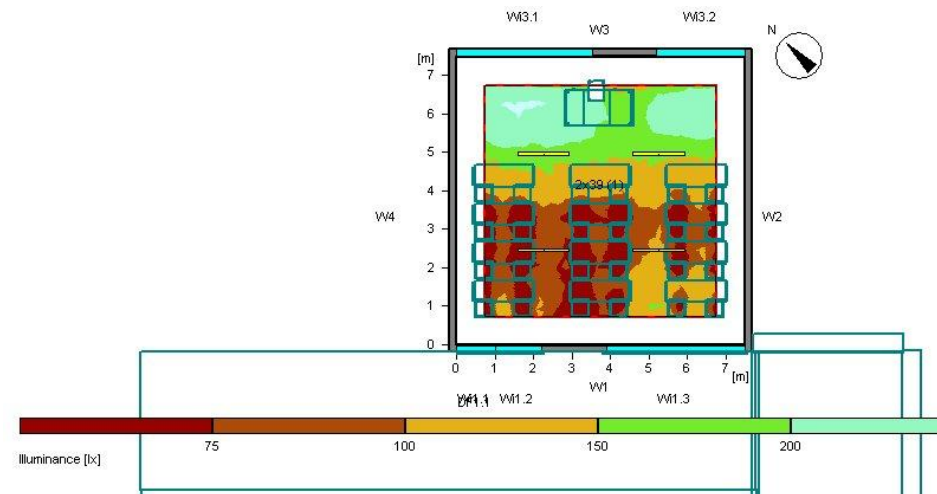


General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:
Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:
Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : -45.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 1.02
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.4
Maximum daylight ratio : Dmax : 2.24

Αίθουσα διδασκαλίας.(B2)

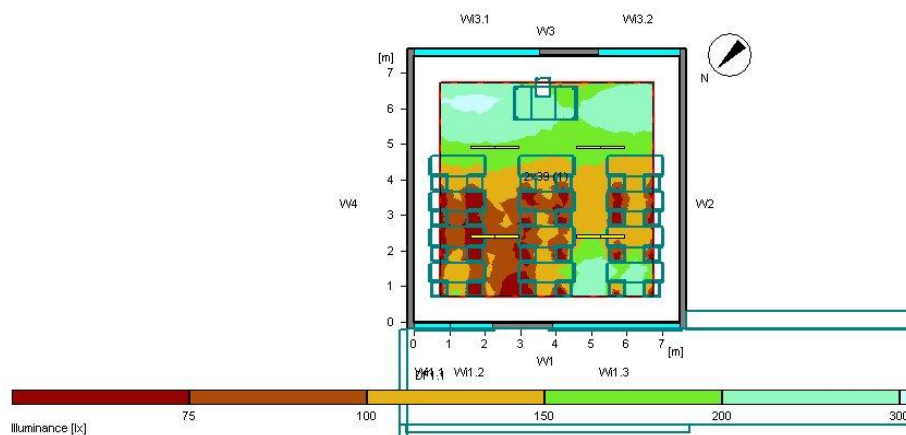


General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:
Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE
Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

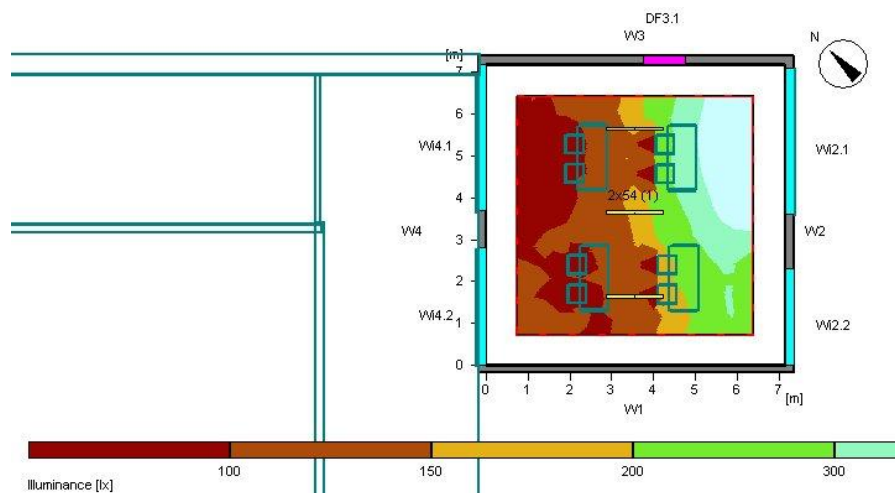
Geographical data:
Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : -45.00 °

Illuminance
Average daylight ratio : Dav : 0.92
Minimum daylight ratio : Dmin : 0.26
Maximum daylight ratio : Dmax : 2.14

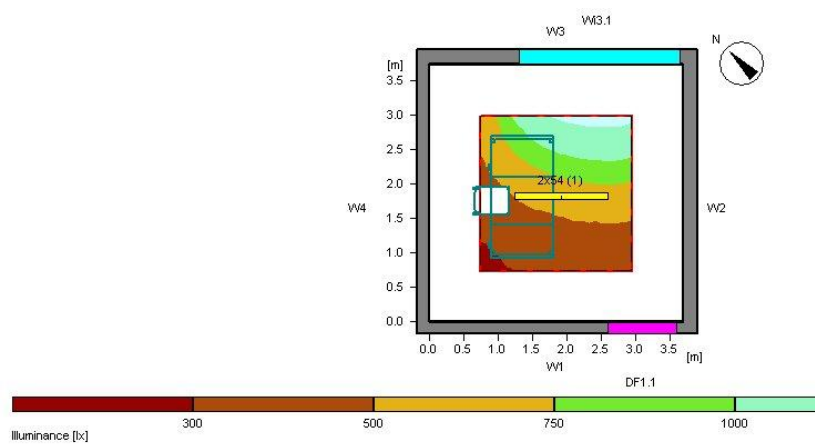
Αίθουσα διδασκαλίας.(B3)



Γραφείο δασκάλων Β



Γραφείο διευθυντή Β



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

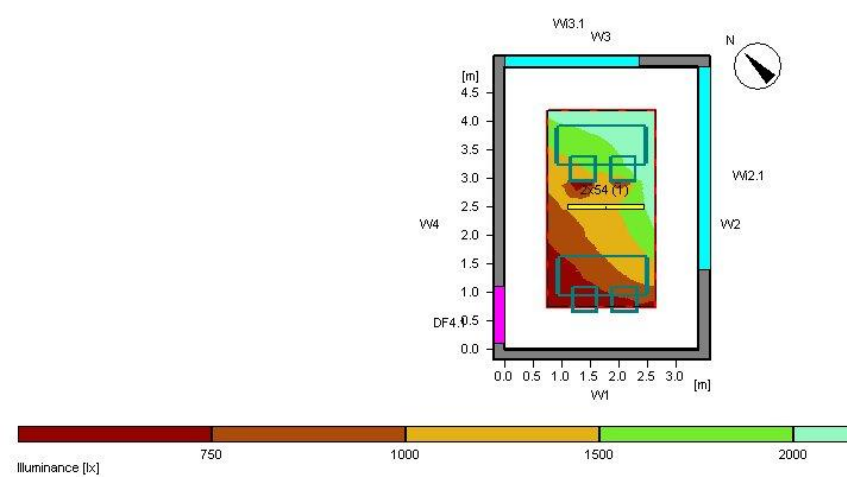
Geographical data:

Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : -45.00 °

Illuminance

Average daylight ratio : 4.8
Minimum daylight ratio : 1.9
Maximum daylight ratio : 11.5

Γραφείο.συλλόγου Β



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time: 21.03. 10:28 (TST 09:55)

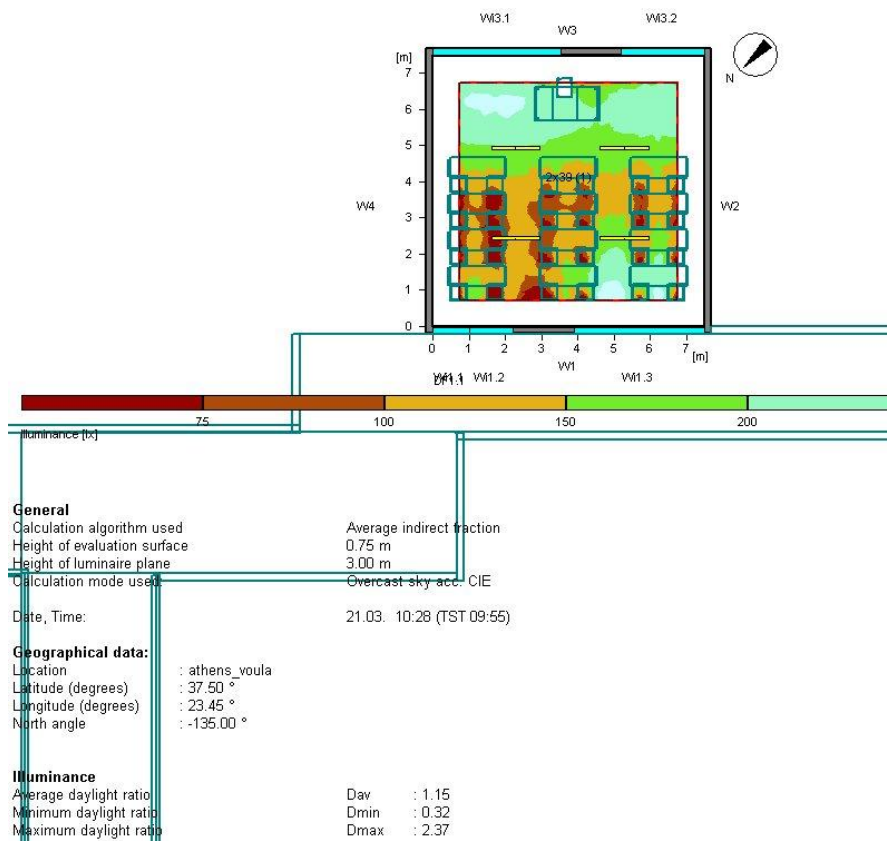
Geographical data:

Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : -45.00 °

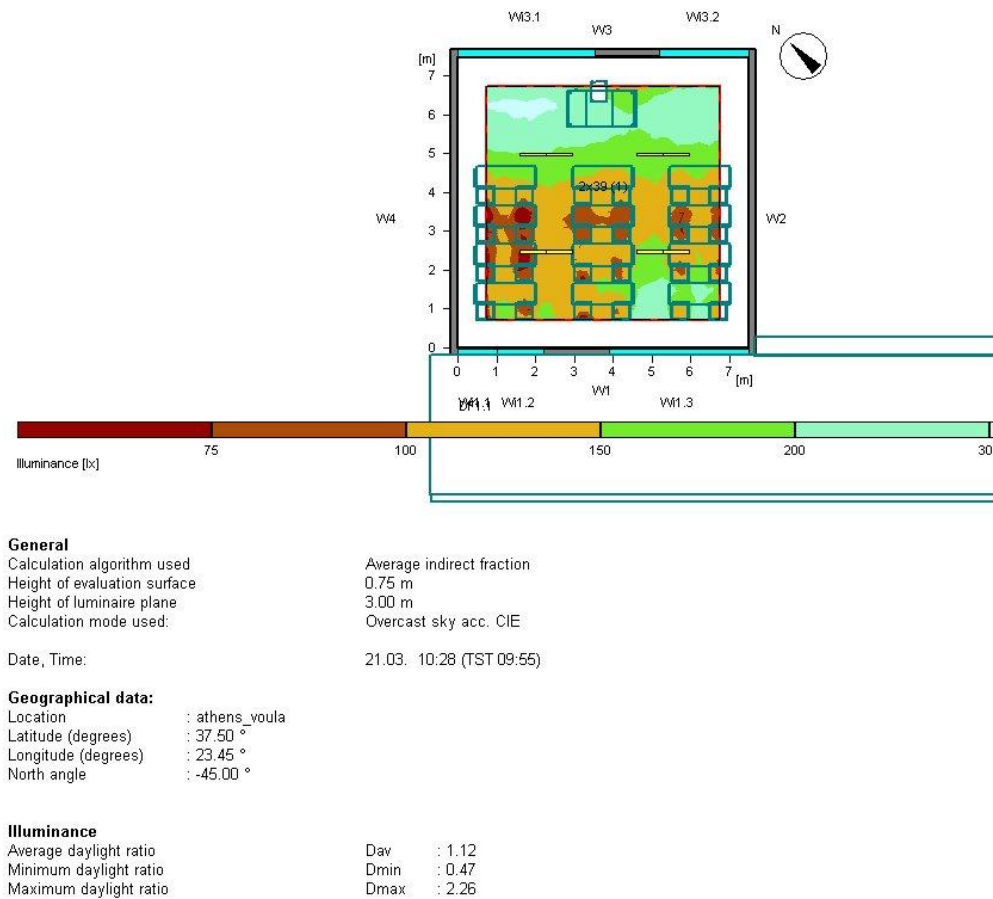
Illuminance

Average daylight ratio : 9.6
Minimum daylight ratio : 3.6
Maximum daylight ratio : 17.9

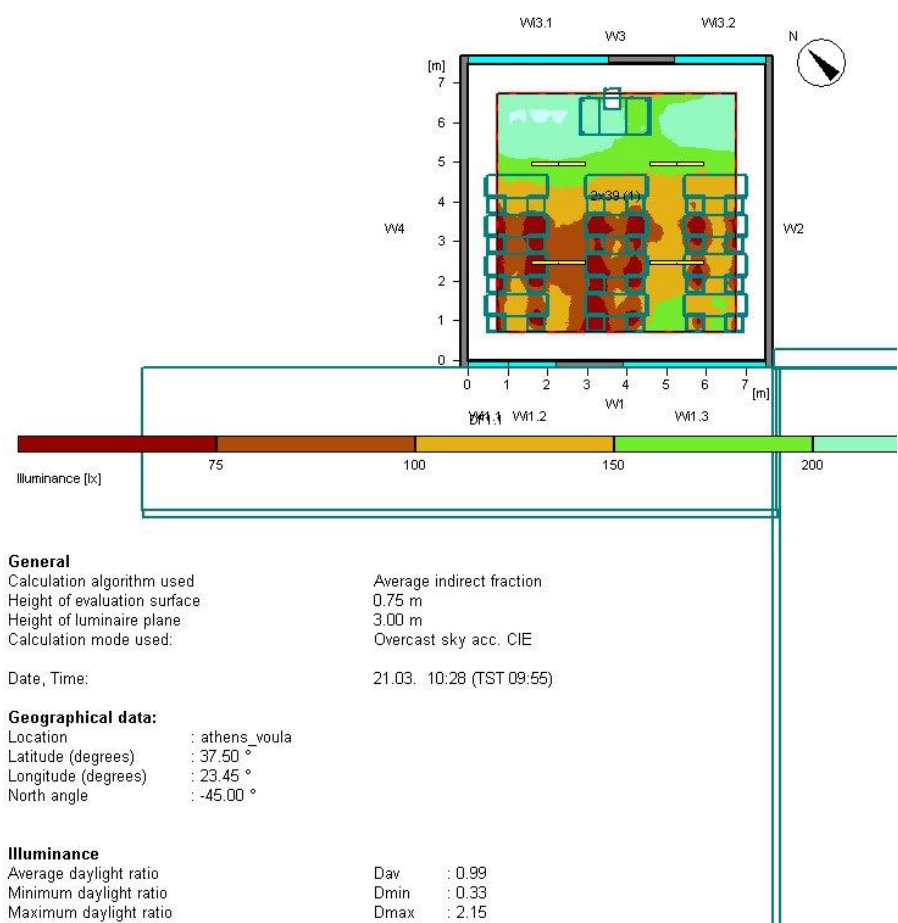
Αίθουσα διδασκαλίας.(Ε') Γ



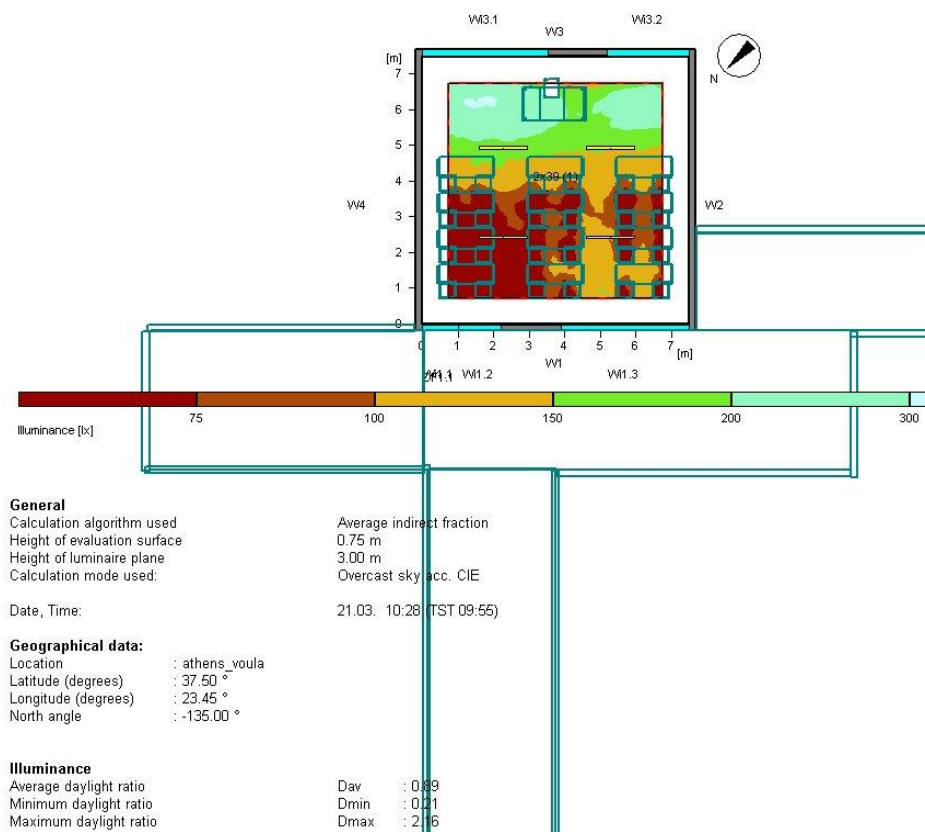
ΑΙΘ.ΔΙΔΑΣΚ.(Γ1)



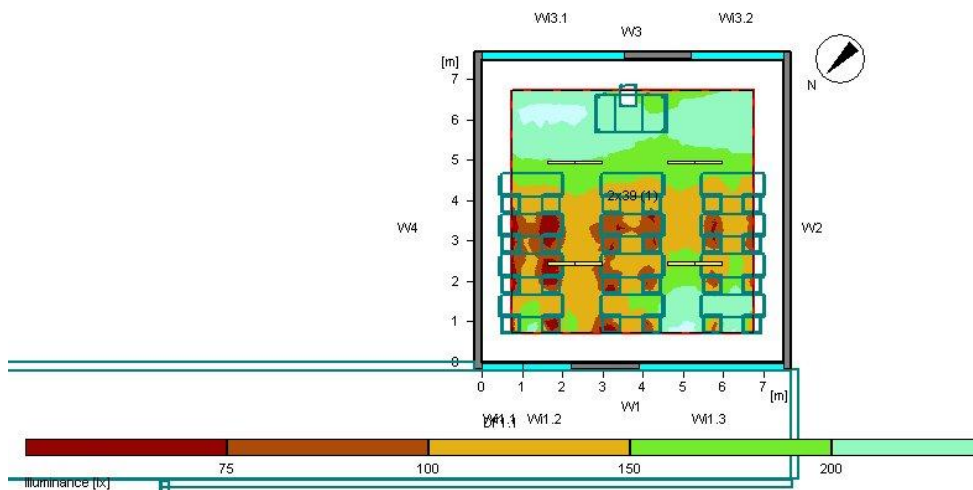
Αίθουσα διδασκαλίας.(Γ2)



Αίθουσα διδασκαλίας.(Δ') Γ



Αίθουσα διδασκαλίας (ΣΤ') Γ



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:

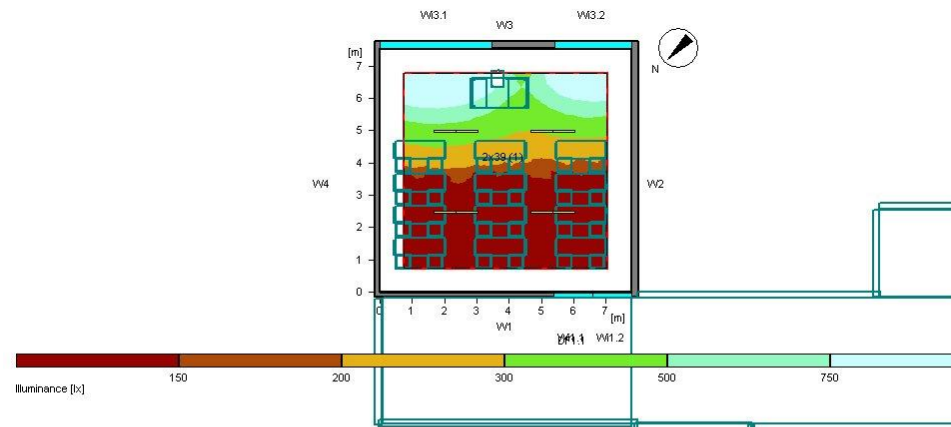
Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : -135.00 °

Illuminance

Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 1.14
Dmin : 0.4
Dmax : 2.22

Αίθουσα φυσικής-χημείας Γ



General

Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Calculation mode used:

Average indirect fraction
0.75 m
3.00 m
Overcast sky acc. CIE

Date, Time:

21.03. 10:28 (TST 09:55)

Geographical data:

Location : athens_voula
Latitude (degrees) : 37.50 °
Longitude (degrees) : 23.45 °
North angle : -135.00 °

Illuminance

Average daylight ratio
Minimum daylight ratio
Maximum daylight ratio

Dav : 2.1
Dmin : 0.2
Dmax : 11.7

ΦΛΟΓΑ EXPRESS

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ Δ. ΠΡΑΓΙΑ Α.Ο.Ε.

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΒΙΩΣ

3 ΒΕΜΠΟ 6 - ΑΓ. ΠΑΥΛΟΝ 14 105 61

Α.Ο.Μ. 084018520 Δ.Ο.Υ. ΠΑΥΛΟΝ

ΤΗΛ. 98 43 480 - 98 33 812

ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ

ΕΤΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΗΝ ΑΓΑΘΟΝ

Τίμος αλφ Ημερίδα 6/3/08

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ: ΔΗΜ.Ι. ΒΟΥΛΑΣ

ΕΤΑΙΡΕΙΑ: ΣΟΤΑ ΔΕΛ. ΕΟΛ237810 ΕΟ19

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: Κ. ΛΑΜΠΑΝΙΔΗΣ 10 ΠΟΛΗ: ΒΟΥΛΑ

Δ.Ο.Υ.: ΠΑΥΛΟΝ Α.Ο.Μ. 090336007

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΤΑΞΙΑ: 6.91/6.3.08/195 Έντα

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΑΘΩΝ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ	ΤΙΜΗ ΜΕΤΡΗΣΙΑΣ	Α.Σ.Τ.Α
<u>Διμερ Σερπ. ενεργ. κομην</u>	<u>24</u>	<u>0000</u>	<u>098695</u>	<u>179390</u>
		<u>ΕΛΤ</u>		<u>6,00</u>
				<u>179,90</u>
<u>ΑΓ. ΠΑΥΛΟΝ</u>				<u>619</u>
<u>ΠΟΛ. ΒΟΥΛΑ</u>				<u>5400</u>
<u>ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ</u>		<u>0,295 - 0,031 - 0,319 x 3000</u>		<u>120390</u>
<u>ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ</u>				<u>120390</u>

ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΣΥΝΤΑΚΣΙΣ

1. ΠΡΟΣΤΑΥΕΙΤΕ ΤΗΝ ΑΓΑΘΟΝ

2. ΤΗΝ ΑΓΑΘΟΝ ΤΗΝ

Α.Σ.Τ.Α

Φ.Τ.Α. Α9

Ε.Ο.Υ. Ε

Α.Σ.Τ.Α

Φ.Τ.Α. Α9

Ε.Ο.Υ. Ε

120390

23634

148024

FLORA EXPRESS ΔΙΑΚΟΝΟΥΔΟΥ & - ΠΡΑΓΙΑ Α. Ο.Ε. ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΙΔΙΩΝ - ΒΕΜΠΟ 6 Α ΤΑΥΡΑΔΑ Τ.Κ. 105 01 - Φ.Μ. 084018529 Δ.Ο.Υ. ΤΑΥΡΑΔΑΣ ΤΗΛ. 96 43 468 - 98 33 612	No 1618 ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ (ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΛΑΤΗ ΑΓΟΡΑΣΗ) Τόπος Αθήνα Ημερία 25/10/88																									
ΕΠΩΝΥΜΙΑ: ΔΗΜΟΣ ΒΟΥΛΑΣ	ΔΕΝ ΕΧΕΙΣ 355801P																									
ΕΠΙΣΤΑΣΙΑ: ΣΟΤΑ																										
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: Κ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΗ 10	ΠΟΛΗ: ΒΟΥΛΑ																									
Δ.Ο.Υ.: ΠΑΥΣΑΔΑΣ	Α.Φ.Μ.: 090336403																									
ΣΧΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Γ. 2004/82 10.08 / 2P ΝΟΤΙΑΣ																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΟΡΑΣΗ</th> <th style="width: 10%;">ΜΑΣ.</th> <th style="width: 15%;">ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ</th> <th style="width: 15%;">ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ</th> <th style="width: 10%;">Α Σ Ι Α</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">diesel εσωτερικών λυχνιών</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">B</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">1300</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">9816,51 αλφ</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">979,61 360</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">έξωτος πετρελαιοίου</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">976,31</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="padding: 5px;"> ΣΕΙΒΑΡΥΝΕΙ ΤΟΝ ΠΕΛΑΤΗ-ΑΓΟΡΑΣΤΗ: 0,293 - 0,029 = 0,264 x 1300 </td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> - 346,40 </td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="padding: 5px;"> ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΕΛΑΤΗ-ΑΓΟΡΑΣΤΗ 2025/08 </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΟΡΑΣΗ	ΜΑΣ.	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	Α Σ Ι Α	diesel εσωτερικών λυχνιών	B	1300	9816,51 αλφ	979,61 360	έξωτος πετρελαιοίου				976,31	ΣΕΙΒΑΡΥΝΕΙ ΤΟΝ ΠΕΛΑΤΗ-ΑΓΟΡΑΣΤΗ: 0,293 - 0,029 = 0,264 x 1300				- 346,40	ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΕΛΑΤΗ-ΑΓΟΡΑΣΤΗ 2025/08					
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΟΡΑΣΗ	ΜΑΣ.	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	Α Σ Ι Α																						
diesel εσωτερικών λυχνιών	B	1300	9816,51 αλφ	979,61 360																						
έξωτος πετρελαιοίου				976,31																						
ΣΕΙΒΑΡΥΝΕΙ ΤΟΝ ΠΕΛΑΤΗ-ΑΓΟΡΑΣΤΗ: 0,293 - 0,029 = 0,264 x 1300				- 346,40																						
ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΕΛΑΤΗ-ΑΓΟΡΑΣΤΗ 2025/08																										
ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ: επικοινωνία εβδόμη για την Κ. ΣΠΟΒΙ ΕΠΙΣΤΑΣΙΑ		ΑΣΙΑ																								
ΗΜΕΡΗΣΙΟ: X		Φ.Π.Α. Α%																								
ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ: X		ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ: X																								
ΣΥΝΟΛΟ: 979,61		ΣΥΝΟΛΟ: 979,61																								
ΣΥΝΟΛΟ: 979,61		ΣΥΝΟΛΟ: 979,61																								

[illegible]

FLORA EXPRESS
ΕΦΑΝΟΠΟΙΟΥΣ & ΠΡΑΓΙΑ Α.Ο.Ε.
ΕΜΠΟΡΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ
2 ΒΕΜΠΟ 8 ΑΓΛΥΦΑΔΑ Τ.Κ.16561
Α.Φ.Μ. 084018529 Δ.Ο.Υ. ΤΑΥΦΑΔΑΣ
ΤΗΛ 9642468 - 9633872

ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ
(ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΩΛΗΣΗ ΑΓΑΘΩΝ)

Τόπος: Αθήνα Ημερ.: 22/10/08

ΕΠΩΝΥΜΙΑ: ΔΗΜΟΣ ΒΟΥΛΑΣ
ΕΠΙΣΤΕΥΜΑ: ΟΟΤΑ ΔΕΛΤ 604267301010
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: Κ. ΚΑΡΑΜΑΝΟΥΔΗ 10 ΠΩΛΗ: ΒΟΥΛΑ
Δ.Ο.Υ.: ΓΛΥΦΑΔΑΣ Α.Φ.Μ.: 090336402
ΣΧΗΤΙΚΑ ΠΑΡΑΤΑΚΤΑ: Γ 808/22.10.08/3P ΔΗΜΟΣ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΑΘΩΝ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤΗΤ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	Α Σ Ι Α
diesel ενεργοποιησ κεντρο	Η	3000	98165 €/MT	1633,08 6,00
				1639,08
παραβολοει				
ΕΠΙΒΑΡΥΝΕΙ ΤΟΝ ΠΕΛΑΤΗ-ΑΓΟΡΑΣΤΗ:				
1. 11% - 0,021 (Cash discount) ** Χ ποσότητα + 0,01 Α.Π.Α.				5,44
0,363 - 0,021 Χ 0,975 Χ 3000				
ΜΕΤΕΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΕΛΑΤΗ-ΑΓΟΡΑΣΤΗ (1) -				
				2024,108

ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ πληρ. δαπάνες οφείλει ο πελάτης 1083,08
Κ. ΚΑΡΑΜΑΝΟΥΔΗ ΕΠΙΣΤΕΥΜΑ ΕΠΙΣΤΕΥΜΑ
ΜΕΤΡΗΣΗ Ε ΕΚΔΟΣΗ Ε ΑΣΙΑ 19% 205,77
ΟΛΙΚΟ € 1288,79

ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ
(ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΩΛΗΣΗ ΑΓΑΘΩΝ)

Τόπος: Αθήνα Ημερ.: 31/10/08

ΕΠΩΝΥΜΙΑ: ΔΗΜΟΣ ΒΟΥΛΑΣ
ΕΠΙΣΤΕΥΜΑ: ΟΟΤΑ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: Κ. ΚΑΡΑΜΑΝΟΥΔΗ 10 ΠΩΛΗ: ΒΟΥΛΑ
Δ.Ο.Υ.: ΓΛΥΦΑΔΑΣ Α.Φ.Μ.: 090336402
ΣΧΗΤΙΚΑ ΠΑΡΑΤΑΚΤΑ: Ε. 61/31.10.08/3P ΔΗΜΟΣ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΑΘΩΝ	Μ.Μ.	ΠΟΣΟΤΗΤ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	Α Σ Ι Α
diesel Αρτοποια	Η	1500	935131 €/MT	833,96 4,50
				831,46

ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ πληρ. δαπάνες οφείλει ο πελάτης 831,46
Κ. ΚΑΡΑΜΑΝΟΥΔΗ ΕΠΙΣΤΕΥΜΑ ΕΠΙΣΤΕΥΜΑ
ΜΕΤΡΗΣΗ Ε ΕΚΔΟΣΗ Ε ΑΣΙΑ 19% 159,98
ΟΛΙΚΟ € 989,44

ΠΡΟΣΦΟΡΑ

Πρός: ΔΗΜΟ ΒΟΥΛΑΣ			Ημερομηνία: 10-07-2009			Κωδ. Πελάτη:					
Υπ' όψιν:			Τηλ: 210 #####			Project: Β"ΛΥΚΕΙΟ/Β"ΔΗΜΟΤΙΚΟ/Β"ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ/Γ"ΔΗΜΟΤΙΚΟ					
Από: κ. ΝΙΚΟ ΚΙΟΥΡΤΣΙΔΗ			Φαξ: 210 #####			Αυξ. Αριθμ. Προσφοράς:					
ΚΟΙΝΟΠΟΙΗΣΗ: κ. ΑΝΤΩΝΗ ΚΙΟΥΡΤΣΙΔΗ			Σελ: 2			Ισχύς Προσφοράς: ΕΩΣ 30 - 10 - 2009					
Α/Α	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Μ.Μ.*	ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ NETTO € / Μ.Μ.	Ε.Π.Π.*	ΣΥΣΚ.	ΠΑΡΑΔΟΣΗ		€
									Αποθήκη Προμηθευτή	Αποθήκη ΚΑΠΠΑ	
Β"ΛΥΚΕΙΟ:											
1	999-22089515-00	PCA 2/39 T5 ECO Ip η	1TMX	TRIDONIC.ATCO	80	44,79	80	25	ΣΕ ΣΤΟΚ	Κ.Π.	5.106,29
2	999-22089477-00	PCA 2/54 T5 ECO Ip	1TMX	TRIDONIC.ATCO	80	44,79	80	25	ΣΕ ΣΤΟΚ	Κ.Π.	
3	999-86458258-00	SMART - LS II Ip	1TMX	TRIDONIC.ATCO	80	19,03	80	25	ΣΕ ΣΤΟΚ	Κ.Π.	
Β"ΔΗΜΟΤΙΚΟ:											
1	999-22089515-00	PCA 2/39 T5 ECO Ip η	1TMX	TRIDONIC.ATCO	96	44,79	96	25	ΣΕ ΣΤΟΚ	Κ.Π.	6.127,55
2	999-22089477-00	PCA 2/54 T5 ECO Ip	1TMX	TRIDONIC.ATCO	96	44,79	96	25	ΣΕ ΣΤΟΚ	Κ.Π.	
3	999-86458258-00	SMART - LS II Ip	1TMX	TRIDONIC.ATCO	96	19,03	96	25	ΣΕ ΣΤΟΚ	Κ.Π.	
Β"ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ:											
1	999-22089515-00	PCA 2/39 T5 ECO Ip η	1TMX	TRIDONIC.ATCO	16	44,79	16	25	ΣΕ ΣΤΟΚ	Κ.Π.	1.021,26
2	999-22089477-00	PCA 2/54 T5 ECO Ip	1TMX	TRIDONIC.ATCO	16	44,79	16	25	ΣΕ ΣΤΟΚ	Κ.Π.	
3	999-86458258-00	SMART - LS II Ip	1TMX	TRIDONIC.ATCO	16	19,03	16	25	ΣΕ ΣΤΟΚ	Κ.Π.	
Β"ΔΗΜΟΤΙΚΟ:											
1	999-22089515-00	PCA 2/39 T5 ECO Ip η	1TMX	TRIDONIC.ATCO	45	44,79	96	45	ΣΕ ΣΤΟΚ	Κ.Π.	2.872,29
2	999-22089477-00	PCA 2/54 T5 ECO Ip	1TMX	TRIDONIC.ATCO	45	44,79	96	45	ΣΕ ΣΤΟΚ	Κ.Π.	
3	999-86458258-00	SMART - LS II Ip	1TMX	TRIDONIC.ATCO	45	19,03	96	45	ΣΕ ΣΤΟΚ	Κ.Π.	
*Μ.Μ.=Μονάδα Μέτρησης			*Ε.Π.Π.=Ελάχιστη Ποσότητα Παραγγελίας								

*Μ.Μ.=Μονάδα Μέτρησης *Ε.Π.Π.=Ελάχιστη Ποσότητα Παραγγελίας

ΘΕΜΑ:ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ (2° ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ ΒΟΥΛΑΣ)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΕΜ.	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΑ
Φωτιστικό φθορισμού IKARUS T5 2X54W με παραβολική περσίδα	16	71,44	1.143,09
Λαμπτήρας φθορισμού T5 Ho 39W-54W	32	2,58	82,42
Πλαφονιέρα εξωτερικής τοποθέτησης από χυτοπρεσαρστό αλουμίνιο με γυαλί αμμοβολής, ισχύος 1x E27max 100W	14	31,35	438,96
Λαμπτήρας οικονομίας FLE 23W→120W GE	14	5,49	76,82
Σύνολο			1.741,29€

ΘΕΜΑ: ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ (2° ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΒΟΥΛΑΣ)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΕΜ.	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΑ
Φωτιστικό φθορισμού IKARUS T5 2X39W με παραβολική περσίδα	17	65,07	1.1064,21
Φωτιστικό φθορισμού IKARUS T5 2X54W με παραβολική περσίδα	109	71,44	7.787,31
Λαμπτήρας φθορισμού T5 Ho 39W-54W	252	2,58	649,04
Πλαφονιέρα εξωτερικής τοποθέτησης από χυτοπρεσαρστό αλουμίνιο με γυαλί αμμοβολής, ισχύος 1x E27max 100W	38	31,35	1.191,47
Λαμπτήρας οικονομίας FLE 23W→120W GE	38	5,49	208,51
Σύνολο			10.942,54€

ΘΕΜΑ: ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ (3° ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΒΟΥΛΑΣ)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΕΜ.	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΑ
Φωτιστικό φθορισμού IKARUS T5 2X39W με παραβολική περσίδα	3	65,07	195,21
Φωτιστικό φθορισμού IKARUS T5 2X54W με παραβολική περσίδα	49	71,44	3.500,73
Λαμπτήρας φθορισμού T5 Ho 39W-54W	104	2,58	267,86
Πλαφονιέρα εξωτερικής τοποθέτησης από χυτοπρεσαρστό αλουμίνιο με γυαλί αμμοβολής, ισχύος 1x E27max 100W	26	31,35	815,21
Λαμπτήρας οικονομίας FLE 23W→120W GE	26	5,49	142,66
Σύνολο			4.921,67€

ΘΕΜΑ: ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ (2^ο ΛΥΚΕΙΟ ΒΟΥΛΑΣ)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΕΜ.	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΞΙΑ
Φωτιστικό φθορισμού IKARUS T5 2X39W με παραβολική περσίδα	60	65,07	3.904,31
Φωτιστικό φθορισμού IKARUS T5 2X54W με παραβολική περσίδα	20	71,44	1.428,86
Λαμπτήρας φθορισμού T5 Ho 39W-54W	160	2,58	412,09
Πλαφονιέρα εξωτερικής τοποθέτησης από χυτοπρεσαρστό αλουμίνιο με γυαλί αμμοβολής, ισχύος 1x E27max 100W	22	31,35	689,80
Λαμπτήρας οικονομίας FLE 23W→120W GE	22	5,49	120,71
Πλαφονιέρα εξωτερικής τοποθέτησης από χυτοπρεσαρστό αλουμίνιο με γυαλί αμμοβολής, ισχύος 2x18W, με ενσωματωμένο σύστημα έναυσης	24	52,63	1263,13
Λαμπτήρας φθορισμού G24d-2 Biax D 18w GE	48	2,24	107,50
Φωτιστικό δρόμου εξωτερικής χρήσης Cluce Armature Stradali 500133.170 SHP-E 1X70W με ενσωματωμένο λαμπτήρα νατρίου υψηλής πίεσης	4	162,37	649,48
Σύνολο			8.575,88€

ΘΕΜΑ : ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ(2^ο ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ ΒΟΥΛΑΣ)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Δίκτυο αερίου (ΧΑΛΥΒΔΙΝΟ)	1.072,76 €
Καυστήρας Φυσικού Αερίου RIELLO	1.031,47 €
Σύστημα Ανίχνευσης	354,88 €
Λέβητα RIELLO	1.320,32 €
Εργασίες Λεβητοστάσιου	825,20 €
Σύνολο	4.604,63 €

Η τιμή προσφοράς μας για το σύνολο των εργασιών όπως παραπάνω περιγράφονται είναι 4.604,63 €.

ΘΕΜΑ : ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ(2^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΒΟΥΛΑΣ)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Δίκτυο αερίου (ΧΑΛΥΒΔΙΝΟ)	1.237,80 €
Καυστήρας Φυσικού Αερίου RIELLO	2.021,74 €
Σύστημα Ανίχνευσης	354,88 €
Λέβητα De Dietrich	4.464,33 €
Εργασίες Λεβητοστάσιου	1.320,32 €
Σύνολο	9.399,06 €

Η τιμή προσφοράς μας για το σύνολο των εργασιών όπως παραπάνω περιγράφονται είναι 9.399,06 €.

ΘΕΜΑ : ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ(2^ο ΛΥΚΕΙΟ ΒΟΥΛΑΣ)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Δίκτυο αερίου (ΧΑΛΥΒΔΙΝΟ)	1.856,70 €
Καυστήρας Φυσικού Αερίου RIELLO	2.021,74 €
Σύστημα Ανίχνευσης	355,38 €
Καπναγωγός 2m	115,00 €
Σύνολο	4.348,82 €

Η τιμή προσφοράς μας για το σύνολο των εργασιών όπως παραπάνω περιγράφονται είναι 4.348,82 €.

ΘΕΜΑ : ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ/ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ(3^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΒΟΥΛΑΣ)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Καυστήρας Πετρελαίου RIELLO	866,02 €
Λέβητας RIELLO	3.099,72 €
Εργασίες Λεβητοστάσιου	820,44 €
Σύνολο	4.786,18 €

Η τιμή προσφοράς μας για το σύνολο των εργασιών όπως παραπάνω περιγράφονται είναι 4.786,18 €.