

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 ^ο	3
Η ανάγκη νέας ενεργειακής πολιτικής στα πλαίσια της κλιματικής αλλαγής	3
1.1 Εισαγωγή	3
1.2 Ενεργειακή Εξάρτηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 27 κρατών.....	4
μελών	4
1.3 Η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια	7
1.4 Συνέπειες.....	9
1.5 Συμπεράσματα.....	13
Κεφάλαιο 2 ^ο	14
Νομοθετικό πλαίσιο σε Ευρώπη και Ελλάδα	14
2.1 Ε.Ε. : Οδηγία 2002/91/ΕΚ.....	14
2.2 Ελλάδα : Εναρμόνιση με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ	15
2.3 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων & περιεχόμενο (Κ.Εν.Α.Κ)	15
Κεφάλαιο 3 ^ο	24
Το λογισμικό EPA-Nr.....	24
3.1 Εισαγωγή στο EPA – Nr	24
3.2 Υπολογιστική διαδικασία	25
3.3 Δεδομένα εισόδου / εξόδου	25
3.4 Βιβλιοθήκες	27
3.5 Θερμικές ζώνες κτιρίου	28
Κεφάλαιο 4 ^ο	39
Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίου Φυσικής.....	39

4.1	Κτιριακή Περιγραφή	39
4.2	Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων.....	41
4.3	Υπολογισμός Συντελεστών Θερμοπερατότητας – Η περίπτωση της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής	43
4.4 ^A	Παράδειγμα θερμαινόμενης ζώνης - Η περίπτωση των γραφείων του παλαιού κτιρίου Φυσικής	51
4.4 ^B	Παράδειγμα μη θερμαινόμενης ζώνης - Η περίπτωση των εργαστηρίων του υπογείου του παλαιού κτιρίου Φυσικής	71
4.4 ^Γ	Παράδειγμα 3 Κτίριο αναφοράς - Η περίπτωση των γραφείων της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής	78
4.5	Παρουσίαση αποτελεσμάτων ενεργειακών απαιτήσεων και ενεργειακή κατάταξη	84
 Κεφάλαιο 5.....		92
Προτάσεις εξοικονόμησης Ενέργειας.....		92
5.1	Επεμβάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας.....	92
5.2	Πρόταση 2 ^η : Αντικατάσταση κουφωμάτων	99
5.3	Πρόταση 3 ^η : Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων	105
Το Φωτοβολταϊκό φαινόμενο		105
Το ηλιακό κύτταρο		111
Είδη ηλιακών κυττάρων		113
Φωτοβολταϊκά Πλαίσια		115
Φωτοβολταϊκό σύστημα.....		116
5.4	Συμπεράσματα	121
 Παράρτημα Α.....		123
Παράρτημα Β.....		128
Παράρτημα Γ		131
Παράρτημα Δ.....		135
 Βιβλιογραφία		143

Κεφάλαιο 1^ο

Η ανάγκη νέας ενεργειακής πολιτικής στα πλαίσια της κλιματικής αλλαγής

1.1 Εισαγωγή

Για να συνειδητοποιήσουμε την ανάγκη ενεργειακής μεταρρύθμισης, πρέπει να μελετήσουμε το ποσοστό της συνολικής ενέργειας που καταναλώνουν σε σχέση με την παραγόμενη ενέργεια, καθώς και τις συνέπειες της.

Η Ευρώπη των 27 αδυνατεί να αντισταθμίσει τα ποσά ενέργειας που καταναλώνει με αυτά που παράγει. Μάλιστα ο ρυθμός ζήτησης ενέργειας στα κράτη μέλη από το 1986 είναι ανοδικός κατά 1% με 2% ετησίως, ενώ παράλληλα υπάρχει μια συνεχής εξάρτηση όσον αφορά τον εφοδιασμό με πετρέλαιο και φυσικό αέριο από πηγές εκτός των συνόρων της. Επιπλέον η εκτόξευση των τιμών του πετρελαίου και η αναταραχή που δημιουργεί στον ενεργειακό τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο, η ευμεταβλητότητα των τιμών στα χρηματιστήρια ενέργειας καθώς και η σημερινή ενεργειακή πολιτική, συμβάλλουν στη διαρκή εκροή συναλλάγματος προς εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας καυσίμων. Επιπρόσθετα η κλιματική αλλαγή που έχει αναδυθεί καθώς και οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις που γίνονται ολοένα πιο πειστικές, οδηγούν τη διεθνή κοινωνία και την Ευρωπαϊκή Ένωση σε αναζήτηση λύσεων.

Σήμερα, ένας ανταγωνιστικός και αξιόπιστος τομέας παραγωγής ενέργειας είναι άκρως απαραίτητος για την οικονομία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Παράλληλα με την πειστική κατάσταση που επικρατεί στην παγκόσμια οικονομία, η Ευρώπη δε θα μπορούσε να παραβλέψει την άλλη μεγάλη κρίση της εποχής μας, την περιβαλλοντική. Τα χρόνια που θα ακολουθήσουν η Ευρωπαϊκή Ένωση θα αντιμετωπίσει μια μεγάλη πρόκληση, η οποία συνίσταται στην πολυπλοκότητα και την ποικιλία των στόχων που έχει θέσει και στην επίτευξή τους. Στις 11 Δεκεμβρίου 1997 υιοθετήθηκε στη διεθνή διάσκεψη του Κιότο στην Ιαπωνία σχέδιο για την κλιματική αλλαγή. Το Πρωτόκολλο του Κιότο αποτελεί έναν «οδικό χάρτη», στον οποίο περιλαμβάνονται τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος που προκαλείται λόγω της αύξησης των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με το Πρωτοκόλλο του Κιότο, οι βιομηχανικές χώρες συνολικά υποχρεούνται να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά 5,2% κατά μέσο όρο σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, κατά τη διάρκεια της πρώτης «περιόδου δέσμευσης», η οποία καλύπτει τα έτη 2008 έως 2012.

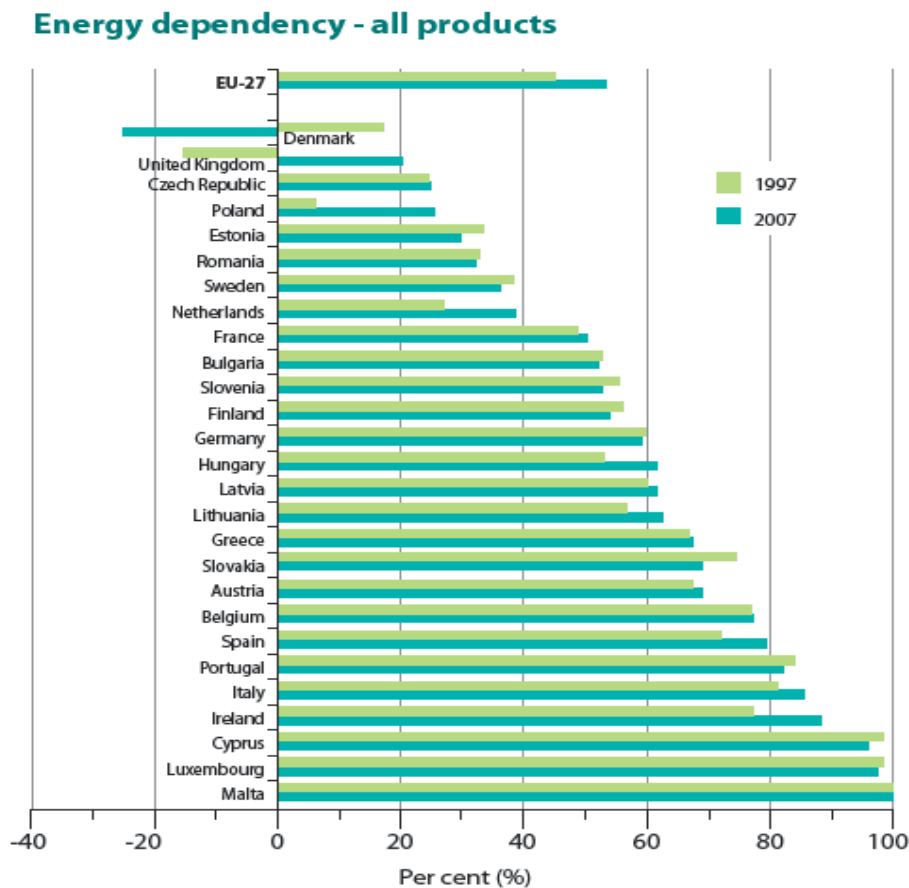
Το 2000 εκδόθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η Πράσινη Βίβλος, με την οποία παρατίθεται μια πολιτική που θα τη βγάλει από το αδιέξοδο. Πλέον διακρίνεται ότι οι κύριες πηγές ρύπανσης συγκεντρώνονται στις πόλεις. Τα αστικά κέντρα συγκεντρώνουν το 80% του πληθυσμού και καταναλώνουν το 75% της ενέργειας. Επίσης διακρίνεται πως ο κτιριακός τομέας ευθύνεται και για την παραγωγή του 45% των εκπομπών CO₂.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση αντιμετωπίζει την πρόκληση να ανταπεξέλθει στις υποχρεώσεις της και ταυτόχρονα να κινητοποιήσει τις παγκόσμιες αγορές προς ένα μέλλον στραμμένο στη βιώσιμη ανάπτυξη και στις Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Σε εθνικό επίπεδο, η εξοικονόμηση ενέργειας και η προώθηση των Α.Π.Ε. αποτελούν πρωταρχικό μέσο για την αντιμετώπιση των κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών προκλήσεων της σύγχρονης εποχής. Αν και φανερή λύση αποτελεί η εκτενέστερη χρήση Α.Π.Ε., η οποία θα μειώσει την εισαγωγή ενέργειας και την εκπομπή αερίων, πρέπει να καταβληθεί σημαντική προσπάθεια από όλους τους καταναλωτές ώστε να μειωθεί η χρήση ενέργειας. Η ανάγκη για επίτευξη των στόχων έτσι ώστε η Ελλάδα να μπορέσει να

ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις που έχει αναλάβει με βάση το Πρωτόκολλο του Κιότο απέναντι στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τη διεθνή κοινωνία απαιτεί ένα ολοκληρωμένο θεσμικό πλαίσιο κινήτρων και κανονισμών ενεργειακού σχεδιασμού, αλλά και ένα ρεαλιστικό, εθνικό πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας.

1.2 Ενεργειακή Εξάρτηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 27 κρατών μελών

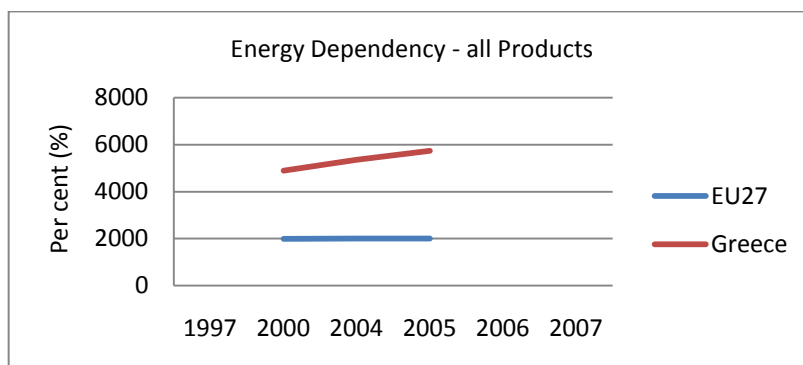
Τα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι άνισα κατανομημένα σε όλο τον κόσμο, με τα μεγαλύτερα αποθέματα να εντοπίζονται σε πολιτικά ή οικονομικά επισφαλείς περιοχές (Μέση Ανατολή). Τα κοιτάσματα της Βόρειας Θάλασσας έχουν ήδη αξιοποιηθεί, αφήνοντας την Ευρωπαϊκή Ένωση εξαρτημένη από μη κοινοτικές χώρες για την κάλυψη των μελλοντικών της αναγκών. Η Πράσινη Βίβλος για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού (Νοέμβριος 2000), ανέδειξε την ανησυχητική εικόνα της ενεργειακής κατάστασης της Ευρωπαϊκής Ένωσης (*Energy dependency-all products* Εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1 : “Energy Dependency – all Products” Πηγή Eurostat, ISSN-4566 έτος 2009

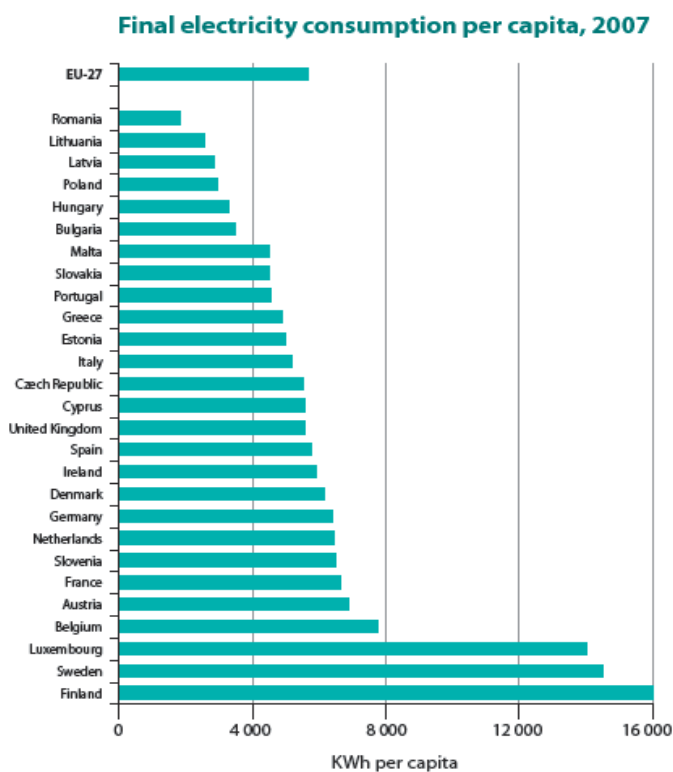
Αρνητικό ποσοστό εξάρτησης εμφανίζουν χώρες που έχουν καλύψει τις ανάγκες τους σε ενέργεια από εσωτερικές πηγές και είναι πλέον καθαροί εξαγωγείς. Θετικές τιμές άνω του 100% δείχνουν αποθέματα συσσώρευσης κατά τη διάρκεια του έτους αναφοράς.

Κατά τη δεκαετία 1997-2007 της ΕΕ-27, η εξάρτηση ενέργειας εξακολούθησε να αυξάνεται, φτάνοντας το 53,1% το 2007. Η Δανία, χώρα που έγινε καθαρός εξαγωγέας το 1999, ήταν η μόνη στην ΕΕ-27 κρατών μελών με αρνητικό ενεργειακής εξάρτησης το 2007 (-25,4%). Η Πολωνία γνώρισε τη μεγαλύτερη συνολική αύξηση. Η εξάρτησή της αυξήθηκε από 6,4% το 1997 σε 25,5% το 2007. Σε εθνικό επίπεδο, παρατηρούμε πως η κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα, παρουσιάζει αντίστοιχη ανοδική εικόνα κατά τη διάρκεια των ετών 2000 – 2007 (Γραφική απεικόνιση, Εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.2 : “Energy Dependency – all Products” Πηγή Eurostat, ISSN-4566 έτος 2009

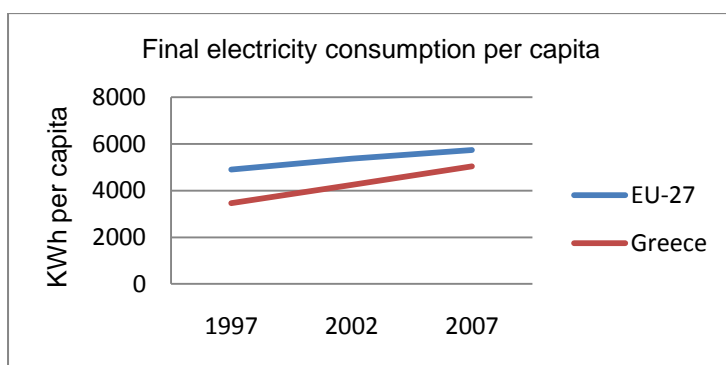
Εκτός από την ανάπτυξη της οικονομίας άλλοι σημαντικοί παράγοντες στην εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας είναι η αύξηση των προϊόντων που καταναλώνουν ενέργεια και η άνοδος του βιοτικού επιπέδου. Συγκεκριμένα, όσον αφορά τα 27 κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας δε δικαιολογείται από την αύξηση του πληθυσμού των ευρωπαϊκών χωρών, που ήταν 1.8% κατά τη διάρκεια της ίδιας περιόδου. Στατιστικές μελέτες της Eurostat δείχνουν πως παράλληλα με την αύξηση της κατανάλωσης, έχει αυξηθεί και η ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο. Ως εκ τούτου, η ενεργειακή ζήτηση δεν εξηγείται από την αύξηση πληθυσμού. Από το 2000 έως το 2005 αυξήθηκε η κατανάλωση ανά κάτοικο κατά 5,3% φθάνοντας τις 7350 kWh/κάτοικο (Γραφική παράσταση – Εικόνα 1.3).



Εικόνα 1.3 : “Final electricity consumption per capita” Πηγή Eurostat, ISSN-4566 έτος 2009

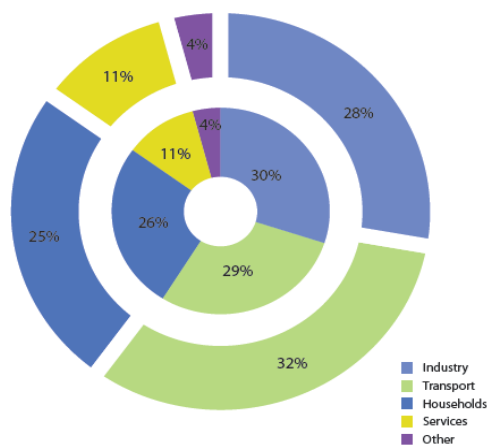
Σε αναφορές για μεγάλες ποσότητες ενέργειας πολύ συχνά χρησιμοποιείται η μονάδα ΤΟΕ (*tonne of oil equivalent*). Ο τόνος ισοδύναμου πετρελαίου (*TIP*) είναι μονάδα ενέργειας: το ποσό της ενέργειας που απελευθερώνεται από την καύση ενός τόνου αργού πετρελαίου, περίπου 42 GJ. Πολλαπλάσια που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι ο Μτοε (*one million toe*) και ο Gtoe (*one billion toe*).

Στην ΕΕ-27, εκτός της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης (*GIC*), η κατανάλωση ανά κάτοικο παρουσίασε μικρές θετικές, ανοδικές διακυμάνσεις κατά την τελευταία δεκαετία. Το 2007 στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 μελών κρατών η κατανάλωση ανά κάτοικο ανήλθε σε 3,65 toe, μια αύξηση 3% από το 1997. Η κατά κεφαλήν κατανάλωση αυξήθηκε μεταξύ των ετών 1997 και 2007, σε δεκαεννέα κράτη μέλη. Το 2007 το Λουξεμβούργο ήταν η χώρα με το υψηλότερο κατά κεφαλήν *GIC* (9,77 toe κατά κεφαλήν). Σε εθνικό επίπεδο, η αύξηση στην Ελλάδα, όπως και στην Ισπανία και το Λουξεμβούργο ήταν πάνω από 20%. Η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται ανά κάτοικο στην Ελλάδα αυξήθηκε από 3464 kWh/κάτοικο το 1990 σε 5042 kWh/κάτοικο το 2007, αλλά παρόλα αυτά παραμένει ακόμα χαμηλότερη από το μέσο όρο της ΕΕ των 27 που είναι 5742 kWh/κάτοικο (Εικόνα 1.4).



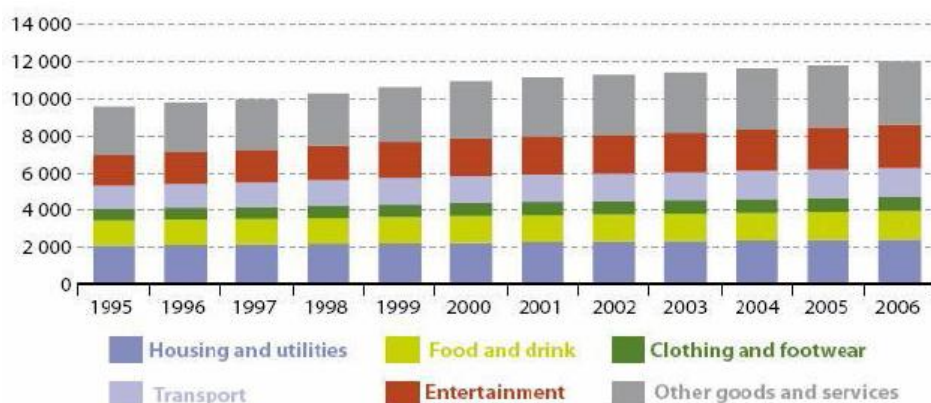
Εικόνα 1.4 : “Final electricity consumption per capita” Πηγή Eurostat, ISSN-4566 έτος 2009

Από το 1997 έως το 2007 η τελική κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ-27 αυξήθηκε κατά 5%. Κατά την ίδια περίοδο, η τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές και στις υπηρεσίες αυξήθηκε κατά 18% και κατά 10%, αντίστοιχα. Το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται από τη βιομηχανία, τα νοικοκυριά και από άλλους τομείς ήταν συγκρίσιμη με τα στοιχεία του 1997. Από την ανάλυση των ΕΕ-27 σχετικά με την τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα το 2007, ο τομέας των μεταφορών αντιπροσωπεύει το 32%, ακολουθούμενη από τη βιομηχανία (28%) και τα νοικοκυριά (25%) (Εικόνα 1.5).



Εικόνα 1.5 : “Breakdown by Sector” Πηγή Eurostat, ISSN-4566 έτος 2009

Όπως φαίνεται από την εικόνα 1.5, στην Ευρωπαϊκή Ένωση ο κτιριακός τομέας (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας) αποτελεί το μεγαλύτερο καταναλωτή της τελικής ενέργειας σε απόλυτες τιμές (48%). Βάσει του σεναρίου αναφοράς με χρονικό ορίζοντα το 2030 εικάζεται ότι η ενεργειακή κατανάλωση στον τριτογενή τομέα θα αυξηθεί περίπου στο 75% συγκριτικά με τη σημερινή.

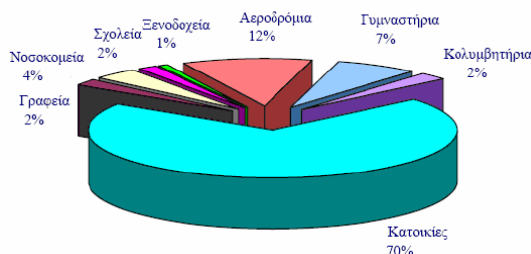


Εικόνα 1.6 : EU-27 final energy consumption 2007 - Breakdown by industrial sector Πηγή Eurostat, ISSN-4566 έτος 2009

Ωστόσο, η μέση κατανάλωση ενέργειας ανά κατοικία έχει ελαφρώς μειωθεί στην Ε.Ε. από το 1990, ενώ η θεωρητική ειδική κατανάλωση των νέων κατοικιών είναι κατά 22% μικρότερη από το 1985. Αυτό οφείλεται στη βελτίωση της αποδοτικότητας τόσο των κτισμάτων, όσο και των ηλεκτρικών συσκευών, μολονότι οι απαιτήσεις σε κλιματική άνεση αυξήθηκαν. Επιπλέον αυστηρότερα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης έχουν θεσπιστεί σε αρκετές χώρες τα τελευταία χρόνια. Κάτι που κάνει πιο ξεκάθαρη την ανάγκη ενεργειακής επιθεώρησης των κτιρίων είναι η μελέτη της απόδοσης των κτιριακών συγκροτημάτων καθώς και το ποσοστό της συνολικής ενέργειας που καταναλώνουν.

1.3 Η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

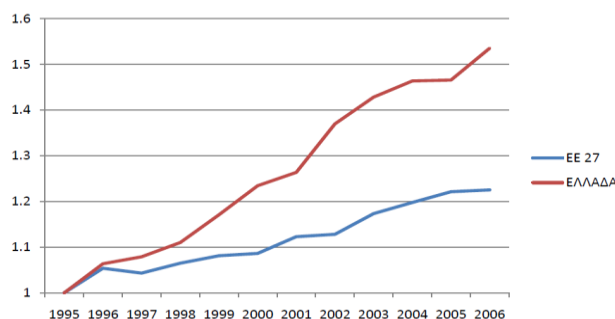
Ανάλογα με τη χρήση, έχουμε δύο ειδών διαφοροποιήσεις στον κτιριακό τομέα. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει κτίρια κατοικιών ενώ η δεύτερη κτίρια τριτογενούς τομέα. Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης και της Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδας τα κτίρια οικιακού τομέα στην Ελλάδα αποτελούν το 77% του συνολικού κτιριακού αποθέματος, ενώ το υπόλοιπο 23% αποτελείται από κτίρια διάφορων χρήσεων του τριτογενή τομέα. Στην ίδια πηγή αναφέρεται ότι η κατανομή του τριτογενή τομέα ανά χρήση κτιρίου είναι: 2.7% γραφεία και εμπορικά, 0.46% σχολεία, 0.82% ξενοδοχεία, 0.06% νοσοκομεία και 19% άλλες χρήσεις (αεροδρόμια, γυμναστήρια, σχολεία, νοσοκομεία, ... / Εικόνα 1.7).



Εικόνα 1.7 : Κατανομή ελληνικών κτιρίων ανά χρήση (Πηγή: Ομάδα εξοικονόμησης ενέργειας-Ινστιτούτο μελετών περιβάλλοντος και βιώσιμης ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών)

Στα κτίρια του τριτογενή τομέα ανήκει και το κτίριο η μελέτη του οποίου αποτελεί αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής διατριβής, καθώς είναι πανεπιστημιακό κτίριο, και συγκεκριμένα το κτίριο Φυσικής της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας στην Ελλάδα παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη αύξηση σε ενεργειακές απαιτήσεις στα κτίρια τόσο του οικιακού όσο και του τριτογενή τομέα. Εκτιμάται πως η αύξηση αυτή σχετίζεται όχι μόνο με τον αριθμό των νέων κτιρίων αλλά και τη χρησιμοποίηση κατάλληλου εξοπλισμού και υπηρεσιών για την ικανοποίηση των αναγκών. Παρακάτω (Εικόνα 1.8) φαίνεται η αλματώδης αυτή αύξηση στην κατανάλωση συνολικής ενέργειας του οικιακού τομέα στην Ελλάδα σε σχέση με την Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 (65% έναντι 8,5%) .

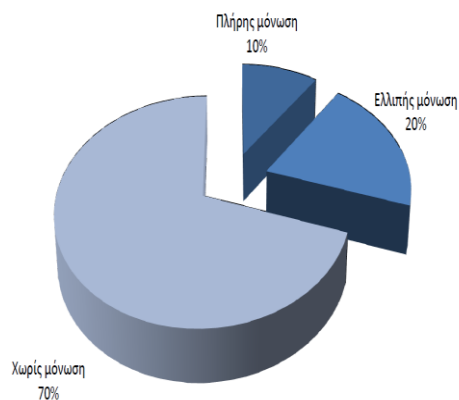


Εικόνα 1.8 : Σύγκριση της εξέλιξης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας οικιακού τομέα σε Ελλάδα και ΕΕ των 27 (με βάση την κατανάλωση του 1995)

Έχει αποδειχτεί ότι απαιτείται μέχρι και 30% περισσότερη κατανάλωση ενέργειας για τη διασφάλιση κατάλληλων συνθηκών θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα στα κτίρια στην Ελλάδα, τα οποία διαπιστώνεται ότι στη πλειονότητα τους «πάσχουν» από έλλειψη επαρκούς μόνωσης, ιδιαίτερα όσα κατασκευάστηκαν πριν από το 1980. Από τα πλέον ενεργοβόρα στην Ε.Ε., τα ελληνικά κτίρια έχουν μεγάλες θερμικές απώλειες με αποτέλεσμα να κατασπαταλούν πολύτιμη ενέργεια και να επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με επικίνδυνους ρύπους. Όπως αυτό μεταφράζεται σε αριθμούς, ο κτιριακός τομέας εκπέμπει το 45% του διοξειδίου του άνθρακα της χώρας. Μάλιστα, μόνο μέσα στην τελευταία πενταετία αυξήθηκε κατά 25% το ποσοστό ενέργειας που χρειάζονται τα κτίρια μας για να θερμανθούν, να ψυχθούν και να ηλεκτροδοτηθούν.

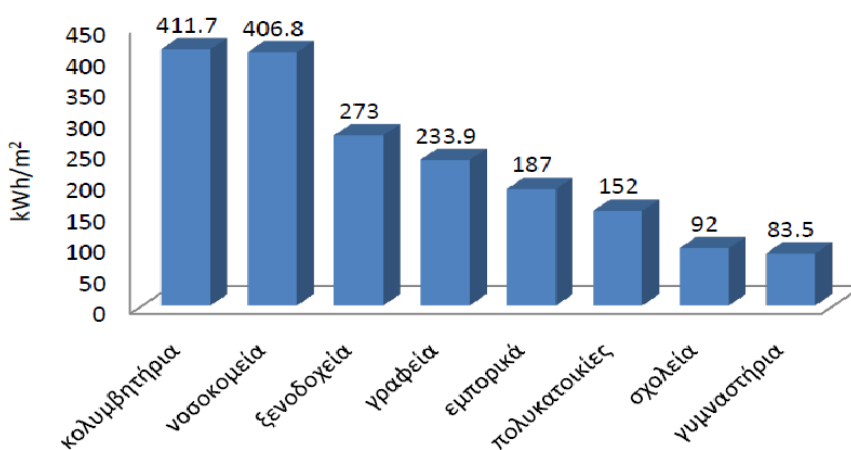
Άξιο προσοχής είναι ότι η Ελλάδα, μαζί με την Ισπανία, σημειώνει τη μεγαλύτερη αύξηση μεταξύ των κρατών μελών στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Αντίθετα χώρες βορειότερα στο ημισφαίριο που πλήττονται από δριμύτερους χειμώνες κατάφεραν να μειώσουν κατά 5% την ενεργειακή τους κατανάλωση. Στην Ελλάδα, μια χώρα εύκρατη με πολύ λιγότερες θερμικές απαιτήσεις λόγω του ήπιου χειμώνα, οι ανάγκες για θέρμανση κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, όπου χρησιμοποιείται ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο, αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ηλεκτρικό ρεύμα και καυσόξυλα. Σε αντίθεση με το σύνολο της Ε.Ε., στην Ελλάδα η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια παρουσιάζει αυξητική τάση με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 7%.

Ο Ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης (ΚΘΚ) τέθηκε σε ισχύ το 1979, αντιγράφοντας τον πρώτο Γερμανικό Κανονισμό, καθορίζοντας τα μέγιστα όρια για την θερμοπερατότητα των διαφόρων στοιχείων (τοίχοι, οροφή, παράθυρα) και του κελύφους του κτιρίου. Σαν αποτέλεσμα, ένα μεγάλο ποσοστό των κτιρίων δεν έχουν θερμομόνωση. Επίσης, κατά τη διάρκεια της πρώτης δεκαετίας της εφαρμογής του ΚΘΚ (1980-1990), η πλειοψηφία των κτιρίων δεν είχαν πλήρη μόνωση και μόνο οι νεότερες κατασκευές έχουν θερμομόνωση του φέροντα οργανισμού για την αποφυγή των θερμογεφυρών. Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης στην Ελλάδα από τα κτίρια το 30% έχει πλήρη ή μερική θερμομόνωση ενώ το 70% δεν έχει καθόλου. Στα κτίρια με μερική θερμομόνωση, το 35% έχει θερμομόνωση οροφής, το 34% θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων, το 18% θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων και οροφής, το 11% πλήρη θερμομόνωση εκτός από το φέροντα οργανισμό και το 3% πλήρη θερμομόνωση εκτός από το φέροντα οργανισμό και την οροφή. Επιπλέον μόνο το 2.1% των κτιρίων έχουν διπλά τζάμια και μόνο το 4.2% έχουν μόνωση σωλήνων στην εγκατάσταση θέρμανσης (Εικόνα 1.9).



Εικόνα 1.9 : “Κατανομή ελληνικών κτιρίων σε σχέση με τη μόνωσή τους” Πηγή Υπουργείο Ανάπτυξης

Η κατανομή της μέσης ετήσιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια είναι περίπου 3.800.000 *KWh*. Η συγκριτική αυτή παρουσίαση είναι ενδεικτική αφού δε λαμβάνεται υπόψη η ποιότητα του εσωτερικού χώρου, δηλαδή οι εσωτερικές συνθήκες σε συνδυασμό με τη γεωγραφική περιοχή και τη λειτουργία των διαφόρων κτιρίων. Η ολοκληρωμένη σύγκριση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων γίνεται σε συνάρτηση με την επίτευξη των εσωτερικών συνθηκών άνεσης. Ωστόσο σύμφωνα με μελέτη του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών η τελική κατανάλωση ενέργειας ανά κατηγορία χρήσης για τον τριτογενή τομέα παρουσιάζεται παρακάτω (Εικόνα 1.10).



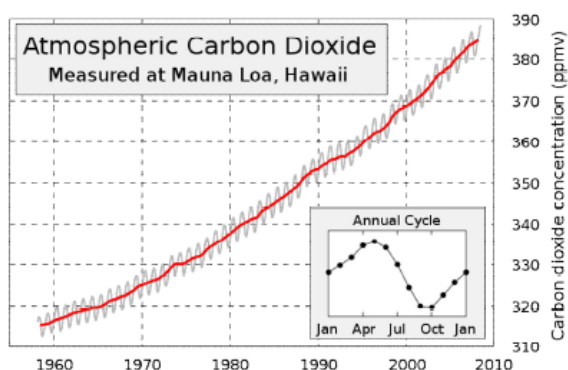
Εικόνα 1.10 : Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά κτίρια (Πηγή: Ομάδα εξοικονόμησης ενέργειας-Ινστιτούτο μελετών περιβάλλοντος και βιώσιμης ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών)

1.4 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ

«Η κλιματική αλλαγή είναι γεγονός και οφείλεται στον άνθρωπο» ήταν το συμπέρασμα των εργασιών της Διακυβερνητικής Επιτροπής για τις Κλιματικές Αλλαγές του ΟΗΕ (IPCC) το 2007.

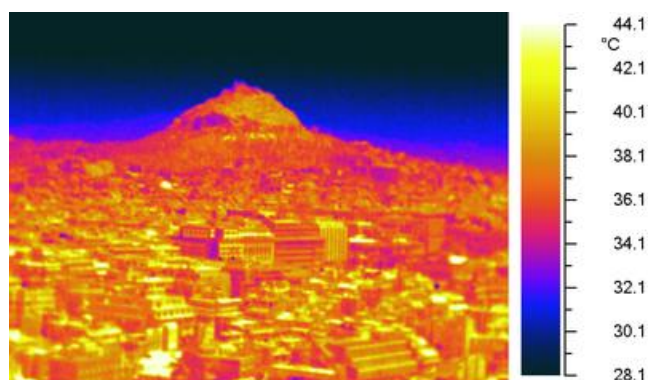
Οι εκπομπές αερίων ρύπων από την ανθρώπινη δραστηριότητα είναι ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα που απασχολούν την ανθρωπότητα. Οι πολύ αυξημένες εκπομπές των αερίων αυτών και ειδικότερα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) συμβάλλουν στην ενίσχυση του φαινομένου της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της γενικότερης μεταβολής του περιβάλλοντος. Από το

ανθρωπογενές CO₂ που εκπέμπεται από την καύση ορυκτών καυσίμων το 50% διαλύεται στους ωκεανούς και απορροφάται από τα επίγεια οικοσυστήματα και το 50% διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα. Από την αρχή της περιόδου εκβιομηχάνισης μέχρι και σήμερα εκτιμάται ότι τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί κατά 35% (Εικόνα 1.11).

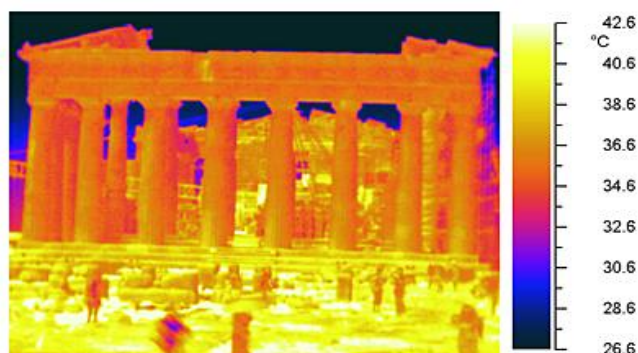


Εικόνα 1.11 : Ποσοστά ανόδου διοξειδίου του άνθρακα στον πλανήτη από το 1960 έως σήμερα - Πηγή: wikipedia

Οι εκτεταμένες εκπομπές CO₂ αποτελούν επίσης ένα σημαντικό πρόβλημα που μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες αλλαγές του οικοσυστήματος στο μέλλον. Η κλιματική αλλαγή, προϊόν ανθρωπίνων δραστηριοτήτων κυρίως, απειλεί να αυξήσει μέχρι και κατά 6 βαθμούς Κελσίου τη μέση θερμοκρασία της Γης ως τα τέλη του αιώνα (Εικόνα 1.12A/B).



Εικόνα 1.12A : Αστική νησίδα (Πηγή : Thermopolis campaign 2009)



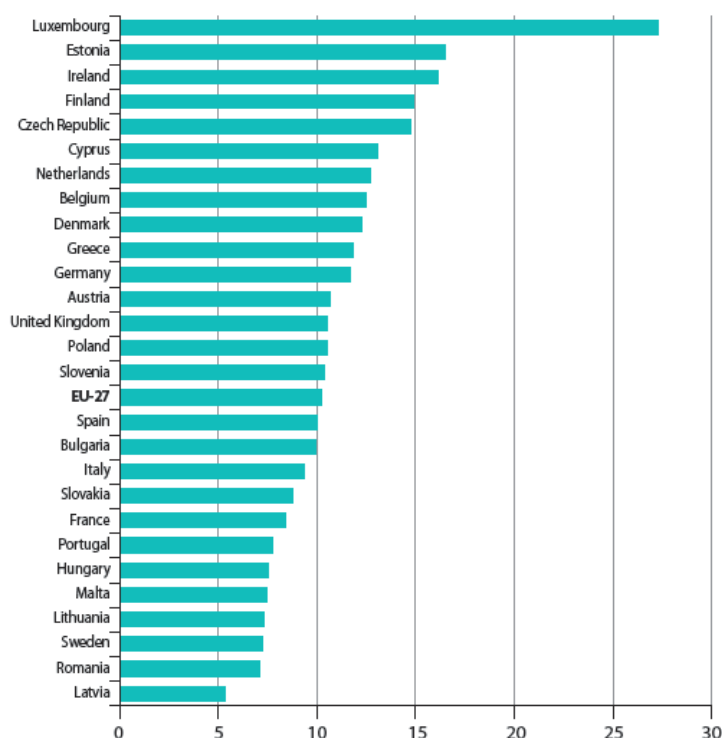
Εικόνα 1.12B : Αστική νησίδα (Πηγή : Thermopolis campaign 2009)

Η στάθμη των ωκεανών θα ανέβει έως το τέλος του αιώνα κατά 18 έως 59 εκατοστά, σε σχέση με το 1990 ενώ η δραστηριότητα των τροπικών κυκλώνων και τυφώνων θα ενταθεί, με πιθανότητα 66%. Οι κλιματική αλλαγή προβλέπεται να επιφέρει δυνητικά σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες,

ξηρασίες, πλημμύρες, άνοδο της στάθμης της θάλασσας, καταστροφή οικοσυστημάτων, εξάπλωση ασθενειών, μαζικές μετακινήσεις πληθυσμών, πλήγματα στην παραγωγή και την απασχόληση.

Στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου του Κιότο και της απόφασης “ΕΕ 280/2004/ΕΚ” έχει συμφωνηθεί μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά την πρώτη περίοδο δέσμευσης, 2008 - 2012, κατά 8% σε σύγκριση με την έτος βάσης. Επιμέρους στόχοι για κάθε μια από τις χώρες της ΕΕ-15 έχουν συμφωνηθεί στο πλαίσιο της συμφωνίας επιμερισμού των βαρών στην ΕΕ (οδηγία 2002/358/ΕΚ του Συμβουλίου). Σύμφωνα με τις οδηγίες, η πρώτη περίοδος του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών είναι η τριετία 2005-2007, ενώ οι επόμενες περιόδους εμπορίας ταυτίζονται με τις πενταετείς περιόδους που προβλέπονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο (2008-2012, 2013-2017, κ.ο.κ.). Τα νέα κράτη μέλη της ΕΕ και οι υποψήφιας χώρες έχουν διαφορετικούς στόχους και συχνά διαφορετικά έτη βάσης. Η συνολική εκπομπή αερίων ρύπων στην ΕΕ-15 παρουσίασε μείωση κατά 4,3% από το έτος βάσης το 1990 μέχρι το 2007. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στις σημαντικές μειώσεις των εκπομπών από τη Γερμανία (-21,3%) και το Ηνωμένο Βασίλειο (-17,4%). Και οι δύο χώρες έχουν υπερβεί τους στόχους. Οι εκπομπές αερίων ρύπων στην Ε.Ε-27 φαίνεται παρακάτω, στο εικόνα 1.13.

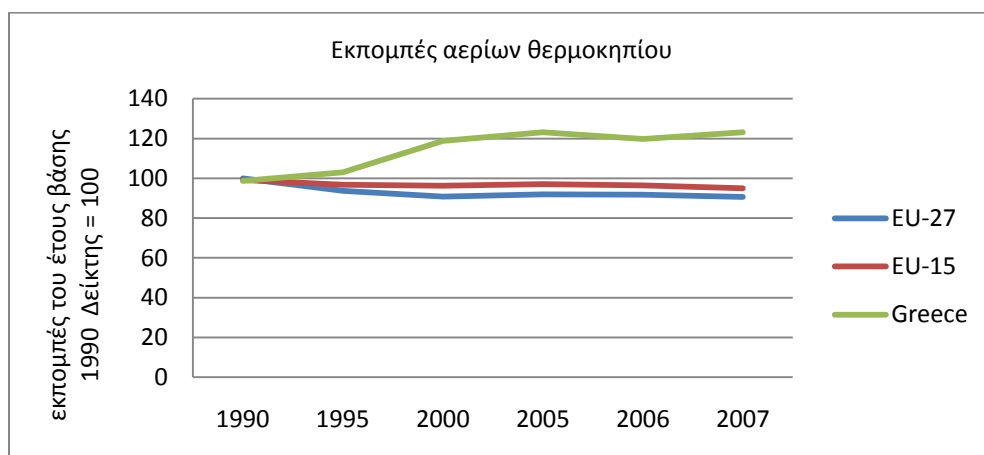
Η Ε.Ε.-27 εμφάνισε μείωση των συνολικών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 7,9% από το έτος 1990 (5.621 εκατ. *τόνους ισοδύναμου CO₂*) ως το έτος 2005 (5.177 εκατ. *TICO₂*) και κατά 4,3% στην Ε.Ε.-15 για το ίδιο χρονικό διάστημα (από 4.257 σε 4.192 εκατ. *TICO₂*). Μεταξύ των ετών 2004 και 2005 τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 0,7% και 0,8%. Το σημαντικότερο των αερίων του θερμοκηπίου είναι το CO₂, καθώς αποτελεί το 82% (4.269 *Tg*) και το 83% (3.482 *Tg*) των συνολικών εκπομπών στην Ε.Ε.-27 και στην Ε.Ε.-15 αντίστοιχα. Παρόλο που η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου της χώρας μας αναλογικά με τις συνολικές εκπομπές από την Ε.Ε.-27 είναι μικρή, δεν βρισκόμαστε σε ευχάριστη θέση, διότι συνολικά παρουσιάστηκε αύξηση κατά 27,5% (από 109 σε 139 *εκατ. τόνους CO₂*) σε αντίθεση από την τάση μείωσης της μέσης τιμής στην Ε.Ε. (ΕΡΑ, 2007) (Εικόνα 1.14).



Εικόνα 1.13 : Greenhouse gas emissions” Πηγή: Eurostat ISSN 1725-4566 2009

Το 2007 τα κράτη μέλη με τις υψηλότερες κατά κεφαλήν εκπομπές ήταν το Λουξεμβούργο, η Εσθονία και η Ιρλανδία. Αντίθετα τα κράτη μέλη με τις χαμηλότερες κατά κεφαλήν εκπομπές ήταν η Λετονία και η Ρουμανία. Παρόλο που η συνολική κατά κεφαλήν εκπομπή CO₂ στην ΕΕ-27 μειώθηκε από το 1990,

οι τιμές έχουν αυξηθεί σε δέκα χώρες. Κύπρος, Ισπανία, Πορτογαλία, Μάλτα, Ελλάδα και Σλοβενία αύξησαν τις κατά κεφαλήν εκπομπές κατά άνω του ενός τόνου μεταξύ 1990 και 2007. Για την ίδια περίοδο οι μεγαλύτερες μειώσεις, παρατηρήθηκαν στην Εσθονία, το Λουξεμβούργο, τη Λιθουανία, τη Σλοβακία, τη Λετονία και την Τσεχική Δημοκρατία (Εικόνα 1.13).



Εικόνα 1.14 : “Greenhouse gas emissions” Πηγή: Eurostat ISSN 1725-4566

Σε εθνικό επίπεδο, πολύ ανησυχητικό παραμένει το γεγονός ότι οι εκπομπές CO₂ ανά κάτοικο έχουν αυξηθεί στην Ελλάδα από 6998 kg/κάτοικο που ήταν το 1990 σε 8559 kg/κάτοικο το 2002 όταν ο μέσος όρος στην ΕΕ των 25 ήταν 8566 kg/κάτοικο το 1990 και μειώθηκε σε 8233 kg/κάτοικο το 2002.

Τα κτίρια συνεισφέρουν σε σημαντικό ποσοστό στις εκπομπές αερίων ρύπων και ειδικά CO₂. Αυτό συμβαίνει γιατί τα κτίρια δεν εκπέμπουν μόνο κατά τη διάρκεια κατοίκησης τους από ανθρώπους αλλά καθ’ όλη τη διάρκεια ζωής τους. Όλες οι εμπλεκόμενες με την κατασκευή ενός κτιρίου διαδικασίες όπως η παραγωγή και η μεταφορά των δομικών υλικών από το εργοστάσιο, και η ίδια η κατασκευή προκαλούν την εκπομπή ρύπων. Αναφέρεται ότι η επίδραση των κτιρίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αντιστοιχεί συνολικά σε 6 δις τόνους ενώσεων του άνθρακα (C) που εκπέμπονται παγκοσμίως ανά έτος (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα, CO₂). Από αυτούς, το 50% οφείλονται (άμεσα ή έμμεσα) στις κτιριακές κατασκευές. Συνοψίζοντας μπορούμε να αναφέρουμε ότι στα κτίρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης αντιστοιχεί το 1/6 των παγκόσμιων πόρων, το 40% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας, το 16% του νερού και το 70% των εκπομπών CO₂.

Στην Ελλάδα απαιτείται μέχρι και 30% περισσότερη ενέργεια για την ικανοποίηση των συνθηκών θερμικής άνεσης και ποιότητας στα κτίρια. Μεταξύ των πλέον ενεργοβόρων στην Ε.Ε. τα ελληνικά κτίρια όπως αναφέραμε έχουν μεγάλες απώλειες, με αποτέλεσμα να χαραμίζουν πολύτιμη ενέργεια και χρήματα και ταυτόχρονα να εκπέμπουν υψηλές ποσότητες επικίνδυνων ρύπων. Στον κτιριακό τομέα οφείλεται το 45% του CO₂ της χώρας και η κατανάλωση του 35% της συνολικής της ενέργειας. Μάλιστα είχαμε αύξηση κατά 25% στην ενέργειας που χρειάζονται τα κτίρια μας για να θερμανθούν, να ψυχθούν και να ηλεκτροδοτηθούν μόνο μέσα στην τελευταία πενταετία.

Λαμβάνοντας υπόψη λοιπόν ότι ο περιορισμός των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου υπολείπεται του στόχου που έχει τεθεί από το Πρωτόκολλο του Κιότο (μείωση των εκπομπών κατά 8% σε σχέση με το έτος αναφοράς) και ότι η επιρροή που έχουν τα κτίρια στο συνολικό ποσοστό εκπομπής ρύπων είναι μεγάλη, γίνεται φανερό η ανάγκη βελτίωσης της συμπεριφοράς τους στον τομέα αυτό.

1.5 Συμπεράσματα

Από όλα τα παραπάνω είναι εύκολο να κατανοήσουμε την ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Μάλιστα για να αντιληφθούμε τη σπουδαιότητα της και το μέγεθος του οικονομικού και περιβαλλοντικού της κέρδους αρκεί να αναφερθεί ότι με σωστό σχεδιασμό και αυξάνοντας την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων μπορούμε να γλιτώσουμε για παράδειγμα, μόνο στην πόλη της Θεσσαλονίκης έως και 30% στην κατανάλωση, που αντιστοιχεί σε 600 *GWh* αφού η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για οικιακή χρήση στην πόλη αγγίζει τις 1882 *GWh* το χρόνο.

Επίσης θα είχαμε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 1,025 *TWh* αφού τα κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 χρειάζονται κατά μέσο όρο 150 *kWh/m²* σε ετήσια βάση για να θερμανθούν, ενώ θα δαπανούσαν μόνο 80 *kWh* σε περίπτωση που εφαρμόζονταν ο κανονισμός θερμομόνωσης. (πηγή: *Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών ΑΠΘ*). Γίνεται πλέον εύκολα αντιληπτό ότι η ενεργειακή επιθεώρηση με σκοπό την αύξηση της απόδοσης στον οικιακό και στον τριτογενή τομέα είναι απαραίτητη και τα ενεργειακά οφέλη της είναι τεράστια.

Κεφάλαιο 2^ο

Νομοθετικό πλαίσιο στην Ευρώπη και Ελλάδα

2.1 Ε.Ε. : Οδηγία 2002/91/ΕΚ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση αποφάσισε να εφαρμόσει πιλοτικά την εμπορία εκπομπών εντός της κοινότητας πριν από την επίσημη έναρξη του διεθνούς συστήματος και να ενσωματώσει το Πρωτόκολλο του Κιότο στην κοινοτική νομοθεσία μέσα από τις Οδηγίες 2003/87/ΕΚ και 2004/101/ΕΚ. Σύμφωνα με αυτές η πρώτη περίοδος του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών είναι η τριετία 2005-2007, ενώ οι επόμενες περίοδοι εμπορίας ταυτίζονται με τις πενταετείς περιόδους που προβλέπονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο. Έτσι η Ε.Ε. παρουσιάζει μείωση των συνολικών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από το 1990 έως το 2005. Η μείωση αυτή είναι της τάξης του 4.3% και κυρίως οφείλεται στην εντυπωσιακή μείωση των εκπομπών των δύο μεγάλων ρυπαντών της Ευρώπης: της Γερμανία (-21.3%) και του Ηνωμένου Βασιλείου (-7.4%). Όσον αφορά στη χώρα μας, παρόλο που η συνολική συνεισφορά μας στις συνολικές εκπομπές αερίων ρύπων της Ένωσης είναι μικρή, η εικόνα των ελληνικών εκπομπών δεν ακολουθεί της αντίστοιχη της Ε.Ε. αλλά παρουσιάζει αύξηση κατά 27.5%.

Δεδομένου του μεγάλου ποσοστού κατανάλωσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα (40%) καθώς και της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και ειδικότερα CO₂, η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε την οδηγία 2002/91/ΕΚ (EPBD) για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων την οποία έπρεπε τα κράτη μέλη να θέσουν σε εφαρμογή μέχρι τον Ιανουάριο του 2006. Η EPBD αποτελεί το εργαλείο της Ένωσης για μια αποτελεσματική προσέγγιση στη βελτίωση της χρήσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Ο κύριος στόχος της οδηγίας είναι η βελτίωση των συνολικών ενεργειακών επιδόσεων των κτιρίων. Οι διατάξεις της καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού, ψύξη, αερισμό και φωτισμό για νέα και υφιστάμενα κτίρια κατοικιών και μη. Οι περισσότερες από τις υφιστάμενες διατάξεις εφαρμόζονται σε όλα τα κτίρια ανεξαρτήτως μεγέθους, είτε χρησιμοποιούνται ως κατοικίες είτε όχι. Ορισμένες διατάξεις εφαρμόζονται μόνο σε συγκεκριμένους τύπους κτιρίων. Εξαιρούνται της υποχρεωτικής εφαρμογής ανοιχτά κτίρια, κτίρια στα οποία δεν προβλέπεται μόνιμη ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση θέρμανσης ή ψύξης (αποθήκες, κτίρια στάθμευσης, αγροτικοί οικισμοί), θρησκευτικά κτίρια, κτίρια χαρακτηρισμένα ως διατηρητέα για τα οποία η εφαρμογή της οδηγίας θα επέφερε αλλοίωση της φυσιογνωμίας τους και νέες μικρές κατοικίες με ωφέλιμη επιφάνεια μικρότερη των 50 m². Σχετικά με το τριτογενή τομέα εξαιρούνται κτίρια βιοτεχνιών ή βιομηχανιών που θερμαίνονται ή ψύχονται αποκλειστικά μέσω δικτύων των παραγωγικών τους διαδικασιών και κτίρια εξειδικευμένης χρήσης τα οποία υπόκεινται σε ειδικές προδιαγραφές που επιβάλλονται από ειδική νομοθεσία, όπως χειρουργεία, χώροι μνημείων, νοσοκομεία και ειδικοί χώροι συναθροίσεως. Η οδηγία συνδυάζει σε ένα νομικό κείμενο διάφορα μέσα κανονιστικής (όπως η υποχρέωση των κρατών μελών να καθορίζουν απαιτήσεις για τις ενεργειακές επιδόσεις νέων και μεγάλων υφιστάμενων κτηρίων που υποβάλλονται σε ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας) και πληροφοριακής φύσεως (όπως τα πιστοποιητικά ενεργειακών επιδόσεων και οι απαιτήσεις για επιθεώρηση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού).

Η EPBD δεν καθορίζει επίπεδα για ολόκληρη την Ε.Ε., αλλά υποχρεώνει τα κράτη μέλη να θεσπίσουν τις συγκεκριμένες απαιτήσεις και συναφείς μηχανισμούς. Συνεπώς η οδηγία λαμβάνει πλήρως υπόψη τις εθνικές/περιφερειακές συνθήκες όπως το εξωτερικό κλίμα και τις μεμονωμένες παραδόσεις κατασκευής κτηρίων. Τα κράτη μέλη μπορούν να υπερβούν τις ελάχιστες απαιτήσεις που καθορίζονται στην οδηγία και να είναι πιο φιλόδοξα. Αν και είχε σημειωθεί καθυστέρηση στην εφαρμογή της EPBD, σήμερα 22 κράτη μέλη δηλώνουν ότι την έχουν ενσωματώσει πλήρως. Παράλληλα με τα ενεργειακά οφέλη νέες θέσεις εργασίας θα προκύψουν λόγω της ανάγκης για προϊόντα, δομικά στοιχεία και υλικά που χρησιμοποιούνται ή εγκαθίστανται σε κτήρια για καλύτερες επιδόσεις. Με την πλήρη εφαρμογή

της κοινοτικής οδηγίας εκτιμάται ότι τα νέα κτίρια θα εξασφαλίσουν εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας 9 εκατομμύρια T/Π ως το 2010.

2.2 Ελλάδα : Εναρμόνιση με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ

Η εισαγωγή στην έννοια της ενεργειακής οικονομίας έγινε πρώτη φορά με το νόμο-πλαίσιο Ν40/75 "Περί λήψεως μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας". Ανάλογο θέμα δεν υπήρξε ποτέ ξανά στην Ελληνική νομοθεσία και ως εκ τούτου καμία νομοθετική ρύθμιση δε μπορούσε να την επικαλεστεί. Από τη στιγμή εκείνη και μετά θεσπίστηκε μια σειρά νόμων και κανονισμών στη διάρκεια των ετών που είχε κοινή κατεύθυνση την εξοικονόμηση ενέργειας.

Στις 17 Ιανουαρίου 2008 η Ελλάδα και αφού χρειάστηκε να καταδικαστεί από το Δικαστήριο Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΔΕΚ) (C-342/07) για την παράλειψή της επί χρόνια να εναρμονίσει τη νομοθεσία της προς την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, θεσπίζει στις 19 Μαΐου 2008 τον νόμο, 3661/2008. Ο νόμος αυτός, ο οποίος στηρίζεται σε παλαιότερες προσπάθειες και νόμους (Αριθ.21475/4707 και Αριθ.Δ6/Β/οικ.11038), αποσκοπεί στη λήψη μέτρων για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων, στη ρύθμιση δηλαδή της ενεργειακής τους απόδοσης. Σύμφωνα με το νόμο 3661/2008 ορίζεται η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοσή τους, ο τύπος και το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων καθώς και τα αρμόδια για την εκπόνησή της πρόσωπα, η διαδικασία και η συχνότητα διενέργειας ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων, των λεβήτων, των εγκαταστάσεων θέρμανσης και των συστημάτων κλιματισμού. Παράλληλα προβλέπεται ο τύπος και το περιεχόμενο του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, η διαδικασία έκδοσής του, ο έλεγχος αυτής, τα προς τούτο αρμόδια όργανα, το ύψος της δαπάνης έκδοσής του και ο τρόπος υπολογισμού της.

Με τον Νόμο 3661 "Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων" ΦΕΚ 89/19 Μαΐου 2008, εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων» (ΕΕ L1 της 4.1.2003). Ο Νόμος 3661 ενσωματώνει όλες τις διατάξεις της Οδηγίας, προβλέπει την έκδοση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων και διακρίνει πέντε βασικές θεματικές ενότητες, οι οποίες αφορούν στον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης και στη μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 3) νέων και υφιστάμενων κτιρίων (άρθρα 4 και 5), στην έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (άρθρο 6), στις επιθεωρήσεις των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού (άρθρα 7 και 8) και στην πρόβλεψη ειδικευμένων και διαπιστευμένων ενεργειακών επιθεωρητών (άρθρο 9).

Τέλος με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) που εγκρίθηκε με την Δ6/Β/οικ.5825/30-03-2010 Κοινή Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΦΕΚ Β'4 07), ολοκληρώνεται το πλαίσιο των αναγκαίων κανονιστικών ρυθμίσεων για την πλήρη εφαρμογή του Ν.3661/2008 (ΦΕΚ Α'8 9), για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Με τον ΚΕΝΑΚ ενσωματώνεται πλέον η έννοια του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού στη μελέτη των κτιρίων, που θα συμβάλλει ιδιαίτερα στη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος.

2.3 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων & περιεχόμενο (Κ.Εν.Α.Κ)

Σύμφωνα με την Υπουργό Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής με τις προτεινόμενες ρυθμίσεις του Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των Κτιρίων - ΚΕΝΑΚ γίνεται δυνατή η

εφαρμογή του Νόμου 3661/08 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις», με τον οποίο εναρμονίστηκε η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2002 «Για την Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων» (ΕΕ L1 της 4.1.2003).

Βασικοί ορισμοί

Στον Κανονισμό Ενεργειακής Αποδοτικότητας των κτιρίων εμπεριέχονται κάποιοι βασικοί ορισμοί που πρέπει να γνωρίζουμε προτού προχωρήσουμε στην περαιτέρω ανάλυση της ενεργειακής μελέτης κτιρίων.

«Ενεργειακή απόδοση κτιρίου»

Η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται ή εκτιμάται ότι ικανοποιεί τις διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση του κτιρίου οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τη θέρμανση, την παραγωγή θερμού νερού, την ψύξη, τον εξαερισμό και το φωτισμό. Η ποσότητα αυτή εκφράζεται με έναν ή περισσότερους αριθμητικούς δείκτες, οι οποίοι έχουν υπολογισθεί λαμβάνοντας υπόψη τη μόνωση, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης, το σχεδιασμό και τη θέση του κτιρίου σε σχέση με κλιματολογικούς παράγοντες, την έκθεση στον ήλιο και την επίδραση γειτονικών κατασκευών, την παραγωγή ενέργειας του ίδιου του κτιρίου και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση, στους οποίους περιλαμβάνονται και οι κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου.

«Ενεργειακή επιθεώρηση»

Η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας, των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και των μεθόδων βελτίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

«Ενεργειακός επιθεωρητής»

Φυσικό ή νομικό πρόσωπο που διενεργεί ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων ή λεβήτων και/ή κλιματιστικών. Διακρίνονται σε:

1. Α τάξης για κτίρια < 1000 τ.μ.
2. Β τάξης για κτίρια > 1000 τ.μ.

«Κτίριο αναφοράς»

Κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς πληροί ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη ΘΨΚ των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ΖΝΧ και το φωτισμό.

«Συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου»

Το άθροισμα των επιμέρους υπολογιζόμενων ενεργειακών καταναλώσεων ενός κτιρίου για τη ΘΨΚ, παραγωγή ΖΝΧ και φωτισμό, εκφραζόμενο σε ενέργεια ανά μονάδα μικτής επιφάνειας των θερμαινόμενων χώρων του κτιρίου το έτος [$kWh/m^2 \cdot \text{έτος}$]. Ειδικά για τα κτίρια κατοικίας στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση δε συνυπολογίζεται ο φωτισμός.

«Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου»

Το άθροισμα των προαναφερόμενων επιμέρους ενεργειακών καταναλώσεων, μετά από την αναγωγή τους σε μεγέθη πρωτογενούς ενέργειας σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής (πρωτογενής προς τελική ενέργεια).

«Μελέτη ενεργειακής απόδοσης»

Η μελέτη που αναλύει και αξιολογεί την απόδοση του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων.

Απαιτήσεις Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου

Στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίου θα πρέπει να περιγράφονται αναλυτικά τα συστήματα που έχουν ενταχθεί στη μελέτη του κτιρίου και τα οποία συμβάλλουν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής του, καθώς και η μέθοδος, οι παραδοχές και τα αποτελέσματα του υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης για Θέρμανση, Ψύξη, Φωτισμό και Ζεστό Νερό Χρήσης.

Αποτελέσματα Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου

Τα αποτελέσματα που θα πάρουμε από την εκπόνηση μιας τέτοιας μελέτης αφορούν τις ενεργειακές απώλειες/κέρδη του κτιρίου σαν κέλυφος και συστήματα, την ενεργειακή ζήτηση και κατανάλωση που έχει το κτίριο καθώς και τις εκπομπές ρύπων σε ετήσια βάση.

Για τον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίων σε θέρμανση και ψύξη απαιτούνται τα εξής δεδομένα:

- Γνώση των χαρακτηριστικών του κτιρίου (γεωμετρία, προσανατολισμός, δομικά υλικά, στοιχεία επιφανειών).
- Καθορισμός θέσης, προσανατολισμού και εξωτερικής σκίασης του κτιρίου.
- Γνώση μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής και εκτίμηση εξωτερικών συνθηκών σχεδιασμού
- Επιλογή εσωτερικών συνθηκών σχεδιασμού (θερμοκρασία, ρυθμός ανανέωσης αέρα).
- Γνώση της λειτουργίας των χώρων.
- Υπολογισμός των διαφόρων συνιστωσών των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη των χώρων, δηλαδή των:
 1. Θερμικών απωλειών λόγω μεταφοράς θερμότητας από τις επιφάνειες των στοιχείων (εξωτερικοί τοίχοι, οροφή, δάπεδο, παράθυρα).
 2. Θερμικών απωλειών χώρων λόγω μηχανικά ελεγχόμενου αερισμού και φυσικού αερισμού ή διεύθυνσης αέρα (μη ελεγχόμενου αερισμού)
 3. Εσωτερικών θερμικών κερδών.
 4. Ηλιακών θερμικών κερδών από υαλοστάσια κελύφους.
 5. Ηλιακών θερμικών κερδών από παθητικά ηλιακά συστήματα.

Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου

Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης εκπονείται κατά την αρχική φάση της σχεδίασης του κτιρίου και συνδέεται άμεσα με την αρχιτεκτονική μελέτη και τη μελέτη των Η/Μ εγκαταστάσεων. Διασφαλίζει έτσι την ορθότητα και τη συμβατότητα των μελετών, τη μείωση της πιθανότητας αστοχίας της κατασκευής και τη βελτίωση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης. Η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης θα πρέπει να συνάδει με τον επιδιωκόμενο από το Νόμο στόχο για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Αναλυτικότερα, η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης εκπονείται τόσο για νέα όσο και για υφιστάμενα ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια, του οικιακού και του τριτογενή τομέα και αποτελεί πρόσθετη μελέτη επί των μελετών: Αρχιτεκτονικής, Διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου, Θέρμανσης, Ψύξης, Ζεστού νερού Χρήσης καθώς και Τεχνητού Φωτισμού. Επίσης περιλαμβάνεται στο φάκελο που υποβάλλεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία και πρέπει να τεκμηριώνει ότι το κτίριο ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις.

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων προσδιορίζεται βάση της μεθοδολογία υπολογισμού της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και περιλαμβάνει τουλάχιστον κάποια στοιχεία, όπως τη χρήση του κτιρίου, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος, τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό χρηστών. Ακόμα πρέπει να περιλαμβάνει τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων. Άλλα σημαντικά στοιχεία είναι τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων και της εγκατάστασης ψύξης/κλιματισμού χώρων. Επίσης τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού για τα κτίρια του τριτογενή τομέα καθώς και τα παθητικά ηλιακά συστήματα αν τυχόν υπάρχουν. Κατά περίπτωση, συνεκτιμάται στη μεθοδολογία η θετική επίδραση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και άλλων συστημάτων παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού με τη χρήση ΑΠΕ, ενέργεια παραγόμενη με τεχνολογίες ΣΗΘ, κεντρικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου καθώς και ο φυσικός φωτισμός.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων επανεξετάζεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Η πρώτη επανεξέταση επιβάλλεται να πραγματοποιηθεί δύο έτη από την έναρξη ισχύος της αρχικής. Όσον αφορά την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, με το νέο κανονισμό εισάγεται μια νέα έννοια, αυτή της «συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου». Στον όρο αυτό συμπεριλαμβάνονται όλες οι

ενεργειακές καταναλώσεις που αναφέρονται πιο πάνω με τη διαφορά ότι κάθε είδος ενέργειας μετατρέπεται σε μέγεθος πρωτογενούς ενέργειας μετά από αναγωγή με τη βοήθεια των συντελεστών μετατροπής που αναφέρονται στο πίνακα 2.1. Ουσιαστικά μετατρέπουμε τις ενεργειακές καταναλώσεις σε ένα κοινό είδος ενέργειας, την πρωτογενή (*Πρωτογενής Κατανάλωση = Τελική Κατανάλωση × Συντελεστή μετατροπής*), χωρίς να μας ενδιαφέρει η πηγή ενέργειας (φυσικό αέριο, πετρέλαιο, ηλεκτρική, βιομάζα) της κάθε κατανάλωσης. Ο συντελεστής μετατροπής ουσιαστικά εκφράζει την ενεργειακή αξία της κάθε πηγής ενέργειας και οι τιμές του μας παραδίδονται έτοιμες, από τον ΚΕΝΑΚ (*Εικόνα 2.1*)

Πηγή Ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (KgCO ₂ / kWh)
Φυσικό Αέριο	1.05	0.196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1.1	0.264
Ηλεκτρική ενέργεια	2.9	0.989
βιομάζα	1	-----

Εικόνα 2.1 : Συντελεστής μετατροπής της τελικής κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε πρωτογενή ενέργεια Πηγή : ΚΕΝΑΚ

Το τεύχος της μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτιρίου θα πρέπει να περιέχει συγκεκριμένες πληροφορίες για τη τοποθεσία, τη χρήση, το πρόγραμμα λειτουργίας, τις επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες και τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου. Ο μελετητής οφείλει να περιγράψει και να τεκμηριώσει τον ενεργειακό σχεδιασμό του κτιρίου όσον αφορά στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, το σχεδιασμό Η/Μ εγκαταστάσεων και τέλος στα προτεινόμενα συστήματα Εξοικονόμησης Ενέργειας/Ορθολογικής Χρήσης Ενέργειας και ΑΠΕ. Επιπλέον πρέπει να γίνεται αναφορά στο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε καθώς και στις παραδοχές του για την εφαρμογή της μεθοδολογίας. Στην περίπτωση λογισμικών όπως το ΕΡΑ-Νr όπου για την εκπόνηση της μελέτης απαιτείται ο διαχωρισμός του κτιρίου σε ζώνες πρέπει όλα τα δεδομένα και οι παραδοχές (εκτός των κλιματικών) να αναφέρονται ανά ζώνη.

Υπολογιστικές Μέθοδοι

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων της 30/03/2010 για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων εφαρμόζεται η μέθοδος ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790. Για τους παραπάνω υπολογισμούς χρησιμοποιούνται λογισμικά τα οποία αξιολογούνται από την Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (ΕΥΕΠΕΝ), η οποία συστάθηκε με το άρθρο 6 του νόμου 3818/2010 (ΦΕΚ 17/16-02-2010) στην Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ). Οι παράμετροι υπολογισμού καθορίζονται από τα στοιχεία της αρχιτεκτονικής και ηλεκτρομηχανολογικής μελέτης του κτιρίου και σύμφωνα με τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ), οι οποίες εγκρίνονται με Απόφαση Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΠΕΚΑ) και επικαιροποιούνται, κατά περίπτωση, σύμφωνα με τις εθνικές απαιτήσεις και εξελίξεις.

Επιπλέον οι πρότυπες εσωτερικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός εσωτερικών χώρων, φωτισμός κ.α.) των κτιρίων προσδιορίζονται με σχετικές ΤΟΤΕΕ κατόπιν έγκρισής τους με απόφαση του Υπουργού ΠΕΚΑ καθώς επίσης και για τους υπολογισμούς. Για την κατάταξη του υπό μελέτη κτιρίου σε κάποια ενεργειακή κατηγορία είναι απαραίτητη η αναγωγή της υπολογιζόμενης τελικής κατανάλωσης καυσίμου σε πρωτογενή όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας εφαρμόζεται η ίδια μεθοδολογία, τόσο στο υπό μελέτη κτίριο, όσο και στο αντίστοιχο κτίριο αναφοράς.

Κλιματικές Ζώνες

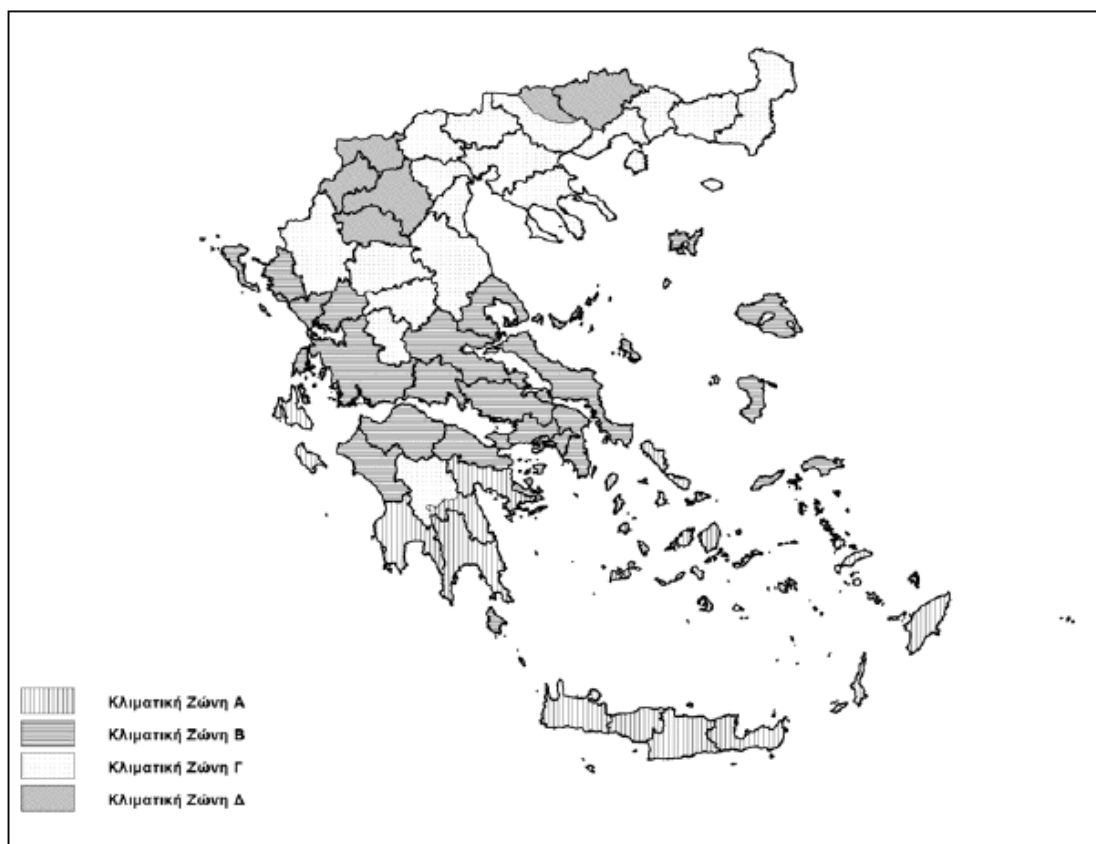
Η Ελληνική Επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης. Παρακάτω (*Εικόνα 2.2*) προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από

τη θερμότερη στην ψυχρότερη) και ακολουθεί σχηματική απεικόνιση των παρακάτω ζωνών. Τα όρια των κλιματικών ζωνών δύνανται να καθοριστούν με μεγαλύτερη ανάλυση, σύμφωνα με σχετική ΤΟΤΕΕ.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή)
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθέρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλης, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας

Εικόνα 2.2 : Νομοί ελληνικής επικράτειας ανά κλιματική ζώνη / Πηγή “ΚΕΝΑΚ”

Σε κάθε νομό οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω (Εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3 : Σχηματική Απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας / Πηγή : “ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Κτίριο Αναφοράς

Κεντρικό ρόλο στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης παίζει το λεγόμενο Κτίριο Αναφοράς. Το κτίριο αναφοράς έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα (ΠΗΣ) που πιθανώς ενσωματώνονται στο εξεταζόμενο κτίριο, δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης για το κτίριο αναφοράς, εκτός από το σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους. Στην περίπτωση αυτή, στο κτίριο αναφοράς τα ιδιαίτερα δομικά στοιχεία των ΠΗΣ αντικαθίστανται με αντίστοιχα συμβατικά δομικά μη διαφανή στοιχεία με θερμικά χαρακτηριστικά.

Κάθε νέο κτίριο καθώς και κάθε υφιστάμενο κτίριο που ανακαινίζεται ριζικά πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης. Οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης ικανοποιούνται όταν το κτίριο πληροί όλες τις ελάχιστες προδιαγραφές που περιγράφονται παραπάνω και

- είτε η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου είναι μικρότερη ή ίση από τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς, όπως αυτό περιγράφεται παρακάτω.
- είτε το εξεταζόμενο κτίριο έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς τόσο ως προς το κτιριακό κέλυφος όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις στο σύνολό τους.

Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ο υπολογισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας με ενεργειακή μελέτη.

Ενεργειακή Βαθμολόγηση Κτιρίου

Σκοπός της εκπόνησης της μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτιρίου και της διαδικασίας της ενεργειακής επιθεώρησης είναι πρωτίστως η μείωση της κατανάλωσης καθώς και η ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Πέρα από αυτά όμως σημαντικός είναι και ο καθορισμός των κατηγοριών για την κατάταξη των κτιρίων, βάσει της ενεργειακής τους κατανάλωσης.

Προκειμένου να ορισθούν τα όρια των ενεργειακών κατηγοριών σε απόλυτες τιμές, ανά χρήση κτιρίου και ανά κλιματική ζώνη συλλέχθηκαν στοιχεία από υπάρχουσες ενεργειακές μελέτες, επιθεωρήσεις και καταγραφές. Από αυτά προέκυψε ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος R_s της χώρας, ανά χρήση κτιρίων και κλιματική ζώνη. Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού R_r λήφθηκε ως το 75% του R_s . Οι κατηγορίες χρήσης κτιρίων είναι τυποποιημένες βάση του Νόμου 3661 και παρουσιάζονται παρακάτω (Εικόνα 2.4).

No	Χρήση κτιρίου
1	Γραφείο
2	Εκπαιδευτικό κτίριο Πρωτοβάθμιας ή/και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
3	Εκπαιδευτικό κτίριο Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης
4	Νοσοκομείο - Κλινική
5	Διαγνωστικό κέντρο - Ιατρείο
6	Ξενοδοχείο
7	Εμπορικό κατάστημα
8	Αθλητική εγκατάσταση : Κλειστό γυμναστήριο
9	Αθλητική εγκατάσταση : Κλειστό κολυμβητήριο
10	Μονοκατοικία
11	Πολυκατοικία
12	Αεροδρόμιο

Εικόνα 2.4 : Πηγή : “ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ”

Λαμβάνοντας υπόψη τις τέσσερις κλιματικές ζώνες της χώρας προέκυψαν τα όρια ενεργειακών κατηγοριών και για τις δώδεκα χρήσεις κτιρίων. Ακολούθως παραθέτουμε ενδεικτικά τρεις πίνακες (Εικόνες 2.5/6/7) οι οποίοι αφορούν ισάριθμες κατηγορίες χρήσεις κτιρίων. Οι κατηγορίες αυτές μας ενδιαφέρουν ιδιαίτερα καθώς αφορούν την παρούσα διπλωματική. Σε αυτούς δίνεται η κλίμακα ενεργειακής βαθμολόγησης του κτιρίου με βάση την ενεργειακή του κατανάλωση ανά κλιματική ζώνη.

ΓΡΑΦΕΙΟ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	40		EK <	45		EK <	50		EK <	55
A	40	≤ EK <	60	45	≤ EK <	70	50	≤ EK <	75	55	≤ EK <	85
B+	60	≤ EK <	90	70	≤ EK <	100	75	≤ EK <	110	85	≤ EK <	125
B	90	≤ EK <	120	100	≤ EK <	135	110	≤ EK <	145	125	≤ EK <	165
Γ	120	≤ EK <	140	135	≤ EK <	155	145	≤ EK <	170	165	≤ EK <	195
Δ	140	≤ EK <	160	155	≤ EK <	175	170	≤ EK <	195	195	≤ EK <	220
E	160	≤ EK <	200	175	≤ EK <	220	195	≤ EK <	240	220	≤ EK <	275
Z	200	≤ EK <	240	220	≤ EK <	265	240	≤ EK <	290	275	≤ EK <	330
H	240	≤ EK		265	≤ EK		290	≤ EK		330	≤ EK	

Εικόνα 2.5 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης σε γραφεία Πηγή “ΚΕΝΑΚ”

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ / ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	15		EK <	20		EK <	25		EK <	35
A	15	≤ EK <	25	20	≤ EK <	30	25	≤ EK <	35	35	≤ EK <	55
B+	25	≤ EK <	40	30	≤ EK <	40	35	≤ EK <	50	55	≤ EK <	80
B	40	≤ EK <	50	40	≤ EK <	50	50	≤ EK <	70	80	≤ EK <	105
Γ	50	≤ EK <	60	50	≤ EK <	60	70	≤ EK <	80	105	≤ EK <	120
Δ	60	≤ EK <	65	60	≤ EK <	70	80	≤ EK <	90	120	≤ EK <	140
E	65	≤ EK <	85	70	≤ EK <	90	90	≤ EK <	115	140	≤ EK <	170
Z	85	≤ EK <	100	90	≤ EK <	105	115	≤ EK <	135	170	≤ EK <	205
H	100	≤ EK		105	≤ EK		135	≤ EK		205	≤ EK	

Εικόνα 2.6 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης σε εκπαιδευτικά κτίρια πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας Πηγή “ΚΕΝΑΚ”

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² *έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α			Β			Γ			Δ		
A+		EK <	45		EK <	50		EK <	55		EK <	65
A	45	≤ EK <	65	50	≤ EK <	70	55	≤ EK <	85	65	≤ EK <	95
B+	65	≤ EK <	100	70	≤ EK <	105	85	≤ EK <	125	95	≤ EK <	140
B	100	≤ EK <	130	105	≤ EK <	140	125	≤ EK <	165	140	≤ EK <	185
Γ	130	≤ EK <	150	140	≤ EK <	165	165	≤ EK <	190	185	≤ EK <	215
Δ	150	≤ EK <	170	165	≤ EK <	185	190	≤ EK <	215	215	≤ EK <	245
E	170	≤ EK <	215	185	≤ EK <	235	215	≤ EK <	270	245	≤ EK <	310
Z	215	≤ EK <	255	235	≤ EK <	280	270	≤ EK <	325	310	≤ EK <	370
H	255	≤ EK		280	≤ EK		325	≤ EK		370	≤ EK	

Εικόνα 2.7 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης σε εκπαιδευτικά κτίρια τριτοβάθμιας. Πηγή “ΚΕΝΑΚ”

Πρέπει να τονίσουμε ότι όλα τα νέα κτίρια καθώς και τα υφιστάμενα κτίρια που υφίστανται ριζική ανακαίνιση οφείλουν να βρίσκονται τουλάχιστον εντός του εύρους της ενεργειακής κατηγορίας B.

Σύμφωνα με το πρότυπο prEN 15217:2006 [2ε] ορίζονται νέες κατηγορίες ενεργειακών ορίων από το A έως το H, με βάση την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου εκφρασμένης σε $KWh/(m^2 \cdot \text{έτος})$. Οι κατηγορίες αυτές ορίζονται συναρτήσει των εξής δεικτών:

- του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος R_s , ο οποίος αντιστοιχεί στην ενεργειακή κατανάλωση του 50% του κτιριακού αποθέματος.
- του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού R_r , δηλαδή τη μέγιστη επιτρεπόμενη από τον κανονισμό ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων.

Οι δείκτες R_r και R_s αφορούν στο σύνολο των ενεργειακών απαιτήσεων (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ZNX). Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης της 30/03/2010 ο καθορισμός των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης κτιρίων αλλάζει. Οι κατηγορίες για την ενεργειακή ταξινόμηση των κτιρίων προκύπτουν βάσει του δείκτη RR και του λόγου T οι οποίοι ορίζονται ως εξής:

- RR : λαμβάνεται ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς.
- T : είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και αποτελεί βάση για τον καθορισμό των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης.

Και οι δύο είναι εκφρασμένοι σε $kWh/(m^2 \cdot \text{έτος})$. Βάσει του προτύπου prEN 15217:2006, το μέγιστο όριο της κατηγορίας B είναι ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (R_r), ενώ το μέγιστο όριο της κατηγορίας Δ είναι ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (R_s). Για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων που κατατάσσονται στις κατηγορίες A και B, θεσπίστηκαν οι κατηγορίες A+ και B+.

Οι κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων με βάση το νέο κανονισμό παρουσιάζονται παρακάτω (Εικόνα 2.8).

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0.33R_r$	$T \leq 0.33$
A	$0.33R_r \leq EP \leq 0.50R_r$	$0.33 \leq T \leq 0.50$
B+	$0.50R_r \leq EP \leq 0.75R_r$	$0.50 \leq T \leq 0.75$
B	$0.75R_r \leq EP \leq 1.00R_r$	$0.75 \leq T \leq 1.00$
Γ	$1.00R_r \leq EP \leq 1.41R_r$	$1.00 \leq T \leq 1.41$
Δ	$1.41R_r \leq EP \leq 1.82R_r$	$1.41 \leq T \leq 1.82$
E	$1.82R_r \leq EP \leq 2.27R_r$	$1.82 \leq T \leq 2.27$
Z	$2.27R_r \leq EP \leq 2.73R_r$	$2.27 \leq T \leq 2.73$
H	$2.73R_r < EP$	$2.73 < T$

Εικόνα 2.8 : Όρια ενεργειακών κατηγοριών Πηγή : KENAK

Παρατηρούμε από τον πίνακα ότι το άνω όριο της κατηγορίας B λαμβάνεται ίσο με τον δείκτη RR . Είναι δηλαδή ίσο με την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Βλέπουμε δηλαδή ότι σύμφωνα με τον καινούριο κανονισμό τα κτίρια κατατάσσονται σε κάποια κατηγορία ενεργειακής απόδοσης ανάλογα με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας που παρουσιάζουν σε σχέση με την αντίστοιχη κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς. Κτίρια με χαμηλότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατατάσσονται σε καλύτερη ενεργειακή κατηγορία (B+ και άνω), ενώ κτίρια με μεγαλύτερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατατάσσονται σε χειρότερη κατηγορία (B και κάτω).

Τα όρια είναι ρευστά και προκύπτουν με βάση την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας η οποία είναι διαφορετική για το εκάστοτε κτίριο και κτίριο αναφοράς.

Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) είναι το έγγραφο που απεικονίζει την ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου. Σε αυτό αναφέρονται τα γενικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, η υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και του εξεταζόμενου κτιρίου, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή ενέργειας και τελική χρήση, η πραγματική ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας, οι υπολογιζόμενες και πραγματικές ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Με σχετική ΤΟΤΕΕ και κατόπιν έγκρισης της με απόφαση του υπουργού ΠΕΚΑ, η οριστική μορφή και το περιεχόμενο του ΠΕΑ κτιρίου φαίνεται στους παρακάτω πίνακες (Εικόνες 2.9/10).

ΧΡΗΣΗ: <input type="checkbox"/> Κτίριο <input type="checkbox"/> Τμήμα κτιρίου <input type="checkbox"/> Αριθμός ιδιοκτησίας (για τμήμα κτιρίου)		Αρ. Πρωτ.:
Κλιματική Ζώνη: Διεύθυνση: Τ.Κ. Πόλη: Έτος κατασκευής: Συνολική επιφάνεια (m ²): Όνομα ιδιοκτήτη:		(Φωτογραφία κτιρίου)
ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ		
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ (ως ποσοστό κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς)		ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [kWh/(m ² ·έτος)]
ΜΗΘΟΔΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ		
A+ ≤ 0,33·RR		
0,33·RR < A ≤ 0,5·RR		
0,5·RR < B ≤ 0,75·RR		
0,75·RR < B ≤ 1,0·RR		
1,0·RR < C ≤ 1,41·RR		
1,41·RR < D ≤ 1,82·RR		
1,82·RR < E ≤ 2,27·RR		
2,27·RR < Z ≤ 2,73·RR		
2,73·RR ≤ H		
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ [kWh/(m ² ·έτος)]		B
ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)]		
ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kgCO ₂ /(m ² ·έτος)]		
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)]		
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)]		
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kgCO ₂ /(m ² ·έτος)]		

Εικόνα 2.9 : Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (Σελίδα 1/2)

Αρ. Πρωτ.:				
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ με βάση τους υπολογισμούς				
Πηγή ενέργειας	Τελική χρήση	Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)		
Ηλεκτρική	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> Αερισμός <input type="checkbox"/>			
	Φωτισμός <input type="checkbox"/> Συσκευές <input type="checkbox"/> ΖΗΧ <input type="checkbox"/>			
Ορυκτά καύσιμα	Πετρέλαιο <input type="checkbox"/> Φυσικό αέριο <input type="checkbox"/> Άλλο (προσδιορίστε)			
	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΗΧ <input type="checkbox"/>			
	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΗΧ <input type="checkbox"/>			
ΑΠΕ	Ηλιακή <input type="checkbox"/> Βιομάζα <input type="checkbox"/> Γεωθερμία <input type="checkbox"/> Άλλο (προσδιορίστε)			
	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΗΧ <input type="checkbox"/>			
	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΗΧ <input type="checkbox"/>			
	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΗΧ <input type="checkbox"/>			
	Σύνολο			
ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [kWh/(m ² ·έτος)] ανά χρήση με βάση τους υπολογισμούς:				
Θέρμανση				
Ψύξη				
Αερισμός				
Φωτισμός				
Συσκευές				
Ζεστό Νερό Χρήσης (ΖΗΧ)				
ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ				
1.				
2.				
3.				
Αριθμός σύστασης	Αρχικό εκτιμώμενο κόστος επένδυσης (€)	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας* (kWh/m ² ·έτος)	Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [kg/(m ² ·έτος)]	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής (έτη)
1				
2				
3				
* Η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά την κάθε επί μέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής.				
Ημερομηνία έκδοσης Πιστοποιητικού: Ονοματεπώνυμο Επιθεωρητή: Α.Μ. Επιθεωρητή: Υπογραφή: Σφραγίδα:				

Εικόνα 2.10 : Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (Σελίδα 2/2)

Κεφάλαιο 3^ο

Το λογισμικό EPA-Nr

3.1 Εισαγωγή στο EPA – Nr

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/EK για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (EPBD) απαιτεί από το 2006 την έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης για όλες σχεδόν τις κατηγορίες κτιρίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Με το πιστοποιητικό αποδίδεται στο κτίριο ένας αριθμητικός δείκτης για τη συγκριτική αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Παράλληλα συνοδεύεται από συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, οι οποίες θα έχουν και οικονομικά οφέλη.

Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης οδηγίας, αναπτύχθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος «Intelligent Energy–Europe» (IEE) η μεθοδολογία και τα αντίστοιχα λογισμικά EPA-Ed και EPA-Nr τα οποία μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των μηχανικών, μελετητών και εμπειρογνομόνων. Τα αποτελέσματα τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης. Επίσης οι μεθοδολογίες και τα λογισμικά αυτά παρέχουν τη δυνατότητα αξιολόγησης προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

Έχουμε την παρακάτω κατηγοριοποίηση:

- Κτίρια Κατοικίας (www.epa-ed.org)

Η συγκεκριμένη έκδοση χρησιμοποιείται σε κτίρια κατοικίας με απλούστερη αρχιτεκτονική και μικρότερα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα και κατά συνέπεια σε μονοζωνικά κτίρια.

- Κτίρια Τριτογενή τομέα (www.epa-nr.org)

“Energy Performance Assessment for existing Non-Residential buildings”

Χρησιμοποιείται σε κτίρια του τριτογενή τομέα με πολύπλοκη αρχιτεκτονική, κατασκευή, χρήση χώρων, υψηλότερες απαιτήσεις ποιότητας στο εσωτερικό τους περιβάλλον και πιο σύνθετες ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, δηλαδή σε πολυζωνικά κτίρια. Οι βασικές λειτουργίες του συγκεκριμένου λογισμικού παρουσιάζονται παρακάτω καθώς είναι αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και με το οποίο θα ασχοληθούμε με τα δεδομένα του και την διαδικασία που χρησιμοποιεί προκειμένου να μας δώσει τα αποτελέσματα που αναζητούμε.

Το EPA-Nr είναι ένα λογισμικό που παρέχει μια υπολογιστική μέθοδο για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης υφιστάμενων κτιρίων του τριτογενή τομέα. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει είναι πως διαχωρίζει την υπολογιστική διαδικασία από τα δεδομένα εισόδου, συμβαδίζει με τα ευρωπαϊκά πρότυπα και διαθέτει έναν πυρήνα υπολογισμού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί διεθνώς. Επίσης προσφέρει μια ολοκληρωμένη παρουσίαση, εύκολη προσαρμογή σε τυχόν τροποποιήσεις των προτύπων καθώς και ηλεκτρονική αρχειοθέτηση και οργάνωση μελετών. Η μεθοδολογία του μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προσαρμοζόμενη κάθε φορά στις διαφορετικές προδιαγραφές της κάθε χώρας. Εφαρμόζεται στα κτίρια του τριτογενή τομέα αλλά μπορεί να προσαρμοστεί και σε κατοικίες. Τέλος, προσφέρει ένα περιβάλλον κατάλληλο ώστε η επιθεώρηση και η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης δύναται να ολοκληρωθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα με τα αποτελέσματα να είναι αξιόπιστα και ακριβή.

3.2 Υπολογιστική διαδικασία

Η υπολογιστική διαδικασία του λογισμικού EPA-Nr βασίζεται στην υπολογιστική διαδικασία που προβλέπει το πρότυπο ISO 13790. Το πρότυπο αυτό δημιουργήθηκε από την τεχνική επιτροπή ISO/TC 163, «Thermal performance and energy use in the built environment», και την υποεπιτροπή SC2 «Calculation methods» σε συνεργασία με τη CEN. Υποστηρίζει τις απαραίτητες προϋποθέσεις της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2002/91/EC για την Ενεργειακή Απόδοση των κτιρίων και κύριος στόχος του είναι η παρουσίαση υπολογιστικών μεθόδων για τη σχεδίαση και την αποτίμηση της θερμικής και ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Συγκεκριμένα οι μέθοδοι υπολογισμού που προβλέπει η υπολογιστική διαδικασία του ISO 13790 είναι τρεις: η μηνιαία/εποχική ημισταθερή μέθοδος, η απλή ωριαία δυναμική μέθοδος (simple hourly method) και η λεπτομερής δυναμική μέθοδος (dynamic method). Η απόφαση για τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί έγκειται σε εθνικό επίπεδο, καθώς επίσης και η προέλευση των δεδομένων των μεθόδων εφόσον δεν είναι διαθέσιμα.

Ανεξάρτητα από την επιλογή της μεθόδου κατά την υπολογιστική διαδικασία θα πρέπει να γίνει καθορισμός κλιματιζόμενων και μη κλιματιζόμενων χώρων και διαίρεση του εσωτερικού χώρου σε θερμικές ζώνες. Ο χωρισμός του κτιρίου σε πολλαπλές ζώνες όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας πάνω από τέσσερις βαθμούς κελσίου, όταν υπάρχουν διαφορετικά συστήματα θέρμανσης/ψύξης ή/και διαφορετικό προφίλ λειτουργίας. Απαραίτητα είναι πλέον στοιχεία για τη σύζευξη μεταξύ των πολλαπλών ζωνών. Παράλληλα πρέπει να γίνεται προσδιορισμός εσωτερικών και εξωτερικών συνθηκών και άλλων απαραίτητων κλιματικών δεδομένων, υπολογισμός ενεργειακών αναγκών για ψύξη και θέρμανση και υπολογισμός καταναλισκόμενης ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες.

3.3 Δεδομένα εισόδου / εξόδου

Για να επιτευχθεί η ολοκλήρωση της υπολογιστικής διαδικασίας και να οδηγήσει σε σωστά αποτελέσματα είναι απαραίτητο να εισάγουμε στο πρόγραμμα ορισμένα δεδομένα τα οποία αφορούν :

- Ιδιότητες εξαερισμού και μεταφοράς θερμότητας.
- Κέρδη θερμότητας εσωτερικών πηγών καθώς και ηλιακά κέρδη.
- Κλιματικά δεδομένα.
- Δεδομένα υγρασίας.
- Δεδομένα εξωτερικών θερμοκρασιών.
- Γενικότερα δεδομένα κλίματος της περιοχής.
- Περιγραφή του κτιρίου, συστήματος και χρήσης.
- Απαιτήσεις θερμικής άνεσης του εκάστοτε κτιρίου.
- Δεδομένα για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης ,φωτισμό.
- Διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες.
- Καθορισμός ανακτώμενων και μη ανακτώμενων απωλειών.
- Στοιχεία που αφορούν την κυκλοφορία αέρα στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου.

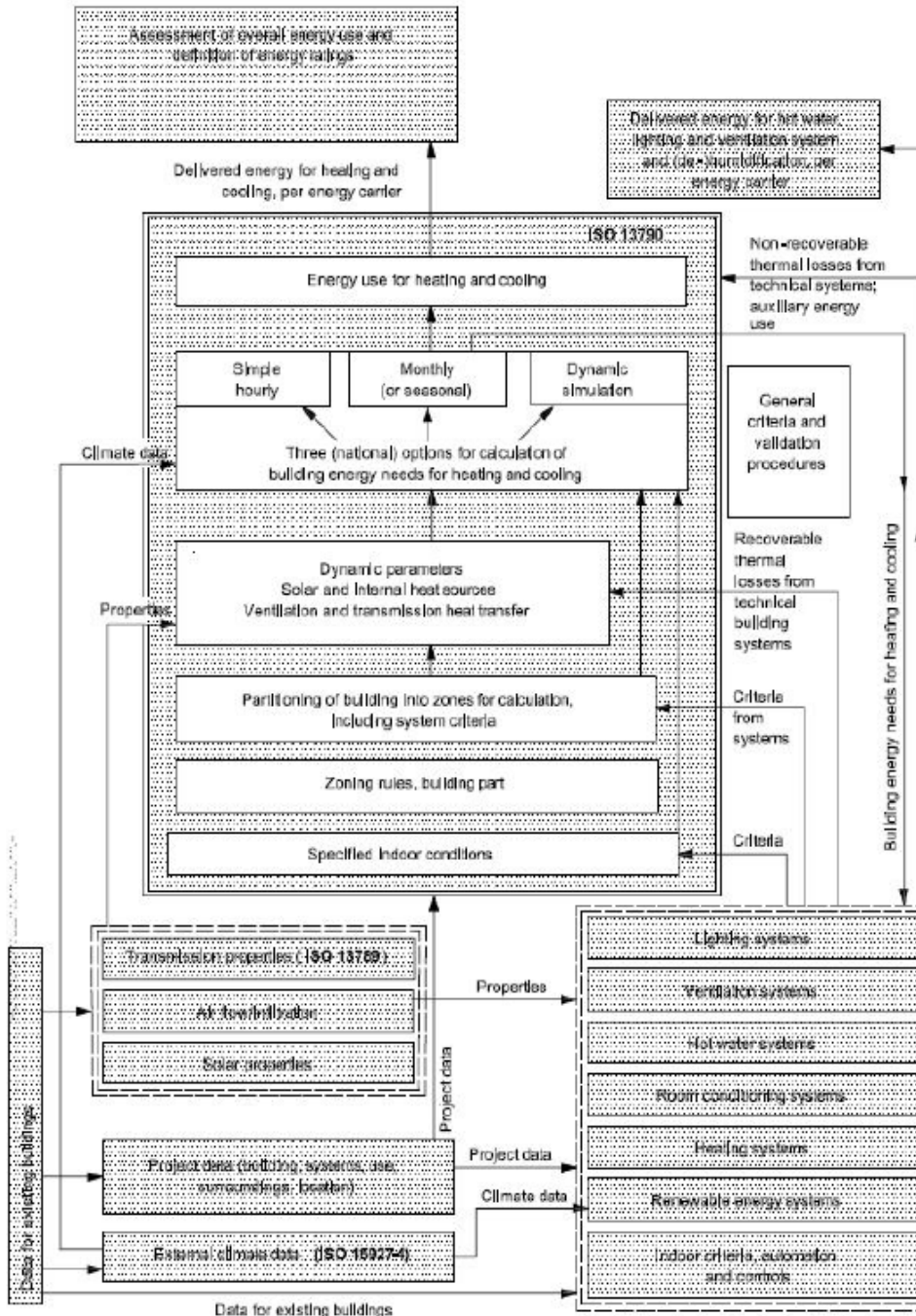
Συγκεντρώνουμε και εισάγουμε τα προαναφερθέντα δεδομένα σε ένα λογισμικό πακέτο όπως το EPA-Nr. Εν συνεχεία ακολουθώντας συγκεκριμένη μεθοδολογία που προβλέπεται από το πρότυπο ISO 13790 προκύπτουν τα σχετικά με τη μελέτη αποτελέσματα όσον αφορά τις ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου. Από τα αποτελέσματα αυτά αποτιμάται η ενεργειακή του απόδοση.

Οι κύριες έξοδοι συνοψίζονται ως:

- Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση/ψύξη.
- Διάρκεια περιόδων θέρμανσης/ψύξης και βοηθητική ενέργεια.
- Μηνιαίες ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση/ψύξη.

- Θερμικά κέρδη ηλιακών παθητικών συστημάτων.
- Ανακτώμενες απώλειες στο κτίριο (από θέρμανση, ψύξη, ΖΝΧ, αερισμό και φωτισμό).

Όλα τα παραπάνω μπορούν να συνοψιστούν σε ένα διάγραμμα ροής (Εικόνα 3.1) που μας παρουσιάζει τη συνολική εικόνα της διαδικασίας την οποία ακολουθεί το λογισμικό EPA-Nr χρησιμοποιώντας το πρότυπο ISO 13790.



Εικόνα 3.1 : Διάγραμμα ροής υπολογιστικής διαδικασίας (Πηγή : ISO 13790)

3.4 Βιβλιοθήκες

Οι βιβλιοθήκες του λογισμικού EPA-Nr αποτελούνται από συγκεκριμένα δεδομένα της υπό μελέτη περιοχής ή πρότυπα δεδομένα για τα δομικά στοιχεία των κτιρίων. Κάθε βιβλιοθήκη του λογισμικού αφορά διαφορετικά δεδομένα σε εθνικό επίπεδο. Στην αρχική σελίδα του προγράμματος (Εικόνα 3.2) οι βιβλιοθήκες διαχωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Εθνικές σταθερές:

Περιλαμβάνει διάφορες σταθερές, συντελεστές διόρθωσης και άλλους συντελεστές.

2. Κλιματικά δεδομένα:

- γεωγραφικό μήκος / πλάτος, ζώνη ώρας (LOCATION).
- μήνας έναρξης και λήξης περιόδων θέρμανσης/ψύξης (SEASON).
- μήνας (Ιανουάριος= 1 κτλ), μέση μηνιαία θερμοκρασία εξωτερικού ξηρού αέρα, μέση μηνιαία εξωτερική υγρασία, μέση μηνιαία οριζόντια ακτινοβολία και ακτινοβολία για διάφορες κλίσεις.

3. Καύσιμα:

Περιλαμβάνει για τους διάφορους τύπους καυσίμου:

- συντελεστή μετατροπής μονάδων (από $MJ/year$ σε $unit/year$).
- συντελεστή μετατροπής του καυσίμου εισόδου σε πρωτογενή ενέργεια ($MJ/year$).
- συντελεστή μετατροπής από MJ σε $kgCO_2/year$.
- κόστος ενέργειας εισόδου ($currency/MJ$).

Bottle gas
Coal
District heating
Electricity
Fuel Oil
Gas Oil
Natural Gas

4. Δομικά στοιχεία:

Περιλαμβάνει κατασκευαστικά δεδομένα. Ο χρήστης μπορεί να φτιάξει ένα πρότυπο αρχείο μελέτης με όλα τα κατασκευαστικά δεδομένα που μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα κτίριο και να τα χρησιμοποιεί ανάλογα τον τύπο του υπό μελέτη κτιρίου. Η συγκεκριμένη βιβλιοθήκη περιλαμβάνει πληροφορίες που αφορούν διαφανείς, αδιαφανείς επιφάνειες, το δάπεδο και εσωτερικά χωρίσματα του κτιρίου.

The screenshot shows a software window titled "Μελέτη" (Study). It contains three sections for selecting libraries:

- Μελέτη:** A text box containing "Κτίριο Φυσική".
- Βιβλιοθήκες:** Three buttons with corresponding file paths:
 - Κλιματικά: C:\Program Files (x86)\NOA\EnrTool\EPANRClimate_Athens.xml
 - Σταθερές: C:\Program Files (x86)\NOA\EnrTool\EPANRConst_HE.xml
 - Καύσιμα: C:\Program Files (x86)\NOA\EnrTool\EPANRFuel_HE-09.xml
- Βιβλιοθήκες δομικών στοιχείων (προαιρετικό):** One button with a file path:
 - Βιβλιοθήκη: C:\Program Files (x86)\NOA\EnrTool\Office Building.xml

Εικόνα 3.2 : Οθόνη με την επιλογή βιβλιοθηκών

3.5 Θερμικές ζώνες κτιρίου

Χωρίζουμε τον υπό μελέτη χώρο σε θερμικές ζώνες σύμφωνα με τα κριτήρια που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ:

- Εάν η επιθυμητή θερμοκρασία θέρμανσης στους εσωτερικούς χώρους διαφέρει περισσότερο από 4 °Κ.
- Εάν οι χώροι ψύχονται μηχανικά και η επιθυμητή θερμοκρασία διαφέρει κατά 4 Κ.
- Εάν υπάρχουν διαφορετικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης για διαφορετικές περιοχές του κλιματιζόμενου χώρου.
- Εάν υπάρχουν χώροι όπου εμφανίζονται μεγάλες διαφορές σε σχέση με κέρδη/απώλειες (π.χ. παθητικά ηλιακά συστήματα ή χώροι με μεγάλη συγκέντρωση ατόμων κοντά σε χώρους με πολύ μικρή συγκέντρωση).
- Εάν υπάρχουν χώροι με διαφορετικό προφίλ λειτουργίας.

Όλα τα στοιχεία που περιλαμβάνει το δομικό αλλά και λειτουργικό κομμάτι ενός υφιστάμενου κτιρίου (ανά θερμική ζώνη) λαμβάνονται υπόψη στην υπολογιστική διαδικασία του λογισμικού ΕΡΑ-Nr (Εικόνα 3.3).

The screenshot shows a software interface for defining thermal zones. The form is titled "Ζώνη" and contains several sections with input fields:

- Νέα ζώνη:** A text box for the zone name, a numeric field for "Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης, °C" (20), and a numeric field for "Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης, °C" (24).
- 0:** A numeric field for "Ολική επιφάνεια ζώνης, m²" (24).
- 124:** A numeric field for "Ειδική θερμοχωρητικότητα, kJ/m² K".
- 9.2:** A numeric field for "Συνολικές απώλειες από κτιριακό κέλυφος και αερισμό, W/m² K".
- Φωτισμός:** A section with multiple input fields: "Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, W", "Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού, h", "Χρόνος μη χρήσης φυσικού φωτισμού, h", "Συντελεστής επίδρασης του φυσικού φωτισμού, -", "Συντελεστής επίδρασης χρηστών, -", "Θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη, -", "Φωτισμός αφαλείας", and "Σύστημα εφεδρείας".
- Εσωτερικά κέρδη / Συντελεστής χρόνου:** A section with input fields for "Χρήστες, W/m²", "Συσκευές, W/m²", "Συντελεστής παρουσίας χρηστών, -", and "Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία, -".
- Κυκλοφορία αέρα:** A section with input fields for "Διείσδυση αέρα, m³/s", "Φυσικός αερισμός, m³/s", and "Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού, -".
- Ζεστό νερό χρήσης (ZNX):** A section with input fields for "Μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης, m³/m²/year" and "Θερμοκρασία δεξαμενής, °C" and "Θερμοκρασία νερού δικτύου, °C".

Εικόνα 3.3 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για τις θερμαινόμενες ζώνες

Ζώνη

Όνομα ζώνης

Καταγράφεται το χαρακτηριστικό όνομα της ζώνης προκειμένου να διευκολύνει το χρήστη. Το όνομα πρέπει να έχει άμεση σχέση με τη ζώνη που εξετάζεται και να παραπέμπει εύκολα στο χώρο που αφορά.

Συνολική επιφάνεια ζώνης

Είναι η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια της ζώνης σε m². Οι απαιτούμενες διαστάσεις προκειμένου να υπολογιστεί η επιφάνεια των επιμέρους ζωνών παρουσιάζονται στα σχέδια του κτιρίου που μας παραχώρησε η Τεχνική Υπηρεσία.

Ειδική θερμοχωρητικότητα

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τυπικές τιμές ειδικής θερμοχωρητικότητας για την υπό μελέτη ζώνη. Όπως προκύπτει η ειδική θερμοχωρητικότητα έχει άμεση σχέση με τα υλικά δόμησης του εξεταζόμενου κτιρίου (Εικόνα 3.4).

Τύπος Κτιρίου	Ειδική θερμοχωρητικότητα κτιρίου, c_m σε $[KJ/m^2 K]$
Πολύ ελαφριά κατασκευή	80
Ελαφριά κατασκευή	110
Μέτρια κατασκευή	165
Βαριά κατασκευή	260
Πολύ βαριά κατασκευή	270

Εικόνα 3.4 : Ειδική θερμοχωρητικότητα κτιρίου

Σε εθνικό επίπεδο συνηθισμένη κατασκευή με οπλισμένο σκυρόδεμα και πλινθοδομή χαρακτηρίζεται ως βαριά κατασκευή, ενώ μια λιθοδομή χαρακτηρίζεται ως πολύ βαριά κατασκευή.

Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης

Είναι η καλύτερη εκτίμηση της πραγματικής μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας κατά την περίοδο θέρμανσης λαμβάνοντας υπόψη τις θερμοκρασιακές ρυθμίσεις εκτός ωραρίου λειτουργίας, θερινές διακοπές (π.χ. σε σχολεία, πανεπιστημιακά κτίρια κλπ). Οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση υπολογίζονται σε αυτή τη θερμοκρασία, η οποία θεωρείται σταθερή σε όλη την διάρκεια της περιόδου.

Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης

Είναι η καλύτερη εκτίμηση της πραγματικής μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας κατά την περίοδο ψύξης. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη υπολογίζονται σε αυτήν τη θερμοκρασία, η οποία θεωρείται σταθερή σε όλη τη διάρκεια της περιόδου ψύξης.

Φωτισμός

Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού

Είναι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για το φωτισμό στη συγκεκριμένη ζώνη. Η ισχύς αυτή προκύπτει από τον αριθμό των φωτιστικών σωμάτων σε κάθε ζώνη καθώς και το είδος τους που καθορίζει και την ισχύ τους.

Ο χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού λαμβάνεται ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου και τις ώρες που χρησιμοποιείται.

Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού (F_D)

Είναι ο συντελεστής μείωσης της ενέργειας για φωτισμό (Εικόνα 3.5) εξαιτίας της χρήσης αυτοματισμών αξιοποίησης φυσικού φωτισμού (1=καμία μείωση, 0=πλήρης μείωση).

Τύπος Κτιρίου	Τύπος ελέγχου	F_D
Γραφεία, αθλητικές εγκαταστάσεις	Χειροκίνητος	1
	Αυτόματος	0.9
Εστιατόρια, ξενοδοχεία, εμπορικά καταστήματα	Χειροκίνητος	1
	Αυτόματος	0.9
Εκπαιδευτικά κτίρια, νοσοκομεία	Χειροκίνητος	1
	Αυτόματος	0.7-0.9

Εικόνα 3.5 : Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού

Συντελεστής επίδρασης χρηστών (F_o)

Είναι ο συντελεστής μείωσης της ενέργειας για φωτισμό εξαιτίας της χρήσης αυτοματισμών ανίχνευσης κίνησης (1=καμία μείωση, 0=πλήρης μείωση). Στην περίπτωση που μελετάται ο

συντελεστής αυτός λαμβάνει τιμή μονάδα (δεν υπάρχει αυτοματισμός ανίχνευσης κίνησης). Στη γενική περίπτωση λαμβάνει τιμές από τον παρακάτω πίνακα (Εικόνα 3.6).

Τύπος κτιρίου	Τύπος ελέγχου	F _o
Γραφεία , εκπαιδευτικά κτίρια	Χειροκίνητος	1
	Αυτόματος	0.9
Αθλητικές εγκαταστάσεις , εστιατόρια , εμπορικά καταστήματα	Χειροκίνητος	1
	Χειροκίνητος	0.7
Νοσοκομεία	Χειροκίνητος (μερικώς αυτόματος)	0.8

Εικόνα 3.6 : Συντελεστής επίδρασης χρηστών

Θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη

Είναι το ποσοστό της θερμότητας που εκπέμπεται από το σύστημα φωτισμού το οποίο δεν απομακρύνεται άμεσα μέσω κάποιου συστήματος τεχνητού εξαερισμού. Όταν απομακρύνεται όλη η θερμότητα από το χώρο ο συντελεστής είναι μηδέν ενώ για μη απομάκρυνση της θερμότητας από τη ζώνη ο συντελεστής είναι μονάδα.

Φωτισμός ασφαλείας είναι ένας δείκτης ύπαρξης συστήματος φωτισμού ασφαλείας.

Σύστημα εφεδρείας είναι ένας δείκτης ύπαρξης εφεδρικού συστήματος για φωτισμό.

Εσωτερικά κέρδη / συντελεστής χρόνου

Η παραγόμενη θερμότητα από τους χρήστες και τις ηλεκτρικές συσκευές επηρεάζει την εσωτερική θερμοκρασία του χώρου και τα απαιτούμενα θερμικά φορτία. Το θερμικό φορτίο (εσωτερικά θερμικά κέρδη) υπολογίζεται από το γινόμενο της παραγόμενης θερμότητας (από χρήστες και ηλεκτρικές συσκευές) με το ποσοστό του χρόνου που είναι παρόντες οι χρήστες ή που είναι αναμμένες οι συσκευές.

Χρήστες

Είναι η εκπεμπόμενη θερμότητα από τους χρήστες στην ζώνη. Η τιμή πρέπει να αντιστοιχεί στο μέγιστο αριθμό χρηστών κατά τη διάρκεια του έτους. Η θερμότητα που εκλύουν οι χρήστες κυμαίνεται με κριτήριο την ένδυση αλλά και τη δραστηριότητά τους.

Συντελεστής παρουσίας χρηστών

Είναι το ποσοστό του χρόνου (για όλη την διάρκεια του έτους) κατά το οποίο είναι παρόντες οι χρήστες στη ζώνη.

Συσκευές

Είναι η εκπεμπόμενη θερμότητα από τις ηλεκτρικές συσκευές στη ζώνη. Η τιμή πρέπει να αντιπροσωπεύει τη μέγιστη τιμή κατά τη διάρκεια του έτους. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στο υπό εξέταση κτίριο, σε αντιστοιχία με την ισχύ που καταναλώνουν (Εικόνα 3.7).

Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές	330 W
Οθόνες υπολογιστών	60 W
A/C	2630 W
Εκτυπωτές	30 W
UPS	390 W
Λοιπές συσκευές	850 W

Εικόνα 3.7 : Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία

Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία

Είναι το ποσοστό του χρόνου (για όλη την διάρκεια του έτους) κατά το οποίο οι ηλεκτρικές συσκευές της ζώνης βρίσκονται σε λειτουργία.

Κυκλοφορία αέρα

Διείσδυση αέρα

Είναι ο ρυθμός διείσδυσης του εξωτερικού αέρα στη ζώνη σε $[m^3/s]$ από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων. Για σύγχρονα ανοιγόμενα κουφώματα, η διείσδυση του αέρα λαμβάνεται ίση με $5,5 [m^3/h/m^2 \text{ επιφάνειας ανοίγματος}]$. Για συρόμενα κουφώματα (επάλληλα ή μη) με ενσωματωμένες ψήκτρες για αεροστεγάνωση, η διείσδυση του αέρα λαμβάνεται ίση με $7.5 [m^3/h/m^2 \text{ επιφάνειας ανοίγματος}]$. Για παλιά ανοίγματα ανεξαρτήτου τύπου κουφώματος διείσδυση του αέρα λαμβάνεται ίση με $12 [m^3/h/m^2 \text{ επιφάνειας ανοίγματος}]$ επιφάνειας ανοίγματος.

Σε κάθε περίπτωση ο συντελεστής διείσδυσης αερισμού πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή θωράκισης ο οποίος λαμβάνεται ως εξής:

- 0.4 για ανοίγματα προς αίθριο χώρο.
- 0.8 για ανοίγματα προς ημι-υπαιθρο χώρο.
- 1.0 για κτίρια με μέσο ύψος (15 έως 50 m) στο κέντρο πόλης, κτίρια σε δασικές περιοχές.
- 1.2 για κτίρια στην ύπαιθρο με δένδρα γύρω τους ή για τα περιχώρα πόλης.
- 1.6 για κτίρια στην ύπαιθρο ή για πολυώροφα κτίρια (με ύψος > 50 m) στο κέντρο πόλης.

Η διείσδυση αέρα θα δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\delta.α. [m^3 / s] = \frac{\sigma_{\theta} \sigma_{\text{δισεισδ}} \left[\frac{m^3 / h}{m^2} \right] A_{\text{ανοιγμάτων}} [m^2]}{3600 [s / h]}$$

- Όπου σ_{θ} : συντελεστής θωράκισης
 $\sigma_{\text{δισεισδ}}$: συντελεστής διείσδυσης
 $A_{\text{ανοιγμάτων}}$: επιφάνεια των ανοιγμάτων

Φυσικός αερισμός

Είναι ο αερισμός των χώρων μέσω της χρήσης των υφιστάμενων ανοιγμάτων, σε $[m^3/s]$. Κυρίως εξαρτάται από τον ανθρώπινο παράγοντα. Κατά τη μελέτη ενός κτιρίου που δε διαθέτει μηχανικό αερισμό (μέσω κλιματιστικής μονάδας ή άλλο σύστημα), ως φυσικός αερισμός λαμβάνονται υπόψη τα κατώτερα απαιτούμενα όρια νωπού αέρα στο χώρο (βάσει κανονισμών). Όταν υπάρχει μηχανικό σύστημα αερισμού σε έναν χώρο, συνυπολογίζεται για την εκτίμηση του φυσικού αερισμού. Για τον υπολογισμό του φυσικού αερισμού για την κάθε ζώνη ξεχωριστά, χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$Q = \frac{NV}{3600}$$

- Όπου Q : φυσικός αερισμός $[m^3/s]$
 N : αριθμός εναλλαγών αέρα ανά ώρα $[ach]$
 V : όγκος ζώνης $[m^3]$

Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού

Είναι το μέσο ποσοστό του χρόνου (για όλη τη διάρκεια του έτους) κατά το οποίο εφαρμόζεται φυσικός αερισμός. Ο χρόνος αυτός είναι ίσος με το χρόνο που είναι παρόντες οι χρήστες του χώρου. Επομένως ο συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού είναι ίσος με το συντελεστή παρουσίας χρηστών.

Κέλυφος

Μη διαφανείς επιφάνειες

Ως μη διαφανείς επιφάνειες ορίζονται όλες οι δομικές κατασκευές, δοκάρια, κολώνες, τοιχοποιίες, οροφές, στέγες και δάπεδα που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m ²	Προσανατολισμός	Κλίση, d[deg]	U, W/m ² K	Alpha, -	R _{se} , m ² K/W	Συντελεστής	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επένδυσης
Part (1)	0										
+1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

Εικόνα 3.8 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για τις μη διαφανείς επιφάνειες της ζώνης που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον

Επιφάνεια [m²]

Το εμβαδόν της μη διαφανούς επιφάνειας του κτιρίου (δεν περιλαμβάνονται τα ανοίγματα). Όλες οι επιφάνειες αναφέρονται σε εξωτερικές διαστάσεις.

Προσανατολισμός [deg]

Είναι ο προσανατολισμός της συγκεκριμένης επιφάνειας. Ο προσανατολισμός ορίζεται ως η κατεύθυνση της καθέτου στην επιφάνεια. (Για προσανατολισμό προς Νότο, η τιμή είναι 180°, προς Δύση 270°, προς Βορά 0° και προς Ανατολή 90°).

Κλίση [deg]

Είναι η κλίση της επιφάνειας, μετρούμενη μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια και της κατακόρυφου (ζενίθ περιοχής). Για παράδειγμα ένας κατακόρυφος τοίχος έχει κλίση 90°.

U [W/m²K]

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) της επιφάνειας. Ο συντελεστής U-value είναι μια μέση τιμή (για δοκάρια, κολώνες και τοιχοποιία), αντιπροσωπευτική για το εμβαδόν της επιφάνειας. Η θερμοπερατότητα αναφέρεται σε σύνθετες διατομές, διατομές δηλ. που αποτελούνται από πολλά και διαφορετικά υλικά. Υπολογίζεται ως το αντίστροφο του αθροίσματος των θερμικών αντιστάσεων των διαφορετικών στρώσεων. Στο τελικό σύνολο λαμβάνεται υπόψη κι η μεταφορά με αέρια ρεύματα. Μετριέται σε [W/(m²*K)]. Η θερμική αντίσταση μπορεί να υπολογισθεί από το πηλίκιο d/λ, όπου d είναι το πάχος της συγκεκριμένης στρώσης και λ είναι ο συντελεστής θερμοαγωγιμότητας του υλικού. Ο συντελεστής θερμοαγωγιμότητας δίνεται σε έτοιμους πίνακες για κάθε υλικό.

Alpha [-]

Ο συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας στην εξωτερική πλευρά της επιφάνειας. Το εύρος τιμών για το συντελεστή alpha είναι μεταξύ μηδέν (καθόλου απορρόφηση) και μονάδας (100% απορρόφηση). Για συνήθεις ανοιχτόχρωμες επιφάνειες ο συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας κυμαίνεται μεταξύ 0,65-0,75.

R_{se} [m²K/W]

Είναι ο συντελεστής θερμικής αντίστασης της εξωτερικής επιφάνειας. Ο συγκεκριμένος συντελεστής καθορίζεται σε εθνικό (ή τοπικό) επίπεδο και εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και την έκθεση της επιφάνειας. Για την Ελλάδα τυπική τιμή είναι 0,05 [m²K/W].

Em_{th} [-] ονομάζεται ο συντελεστής εκπομπής για τη θερμική ακτινοβολία.

F_{sh} ορίζεται ο συντελεστής σκίασης. Οφείλεται στη σκίαση που προκαλούν άλλα κτίρια, στοιχεία τοπογραφίας, προεξοχές και άλλα στοιχεία. Υπολογίζεται από τη σχέση :

$$F_{sh,O} = \frac{I_{s,ps}}{I_s}$$

όπου $I_{s,ps}$ είναι η συνολική ηλιακή ακτινοβολία με την επιφάνεια σκιασμένη από κάποιο εμπόδιο [MJ/m²] και I_s είναι η συνολική ηλιακή ακτινοβολία χωρίς σκίαση [MJ/m²].

Επίσης $F_{sh,o} = F_h F_o F_f$ όπου φαίνεται ότι ο συντελεστής αυτός είναι το αποτέλεσμα του γινομένου των συντελεστών σκίασης για τον οριζοντα, για οριζόντιους προβόλους και για πλευρικά κατακόρυφα σκίαστρα.

Διαφανείς επιφάνειες

Διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια	Προσανατο.	Κλίση, °	U, W/m²K	U_s, W/m²K	G_g, -	G_g_s, -	F_s, -	F_with, -	F_h, -	F_o, -	F_f, -	Κόστος επέν. ▲
Part (1)	0												
+1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													

Εικόνα 3.9 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για τις διαφανείς επιφάνειες της ζώνης που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον

U [W/m²K]

Ως U ορίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) της επιφάνειας. Ο συντελεστής U-value είναι μια μέση τιμή (για την διαφανή επιφάνεια και το πλαίσιο), αντιπροσωπευτική για το εμβαδόν της επιφάνειας.

U_s [W/m²K]

Ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του ανοίγματος, συμπεριλαμβανομένου και του εξώφυλλου προστασίας (παντζούρια, ρολά, κ.α.) σε κλειστή θέση, όπου υπάρχει. Όταν δεν υπάρχει εξώφυλλο τότε το U_s είναι ίσο με το U. Τα εξώφυλλα των ανοιγμάτων λειτουργούν σαν μόνωση τον χειμώνα, και ο συνολικός συντελεστής U_s σχετίζεται με το ποσοστό F_s .

G_g [-]

Ορίζεται ο συντελεστής διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία της διαφανούς (γυάλινης) επιφάνειας του ανοίγματος.

G_g_s [-]

Είναι ο συνολικός συντελεστής διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία της διαφανούς (γυάλινης) επιφάνειας του ανοίγματος και του εξωτερικού κινητού σκίαστρου αν υπάρχει. Το G_g_s σχετίζεται και με το ποσοστό F_{with} .

F_s [-]

Είναι το ποσοστό του χρόνου (ώρες χρήσης του εξώφυλλου του ανοίγματος, π.χ. νυχτερινές ώρες / 8760 ώρες ετησίως) για το οποίο το παράθυρο έχει το εξωτερικό σκίαστρο. Χρησιμοποιείται για τη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης.

F_{with} [-] είναι το ποσοστό του χρόνου (ώρες χρήσης του κινητού σκίαστρου, π.χ. ώρες σκιασμού παραθύρου/ώρες διάρκειας ηλιοφάνειας) για το οποίο το άνοιγμα καλύπτεται από το εξωτερικό κινητό σκίαστρο (τέντα, περσίδα, κ.α.) στη διάρκεια των ωρών ηλιοφάνειας. Χρησιμοποιείται για τη μείωση των ηλιακών κερδών κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης. Το ποσοστό αυτό πρέπει να αντιπροσωπεύει τις συνθήκες κατά την περίοδο ψύξης.

Επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος

B_g_h

Ως B_g_h ορίζεται ο διορθωτικός συντελεστής για τη μετάδοση θερμότητας προς το έδαφος για την περίοδο θέρμανσης. Για θερμοκρασία εδάφους ίση με την εξωτερική θερμοκρασία αέρα, ο

συντελεστής B_{g_h} παίρνει τιμή μονάδα, ενώ για θερμοκρασία εδάφους ίση με την εσωτερική θερμοκρασία της ζώνης (μη θερμαινόμενος χώρος) έχουμε $B_{g_h} = 0$. Σε θερμαινόμενους υπόγειους χώρους, για δάπεδα που εφάπτονται με το έδαφος, ο συντελεστής B_{g_h} στην περίπτωση που υπάρχει ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης θα είναι μεγαλύτερος $B_{g_h} = 1$, από ότι στην περίπτωση δαπέδων χωρίς ενδοδαπέδιο σύστημα $B_{g_h} = 0,5$ (για ζώνη Α και Β) και $0,7$ (για ζώνη Γ και Δ). Για τους τοίχους που εφάπτονται με το έδαφος ο διορθωτικός συντελεστής θα είναι $B_{g_h} = 0,5-0,7$ για θερμαινόμενο χώρο και $B_{g_h} = 0-0,3$ για μη θερμαινόμενο.

B_{g_c}

Ως B_{g_c} ορίζεται ο διορθωτικός συντελεστής για τη μετάδοση θερμότητας προς το έδαφος για την περίοδο ψύξης. Για θερμοκρασία εδάφους ίση με την εξωτερική θερμοκρασία, ο συντελεστής λαμβάνει τιμή μονάδα. Ο διορθωτικός συντελεστής μπορεί να είναι αρνητικός (-) στην περίπτωση που η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη και η θερμοκρασία εδάφους είναι χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία, ενώ μπορεί να είναι μεγαλύτερος του 1 στην περίπτωση που η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία και η θερμοκρασία εδάφους είναι χαμηλότερη από την εξωτερική θερμοκρασία. Ενδεικτικά, για δάπεδο στο επίπεδο του εδάφους ο συντελεστής $B_{g_c} = 0,7$ για κλιματιζόμενο χώρο και $B_{g_c} = 0,4$ για μη κλιματιζόμενο χώρο. Αντίστοιχα για δάπεδο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (τουλάχιστον ένα μέτρο βάθος), ο συντελεστής για κλιματιζόμενο χώρο $B_{g_c} = 0$ και για μη κλιματιζόμενο χώρο $B_{g_c} = -0,4$ (για ζώνη Α και Β) και $-0,7$ (για ζώνη Γ και Δ). Για τους τοίχους που εφάπτονται με το έδαφος (τουλάχιστον 1 μέτρο βάθος) ο διορθωτικός συντελεστής θα είναι $B_{g_c} = 0$ έως $0,2$ για κλιματιζόμενο χώρο και $B_{g_c} = -0,3$ έως $-0,5$ για μη κλιματιζόμενο.

Επιφάνειες σε επαφή με το Έδαφος	Επιφάνεια, m ²	U, W/m ² K	B _{g_h} , -	B _{g_c} , -
Part (1)	0			
+1				
2				
3				
4				

Εικόνα 3.10 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για τις επιφάνειες δαπέδων ή τοίχων της ζώνης που εφάπτονται με το έδαφος

Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες

Στο τμήμα "Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες" περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι θερμικές ζώνες του κτιρίου και οι μη θερμαινόμενοι χώροι, οι ηλιακοί χώροι, καθώς και ποιες παράμετροι χρησιμοποιούνται. Κάθε χώρος του κτιρίου έχει ένα κέλυφος, το οποίο απαρτίζεται από διάφορους τύπους στοιχείων, το καθένα με διαφορετικές ιδιότητες.

Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες

Διαχωρισμός με ζώνη Κυκλοφορία αέρα, m³/s

Συντελεστής μείωσης b

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m ²	Προσανατολισμός	Κλίση, deg	U, W/m ² K	Alpha, -	R _{se} , m ² K/W
+1	0					
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m ²	Προσανατολισμός	Κλίση, deg	U, W/m ² K	G _g , -	F _s , -
+1	0					
2						
3						
4						

Εικόνα 3.11 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για τις διαχωριστικές επιφάνειες

Κυκλοφορία αέρα

Ο ρυθμός της κυκλοφορίας του αέρα μεταξύ της ζώνης και του συγκεκριμένου εφαιπτόμενου μη θερμαινόμενου χώρου ή ηλιακού χώρου.

Συντελεστής μείωσης b

Με χρήση του αντίστοιχου πλήκτρου, το λογισμικό εκτελεί υπολογισμό του συντελεστή μείωσης b για τη συγκεκριμένη εσωτερική διαχωριστική επιφάνεια.

Στο τμήμα “Μη διαφανείς επιφάνειες” ορίζονται όλες οι μη διαφανείς επιφάνειες οι οποίες διαχωρίζουν το μη θερμαινόμενο χώρο ή ηλιακό χώρο από τη θερμαινόμενη ζώνη του κτιρίου.

Επιφάνεια [m²]

Είναι το εμβαδόν της μη διαφανούς επιφάνειας του κτιρίου (δεν περιλαμβάνονται τα ανοίγματα, δηλαδή τα παράθυρα και οι πόρτες που έρχονται επαφή με τον εξωτερικό αέρα). Όλες οι επιφάνειες αναφέρονται σε εξωτερικές διαστάσεις σε m².

Προσανατολισμός

Είναι ο προσανατολισμός της συγκεκριμένης επιφάνειας. Ο προσανατολισμός ορίζεται ως η κατεύθυνση της καθέτου στην επιφάνεια. Για προσανατολισμό:

- προς Βορά η τιμή είναι 0°
- προς Νότο η τιμή είναι 180°
- προς Δύση η τιμή είναι 270°
- προς Ανατολή η τιμή είναι 90°

Κλίση [deg]

Είναι η κλίση της επιφάνειας, μετρούμενη μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια και της κατακόρυφου (ζενίθ περιοχής). Για παράδειγμα ένας κατακόρυφος τοίχος έχει κλίση 90°.

U [W/m² K]

Είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) της συγκεκριμένης εσωτερικής μη διαφανούς διαχωριστικής επιφάνειας.

Alpha

Είναι ο συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας στην εξωτερική πλευρά της διαχωριστικής μη διαφανούς επιφάνειας (αυτή που βλέπει το μη θερμαινόμενο ή ηλιακό χώρο).

R_{se} [m² K/W]

Είναι ο συντελεστής θερμικής αντίστασης της εξωτερικής πλευράς της επιφάνειας (αυτή που βλέπει το μη θερμαινόμενο ή ηλιακό χώρο). Συνήθως, ο συγκεκριμένος συντελεστής έχει την ίδια τιμή όπως καθορίζεται σε εθνικό επίπεδο για την εσωτερική πλευρά της επιφάνειας 0,05 m²K/W.

Διαφανείς επιφάνειες

Σε αυτό το τμήμα ορίζονται όλες οι διαφανείς επιφάνειες οι οποίες διαχωρίζουν το μη θερμαινόμενο ή ηλιακό χώρο από τη θερμαινόμενη ζώνη του κτιρίου:

Επιφάνεια [m²] είναι το εμβαδόν της διαφανούς επιφάνειας, συμπεριλαμβανομένου και του πλαισίου.

Με τον όρο *προσανατολισμός* νοείται ο προσανατολισμός της συγκεκριμένης επιφάνειας. Ο προσανατολισμός ορίζεται ως η κατεύθυνση της καθέτου στην επιφάνεια.

U [W/m² K]

Είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) της μη διαφανούς επιφάνειας. Ο συντελεστής U-value είναι μια μέση τιμή (για την διαφανή επιφάνεια και το πλαίσιο), αντιπροσωπευτική για το εμβαδόν της επιφάνειας.

G_g

Είναι ο συντελεστής διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία της διαφανούς (γυάλινης) επιφάνειας του ανοίγματος.

F_s

Είναι ο ολικός συντελεστής σκίασης για τη διαφανή διαχωριστική επιφάνεια που περιλαμβάνει και τη σκίαση από το μη θερμαινόμενο ή ηλιακό χώρο. Ο συντελεστής σκίασης υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο όπως και ο συντελεστής σκίασης για διαφανείς επιφάνειες προς το εξωτερικό περιβάλλον. Ολικός συντελεστής σκίασης 0 σημαίνει πλήρη σκίαση της εσωτερικής διαχωριστικής επιφάνειας.

Συστήματα

Συστήματα Θέρμανσης

Σύστημα θέρμανσης

Νέο σύστημα θέρμανσης

0 Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BMS), -

Ηλιακός συλλέκτης

Εφαρμογή

Επισήμανση

Ctrl+Click για επιλογή καυσίμου
Μεταφορά συστήματος σε άλλη ζώνη με μετακίνηση του ποντικού
Ctrl+μετακίνηση για χρήση και σε άλλη ζώνη

	Boηθητική ενέργεια και σ	p_rump, W	f_contr, -	Jan	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μα	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
+0	Boηθητική ενέργεια θέρμ	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

	Τύπος συστήματος	Απόδοση	COP, -	Καύσιμα	Κόστος ετ	Jan	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μα	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
+0																	
1																	
2																	
3																	

	Διανομή	Απόδοση, -	Κόστος επένδυσης, Euro
+0			

	Τερματικά συστήματα εκπομπής ενέργειας	Απόδοση, -	Κόστος επένδυσης, Euro
+0			

Εικόνα 3.12 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για Σύστημα θέρμανσης

Σε κάθε σύστημα θέρμανσης πρέπει να δίνεται χαρακτηριστικό όνομα για περαιτέρω αναγνώριση, π.χ. λέβητας φυσικού αερίου.

- **Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω BMS**

Είναι ο συντελεστής διόρθωσης κατανάλωσης καυσίμου λόγω της χρήσης Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management Building-BMS). Εάν υπάρχει σύστημα BMS τότε η τιμή του συντελεστή θα είναι μικρότερη της μονάδας. Αν δεν είναι γνωστή η απόδοση του BMS, τότε επιλέγεται η τιμή 1. Για ένα καλά σχεδιασμένο κτίριο με αυτοματισμούς και κεντρικό σύστημα BMS που ελέγχει το σύστημα θέρμανσης χώρων, ο συντελεστής αυτός μπορεί να λαμβάνει την τιμή 0,85.

- **Ηλιακός συλλέκτης**

Δηλώνει ότι υπάρχει συνεισφορά ενός ηλιακού συστήματος στη θέρμανση χώρων της ζώνης. Στο κτίριο μας δεν υπάρχει αναφορά για τέτοιου είδους εγκατάσταση.

“Boηθητικά συστήματα και συντελεστής χρόνου”: Στο τμήμα αυτό εισάγονται πληροφορίες σχετικά με τη boηθητική ενέργεια που καταναλώνεται από τα επιμέρους boηθητικά συστήματα για την παραγωγή θερμότητας στην παρούσα ζώνη του κτιρίου.

- **Ειδική εγκατεστημένη ισχύς (p_rump)**

Είναι η ειδική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των boηθητικών συστημάτων κυκλοφορίας ζεστού νερού και διανομής στους χώρους της ζώνης. Αυτή η ισχύς αφορά τις αντλίες, κυκλοφορητές, συστήματα ελέγχου, καυστήρες, ανεμιστήρες και οτιδήποτε άλλο χρησιμοποιείται για το σύστημα θέρμανσης.

- **Συντελεστής βαρύτητας (f_contr)**

Είναι ο συντελεστής βαρύτητας λόγω ύπαρξης αυτοματισμών ρύθμισης λειτουργίας των αντλιών ανάλογα τη διακύμανση του φορτίου θέρμανσης (π.χ.inverters, νυχτερινή ρύθμιση, ρυθμιστής πίεσης κτλ.). Σε περίπτωση εγκατάστασης κάποιας μονάδας ρύθμισης λειτουργίας ή ελέγχου η τιμή είναι μικρότερη από 1.0, αλλιώς είναι μονάδα.

- *Μήνες*

Ο λόγος του μέσου μηνιαίου χρόνου λειτουργίας των βοηθητικών συστημάτων του δικτύου διανομής θερμότητας. Η τιμή μονάδα αναφέρεται σε λειτουργία των βοηθητικών συστημάτων για 24 ώρες κάθε μέρα για τον εκάστοτε μήνα. Οι υπόλοιποι συντελεστές ανά μήνα προκύπτουν αναλογικά με το χρόνο λειτουργίας όπως επιβάλλεται από την κάθε εποχή.

Τύπος συστήματος

- *Απόδοση*

Είναι η μέση απόδοση του κάθε συστήματος παραγωγής θερμότητας για όλη την περίοδο θέρμανσης. Αυτή η τιμή δείχνει τη μέση ετήσια απόδοση του εκάστοτε συστήματος συμπεριλαμβανομένου της απόδοσης συστήματος αποθήκευσης. Τυπική τιμή απόδοσης του λέβητα φυσικού αερίου είναι 0,88.

- *COP*

Είναι ο μέσος συντελεστής απόδοσης της αντλίας θερμότητας για όλη την περίοδο θέρμανσης που λειτουργεί, λαμβάνοντας υπόψη και την επίδραση της απόδοσης του συστήματος αποθήκευσης μακράς διάρκειας (θερμική αδράνεια δεξαμενής) αν υπάρχει.

- *Καύσιμο*

Στην στήλη καυσίμου θα πρέπει να επιλεγεί το καύσιμο που χρησιμοποιείται από τη διαθέσιμη βιβλιοθήκη. Στο παλαιό κτίριο Φυσικής χρησιμοποιείται φυσικό αέριο.

- *Μήνες*

Είναι το μηνιαίο ποσοστό κάλυψης της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας για τη θέρμανση της ζώνης από το συγκεκριμένο σύστημα παραγωγής θερμότητας.

“*Διανομή*”: πρόκειται για το σύστημα που είναι εγκατεστημένο στο κτίριο και αναλαμβάνει να διανείμει την παραγόμενη θερμότητα στους επιμέρους χώρους.

- *Απόδοση*

Η απόδοση διανομής εξαρτάται σημαντικά από τις απώλειες, ανακτώμενες ή μη. Στο λογισμικό EPA-Nrg στους υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη μόνο οι μη ανακτώμενες απώλειες: από σωλήνες σε μη θερμαινόμενους χώρο και απώλειες σωληνώσεων σε κλιματιζόμενους χώρους όταν δεν υπάρχει η ανάγκη κλιματισμού.

“*Τερματικά συστήματα εκπομπής ενέργειας*”: Το σύστημα εκπομπής υποδεικνύει τα τερματικά συστήματα εκπομπής ψύξης ή θέρμανσης (καλοριφέρ, υποδαπέδια θέρμανση, ψυχόμενη οροφή, κτλ.) στις διάφορες ζώνες του κτιρίου.

- *Απόδοση*

Η απόδοση δείχνει τις μέσες ετήσιες απώλειες από τα τερματικά συστήματα εκπομπής θερμότητας. Τα καλοριφέρ-σώματα αποτελούν τερματικά συστήματα και η απόδοσή τους είναι 1.

Συστήματα Ψύξης

Σε κάθε σύστημα ψύξης πρέπει να δίνεται χαρακτηριστικό όνομα για περαιτέρω αναγνώριση.

- *Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω BMS*

Είναι ο συντελεστής διόρθωσης κατανάλωσης καυσίμου λόγω της χρήσης Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management Building-BMS). Εάν υπάρχει σύστημα BMS τότε η τιμή του συντελεστή θα είναι μικρότερη της μονάδας. Αν δεν είναι γνωστή η απόδοση του BMS, τότε επιλέγεται η τιμή 1. Για ένα καλά σχεδιασμένο κτίριο με αυτοματισμούς και κεντρικό σύστημα BMS που ελέγχει το σύστημα ψύξης χώρων, ο συντελεστής αυτός μπορεί να λαμβάνει την τιμή 0.85.

- *Ειδική εγκατεστημένη ισχύς(p_{ump})*

Είναι η ειδική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των βοηθητικών συστημάτων κυκλοφορίας ψυχρού μέσου και διανομής του συστήματος ψύξης της ζώνης. Αυτή η ισχύς αφορά τις αντλίες, κυκλοφορητές, συστήματα ελέγχου, πύργους ψύξης ανεμιστήρες και οτιδήποτε άλλο χρησιμοποιείται για το σύστημα ψύξης.

- **Συντελεστής βαρύτητας (f_{contr})**

Είναι ο συντελεστής βαρύτητας λόγω ύπαρξης αυτοματισμών ρύθμισης λειτουργίας των αντλιών ανάλογα την διακύμανση του φορτίου ψύξης (π.χ. inverters, νυχτερινή ρύθμιση, ρυθμιστής πίεσης κτλ.). Σε περίπτωση εγκατάστασης κάποιας μονάδας ρύθμισης λειτουργίας ή ελέγχου η τιμή είναι μικρότερη από 1.0, αλλιώς είναι μονάδα.

- **Μήνες**

Ο λόγος του μέσου μηνιαίου χρόνου λειτουργίας των βοηθητικών συστημάτων ψύξης. Η τιμή μονάδα αναφέρεται σε λειτουργία των βοηθητικών συστημάτων για 24 ώρες κάθε μέρα για τον εκάστοτε μήνα. Οι υπόλοιποι συντελεστές ανά μήνα προκύπτουν αναλογικά με το χρόνο λειτουργίας όπως επιβάλλεται από την κάθε εποχή.

Τύπος συστήματος

- **Απόδοση**

Είναι η μέση απόδοση του κάθε συστήματος παραγωγής ψυκτικής ενέργειας για όλη την περίοδο ψύξης.

- **COP**

Είναι ο μέσος συντελεστής απόδοσης της αντλίας θερμότητας για όλη την περίοδο θέρμανσης που λειτουργεί, λαμβάνοντας υπόψη και την επίδραση της απόδοσης του συστήματος αποθήκευσης μακράς διάρκειας.

- **Καύσιμο**

Στην στήλη καυσίμου θα πρέπει να επιλεγεί το καύσιμο που χρησιμοποιείται από τη διαθέσιμη βιβλιοθήκη.

- **Μήνες**

Είναι το μηνιαίο ποσοστό διανομής ψύξης για ένα σύστημα διανομής (s) από το εκάστοτε σύστημα παραγωγής ψύξης. Ο όρος “Διανομή” αναφέρεται στο σύστημα που είναι εγκατεστημένο στο κτίριο και αναλαμβάνει να διανείμει την παραγόμενη ψυκτική ενέργεια στους επιμέρους χώρους.

- **Απόδοση**

Η απόδοση δείχνει τις μέσες ετήσιες απώλειες από τα τερματικά συστήματα εκπομπής ψύξης οι οποίες δεν ανακτώνται.

Τερματικά συστήματα εκπομπής ενέργειας: Το σύστημα εκπομπής υποδεικνύει τα τερματικά συστήματα εκπομπής ψύξης (ψυχόμενη οροφή, κτλ.) στις διάφορες ζώνες του κτιρίου.

Σύστημα ψύξης

Νέο σύστημα ψύξης

0 Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BMS), -

Επισήμανση

Ctrl+Click για επιλογή καυσίμου
Μεταφορά συστήματος σε άλλη ζώνη με μετακίνηση του ποντικού
Ctrl+μετακίνηση για χρήση και σε άλλη ζώνη

	Βοηθητική ενέργεια και ο	p_rump, W	f_contr, -	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
+0	Βοηθητική ενέργεια ψύξης	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

	Τύπος συστήματος	Απόδοση	COP, -	Καύσιμα	Κόστος επ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
+0																	
1																	
2																	
3																	

	Διανομή	Απόδοση, -	Κόστος επένδυσης, Euro
+0			

	Τερματικά συστήματα εκπομπής ενέργειας	Απόδοση, -	Κόστος επένδυσης, Euro
+0			

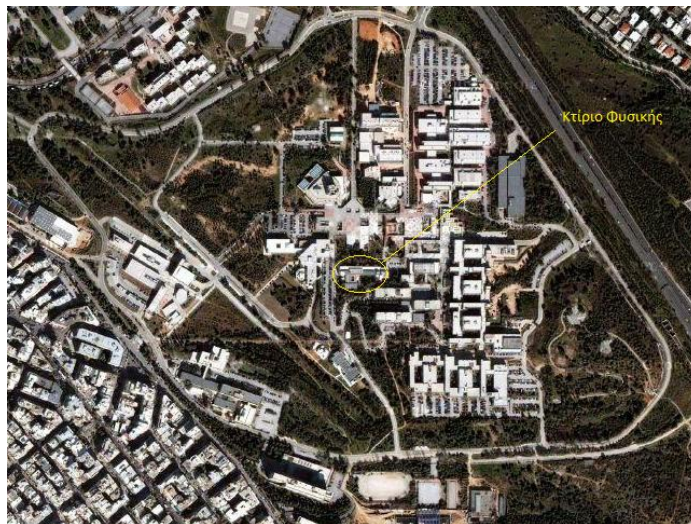
Εικόνα 3.13 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για Σύστημα Ψύξης

Κεφάλαιο 4^ο

Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίου Φυσικής

4.1 Κτιριακή Περιγραφή

Στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η αποτίμηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου Φυσικής της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Η διαδικασία αυτή της ενεργειακής αποτίμησης περιλαμβάνει τέσσερα βασικά στάδια. Τον υπολογισμό αρχικά των ενεργειακών απαιτήσεων και καταναλώσεων του κτιρίου, τον υπολογισμό στη συνέχεια των ενεργειακών απαιτήσεων του αντίστοιχου κτιρίου αναφοράς και την κατάταξη του στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία με βάση τις προδιαγραφές της ισχύουσας νομοθεσίας. Τέλος γίνεται σχολιασμός των ενεργειακών αποτελεσμάτων καθώς και πρόταση κάποιων βελτιωτικών επεμβάσεων με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

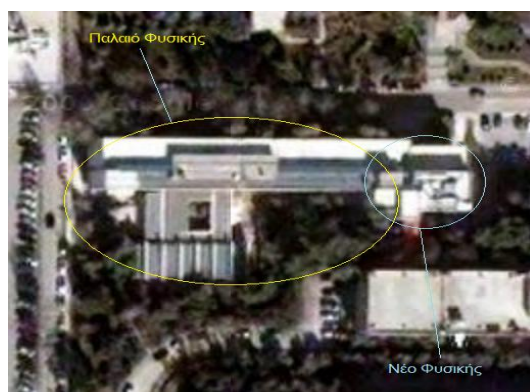


Εικόνα 4.1 : Αεροφωτογραφία ΕΜΠ

Το κτίριο Φυσικής (Εικόνα 4.1) κατασκευάστηκε το 1970 και είναι το δεύτερο σε αρχαιότητα στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Το 2006 μια νέα πτέρυγα κατασκευάστηκε και προστέθηκε ανατολικά του κτιρίου. Είναι ένα κτίριο αποτελούμενο από υπόγειο, ισόγειο, τρεις ορόφους και δώμα. Στους χώρους του στεγάζονται γραφεία, εργαστήρια και χώροι διδασκαλίας. Μεγάλος αριθμός χώρων ωστόσο φαίνεται να μη λειτουργούν ή να υπολειτουργούν. Υπό κανονικές συνθήκες το κτίριο είναι ανοιχτό για φοιτητές και καθηγητές τις εργάσιμες ημέρες, από νωρίς τις πρωινές ώρες έως αργά το βράδυ. Ένα τυπικό, ενδεικτικό ωράριο είναι 7:00 πμ – 10:00 μμ, εξαιρουμένων ορισμένων εργαστηριακών χώρων και οργάνων που λειτουργούν ολόκληρο το εικοσιτετράωρο.

Το κτίριο Φυσικής βρίσκεται στα 189 m πάνω από το επίπεδο της θάλασσας και έχει δυτικό προσανατολισμό. Για το προσδιορισμό του προσανατολισμού λαμβάνεται υπόψη η κεντρική πρόσωση. Με τη βοήθεια GPS, το υπό μελέτη κτίριο εντοπίζεται στη θέση:

- Γεωγραφικό πλάτος (φ): $37^{\circ} 58' 37,22''$ Βόρεια.
- Γεωγραφικό μήκος (λ): $-23^{\circ} 46' 56,82''$ Ανατολικά.
- Αζιμουθιακή γωνία επιφανείας (γ): 23° Νότια – νοτιοδυτικά.



Εικόνα 4.2 : Παλιό κτίριο Φυσικής (1970) και Νέο κτίριο (Προσθήκη 2006)

Το 2006 εκτός της νέας πτέρυγας που προστέθηκε στο παλιό φυσικό (Εικόνα 4.2), μια ακόμα μεγάλη ενεργειακή αλλαγή συντελέστηκε στο Πολυτεχνείο. Αντικαταστάθηκε η καύση πετρελαίου για θέρμανση με καύση φυσικού αερίου.

Το κτίριο Φυσικής στεγάζει 215 δωμάτια, συνολικού εμβαδού 6256.3 m^2 . Πιο αναλυτικά, στο υπόγειο έχουμε 60 δωμάτια συνολικού εμβαδού 1666.33 m^2 , 44 δωμάτια στο ισόγειο συνολικού εμβαδού 1575.22 m^2 , 35 δωμάτια στο πρώτο όροφο συνολικού εμβαδού $1.160,48 \text{ m}^2$, 36 δωμάτια στο δεύτερο όροφο συνολικού εμβαδού 1169.90 m^2 , 37 δωμάτια στο τρίτο όροφο συνολικού εμβαδού 613.93 m^2 και 3 δωμάτια στο δώμα συνολικού εμβαδού 70.44 m^2 (Εικόνα 4.3). Οι κατόψεις των ορόφων παρατίθενται στο τέλος της διπλωματικής, στο σχετικό παράρτημα.

Όροφος	Παλιά Πτέρυγα m^2	Νέα Πτέρυγα m^2	Σύνολο m^2
Υπόγειο	1453.31	213.02	1666.33
Ισόγειο	1339.37	235.25	1575.22
1ος	902.16	258.32	1160.48
2ος	919.58	250.32	1169.9
3ος	436.17	177.16	616.93
Δώμα	-----	70.44	70.44

Εικόνα 4.3 : Επιφάνειες ορόφων κτιρίου Φυσικής

Σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά σχέδια η εξωτερική τοιχοποιία, τόσο στο παλιό κτίριο φυσικής, όσο και στη νέα πτέρυγα, αποτελείται από διάτρητες πλίνθους από κυψελωτό σκυροδέμα. Η εσωτερική τοιχοποιία αποτελείται από το ίδιο δομικό υλικό, με μικρότερο όμως πάχος. Το κυρίως υλικό που αποτελεί τις οριζόντιες διαχωριστικές επιφάνειες είναι πλάκα σκυροδέματος με το δάπεδο του υπογείου και τις οροφές, συγκριτικά να έχουν μεγαλύτερο πάχος. Στο δώμα, πρόσφατα υπήρξε μια ακόμα προσθήκη, ένα μικρό εργαστήριο από πολυστερίνη και διπλούς υαλοπίνακες. Επίσης πρέπει να τονίσω πως στη διπλωματική συνεκτιμάται στους υπολογισμούς το σύνολο των χώρων, παρά το γεγονός πως μεγάλος αριθμός χώρων υπολείπεται ή δε λειτουργεί καθόλου. Σύμφωνα με το κύριο Ανδρουλιδάκη και την Τεχνική Υπηρεσία, το υπόλοιπο κτίριο διαθέτει απλούς μονούς υαλοπίνακες. Μια ακόμα επέμβαση που έχει πραγματοποιηθεί είναι η επικάλυψη με ασφαλτόχαρτο πάνω από το νότιο μέρος του ισογείου, ενώ δεν έχει πραγματοποιηθεί ανακαίνιση.

Στο κτίριο για τη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια και φυσικό αέριο. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για ψύξη κατά την εαρινή περίοδο, θέρμανση κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, για φωτισμό, για λειτουργία του απαραίτητου εργαστηριακού εξοπλισμού αλλά και του εξοπλισμού των γραφείων αλλά και για άλλες ανάγκες. Η θέρμανση της παλιάς πτέρυγας πραγματοποιείται μέσω συστήματος "fun coil", και τερματικών συστημάτων κλιματιστικών "A/C", ενώ η ψύξη πραγματοποιείται μέσω κλιματιστικών. Στη νέα πτέρυγα λειτουργεί κεντρικό κλιματιστικό

σύστημα τόσο για θέρμανση, όσο και για ψύξη. Για τη θέρμανση της παλαιάς πτέρυγας δραστηριοποιούνται δύο λέβητες φυσικού αερίου με ονομαστική ισχύ 490 $MKcal/h$ οι οποίοι δουλεύουν εναλλάξ. Τους χειμερινούς μήνες δουλεύουν από τις 7:00–10.00 το πρωί και από τις 15:00–18:00 το απόγευμα, πέντε ημέρες την εβδομάδα, ενώ τους κρύους μήνες (Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο) λειτουργούν συνεχώς από τις 7:00 το πρωί έως τις 18:00 το απόγευμα.

Στην καινούρια πτέρυγα η κεντρική κλιματιστική μονάδα λειτουργεί τις ίδιες ώρες με το σύστημα θέρμανσης της παλαιάς πτέρυγας. Τους εαρινούς μήνες λειτουργεί από τις 7:00 το πρωί έως τις 17:00 το απόγευμα.

Εδώ πρέπει να προσθέσουμε τρεις πολύ σημαντικές παρατηρήσεις. Πρώτον, το παλαιό κτίριο Φυσικής κτίστηκε το 1970. Αρχιτεκτονικά σχέδια σε ηλεκτρονική μορφή δεν υπάρχουν πέρα των κατόψεων. Εντοπίστηκαν τα αρχικά σχέδια αλλά λόγω παλαιότητας δεν πρόσφεραν καμία ιδιαίτερη πληροφορία. Τις σπουδαιότερες πληροφορίες για τομές και κατόψεις ωστόσο τις λάβαμε από τα αρχιτεκτονικά σχέδια της προσθήκης του νέου κτιρίου Φυσικής που ο κ.Ανδρουλιδάκης μας παραχώρησε προσωρινά. Επιπλέον πολύ σημαντικό πρόβλημα είναι πως δεν υπάρχει ξεχωριστό τιμολόγιο της ΔΕΗ για το κτίριο Φυσικής, αλλά ένα συγκεντρωτικό για όλα τα κτίρια της Πολυτεχνιούπολης. Η εκτιμήσεις σχετικά με την ενέργεια που καταναλώνεται έγινε βάση παρατηρήσεων, συσχέτισης με άλλες ενεργειακές επιθεωρήσεις (κτίριο Υδραυλικής του Α.Π.Θ., κτιρίου Δ του Α.Π.Θ., πτέρυγα Η κτιρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.) και τελικά σύγκριση με δεδομένα του Υπουργείου Ανάπτυξης. Τέλος, πολύ σημαντικό πρόβλημα είναι πως για τους λέβητες φυσικού αερίου και της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας της νέας πτέρυγας δεν υπάρχουν στοιχεία από μετρητές ή τιμολόγια.

4.2 Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Όπως αναφέραμε κατά την περιγραφή μια μεταβλητή που θα πρέπει να υπολογίσουμε και στη συνέχεια να εισάγουμε στο λογισμικό EPA-Nr είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) της επιφάνειας. Ο συντελεστής U-value είναι μια μέση τιμή (για δοκάρια, κολώνες και τοιχοποιία) αντιπροσωπευτική για το εμβαδόν της επιφάνειας. Η θερμοπερατότητα αναφέρεται σε σύνθετες διατομές, διατομές δηλαδή που αποτελούνται από πολλά και διαφορετικά υλικά και μετρείται σε W/m^2K . Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι απαραίτητο να υπολογιστεί η θερμική αντίσταση μιας στρώσης υλικού συγκεκριμένου πάχους καθώς επίσης να είναι γνωστός και ο συντελεστής θερμοαγωγιμότητας λ .

- Συντελεστής θερμοαγωγιμότητας “ λ ”
Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από τις απέναντι πλευρές ενός κύβου πλευράς ενός μέτρου από ομογενές υλικό, όταν η διαφορά θερμοκρασίας αυτών διατηρείται σταθερή στον $1^\circ C$. Η μονάδα μέτρησης του είναι W / mK . Στο τέλος της διπλωματικής υπάρχει πίνακας με το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ μεγάλου αριθμού συνήθη οικοδομικών υλικών.
- Συντελεστής θερμοδιαφυγής “ Λ ”
Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου από επιφάνεια ενός m^2 δομικού στοιχείου πάχους d , όταν η διαφορά θερμοκρασίας των απέναντι πλευρών του διατηρείται σταθερή στον $1^\circ C$. Μονάδα μέτρησης του είναι το W / m^2K και το αντίστροφο του ($1/\Lambda$) εκφράζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής.
- Συντελεστής θερμικής μετάβασης ή επιφανειακής αγωγιμότητας του αέρα (α)
Είναι η ποσότητα θερμότητας που μεταβιβάζεται στη μονάδα του χρόνου από την επιφάνεια $1 m^2$ ενός δομικού στοιχείου στον αέρα (ή αντίστροφα), που ακίνητος εφάπτεται επάνω του, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ στοιχείου αέρα διατηρείται σταθερή στον $1^\circ C$. Μονάδα

μέτρησης είναι το $W / m^2 K$, ενώ το αντίστροφο του μέγεθος (1/α), εκφράζει την αντίσταση θερμικής μετάβασης.

- Συντελεστής Θερμοπερατότητας U
Είναι η ποσότητα της θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από 1 m² ενός δομικού στοιχείου πάχους d, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του ακίνητου αέρα που εφάπτεται στις δύο πλευρές του διατηρείται σταθερή στον 1 °C . Μονάδα μέτρησης είναι το $W / m^2 K$ ενώ το αντίστροφο μέγεθος εκφράζει την αντίσταση θερμοπερατότητας.

Η αντίσταση που προβάλλει μια ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από το γενικό τύπο :

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Όπου d : είναι το πάχος της στρώσης

λ : είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του αντίστοιχου υλικού της στρώσης

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής (R_{ss}) και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη σχέση:

$$R_{ss} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_j$$

Η συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επί μέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεων (Εικόνα 4.4) του κατά την εξίσωση:

$$R_T = R_i + R_{ss} + R_a$$

όπου R_T : η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο .

R_i : η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο.

R_a : η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

A/A	Δομικό στοιχείο	R _i (m ² K/W)	R _a (m ² K/W)
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς τον εξωτερικό αέρα)	0.13	0.04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.13	0.13
3	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.13	0
4	Στέγαση , δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.1	0.04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.1	0.1
6	Δάπεδο πάνω από ανοιχτή διάβαση (πιλοτή) (κατερχόμενη πυγή θερμότητας)	0.17	0.04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	0.17	0.17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.17	0

Εικόνα 4.4 : Τιμές συντελεστών αντιστάσεων θερμικής μετάβασης Πηγή : KENAK

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου προσδιορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U), που ορίζεται από τη σχέση:

$$U = \frac{1}{R_T} [W / m^2 K]$$

Στη πρώτη φάση, για κάθε δομικό στοιχείο υπολογίζεται ο συντελεστής θερμικής αντίστασης. Αυτός υπολογίζεται ως εξής. Αρχικά καταγράφεται το υλικό που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε δομικό στοιχείο, καθώς και το πάχος στρώσεως του d . Επιπλέον για το συγκεκριμένο υλικό καταγράφεται και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ , που προέρχεται από δοθέντες πίνακες. Το πηλίκο d/λ δίνει το συντελεστή θερμικής αντίστασης. Στη συνέχεια υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής του στοιχείου R_{ss} ως άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων. Στην αντίσταση θερμοδιαφυγής προστίθενται οι δύο συντελεστές θερμικής μετάβασης R_i και R_a , και έτσι υπολογίζεται η αντίσταση θερμοπερατότητας του στοιχείου $1/U$. Από την αντίσταση θερμοπερατότητας που υπολογίσαμε, με αντιστροφή, βρίσκουμε το συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου U .

Στο δεύτερο στάδιο, καταγράφονται τα δομικά στοιχεία που συναποτελούν το αντίστοιχο τμήμα του κελύφους της κάθε ζώνης. Για καθένα από τα στοιχεία αυτά μεταφέρεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του, που είχε υπολογιστεί στο αρχικό στάδιο και υπολογίζεται η επιφάνεια που το στοιχείο αυτό καταλαμβάνει στο αντίστοιχο τμήμα της συγκεκριμένης ζώνης. Τα ίδια επαναλαμβάνονται και για τα ανοίγματα που συναντώνται με τη βοήθεια του πίνακα που περιέχει τους αντίστοιχους συντελεστές U για κάθε υαλοπίνακα.

Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει τον υπολογισμό της συνολικής θερμομονωτικής ικανότητας της επιφάνειας της ζώνης του κτιρίου. Σε αυτό το στάδιο, οι τελικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας μεταφέρονται στα αντίστοιχα κελιά του προγράμματος.

4.3 Υπολογισμός Συντελεστών Θερμοπερατότητας – Η περίπτωση της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής

Σε πρώτη φάση παρουσιάζονται τα υλικά της τοιχοποιίας, το πάχος κάθε υλικού d και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ του υλικού, όπως προκύπτει από τον αντίστοιχο πίνακα. Στη φάση αυτή πρέπει να τονιστεί πως δεν αναφέρονται διαχωριστικοί τοίχοι προς μη θερμαινόμενο χώρο, διότι όλοι οι όροφοι και χώροι πλην του υπογείου θερμαίνονται. Επομένως υπολογίζεται μόνο το δάπεδο του ισόγειου ως διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ θερμαινόμενων και μη θερμαινόμενων χώρων.

- Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα (“τύπου 1”)

Ως τοιχοποιία “τύπου 1” ορίζουμε τη γενική δομή της κατακόρυφης τοιχοποιίας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα του κελύφους. Καθώς το κτίριο είναι του 1970, τα υλικά και η δομή που χρησιμοποιήθηκε είναι ιδιαίτερα απλή. Αποτελείται από διάτρητες πλίνθους από κυψελωτό σκυρόδεμα με εσωτερικό και εξωτερικό επίχρισμα.

	d [m]	λ [W/mK]	r [m^2K/W]
διάτρητες πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	0.3	0.47	0.64
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02

Εικόνα 4.5 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W τοιχοποιίας “τύπου 1”

Προσθέτοντας τους αντίστοιχους συντελεστές θερμικής αντίστασης λαμβάνουμε την αντίσταση θερμοδιαφυγής (R_{ss}) όπως προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης, σύμφωνα με τη σχέση:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.64 + 0.02 + 0.02 = 0.68 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Καθώς αναφερόμαστε σε εξωτερική κατακόρυφη επιφάνεια προς τον εξωτερικό αέρα, έχουμε $R_i = 0.13$ και $R_a = 0.04$. Επομένως για τη συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει το συγκεκριμένο πολυστρωματικό δομικό υλικό δίνεται από τη σχέση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.13 + 0.68 + 0.04 = 0.85 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-value προκύπτει από το τύπο $U = 1/R_T$ και ισούται με $U = 1,18 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα (“τύπου 2”)

Σημαντικό τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας, ιδιαίτερα στο βόριο τμήμα του κτιρίου Φυσικής, περιλαμβάνει επίστρωση με κεραμικά πλακίδια.

	d [m]	λ [W/mK]	r [$m^2 K/W$]
διάτρητες πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	0.3	0.47	0.64
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
κεραμικά πλακίδια επίστρωσης τοίχων	0.02	1.05	0.02

Εικόνα 4.6 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε $m^2 K/W$ τοιχοποιίας “τύπου 2”

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής, όπως προκύπτει από την παραπάνω περιγραφή είναι:

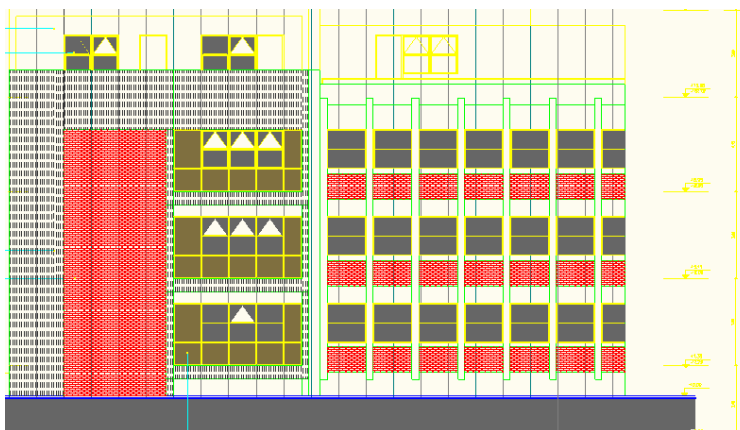
$$\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.64 + 0.02 + 0.02 + 0.02 = 0.70 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Αντίστοιχα, όπως και στην τοιχοποιία “τύπου 1”, έχουμε $R_i = 0.13$ και $R_a = 0.04$ και επομένως έχουμε συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.13 + 0.70 + 0.04 = 0.87 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-value προκύπτει από τον τύπο $U = 1/R_T$ και ισούται με $U = 1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Όπως στις περιπτώσεις εξωτερικής τοιχοποιίας θερμαινόμενων χώρων που μελετήσαμε παραπάνω, έχουμε τις αντίστοιχες περιπτώσεις στο μη θερμαινόμενο τμήμα του κτιρίου Φυσικής. Διαφορά αποτελεί πως εδώ έχουμε μια ακόμα περίπτωση, εκείνη της επαφής με το έδαφος.



Εικόνα 4.7 : Αρχιτεκτονικά – Απεικόνιση εξωτερικής τοιχοποιίας

- Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα (μη θερμαινόμενου χώρου)

	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]
διάτρητες πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	0.3	0.47	0.64
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02

Εικόνα 4.8 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m²K/W τοιχοποιίας επαφή με εξωτερικό αέρα (μη θερμαινόμενου χώρου)

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής, όπως προκύπτει είναι:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.64 + 0.02 + 0.02 = 0.68 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

ενώ η συνολική θερμική αντίσταση ισούται με:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.13 + 0.68 + 0.13 = 0.94 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Συντελεστής θερμοπερατότητας U-value : U = 1,04 W/m²K.

- Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα μη θερμαινόμενου χώρου περίπτωση με επικάλυψη κεραμικών πλακιδίων

	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]
διάτρητες πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	0.3	0.47	0.64
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
κεραμικά πλακίδια επίστρωσης τοίχων	0.02	1.05	0.02

Εικόνα 4.9 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m²K/W

Αντίσταση θερμοδιαφυγής: $\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.64 + 0.02 + 0.02 + 0.02 = 0.70 \quad [m^2 \cdot K / W]$

Συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.13 + 0.70 + 0.13 = 0.96 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Συντελεστής θερμοπερατότητας U-value: U = 1,04 W/m²K.

- Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με το έδαφος (μη θερμαινόμενου χώρου)

	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]
διάτρητες πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	0.3	0.47	0.64
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02

Εικόνα 4.10 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m²K/W εξωτερικής τοιχοποιίας σε επαφή με το έδαφος (μη θερμαινόμενου χώρου)

Αντίσταση θερμοδιαφυγής: $\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.20 + 0.02 = 0.22 \quad [m^2 \cdot K / W]$

Συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.13 + 0.22 + 0 = 0.35 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Συντελεστής θερμοπερατότητας U-value: $U = 2,86 \quad W/m^2 K$.

Στη τοιχοποιία θα πρέπει να συνυπολογιστούν οι ιδιαίτερες συνθήκες που δημιουργούν οι βαριές κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα είτε πρόκειται για κατακόρυφες, είτε για οριζόντιες δομές. Οι κατακόρυφοι δοκοί διακρίνονται σε δοκούς θερμαινόμενων, μη θερμαινόμενων χώρων καθώς και σε δοκούς σε επαφή με το έδαφος.

- Κατακόρυφοι δοκοί (περιοχής θερμαινόμενων χώρων)

	d [m]	λ [W/mK]	r [$m^2 K/W$]
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.4	2.035	0.2
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02

Εικόνα 4.11 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε $m^2 K/W$ κατακόρυφων δοκών θερμαινόμενων χώρων

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής, όπως προκύπτει από την παραπάνω περιγραφή είναι:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.20 + 0.02 + 0.02 = 0.24 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Αντίστοιχα, όπως και στις παραπάνω δύο υποπεριπτώσεις έχουμε $R_i = 0.13$ και $R_a = 0.04$ και επομένως έχουμε συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.13 + 0.24 + 0.04 = 0.41 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-value προκύπτει από τον τύπο $U = 1 / R_T$ και ισούται με $U = 2,44 \quad W/m^2 K$.

- Κατακόρυφοι δοκοί (περιοχής μη θερμαινόμενων χώρων)

	d [m]	λ [W/mK]	r [$m^2 K/W$]
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.4	2.035	0.2
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02

Εικόνα 4.12 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε $m^2 K/W$ κατακόρυφων δοκών θερμαινόμενων χώρων

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής, όπως προκύπτει από την παραπάνω περιγραφή είναι:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.15 + 0.02 + 0.02 = 0.24 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Έχουμε $R_i = 0.13$ και $R_a = 0.13$ και επομένως συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.13 + 0.24 + 0.13 = 0.50 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-value προκύπτει από τον τύπο $U = 1 / R_T$ και ισούται με $U = 2 \quad W/m^2 K$.

- Κατακόρυφοι δοκοί σε επαφή με το έδαφος (μη θερμαινόμενου χώρου)

	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]
οπλισμένο σκυρόδεμα	0.4	2.035	0.20
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02

Εικόνα 4.13 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m²K/W κατακόρυφων δοκών σε επαφή με το έδαφος

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής, όπως προκύπτει από την παραπάνω περιγραφή είναι:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.20 + 0.02 = 0.22 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Έχουμε R_i = 0.13 και R_a = 0 και επομένως συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.13 + 0.22 + 0 = 0.35 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-value προκύπτει από τον τύπο U = 1/R_T και ισούται με U = 2,86 W/m²K.

- Διαχωριστικές οριζόντιες επιφάνειες θερμαινόμενων χώρων

	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]
πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0.3	2.035	0.15
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02

Εικόνα 4.14 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m²K/W οριζόντιων διαχωριστικών επιφανειών θερμαινόμενων χώρων

Αντίσταση θερμοδιαφυγής: $\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.15 + 0.02 = 0.17 \quad [m^2 \cdot K / W]$

Συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.13 + 0.17 + 0.04 = 0.34 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-value προκύπτει: U = 2,94 W/m²K.

- Διαχωριστικές οριζόντιες επιφάνειες θερμαινόμενων χώρων με επικάλυψη πλακιδίων

	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]
πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0.3	2.035	0.15
επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
κεραμικά πλακίδια επίστρωσης τοίχων	0.02	1.05	0.02

Εικόνα 4.15 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m²K/W οριζόντιων διαχωριστικών επιφανειών θερμαινόμενων χώρων με κεραμικά πλακίδια

Αντίσταση θερμοδιαφυγής: $\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.15 + 0.02 + 0.02 = 0.19 \quad [m^2 \cdot K / W]$

Συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.13 + 0.19 + 0.04 = 0.36 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-value προκύπτει: $U = 2,78 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Επίσης πρέπει να συνυπολογίσουμε το συντελεστή θερμοπερατότητας των οριζόντιων διαχωριστικών επιφανειών, μεταξύ θερμαινόμενων και μη θερμαινόμενων χώρων. Μοναδική διαχωριστική τέτοιου τύπου επιφάνεια αποτελεί το δάπεδο του ισογείου, καθώς μοναδικός μη θερμαινόμενος χώρος του κτιρίου Φυσικής είναι το υπόγειο. Αντίστοιχα υπάρχουν τρεις διαφορετικές δομές. Με μάρμαρο, με μωσαϊκό και με επικάλυψη πλαστικών πλακιδίων.

- Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο – δάπεδο ισογείου (κατερχόμενη ροή θερμότητας / δάπεδο μωσαϊκού)

	d [m]	λ [W/mK]	r [m^2K/W]
πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0.25	2.035	0.12
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
Μωσαϊκό	0.01	1.2	0.01

Εικόνα 4.16 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δαπέδου επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο , περίπτωση μωσαϊκού

Αντίσταση θερμοδιαφυγής: $\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.12 + 0.01 + 0.02 = 0.15 \quad [m^2 \cdot K / W]$

Συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.17 + 0.15 + 0.17 = 0.49 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-value προκύπτει: $U = 2,04 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο – δάπεδο ισογείου (κατερχόμενη ροή θερμότητας / δάπεδο συνθετικών πλαστικών πλακιδίων)

	d [m]	λ [W/mK]	r [m^2K/W]
πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0.25	2.035	0.12
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια	0.02	0.2	0.1

Εικόνα 4.17: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m^2K/W δαπέδου επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο , περίπτωση συνθετικών πλαστικών πλακιδίων

Αντίσταση θερμοδιαφυγής: $\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.12 + 0.1 + 0.02 = 0.24 \quad [m^2 \cdot K / W]$

Συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.17 + 0.24 + 0.17 = 0.54 \text{ [m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U–value προκύπτει: $U = 1,85 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο – δάπεδο ισογείου (κατερχόμενη ροή θερμότητας / δάπεδο με μάρμαρο)

	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]
πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0.25	2.035	0.12
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
Μάρμαρο	0.02	3.5	0.01

Εικόνα 4.18: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m²K/W δαπέδου επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο , περίπτωση μαρμάρου

Αντίσταση θερμοδιαφυγής: $\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.12 + 0.02 + 0.01 = 0.15 \text{ [m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}]$

Συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.17 + 0.15 + 0.17 = 0.49 \text{ [m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U–value προκύπτει: $U = 2.04 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Τέλος, πρέπει να υπολογίσουμε και το συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου του υπογείου που έρχεται σε επαφή με το έδαφος, της οροφής καθώς και της κεκλιμένης επιφάνειας του τρίτου ορόφου.

- Οριζόντια (δάπεδο) διαχωριστική επιφάνεια (έδαφος - μη θερμαινόμενο χώρο)

	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]
πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0.35	2.035	0.17
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
Μωσαϊκό	0.02	1.2	0.02

Εικόνα 4.19 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m²K/W δαπέδου μη θερμαινόμενο χώρο , περίπτωση μαρμάρου

Αντίσταση θερμοδιαφυγής: $\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.17 + 0.02 + 0.02 = 0.21 \text{ [m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}]$

Συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.17 + 0.21 + 0.00 = 0.38 \text{ [m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U–value προκύπτει: $U = 2.63 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω (οροφή με ασφαλτόχαρτο)

	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]
πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0.35	2.035	0.17
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.16
Ασφαλτόχαρτο	0.03	0.19	0.02

Εικόνα 4.20 : Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m²K/W

Αντίσταση θερμοδιαφυγής: $\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.17 + 0.16 + 0.02 = 0.35 \quad [m^2 \cdot K / W]$

Συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.10 + 0.35 + 0.04 = 0.49 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-value προκύπτει: $U = 2.04 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω (οροφή με πλακίδια επίστρωσης)

	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]
πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με ανάμεικτα αδρανή	0.35	2.035	0.17
επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
πλακίδια επίστρωσης	0.03	1.05	0.03

Εικόνα 4.21: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m²K/W

Αντίσταση θερμοδιαφυγής: $\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.17 + 0.03 + 0.02 = 0.22 \quad [m^2 \cdot K / W]$

Συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.10 + 0.22 + 0.04 = 0.36 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-value προκύπτει: $U = 2.78 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Εξωτερική κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με εξωτερικό αέρα

	d [m]	λ [W/mK]	r [m ² K/W]
Εξυλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	0.15	0.35	0.43

Εικόνα 4.22: Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε m²K/W

Αντίσταση θερμοδιαφυγής: $\Lambda = \sum_{i=1}^n r_i = 0.43 \quad [m^2 \cdot K / W]$

Συνολική θερμική αντίσταση:

$$R_T = R_i + \Lambda + R_a = 0.13 + 0.43 + 0.04 = 0.6 \quad [m^2 \cdot K / W]$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U-value προκύπτει: $U = 1,67 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.4 Υπολογισμός Ενεργειακών Απαιτήσεων

Για να υπολογίσουμε τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου που μελετάμε με τη βοήθεια του λογισμικού EPA-Nr, θα πρέπει αρχικά να δώσουμε δεδομένα που αφορούν στοιχεία του κελύφους του κτιρίου, όπως αυτά αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτά τα δεδομένα φυσικά θα πρέπει να δοθούν ανά θερμική ζώνη. Σύμφωνα λοιπόν με τα κριτήρια διαίρεσης του εσωτερικού χώρου σε διαφορετικές θερμικές ζώνες έχουμε τις παρακάτω οκτώ ζώνες :

Ζώνες θερμαινόμενου χώρου : γραφεία
εργαστήρια
κοινόχρηστοι χώροι / χώροι κίνησης
αμφιθέατρα
βοηθητικοί χώροι

Ζώνες μη θερμαινόμενου χώρου : εργαστήρια
κοινόχρηστοι χώροι / χώροι κίνησης
βοηθητικοί χώροι

4.4^A Παράδειγμα θερμαινόμενης ζώνης - Η περίπτωση των γραφείων του παλαιού κτιρίου Φυσικής

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται σύμφωνα με τις κατόψεις των αρχιτεκτονικών σχεδίων οι παρακάτω χώροι :

- Ισόγειο - 004 , 005 , 006 , 009 , 010 , 011 , 012 , 013 , 014 , 019 , 020 , 021 , 024 , 025
- Πρώτος όροφος - 103 , 104 , 105 , 107 , 109 , 110 , 112 , 119 , 120 , 121 , 122 , 123
- Δεύτερος όροφος - 202 , 203 , 205 , 207 , 208 , 209 , 210 , 211 , 213 , 214 , 222 , 223 , 224 , 225 , 226
- Τρίτος όροφος - 301 , 302 , 303 , 305 , 306 , 307 , 308 , 309 , 310 , 311 , 312 , 313 , 314 , 315 , 316

Οι συγκεκριμένοι χώροι, καλύπτουν επιφάνεια συνολικού εμβαδού 1162,26 m².

Η ειδική θερμοχωρητικότητα της ζώνης συμπληρώνεται με βάση τις τυπικές τιμές που φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί (Εικόνα 4.23):

Τύπος κτιρίου	Ειδική θερμοχωρητικότητα κτιρίου , c _m σε [KJ/m ² K]
Πολύ ελαφριά κατασκευή	80
Ελαφριά κατασκευή	110
Μέτρια κατασκευή	165
Βαριά κατασκευή	260
Πολύ βαριά κατασκευή	370

Εικόνα 4.23 : Ειδική θερμοχωρητικότητα ανά τύπο κτίριο

Σε εθνικό επίπεδο μια συνηθισμένη κατασκευή με οπλισμένο σκυρόδεμα και πλινθοδομή χαρακτηρίζεται ως βαριά κατασκευή.

Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης

Είναι η καλύτερη εκτίμηση της πραγματικής μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας κατά την περίοδο θέρμανσης λαμβάνοντας υπόψη τις θερμοκρασιακές ρυθμίσεις εκτός ωραρίου λειτουργίας, θερινές διακοπές (π.χ. σε σχολεία, πανεπιστημιακά κτίρια κλπ). Οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση υπολογίζονται σε αυτήν τη θερμοκρασία, η οποία θεωρείται σταθερή σε όλη τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης. Για κτίρια με 24ωρη λειτουργία η εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης είναι ίση με την επιθυμητή.

Για κτίρια με 8ωρη, ή δεκάωρη πενθήμερη λειτουργία έχουμε τις εξής περιπτώσεις:

- κτίρια καλά μονωμένα και με καλή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 2 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή.
- κτίρια μερικώς μονωμένα με μέτρια αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 5 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή.
- κτίρια χωρίς μόνωση και με κακή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 7 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή.

Για κτίρια με 12ωρη θήμερη λειτουργία έχουμε τις εξής περιπτώσεις:

- κτίρια καλά μονωμένα και με καλή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 2 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή.
- κτίρια μερικώς μονωμένα με μέτρια αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται με 3 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή.
- κτίρια χωρίς μόνωση και με κακή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 5 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή.

Ακολουθεί πίνακας που απεικονίζει τις επιθυμητές θερμοκρασίες θέρμανσης χώρων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων:

Αίθουσα διδασκαλίας	20 °C
Γραφεία	20 °C
Εργαστήρια	18 °C
Βιβλιοθήκη	20 °C
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	20 °C
Διάδρομοι	18 °C
Κυλικείο	16 °C

Εικόνα 4.24: Επιθυμητές Θερμοκρασίες Χώρων για Θέρμανση

Το κτίριο Φυσικής που εξετάζεται είναι ένα μερικώς μονωμένο κτίριο με μέτρια αεροστεγάνωση. Τα γραφεία λειτουργούν κατά μέσο όρο πέντε ημέρες ανά εβδομάδα, οκτώ με δέκα ώρες. Επομένως με βάση τα θεωρητικά δεδομένα θα πρέπει να ληφθεί η εσωτερική θερμοκρασία 4 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή. Επομένως έχουμε μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης τους 16 °C.

Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης

Είναι η καλύτερη εκτίμηση της πραγματικής μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας κατά την περίοδο ψύξης. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη υπολογίζονται σε αυτήν τη θερμοκρασία, η οποία θεωρείται σταθερή σε όλη τη διάρκεια της περιόδου ψύξης. Για κτίρια με εικοσιτετράωρη λειτουργία η εσωτερική θερμοκρασία ψύξης είναι ίση με την επιθυμητή.

Για κτίρια με οκτάωρη, ή δεκάωρη πενθήμερη λειτουργία έχουμε τις εξής περιπτώσεις:

- κτίρια καλά σκιασμένα και με καλή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 2 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.
- κτίρια μερικώς μονωμένα με μέτρια αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 3 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.
- κτίρια χωρίς σκίαση και με κακή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 4 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.

Για κτίρια με δωδεκάωρη εξαήμερη λειτουργία έχουμε τις εξής περιπτώσεις:

- κτίρια καλά μονωμένα και με καλή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 1 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.
- κτίρια μερικώς σκιασμένα με μέτρια αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 2 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.
- κτίρια χωρίς σκίαση και με κακή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 3 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.

Σε περίπτωση εγκατάστασης ανεμιστήρων οροφής, η επιθυμητή θερμοκρασία ψύξης λαμβάνεται ίση με 28 [°C], ή εναλλακτικά 2-3 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.

Το κτίριο της Φυσικής είναι μερικώς μονωμένο με μέτρια αεροστεγάνωση και ψύχεται για οκτώ με δέκα ώρες και για πέντε μέρες την εβδομάδα. Άρα η εσωτερική θερμοκρασία για τα γραφεία λαμβάνεται ίση με 3 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.

Επομένως λαμβάνεται ως θερμοκρασία ψύξης η θερμοκρασία 29 °C. Ακολουθεί πίνακας που απεικονίζει τις επιθυμητές θερμοκρασίες ψύξης χώρων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων :

Αίθουσα διδασκαλίας	26 °C
Γραφεία	26 °C
Εργαστήρια	28 °C
Βιβλιοθήκη	26 °C
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	26 °C
Διάδρομοι	28 °C
Κυλικείο	30 °C

Εικόνα 4.25 : Επιθυμητές θερμοκρασίες χώρων για ψύξη

Φωτισμός

Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού

Είναι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για τον φωτισμό στη συγκεκριμένη ζώνη. Η ισχύς αυτή προκύπτει από τον αριθμό των φωτιστικών σωμάτων σε κάθε ζώνη καθώς και το είδος τους που καθορίζει και την ισχύ τους.

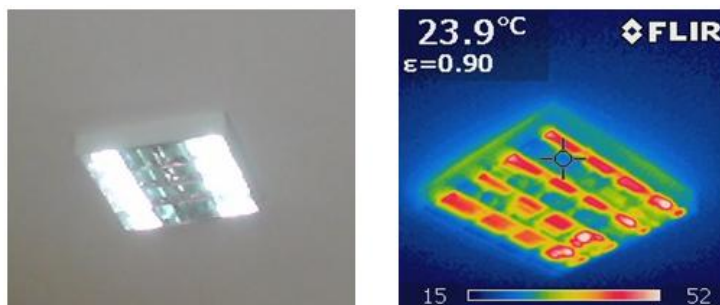
Στο κτίριο Φυσικής υπάρχουν κυρίως δύο διαφορετικοί τύποι φωτιστικών. Τετράφωνα φωτιστικά των τεσσάρων λαμπτήρων των 18 Watt ο κάθε λαμπτήρας και ορθογώνια φωτιστικά δύο λαμπτήρων από 36 Watt ο κάθε ένας λαμπτήρας. Παρακάτω (Εικόνα 4.26), δίνεται η υφιστάμενη κατάσταση φωτιστικών στη ζώνη των γραφείων.

Χώρος (Γραφεία)	Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός φωτιστικών Σωμάτων	Αριθμός Λαμπτήρων / Φωτιστικό Σώμα	Watt / Φωτιστικό Σώμα
I004	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
I005	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
I006	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
I009	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
I010	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
I011	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
I012	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
I013	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
I014	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
I019	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	4	2	90

1020	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	4	2	90
1021	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	4	2	90
1025	φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	8	4	90
103	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
104	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
105	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
107	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
109	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
110	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
112	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	2	2	90
119	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	4	2	90
120	φθορισμού διπλό	4	2	90
121	φθορισμού διπλό	4	2	90
122	φθορισμού διπλό	4	2	90
123	φθορισμού διπλό	4	2	90
202	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
203	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
205	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
207	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
208	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	6	2	90
209	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
210	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
211	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
213	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
214	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
223	φθορισμού διπλό	4	2	90
224	φθορισμού διπλό	4	2	90
225	φθορισμού διπλό με ανάκλαση	8	2	90
226	Βιδωτή Πυρακτώσεως	2	1	75
	Απλό (μονό)	4	1	42
301	φθορισμού διπλό	2	2	90
302	φθορισμού διπλό	2	2	90
303	φθορισμού διπλό	2	2	90
306	φθορισμού διπλό	2	2	90
307	φθορισμού διπλό	2	2	90
308	φθορισμού διπλό	2	2	90
309	φθορισμού διπλό	2	2	90
310	φθορισμού διπλό	2	2	90
311	φθορισμού διπλό	2	2	90
312	φθορισμού διπλό	2	2	90
313	φθορισμού διπλό	2	2	90
314	φθορισμού διπλό	2	2	90
315	φθορισμού διπλό	2	2	90
316	φθορισμού διπλό	2	2	90
1024	φθορισμού διπλό	4	2	90

Εικόνα 4.26 : Καταγραφή φωτιστικών σωμάτων στη ζώνη των γραφείων του παλαιού κτιρίου Φυσικής

Συνολικά λοιπόν στο χώρο των γραφείων, υπάρχει εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού 16326 Watt.



Εικόνα 4.27 : Παράδειγμα εσωτερικών θερμικών κερδών από φωτιστικά σώματα

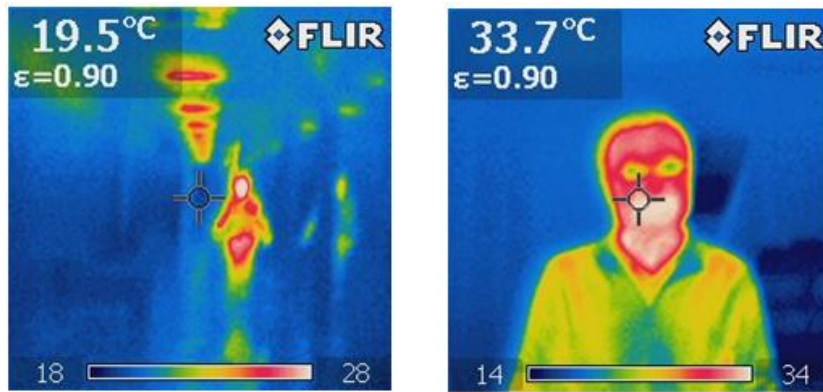
Επίσης έχουμε σύστημα εφεδρείας, ενώ φωτισμός ασφαλείας υπάρχει στους περισσότερους χώρους κίνησης, σε εργαστήρια καθώς και σε αίθουσες διδασκαλίας.

Όσον αφορά το φωτισμό έχουμε 1875 ώρες χρόνο χρήσης φυσικού φωτισμού για όλες τις ζώνες. Το αποτέλεσμα αυτό προκύπτει κάνοντας συγκεκριμένες παραδοχές, όπως για παράδειγμα πως έχουμε χρήση φυσικού φωτισμού από Οκτώβρη έως Απρίλη για 5 ώρες και για τους μήνες από Μάη έως Σεπτέμβριο για 10 ώρες ανά ημέρα. Επίσης μια ακόμα παραδοχή είναι πως το κτίριο Φυσικής λειτουργεί 23 ημέρες ανά μήνα. Με τις αντίστοιχες παραπάνω παραδοχές και γνωρίζοντας πως το κτίριο Φυσικής λειτουργεί για πέντε ημέρες την εβδομάδα από τις 7:00 πμ έως τις 22:00 μμ το βράδυ, υπολογίζουμε το μέγιστο χρόνο χρήσης μη φυσικού φωτισμού για όλες τις ζώνες που ισούται με 375 ώρες.

«Συντελεστής επίδραση φυσικού φωτισμού» ορίζεται η μείωση της ενέργειας για φωτισμό εξαιτίας της χρήσης αυτοματισμών αξιοποίησης φυσικού φωτισμού. Παίρνει τιμή μονάδα για καμία μείωση ενώ για πλήρη μείωση λαμβάνει την τιμή μηδέν. Στη περίπτωση του κτιρίου Φυσικής, ο συντελεστής αυτός λαμβάνει την τιμή μονάδα, καθώς δεν υπάρχει αυτοματισμός αξιοποίησης φυσικού φωτισμού.

Συντελεστής επίδρασης χρηστών είναι ο συντελεστής μείωσης της ενέργειας για φωτισμό εξαιτίας της χρήσης αυτοματισμών ανίχνευσης κίνησης. Όπως και στη προηγούμενη περίπτωση παίρνει τιμή μονάδα για καμία μείωση ενώ για πλήρη μείωση λαμβάνει την τιμή μηδέν. Στην περίπτωση που μελετάται ο συντελεστής αυτός λαμβάνει τιμή μονάδα, καθώς δεν υπάρχει αυτοματισμός ανίχνευσης κίνησης.

Ως εσωτερικά κέρδη [W/m^2], ορίζεται η παραγόμενη θερμότητα από τους χρήστες και τις ηλεκτρικές συσκευές (Εικόνα 4.28/31) και επηρεάζει την εσωτερική θερμοκρασία του χώρου και τα απαιτούμενα θερμικά φορτία. Το θερμικό φορτίο (εσωτερικά θερμικά κέρδη) υπολογίζεται από το γινόμενο της παραγόμενης θερμότητας από χρήστες και ηλεκτρικές συσκευές με το ποσοστό του χρόνου που είναι παρόντες οι χρήστες ή που είναι αναμμένες οι συσκευές.



Εικόνα 4.28 : Παράδειγμα εσωτερικών θερμικών κερδών από χρήστες του κτιρίου

“Χρήστες” είναι η εκπεμπόμενη θερμότητα από τους χρήστες στη συγκεκριμένη ζώνη. Η τιμή πρέπει να αντιστοιχεί στον μέγιστο αριθμό χρηστών κατά τη διάρκεια του έτους. Η θερμότητα που εκλύουν οι χρήστες κυμαίνεται ανάλογα με την ένδυση αλλά και τη δραστηριότητά τους (Εικόνα 4.29).

Δραστηριότητα/clothing [clo]	Συνολική εκλυόμενη θερμότητα[W]
Καθισμένος (κατάσταση ηρεμίας) Γαυνός 0,5 clo 1,0 clo 1,5 clo	102
Μέση Δραστηριότητα Γαυνός 0,5 clo 1,0 clo 1,5 clo	204
Έντονη Δραστηριότητα Γαυνός 0,5 clo 1,0 clo 1,5 clo	306

Εικόνα 4.29 : Εσωτερικά κέρδη για δραστηριότητα “Χρηστών” [W/m²]

Θεωρώντας πως υπάρχουν κατά μέσο όρο δύο χρήστες ανά γραφείο και σε κατάσταση ηρεμίας, υπολογίζουμε τη συνολική εκλυόμενη θερμότητα, η οποία ισούται με 5712 Watt. Η συγκεκριμένη ζώνη, έχει εμβαδόν 1162,26 m² και επομένως έχουμε 4,91 Watt/m² εκπεμπόμενη ενέργεια από χρήστες ανά μονάδα επιφανείας.

Συντελεστή παρουσίας χρηστών ονομάζουμε το ποσοστό του χρόνου (για όλη την διάρκεια του έτους) κατά το οποίο είναι παρόντες οι χρήστες στη συγκεκριμένη ζώνη. Θεωρούμε ότι οι καθηγητές πρέπει να είναι στα γραφεία τους 10 ώρες/ημέρα (τόσες ώρες λειτουργούν τα γραφεία) και για 48 εβδομάδες/χρόνο (εκτός 2 εβδομάδες Αυγούστου και άλλες 2 Χριστούγεννα και Πάσχα). Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται ο συντελεστής παρουσίας χρηστών:

$$\frac{48\text{εβδομάδες} \cdot 5\text{ημέρες} / \text{εβδομάδα} \cdot 10\text{ώρες} / \text{ημέρα}}{24\text{ώρες} / \text{ημέρα} \cdot 365\text{ημέρες}} = 0.27$$

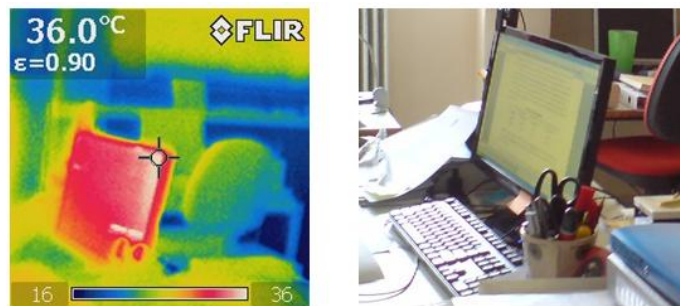
Με τον όρο “Συσκευές” στο EPA-Nr λογισμικό ορίζεται η εκπεμπόμενη θερμότητα από τις ηλεκτρικές συσκευές στην ζώνη. Η τιμή πρέπει να αντιπροσωπεύει την μέγιστη τιμή κατά τη διάρκεια του έτους. Στο παλαιό κτίριο Φυσικής, σε σημαντικό δείγμα 40 χώρων, καταγράφηκαν 53 ηλεκτρονικοί υπολογιστές, στους περισσότερους δε χώρους υπήρχαν και οι αντίστοιχες περιφερειακές συσκευές (Fax, Scanner, εκτυπωτές). Εντοπίστηκαν επίσης τέσσερεις κεντρικοί δικτυακοί εκτυπωτές καθώς και τρία ψυγεία. Κατά προσέγγιση και με βάση το πίνακα που ακολουθεί προκύπτει συνολική εγκατεστημένη ισχύς 18390 Watt σε 40 χώρους, επομένως αναλογικά για τους 56 χώρους γραφείων προκύπτουν κατά προσέγγιση 25746 Watt. Καθώς τα γραφεία του παλαιού κτιρίου Φυσικής αντιστοιχούν σε εμβαδό 1162,26 m², προκύπτει συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά μονάδα επιφανείας 22,15 Watt/m². Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στο υπό εξέταση κτίριο, σε αντιστοιχία με την ισχύ που καταναλώνουν, φαίνονται παρακάτω (Εικόνα 4.30):

Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές	200
Οθόνες υπολογιστών	60
Εκτυπωτές	50 σε λειτουργία / 10 σε αναμονή
Scanner	20
Fax	40 σε λειτουργία / 5 σε αναμονή
Ψυγείο	30
Δικτυακός εκτυπωτής	680

Εικόνα 4.30 : Κατά προσέγγιση ισχύς ανά συσκευή Πηγή : KENAK

“Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία” είναι το ποσοστό του χρόνου (για όλη τη διάρκεια του έτους) κατά το οποίο οι ηλεκτρικές συσκευές της ζώνης βρίσκονται σε λειτουργία. Για τη ζώνη των γραφείων, έχουμε ήδη υποθέσει πως οι καθηγητές πρέπει να είναι στα γραφεία τους 10 ώρες/ημέρα (τόσες ώρες λειτουργούν τα γραφεία) και για 48 εβδομάδες το χρόνο (εκτός από τις 2 εβδομάδες Αυγούστου και άλλες 2 Χριστούγεννα και Πάσχα). Οι ηλεκτρονικές συσκευές και ο εξοπλισμός των γραφείων υποθέτουμε πως βρίσκονται σε λειτουργία το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου λειτουργίας των γραφείων. Επομένως με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται ο συντελεστής συσκευών σε λειτουργία:

$$\frac{48\text{εβδομάδες} \cdot 5\text{ημέρες} / \text{εβδομάδα} \cdot 8\text{ώρες} / \text{ημέρα}}{24\text{ώρες} / \text{ημέρα} \cdot 365\text{ημέρες}} = 0.22$$



Εικόνα 4.31 : Παράδειγμα εσωτερικών θερμικών κερδών από συσκευές

Ο όρος “διείσδυση αέρα” αναφέρεται στο ρυθμός διείσδυσης του εξωτερικού αέρα στη ζώνη [σε m^3/sec] από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων. Για σύγχρονα ανοιγόμενα κουφώματα, η διείσδυση του αέρα λαμβάνεται ίση με $5,5 [m^3/h/m^2 \text{ επιφάνειας ανοίγματος}]$. Για συρόμενα κουφώματα (επάλληλα ή μη) με ενσωματωμένες ψήκτρες για αεροστεγάνωση, η διείσδυση του αέρα λαμβάνεται ίση με $7.5 [m^3/h/m^2 \text{ επιφάνειας ανοίγματος}]$. Για παλιά ανοίγματα ανεξαρτήτου τύπου κουφώματος διείσδυση του αέρα λαμβάνεται ίση με $12 [m^3/h/m^2 \text{ επιφάνειας ανοίγματος}]$. Σε κάθε περίπτωση ο συντελεστής διείσδυσης αερισμού πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή θωράκισης ο οποίος λαμβάνεται ως εξής:

- 0.4 για ανοίγματα προς αίθριο χώρο.
- 0.8 για ανοίγματα προς ημι-υπαιθριο χώρο.
- 1.0 για κτίρια με μέσο ύψος (15 έως 50 m) στο κέντρο πόλης, κτίρια σε δασικές περιοχές.
- 1.2 για κτίρια στην ύπαιθρο με δένδρα γύρω τους ή για τα περίχωρα πόλης.
- 1.6 για κτίρια στην ύπαιθρο ή για πολυώροφα κτίρια (με ύψος > 50 m) στο κέντρο πόλης.

Η διείσδυση αέρα δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\delta.α. [m^3 / sec] = \frac{\sigma_{\theta} \cdot \sigma_{\text{διείσδ}} \left[\frac{m^3 / h}{m^2} \right] \cdot A_{\text{ανοιγμάτων}} [m^2]}{3600 [\text{sec} / h]}$$

Όπου σ_{θ} : συντελεστής θωράκισης

$\sigma_{\text{διείσδ}}$: συντελεστής διείσδυσης

$A_{\text{ανοιγμάτων}}$:επιφάνεια των ανοιγμάτων

Καθώς στην παλαιά πτέρυγα του κτιρίου Φυσικής υπάρχουν παλιά ανοίγματα και κουφώματα, η διείσδυση του αέρα λαμβάνεται ίση με $12 [m^3/h/m^2]$ επιφάνειας ανοίγματος. Επίσης τα κτίρια της Πολυτεχνιούπολης ζωγράφου εντάσσονται στη κατηγορία “κτίρια στην ύπαιθρο με δένδρα γύρω τους ή στα περίχωρα πόλης” και επομένως ο συντελεστής θωράκισης λαμβάνει τιμή 1,2. Η επιφάνεια των ανοιγμάτων μετρήθηκε ίση με $331.9 m^2$. Επομένως έχουμε διείσδυση αέρα ίση με $0.85 m^3/sec$ για τη ζώνη των γραφείων.



Εικόνα 4.32 : Παράδειγμα διείσδυσης αέρα και θερμικών απωλειών από κουφώματα

Φυσικός αερισμός είναι ο αερισμός των χώρων μέσω της χρήσης των υφιστάμενων ανοιγμάτων, σε $[m^3/sec]$. Κυρίως εξαρτάται από τον ανθρώπινο παράγοντα. Κατά την μελέτη ενός κτιρίου που δεν διαθέτει μηχανικό αερισμό (μέσω κλιματιστικής μονάδας, ή άλλο σύστημα), σε φυσικός αερισμός λαμβάνονται υπόψη τα κατώτερα απαιτούμενα όρια νωπού αέρα στο χώρο (βάσει κανονισμών). Όταν υπάρχει μηχανικό σύστημα αερισμού σε έναν χώρο, συνυπολογίζεται για την εκτίμηση του φυσικού αερισμού. Για τον υπολογισμό του φυσικού αερισμού για την κάθε ζώνη ξεχωριστά, χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω σχέση:

$$Q = \frac{N \cdot V}{3600} \text{ σε } [m^3 / \text{sec}]$$

Όπου N: αριθμός εναλλαγών αέρα ανά ώρα [ach]
V: όγκος ζώνης $[m^3]$

Στον παρακάτω πίνακα (Εικόνα 4.33) φαίνονται οι τυπικές τιμές των εναλλαγών αέρα ανά ώρα σε κάθε χώρο.

Τοποθεσία	Εναλλαγές αέρα / ώρα
Καφετέριες	10-12
Καντίνες	8-12
Κελάρια	3-10
Αίθουσες συνεδριάσεων	7- 10
Αίθουσες αναμονής	7-10
Διάδρομοι	7-10
Κουζίνες	20+
Γραφεία	4-6
Εσπιατόρια	8-12
Αποδυτήρια	10-15
Εργαστήρια	6-10
Μπάνια	3-8

Εικόνα 4.33 : Εναλλαγές αέρα (Πηγή: University of Liverpool)

Σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά στοιχεία του κτιρίου Φυσικής, προκύπτει ως μέσο ύψος ορόφου τα $3,8 m$ ($0,25 m$ δάπεδο + $3,55 m$ ύψος εσωτερικής τοιχοποιίας). Η ζώνη των γραφείων περιλαμβάνει

1162,26 m² και επομένως όγκο 4416,59 m³. Λαμβάνοντας ως εναλλαγές αέρα τη μέση τιμή γραφείων, παίρνουμε τιμή 6,13 για το φυσικό αερισμό.

Ο συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού είναι το μέσο ποσοστό του χρόνου (για όλη τη διάρκεια του έτους) κατά το οποίο εφαρμόζεται φυσικός αερισμός. Ο χρόνος αυτός είναι ίσος με το χρόνο που είναι παρόντες οι χρήστες του χώρου. Επομένως ο συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού είναι ίσος με το συντελεστή παρουσίας χρηστών και για τη ζώνη των γραφείων, ίσος με 0,27.

Σχετικά με το ζεστό νερό χρήσης για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και σύμφωνα με το παρακάτω πίνακα του KENAK στη μελέτη για χώρους γραφείων και εκπαιδευτικών κτιρίων δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης δεν απαιτείται μελέτη ενεργειακής κατανάλωσης συστήματος παραγωγής ΖΝΧ (Εικόνα 4.34).

Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης	ΤΕΥΧΟΣ Α Ενεργειακός σχεδιασμός κτιριακού κελύφους	ΤΕΥΧΟΣ Β Συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας στις Η/Μ εγκαταστάσεις			
		Μελέτη ενεργειακής αποδοτικότητας συστήματος θέρμανσης	Μελέτη ενεργειακής αποδοτικότητας συστήματος ψύξης (*)	Μελέτη ενεργειακής κατανάλωσης συστήματος παραγωγής ΖΝΧ	Μελέτη ενεργειακής κατανάλωσης συστήματος τεχνητού φωτισμού
Χρήση κτιρίου					
Γραφεία	✓	✓	✓		✓
Εκπαιδευτικό κτίριο Πρωτοβάθμιας / Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης	✓	✓	✓		✓
Εκπαιδευτικό κτίριο Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης	✓	✓	✓		✓

Εικόνα 4.34 : Απαιτούμενες επί μέρους μελέτες της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίου
Πηγή : KENAK

Ζώνη

Γραφεία 16 Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης, °C

1162.3 Ολική επιφάνεια ζώνης, m² 29 Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης, °C

260 Ειδική θερμοχωρητικότητα, kJ/m² K

9.2 Συνολικές απώλειες απο κτιριακό κέλυφος και αερισμό, W/m² K

Φωτισμός

11880 Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, W Φωτισμός ασφαλείας

1875 Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού, h Σύστημα εφεδρείας

375 Χρόνος μη χρήσης φυσικού φωτισμού, h

1 Συντελεστής επίδρασης του φυσικού φωτισμού, -

1 Συντελεστής επίδρασης χρηστών, - 0 Κόστος επένδυσης,

1 Θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη, -

Εσωτερικά κέρδη / Συντελεστής χρόνου

9.66 Χρήστες, W/m² 0.27 Συντελεστής παρουσίας χρηστών, -

28.4 Συσσκευές, W/m² 0.16 Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία, -

Κυκλοφορία αέρα

0.85 Διείσδυση αέρα, m³/s

4.91 Φυσικός αερισμός, m³/s 0.27 Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού, -

Ζεστό νερό χρήσης (ΖΝΧ)

0 Μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης, m³/m²/year

0 Θερμοκρασία δεξαμενής, °C 0 Θερμοκρασία νερού δικτύου, °C

Εικόνα 4.35 : Οθόνη εισαγωγής αρχικών δεδομένων λογισμικού EPA-Nr για τη θερμαινόμενη ζώνη γραφείων

Κέλυφος

Ως μη διαφανείς επιφάνειες ορίζονται όλες οι δομικές κατασκευές, δοκάρια, κολώνες, τοιχοποιίες, οροφές, στέγες και δάπεδα που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

Συνετό είναι να αναφέρουμε το όνομα της επιφάνειας με βάση τον προσανατολισμό της:

- για επιφάνεια της οποίας το διάνυσμα ολοκληρώνει το βορρά, προσανατολισμό "0°".
- για επιφάνεια της οποίας το διάνυσμα ολοκληρώνει το νότο, προσανατολισμό "180°".
- για επιφάνεια της οποίας το διάνυσμα ολοκληρώνει τη δύση, προσανατολισμό "270°".
- για επιφάνεια της οποίας το διάνυσμα ολοκληρώνει την ανατολή, προσανατολισμό "90°".

Ο προσανατολισμός ορίζεται ως η κατεύθυνση της καθέτου στην επιφάνεια. Με βάση τα τοπογραφικά σχέδια και με την κεντρική είσοδο να βρίσκεται δυτικά συμπεραίνουμε πως ο προσανατολισμός του κτιρίου Φυσικής είναι καθαρά δυτικός. Η κλίση της επιφάνειας ορίζεται για ένα κατακόρυφο τοίχο 90°, ενώ για μια οριζόντια επιφάνεια θεωρείται 0°.

Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας επιφανειών γραφείων

Σύμφωνα με παρατηρήσεις και με τα αρχιτεκτονικά/τοπογραφικά σχέδια υπολογίστηκε το εμβαδό που αντιστοιχεί σε κάθε τύπο τοιχοποιίας, όπως ορίστηκαν σε παραπάνω κεφάλαιο.

Βόρειες επιφάνειες :

Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα ("τύπου 1") : 401,9 m²

Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα ("τύπου 2") : 161,5 m²

Κατακόρυφοι δοκοί (περιοχής θερμαινόμενων χώρων) : 43,6 m²

Διαχωριστικές οριζόντιες επιφάνειες θερμαινόμενων χώρων ("τύπου 1") : 10,6 m²

Διαχωριστικές οριζόντιες επιφάνειες θερμαινόμενων χώρων ("τύπου 2") : 67,3 m²

Από τις παραπάνω τομές των τοίχων θα πρέπει να υπολογίσουμε τις θερμικές αντιστάσεις εν παραλλήλω:

$$R_{\Pi} = \frac{R_{\Sigma 1}}{A_1} // \frac{R_{\Sigma 2}}{A_2} // \dots \Rightarrow \frac{1}{R_{\Pi}} = \frac{A_1}{R_{\Sigma 1}} + \frac{A_2}{R_{\Sigma 2}} + \dots \quad [W / K]$$

Όπου A_i η συνολική επιφάνεια [m²] στην οποία αντιστοιχεί η θερμική αντίσταση σειράς i. Επομένως, για τις βόρειες επιφάνειες, έχουμε:

$$\frac{1}{R_{\Pi}} = \frac{401,9}{0,85} + \frac{161,5}{0,87} + \frac{43,6}{0,41} + \frac{10,6}{0,34} + \frac{67,3}{0,36} = 989,4 \quad [W / K]$$

Αλλά ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας U που αναζητάμε για τις παράλληλες συνδεσμολογίες των διαφόρων τοίχων είναι το αντίστροφο της θερμικής αντίστασης του τοίχου. Δηλαδή:

$$U = \frac{1}{R_{\Pi} \cdot A_{ζώνης}} \quad [W / m^2 K]$$

Επομένως, για τις βόρειες επιφάνειες της ζώνης των γραφείων, προκύπτει :

$$U = \frac{989,4}{693,6} = 1,43 \quad [W / m^2 K]$$

Νότιες επιφάνειες :

Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα ("τύπου 1") : 176,43 m²
Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα ("τύπου 2") : 52,02 m²
Κατακόρυφοι δοκοί (περιοχής θερμαινόμενων χώρων) : 25,58 m²
Διαχωριστικές οριζόντιες επιφάνειες θερμαινόμενων χώρων ("τύπου 1") : 26,13 m²

$$\frac{1}{R_{\Pi}} = \frac{176,43}{0,85} + \frac{52,02}{0,87} + \frac{25,58}{0,41} + \frac{26,13}{0,34} = 406,6 \quad [W / K]$$

Επομένως, για τις νότιες επιφάνειες της ζώνης των γραφείων, προκύπτει:

$$U = \frac{1}{R_{\Pi} \cdot A_{ζώνης}} = 1,45 \quad [W / m^2 K]$$

Ανατολικές επιφάνειες:

Ο μόνος χώρος γραφείων με ανατολικό προσανατολισμό, βρίσκεται στο ισόγειο και είναι η γραμματεία του τομέα Φυσικής.

Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα ("τύπου 1") : 29,39 m²
Κατακόρυφοι δοκοί (περιοχής θερμαινόμενων χώρων) : 3,55 m²
Διαχωριστικές οριζόντιες επιφάνειες θερμαινόμενων χώρων ("τύπου 1") : 5,55 m²

$$\frac{1}{R_{\Pi}} = \frac{29,39}{0,85} + \frac{3,55}{0,41} + \frac{5,55}{0,34} = 59,56 \quad [W / K]$$

Επομένως, για τις νότιες επιφάνειες της ζώνης των γραφείων, προκύπτει:

$$U = \frac{1}{R_{\Pi} \cdot A_{ζώνης}} = 1,55 \quad [W / m^2 K]$$

Δυτικές επιφάνειες:

Οι μόνιμοι χώροι γραφείων με δυτικό προσανατολισμό, είναι η επιφάνεια της γραμματεία του τομέα Φυσικής προς αίθριο, και του γραφείου του κ.Ζουπάνου.

Επαναλαμβάνοντας τη παραπάνω διαδικασία, προκύπτει:

$$U = \frac{1}{R_{\Pi} \cdot A_{ζώνης}} = 1,32 \quad [W / m^2 K]$$

Οροφή

Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω (οροφή με ασφαλτόχαρτο) : 293,25 m²

Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω (οροφή με πλακίδια επίστρωσης) : 201,92 m²

$$\frac{1}{R_{\Pi}} = \frac{293,25}{0,49} + \frac{201,92}{0,36} = 1158,85 \quad [W / K]$$

Επομένως, για την οροφή της ζώνης των γραφείων, προκύπτει:

$$U = \frac{1}{R_{\Pi} \cdot A_{ζώνης}} = 2,34 \quad [W / m^2 K]$$

Συντελεστές απορρόφησης και εκπομπής

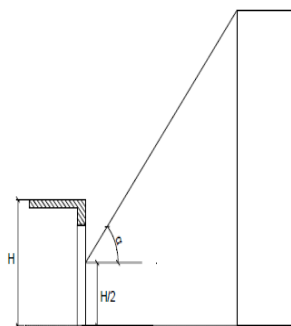
Ένα ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που έχει απορροφηθεί από μία εξωτερική επιφάνεια εκπέμπεται προς το περιβάλλον με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας. Η ικανότητα εκπομπής της θερμικής ακτινοβολίας διαφοροποιείται ανάλογα με το υλικό και τη διαμόρφωση της τελικής του επιφάνειας. Για τα περισσότερα δομικά υλικά ο συντελεστής εκπομπής κυμαίνεται μεταξύ 0,80 και 0,90. Χαμηλές τιμές του συντελεστή εκπομπής των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους συναντώνται σε σπιλινές επιφάνειες από μέταλλο (αλουμίνιο, ορείχαλκο ή κασσίτερο). Για το σωστό υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου, θα πρέπει σε κάθε μη διαφανή επιφάνεια να δώσουμε και το συντελεστή ηλιακής απορρόφησης (alpha) και το συντελεστή εκπομπής της (ε). Αυτοί οι συντελεστές χαρακτηρίζουν το υλικό που βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας και της οροφής. Υπάρχουν έτοιμοι σε πίνακες που παρατίθενται στον Κανονισμό Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων (Εικόνα 4.36).

Υλικό και χρώμα επιφάνειας	Απορροφητικότητα, $\alpha_{s,c}$	Ικανότητα εκπομπής, ϵ
Σκυρόδεμα φυσικού χρώματος	0,65	0,92
Σκυρόδεμα χρώματος μαύρου	0,91	0,95
Οπτόπλινθος, χρώματος κόκκινου	0,88	0,92
Οπτόπλινθος κίτρινος	0,55	0,72
Επίχρισμα, χρώματος λευκού	0,10	0,91
Μαύρη βαφή	0,90	0,96
Σκούρα γκριζα βαφή	0,91	0,87
Μέτρια καφέ βαφή	0,88	0,86
Μέτρια πράσινη βαφή	0,59	0,91
Μέτρια κίτρινη βαφή	0,57	0,90
Γαρμπίλι	0,29	0,28
Άμμος	0,76	0,76
Πηλός (ξηρή μορφή)	0,86	0,75
Μάρμαρο λευκό	0,58	0,93
Φύτευση	0,70	0,94
Πλάκες πεζοδρομίου	0,82	0,83
Ασφάλτος	0,85 (παλαιά) - 0,95 (καινούρια)	
Ξύλο, λείο, φυσικού χρώματος	0,78	0,87
Αλουμίνιο, χωρίς επικάλυψη	0,27	0,20

Εικόνα 4.36 : Απορροφητικότητα και ικανότητα εκπομπής επιφάνειας συνηθών δομικών υλικών (πηγή: KENAK)

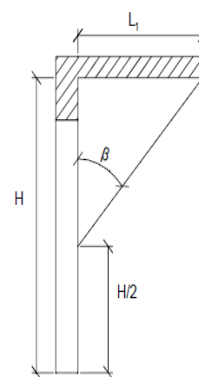
Επίσης όπως προαναφέρθηκε, R_{se} είναι ο συντελεστής θερμικής αντίστασης της εξωτερικής πλευράς της επιφάνειας (αυτή που βλέπει το μη θερμαινόμενο χώρο ή ηλιακό χώρο). Συνήθως, ο συγκεκριμένος συντελεστής έχει την ίδια τιμή η οποία καθορίζεται σε εθνικό επίπεδο για την εσωτερική πλευρά της επιφάνειας $0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Συντελεστής σκίασης οριζοντα F_{hor} είναι ο συντελεστής που προσδιορίζει τη σκίαση που προκύπτει στις επιφάνειες του κτηρίου από την ύπαρξη φυσικών εμποδίων (π.χ. λόφων) ή τεχνητών (π.χ.

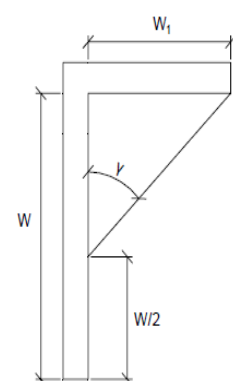


υψηλών κτηρίων). Όταν ο οριζοντας είναι ελεύθερος ο συντελεστής ισούται με τη μονάδα ($F_{hor} = 1$), ενώ για πλήρη σκίαση παίρνει την τιμή μηδέν ($F_{hor} = 0$). Για τον προσδιορισμό του συντελεστή σκίασης οριζοντα μιας επιφάνειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας α του εμποδίου. Κατά παραδοχή, είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ενιαίας τιμής για το συντελεστή σκίασης οριζοντα για τα αδιαφανή στοιχεία του κτηρίου μιας όψης (με ίδιο προσανατολισμό). Σε αυτήν την περίπτωση η γωνία α ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζεται από το οριζόντιο επίπεδο που διέρχεται από το μέσο της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της κατακόρυφης επιφάνειας με την ανώτερη παρειά του εμποδίου. Δεξιά παρατίθεται η γραφική απεικόνιση της γωνίας α που σχηματίζουν τα εμπόδια για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλούν σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο.

Αντίστοιχα, ορίζεται ο συντελεστής σκίασης οριζόντιων προστεγασμάτων (F_{ov}), ο οποίος προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτηρίου λόγω ύπαρξης οριζόντιων προεξοχών (εξωστών, προστεγασμάτων, υπέρθυρων ανοιγμάτων). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει οριζόντια προεξοχή ο συντελεστής ισούται με την μονάδα ($F_{ov} = 1$), ενώ όταν η σκίαση είναι πλήρης ο συντελεστής γίνεται ίσος με μηδέν ($F_{ov} = 0$). Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από προβόλους είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας β του προβόλου. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό του κτιρίου ή της εξεταζόμενης ζώνης. Κατά παραδοχή είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ενιαίας τιμής για το συντελεστή σκίασης προβόλου για τα αδιαφανή στοιχεία του κτηρίου μιας όψης (με ίδιο προσανατολισμό). Σ' αυτήν την περίπτωση η γωνία β αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται από το οριζόντιο επίπεδο, που διέρχεται από το μέσο της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της όψης με το πέρας του προβόλου. Αριστερά παρατίθεται η γραφική απεικόνιση της γωνίας β , που σχηματίζει πρόβολος με την κατακόρυφη επιφάνεια, για τον υπολογισμό της σκίασης που προκαλεί σε ένα κατακόρυφο αδιαφανές δομικό στοιχείο.



Τέλος ο συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές (F_{fin}) προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτηρίου λόγω ύπαρξης κατακόρυφων προεξοχών (πλευρικών προεξοχών, τμημάτων του ίδιου του κτηρίου, διπλανών κτηρίων). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει πλευρική προεξοχή ο συντελεστής ισούται με μονάδα ($F_{fin} = 1$), ενώ όταν η σκίαση είναι πλήρης ο συντελεστής γίνεται ίσος με μηδέν ($F_{fin} = 0$). Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από πλευρικές προεξοχές είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας γ της πλευρικής προεξοχής. Κατά παραδοχή είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ενιαίας τιμής για το συντελεστή σκίασης πλευρικής προεξοχής για τα αδιαφανή στοιχεία του κτηρίου μιας όψης με ίδιο προσανατολισμό. Σ' αυτήν την περίπτωση η γωνία γ αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται από το κατακόρυφο επίπεδο που διέρχεται από το μέσο της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της όψης με πλευρικής προεξοχής.



Και στις τρεις παραπάνω περιπτώσεις συντελεστών η τιμή τους, τόσο για την περίοδο θέρμανσης όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει από αντίστοιχους πίνακες που παρατίθενται στο τέλος της διπλωματικής. Τιμές για ενδιάμεσες γωνίες εμποδίου και ενδιάμεσους προσανατολισμούς θα λαμβάνονται με τη χρήση γραμμικής παρεμβολής. Πηγή στοιχείων σκίασης: Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια,	Προσανατο	Κλίση,	U, W/m²K	Alpha, -	R_se, m²K/	Συντελεστή	F_h, -	F_o, -	F_f, -
Part (1)	1527.6									
1 Βοράς	693.6	0	90	1.43	0.66	0.05	0.91	0.9	1	0.98
2 Νότος	280.2	180	90	1.45	0.91	0.05	0.87	0.6	1	1
3 Ανατολικά	38.5	90	90	1.55	0.91	0.05	0.87	0.5	1	0.97
4 Δυτικά	20.1	270	90	1.32	0.65	0.05	0.91	1	1	1
5 Οροφή	495.2	0	0	2.34	0.80	0.05	0.93	1	1	1

Εικόνα 4.37 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων μη διαφανών επιφανειών για τη θερμαινόμενη ζώνη γραφείων παλαιού κτιρίου Φυσικής

Διαφανείς επιφάνειες

Αντίστοιχα με την περίπτωση αδιαφανών στοιχείων, το εμβαδόν των διαφανών στοιχείων ορίζει την επιφάνεια που καλύπτουν, ενώ ο προσανατολισμός και η κλίση, έχουν επίσης το ίδιο νόημα που περιγράφηκε παραπάνω.

Σύμφωνα με παρατηρήσεις αλλά κυρίως με τη βοήθεια των αρχιτεκτονικών σχεδίων υπολογίστηκε το εμβαδό των διαφανών επιφανειών της θερμαινόμενης ζώνης των γραφείων της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής. Σύμφωνα με τις μετρήσεις, έχουμε:

για επιφάνειες βόρειες (προσανατολισμό "0^ο") : 188,6 m²
για επιφάνειες νότιες (προσανατολισμό "180^ο") : 125,9 m²
για επιφάνειες δυτικές (προσανατολισμό "270^ο") : 8,7 m²
για επιφάνεια ανατολικές (προσανατολισμό "90^ο") : 8,7 m²

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός κουφώματος U εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου, τον υαλοπίνακα που φέρει, το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος και το μήκος της θερμογέφυρας που σχηματίζεται στα σημεία ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο. Συνεπώς κουφώματα που αποτελούνται από τον ίδιο τύπο υαλοπίνακα και πλαισίου, αλλά είναι διαφορετικού μεγέθους μπορεί να έχουν διαφορετικό συντελεστή θερμοπερατότητας. Γι' αυτό το λόγο συστήνεται να υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε κουφώματος διαφορετικού μεγέθους ξεχωριστά. Ωστόσο για μεγάλο αριθμό ανοιγμάτων υπάρχουν τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων για την απλοποίηση των υπολογισμών του ενεργειακού επιθεωρητή. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας ανοιγμάτων.

Όπως προαναφέρθηκε, στο δώμα πρόσφατα στήθηκε ένα μικρό εργαστήριο από πάνελ πολυστερίνης και διπλό υαλοπίνακα. Το υπόλοιπο παλαιό κτίριο φυσικής Ζωγράφου, πλην ορισμένων γραφείων και εργαστηρίων διαθέτει απλούς μονούς υαλοπίνακες. Ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας, σύμφωνα με το παρακάτω πίνακα ισούται με 6,42 W/m²K. Στο τέλος της διπλωματικής υπάρχει σχετικός πίνακας με τις συνηθέστερες περιπτώσεις συντελεστών θερμοπερατότητας ανοιγμάτων (Εικόνα 4.38) καθώς και των συνηθέστερων συντελεστών θερμοπερατότητας εξωτερικών θυρών.

Κατηγορία	Αρ. υαλίστων	Υαλοστάσια		Διάκενο		Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας [Wm ⁻² K ⁻¹] U _n	Σύμβολο		
		Υλικό	Πάχος (mm)	Υλικό	Πλάτος (mm)				
ΥΛΙΚΟ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ: ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΜΕ ΘΕΡΜΟΔΙΑΚΟΠΗ									
ΚΑΘΑΡΟ ΓΥΑΛΙ	ΑΠΛΟ, μονό	1	Καθαρό γυαλί	3,2	-	-	6,42	ΥΑ34	
	>>	1	>>	6,4	-	-	5,60	ΥΑ35	
	ΑΠΛΟ, διπλό	2	Καθαρό γυαλί	3	Αέρας	12,7	3,61	ΥΑ36	
						6,4	3,94	ΥΑ37	
	ΑΠΛΟ, διπλό	2	Καθαρό γυαλί	3	Αργό	12,7	3,47	ΥΑ38	
						6,4	3,75	ΥΑ39	
ΑΠΛΟ, τριπλό	3	Καθαρό γυαλί	3	Αέρας	12,7	2,76	ΥΑ40		
					6,4	3,10	ΥΑ41		
ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, ΔΙΠΛΟ	ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, διπλό	2	1: low-e clear 2: clear	3	3	Αέρας	12,7	3,42	ΥΑ42
							6,4	3,80	ΥΑ43
	ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ, διπλό	2	1: low-e clear 2: clear	3	3	Αργό	12,7	3,28	ΥΑ44
							6,4	3,56	ΥΑ45

Εικόνα 4.38 : Συντελεστές θερμοπερατότητας ανοιγμάτων (πηγή : KENAK)

Δεν πρέπει να παραλείψουμε να αναφερθούμε στο συντελεστή ηλιακών κερδών (ή συντελεστή διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας) G_g (Εικόνα 4.39). Στο παρακάτω πίνακα βλέπουμε τυπικές τιμές για διάφορους τύπους υαλοπίνακα. Η τιμή που αντιστοιχεί στον μονό υαλοπίνακα που έχει το υπό εξέταση κτίριο είναι 0,85. Ο συντελεστής G_{g,s} είναι ίσος με τον G_g σε όσες περιπτώσεις δεν έχουμε εξωτερικά κλείστρα.

Τύπος υαλοπίνακα	Συντελεστής θερμικών ηλιακών κερδών (g _n)
Μονός υαλοπίνακας	0,85
Διπλός υαλοπίνακας	0,75
Διπλός υαλοπίνακας με επιλεκτική, χαμηλής εκπομπής επιστρώση	0,67
Τριπλός υαλοπίνακας	0,70
Τριπλός υαλοπίνακας με δύο επιλεκτικές, χαμηλής εκπομπής επιστρώσεις	0,50
Διπλό παράθυρο	0,75

Εικόνα 4.39 : Συντελεστής ηλιακών κερδών για διάφορους τύπους υαλοπίνακα (Πηγή: KENAK)

Οι τύποι σκιάστρων διακρίνονται σε δύο τύπους: τα σταθερά και κινητά καθώς και τα εσωτερικά και τα εξωτερικά σκιάστρα. Στα σταθερά σκιάστρα συμπεριλαμβάνονται οι αρχιτεκτονικές προεξοχές οριζόντιες και κατακόρυφες. Στον παρακάτω πίνακα (Εικόνα 4.40) παρατίθενται διάφοροι τύποι σκιάστρων και το ποσοστό ηλιασμού που το κινητό, εξωτερικό σκίαστρο επιτρέπει να εισέλθει στο χώρο.

Κινητά σκιάστρα	(1- συντελεστής σκίασης)	Σύμβολο
Κουρτίνες	0.95 Λευκές 0.6 Έγχρωμες	ΣΚ21
Βενετικά Στόρια	0.45	ΣΚ22
Τέντες	0.6	ΣΚ23
Περσιδωτά ρολά	0.3 ημίκλειστα	ΣΚ24
Συρόμενα περσιδωτά παραθυρόφυλλα	0.3 ημίκλειστα	ΣΚ25

Εικόνα 4.40 : Συντελεστής μείωσης ηλιακών κερδών για κινητά σκιάστρα (Πηγή : KENAK)

Όπως και στην περίπτωση των αδιαφανών επιφανειών, έτσι και για τα ανοίγματα για κάθε ζώνη του υπό μελέτη κτιρίου θα πρέπει να οριστούν τρεις συντελεστές σκίασης. Οι συντελεστές αυτοί είναι λόγω σκίασης οριζοντα (F_{hor}), σκίασης από προβόλους (F_{ov}) καθώς και σκίασης από πλευρικές προεξοχές (F_{fin}) και ορίζονται όπως παραπάνω. Για τον προσδιορισμό των συντελεστών σκίασης οριζοντα μιας επιφάνειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της αντίστοιχης γωνίας που σχηματίζει με το εμπόδιο. Κατά παραδοχή, είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ενιαίας τιμής για τα αδιαφανή στοιχεία του κτηρίου μιας όψης δηλαδή για στοιχεία με ίδιο προσανατολισμό. Από παρατηρήσεις του περιβάλλοντος χώρου, προσεγγιστικά προκύπτουν οι γωνίες και οι αντίστοιχοι συντελεστές σκίασης, όπως παρατίθενται στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα (Εικόνα 4.41):

Προσανατολισμός	Γωνία α	F_{hor}	Γωνία β	F_{ov}	Γωνία γ	F_{fin}
Βόρεια	60 - 70	0,94	-----	-----	-----	-----
Νότια	40 - 50	0,6	-----	-----	-----	-----
Ανατολικά	60	0,53	-----	-----	-----	-----
Δυτικά	30	0,7	-----	-----	-----	-----
Βόρεια	-----	-----	0	1	-----	-----
Νότια	-----	-----	0	1	-----	-----
Ανατολικά	-----	-----	0	1	-----	-----
Δυτικά	-----	-----	0	1	-----	-----
Βόρεια	-----	-----	-----	-----	20 - 30	0,98
Νότια	-----	-----	-----	-----	20	0,95
Ανατολικά	-----	-----	-----	-----	30 - 40	0,85
Δυτικά	-----	-----	-----	-----	50 - 60	0,8

Εικόνα 4.41 : Προσεγγιστικοί συντελεστές σκίασης ζώνης γραφείων παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής

	Διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνειες	Προσανα	Κλίση	U, W/m ² K	U_s, W/m ²	G_g, -	G_g_s, -	F_s, -	F_with, -	F_h, -	F_o, -	F_f, -
	Part (1)	331.926											
+1	Βορός	188.626	0	90	6.42	6.42	0.85	0.85	0	0	0.9	1	0.98
2	Νότος	125.96	180	90	6.42	6.42	0.85	0.85	0.1	0	0.6	1	0.95
3	Ανατολικά	8.67	90	90	6.42	6.42	0.85	0.4	0	1	0.53	1	0.85
4	Δυτικά	8.67	270	90	6.42	6.42	0.85	0.85	0	0	0.7	1	0.8

Εικόνα 4.42 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων διαφανών επιφανειών για τη θερμαινόμενη ζώνη γραφείων παλαιού κτιρίου Φυσικής

Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες

Όπως προαναφέρθηκε και στην ενότητα που αφορά την υπολογιστική διαδικασία του EPA-Nr σημαντική είναι η επίδραση των γειτνιαζόντων μη κλιματιζόμενων χώρων. Αυτό σημαίνει ότι για να έχουμε σωστό υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων σε θέρμανση και ψύξη θα πρέπει να ορίσουμε σε κάθε κλιματιζόμενη ζώνη τις επιφάνειες που είναι διαχωριστικές με άλλη μη κλιματιζόμενη ζώνη. Οι επιφάνειες αυτές στο πρόγραμμα ονομάζονται “Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες”. Στο

τμήμα αυτό, περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι ζώνες του κτιρίου και οι μη θερμαινόμενοι χώροι, ή ηλιακοί χώροι, καθώς και ποιες παράμετροι χρησιμοποιούνται.

Στο χώρο του κτιρίου Φυσικής θερμαίνονται όλοι οι χώροι, πλην του υπογείου. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια αφενός να μην υπάρχουν επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος και αφετέρου να υπολογίζονται μόνο εκείνες οι εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες με τις μη θερμαινόμενες ζώνες, δηλαδή με τα εργαστήρια, τους χώρους κίνησης και τους βοηθητικούς χώρους του υπογείου.

Κάθε χώρος του κτιρίου έχει ένα κέλυφος, το οποίο απαρτίζεται από διάφορους τύπους στοιχείων, το καθένα με διαφορετικές ιδιότητες.

Στο κελί με όνομα “Διαχωρισμός με ζώνη” αρχικά γίνεται καθορισμός του μη θερμαινόμενου χώρου ή του ηλιακού χώρου με τον οποίο εφάπτεται η συγκεκριμένη εσωτερική διαχωριστική επιφάνεια της ζώνης. Επιλέγεται για το χώρο κάποιο χαρακτηριστικό όνομα.

Επίσης πρέπει να προσδιορίσουμε το εμβαδόν της εσωτερικής διαχωριστικής επιφάνειας, τον προσανατολισμό της συγκεκριμένης επιφάνειας (ορίζεται ως η κατεύθυνση της καθέτου στην επιφάνεια) καθώς και την κλίση της επιφάνειας, μετρούμενη μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια και της κατακόρυφου. Για οριζόντιες επιφάνειες θα έχει τιμή 0°. Τέλος θα πρέπει στο αντίστοιχο κελί να συμπεριλάβουμε το συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) της μη διαφανούς εσωτερικής επιφάνειας. Καθώς τα περισσότερα γραφεία έχουν δάπεδο με επικάλυψη πλαστικών πλακιδίων, όπως υπολογίστηκε στην αντίστοιχη ενότητα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας έχει τιμή 1,85 .

Σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά σχέδια, το εμβαδό της διαχωριστικής επιφάνειας για κάθε ζώνη του μη θερμαινόμενου υπογείου με τη ζώνη των γραφείων του παλαιού κτιρίου Φυσικής είναι:

- διαχωριστική επιφάνεια με μη θερμαινόμενη ζώνη εργαστηρίων : 322,02 m²
- διαχωριστική επιφάνεια με μη θερμαινόμενη ζώνη κοινόχρηστων χώρων : 4,39 m²
- διαχωριστική επιφάνεια με μη θερμαινόμενη ζώνη βοηθητικών χώρων : 45,85 m²

Σύμφωνα με τα παραπάνω έχουμε στο πρόγραμμα :

Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες		Συντελεστής μείωσης b					
Διαχωρισμός με ζώνη	Εργαστήρια	0	Κυκλοφορία αέρα, m ³ /s	Υπολογισμός			
		0,886					
Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m ²	Προσανατολισμό	Κλίση, deg	U, W/m ² K	Alpha, -	R_se, m ² K/W	
+1 Διαχωριστικό οριζόντιο δάπεδο υπογείου - ισογύ	322.02	0	0	1.85	0.65	0.05	

Εικόνα 4.43 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για εσωτερική διαχωριστική επιφάνεια θερμαινόμενης ζώνης γραφείων με μη θερμαινόμενη ζώνη εργαστηρίων παλαιού κτιρίου Φυσικής

Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες		Συντελεστής μείωσης b					
Διαχωρισμός με ζώνη	Χώροι κίνησης	0	Κυκλοφορία αέρα, m ³ /s	Υπολογισμός			
		0,992					
Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m ²	Προσανατολισμό	Κλίση, deg	U, W/m ² K	Alpha, -	R_se, m ² K/W	
+1 Διαχωριστική επιφάνεια υπογείου - ισογείου	4.39	0	0	2	0.65	0.05	

Εικόνα 4.44 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για εσωτερική διαχωριστική επιφάνεια θερμαινόμενης ζώνης γραφείων με μη θερμαινόμενη ζώνη κοινόχρηστων και χώρων κίνησης παλαιού κτιρίου Φυσικής

Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες		Συντελεστής μείωσης b 0.789					
Διαχωρισμός με ζώνη	Βοηθητικοί χώ	0	Κυκλοφορία αέρα, m ³ /s				
		Υπολογισμός					
Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m ²	Προσανατολισμό	Κλίση, deg	U, W/m ² K	Alpha, -	R _{se} , m ² K/W	
+1 Διαχωριστικό δάπεδο υπογείου - ισογείου	45.84	0	0	1.85	0.65	0.05	

Εικόνα 4.45 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για εσωτερική διαχωριστική επιφάνεια θερμαινόμενης ζώνης γραφείων με μη θερμαινόμενη ζώνη βοηθητικών χώρων κίνησης παλαιού κτιρίου Φυσικής



Εικόνα 4.46 : Παράδειγμα θερμικών απωλειών λόγω επικοινωνίας θερμαινόμενων χώρων με μη θερμαινόμενους

Συστήματα Θέρμανσης

Το σύστημα ή τα συστήματα θέρμανσης που εξυπηρετούν ένα κτήριο ή τμήμα αυτού, σχεδιάζονται και διαστασιολογούνται έτσι, ώστε να καλύπτουν τις απαιτήσεις θέρμανσης στις δυσμενέστερες εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος (συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα), όπως αυτές προδιαγράφονται στους σχετικούς κανονισμούς και οδηγίες (τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε. «Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές»). Κατά την πραγματική περίοδο θέρμανσης οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς, τόσο σε ημερήσια όσο και σε ωριαία βάση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε σύστημα θέρμανσης να λειτουργεί για το μεγαλύτερο διάστημα της περιόδου θέρμανσης σε συνθήκες μερικού φορτίου, που συνεπάγεται μείωση της πραγματικής απόδοσής του σε σχέση με την ονομαστική. Ο σχεδιασμός του συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την πραγματικότητα και να προβλέπει την κάλυψη των μερικών φορτίων με κατά το δυνατόν αυξημένο βαθμό απόδοσης λειτουργίας, ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου, το ωράριο λειτουργίας και τη διακύμανση των θερμικών αναγκών του κτηρίου. Για κάθε σύστημα θέρμανσης του κτηρίου ή μιας θερμικής ζώνης του κτηρίου, πρέπει να προσδιορίζονται τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που εισάγονται ως δεδομένα στους υπολογισμούς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων.

Στο κτίριο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση χρησιμοποιείται φυσικό αέριο. Η θέρμανση της παλιάς πτέρυγας πραγματοποιείται μέσω συστήματος “fun coil”, και θερματικών συστημάτων κλιματιστικών “A/C”. Για τη θέρμανση της παλαιάς πτέρυγας δραστηριοποιούνται δύο λέβητες φυσικού αερίου με ονομαστική ισχύ 490 MKcal/h οι οποίοι δουλεύουν εναλλάξ. Τους χειμερινούς μήνες δουλεύουν από τις 7:00 – 10.00 το πρωί και από τις 15:00 – 18:00 το απόγευμα, πέντε ημέρες την εβδομάδα, ενώ τους κρύους μήνες (Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο) λειτουργούν συνεχώς από τις 7:00 το πρωί έως τις 18:00 το απόγευμα. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται στοιχεία σχετικά με το σύστημα θέρμανσης της παλαιάς πτέρυγας (Εικόνα 4.48).

Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω BMS ονομάζεται ο συντελεστής διόρθωσης κατανάλωσης καυσίμου λόγω της χρήσης συστήματος Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management Building-BMS). Εάν υπάρχει σύστημα BMS τότε η τιμή του συντελεστή θα είναι μικρότερη της μονάδας. Αν δεν είναι γνωστή η απόδοση του BMS, όπως συμβαίνει στο υπό εξέταση κτίριο, τότε επιλέγεται η τιμή 1.

Ο ηλιακός συλλέκτης δηλώνει ότι υπάρχει συνεισφορά ενός ηλιακού συστήματος στην θέρμανση χώρων της ζώνης. Στο κτίριο μας δεν υπάρχει κάποια αναφορά για τέτοιου είδους εγκατάσταση.

Στοιχεία	Λέβητας I	Λέβητας II
Ισχύς	490 Mcal/h	490 Mcal/h
Καύσιμο	Φ.Α.	Φ.Α.
Διαφορά θερμοκρασίας	176	190
CO ₂	8.90%	8.70%
SMOKE	0	0
CO	1 ppm	1 ppm
NO	45 ppm	45 ppm
NO _x	47 ppm	47 ppm
SO ₂	0 ppm	0 ppm
Απώλειες	7.70%	8.50%
Απόδοση Καύσης	92.30%	91.50%

Εικόνα 4.47 : Αναλυτής Καυσίμων

Στο τμήμα “Βοηθητικά συστήματα και συντελεστής χρόνου” εισάγονται πληροφορίες σχετικά με τη βοηθητική ενέργεια που καταναλώνεται από τα επιμέρους βοηθητικά συστήματα (π.χ. ανεμιστήρες, αντλίες, κ.α.) για την παραγωγή θερμότητας στην παρούσα ζώνη του κτιρίου.

Ειδική εγκατεστημένη ισχύς (p_{pump}) είναι η ειδική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των βοηθητικών συστημάτων κυκλοφορίας ζεστού νερού και διανομής στους χώρους της ζώνης. Αυτή η ισχύς αφορά τις αντλίες, κυκλοφορητές, συστήματα ελέγχου, καυστήρες, ανεμιστήρες και οτιδήποτε άλλο χρησιμοποιείται για το σύστημα θέρμανσης. Στο κτίριο της Φυσικής λαμβάνει την τιμή μηδέν.

Συντελεστής βαρύτητας (f_{contr}) είναι ο συντελεστής λόγω ύπαρξης αυτοματισμών ρύθμισης λειτουργίας των αντλιών ανάλογα την διακύμανση του φορτίου θέρμανσης (π.χ. Inverters, νυχτερινή ρύθμιση, ρυθμιστής πίεσης κτλ.). Σε περίπτωση εγκατάστασης κάποιας μονάδας ρύθμισης λειτουργίας ή ελέγχου η τιμή είναι μικρότερη από 1.0, αλλιώς είναι μονάδα. Στο εξεταζόμενο κτίριο λαμβάνεται το μονάδα.

Στο τμήμα “Μήνες”, ορίζεται ο λόγος του μέσου μηνιαίου χρόνου λειτουργίας των βοηθητικών συστημάτων του δικτύου διανομής θερμότητας. Η τιμή μονάδα αναφέρεται σε λειτουργία των βοηθητικών συστημάτων για 24 ώρες κάθε μέρα για τον εκάστοτε μήνα. Οι υπόλοιποι συντελεστές ανά μήνα προκύπτουν αναλογικά με το χρόνο λειτουργίας όπως επιβάλλεται από την κάθε εποχή και με χρήση του παρακάτω τύπου:

$$\frac{n(\text{ώρες} / \text{ημέρα}) \cdot m(\text{ημέρες} / \text{μήνα})}{24 \cdot 31(\text{ή}30\text{ή}28)}$$

month	ημέρες	ημέρες/μήνα	ώρες/ημέρα	
Ιανουάριος	31	16	11	0.24
Φεβρουάριος	28	20	11	0.33
Μάρτιος	31	23	8	0.25
Απρίλιος	30	11	6	0.1
Μάης	31			
Ιούνιος	30			
Ιούλιος	31			
Αύγουστος	31			
Σεπτέμβριος	30			
Οκτώβριος	31	21	6	0.17
Νοέμβριος	30	21	8	0.23
Δεκέμβριος	31	20	11	0.3

Εικόνα 4.48 : λόγος του μέσου μηνιαίου χρόνου λειτουργίας των βοηθητικών συστημάτων του δικτύου διανομής θερμότητας παλαιού κτιρίου Φυσικής

Τύπος συστήματος

Με τη παράμετρο “Απόδοση” ορίζεται η μέση απόδοση του κάθε συστήματος παραγωγής θερμότητας για όλη την περίοδο θέρμανσης. Αυτή η τιμή δείχνει τη μέση ετήσια απόδοση του εκάστοτε συστήματος συμπεριλαμβανομένου της απόδοσης συστήματος αποθήκευσης.

COP είναι ο μέσος συντελεστής απόδοσης της αντλίας θερμότητας για όλη την περίοδο θέρμανσης που λειτουργεί, λαμβάνοντας υπόψη και την επίδραση της απόδοσης του συστήματος αποθήκευσης μακράς διάρκειας (θερμική αδράνεια δεξαμενής) αν υπάρχει. Για τις τοπικές αερόψυκτες μονάδες αντλιών θερμότητας (διαιρούμενου ή ενιαίου τύπου) για τις οποίες δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, ο βαθμός επίδοσης COP για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτηρίου λαμβάνεται:

- 1,7 για συστήματα 20-ετίας και
- 2,2 για συστήματα 10-ετίας.

Για τις κεντρικές μονάδες αντλιών θερμότητας, για τις οποίες δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, ο βαθμός επίδοσης COP για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτηρίου, λαμβάνεται:

- 2,2 για συστήματα 20-ετίας και
- 2,7 για συστήματα 10-ετίας.

Στην στήλη καυσίμου θα πρέπει να επιλέξουμε το καύσιμο που χρησιμοποιείται από την διαθέσιμη βιβλιοθήκη. Στο κτίριο της Φυσικής χρησιμοποιείται το φυσικό αέριο, ενώ στους “μήνες” συμπληρώνεται το μηνιαίο ποσοστό κάλυψης της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας για τη θέρμανση της ζώνης από το συγκεκριμένο σύστημα παραγωγής θερμότητας. Καθώς οι δύο λέβητες φυσικού αερίου λειτουργούν εναλλάξ και μόνο κατά την εκκίνηση λειτουργούν ταυτόχρονα, για κάθε λέβητα αντιστοιχεί συντελεστή 0,5.



Εικόνα 4.49 : Παράδειγμα θερματικών συστημάτων δικτύου θερμότητας παλαιάς πτέρυγας κτηρίου Φυσικής

Το τμήμα Διανομής αναφέρεται στο σύστημα που είναι εγκατεστημένο στο υπό μελέτη κτίριο και αναλαμβάνει να διανείμει την παραγόμενη θερμότητα στους επιμέρους χώρους. Η απόδοση διανομής εξαρτάται σημαντικά από τις απώλειες, ανακτώμενες ή μη. Στο λογισμικό EPA-Nr στους υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη μόνο οι μη ανακτώμενες απώλειες: από σωλήνες σε μη θερμαινόμενους χώρο και απώλειες σωληνώσεων σε κλιματιζόμενους χώρους όταν δεν υπάρχει η ανάγκη κλιματισμού. Η διανομή στο κτίριο που μελετάται πραγματοποιείται με σωλήνες και η απόδοσή των σωλήνων, σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ είναι 0.9. Επίσης χρησιμοποιείται και η απόδοση των μονάδων παραγωγής θερμότητας, του δικτύου διανομής και των θερματικών μονάδων εκπομπής. Έχουμε απόδοση θερματικών συστημάτων μονάδα.

Σύστημα θέρμανσης		Ηλιακός συλλέκτης		Επισήμανση													
Σύστημα θέρμανσης		<input type="checkbox"/> Εφαρμογή		Ctrl+Click για επιλογή καυσίμου Μεταφορά συστήματος σε άλλη ζώνη με μετακίνηση του ποντικιού Ctrl+μετακίνηση για χρήση και σε άλλη ζώνη													
1 Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BMS), -																	
	Βοηθητική ενέργεια και συ	p_rump, W/	f_contr, -	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ		
+0	Βοηθητική ενέργεια θέρμα	0	1	0.24	0.33	0.25	0.1	0	0	0	0	0	0.17	0.23	0.3		
	Τύπος συστήματος	Απόδοση,	COP, -	Καύσιμα	Κόστος επ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
+0	Λέβητας (1)	0.923	2.2	Natural gas	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5
1	Λέβητας (2)	0.915	2.2	Natural gas	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5
2																	
3																	
	Διανομή						Απόδοση, -					Κόστος επένδυσης, Euro					
+0	Σωλήνες						0.95					0					
	Τερματικά συστήματα εκπομπής ενέργειας						Απόδοση, -					Κόστος επένδυσης, Euro					
+0	Σώματα						1					0					

Εικόνα 4.50 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για σύστημα θέρμανσης ζώνης γραφείων παλαιού κτιρίου Φυσικής

Συστήματα Ψύξης

Το σύστημα ή τα συστήματα ψύξης χώρων, που καλύπτουν ένα κτήριο ή τμήμα αυτού, σχεδιάζονται και διαστασιοποιούνται έτσι ώστε να καλύπτουν τις απαιτήσεις ψύξης σε δυσμενείς εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος (συνθήκες σχεδιασμού θέρους), όπως αυτές προδιαγράφονται στους σχετικούς κανονισμούς και στις σχετικές οδηγίες (τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε. «Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές»). Κατά την περίοδο ψύξης οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς τόσο στη διάρκεια της ημέρας, όσο και από ημέρα σε ημέρα και αποκλίνουν σημαντικά από τις συνθήκες σχεδιασμού για κάθε κλιματική ζώνη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε σύστημα ψύξης να λειτουργεί τον περισσότερο χρόνο της περιόδου ψύξης σε συνθήκες μερικού φορτίου και η πραγματική ενεργειακή απόδοσή του να είναι χαμηλότερη από την ονομαστική. Ο σχεδιασμός του συστήματος ψύξης θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να προβλέπεται η κάλυψη των μερικών φορτίων με τον κατά το δυνατόν καλύτερο βαθμό απόδοσης, ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου, το ωράριο λειτουργίας και τη διακύμανση των ψυκτικών αναγκών του κτηρίου. Για κάθε σύστημα ψύξης που χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση όλου του κτηρίου ή μιας θερμικής ζώνης του πρέπει να προσδιορίζονται τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά που εισάγονται ως δεδομένα στους υπολογισμούς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για την ψύξη ή/και κλιματισμό των χώρων. Οι παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για το σύστημα ψύξης των χώρων είναι η απόδοση των συστημάτων παραγωγής ψύξης, των εγκαταστάσεων διανομής και των τερματικών μονάδων εκπομπής (απόδοσης) ψύξης (μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου, κεντρικές μονάδες διαχείρισης αέρα - Κ.Κ.Μ. κ.ά.).

Στο κτίριο για τη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για ψύξη κατά την εαρινή περίοδο χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια. Η ψύξη πραγματοποιείται μέσω κλιματιστικών. Στη νέα πτέρυγα λειτουργεί κεντρικό κλιματιστικό σύστημα τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη. Τους εαρινούς μήνες το σύστημα ψύξης λειτουργεί από τις 7:00 το πρωί έως τις 17:00 το απόγευμα, πέντε ημέρες την εβδομάδα. Στο παρακάτω πίνακα παρατίθενται στοιχεία σχετικά με το σύστημα θέρμανσης της παλαιάς πτέρυγας. Στο τμήμα "Μήνες", ορίζεται ο λόγος του μέσου μηνιαίου χρόνου λειτουργίας των βοηθητικών συστημάτων του δικτύου διανομής θερμότητας. Η τιμή 1 αναφέρεται σε λειτουργία των βοηθητικών συστημάτων για 24 ώρες κάθε μέρα για τον εκάστοτε μήνα. Οι υπόλοιποι συντελεστές ανά μήνα προκύπτουν αναλογικά με το χρόνο λειτουργίας όπως επιβάλλεται από την κάθε εποχή και με χρήση του παρακάτω τύπου:

$$\frac{n(\acute{\omega}\rho\epsilon\varsigma / \eta\mu\acute{\epsilon}\rho\alpha) \cdot m(\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\epsilon\varsigma / \mu\acute{\eta}\nu\alpha)}{24 \cdot 31(\acute{\eta}30\acute{\eta}28)}$$

month	ημέρες	ημέρες/μήνα	ώρες/ημέρα	
Ιανουάριος	31			
Φεβρουάριος	28			
Μάρτιος	31			
Απρίλιος	30			
Μάης	31	11	10	0.15
Ιούνιος	30	22	10	0.31
Ιούλιος	31	23	10	0.31
Αύγουστος	31	11	10	0.15
Σεπτέμβριος	30	11	10	0.15
Οκτώβριος	31			
Νοέμβριος	30			
Δεκέμβριος	31			

Εικόνα 4.51 : λόγος του μέσου μηνιαίου χρόνου λειτουργίας των βοηθητικών συστημάτων του δικτύου διανομής ψύξης παλαιού κτιρίου Φυσικής

Αν υπάρχει σύστημα BMS τότε η τιμή του συντελεστή θα είναι μικρότερη της μονάδας. Αν δεν είναι γνωστή η απόδοση του BMS, όπως συμβαίνει στο υπό εξέταση κτίριο, τότε επιλέγεται η τιμή μονάδα. Ειδική εγκατεστημένη ισχύς (p_{pump}) είναι η ειδική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των βοηθητικών συστημάτων στους χώρους της ζώνης. Η ειδική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς ($p_{\text{pump}} [W/m^2]$) υπολογίζεται αν διαιρέσουμε τα BTU/ hour με το COP. Οι υπόλοιπες μεταβλητές ορίζονται αντίστοιχα με την περίπτωση του συστήματος θέρμανσης. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας δεδομένων για το σύστημα ψύξης.

Σύστημα ψύξης		Επισήμανση														
Σύστημα ψύξης		Ctrl+Click για επιλογή καυσίμου Μεταφορά συστήματος σε άλλη ζώνη με μετακίνηση του ποντικού Ctrl+μετακίνηση για χρήση και σε άλλη ζώνη														
1 Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BMS), -																
Βοηθητική ενέργεια και συντ	p_{pump} , W/h	f_{contr} , -	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ		
+0 Βοηθητική ενέργεια ψύξης	1.57	1	0	0	0	0	0.15	0.31	0.31	0.15	0.15	0	0	0		
Τύπος συστήματος	Απόδοση, -	COP, -	Καύσιμα	Κόστος επί	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
+0 split	1	2.8	Electricity	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
1																
2																
3																
Διανομή	Απόδοση, -					Κόστος επένδυσης, Euro										
+0 Σωλήνες	0.95					0										
Τερματικά συστήματα εκπομπής ενέργειας	Απόδοση, -					Κόστος επένδυσης, Euro										
+0 A/C	1					0										

Εικόνα 4.52 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για σύστημα ψύξης ζώνης γραφείων παλαιού κτιρίου Φυσικής

4.4^B Παράδειγμα μη θερμαινόμενης ζώνης - Η περίπτωση των εργαστηρίων του υπογείου του παλαιού κτιρίου Φυσικής

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται σύμφωνα με τις κατόψεις των αρχιτεκτονικών σχεδίων οι παρακάτω χώροι: Y01 , Y02 , Y03 , Y04 , Y05 , Y06 , Y07 , Y08 , Y09 , Y12 , Y13 , Y14 , Y15 , Y16 , Y17 , Y18 , Y20 , Y21 , Y22A , Y23 , Y24 , Y25 , Y26 , Y27 , Y28 , Y28B , Y29 , Y30 , Y31 , Y32 , Y33 , Y34 , Y35 και Y37 . Οι συγκεκριμένοι χώροι καλύπτουν επιφάνεια συνολικού εμβαδού 982,07 m². Σε εθνικό επίπεδο συνηθισμένη κατασκευή με οπλισμένο σκυρόδεμα και πλινθοδομή χαρακτηρίζεται ως βαριά κατασκευή και επομένως, έχουμε ειδική θερμοχωρητικότητα 260 KJ/m²K. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί πως μεγάλος αριθμός των χώρων αυτών χρησιμοποιείται σπάνια, αν όχι καθόλου.

Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού είναι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για το φωτισμό στη συγκεκριμένη ζώνη. Η ισχύς αυτή προκύπτει από τον αριθμό των φωτιστικών σωμάτων σε κάθε ζώνη καθώς και το είδος τους που καθορίζει και την ισχύ τους. Στο παρακάτω πίνακα δίνεται η υφιστάμενη κατάσταση φωτιστικών στη μη θερμαινόμενη ζώνη των εργαστηρίων του υπογείου της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής.

Χώρος	Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός φωτιστικών Σωμάτων	Αριθμός Λαμπτήρων / Φωτιστικό Σώμα	Watt / Φωτιστικό Σώμα	Ώρες Λειτουργίας / Εβδομάδα	Ημέρες Λειτουργίας / Εβδομάδα	Εβδομάδες Λειτουργίας / Έτος	KWh / Έτος
Υ001	Φθορίου διπλό με ανάκλαση	6	2	90	5	1	44	118.8
Υ002	Φθορίου διπλό	6	2	90	6	5	44	712.8
Υ003	Φθορίου διπλό	4	2	90	1	5	44	79.2
Υ004	Φθορίου διπλό	4	2	90	2	0	44	0
Υ005	Φθορίου διπλό	4	2	90	2	0	44	0
Υ006	Φθορίου διπλό	4	2	90	6	4	44	380.16
Υ007	Φθορίου διπλό	4	2	90	2	5	44	158.4
Υ008	Φθορίου διπλό	4	2	90	2	5	44	158.4
Υ009	Φθορίου διπλό	4	2	90	0	5	44	0
Υ014	Φθορίου διπλό	3	2	90	2	5	44	118.8
Υ015	Φθορίου διπλό	3	2	90	2	5	44	118.8
Υ016	Φθορίου διπλό	5	2	90	5	5	44	495
Υ023	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90	6	5	44	475.2
Υ032	Φθορίου με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90	1	5	44	79.2

Εικόνα 4.53 : Καταγραφή φωτισμού στη ζώνη των εργαστηρίων

Διαθέσιμα στοιχεία υπάρχουν για δεκατέσσερις από τους τριάντατέσσερις χώρους του υπογείου (Εικόνα 4.53). Η εγκατεστημένη ισχύς μπορεί να υπολογιστεί προσεγγιστικά με βάση το παραπάνω δείγμα με βάση την απλή αναλογική κιλοβατώρας ανά έτος και ανά μονάδα επιφάνειας. Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει εκτιμώμενη κατανάλωση 2894,76 KWh/έτος σε χώρους που καλύπτουν επιφάνεια 541 m². Ως εκ τούτου, για τα 982,97 m² της εξεταζόμενης ζώνης, προκύπτει κατανάλωση για φωτισμό 5254,8 KWh/(year*m²) ή 9640 Watt εγκατεστημένη ισχύς.

Στους χώρους των εργαστηρίων, σε αντίθεση με τη ζώνη των γραφείων έχουμε σύστημα εφεδρείας ενώ στους περισσότερους χώρους υπάρχει και φωτισμός ασφαλείας.

Επίσης, όσον αφορά το φωτισμό έχουμε 1875 ώρες χρόνο χρήσης φυσικού φωτισμού για όλες τις ζώνες. Το αποτέλεσμα αυτό προκύπτει κάνοντας συγκεκριμένες παραδοχές, όπως έγινε στο παράδειγμα παραπάνω για τη ζώνη των γραφείων. Ωστόσο στη περίπτωση του υπογείου ο χρόνος χρήσης μη φυσικού φωτισμού θα διαφέρει, καθώς οι ανάγκες αφενός δε καλύπτονται πλήρως από το φυσικό φωτισμό και αφετέρου ο χρόνος χρήσης των εργαστηρίων του υπογείου διαφέρει. Μια εκτίμηση της χρήσης προκύπτει από την εκτιμώμενη κατανάλωση KWh/year με χρήση του παραπάνω πίνακα, ως μέση τιμή της χρήσης ανά χώρο. Με τις παραπάνω παραδοχές και γνωρίζοντας πως το κτίριο Φυσικής λειτουργεί για πέντε ημέρες την εβδομάδα από τις 7:00 πμ έως τις 22:00 το βράδυ και για 44 εβδομάδες ανά έτος, υπολογίζουμε το μέγιστο χρόνο χρήσης μη φυσικού φωτισμού σε 132 ώρες.

Όπως αναφέρθηκε ήδη ο Συντελεστής επίδραση φυσικού φωτισμού λαμβάνει την τιμή μονάδα καθώς δεν υπάρχει αυτοματισμός αξιοποίησης φυσικού φωτισμού. Ο Συντελεστής επίδρασης χρηστών λαμβάνει τη τιμή μονάδα, καθώς δεν υπάρχει αυτοματισμός ανίχνευσης κίνησης. Ως θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη ορίζεται το ποσοστό της θερμότητας που εκπέμπεται από το σύστημα φωτισμού και το οποίο δεν απομακρύνεται άμεσα μέσω συστήματος τεχνητού εξαερισμού. Στο συγκεκριμένο κτίριο υπάρχει σύστημα εξαερισμού σε συγκεκριμένους χώρους, όπως για παράδειγμα σε χώρους του υπογείου, και επομένως λαμβάνει τιμή μονάδα.

Ως εσωτερικά κέρδη [W/m²] ορίζεται η παραγόμενη θερμότητα από τους χρήστες και τις ηλεκτρικές συσκευές και επηρεάζει την εσωτερική θερμοκρασία του χώρου και τα απαιτούμενα θερμικά φορτία.

Το θερμικό φορτίο (εσωτερικά θερμικά κέρδη) υπολογίζεται από το γινόμενο της παραγόμενης θερμότητας από χρήστες και ηλεκτρικές συσκευές με το ποσοστό του χρόνου που είναι παρόντες οι χρήστες ή που είναι αναμμένες οι συσκευές.

“Χρήστες” είναι η εκπεμπόμενη θερμότητα από τους χρήστες στη συγκεκριμένη ζώνη. Η τιμή πρέπει να αντιστοιχεί στο μέγιστο αριθμό χρηστών κατά τη διάρκεια του έτους. Η θερμότητα που εκλύουν οι χρήστες κυμαίνεται με κριτήριο την ένδυση αλλά και τη δραστηριότητά τους. Αναλυτικά η διαδικασία περιγράφηκε παραπάνω. Παρατίθεται πίνακας με τις εκτιμήσεις για όλες τις θερμικές ζώνες του κτιρίου της παλαιάς πτέρυγας φυσικής, θερμαινόμενες και μη, της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής περιοχής Ζωγράφου (Εικόνα 4.54).

Χώροι	Μέγιστος αριθμός χρηστών	Συνολική εκλυόμενη θερμότητα ανά άτομο	Επιφάνεια (m ²)	W/m ²
Γραφεία	(55)x(2)	102	1162	9.66
Κοινόχρηστοι	(4)x(10)	204	1132	7.21
Εργαστήρια	(30)x(3)+(2)x(14)	102	964	12.48
Αμφιθέατρα	30+10	102	170	24
Βοηθητικοί χώροι	(8)x(1)	204	81	20.15
Κοινόχρηστοι	(1)x(2)	204	393	1.02
Εργαστήρια	(30)x(1)+(1)x(34)	102	982	6.65
Βοηθητικοί χώροι	(4)x(1)	204	70	11.66
Ανελκυστήρες	(2)x(1)	204	46	8.87

Εικόνα 4.54 : Εκτιμήσεις εσωτερικών κερδών από χρήστες των ζωνών

Θεωρώντας πως υπάρχουν τριάντα χρήστες στο εκπαιδευτικό εργαστήριο οπτικής και κατά μέσο όρο ένας χρήστης ανά εργαστήριο και σε κατάσταση ηρεμίας, υπολογίζουμε τη συνολική εκλυόμενη θερμότητα, η οποία ισούται με 6528 *Watt*. Η συγκεκριμένη ζώνη, έχει εμβαδόν 982 m² και επομένως έχουμε 6,65 *Watt/m²* εκπεμπόμενη ενέργεια από χρήστες ανά μονάδα επιφάνειας.

Θεωρούμε ότι το προσωπικό βρίσκεται στο χώρο των εργαστηρίων τουλάχιστον 1 ώρα/ημέρα και για 48 εβδομάδες/χρόνο (εκτός 2 εβδομάδες Αυγούστου και άλλες 2 Χριστούγεννα και Πάσχα). Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται ο συντελεστής παρουσίας χρηστών:

$$\frac{48\text{εβδομάδες} \cdot 5\text{ημέρες} / \text{εβδομάδα} \cdot 1\text{ώρα} / \text{ημέρα}}{24\text{ώρες} / \text{ημέρα} \cdot 365\text{ημέρες}} = 0.03$$

Με τον όρο “Συσκευές” στο λογισμικό EPA-Nr ορίζεται η εκπεμπόμενη θερμότητα από τις ηλεκτρικές συσκευές στη ζώνη. Η τιμή πρέπει να αντιπροσωπεύει την μέγιστη τιμή κατά την διάρκεια του έτους. Σύμφωνα με την έκδοση του ΤΕΕ “Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης” για κτίριο τριτογενή τομέα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης προκύπτει συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας 26,87 *Watt/m²*.

Οι ηλεκτρονικές συσκευές και ο εξοπλισμός των εργαστηρίων υποθέτουμε πως βρίσκονται σε λειτουργία το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου λειτουργίας των εργαστηρίων του υπογείου. Επομένως με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται ο συντελεστής συσκευών σε λειτουργία:

$$\frac{48\text{weeks} \cdot 5\text{days} / \text{week} \cdot 1\text{hours} / \text{day}}{24\text{hours} / \text{day} \cdot 365\text{days}} = 0.03$$

Ο όρος “διείσδυση αέρα” αναφέρεται στο ρυθμό διείσδυσης του εξωτερικού αέρα στη ζώνη [σε m³/sec] από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων. Η διείσδυση αέρα δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\delta.\alpha.[m^3 / \text{sec}] = \frac{\sigma_{\theta} \cdot \sigma_{\text{δισεισδ}} \left[\frac{m^3 / h}{m^2} \right] \cdot A_{\text{ανοιγμάτων}} [m^2]}{3600[\text{sec} / h]}$$

Όπου σ_{θ} :συντελεστής θωράκισης

$\sigma_{\text{διδεισδ}}$: συντελεστής διείσδυσης

$A_{\text{ανοιγμάτων}}$:επιφάνεια των ανοιγμάτων

Καθώς στην παλαιά πτέρυγα του κτιρίου Φυσικής υπάρχουν παλιά ανοίγματα και κουφώματα, η διείσδυση του αέρα λαμβάνεται ίση με $12 [m^3/h/m^2]$ επιφάνειας ανοίγματος]. Επίσης τα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης ζωγράφου εντάσσονται στη κατηγορία “κτίρια στην ύπαιθρο με δένδρα γύρω τους ή στα περίχωρα πόλης” και επομένως ο συντελεστής θωράκισης λαμβάνει τιμή 1,2. Η επιφάνεια των ανοιγμάτων μετρήθηκε ίση με $116,3 m^2$. Επομένως έχουμε διείσδυση αέρα ίση με $0.28 m^3/sec$ για τη ζώνη των εργαστηρίων.

Μη θερμαινόμενοι χώροι

Εργαστήρια

982.07 Ολική επιφάνεια χώρου, m²

Φωτισμός

9640 Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, W Φωτισμός ασφαλείας

1875 Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού, h Σύστημα εφεδρείας

132 Χρόνος μη χρήσης φυσικού φωτισμού, h

1 Συντελεστής επίδρασης του φυσικού φωτισμού, -

1 Συντελεστής επίδρασης χρηστών, - 0 Κόστος

1 Θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη, -

Εσωτερικά κέρδη / Συντελεστής χρόνου

6.65 Χρήστες, W/m² 0.03 Συντελεστής παρουσίας χρηστών, -

26.87 Συσσκευές, W/m² 0.03 Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία, -

Κυκλοφορία αέρα

0.28 Διείσδυση αέρα, m³/s

Εικόνα 4.55 : Οθόνη εισαγωγής αρχικών δεδομένων EPA-Nr για τη μη θερμαινόμενη ζώνη εργαστηρίων

Κέλυφος

Ως μη διαφανείς επιφάνειες ορίζονται όλες οι δομικές κατασκευές, δοκάρια, κολώνες, τοιχοποιίες, οροφές, στέγες και δάπεδα που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

Ακολουθεί ο αναλυτικός υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας για τις μη διαφανείς επιφάνειες της μη θερμαινόμενης ζώνης εργαστηρίων παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής:

Σύμφωνα με παρατηρήσεις και με τα αρχιτεκτονικά/τοπογραφικά σχέδια υπολογίστηκε το εμβαδό που αντιστοιχεί σε κάθε τύπο τοιχοποιίας, όπως ορίστηκαν σε παραπάνω κεφάλαιο.

Βόρειες επιφάνειες (προσανατολισμός “0^ο”) :

Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα (“τύπου 1”) : 46,5 m²
Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα (“τύπου 2”) : 20,5 m²
Κατακόρυφοι δοκοί (περιοχής μη θερμαινόμενων χώρων) : 10,4 m²

Από τις παραπάνω τομές των τοίχων θα πρέπει να υπολογίσουμε τις θερμικές αντιστάσεις εν παραλλήλω:

$$R_{\Pi} = \frac{R_{\Sigma 1}}{A_1} // \frac{R_{\Sigma 2}}{A_2} // \dots \Rightarrow \frac{1}{R_{\Pi}} = \frac{A_1}{R_{\Sigma 1}} + \frac{A_2}{R_{\Sigma 2}} + \dots \quad [W / K]$$

Όπου A_i η συνολική επιφάνεια [m^2] στην οποία αντιστοιχεί η θερμική αντίσταση σειράς i . Επομένως, για τις βόρειες επιφάνειες, έχουμε:

$$\frac{1}{R_{\Pi}} = \frac{46,5}{0,94} + \frac{20,5}{0,96} + \frac{10,4}{0,5} = 91,6 \quad [W / K]$$

Αλλά ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας U που αναζητάμε για τις παράλληλες συνδεσμολογίες των διαφόρων τοίχων είναι το αντίστροφο της θερμικής αντίστασης του τοίχου. Επομένως, για τις βόρειες επιφάνειες της ζώνης των εργαστηρίων, προκύπτει:

$$U = \frac{91,6}{77,4} = 1,18 \quad [W / m^2 K]$$

Νότιες επιφάνειες (προσανατολισμός "180^ο") :

Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα ("τύπου 1") : 6.7 m^2
 Κατακόρυφοι δοκοί (περιοχής μη θερμαινόμενων χώρων) : 13.2 m^2

$$\frac{1}{R_{\Pi}} = \frac{6.7}{0,94} + \frac{13.2}{0.5} = 33.5 \quad [W / K]$$

Επομένως, για τις νότιες επιφάνειες της ζώνης των εργαστηρίων, προκύπτει :

$$U = \frac{33.5}{20.9} = 1.6 \quad [W / m^2 K]$$

Ανατολικές επιφάνειες (προσανατολισμός "90^ο") :

Οι μόνοι χώροι εργαστηρίων με ανατολικό προσανατολισμό που βρίσκονται στο υπόγειο είναι οι Y25, Y26 και Y32 .

Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα ("τύπου 1") : 29,7 m^2
 Κατακόρυφοι δοκοί (περιοχής μη θερμαινόμενων χώρων) : 2,9 m^2

$$\frac{1}{R_{\Pi}} = \frac{29.7}{0,94} + \frac{2.9}{0.5} = 37.4 \quad [W / K]$$

Επομένως, για τις ανατολικές επιφάνειες της ζώνης των εργαστηρίων, προκύπτει :

$$U = \frac{37.4}{32.6} = 1.14 \quad [W / m^2 K]$$

Δυτικές επιφάνειες (προσανατολισμός "270^ο"): :

Οι μόνοι χώροι εργαστηρίων με δυτικό προσανατολισμό που βρίσκονται στο υπόγειο είναι οι Y01, Y23, Y27, Y28A και Y28B.

Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με εξωτερικό αέρα ("τύπου 1") : 26,2 m^2
 Κατακόρυφοι δοκοί (περιοχής μη θερμαινόμενων χώρων) : 6,1 m^2

$$\frac{1}{R_{\Pi}} = \frac{26.2}{0,94} + \frac{6.1}{0.5} = 40.1 \quad [W / K]$$

Επομένως, για τις δυτικές επιφάνειες της ζώνης των εργαστηρίων, προκύπτει:

$$U = \frac{40.1}{32.3} = 1.24 \quad [W / m^2 K]$$

Ένα ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που έχει απορροφηθεί από μία εξωτερική επιφάνεια εκπέμπεται προς το περιβάλλον με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας. Για το σωστό υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου, θα πρέπει σε κάθε μη διαφανή επιφάνεια να δώσουμε και το συντελεστή ηλιακής απορρόφησης (α) και το συντελεστή εκπομπής της (ϵ). Αυτοί οι συντελεστές χαρακτηρίζουν το υλικό που βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας και της οροφής και υπάρχουν έτοιμοι σε πίνακες. Με βάση παρατηρήσεις και τον πίνακα των συντελεστών εκπομπής και απορροφητικότητας που παρατέθηκε στο παράδειγμα των γραφείων προκύπτει ο παρακάτω πίνακας (Εικόνα 4.56).

Προσανατολισμός	Υλικό και χρώμα επιφάνειας	Απορροφητικότητα, $\alpha_{s,c}$	Ικανότητα εκπομπής, ϵ
Βοράς	Σκυρόδεμα φυσικού χρώματος	0,65	0,92
	Οπτόπλινθος, χρώματος κόκκινου	0,88	0,92
Νότος	Σκούρα γκριζα βαφή	0,91	0,87
Ανατολικά	Σκούρα γκριζα βαφή	0,91	0,87
Δυτικά	Σκούρα γκριζα βαφή	0,91	0,87

Εικόνα 4.56 : Απορροφητικότητα και ικανότητα εκπομπής επιφάνειας εργαστηρίων (πηγή: KENAK)

R_{se} είναι ο συντελεστής θερμικής αντίστασης και όπως καθορίζεται σε εθνικό επίπεδο έχει τιμή 0,05 m^2KW .

Ο Συντελεστής σκίασης ορίζοντα F_{hor} , ο συντελεστής σκίασης οριζόντιων προστεγασμάτων (F_{ov}) και ο συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές (F_{fin}) ορίστηκαν αναλυτικά παραπάνω. Για τον προσδιορισμό των συντελεστών σκίασης ορίζοντα μιας επιφάνειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της αντίστοιχης γωνίας που σχηματίζει με το εμπόδιο. Κατά παραδοχή, είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας ενιαίας τιμής για τα αδιαφανή στοιχεία του κτηρίου μιας όψης δηλαδή για στοιχεία με ίδιο προσανατολισμό. Από παρατηρήσεις του περιβάλλοντος χώρου, προσεγγιστικά προκύπτουν οι γωνίες και οι αντίστοιχοι συντελεστές σκίασης, όπως παρατίθενται στο παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα:

Προσανατολισμός	Γωνία α	F_{hor}	Γωνία β	F_{ov}	Γωνία γ	F_{fin}
Βόρεια	80	0,92	----	----	----	----
Νότια	40 - 50	0,6	----	----	----	----
Ανατολικά	50 - 60	0,53	----	----	----	----
Δυτικά	30 - 40	0,74	----	----	----	----
Βόρεια	----	----	20	0,86	----	----
Νότια	----	----	10	0,92	----	----
Ανατολικά	----	----	0	1	----	----
Δυτικά	----	----	0	1	----	----
Βόρεια	----	----	----	----	0	1
Νότια	----	----	----	----	0	1
Ανατολικά	----	----	----	----	60 - 70	0,7
Δυτικά	----	----	----	----	50 - 60	0,8

Εικόνα 4.57 : προσεγγιστικοί συντελεστές σκίασης μη θερμαινόμενης ζώνης εργαστηρίων παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια	Προσανατο.	Κλίση, °	U, W/m ² K	Alpha, °	R _{se} , m ² Kl	Συντελεστή	F _h , -	F _o , -	F _f , -
Part (1)	163.2									
1 Βόρεια	77.4	0	90	1.18	0.72	0.05	0.91	0.92	0.86	1
2 Νότια	20.9	180	90	1.6	0.91	0.05	0.87	0.6	0.92	1
3 Ανατολικά	32.6	90	90	1.14	0.91	0.05	0.87	0.53	1	0.7
4 Δυτικά	32.3	270	90	1.24	0.91	0.05	0.87	0.74	1	0.8

Εικόνα 4.58 : Θόνη εισαγωγής δεδομένων μη διαφανών επιφανειών για τη μη θερμαινόμενη ζώνη εργαστηρίων παλαιού κτιρίου Φυσικής

Διαφανείς επιφάνειες

Αντίστοιχα με τη περίπτωση αδιαφανών στοιχείων, το εμβαδόν των διαφανών στοιχείων ορίζει την επιφάνεια που καλύπτουν ενώ ο προσανατολισμός και η κλίση έχουν επίσης το ίδιο νόημα που περιγράφηκε παραπάνω. Σύμφωνα με παρατηρήσεις αλλά κυρίως με τη βοήθεια των αρχιτεκτονικών σχεδίων υπολογίστηκε το εμβαδό των διαφανών επιφανειών της θερμαινόμενης ζώνης των εργαστηρίων του υπογείου της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής. Σύμφωνα με τις μετρήσεις έχουμε:

για επιφάνειες βόρειες (προσανατολισμό "0^ο") : 35,5 m²
για επιφάνειες νότιες (προσανατολισμό "180^ο") : 78,3 m²
για επιφάνειες δυτικές (προσανατολισμό "270^ο") : 2,6 m²
για επιφάνεια ανατολικές (προσανατολισμό "90^ο") : 0 m²

Για το συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κουφώματος U υπάρχουν τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων για την απλοποίηση των υπολογισμών του ενεργειακού επιθεωρητή. Στον πίνακα που υπάρχει στο παράδειγμα των γραφείων δίνονται οι τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας ανοιγμάτων (πηγή: KENAK). Ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας, σύμφωνα με τον πίνακα αυτό ισούται με 6,42 W/m²K. Στην περίπτωση των γραφείων επίσης αναφερθήκαμε στο συντελεστή ηλιακών κερδών (ή συντελεστή διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας) καθώς και στο γεγονός πως ο συντελεστής G_{g_s} είναι ίσος με τον G_g σε όσες περιπτώσεις δεν έχουμε εξωτερικά κλείστρα. Η τιμή που αντιστοιχεί στον G_g στη περίπτωση μονού υαλοπίνακα είναι 0,85 (Πηγή: KENAK).

Όπως και στην περίπτωση των αδιαφανών επιφανειών, έτσι και για τα ανοίγματα για κάθε ζώνη του υπό μελέτη κτιρίου οι συντελεστές λόγω σκίασης ορίζοντα (F_{hor}), σκίασης από προβόλους (F_{ov}) καθώς και σκίασης από πλευρικές προεξοχές (F_{fin}) ορίστηκαν παραπάνω. Οι τιμές σκίασης είναι ίδιοι με τους συντελεστές μη διαφανών στοιχείων.

Διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια	Προσανατο.	Κλίση, °	U, W/m ² K	U _s , W/m ² K	G _g , -	G _{g_s} , -	F _s , -	F _{with} , -	F _h , -	F _o , -	F _f , -
Part (1)	116.32											
1 Βόρεια	35.46	0	90	6.42	6.42	0.85	0.85	0	0	0.92	0.86	1
2 Νότια	78.31	180	90	6.42	6.42	0.85	0.85	0	0	0.6	0.92	1
3 Ανατολικά	2.55	90	90	6.42	6.42	0.85	0.85	0	0	0.53	1	0.7
4 Δυτικά	0	270	90	0	0	0	0	0	0	0.74	1	0.8

Εικόνα 4.59 : Θόνη εισαγωγής δεδομένων διαφανών επιφανειών για τη μη θερμαινόμενη ζώνη εργαστηρίων παλαιού κτιρίου φυσικής

Επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος

Κατακόρυφες επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος : 760,1 m²
Οριζόντιες επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος : 982,1 m²

Συντελεστής θερμοπερατότητας κατακόρυφων επιφανειών σε επαφή με το έδαφος:

$$U = \frac{1}{R_{\Pi} \cdot A_{ζώνης}} = 1,57 \quad [W / m^2 K]$$

Συντελεστής θερμοπερατότητας οριζόντιων επιφανειών σε επαφή με το έδαφος:

$$U = \frac{1}{R_{\Pi} \cdot A_{ζώνης}} = 2,63 \quad [W / m^2 K]$$

B_{g_h} : είναι ο διορθωτικός συντελεστής για τη μετάδοση θερμότητας προς το έδαφος για την περίοδο θέρμανσης. Για θερμοκρασία εδάφους ίση με την εξωτερική θερμοκρασία αέρα, ο συντελεστής $B_{g_h} = 1$, ενώ για θερμοκρασία εδάφους ίση με την εσωτερική θερμοκρασία της ζώνης (μη θερμαινόμενος χώρος), ο $B_{g_h} = 0$. Σε θερμαινόμενους υπόγειους χώρους, για δάπεδα που εφάπτονται με το έδαφος, ο συντελεστής B_{g_h} στην περίπτωση που υπάρχει ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης θα είναι μεγαλύτερος $B_{g_h} = 1$, από ότι στην περίπτωση δαπέδων χωρίς ενδοδαπέδιο σύστημα $B_{g_h} = 0,5$ (για ζώνη Α και Β) και $0,7$ (για ζώνη Γ και Δ). Για τους τοίχους που εφάπτονται με το έδαφος ο διορθωτικός συντελεστής θα είναι $B_{g_h} = 0,5-0,7$ για θερμαινόμενο χώρο και $B_{g_h} = 0-0,3$ για μη θερμαινόμενο. Στην υπό εξέταση περίπτωση κτιρίου έχουμε θερμοκρασία εδάφους ίση με την εσωτερική θερμοκρασία της ζώνης (μη θερμαινόμενος χώρος) και επομένως $B_{g_h} = 0$.

B_{g_c} - είναι ο διορθωτικός συντελεστής για τη μετάδοση θερμότητας προς το έδαφος για την περίοδο ψύξης. Για θερμοκρασία εδάφους ίση με την εξωτερική θερμοκρασία, ο συντελεστής $B_{g_c} = 1$. Ο διορθωτικός συντελεστής μπορεί να είναι αρνητικός (-) στην περίπτωση που η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη και η θερμοκρασία εδάφους είναι χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία, ενώ μπορεί να είναι μεγαλύτερος του 1 στην περίπτωση που η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία και η θερμοκρασία εδάφους είναι χαμηλότερη από την εξωτερική θερμοκρασία. Ενδεικτικά, για δάπεδο στο επίπεδο του εδάφους ο συντελεστής $B_{g_c} = 0,7$ για κλιματιζόμενο χώρο και $B_{g_c} = 0,4$ για μη κλιματιζόμενο χώρο. Αντίστοιχα για δάπεδο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (τουλάχιστο 1 μέτρο βάθος), ο συντελεστής για κλιματιζόμενο χώρο $B_{g_c} = 0$ και για μη κλιματιζόμενο χώρο $B_{g_c} = -0,4$ (για ζώνη Α και Β) και $-0,7$ (για ζώνη Γ και Δ). Για τους τοίχους που εφάπτονται με το έδαφος (τουλάχιστον 1 μέτρο βάθος) ο διορθωτικός συντελεστής θα είναι $B_{g_c} = 0$ έως $0,2$ για κλιματιζόμενο χώρο και $B_{g_c} = -0,3$ έως $-0,5$ για μη κλιματιζόμενο. Στην υπό εξέταση περίπτωση κτιρίου έχουμε δάπεδο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (τουλάχιστο 1 μέτρο βάθος) για μη κλιματιζόμενο χώρο και επομένως $B_{g_c} = -0,4$ (για ζώνη Α και Β).

	Επιφάνειες σε επαφή με το Έδαφος	Επιφάνεια, m ²	U, W/m ² K	B _{g_h} , -	B _{g_c} , -
	Part (1)	1742.18			
1	Ground	982.07	2.63	0	-0.4
2	Walls	760.11	1.57	0	-0.4

Εικόνα 4.60 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για τις επιφάνειες δαπέδων ή τοίχων της ζώνης εργαστηρίων υπογείου που εφάπτονται με το έδαφος

4.4Γ Παράδειγμα 3 Κτίριο αναφοράς - Η περίπτωση των γραφείων της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής

Σύμφωνα με το άρθρο 7 του Κ.Εν.Α.Κ., κάθε νέο καθώς και κάθε υφιστάμενο κτίριο που ανακαινίζεται ριζικά πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης. Οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης ικανοποιούνται όταν το κτήριο πληροί όλες τις ελάχιστες προδιαγραφές που περιγράφονται στο άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ. και:

- α) είτε η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου είναι μικρότερη από τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς ή ίση με αυτήν.
- β) είτε το εξεταζόμενο κτήριο έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτήριο αναφοράς τόσο ως προς το κτηριακό κέλυφος, όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις στο σύνολό τους.

Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ο υπολογισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας με την εκπόνηση ενεργειακής μελέτης, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναφέρεται στα άρθρα 4 και 5 του Κ.Εν.Α.Κ., προκειμένου να προσδιοριστεί η ενεργειακή απόδοση και η κατάταξη του κτηρίου. Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ., οι ελάχιστες απαιτήσεις για τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτήρια αναφέρονται στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτηρίου, στη θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους και στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Αυτές οι ελάχιστες απαιτήσεις αναλύονται στην αντίστοιχη θεματική ενότητα της παρούσας τεχνικής οδηγίας. Το «κτήριο αναφοράς» καθορίζεται να είναι το ίδιο με το υπό μελέτη κτίριο. Συγκεκριμένα, θεωρείται πως έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτήριο. Το κτήριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν στη Θ.Ψ.Κ. των εσωτερικών χώρων, στην παραγωγή Ζ.Ν.Χ. και στο φωτισμό.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιρίου αναφοράς όπως προκύπτουν για το κτίριο της Φυσικής φαίνονται παρακάτω ενδεικτικά για τη ζώνη των γραφείων της παλαιάς πτέρυγας. Με παρόμοιο τρόπο προκύπτουν και για τις άλλες ζώνες του κτιρίου αναφοράς.

Η ειδική θερμοχωρητικότητα του κτιρίου αναφοράς είναι $250 \text{ kJ/m}^2\text{K}$.

Σε κάθε χώρο πρέπει να παρέχεται ο φωτισμός που εξασφαλίζει στους χρήστες οπτική άνεση, δηλαδή ένα περιβάλλον με την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού, που επιτρέπει την ευχάριστη διαμονή και την εκτέλεση εργασιών, χωρίς φαινόμενα που δημιουργούν οπτική δυσφορία ή/και κόπωση. Με βάση τις προτεινόμενες τιμές του προτύπου για τα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού δίνονται στον πίνακα 2.4. οι τιμές για τη μέση ελάχιστη στάθμη φωτισμού (lx) ανά χρήση χώρου, και η εγκατεστημένη ισχύς (W/m^2 δομημένης επιφάνειας) κτηρίου αναφοράς, για το οποίο η φωτιστική απόδοση για τις ζώνες γραφείων (φωτεινή δραστηριότητα) καθορίστηκε στα 55 lm/W . Οι τιμές αυτές λαμβάνονται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου αναφοράς. Ισχύς για γραφεία του κτιρίου αναφοράς είναι τα $9,1 \text{ W/m}^2$. Επομένως, έχουμε :

$$P' = \frac{9,1}{10,2} P = 10576 \text{ W/m}^2$$

Κάθε άτομο ανάλογα με τη δραστηριότητα του εκλύει θερμότητα υπό τη μορφή αισθητού και λανθάνοντος φορτίου. Το αισθητό φορτίο οφείλεται στην ακτινοβολία του σώματός του και τη μεταφορά θερμότητας από το σώμα του στον αέρα. Ωστόσο, για τους απλούς υπολογισμούς στο πλαίσιο της εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου, η αναλογία αυτή δεν επηρεάζει ουσιαστικά και συνήθως δεν υπεισέρχεται στους υπολογισμούς. Ακόμη καλύτερα, σε αναλυτικότερους υπολογισμούς μπορούν να χρησιμοποιούνται «προφίλ» ετεροχρονισμού ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου και την ώρα της ημέρας. Παρακάτω (Εικόνα 4.61) καθορίζονται οι μέσες τυπικές τιμές έκλυσης θερμότητας ανά άτομο, λαμβάνοντας υπόψη την αντίστοιχη μέση δραστηριότητα των χρηστών στις διάφορες κατηγορίες κτηρίων. Στον ίδιο πίνακα δίνεται και η εκπομπή θερμικής ισχύος ανά μονάδα μεικτής επιφάνειας κτηρίου (W/m^2) και ο μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών ο οποίος ορίζεται ως το ποσοστό του χρόνου κατά το οποίο είναι παρόντες οι χρήστες στο χώρο (εκτιμάται από το χρόνο λειτουργίας του κτηρίου).

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμική ισχύς ανά άτομο [$W/άτομο$]	Θερμική ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας [W/m^2]	Μέσος συντελεστής παρουσίας
Κοινόχρηστος χώρος	80	24	1
Τριτοβάθμια εκπαίδευση	80	40	0.32
Γραφείο	80	8	0.3
Γενική αποθήκη	75	4	1

Εικόνα 4.61 : Εκλυόμενη θερμότητα χρηστών ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης. (Πηγή: Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης)

Η εκλυόμενη με ακτινοβολία θερμική ισχύς από ηλεκτρικό εξοπλισμό αλλά και δευτερευόντως από άλλες συσκευές εξαρτάται από το είδος της συσκευής. Στη συντριπτική πλειοψηφία των εφαρμογών αυτά τα κέρδη εισέρχονται στο χώρο υπό τη μορφή θερμότητας. Λόγω της αύξησης των εφαρμογών ηλεκτρικών συσκευών τα εσωτερικά κέρδη από συσκευές είναι ιδιαίτερα σημαντικά. Ο συνυπολογισμός του εξοπλισμού στα φορτία του κτιρίου αναφοράς γίνεται με τη βοήθεια του

παρακάτω πίνακα όπου δίνονται οι μέσες τιμές ισχύος ηλεκτρικών συσκευών για κάθε τύπο κτηρίου, ο μέσος συντελεστής ετεροχρονισμού, καθώς και η μέση ετεροχρονισμένη ισχύς εξοπλισμού και ο μέσος συντελεστής πραγματικού χρόνου λειτουργίας (Εικόνα 4.62).

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ισχύς εξοπλισμού [W/m ²]	Μέσος συντελεστής ετερ/σμού	Ετεροχρον. ισχύς εξοπλ. [W/m ²]	Μέσος συντελεστής λειτουργίας
Κοινόχρηστος χώρος	3	0.5	1.5	1
Τριτοβάθμια εκπαίδευση	5	0.15	0.75	0.32
Γραφείο	15	0.3	4.5	0.3
Γενική αποθήκη	2	0.1	0.2	1

Εικόνα 4.62 : Εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών / εξοπλισμού ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης. (Πηγή: Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης)

Η δειξίωση αέρα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\delta.\alpha. [m^3 / \text{sec}] = \frac{\sigma_{\theta} \cdot \sigma_{\text{δειξδ}} \left[\frac{m^3 / h}{m^2} \right] \cdot A_{\text{ανοιγμάτων}} [m^2]}{3600 [\text{sec} / h]}$$

με τα ίδια χαρακτηριστικά, εκτός από το συντελεστή $\sigma_{\text{δειξδ}}$ ο οποίος είναι για το κτίριο αναφοράς ίσος με $5.5 m^3/m^2h$. Επομένως για τη ζώνη των γραφείων, έχουμε:

$$\delta.\alpha. = 0,61 [m^3 / \text{sec}]$$

Ο φυσικός αερισμός παραμένει ίδιος. Το ίδιο ισχύει για το συντελεστή επίδρασης φυσικού φωτισμού, το συντελεστή χρήσης φυσικού φωτισμού το φωτισμό ασφαλείας, το σύστημα εφεδρείας και το ποσό θερμότητας φωτισμού που παραμένει στη ζώνη.

Κέλυφος – μη διαφανείς και διαφανείς Επιφάνειες

Σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ., τόσο στην ενεργειακή μελέτη όσο και στην ενεργειακή επιθεώρηση ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κτηρίου αναφοράς ορίζεται ίσος με το μέγιστο επιτρεπόμενο ανά δομικό στοιχείο και κλιματική ζώνη. Στον παρακάτω πίνακα 4.64 δίνονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας U (σε W/m²K) για τα δομικά στοιχεία και για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες.

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² .K)]			
		Κλιματική ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές).	U _{v,D}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	U _{v,W}	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλωτή).	U _{v,DL}	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	U _{v,G}	1,20	0,90	0,75	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους χώρους.	U _{v,WE}	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.ά.)	U _{v,F}	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες.	U _{v,GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Εικόνα 4.64 : Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.

Ζώνη

Γραφεία| 16 Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης, °C

1162.26 Ολική επιφάνεια ζώνης, m² 29 Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης, °C

250 Ειδική θερμοχωρητικότητα, kJ/m² K

9.2 Συνολικές απώλειες απο κτηριακό κέλυφος και αερισμό, W/m² K

Φωτισμός

10576 Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, W Φωτισμός ασφαλείας

1875 Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού, h Σύστημα εφεδρείας

375 Χρόνος μη χρήσης φυσικού φωτισμού, h

1 Συντελεστής επίδρασης του φυσικού φωτισμού, -

1 Συντελεστής επίδρασης χρηστών, - 0 Κόστος επένδυσης,

1 Θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη, -

Εσωτερικά κέρδη / Συντελεστής χρόνου

8 Χρήστες, W/m² 0.3 Συντελεστής παρουσίας χρηστών, -

4.5 Συσκευές, W/m² 0.3 Συντελεστής συσκευιών σε λειτουργία, -

Κυκλοφορία αέρα

0.61 Διείσδυση αέρα, m³/s

4.91 Φυσικός αερισμός, m³/s 0.3 Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού, -

Ζεστό νερό χρήσης (ZNX)

0 Μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης, m³/m²/year

0 Θερμοκρασία δεξαμενής, °C 0 Θερμοκρασία νερού δικτύου, °C

Εικόνα 4.63 : Οθόνη εισαγωγής αρχικών δεδομένων λογισμικού EPA-Nr για τη θερμαινόμενη ζώνη γραφείων παλαιού κτιρίου Φυσικής / κτιρίου αναφοράς

Τόσο η ανακλαστικότητα όσο και η απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία ενός αδιαφανούς υλικού ή μιας επιφάνειας εξαρτώνται κυρίως από τη διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας, δηλαδή από το χρώμα και την υφή της. Οι ιδιότητες αυτές των τελικών επιφανειών του κτηριακού κελύφους προσδιορίζουν ουσιαστικά τα ηλιακά κέρδη των αδιαφανών δομικών στοιχείων και μπορεί να έχουν σημαντικό ρόλο. Σύμφωνα με το άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ.(παράγραφος 2β) για το κτήριο αναφοράς, η απορροφητικότητα των εξωτερικών του επιφανειών λαμβάνεται ίση με:

- 0,40 για τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία
- 0,40 για τα δώματα
- 0,60 για επικλινείς στέγες

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία, έχουμε τον παρακάτω πίνακα εισαγωγής δεδομένων για τη ζώνη των γραφείων της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου αναφοράς.

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια,	Προσανατολ,	Κλίση, °	U, W/m ² K	Alpha, -	R _{se} , m ² K/l	Συντελεστή	F _h , -	F _a , -	F _f , -
Part (1)	1527.6									
1 Βοράς	693.6	0	90	0.5	0.4	0.05	0.8	1	1	1
2 Νότος	280.2	180	90	0.5	0.4	0.05	0.8	0.7	0.7	0.7
3 Ανατολικά	38.5	90	90	0.5	0.4	0.05	0.8	0.75	0.75	0.75
4 Δυτικά	20.1	270	90	0.5	0.4	0.05	0.8	0.75	0.75	0.75
5 Οροφή	495.2	0	0	0.45	0.4	0.05	0.8	1	1	1

Εικόνα 4.65 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων μη διαφανών επιφανειών για τη θερμαινόμενη ζώνη γραφείων παλαιού κτιρίου Φυσικής κτιρίου αναφοράς

- Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων λαμβάνεται ίσος με $U=3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$, θεωρώντας ότι τα κουφώματα είναι καινούρια και ικανοποιούν όλες τις απαιτούμενες προδιαγραφές.
- Ο συντελεστής διαπερατότητας των υαλοπινάκων στην ηλιακή ακτινοβολία είναι $g=0.76$.

Διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια	Προσανατ	Κλίση	U, W/m ² K	U_s, W/m ² K	G_g, -	G_g_s, -	F_s, -	F_with, -	F_h, -	F_o, -	F_f, -
Part (1)	331.9											
1 Βοράς	188.6	0	90	3	3	0.76	0.76	0	0	1	1	1
2 Νότος	125.9	180	90	3	3	0.76	0.76	0.1	0	0.7	0.7	0.7
3 Ανατολικά	8.7	90	90	3	3	0.76	0.76	0	1	0.75	0.75	0.75
4 Δυτικά	8.7	270	90	3	3	0.76	0.76	0	0	0.75	0.75	0.75

Εικόνα 4.66 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων διαφανών επιφανειών για τη θερμαινόμενη ζώνη γραφείων παλαιού κτιρίου Φυσικής κτιρίου αναφοράς

Αντίστοιχα, για τις διαχωριστικές εσωτερικές επιφάνειες με μη θερμαινόμενους χώρους, έχουμε:

Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες

Διαχωρισμός με ζώνη: Εργαστήρια, 0, Κυκλοφορία αέρα, m³/s

Συντελεστής μείωσης b: 0.935

Υπολογισμός

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m ²	Προσανατολισμός	Κλίση, deg	U, W/m ² K	Alpha, -	R_se, m ² K/W
	322.02					
+1 Διαχωριστικό οριζόντιο δάπεδο υπογείου - ισογείου	322.02	0	0	0.9	0.4	0.05

Εικόνα 4.67 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για εσωτερική διαχωριστική επιφάνεια θερμαινόμενης ζώνης γραφείων με μη θερμαινόμενη ζώνη εργαστηρίων παλαιού κτιρίου Φυσικής

Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες

Διαχωρισμός με ζώνη: Χώροι κίνησης, 0, Κυκλοφορία αέρα, m³/s

Συντελεστής μείωσης b: 0.996

Υπολογισμός

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m ²	Προσανατολισμός	Κλίση, deg	U, W/m ² K	Alpha, -	R_se, m ² K/W
	4.39					
+1 Διαχωριστική επιφάνεια υπογείου - ισογείου	4.39	0	0	0.90	0.40	0.05

Εικόνα 4.68 : Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για εσωτερική διαχωριστική επιφάνεια θερμαινόμενης ζώνης γραφείων με μη θερμαινόμενη ζώνη κοινόχρηστων και χώρων κίνησης παλαιού κτιρίου Φυσικής

Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες

Διαχωρισμός με ζώνη: Βοηθητικοί χώ, 0, Κυκλοφορία αέρα, m³/s

Συντελεστής μείωσης b: 0.875

Υπολογισμός

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m ²	Προσανατολισμός	Κλίση, deg	U, W/m ² K	Alpha, -	R_se, m ² K/W
	45.84					
+1 Διαχωριστικό δάπεδο υπογείου - ισογείου	45.84	0	0	0.9	0.4	0.05

Εικόνα 4.69 Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για εσωτερική διαχωριστική επιφάνεια θερμαινόμενης ζώνης γραφείων με μη θερμαινόμενη ζώνη βοηθητικών χώρων κίνησης παλαιού κτιρίου Φυσικής

Σύστημα Θέρμανσης κτιρίου αναφοράς

Τα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος θέρμανσης για το κτίριο αναφοράς, όπως ορίζονται στο άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ., είναι τα εξής:

- Το κτίριο αναφοράς διαθέτει κεντρικό σύστημα θέρμανσης με λέβητα πιστοποιημένο με βαθμό ενεργειακής απόδοσης τριών αστέρων (***) . Στο παρακάτω πίνακα καθορίζεται η απόδοση του λέβητα-καυστήρα στο κτίριο αναφοράς ανάλογα με την ονομαστική ισχύ της μονάδας.

Θερμική απόδοση (%) λέβητα - καυστήρα σε ονομαστική ισχύ P _n , και μέση θερμοκρασία νερού του λέβητα 70°C για το κτήριο αναφοράς					
Ονομαστική ισχύς (kW)	20 - 100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	≥ 400
Απόδοση λέβητα - καυστήρα	93,6	94,4	94,8	95,1	95,2

Εικόνα 4.70 : Θερμική απόδοση λέβητα - καυστήρα κτηρίου αναφοράς (Πηγή : Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης)

Έχουμε πως $1 \text{ Mcal/hour} = 1,163 \text{ KW}$. Στο κτίριο Φυσικής δραστηριοποιούνται δύο λέβητες φυσικού αερίου ονομαστικής ισχύος 490 Mcal/h ή $569,87 \text{ KW}$. Σύμφωνα επομένως με τον πίνακα οι λέβητες του κτιρίου αναφοράς θα έχουν απόδοση 95,2%.

- Το κτίριο αναφοράς διαθέτει θερμοστατικό έλεγχο της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου ανά ελεγχόμενη θερμική ζώνη και συνεπώς ο συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω συστήματος διαχείρισης ενέργειας BMS είναι 0.85.
- Το κτήριο αναφοράς διαθέτει σύστημα αντιστάθμισης.
- Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτήριο τριτογενούς τομέα θερμαίνεται με τη χρήση αντλιών θερμότητας, θεωρείται ότι και το κτήριο αναφοράς διαθέτει τοπικά ή/και κεντρικά συστήματα θέρμανσης με συντελεστή συμπεριφοράς COP=3,2 για αερόψυκτα συστήματα και COP=4,3 για υδρόψυκτα. Για όλες τις άλλες περιπτώσεις που το εξεταζόμενο κτήριο θερμαίνεται με τη χρήση αντλιών θερμότητας άλλου τύπου (π.χ. γεωθερμική ή με θαλασσινό νερό), θεωρείται ότι το κτήριο αναφοράς διαθέτει αντλία θερμότητας με συντελεστή συμπεριφοράς COP=3,5.
- Επιπλέον, οι σωλήνες του συστήματος θέρμανσης είναι μονωμένοι, και έχουν βαθμό απόδοσης 0.98.

Σύστημα θέρμανσης		Ηλιακός συλλέκτης		Επισήμανση													
Σύστημα θέρμανσης		<input type="checkbox"/> Εφαρμογή		Ctrl+Click για επιλογή καυσίμου Μεταφορά συστήματος σε άλλη ζώνη με μετακίνηση του ποντικιού Ctrl+μετακίνηση για χρήση και σε άλλη ζώνη													
0.85	Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BMS), -																
	Βοηθητική ενέργεια και συ	p_rump, W/	f_contr, -	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μα	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ		
+0	Βοηθητική ενέργεια θέρμα	0	1	0.24	0.33	0.25	0.1	0	0	0	0	0	0.17	0.23	0.3		
	Τύπος συστήματος	Απόδοση,	COP, -	Καύσιμα	Κόστος επί	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μα	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
+0	Λέβητας (1)	0.952	3.2	Natural gas: 0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	
1	Λέβητας (2)	0.952	3.2	Natural gas: 0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	
2																	
3																	
	Διανομή						Απόδοση, -					Κόστος επένδυσης, Euro					
+0	Σωλήνες						0.98					0					
	Τερματικά συστήματα εκπομπής ενέργειας						Απόδοση, -					Κόστος επένδυσης, Euro					
+0	Σώματα						1					0					

Εικόνα 4.71 Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για σύστημα θέρμανσης ζώνης γραφείων παλαιού κτιρίου Φυσικής / κτιρίου αναφοράς

Σύστημα ψύξης κτιρίου αναφοράς

Τα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης για το κτίριο αναφοράς όπως ορίζονται στον Κ.Εν.Α.Κ. είναι τα εξής:

- Σε περίπτωση που το εξεταζόμενο κτήριο δεν διαθέτει σύστημα ψύξης/κλιματισμού ή διαθέτει για ένα τμήμα του κτηρίου τότε θεωρείται ότι κλιματίζεται όπως ακριβώς και το κτίριο αναφοράς.
- Το κτήριο αναφοράς για τον τριτογενή τομέα διαθέτει τοπικά ή/και κεντρικά συστήματα ψύξης που καλύπτουν όλους τους εσωτερικούς χώρους. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης για το κτήριο αναφοράς είναι τα εξής:
 - Μονάδες παραγωγής ψύξης, τοπικές ή κεντρικές (ψύκτες, αντλίες θερμότητας, τοπικά κλιματιστικά), με βαθμό ενεργειακής απόδοσης EER=2,8 όταν το υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτήριο διαθέτει τοπικές ή κεντρικές αερόψυκτες μονάδες και EER=3,8 όταν το υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτήριο διαθέτει υδρόψυκτες μονάδες. Για όλες τις άλλες περιπτώσεις που το εξεταζόμενο κτήριο ψύχεται με άλλου τύπου μονάδες παραγωγής ψύξης (π.χ. γεωθερμική ή με θαλασσινό νερό), θεωρείται ότι το κτήριο αναφοράς διαθέτει αντλία θερμότητας με βαθμό ενεργειακής απόδοσης EER = 3,0.
 - Αερόψυκτες μονάδες παραγωγής ψύξης, τοπικές ή κεντρικές (ψύκτες, αντλίες θερμότητας, τοπικά κλιματιστικά), με βαθμό ενεργειακής απόδοσης EER=2,8, όταν το υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτήριο δεν διαθέτει σύστημα ψύξης ή διαθέτει για μικρότερο τμήμα του κτηρίου.

Σύστημα ψύξης											Επισήμανση											
Σύστημα ψύξης											CtI+Click για επιλογή καυσίμου Μεταφορά συστήματος σε άλλη ζώνη με μετακίνηση του ποινικού CtI+μετακίνηση για χρήση και σε άλλη ζώνη											
0.85 Συντελεστής καταπόνησης καυσίμου λόγω συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BMS), -																						
Βοηθητική ενέργεια και συρ	p_bump, Wj	f_contr, -	Jan	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μα	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ								
+0) Βοηθητική ενέργεια ψύξης	0	1	0	0	0	0	0.15	0.31	0.31	0.15	0.15	0	0	0								
Τύπος συστήματος	Απόδοση,	COP, -	Καύσιμα	Κόστος επί	Jan	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μα	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ						
0 split	1	3.8	Electricity	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0						
1																						
2																						
+3																						
Διανομή											Απόδοση, -					Κόστος επένδυσης, Euro						
+0) Σωλήνες											1					0						
Τεμαχικά συστήματα εκπομπής ενέργειας											Απόδοση, -					Κόστος επένδυσης, Euro						
+0) h/c											1					0						

Εικόνα 4.72: Οθόνη εισαγωγής δεδομένων για σύστημα ψύξης ζώνης γραφείων παλαιού κτιρίου Φυσικής / κτιρίου αναφοράς

4.5 Παρουσίαση αποτελεσμάτων ενεργειακών απαιτήσεων και ενεργειακή κατάταξη

Με βάση τα στοιχεία του κτιρίου τα οποία εισήχθησαν στο λογισμικό EPA-Nr, προκύπτουν οι ενεργειακές απαιτήσεις για την περίοδο θέρμανσης και για την περίοδο ψύξης.

+-1	Ενεργειακές απαιτήσεις	Jan	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μα	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
	Θέρμανση, kWh/m ²													
1	Μεταφορά	94.16	78.54	41.37	-43.55	-155.38	-252.53	-328.13	-323.33	-236.28	-124.18	-29.62	50.97	-1227.96
2	Αερισμός	11.01	9.26	5.42	-3.61	-15.43	-25.75	-33.73	-33.22	-24.03	-12.12	-2.14	6.43	-117.90
3	Συνολικές απώλειες	105.17	87.80	46.79	-47.17	-170.80	-278.28	-361.86	-356.55	-260.31	-136.31	-31.76	57.40	-1345.86
4	Ηλιακά κέρδη	6.92	7.78	10.71	13.26	17.09	18.23	19.38	17.86	13.72	10.69	8.30	6.80	150.74
5	Ηλιακός χώρος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Εσωτερικά θερμικά κέρδη	8.58	7.75	8.58	8.31	8.58	8.31	8.58	8.58	8.31	8.58	8.31	8.58	101.08
7	Συνολικά κέρδη	15.50	15.53	19.29	21.57	25.68	26.54	27.96	26.45	22.03	19.27	16.61	15.38	251.81
8	Ενεργειακές απαιτήσεις	93.60	76.69	35.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	47.29	253.58

Εικόνα 4.73 : Ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι το άθροισμα της μεταφοράς (transmission) και αερισμού (ventilation) μας δίνουν τις συνολικές θερμικές απώλειες του χώρου $Q_{L,H}$. Στη περίπτωση που έχουμε αρνητική τιμή απωλειών σημαίνει ότι έχουμε θερμικό κέρδος, δηλαδή ροή θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο. Επίσης το άθροισμα των ηλιακών κερδών, των ηλιακών χώρων (αν υπάρχουν) και των εσωτερικών θερμικών κερδών μας δίνουν τα συνολικά κέρδη του χώρου $Q_{G,H}$. Με χρήση ενός συντελεστή χρησιμοποίησης και με τη βοήθεια της σχέσης

$$Q_{NH} = Q_{L,H} - \eta_{G,H} Q_{G,H}$$

βρίσκονται οι ενεργειακές απαιτήσεις.

Εν τέλει προκύπτει σύνολο ενεργειακών απαιτήσεων 253.58 kWh/m² για θέρμανση ανά έτος στην παλαιά πτέρυγα του κτιρίου Φυσικής.

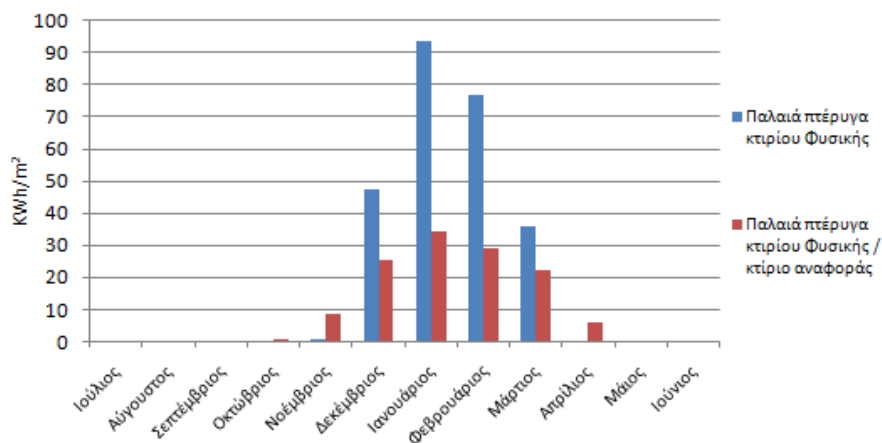
Όπως προαναφέρθηκε το κτίριο αναφοράς είναι ένα κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Επιπλέον πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές τις οποίες ορίζει ο ΚΕΝΑΚ και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη θέρμανση, ψύξη και κλιματισμό των εσωτερικών χώρων του κτιρίου. Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ κάθε κτίριο πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης. Πρέπει δηλαδή:

- είτε η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου να είναι μικρότερη ή ίση με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς.
- είτε το εξεταζόμενο κτίριο να έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς τόσο ως προς το κτιριακό κέλυφος, όσο και ως προς τις Η/Μ του εγκαταστάσεις στο σύνολό τους.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κτιρίου αναφοράς όπως προκύπτουν περιγράφηκαν αναλυτικά παραπάνω, ενώ οι ενεργειακές απαιτήσεις όπως προκύπτουν παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες με παρόμοιο τρόπο με την παλαιά πτέρυγα του κτιρίου Φυσικής. Επίσης παρατίθενται συγκριτικά διαγράμματα ενεργειακής κατανάλωσης, τόσο για την παλαιά, όσο και για τη νέα πτέρυγα.

+1	Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
	Θέρμανση, kWh/m ²													
1	Μεταφορά	11.64	10.15	8.71	3.79	-2.20	-7.79	-11.78	-11.51	-6.89	-0.47	4.57	9.24	7.46
2	Αερισμός	36.14	31.44	26.39	10.11	-9.92	-28.46	-41.81	-40.93	-25.46	-4.17	12.68	28.16	-5.83
3	Συνολικές απώλειες	47.77	41.59	35.10	13.90	-12.12	-36.25	-53.59	-52.44	-32.35	-4.64	17.25	37.40	1.63
4	Ηλιακά κέρδη	3.49	4.00	5.65	7.18	9.60	10.39	10.90	9.66	7.06	5.35	4.09	3.37	80.71
5	Ηλιακός χώρος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Εσωτερικά θερμικά κέρδη	16.58	14.97	16.58	16.04	16.58	16.04	16.58	16.58	16.04	16.58	16.04	16.58	195.19
7	Συνολικά κέρδη	20.06	18.97	22.22	23.23	26.18	26.43	27.47	26.24	23.10	21.92	20.13	19.94	275.90
8	Ενεργειακές απαιτήσεις	34.44	29.29	22.33	5.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	8.74	25.22	126.17

Εικόνα 4.74: Ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής κτιρίου αναφοράς



Εικόνα 4.75: Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής και κτιρίου αναφοράς

Για τα συνολικά θερμικά κέρδη και τις θερμικές απώλειες ισχύει και στην περίπτωση κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη ότι αποτελούνται αντίστοιχα από το άθροισμα των ηλιακών κερδών και των ηλιακών χώρων και το άθροισμα της μεταφοράς και του αερισμού. Με πανομοιότυπο τρόπο υπολογίζονται οι συνολικές απώλειες $Q_{L,H}$ και τα συνολικά κέρδη $Q_{G,C}$ του χώρου για την ψύξη, ενώ ο τύπος $Q_{NC} = Q_{G,C} - \eta_{L,C} Q_{L,C}$ μας δίνει τις απαιτήσεις ψύξης.

Εν τέλει προκύπτει σύνολο ενεργειακών απαιτήσεων $46,96 \text{ kWh/m}^2$ για θέρμανση ανά έτος στην παλαιά πτέρυγα του κτιρίου Φυσικής.

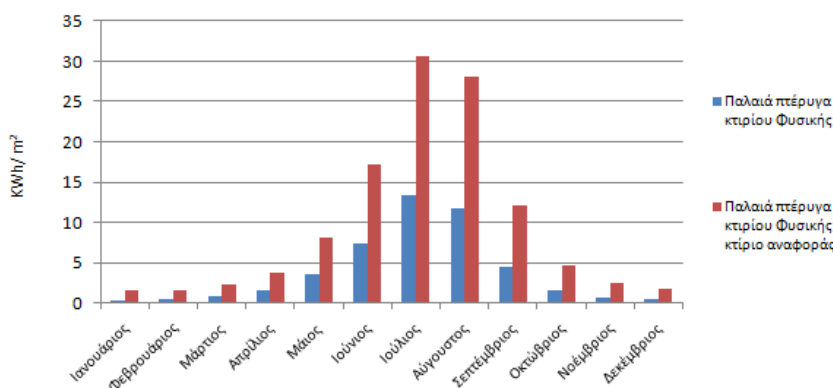
+1	Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
	Ψύξη, kWh/m ²													
1	Μεταφορά	496.08	441.57	443.30	345.41	246.55	136.43	73.80	78.60	152.69	277.74	359.34	452.90	3504.41
2	Αερισμός	51.52	45.85	45.93	35.59	25.08	13.45	6.78	7.29	15.17	28.39	37.07	46.94	359.07
3	Συνολικές απώλειες	547.60	487.42	489.23	381.00	271.64	149.88	80.58	85.89	167.86	306.13	396.41	499.84	3863.48
4	Ηλιακά κέρδη	7.69	8.60	11.77	14.53	18.69	19.92	21.17	19.52	15.04	11.78	9.21	7.57	165.49
5	Ηλιακός χώρος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Εσωτερικά θερμικά κέρδη	8.58	7.75	8.58	8.31	8.58	8.31	8.58	8.58	8.31	8.58	8.31	8.58	101.08
7	Συνολικά κέρδη	16.27	16.36	20.36	22.84	27.28	28.23	29.75	28.10	23.34	20.36	17.51	16.15	266.56
8	Ενεργειακές απαιτήσεις	0.40	0.48	0.83	1.54	3.61	7.47	13.46	11.81	4.57	1.58	0.76	0.44	46.96

Εικόνα 4.76: Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής

±-1	Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
	Ψύξη, kWh/m ²													
1	Μεταφορά	22.42	19.89	19.49	14.23	8.58	2.64	-0.99	-0.73	3.54	10.31	15.00	20.02	134.41
2	Αερισμός	77.24	68.57	67.50	49.89	31.18	11.32	-0.71	0.18	14.32	36.94	52.46	69.27	478.16
3	Συνολικές απώλειες	99.66	88.45	86.99	64.12	39.77	13.96	-1.70	-0.55	17.86	47.25	67.46	89.29	612.58
4	Ηλιακά κέρδη	3.97	4.54	6.40	8.14	10.87	11.76	12.33	10.93	8.00	6.07	4.65	3.83	91.49
5	Ηλιακός χώρος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Εσωτερικά θερμικά κέρδη	16.58	14.97	16.58	16.04	16.58	16.04	16.58	16.58	16.04	16.58	16.04	16.58	195.19
7	Συνολικά κέρδη	20.55	19.52	22.98	24.18	27.45	27.80	28.91	27.51	24.04	22.64	20.69	20.41	286.68
8	Ενεργειακές απαιτήσεις	1.59	1.63	2.38	3.79	8.10	17.26	30.62	28.10	12.05	4.63	2.57	1.80	114.52

Εικόνα 4.77 : Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής κτιρίου αναφοράς

Παρατηρούμε πως το εξεταζόμενο κτίριο έχοντας τα χαρακτηριστικά του κτιρίου αναφοράς παρουσιάζει σημαντική μείωση στις ενεργειακές του απαιτήσεις, καθώς αυτές μειώνονται από 253.58 kWh/m² σε 126.17 kWh/m² για τη θέρμανση. Αντίθετα, οι ενεργειακές απαιτήσεις για την περίοδο ψύξης όπως παρατηρούμε αυξάνονται από 46.96 kWh/m² σε 114.52 kWh/m². Η αύξηση αυτή των ενεργειακών απαιτήσεων οφείλεται στην αύξηση των έμμεσων θερμικών κερδών αλλά και στη βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών και προδιαγραφών του κελύφους.



Εικόνα 4.78 : Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων ψύξης παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής και κτιρίου αναφοράς

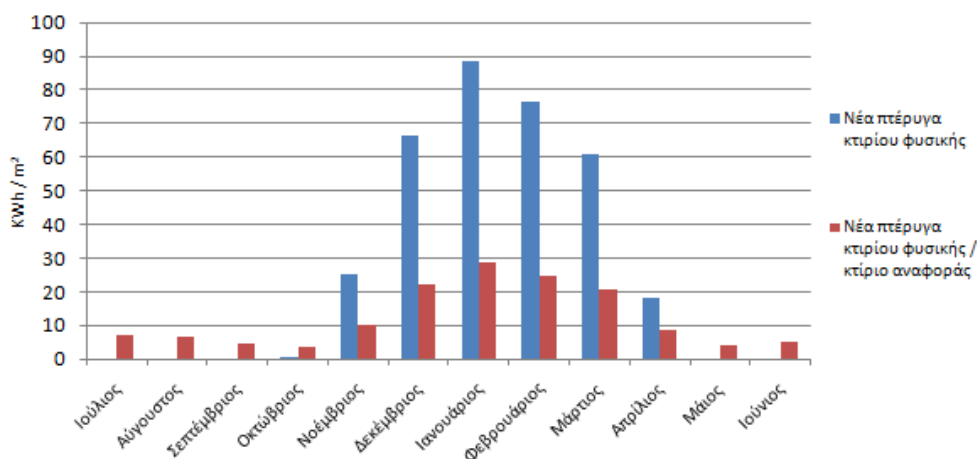
Παρακάτω ακολουθούν οι πίνακες των αποτελεσμάτων για τη νέα πτέρυγα καθώς και για το αντίστοιχο κτίριο αναφοράς.

±-1	Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
	Θέρμανση, kWh/m ²													
1	Μεταφορά	11.67	9.94	6.79	-1.16	-11.40	-20.48	-27.37	-26.93	-18.98	-8.52	0.13	7.67	-78.66
2	Αερισμός	38.33	32.56	21.58	-5.64	-40.86	-71.97	-95.69	-94.17	-66.81	-30.96	-1.22	24.63	-290.23
3	Συνολικές απώλειες	50.00	42.50	28.37	-6.81	-52.27	-92.45	-123.06	-121.10	-85.79	-39.48	-1.10	32.30	-368.88
4	Ηλιακά κέρδη	3.29	3.81	5.57	6.99	9.01	9.52	10.34	9.85	7.61	5.73	4.23	3.25	79.23
5	Ηλιακός χώρος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Εσωτερικά θερμικά κέρδη	12.26	11.08	12.26	11.87	12.26	11.87	12.26	11.87	12.26	11.87	12.26	11.87	144.39
7	Συνολικά κέρδη	15.56	14.89	17.84	18.86	21.27	21.39	22.61	22.12	19.48	18.00	16.10	15.52	223.63
8	Ενεργειακές απαιτήσεις	38.98	32.32	18.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	22.65	112.74

Εικόνα 4.79 : Ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης νέας πτέρυγας κτιρίου Φυσικής

±-1	Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
	Θέρμανση, kWh/m ²													
1	Μεταφορά	9.40	8.19	7.00	2.98	-1.92	-6.50	-9.76	-9.54	-5.76	-0.51	3.62	7.44	4.63
2	Αερισμός	95.69	83.24	69.80	26.54	-26.72	-75.98	-111.47	-109.12	-68.01	-11.42	33.37	74.51	-19.58
3	Συνολικές απώλειες	105.09	91.44	76.80	29.52	-28.65	-82.48	-121.24	-118.66	-73.77	-11.93	36.99	81.94	-14.95
4	Ηλιακά κέρδη	1.93	2.12	2.87	3.41	4.35	4.59	4.89	4.61	3.64	2.90	2.32	1.92	39.55
5	Ηλιακός χώρος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Εσωτερικά θερμικά κέρδη	19.10	17.26	19.10	18.49	19.10	18.49	19.10	19.10	18.49	19.10	18.49	19.10	224.94
7	Συνολικά κέρδη	21.04	19.37	21.97	21.90	23.45	23.07	24.00	23.72	22.12	22.00	20.81	21.03	264.49
8	Ενεργειακές απαιτήσεις	88.74	76.54	61.03	18.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	25.04	66.47	336.69

Εικόνα 4.80: Ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης νέας πτέρυγας κτιρίου Φυσικής κτιρίου αναφοράς



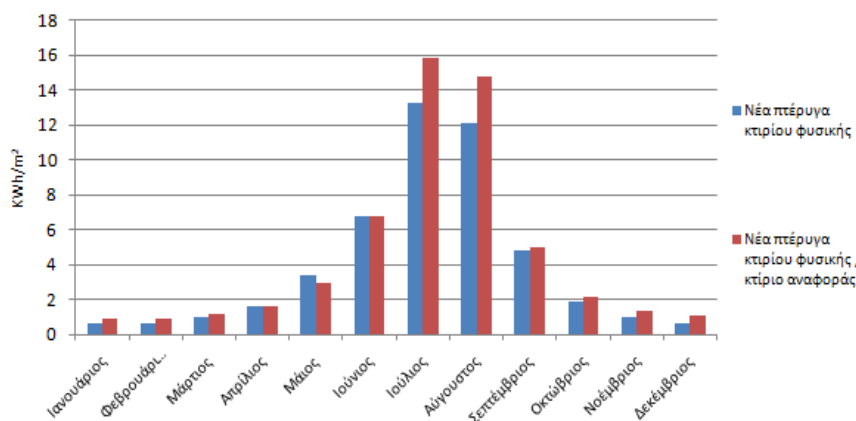
Εικόνα 4.81 : Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης νέας πτέρυγας κτιρίου Φυσικής και κτιρίου αναφοράς

±1	Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
	Ψύξη, kWh/m²													
1	Μεταφορά	42.90	38.15	38.02	29.07	19.83	9.75	3.86	4.30	11.25	22.72	30.35	38.91	289.11
2	Αερισμός	149.00	132.51	132.24	101.45	69.80	35.12	14.97	16.49	40.28	79.70	105.87	135.29	1012.73
3	Συνολικές απώλειες	191.90	170.66	170.26	130.51	89.63	44.87	18.83	20.80	51.53	102.41	136.22	174.20	1301.84
4	Ηλιακά κέρδη	3.69	4.22	6.07	7.53	9.65	10.18	11.05	10.56	8.23	6.27	4.70	3.66	85.84
5	Ηλιακός χώρος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Εσωτερικά θερμικά κέρδη	12.26	11.08	12.26	11.87	12.26	11.87	12.26	12.26	11.87	12.26	11.87	12.26	144.39
7	Συνολικά κέρδη	15.96	15.30	18.34	19.40	21.92	22.05	23.31	22.82	20.10	18.54	16.57	15.93	230.23
8	Ενεργειακές απαιτήσεις	0.59	0.64	1.00	1.63	3.36	6.73	13.24	12.13	4.83	1.88	1.01	0.66	47.68

Εικόνα 4.82 : Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης νέας πτέρυγας κτιρίου Φυσικής

±1	Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
	Ψύξη, kWh/m²													
1	Μεταφορά	20.37	18.11	17.98	13.61	9.06	4.13	1.22	1.44	4.87	10.47	14.24	18.42	133.90
2	Αερισμός	235.13	209.19	209.24	161.48	112.72	58.96	27.97	30.32	66.93	128.02	168.31	213.95	1622.21
3	Συνολικές απώλειες	255.51	227.30	227.22	175.09	121.77	63.09	29.18	31.76	71.80	138.49	182.55	232.36	1756.12
4	Ηλιακά κέρδη	2.19	2.40	3.23	3.83	4.86	5.13	5.47	5.16	4.08	3.27	2.63	2.18	44.42
5	Ηλιακός χώρος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Εσωτερικά θερμικά κέρδη	19.10	17.26	19.10	18.49	19.10	18.49	19.10	19.10	18.49	19.10	18.49	19.10	224.94
7	Συνολικά κέρδη	21.30	19.65	22.33	22.31	23.97	23.62	24.57	24.26	22.57	22.37	21.12	21.29	269.36
8	Ενεργειακές απαιτήσεις	0.93	0.89	1.18	1.60	2.93	6.73	15.83	14.82	5.00	2.11	1.35	1.04	54.42

Εικόνα 4.83: Ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης νέας πτέρυγας κτιρίου Φυσικής κτιρίου αναφοράς



Εικόνα 4.84: Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων ψύξης νέας πτέρυγας κτιρίου Φυσικής και κτιρίου αναφοράς

+1	Ενεργειακές απαιτήσεις kWh/m ²	Υπό μελέτη κτίριο / Παλαιά πτέρυγα Φυσικής / Κτίριο αναφοράς	Υπό μελέτη κτίριο / Παλαιά πτέρυγα Φυσικής
1	Θέρμανση	126.17	253.58
2	Ψύξη	114.52	46.96
3	Υγρανση	0.00	0.00
4	Ζεστό νερό χρήσης	0.00	0.00
5			
6	Κατανάλωση ενέργειας		
7	Θέρμανση	35.92	132.03
8	- Συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών	0.00	0.00
9	Ψύξη	21.94	15.38
10	Υγρανση	0.00	0.00
11	Ζεστό νερό χρήσης	0.00	0.00
12	- Συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών	0.00	0.00
13	Φωτισμός	24.62	29.52
14	Βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια	1.23	1.23
15	- Συνεισφορά φωτοβολταϊκών	0.00	0.00
16	Σύνολο	83.71	178.16

Εικόνα 4.85: Συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις και κατανάλωση παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής και κτιρίου αναφοράς

+1	Ενεργειακές απαιτήσεις kWh/m ²	Υπό μελέτη κτίριο / Νέα πτέρυγα Φυσικής / Κτίριο αναφοράς	Υπό μελέτη κτίριο / Νέα πτέρυγα Φυσικής
1	Θέρμανση	336.69	112.74
2	Ψύξη	54.42	47.68
3	Υγρανση	0.00	0.00
4	Ζεστό νερό χρήσης	0.00	0.00
5			
6	Κατανάλωση ενέργειας		
7	Θέρμανση	95.86	58.65
8	- Συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών	0.00	0.00
9	Ψύξη	10.34	15.14
10	Υγρανση	0.00	0.00
11	Ζεστό νερό χρήσης	0.00	0.00
12	- Συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών	0.00	0.00
13	Φωτισμός	38.70	47.08
14	Βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια	1.23	1.23
15	- Συνεισφορά φωτοβολταϊκών	0.00	0.00
16	Σύνολο	146.13	122.11

Εικόνα 4.86 : Συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις και κατανάλωση νέας πτέρυγας κτιρίου Φυσικής και κτιρίου αναφοράς

Έχοντας λοιπόν υπολογίσει τις ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου αναφοράς και κυρίως την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι δυνατόν να υπολογιστεί η ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου.

Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ η κατάσταση ενός κτιρίου σε ενεργειακή κατηγορία γίνεται σύμφωνα με τη θέση που καταλαμβάνει στον παρακάτω πίνακα:

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

Εικόνα 4.87 : Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων

Ο δείκτης R_R λαμβάνεται ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Ο λόγος T είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και αποτελεί βάση για τον καθορισμό των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης. Παρατηρούμε από τον πίνακα ότι το άνω όριο της κατηγορίας B λαμβάνεται ίσο με τον δείκτη R_R . Είναι δηλαδή ίσο με την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του EPA-Nr λογισμικού η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς της παλαιάς πτέρυγας είναι 169.74 KWh/m^2 , ενώ η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου σύμφωνα με τα πραγματικά δεδομένα είναι 261.21 KWh/m^2 .

Συνεπώς ο λόγος T προκύπτει :

$$T = \frac{EP_{\text{παλαιάςπτέρυγας}}}{R_{R\text{παλαιάςπτέρυγας}}} = \frac{261.21}{169.74} \approx 1.54$$

Άρα το κτίριο της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής κατατάσσεται στην Ενεργειακή Κατηγορία Δ.

Σχετικά με τη νέα πτέρυγα του κτιρίου Φυσικής και σύμφωνα με τα αποτελέσματα του EPA-Nr λογισμικού, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς είναι 236.31 KWh/m^2 , ενώ η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου σύμφωνα με τα πραγματικά δεδομένα είναι 236.09 KWh/m^2 . Συνεπώς, αντίστοιχα με τη προηγούμενη περίπτωση, ο λόγος T προκύπτει:

$$T = \frac{EP_{\text{νέαςπτέρυγας}}}{R_{R\text{νέαςπτέρυγας}}} = \frac{236.09}{236.31} \approx 0.99$$

Επομένως το κτίριο της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής κατατάσσεται στην Ενεργειακή Κατηγορία Β.

Επαλήθευση των αποτελεσμάτων της διπλωματικής, μπορούν να γίνουν με τη βοήθεια του σχετικού νομοσχεδίου που ίσχυε πριν θεσπιστεί ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου (KENAK). Σύμφωνα με το νομοσχέδιο εκείνο και προκειμένου να ορισθούν τα όρια των ενεργειακών κατηγοριών (σε απόλυτες τιμές) ανά χρήση κτιρίου και ανά κλιματική ζώνη, συλλέχθηκαν στοιχεία από υπάρχουσες ενεργειακές μελέτες, επιθεωρήσεις και καταγραφές. Από τα στοιχεία προέκυψε ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος (R_S) της χώρας, ανά χρήση κτιρίων και κλιματική ζώνη. Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού (R_R) λήφθηκε ως το 75% του R_S . Οι κατηγορίες χρήσης κτιρίων που λήφθηκαν υπόψη φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

No	Χρήση κτιρίου
1	Γραφείο
2	Εκπαιδευτικό κτίριο Πρωτοβάθμιας ή/και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
3	Εκπαιδευτικό κτίριο Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης
4	Νοσοκομείο - Κλινική
5	Διαγνωστικό κέντρο - Ιατρείο
6	Ξενοδοχείο
7	Εμπορικό κατάστημα
8	Αθλητική εγκατάσταση: Κλειστό γυμναστήριο
9	Αθλητική εγκατάσταση: Κλειστό κολυμβητήριο
10	Μονοκατοικία
11	Πολυκατοικία
12	Αεροδρόμιο

Εικόνα 4.88 : Χρήσεις κτιρίων

Λαμβάνοντας υπόψη τις τέσσερις κλιματικές ζώνες της χώρας, προέκυψαν τα όρια ενεργειακών κατηγοριών για τα εκπαιδευτικά κτίρια τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στο πίνακα που ακολουθεί, δίνεται η κλίμακα ενεργειακής βαθμολόγησης του κτιρίου, αναλόγως της ενεργειακής του κατανάλωσης, ανά κατηγορία χρήσης κτιρίου και ανά κλιματική ζώνη. Όλα τα νέα κτίρια, καθώς και τα υφιστάμενα άνω των 1000 m². που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, θα πρέπει να βρίσκονται – κατ' ελάχιστον – εντός του εύρους ενεργειακής κατανάλωσης της κατηγορίας Β. Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατίθενται παρακάτω η νέα πτέρυγα κατατάσσεται και πάλι στη ζώνη ενεργειακής κατανάλωσης Β. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνονται και στην περίπτωση της παλαιάς πτέρυγας, καθώς και με το προηγούμενο νομοσχέδιο κατατάσσεται στη ζώνη Δ.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ												
Μέγιστες και ελάχιστες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης [(kWh/(m ² ·έτος))]												
Κλιματική Ζώνη												
	Α		Β		Γ		Δ					
A+		EK <	45		EK <	50		EK <	55		EK <	65
A	45	≤ EK <	65	50	≤ EK <	70	55	≤ EK <	85	65	≤ EK <	95
B+	65	≤ EK <	100	70	≤ EK <	105	85	≤ EK <	125	95	≤ EK <	140
B	100	≤ EK <	130	105	≤ EK <	140	125	≤ EK <	165	140	≤ EK <	185
Γ	130	≤ EK <	150	140	≤ EK <	165	165	≤ EK <	190	185	≤ EK <	215
Δ	150	≤ EK <	170	165	≤ EK <	185	190	≤ EK <	215	215	≤ EK <	245
Ε	170	≤ EK <	215	185	≤ EK <	235	215	≤ EK <	270	245	≤ EK <	310
Ζ	215	≤ EK <	255	235	≤ EK <	280	270	≤ EK <	325	310	≤ EK <	370
Η	255	≤ EK		280	≤ EK		325	≤ EK		370	≤ EK	

Εικόνα 4.89 : Όρια ενεργειακών κατηγοριών εκπαιδευτικών κτιρίων τριτοβάθμιας εκπαίδευσης για τις 4 κλιματικές ζώνες

Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

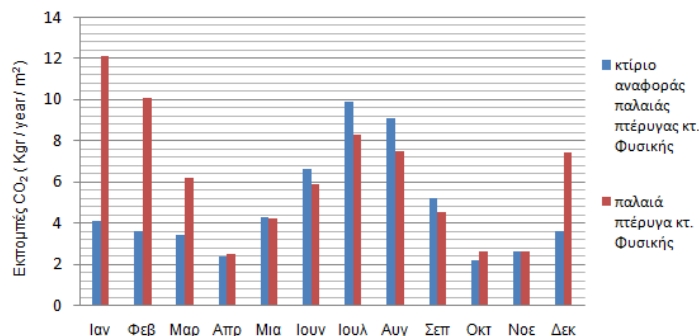
Το πρόγραμμα EPA-Nr δίνει επιπλέον τη δυνατότητα υπολογισμών των εκπομπών CO₂ οι οποίες προέρχονται από δύο πηγές. Από την καύση του φυσικού αερίου και από την παραγωγή της χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι εκπομπές CO₂ σε κάθε μήνα και στο σύνολό τους φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Εκπομπές CO ₂ , kg/year/m ²	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Electricity	2.6	2.4	2.6	2.5	4.2	5.9	8.3	7.5	4.5	2.6	2.5	2.6	48.3
Natural gas	9.5	7.8	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	25.7
Σύνολο	12.1	10.1	6.2	2.5	4.2	5.9	8.3	7.5	4.5	2.6	2.6	7.4	74.0

Εικόνα 4.90 : Εκπομπές CO₂ παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής

Εκπομπές CO ₂ , kg/year/m ²	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Electricity	2.2	2.0	2.2	2.1	4.3	6.6	9.9	9.1	5.2	2.2	2.1	2.2	50.1
Natural gas	1.9	1.6	1.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.4	7.0
Σύνολο	4.1	3.6	3.4	2.4	4.3	6.6	9.9	9.1	5.2	2.2	2.6	3.6	57.1

Εικόνα 4.91 : Εκπομπές CO₂ κτιρίου αναφοράς παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής



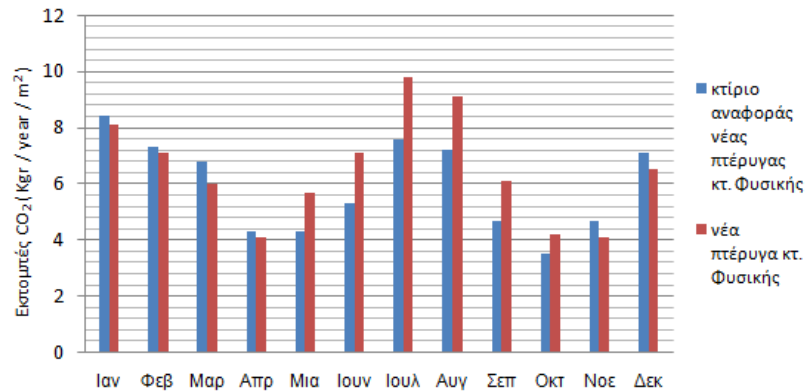
Εικόνα 4.92 : Ραβδόγραμμα εκπομπών CO₂ παλαιάς πτέρυγας και κτιρίου αναφοράς παλαιάς πτέρυγας

Εκπομπές CO ₂ , kg/year/m ²	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Electricity	4.2	3.8	4.2	4.1	5.7	7.1	9.8	9.1	6.1	4.2	4.1	4.2	66.5
Natural gas	3.9	3.3	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	11.4
Σύνολο	8.1	7.1	6.0	4.1	5.7	7.1	9.8	9.1	6.1	4.2	4.1	6.5	77.9

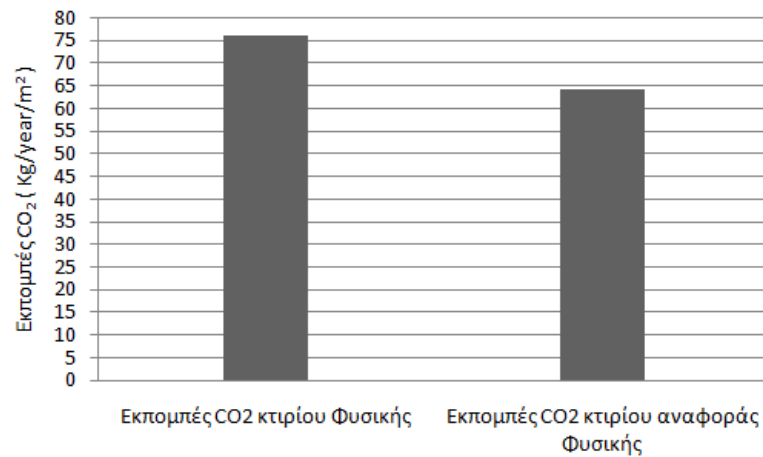
Εικόνα 4.93 : Εκπομπές CO₂ νέας πτέρυγας κτιρίου Φυσικής

Εκπομπές CO ₂ , kg/year/m ²	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Electricity	3.4	3.1	3.4	3.3	4.3	5.3	7.6	7.2	4.7	3.4	3.3	3.4	52.7
Natural gas	4.9	4.2	3.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	3.7	18.6
Σύνολο	8.4	7.3	6.8	4.3	4.3	5.3	7.6	7.2	4.7	3.5	4.7	7.1	71.3

Εικόνα 4.94 : Εκπομπές CO₂ κτιρίου αναφοράς νέας πτέρυγας κτιρίου Φυσικής



Εικόνα 4.95 : Ραβδόγραμμα εκπομπών CO₂ νέας πτέρυγας και κτιρίου αναφοράς νέας πτέρυγας



Εικόνα 4.96 : Ραβδόγραμμα Συνολικών εκπομπών CO₂ κτιρίου Φυσικής και κτιρίου αναφοράς

Σύμφωνα με το EPA-Nr οι συνολικές εκπομπή CO₂ στην ατμόσφαιρα, ενός σημαντικού αερίου του θερμοκηπίου, ανέρχεται σε 75.95 Kg/year/m². Αν πληρούσε τις ελάχιστες προδιαγραφές του κτιρίου αναφοράς, θα συμμετείχε κατά 64.2 Kg/year/m² σε εκπομπές CO₂. Παράγει και εκπέμπει επομένως 15.5% περισσότερο CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Κεφάλαιο 5

Προτάσεις εξοικονόμησης Ενέργειας

5.1 Επεμβάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας

Κέλυφος ονομάζεται το σύνολο των διαφανών και αδιαφανών στοιχείων τα οποία καθορίζουν το εξωτερικό περίγραμμα του κτιρίου. Ο τρόπος της κατασκευής του κτιρίου καθορίζει τη θερμική και κατ' επέκταση την ενεργειακή του συμπεριφορά. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του κελύφους τόσο περισσότερη θερμική ενέργεια χάνει το κτίριο. Η θερμική ενέργεια που χάνεται περιορίζεται με τη χρήση θερμομονωτικών υλικών (υλικά που έχουν μεγάλη θερμική αντίσταση) και την χρήση κατάλληλων υαλοπινάκων.

Ενέργεια ανταλλάσσεται συνεχώς μεταξύ των χώρων που διαχωρίζει το κέλυφος. Θερμικές απώλειες προκαλούνται σε ένα κτίριο από τη μετάδοση της θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή και αντίστροφα. Το χειμώνα που οι χώροι του κτιρίου είναι θερμαινόμενοι προκαλείται μία συνεχής ροή θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου προς το περιβάλλον και το καλοκαίρι αντίστροφα, από τον εξωτερικό θερμό αέρα προς το δροσερότερο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να διακοπεί. Μπορεί μόνο να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκειά της. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή επεμβάσεων στο κέλυφος του κτιρίου, ώστε να μειωθεί η ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τις επιφάνειες (τοιχοί, στέγες, πατώματα, κουφώματα).

Επιπλέον απώλεια αποτελεί η θερμότητα που διαφεύγει από τις ατέλειες του περιβλήματος. Όμως αν επιδιώξουμε φράξιμο των χαραμάδων και περιορισμό της αθέλητης διείσδυσης του αέρα δε θα πρέπει να εμποδίζεται ο απαραίτητος αερισμός της κατοικίας. Για την υγεία των χρηστών, είναι απαραίτητο να ανανεώνεται ο αέρας που βρίσκεται στο εσωτερικό της. Όταν δεν υπάρχει επαρκής αερισμός του κτιρίου, η αυξημένη μόνωση του κελύφους πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς, επιβαρύνει τη θερμική λειτουργία του το καλοκαίρι, καθώς εμποδίζει την «αποφόρτιση» του κτιρίου από τη συσσωρευμένη θερμότητα.

Όταν ένα στοιχείο του κτιριακού κελύφους εμφανίζει υψηλές απώλειες λόγω μειωμένης ή ολοκληρωτικής απουσίας μόνωσης μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτική η προσθήκη αυτής με στόχο τη μείωση των απωλειών λόγω μετάδοσης. Ο υπολογισμός της εξοικονόμησης ενέργειας που προκύπτει από μια τέτοια επέμβαση απαιτεί λεπτομερή προσομοίωση ώστε να ληφθούν υπόψη οι επιδράσεις της θερμικής μάζας του κτιρίου ή και του συστήματος κλιματισμού. Εάν το κτίριο θερμαίνεται και ψύχεται ταυτόχρονα, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της προσθήκης μόνωσης στο κτιριακό κέλυφος υπολογίζεται αθροίζοντας τα ενεργειακά κέρδη λόγω της μείωσης στη θέρμανση και αυτά λόγω της μείωσης στη ψύξη.

Για τον υπολογισμό της θερμομόνωσης δεν ενδιαφέρουν οι επιφανειακές θερμοκρασίες ενός δομικού στοιχείου, αλλά η θερμοκρασία αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου (θερμοκρασία θέρμανσης) και η εξωτερική θερμοκρασία (ατμοσφαιρική θερμοκρασία). Η θερμοκρασία στην εσωτερική επιφάνεια ενός δομικού στοιχείου μόνο υπό ειδικές συνθήκες ταυτίζεται με τη θερμοκρασία αέρα του εσωτερικού χώρου. Το ίδιο ισχύει και για τη θερμοκρασία των εξωτερικών επιφανειών.

Η θερμική προστασία του κελύφους είναι βασική προϋπόθεση για τη σωστή θερμική συμπεριφορά οποιουδήποτε κτιρίου. Η θερμομόνωση αποτελεί βασική αρχή θερμικής προστασίας, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος και συνίσταται από ένα σύνολο κατασκευαστικών-δομικών στοιχείων (υλικών και συστημάτων). Συνδέεται άμεσα με το κόστος

κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων. Η θερμική αντίσταση και συνεπώς η θερμομονωτική ικανότητα του κάθε δομικού στοιχείου εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού και αυξάνεται με το πάχος του. Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν την αγωγή θερμότητας από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον (αντίστροφα το καλοκαίρι) επειδή περιέχουν ακίνητο αέρα παγιδευμένο είτε σε ίνες (π.χ. υαλοβάμβακας) είτε σε κλειστές κυψελίδες (π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη).

Συνιστάται τα θερμομονωτικά υλικά να τοποθετούνται εξωτερικά ή ενδιάμεσα στις τοιχοποιίες, οροφές και δάπεδα, έτσι ώστε να μην αδρανοποιείται η θερμική μάζα (θερμοχωρητικότητα) του κελύφους. Η τοποθέτησή της όμως εξαρτάται από τεχνικοοικονομικούς παράγοντες, αλλά και από τη χρήση (ωράριο λειτουργίας) των χώρων. Η κακή ποιότητα των κατασκευών στα κτίρια συντελεί στο να υπάρχουν αυξημένες ανάγκες για θέρμανση. Τα περισσότερα ευπαθή σημεία ενός κελύφους που έχουν ανάγκη από θερμική προστασία, είναι οι επικαλύψεις (δώματα και στέγες) στην εξωτερική τοιχοποιία, το δάπεδο του υπογείου, η οροφή της πιλοτής και τα εξωτερικά κουφώματα.

Ένα προσεκτικά μονωμένο κτίριο με την απαιτούμενη από τους ισχύοντες κανονισμούς θερμομόνωση, καλύπτει τις ανάγκες ενός σωστά σχεδιασμένου από ενεργειακή άποψη κτιρίου, αρκεί να προσεχθεί η μόνωση όλων των δομικών στοιχείων ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες (χωρίς μόνωση ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχεία του κελύφους), οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν «ευαίσθητα» σημεία στο κτίριο, ακόμα και συμπύκνωση υδρατμών. Οι βασικές αρχές της θερμομόνωσης από τις οποίες εξαρτάται η μελέτη και η σωστή εφαρμογή της σε ένα κτίριο είναι:

- Η θερμομονωτική ικανότητα, δηλαδή η αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\lambda$) των στοιχείων κατασκευής.
- Ο βαθμός διαπερατότητας του αέρα των στοιχείων κατασκευής.
- Η θερμοχωρητικότητα των στοιχείων κατασκευής.
- Οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας.
- Οι απαιτήσεις θερμομόνωσης που επιβάλλει ο Κανονισμός Θερμομόνωσης.

Από την άποψη της δομικής φυσικής, η τοποθέτηση της θερμομόνωσης στο εσωτερικό του κελύφους δεν ενδείκνυται σε κτίρια συνεχούς χρήσης, επειδή μειώνεται η θερμική μάζα του κτιρίου. Παράλληλα είναι δύσκολο να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα των θερμογεφυρών σε προβόλους, δοκούς και στις επαφές κάθετων οριζόντιων δομικών στοιχείων. Κατασκευαστικά προκύπτουν δυσκολίες εξαιτίας της απαιτούμενης αποξήλωσης και επανατοποθέτησης υδραυλικών και ηλεκτρολογικών παροχών, έστω και μικρή, μείωση του ωφέλιμου εμβαδού των διαμερισμάτων τους. Για τους λόγους αυτούς η λύση της εσωτερικής θερμομόνωσης εφαρμόζεται κυρίως σε διατηρητέα κτίρια, στα οποία δεν επιτρέπεται η παρέμβαση στην αρχιτεκτονική μορφολογία των όψεων.

Πρόταση 1^η : Θερμομόνωση τοιχοποιίας

Ένας από τους αποδοτικότερους τρόπους μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂ είναι η θερμομόνωση των κτιρίων. Η θερμομόνωση επηρεάζει σημαντικά την ανθεκτικότητα ενός κτιρίου, περιορίζοντας τις φθορές που αυτό υφίσταται από τη θερμότητα και την υγρασία. Επιπλέον επιδρά καταλυτικά στη βελτίωση της εσωτερικής ατμόσφαιρας, επιτρέποντας την άνετη διαβίωση.

Τα συνηθισμένα θερμομονωτικά υλικά τοιχοποιίας είναι η εξηλασμένη ή διογκωμένη πολυστερίνη, ο υαλοβάμβακας, η πολυουρεθάνη, ο περλίτης, ο πετροβάμβακας, ο φελλός, το PVC, το κυψελωτό σκυρόδεμα, τα θερμομονωτικά τούβλα και το αφρώδες γυαλί. Μία κατασκευή πρέπει να έχει σωστή θερμομόνωση περιμετρικά και από τα θεμέλια μέχρι τη στέγη δηλαδή σε όλες εκείνες τις επιφάνειες από τις οποίες είναι δυνατό να διαφύγει θερμική ενέργεια.

Οι βασικοί τρόποι θερμομόνωσης των τοίχων γίνεται με τέσσερις τρόπους.

- Στο εσωτερικό της επιφάνειας.
- στο εξωτερικό.
- στον πυρήνα (διάκενο).
- με χρήση θερμομονωτικών τούβλων.

Κάθε τεχνική έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της, όμως κάθε περίπτωση πρέπει να παρέχει επαρκή θερμική αντίσταση έτσι ώστε να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης, να παρέχει ένα συνεχές θερμομονωτικό στρώμα χωρίς θερμογέφυρες, να μην επιτρέπει τη διείσδυση του νερού και να παρέχει και μία ελάχιστη προστασία από τον θόρυβο.

Η μέθοδος εξωτερικής θερμομόνωσης ενός κτιρίου, η οποία αποκαλείται και θερμοπρόσοψη, εφαρμόζεται στην εξωτερική του πλευρά και αποτελείται από ειδικό θερμομονωτικό υλικό. Το πιο συνηθισμένο υλικό θερμομόνωσης είναι η πολυστερίνη, στις εξής δύο μορφές, διογκωμένη (EPS) και εξηλασμένη (XPS) πολυστερίνη καθώς και ο υαλοβάμβακας. Στον ελλαδικό χώρο το 80% της θερμομόνωσης το διακατέχει η εξηλασμένη πολυστερίνη, ενώ το υπόλοιπο 20% τα ινώδη (όπως ο υαλοβάμβακας) και το φελιζόλ.

Δύο άλλα θερμομονωτικά υλικά που έχουν κάνει την εμφάνισή τους στην ελληνική αγορά είναι ο θερμομονωτικός σοβάς αλλά και ειδικά χρώματα με θερμομονωτικές ιδιότητες!

Ο θερμομονωτικός σοβάς είναι ένα προϊόν φιλικό προς το περιβάλλον που παράλληλα εμφανίζει εξαιρετική σταθερότητα στη πάροδο του χρόνου. Παρουσιάζει εξαιρετικά χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,058 [W/mK]$, αλλά και πολύ μικρή αντίσταση στη διάχυση υδρατμών ($\mu = 9$). Εξασφαλίζει πολύ καλή ενεργειακή συμπεριφορά της κατασκευής, παθητικό αερισμό και συνθήκες διαβίωσης. Θεωρείται καλή επιλογή για προσόψεις, καθώς έχει θλιπτική αντοχή $1,16 N/mm^2$. Τέλος, ο θερμομονωτικός σοβάς είναι μια πολύ συμφέρουσα λύση για εξωτερική μόνωση.

Τα ψυχρά ή θερμομονωτικά ή θερμοανακλαστικά χρώματα είναι χρώματα που αντανακλούν το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας που μεταδίδεται με την ηλιακή ακτινοβολία. Το ποσοστό αυτό φθάνει στο 93% για τα καλύτερα από τα συναφή προϊόντα. Έτσι μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση κόστους για κλιματισμό κατά τους θερινούς μήνες. Ένα ψυχρό χρώμα μπορεί να ρίξει την εσωτερική θερμοκρασία κατά την διάρκεια των ζεστών μηνών έως και $4^{\circ}C$, πράγμα ιδιαίτερα σημαντικό από ενεργειακής άποψης.

Η διογκωμένη πολυστερίνη ή εν συντομία EPS είναι ένα ελαφρύ, άκαμπτο, πλαστικό και αφρώδες, υλικό που παράγεται από συμπαιγείς σταγόνες πολυστυρολίου. Είναι οικονομική, εύχρηστη, ευέλικτη, ανθεκτική στην υγρασία και περιβαλλοντικά ασφαλής. Παράγεται από τη διάλυση πεντανίου σε ένα υλικό που έχει ως βάση την πολυστερίνη και το οποίο όταν θερμανθεί με ατμό, παράγει τέλεια κλειστές σφαιρικές κυψέλες EPS. Η διαστολή επιτυγχάνεται λόγω των μικρών ποσοτήτων πεντανίου αερίου που απελευθερώνονται μέσα στο πολυστυρόλιο κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Το αέριο διαστέλλεται με την ενέργεια της θερμότητας που χρησιμοποιείται σε μορφή ατμού και σχηματίζει ερμητικά κλειστές κυψέλες EPS. Αυτές οι κυψέλες καταλαμβάνουν περίπου 40 φορές τον όγκο της αρχικής σταγόνας της πολυστερίνης. Στη συνέχεια οι κυψέλες EPS τοποθετούνται μέσα σε κατάλληλες φόρμες (καλούπια) που είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να παράγουν διάφορα προϊόντα όπως μονωτικές σανίδες, πρίσματα, κορνίζες ή σε διάφορες άλλες μορφές για τις κατασκευές και την βιομηχανία συσκευασίας.

Η εξηλασμένη Πολυστερίνη (Εικόνα 5.1), ή αλλιώς αφρώδες εξηλασμένο πολυστυρένιο είναι ένα από τα πιο αποτελεσματικά θερμομονωτικά προϊόντα. Είναι ένα τυποποιημένο μονωτικό προϊόν το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως και με επιτυχία σε αρκετές χώρες, σε εφαρμογές εξωτερικής επίχρησης, εδώ και δεκαετίες. Για το XPS έχουν εκδοθεί αρκετές ευρωπαϊκές τεχνικές εγκρίσεις, κυρίως για συστήματα ETICS. Το XPS παράγεται μέσω της διαδικασίας συνεχούς εξέλασης: κόκκοι πολυστυρενίου χωρίς διογκωτικά τήκονται σε εξηλαστήρα, ενώ το διογκωτικό μέσο εγχύεται υπό συνθήκες υψηλής πίεσης στο εσωτερικό του εξηλαστήρα, όπου και διαλύεται μέσα στο τήγμα πολυστυρενίου. Το τήγμα με το διογκωτικό μέσο εξέρχεται από τον εξηλαστήρα μέσω ενός επίπεδου καλουπιού διαμόρφωσης. Η διόγκωση του μέσου προκαλεί την αφροποίηση του πολυστυρενίου μέσα σε μια πλάκα διαμόρφωσης με ομοιογενή δομή κλειστών κυψελών. Οι διάφοροι τύποι επίπεδου καλουπιού επιτρέπουν ένα πάχος πλάκας από 20 mm έως 200 mm. Αφού η πλάκα περάσει μέσα από τη ζώνη ψύξης, τα άκρα της διαμορφώνονται μέσω κοπής. Η μαλακή αφρώδης «επιδερμίδα» που προκύπτει από τη διαδικασία εξέλασης διατηρείται πάνω στις πλάκες ή αφαιρείται μηχανικά για την κατασκευή πλακών ειδικού τύπου με βελτιωμένη αντοχή πρόσφυσης, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό, για παράδειγμα, με σκυρόδεμα, κονίαμα ή δομικές συγκολλητικές ουσίες.



Εικόνα 5.1 : Εξηλασμένη πολυστερίνη (πηγή : www.diamorfosihoron.gr)

Το βασικό χαρακτηριστικό για το οποίο προτιμάται η χρήση εξηλασμένης αντί για διογκωμένη πολυστερίνη είναι οι κλειστοί πόροι και η έλλειψη απορρόφησης νερού, κάτι που κάνει την εξηλασμένη πολυστερίνη κατάλληλη για εφαρμογές σε υψηλή υγρασία.

Ο υαλοβάμβακας είναι ινώδες μονωτικό υλικό που χρησιμοποιείται ευρέως στην οικοδομή, τη βιομηχανία, τη ναυτιλία σε μορφή λαναρισμένου μαλλιού για μόνωση αλλά και για την ενίσχυση πλαστικών. Τα προϊόντα υαλοβάμβακα παράγονται σε τυποποιημένες μορφές, πυκνότητες και διαστάσεις (πλάκες, παπλώματα, κοχύλια) χωρίς επικαλύψεις ή με επικάλυψη όπως ενισχυμένο αλουμινόφυλλο, υαλοπίλημα, χαρτί.

Πετροβάμβακας ονομάζεται ένα ινώδες μονωτικό υλικό το οποίο χρησιμοποιείται στις οικοδομές αλλά και σε τεχνικές εφαρμογές. Ο πετροβάμβακας αποτελείται από ίνες οξειδίου πυριτίου - αλουμινίου και έχει θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες. Είναι άκαυστος και παράγεται με τήξη πετρωμάτων στους 1550-1600°C. Με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων παίρνει τη μορφή ινών με διάμετρο 6-20 μm . Ο πετροβάμβακας έχει θερμομονωτικές, ηχομονωτικές ιδιότητες καθώς επίσης και αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Αν και οι ίνες αυτές καθαυτές είναι αγωγοί της θερμότητας, ο συνδυασμός τους στον πετροβάμβακα περιέχει τόσο μεγάλο ποσοστό ελεύθερου χώρου (αέρα) που ακόμη και όταν συμπιέζονται σε ρολά ή σε πλάκες, ο πετροβάμβακας έχει εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες. Τα προϊόντα πετροβάμβακα έχουν συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ) μεταξύ 0,03 και 0,04 W/mK σε θερμοκρασία περιβάλλοντος καθώς επίσης και ηχομονωτικές ιδιότητες (σε αντίθεση με άλλα οικοδομικά θερμομονωτικά υλικά που δεν έχουν τόσο καλές ηχομονωτικές ιδιότητες όπως η εξηλασμένη και η διογκωμένη πολυστερίνη). Οι πετροβάμβακες δεν ελκύουν τα τρωκτικά. Αφήνουν την υγρασία να περάσει μέσα τους (στεγνώνουν εύκολα) και δεν αναπτύσσουν μούχλα, εκτός αν παραμείνουν σε υγρό περιβάλλον. Είναι άκαυστος και μπορεί να αντέξει σε θερμοκρασία μέχρι 1000°C. Λόγω της ιδιότητάς του αυτής ο πετροβάμβακας χρησιμοποιείται σε διατάξεις πυροπροστασίας. Αν υποβληθεί σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 1000 °C δεν καίγεται, αλλά αρχίζει και λιώνει. Η κυριότερη χρήση του πετροβάμβακα είναι σαν μονωτικό υλικό στις οικοδομές, αλλά χρησιμοποιείται και σε βιομηχανικές εφαρμογές. Μια σημαντική εφαρμογή είναι στη ναυπηγική βιομηχανία. Χρησιμοποιείται επίσης ως υπόστρωμα σε υδροπονικές εφαρμογές.

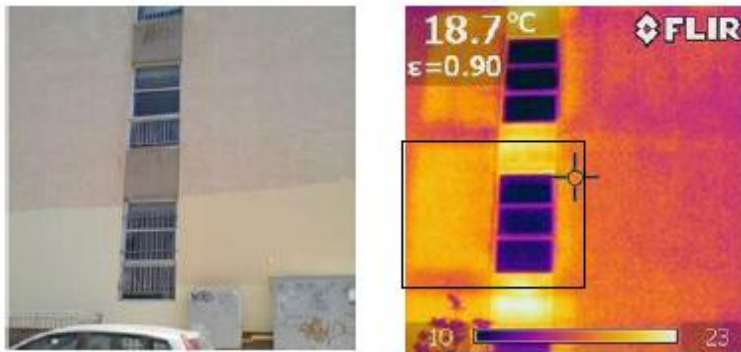
Σημειώνεται ότι στο κτίριο Φυσικής απουσιάζει εντελώς η μονωτική στρώση. Ως εκ τούτου προβλήματα θερμογεφυρών και υγρασίας παρουσιάζονται σε όλο το εξωτερικό κέλυφος της κατασκευής. Όπως είναι αναμενόμενο η καινούρια πτέρυγα παρουσιάζει μικρότερα προβλήματα απωλειών θερμότητας και υγρασίας σε σχέση με την παλαιά πτέρυγα. Σε πολλές περιπτώσεις στην εξωτερική τοιχοποιία παρατηρείται μια περιοχή που είναι θερμότερη από τις υπόλοιπες. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί σε διαφορετικό υλικό κατασκευής. Όπως φαίνεται επίσης στην παρακάτω φωτογραφία, υγρασία παρατηρείται σε όλους σχεδόν τοίχους της κατασκευής. Αυτό οφείλεται στην απουσία μόνωσης που αφήνει το νερό να εισχωρήσει στην τοιχοποιία και να δημιουργήσει σε αρκετές περιπτώσεις μούχλα (Εικόνα 5.2).



Εικόνα 5.2 : Παράδειγμα απουσίας μόνωσης και ανάπτυξης μούχλας σε εξωτερική τοιχοποιία

Ενδεικτικά θα εξετάσουμε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις θερμομόνωσης εξωτερικής τοιχοποιίας. Η επιλογή της εξωτερικής τοιχοποιίας έναντι της εσωτερικής, έγινε ώστε να μην έχουμε μείωση του ωφέλιμου χώρου χρήσης. Θα εξετάσουμε τι θα άλλαζε στην ενεργειακή συμπεριφορά στην περίπτωση που η εξωτερική τοιχοποιία είχε επιπλέον ένα στρώμα:

- 3cm εξηλασμένης πολυστερίνης.
- 5cm εξηλασμένης πολυστερίνης.
- 3cm υαλοβάμβακα.
- 5cm πετροβάμβακα.



Εικόνα 5.3 : Κουφώματα που έχουν κλείσει-μετατραπεί σε τοιχοποιία (χώρος 001)

Όπως προαναφέρθηκε, η αντίσταση που προβάλλει μια ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από το γενικό τύπο:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

όπου όπως προαναφέραμε d : είναι το πάχος της στρώσης

λ : είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του αντίστοιχου υλικού της στρώσης

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής (R_{ss}) και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη σχέση:

$$R_{ss} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_j$$

Είναι σαφές επομένως πως για κάθε διαφορετική περίπτωση μόνωσης, θα έχουμε και διαφορετικές αντιστάσεις (Πίνακας 5.4).

Υλικό	d (m)	λ (K/mK)	R (Km ² /W)
πολυστερίνης	0.03	0.033	0.909
πολυστερίνης	0.05	0.033	1.515
υαλοβάμβακα	0.03	0.027	1.111
πετροβάμβακας	0.05	0.035	1.429

Εικόνα 5.4 : θερμομονωτικά υλικά-προσθήκες και θερμικές αντιστάσεις

Επομένως θα αλλάξουν οι παράλληλες αντιστάσεις και κατ' επέκταση και οι συντελεστές θερμοπερατότητας (Εικόνα 5.5) Οι υπολογισμοί γίνονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και έχουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα.

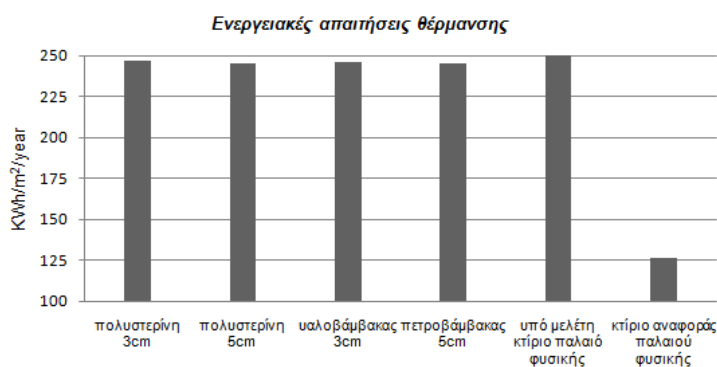
	Προσανατολισμός	Επιφάνεια (m ²)	U (W/m ² K)	U1 (W/m ² K)	U2 (W/m ² K)	U3 (W/m ² K)	U4 (W/m ² K)
Γραφεία	Βοράς	693.6	1.43	0.63	0.46	0.54	0.51
	Νότος	280.2	1.45	0.64	0.46	0.55	0.52
	Ανατολικά	38.5	1.55	0.68	0.50	0.59	0.56
	Δυτικά	20.1	1.35	0.59	0.43	0.51	0.49
	Οροφή	495.2	2.34	1.03	0.75	0.89	0.84
Εργαστήρια	Βοράς	540.8	1.52	0.67	0.49	0.58	0.55
	Νότος	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Ανατολικά	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Δυτικά	136.7	2.01	0.88	0.64	0.76	0.72
	Οροφή	194.8	2.04	0.90	0.65	0.78	0.73
Χώροι κίνησης / Κοινόχρηστοι	Βοράς	9.3	1.54	0.68	0.49	0.59	0.55
	Νότος	125.7	1.51	0.66	0.48	0.57	0.54
	Ανατολικά	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Δυτικά	24.7	1.5	0.66	0.48	0.57	0.54
	οροφή	251.7	2.04	0.90	0.65	0.78	0.73
Αμφιθέατρα	Βόρια	61.9	1.36	0.60	0.44	0.52	0.49
	Νότια	64.2	1.47	0.65	0.47	0.56	0.53
	Ανατολικά	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Δυτικά	32.4	1.18	0.52	0.38	0.45	0.42
	Οροφή	169.3	2.04	0.90	0.65	0.78	0.73
	Δάπεδο	17.9	2	0.88	0.64	0.76	0.72
Βοηθητικοί χώροι	Βόρια	17.1	1.82	0.80	0.58	0.69	0.66
	Νότια	28.9	1.42	0.62	0.45	0.54	0.51
	Ανατολικά	13.1	1.23	0.54	0.39	0.47	0.44
	Δυτικά	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Οροφή	41.2	2.04	0.90	0.65	0.78	0.73

Χώροι κίνησης / Κοινόχρηστοι	Βόρεια	3.8	1.26	0.55	0.40	0.48	0.45
	Νότια	0.9	1.26	0.55	0.40	0.48	0.45
	Ανατολικά	4.6	1.82	0.80	0.58	0.69	0.66
	Δυτικά	12.8	2	0.88	0.64	0.76	0.72
Εργαστήρια	Βόρεια	77.4	1.18	0.52	0.38	0.45	0.42
	Νότια	20.9	1.6	0.70	0.51	0.61	0.58
	Ανατολικά	53.1	1.14	0.50	0.36	0.43	0.41
	Δυτικά	32.3	1.24	0.55	0.40	0.47	0.45
Βοηθητικοί χώροι	Βόρεια	26.1	1.37	0.60	0.44	0.52	0.49
	Νότια	3.9	1.26	0.55	0.40	0.48	0.45
	Ανατολικά	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Δυτικά	4.6	2.44	1.07	0.78	0.93	0.88

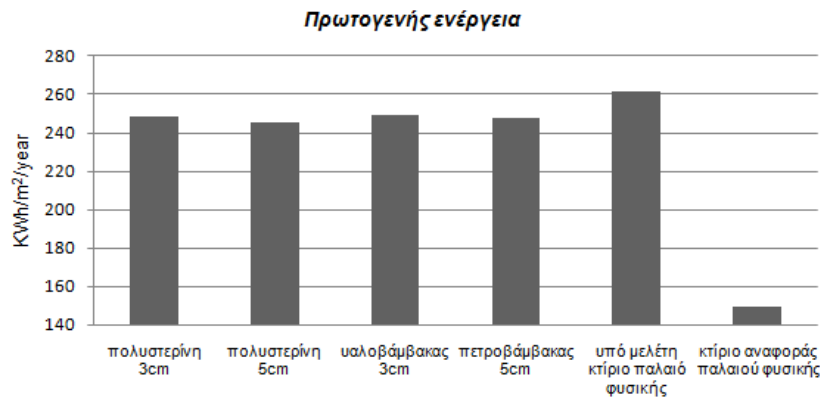
Εικόνα 5.5 : Συντελεστές θερμοπερατότητας για τις θερμαινόμενες και μη θερμαινόμενες ζώνες της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής για τις περιπτώσεις προσθήκης πολυστερίνης 3cm, πολυστερίνης 5cm, υαλοβάμβακα 3cm και πετροβάμβακα 5cm (U1 , U2 , U3 και U4 αντίστοιχα σε W/m²*K)

Υπό μελέτη περίπτωση	ενεργειακές απαιτήσεις για Θέρμανση (KWh/m ²)	ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη (KWh/m ²)	πρωτογενής ενέργεια (KWh/m ²)	εκπομπές CO2 (kg/year/m ²)
πολυστερίνη 3cm	246.5	37.96	248.31	69.8
πολυστερίνη 5cm	244.97	36.07	245.77	69
υαλοβάμβακας 3cm	246.28	38.86	249.05	70.1
πετροβάμβακας 5cm	245.42	36.74	247.37	69.6
υπό μελέτη κτίριο παλαιό Φυσικής	253.58	46.96	261.21	74
κτίριο αναφοράς παλαιού Φυσικής	126.17	114.52	149.74	57.1

Εικόνα 5.6 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα περιπτώσεις προσθήκης πολυστερίνης 3cm , πολυστερίνης 5cm , υαλοβάμβακα 3cm και πετροβάμβακα 5cm σε συσχέτιση με την υπό μελέτη περίπτωση και το κτίριο αναφοράς.

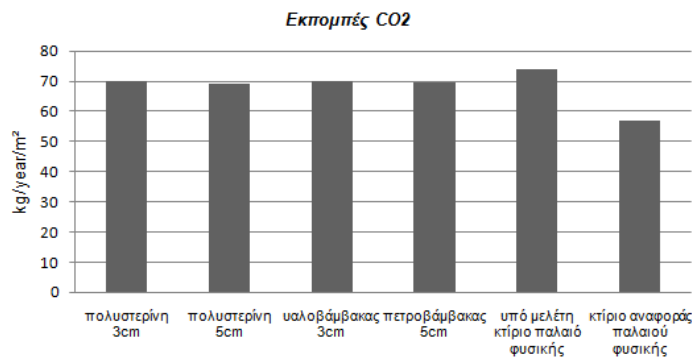


Εικόνα 5.7 : Ενεργειακές απαιτήσεις θέρμανσης παλαιάς πτέρυγας Φυσικής για τις περιπτώσεις προσθήκης πολυστερίνης 3cm , πολυστερίνης 5cm , υαλοβάμβακα 3cm και πετροβάμβακα 5cm



Εικόνα 5.8 : Χρήση πρωτογενούς ενέργειας για τις τέσσερις παραπάνω περιπτώσεις προσθήκης θερμομονωτικών υλικών στην εξωτερική τοιχοποιία και στην οροφή

Στα παραπάνω διαγράμματα εύκολα διακρίνονται οι διαφορές που θα είχαμε στις ενεργειακές απαιτήσεις του υπό εξέταση κτιρίου σε θέρμανση αλλά και στη πρωτογενή ενέργεια συνολικά. Στα διαγράμματα 5.8 και 5.9 επίσης αναγράφεται τόσο η υπό εξέταση περίπτωση, όσο και η αρχική κατάσταση. Από τα διαγράμματα παρατηρούμε πράγματι το αναμενόμενο. Όσο μικρότερο συντελεστή θερμοπερατότητας έχουμε, τόσο καλύτερη θα είναι και η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό από το ραβδόγραμμα την καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά έχουμε όταν χρησιμοποιούμε μόνωση πολυστερίνης πάχους 5 cm.



Εικόνα 5.9 : Εκπομπές CO₂ για τις τέσσερις παραπάνω περιπτώσεις προσθήκης θερμομονωτικών υλικών στην εξωτερική τοιχοποιία και στην οροφή

Στην ψύξη στην περίπτωση χρήσης πολυστερίνης πάχους 5 cm οι διαφορές είναι θεαματικές καθώς οι μειώσεις ξεπερνούν το 20% (περίπου 23.2%). Στη θέρμανση ωστόσο η ποσοστιαία μείωση είναι πολύ μικρότερη (περίπου 3,4%) σε σχέση με την απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη κατά τη θερινή περίοδο. Με τη χρήση πολυστερίνης 5 cm οι συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις πρωτογενούς ενέργειας μειώνονται κατά 5.91%. Ωστόσο, παρά τη ποσοστιαία αυτή μείωση το κτίριο της παλαιάς πτέρυγας του Φυσικής εξακολουθεί και κατατάσσεται στην Ενεργειακή Κατηγορία Δ.

$$T = \frac{EP_{\text{παλαιάς πτέρυγας}}}{R_{R\text{παλαιάς πτέρυγας}}} = \frac{245.77}{169.74} \approx 1.44$$

Το συνολικό κόστος για τα υλικά και την εγκατάσταση της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι περίπου 30 €/m². Η συνολική εξωτερική επιφάνεια της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής είναι 3498 m². Επομένως το κόστος επέμβασης εκτιμάται στα 105.000 €.

5.2 Πρόταση 2^η : Αντικατάσταση κουφωμάτων

Το μεγαλύτερο μέρος των θερμικών απωλειών στα κτίρια οφείλεται στα ανοίγματα. Λόγω της κακής ποιότητας και της παλαιότητας της κατασκευής των παραθύρων αλλά και των θυρών υπάρχει μεγάλη διείσδυση του αέρα κατά τη χειμερινή περίοδο αλλά και θερμότητας κατά τη θερινή περίοδο. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων, ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων. Τα παράθυρα αυτά θα πρέπει να έχουν υαλοπίνακες και κουφώματα με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες. Επί πλέον, θα πρέπει να είναι αεροστεγανά, ώστε να εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας από χαραμάδες, οι οποίες μπορεί να επιφέρουν σημαντικές απώλειες θερμότητας, όπως παρατηρείται σε παλαιά κτίρια ή κτίρια κακής κατασκευής. Στην Ελλάδα, από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979 είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού. Για τα παλαιά κτίρια, κτισμένα εν γένει πριν το 1979, όπως συμβαίνει με τη παλαιά πτέρυγα του κτιρίου Φυσικής, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων, αποτελεί μια σημαντική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας.

Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά με διπλά τζάμια, αν και έχει κάποιο κόστος, μπορεί να ανατρέψει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, με πολλαπλά οφέλη, ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά. Μέχρι και πριν από 15 χρόνια οι σύνηθες κατασκευές κουφωμάτων ήταν:

- Ξύλινα ανοιγόμενα κουφώματα.
- Συρόμενα αλουμινίου.
- Ανοιγόμενα αλουμινίου.

Η τεχνολογία και οι τεχνικές γνώσεις εκείνης της εποχής, δημιούργησαν κουφώματα τα οποία δεν ανταποκρίνονται στις σύγχρονες ανάγκες θερμομόνωσης και ηχομόνωσης. Τα προς αντικατάσταση κουφώματα έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία από τη φύση τους δημιουργούν έντονη την ανάγκη της αντικατάστασης.

Τα ξύλινα κουφώματα κατασκευάζονταν από ογκώδη προφίλ κάσας και φύλλων. Για το λόγο αυτό, η επιφάνεια υάλωσης και κατά συνέπεια και η επιφάνεια θέασης και φωτισμού είναι αναλογικά μικρές. Συνδέονται με εξαιρετικά ογκώδη κουτιά ρολού, τα οποία προεξέχουν στο εσωτερικό της κατοικίας. Τοποθετούνταν κατά τεκμήριο ως υάλωση, το απλό μονό τζάμι, με άμεση συνέπεια την εξάλειψη κάθε έννοιας θερμομόνωσης και ηχομόνωσης. Τέλος, οι απαιτήσεις συντήρησής τους είναι εξαιρετικά αυξημένες, επίπονες και δαπανηρές.

Τα συρόμενα συστήματα χρησιμοποιούσαν τις δεκαετίες 1970-1980 κατά κόρον ως υάλωση ένα απλό μονό τζάμι με άμεση συνέπεια την εξάλειψη κάθε έννοιας θερμομόνωσης και ηχομόνωσης. Στερούνταν σύγχρονων διατάξεων στεγάνωσης στο σημείο επαφής των γάντζων με αποτέλεσμα η στεγάνωση να είναι ουσιαστικά ανύπαρκτη. Τέλος, ήταν συστήματα χωρίς θερμοδιακοπή με αποτέλεσμα την πρακτικά ανύπαρκτη θερμομόνωση.

Τα ανοιγόμενα συστήματα της ίδιας εποχής, στερούνταν κεντρικού ελαστικού στεγάνωσης και λοιπών στεγανωτικών διατάξεων. Αντιμετώπιζαν το ίδιο θέμα με τα συρόμενα αναφορικά στην υάλωση και στα ζητήματα θερμομόνωσης και ηχομόνωσης.

Οι λόγοι επομένως που επιβάλλουν σήμερα την αντικατάσταση των παραπάνω κατηγοριών κουφωμάτων είναι:

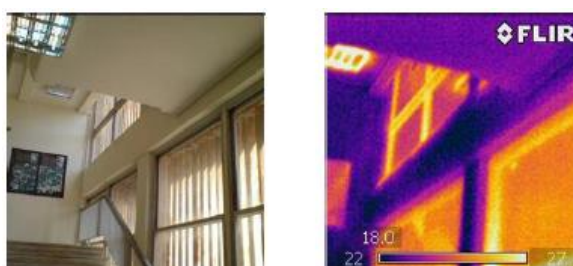
- Θερμομόνωση και εξοικονόμηση ενέργειας.
Η αντικατάσταση ενός μη θερμοδιακοπτόμενου με ένα θερμοδιακοπτόμενο κούφωμα έχει θεαματικές επιπτώσεις στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ένα θερμοδιακοπτόμενο κούφωμα ουσιαστικά απομονώνει το εσωτερικό από το εξωτερικό περιβάλλον, μη επιτρέποντας την μεταφορά θερμότητας. Με αυτό τον τρόπο, περιορίζεται η χρήση διατάξεων και συσκευών θέρμανσης και ψύξης. Τα αποτελέσματα είναι περισσότερο θεαματικά αν χρησιμοποιηθούν ανακλαστικοί υαλοπίνακες χαμηλής απορροφητικότητας με ειδικά αέρια στο διάκενο ανάμεσα στα δυο τζάμια.

- **Ηχομόνωση**
Οι σύγχρονες διατάξεις στεγάνωσης με κεντρικά και περιμετρικά ελαστικά σε συνάρτηση με διπλές υαλώσεις, έχουν τη δυνατότητα να εμποδίσουν την μεταφορά του ήχου από το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό της κατοικίας και το αντίστροφο.
- **Κατάλληλος φωτισμός**
Λόγω της ανάγκης για φυσικό φωτισμό στο εσωτερικό του κτιρίου σε κτίρια γραφείων και εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, οι διαφανείς όψεις αποτελούν πολύ σημαντικά στοιχεία που χρειάζονται μελέτη για τη σωστή επιλογή τους. Πολύ αξιόλογα είναι τα ανακλαστικά συστήματα υαλοπινάκων που μπορούν να εξασφαλίσουν συντελεστές θερμομόνωσης παρόμοιους με αυτούς των αδιαφανών στοιχείων κρατώντας ταυτόχρονα όμως τη φωτοδιαπερατότητα, και ανακλαστικότητα σε επιθυμητά για το φυσικό φωτισμό επίπεδα (αυτά τα συστήματα έχουν ενταχθεί ήδη στους κανονισμούς και εφαρμόζονται στις βόρειες χώρες). Οι υαλοπίνακες νέας τεχνολογίας με ειδική επεξεργασία, μπορούν να επιτρέπουν την είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας στο ορατό μέρος του φάσματος ώστε να εξασφαλίζουν επαρκή φυσικό φωτισμό ενώ ταυτόχρονα να περιορίζουν την υπερθέρμανση του χώρου από ηλιακά κέρδη.

Οι κύριες παράμετροι για την επιλογή κατάλληλων υαλοπινάκων είναι:

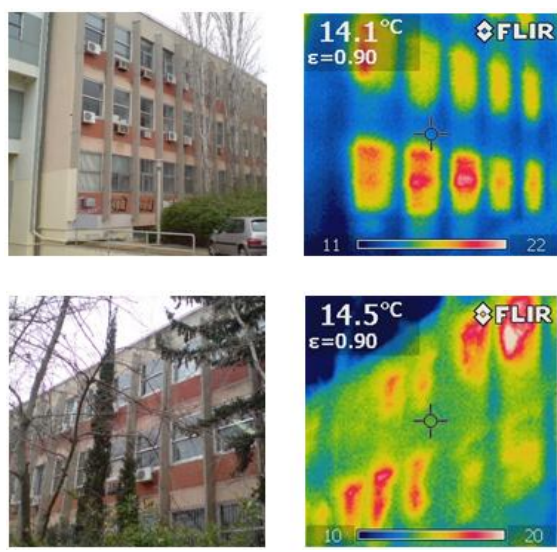
- **Συντελεστής θερμοπερατότητας U :** Η θερμική ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας, η οποία μεταδίδεται εντός/εκτός του κτιρίου και οφείλεται στη θερμοκρασιακή διαφορά ανά βαθμό (W/m^2K). Χαμηλές τιμές U εξασφαλίζουν σημαντική μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο.
- **Συντελεστής ηλιακής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

Οι βελτιώσεις στα παράθυρα, όπως είναι η τοποθέτηση υαλοπινάκων υψηλής απόδοσης, ταινιών και επιστρώσεων στα παράθυρα, επιφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας στα θερμικά και ψυκτικά φορτία του κτιρίου. Οι βελτιώσεις αυτές μπορούν να επηρεάσουν τόσο τη μεταφορά θερμότητας όσο και τα ηλιακά κέρδη. Εξάλλου, τα ενεργειακά αποδοτικά παράθυρα δημιουργούν πιο άνετο περιβάλλον, με ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασιών και καλή ποιότητα φωτισμού. Πιο συγκεκριμένα τα κουφώματα θα πρέπει να είναι αεροστεγανά και θα πρέπει να έχουν τζάμια και σκελετούς με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες ώστε να περιορίζουν τη διαφυγή θερμότητας. Η χρήση διπλών τζαμιών με ή χωρίς θερμομονωτικό αέριο στο διάκενο συνεισφέρει στην καλή θερμομόνωση αλλά και στην ηχομόνωση.



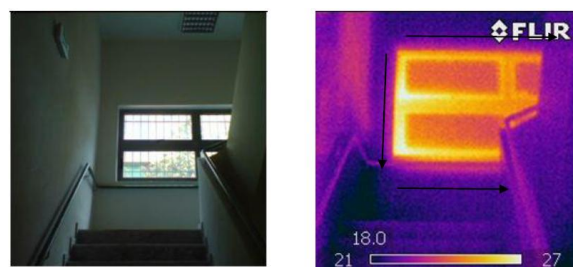
Εικόνα 5.10 : Απώλειες από μονό υαλοπίνακα (033)

Το κτίριο της Φυσικής διαθέτει μεγάλο αριθμό κουφωμάτων αλουμινίου με θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα και κουφώματα με μονό τζάμι. Σε όλους τους χώρους παρατηρείται ότι από τους υαλοπίνακες διαπερνά γρήγορα μεγάλο ποσό θερμότητας. Όπως φαίνεται στις σχετικές φωτογραφίες (Εικόνα 5.10/11/12) από τους υαλοπίνακες εξέρχεται πολύ μεγάλο ποσό θερμότητας σε σχέση με αυτό που εξέρχεται από την τοιχοποιία (π.χ. παρατηρούμε μια διαφορά θερμοκρασίας της τάξης των 5-7°C μεταξύ του εξωτερικού και εσωτερικού χώρου).



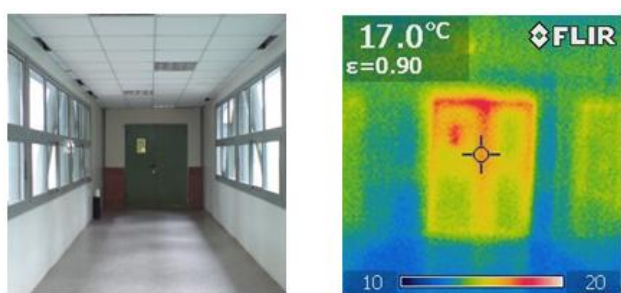
Εικόνα 5.11 και 5.12 : θερμική απεικόνιση βόρειας πλευράς παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής

Επομένως ο χώρος ψύχεται πιο δύσκολα το καλοκαίρι. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και όταν ο χώρος θερμαίνεται το χειμώνα. Τα υλικά του κελύφους δεν είναι σε θέση να συγκρατήσουν τη θερμότητα στο εσωτερικό της κατασκευής, αλλά υπάρχει διαρροή προς το εξωτερικό περιβάλλον και έτσι ο χώρος χρειάζεται μεγαλύτερο ποσό θερμότητας για να φτάσει την επιθυμητή θερμοκρασία.



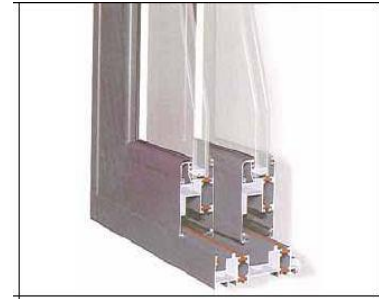
Εικόνα 5.13 : θερμική απεικόνιση κουφώματος παραθύρου

Τα κουφώματα των παραθύρων δεν είναι σχεδόν ποτέ εφικτό να εφαρμόσουν τέλεια με την τοιχοποιία λόγω των ανωμαλιών που δημιουργούνται κατά το κτίσιμο του τοίχου για αυτό παρατηρούνται απώλειες θερμότητας γύρω από τα παράθυρα. Αυτό οφείλεται όχι μόνο στη παλαιότητα των υαλοπινάκων αλλά και στο γεγονός ότι είναι απλοί χωρίς κανένα είδος επιπρόσθετης μόνωσης. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στις πόρτες του κτιρίου Φυσικής, όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα (Εικόνα 5.14) της πεζογέφυρας.



Εικόνα 5.14 : θερμική απεικόνιση εξωτερικής θύρας πεζογέφυρας νέας πτέρυγας κτιρίου Φυσικής

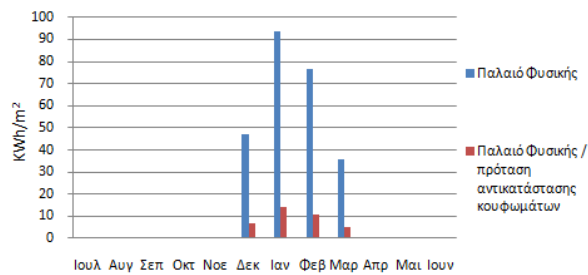
Εξετάζουμε εδώ την περίπτωση αντικατάστασης των κουφωμάτων με συρόμενα κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και χρήση διπλού υαλοπίνακα, διακένου 16 mm με αργό (Αr). Μία τέτοια επένδυση, έχει αρκετά μεγάλο κόστος, καθώς κοστίζει περίπου 300 €/m². Δεξιά στην εικόνα παρουσιάζεται ένα τυπικό δείγμα τέτοιου κουφώματος.



Με την αντικατάσταση των κουφωμάτων αλλάζει η παράμετρος U των κουφωμάτων, δηλαδή ο συντελεστής θερμοπερατότητας της επιφάνειας. Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας των νέων κουφωμάτων είναι 2.55 W/m²K. Επιπλέον αλλάζει ο συντελεστής διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία G_g της διαφανούς επιφάνειας, ο οποίος παίρνει την τιμή 0.75 για όλα τα παράθυρα.

+-1	Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
	Θέρμανση, kWh/m ²													
1	Μεταφορά	11.45	9.70	6.20	-2.31	-13.36	-23.09	-30.53	-30.06	-21.47	-10.26	-0.92	7.16	-97.50
2	Αερισμός	11.01	9.26	5.42	-3.61	-15.43	-25.75	-33.73	-33.22	-24.03	-12.12	-2.14	6.43	-117.90
3	Συνολικές απώλειες	22.46	18.95	11.62	-5.92	-28.78	-48.84	-64.26	-63.28	-45.50	-22.38	-3.06	13.59	-215.40
4	Ηλιακά κέρδη	6.35	7.18	9.96	12.42	16.06	17.15	18.23	16.78	12.82	9.90	7.63	6.22	140.70
5	Ηλιακός χώρος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Εσωτερικά θερμικά κέρδη	8.59	7.76	8.59	8.31	8.59	8.31	8.59	8.31	8.59	8.31	8.59	8.31	101.13
7	Συνολικά κέρδη	14.94	14.94	18.55	20.73	24.65	25.46	26.82	25.37	21.13	18.49	15.94	14.81	241.83
8	Ενεργειακές απαιτήσεις	13.87	10.96	4.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	6.95	36.92

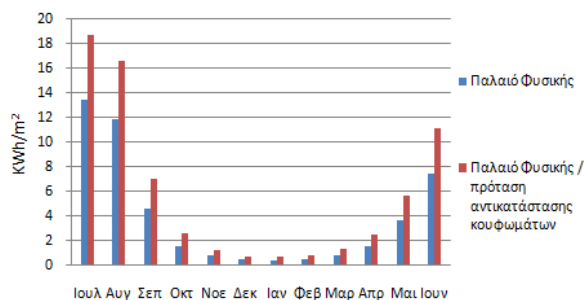
Εικόνα 5.15 : Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής / περίπτωση αντικατάστασης κουφωμάτων



Εικόνα 5.16 : Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής , πριν την αντικατάσταση κουφωμάτων και μετά

+-1	Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
	Ψύξη, kWh/m ²													
1	Μεταφορά	47.23	42.02	41.99	32.32	22.42	11.54	5.25	5.73	13.16	25.53	33.71	42.94	323.83
2	Αερισμός	51.52	45.85	45.93	35.59	25.08	13.45	6.78	7.29	15.17	28.39	37.07	46.94	359.07
3	Συνολικές απώλειες	98.75	87.86	87.91	67.91	47.51	25.00	12.03	13.02	28.33	53.91	70.77	89.88	682.89
4	Ηλιακά κέρδη	7.04	7.92	10.92	13.57	17.51	18.68	19.86	18.28	14.00	10.88	8.44	6.91	154.01
5	Ηλιακός χώρος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Εσωτερικά θερμικά κέρδη	8.59	7.76	8.59	8.31	8.59	8.31	8.59	8.31	8.59	8.31	8.59	8.31	101.13
7	Συνολικά κέρδη	15.63	15.68	19.51	21.88	26.10	27.00	28.45	26.87	22.31	19.47	16.75	15.50	255.14
8	Ενεργειακές απαιτήσεις	0.65	0.77	1.31	2.46	5.62	11.10	18.67	16.64	7.06	2.56	1.25	0.73	68.82

Εικόνα 5.17 : Ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής / περίπτωση αντικατάστασης κουφωμάτων



Εικόνα 5.18 : Σύγκριση ενεργειακών απαιτήσεων ψύξης παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής , πριν την αντικατάσταση κουφωμάτων και μετά

Τα συγκριτικά αποτελέσματα των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη, πριν την αντικατάσταση κουφωμάτων και μετά, φαίνονται στα παραπάνω διαγράμματα. Εντυπωσιακή είναι η μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων κατά τη περίοδο της θέρμανσης. Κατά την περίοδο της ψύξης όπως δείχνει το ραβδόγραμμα έχουμε αύξηση των απαιτήσεων σε δροσισμό με τα νέα κουφώματα. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί με την βοήθεια του τύπου υπολογισμού των απαιτήσεων ψύξης:

$$Q_{NC} = Q_{G,C} - \eta_{L,C} Q_{L,C}$$

Τα συνολικά κέρδη (ηλιακά και εσωτερικά θερμικά) παραμένουν τα ίδια σε όλες τις περιπτώσεις. Ωστόσο όσο βελτιώνουμε το κούφωμα μειώνουμε και τις συνολικές απώλειες (αερισμού και μεταφοράς). Άρα οι απαιτήσεις ψύξης με βάση τον παραπάνω τύπο αυξάνονται καθώς μειώνεται η θερμοπερατότητα του κούφωματος.

+/-	Ενεργειακές απαιτήσεις kWh/m ²	Υπό μελέτη κτίριο / Παλαιά πτέρυγα Φυσικής	Υπό μελέτη κτίριο / Παλαιά πτέρυγα Φυσικής / Πρόταση
1	Θέρμανση	253.58	36.92
2	Ψύξη	46.96	68.82
3	Υγρανση	0.00	0.00
4	Ζεστό νερό χρήσης	0.00	0.00
5			
6	Κατανάλωση ενέργειας		
7	Θέρμανση	132.03	19.22
8	- Συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών	0.00	0.00
9	Ψύξη	15.38	22.21
10	Υγρανση	0.00	0.00
11	Ζεστό νερό χρήσης	0.00	0.00
12	- Συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών	0.00	0.00
13	Φωτισμός	29.52	29.56
14	Βοηθητική ηλεκτρική ενέργεια	1.23	1.23
15	- Συνεισφορά φωτοβολταϊκών	0.00	0.00
16	Σύνολο	178.16	72.22
17			
18	Οικονομοτεχνική ανάλυση		
19	Ενεργειακό κόστος, Euro	36120.09	23132.92
20	Κόστος επένδυσης, Euro	0.00	0.00
21	Περίοδος αποπληρωμής, ετη	0.00	0.00

Εικόνα 5.19 : Συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις παλαιάς πτέρυγας πριν και μετά την αντικατάσταση όλων των κουφωμάτων



Εικόνα 5.20: Χρήση πρωτογενούς ενέργειας παλαιάς πτέρυγας πριν και μετά την αντικατάσταση όλων των κουφωμάτων

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε μια εντυπωσιακή μείωση κατά 35.8% στην χρήση πρωτογενούς ενέργειας της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής. Πλέον οι ενεργειακές απαιτήσεις γίνονται της τάξης του κτιρίου αναφοράς. Μια τέτοια μείωση των ενεργειακών αναγκών παράλληλα μεταβάλλει την ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου. Πλέον έχουμε:

$$T = \frac{EP_{\text{παλαιάς πτέρυγας}}}{R_{R\text{παλαιάς πτέρυγας}}} = \frac{167.63}{169.74} \approx 0.98$$

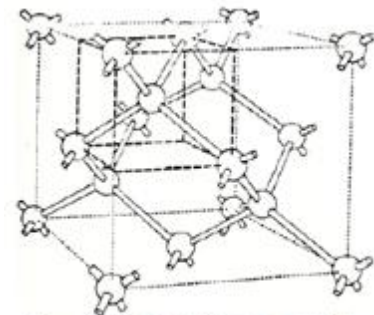
και επομένως το κτίριο της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής κατατάσσεται στην περίπτωση αυτή στην Ενεργειακή Κατηγορία Β. Ωστόσο πρέπει να τονιστεί πως η υποθετική αυτή αντικατάσταση του συνόλου των κουφωμάτων με κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και χρήση διπλού υαλοπίνακα, διακένου 16 mm με αργό (Ar), είναι μια ακριβή λύση. Δεδομένου κόστους περίπου 300 €/m² και επιφάνειας διαφανών επιφανειών στην παλαιά πτέρυγα επιφάνειας 1119 m² το εκτιμώμενο κόστος υπολογίζεται σε 336.000 €. Η λύση δε κρίνεται οικονομικά βιώσιμη καθώς το κόστος είναι πολύ υψηλό. Ωστόσο το παράδειγμα δείχνει το σημαντικό μερίδιο των ενεργειακών απωλειών που οφείλεται στα κουφώματα και πως μια πιθανή λύση πρέπει να αναζητηθεί πρωτίστως στο συγκεκριμένο τομέα.

5.3 Πρόταση 3^η : Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων

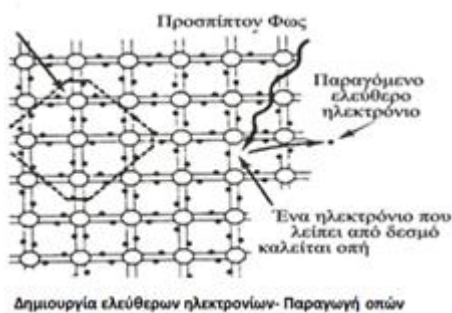
Το Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το πυρίτιο

Η φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ενέργειας στηρίζεται αφ' ενός μεν στην ηλιακή ακτινοβολία, αφ' ετέρου δε στις ιδιότητες των ημιαγωγικών υλικών. Το άτομο του πυριτίου (που αποτελεί τον κυριότερο εκπρόσωπο των ημιαγωγών) έχει 14 ηλεκτρόνια τοποθετημένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα 4 εξωτερικά, που λέγονται και ηλεκτρόνια σθένους μπορούν να δοθούν, να γίνουν αποδεκτά ή να μοιραστούν με ένα άλλο άτομο. Ένας μεγάλος αριθμός ατόμων, μέσω των ηλεκτρονίων σθένους, μπορούν να αλληλοσυνδεθούν με δεσμούς και να σχηματίσουν ένα κρυσταλλικό πλέγμα.



Κρυσταλλική δομή του πλέγματος του πυριτίου



Δημιουργία ελεύθερων ηλεκτρονίων- Παραγωγή οπών

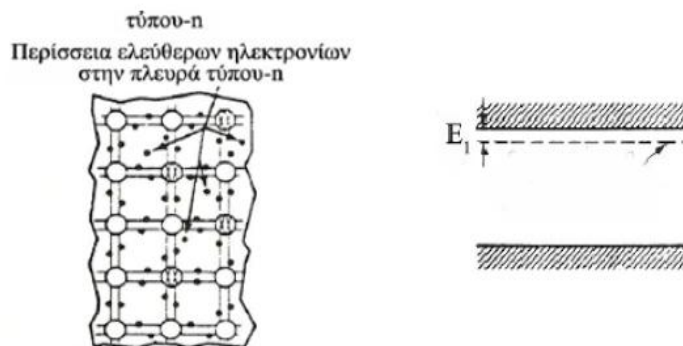
Κάθε άτομο του πυριτίου είναι ενωμένο με τέσσερα γειτονικά άτομα, μέσω ενός χημικού δεσμού που αποτελείται από ένα ζεύγος ηλεκτρονίων σθένους, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν ελεύθεροι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος. Όταν ηλιακό φως πέσει σε κρυσταλλικό πυρίτιο, είναι δυνατόν να ανακλαστεί, να διαπεράσει τον κρύσταλλο ή να απορροφηθεί. Στη τελευταία περίπτωση αν το φως είναι χαμηλής ενέργειας τα άτομα του πυριτίου ταλαντώνονται περί την σταθερή θέση τους χωρίς να χαλαρώνουν οι δεσμοί μεταξύ τους, ενώ τα ηλεκτρόνια των δεσμών αποκτώντας μεγαλύτερη ενέργεια

ανεβαίνουν σε υψηλότερες ενεργειακές στάθμες που δεν είναι ευσταθείς οπότε τα ηλεκτρόνια επιστρέφουν σύντομα στις αρχικές χαμηλότερες ενεργειακές στάθμες, αποδίδοντας υπό μορφή θερμότητας την ενέργεια που είχαν κερδίσει. Από την άλλη μεριά, αν το φως έχει αρκετή ενέργεια είναι δυνατόν να αλλάξει τις ηλεκτρικές ιδιότητες του κρυστάλλου. Έτσι, το ηλεκτρόνιο ενός δεσμού είναι δυνατόν να αποχωρισθεί της θέσης του στον κρύσταλλο και να μετακινηθεί στη ζώνη αγωγιμότητας αφήνοντας πίσω στη ζώνη σθένους ένα δεσμό από τον οποίον λείπει ένα ηλεκτρόνιο, που καλείται οπή.

Οπές στη ζώνη σθένους και ηλεκτρόνια στη ζώνη αγωγιμότητας είναι ελεύθερα να μετακινηθούν δια μέσω του κρυστάλλου και παίζουν σημαντικό ρόλο στην ηλεκτρική συμπεριφορά των ηλιακών κυττάρων. Τα παραγόμενα, με την βοήθεια του ηλιακού φωτός ζεύγη ηλεκτρονίων- οπών αποτελούν

τη βασική διαδικασία του φωτοβολταϊκού φαινομένου, χωρίς όμως να είναι σε θέση να δώσουν από μόνα τους ρεύμα. Εάν δεν υπήρχε και κάποιος άλλος μηχανισμός τα ζεύγη ηλεκτρονίων- οπών θα εκτελούσαν, για σύντομο χρονικό διάστημα, τυχαίους ελιγμούς στον κρύσταλλο και τελικά θα επανέρχονταν στις αρχικές θέσεις τους στη ζώνη σθένους αποδίδοντας θερμική ενέργεια. Έτσι, για τη παραγωγή ρεύματος είναι απαραίτητος και ένας άλλος μηχανισμός, το φράγμα δυναμικού. Κάθε ηλιακό κύτταρο περιέχει ένα φράγμα δυναμικού που διαχωρίζει τα παραγόμενα ζεύγη ηλεκτρονίων- οπών, στέλνοντας περισσότερα ηλεκτρόνια στη μια πλευρά του κυττάρου και περισσότερες οπές στην άλλη έτσι ώστε να υπάρχει μικρή πιθανότητα επανασύνδεσης μεταξύ των. Ο χωρισμός αυτός των φορτίων δημιουργεί μια διαφορά δυναμικού στα δυο άκρα του κυττάρου, που είναι δυνατόν να δώσει ρεύμα σε ένα εξωτερικό κύκλωμα.

Όπως προαναφέρθηκε το άτομο του πυριτίου έχει τέσσερα ηλεκτρόνια σθένους καθένα από τα οποία ανήκει σε ένα δεσμό με ένα άλλο άτομο πυριτίου. Εισάγουμε σε ένα καθαρό κρύσταλλο πυριτίου μια πρόσμιξη αντικαθιστώντας ένα άτομο πυριτίου με ένα άτομο από την πέμπτη ομάδα του περιοδικού συστήματος π.χ. φώσφορο, που έχει 5 ηλεκτρόνια σθένους. Το άτομο- πρόσμιξη θα αντικαταστήσει ένα άτομο πυριτίου προσφέροντας 4 ηλεκτρόνια για καθένα από τους 4 δεσμούς με 4 άλλα άτομα πυριτίου, ενώ θα υπάρχει περίσσεια ενός ηλεκτρονίου που δεν θα ανήκει σε δεσμό. Το επί πλέον ηλεκτρόνιο δεν βρίσκεται ούτε στη ζώνη σθένους ούτε στη ζώνη αγωγιμότητας, αλλά σε μια ενδιάμεση στάθμη πολύ κοντά στη ζώνη αγωγιμότητας που στη θερμοκρασία δωματίου υπάρχει αρκετή θερμική ενέργεια στον κρύσταλλο για να μετακινήσει αυτό το ηλεκτρόνιο στη ζώνη αγωγιμότητας, χωρίς το φόβο να επανασυνδεθεί με κάποια οπή αφού δεν έχει δημιουργήσει πίσω του κάποια οπή αλλά ένα θετικό ιόν φωσφόρου και είναι πάντα σε ετοιμότητα να συμβάλλει σε κάποιο ηλεκτρικό ρεύμα. Έτσι, ένας κρύσταλλος πυριτίου, όπου ένας μεγάλος αριθμός ατόμων έχουν αντικατασταθεί με άτομα φωσφόρου θα έχει πολλά ελεύθερα ηλεκτρόνια στη ζώνη αγωγιμότητας και ένα αντίστοιχο αριθμό θετικών ιόντων στη κρυσταλλική δομή (Εικόνα 5.21). Έτσι, ενώ το σύνολο του κρυστάλλου παραμένει ηλεκτρικά ουδέτερο, οι ηλεκτρικές ιδιότητες του κρυστάλλου έχουν αλλάξει δραστικά. Προσμίξεις αυτού του τύπου έχουν ένα επιπλέον ηλεκτρόνιο σθένους καλούνται δότες και ο αντίστοιχος κρύσταλλος καλείται τύπου-n. Τα παραπάνω αποτελούν ένα μέρος της διαδικασίας για τη δημιουργία του εσωτερικού φράγματος δυναμικού.



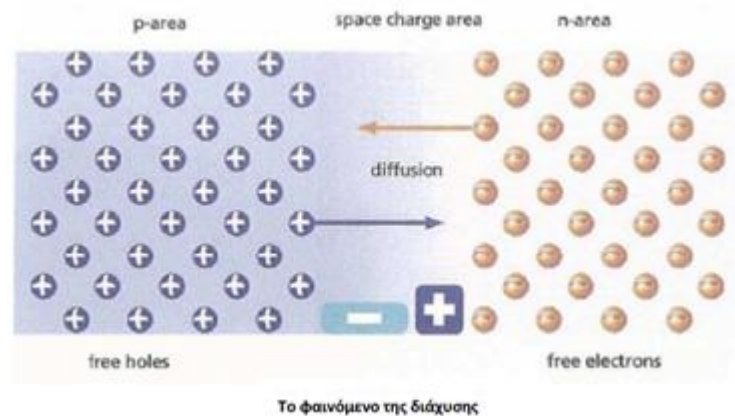
Εικόνα 5.21: Αριστερά: Άτομα φωσφόρου έχουν αντικαταστήσει άτομα πυριτίου. Δεξιά: Επιτρεπόμενες στάθμες στο ενεργειακό χάσμα μεταξύ ζώνης σθένους και ζώνης αγωγιμότητας για πρόσμιξη φωσφόρου.

Αν τώρα αντικαταστήσουμε ένα άτομο πυριτίου με ένα άτομο από την τρίτη ομάδα του περιοδικού συστήματος π.χ. βόριο, που έχει 3 ηλεκτρόνια σθένους, το άτομο- πρόσμιξη θα προσφέρει τα 3 ηλεκτρόνια σε 3 δεσμούς με 3 άτομα πυριτίου, αλλά από τον τέταρτο δεσμό του αντικαθιστάμενου ατόμου πυριτίου θα λείπει ένα ηλεκτρόνιο δηλαδή θα υπάρχει μια οπή. Η οπή αυτή βρίσκεται σε μια ενδιάμεση στάθμη πολύ κοντά στη ζώνη σθένους που με αντίστοιχη θερμική ενέργεια μετακινείται στη ζώνη σθένους. Έτσι ένας κρύσταλλος πυριτίου "ντοπαρισμένος" με πολλά άτομα βορίου διαθέτει ένα μεγάλο αριθμό οπών που είναι δυνατόν να θεωρηθούν σαν ελεύθερα θετικά φορτία και να μετακινηθούν μέσω του κρυσταλλικού πλέγματος. Προσμίξεις αυτού του τύπου (με 3 ηλεκτρόνια σθένους) καλούνται δέκτες, διότι οι οπές τους δέχονται ηλεκτρόνια (ηλεκτρόνια σθένους που ανήκουν σε δεσμούς ή ηλεκτρόνια αγωγιμότητας) και ο αντίστοιχος κρύσταλλος καλείται τύπου-p.

Σε ένα υλικό τύπου-n τα ηλεκτρόνια (αρνητικά φορτία) αποτελούν τους φορείς πλειονότητας ενώ οι οπές τους φορείς μειονότητας. Αντίστροφα, σε ένα υλικό τύπου-p τους φορείς πλειονότητας αποτελούν οι οπές (θετικά φορτία), ενώ τους φορείς μειονότητας τα ηλεκτρόνια.

Η p-n επαφή

Αν φέρουμε σε επαφή ένα υλικό τύπου-n και ένα υλικό τύπου-p, η διαχωριστική γραμμή που καλείται επαφή αποτελεί την εστία δημιουργίας του φράγματος δυναμικού, που όπως είδαμε αποτελεί ουσιαστική προϋπόθεση για την λειτουργία του ηλιακού κυττάρου.



Όταν λοιπόν τα δύο υλικά έλθουν σε επαφή, ελεύθερα ηλεκτρόνια από το υλικό τύπου-n μεταπηδούν (με τη διαδικασία της διάχυσης) μέσω της επαφής στο υλικό τύπου-p και συνδέονται με αντίστοιχες οπές, αφού το υλικό αυτό διαθέτει μεγάλο ρυθμό οπών. Αν n είναι η πυκνότητα των ηλεκτρονίων, dn/dx είναι η μονοδιάστατη βάρθρωση της συγκέντρωσης ηλεκτρονίων.

Είναι προφανές ότι η ροή των ηλεκτρονίων είναι ανάλογη προς την αρνητική βάρθρωση της συγκέντρωσης. Επειδή το ρεύμα είναι ανάλογο προς τη ροή φορτισμένων σωματιδίων, το παραπάνω φαινόμενο συνίσταται σε ένα ρεύμα διάχυσης που η πυκνότητά του δίνεται από τη σχέση:

$$J_e = qD_e \frac{dn}{dx}$$

Όπου $q = 1.6 \times 10^{19} \text{ Cb}$ (ηλεκτρικό φορτίο)
 D_e : σταθερά διάχυσης ηλεκτρονίων

Από την άλλη μεριά, οπές από το υλικό τύπου-p μεταπηδούν (με τη διαδικασία της διάχυσης) στο υλικό τύπου-n (στην ουσία ηλεκτρόνια σθένους από το υλικό τύπου-n μεταπηδούν στο υλικό τύπου-p και συνδέονται με οπές) που συνιστούν ένα ρεύμα διάχυσης, η πυκνότητα του οποίου δίνεται από τη σχέση:

$$J_h = -qD_h \frac{dp}{dx}$$

Όπου D_h : σταθερά διάχυσης οπών
 p : πυκνότητα οπών

Αυτή η διαδικασία μεταφοράς των φορτίων (εικόνα 5.22) δημιουργεί μια ανισορροπία φορτίων στις δύο πλευρές της επαφής: αρνητικά φορτία (επί πλέον ηλεκτρόνια) στην πλευρά τύπου-p της επαφής και θετικά φορτία (ιόντα) στην πλευρά τύπου-n της επαφής.

Αντίθετα μάλιστα, (χωρίς φωτισμό του κυττάρου) υπάρχει μικρός αριθμός φορέων μειονότητας, όπως ελεύθερα ηλεκτρόνια στο υλικό τύπου-p, τα οποία οδηγούνται από το ηλεκτρικό πεδίο της επαφής στην αντίθετη πλευρά δηλαδή στο υλικό τύπου-n και συνιστούν το ρεύμα ολίσθησης που δίνεται από τη σχέση:

$$J_e = q\mu_e nE$$

Όπου μ_e : ευκινησία των ηλεκτρονίων
 E : ηλεκτρικό πεδίο

Το ίδιο ισχύει και για τις οπές που βρίσκονται στο υλικό τύπου-n, που συνιστούν ένα ρεύμα ολίσθησης:

$$J_h = q\mu_h pE$$

Όπου μ_h : ευκινησία των οπών

Το ολικό ρεύμα ολίσθησης προκύπτει σαν άθροισμα των δύο παραπάνω συνιστωσών, οπότε η αγωγιμότητα σ του ημιαγωγού προκύπτει:

$$\sigma = \frac{J}{E} = q\mu_e + q\mu_h p$$

Επιπλέον οι διαδικασίες διάχυσης και ολίσθησης σχετίζονται και οι ευκινησίες και οι σταθερές διάχυσης δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους αλλά συνδέονται με τις σχέσεις:

$$D_e = \frac{KT}{q} \mu_e \text{ και } D_h = \frac{KT}{q} \mu_h$$

Όπου $K = 1.38 \times 10^{-23}$ [JOULE/ K], η σταθερά BOLTZMANN
 T : απόλυτη θερμοκρασία [K]

Έτσι, σε συνθήκες ισορροπίας όταν το κύτταρο δεν φωτίζεται λίγοι φορείς πλειονότητας που αποκτούν τυχαία αρκετή ενέργεια ώστε να διασχίσουν το φράγμα συνιστούν ένα ρεύμα διάχυσης που αντισταθμίζεται από ίσο και αντίθετο ρεύμα ολίσθησης που οφείλεται σε φορείς μειονότητας, οπότε τελικά δεν υπάρχει ρεύμα στον κρύσταλλο.

Βασικές εξισώσεις- Η δίοδος

Τα παραπάνω αποτελούν την αρχή κατασκευής και κατ' επέκταση τη βάση για την αρχή λειτουργίας τόσο μιας διόδου επαφής p-n (όπως είναι ένα ηλιακό κύτταρο όταν δεν φωτίζεται) όσο και του ηλιακού κυττάρου όταν φωτίζεται. Οι βασικές εξισώσεις που περιγράφουν την πρώτη περίπτωση είναι οι ακόλουθες:

α) Ο νόμος του Gauss σε διαφορική μορφή στην περιοχή της επαφής:

$$\frac{dE}{dx} = \frac{\rho}{\epsilon}$$

Όπου: $\rho = q(p - n + N_D^+ - N_A^-)$, όπου $N_D^+ \approx N_D$: πυκνότητα στους δότες και $N_A^- \approx N_A$: πυκνότητα στους δέκτες.

β) Οι εξισώσεις πυκνότητας ρεύματος (διάχυσης και ολίσθησης):

$$J_e = q\mu_e nE + qD_e \frac{dn}{dx}$$

$$J_h = q\mu_h nE - qD_h \frac{dp}{dx}$$

γ) Οι εξισώσεις συνέχειας. Για ένα όγκο διατομής A και μήκους δx:

$$\begin{pmatrix} \text{Ρυθμός} \\ \text{εισόδου} \\ \text{ηλεκτρονίων} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \text{Ρυθμός} \\ \text{εξόδου} \\ \text{ηλεκτρονίων} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{Ρυθμός} \\ \text{παραγωγής} \\ \text{λόγω-φωτισμού} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \text{Ρυθμός} \\ \text{επανασύνδεσης} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \text{Ρυθμός} \\ \text{εισόδου} \\ \text{οπών} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \text{Ρυθμός} \\ \text{εξόδου} \\ \text{οπών} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{Ρυθμός} \\ \text{παραγωγής} \\ \text{λόγω-φωτισμού} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \text{Ρυθμός} \\ \text{επανασύνδεσης} \end{pmatrix}$$

που με σύμβολα μεταφράζονται στις δύο παρακάτω εξισώσεις για ηλεκτρόνια και οπές.

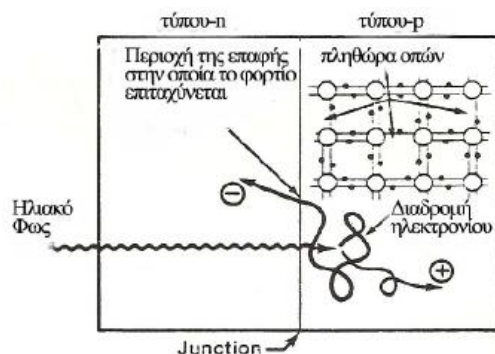
$$\frac{1}{q} \frac{dJ_e}{dx} = U - G \quad \text{και} \quad \frac{1}{q} \frac{dJ_h}{dx} = -(U - G)$$

Όπου: G: ρυθμός παραγωγής
U: ρυθμός επανασύνδεσης.

Αν και οι επί μέρους μηχανισμοί (φυσικοί και μαθηματικοί) είναι αρκετά πολύπλοκοι, εν τούτοις κάνοντας ορισμένες παραδοχές- προσεγγίσεις είναι δυνατόν να καταλήξει κανείς σχετικά εύκολα στη λύση των παραπάνω εξισώσεων. Έτσι, στην περίπτωση ενός κυτάρου που δεν φωτίζεται (G = 0) το αποτέλεσμα μιας τέτοιας ανάλυσης δίνει την παρακάτω εξίσωση, που αποτελεί την βασική εξίσωση μιας διόδου επαφής p-n:

$$I = I_0 (e^{\frac{qV}{KT}} - 1)$$

Όπου I: το ρεύμα του κυτάρου
V: η τάση του κυτάρου
I₀: το ρεύμα κόρου της διόδου



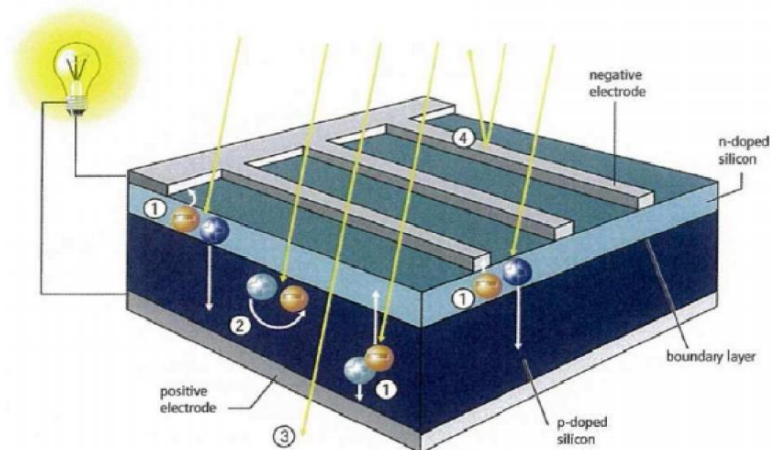
Εικόνα 5.25: Το ηλιακό φως δημιουργεί ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών, ενώ το φράγμα δυναμικού στέλνει τα ηλεκτρόνια στο υλικό τύπου-n και τις οπές στο υλικό τύπου-p

Το ηλιακό κύτταρο

Βασικές εξισώσεις ηλιακού κυττάρου

Στη περίπτωση που το ηλιακό κύτταρο φωτίζεται ($G \neq 0$), φωτόνια με ενέργεια μεγαλύτερη ή ίση από το ενεργειακό χάσμα E_g του ημιαγωγού (ενεργειακό χάσμα είναι η διαφορά ενέργειας μεταξύ του πάνω μέρους της ζώνης σθένους και του κάτω μέρους της ζώνης αγωγιμότητας, είναι δε η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για να ελευθερωθεί ένα ηλεκτρόνιο, σταθερή για κάθε υλικό, μετράται σε μονάδες eV και στη περίπτωση του πυριπίου είναι 1.1eV) δημιουργούν ζεύγη ηλεκτρονίων – οπών (σχήμα 2.9). Έστω ότι ένα τέτοιο ζεύγος δημιουργείται στο υλικό τύπου-p. Το ηλεκτρόνιο του ζεύγους έχει ένα σχετικά μικρό χρονικό διάστημα που μπορεί να είναι ελεύθερο, διότι είναι πολύ πιθανό να επανασυνδεθεί με μια από τις πολυπληθείς οπές που υπάρχουν στο υλικό τύπου-p. Τα ηλιακά κύτταρα εν τούτοις σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε το ηλεκτρόνιο να φθάσει στην περιοχή της επαφής πριν του δοθεί η ευκαιρία επανασύνδεσης με κάποια οπή, οπότε θα αποδώσει την ενέργεια του υπό μορφή θερμότητας χωρίς να συμβάλλει στο φωτόρρευμα που μας ενδιαφέρει. Από τη στιγμή που το ελεύθερο ηλεκτρόνιο θα βρεθεί στο πεδίο της επαφής, επιτυγχάνεται από το φράγμα δυναμικού προς το υλικό τύπου-n, όπου υπάρχουν ελάχιστες οπές και δεν υπάρχει μεγάλος κίνδυνος επανασύνδεσης, επί πλέον δε υπάρχει μικρή πιθανότητα επιστροφής στο υλικό τύπου-p διότι πρέπει να υπερικήσει το φράγμα δυναμικού. Από την άλλη πλευρά, η οπή του ζεύγους παραμένει στο υλικό τύπου-p, διότι απωθείται από το φράγμα της επαφής. Ανάλογα συμβαίνουν όταν το φως παράγει ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών στο υλικό τύπου-n.

Η διαδικασία αυτή διαχωρισμού των φορτίων που παράγονται σε ένα φωτιζόμενο ηλιακό κύτταρο, δημιουργεί πλεόνασμα αρνητικών φορτίων στο υλικό τύπου-n και θετικών φορτίων στο υλικό τύπου-p. Έτσι, αν συνδέσουμε την πλευρά τύπου-n με την πλευρά τύπου-p του κυττάρου μέσω ενός εξωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος θα έχουμε ροή ρεύματος (εικόνα 5.26) μέσω του κυκλώματος. Αρνητικά φορτία ρέουν από το ηλεκτρόδιο που βρίσκεται στο υλικό τύπου-n, μέσω του φορτίου (παράγοντας ωφέλιμο έργο στο φορτίο) στο υλικό τύπου-p, όπου επανασυνδέονται με οπές κοντά στο ηλεκτρόδιο.



Εικόνα 5.26: Φως παράγει ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών, το φράγμα δυναμικού διαχωρίζει τους φορείς στις δύο απέναντι πλευρές του κυττάρου, δημιουργώντας μια τάση που κυκλοφορεί ρεύμα σε ένα εξωτερικό κύκλωμα.

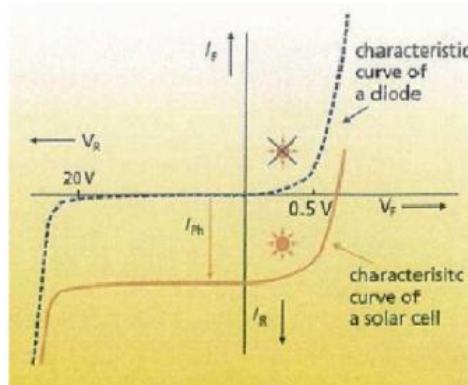
Η μαθηματική ανάλυση των φυσικών διεργασιών που αναπτύχθηκαν παραπάνω για την περίπτωση φωτιζόμενου ηλιακού κυττάρου στηρίζεται στις ίδιες εξισώσεις με τις οποίες προέκυψε η εξίσωση μιας διόδου p-n, με τη διαφορά ότι εδώ ο ρυθμός παραγωγής είναι $G \neq 0$.

Η επεξεργασία των εξισώσεων αυτών οδηγεί στη βασική εξίσωση του ηλιακού κυττάρου:

$$I = I_0 \left(e^{\frac{qV}{KT}} - 1 \right) - I_{ph}$$

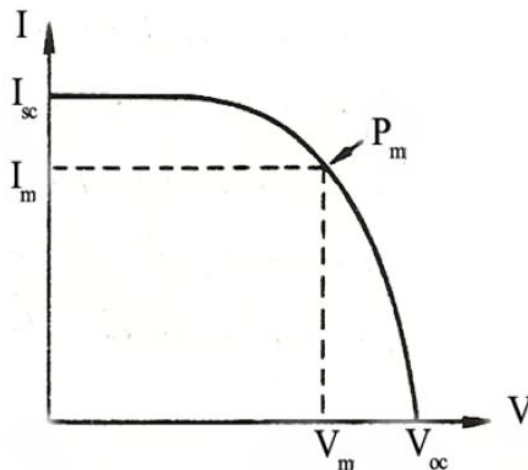
Όπου: I_{ph} είναι το φωτόρρευμα, δηλαδή το ρεύμα που παράγεται λόγω του προσπίπτοντος ηλιακού φωτός επί του κυττάρου.

Η γραφική παράσταση της παραπάνω εξίσωσης φαίνεται στην εικόνα 5.27, στο οποίο παρατηρούμε ότι η χαρακτηριστική καμπύλη στη περίπτωση που το κύτταρο φωτίζεται, είναι απλώς η χαρακτηριστική καμπύλη όταν το κύτταρο δεν φωτίζεται μετατοπισμένη προς τα κάτω κατά I_{ph} .



Εικόνα 5.27: Η χαρακτηριστική εξόδου του ηλιακού κυττάρου και της διόδου.

Η βασική εξίσωση του ηλιακού κυττάρου που προέκυψε θεωρητικά δεν αντικατοπτρίζει, με ικανοποιητική ακρίβεια, την πραγματική V-I χαρακτηριστική καμπύλη ενός κυττάρου σε πρακτικούς σκοπούς. Πειραματικές παρατηρήσεις έχουν οδηγήσει στη βελτίωση της εξίσωσης αυτής με τη χρησιμοποίηση τριών πρόσθετων παραμέτρων N , R_s και R_p . Επί πλέον έχει επικρατήσει, για λόγους κυκλωματικής ανάλυσης, η αναπαράσταση της V-I χαρακτηριστικής του κυττάρου να γίνεται στο πρώτο τεταρτημόριο (εικόνα 5.28).



Εικόνα 5.28: V-I Χαρακτηριστική

Οι δύο τελευταίες παρατηρήσεις οδηγούν στην παρακάτω εξίσωση για το ηλιακό κύτταρο:

$$I = I_{ph} - I_o \left\{ \exp \left[\frac{q(V + IR_s)}{NKT} \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_p}$$

- Όπου: I : ρεύμα στην έξοδο του κυττάρου
 I_{ph} : φωτόρευμα
 I_o : ρεύμα κόρου διόδου
 q : φορτίο ηλεκτρονίου
 V : τάση στην έξοδο του κυττάρου
 R_s : σε σειρά αντίσταση του κυττάρου
 N : σταθερά με τιμές μεταξύ 1 και 2
 R_p = παράλληλη αντίσταση

Η χαρακτηριστική εξίσωση απλοποιείται σημαντικά αν θεωρήσουμε άπειρη την παράλληλη αντίσταση R_p , οπότε προκύπτει:

$$I = I_{ph} - I_o \left\{ \exp \left[\frac{q(V + IR_s)}{NKT} \right] - 1 \right\}$$

Είδη ηλιακών κυττάρων

Η μεγάλη πλειοψηφία των φωτοβολταϊκών κυττάρων αυτή τη στιγμή γίνεται από πυρίτιο, αλλά υπάρχουν και άλλα ημιαγωγικά υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως το GaAs και το CdTe. Τα είδη ηλιακών κυττάρων, που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην αγορά είναι τα εξής:

- Μονοκρυσταλλικού πυριτίου.
- Πολυκρυσταλλικού πυριτίου.
- Λεπτής μεμβράνης (Thin-film).
- Υβριδικά.

Αυτήν την περίοδο οι τεχνολογίες κρυσταλλικού πυριτίου (μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό) αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της γενικής παραγωγής ηλιακών κυττάρων.

Μονοκρυσταλλικά Κύτταρα Si

Η ονομασία τους προέρχεται από την μορφή του κρυσταλλικού πλέγματος των ατόμων Si που πλησιάζει τον τέλειο κρύσταλλο. Το πυρίτιο και τα οξυγόνο— τα δύο πλέον άφθονα στοιχεία της γης— σχηματίζουν μια χημική ένωση, το SiO_2 , που αποτελεί το πρωταρχικό υλικό, το οποίο με κατάλληλες βιομηχανικές διεργασίες δηλαδή τήξη, αργή στερεοποίηση, πρόσθεση προσμίξεων, καθαρισμός, κοπή και στίλβωση, καταλήγει σε λεπτές πλάκες τα ηλιακά κύτταρα. Βασικό μειονέκτημα της όλης διαδικασίας είναι το κόστος κατασκευής του κυττάρου, που είναι σχετικά μεγάλο, λόγω της ανάγκης αξιοποίησης ιδιαίτερα καθαρού Si, η χρήση εξειδικευμένων μεθόδων τήξης και κοπής για την επίτευξη του μονοκρυσταλλικού πλέγματος αυξάνει το κόστος παραγωγής. Η εμπορική αποδοτικότητα τους όμως φτάνει μεταξύ 15% και 18% δίνοντας τους τον καλύτερο βαθμό απόδοσης από όλες τις τεχνολογίες κατασκευής κυττάρων. Το ποσοστό αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι τα μονοκρυσταλλικά κύτταρα είναι πιο ευαίσθητα στην υπέρυθη ακτινοβολία που το ενεργειακό της περιεχόμενο είναι σχετικά χαμηλό.

Πολυκρυσταλλικά Κύτταρα Si

Τα πολυκρυσταλλικά κύτταρα στο πλέγμα τους περιλαμβάνουν κρυστάλλους ποικίλων προσανατολισμών. Τα πολυκρυσταλλικά κύτταρα που κατασκευάζονται συνήθως μετά από τήξη και διαδικασία στερεοποίησης, είναι λιγότερο ακριβές να παραχθούν διότι είναι μαζική και λιγότερο ελεγχόμενη η ψύξη του Si. Όπως και στην προηγούμενη τεχνολογία, μετά την ψύξη το πολυκρυσταλλικό πλέγμα πριονίζεται στα λεπτά φ/β κύτταρα. Η ύπαρξη διαφόρων κρυστάλλων μέσα στο πλέγμα αυξάνει την εσωτερική αντίσταση στα σημεία σύνδεσής τους, με αποτέλεσμα έναν βαθμό απόδοσης περίπου 14%.

Κύτταρα λεπτής μεμβράνης

Η τεχνολογία των λεπτών μεμβρανών χρησιμοποιεί πολύ λεπτά στρώματα (πάχους λίγων μικρών) του ημιαγωγού και με τον τρόπο αυτό μειώνεται το κόστος. Τα πιο γνωστά υλικά που χρησιμοποιούνται στα κύτταρα αυτά είναι :

- Αμορφο πυρίτιο (a-Si).
- Copper Indium Diselenide (CIS).
- Cadmium Telluride (CdTe).
- Gallium Arsenide (GaAs).

Με τα δυο πρώτα να είναι τα σημαντικότερα. Το άμορφο πυρίτιο διαφέρει από το κρυσταλλικό στο ότι τα άτομα δεν είναι τοποθετημένα σε ακριβείς αποστάσεις μεταξύ τους και οι γωνίες των δεσμών τους δεν είναι συγκεκριμένες. Σήμερα ένα εμπορικό φ/β πλαίσιο με κύτταρα άμορφου πυριτίου έχει απόδοση 6-8%, ενώ τα κύτταρα μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν αποδόσεις που κυμαίνονται στο 11-14%.

Λεπτό στρώμα άμορφου πυριτίου τοποθετείται σε φύλλο γυαλιού, το οποίο έχει καλυφθεί από διάφανο οξειδίο του κασσιτέρου. Στην πίσω επιφάνεια τοποθετείται μεταλλικός αγωγός και στη συνέχεια η όλη διάταξη κόβεται με laser για την παραγωγή μιας σειράς ηλεκτρικά συνδεδεμένων αλλά ξεχωριστών στοιχείων και στο τέλος γίνεται η ενσωμάτωση τους σε μια φ/β μονάδα.

Υβριδικά κύτταρα

Για να επιτευχθεί ουσιώδης βελτίωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυττάρων έπρεπε να γίνει κάποια σημαντική αλλαγή. Σε μια προσπάθεια να γίνει αυτό έγινε μελέτη στη χρήση υβριδικών δομών, στις οποίες κύτταρα με διαφορετικά χαρακτηριστικά απορρόφησης φωτός συνδέονται μαζί. Αυτό επιτρέπει να πετύχουμε καλύτερα χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας τα ήδη υπάρχοντα υλικά και διαδικασίες.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης μιας δομής με πολλά στρώματα είναι τα εξής :

- Είναι δυνατόν να απορροφηθεί το φως σε μια πιο πλατιά φασματική περιοχή, δηλαδή αποτελεσματικότερα.
- Είναι δυνατόν να επιτευχθούν υψηλότερες τάσεις ανοιχτού κυκλώματος.
- Είναι δυνατόν να πέσει σε κάποιο βαθμό ο ρυθμός μείωσης της απόδοσης των κυττάρων, ο οποίος οφείλεται σε φαινόμενα οπτικής υποβάθμισης που παρατηρούνται όταν χρησιμοποιούνται υλικά άμορφου πυριτίου.

Υπολογισμός απόδοσης ηλιακού κυττάρου

Όλα τα ηλιακά κύτταρα έχουν ένα βαθμό απόδοσης ο οποίος ονομάζεται «ονομαστικός» και αναφέρεται στην απόδοση του κυττάρου κάτω από μια ορισμένη θερμοκρασία που ονομάζεται θερμοκρασία αναφοράς. Σχεδόν ποτέ όμως ένα κύτταρο δεν λειτουργεί στην θερμοκρασία αναφοράς και ποτέ δε λειτουργεί σε σταθερή θερμοκρασία. Άλλη είναι η θερμοκρασία το καλοκαίρι και άλλη το χειμώνα. Ακόμα και την ίδια ημέρα άλλη θερμοκρασία έχουμε αν συννεφιάσει και άλλη αν έχει ηλιοφάνεια. Για το λόγο αυτό πρέπει να υπολογίσουμε την απόδοση του κυττάρου στην θερμοκρασία που έχουμε κάθε φορά. Οι σχέσεις που ακολουθούνται για τον υπολογισμό αυτό είναι οι ακόλουθες. Η μέση απόδοση ενός ηλιακού κυττάρου δίνεται από τη σχέση:

$$\eta_p = \eta_r [1 - \beta_p (T_c - T_a)]$$

όπου β_p είναι ο συντελεστής θερμοκρασίας για την απόδοση του ηλιακού κυττάρου και δίνεται από τον κατασκευαστή, η_r είναι ο βαθμός απόδοσης του ηλιακού κυττάρου στη θερμοκρασία αναφοράς T_r (25 °C), T_c είναι η θερμοκρασία που συνδέεται με την μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος. Για την θερμοκρασία T_c ισχύει ο τύπος του Evans:

$$T_c - T_a = (219 + 823K_T) \frac{NOCT - 20}{800}$$

όπου NOCT (Normal Operation Cell Temperature) δίνεται από τον κατασκευαστή και K_T είναι ο μέσος μηνιαίος συντελεστής αιθριότητας. Τα ηλιακά κύτταρα τοποθετούνται κεκλιμένα ώστε να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση.

Για κάθε μέρος, εποχή, μήνα, ημέρα και ώρα υπάρχει μια βέλτιστη κλίση στην οποία η ηλιακή ενέργεια που μετατρέπεται σε ηλεκτρική από το κύτταρο γίνεται μέγιστη. Αν η κλίση των ηλιακών κυττάρων είναι διαφορετική από τη βέλτιστη τότε γίνεται χρήση της σχέσης:

$$T_c - T_a = C_f (219 + 823 \overline{K_T}) \frac{NOCT - 20}{800}$$

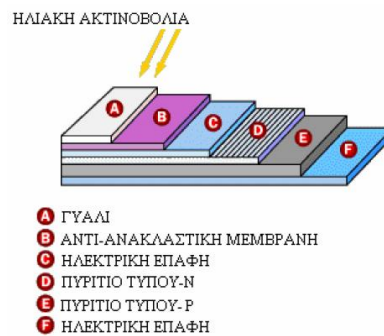
Όπου C_f διορθωτικός συντελεστής που είναι ίσος με:

$$C_f = 1 - 1.17 * 10^{-4} (\beta_m - \beta)^2$$

όπου β_m είναι η βέλτιστη κλίση συλλέκτη ανάλογα με τις συνθήκες (τόπος-καιρός).

Φωτοβολταϊκά Πλαίσια

Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο πυριτίου αποτελείται από 36 ηλιακά κύτταρα σε σειρά, έχει έξοδο με συνεχές ρεύμα και συνεχή τάση. Συνήθως τροφοδοτεί συσσωρευτή τάσης 12V. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.29 που ακολουθεί, η επιφάνεια που είναι στραμμένη προς τον ήλιο καλύπτεται από γυάλινο κάλυμμα που είναι ανθεκτικό στις καιρικές συνθήκες και στην υπεριώδη ακτινοβολία, προστατεύει τα κύτταρα και τις ηλεκτρικές επαφές από την βροχή, το χαλάζι και το χιόνι που μπορούν να προκαλέσουν διάβρωση. Κάτω από το γυάλινο κάλυμμα υπάρχει αντί-ανακλαστική μεμβράνη, ώστε να μειωθεί το ποσοστό της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Πάνω και κάτω από την επιφάνεια του πυριτίου υπάρχουν ηλεκτρικές επαφές από υλικό μικρής θερμικής αντίστασης που το συνδέουν με το εξωτερικό κύκλωμα. Τέλος, το φωτοβολταϊκό πλαίσιο ασφαλιζεται μέσα σε μια μεταλλική θήκη αλουμινίου.



Εικόνα 5.29: Δομή φωτοβολταϊκού πλαισίου

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: α) στα κλασσικά επίπεδα συστήματα και β) στα συστήματα συγκεντρωτικών συλλεκτών.

Συστήματα Επίπεδων Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

Πρόκειται για τον πιο κοινό τύπο φωτοβολταϊκών πλαισίων. Τα πλαίσια μπορούν είτε να είναι μόνιμα σε μια σταθερή γωνία κλίσης είτε να είναι κινητά και να ακολουθούν την κίνηση του ήλιου. Απορροφούν και την διάχυτη και την άμεση ακτινοβολία. Η σημαντικότητα του παραπάνω φαίνεται από το γεγονός ότι ακόμα και με καθαρό ουρανό η διάχυτη ακτινοβολία είναι το 10 με 20% της συνολικής, σε επίπεδη επιφάνεια. Σε μερικώς συννεφιασμένες μέρες το ποσοστό αυτό φτάνει το 50% και σε τελείως συννεφιασμένες μέρες φτάνει το 100%.

Τα πιο απλά επίπεδα πλαίσια είναι σε σταθερή θέση. Τα πλεονεκτήματα των σταθερών πλαισίων είναι ότι δεν έχουν κινητά μέρη, πρακτικά δεν υπάρχει ανάγκη για επιπλέον εξοπλισμό, και είναι σχετικά ελαφριά. Αυτά τα χαρακτηριστικά τα κάνουν κατάλληλα για να χρησιμοποιηθούν σε μια σειρά από περιπτώσεις, όπως είναι και οι στέγες των σπιτιών. Ο προσανατολισμός των πλαισίων αυτών ώστε να αποδίδουν ικανοποιητικά πρέπει να είναι προς το Νότο και η κλίση $(\varphi + 15) \pm 5$ όπου φ είναι το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής.

Τα επίπεδα πλαίσια με μηχανισμό κίνησης επιτυγχάνουν μεγαλύτερη απορρόφηση ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας αφού μπορούν και έχουν την βέλτιστη γωνία κλίσης και προσανατολισμού κάθε χρονική στιγμή. Όμως έχουν επιπλέον κόστος και βάρος λόγω του μηχανισμού κίνησης. Βρίσκοντας μια ισορροπία μεταξύ των δύο μπορεί να γίνει η σωστή επιλογή για την κάθε περίπτωση.

Συστήματα Συγκεντρωτικών Φωτοβολταϊκών Πλαισίων

Ο κύριος λόγος χρήσης τέτοιων συστημάτων είναι η ικανότητά τους να χρειάζονται λιγότερα ηλιακά κύτταρα από τα επίπεδα συστήματα για την παραγωγή της ίδιας ισχύος. Τα κύτταρα αποτελούν το πιο ακριβό τμήμα ενός συστήματος μετρώντας το κόστος ανά μονάδα επιφάνειας. Για το σύστημα συγκέντρωσης της ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται φθηνά υλικά, όπως είναι πλαστικά κάτοπτρα και μεταλλικές θήκες, που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια από μια συγκριτικά μεγάλη επιφάνεια και την εστιάζουν σε μια μικρότερη επιφάνεια στην οποία βρίσκεται το κύτταρο.

Αρκετά είναι τα πλεονεκτήματα των συγκεντρωτικών συστημάτων έναντι των επίπεδων. Έχουν αυξημένη ισχύ εξόδου και η απόδοση του συστήματος είναι μεγαλύτερη έχοντας ταυτόχρονα μικρότερο μέγεθος κυττάρων ή μικρότερο αριθμό κυττάρων. Το πόσο θα αυξηθεί η απόδοση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό απ' το σχήμα του ηλιακού κυττάρου και από το υλικό που είναι κατασκευασμένο. Ακόμα, η δυνατότητα χρήσης μικρών ηλιακών κυττάρων αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα διότι είναι πιο δύσκολο να παραχθούν κύτταρα μεγάλης επιφάνειας με μεγάλη απόδοση απ' ότι μικρής επιφάνειας.

Απ' την άλλη πλευρά, υπάρχουν αρκετά μειονεκτήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν στο μέλλον. Για παράδειγμα τα απαιτούμενα οπτικά του συστήματος είναι σημαντικά πιο ακριβά από τα καλύμματα των επίπεδων συστημάτων. Επιπλέον, δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν την διάχυτη ακτινοβολία, δηλαδή ακόμη και σε μία ηλιόλουστη μέρα χάνεται το 20% της ακτινοβολίας, οπότε χρειάζεται να ακολουθούν την κίνηση του ήλιου καθ' όλη την διάρκεια της μέρας και συνολικά του έτους. Άρα, για την επίτευξη μεγαλύτερης απόδοσης πρέπει ο μηχανισμός κίνησης να είναι μεγαλύτερης ακρίβειας από αυτούς που χρησιμοποιούνται στα επίπεδα συστήματα.

Για την συγκέντρωση του φωτός χρησιμοποιούνται οι ανακλαστές και οι φακοί με πιο διαδεδομένο τον φακό FRESNEL που έχουν διατομή σαν δόντι πριονιού για να συγκεντρώσουν το εισερχόμενο φως. Όμως, δεν υπάρχει φακός που να μπορεί να μεταφέρει το 100% του προσπίπτοντος φωτός αλλά συνήθως μεταφέρεται 90-95% ή και λιγότερο (λόγω απορρόφησης και ανακλάσεως).

Ένα άλλο πρόβλημα είναι αυτό της υπερθέρμανσης των κυττάρων που παράγεται από την μεγάλη συγκέντρωση ακτινοβολίας που γενικά είναι επιθυμητή. Η θερμοκρασία των κυττάρων πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα διότι με την αύξηση όχι μόνο μειώνεται η απόδοσή τους αλλά και μακροπρόθεσμα μπορεί να διαταραχθεί η σταθερότητα στη λειτουργία τους ή ακόμα και να καταστραφούν πρόωρα. Μια από τις πιο σημαντικές προσπάθειες για διατήρηση χαμηλής θερμοκρασίας αποτελεί η ελαχιστοποίηση της ηλεκτρικής αντίστασης των επαφών που μεταφέρουν το ρεύμα στο εξωτερικό κύκλωμα. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας επαφές μεγαλύτερης επιφάνειας, το οποίο έχει όμως σαν αποτέλεσμα να προκαλείται σκίαση στο κύτταρο. Γι' αυτό υπάρχουν δύο λύσεις. Η μια είναι η τοποθέτηση πρισματικού καλύμματος πάνω από την επαφή οπότε το φως που θα προσέπιπτε στην επαφή, τώρα προσπίπτει στο πρίσμα, εκτρέπεται και διοχετεύεται στο κύτταρο. Η άλλη λύση είναι να τοποθετηθούν και οι δύο επαφές πίσω από το κύτταρο το οποίο όμως απαιτεί πολύ καλής ποιότητας υλικό πυριτίου.

Φωτοβολταϊκό σύστημα

Το σύστημα

Το βασικό δομικό στοιχείο ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι το ηλιακό κύτταρο(solar cell). Ένα κύτταρο παράγει μικρή ποσότητα ισχύος που είναι ίση με 1 έως 2W. Για να αυξηθεί η ισχύς στην έξοδο των κυττάρων, τοποθετούμε πολλά κύτταρα μαζί (ενώνοντας την θετική επαφή του ενός με την

αρνητική του επόμενου, δηλαδή εν σειρά, αυξάνουμε την τάση, ενώ ενώνοντας τις θετικές μεταξύ τους και τις αρνητικές μεταξύ τους, δηλαδή παράλληλα, αυξάνουμε το ρεύμα) και έτσι δημιουργούνται τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Με την συνένωση πολλών πλαισίων μαζί δημιουργούνται μονάδες μεγαλύτερης ισχύος που λέγονται συστοιχίες. Συνεχίζοντας αυτήν την διαδικασία μπορεί να επιτευχθεί οποιαδήποτε ηλεκτρική ισχύς μας χρειάζεται όσο μικρή ή μεγάλη κι αν είναι.

Το βασικό στοιχείο στο εμπόριο είναι το φωτοβολταϊκό (φ/β) πλαίσιο. Το μέγεθος ενός φ/β πλαισίου χαρακτηρίζεται από την ισχύ που μπορεί να παράγει και συγκεκριμένα με βάση την ισχύ που δίνει υπό καθορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας φ/β κυττάρου (25 °C) και ακτινοβολίας (1000W/m²) και είναι γνωστή ως «ισχύς αιχμής». Για παράδειγμα, όταν μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια δύναται να παράγει 10 Wp αυτό σημαίνει ότι παράγει 10W για ηλιακή ακτινοβολία 1000W/m² και θερμοκρασία κυττάρου 25 °C.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αποτελούν ένα μέρος του φωτοβολταϊκού συστήματος, το οποίο είναι κάθε φορά σχεδιασμένο για συγκεκριμένες λειτουργίες. Οι άλλες συσκευές που προστίθενται στο πλαίσιο μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- **Συσσωρευτές**, που χρησιμεύουν στην αποθήκευση ενέργειας και στην απόδοσή της όταν αυτό απαιτείται (το βράδυ ή τις βροχερές μέρες).
- **Αντιστροφείς**, που απαιτούνται για την αντιστροφή του συνεχούς ρεύματος που παράγεται στο φωτοβολταϊκό σε εναλλασσόμενο.
- **Ρυθμιστές**, που διαχειρίζονται την αποθηκευμένη ενέργεια στον συσσωρευτή και διοχετεύουν ενέργεια στο φορτίο.
- **Μηχανικές Κατασκευές**, που απαιτούνται για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών και των λοιπών συσκευών.

Πρακτικά δεν είναι απαραίτητο να υπάρχουν όλες οι παραπάνω συσκευές σε όλα τα συστήματα. Για παράδειγμα, σε συστήματα συνεχούς ρεύματος δεν χρειάζεται αντιστροφέας. Για συστήματα συνδεδεμένα με το δίκτυο δεν είναι απαραίτητος ο συσσωρευτής διότι το δίκτυο χρησιμεύει και για αποθήκευση. Δηλαδή, όταν υπάρχει περίσσεια ενέργειας στο σύστημα φωτοβολταϊκών πλαισίων-φορτίου, τότε αυτή διοχετεύεται στο δίκτυο, ενώ σε περίπτωση έλλειψης ενέργειας, η επιπλέον ενέργεια που απαιτείται λαμβάνεται από το δίκτυο. Κάποια συστήματα απαιτούν συσκευές που δεν σχετίζονται άμεσα με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Όπως για παράδειγμα είναι μερικά απομονωμένα συστήματα που έχουν ντιζελογεννήτρια για την παροχή ρεύματος όταν εξαντληθεί η ενέργεια των συσσωρευτών.

Είδη φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή σε μία ποικίλες περιπτώσεις. Οι κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται είναι δύο:

1. Συστήματα που είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο.
2. Συστήματα που είναι απομονωμένα από το δίκτυο.

Συστήματα Συνδεδεμένα στο Δίκτυο

Στα συνδεδεμένα συστήματα η φωτοβολταϊκή συστοιχία τροφοδοτεί απευθείας με ηλεκτρική ενέργεια το δίκτυο, οπότε δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη συσσωρευτή.

Φωτοβολταϊκό Σύστημα Συνδεδεμένο στο Δίκτυο

Τα συστήματα αυτά μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- Στα συστήματα με κατανεμημένες φωτοβολταϊκές συστοιχίες όπου οι συστοιχίες είναι τοποθετημένες στις σκεπές σπιτιών και εμπορικών κέντρων.
- Στις κεντρικές μονάδες παραγωγής ενέργειας όπου οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες συνδέονται με υποσταθμούς και μετά με το δίκτυο.

Στην πρώτη περίπτωση ο καταναλωτής-ιδιοκτήτης που έχει τη συστοιχία, μπορεί να αγοράζει και να πουλάει ενέργεια κάθε χρονική στιγμή. Είναι σε θέση να παίρνει την ενέργεια που χρειάζεται από τη

συστοιχία και να χρησιμοποιεί το δίκτυο μόνο όταν είναι απαραίτητο (κατά την διάρκεια της νύχτας ή σε πολύ συννεφιασμένες μέρες). Αυτό γίνεται εφικτό με την χρήση κατάλληλου μετρητή που έχει την ιδιότητα να είναι αμφίδρομος (διπλό ρολόι). Όταν η συστοιχία τροφοδοτεί το φορτίο του κτιρίου και της περισεύει ενέργεια, την δίνει στο δίκτυο. Όταν το φορτίο είναι μεγαλύτερο από την παραγωγή της συστοιχίας τότε η ζήτηση ικανοποιείται με εισαγωγή ενέργειας από το δίκτυο. Έτσι, το δίκτυο δρα σαν μονάδα αποθήκευσης για το φωτοβολταϊκό σύστημα. Τυπικές τιμές για οικιακά φωτοβολταϊκά συστήματα είναι 2 με 4 kWp ενώ για μεγάλα δημόσια κτίρια είναι 100kWp ή και περισσότερο.

Στη δεύτερη περίπτωση έχουμε ολόκληρες μονάδες παραγωγής που αποτελούνται από φωτοβολταϊκές συστοιχίες. Οι μονάδες αυτές εγκαθίστανται και συνδέονται εύκολα με το δίκτυο, οπότε κατασκευάζονται πολύ πιο γρήγορα από τις συμβατικές. Ακόμα, μπορούν να τοποθετηθούν κοντά στα σημεία του δικτύου όπου υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη και μπορεί να αυξηθεί το μέγεθός τους προσθέτοντας συστοιχίες όταν αυξηθεί η ζήτηση. Τέλος, έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν καταναλώνουν καύσιμα, δεν παράγουν καυσαέρια ή απόβλητα και επιπλέον είναι αθόρυβες. Τέτοιου είδους μονάδες δεν είναι ακόμα διαδεδομένες παρόλο που έχουν μηδενικά έξοδα καυσίμου διότι το συνολικό κόστος της παραγόμενης ισχύος ευρώ/W παραμένει αυξημένο σε σχέση με τις συμβατικές μονάδες ορυκτών καυσίμων, οπότε οι εταιρίες παραγωγής δεν τις προτιμούν. Τέλος, πρόβλημα δημιουργεί το ότι η παραγωγή δεν μπορεί να ακολουθήσει την ζήτηση την νύχτα ή όταν δεν έχει ηλιοφάνεια.

Τα πλεονεκτήματα των παραπάνω συστημάτων είναι η προβλεπόμενη μείωση του κόστους παραγωγής ενέργειας και η προστασία του περιβάλλοντος. Με την παραγωγή ενέργειας κοντά στο σημείο ζήτησης μειώνεται η απόσταση που πρέπει να διανύσει το ρεύμα και επιτυγχάνεται μείωση των ενεργειακών απωλειών και των απωλειών ισχύος στο δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να αποφευχθεί ή να αργήσει σημαντικά η ανάγκη για αναβάθμιση το δικτύου μεταφοράς αφού σε πολλές περιπτώσεις οι ώρες αυξημένης ζήτησης ταυτίζονται με τις ώρες του μεσημεριού για παράδειγμα που η φωτοβολταϊκή συστοιχία δύναται να παράγει μεγάλη ισχύ. Επίσης, γίνεται προσπάθεια μείωσης του κόστους δομικών υλικών κτιρίων όπως είναι κεραμίδια με προσαρμογή πάνω τους φύλλων φωτοβολταϊκών πλαισίων, ώστε να γίνουν ανταγωνιστικά των συμβατικών δομικών υλικών και να χρησιμοποιηθούν ευρέως.

Συστήματα Απομονωμένα από το Δίκτυο

Στα απομονωμένα συστήματα το φωτοβολταϊκό δεν συνδέεται με το δίκτυο. Τέτοιου είδους φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει AC δίκτυο, είτε επειδή έχει μεγάλο κόστος να εγκατασταθεί γραμμή σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος μεταξύ της περιοχής και του AC δικτύου είτε τέλος η σύνδεση δεν είναι εφικτή λόγω μεγάλης απόστασης από τις μονάδες παραγωγής. Τα συστήματα αυτά είναι μικρής ισχύος, συνήθως λιγότερο από 10 kWp. Μπορεί να αποτελούνται μόνο από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία ή να έχουν και συσσωρευτή ή αντλία νερού ή ακόμα και γεννήτρια.

Τα συστήματα που αποτελούνται μόνο από μία φωτοβολταϊκή συστοιχία είναι συστήματα που δεν χρειάζονται μονίμως ενέργεια. Εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι οι ηλιόλουστες μέρες που κάνουν το σύστημα να έχει μεγάλη παραγωγή ισχύος παράλληλα προκαλούν αυξημένες ανάγκες για ψύξη και εξαερισμό χώρων. Έτσι, συνδέοντας τη συστοιχία με ανεμιστήρες εξαερισμού βελτιώνονται οι συνθήκες του χώρου. Ακόμα, η μεγάλη ηλιοφάνεια αυξάνει τις ανάγκες σε νερό για ύδρευση και άρδευση οπότε η συστοιχία συνδέεται με αντλία νερού για την άντληση νερού από κάποιο χαμηλότερο σημείο και την μεταφορά του είτε εκεί που υπάρχει ανάγκη, είτε για αποθήκευση σε κάποιο ψηλότερο σημείο (δεξαμενή).

Στη περίπτωση αυτή η δεξαμενή αποτελεί την αποθήκη ενέργειας. Στη περίπτωση ύπαρξης συσσωρευτή το φωτοβολταϊκό σύστημα παρέχει την ενέργεια κάθε φορά που απαιτείται ανεξαρτήτως αν έχει ήλιο ή όχι διότι οι συσσωρευτές αποθηκεύουν την περίσσεια ενέργειας όταν αυτή υπάρχει και την επιστρέφουν όταν χρειάζεται. Το πόση ενέργεια θα επιστρέψει εξαρτάται από το μέγεθος και το είδος του συσσωρευτή. Χρησιμοποιούνται για φωτισμό ή και για άλλες συσκευές, κυρίως σε τροχόσπιτα και ιστιοφόρα.

Όταν υπάρχει άλλου είδους γεννήτρια τότε το σύστημα είναι υβριδικό. Η γεννήτρια μπορεί να είναι πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Στα συστήματα αυτά η γεννήτρια και η φωτοβολταϊκή συστοιχία αλληλοσυμπληρώνονται. Το πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι ότι για να έχουμε επάρκεια σε χρονικές περιόδους μικρής ηλιοφάνειας αντί να βάλουμε φωτοβολταϊκή συστοιχία μεγαλύτερης

επιφάνειας και συσσωρευτή μεγαλύτερης χωρητικότητας, παίρνουμε την ισχύ από την γεννήτρια. Επίσης, η κατανάλωση της γεννήτριας και το κόστος συντήρησής της είναι μικρότερο σε σχέση με ένα ίδιας ισχύος συστήματος παραγωγής με μια μόνο γεννήτρια.

Η εγκατάσταση των Φ/Β στοιχείων ανεξάρτητα από το είδος κατασκευής τους παρουσιάζει μια σειρά από πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα όπως:

- μηδενική ρύπανση περιβάλλοντος.
- αθόρυβη λειτουργία.
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (έως και 25-30 χρόνια).
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων.
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες.
- ελάχιστη συντήρηση.

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους. Επιπλέον συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξειδία του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ).

Υπάρχουν δύο ειδών δυνατότητες χρησιμοποίησης Φ/Β συστημάτων:

- Σε διασύνδεση με τη ΔΕΗ
Ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το δίκτυο της ΔΕΗ (διασυνδεδεμένο σύστημα). Στην περίπτωση αυτή, πουλάει κανείς το ηλιακό ρεύμα στο δίκτυο έναντι μιας ορισμένης από το νόμο τιμής και συνεχίζει να αγοράζει ρεύμα από τη ΔΕΗ όπως και σήμερα για να καλύψει τυχόν ανάγκες του. Έχει δηλαδή ένα διπλό μετρητή για την καταμέτρηση της εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας.
- Σε ανεξάρτητο σύστημα
Εναλλακτικά, μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί ένα αυτόνομο σύστημα που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου ή μιας επαγγελματικής χρήσης. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή, η εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας.

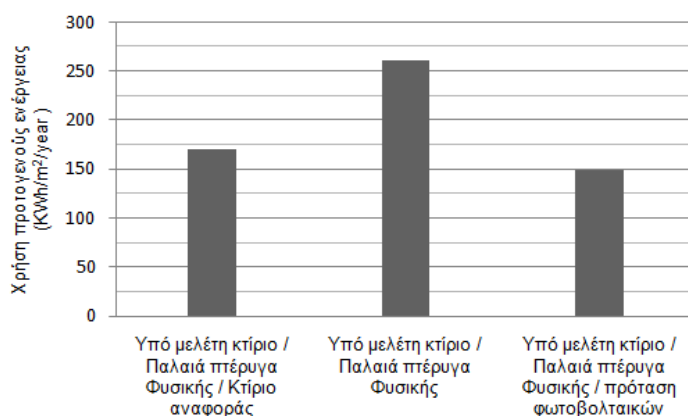
Στην περίπτωση του κτιρίου Φυσικής, τα Φ/Β πάνελ θα χρησιμοποιούνταν ως αυτόνομο σύστημα το οποίο θα κάλυπτε μέρος των αναγκών της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου σε ηλεκτρική ενέργεια.

Φωτοβολταϊκά (Φ/Β)			
New Pv			
570	Επιφάνεια φωτοβολταϊκών, m ²	0	Κόστος, Ευρώ/m ²
Απόδοση συστήματος			
0.15	Συνελεστής ηλιακής αξιοποίησης, MJ/MJ		
Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών			
180	Προσανατολισμός, deg.	30	Κλίση, deg.
1	Συντελεστής σκίασης, -		

Εικόνα 5.30 : Πίνακας EPA-Nr εισαγωγής δεδομένων φωτοβολταϊκού συστήματος

Όπου :

- Η συνολικά επιφάνεια του Φ/Β συστήματος είναι 570 m^2 , η οποία είναι μικρότερη από τη συνολική επιφάνεια της οροφής και αντιστοιχεί στο 50% της συνολικής επιφάνειας.
- Ο συντελεστής ηλιακής αξιοποίησης, είναι ο ετήσιος συντελεστής ηλιακών κερδών που δείχνει την απόδοση με την οποία το Φ/Β πάνελ μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρισμό. Ο συντελεστής αφορά τη συνολική απόδοση του συστήματος (Φ/Β πάνελ, διανομέας, μετατροπέας, μπαταρίες, κτλ.) και είναι ο λόγος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας διαιρεμένη με την συνολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο Φ/Β στοιχείο.
- Ο προσανατολισμός των Φ/Β πάνελ στην περίπτωση μας είναι νότιος, άρα ισούται με 180° .
- Η κλίση των πάνελ ως προς το οριζόντιο επίπεδο είναι η ιδανική, δηλαδή 30° .
- Ο συντελεστής σκίασης είναι ίσος με τη μονάδα, καθώς δεν υφίσταται σκίαση των πάνελ από το περιβάλλοντα χώρο.



Εικόνα 5.31 : Συγκριτικό διάγραμμα χρήσης πρωτογενούς ενέργειας παλαιάς πτέρυγας κτιρίου Φυσικής

Επιπλέον έχουμε και μια μείωση της τάξης του 42.9% στην συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, το οποίο οφείλεται στο ότι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται στο κτίριο προέρχεται από τα Φ/Β στοιχεία. Οι ενεργειακές απαιτήσεις μένουν ίδιες καθώς δεν επεμβαίνουμε στο κέλυφος του κτιρίου με την τοποθέτηση των Φ/Β στοιχείων.

Εντυπωσιακή είναι η μείωση των εκπομπών CO₂ οι οποίες μειώνονται σε ποσοστό 54% και παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 5. 32 : Συνολικές εκπομπές CO₂ με χρήση Φ/Β πάνελ

Στην περίπτωση αυτή το κτίριο κατατάσσεται στην Ενεργειακή Κατηγορία Β.

5.4 Συμπεράσματα

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής διατριβής, έχει δημιουργηθεί ένα πολύτιμο πληροφοριακό υπόβαθρο όσον αφορά στα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη κτιρίου. Η μελέτη διεξήχθη σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ελληνικού Κανονισμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) και με βάση τα διεθνή στάνταρ που ορίζει το πρότυπο ISO 13790. Η τήρηση των προδιαγραφών αυτών σε συνδυασμό με τη συγκροτημένη και προσεκτική δουλειά από μέρους των συμμετεχόντων εξασφαλίζει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Το κτίριο της Φυσικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου έχει αυξημένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Στεγάζει εργαστήρια, γραφεία και αμφιθέατρα. Το έργο την ανοικοδόμησης του ολοκληρώθηκε το 1970 πολύ πριν το πρώτο νομοσχέδιο σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων. Εκ των πραγμάτων λοιπόν, λόγω της παλαιότητάς του παρουσιάζει σημαντικές κατασκευαστικές ελλείψεις στην θερμομόνωση. Η δομή της εξωτερικής τοιχοποιίας και η ποιότητα των κουφωμάτων είναι μερικά από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα. Το 2006, με την προσθήκη συστήματος φυσικού αερίου για θέρμανση και την αντικατάσταση του συστήματος πετρελαίου θέρμανσης μειώθηκαν οι απαιτήσεις σε πρωτογενή ενέργεια. Την ίδια περίοδο προστέθηκε η νέα πτέρυγα για να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες του κτιρίου Φυσικής. Η ανοικοδόμηση της σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά σχέδια, τη τεχνική υπηρεσία αλλά και παρατηρήσεις έγινε με χρήση σύγχρονων μεθόδων και υλικών.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας εκπονήθηκε μελέτη της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου. Για την εκπλήρωση της μελέτης χρησιμοποιήθηκε το εξειδικευμένο λογισμικό πακέτο EPA-Nr, το οποίο είναι προορισμένο αποκλειστικά για την εκπόνηση ενεργειακών μελετών στα κτίρια τριτογενούς τομέα. Το EPA-Nr είναι ένα πρόγραμμα που ενσωματώνει την ευρωπαϊκή μεθοδολογία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και που έχει λάβει θετικές αξιολογήσεις από το πρόγραμμα BESTEST Building Energy Simulation Test- του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας.

Από τη δική μου εμπειρία με το πρόγραμμα και σε επιβεβαίωση των αξιολογήσεων αυτών θεωρώ πως το πρόγραμμα έχει πληθώρα πλεονεκτημάτων. Είναι απλό στη χρήση, ευέλικτο σε τοπικό και εθνικό επίπεδο (ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις) και το κυριότερο, τα αποτελέσματα είναι ακριβή. Μεγάλο πλεονέκτημα είναι πως υπολογίζει την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου πριν και μετά τις επεμβάσεις. Ωστόσο επιδέχεται πληθώρα βελτιώσεων. Οι βιβλιοθήκες δομικών υλικών και κλιματικών δεδομένων δεν είναι πλήρεις. Μεγάλη παράληψη είναι η απουσία γραφικών που θα προσομοιώνουν το κτίριο. Το Εθνικό Αστεροσκοπείο το χρεώνει με ένα συμβολικό ποσό καθώς έχει προσθέσει κάποιες ελληνικές βιβλιοθήκες και έχει συμβάλει στη μετάφραση του στην ελληνική. Ωστόσο το ποσό κρίνεται υπερβολικό δεδομένου του ότι οι βιβλιοθήκες δεν ανανεώνονται σε ετήσια βάση με κάποιο τρόπο (όπως με τη βοήθεια του διαδικτύου) αλλά ανανεώθηκαν τελευταία φορά το 2009. Τα δύο αυτά χρόνια έχουν αλλάξει πολλά πράγματα τόσο σε κλιματικά δεδομένα και σε δεδομένα καυσίμων όσο και στο νομικό πλαίσιο. Το αποτέλεσμα είναι η οικονομοτεχνική μελέτη που προσφέρει να μην είναι ακριβής και να αποκλίνει με το πέρασμα του χρόνου. Τέλος, πολύ σημαντικό είναι πως οι αλλαγές αυτές δεν είναι παρά μικρές προσθήκες στο πυρήνα του προγράμματος ο οποίος δημιουργήθηκε από επιστήμονες στην Ολλανδία και μπορεί να το διατίθεται δωρεάν. Επομένως η τιμή των 75€ κρίνεται ιδιαίτερα υψηλή. Παρόλα αυτά, για την περίπτωση μας αποδείχθηκε παρά το κόστος του, ιδανικό σε χρηστικότητα και αποτελεσματικότητα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ενεργειακών απαιτήσεων του λογισμικού EPA-Nr η χρήση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου της παλαιάς πτέρυγας είναι $261.21 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$. Το θεωρητικό μοντέλο που αντιστοιχεί στο κτίριο αναφοράς της παλαιάς πτέρυγας δίνει ως μέγιστη επιτρεπόμενη χρήση πρωτογενούς ενέργειας το ποσό $169.74 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$. Με βάση τα αποτελέσματα του προγράμματος επομένως το παλαιό κτίριο Φυσικής κατατάσσεται στην Ενεργειακή Κατηγορία Δ. Αντίστοιχα για τη νέα πτέρυγα έχουμε χρήση πρωτογενούς ενέργειας $236.09 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$ και χρήση πρωτογενούς ενέργειας $236.61 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$. Επομένως η ενεργειακή κατάταξη της νέας πτέρυγας

στην ενεργειακή κατάταξη Β. Το άνω επιτρεπόμενο όριο για κατάταξη των κτιρίων είναι η ζώνη Β. Το κτίριο της παλαιάς πτέρυγας είναι δηλαδή ενεργειακά μη αποδοτικό και επιπλέον επιδρά αρνητικά στο περιβάλλον καθώς οι εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με αυτό είναι αυξημένες. Συγκεκριμένα, οι εκπομπές CO₂ της παλαιάς πτέρυγας είναι 74.0 kg/year/m² ενώ το θεωρητικό μοντέλο δίνει μέγιστο όριο εκπομπών 57.1 kg/year/m². Εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο και μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων είναι δυνατόν να εφαρμοστεί, αν και απαιτείται να προηγηθεί αναλυτική οικονομοτεχνική μελέτη για την εύρεση της βέλτιστης λύσης. Οι προτάσεις που έγιναν επιδρούν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας αν και το κόστος ορισμένες φορές κρίνεται ιδιαίτερα αυξημένο.

Η μέθοδος του κτιρίου αναφοράς όπως χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα διπλωματική παρουσιάζει αρκετές ασάφειες ως προς τον ορισμό της από τον ΚΕΝΑΚ. Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη ορισμένων παραδοχών ώστε τα δεδομένα της να συγκλίνουν κατά τον δυνατόν στην πραγματικότητα. Αξίζει να αναφερθεί ότι το Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδας στις 07/06/2010 εξέδωσε Τεχνική Οδηγία με αναλυτικές κατευθύνσεις για τη μέθοδο του κτιρίου αναφοράς. Η παρούσα διπλωματική, καθώς εκπονήθηκε μετά την έκδοση της εν λόγω οδηγίας την λαμβάνει υπόψη. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που προέκυψαν, ήταν η απουσία τιμολογίων από τη ΔΕΗ για το κτίριο Φυσικής αλλά και σύγχρονων, εύχρηστων σχεδίων σε ηλεκτρονική μορφή. Ως εκ τούτου δεν υπήρχε μέτρο σύγκρισης για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Η σύγκριση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια στοιχείων του Υπουργείου Ανάπτυξης και ενεργειακών μελετών άλλων τριτογενούς τομέα κτιρίων τριτοβάθμιας παιδείας και παρόμοιας χρήσης.

Είναι απαραίτητη η συνεχής λειτουργία του και η εξασφάλιση ποιοτικών εσωτερικών συνθηκών. Η παρούσα κατάσταση του κτιρίου δημιουργεί, λόγω των κακών κατασκευαστικών χαρακτηριστικών του, πληθώρα προβλημάτων. Το σημαντικότερο είναι η έλλειψη θερμικής άνεσης και η εκπομπή CO₂.

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας της ενεργειακής επιθεώρησης θεωρητικά θα εκδίδονταν το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) του κτιρίου και η ενεργειακή επιθεώρηση θα αρχαιοθετούνταν. Στην περίπτωση που στο μέλλον γίνει και επίσημα, από πιστοποιημένους επιθεωρητές, η παρούσα διπλωματική εργασία θα αποτελέσει μια πολύ χρήσιμη βάση. Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να γίνει μια αποτίμηση της μεθόδου ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου με βάση το κτίριο αναφοράς. Η μέθοδος αυτή διαφέρει σε σχέση με τη μέθοδο που πρότεινε το σχέδιο του Κανονισμού και όριζε την κατάταξη του κτιρίου σε κάποια ενεργειακή κλάση ανάλογα με τη θέση του σε ορισμένους πίνακες. Οι πίνακες αυτοί ήταν τυποποιημένοι με βάση το είδος του κτιρίου και την κλιματική ζώνη. Όσον αφορά τη μέθοδο του κτιρίου αναφοράς, η μελέτη διπλασιάζεται σε μέγεθος, καθώς πρέπει να επαναληφθεί με τα τυποποιημένα δεδομένα και συνεπώς σε χρόνο και κόστος. Επιπλέον υπάρχει διαφορά όσον αφορά στα αποτελέσματα ανάμεσα στις δύο μεθόδους. Όπως αναλυτικά υπολογίζεται με τη μέθοδο του κτιρίου αναφοράς το υπό μελέτη κτίριο της παλαιάς πτέρυγας του κτιρίου Φυσικής κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία Δ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι με και με την παλιότερη μέθοδο το κτίριο θα ήταν κατηγορίας Δ. Και με τις δύο μεθόδους η νέα πτέρυγα είναι ενεργειακής κατηγορίας Β.

Καταλήγοντας, πρέπει να τονιστεί ότι το υπό μελέτη κτίριο, όπως και όλα τα κτίρια παρόμοιας ηλικίας παρουσιάζει με τα σημερινά δεδομένα σημαντικές κατασκευαστικές ελλείψεις όσον αφορά στη θερμομόνωση. Σημαντικό ποσοστό του κτιριακού τομέα αποτελείται από τέτοιες περιπτώσεις. Το κτίριο της Φυσικής όντας ένα κτίριο πανεπιστημιακό, ως αποτελέσει μέσα από τη μελέτη αυτή πρότυπο, αρχικά για την πανεπιστημιακή κοινότητα αλλά και για ολόκληρη την κοινωνία. Μια κατεύθυνση για μελλοντική έρευνα στο θέμα αυτό είναι η εφαρμογή μελετών ενεργειακής απόδοσης και σε άλλα εκπαιδευτικά κτίρια. Κάτι τέτοιο θα είχε διπλό όφελος, τόσο ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και την ανάδειξη του πανεπιστημίου ως πρότυπο για την χώρα μας. Το τμήμα μας μπορεί να πρωτοστατήσει σε μια τέτοια πρωτοβουλία αξιοποιώντας μέσα από αντίστοιχα λογισμικά, όπως το EPA-Nrg, το υπάρχον γνωστικό υπόβαθρο.

Παράρτημα Α

Δομικά υλικά	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών		
	ρ	λ	c_p	μ		
	kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό	
1. Ανόργανα δομικά υλικά						
1.1. Φυσικοί λίθοι και γαίες						
1.1.1. Συμπαγείς λίθοι						
1.1.1.1	Ιζηματογενή πετρώματα (σκληρά)	2 600	2,300	1 000	250	200
1.1.1.2	Ομογενής βράχος		3,500			
1.1.1.3	Βασάλτης	2700 - 3000	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.4	Γνεύσιος	2400 - 2700	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.5	Γρανίτης	2500 - 2700	2,800	1 000	10 000	10 000
1.1.1.6	Μάρμαρο	2 800	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.7	Σχιστόλιθος	2000 - 2800	2,200	1 000	1 000	800
1.1.1.8	Ασβεστόλιθο πολύ σκληρός	2 600	2,300	1 000	250	200
	σκληρός	2 200	1,700	1 000	200	150
	ημίσκληρος	2 000	1,400	1 000	50	40
1.1.2. Πορώδεις λίθοι						
1.1.2.1	Ασβεστόλιθο μαλακός	1 800	1,100	1 000	40	25
	πολύ μαλακός	1 600	0,850	1 000	30	20
1.1.2.2	Ψαμμίτης	2 600	2,300	1 000	40	30
1.1.2.3	Ιζηματογενή πετρώματα (μαλακά)	1 500	0,850	1 000	30	20
1.1.2.4	Κίσηρη υπό μορφή πέτρας, λάβα, πορώδης λάβα	1 600	0,550	800	20	15
1.1.2.5	Ελαφρόπετρα, θηραϊκή γη	400	0,120	1 000	8	6
1.1.2.6	Πλάκες τύπου Μάλτας (μαλτεζόπλακες)		1,050			
1.2. Γαιώδη υλικά και υλικά πλήρωσης διακένων δαπέδων, οροφών, τοίχων κ.τ.λ.						
1.2.1.	Χώμα συμπαγές	1 800	2,090			
1.2.2.	Άργιλος / ιλύς	1200 - 1800	1,500	1 670 - 2 500	50	50
1.2.3.	Ιλυώδης άμμος (υγρή)	1 700	1,500	1 800	—	
1.2.4.	Τύρφη (σε ξηρή κατάσταση)	400	0,200	1 000		
	(σε υγρή κατάσταση)	900	0,500	1 500		
1.2.5.	Άμμος διαμέτρου κόκκου < 5 mm	1 520	0,350	800		
1.2.6.	Αμμοχάλικο	2 200	2,000	910 - 1180	50	50
1.2.7.	Χονδρόκοκκη κίσηρη		0,190		40	180
1.2.8.	Διογκωμένος περλίτης	50 - 130	0,070	900	1 - 2	
1.2.9.	Ψηφίδες διαμέτρου κόκκου 50-10 mm, συλλεκτές και θραυστές		0,810			
1.2.10.	Θραύσματα οπτόπλινθων και κεραμιδιών	1 400	0,410			
1.3. Κατεργασμένη άργιλος (πηλός)						
1.3.1.	Ελαφρός πηλός (κίσηρη + πηλός)	760	0,230	1 000	6	
1.3.2.	Πηλός μπαγδατί		0,470			
1.3.3.	Πηλός, λάσπη	1200 - 1800	1,500	1670 - 2500	50	50
1.3.4.	ωμόπλινθοι συμπαγείς	1 990	0,800	1 000	10	
1.3.5.	ωμόπλινθοι με πρόσμιξη άχυρου	300	0,100	1 500	5	
		660	0,190	1 500	5	
		1 400	0,700			
1.4. Επίχρισματα, κονιάματα στρώσεων και συνδετικά κονιάματα αρμών						
1.4.1.	Ασβεστοκονίαμα	1 800	0,870	1 000	15	
1.4.2.	Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	1 800	0,870	1 000	25 - 35	
		1 900	1,000	1 100	35	
1.4.3.	Τσιμεντοκονίαμα, επίστρωση τσιμέντου	2 000	1,400	1 100	25 - 35	
1.4.4.	Ασβεστογυψοκονίαμα	1 400	0,700	1 000	10	
1.4.5.	Γυψοκονίαμα χωρίς συμπλήρωμα άμμου	1 200	0,350	900	10	6
	με συμπλήρωμα άμμου	1 600	0,800	900	10	6
1.4.6.	Θερμομονωτικό επίχρισμα (εξωτερικά)	< 200	0,060	1 100	10	
		250	0,080	1 100	10	
		350	0,100	1 100	10	
		500	0,140	1 100	10	
1.4.7.	Συνθετικά κονιάματα	1 800	0,870	1 100	80 - 250	
1.4.8.	Επίστρωση χυτής ασφάλτου	2 300	0,900		∞	

Δομικά υλικά	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών		
				μ ξηρό	μ υγρό	
	ρ kg/m ³	λ W/(m·K)	c _p J/(kg·K)			
1.5. Σκυροδέματα και ελαφρά σκυροδέματα (σε κατασκευαστικά στοιχεία χωρίς αρμούς και σε πλάκες μεγάλου μεγέθους)						
1.5.1.	Σκυρόδεμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο μέσης πυκνότητας	1 800	1,150	1 000	100	60
		2 000	1,350	1 000	100	60
		2 200	1,650	1 000	120	70
	υψηλής πυκνότητας	2 400	2,000	1 000	130	80
1.5.2.	Οπλισμένο σκυρόδεμα χαμηλής ποιότητας (παλαιού τύπου B120)		1,510			
1.5.3.	Οπλισμένο σκυρόδε (1% σίδηρος)	2 300	2,300	1 000	130	80
	(≥2% σίδηρος)	2 400	2,500	1 000	130	80
1.5.4.	Γαρμπλοσκυρόδεμα, γαρμπιλόδεμα	1 500	0,640		20	
		1 700	0,810		25	
		1 900	1,100		35	
1.5.5.	Κισηρόδεμα, ελαφροσκυρόδεμα	500	0,200		5 - 20	
		600	0,220		5 - 20	
		800	0,280		5 - 20	
		1 000	0,350		5 - 20	
		1 200	0,460		5 - 20	
1.5.6.	Κυψελωτό σκυρόδεμα σκληρωμένο με ατμό	400	0,140	1 000	3	
		500	0,190	1 000	4	
		600	0,230	1 000	4	
		800	0,290	1 000	5	
		1 000	0,350	1 000	6	
1.5.7.	Περλιτόδεμα (το ειδικό βάρος εξεργτάται από την κατ' όγκον αναλογία τσιμέντου : περλίτη)					
1.5.7.1	Περλιτόδεμα χωρίς τη χρήση αφροποιητικού παράγοντα	350	0,130			
		450	0,140			
		500	0,160			
		600	0,200			
1.5.7.1	Περλιτόδεμα με τη χρήση αφροποιητικού παράγοντα	350	0,094			
		450	0,110			
		500	0,116			
		600	0,140			
1.5.8.	Πλάκες από σκυρόδεμα, γύψο και αμιαντοσιμέντο					
1.5.8.1.	Πλάκες από κισηρόδεμα	800	0,280		5 - 10	
1.5.8.2.	Πλάκες από ελαφρό σκυρόδεμα με ανάμεικτα αδρανή	1 400	0,580		10 - 25	
1.5.9.	Πλάκες μικρού πάχους, σανίδες					
1.5.9.1.	Γυψοσανίδες	700	0,210	1 000	10	4
		900	0,250	1 000	10	4
		1 150	0,360	1 000	10	
1.5.9.2.	Τσιμεντοσανίδες	1200 - 1300	0,28 - 0,32		20 - 30	
1.5.9.3.	Ινοπλισμένες τσιμεντόπλακες	2 000	0,480	1 100	60	
1.6.	Λιθοσώματα					
1.6.1.	Τεχνητοί λίθοι	1 750	1,300	1 000	50	40
1.7.	Τοιχοποιίες από λιθοσώματα, συμπεριλαμβανομένου του συνδετικού κονιάματος των αρμών ⁽¹⁾					
1.7.1.	Τοιχοποιία από πλίνθους τσιμεντοειδούς βάσης					
1.7.1.1.	Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (ασβέστη - άμ	1 200	0,560		8 - 10	
		1 400	0,700		8 - 10	
		1 600	0,790		15 - 25	
		1 800	0,990		15 - 25	
		2 000	1,100	1 100	15 - 25	
		2 200	1,300	1 100	15 - 25	
1.7.1.2.	Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι (ελαφροτσιμεντόλιθοι)	400	0,110	1 000	3 - 5	
		500	0,130	1 000	4 - 6	
		600	0,160	1 000	5 - 7	
		700	0,190	1 000	6 - 8	
		800	0,220	1 000	8 - 10	

Δομικά υλικά	Φαινόμενο	Συντελεστής	Ειδική	Συντελεστής	
	ειδικό	θερμικής	θερμο-	αντίστασης	
	βάρος	αγωγιμότητα	χωρητικότητα	σε διάχυση	
	ρ	λ	c_p	μ	
	kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
1.7.1.3. Διάτρητες πλίνθοι από κυψελωτό σκυρόδεμα	600	0,350		5 - 10	
	800	0,470		5 - 10	
	1 000	0,650		5 - 10	
	1 200	0,770		5 - 10	
	1 400	0,910		5 - 10	
	1 600	1,000		5 - 10	
1.7.1.4. Κισηρόλιθοι (πλίνθοι από φυσική ελαφρόπετρα)	500	0,220	1 000	5 - 10	
	600	0,240	1 000	5 - 10	
	700	0,250	1 000	5 - 10	
	800	0,280	1 000	5 - 10	
1.7.2. Οπτοπλινθοδομή, ανεπίχριστη, συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών πάχους 10 mm					
1.7.2.1. Οπτόπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	1 200	0,490	1 000	10 - 25	
	1 500	0,640	1 000	10 - 25	
	1 700	0,760	1 000	10 - 25	
	1 900	0,890	1 000	10 - 25	
1.7.2.2. Οπτόπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλίνθους	1200 ⁽²⁾	0,450	1 000	5 - 10	
	1500 ⁽²⁾	0,520	1 000	5 - 10	
	1700 ⁽²⁾	0,590	1 000	5 - 10	
	1900 ⁽⁴⁾	0,660	1 000	5 - 10	
1.6.2.3. Πορώδεις αργιλικές οπτόπλινθοι (πορώδη τούβλα)	940	0,260	1 000	10	
1.6.2.4. Οξύμαχες οπτόπλινθοι (κλίνκερ)	1 800	1,800	900	100	
1.8. Γαλότουβλα	2 500	1,400	840	∞	
1.9. Κεραμίδια					
1.9.1. Κεραμίδια		0,400			
1.9.2. Αργιλικά πλακίδια επιστέγασης	2 000	1,000	800	40	30
2. Ξύλα					
2.1. Συμπαγής ξυλεία					
2.1.1. Κατεργασμένη και ακατέργαστη ξυλεία, γενικώς	450	0,120	1 600	50	20
	500	0,130	1 600	50	20
	700	0,180	1 600	200	50
2.1.2. Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κ.τ.λ.)	600	0,140	1 600	50	20
2.1.3. Οξιά	800	0,170	1 600	200	50
2.1.4. Δρυς (βελανιδιά)	800	0,210	1 600	200	50
2.1.5. Ξύλινα τεμάχια παρκέτου		0,210	1 600		
2.2. Προϊόντα ξύλου					
2.2.1. Μοριοσανίδες	300	0,100	1 700	50	10
	600	0,140	1 700	50	15
	900	0,180	1 700	50	20
2.2.2. Αντικολλητά φύλλα ξυλείας (κόντρα πλακέ)	300	0,090	1 600	150	50
	500	0,130	1 600	200	70
	700	0,170	1 600	220	90
	1 000	0,240	1 600	250	110
2.2.3. Σκληρές πλάκες ινώδους ξύλου, ινοσανίδες (MDF)	250	0,070	1 700	5	3
	400	0,100	1 700	10	5
	600	0,140	1 700	20	12
	800	0,180	1 700	30	20
3. Μέταλλα και γυαλί					
3.1. Γυαλί					
3.1.1. Γυαλί, υαλοπίνακας	2 500	1,00	750	∞	∞
3.1.2. Ψηφιδωτό γυαλί, υαλογράφημα	2 000	1,20	750	∞	∞
3.2. Μέταλλα					
3.2.1. Σίδηρος, χυτός	7 500	50,00	450	∞	∞
3.2.2. Χάλυβας (ασάλι)	7 800	50,00	450	∞	∞
3.2.3. Ανοιξείδιωτος χάλυβας	7 900	17,00	500	∞	∞
3.2.4. Χαλκός	8 900	380,00	380	∞	∞
3.2.5. Ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδάργυρου)	8 400	120,00	380	∞	∞
3.2.6. Μπρούντζος (κράμα χαλκού και κασσίτερου)	8 700	65,00	380	∞	∞
3.2.7. Μόλυβδος	11 300	35,00	130	∞	∞
3.2.8. Ψευδάργυρος	7 200	110,00	380	∞	∞
3.2.9. Αλουμίνιο, κράμα αλουμινίου	2 800	160,00	880	∞	∞
3.2.10. Φύλλο αλουμινίου των 125 kg/m ² (ως φράγμα υδρατμών)	2 500	54,00		∞	∞
3.2.11. Φύλλο λαμαρίνας		58,00		∞	∞

Δομικά υλικά	Φαινόμενο	Συντελεστής	Ειδική	Συντελεστής	
	ειδικό	θερμικής		θερμο-	αντίστασης
	βάρος	αγωγιμότητα	χωρητικότητα	σε διάχυση	υδρατμών
	ρ	λ	α	μ	
	kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
4. Υλικά υποστρωμάτων και επιστρώσεων					
4.1. Λινέλαιο	1 200	0,170	1 400	1 000	800
4.2. Υποστρώματα					
4.2.1. Υπόστρωμα απο τσόχα, πέλμα	120	0,050	1 300	20	15
4.2.2. Υπόστρωμα απο κυτταρίνη, καουτσούκ ή πλαστικό	270	0,100	1 400	10 000	10 000
4.2.3. Υπόστρωμα απο λινάτσα	200	0,060	1 300	20	15
4.2.4. Υπόστρωμα φελλού	< 200	0,050	1 500	20	10
4.2.5. Υαλοφάσμα, υαλόνημα, γεωφάσμα	60 - 140	0,040	1 030	2	2
	> 140	0,045	1 030	2	2
4.2.6. Πεπιεσμένες ορυκτές ίνες	200 - 400	0,060	1 030	10	10
4.3. Πλακίδια φελλού					
4.3.1. Απλά πλακίδια φελλού	100 - 150	0,042	1 560	10 - 30	
	> 400	0,065	1 500	40	20
4.3.2. Πλακίδια φελλού, οπλισμένα με ψαθωτή ύφανση	100 - 150	0,046	1 560	10 - 30	
4.4. Μοκέτα	200	0,060	1 300	5	5
4.5. Καουτσούκ, λάστιχο					
4.5.1. Φυσικό καουτσούκ	910	0,130	1 100	10 000	10 000
4.5.2. Νεοπρένιο (συνθετικό καουτσούκ)	1 240	0,230	2 140	10 000	10 000
4.5.3. Βουτυλικό καουτσούκ	1 200	0,240	1 400	200 000	200 000
4.5.4. Διογκωμένο καουτσούκ (αφρώδες, σπογγώδες, λατέξ)	60 - 80	0,060	1 500	7 000	7 000
4.5.5. Σκληρυμμένο (σκληρό) καουτσούκ (εβονίτης)	1 200	0,170	1 400	∞	∞
4.5.6. Μονομερές αιθυλένιο-προπυλένιο-διένιο (EPDM)	1 150	0,250	1 000	6 000	6 000
4.5.7. Πολυισοβουτυλένιο	930	0,200	1 100	10 000	10 000
4.5.8. Πολυσουλφίδια	1 700	0,400	1 000	10 000	10 000
4.5.9. Βουταδιένιο	980	0,250	1 000	100 000	100 000
4.6. Ασφαλτικά υλικά					
4.6.1. Καθαρή ασφάλτος, μαστίχη ασφάλτου, πίσσα	1 050	0,170	1 700	50 000	50 000
4.6.2. Ασφαλτικά μείγματα με αδρανή, ασφαλτικό σκυρόδεμα	2 100	0,700	1 000	50 000	50 000
4.6.3. Επιστρωση χυτής ασφάλτου	2 300	0,900	920	50 000	50 000
4.6.4. Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόχαρτα)	1 100	0,190	1 000	50 000	50 000
4.6.5. Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	1 100	0,230	1 000	50 000	50 000
4.7. Κεραμικά υλικά και υλικά με βάση το τσιμέντο					
4.7.1. Πλακίδια επιστρώσης τοίχων	2 000	1,050		250	
4.7.2. Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	2 000	1,840	840	250	
4.7.3. Κεραμικά πλακίδια με εφυάλωση / πορσελάνες	2 300	1,300	840	∞	∞
4.7.4. Μωσαϊκό	1 900	1,200			
4.8. Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια	1 000	0,200	1 000	10 000	10 000
4.9. Πλάκες πεζοδρομίου	2 100	1,500	1 000	100	60
5. Συνθετικά υλικά, ρητίνες, σιλικόνες					
5.1. Πλαστικά					
5.1.1. Πολυκαρβονικά φύλλα	1 200	0,200	1 200	5 000	5 000
5.1.2. Φύλλο πολυαιθυλενίου (υψηλής πυκνότητας)	980	0,500	1 800	100 000	100 000
	920	0,330	2 200	100 000	100 000
5.1.3. Φύλλο χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC)	1 390	0,170	900	50 000	50 000
5.1.4. Πολυπροπυλένιο (PP)	910	0,220	1 800	10 000	10 000
5.1.5. Πολυστυρένιο (PS)	1 050	0,160	1 300	100 000	100 000
5.1.6. Ακρυλικά	1 050	0,200	1 500	10 000	10 000
5.1.7. Πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE)	2 200	0,250	1 000	10 000	10 000
5.1.8. Πολυακετόνη	1 410	0,300	1 400	100 000	100 000
5.1.9. Πολυαμίδιο	1 150	0,250	1 600	50 000	5 000
5.1.10. Πολιουρεθάνη	1 200	0,250	1 800	6 000	6 000
5.1.11. Αφρός πολυουρεθάνης (ως σφραγιστικό υλικό)	70	0,050	1 500	60	60
5.2. Ρητίνες					
5.2.1. Εποξεική (εποξειδική) ρητίνη	1 200	0,200	1 400	10 000	10 000
5.2.2. Φενολική ρητίνη	1 300	0,300	1 700	100 000	100 000
5.2.3. Πολυεστερική ρητίνη	1 400	0,190	1 200	10 000	10 000
5.3. Σιλικόνες					
5.3.1. Καθαρή σιλικόνη	1 200	0,350	1 000	5 000	5 000
5.3.2. Γέμισμα σιλικόνης	1 450	0,500	1 000	5 000	5 000
5.3.3. Σιλικονόχουχος αφρός	750	0,120	1 000	10 000	10 000
5.3.4. Κόκκοι οξειδίου του πυριτίου, πηκτή πυριτίου (silica gel)	720	0,130	1 000	∞	∞

Δομικά υλικά	Φαινόμενο	Συντελεστής	Ειδική	Συντελεστής	
	ειδικό	θερμικής	θερμο-	αντίστασης	
	βάρος	αγωγιμότητα	χωρητικότητα	σε διάχυση	
	ρ	ζ	α	υδρατμών	
kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό	
6. Θερμομονωτικά υλικά					
6.1. Ινώδη ανόργανα υλικά					
6.1.1. Υαλοβάμβακας σε σκληρές πλάκες	70 - 110	0,035 - 0,041		1,0 - 1,5	
6.1.2. Υαλοβάμβακας μη μορφοποιημένος	15 - 50	0,035 - 0,041		1,0 - 1,5	
6.1.3. Πετροβάμβακας σε σκληρές πλάκες	110 - 180	0,035 - 0,041	1 030	1,0 - 1,5	
6.1.4. Πετροβάμβακας μη μορφοποιημένος	50	0,035 - 0,041	1 030	1,0 - 1,5	
6.2. Ανόργανα υλικά κυψελωτής δομής					
6.2.1. Αφρώδες γυαλί	125 - 140	0,040 - 0,052	1 000	100 000	100 000
6.2.2. Τρίματα θηραϊκής γης	150 - 230	0,060 - 0,080	1 000		
6.3. Συνθετικά οργανικά υλικά κυψελωτής δομής					
6.3.1. Πλάκες ξυλόμαλου με ανόργανο συνδετικό	$d < 25$ mm $d \geq 25$ mm	0,150 0,090	1 470 1 470	2 - 5 2 - 5	
6.3.2. Φελλός					
6.3.2.1 Σκληρά πλακίδια από φελλό	> 400	0,065	1 500	40	20
6.3.2.2 Φύλλα και πλάκες από φελλό	100 - 150	0,042 - 0,046	1 560	10 - 30	
6.3.3. Διογκωμένη πολυστερίνη					
6.3.3.1 Διογκωμένη πολυστερίνη σε κόκκους	15 - 30	0,045	1 450		
6.3.3.2 Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες ⁽³⁾	12 - 30	0,035 - 0,040	1 500	20 - 90	
6.3.3.3 Διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη σε πλάκες	12 - 30	0,031 - 0,035	1 550	30 - 80	
6.3.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	30 - 45	0,033 - 0,037	1 450	80 - 250	
6.3.5. Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες (σε αφρό ή πλάκες) ⁽⁴⁾	30 - 80	0,023 - 0,030 ¹	1 400 - 1 500	50 - 100	
6.3.6. Φαινολικός αφρός	40 - 50	0,026 - 0,038	1 400	50	50
6.4. Υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης					
6.4.1. Πλάκες ή μπάλες πεπαισμένου άχυρου	200	0,040 - 0,070		2	
6.4.2. Φύκια θαλάσσης	75 - 80	0,045 - 0,050		2	
6.4.3. Πλάκες από καλάμια	120 - 230	0,065 - 0,090	1 200		
6.4.4. Κυτταρίνη (κολλώδης)	120 - 220	0,040 - 0,060	800 - 1 100		
(ινώδης)	30 - 80	0,040 - 0,45	1 700 - 2 100		
6.4.5. Λινάρι	20 - 80	0,038 - 0,045	1 300 - 1 600		
6.4.6. Βαμβάκι	20 - 60	0,040	840 - 1 300		
6.4.7. Μαλλί προβάτου	25 - 30	0,040 - 0,050	960 - 1 300		
7. Αέρια					
7.1. Ξηρός αέρας (στους 20°C)	1	0,025	1 008	1	
7.2. Διοξείδιο του άνθρακα	2	0,014	820	1	
7.3. Αργό	2	0,017	519	1	
7.4. Κρυπτό	4	0,009	245	1	
7.5. Ξένο	6	0,0054	160	1	
8. Νερό					
8.1. Νερό σε υγρή φάση					
8.1.1. Νερό στους 10°C	1 000	0,600	4 187	—	—
8.1.2. Νερό στους 40°C	990	0,630	4 190	—	—
8.1.3. Νερό στους 80°C	970	0,670	4 190	—	—
8.2. Νερό σε στερεά φάση					
8.2.1. Πάγος στους -10°C	920	2,300	2 000	—	—
8.2.2. Πάγος στους 0°C	900	2,200	2 000	—	—
8.2.3. Φρέσκο χιόνι (πάχος στρώσης < 30 mm)	100	0,050	2 000	—	—
8.2.4. Χιόνι, μαλακό (πάχος στρώσης 30 έως 70 mm)	200	0,120	2 000	—	—
8.2.5. Χιόνι, ελαφρώς συμπιεσμένο (πάχος στρώσης 70 έως 100 mm)	300	0,230	2 000	—	—
8.2.6. Χιόνι, συμπιεσμένο (πάχος στρώσης < 200 mm)	500	0,600	2 000	—	—

Σημειώσεις

- 1) Οι τιμές που αναγράφονται είναι ενδεικτικές. Εφόσον υπάρχει πιστοποιημένη τιμή από το κατασκευαστή θα γίνεται χρήση αυτής.
- 2) Το φαινόμενο ειδικό βάρος αναφέρεται στο υλικό κατασκευής και όχι στον οπτόλιθο.
- 3) Υποδεικνύεται η χρήση πολυστερίνης βάρους μεγαλύτερου του 25Kg/m³. Επίσης πρέπει να είναι τέτοιου τύπου που να μη συντηρεί τη φλόγα.
- 4) Η χρήση πολυουρεθάνης σε εσωτερικούς χώρους αντενδείκνυται λόγω της παραγωγής επικίνδυνων προϊόντων καύσης σε περίπτωση πυρκαγιάς.
- 5) Η αναγραφόμενη τιμή της πολυουρεθάνης αναφέρεται σε πολυουρεθάνη 40 Kg/m³.



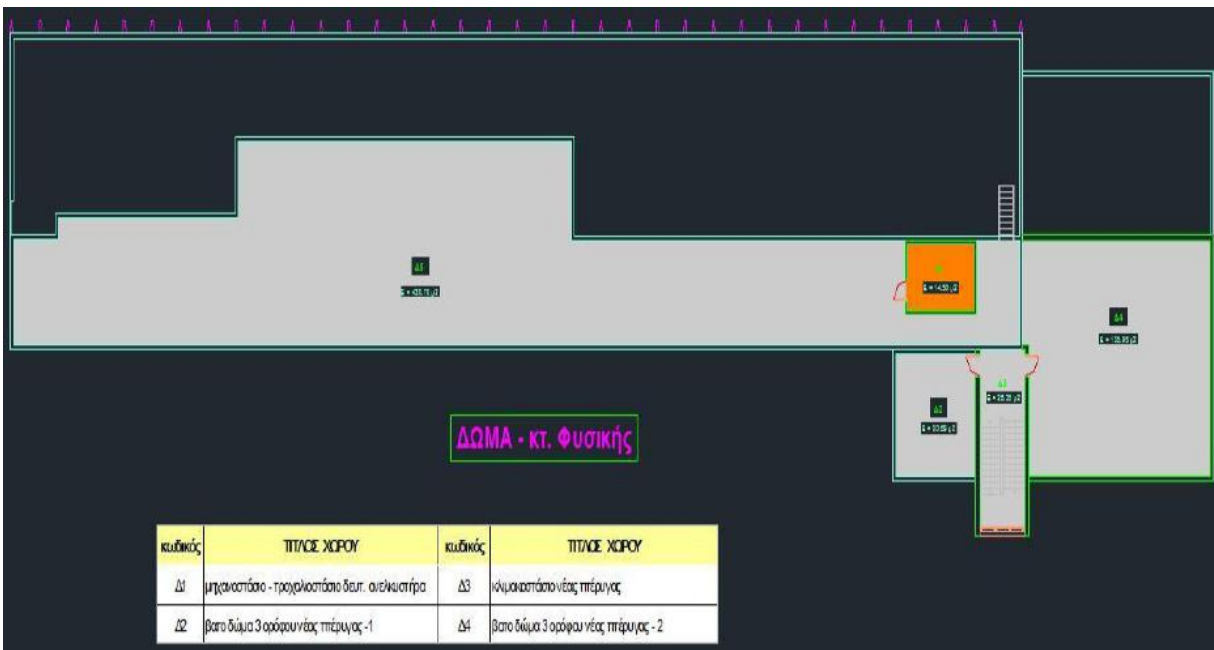
κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ	κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ	κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ	κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ
101	ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ	110	Γραφείο Μεταπτυχιακών Φοιτητών	119	Καρέκλης Ηλιάς ΙΩΑΧ	128	αποθηκευτικός χώρος
102	Εκπαιδευτικό Εργαστήριο	111	Ερευνητικό Εργαστήριο Θερμοχημικών & Εδωλυσιογενούς Εκπαλιτής	120	Θύλη Σοφία, Δασητός Γκαρκόνας Παναγιώτης, Δασητός	129	χώρος κίνησης παλαιάς πτέρυγας
103	Μορφωτικός Διευθυντής, Ε.Ε.Δ.Π. Μανώλης Κασσανδρή, Ε.Ε.Δ.Π.	112	Πέλληγος Δημήτριος, Επιστ. Συνεργάτης	121	Κυριακόπουλος Ευθύμιος, Ομ. Καθηγητής	130	WC ανδρών
104	Χρυσουπόλης Κωνσταντίνος, Αν. Καθηγητής	113	Ζαρωλάκη Ιωάννα, Επιστ. Καθηγήτρια	122	Νταουκάκη Δέσποινα, Αν. Καθηγήτρια	131	WC γυναικών
105	Απόκης Λάδρας, Αν. Καθηγητής	114	Κυρίσης Απόστολος, Επιστ. Καθηγητής	123	Μαδινός Αντώνιος, Ομ. Καθηγητής	132	αποθηκευτικός χώρος
106	Ερευνητικό Εργαστήριο Θερμικής Ανάλυσης	115	Ερευνητικό Εργαστήριο Δηλητηρίασης Φασμασκοπίας	124	χώρος εισόδου νέας πτέρυγας	133	WC
107	Πισσης Παύλου, Καθηγητής	116	Γραφείο Μεταπτυχιακών Φοιτητών	125	κλιμακαστάσιο νέας πτέρυγας	134	κίβωτο κλιμακαστάσιο παλαιάς πτέρυγας
108	Αθυσια Στέφανος - Σουκάμειν	117	Καθαρός Χώρος (Clean Room)	126	δωλερών κλιμακαστάσιο παλαιάς πτέρυγας	135	κίβωτο ανέλισης παλαιάς πτέρυγας
109	Μικαίλης Παύλος, Αν. Καθηγητής	118	Γραφείο Μεταπτυχιακών Φοιτητών	127	δωλερών ανέλισης παλαιάς πτέρυγας		



κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ	κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ	κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ	κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ
201	ΒΗΠΑΔΕΥΤΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ	210	Καρέκλης Ηλιάς, Αν. Καθηγητής	219	Εργαστήριο Παραδοσιακής Φυσικής Υψηλών Ενταξιών	228	χώρος κίνησης παλαιάς πτέρυγας
202	Δημοσίου Ανδρέα ΙΩΑΧ	211	Αλεξόπουλος Θεόδωρος, Αν. Καθηγητής	220	Αβραμίδου Ροζή, ΙΩΑΧ	229	χώρος εισόδου νέας πτέρυγας
203	Παμπετής Χρήστος, Ε.Ε.Δ.Π.	212	Αθυσια Ηλεκτρονικών Υπολογιστών Ερευνητικό Εργαστήριο Πληροφορικής	221	Γραφείο Μεταπτυχιακών Φοιτητών	230	δωλερών κλιμακαστάσιο παλαιάς πτέρυγας
204	Ερευνητικό Εργαστήριο Κοσμικών Ακτίνων	213	Παπαδόπουλος Πάυλος, Αν. Καθηγητής	222	Παπαδόπουλος Κωνσταντίνος, Αν. Καθηγητής	231	δωλερών ανέλισης παλαιάς πτέρυγας
205	Ματθίος Στάρας, Επιστ. Καθηγητής	214	Φωκίτης Εμμανουήλ, Αν. Καθηγητής	223	Κάκισα Αριάδνη, Ομ. Καθηγήτρια	232	Καζάνια
206	Ερευνητικό Εργαστήριο Υψηλών Ενταξιών Αθυσια Ηλεκτρονικών Υπολογιστών	215	Γραφείο Μεταπτυχιακών Φοιτητών	224	Θαλασσάκη Ζωή Ροζή, Καθηγήτρια	233	WC ανδρών
207	Παπαδόπουλος Θεόδωρος, Καθηγητής	216	Κακαρής Μιχάλης, Λέκτορας	225	Δημήτρης Εμμανουήλ, Καθηγητής Φασμασκοπίας Ομ. Καθηγητής	234	WC γυναικών
208	Ραζής Βαγγέλης, Καθηγητής	217	Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής	226	Γραφείο Μεταπτυχιακών Φοιτητών	235	κίβωτο κλιμακαστάσιο παλαιάς πτέρυγας
209	Βαργάκη- Νικητή Χαλματή, Επιστ. Καθηγήτρια	218	Γραφείο Μεταπτυχιακών Φοιτητών	227	κλιμακαστάσιο νέας πτέρυγας	236	κίβωτο ανέλισης παλαιάς πτέρυγας



κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ	κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ	κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ	κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ
301	Ζουπλάνος Γεώργιος, Καθηγητής	311		321	Ανθωποπούλου Κωνσταντίνος, Επικ. Καθηγητής	331	βαπο δάμα παλαιός πτέρυγας
302	Τρέκας Νικόλαος, Αν. Καθηγητής	312	Παρασκευαΐδης Κωνσταντίνος, Αν. Καθηγητής	322	Χίλιος Κλήσις νέος πτέρυγας	332	θαύρακιος παλαιός πτέρυγας
303	Παπανικολάου Ελευθέριος, Αν. Καθηγητής	313	Καυσιώδης Γεώργιος, Αν. Καθηγητής	323	Κλιμακοστάσιο νέος πτέρυγας	333	φραπόσιονεμιστήρα
304	Φωτιστικό - Εκτυπωτής	314	Φαφάνος Κωνσταντίνος, Αν. Καθηγητής	324	WC κανόνη	334	κλιμακοστάσιο
305	Γραφείο Μεταπτυχιακών φοιτητών	315		325	αποθήκη	335	θαύρακιος προς Λεβητοστάσιο
306	Πηγάδαλος Γεώργιος, Ομ. Καθηγητής Γραφείο Εξαεριστικών Συσκευών	316	Παπαδημητρίου Δημήτρης, Επικ. Καθηγητής	326	κλιμακοστάσιο	336	Λεβητοστάσιο
307	Γραφείο Μεταπτυχιακών φοιτητών	317	Γραφείο Μεταπτυχιακών φοιτητών	327	φραπόσιονεμιστήρα	337	κω θυλακίων
308	Γραφείο Μεταπτυχιακών φοιτητών	318	Καζαντζής Αλέξανδρος, Επικ. Καθηγητής	328	βαπο δάμα νέος πτέρυγας	338	κω ανδρών
309	Γραφείο Μεταπτυχιακών φοιτητών	319	Αββακού Σάββατος	329	θαύρακιος παλαιός πτέρυγας	339	βοήθη κωδ χείρας
310	Ζουμπουλάκης Ηλίας, Αν. Καθηγητής	320	Γραφείο Συμφωνιών	330	κλιμακός θαύρακιος παλαιός πτέρυγας		



κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ	κωδικός	ΤΙΤΛΟΣ ΧΩΡΟΥ
Δ1	μηχανοστάσιο - τροχιοκοστάσιο δεξιά ανελκυστήρα	Δ3	κλιμακοστάσιο νέος πτέρυγας
Δ2	βαπο δάμα 3 ορόφου νέος πτέρυγας -1	Δ4	βαπο δάμα 3 ορόφου νέος πτέρυγας - 2

Παράρτημα Γ

Αρχές λειτουργίας Θερμοκάμερας

Γ₁ : Τρόποι μεταφοράς θερμότητας

Μεταφορά με αγωγή

Η θερμότητα μεταδίδεται δια μέσου της μάζας των σωμάτων. Η δυσκολία μεταφοράς της θερμότητας δια μέσου των σωμάτων, εξαρτάται από την αγωγιμότητα του σώματος. Η μεταφορά με αγωγή έχει σαν συνέπεια, απώλειες θερμότητας από ένα κτίριο. Οι απώλειες αυτές μπορούν να μειωθούν με τη χρήση μονωτικών υλικών.

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/mK] των υλικών είναι δείκτης της μεταφοράς θερμότητας των υλικών δια μέσου της μάζας τους.

Το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται από πέρασμα με συγκεκριμένη επιφάνεια για δεδομένο πάχος διατυπώνεται ως εξής.

$$Q = \frac{\lambda}{d} \cdot F \cdot (t_1 - t_2) \cdot z$$

Όπου : Q : Η ποσότητα της θερμότητας η οποία διέρχεται σε μια ώρα από τη μια πλευρά στην άλλη

λ : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού

F : το εμβαδό της επιφάνειας

t_1 : θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας της κατασκευής

t_2 : θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας της κατασκευής

d : το πάχος του υλικού

z : ο χρόνος ροής της θερμότητας

Μεταφορά της θερμότητας της θερμικής μεταβίβασης

Η θερμότητα σε ένα ρευστό μεταφέρεται και μέσω της κίνησης του. Αν η κίνηση γίνεται με φυσικό μέσο όπου υπάρχουν θερμοκρασιακές διαφορές (ο κρύος αέρας κινείται προς τα κάτω ενώ ο ζεστός αέρας κινείται προς τα πάνω) η κίνηση αυτή ονομάζεται φυσική διάχυση ενώ αν γίνεται βεβιασμένη ονομάζεται βίαιη διάχυση.

Το ποσό της μεταφοράς θερμότητας υπολογίζεται ως εξής:

$$Q = \frac{\lambda_{\alpha\epsilon\rho\alpha}}{x} \cdot F \cdot (t_{Li} - t_1)$$

Επειδή δε μπορεί να προσδιοριστεί το πάχος του στρώματος στο οποίο γίνεται η διάχυση της θερμότητας, ο παράγοντας λ/x αντικαθίσταται με ένα διορθωτικό συντελεστή α [W/m^2K], που ονομάζεται συντελεστής θερμικής μεταβίβασης θερμικής μεταβίβασης και εξαρτάται από τη κινητική κατάσταση του αέρα. Η μεταφορά της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το περιβάλλον διατυπώνεται ως εξής:

$$Q = a_{εξ} \cdot F \cdot (t_2 - t_{La}) \cdot z$$

Όπου : Q : Η ποσότητα της θερμότητας η οποία διέρχεται σε μια ώρα από το εσωτερικό χώρο στο περιβάλλον

F : το εμβαδό της επιφάνειας

a : ο συντελεστής θερμικής μεταβίβασης (i εσωτερικού χώρου , a εξωτερικού χώρου)

t₂ : θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας της κατασκευής

t_{La} : θερμοκρασία περιβάλλοντος

z : ο χρόνος ροής της θερμότητας

Μεταφορά με ακτινοβολία

Όλα τα σώματα εκπέμπουν θερμότητα υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία μεταδίδεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και δεν απαιτείται η παρουσία ενός ενδιάμεσου μέσου. Όταν προσπέσει σε ένα άλλο σώμα, ή θα απορροφηθεί ή θα ανακλαστεί. Η θερμότητα που απορροφάται, εμφανίζεται ως αύξηση θερμοκρασίας ενός σώματος. Η ενέργεια που εκπέμπεται από ένα σώμα εκφράζεται ως εξής:

$$Q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_{14} - T_{24})$$

Όπου : Q : η εκπεμπόμενη ενέργεια [W/m²]

ε : συντελεστής εκπομπής υλικού

σ : σταθερά Stefan-Boltzmann

T : απόλυτη θερμοκρασία σε °K .

Η εξίσωση αυτή είναι γνωστή ως νόμος των Stefan-Boltzmann. Οι ιδιότητες αυτές αξιοποιούνται από τη θερμογραφία ώστε να προκύπτουν τα θερμογραφήματα.

G₂ : Παραδείγματα εφαρμογών

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων για τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια πρέπει να υπάρχουν όσο το δυνατό μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασιών ανάμεσα στο εσωτερικό της κατασκευής και το περιβάλλον. Η προς μέτρηση επιφάνεια πρέπει να είναι κατά το δυνατόν κάθετη προς τον άξονα της μέτρησης.

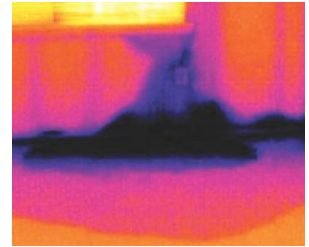
Για να εντοπιστούν οι περιοχές στις οποίες υπάρχουν διαφορές στη μεταφορά θερμότητας από το κελύφος ενός κτιρίου προσδιορίζονται οι κατανομές θερμοκρασιών στις διάφορες περιοχές του κελύφους του κτιρίου. Γενικά στο κελύφος του κτιρίου υπάρχουν τμήματα ή δομικά στοιχεία, όπου η θερμική τους αντίσταση η οποία εν γένει είναι ομοιόμορφη, μεταβάλλεται κατά αισθητό τρόπο, από τις εξής αιτίες:

- Ολική ή μερική παρεμβολή στο ομοιογενές τμήμα του κελύφους, ενός στοιχείου με διαφορετική θερμική αγωγιμότητα.
- Αλλαγή πάχους στη δομή του τμήματος του κελύφους.
- Ύπαρξη διαφοράς εμβαδού μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής πλευράς.

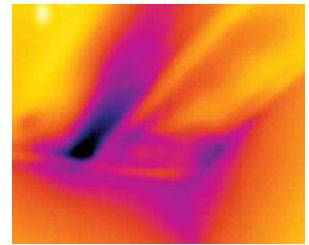
Σε όλα αυτά τα στοιχεία όπου η θερμική τους αντίσταση είναι μειωμένη και κατά συνέπεια αυξημένος ο συντελεστής θερμοπερατότητας, οι επιφανειακές εσωτερικές θερμοκρασίες είναι πολύ μικρότερες των αντιστοιχών ομοιογενών στοιχείων και τείνουν να πλησιάσουν, τη χειμερινή περίοδο, τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.

Παρακάτω απεικονίζονται παραδείγματα εφαρμογών.

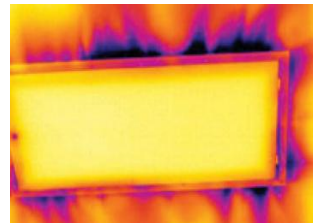
- Με τη βοήθεια της κάμερας υπερύθρων είναι δυνατός ο εντοπισμός ζημιών από υγρασία και νερό στη τοιχοποιία ενός κτιρίου. Αυτό συμβαίνει επειδή η κατεστραμμένη περιοχή έχει διαφορετικές ιδιότητες αγωγής θερμότητας από το υπόλοιπο διότι παρουσιάζει διαφορετική ικανότητα αποθήκευση της θερμότητας από το γύρω υλικό. Η θέρμανση και η ψύξη λαμβάνει χώρα με διαφορετικό ρυθμό ανάλογα με το υλικό και την ώρα της ημέρας. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να εφαρμόζονται και άλλες μέθοδοι στον έλεγχο για τυχόν ζημιά από υγρασία ή νερό. Στην εικόνα δεξιά (Πηγή: FLIR, εγχειρίδιο χρήστη) απεικονίζεται η εκτεταμένη ζημιά σε εξωτερικό τοίχο όπου το νερό έχει διαπεράσει την εξωτερική όψη.



- Σε πολλές περιπτώσεις κτιρίων ενδέχεται να υπάρχουν ατέλειες στη μόνωση. Η κάμερα υπερύθρων επιτρέπει να διακρίνουμε τις ατέλειες αυτές στη μόνωση είτε επειδή αυτές παρουσιάζουν διαφορετική θερμική αγωγιμότητα από τα μέρη με σωστά τοποθετημένη μόνωση είτε επειδή αυτές αποκαλύπτουν το σημείο από το οποίο εισέρχεται ή εξέρχεται αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η ελλιπής μόνωση από το σκελετό μιας οροφής. Λόγω της απουσίας μόνωσης ο αέρας διαπερνά το σκελετό της σκεπής, γεγονός που τη κάνει να απεικονίζεται με ιδιότυπο τρόπο στην εικόνα υπερύθρων.



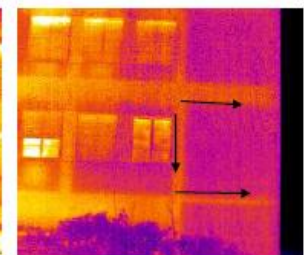
- Ρεύματα αέρα υπάρχουν κάτω από σοβατεπί, γύρω από κουφώματα και πάνω από τη σανίδωση της οροφής. Αυτός ο τύπος αέρα είναι συχνά ορατός με μια κάμερα υπερύθρων επειδή τα ρεύματα ψυχρού αέρα ψύχουν τη γύρω επιφάνεια. Μια υπέρυθρη εικόνα ρεύματος αέρα συχνά απεικονίζει ένα τυπικό μοτίβο ροής. Μπορείτε να δείτε αυτό το μοτίβο ροής καθαρά στην εικόνα δεξιά.



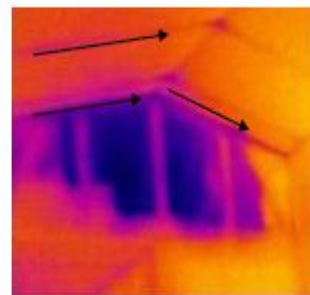
- Η θερμοκρασία στο σημείο ένωσης του τοίχου με το αλουμίνιο τείνει να γίνει ίση με αυτή του εξωτερικού περιβάλλοντος χώρου λόγω του μικτού συντελεστή θερμοπερατότητας στο σημείο αυτό.



- Στο σημείο του τοίχου με το φέροντα οργανισμό, παρατηρείται θερμογέφυρα λόγω της διακοπής της μειωμένης θερμικής αντίστασης στα σημεία αυτά. Έτσι υπάρχει ροή θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό της κατασκευής (η θερμότητα στα σημεία αυτά δεν καταφέρνει να συγκρατηθεί εντός του κτιρίου).



- Το υλικό με το οποίο κτίστηκε ο τοίχος είναι διαφορετικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το υπόλοιπο κτίριο. Παρατηρείται θερμογέφυρα τόσο στα σημεία της ένωσης των διαφορετικών υλικών όσο και στα σημεία ένωσης των πάνελ της προϋπάρχουσας οροφής.



- Η κατασκευή του τοίχου έγινε με τούβλα χωρίς ή με ελλιπή μόνωση. Η αύξηση της θερμοκρασίας στην εξωτερική πλευρά σε ένα ομοιογενή τοίχο δείχνει μείωση της θερμομωνοτικής ικανότητας του. Κάποια σημεία του ομοιογενούς τοίχου φαίνονται θερμότερα από τα υπόλοιπα (δεν είναι ικανά να συγκρατήσουν τη θερμότητα εντός του κτιρίου σε μια κρύα μέρα με αποτέλεσμα αυτή να διαρρέει προς το εξωτερικό της κατασκευής).



Γ₃ : Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Ως μια μη καταστροφική μέθοδος ανίχνευσης, η χρήση κάμερας υπερύθρων έχει μια σειρά από πλεονεκτήματα έναντι άλλων μεθόδων, καθώς και μερικά μειονεκτήματα.

Πλεονέκτημα	Μειονέκτημα
<ul style="list-style-type: none"> ■ Η μέθοδος είναι γρήγορη. ■ Η μέθοδος είναι ένα μη επεμβατικό μέσο διερεύνησης. ■ Η μέθοδος δεν απαιτεί απομάκρυνση των ενοίκων. ■ Η μέθοδος εξασφαλίζει μια οπτική απεικόνιση των ευρημάτων. ■ Η μέθοδος επιβεβαιώνει τα σημεία αστοχίας και τις διαδρομές μετανάστευσης της υγρασίας. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Η μέθοδος ανιχνεύει αποκλειστικά τα διαφορετικά θερμοκρασιών επιφανείας και δεν μπορεί να 'δει' μέσα από τοίχους. ■ Η μέθοδος δεν μπορεί να εντοπίσει τυχόν ζημιές κάτω από την επιφάνεια, π.χ. μούχλα ή δομικές βλάβες.

Εικόνα Γ4 : Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (Πηγή FLIR: εγχειρίδιο χρήστη)

Το πλήρες εγχειρίδιο χρήστη της Θερμικής κάμερας υπερύθρων υπάρχει στο CD που συνοδεύει τη παρούσα διπλωματική.

Παράρτημα Δ

Χώρος	Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός φωτιστικών Σωμάτων	Αριθμός Λαμπτήρων / Φωτιστικό Σώμα	Watt / Φωτιστικό Σώμα
Υ001	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	6	2	90
Υ002	Φθορισμού διπλό	6	2	90
Υ003	Φθορισμού διπλό	4	2	90
Υ004	Φθορισμού διπλό	4	2	90
Υ005	Φθορισμού διπλό	4	2	90
Υ006	Φθορισμού διπλό	4	2	90
Υ007	Φθορισμού διπλό	4	2	90
Υ008	Φθορισμού διπλό	4	2	90
Υ009	Φθορισμού διπλό	4	2	90
Υ014	Φθορισμού διπλό	3	2	90
Υ015	Φθορισμού διπλό	3	2	90
Υ016	Φθορισμού διπλό	5	2	90
Υ023	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90
Υ032	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90
Υ039	Απλό (μονό)	2	1	42
Υ40	Απλό (μονό)	4	1	42
Υ044	Φθορισμού διπλό	10	2	90
	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
	Απλό (μονό)	3	1	42
	ECO μικρές	4	2	20
Υ47	Φθορισμού διπλό	1	2	90
	Βιδωτή Πυρακτώσεως	1	1	75
Ι001	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	12	2	90
Ι002	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
Ι003	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
Ι004	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
Ι005	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
Ι006	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
Ι007	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
Ι008	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	6	2	90
Ι009	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
Ι010	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
Ι011	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
Ι012	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
Ι013	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
Ι014	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
Ι015	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	9	4	90
Ι016	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90
Ι017	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	9	4	90

I018	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90
I019	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	4	2	90
I020	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	4	2	90
I021	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	4	2	90
I022	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	8	2	90
I025	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	8	4	90
I026	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	30	4	90
I027	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	12	4	90
I029	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	11	4	90
I033	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	1	4	90
I034	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	12	4	90
I035	Απλό (μονό)	3	1	42
I037	Απλό (μονό)	1	1	42
	Φθορίου διπλό	1	2	90
I041	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	1	4	90
I043	Απλό (μονό)	2	1	42
I039	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	1	2	90
I040	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	9	4	90
I046	Απλό (μονό)	2	1	42
I047	Απλό (μονό)	4	1	42
101	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	19	2	90
102	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
103	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
104	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
105	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
106	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
107	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
108	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
109	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
110	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
111	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	6	2	90
112	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	2	2	90
113	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90
114	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90
115	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	9	4	90
116	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90
117	Φθορισμού χωρίς ανακλαστήρες (4πλό)	2	4	90
	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	12	4	90
118	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90
119	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	4	2	90
120	Φθορισμού διπλό	4	2	90
121	Φθορισμού διπλό	4	2	90
122	Φθορισμού διπλό	4	2	90
123	Φθορισμού διπλό	4	2	90
124	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90
125	Φθορισμού υ με ανακλαστήρες (4πλό)	1	4	90

126	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	1	2	90
129	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	19	4	90
134	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	1	4	90
201	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	19	2	90
202	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
203	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
204	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
205	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
206	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	6	2	90
207	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
208	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	6	2	90
209	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
210	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
211	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
212	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
213	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
214	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	3	2	90
215	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	5	4	90
216	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	5	4	90
217	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	12	4	90
218	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90
219	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	9	4	90
220	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	4	4	90
221	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90
222	Απλό (μονό)	4	1	42
223	Φθορισμού διπλό	4	2	90
224	Φθορισμού διπλό	4	2	90
225	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	8	2	90
226	Βιδωτή Πυρακτώσεως	2	1	75
	Απλό (μονό)	4	1	42
227	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	1	4	90
228	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	19	4	90
229	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	9	4	90
230	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	1	2	90
232	Φθορισμού διπλό	1	2	90
	Απλό (μονό)	2	1	42
233	Βιδωτή Πυρακτώσεως	3	1	75
	Απλό (μονό)	3	1	42
234	Βιδωτή Πυρακτώσεως	3	1	75
	Απλό (μονό)	3	1	42
235	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	1	4	90
301	Φθορισμού διπλό	2	2	90
302	Φθορισμού διπλό	2	2	90
303	Φθορισμού διπλό	2	2	90
303A	Φθορισμού διπλό	2	2	90
306	Φθορισμού διπλό	2	2	90

307	Φθορισμού διπλό	2	2	90
308	Φθορισμού διπλό	2	2	90
309	Φθορισμού διπλό	2	2	90
310	Φθορισμού διπλό	2	2	90
311	Φθορισμού διπλό	2	2	90
312	Φθορισμού διπλό	2	2	90
313	Φθορισμού διπλό	2	2	90
314	Φθορισμού διπλό	2	2	90
315	Φθορισμού διπλό	2	2	90
316	Φθορισμού διπλό	2	2	90
317	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90
318	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90
319	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	12	4	90
320	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	6	4	90
321	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	5	4	90
324	Βιδωτή Πυρακτώσεως	3	1	60
334	Φθορισμού διπλό	1	2	90
	Απλό (μονό)	3	1	42
	Φθορισμού διπλό με ανάκλαση	1	2	36
337	Βιδωτή Πυρακτώσεως	1	1	60
	Βιδωτή Πυρακτώσεως	1	1	75
338	Βιδωτή Πυρακτώσεως	1	1	60
	Βιδωτή Πυρακτώσεως	1	1	75
339	Φθορισμού διπλό	2	2	42
Δ2	Φθορισμού διπλό	2	2	90
Δ3	Φθορισμού με ανακλαστήρες (4πλό)	2	4	90
Δ4	Προβολέας	2	1	150

Εικόνα Δ1: Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού ανά χώρο – καταγραφή

Χώρος	Αριθμός Σωμάτων	BTU/σώμα	KWh/σώμα
Υ023	1	9000	0.9
Υ032	2	24000	2.4
Ι001	2	24000	2.4
Ι002	1	9000	0.9
Ι003	1	9000	0.9
Ι004	1	9000	0.9
Ι005	1	9000	0.9
Ι006	1	9000	0.9
Ι007	1	9000	0.9
Ι008	1	9000	0.9
Ι009	1	9000	0.9
Ι011	1	9000	0.9
Ι012	1	9000	0.9
Ι013	1	9000	0.9

I014	1	9000	0.9
I019	1	9000	0.9
I020	1	9000	0.9
I021	1	9000	0.9
I022	1	9000	0.9
I024	1	9000	0.9
I025	1	12000	1.1
101	2	24000	2.4
102	1	9000	1.1
103	1	9000	0.9
104	1	9000	0.9
106	2	9000	0.9
107	1	9000	0.9
108	1	9000	0.9
109	1	9000	0.9
110	1	9000	0.9
111	1	9000	0.9
112	1	9000	0.9
121	1	9000	0.9
122	1	9000	0.9
201	2	24000	2.4
202	1	9000	0.9
203	1	9000	0.9
205	1	9000	0.9
206	2	9000	0.9
207	1	9000	0.9
208	1	9000	0.9
209	1	9000	0.9
210	1	9000	0.9
211	1	12000	1.1
212	1	12000	1.1
213	1	9000	0.9
214	1	9000	0.9
222	1	9000	0.9
223	1	9000	0.9
224	1	9000	0.9
225	1	12000	1.1
301	1	9000	0.9
302	1	9000	0.9
303	1	9000	0.9
303A	1	9000	0.9
306	1	9000	0.9
307	1	9000	0.9
308	1	9000	0.9
311	1	9000	0.9

312	1	9000	0.9
313	1	9000	0.9
314	1	9000	0.9
316	1	9000	0.9
Δ2	1	9000	0.9

Εικόνα Δ2 : Καταγραφή Θερμού εξοπλισμού – A/C (split)

Γωνία α	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	NA και ΝΔ	A και Δ	ΒΑ και ΒΔ	B
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,96	0,95	0,93	0,95	1,00
	ψύξης	1,00	0,97	0,94	0,93	0,94
20°	θέρμανσης	0,86	0,84	0,80	0,89	1,00
	ψύξης	0,98	0,91	0,85	0,84	0,90
30°	θέρμανσης	0,61	0,62	0,65	0,85	1,00
	ψύξης	0,94	0,85	0,78	0,80	0,89
40°	θέρμανσης	0,44	0,47	0,57	0,83	1,00
	ψύξης	0,85	0,76	0,69	0,74	0,88
50°	θέρμανσης	0,36	0,40	0,53	0,81	1,00
	ψύξης	0,75	0,65	0,61	0,69	0,88
60°	θέρμανσης	0,32	0,37	0,51	0,81	1,00
	ψύξης	0,66	0,58	0,55	0,66	0,88
70°	θέρμανσης	0,31	0,36	0,50	0,81	1,00
	ψύξης	0,58	0,52	0,51	0,66	0,88

Εικόνα Δ3: Συντελεστές σκίασης ορίζοντα

Γωνία β	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	NA και ΝΔ	A και Δ	ΒΑ και ΒΔ	B
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92
	ψύξης	0,91	0,92	0,93	0,94	0,93
20°	θέρμανσης	0,87	0,88	0,88	0,86	0,85
	ψύξης	0,81	0,83	0,86	0,87	0,87
30°	θέρμανσης	0,80	0,81	0,82	0,80	0,77
	ψύξης	0,71	0,74	0,78	0,80	0,80
40°	θέρμανσης	0,72	0,73	0,75	0,73	0,70
	ψύξης	0,60	0,64	0,69	0,73	0,73
50°	θέρμανσης	0,63	0,64	0,66	0,65	0,62
	ψύξης	0,50	0,54	0,60	0,65	0,66
60°	θέρμανσης	0,50	0,52	0,57	0,57	0,55
	ψύξης	0,39	0,44	0,50	0,56	0,59

Εικόνα Δ4 : Συντελεστές σκίασης από προβόλους

Γωνία γ	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	NA και ΝΔ	A και Δ	ΒΑ και ΒΔ	B
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	θέρμανσης	0,97	0,97	0,95	0,95	1,00
	ψύξης	0,97	0,99	0,98	0,96	0,98
20°	θέρμανσης	0,95	0,93	0,90	0,92	1,00
	ψύξης	0,95	0,97	0,96	0,92	0,96
30°	θέρμανσης	0,92	0,90	0,86	0,89	1,00
	ψύξης	0,92	0,96	0,94	0,88	0,95
40°	θέρμανσης	0,89	0,87	0,80	0,86	1,00
	ψύξης	0,90	0,95	0,92	0,84	0,94
50°	θέρμανσης	0,85	0,83	0,75	0,84	1,00
	ψύξης	0,87	0,93	0,89	0,79	0,94
60°	θέρμανσης	0,81	0,79	0,69	0,82	1,00
	ψύξης	0,85	0,92	0,86	0,74	0,94
70°	θέρμανσης	0,76	0,73	0,62	0,81	1,00
	ψύξης	0,82	0,90	0,82	0,68	0,94

Εικόνα Δ5 : Συντελεστές σκίασης από πλευρικές προεξοχές

Τύπος θύρας	Σύμβολο	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U W/(m ² ·K)
Ξύλινη, 45 mm	Θ1	1.954
Γυαλί, μεταλλικό πλαίσιο 45 mm με 25 mm κενό (2/3 υαλοπίνακας σε μεταλλικό πλαίσιο, 1/3 μεταλλικό πλαίσιο)	Θ2	4.9
Ξύλινη ανοιγόμενη διπλή συμπαγής θύρα ² με ξύλινο πλαίσιο	Θ3	2.61
Ξύλινη ανοιγόμενη διπλή θύρα με 6% μονό υαλοπίνακα	Θ4	2.73
Ξύλινη ανοιγόμενη διπλή θύρα με 25% μονό υαλοπίνακα	Θ5	3.29
Ξύλινη ανοιγόμενη διπλή θύρα με 45% μονό υαλοπίνακα	Θ6	3.92
Ξύλινη ανοιγόμενη διπλή θύρα με 6% διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12.7mm	Θ7	2.61
Ξύλινη ανοιγόμενη διπλή θύρα με 25% διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12.7mm	Θ8	2.61
Ξύλινη ανοιγόμενη διπλή θύρα με 45% διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12.7mm	Θ9	2.61

Ξύλινη ανοιγόμενη διπλή θύρα με 6% διπλό υαλοπίνακα χαμηλής εκπομπής με διάκενο αργό 12.7mm	Θ10	2.50
Ξύλινη ανοιγόμενη διπλή θύρα με 25% διπλό υαλοπίνακα χαμηλής εκπομπής με διάκενο αργό 12.7mm	Θ11	2.38
Ξύλινη ανοιγόμενη διπλή θύρα με 45% διπλό υαλοπίνακα χαμηλής εκπομπής με διάκενο αργό 12.7mm	Θ12	2.21
Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή συμπαγής θύρα με μεταλλικό πλαίσιο	Θ13	2.10
Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή θύρα με 6% μονό υαλοπίνακα	Θ14	2.50
Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή θύρα με 25% μονό υαλοπίνακα	Θ15	3.12
Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή θύρα με 45% μονό υαλοπίνακα	Θ16	4.03
Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή θύρα με 6% διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12.7mm	Θ17	2.33
Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή θύρα με 25% διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12.7mm	Θ18	2.73
Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή θύρα με 45% διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12.7mm	Θ19	3.18
Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή θύρα με 6% διπλό υαλοπίνακα χαμηλής εκπομπής με διάκενο αργό 12.7mm	Θ20	2.21
Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή θύρα με 25% διπλό υαλοπίνακα χαμηλής εκπομπής με διάκενο αργό 12.7mm	Θ21	2.50
Μεταλλική ανοιγόμενη διπλή θύρα με 45% διπλό υαλοπίνακα χαμηλής εκπομπής με διάκενο αργό 12.7mm	Θ22	2.73
Συρόμενη θύρα με πλαίσιο από αλουμίνιο με μονό υαλοπίνακα	Θ23	7.49
Συρόμενη θύρα με πλαίσιο από αλουμίνιο με διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12.7mm	Θ24	5.28
Συρόμενη θύρα με πλαίσιο από αλουμίνιο με διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αργό 12.7mm	Θ25	4.49
Συρόμενη θύρα με πλαίσιο από αλουμίνιο με θερμοδιακοπή με μονό υαλοπίνακα	Θ26	6.42
Συρόμενη θύρα με πλαίσιο από αλουμίνιο με θερμοδιακοπή με διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12.7mm	Θ27	4.20
Συρόμενη θύρα με πλαίσιο από αλουμίνιο με θερμοδιακοπή με διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αργό 12.7mm	Θ28	3.58

Εικόνα Δ6 - Συντελεστές θερμοκρατότητας εξωτερικών θυρών (Πηγή : KENAK)

Τύπος υαλοπίνακα	Συντελεστής θερμικών ηλιακών κερδών (g _n)
Μονός υαλοπίνακας	0,85
Διπλός υαλοπίνακας	0,75
Διπλός υαλοπίνακας με επιλεκτική, χαμηλής εκπομπής επίστρωση	0,67
Τριπλός υαλοπίνακας	0,70
Τριπλός υαλοπίνακας με δύο επιλεκτικές, χαμηλής εκπομπής επιστρώσεις	0,50
Διπλό παράθυρο	0,75

Εικόνα Δ7 : Συντελεστές ηλιακών κερδών για διάφορους τύπους υαλοπίνακα (πηγή: KENAK)

Βιβλιογραφία

Βιβλία

“Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης” ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2010 Α’ Έκδοση.

Αραβαντινός Δ., «Αριθμητική προσέγγιση του φαινομένου της διάχυσης της διάχυσης των υδρατμών στα εξωτερικά δομικά στοιχεία των κατασκευών υπό την επίδραση των ελληνικών κλιματικών συνθηκών», Διδακτορική Διατριβή στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1988.

Αραβαντινός Δ., “Οικοδομικές επεμβάσεις για την αποφυγή των θερμογεφυρών”, Παρουσίαση σε ημερίδα με τίτλο ‘Ενεργειακή μελέτη. Επιθεώρηση και έκδοση ενεργειακού πιστοποιητικού κτιρίων’, 11 Μαρτίου 2009.

Αραβαντινός Δ., Τσακίρης Ν., Γιάρμα Χρ., «Μετρικοί έλεγχοι της θερμικής συμπεριφοράς δομικών στοιχείων σε θέσεις θερμογεφυρών και προτάσεις βελτιωτικών επεμβάσεων», 1^ο πανελλήνιο συνέδριο «δομικών υλικών και στοιχείων», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, 21-23 Μαΐου 2008, πρακτικά συνεδρίου, τόμος Β’.

Βασιλείου Ε., Μπόρα Σ. “Εγκατάσταση κλιματισμού με δυνατότητα ανάκτησης θερμότητας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης”, Πτυχιακή Εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολογίας, 2005.

“Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής ΚΑΠΕ και Ευρωπαϊκή Επιτροπή”, Γενική Διεύθυνση για την Ενέργεια και τις Μεταφορές, 2002.

Δέρβος Κ.Θ. «Εισαγωγή στα ημιαγώγιμα υλικά και φωτοβολταϊκές διατάξεις», Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2008.

Δώδα Σ., «Εξομοίωση Φωτοβολταϊκού Συστήματος Διασυνδεδεμένου στο Δίκτυο Χαμηλής Τάσης», Διπλωματική Εργασία Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών Πολυτεχνικής Σχολής Πανεπιστημίου Πατρών, 2010.

“Ενεργειακή απόδοση των κτιρίων”, ΕΛΟΤ 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, 16 Δεκεμβρίου 2002.

Εγχειρίδιο EPA-Nr (<http://www.epa-nr.org/>).

“Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων”, Τεχνική οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2010), Α’ Έκδοση, Αθήνα, Ιούνιος 2010.

Καγκαράκη Κ. «Φωτοβολταϊκή τεχνολογία». Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1992.

Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2010.

“Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων”, Φ.Ε.Κ. 362 τεύχος Δ’, 4 Ιουλίου 1979.

Καστρινάκης Ηρ., «Εφαρμογή προσομοιωτικού εργαλείου για τη διερεύνηση και αναβάθμιση της ενεργειακής κατάστασης υφιστάμενων κτιρίων. Η περίπτωση των πτερύγων της πολυτεχνικής σχολής ΑΠΘ» Διπλωματική Εργασία Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ, 2008.

Κοντορούπης Γ., "Ενεργειακός-βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων και οικισμών", Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2005.

Κορωναίος Γ., Πουλάκος Γ., «Τεχνικά Υλικά, τόμος 2», Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2005.

Κορωναίος Αιμ. Γ., Σαργέντης Φ., "Θερμογραφία", Δημοσιεύσεις Εργαστηρίου Τεχνικών Υλικών, Τεύχος 2, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Σχολή Αρχιτεκτόνων, Εργαστήριο Τεχνικών Υλικών, Αθήνα 2003.

Κουτσούμπα Χ., «Εξοικονόμηση ενέργειας σε κατοικίες» DT2010-0129 Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, 2010.

Μαυρίδης Γ., Μιχαηλίδης Χ., «Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων σύμφωνα με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ», Διπλωματική Εργασία Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Α.Π.Θ., 2008.

"Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις", Νόμος 3661/19-05-2008.

Μουστάκα Αν., «Η επιρροή του κελύφους των κτιρίων στην ενεργειακή τους κατανάλωση: Μελέτη του κτιρίου εδρών της πολυτεχνικής σχολής του ΑΠΘ», Διπλωματική Εργασία Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών ΑΠΘ, 2007.

Μπαλαράς Κ.Α., Γάγλια Α.Γ., «Εξοικονόμηση Ενέργειας-Ενεργειακή Αποδοτικότητα Κτιρίων, Εφαρμογή Ευρωπαϊκών Μεθοδολογιών και Λογισμικών Βελτίωσης της Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων», ΤΕΕ, Αθήνα 2009.

Μπούρκας Π.Δ., «Εφαρμογές κτιριακών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων», Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 1998.

Ντοκόπουλος Π., «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών», Εκδόσεις Ζήτη, 1η έκδοση, Ιανουάριος 2005.

"Οδηγός τεχνικών και οργάνων ενεργειακών μετρήσεων", Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Αθήνα, Δεκέμβριος 1999.

"Πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Μελέτες και Έργα 1994-97", Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Παπαγιάννης Αλ., «Φυσική του Περιβάλλοντος», Αναπληρωτής Καθηγητής, Ε. Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, Σ.Ε.Μ.Φ.Ε., ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, Αθήνα 2003.

Παπαδόπουλος Ν., Σπανός Γ., Τουργουτιάν Μπ., «Ενεργειακή Μελέτη δημοσίου κτιρίου- Κτίριο Δ' της Πολυτεχνικής Σχολής ΑΠΘ», Διπλωματική Εργασία Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΑΠΘ, 2010.

Παπαυγέρης Ηλ., DT2010-0275 Διπλωματική Εργασία «Ενεργειακή Επιθεώρηση σε εκπαιδευτική κτιριακή μονάδα», ΕΜΠ 2010.

Πέρδιος Δ.Π., «Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια- αθλητικά κέντρα- βιομηχανικές μεταφορές, τόμος Α», Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ, Αθήνα 2007.

Πέρδιος Δ.Π., «Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια- αθλητικά κέντρα- βιομηχανικές μεταφορές, τόμος Β», Εκδόσεις ΣΕΛΚΑ, Αθήνα 2007.

«Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές, (ΠΕΤΕΠ 03-06-02-02, 03-06-02-04), Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, 2006.

Ρογκότης Σ., «Επεξεργασία εικόνας από Θερμοκάμερα» ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, επιβλέπων: Χατζηαθανασίου Βασίλειος, Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2010.

Στούρνα Ε.– Τριάντη, “Πιλοτικές επεμβάσεις για την βελτίωση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης των κτιρίων του Ε.Μ.Π”, 2010.

“Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Τοπαλής Φραγκίσκος, “Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων”, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 2009.

Τοπρίσκα Β., Τσίβου Μ., «Αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς πανεπιστημιακών κτιρίων- το κτίριο της Υδραυλικής του Α.Π.Θ», Διπλωματική Εργασία, 2010.

Τσικρίκας Π. Δ., «Ενεργειακή επιθεώρηση στο Κτίριο Λιμενικών Έργων της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου και μελέτη ηλεκτρικών καταναλώσεων ανελκυστήρων σε διάφορες συνθήκες φορτίου», DT2010-0255 Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ 2010.

Υπέρυθρη κάμερα’, Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων & Διοίκησης, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 30 Οκτωβρίου 2009.

Χριστοδουλίδης Αχ., “Εφαρμοσμένη Θερμογραφία στη Διαχείριση Κτιρίων” Παρουσίαση στην ημερίδα: “Τόνωση της συνεργασίας (clustering) στον Τομέα των Κατασκευών στην Περιφέρεια Κρήτης”, Ηράκλειο Κρήτης, 28 Νοεμβρίου 2008.

Χατζηαθανασίου Β., «Μετάδοση Θερμότητας», Εκδόσεις ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2005.

“Οδηγός Ενεργειακής Διαχείρισης στα κτίρια”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), Αθήνα, Δεκέμβριος 1999.

Φαίδρα Φ., «Ενεργειακή επιθεώρηση στο κτίριο Χημικών Μηχανικών της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου» (Πτέρυγα Η), DT2010-0254 Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ 2010.

Χριστοδούλου Γ., DT2010-0227, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ 2010.

Ψαρράς Ι., Πατλιτζιάνας Κ., “Διαχείριση Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική” Σημειώσεις, Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2005.

Amhaus Eric G., Fronapfel Edward L., “Infrared Applications for Post Construction Radiant Heating Systems”, *InfraMation 2004 Proceedings*, ITC 104 A, 27 July 2004.

Bloutsos A.A., Sahsamanoğlu.H.S., «A simple calculation method of air hygrometric parameters», *Δελτίο Ελληνικής Μετεωρολογικής Εταιρείας*, τόμος 7^{ος}, 1982.

Cengel Y., Boles M., «Θερμοδυναμική για Μηχανικούς», εκδόσεις Τζιόλα, 3^η έκδοση.

“Energy, transport and environment indicators”, SSN 1725-4566 Eurostat pocketbooks 2008 edition.

Finn Mary A., “The Use of Infrared Thermal Imaging in Indoor Environmental Investigations”, *InfraMation 2004 Proceedings*, ITC 104 A, 27 July 2004.

Gonçalves Mario D., Gendron Pierre, Colantonio Tony, “Commissioning of Exterior Building Envelopes of Large Buildings for Air Leakage and Resultant Moisture Accumulation using Infrared Thermography and Other Diagnostic Tools”, *Thermal Solutions Sarasota, Florida*, 2007.

Kleinfeld Jack M., “Infrared for Detection of Exterior Wall Moisture and Delamination: A Case Study and Comparison to FEA Predictions”, *InfraMation 2004 Proceedings*, ITC 104 A, 27 July 2004.

Renewable Energy Eurostat Newsrelease / 103/2010 - 13 July 2010.

Richard Hyde, “Bioclimatic Housing: Innovative Designs for warm climates”, London 2008.

Saunders Craig T., "Moisture Intrusion Inspections of Stadiums through the use of Thermal Imagery", *InfraMation 2003*, ITC 092 A, 15 August 2003.

«Thermal bridges in building constructions. Calculation of heat flows and surfaces temperatures», Part 2: «Linear thermal bridges», EN ISO 10211-2, March 2001.

«Thermal performance of buildings. Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes. Infrared method», EN 13187, November 1998.

"Thermal-physical aspects of materials used for the construction of rural buildings in Soria (Spain)", I. Canas Guerrero, S. Martin Ocana, I. Gonzalez Requena, *Construction and Building Materials*, Vol. 19, 2005.

Tommy Y. Lo, K.T.W. Choi, *Structural Survey*, "Building defects diagnosis by infrared thermography", Vol. 22, No. 5, 2004, pp. 259–263.

Ηλεκτρονικές Πηγές

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>

www.epa-nr.org

www.noa.gr

www.epa-ed.org

www.tee.gr

www.alunet.gr

www.dow.com

www.kelyfos.eu

<http://el.wikipedia.org/wiki>

www.bioenergysolar.com

www.epshellas.com

www.diamorfosihoron.com

www.civil.auth.gr

www.topo.auth.gr

www.ypan.gr

www.cres.gr

www.ypeka.gr

www.buildup.eu

www.sentenovem.nl

www.engineer.gr

www.dei.gr

www.liv.ac.uk

www.opengov.gr

www.noa.gr

www.ea-etics.eu

www.studioklima.gr

www.eurovent-certification.com

www.wirlpool.net

www.airconditioningfaq.com

www.iok.gr

www.ti-soft.com

www.liv.ac.uk (University of Liverpool)

www.engineeringtoolbox.com

www.diamorfosihoron.gr

Άλλες χρήσιμες ηλεκτρονικές σελίδες

<http://energetechs.com/services/energy-audits/thermal-imaging/>
http://www.atlas-inspection.com/borescope_rental/infrared_cameras.shtml
<http://www.atlas-inspection.com/flir-infrared-cameras-i-series.html>
<http://www.offgridcon.com>
http://www.gotmoldfl.com/Certified_Enviromental_IAQ.html
<http://www.flirb200.com/>
<http://www.getacomfortablehome.com/home-energy-audit-tools.html>
<http://www.sprayfoam.com/npps/story.cfm?nppage=219>
http://www.absoluteinspections.net/infrared_thermal.php
<http://www.hvacprotech.com/viewtopic.php?t=12708&f=201>
<http://billalleninspections.com/infrared-camera-information/commercialbuildings/>
<http://www.predictive-maintenance.com/energy.html>
<http://www.building-inspection.ca/thermography.html>
<http://www.imaging1.com/thermal/400D.html>
<http://www.infrared-thermography-services.co.uk/>
<http://www.leakbusters.net/thermography-specialists.html>
http://en.wikipedia.org/wiki/Underfloor_heating
<http://wiki.aia.org/Wiki%20Pages/Thermal%20Bridging.aspx>
<http://www.utterprecision.com/infrared>
http://www.prestigioushomeinspections.com/infrared_thermography.php
<http://www.buildingperformancegroup.com/Services/infraredcamerainspections.php>
<http://energysavingsireland.com/INFRAREDTEST.aspx>
<http://www.invz.net/infrared-thermal.shtml>
<http://ir-thermography.net/eng/index.html>
<http://www.detectivehomes.us/infrared.asp>
<http://www.aalphaservices.com/ir.inspection.html>
<http://www.firstchoiceinfrared.com/roof-scans.html>
<http://www.5stapi.com/InfraredServices/tabid/62/Default.aspx>
<http://www.thermo-data.com/building.html>
<http://www.franchiseexpo.com/Energy-Doctors.cfm>
<http://www.patchhomeinspections.com/Thermalimaging.html>
<http://www.ericwjones.com/energyaudits.html>
<http://www.austin-green-home.com/foam-sheathing-10001.html>
<http://www.northlandconstruction.com/product.php?pid=3583>
<http://dallasgreenbuildingalliance.com/featured/thermal-bridging/>
http://www.foam-tech.com/theory/thermal_break.htm
http://www.rensolutions.co.uk/thermal_bridge.php
<http://rcwalkerhomes.com/whychoose.html>
http://www.rensolutions.co.uk/insulation_continuity.php
http://www.steadfastsystems.co.nz/benefits_ef.html
<http://www.chemeng.ntua.gr/>
<http://www.myflukestore.com/>
<http://www.radio101.de/>
<http://www.predictive-maintenance.com/>
<http://howtofindaleak.com/>
<http://www.ableinfraredinspections.com/>
<http://findaleak.co.nz/>
<http://www.calibreinspectionsservices.com/>
<http://www.selasenergy.gr/>
<http://www.smarthome.gr/>
<http://www.elektronik.gr/eshop/>
<http://www.sunled.gr/>
<http://www.cres.gr/kape/index.htm>
<http://www.kelyfos.eu/site/>
<http://www.solon.org/>
<http://www.technicalreview.gr/index.php?lang=gr>

<http://www.asimpleswitch.com/global/>