

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πρόταση Ενεργειακής Αναβάθμισης του Πολεμικού Μουσείου
της Αθήνας. Περιβαλλοντολογικά, Ενεργειακά και
Οικονομικά οφέλη



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: Μανουσαρίδου Βαρβάρα ΑΜ: 00333

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΑΡΡΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2020

Περιεχόμενα

Σύνοψη	4
Περιγραφή Κεφαλαίων	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	7
Εισαγωγή.....	7
Μουσεία	10
Πολεμικό Μουσείο της Αθήνας	11
Δεδομένα Πολεμικού Μουσείου	15
Ενέργεια- Νομοθεσία	16
Θέρμανση – Ψύξη	19
Συστήματα Φωτισμού	21
Κουφώματα και κέλυφος	22
Κατανάλωση Ενέργειας	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	25
Φωτισμός.....	25
Πλεονεκτήματα λαμπτήρων LED	29
Μειονεκτήματα λαμπτήρων LED	31
Αντιστοιχία φωτιστικής απόδοσης μεταξύ λαμπτήρα φθορισμού και λαμπτήρα Led ..	32
Συνδυασμός φυσικού – τεχνητού φωτισμού	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	43
Θερμικές απώλειες	43
Επεμβάσεις στα κουφώματα	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	61
Κέλυφος.....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο	81
Φωτοβολταϊκά	81
Πλεονεκτήματα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	84
Μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	85
Ηλιακή ακτινοβολία στην Ελλάδα	85
Τρόποι αξιοποίησης Φ/Β	86
Συνθήκες λειτουργίας Φ/Β στοιχείων	87
Διαθέσιμοι χώροι τοποθέτησης Φ/Β	88
Οικονομική μελέτη επένδυσης σε φωτοβολταϊκά συστήματα	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο	96
Έξυπνο σύστημα ελέγχου	96
“έξυπνα κτίρια”.....	Error! Bookmark not defined.
Το σύστημα BEMS	98
Δομή ενός τυπικού συστήματος BMS	100
Έξυπνος φωτισμός	102
Γενικά Συμπεράσματα	105

Βιβλιογραφία	107
--------------------	-----

Σύνοψη

Στην εποχή που ο κτηριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο καθώς και η σημαντική επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους ένα μουσείο μπορεί να δώσει το παράδειγμα για ένα καλύτερο περιβάλλον.

Αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της ενεργειακής αναβάθμισης του Πολεμικού Μουσείου Αθηνών με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας. Το Πολεμικό Μουσείο είναι ένα κτήριο της δεκαετίας του 1970 το οποίο παρουσιάζει αρκετές δυσλειτουργίες τόσο όσο αφορά το κέλυφος του όσο και του Η/Μ εξοπλισμού του. Πυλώνες των παρεμβάσεων θα είναι η αντικατάσταση των κουφωμάτων με σύγχρονης τεχνολογίας, η βελτίωση του κελύφους, η αντικατάσταση των λαμπτήρων με αντίστοιχους τεχνολογία LED και τέλος η εγκατάσταση συστημάτων ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά συστήματα) και η εγκατάσταση συστήματος αυτόματου ελέγχου. Θα γίνει περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης του κτηρίου και με γνώμονα τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας, και θα παρουσιαστούν παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του Μουσείου σε μια ρεαλιστική τεχνοοικονομική μελέτη.

Περιγραφή Κεφαλαίων

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην ενέργεια, στην ύπαρξη της σε κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα αλλά και στα προβλήματα που σχετίζονται με ορισμένες από τις πηγές ενέργειας (ορυκτά καύσιμα). Ταυτόχρονα παρουσιάζεται και η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση του Μουσείου.

Στη συνέχεια στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στο σύστημα φωτισμού. Αναλύονται οι διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των λαμπτήρων Φθορισμού και LED (Light Emitting Diode), τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών, πραγματοποιείται καταγραφή και καταμέτρηση ισχύος και πλήθους λαμπτήρων φθορισμού και πυρακτώσεως στο κτήριο, καθώς και η οικονομοτεχνική ανάλυση η οποία συμπεριλαμβάνει το κόστος αντικατάστασης και την χρονική περίοδο απόσβεσης αυτού.

Η επόμενη πρόταση που αναπτύσσεται στο τρίτο κεφάλαιο 3 είναι ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να αντικατασταθούν τα παλαιά κουφώματα του κτηρίου, δίνοντας παράλληλα πληροφορίες που αφορούν τα μειονεκτήματα που επηρεάζουν άμεσα το ποσοστό των απωλειών και τα πλεονεκτήματα που αποσκοπούν στην μείωση αυτών. Επιπλέον γίνεται λεπτομερής καταγραφή των παλαιών κουφωμάτων και παρουσίαση την οικονομοτεχνικής μελέτης για την αντικατάσταση αυτών.

Το τέταρτο κεφάλαιο πραγματεύεται την εγκατάσταση εξωτερικής μόνωσης τοιχοποιίας καθώς και μόνωση οροφής. Αναφέρονται πληροφορίες για αυτές, που υπερτερούν, που αδυνατούν, ο τρόπος που πραγματοποιείται η εγκατάστασή αυτών και ποια προβλήματα θα πρέπει να αποφευχθούν κατά την διάρκεια της διαδικασίας της εκάστοτε μόνωσης. Επίσης παρουσιάζεται ένα αναλυτικό κοστολόγιο και για τις δύο, όπως και η απόσβεσή του και η ενεργειακή εξοικονόμηση σε βάθος χρόνου.

Στο επόμενο στάδιο στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται μια ενεργειακή επέμβαση που αφορά κυρίως χώρες με αυξημένη ηλιοφάνεια, είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία αποτελούν μια πολυδάπανη εγκατάσταση, που όμως μπορεί να οδηγήσει στον πρωταρχικό σκοπό της πτυχιακής αυτής, που είναι η αυτονόμηση του μουσείου όσο αφορά τις παραπάνω επεμβάσεις. Στο κεφάλαιο αυτό δίνονται στατιστικά στοιχεία σχεδιασμού και σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πάνελ, γίνονται αναφορές σε πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών, παρουσιάζονται διάφορα είδη, καθώς και η μελέτη η οποία μας δείχνει το κόστος εγκατάστασης και την απόσβεσή του, σε βάθος χρόνου.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στα έξυπνα κτίρια και στα συστήματα διαχείρισης ενέργειας. Γίνεται περιγραφή του BMS, ένα σύστημα ελέγχου της ροής ενέργειας ενός κτιρίου, μπορεί να εποπτεύει όλα τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου. Η παρέμβαση που προτείνεται είναι στην αυτοματοποίηση του φωτισμού.

Σε όλα τα παραπάνω κεφάλαια εμφανίζεται μια γενική παρατήρηση της μείωσης διοξειδίου του άνθρακα, που οφείλεται στην μείωση κατανάλωσης ρεύματος και ορυκτών καυσίμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Εισαγωγή

Σχεδόν κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα εξαρτάται από την ενέργεια. Η ενέργεια είναι σε τέτοιο βαθμό αλληλένδετη με τη καθημερινή μας ζωή που μόνο η έλλειψη της καθιστά πρόδηλη την αναγκαιότητά της. Ταυτόχρονα η ενεργειακή κατανάλωση συνδέεται άμεσα με την οικολογική ισορροπία του πλανήτη μας. Η συγκέντρωση του κόσμου στα μεγάλα αστικά κέντρα, τα μέσα μεταφοράς, η ένταση των δραστηριοτήτων και γενικά ο τρόπος ζωής επέφεραν αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Ωστόσο η παραγωγή ενέργειας σε όλα τα στάδια της προκαλεί υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Στην Ελλάδα σχεδόν το 70% από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου προέρχεται από τον τομέα της ενέργειας και το 60% αυτών οφείλεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι δύο τομείς με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας είναι ο κτιριακός τομέας και ο τομέας των μεταφορών.

Τα κτίρια αποτελούν ένα μεγάλο ενεργειακό καταναλωτή που, ταυτοχρόνως, διαθέτει υψηλό δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας. Η κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα (για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης), αντιστοιχεί στο 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της Ευρώπης. Η κατανάλωση είναι είτε θερμικής μορφής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, και το αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, είναι η μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Ο ελληνικός τομέας των κτηρίων έχει έντονο ενεργειακό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα, αυτό οφείλεται κυρίως στη χρήση πρωτογενών υλών, κατανάλωσης φυσικών πόρων και παραγωγής ρύπων και αποβλήτων. Επιπλέον, τα ελληνικά κτήρια χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερος ενεργοβόρος κυρίως λόγω:

α) παλαιότητάς, και

β) μη ενσωμάτωσης σύγχρονης τεχνολογίας σε αυτά.

Τα περισσότερα αντιμετωπίζουν θέματα όπως:

- Μερική ή παντελή έλλειψη θερμομόνωσης: Η πλειοψηφία των κτιρίων έχουν κατασκευαστεί πριν από το έτος 1980, και γι' αυτό παρουσιάζουν ελλιπή ή καθόλου θερμομονωτική προστασία και ηλεκτρομηχανολογικές (H/M) εγκαταστάσεις με χαμηλές αποδόσεις.
- Χρήση παλαιάς τεχνολογίας κουφωμάτων (πλαίσια/μονοί υαλοπίνακες),
- Ελλιπής ηλιο-προστασία των νότιων και δυτικών όψεων τους,
- Ανεπαρκή συντήρηση συστημάτων θέρμανσης/κλιματισμού με αποτέλεσμα χαμηλή απόδοση,
- Μη επαρκή αξιοποίηση του υψηλού ηλιακού δυναμικού της χώρας,

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ηλικίες των κτιρίων μπορεί να κατανεμηθούν σε 3 βασικές περιόδους, οι οποίες διαφοροποιούνται με βάση το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο, το οποίο αρχικά υιοθετήθηκε το 1980 με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) και στη συνέχεια το 2010 με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) και ανάλογα με την ποιοτική κατάσταση και τις εφαρμοζόμενες τεχνολογίες του κελύφους και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Κατά συνέπεια, οι ηλικιακές κλάσεις που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση είναι οι παρακάτω:

- πριν το 1980, όπου τα κτίρια είναι θερμικά απροστάτευτα,
- από το 1981 έως το 2000, όπου σταδιακά εφαρμόζονται συστήματα θερμομόνωσης και άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής τους απόδοσης,

- από το 2001 έως το 2010, όπου αναπτύσσονται και εφαρμόζονται νέες τεχνολογίες και προϊόντα.

Με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών και οικονομικά αποτελεσματικών τεχνολογιών είναι δυνατή η επίτευξη σημαντικής βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων με αντίστοιχα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. Δεν θα πρέπει να αμελήσουμε το σημαντικό ρόλο της συμπεριφοράς του χρήστη στη εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς μεγάλο πρόβλημα είναι η ελλιπής ενημέρωση τους σε θέματα ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης της ενέργειας, που οδηγεί συχνά σε σπάταλες συμπεριφορές όπως εγκατάσταση μεμονωμένων κλιματιστικών συστημάτων χωρίς μελέτη, χρήση συσκευών χαμηλής απόδοσης κλπ.

Μουσεία

Τα ιδρύματα των μουσείων, είτε πρόκειται για σημαντικά τουριστικά αξιοθέατα είτε για μικρές συλλογές σπιτιών, αποτελούν μέρος της σφαίρας γνώσης συμβάλλοντας στη σύνδεση του παρελθόντος με το παρόν. Τα μουσεία διαμορφώνουν την άποψή μας για τον κόσμο. Μας βοηθούν να καταλάβουμε ποιο είμαστε και ο κόσμος στον οποίο ζούμε. Επιδρούν πώς σκεφτόμαστε και τον τρόπο με τον οποίο συμπεριφερόμαστε. Ως εκ τούτου, είναι μοναδικά τοποθετημένα για να βοηθήσουν να αλλάξουν στάση απέναντι σε κάθε είδους σύγχρονα ζητήματα. Τα μουσεία είναι ιδανικά τοποθετημένα για να κάνουν τη διαφορά. Ένα από αυτά τα ζητήματα είναι το περιβάλλον και η διαχείριση της ενέργειας.

Οι εσωτερικές κλιματολογικές συνθήκες των μουσείων, των αρχείων, των γκαλερί και των βιβλιοθηκών είναι υψίστης σημασίας για την παροχή κατάλληλων συνθηκών για τη διατήρηση των αντικειμένων, ενώ παράλληλα η ενεργειακή απόδοση είχε γίνει όλο και πιο σημαντικό

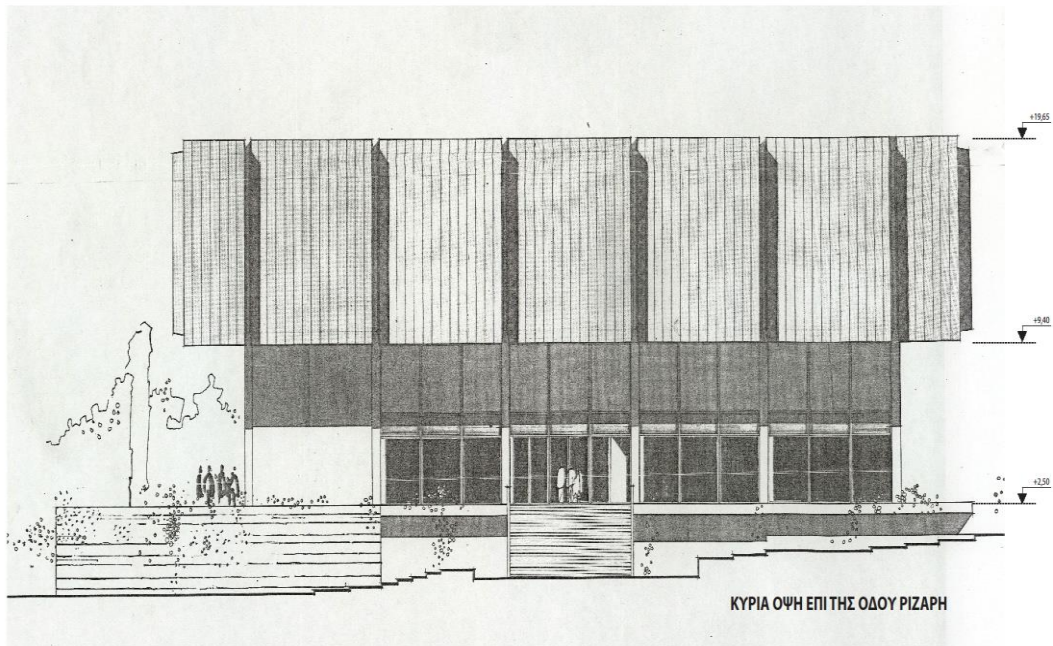
ζήτημα για τα μουσεία καθώς οι λογαριασμοί ενέργειας συνέχισαν να αυξάνονται και η βιωσιμότητα τους γίνεται ένα σημαντικό θέμα.

Μέχρι τώρα, οι αυστηρές συνθήκες διατήρησης που απαιτούν οι συλλογές τους έχουν αποτρέψει τα μουσεία να ανταποκριθούν στις ανάγκες της βιώσιμης ανάπτυξης. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, έχουν δείξει ότι είναι δυνατή η εναρμόνιση του απαιτητικού κόστους ενέργειας ενός μουσείου με σεβασμό στο περιβάλλον. Τα βιώσιμα μουσεία του 21ου αιώνα είναι ενεργειακά αποδοτικά, διαχειρίζονται αειφόρα και ευαισθητοποιούν το κοινό για τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Δεν πρόκειται μόνο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Προκειμένου ένα μουσείο να θεωρείται βιώσιμο, πρέπει επίσης να διαχειρίζεται υπεύθυνα την ενέργεια που του προσφέρεται απλόχερα. Η δέσμευσή του για το περιβάλλον πρέπει να είναι παρούσα σε όλους τους τομείς, από τις αποφάσεις των διευθυντών μέχρι τη σύνθεση της συλλογής και συμπεριλαμβάνοντας κανόνες συμπεριφοράς για τους υπαλλήλους της.

Η βιώσιμη κατασκευή και ανακαίνιση κτιρίων που αναφέρονται ως τόποι πολιτιστικού ενδιαφέροντος είναι μια συναρπαστική πρόκληση. Είναι ο καλύτερος τρόπος για να φροντίσει την κληρονομιά και τους πόρους για τις μελλοντικές γενιές και συμβάλλει στην ευαισθητοποίηση σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος.

Πολεμικό Μουσείο της Αθήνας

Το Πολεμικό Μουσείο της Αθήνας βρίσκεται στη συμβολή της λεωφόρου Βασιλίσσης Σοφίας και της οδού Ριζάρη. Το μουσείο σχεδιάστηκε από μια ομάδα διακεκριμένων επιστημόνων με επικεφαλής τον Θουκυδίδη Βαλέντη αρχιτέκτονα και καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, εγκαινιάστηκε στις 18 Ιουλίου 1975 με βασικό σκοπό να αποδώσει τιμή σε όσους αγωνίστηκαν για την ελευθερία της Ελλάδας.



Εικόνα 1: Αρχιτεκτονικό σχέδιο της κυρίας όψης του Πολεμικού Μουσείου επί της οδού Ριζάρη

Είναι ένα από τα γνωστότερα κτήρια της πόλης λόγω του ασυνήθιστου σχήματος του, αντικατοπτρίζει το εκλεκτικιστικό στυλ του κινήματος του εκσυγχρονισμού προς τα τέλη της δεκαετίας του 1950. Το πολεμικό Μουσείο είναι συγκαταλέγεται μεταξύ των εμβληματικών Bauhaus κτιρίων της Αθήνας. Το Bauhaus θεωρείται ως η απαρχή της αβάν γκαρντ της Κλασικής Μοντέρνας Εποχής στην αρχιτεκτονική και στην τέχνη. Βασικά χαρακτηριστικά του Bauhaus ήταν η απλότητα, η λειτουργικότητα και η χρηστικότητα, με ιδιαίτερη έμφαση σε γεωμετρικές φόρμες και στο χρώμα. Η σχολή Bauhaus απέρριπτε κάθε περιττό διακοσμητικό στοιχείο, θεωρώντας πως η ίδια η πρώτη ύλη περιέχει ένα είδος φυσικής και εγγενούς διακοσμητικής ικανότητας. Το Bauhaus υποστήριζε και πρόβαλε εξ αρχής την ιδέα ενός αφαιρετικού, απλού και προσανατολισμένου σε γεωμετρικές φόρμες σχεδιασμού. Τυπικά χαρακτηριστικά του παραπάνω αρχιτεκτονικού ρυθμού είναι ο πρώτος όροφος που είναι μεγαλύτερος από το ισόγειο. Ήταν το πρώτο μουσείο της Αθήνας που εξοπλίστηκε με

σύγχρονο αμφιθέατρο για διαλέξεις και προβολές, με αίθουσες συνεδριάσεων και υποδοχής, με αποθηκευτικούς χώρους καθώς και με χώρους συντήρησης και καταγραφής της συλλογής.



Εικόνα 2: Πολεμικό Μουσείο



Εικόνα 3: Πολεμικό Μουσείο κεντρική είσοδος

Διαθέτει 4 επίπεδα (ορόφους) με εκθεσιακούς χώρους, όπου παρουσιάζονται εικόνες της ελληνικής ιστορίας από τη Νεολιθική Εποχή ως σήμερα. Διαθέτει, επίσης, τρεις μόνιμες συλλογές, τη συλλογή Σαρόγλου με όπλα-κοσμήματα της Επανάστασης του 1821, τη συλλογή σπάνιων χαρτών και χαρακτηρισκών, τα πυροβόλα του Πολεμικού Ναυτικού και τα αεροσκάφη της Πολεμικής Αεροπορίας που δεσπόζουν στους υπαίθριους χώρους, μια πλούσια βιβλιοθήκη, που διαθέτει περίπου 22.000 τίτλους βιβλίων και άλλων έντυπων εκδόσεων. Το Μουσείο παρακολουθεί τις νέες μουσειολογικές τάσεις και εξελίξεις, συμμετέχει με κινηματογραφικό υλικό στην εκπομπή «Με Αρετή και Τόλμη», καθώς και στην παραγωγή ιστορικών ντοκιμαντέρ και σποτ για τις ανάγκες στρατιωτικών και πολιτικών υπηρεσιών. Έχει ενεργή συμμετοχή στη Διεθνή Έκθεση Θεσσαλονίκης και έχει ιδρύσει και παρακολουθεί παραρτήματα σε ιστορικές πόλεις της Ελλάδας (Ναύπλιο, Χανιά, Τρίπολη και Θεσσαλονίκη).

Δεδομένα Πολεμικού Μουσείου

Οι χώροι του μουσείου είναι οι παρακάτω:

Χώρος	Περιγραφή
Β' υπόγειο	Λεβητοστάσιο, γκαράζ, εργαστήρια, κοιτώνες
Α' υπόγειο	Αμφιθέατρο, φουαγιέ, καφέ, τουαλέτες, αποθήκες, γραφεία
Ισόγειο	Χολ, εκθεσιακός χώρος, βιβλιοθήκη - ταινιοθήκη, αίθριο
Ημιώροφος	Εκθεσιακός χώρος, γραφεία, αναγνωστήριο
Α' όροφος	Εκθεσιακός χώρος

Το μουσείο χωρίζεται σε 4 επίπεδα, το 1^ο υπόγειο, το 2^ο υπόγειο, το ισόγειο, τον ημιώροφο και τέλος τον 1^ο όροφο. Στο δεύτερο υπόγειο υπάρχουν τα εργαστήρια όπου γίνεται η συντήρηση, φροντίδα και επέμβαση των εκθεμάτων από φθορές. Το πρώτο υπόγειο περιλαμβάνει τους χώρους που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη των λειτουργιών του μουσείου (γραφεία των εργαζομένων). Το αμφιθέατρο ένας χώρος όπου διοργανώνονται συνέδρια και σεμινάρια και το φουαγιέ όπου συχνά γίνονται εκθέσεις και δεξιώσεις. Το ισόγειο φιλοξενεί σημαντικές συλλογές και το πωλητήριο του Μουσείου ενώ στη δυτική πλευρά του μουσείου βρίσκεται η βιβλιοθήκη του. Στον ημιώροφο βρίσκονται τα γραφεία της διοίκησης του μουσείου και εκθεσιακός χώρος. Ο πρώτος όροφος είναι και αυτός εκθεσιακός χώρος.

Ενέργεια- Νομοθεσία

Ένα σημαντικό ζήτημα που απασχολεί την κοινωνία σήμερα είναι το ενεργειακό πρόβλημα. Τη δεκαετία του 70 υπήρξαν δύο ενεργειακές κρίσεις και η ανθρωπότητα έμαθε τη λέξη ενέργεια με οδυνηρό τρόπο. Το πρόβλημα της ενέργειας εκτός από τις συνιστώσες της τιμής της, της περιβαλλοντικές επιπτώσεις (κλιματική αλλαγή), της γεωπολιτικές επιπτώσεις από την εξάρτηση (στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 50% των ενεργειακών αναγκών καλύπτεται από εισαγόμενη ενέργεια) έχει και τη συνιστώσα της εξαντλησιμότητας των συμβατικών καυσίμων (γαιάνθρακα, πετρελαίου, φυσικού αερίου και πυρηνικών καυσίμων).

Για να αντιμετωπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση αυτά τα προβλήματα θέσπισε μερικά από τα αυστηρότερα περιβαλλοντικά πρότυπα και έχει στρέψει την πολιτική της στην αύξηση της παραγόμενης ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

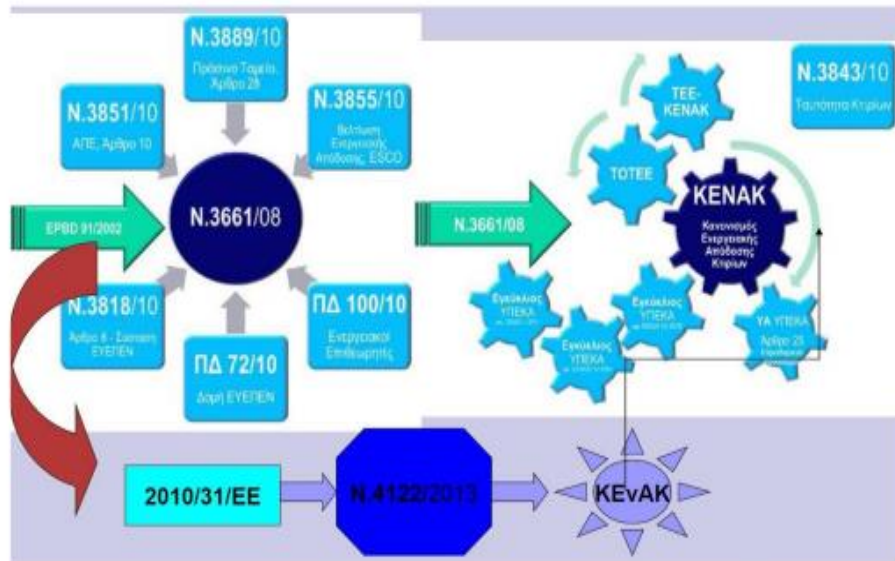
Το πρώτο βήμα για να αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή έγινε με το πρωτόκολλο του Κιότο που υπογράφηκε από 191 χώρες το 1997 αργότερα τον Μάιο του 2002 η Ευρωπαϊκή Ένωση των 15 επικυρώνει τη συμφωνία που αφορούσε την μείωση των αέριων ρύπων για την περίοδο 2008-2012 κατά 8% (Kyoto Protocol). Τον Ιανουάριο του 2007 η επιτροπή υιοθετεί την πολιτική 20-20-20, δηλαδή τη μείωση της κατανάλωσης κατά ενέργειας, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% και τέλος την αύξηση της παραγόμενης ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας κατά 20%.

Η οδηγία 2002/91/ΕΚ έχει ως στόχο την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, σε νέα και υφιστάμενα κτίρια, εντός της Κοινότητας λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες, καθώς και τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους/οφέλους.

Η Οδηγία 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων θεσπίζει μια σειρά μέτρων που έχουν σκοπό να αξιοποιηθεί το μεγάλο ανεκμετάλλευτο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Ανάμεσα τους είναι και η πρόνοια σύμφωνα με την οποία έως την 31η Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, ενώ μετά την 31η Δεκεμβρίου 2018 όλα τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησία τους πρέπει να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Το μέτρο αυτό έχει μεταφερθεί στην εθνική νομοθεσία με το άρθρο 5Α του περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Τροποητικός) Νόμου του 2012 (Ν.210(Ι)/2012).

Η οδηγία 2012/27/EU υποχρεώνει τις δημόσιες αρχές να αυξήσουν τις ανακαινίσεις στα δημόσια κτίρια από τον Ιανουάριο του 2014, 3% τουλάχιστόν των κτιριακών τους εγκαταστάσεων κάθε χρόνο. Τα δημόσια κτίρια αντιπροσωπεύουν το 12% του κτιριακού δυναμικού της ΕΕ σύμφωνα με μια μελέτη της Ecosys για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Η Ελλάδα ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης πρέπει να εναρμονιστεί με τα μέτρα και τη νομοθεσία της ΕΕ. Το 1979 έγινε η πρώτη απόπειρα για εξοικονόμηση ενέργειας με τον κανονισμό θερμομόνωσης κτιρίων. Στην προσπάθεια να εναρμονιστεί η Ελληνική νομοθεσία στην οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής 2002/91/ΕΚ ψηφίστηκε ο νόμος 3661/2008 και το ΚΕΝΑΚ που αποτελεί την υλοποίηση του. Ο ΚΕΝΑΚ αποσκοπεί στη 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.



Θεσμικό Πλαίσιο για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων

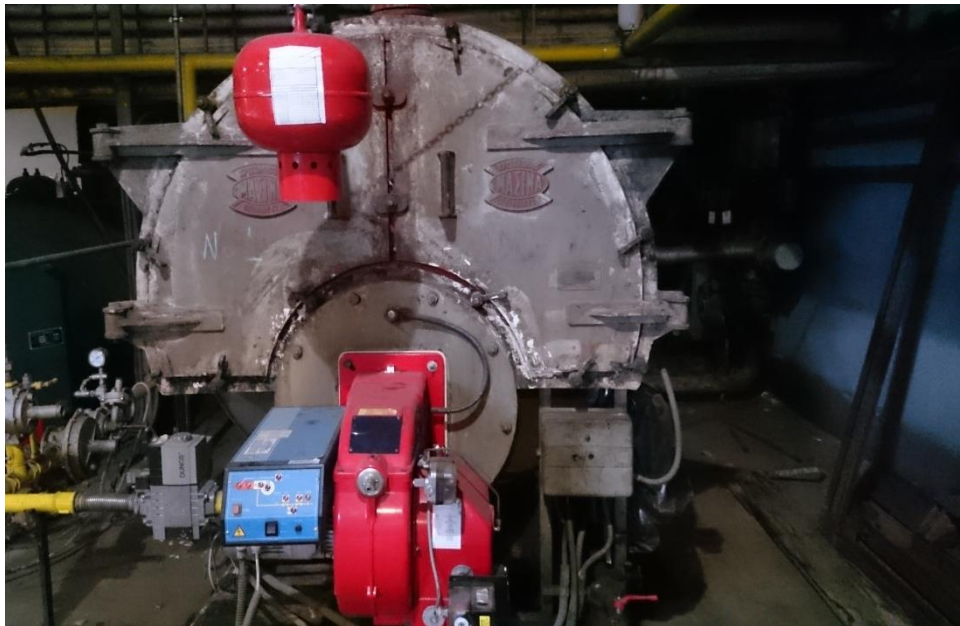
Εικόνα 4: Διαδρομή Θεσμικού Πλαισίου για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων

Επίσης το σύνολο των βασικών οδηγιών που αφορούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στην Ελλάδα είναι:

- Νόμος 3468/2006 (ΦΕΚΑ129/27.06.2006), Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαρογωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις.
- Νόμος 3851/2010, Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.
- ΚΥΑ Δ6/Β/14826 (ΦΕΚ 1122/Β/17.06.2008), Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα.
- ΚΥΑ (ΦΕΚ 1079/Β/04.06.2009), Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φ/Β Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων.

Θέρμανση – Ψύξη

Το σύστημα θέρμανσης του μουσείου αποτελείται από 3 λέβητες που συνδυάζονται με καυστήρες φυσικού αερίου εκ των οποίων ο ένας αντικαταστάθηκε πρόσφατα.



Εικόνα 5: Λέβητας (αρχικός τύπος)Πολεμικού Μουσείου



Εικόνα 6: Υφιστάμενος λέβητας Πολεμικού Μουσείου με τη χρήση νέου τύπου καυστήρα φυσικού αερίου



Εικόνα 7: Νέας τεχνολογίας λέβητας Φυσικού αερίου.

Συστήματα Φωτισμού

Το σύστημα φωτισμού αποτελείται στο μεγαλύτερο ποσοστό από λαμπτήρες φθορίου και πυρακτώσεως, ενώ σε κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις έχουν χρησιμοποιηθεί και κάποιοι λαμπτήρες τύπου led.

Λόγω των πολύ μεγάλων εκθεσιακών χώρων αλλά και των γραφείων – εργαστηρίων τα συστήματα φωτισμού καταναλώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας στο μουσείο ειδικά το χειμώνα που η διάρκεια της ημέρας είναι μικρή και η θέρμανση γίνεται με χρήση φυσικού αερίου.



Εικόνα 8: Φωτισμός σε εκθεσιακό χώρο

Κουφώματα και κέλυφος

Το κέλυφος με βάση το γεγονός ότι το κτήριο είναι κατασκευασμένο τη δεκαετία του 1970 δε φέρει καμιάς μορφή μόνωση και λόγω της αρχιτεκτονικής του ιδιαιτερότητας δεν μπορεί να γίνει κάποιου είδους εξωτερική μόνωση όπως και η οροφή του η οποία αποτελείται από σκυρόδεμα και έχει υγραμόνωση.

Τα κουφώματα στο ισόγειο και στον ημιώροφο είναι από αλουμίνιο παλαιού τύπου χωρίς θερμοδιακοπή ενώ σε μία προσπάθεια περιορισμού του φωτός έχουν προστεθεί μεμβράνες για προστασία από τον ήλιο. Αντίστοιχα, τα κουφώματα και στα 2 υπόγεια είναι μεταλλικά με μονό τζάμι παλαιού τύπου.



Εικόνα 9: Κουφώματα Πολεμικού Μουσείου

Κατανάλωση Ενέργειας

Το Πολεμικό Μουσείο λειτουργεί καθημερινά περίπου 10 - 12 ώρες τόσο ως εκθεσιακός χώρος όσο και ως χώρος γραφείων - εργαστηρίων. Η κατανάλωση ενέργειας είναι για την:

1. Την κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων,
2. Τη θέρμανση χώρων,
3. Την ψύξη χώρων,

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η συνολική ηλεκτρική κατανάλωση και φυσικού αερίου για τα έτη 2017 και 2018. Από το πρώτο διάγραμμα παρατηρούμε ότι υπάρχει μια αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τους θερινούς μήνες που οφείλεται στη χρήση της μονάδας δροσισμού των χώρων του Μουσείου και αντίστοιχη αύξηση της κατανάλωση του φυσικού αερίου κατά τους χειμερινούς μήνες.



Εικόνα 10: Συνολική Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά μήνα και έτος



Εικόνα 11: Συνολική κατανάλωση Φ.Α. ανά μήνα και έτος

Η μέση συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Μουσείου είναι περίπου 700.000 kWh ανά έτος και περίπου 500.000 kWh όσο αφορά την κατανάλωση φυσικού αερίου που σημαίνει ότι κάθε χρόνο εκλύονται μόνο από τις ενεργειακές του ανάγκες 1.020.000 kg CO₂.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Φωτισμός

Τα κράτη μέλη της ΕΕ έχουν δεσμευτεί να μειώσουν το σύνολο των οικείων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε συγκεκριμένα επίπεδα και η ΕΕ ενσωμάτωσε το Πρωτόκολλο του Κιότο στην κοινοτική νομοθεσία (Οδηγία 2003/87/ΕΚ και 2004/101/ΕΚ). Η Ελλάδα ως κράτος μέλος της ΕΕ έχει επικυρώσει το εν λόγω Πρωτόκολλο και συμμετέχει στην αναφερόμενη διαδικασία μείωσης εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα CO₂, σε όλους του τομείς υποστηρίζοντας τη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών ρύπων. Στο πλαίσιο αυτό η πρόταση για αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού με αντίστοιχους light emitting diode (LED) αφορά σε πρώτο στάδιο στο σύνολο εξοικονόμησης ενέργειας όπως προβλέπεται και από το νόμο (ΦΕΚ 1122 Β'17-6-08 μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα). Η συνολική αναβάθμιση ενός υφιστάμενου συστήματος φωτισμού μπορεί να αφορά την αναβάθμιση του τεχνητού φωτισμού, αλλά και στην εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού.

Στην Ελλάδα ο φωτισμός αποτελεί το 20% της τελικής ηλεκτρικής κατανάλωσης, και ενδεχομένως περισσότερο εάν η εγκατάσταση έχει εξαιρετικά ξεπερασμένο και αναποτελεσματικό φωτισμό. Τα λειτουργικά έξοδα, τα οποία περιλαμβάνουν το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας και το κόστος συντήρησης, αποτελούν σημαντική δαπάνη για κάθε εγκατάσταση. Η πραγματοποίηση ακόμη και μερικών αλλαγών σε ένα παλιό σύστημα φωτισμού, είτε μέσω αντικατάστασης λαμπτήρων είτε προσαρμογής, η προσθήκη ελέγχων ή η προσαρμογή του χρώματος και της έντασης φωτισμού, είναι ένας αποδεδειγμένος τρόπος μείωσης των λειτουργικών εξόδων, όπου μπορούν να εξασφαλίσουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας ενώ παράλληλα βελτιώνουν τη συνολική ποιότητα φωτισμού του χώρου ενός κτηρίου παρέχοντας υψηλότερα επίπεδα φωτισμού. Σε ένα μουσείο ο φωτισμός είναι πολύ σημαντικός καθώς μπορεί να διαδραματίσει βασικό ρόλο:

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξει τη διάθεση του εκθεσιακού χώρου,
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τραβήξει το βλέμμα σε εκπληκτικά έργα τέχνης και γλυπτά,
- Το λεπτό παιχνίδι του φωτός και του σκότους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθοδηγήσει το ταξίδι του επισκέπτη από την είσοδο στην έξοδο,
- Να μην προκαλεί κόπωση αλλά να δημιουργεί οπτικές εμπειρίες,
- Να τονίζει τα εκθέματα και να βοηθάει στην απόλαυση της τέχνης.

Έχει διαπιστωθεί ότι, σε μεγάλο αριθμό εγκαταστάσεων είναι εφικτή η εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 30-50%, με την υιοθέτηση κατάλληλων μέτρων και τεχνικών.

Τέτοια μέτρα είναι:

- ο σωστός σχεδιασμός του τεχνητού φωτισμού,
- η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού,
- η χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης,
- η επιλογή κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων,
- η χρήση ηλεκτρονικών στραγγαλιστικών διατάξεων (διατάξεις (ballast) οι οποίες εκκινούν τον λαμπτήρα , περιορίζουν την ένταση του ρεύματος και παρέχουν τη σωστή τάση σε αυτόν.)
- η εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου,
- η σωστή συντήρηση των φωτιστικών σωμάτων

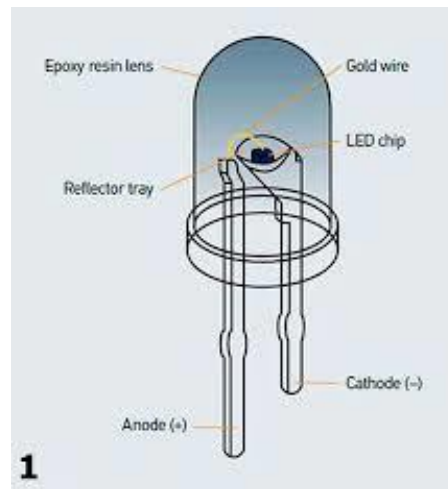
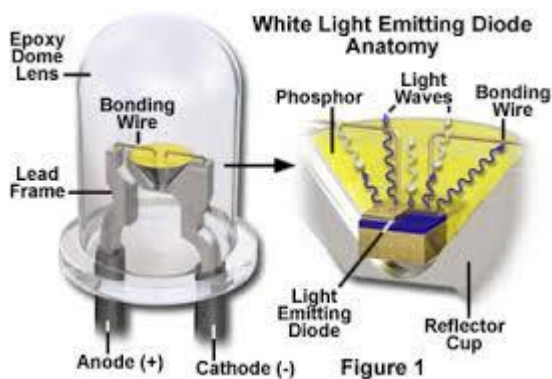
Τα συστήματα φωτισμού στο Μουσείο αποτελούνται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους από λαμπτήρες φθορίου. Λόγω των πολύ μεγάλων

εκθεσιακών χώρων αλλά και των γραφείων – εργαστηρίων τα συστήματα φωτισμού καταναλώνουν ένα μεγάλο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας στο μουσείο. Καταλαβαίνουμε την άμεση προτεραιότητα μιας παρέμβασης για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των πηγών φωτισμού με σταδιακή αντικατάσταση των λαμπτήρων αυτών με LED.



Εικόνα 12: Υπάρχον φωτιστικά σε εκθεσιακό χώρο

LED (δίοδος εκπομπής φωτός) αποκαλείται ένας ημιαγωγός ο οποίος εκπέμπει φωτεινή ακτινοβολία στενού φάσματος όταν του παρέχεται μια ηλεκτρική τάση κατά τη φορά της ορθής πόλωσης.



Εικόνα 13: Δίοδος εκπομπής φωτός

Πλεονεκτήματα λαμπτήρων LED

- Χρόνος ζωής

Τα LED έχουν μεγάλους χρόνους ζωής. Οι ώρες λειτουργίας τους κυμαίνονται από 35.000 έως 50.000 ώρες, αριθμός τεράστιος συγκριτικά με αυτόν των λαμπτήρων φθορισμού που κυμαίνεται από 10.000 έως 15.000 ώρες.

<u>Απόδοση λαμπτήρων σε lumen</u>				
				
Πυρακτώσεως <i>Incandescent</i>	Αλογόνου <i>Halogen</i>	Φθορισμού <i>Fluorescent</i>	Εξοικονόμησης <i>CFL</i>	LED
~12 lm/W	~20 lm/W	~50 lm/W	~55 lm/W	~80 lm/W
<u>Διάρκεια ζωής σε ώρες</u>				
750-1.000	750-1.000	20.000-30.000*	6.000-15.000	30.000-50.000

* μειώνεται όταν αναβοσβήνει πάνω από 2 φορές ημερησίως

Εικόνα 14: Απόδοση λαμπτήρων σε Lumen

- Απόδοση

Τα LED παράγουν περισσότερο φως ανά watt συγκριτικά με της λάμπες φθορίου.

Οι παραδοσιακοί λαμπτήρες σταδιακά μειώνουν την απόδοσή τους παρέχοντας χαμηλή ποιότητα φωτισμού, πράγμα το οποίο οδηγεί στην πρόωρη αντικατάστασή τους.

Η απόδοση των εργαζομένων σε έναν επαγγελματικό χώρο σχετίζεται και με τον φωτισμό που θα έχουν.

Κοπώσεις και πονοκέφαλοι μπορούν πολλές φορές να αποδοθούν στο φτωχό φωτισμό.

Οι κοινές λάμπες τίθενται σε λειτουργία σταδιακά, οι λάμπες LED εκπέμπουν από την αρχή το 100% της φωτεινότητάς τους.

Οι λάμπες LED, διατηρούν μέχρι τέλους την απόδοση φωτισμού που είχαν από την πρώτη μέρα λειτουργίας τους (μέγιστη απώλεια 1%).

- Εστίαση

Τα LED μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να εστιάζουν το φως σε ένα συγκεκριμένο σημείο ή περιοχή. Οι λάμπες φθορισμού απαιτούν ένα εξωτερικό ανακλαστήρα για να συλλέγει το φως και να το κατευθύνει με ένα χρήσιμο τρόπο.

- Χρώμα

Τα LED εκπέμπουν φως συγκεκριμένου χρώματος χωρίς την χρήση φίλτρων που απαιτούν οι παραδοσιακοί μέθοδοι φωτισμού. Είναι πιο αποδοτικά και χαμηλώνουν το αρχικό κόστος.

- Εκπέμπουν ελάχιστη θερμότητα εκτός θερμικού φορτίου

Εάν βάλετε το χέρι σας κοντά στη λάμπα LED όταν αυτή ανάψει, θα διαπιστώσετε ότι όσο κοντά και αν το τοποθετήσετε. Η θερμότητα η οποία παράγεται από μια λάμπα είναι στην ουσία απώλειες.

- Τα LED, μετατρέπουν σε πολύ μεγάλο ποσοστό την ενέργεια που τους δίνουμε σε φως, έχοντας μικρότερες απώλειες.

Δίνοντας ενέργεια 5W σε μια συστοιχία λαμπών LED, μπορούμε να πετύχουμε φωτισμό που αντιστοιχεί σε μια συμβατική λάμπα 60W, και 15 W σε αντίστοιχους λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας.

Λόγω της λιγότερης θερμότητας που εκπέμπουν βοηθούν και στην αποτελεσματικότερη απόδοση των κλιματιστικών ειδικά το καλοκαίρι.

- Φιλικότητα στο περιβάλλον

Τα LED δεν περιέχουν υδράργυρο όπως οι λάμπες φθορισμού.

Μειονεκτήματα λαμπτήρων LED

- Υψηλό αρχικό κόστος

Τα LED σήμερα είναι ακριβότερα στην αγορά τους απ' ότι οι κοινές τεχνολογίες φωτισμού. Όμως αυτό το κόστος αντισταθμίζεται με την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που έχουν και τη μεγάλη διάρκεια ζωής.

- Εξάρτηση από τη θερμοκρασία

Η λειτουργία των LED έχει ισχυρή εξάρτηση από της θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν στον χώρο που τα περιβάλλει. Όλο το σύνολό τους, αν και δεν ζεσταίνεται συνήθως, είναι ευαίσθητο στις υψηλές θερμοκρασίες. Αν για κάποιο λόγο ζεσταθεί, υπάρχει κίνδυνος να αστοχήσει κάποιο μέρος του κυκλώματος κι έτσι να μην λειτουργεί όλο το κύκλωμα, οπότε να χρειάζεται όλο αντικατάσταση.

- Ευαισθησία στην Τάση λειτουργίας

Τα LED είναι αρκετά ευαίσθητα στη τάση και κατ' επέκταση στο ρεύμα που τα τροφοδοτεί. Έτσι πολλές φορές χρησιμοποιούνται σειρές αντιστάσεων ή πηγές ελέγχου του ρεύματος.

Αντιστοιχία φωτιστικής απόδοσης μεταξύ λαμπτήρα φθορισμού και λαμπτήρα Led

Η ισχύς (Watt) και η φωτεινή ροή ή φωτεινή ισχύς (Lumen, lm) είναι δύο διαφορετικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν έναν λαμπτήρα.

Η ισχύς (Watt) υποδηλώνει την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει ένας λαμπτήρας, όταν λειτουργεί.

Η φωτιστική απόδοση (ή συντελεστής απόδοσης) ενός λαμπτήρα (α) αναφέρεται στο ποσό της φωτεινής ροής που αποδίδεται από κάποιον λαμπτήρα για κάθε Watt καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ισχύος (lm/W).

Αν λοιπόν σε ένα δωμάτιο έχουμε μια κοινή λάμπα 100 Watt και θέλουμε να έχουμε τον ίδιο φωτισμό, αλλά με μικρότερη κατανάλωση, τότε θα πρέπει να προσέξουμε ότι:

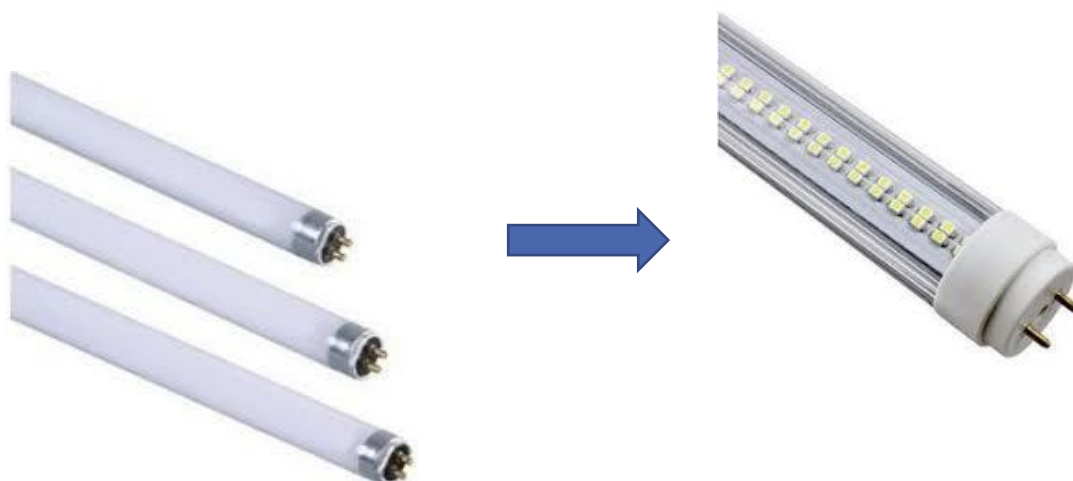
- Λαμπτήρας φθορισμού 1500 Lumen: κατανάλωση **30 Watt**
- Λαμπτήρας οικονομίας 1500 Lumen: κατανάλωση **28 Watt**
- Λαμπτήρας LED 1500 Lumen: κατανάλωση **16,6 Watt**

Η αντιστοιχία σε κατανάλωση μεταξύ των λαμπτήρων Φθορισμού και LED είναι η παρακάτω:

- *3 Watt φθορισμού - 1 Watt Led*
- *11 Watt φθορισμού - 3 Watt Led*
- *15-Watt φθορισμού - 5 Watt Led*
- *19-Watt φθορισμού - 7 Watt Led*
- *25-Watt φθορισμού - 9 Watt Led*
- *31 Watt φθορισμού -12 Watt Led*
- *36 Watt φθορισμού -18 Watt Led*

Σύμφωνα με τα παραπάνω προτείνεται η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορίου των 18W και 36W με λαμπτήρες τύπου Led των 10 Watt και 20 Watt αντίστοιχα.

Υπάρχον Τύπος Λαμπτήρα	Ονομαστική ισχύς λαμπτήρα (W)	Λαμπτήρας Αντικατάστασης (Τύπος και Ισχύς)
Φθορίου	9	LED 4W
Φθορίου	36	LED 18W
GU	50	LED 8W
Αλογόνου	75	LED 12W
Αλογόνου	100	LED 15W



Εικόνα 15: Αντικατάσταση Λαμπτήρων φθορίου με LED

Η αλλαγή των λαμπτήρων σε LED θα αποφέρει ένα πολύ αξιόλογο κέρδος μηνιαίως. Παρόλα αυτά, αν το μουσείο δεν έχει την οικονομική

δυνατότητα να πραγματοποιήσει την ολική αντικατάσταση των λαμπτήρων, θα μπορούσε να προχωρήσει σε μια σταδιακή αντικατάσταση, αποθηκεύοντας τις παλαιές λάμπες (ως ανταλλακτικά).

Οι λαμπτήρες που θα αφαιρεθούν θα μπορούσαν να ανακυκλωθούν κατά την διάρκεια της μερικής αντικατάστασης ή όλες κατά την ολική αντικατάσταση ή θα μπορούσαν να δοθούν κάπου αλλού.

Συνδυασμός φυσικού – τεχνητού φωτισμού

Ένας άλλος τρόπος μείωσης των καθημερινών λειτουργικών εξόδων ενός μουσείου, είναι η χρήση φυσικού φωτός. Ο φυσικός φωτισμός θα πρέπει να αξιοποιείται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου για φωτισμό, ενέργεια που μπορεί να μειώσει σε μεγάλο βαθμό τα έξοδα αλλά να οδηγήσει και σε σημαντικό περιβαλλοντικό όφελος από άποψη ενεργειακής κατανάλωσης.

Το φυσικό φως προέρχεται από τις παρακάτω πηγές:

- Άμεσα από τον ήλιο (ηλιακό φως)
- Από τον ουρανό (διάχυτο φως)
- Από ανακλάσεις από το εξωτερικό περιβάλλον.

Τα χαρακτηριστικά του φυσικού φωτός είναι:

- Μεγάλη φωτεινή δραστηριότητα 90-110 lm/W
- Άριστη χρωματική απόδοση
- Διαθέσιμο και ανεξάντλητο
- Εξοικονόμηση ενέργειας (Ήλιος 80.000 lux το καλοκαίρι, ουρανός 20.000 lux το καλοκαίρι).

Ο φωτισμός είναι ένα κρίσιμο στοιχείο στο περιβάλλον ενός μουσείου, αποτελεί ουσιαστικό μέρος της δημιουργίας μιας ατμόσφαιρας για ανακάλυψη - μάθηση αλλά και διατήρησης των εκθεμάτων.

Ο φυσικός φωτισμός σε ένα εκθεσιακό χώρο χρησιμοποιείται σκόπιμα για να προσφέρει όχι μόνο φυσικό φως αλλά και θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον, ξεκουράζοντας και προσανατολίζοντας τον επισκέπτη. Οι εναλλαγές στην ένταση και την κατεύθυνση του φωτός σε συνδυασμό με την άριστη χρωματική απόδοση που προσφέρει, αποτελούν στοιχεία που μπορούν να δώσουν ένταση και ποιότητα στο χώρο και να βοηθήσουν στην περιήγηση των επισκεπτών. Η ποσότητα από το φυσικό φως που διεισδύει στο εσωτερικό του μουσείου θα πρέπει να εξεταστεί ώστε παράγοντες όπως ο εγκλιματισμός, η αντανάκλαση, η λάμψη να επηρεάζουν θετικά το χώρο. Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα / ανακλαστικότητα).

Σύστημα φυσικού φωτισμού νοείται το σύνολο:

- Υαλοπίνακας ή άλλο φωτοδιαπερατό στοιχείο
- Πλαίσιο
- Διάταξη σκιασμού (είτε δομικό στοιχείο είτε άλλο)

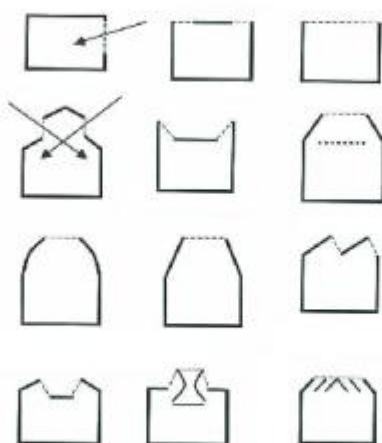
Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται στις εξής τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία, ανοίγματα οροφής, αίθρια και φωταγωγοί.

Αντίστοιχα, οι διάφορες τεχνικές εφαρμοζόμενες στο σύστημα ή και στον εσωτερικό χώρο αυξάνουν την απόδοση του συστήματος και βελτιώνουν τις συνθήκες οπτικής άνεσης.

Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού είναι:

- Κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα-φεγγίτες) κατάλληλων γεωμετρικών διαστάσεων,
- Ανοίγματα οροφής,
- Αίθρια,
- Φωταγωγοί,
- Ειδικό Υαλοπίνακες,
- Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά,
- Διαφανή μονωτικά υλικά,
- Ράφια φωτισμού-ανακλαστήρες, περσίδες,
- Σκίαστρα

Daylighting Typologies



Christopher Cuttle

Στο Πολεμικό Μουσείο μπορεί να γίνει συνδυασμός φυσικού και τεχνητού φωτισμού με μικρές παρεμβάσεις χαμηλού κόστους.

Τέτοιες παρεμβάσεις είναι :

- Στην αίθουσα Σαρόγλου (ισόγειο και βόρεια πλευρά) όπου υπάρχουν ανοίγματα που αποτελούν μια πολύ καλή πηγή φυσικού φωτισμού και παρέχουν οπτική σύνδεση του επισκέπτη με το εξωτερικό περιβάλλον. Τώρα υπάρχουν pvc στόρια τα οποία είναι μόνιμα κατεβασμένα με αποτέλεσμα την ανάγκη για τεχνητό φωτισμό καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του Μουσείου.



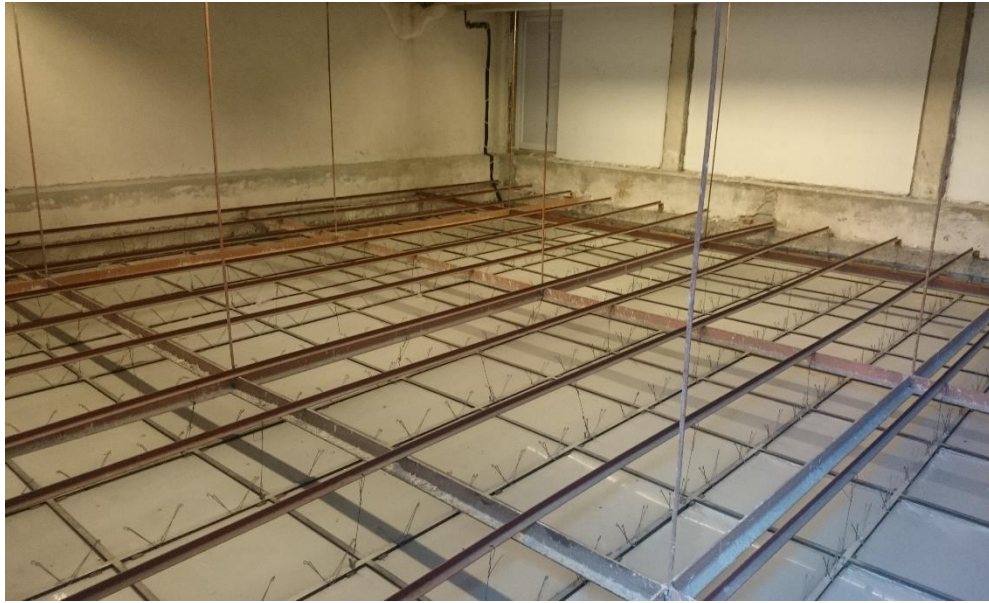
Εικόνα 17: Στόρια στην Αίθουσα Σαρόγλου



Εικόνα 18: Αίθουσα Σαρόγλου εξωτερική όψη

- Στην οροφή όπου έχουν τοποθετηθεί λευκές πόρτες αλουμινίου θα μπορούσε να αντικατασταθεί η επένδυση της πόρτας με υαλοπίνακα ώστε στη διάρκεια της ημέρας να υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός με αποτέλεσμα να υπάρχει μικρότερη ανάγκη για τεχνητό φωτισμό.





Εικόνα 19:Ψευδοροφή Α΄ ορόφου (κλείσιμο πλαϊνών τοίχων με πόρτα αλουμινίου)

Συγκεντρωτικός πίνακας λαμπτήρων

	Τύπος	Watt	Ποσότητα	Σύνολο (W)
Ημιώροφος	φθορισμού (0,6 m)	9	208	1872
	φθορισμού (1,5 m)	36	148	5328
Αίθουσα Κύπρου	φθορισμού (0,6 m)	9	68	612
	φθορισμού (1,5 m)	36	30	1080
	Αλογόνου	50	13	650
Σκάλες	φθορισμού (0,6 m)	9	72	648
	Αλογόνου	50	2	100
1ος όροφος				
	φθορισμού (1,5 m)	36	90	3240
Αίθουσα Βυζάντιο	φθορισμού (1,5 m)	36	62	2232
Αίθουσα Φραγκοκρατία	Αλογόνου	100	24	2400
Αίθουσα 1821	φθορισμού (1,5 m)	36	4	144
	Αλογόνου	50	2	100
	Αλογόνου	100	47	4700
	Αλογόνου (μεγάλες)	75	2	150
	φθορισμού (0,6 m)	9	8	72
Αίθουσα 1828-	Αλογόνου	100	22	2200
	φθορισμού (0,6 m)	9	8	72

Αίθουσα Βαλκανικοί	φθορισμού (1,2)	18	28	504
	φθορισμού (1,2)	18	27	486
	Αλογόνου	50	32	1600
Αίθουσα Μικρασιατική Εκστ	φθορισμού (1,2)	18	17	306
	Αλογόνου	50	10	500
	φθορισμού (0,6 m)	9	4	36
Αίθουσα Ελληνο-Ιταλικός	φθορισμού (1,2)	18	26	468
	φθορισμού (1,5 m)	36	8	288
	Αλογόνου	9	22	198
Αίθουσα Μάχη Οχυρών	φθορισμού (1,2)	18	10	180
	Αλογόνου	50	60	3000
Είσοδος	φθορισμού (0,6 m)	9	36	324
	φθορισμού (1,5 m)	36	12	432
Αίθουσα Σαρόγλου	Αλογόνου	50	27	1350
	φθορισμού (1,5 m)	36	40	1440
	φθορισμού (0,6 m)	9	128	1152
Αίθουσα Κοραής	φθορισμού (0,6 m)	9	8	72
	φθορισμού (1,5 m)	36	24	864
			5	5
Αίθουσα Ρήγας			9	9
	ΑΠΛΙΚΕΣ	18	2	2
	στρογγυλές Φθορίου	32	8	256
	LED		5	0
	φθορισμού (1,5 m)	36	4	144
Είσοδος από αεροπλάνα	φθορισμού (0,6 m)	9	80	720
Βιβλιοθήκη	φθορισμού (0,6 m)	9	76	684
Υπόγειο				0
φουαγιέ	Αλογόνου	110	120	13200
Αμφιθέατρο	Αλογόνου	110	262	28820
Γραφεία	φθορισμού (0,6 m)	9	196	1764
Διάδρομος	φθορισμού (0,6 m)	9	144	1296
Αίθριο	φθορισμού (0,6 m)	9	41	369
Συνολική Ισχύς			2125	86069

Η κατανάλωση ενέργειας σε φωτισμό με τον υπάρχον εξοπλισμό είναι 86069 W μετά την αλλαγή η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι 22153 W.

Το κόστος κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον υπάρχον εξοπλισμό και για το προτεινόμενο φαίνεται στο παρακάτω πίνακα:

	Κατανάλωση (KWh)	Ώρες λειτουργίας	Τιμή (€/KWh)	Ετήσια χρέωση (€)
Υπάρχων Φωτισμός	86,069	12	0,0574	21638,78
Πρόταση	22,153	12	0,0574	5569,53

Εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάστασή λαμπτήρων:

Με τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας θα υπάρξει και μείωση των εκλυόμενων εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Η μείωση των εκπομπών θα είναι **239 τόνοι CO₂** (cres.gr).

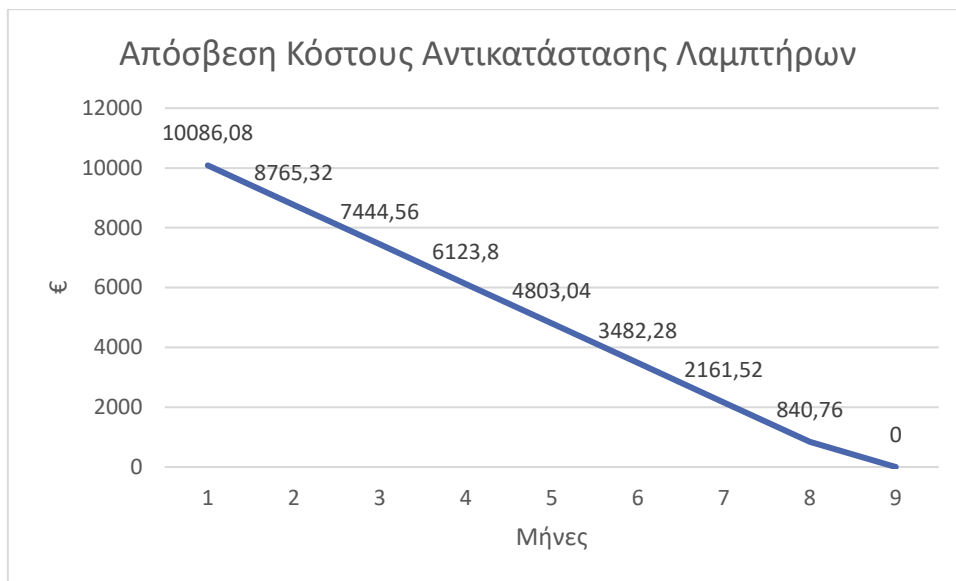
Το κόστος αντικατάστασης των παλαιών λαμπτήρων με νέους τύπου LED με βάση την καλύτερη οικονομική προσφορά, θα ανέλθει στο ποσό των 10086,08 €.

	Κατανάλωση (kWh)	Μέση λειτουργία (Ώρες)	Τιμή (€/KWh)	Μηνιαία χρέωση (€)
Υπάρχουσα Κατάσταση	86,069	12	0,0574	1778,53
Προτεινόμενη Κατάσταση	22,153	12	0,0574	457,77

Η απόσβεση του κόστους αντικατάστασης θα γίνει σε περίπου 7 μήνες.

$1778,53 \text{ €/μήνα} - 457,77 \text{ €/μήνα} = 1320,76 \text{ €/μήνα}$ η εξοικονόμηση

$10086,08 / 1320,76 \approx 7,6 \text{ ΜΗΝΕΣ}$ για την απόσβεση



Γράφημα απόσβεσης κόστους αντικατάσταση λαμπτήρων

Κατά την διάρκεια ζωής των καινούργιων λαμπτήρων LED (40000 ώρες) (<https://www.ledvance.gr/index.jsp>) που θα τοποθετηθούν, οι παλαιές θα είχαν αντικατασταθεί **5 φορές**, εφόσον η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων φθορισμού είναι 8.000 ώρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Θερμικές απώλειες

Θερμική απώλεια ορίζεται το ποσό θερμότητας που πρέπει να προστεθεί στο κτίριο ώστε να διατηρείται στους διάφορους χώρους η θερμοκρασία που έχει επιλεγεί και να πληρούνται οι συνθήκες ευεξίας, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα.

Η απώλεια της θερμότητας δεν υφίσταται μόνο το χειμώνα αλλά και το καλοκαίρι. Όταν ένα αντικείμενο βρίσκεται σε διαφορετική θερμοκρασία από κάποιο άλλο ή από το περιβάλλον του η ροή θερμότητας γίνεται έτσι ώστε το σώμα και το περιβάλλον να φτάσουν στην ίδια θερμοκρασία οπότε και βρίσκονται σε θερμική ισορροπία. Αυτή η μεταφορά θερμότητας συμβαίνει πάντοτε από μια περιοχή υψηλής θερμοκρασίας σε μια άλλη χαμηλότερης θερμοκρασίας όπως γνωρίζουμε από το δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής.

Η θερμότητα χάνεται μέσα από ένα κτίριο με πολλούς τρόπους. Οι κύριες πηγές απωλειών είναι οι τοίχοι (35%), η οροφή (20%), τα παράθυρα (15%), ο εξαερισμός (15%), το πάτωμα (10%) και οι πόρτες (5%). Η μείωση των απωλειών θερμότητας μειώνει τις ανάγκες για θέρμανση και συνεπώς τους λογαριασμούς.

Είναι αδύνατον να εμποδιστεί τελείως η συνεχής ροή θερμότητας, μπορεί όμως να περιοριστεί σημαντικά ως προς την ένταση και την διάρκειά της αλλά υπάρχουν απλοί τρόποι για την μείωση των απωλειών θερμότητας:

1. Τοποθέτηση θερμομόνωσης σε μη μονωμένα δώματα και σε τοίχους χωρίς επαρκή ή καθόλου μόνωση.
2. Βελτίωση συστήματος θέρμανσης.
3. Αντικατάσταση των κουφωμάτων και υαλοπινάκων με καινούργιας τεχνολογίας, τα οποία να διαθέτουν συντελεστή θερμοπερατότητας τουλάχιστον $U=2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4. Εύρεση εναλλακτικής μορφής ενέργειας για τη θέρμανση (ηλεκτρική ενέργεια, βιομάζα, φυσικό αέριο, γεωθερμία).
5. Πρόσθετη κάλυψη εκτεθειμένων χώρων. Παραδείγματος χάριν, χρήση αντιανεμικών τεντών, ζελατίνων σε μπαλκόνια και αίθρια.

Στο Μουσείο μπορεί να γίνουν κάποιες από τις παραπάνω παρεμβάσεις ώστε να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας αλλά και να υπάρξει μείωση του κόστους παραμένοντας ένας χώρος που παρέχει θερμική άνεση στους χρήστες του είτε του χειμερινούς μήνες είτε τους καλοκαιρινούς διατηρώντας ταυτόχρονα τον ιδιαίτερο χαρακτήρα του.

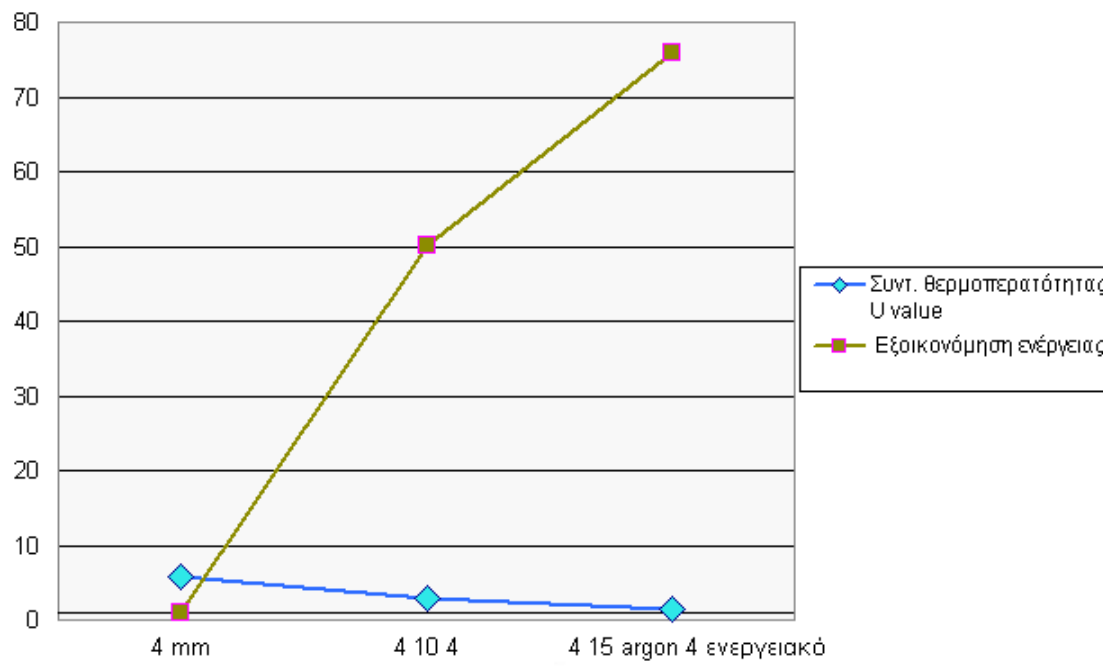
Επεμβάσεις στα κουφώματα

Τα μεγάλα ανοίγματα στα κτήρια δεν είναι απλά μια εικαστική προσέγγιση της σύγχρονης αρχιτεκτονικής, είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος θετικής επίδρασης στην ανθρώπινη ψυχολογία. Οι ανοιχτές επιφάνειες των κτηρίων φέρνουν τους χρήστες τους σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον ενώ επιτρέπουν την είσοδο του ηλιακού φωτός στο εσωτερικό του. Σε πολλές περιπτώσεις τα ανοίγματα καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα της εξωτερικής επιφάνειας των κτηρίων, οι επιφάνειες αυτές καλύπτονται με πλαίσια (κουφώματα) και υαλοπίνακες, και αποτελούν τα ασθενέστερα σημεία του κελύφους ως προς τις θερμικές του απώλειες.



Εικόνα 20: Κεντρική είσοδος Πολεμικού Μουσείου

Τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει σαφής βελτίωση των πλαισίων και των υαλοπινάκων. Έχουμε περάσει από τα ξύλινα κουφώματα στα συνθετικά ή αλουμινίου και οι μονοί υαλοπίνακες αντικαταστάθηκαν από νέας τεχνολογίας διπλούς ή τριπλούς υαλοπίνακες. Η επιλογή τόσο του πλαισίου, όσο και του υαλοπίνακα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια καθώς και στη δημιουργία άνετων συνθηκών εσωκλίματος. Κατά κύριο λόγο, πρέπει ο συνδυασμός πλαισίου υαλοπίνακα να έχει μεγάλη θερμομονωτική αντίσταση, να μην επιτρέπει την είσοδο αέρα και ύδατος από τις χαραμάδες, να είναι δηλαδή αερο- και υδατοστεγανά. Η εξοικονόμηση ενέργειας αυξάνεται σχεδόν εκθετικά όσο μειώνεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας U των υαλοπινάκων, όπως σχηματοποιείται και στο επόμενο διάγραμμα:



Γραφική απεικόνιση U value (συντελεστής Θερμοπερατότητας) υαλοπινάκων και αντίστοιχο ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας. (<https://www.varnakiotis.com>).



Εικόνα 21: Κουφώματα στο αίθριο του Πολεμικού Μουσείου

Στην αγορά αυτή τη στιγμή υπάρχει ευρεία γκάμα από κουφώματα που χαρακτηρίζονται από τον αριθμό των υαλοπινάκων (δίπλα, τριπλά), από τις επιστρώσεις του υαλοπίνακα (χωρίς, low-e, solar control), από το αέριο στο διάκενο (air, argon, krypton), αλλά και από το υλικό του πλαισίου (μεταλλικά, PVC, ξύλινα). Η σωστή επιλογή κουφώματος είναι σημαντική επειδή επηρεάζει την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου με ποικίλους τρόπους, πρώτα απ' όλα επιλέγοντας ένα κούφωμα με χαμηλό U-value μειώνεται η απώλεια θερμότητας μέσα από το κούφωμα. Επίσης ανάλογα με την απορροφητικότητα του υαλοπίνακα και την ανακλαστική του ικανότητα εξαρτάται το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής

ακτινοβολίας που θα περάσει μέσα στον χώρο σαν ηλιακό θερμικό κέρδος τον χειμώνα και σαν ψυκτικό φορτίο το καλοκαίρι. Τέλος η καλή ποιότητα κατασκευής του πλαισίου μπορεί να προσφέρει καλή αεροστεγάνωση, ελαττώνοντας τη διείσδυση αέρα από τους αρμούς.

Τα κουφώματα αλουμινίου θα πρέπει να αναφέρουμε ότι υπερτερούν σε θερμική αγωγιμότητα, έχουν καλύτερη αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία, δεν ρυγματώνονται, δεν απορροφούν υγρασία, δεν διογκώνονται από την έκθεσή τους στη φύση, διατηρούν τις διαστάσεις τους για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, δεν υφίστανται “γήρανση” και δεν επιδρούν στην υγεία του ανθρώπου σε περίπτωση καύσης σε σχέση με τα άλλα που εκλύουν αιθάλη (καπνός και δύσπνοια) αλλά και άλλα επιβλαβή στοιχεία και ενώσεις. Αυτά είναι τα σημαντικότερα **πλεονεκτήματα** των κουφωμάτων αλουμινίου.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς και υπό προϋποθέσεις (ποσοστό επιφάνειας, προσανατολισμός κλπ.) μπορεί να επιφέρει μείωση των συνολικών θερμικών απωλειών ενός κτιρίου έως 50% (Τεύχος TEE 2125). Με τη χρήση υαλοπινάκων χαμηλής ηλιακής εκπομπής ο συντελεστής θερμοπερατότητας μπορεί να μειωθεί περαιτέρω.



Εικόνα 22: Κουφώματα στα γραφεία των υπαλλήλων

Για την πραγματοποίηση της αντικατάστασης των κουφωμάτων, μας δόθηκε άδεια από την διοίκηση του Μουσείου για συνέχεις επισκέψεις ώστε να γίνει πλήρης και αναλυτική καταμέτρηση των παλαιών η οποία παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

1	Αίθουσα		υφιστάμενα	τεμάχια		Μήκος	Ύψος
1.1	Β' ΥΠΟΓΕΙΟ						
α)	Αίθουσα κειμηλίων			2	=	7,10 m ±0,10	1,20m ± 0,10
β)	Αίθουσα ζωγραφικής			1	=	7,10 m ±0,10	1,20m ±0,10
γ)	Αίθουσα χάρτου			1	=	7,10 m ±0,10	1,20 m ±0,10
δ)	Αίθουσα οπλουργείου, ευπρεπιστριών			1	=	7,10 m ±0,10	1,20 m ±0,10
ε)	Μηχανοστάσιο Ανελκυστήρα			1	=	2,00 m ±0,10	1,20 m ±0,10
στ)	Λοιποί χώροι (δυτικά)			1	=	7,10 m ±0,10	1,20 m ±0,10
ζ)	Κλιμακοστάσιο			1	=	5,90 m ±0,10	1,20 m ±0,10
1.2	Α' ΥΠΟΓΕΙΟ						
1)	Φουαγιέ-Κυλικείο						
			Άνοιγμα	3	=	2,50 m ±0,10	3,00 m ±0,10

			Πόρτα	1	=	2,3 m ±0,10	3 m ±0,10
			Πλαϊνά της πόρτας	2	=	2,40 m ±0,10	3 m ±0,10
2)	WC αναπήρων		Παράθυρο	1	=	1 m ±0,10	1,15 m ±0,10
3)	WC Γυναικών		Παράθυρο	1	=	1,5 m ±0,10	1,15 m ±0,10
			Παράθυρο	1	=	1 m ±0,10	1,15 m ±0,10
4)	WC Ανδρών		Παράθυρο	1	=	1,05 m ±0,10	1,15 m ±0,10
			Παράθυρο	1	=	1,65m ±0,10	1,15 m ±0,10
5)	Ταμείο		Παράθυρο	1	=	2,8 m ±0,10	1,15 m ±0,10
6)	ΓΟΤ		Παράθυρο	1	=	2,8 m	1,15 m
7)	Καλλιτεχνικό Εργαστήριο		Παράθυρο	1	=	2,8 m ±0,10	1,15 m ±0,10
8)	2η Εφορία		Παράθυρο	1	=	2,8 m ±0,10	1,15 m ±0,10
			Παράθυρο	1	=	7,4 m ±0,10	1,15 m ±0,10

9)	Γραφεία Α' & Β' συμβ.		Παράθυρο	1	=	7,4 m ±0,10	1,15 m ±0,10
10)	1η εφορία		Παράθυρο	1	=	3,7 m ±0,10	1,15 m ±0,10
11)	Γραφείο Προϊσταμένου		Παράθυρο	1	=	3,7 m ±0,10	1,15 m ±0,10
12)	4η εφορία		Παράθυρο	1	=	3,7 m ±0,10	1,15 m ±0,10
13)	Φωτογραφικό Αρχείο		Παράθυρο	1	=	3,7 m ±0,10	1,15 m ±0,10
14)	Κλιμακοστάσιο		Παράθυρο	2	=	7,4 m ±0,10	1,15 m ±0,10
15)	Τηλεφωνικό κέντρο		Παράθυρο	1	=	3,65 m ±0,10	1,15 m ±0,10
16)	Γραφείο ασφάλειας		Παράθυρο	1	=	3,7 m	1,15 m
17)	3η εφορία		Παράθυρο	1	=	3,65 m ±0,10	1,15 m ±0,10
180	ΔΤΥ		Παράθυρο	1	=	3,7 m ±0,10	1,15 m ±0,10
1.3	ΙΣΟΓΕΙΟ						

1)	Βιβλιοθήκη	Πόρτα (0,90*2,4) 2 ανοιγόμενα		=	2,45 m ±0,10	2,90 m ±0,10
		Ανοίγματα νότια	6	=	2,45 m ±0,10	2,90 m ±0,10
		Παράθυρα μικρά (νότια)	4	=	0,70 m ±0,10	0,55 m ±0,10
		Ανοίγματα νότια	2	=	2,45 m ±0,10	2,4 m ±0,10
2)	Χολ	Ανοίγματα	6	=	2,45 m ±0,10	2,90 m ±0,10
		Ανοίγματα	5	=	3,72 m ±0,10	2,90 m ±0,10
		Ανοίγματα	1	=	3,57 m±0,10	2,90 m ±0,10
		Πόρτα (Ριζάρη, 2 ανοιγόμενα πάχος 0,9 mm)	2	=	0,90 m ±0,10	2,40 m ±0,10
		Σταθερό κομμάτι δίπλα στη πόρτα	3	=	1,30 m ±0,10	2,90 m ±0,10
		Χώρος στα ασανσέρ	2	=	2,45 m ±0,10	2,90 m ±0,10

		Χώρος στις σκάλες προς ημιορο	4	=	2,45 m ±0,10	2,90 m ±0,10
3)	Σαρόγλου	Ανοίγματα (Ριζάρη)	3	=	2,45 m ±0,10	2,90 m ±0,10
		Ανοίγματα (Β. Σοφίας)	10	=	2,45 m ±0,10	2,90 m ±0,10
4)	Κλιμακοστάσιο	Ανοίγματα (Β. Σοφίας)	2	=	2,45 m ±0,10	2,90 m ±0,10
5)	Είσοδος στο αίθριο από Δυτικά	Ανοίγματα	6	=	3,70 m ±0,10	3,00 m ±0,10
1.4	ΗΜΙΟΡΟΦΟΣ					
1)	Αναγνωστήριο		5	=	2,50 m ±0,10	1,50 m ±0,10
2)	Σκάλες		4	=	2,50 m ±0,10	1,50 m ±0,10
3)	Χολ		2	=	2,50 m ±0,10	1,50 m ±0,10
4)	Αίθουσα Κύπρου		3	=	2,50 m ±0,10	1,50 m ±0,10
5)	Γραφείο Προέδρου		2	=	2,50 m ±0,10	1,50 m ±0,10
	Αίθουσα		3	=		

6)	Γραφείο Αντιπροέδρου Α			1	=	2,50 m ±0,10	1,50 m ±0,10
7)	Γραφείο Αντιπροέδρου Β			1	=	2,50 m ±0,10	1,50 m ±0,10
8)	Διάδρομος			3	=	7,50 m ±0,10	1,50 m ±0,10

Αντικαθιστώντας τα παλιά κουφώματα με καινούργια θα έχουμε σημαντική μείωση στις απώλειες. Μετά από έρευνά αγοράς σε εταιρείες κουφωμάτων αλουμινίων επιλέξαμε την οικονομικά πιο συμφέρουσα σε σχέση με τη προτεινόμενη σειρά κουφωμάτων. Η σειρά κουφωμάτων που τελικά επιλέχθηκε είναι της εταιρείας **Europa** και συγκεκριμένα η **prima 8500**.

Η τιμή της προσφοράς για τη συγκεκριμένη σειρά ανέρχεται στα **79.000 €**.

Η συγκεκριμένη σειρά είναι οικονομική, θερμομονωτική με απλές ίσες γραμμές σχεδίασης και διαθέτει μηχανισμό κλειδώματος. Σχεδιάστηκε για να προσφέρει απόλυτη μόνωση από κάθε ήχο και θερμοκρασία, με έμφαση στην σύγχρονη αισθητική και λειτουργικότητα. Η θερμομόνωση (θερμοδιακοπή) των προφίλ επιτυγχάνεται με την χρήση πολυαμιδίων 20 mm σε φύλλο και κάσα που.

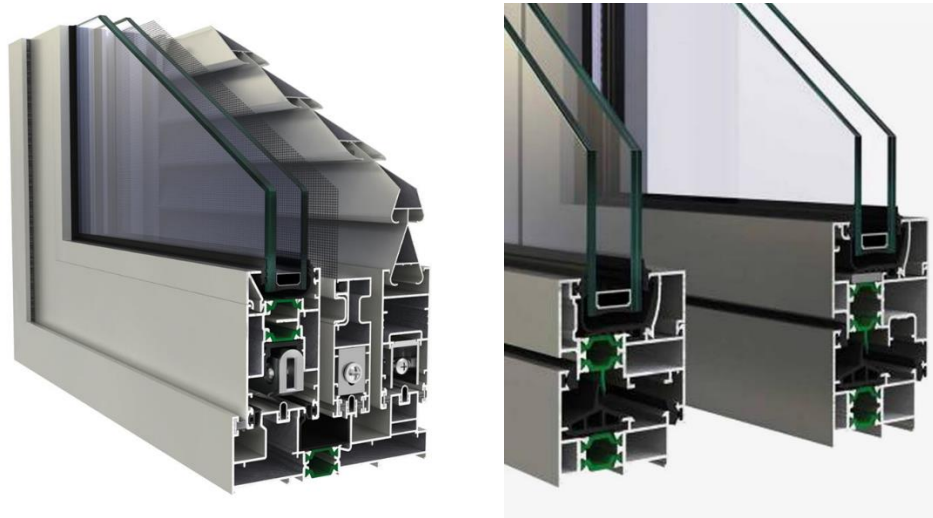
Τεχνικά Στοιχεία

- Ανοιγόμενο και συρόμενο σύστημα.
- Δυνατότητα Περιμετρικού Μηχανισμού Κλειδώματος.

- Φέρει πιστοποιητικά τυπολογιών για αεροδιαπερατότητα, υδατοστεγανότητα και αντοχή σε ανεμοπίεση.
- Επιπλέον φέρει πιστοποίηση για θερμομόνωση με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας των προφίλ με U_f από 2,5 W/(m²K) σύμφωνα με το πιστοποιητικό του γερμανικού κοινοποιημένου εργαστηρίου Ift Rosenheim.
- Στεγανοποίηση με τρεις σειρές ελαστικά.
- Θερμομόνωση των προφίλ με την χρήση πολυαμιδίων 20mm στους οδηγούς.
- Δυνατότητα διπλού ή τριπλού υαλοπίνακα έως 44mm.
- Χρήση: Ανοιγόμενες πόρτες και παράθυρα κάθε τυπολογίας (με ανάκληση ή χωρίς), σύνθετες κατασκευές κ.α.)

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

- Κράμα αλουμινίου: **EN AW 6060 T66**
- Σκληρότητα: **12 Webster**
- Ελάχιστο πάχος βαφής: **75μm**
- Πάχος των προφίλ: **1,4-2mm**
- Ανοχές διαστάσεων σύμφωνα με: **EN 12020-02**
- Διαστάσεις Κάσας: **54mm x 50mm**
- Διαστάσεις Φύλλου τζαμιού: **62mm x 63mm**
- Πάχος υάλωσης φύλλου τζαμιού: **14-44mm**
- Πλάτος πολυαμιδίων: **20mm**
- Συντελεστής Θερμοπερατότητας πλαισίου: **$U_f=2,3-3,2$ W/(m²K)**
- Μέγιστες διαστάσεις φύλλου περιμετρικού μηχανισμού (ΠxΥ): **1,0m x 2,3m**
- Μέγιστες διαστάσεις απλού φύλλου (ΠxΥ): **0,9m x 2,3m**
- Μέγιστο βάρος φύλλου περιμετρικού μηχανισμού: **140 Kgr**
- Μέγιστο βάρος απλού φύλλου: **100 Kgr**



Χαρακτηριστικές εικόνες της σειράς 8500 της εταιρείας Europa.

Οι συνολικές απώλειες πριν την αντικατάσταση των κουφωμάτων ανέρχονται στις 506740,89 kcal/h ενώ μετά την αντικατάσταση οι απώλειες αυτές υπολογίζονται στις 446773,68 kcal/h.

Απώλειες πριν την αντικατάσταση (Kcal/h)	Απώλειες μετά την αντικατάσταση (kcal/h)	ΟΦΕΛΟΣ (kcal/h)	ΟΦΕΛΟΣ (kcal/month)
506740,89	446773,68	59967,21	21588195,6

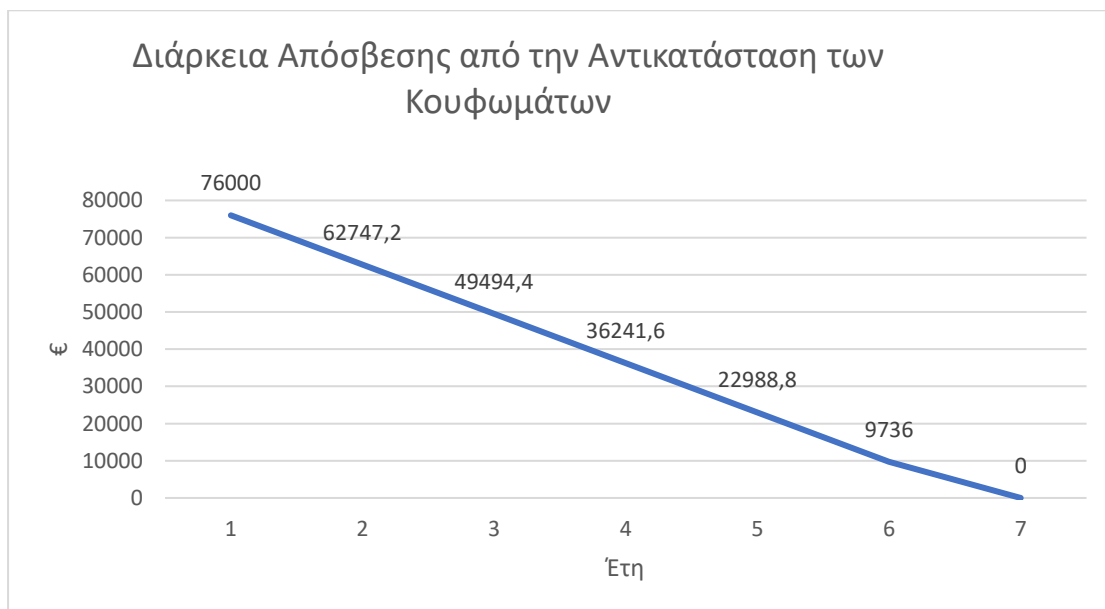
Κατά τους χειμερινούς μήνες (Νοέμβριο έως και Απρίλιο) χρησιμοποιείται το Φυσικό αέριο για τη θέρμανση του Μουσείου ενώ τους θερινούς μήνες (Μάιο έως και Οκτώβριο) η μεγαλύτερη κατανάλωση είναι η ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία των ψυκτικών μονάδων. Το ενεργειακό κέρδος που προκύπτει είναι:

Μηνιαία Εξοικονόμηση Φυσικού Αερίου (m ³ /μήνα)	Μηνιαία Εξοικονόμηση (kwh/month)
2425,64	25590

Πίνακας Μηνιαίας εξοικονόμησης

Αν θεωρήσουμε ότι η τιμή του Φ.Α. είναι περίπου 0,030 €/kwh το μηνιαίο κέρδος είναι **767,7 €** για τη χειμερινή περίοδο. Για τους θερινούς μήνες, λαμβάνοντας υπόψη ότι η τιμή της κιλοβατώρας είναι 0,0574 €, το μηνιαίο κέρδος θα είναι **1441,1 €**.

Η απόσβεση της αντικατάστασης κουφωμάτων σύμφωνα με τις παραπάνω παρατηρήσεις θα γίνει σε λιγότερο από 6 χρόνια.



Διάρκεια απόσβεσης από την αντικατάσταση των Κουφωμάτων.

Η μείωση της κατανάλωσης Φ.Α. και ηλεκτρικής ενέργειας θα έχει ως συνέπεια την μείωση της εκπομπής CO₂.

	Μηνιαία Εξοικονόμηση (kwh/month)	Μηνιαία Μείωση Εκπομπής CO ₂ (Kg)
Ηλεκτρική Ενέργεια	25106,4	6628,08
Φυσικό Αέριο	25590	5015,64

Πίνακας Μηνιαίας εξοικονόμησης Kwh και CO₂

Η ετήσια μείωση των εκπομπών συνολικά θα είναι **258 τόνοι CO₂**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Κέλυφος

Το κέλυφος ενός κτιρίου είναι αυτό που ορίζει τα σύνορα μεταξύ του εσωτερικού χώρου και του εξωτερικού περιβάλλοντος (τοίχοι, δάπεδο, παράθυρα, οροφή) και έχει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του εσωκλίματος. Το εσωκλίμα του κτιρίου, αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες που καθορίζουν το αίσθημα της άνεσης ή της δυσφορίας στα άτομα που βρίσκονται σε αυτό και αντίστοιχα η εξασφάλιση του αισθήματος της άνεσης αποτελεί την προϋπόθεση για τη διαμόρφωση συνθηκών ευχάριστης περιήγησης, μάθησης και εργασίας στους χώρους του Μουσείου. Στο περίβλημα ενός κτιρίου επενεργούν οι εξωτερικές επιδράσεις όπως βροχή, χαλάζι (υγρασία), άνεμοι (ξήρανση), ηλιακή ακτινοβολία (διαστολή των εσωτερικών επιφανειών), δονήσεις εξαιτίας της κυκλοφορίας. Μια μέθοδος για να μπορέσει να ανταποκριθεί στο ρόλο του είναι η μόνωση. Με τον όρο μόνωση ορίζεται η απομόνωση ενός χώρου από υγρά, θερμότητα ή ψύχος. Η θερμομόνωση σε ένα κτίριο αποτελεί βασική παράμετρο για την αποφυγή θερμικών απωλειών. Έχει τεκμηριωθεί από έρευνες και στην Ελλάδα, ότι η μέση ετήσια ανοιγμένη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση κυμαίνεται από 130 έως 180 kWh/m², ενώ θα ήταν από 80 έως 110 kWh/m², αν τα ελληνικά κτήρια διέθεταν τη, στοιχειώδη έστω, θερμομόνωση που προβλέπει ο σχετικός κανονισμός.

Τα οφέλη που προκύπτουν από την θερμομόνωσης είναι:

- Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας το καλοκαίρι και το χειμώνα
- Η δημιουργία συνθηκών άνεσης
- Θερμική άνεση ακόμα και όταν και ο χώρος δεν θερμαίνεται λόγω εκμετάλλευσης της θερμοχωρητικότητας των υλικών
- Αποφυγή υγρασίας συμπύκνωσης στις εσωτερικές επιφάνειες των τοίχων.

- Προστασία των δομικών στοιχείων του περιβλήματος του κτιρίου από τις έντονες θερμικές καταπονήσεις
- Προστασία του περιβάλλοντος
- Μείωση των πιθανοτήτων σχηματισμού υγρασίας στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων των κατασκευών.
- Προστασία από θορύβους, τα περισσότερα θερμομονωτικά υλικά είναι και ηχομονωτικά.

Μία σύγχρονη μέθοδος θερμομόνωσης είναι η τοποθέτηση θερμομονωτικών πλακών εξωτερικά στις όψεις του κτιρίου. Η εξωτερική θερμομόνωση είναι ο καθιερωμένος τρόπος δόμησης στην υπόλοιπη Ευρώπη. Απευθύνεται σε παλιά και νέα κτίρια κάθε είδους

Στα πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης τοποθετούνται τα εξής:

♣ **Αποφυγή φαινομένου θερμογέφυρας**

Ως **θερμογέφυρες** ορίζονται τα σημεία ή οι επιφάνειες με σημαντική μείωση της θερμικής αντίστασης των δομικών στοιχείων σε σχέση με τις λοιπές επιφάνειες, που αποτελούν σημαντική πηγή θερμικών απωλειών. Εμφανίζονται δε κατεξοχήν στην διεπιφάνεια δύο διαφορετικών δομικών στοιχείων ή δύο ίδιων δομικών στοιχείων διαφορετικού πάχους, σε συνδέσεις εξωτερικών δομικών στοιχείων και πλευρικά γύρω από ανοίγματα.

Με την εγκατάσταση της θερμομόνωσης αποφεύγονται οι θερμογέφυρες σε διάφορα σημεία περιφερειακά του κτιρίου, όπως για παράδειγμα στα δοκάρια, στις κολώνες, στα σενάζ και στα δάπεδα, καθώς επίσης και στα σημεία όπου ο τοίχος συναντά τα στοιχεία αυτά, έστω και αν είναι θερμομονωμένα. Κατ' αυτόν τον τρόπο παρέχεται εξαιρετική

θερμική αυτονομία στο εσωτερικό του κτιρίου σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον.

▲ Προστασία από καιρικά φαινόμενα

Προστατεύονται οι επιφάνειες των τοίχων από την υγρασία και τον πάγο ή την βροχή, επειδή είναι στεγανά επιχρίσματα. Με την εξωτερική μόνωση δημιουργείται ένα πλέγμα που προστατεύει το κτήριο από τα καιρικά φαινόμενα.

▲ Εξάλειψη του φαινομένου των αστικών θερμικών νησίδων

Αστική θερμική νησίδα ορίζεται το φαινόμενο κατά το οποίο, η θερμοκρασία του αέρα στις αστικές περιοχές είναι κατά μέσο όρο υψηλότερη μερικούς βαθμούς από την αντίστοιχη θερμοκρασία σε μη αστικές περιοχές. Η διαφορά αυτή κυμαίνεται συνήθως από 1-2° C στη διάρκεια της ημέρας και μπορεί να φτάσει τους 6-8° C τη νύχτα, όταν επικρατεί άπνοια ή πνέουν ασθενείς άνεμοι.

Με την εγκατάσταση της θερμομόνωσης, δεν δημιουργούν επιφάνειες με θερμοχωρητικότητα στην εξωτερική πλευρά των τοίχων. Αυτό σημαίνει ότι δεν συσσωρεύουν θερμότητα και κατά συνέπεια δεν ακτινοβολούν θερμότητα στο περιβάλλον. Έτσι, δεν συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας της πόλης, σε αντίθεση με τους τοίχους των συμβατικών κτιρίων, που τις νύχτες του καλοκαιριού αποδίδουν τη θερμότητα που συσώρευσαν μέσα στην ημέρα. Τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης, αντίθετα, εκμεταλλεύονται τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων μόνο για το εσωτερικό του κτιρίου, συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση ενέργειας.

▲ Εξοικονόμηση χώρου

Χάρη στην εξωτερική θερμομόνωση δεν χρειάζεται διπλός τοίχος με τούβλα, αλλά αρκεί ο μονός. Επόμενος σε οποιαδήποτε κατασκευή θα είναι δυνατή η εγκατάσταση της μόνωσης. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα,

όταν πρόκειται για ένα νεόδμητο κτίριο, να εξοικονομηθεί το εμβαδόν των λειτουργικών χώρων περίπου κατά 6m^2 για κάθε 100m^2 εμβαδού του κτιρίου, πράγμα πολύ σημαντικό, αφού στην ουσία αυξάνει την εμπορική αξία του κτιρίου κατά 6% , που είναι ένα ποσοστό καθόλου ευκαταφρόνητο, ενώ παράλληλα δίνει την δυνατότητα να είναι τα δωμάτια πιο ευρύχωρα.

▲ **Αύξηση χρόνου ζωής κτηρίων**

Αυξάνεται ο χρόνος ζωής του κτιρίου καθώς προστατεύεται από διάβρωση, παγοπληξία και ενανθράκωση του σκυροδέματος. Παγοπληξία ορίζεται όταν σε μία επιφάνεια, που έχει έστω και πολύ μικρούς πόρους, επικάθεται υγρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας, τη νύκτα, που η θερμοκρασία μπορεί να πέσει κάτω από το μηδέν, η υγρασία που έχει εισχωρήσει μέσα στους πόρους παγώνει και άρα διαστέλλεται, με αποτέλεσμα να διαρρηγνύει και να καταργεί τη συνοχή της επιφάνειας. Ενανθράκωση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο το υδροξείδιο του ασβεστίου, που περιέχεται στο σκυρόδεμα μετατρέπεται σε ανθρακικό ασβέστιο.

Το υπεροξείδιο του ασβεστίου καθώς και άλλα υδροξείδια δημιουργούν ένα αλκαλικό περιβάλλον το εσωτερικό του σκυροδέματος το οποίο δρα ως «στρώμα» προστασίας κατά της διάβρωσης του οπλισμού επιβραδύνοντας την.

Τα συστήματα αυτά σπάνια παρουσιάζουν ρηγματώσεις λόγω των μελετημένων υλικών που χρησιμοποιούν.

▲ **Διάρκεια ζωής επέμβασης**

Η ποιότητα κατασκευής των συστημάτων αυτών είναι πολύ υψηλή, καθώς χρησιμοποιούνται ειδικά πρόσθετα εξαρτήματα για την προστασία των γωνιών, νεροσταλάκτες, καθώς επίσης και υαλόπλεγμα

για τον οπλισμό σε ολόκληρη την επιφάνεια εφαρμογής του επιχρίσματος.

Τα **μειονεκτήματά** της είναι:

▲ Αυξημένο κόστος κατασκευής.

Για την πραγματοποίηση της εγκατάστασης θα πρέπει να δαπανηθεί ένα μεγάλο χρηματικό ποσό λόγω των μεγάλων επιφανειών του κτηρίου, το οποίο θα επιβαρύνει το μουσείο μέχρι το πέρας της απόσβεσης του.

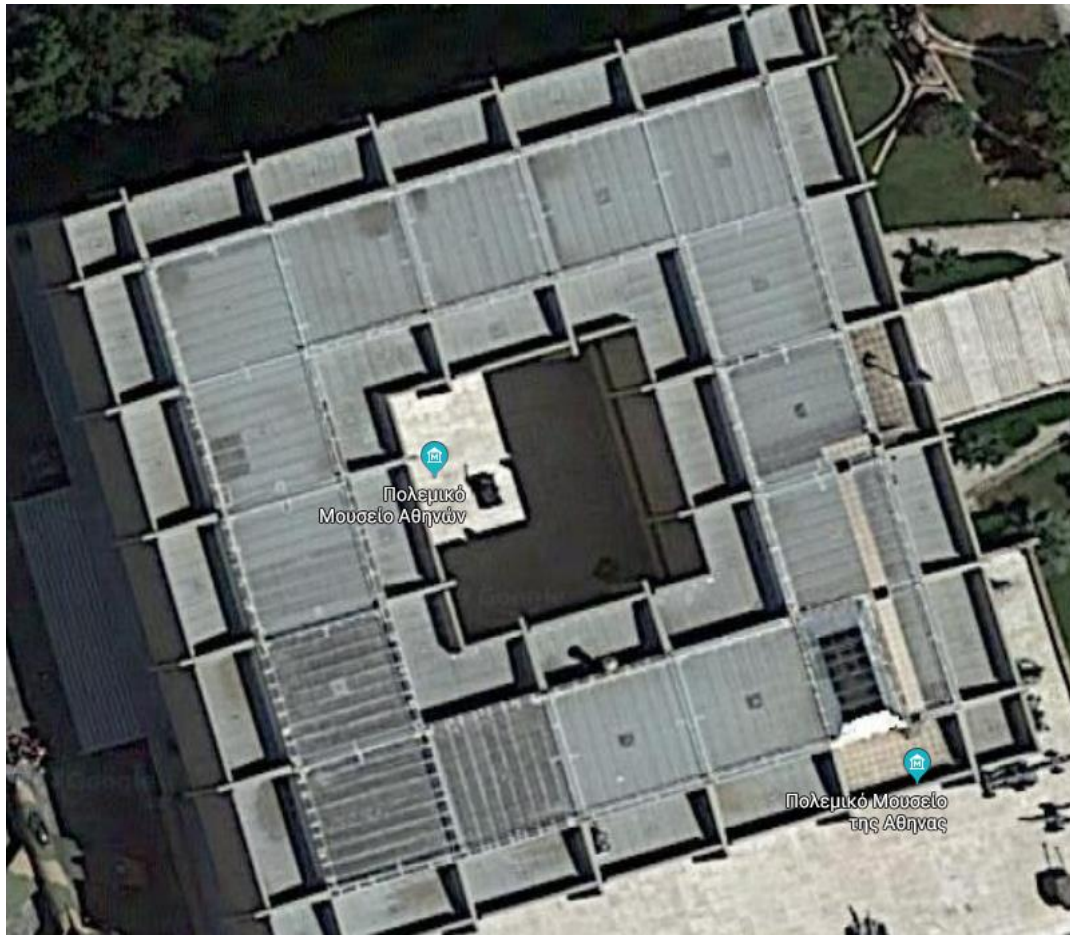
▲ Απαιτείται προσοχή στην κατασκευή (ορθή επιλογή υλικών, ορθή τοποθέτηση) για αποφυγή δημιουργίας ρωγμών στην όψη.

Για την σωστή εγκατάσταση χρειάζεται εμπειρα εκπαιδευμένο συνεργείο το οποίο μπορεί βάση των κανόνων να εκτελέσει την εργασία με επιτυχία, ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα παρουσίασης σφάλματος στην εγκατάσταση της με το πέρασμα των χρόνων.

▲ Δυσκολία/Αδυναμία εφαρμογής σε κτίρια με έντονες εξωτερικές μορφολογικές όψεις

Στα κτήρια με επίπεδες επιφάνειες είναι πιο εύκολο να γίνει η εγκατάσταση αυτή σε σχέση με αυτά που αποτελούνται από σύνθετες (αρχιτεκτονικά) επιφάνειες.

Στο πλαίσιο διατήρησης του αρχιτεκτονικού χαρακτήρα του κτιρίου η προτεινόμενη παρέμβαση στο κέλυφος είναι η μόνωση της ταράτσας, των πλαϊνών αυτής και των τοίχων που βρίσκονται μέσα στο χάνδακα.



Εικόνα 23: Δώμα Πολεμικού Μουσείου

Το δώμα αποτελεί στοιχείο του κελύφους και είναι το πιο ευπαθές δομικό στοιχείο σε ένα κτήριο. Δέχεται τις επιδράσεις του περιβάλλοντος, καταπονείται από τον ήλιο, τον άνεμο, τη βροχή, το χιόνι και θερμικές διακυμάνσεις. Ρηγματώσεις, αποκόλληση υλικών, φουσκώματα στις στρώσεις, κηλίδες στην εσωτερική επιφάνεια είναι κάποιες από τις φθορές που υφίστανται τα δώματα. Αυτός είναι ο λόγος που η προστασία του έχει καθοριστική σημασία στην διαμόρφωση του εσωκλίματος, κυρίως στον τελευταίο όροφο, τόσο για τον περιορισμό των απωλειών θερμότητας τον χειμώνα όσο και για την αποφυγή της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι.

Η εξωτερική θερμομόνωση των τοίχων που βρίσκονται μέσα στον χάνδακα θα εξασφαλίσει την μείωση των θερμικών απωλειών στους θερμαινόμενους ή κλιματιζόμενους χώρους των εργαζόμενων του μουσείου καθώς θα λειτουργήσει ως ασπίδα από την υγρασία του γκαζόν

που υπάρχει στο περιβάλλοντα χώρο αλλά και ως θερμική ασπίδα για τον κάθε τοίχο που θα εφαρμοστεί και θα εξασφαλίσει θερμική άνεση.



Εικόνα 24: Περιμετρικά του Μουσείου

Κριτήρια επιλογής θερμομονωτικών υλικών.

Τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή θερμομονωτικών υλικών είναι:

α. Θερμοτεχνικά Χαρακτηριστικά

- Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ .

β. Τρόπος Εφαρμογής

- Προκατασκευασμένα προϊόντα ή κατασκευή επί τόπου,
- Απαιτούμενα προστατευτικά μέτρα (για προστασία από μηχανικές βλάβες ή δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις),
- Δυνατότητα ελέγχου κατά την κατασκευή.

γ. Μηχανικές Ιδιότητες

- Αντοχή σε θλίψη, κάμψη και δονήσεις,

- Αλλοιώσεις με το χρόνο (γήρανση),
- Πυκνότητα,
- Ελαστικότητα, ευθραυστότητα.

δ. Χημική συμπεριφορά – ανθεκτικότητα

- Αντίσταση στη διάβρωση, στους μικροοργανισμούς, έντομα, κ.λπ.
 - Συμπεριφορά στην υγρασία (τυχόν μεταβολή των διαστάσεων, διαπερατότητα στους υδρατμούς, απορροφητικότητα νερού).
 - Συμπεριφορά στη φωτιά και μέγιστες επιτρεπόμενες θερμοκρασίες λειτουργίας.
 - Βαθμός ευαισθησίας σε υπεριώδη ακτινοβολία, σε διάφορα αέρια και σε διάφορους διαλύτες ή το θαλασσινό νερό, κ.λπ. ε.
- Οικονομικά Στοιχεία
- Επιπρόσθετο κόστος προμήθειας και εγκατάστασης
 - Χρόνος απόσβεσης δαπάνης,
 - Ποσοστό προστιθέμενης αξίας στην όλη κατασκευή.

Προεργασία αποφυγής προβλημάτων

Σημαντικό για την αποφυγή προβλημάτων αλλά και περιττής αύξησης του κόστους εφαρμογής του συστήματος είναι να έχει γίνει η κατάλληλη μελέτη και προεργασία για την αποφυγή προβλημάτων και θερμογεφυρών.

Αυτό στην πράξη σημαίνει τα εξής:

▪ **Αποφυγή επεμβάσεων εκ των υστέρων**

Η εξωτερική θερμομόνωση δεν θα πρέπει να τραυματίζεται από μερεμέτια και άλλες ύστερες επεμβάσεις, επειδή κάτι τέτοιο θα δημιουργήσει αισθητικά και λειτουργικά προβλήματα αφού θα είναι εμφανή τα «μπαλώματα» των επιδιορθωτικών επεμβάσεων.

▪ **Επίπεδη επιφάνεια**

Πρέπει να δίνεται έμφαση στο να επιτευχθεί μία επίπεδη επιφάνεια τοιχοποιίας και σκυροδέματος. Σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση της κατακράτησης υγρασίας και αποφυγή ελαττωμάτων στην τοιχοποιία.

▪ Σωληνώσεις

Πρέπει να αποφεύγεται η τοποθέτηση σωληνώσεων στην εξωτερική όψη της τοιχοποιίας. Αν αυτό είναι αδύνατο να αποφευχθεί, τουλάχιστον θα πρέπει οι σωλήνες να τοποθετούνται σε κατακόρυφες ή οριζόντιες κατευθύνσεις, για να μη δημιουργείται πρόβλημα στην εφαρμογή των θερμομονωτικών φύλλων.

▪ Έλεγχος υποστρώματος

Σε παλαιά κτίρια και πριν από την έναρξη εφαρμογής του συστήματος πρέπει να ελέγχεται επιμελώς η επιφάνεια, ώστε να αποκαλυφθεί αν το υπόστρωμα είναι σαθρό σε κάποια τμήματά του. Σαθρός ορίζεται μια επιφάνεια η ένα υλικό το οποίο έχει διαβρωθεί και φθαρεί τόσο ώστε να μην είναι πια στέρεο. Σε τέτοια περίπτωση είναι αναγκαίο η αποκατάσταση της σταθερότητάς του να προηγηθεί της εφαρμογής του συστήματος.

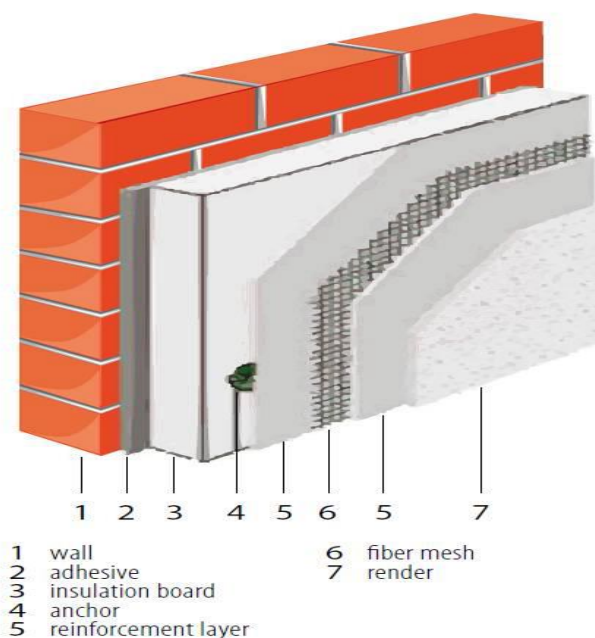
Εγκατάσταση

Η κατασκευή της θερμομόνωσης ενός κτιρίου πρέπει να γίνεται σύμφωνα με ορισμένες προϋποθέσεις που ανάλογα με τη θέση της επιφάνειας που πρόκειται να προστατευθεί και τη θέση της μονωτικής στρώσης μέσα στην κατασκευή (εσωτερικά ή εξωτερικά). Είναι ευνόητο ότι δεν μπορούν να αγνοηθούν οι απαιτήσεις προστασίας από την υγρασία. Για το λόγο αυτό, το πρόβλημα της δεν μπορεί να εξετάζεται μεμονωμένα, αλλά σε συνδυασμό με άλλες απαιτήσεις προστασίας και πάντοτε σε συνεργασία με τον αρχιτέκτονα του έργου.

Τα Σύνθετα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης (ΣΣΕΘ) αναβαθμίζουν την ενεργειακή απόδοση νέων και υφισταμένων κτιρίων αποτελούνται από ένα σύστημα συγκεκριμένων προδιαγραφών δομικών υλικών τα οποία εφαρμόζονται απευθείας στις όψεις των κτιρίων.

Το παραπάνω σύστημα αποτελείται από:

1. Τοιχοποιία
2. Συγκολλητικό υλικό
3. Πλάκα μονωτικού υλικού
4. Μηχανική στερέωση
5. Βοηθητικά εξαρτήματα συστήματος (γωνιόκρανα, νεροσταλάκτες, σκοτίες, διακοσμητικά τελειώματα, αρμοί διαστολής, κ.α.)
6. Οπλισμός επιχρίσματος (υαλόπλεγμα)
7. Τελικό επίχρισμα (προαιρετικά έγχρωμο)
8. Βαφή (προαιρετικά)



Εικόνα 25: Χαρακτηριστική διάταξη στρωμάτων εξωτερικής εγκατάστασης

Η επιλογή της κατάλληλης εξωτερικής θερμομόνωσης σε ένα κτήριο γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την υπάρχουσα θερμομονωτική του επάρκεια (για παλαιό κτήριο) ή την ενεργειακή μελέτη (νέο κτήριο) σε συνδυασμό με την κλιματική ζώνη (περιοχή) που βρίσκεται το κτήριο, τη χρήση του και τα δομικά στοιχεία που αποτελείται.

Θερμομονωτικά Υλικά

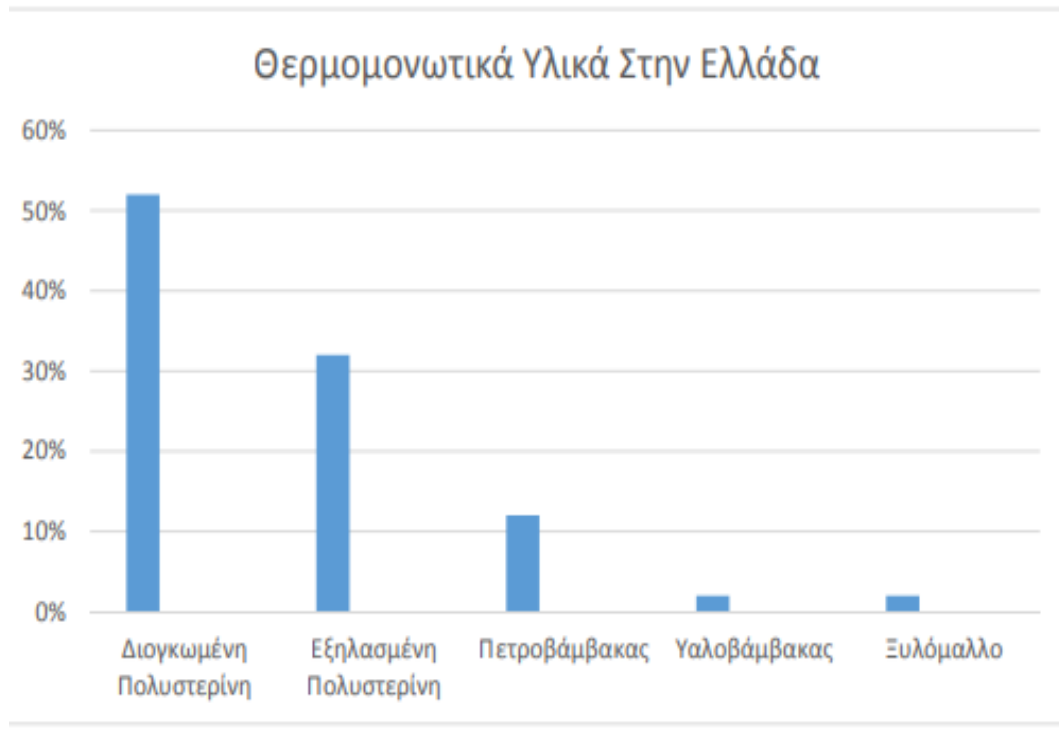
Το θερμομονωτικά υλικά έχουν σκοπό τη μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων με στόχο την μείωση των θερμικών απωλειών στη διάρκεια του χειμώνα και τη μείωση της θερμικής προόδου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Θερμομονωτικά ονομάζονται τα υλικά που ο συντελεστής θερμοαγωγιμότητας λ , δεν υπερβαίνει μια τιμή που καθορίζεται μεταξύ 0,060 και 0,10 W/m*K. Το κάθε θερμομονωτικό υλικό έχει τις δικές του ιδιότητες. Η μονωτική τους ιδιότητα οφείλεται κατά κύριο λόγο στο μεγάλο αριθμό μικρών κυψελίδων που περιέχουν αέρα ή σπανιότερα κάποιο άλλο αέριο και που θεωρείται ακίνητος. Ο ακίνητος αέρας, παρουσιάζει τη μικρότερη γνωστή τιμή θερμικής αγωγιμότητας, επιτρέπει πολύ δύσκολα τη μετάδοση θερμότητας μέσω αυτού.

Η επιλογή του θερμομονωτικού υλικού εξαρτάται από το κόστος, τη διάρκεια ζωής, τα περιβαλλοντικά δεδομένα και τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά του υλικού. Εμείς επιλέξαμε βάση αυτών τη διογκωμένη πολυστερίνη.



Εικόνα 26: Διογκωμένη πολυστερίνη

Κατά τη δεκαετία του 2000 η πολυστερίνη σχεδόν μονοπώλησε την Ελληνική αγορά και αυτό οφείλεται στις πολύ καλές θερμικές ιδιότητες του υλικού σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος και την ευκολία τοποθέτησης.



Εικόνα 27: Ποσοστό χρήσης θερμομονωτικών υλικών στην Ελληνική αγορά (<https://www.terrano.gr>)

Πλεονεκτήματα διογκωμένης πολυστερίνης

Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι εύχρηστο υλικό καθώς κόβεται και μεταφέρεται εύκολα. Παρουσιάζει καλή συνεργασία με όλα τα οικοδομικά υλικά. Σε ορισμένες εφαρμογές που απαιτούνται ειδικές διαστάσεις και ειδικά σχήματα, ίσως αποτελεί και την μοναδική λύση. Επιπλέον είναι αποδοτικότερη από τις υπόλοιπες και είναι μια σχετικά οικονομική επιλογή αναλογικά με την απόδοση της. Η σημαντικότερη ιδιότητα της διογκωμένης πολυστερίνης είναι η σταθερότητα των ιδιοτήτων και της σύστασης τους στο χρόνο. Ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του EPS είναι ότι δεν απορροφά την υγρασία και δεν επηρεάζονται οι μονωτικές του ιδιότητες από το νερό ή την υγρασία. Η Διογκωμένη πολυστερίνη είναι αυτοσβενούμενο υλικό σε αντίθεση με άλλα οργανικά υλικά. Σε θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 100οC το EPS αρχίζει να μαλακώνει και να λιώνει.

Εφαρμογή θερμομόνωσης

Για την κατασκευή του Συστήματος Εξωτερικής Θερμομόνωσης γίνονται οι εξής εργασίες:

- Προετοιμασία Υποστρώματος (δημιουργία ζώνης στεγνώσεις)
- Τοποθέτηση των θερμομονωτικών πλακών πάχους 5 cm με ειδική κόλλα
- Μηχανική στερέωση των θερμομονωτικών πλακών με ειδικά βύσματα
- Εφαρμογή γωνιόκρανων
- Εφαρμογή ανόργανου επιχρίσματος ενισχυμένο υαλόπλεγμα με αντοχή στα αλκάλια
- Ενίσχυση σημείων με συγκέντρωση τάσεων με επιπρόσθετο υαλόπλεγμα
- Εφαρμογή ασταριού και τελικού στρώματος στην πρόσοψη

Οροφή

Ως οροφή ορίζεται το κεκλιμένο ή οριζόντιο τμήμα που αποτελεί το τελευταίο επίπεδο της κατασκευής και για το οποίο η θερμομόνωση κρίνεται σημαντική καθώς καταπονείται από την ηλιακή ακτινοβολία, τον άνεμο, τη βροχή και το χιόνι ενώ παράλληλα καλείται να ανταποκριθεί κατά το βέλτιστο τρόπο σε μια σειρά από απαιτήσεις που αφορούν το περιορισμό των θερμικών απωλειών κατά την χειμερινή περίοδο, στην ελαχιστοποίηση της θερμικής φόρτισης τη θερινή και στην αποφυγή φαινομένων διύγρανσης.

Αποκολλήσεις υλικών, φουσκώματα στις στρώσεις, θραύσεις και ρηγματώσεις, σχηματισμός εξανθημάτων και κηλίδων στην εσωτερική επιφάνεια είναι μερικές μόνο από τις φθορές που υφίστανται τα δώματα.

Μόνωση οροφής

Στο δώμα η θερμομονωτική στρώση έχει ως στόχο να παρέχει στο κέλυφος θερμική προστασία, να προφυλάσσει τη φέρουσα πλάκα καθώς και τους εσωτερικούς τοίχους από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Η επιλογή του υλικού εξαρτάται από το τύπο του δώματος. Στο συμβατικό δώμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα θερμομονωτικά υλικά, και συνήθως η μόνωση τοποθετείται πάνω από τη φέρουσα πλάκα.

Η διογκωμένη πολυστερίνη μπορεί να εφαρμοστεί και στη μόνωση του δώματος καθώς δεν απορροφά την υγρασία και δεν επηρεάζονται οι μονωτικές του ιδιότητες από το νερό ή την υγρασία. Οι συστολές και διαστολές του νερού ή των υδρατμών είναι μεγάλη απειλή για την δομή των κτιρίων. Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι ένα πολύ σταθερό υλικό στο χρόνο, σε αντίθεση με άλλα θερμομονωτικά υλικά δεν γερνάει, δεν χάνει τις ιδιότητες και την σύσταση του. Μετά από εφαρμογή διαδικασίας τεχνητής γήρανσης για το EPS τα αποτελέσματα μας έδειξαν ότι η διάρκεια ζωής του ξεπερνά τα 100 χρόνια χωρίς κάποια αλλοίωση στα τεχνικά χαρακτηριστικά του επίσης είναι από τα πιο ανθεκτικά υλικά της αγοράς στην υγρασία. Η υγρασία που μπορεί να εισβάλει μέσα στην κατασκευή θα επηρεάσει σε πολύ μικρό βαθμό και πρόσκαιρα την θερμική απόδοση του EPS. Έτσι το υλικό μένει ανθεκτικό για όλη τη διάρκεια ζωής της κατασκευής. Παρόλα αυτά πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στον σχεδιασμό της κατασκευής και να περιλαμβάνει φράγματα υδρατμών.

Εφαρμογή:

1. Προετοιμασία της επιφάνειας
2. Δημιουργία φράγματος υδρατμών
3. Τοποθέτηση θερμομονωτικής στρώσης
4. Διάστρωση ελαφρομπετόν
5. Αποξήλωση σοβά

6. Τοπικές επισκευές
7. Στεγάνωση
8. Εξασφάλιση βατότητας ταράτσας

Γενικό κοστολόγιο τοποθέτησης θερμοπρόσοψης

Για την εξωτερική θερμομόνωση του κτιρίου **υλικά και εργασία** (εφαρμογή) για επιφάνειες (αφαιρουμένων των ανοιγμάτων) και για μονωτικό διογκωμένη πολυστερίνη EPS, μία μέση τιμή προσφοράς είναι 48,53 €/m²

με χρήση EPS 80 (σύμφωνα με τιμές που αναφέρονται στο site της εταιρείας <https://fragoulakis.gr/thermoprosopsi/thermoprosopsi-times/>

Μια ενδεικτική τιμή για το τελικό κόστος της μόνωσης στο δώμα, περιλαμβάνοντας το σύνολο των απαιτούμενων υλικών μαζί με το κόστος εφαρμογής (εργατικά) από κάποιο από τα συνεργαζόμενα συνεργεία μόνωσης της εταιρείας μας, ανέρχεται στα $\approx 29 \text{ €/m}^2 + \text{ΦΠΑ}$.

(<https://fragoulakis.gr/monosis-taratson/monosi-taratsas-light-roof/#light-roof>)

Με βάση και τη διατήρηση του χαρακτήρα του Μουσείου θα πραγματοποιηθεί η τοποθέτηση της θερμομόνωσης σε:

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	
ΧΩΡΟΣ	m ²
B Υπόγειο	257
A Υπόγειο	260
Αίθριο	278
Δώμα (πλαϊνό)	324
Δώμα (κάτω)	1111
Δώμα (κάτω-βύθισμα)	533
Σύνολο	2763

Το κόστος εγκατάστασης της θερμοπρόσοψης θα είναι: $1119 \text{ m}^2 * 48,53 \text{ €/m}^2 = 54.305 \text{ €}$.

Ενώ το κόστος της εγκατάστασης θερμομόνωσης για το δώμα θα είναι : $1652 \text{ m}^2 * 29 \text{ €/m}^2 = 47.908 \text{ €}$.

Συνολικό κόστος = $54305 + 47908 = 102213 \text{ €}$
--

Κόστος εφαρμογής μόνωσης του δώματος

Μια ενδεικτική τιμή για το τελικό κόστος, περιλαμβάνοντας το σύνολο των απαιτούμενων υλικών μαζί με το κόστος εφαρμογής (εργατικά) από κάποιο από τα συνεργαζόμενα συνεργεία μόνωσης της εταιρείας μας, ανέρχεται στα $\approx 29 \text{ €/m}^2 + \text{ΦΠΑ}$.

Χαρακτηριστικά κτηρίου

Γνωρίζοντας ότι ο συντελεστής απωλειών τοιχοποιίας χωρίς εξωτερική μόνωση για την συγκεκριμένη κλιματική ζώνη είναι 3,4 σύμφωνα με το ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 και η εξωτερική μόνωση είναι περίπου 0,5 μπορούμε να υπολογίσουμε τις απώλειες πριν και μετά.

Αντίστοιχα

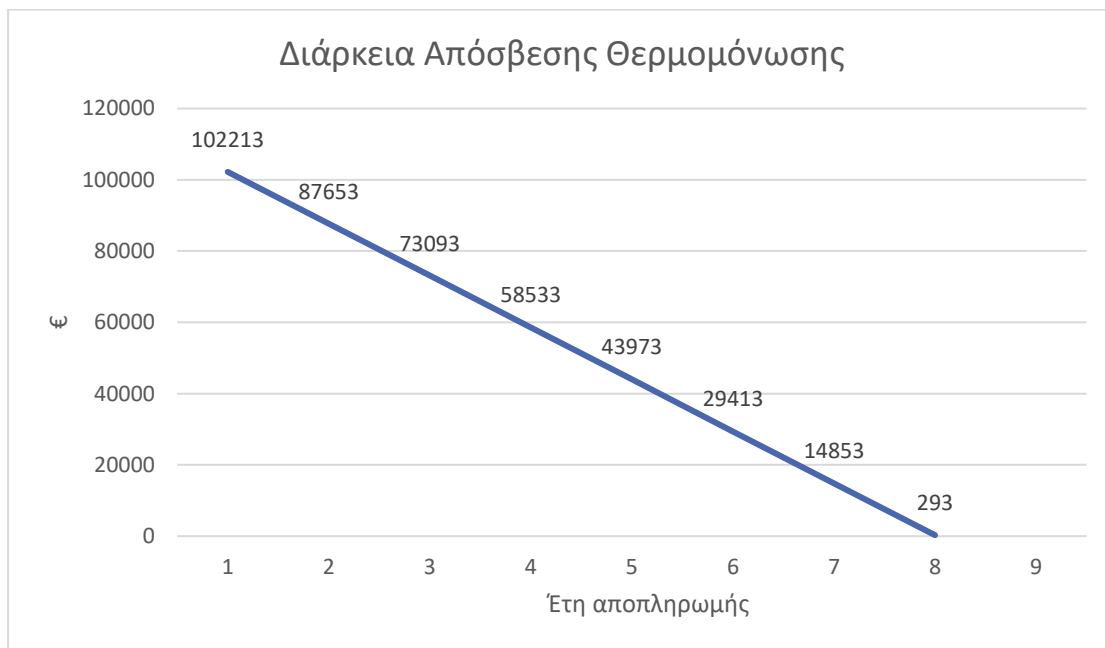
Συμπερασματικά, με την καινούργια μόνωση, οι απώλειες μας μειώνονται κατά $65883,43 * 12 * 30 = 23718034,8 \text{ kcal/μήνα}$.

Με βάση την τιμή του αερίου, όπως προκύπτει από το αντίστοιχο έγγραφο για το 2018, η εγκατάσταση θα οδηγήσει σε εξοικονόμηση 5060 € ανά έτος.

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΠΡΙΝ ΤΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (Kcal/h)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (kcal/h)	ΟΦΕΛΟΣ (kcal/h)	ΟΦΕΛΟΣ (kcal/month)
506740,89	440857,46	65883,43	23718034,8

Αν θεωρήσουμε ότι η τιμή του Φ.Α. είναι περίπου 0,030 €/kwh το μηνιαίο κέρδος είναι **843,45 €** για τη χειμερινή περίοδο. Για τους θερινούς μήνες, λαμβάνοντας υπόψη ότι η τιμή της κιλοβατώρας είναι 0,0574 €, το μηνιαίο κέρδος θα είναι **1583,26 €**.

Η περίοδος αποπληρωμής θα είναι περίπου 8 έτη, αν και αυτό δεν μπορεί να ειπωθεί με μεγάλη βεβαιότητα, καθώς οι τιμή του φυσικού αερίου είναι αρκετά ασταθής.



Η μείωση της κατανάλωσης Φ.Α. και ηλεκτρικής ενέργειας θα έχει ως συνέπεια την μείωση της εκπομπής CO₂.

	Μηνιαία Εξοικονόμηση (kwh/month)	Μηνιαία Εξοικονόμηση Εκπομπής CO ₂ (Kg)
Ηλεκτρική Ενέργεια	27583,2	7282
Φυσικό Αέριο	28115,2	5510,5

Η ετήσια μείωση των εκπομπών συνολικά θα είναι **284 τόνοι CO₂**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Φωτοβολταϊκά

Η χρήση των ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) ολοένα και ενσωματώνεται στα κτίρια σήμερα, μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τις ενεργειακές τους δαπάνες (για θέρμανση και ψύξη). Οι ΑΠΕ ανανεώνονται είναι διαρκώς διαθέσιμες σε άφθονη ποσότητα, δηλαδή είναι ανεξάντλητες. Η Ελλάδα είναι από εκείνες τις χώρες, με ένα αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, που δύναται να παρέχει μια σημαντικά εναλλακτική λύση στις ενεργειακές ανάγκες της χώρας, οδηγώντας την, στην απεξάρτησή της από τα συμβατικά καύσιμα.

Ο ήλιος για παράδειγμα δεν θα πάψει ποτέ (τουλάχιστον για αρκετά εκατομμύρια χρόνια) να λάμπει στον ουρανό, οπότε όταν υλοποιηθεί ένα σύστημα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή χρήσιμης ενέργειας (ηλεκτρική ή θερμική για παράδειγμα), η πρώτη ύλη-καύσιμο είναι δωρεάν και δεν υποβάλλεται ποτέ στις διακυμάνσεις των αγορών ενέργειας.

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Τα φωτοβολταϊκά είναι διατάξεις που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα από την ηλιακή ακτινοβολία. Το ηλεκτρικό αυτό ρεύμα χρησιμοποιείται για να δώσει ενέργεια σε μια συσκευή, να φορτίσει μια μπαταρία, να αποθηκευτεί ή να διοχετευθεί στο δίκτυο της ΔΕΗ. Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό ισχύος 1 κιλοβάτ (kW) παράγει κατά μέσο όρο 1.300-1.500 κιλοβατώρες το χρόνο και συνεπώς να αποτραπεί η εκπομπή περίπου 2 τόνων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Το όφελος για το περιβάλλον είναι σημαντικότερο δεδομένου ότι για την παραγωγή κάθε κιλοβατώρας ηλεκτρισμού από ορυκτά καύσιμα



επιβαρύνεται η ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα.

Τα Φ/Β συστήματα είναι τεχνολογικά ώριμα και μπορούν να αποτελέσουν μια αξιόπιστη λύση αντικατάστασης ηλεκτρισμού, σε υπάρχοντα ή υπό μελέτη κτίρια. Όταν τα φωτοβολταϊκά εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπουν ένα ποσοστό 5 έως και 17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Το πόσο ακριβώς είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιούμε.

Τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται συχνά σε συστοιχίες για την **παραγωγή ενέργειας** σε μεγάλη κλίμακα, δορυφόρους, διαστημόπλοια κλπ..

Σε πολλές χώρες έχουν ξεκινήσει προγράμματα επιδότησης των επενδύσεων σε φωτοβολταϊκά, τα οποία παράγουν ηλεκτρική ενέργεια που μεταπωλείται και εισάγεται στα δημόσια δίκτυα μεταφοράς. Τα προγράμματα αυτά έχουν στόχο τη **διαφοροποίηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας** και τη σταδιακή **απεξάρτησή της από το πετρέλαιο**.

Η επιλογή του είδους των φωτοβολταϊκών είναι συνάρτηση των αναγκών, του διαθέσιμου χώρου ή ακόμα και της οικονομικής ευχέρειας του χρήστη. Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες (επίπεδες και κεκλιμένες) ή και σε προσόψεις κτιρίων.



Εικόνα 28: Φ.Β. με 0% κλίση

Πλεονεκτήματα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

- Μηδενική ρύπανση.
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής. Οι περισσότεροι κατασκευαστές Φ/Β πωλούν μονάδες με 20 - 25 χρόνια εγγύηση λειτουργίας με απόδοση άνω του 80% της ονομαστικής.
- Ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης. Η έλλειψη κινούμενων μερών σε ένα Φ/Β σύστημα ελαχιστοποιεί τις ανάγκες συντήρησης. Οι τακτικοί έλεγχοι του συστήματος είναι απαραίτητοι γιατί εξασφαλίζουν ότι δεν θα δημιουργηθεί σκίαση από την ανάπτυξη φυτών.
- Μπορούν να ενσωματωθούν στην αρχιτεκτονική του κτιρίων. Χρησιμοποιούνται ως δομικά υλικά υποκαθιστώντας κεραμοσκεπές ή άλλα παραδοσιακά υλικά.
- Συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (Υβριδικά συστήματα).

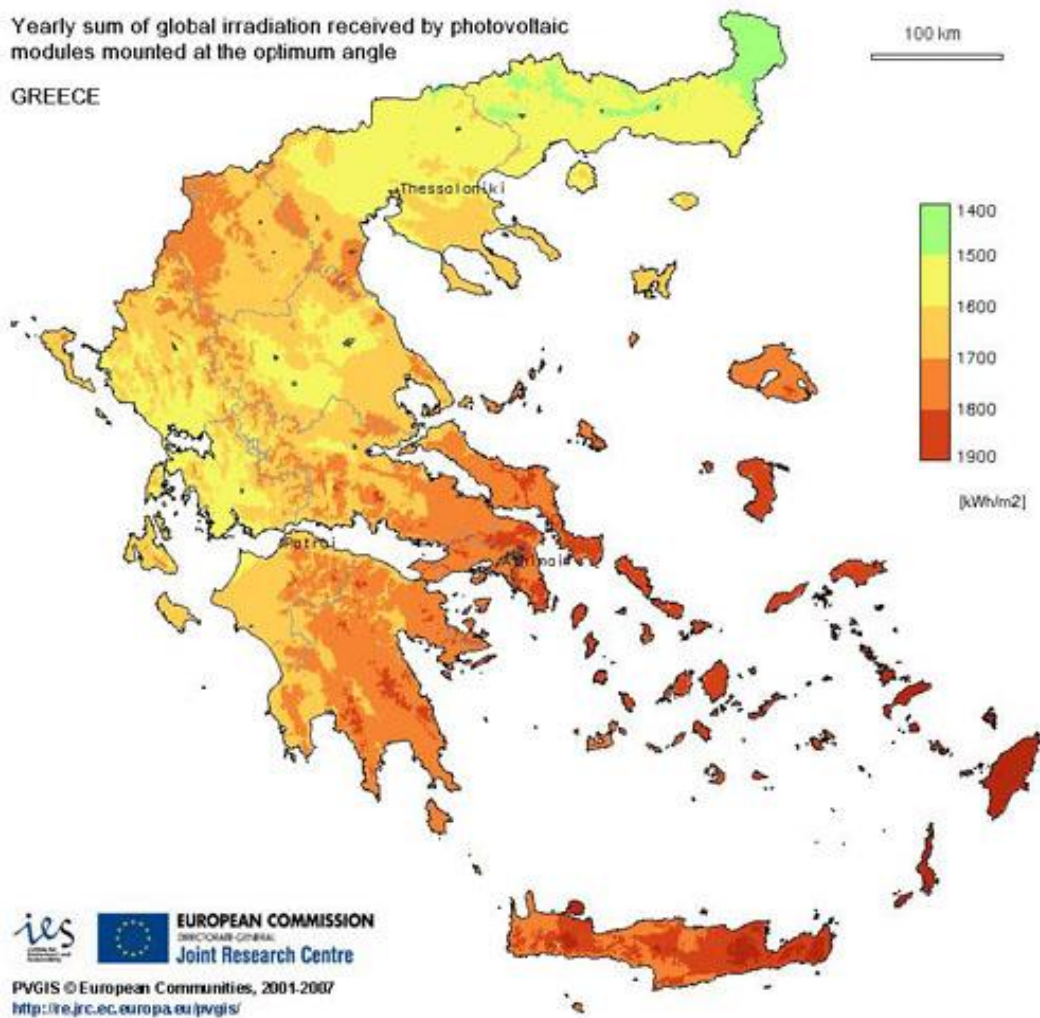
- Δυνατότητα επέκτασης για αυξημένες απαιτήσεις ενέργειας. Η βασική εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος μπορεί να είναι μικρή αλλά η φύση της τεχνολογίας των υπομονάδων επιτρέπει την επέκταση του συστήματος οποιαδήποτε στιγμή.
- Απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων στις απομακρυσμένες περιοχές.

Μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

- Το υψηλό αρχικό κόστος αγοράς – κατασκευής αλλά ασήμαντο λειτουργικό κόστος.
- Ο περιοδικός καθαρισμός της επιφάνειας των Φ/Β πλαισίων είναι απαραίτητος για να αποφευχθεί η μείωση της απόδοσης από την ρύπανση.

Ηλιακή ακτινοβολία στην Ελλάδα

Η χώρα μας συγκαταλέγεται μεταξύ των χωρών υψηλής ακτινοβολίας. Από το ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΩΝ της ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ έχουν γίνει μελέτες για την χώρα μας και απεικονίζονται στους ακόλουθους χάρτες. Οι χάρτες αντιπροσωπεύουν την ετήσια ποσότητα ενέργειας (kwh/m²) που προέρχεται από την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε φωτοβολταϊκούς συλλέκτες σε οριζόντια θέση.



Εικόνα 29: Χάρτης του ηλιακού δυναμικού της Ελλάδας

Τρόποι αξιοποίησης Φ/Β

Υπάρχουν δύο τρόποι να τα χρησιμοποιήσει κανείς. Είτε απομονωμένα (εκτός δικτύου) είτε συνδεδεμένα στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Στα αυτόνομα (απομονωμένα) φωτοβολταϊκά συστήματα η αναγκαία ηλεκτρική ενέργεια παράγεται αποκλειστικά από Φ/Β συστοιχίες. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή η εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας. Ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά μπορεί να είναι συνδεδεμένο σε κάποιο δίκτυο ηλεκτρικής παροχής αντλώντας από αυτό ρεύμα όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν επαρκεί και να δίνει ενέργεια στο δίκτυο όταν η παραγωγή υπερκαλύπτει τις

ανάγκες, καθιστώντας μη απαραίτητη την αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Πολλές φορές τα Φ/Β χρησιμοποιούνται ως εφεδρικές μονάδες ενέργειας, το σύστημα είναι μεν διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ, αλλά διαθέτει και συσσωρευτές για να αναλαμβάνει την κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος και για όσο διαρκεί αυτή.

Συνθήκες λειτουργίας Φ/Β στοιχείων

Ο καλύτερος προσανατολισμός των Φ/Β ώστε να έχουμε την μέγιστη απόδοση είναι ο νότιος, μικρές αποκλίσεις δεν επηρεάζουν την απόδοση, μεγάλες αποκλίσεις θα καταστήσουν το σύστημα μη αποδοτικό. Η σκίαση των πάνελ από γειτονικά κτίρια ή δένδρα σε κάποιες ώρες την ημέρα έχει σημαντική επίδραση στην απόδοση του συστήματος. Η θερμοκρασία των Φ/Β στοιχείων έχει καθοριστική σημασία για την αποδοτική λειτουργία τους. Η απόδοση είναι αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας του στοιχείου και για το λόγο αυτό πρέπει να εξασφαλίζεται ανεμπόδιστος αερισμός της πίσω πλευράς τους.

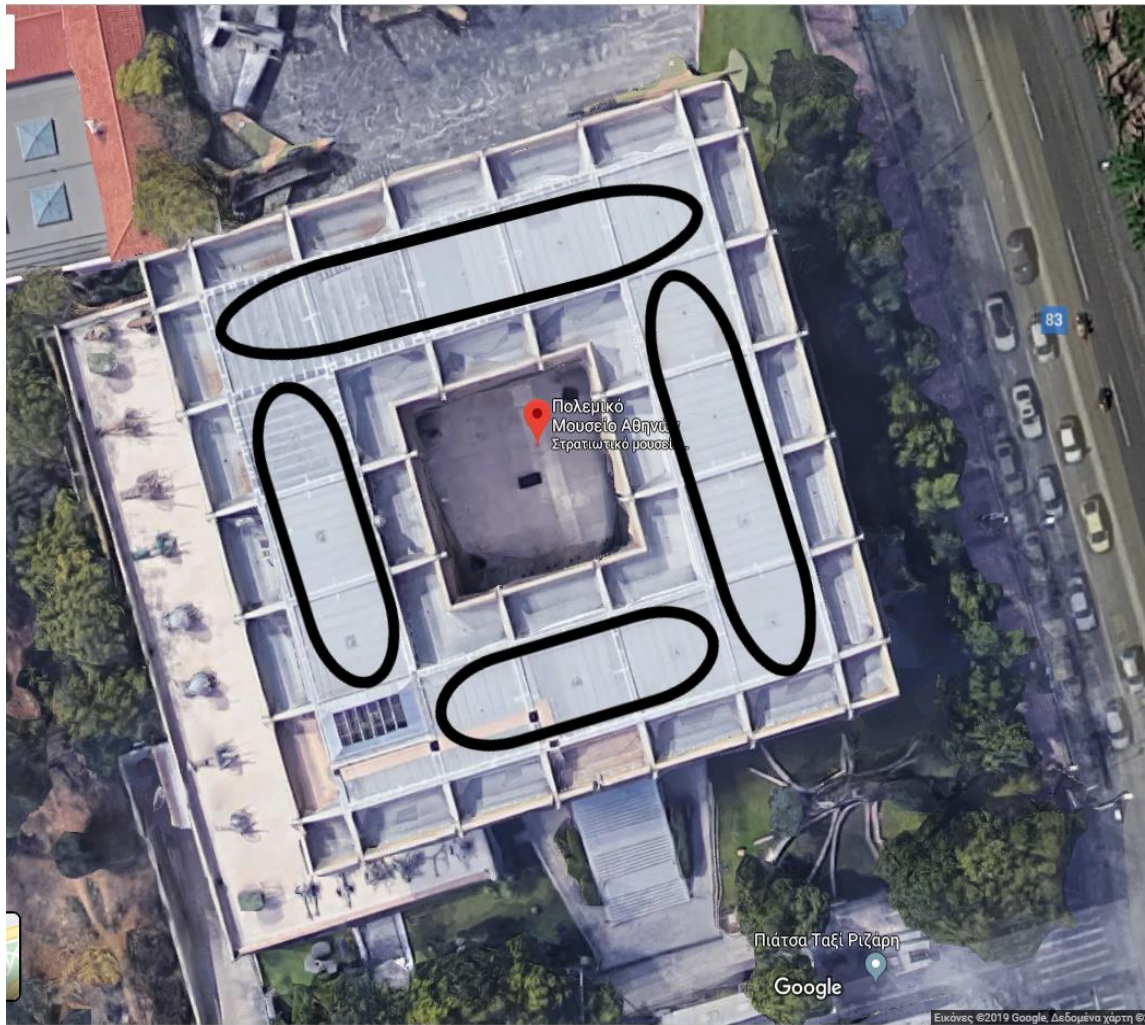
Τα βασικά μέρη ενός αυτόνομου ΦΒ συστήματος είναι:

- Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες που μετατρέπουν το φως σε ηλεκτρικό ρεύμα,
- Μεταλλική δομή στήριξης η οποία μπορεί να είναι είτε σταθερή είτε κινητή που στρέφει τους συλλέκτες πάντα προς την κατεύθυνση του ήλιου,
- Ηλεκτρονικός ρυθμιστής για την διαχείριση της φόρτισης των μπαταριών,
- Ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) για την αποθήκευση του παραγόμενου ρεύματος που πλεονάζει, για μεταγενέστερη χρήση,
- Μετατροπέας τάσης για το μετασχηματισμό του συνεχούς ρεύματος από τις μπαταρίες σε ημιτονοειδές εναλλασσόμενο για τη

λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών ή για την τροφοδότηση του δικτύου της ΔΕΗ.

Διαθέσιμοι χώροι τοποθέτησης Φ/Β

Φυσικά ένα μουσείο και πόσο μάλλον ένα κτίριο με εξαιρετική αρχιτεκτονική, όπως είναι το Πολεμικό Μουσείο, να «τραβάει» τα βλέμματα των επισκεπτών από μια ακαλαίσθητη παρουσία φωτοβολταϊκών πάνελ. Όμως ο χώρος που προτείνεται για την τοποθέτηση των Φ/Β πάνελ είναι αυτός του δώματος που δεν δημιουργεί κανένα πρόβλημα στην αισθητική του κτιρίου, καθώς τα πάνελ θα είναι με μηδενική κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο.



Εικόνα 30: Χώρος τοποθέτησης Φ.Β.

Οικονομική μελέτη επένδυσης σε φωτοβολταϊκά συστήματα

Το σημαντικότερο μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ότι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από την ηλιοφάνεια. Επιπλέον, δεν μπορούν να παράγουν ενέργεια το βράδυ, χωρίς την εγκατάσταση επιπρόσθετου συστήματος αποθήκευσης ενέργειας (συνήθως μπαταρίες ιόντων λιθίου). Στην παρούσα εργασία, η μελέτη γίνεται με βάση τα ηλιακά δεδομένα της Αθήνας, από το έτος 2014 (Pfenninger and Staffell, 2016). Επίσης από σχετικά έγγραφα από τα έτη 2017 και 2018, είναι γνωστή η ενεργειακή κατανάλωση του μουσείου, χωρισμένη σε ημερήσιο και νυχτερινό τιμολόγιο, όπως παρουσιάστηκε στην *Εικόνα 3*.

Από το διάγραμμα της εικόνας, το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η κατανάλωση ενέργειας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι τεράστια. Παρόλο που το καλοκαίρι η ηλιοφάνεια είναι περισσότερη σε σχέση με το χειμώνα, τα φωτοβολταϊκά από μόνα τους δεν θα είναι αρκετά για να καλύψουν την τόσο μεγάλη ζήτηση σε ρεύμα, που απαιτείται για τον κλιματισμό των αιθουσών όπου φυλάσσονται τα εκθέματα, κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Για το λόγο αυτό, εξετάστηκαν 2 περιπτώσεις:

- 1) Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ αρκετά ώστε να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας,
- 2) Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ σε συνδυασμό με μπαταρίες για την αποθήκευση ενέργειας, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτηρίου όλο το 24ωρο.

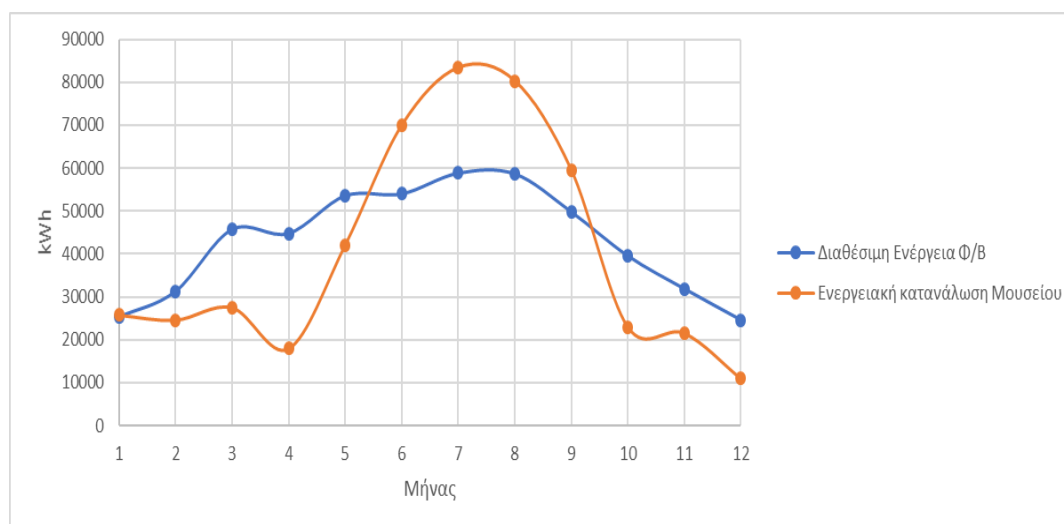
Η μέγιστη ενεργειακή απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πάνελ είναι κατά μέσο όρο 0.15 kW/m^2 (Bódis et al., 2019; Kymakis et al., 2009; Singh and Banerjee, 2015).

Ο διαθέσιμος χώρος για την τοποθέτηση των πάνελ είναι κατά προσέγγιση 2211 m^2 , οπότε η μέγιστη δυνατή ισχύς που μπορεί να αποδοθεί εκτιμάται στα 332 kW .

Το κόστος για την εγκατάσταση των πάνελ είναι 1200€/kW (Colmenar-Santos et al., 2012; Nottrott et al., 2013), κι έτσι το συνολικό κόστος θα είναι 398400€ .

Για να ελεγχθεί η επάρκεια της εγκατεστημένης ηλιακής ισχύος, συγκρίνονται οι μηνιαίες καταναλώσεις με το ημερήσιο τιμολόγιο, με την μέση ενεργειακή απόδοση των φωτοβολταϊκών κατά τη διάρκεια της

ημέρας πολλαπλασιασμένη με την εγκατεστημένη ισχύ. Η σύγκριση φαίνεται στην Εικόνα 31.



Εικόνα 31 Ενεργειακή κατανάλωση και διαθέσιμη ενέργεια Φ/Β κατά τη διάρκεια της ημέρας

Είναι φανερό από την Εικόνα 19, ότι ακόμα και μετά την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών, θα είναι απαραίτητη η κατανάλωση ρεύματος και από το δίκτυο της ΔΕΗ, ώστε να καλυφθούν όλες οι ανάγκες του κτηρίου. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι το διάγραμμα της Εικόνας 31, δεν συμπεριλαμβάνει την κατανάλωση ρεύματος κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Για να αποδειχθεί αν η επένδυση είναι οικονομικά συμφέρουσα, θεωρήθηκε ότι τα ετήσια έξοδα για το λογαριασμό της ΔΕΗ θα είναι σταθερά κάθε χρόνο και ίσα με 30659€ (ημερήσιο τιμολόγιο μόνο).

Η τυπική διάρκεια ζωής μίας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης οροφής είναι 30 έτη, και θεωρούμε ότι το συνολικό κόστος της προκαταβάλλεται κατά το πρώτο έτος. Στο κόστος εγκατάστασης προστίθεται κι ένα ετήσιο ποσό των 4693€, για την κατανάλωση κατά τους μήνες που τα φωτοβολταϊκά δεν επαρκούν.

Για να είναι τα μεγέθη συγκρίσιμα, ο ετήσιος λογαριασμός της ΔΕΗ και το ετήσιο ποσό των 4693€ μεταφέρονται όλα στο παρόν,

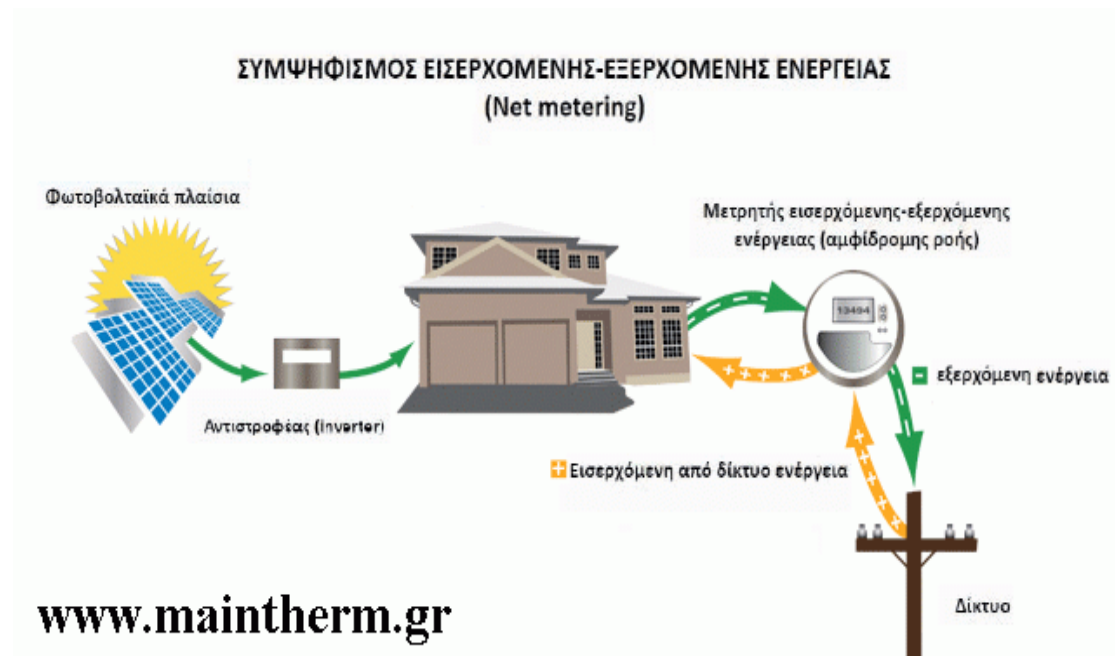
χρησιμοποιώντας τη μέθοδο καθαρής παρούσας αξίας (“The Time Value of Money and Net Present Value,” 2017), με ποσοστό πληθωρισμού 3% ανά έτος, και για διάστημα 30 ετών. Έτσι η καθαρή παρούσα αξία, αν δεν γίνει επένδυση σε φωτοβολταϊκά είναι 606751€, ενώ η καθαρή παρούσα αξία των 4693€ είναι 91989€.

Είναι εμφανές ότι η καθαρή παρούσα αξία των φωτοβολταϊκών μαζί με την επιπλέον κατανάλωση είναι $398400+91989=490389\text{€}$, είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη αν δεν εγκατασταθούν τα φωτοβολταϊκά (606751€).

Επιπρόσθετα, υπάρχει το ενδεχόμενο το μουσείο να δίνει το πλεονάζον ηλεκτρικό ρεύμα που παράγουν τα φωτοβολταϊκά κατά τους χειμερινούς μήνες στη ΔΕΗ (Net Metering). Το **Net Metering** επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει ένα σημαντικό μέρος της ενέργειας που καταναλώνει ενώ παράλληλα του δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας που παράγει το φωτοβολταϊκό του σύστημα. Το Net Metering είναι ο συμψηφισμός παραγόμενης-καταναλισκόμενης ενέργειας είναι μία καινούρια νοοτροπία που εφαρμόζεται ήδη σε χώρες όπου η χρήση οικιακών και εταιρικών φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ευρέως διαδεδομένη, καθώς προσφέρει μεγάλη ευελιξία στο δίκτυο. Ως ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραγόμενης από το φωτοβολταϊκό σύστημα ενέργειας με την καταναλισκόμενη στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, ο οποίος διενεργείται σε ετήσια βάση. Στον ενεργειακό συμψηφισμό η παραγόμενη ενέργεια δεν είναι απαραίτητο να ταυτοχρονίζεται με την καταναλισκόμενη.

Με το **N.4203/2013** (ΦΕΚ 235Α/1-11-2013) θεσμοθετήθηκε για πρώτη φορά η δυνατότητα των καταναλωτών να κάνουν χρήση του Net Metering. Οι ρυθμίσεις αυτές τροποποιήθηκαν με το **N.4254/2014** (ΦΕΚ 85Α/7-4-2014) ενώ στις 30/12/2014 υπογράφηκε η τελική υπουργική

απόφαση σύμφωνα με την οποία καταρτίζεται το Ειδικό Πρόγραμμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων από αυτοπαραγωγούς για την κάλυψη ιδίων αναγκών τους, με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού. Το Πρόγραμμα αφορά σταθερά φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία εγκαθίστανται στον ίδιο ή όμορο χώρο με τις εγκαταστάσεις κατανάλωσης τις οποίες τροφοδοτούν και οι οποίες συνδέονται στο Δίκτυο. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να εγκαθίστανται επί κτιρίων ή επί εδάφους ή άλλων κατασκευών, περιλαμβανομένων και αυτών του πρωτογενούς τομέα, σύμφωνα με την κείμενη πολεοδομική νομοθεσία.



Τι είναι το Net metering

Η ισχύς κάθε Φ/Β συστήματος μπορεί να ανέρχεται μέχρι 20kWp ή μέχρι το 50% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης. Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά η ισχύς των συστημάτων μπορεί να ανέρχεται στα 10kWp και ειδικά για την Κρήτη μέχρι 20kWp ή μέχρι το 50% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης. Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να εγκαθίστανται επί κτηρίων ή επί εδάφους ή άλλων κατασκευών σε όμορο

χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης σύμφωνα με την κείμενη πολεοδομική νομοθεσία.

Δικαίωμα ένταξης στο πρόγραμμα έχουν φυσικά πρόσωπα (επιτηδευματίες ή μη) ή νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου τα οποία είτε έχουν στην κυριότητά τους τον χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το Φ/Β σύστημα είτε έχουν τη νόμιμη χρήση αυτού (π.χ. μέσω μίσθωσης, δωρεάν παραχώρησης κλπ.).

Κάθε Φ/Β σύστημα αντιστοιχίζεται αποκλειστικά με έναν μετρητή κατανάλωσης. Ο ενεργειακός συμψηφισμός διενεργείται σε ετήσια βάση. Σε περίπτωση που στο τιμολόγιο κατανάλωσης του αντισυμβαλλόμενου αυτοπαραγωγού προβλέπεται κλιμακούμενη χρέωση, στο ανταγωνιστικό σκέλος του, ο συμψηφισμός πραγματοποιείται με τρόπο που να προκύπτουν οι χαμηλότερες χρεώσεις για τον αυτοπαραγωγό.

Μετά από έρευνα αγοράς σε εταιρείες εγκατάστασης Φ/Β θεωρούμε συμφέρουσα και συνεπώς προτεινόμενη τη προσφορά που συνδυάζει την εγκατάσταση Φ/Β σε συνδυασμό με το net metering.

Για το πολεμικό μουσείο σύμφωνα με το μηνιαίο εκκαθαριστικό λογαριασμό η κατανάλωση είναι 37.000kwh Σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία και την εκτιμώμενη επιφανειακή κάλυψη του κτιρίου επί της οροφής αυτού και με μηδενική κλίση δύναται να εγκατασταθεί σύστημα συνολικής ισχύος 150kw. Αυτό το σύστημα θα καλύψει περίπου το 40% των αναγκών του κτιρίου και θα παράγει περίπου 180.000kWh/έτος.

Για την εγκατάσταση θα απαιτηθούν τα ακόλουθα υλικά:

1. 500 τεμ. x Φωτοβολταϊκά πάνελ 300Wp
2. 3 inverter 50kWp έκαστος,

3. Πίνακες χειρισμού, προστασίας, απομόνωσης και διασύνδεσης του ΦΒ σταθμού με το δίκτυο της ΔΕΗ,
4. Καλώδια συνδέσεων AC και DC,
5. Σύνδεση με το υφιστάμενο σύστημα γείωσης

Το κόστος για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση ανέρχεται στις 184320 €

Με τη παρούσα προσφορά με ετήσια παραγωγή 180.000 kwh/έτος το Μουσείου θα έχει λιγότερη παραγωγή CO₂ κατά 153 τόνους .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

Έξυπνο σύστημα ελέγχου

Το έξυπνο κτίριο είναι φυσικός χώρος ο οποίος διαθέτει κατάλληλα συστήματα για να ελέγχει, συγκρίνει, ενημερώνει, απορρίπτει, εκτελεί, λειτουργεί δηλαδή εντελώς αυτόματα ή κατά βούληση του χρήστη. Η έννοια των έξυπνων κτιρίων υπάρχει εδώ και πολλά χρόνια και βασίστηκε στην ικανότητα των επιμέρους συστημάτων εντός των κτιρίων να επικοινωνούν, να ενσωματώνουν και να εκτελούν με τρόπο που να επιτρέπει σε πολυάριθμους και περίπλοκους ελέγχους να παράγουν μία πολύ βελτιωμένη ανταπόκριση σε πολλά είδη ερεθισμάτων. Ο βαθμός αυτοματοποίησης καθώς και ο βαθμός στον οποίο εφαρμόζεται ο έλεγχος ποικίλει, αφού είναι παράγοντας πολλών παραμέτρων. Το κόστος, οι ανάγκες του χρήστη, ο τύπος του κτιρίου στο οποίο θα εγκατασταθεί η τεχνολογία είναι μερικές από τις παραμέτρους.

Ένα έξυπνο κτίριο χρησιμοποιεί αισθητήρες, ενεργοποιητές και μικροτσίπ, προκειμένου να συλλέγει δεδομένα και να τα διαχειρίζεται σύμφωνα με τις λειτουργίες και υπηρεσίες που πρέπει να εκτελούνται εντός αυτού. Ένα κτίριο είναι έξυπνο, δηλαδή αυτοματοποιημένο, όταν διαθέτει έξυπνη ηλεκτρική εγκατάσταση η οποία φροντίζει ώστε οι λειτουργίες του κτιρίου όπως θέρμανση, ψύξη, αερισμός, έλεγχος σκίασης, φωτισμός κ.α. να ελέγχονται αυτόματα, εύκολα και απλά, χωρίς σπατάλες ενέργειας και χωρίς απώλειες ευκολιών χρήσης και άνεσης, και όπως αναφέρει ο Delgado (2014). Ένα έξυπνο κτίριο φροντίζει, για την σωστή θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου σταματώντας την θέρμανση στον χώρο όταν ανοίξει ένα παράθυρο ή όταν φύγει ο χρήστης του, επίσης είναι αυτό που χαμηλώνει την ένταση ή σβήνει τα φώτα όταν υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια και μπαίνει φως από τα παράθυρα με αποτέλεσμα να εξοικονομείται πολύτιμη ενέργεια.

Με την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος αυτοματοποίησης θα πετύχουμε βέλτιστη λειτουργία εγκαταστάσεων, δημιουργία ιδανικών συνθηκών διαβίωσης, ευεργετικές συνέπειες για το περιβάλλον, μείωση

τής σπατάλης ενέργειας και του κόστους λειτουργίας του κτιρίου (με τη μείωση της περιττής χρήσης του εξοπλισμού), σενάρια λειτουργίας (ανάλογα τις καιρικές συνθήκες, σενάρια φωτισμού), άμεσος εντοπισμός βλαβών. 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 για μελλοντική χρήση.

Τα συστήματα που συνδέονται με ένα BMS αντιπροσωπεύουν συνήθως το 40% της κατανάλωσης ενέργειας ενός κτιρίου, σε περίπτωση που περιλαμβάνεται και ο φωτισμός, τότε το ποσοστό προσεγγίζεται σε 70% με αποτέλεσμα το BMS να θεωρείται κρίσιμος παράγοντας για τη διαχείριση της ζήτησης ενέργειας.

Το BMS συνήθως χρησιμοποιείται για μεγάλα κτίρια, όπως νοσοκομεία, εκθεσιακούς χώρους, δημόσια κτίρια, εκπαιδευτικά ιδρύματα κ.α. (Μαγκανιάρη, 2018). Στη χώρα μας οι πρώτες μελέτες για την εγκατάσταση συστημάτων BMS συναντώνται στα τέλη της δεκαετίας του 1990. Τα τελευταία 10 περίπου χρόνια στα περισσότερα δημόσια κτίρια αλλά και αρκετά ιδιωτικά εγκαθίστανται συστήματα BMS. Τα τελευταία 4-5 χρόνια υπάρχει σημαντική εξέλιξη στην εφαρμογή των συστημάτων και ιδίως με τη συνεργασία με τρίτα συστήματα αλλά και συνεργασία με εφαρμογές καινοτόμες όπως τα συστήματα γεωθερμίας, τα φωτοβολταϊκά κλπ.

Το σύστημα BEMS

Πρακτικά ένα BMS αποτελεί ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό σύστημα ελέγχου που εγκαθίσταται στα κτίρια, για να ελέγχει και να παρακολουθεί τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του κτιρίου: τα συστήματα (HVAC), τον φωτισμό, τους ανελκυστήρες, τα συστήματα συναγερμού πυρκαγιάς, κ.α.

Η λειτουργία αυτόματου ελέγχου επιτρέπει την επισκόπηση της κατάστασης καθώς και τη ρύθμιση της απόδοσης των συστημάτων του κτιρίου που ελέγχονται.

Η λειτουργία συλλογής και επίδειξης δεδομένων επιτρέπει τη μέτρηση και την αναφορά διαφόρων παραμέτρων που σχετίζονται με την ενεργειακή απόδοση και την κατάσταση των ελεγχόμενων συστημάτων. Επίσης επιτρέπει την πρόβλεψη της ενεργειακής ζήτησης ενός κτηρίου με βάση ιστορικά μετρημένα δεδομένα. Όλα τα δεδομένα που συλλέγονται μεταφέρονται και επιδεικνύονται σε τερματικές μονάδες υπολογιστών.

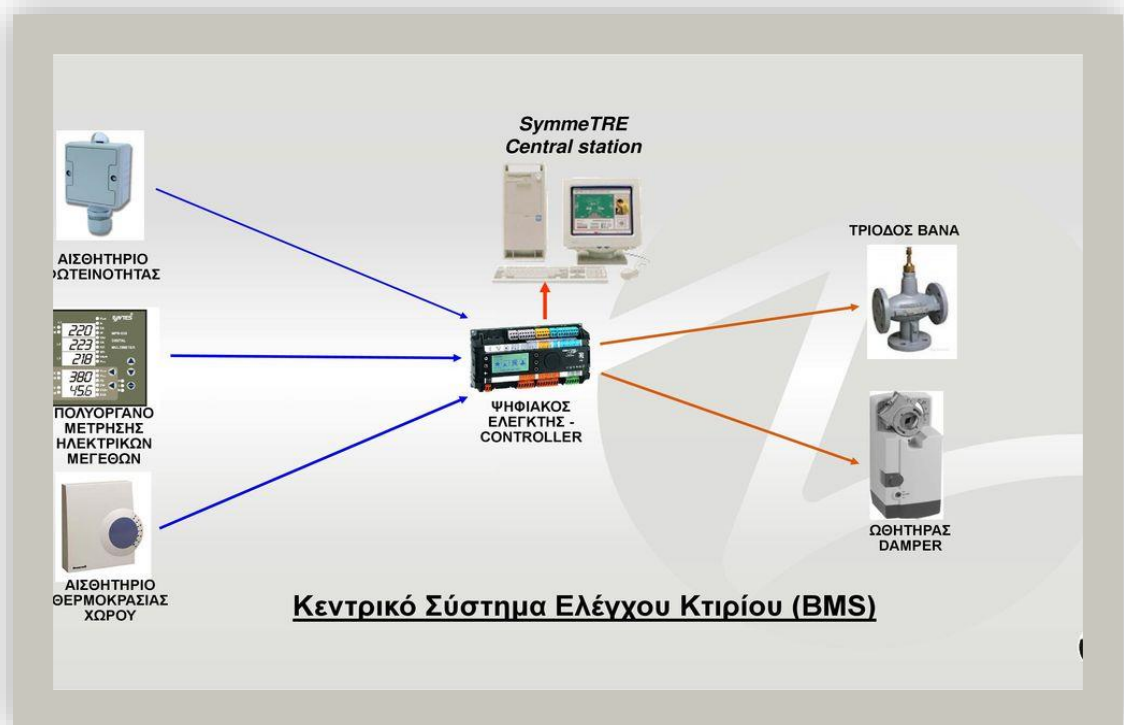
Η λειτουργία ασφαλείας αποσκοπεί στον εντοπισμό των προβλημάτων δυσλειτουργίας των ελεγχόμενων συστημάτων, ώστε να ενεργοποιηθούν άμεσα διορθωτικές δράσεις για την αποφυγή ατυχημάτων και να απενεργοποιηθούν κύρια μηχανήματα.

Οι λειτουργίες αυτές εκτελούνται με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Παρακολούθηση με σήματα ψηφιακού τύπου εισόδου (DI) για την ανίχνευση καταστάσεων on/off (π.χ. λειτουργία κινητήρων, άνοιγμα παραθύρων κλπ.),
- Έλεγχος με σήματα ψηφιακού τύπου εξόδου (DO) για την έναρξη/στάση λειτουργίας εξοπλισμού (φωτιστικά, ανεμιστήρες, κυκλοφορητές, κλπ.),
- Παρακολούθηση με σήματα αναλογικού τύπου εισόδου (AI) για την λήψη των τιμών μίας ελεγχόμενης μεταβλητής (θερμοκρασία, υγρασία, μέγιστη ηλεκτρική ζήτηση, θέση διαφράγματος, βαλβίδας, σκιάστρου κλπ.),
- Έλεγχος με σήματα αναλογικού τύπου εξόδου (AO) για την προσαρμογή απομακρυσμένων διατάξεων (θέση διαφράγματος, βαλβίδας, σκιάστρου, διαβαθμιστών φωτισμού κλπ.) και σημείων ρύθμισης (set points),

- Καταμέτρηση μεγεθών με σήματα παλμικού τύπου (PI) (κατανάλωση πετρελαίου, ηλεκτρισμού κλπ.),
- Καταγραφή ωραρίων λειτουργίας εξοπλισμού,
- Ενεργοποίηση οπτικών και ακουστικών συναγερμών στην περίπτωση παρέκκλισης από προκαθορισμένα όρια φυσιολογικής λειτουργίας,
- Αυτόματη διασύνδεση λειτουργίας σημείων ελέγχου σε σχέση με άλλα,
- Χρονικός προγραμματισμός για την καταγραφή ειδικών δραστηριοτήτων σε χρονική βάση λεπτού, ώρας ή ημέρας

Δομή ενός τυπικού συστήματος BMS



Εικόνα 32: Δομή BMS

- Κεντρικό σταθμό παρακολούθησης και ελέγχου (ΚΣΕ), που αποτελείται από Η/Υ με κατάλληλα προγράμματα, μέσω του οποίου γίνεται η παρακολούθηση και ο έλεγχος από τους χειριστές, και συνήθως έναν εκτυπωτή. Είναι το μέσο επικοινωνίας του χειριστή με το σύστημα αυτοματισμού, υπάρχει η δυνατότητα πλήρους οπτικοποίησης των ελεγχόμενων εγκαταστάσεων. Είναι ο εγκέφαλος ενός συστήματος BMS,
- Απομακρυσμένες Μονάδες Ελέγχου (ΑΠΕ), που εμπεριέχουν μικροϋπολογιστή και επιτηρούν τη λειτουργία της εγκατάστασης. Είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους, καθώς και με την κεντρική μονάδα.
- Περιφερειακές Μονάδες ελέγχου (ΠΜΕ), οι οποίες είναι προγραμματιζόμενες και αποτελούν τη διασύνδεση των αισθητηρίων (field elements) με τον κεντρικό Σταθμό Ελέγχου,
- Πρωτόκολλα Επικοινωνίας για την επικοινωνία των ΚΣΕ, ΑΠΕ και ΠΜΕ,
- Αισθητήρια, κινητήρες, όργανα μετρήσεων, κ.τ.λ. Είναι τα μάτια και τα αυτιά του συστήματος. Οι αισθητήρες τοποθετούνται σε σημεία του κτιρίου, και μας δίνουν πληροφορίες σχετικά με τον έλεγχο που σκοπεύουμε να ασκήσουμε.

Στους αισθητήρες υπάγονται:

1. Αισθητήρες θερμοκρασίας
2. Αισθητήρες υγρασίας
3. Αισθητήρες πίεσης
4. Αισθητήρες διαφορικής πίεσης
5. Αισθητήρες συγκέντρωσης CO₂
6. Αισθητήρες φωτεινότητας
7. Αισθητήρες παρουσίας

Έξυπνος φωτισμός

Χρησιμοποιώντας τα δομικά στοιχεία και τους μηχανισμούς που περιεγράφηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, είναι δυνατός ο αυτοματοποιημένος έλεγχος του φωτισμού του κτηρίου μέσω του συστήματος BMS (Karolidis, 2009). Το σημαντικότερο όφελος ενός τέτοιου συστήματος ελέγχου είναι η εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας, κάτι που οδηγεί σε εξοικονόμηση χρημάτων αλλά και σε καλύτερες συνθήκες περιβάλλοντος, από τη μείωση της ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου, που εκπέμπονται κατά την παραγωγή της ενέργειας (Ghiaus and Inard, 2004). Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση 20-30% της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος (Kumar et al., 2017).

Αναλυτικότερα, το σύστημα ελέγχου μπορεί να συλλέγει πληροφορίες για την τοποθεσία και δραστηριότητα των επισκεπτών και των εργαζομένων του μουσείου, καθώς και για τις εξωτερικές συνθήκες φωτισμού (LEVERMORE and G.J.LEVERMORE, 2013). Ο βασικός στόχος, όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος, σβήνοντας το φωτισμό στους χώρους που δεν υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα. Ανιχνεύοντας την παρουσία φυσικού φωτός στο χώρο, το σύστημα μπορεί να προσαρμόζει την ένταση των λαμπτήρων για να αποφεύγεται ο έντονος φωτισμός χώρων κατά τις ώρες όπου ο εξωτερικός φωτισμός είναι αρκετός.

Δυστυχώς, ένας σημαντικός αριθμός γραφείων βρίσκεται στο υπόγειο του κτηρίου, όπου ο φυσικός φωτισμός δεν είναι ποτέ αρκετός. Σε αυτούς τους χώρους, αισθητήρες παρουσίας θα μπορούσαν να εγκατασταθούν εντός των γραφείων και των τουαλετών, σβήνοντας τα φώτα όταν οι υπάλληλοι απομακρύνονται από το χώρο (Suttell, 2002; Wigginton and Harris, 2013). Πρόκειται για νέα τεχνολογία αισθητήρων, όπου σε αντίθεση με τους αισθητήρες κίνησης, που έχουν παρουσιάσει

αρκετά προβλήματα στη χρήση τους, εντοπίζουν την παρουσία ή όχι ανθρώπου στο χώρο με χρήση φωτοκύτταρων και θερμικής κάμερας (Yang and Peng, 2001). Τέτοιοι αισθητήρες θα ήταν θεμιτό να τοποθετηθούν και μπροστά από τα εκθέματα του μουσείου, ώστε να ενεργοποιούν το φωτισμό μόνο όταν υπάρχουν επισκέπτες.

Όσο αφορά το οικονομικό κομμάτι, μελέτες έχουν δείξει ότι η εγκατάσταση έξυπνων συστημάτων φωτισμού μπορεί να επιφέρει μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος από 20 έως 30%, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα (Martirano, 2011). Το εύρος αυτό είναι σχετικά μεγάλο, γιατί εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συμπεριφορά των χρηστών του κτηρίου πριν την εγκατάσταση των συστημάτων (Chew et al., 2017). Δυστυχώς, το κόστος εγκατάστασης είναι αρκετά μεγάλο (Rawal, 2016), κάτι το οποίο αυξάνει το χρόνο αποπληρωμής της επένδυσης και αποθαρρύνει αρκετά τους ενδιαφερόμενους (Berawi et al., 2017), καθώς άλλες μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά συστήματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως, αποφέρουν πολύ μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη (Clark, 2016).

Το κόστος για την εγκατάσταση ενός συστήματος αυτοματοποιημένου φωτισμού εξαρτάται κυρίως από το συνολικό εμβαδόν του χώρου και ανέρχεται περίπου στα 8€/m².

Το μουσείο έχει συνολικό εμβαδόν περίπου 12500 m², κάτι που σημαίνει ότι για την εγκατάσταση θα χρειαστούν περίπου 100.000 €.

Όπως υπολογίστηκε στο κεφάλαιο των φωτοβολταϊκών συστημάτων, το κόστος ηλεκτρικού ρεύματος του μουσείου είναι 30956€ ανά έτος, μόνο κατά τη διάρκεια του ημερησίου τιμολογίου. Το κόστος κατά τη διάρκεια του νυχτερινού τιμολογίου δεν είναι θεμιτό να ληφθεί υπόψιν στον υπολογισμό των εξοικονομήσεων από την εγκατάσταση συστήματος φωτισμού, αφού κατά τις νυχτερινές ώρες δεν υπάρχει κάποιος άνθρωπος

στο μουσείο, οπότε τα φώτα ασφαλείας καθώς και τα φώτα των εκθεμάτων στην αυλή παραμένουν ανοιχτά όλο το βράδυ σε κάθε περίπτωση. Από τη συνολική ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος ετησίως, μπορεί να εκτιμηθεί ότι το 50% χρησιμοποιείται για σκοπούς φωτισμού, και το υπόλοιπο 50% χρησιμοποιείται για τον κλιματισμό το καλοκαίρι και για λοιπές διεργασίες όλο το χρόνο, όπως η λειτουργία των ηλεκτρονικών υπολογιστών του μουσείου, των ψυγείων και των συστημάτων εξαερισμού.

Επομένως 15478€ ανά έτος μπορούν να αποδοθούν στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για φωτισμό κατά τη διάρκεια των ωρών λειτουργίας του μουσείου.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η εγκατάσταση του αυτόματου συστήματος φωτισμού μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας κατά μέσο όρο 30%. Επομένως, με βάση τα παραπάνω, μπορούν να εξοικονομηθούν περίπου 4643€ ανά έτος στο λογαριασμό του ρεύματος. Αφαιρώντας το ποσό των 1000€ ανά έτος, που αφορά το κόστος συντήρησης του εξοπλισμού, το εξοικονομούμενο ποσό είναι 3643€ ανά έτος, και το χρονικό διάστημα απόσβεσης είναι περίπου 27 έτη.

Γενικά Συμπεράσματα

Το Πολεμικό Μουσείο συγκαταλέγεται μεταξύ των εμβληματικών Bauhaus κτιρίων της Αθήνας το οποίο όμως υστερεί σε πολλούς τομείς όπως είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, η καλύτερη διαχείριση της και εκμετάλλευσης περιβαλλοντικών πόρων. Με τις προτάσεις που παρουσιάζονται για την ενεργειακή βελτίωση της κτηριακής υποδομής επιτυγχάνεται η μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση χρημάτων καθώς και η μείωση των ρύπων, που σημαίνει ένα πιο φιλικό προς το περιβάλλον κτήριο και καλύτερες συνθήκες εργασίας του προσωπικού.

Οι πράξεις που έγιναν, σε συνδυασμό με την θεωρητική έρευνα που πραγματοποιήθηκε για κάθε κεφάλαιο οδηγούν σε μείωση των απωλειών και των φορτίων. Κάθε προτεινόμενη επέμβαση μεταβάλλει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση και την εξοικονόμηση ενέργειας του κτηρίου που συνδυαστικά όλες μαζί μπορούν να επιτρέψουν στο κτήριο να επιτύχει την μερική του αυτονομία. Αυτό σημαίνει ότι θα μπορεί εν τέλη μέσω των φωτοβολταϊκών να καλύπτει εν τέλη το μεγαλύτερο κομμάτι της καταναλισκόμενης ενέργειας. Σε όλα τα παραπάνω θα πρέπει να αναφερθεί ότι εκτός της εξοικονόμησης ενέργειας μειώνονται σημαντικά οι εκπομπές CO₂ και φυσικά το «αποτύπωμα» του Μουσείου στο Πλανήτη μας.

Μελλοντικά και εφόσον οι οικονομικές συνθήκες το επιτρέπουν θα μπορούσε να τοποθετηθεί ένα σκέπαστρο στο αίθριο του μουσείου ώστε να υπάρξει επιπλέον μείωση των απωλειών ή μια μονάδα συμπαραγωγής θερμότητας – ηλεκτρικής ενέργειας για περαιτέρω μείωση της κατανάλωσης καθώς και αύξηση της ηλεκτρικής αυτονομίας του.

Βιβλιογραφία

- Τ.Ε.Ε., (2010), Τεχνική Οδηγία ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Διαθέσιμο στο http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE_20701-1-Final-%D4%C5%C5-2nd.pdf

Κέλυφος (Κουφώματα, Μόνωση)

- Διογκωμένη Πολυστερίνη, Μύθοι και πραγματικότητα, Διαθέσιμο στο http://www.stohellas.gr/wp-content/uploads/Mythoi_kai_pragmatikothta.pdf
- Διογκωμένη πολυστερίνη https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%BF%CE%B3%CE%BA%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B7_%CF%80%CE%BF%CE%BB%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%AF%CE%BD%CE%B7
- Μόνωση Ταράτσας Συμβατική Μόνωση Ταράτσας <https://www.monosistaratson.gr/simvatiki-monosi/#symvatiki-times>
- Υ.ΠΕ.ΚΑ., (2010), «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων : Κανονιστικές Διατάξεις για την εφαρμογή το Ν.3661/08», Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιριακού Τομέα (ΚΕΝΑΚ) (ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ), Διαθέσιμο στο 106 <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2010/05/akenak.pdf>
- Δημήτρης Αραβατινός (2015) ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ http://www.ashrae.gr/EEinS2015/EEinS2015_Aravantinos.pdf
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμηση Ενέργειας Χρήση βελτιωμένων υαλοπινάκων http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_xrиси_yalopinakon.htm

- The Renewable Energy Hub **Benefits of Insulation**
<https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/insulation-information/benefits-of-insulation/>

Φωτισμός

- ΚΑΠΕ Αρχές, Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm
- ΚΑΠΕ Τεχνητός Φωτισμός,
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/texnitos_fotismos.htm
- OLYMPIC ENGINEERING & CONSULTING Οικονομικός Φωτισμός LED <https://www.oleng.eu/lighting-led/>

Φωτοβολταϊκά

- Associates, M., 1979. Solar Project Cost Report for Concord Municipal Light Building, Concord, Mass. Department of Energy.
- Berawi, M., Miraj, P., Sayuti, M., Berawi, A., 2017. Improving building performance using smart building concept: Benefit cost ratio comparison. Presented at the AIP Conference Proceedings, p. 030001. <https://doi.org/10.1063/1.5011508>
- Bódis, K., Kougias, I., Jäger-Waldau, A., Taylor, N., Szabó, S., 2019. A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union. Renewable and Sustainable Energy Reviews 114, 109309. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109309>
- Chew, I., Karunatilaka, D., Tan, C.P., Kalavally, V., 2017. Smart lighting: The way forward? Reviewing the past to shape the future. Energy and Buildings 149, 180–191. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.083>
- Clark, D., 2016. Smart-Home Gadgets Still a Hard Sell. Wall Street Journal.
- Photovoltaic Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Net metering) <https://www.photovoltaic.gr/el/company/press-releases/law-branch/τι-ειναι-το-net-metering.html>
- Kymakis, E., Kalykakis, S., Papazoglou, T.M., 2009. Performance analysis of a grid connected photovoltaic park on the island of Crete. Energy Conversion and Management 50, 433–438. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.12.009>

- Martirano, L., 2011. A smart lighting control to save energy. pp. 132–138. <https://doi.org/10.1109/IDAACS.2011.6072726>

BEMS

- Martirano, L., 2011. A smart lighting control to save energy. pp. 132–138. <https://doi.org/10.1109/IDAACS.2011.6072726>
 - Nottrott, A., Kleissl, J., Washom, B., 2013. Energy dispatch schedule optimization and cost benefit analysis for grid-connected, photovoltaic-battery storage systems. *Renewable Energy* 55, 230–240. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.12.036>
 - Rawal, A.G., 2016. Costs, Savings, and ROI for Smart Building Implementation [WWW Document]. IoT@Intel. URL <https://blogs.intel.com/iot/2016/06/20/costs-savings-roi-smart-building-implementation/> (accessed 1.12.20).
 - Singh, R., Banerjee, R., 2015. Estimation of rooftop solar photovoltaic potential of a city. *Solar Energy* 115, 589–602. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.03.016>
- Suttell, R., 2002. Intelligent and Integrated Buildings. *Buildings* 96, 49–50.
- LEVERMORE, G.J., G.J.LEVERMORE, 2013. *Building Energy Management Systems: An Application to Heating, Natural Ventilation, Lighting and Occupant Satisfaction*, 2 edition. ed. Routledge.
 - Karolidis, D., 2009. A report on Building Management Systems in museums with a reference to the Archaeological Museum of Thessaloniki paper presented at the BMS GROUP meeting, Amsterdam 2009.
 - Kumar, A., Kar, P., Warriar, R., Kajale, A., Panda, S.K., 2017. Implementation of Smart LED Lighting and Efficient Data Management System for Buildings. *Energy Procedia, Leveraging Energy Technologies and Policy Options for Low Carbon Cities* 143, 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.667>.