



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

Μεταπτυχιακή Εργασία

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ  
ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΤΑ EN ISO 13790 ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ  
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΥ ΑΡΕΩΣ**

υπό

**ΑΛΕΞΙΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ**

**Διπλωματούχου Πολιτικού Μηχανικού Π.Θ., 2009**

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των  
απαιτήσεων για την απόκτηση του  
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

Βόλος, Ιούνιος 2011

© 2011 Αλεξίου Σταυρούλα

Η έγκριση της μεταπτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

## Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Σταματέλλος Αναστάσιος  
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Σταμάτης Αναστάσιος  
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Τσιακάρης Παναγιώτης  
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής εργασίας μου, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αναστάσιο Σταματέλλο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της μεταπτυχιακής εργασίας μου, Επίκουρο Καθηγητή κ. Σταμάτη Αναστάσιο και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Τσιακάρα Παναγιώτη, για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Εκ των μελών του εργαστηρίου, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Μηχανολόγο Μηχανικό, Υπ. Διδάκτορα κ. Ζώγου Ολυμπία για τις πολύτιμες συμβουλές, επισημάνσεις, διορθώσεις και καθοδήγηση σε όλα τα στάδια ολοκλήρωσης της εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο Μηχανολόγο Μηχανικό, Υπ. Διδάκτορα Δημήτρη Τζιουρτζιούμη για τη πολύτιμη βοήθειά του κατά τη μοντελοποίηση του κτιρίου, στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για την υποστήριξη και την κατανόησή του, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων μηνών της προσπάθειάς μου.

Ευχαριστώ τις φίλες μου Άντζελα και Αγγελική για την ηθική υποστήριξή τους.

Αλεξίου Σταυρούλα

## Περιεχόμενα

Μεταπτυχιακή Εργασία .....	1
Περιεχόμενα .....	5
<b>Κατάλογος εικόνων .....</b>	<b>9</b>
<b>Κατάλογος πινάκων.....</b>	<b>15</b>
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	22
1.1. Στόχοι της εργασίας .....	23
1.2. Το ενεργειακό πρόβλημα και η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια .....	24
1.3. Η Ευρωπαϊκή πολιτική στο θέμα της ενέργειας - Ιστορικό νομοθετικό πλαίσιο και στόχοι της Ε.Ε. ....	28
1.4. Η κατάσταση στην Ελλάδα και περιθώρια βελτίωσης .....	31
2. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία.....	38
2.1. Γενικά .....	38
2.2. Το περιεχόμενο της Οδηγίας .....	38
2.3. Μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακών επιδόσεων κτιρίου και πεδίο εφαρμογής.....	43
2.4. Εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων.....	47
2.5. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης .....	48
2.6. Ευρωπαϊκά πρότυπα CEN .....	49
2.7. Πρότυπο ISO13790 .....	53
2.8. Εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την Ευρωπαϊκή Οδηγία .....	55
2.8.1. Μελέτη ενεργειακής απόδοσης .....	56
2.8.2. Μεθοδολογία υπολογισμού .....	57
2.8.3. Ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής αποδοτικότητας .....	59
2.8.4. Χαρακτηριστικά κτιρίου αναφοράς.....	62
2.8.5. Ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων και όρια ενεργειακών κατηγοριών Κ.ΕΝ.Α.Κ. ....	65
3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ iSBEM .....	67
3.1. Θέσπιση Μεθοδολογίας Υπολογισμού και κατάλληλου λογισμικού .....	67
3.2. Ευρωπαϊκά Πρότυπα CEN υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης .....	68
3.3. Σύγκριση έναντι απόλυτου υπολογισμού .....	69

3.4. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα που δε μπορούν αυτή την περίοδο να αντιπροσωπευθούν στο iSBEM .....	70
3.5. Βάσεις δεδομένων .....	70
3.6. Δημιουργία Καθορισμός ζωνών .....	71
3.7. Εισαγωγή δεδομένων .....	72
4. Οδηγός χρήσης του λογισμικού iSBEM .....	73
4.1. Πώς το iSBEM συλλέγει τα στοιχεία για το SBEM .....	73
4.2. Φόρμα Γενικά - Εισαγωγή γενικών πληροφοριών .....	76
4.3. Φόρμα Βάση Δεδομένων - Δημιουργία βάσης δεδομένων για τα διάφορα κατασκευαστικά (δομικά) μέρη του έργου και τους υαλοπίνακες.....	77
4.4. Φόρμα Γεωμετρία - Καθορισμός των κελύφων κάθε ζώνης.....	79
4.4.1. Περιγραφή για το τι συμβαίνει στο iSBEM.....	80
4.4.2. Ονοματολογία στοιχείων γεωμετρίας.....	81
4.4.3. Ετικέτα έργου.....	83
4.4.4. Ετικέτα ζώνης.....	85
4.4.5. Ετικέτα κέλυφος.....	88
4.4.6. Καθορισμός πορτών .....	89
4.4.7. Καθορισμός υαλοπινάκων.....	90
4.5. Φόρμα Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός – Επιλογή των συστημάτων που χρησιμοποιούνται στο κτίριο .....	91
4.5.1. Αλγόριθμος επίλυσης του iSBEM .....	91
4.5.2. Ετικέτα συστήματα HVAC .....	94
4.5.3. Ετικέτα ZNX .....	100
4.5.4. Ετικέτα ζώνης - Καθορισμός συστημάτων φωτισμού και εξαερισμού κάθε ζώνης.....	102
4.6. Μεθοδολογία υπολογισμού .....	105
5. Εισαγωγή τιμών στο υπό εξέταση κτίριο - Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό iSBEM .....	106
5.1. Η θέση και το περιβάλλον του κτιρίου .....	107
5.2. Κλιματικά δεδομένα.....	109
5.3. Καθορισμός ζωνών.....	111

5.4.	Τιμές παραμέτρων που καθορίζονται από την επιλογή της δραστηριότητας	
	113	
6.	Δημιουργία της βάσης δεδομένων του έργου .....	116
6.1.	Παρουσίαση των δομικών στοιχείων του κτιρίου .....	116
6.2.	Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας $U$ ( $W/m^2K$ ) αδιαφανών δομικών στοιχείων.....	119
6.3.	Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας $C_m$ ( $kJ/m^2K$ ) κατασκευαστικών στοιχείων .....	126
6.4.	Υπολογισμός Συντελεστή θερμοπερατότητας $U$ ( $W/m^2K$ ) διαφανών δομικών στοιχείων .....	130
6.5.	Υπολογισμός συντελεστών διαπερατότητας ηλιακού θερμικού κέρδους ( $T - Solar$ ) .....	137
6.6.	Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου $U_m$ .....	138
6.7.	Φόρμα βάσης δεδομένων - Κατασκευαστικά στοιχεία .....	142
7.	Γεωμετρία .....	144
7.1.	Γενικά .....	144
7.2.	Ζώνη 0/1 .....	147
7.3.	Ζώνη 0/2 .....	148
7.4.	Ζώνη 0/3.....	149
7.5.	Ζώνη 0/4.....	150
7.6.	Ζώνη 0/5.....	151
7.7.	Ζώνη 0/6.....	152
7.8.	Ζώνη 0/7.....	153
7.9.	Ζώνη 0/8.....	154
7.10.	Ζώνη 0/9 .....	155
7.11.	Ζώνη 0/10 .....	156
7.12.	Ζώνη 0/11 .....	157
7.13.	Ζώνη 0/12 .....	158
7.14.	Ζώνη 1/1 .....	159
7.15.	Ζώνη 1/2 .....	160
7.16.	Ζώνη 1/3 .....	161

8.	Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός/εγκαταστάσεις .....	162
8.1.	Σύστημα θέρμανσης κτιρίου .....	162
8.2.	Σύστημα ψύξης .....	165
8.3.	Φωτισμός .....	167
8.4.	Σύστημα ΖΝΧ .....	168
8.5.	Καθορισμός παραμέτρων για τα συστήματα ΘΨΚ του κτιρίου - Εισαγωγή τιμών στο λογισμικό .....	169
8.6.	Καθορισμός παραμέτρων ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων σε επίπεδο ζώνης – Εισαγωγή τιμών στο λογισμικό.....	171
9.	Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης .....	174
10.	Προτάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης .....	176
10.1.	Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων.....	177
10.2.	Θερμομόνωση στέγης – οροφής .....	183
10.2.1.	1 <sup>η</sup> τεχνική λύση: Θερμοϋγρομόνωση στέγης με ελαφροσκυρόδεμα παρασκευασμένο με Politerm Blu.....	184
10.2.2.	2 <sup>η</sup> τεχνική λύση: Θερμοϋγρομόνωση στέγης με πλάκα πετροβάμβακα .....	189
10.3.	Αντικατάσταση υφιστάμενων ανοιγμάτων (πλαίσια. υαλοπίνακες) με νέα βελτιωμένων θερμικών και οπτικών ιδιοτήτων.....	193
10.3.1.	1 <sup>η</sup> παραλλαγή: Σύμφωνα με το Κ.ΕΝ.Α.Κ.....	194
10.3.2.	2 <sup>η</sup> παραλλαγή: Τοποθέτηση υαλοστασίων υψηλής διαπερατότητας. T-Solar=0.34 .....	195
10.3.3.	3η παραλλαγή: Τοποθέτηση ενεργειακών υαλοστασίων .....	198
10.4.	Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ΖΝΧ .....	200
10.5.	Μόνωση δομικών στοιχείων σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.ΕΝ.Α.Κ. ....	202
10.6.	Εγκατάσταση Φ/Β για ηλεκτροπαραγωγή .....	204
10.7.	Μόνωση εξωτερικών τοίχων και μόνωση στέγης.....	207
10.8.	Κ.ΕΝ.Α.Κ. και εγκατάσταση Φ/Β.....	209
10.9.	Σύγκριση και σχολιασμός αποτελεσμάτων.....	211
11.	Συμπεράσματα.....	213
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	214



## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1. Κατανομή της κατανάλωσης τελικής ενέργειας στην Ε.Ε.-27 ανά κατηγορία καυσίμου[8].	26
Εικόνα 2. Κατανομή της κατανάλωσης τελικής ενέργειας στην Ε.Ε.-27 ανά τομέα, σε Μτοε, Μάιος 2009 [8].	26
Εικόνα 3. Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια [8]	27
Εικόνα 4. Εκπομπές CO <sub>2</sub> στην Ε.Ε. [8]	32
Εικόνα 5. Κατανομή της κατανάλωσης τελικής και ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ-25 και της τελικής ενέργειας στην Ελλάδα ανά τομέα [9]	33
Εικόνα 6. Εξέλιξη της κατανάλωσης τελικής ενέργειας στον οικιακό τομέα στην Ελλάδα και στην ΕΕ-27. [9]	33
Εικόνα 7. Συνολικό ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας για τα έτη 1990 και 2004 – Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο. [15].	34
Εικόνα 8. Τελική κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά ανά τελική χρήση για τα έτη 1990 και 2004. [15].	35
Εικόνα 9. Μέση κατανομή απωλειών ενέργειας από τα διάφορα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου.	36
Εικόνα 10: Σχηματική απεικόνιση Μεθόδου υπολογισμού Ενεργειακής Απόδοσης.	42
Εικόνα 11: Μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης που ακολουθείται κατά το στάδιο της δημιουργίας των αντίστοιχων τεχνικών προτύπων [21].	45
Εικόνα 12: Σύνδεση των ρών της ενέργειας [21]	46
Εικόνα 13: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων	48
Εικόνα 14: Παρουσίαση κεντρικών προτύπων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια [22].	50
Εικόνα 15: Υπολογισμός ενεργειακής ζήτησης κτιρίου για θέρμανση & ψύξη – Ενεργειακή Επιθεώρηση (μηνιαία μέθοδος) [23].	51
Εικόνα 16: Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου για θέρμανση & ψύξη – Ενεργειακή Επιθεώρηση (μηνιαία μέθοδος) [23].	52
Εικόνα 17: Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου για Ζεστό Νερό Χρήσης (ΖΝΧ) και Φωτισμό [23].	52

Εικόνα 18: EN 15603 – Κτίριο και παράμετροι συστημάτων (εξοπλισμού) [22].	53
Εικόνα 19: Διάγραμμα ροής των βασικών υπολογιστικών βημάτων	55
Εικόνα 20: Θερμικό ισοζύγιο κτιρίου [23, 25].	55
Εικόνα 21: Κλιματικές ζώνες ελληνικής επικράτειας.	59
Εικόνα 22: Βασικές εντολές και κουμπιά σε τυχαία υποεικέτα	74
Εικόνα 23: Καθορισμός τοίχου στη φόρμα Βάση δεδομένων → ετικέτα <i>Κατασκευές τοίχων</i> → υπο-ετικέτα <i>Γενικά</i>	78
Εικόνα 24: Διάγραμμα κτιριακών αντικειμένων που χρειάζονται για να καθοριστεί μια απλή ζώνη [4]	81
Εικόνα 25: Η υπο-ετικέτα <i>Γενικά και γεωμετρία</i> της ετικέτας <i>Έργου</i>	84
Εικόνα 26: η υπο-ετικέτα <i>θερμογέφυρες</i> της ετικέτας <i>Έργου</i>	85
Εικόνα 27: Εσωτερικές οριζόντιες διαστάσεις ζώνης.	86
Εικόνα 28: Η υπο-ετικέτα <i>Γενικά</i> της ετικέτας <i>Ζώνες</i> .	87
Εικόνα 29: Η υπο-ετικέτα <i>Γρήγορα Κελύφη</i> της ετικέτας <i>Ζώνες</i> .	88
Εικόνα 30: Η υπο-ετικέτα <i>Γενικά</i> της ετικέτας <i>Κέλυφος</i>	89
Εικόνα 31: Καθορισμός πόρτας στη φόρμα <i>Γεωμετρία</i> → ετικέτα <i>παράθυρα και φεγγίτες</i> → υπο-ετικέτα <i>Γενικά</i>	90
Εικόνα 32: Καθορισμός υαλοπινάκων στη φόρμα <i>Γεωμετρία</i> → ετικέτα <i>παράθυρα και φεγγίτες</i> → υπο-ετικέτα <i>Γενικά</i>	91
Εικόνα 33: Διαδικασία ανάπτυξης μοντέλου HVAC	93
Εικόνα 34: Καθορισμός συστήματος HVAC: Υπο-ετικέτα γενικά	95
Εικόνα 35: Καθορισμός συστήματος HVAC: Υπο-ετικέτα θέρμανσης	96
Εικόνα 36: Καθορισμός συστήματος HVAC: Υπο-ετικέτα ψύξης	97
Εικόνα 37: Καθορισμός συστήματος HVAC: Υπο-ετικέτα ρυθμίσεις συστήματος	98
Εικόνα 38: Καθορισμός συστήματος HVAC: Υπο-ετικέτα συστήματα ελέγχου	99
Εικόνα 39: Καθορισμός συστήματος HVAC: Υπο-ετικέτα δισθενές σύστημα	100
Εικόνα 40: Καθορισμός συστήματος ZNX: Υπο-ετικέτα γενικά	101
Εικόνα 41: Καθορισμός συστήματος ZNX: Υπο-ετικέτα αποθήκευση και δευτερεύουσα κυκλοφορία	102
Εικόνα 42: Εικονική αεροφωτογραφία του Πεδίου του Άρεως	107
Εικόνα 43: Τοπογραφικό διάγραμμα	108
Εικόνα 44: Κάτοψη ισογείου	108

Εικόνα 45: Κάτοψη ορόφου.....	108
Εικόνα 46: Γεωγραφικός χάρτης του Ηνωμένου Βασιλείου όπου σημειώνεται η πόλη Cardiff που επηλέχτηκε λόγω της γεωγραφικής της θέσης. ....	110
Εικόνα 47: Διαχωρισμός του κτιρίου σε ζώνες – Ισόγειο.....	111
Εικόνα 48: Διαχωρισμός του κτιρίου σε ζώνες – 1ος όροφος.....	112
Εικόνα 49: Εξωτερικός τοίχος κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα, πάχους 25cm, χωρίς μόνωση .....	117
Εικόνα 50: Όψη οροφής κτιρίου εσωτερικά (αριστερά) και εξωτερικά (δεξιά) .....	117
Εικόνα 51: Εσωτερικός τοίχος από οπλισμένο σκυρόδεμα με επένδυση διακοσμητικού τούβλου .....	117
Εικόνα 52: Εξωτερική όψη ΒΔ τοίχου από υαλότουβλα .....	118
Εικόνα 53: Εξωτερική όψη ΝΑ τοίχου από γυψοσανίδα με εξωτερική μόνωση υαλοβάμβακα .....	118
Εικόνα 54. Καθορισμός θερμοφυσικών ιδιοτήτων για την γκαραζόπορτα μέσα από την βιβλιοθήκη μετά τον καθορισμό των σχετικών παραμέτρων. ....	125
Εικόνα 55. Παράθυρα – τύπος 1.....	132
Εικόνα 56. Παράθυρα – τύπος 2.....	132
Εικόνα 57: Παράθυρα τύπου 1 και 2 περιμετρικά του κτιρίου .....	132
Εικόνα 58: Παράθυρα – τύπος 3 .....	133
Εικόνα 59: Παράθυρα – τύπος 4 .....	133
Εικόνα 60: Παράθυρα – τύπος 5 .....	133
Εικόνα 61: Παράθυρα – τύπος 6 (επάνω) και πόρτα τύπου 7 (κάτω) .....	134
Εικόνα 62: Πόρτα τύπου 9 .....	135
Εικόνα 63: Πόρτα τύπου 10 .....	135
Εικόνα 64: Πόρτα τύπου 11 .....	136
Εικόνα 65: Κάτοψη ζώνης 5. Διακρίνονται.....	140
Εικόνα 66: Πρόβολος και πτερύγιο: α) Κάθετο τμήμα β) οριζόντιο τμήμα .....	145
Εικόνα 67. Κάτοψη ζώνης 1 στο ισόγειο. ....	147
Εικόνα 68. Κάτοψη ζώνης 2 στο ισόγειο. ....	148
Εικόνα 69. Κάτοψη ζώνης 3 στο ισόγειο. ....	149
Εικόνα 70. Κάτοψη ζώνης 4 στο ισόγειο. ....	150
Εικόνα 71. Κάτοψη ζώνης 5 στο ισόγειο. ....	151

Εικόνα 72. Κάτοψη ζώνης 6 στο ισόγειο. ....	152
Εικόνα 73. Κάτοψη ζώνης 7 στο ισόγειο. ....	153
Εικόνα 74. Κάτοψη ζώνης 8 στο ισόγειο. ....	154
Εικόνα 75. Κάτοψη ζώνης 9 στο ισόγειο. ....	155
Εικόνα 76. Κάτοψη ζώνης 10 στο ισόγειο. ....	156
Εικόνα 77. Κάτοψη ζώνης 11 στο ισόγειο. ....	157
Εικόνα 78. Κάτοψη ζώνης 12 στο ισόγειο. ....	158
Εικόνα 79. Κάτοψη ζώνης 1 στον όροφο.....	159
Εικόνα 80. Κάτοψη ζώνης 2 στον όροφο.....	160
Εικόνα 81. Κάτοψη ζώνης 3 στον όροφο.....	161
Εικόνα 82. Στοιχείο θέρμανσης – ψύξης (αριστερά) και συστοιχία φίλτρων καθαρισμού αέρα (δεξιά).....	162
Εικόνα 83. ΚΚΜ αμφιθεάτρου.....	163
Εικόνα 84. Είσοδος αέρα θέρμανσης–ψύξης αμφιθεάτρου (αριστερά) και αισθητήρας ελέγχου θερμοκρασίας νερού (δεξιά).....	163
Εικόνα 85. Εξωτερική ΚΚΜ διαδρόμου – Εκτός λειτουργίας. ....	164
Εικόνα 86. Αεραγωγοί διανομής κλιματιζόμενου αέρα. στο διάδρομο Ο κίτρινος αεραγωγός είναι προσαγωγής ενώ ο κόκκινος είναι ο αγωγός εξαερισμού. ....	164
Εικόνα 87. Όψη ψυκτικής μονάδα TRANE CGAF 211R. Διακρίνονται οι δύο συμπιεστές και ο συμπυκνωτής.....	165
Εικόνα 88. Πλάγια όψη ψυκτικής μονάδας. Διακρίνονται οι ηλεκτρολογικοί πίνακες ελέγχου.....	165
Εικόνα 89. Διάγραμμα ισοϋψών COP του ψύκτη συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και του νερού ψύξης.....	166
Εικόνα 90. Θερμοκρασία νερού ψύξης 7 <sup>0</sup> C.....	166
Εικόνα 91. Πίσω όψη ψυκτικής μονάδας. Διακρίνονται ο εξατμιστήρας και η είσοδος και έξοδος του νερού ψύξης.....	167
Εικόνα 92: Φωτιστικό σώμα τύπου 1 – Αποτελείται από 4 λαμπτήρες T8 (4*18W)	167
Εικόνα 94: Λαμπτήρας τύπου 2 ισχύος 500W.....	167
Εικόνα 93: Φωτιστικό σώμα τύπου 3– Αποτελείται από 2 λαμπτήρες T8 (2*36W)	167
Εικόνα 95. Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας χωρητικότητας 5lt και ηλεκτρικής ισχύος 1.5 kW.....	169

Εικόνα 96: Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό για το εξεταζόμενο κτίριο στη φόρμα Κατατάξεων .....	174
Εικόνα 97. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για το εξεταζόμενο κτίριο.....	175
Εικόνα 98: Παρουσίαση επιμέρους στρώσεων εξωτερικής θερμοπρόσοψης [42, 43] .....	179
Εικόνα 99. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης – Σενάριο 1.....	181
Εικόνα 100. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης μετά την τοποθέτηση θερμοπρόσοψης – Σενάριο 1. ....	182
Εικόνα 101. Νοτιοανατολική όψη του κτιρίου – Κεκλιμένη μεταλλική στέγη .....	183
Εικόνα 102. Θερμομονωμένη μεταλλική στέγη με Politerm Blu [45].....	185
Εικόνα 103. Θερμική αντίσταση στρώσης θερμομονωτικού από Politerm Blu σε συνάρτηση με την ποσότητα τσιμέντου του μίγματος και το πάχος της στρώσης [45] .....	185
Εικόνα 104. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων μετά την μόνωση στέγης με Politerm Blu – Σενάριο 2.α.....	187
Εικόνα 105. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης μετά την μόνωση στέγης με Politerm Blu – Σενάριο 2.α. ....	188
Εικόνα 106. Παρουσίαση φέρων στοιχείων θερμομόνωσης στέγης [1].....	189
Εικόνα 107. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων μετά την μόνωση στέγης με πετροβάμβακα – Σενάριο 2.β. ....	191
Εικόνα 108: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης μετά την μόνωση στέγης με πετροβάμβακα – Σενάριο 2.β.....	192
Εικόνα 109. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων για αντικατάσταση κουφωμάτων – Σενάριο 3.α.....	194
Εικόνα 110. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για αντικατάσταση κουφωμάτων – Σενάριο 3.α. ....	195
Εικόνα 111. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων για αντικατάσταση κουφωμάτων – Σενάριο 3.β.....	196
Εικόνα 112. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για αντικατάσταση κουφωμάτων – Σενάριο 3.β.....	197
Εικόνα 113. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων για αντικατάσταση κουφωμάτων – Σενάριο 3.γ. ....	198
Εικόνα 114: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για αντικατάσταση κουφωμάτων – Σενάριο 3.γ.....	199

Εικόνα 115. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων μετά την τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών – Σενάριο 4.....	200
Εικόνα 116. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης μετά την τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών – Σενάριο 4. ....	201
Εικόνα 117. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων για θερμομόνωση δομικών στοιχείων σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. – Σενάριο 5.....	202
Εικόνα 118. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για θερμομόνωση δομικών στοιχείων σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. – Σενάριο 5.α. ....	203
Εικόνα 119. Εισαγωγή Φ/Β πάνελς στη αντίστοιχη ετικέτα του λογισμικού της φόρμας Ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων. ....	204
Εικόνα 120. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων μετά την εγκατάσταση Φ/Β – Σενάριο 6. ....	205
Εικόνα 121. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για την εγκατάσταση Φ/Β – Σενάριο 6.....	206
Εικόνα 122. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων για μόνωση εξωτερικών τοίχων και στέγης – Σενάριο 7.....	207
Εικόνα 123: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για μόνωση εξωτερικών τοίχων και στέγης – Σενάριο 7.....	208
Εικόνα 124. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων για θερμομόνωση δομικών στοιχείων σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. και τοποθέτηση Φ/Β – Σενάριο 8. ....	209
Εικόνα 125. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για θερμομόνωση δομικών στοιχείων σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. και τοποθέτηση Φ/Β – Σενάριο 8. ....	210
Εικόνα 126. Συγκριτική παρουσίαση αποτελεσμάτων 11 σεναρίων βελτίωσης.....	211

## Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Νομοί ελληνικής επικράτειας ανά κλιματικά ζώνη [26].....	59
Πίνακας 2: Μέγιστος επιτρεπόμενος Συντελεστής Θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, κατά κλιματική ζώνη.....	60
Πίνακας 3: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) κατά κλιματική ζώνη.....	61
Πίνακας 4: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.....	65
Πίνακας 5: Ευρωπαϊκά Πρότυπα CEN που χρησιμοποιούνται από το λογισμικό iSBEM για τον υπολογισμό τη ενεργειακής απόδοσης.....	68
Πίνακας 6: Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων [26].....	69
Πίνακας 7: Επισκόπηση της δομής των στοιχείων του κτιρίου που εισάγονται στο λογισμικό, παράμετροι καθορισμού και τρόπος σύνδεσης των στοιχείων. ....	75
Πίνακας 8: Προτεινόμενη ονοματολογία κατασκευών στο iSBEM.....	82
Πίνακας 9: Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας αέρα για την πόλη του Βόλου [36].....	109
Πίνακας 10: Καθορισμός ζωνών – επιμέρους χρήσεις των χώρων, επιλογή δραστηριότητας, συστήματος HVAC και εμβαδό επιφανειών.....	112
Πίνακας 11: Τιμές παραμέτρων για τις εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας που καθορίζονται από τον χώρο δραστηριότητας.....	114
Πίνακας 12: Παρουσίαση των κατασκευαστικών αδιαφανών στοιχείων του κτιρίου.....	116
Πίνακας 13. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας του εξωτερικού τοίχου. ....	120
Πίνακας 14. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου από Ο/Σ με εσωτερική μόνωση υαλοβάμβακα. ....	120
Πίνακας 15. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου από γυψοσανίδα με εξωτερική μόνωση υαλοβάμβακα. ....	120
Πίνακας 16. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου από υαλότουβλα. ....	121
Πίνακας 17. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχου από Οπλισμένο Σκυρόδεμα πάχους 20cm. ....	121
Πίνακας 18. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχου από Οπλισμένο Σκυρόδεμα πάχους 25cm. ....	121

Πίνακας 19. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοιχοποιίας πάχους 20cm. .....	122
Πίνακας 20. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοιχοποιίας πάχους 25cm. .....	122
Πίνακας 21. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εσωτερικού διαχωριστικού από γυψοσανίδα.....	122
Πίνακας 22. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχου από Ο/Σ με διακοσμητικό τούβλο. ....	123
Πίνακας 23. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής διαδρόμου (μεταλλική στέγη με κλίση). ....	123
Πίνακας 24. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. ....	123
Πίνακας 25. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής γραφείων ορόφου ΝΑ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. ....	124
Πίνακας 26. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής εργαστηρίων ΝΑ πτέρυγας στο ισόγειο και δαπέδου στον πρώτο όροφο.....	124
Πίνακας 27. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου στο ισόγειο (βιομηχανικό δάπεδο). ....	124
Πίνακας 28. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας εξωτερικού τοίχου από υαλότουβλα. ....	126
Πίνακας 29. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας τοίχου από οπλισμένο σκυρόδεμα - εξωτερικού ή εσωτερικού, πάχους 20/25cm και τοίχου από Ο/Σ με εξωτερική απένδυση διακοσμητικού τούβλου. ....	127
Πίνακας 30. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας εξωτερικού τοίχου από γυψοσανίδα με εσωτερική μόνωση υαλοβάμβακα και εσωτερικού διαχωριστικού από γυψοσανίδα. ....	127
Πίνακας 31. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας τοιχοποιίας πάχους 20cm και 25cm. ....	127
Πίνακας 32. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας οροφής διαδρόμου (μεταλλική στέγη με κλίση). ....	128
Πίνακας 33. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας οροφής εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. ....	128
Πίνακας 34. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας οροφής γραφείων ορόφου ΝΑ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. ....	128



Πίνακας 35. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας οροφής εργαστηρίων ΝΑ πτέρυγας στο ισόγειο. ....	129
Πίνακας 36. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας δαπέδου στο ισόγειο (βιομηχανικό δάπεδο). ....	129
Πίνακας 37: Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας δαπέδου στον πρώτο όροφο.....	129
Πίνακας 38: Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίου [33] .....	130
Πίνακας 39: Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας [ $Wm^{-2}K^{-1}$ ] υαλοπινάκων με διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο. [33].....	131
Πίνακας 40: Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου – υαλοπίνακα [33] .....	131
Πίνακας 41. Δεδομένα κουφωμάτων άμεσου κέρδους και τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας. ....	136
Πίνακας 42: Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση για διάφορους τύπους υαλοπίνακα , T – Solar [33].....	137
Πίνακας 43: Συντελεστής θερμικού κέρδους κουφωμάτων άμεσου κέρδους.....	138
Πίνακας 44: Εναλλαγές αέρα ανά ώρα ενός μη αεριζόμενου χώρου με το εξωτερικό περιβάλλον βάσει του βαθμού αεροστεγανότητάς του (ISO 13789) [33].....	140
Πίνακας 45: Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας στοιχείων που συνιστούν μέρος του κελύφους.....	141
Πίνακας 46: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτιρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του[26].....	141
Πίνακας 47: Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμοφυσικών ιδιοτήτων των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου .....	142
Πίνακας 48: Θερμοφυσικές ιδιότητες αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου – Δεδομένα εισαγωγής στη φόρμα Βάση Δεδομένων στο λογισμικό ISBEM.....	143
Πίνακας 49. Μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης για την προεξοχή, $F_o$ [3] .....	145
Πίνακας 50. Προκαθορισμένες τιμές για τις γενικές γραμμικές θερμογέφυρες των γραμμικών δομικών στοιχείων του κτιρίου. ....	146
Πίνακας 51. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 1.....	147
Πίνακας 52. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 2.....	148

Πίνακας 53. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 3.....	149
Πίνακας 54. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 4.....	150
Πίνακας 55. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 5.....	151
Πίνακας 56. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 6.....	152
Πίνακας 57. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 7.....	153
Πίνακας 58. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 8.....	154
Πίνακας 59. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 9.....	155
Πίνακας 60. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 10.....	156
Πίνακας 61. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 11.....	157
Πίνακας 62. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 12.....	158
Πίνακας 63. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 1/1.....	159
Πίνακας 64. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης ½.....	160
Πίνακας 65. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 1/3.....	161
Πίνακας 66. Τύπος και αριθμός φωτιστικών σωμάτων ανά ζώνη και συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού. ....	168
Πίνακας 67. Παράμετροι που εισάγονται στο λογισμικό για τον καθορισμό του συστήματος HVAC typical για τις ζώνες 0/1,0/2,0/3,0/4,0/9 και 0/11.....	170
Πίνακας 68. Παράμετροι που εισάγονται στο λογισμικό για τον καθορισμό του συστήματος HVAC orofos για τις ζώνες 0/6,0/7,0/8,0/10,1/1, 1/2 και 1/3. ....	171
Πίνακας 69. Παράμετροι συστήματος ZNX σε επίπεδο ζώνης. ....	172
Πίνακας 70. Παράμετροι συστήματος ΘΨΚ & ZNX, εξαερισμού και μηχανικού εξαερισμού σε επίπεδο ζώνης.....	172

Πίνακας 71. Παράμετροι φωτισμού σε επίπεδο ζώνης. ....	172
Πίνακας 72. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα [33]. ....	176
Πίνακας 73. Παρουσίαση των παρεμβάσεων για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. ....	177
Πίνακας 74. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου από Ο/Σ μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης. ....	179
Πίνακας 75. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου από Ο/Σ με εσωτερική μόνωση υαλοβάμβακα μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης. ....	180
Πίνακας 76. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου από γυψοσανίδα με μόνωση υαλοβάμβακα μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης. ....	180
Πίνακας 77. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής γραφείων ορόφου ΝΑ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για μόνωση με ελαφροσκυρόδεμα από Politerm Blu. ....	185
Πίνακας 78. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για μόνωση με ελαφροσκυρόδεμα από Politerm Blu. ....	186
Πίνακας 79. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής διαδρόμου (μεταλλική στέγη με κλίση) για μόνωση με ελαφροσκυρόδεμα από Politerm Blu. ....	186
Πίνακας 80. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής διαδρόμου (μεταλλική στέγη με κλίση). ....	190
Πίνακας 81. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. ....	190
Πίνακας 82. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής γραφείων ορόφου ΝΑ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. ....	191
Πίνακας 83. Συγκεντρωτικά στοιχεία ενεργειακών καταναλώσεων ανά είδος ενέργειας για τα εξεταζόμενα σενάρια βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. ....	211
Πίνακας 84. Παρουσίαση των παρεμβάσεων για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. ....	212



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα Μεταπτυχιακή εργασία αξιολογήθηκε περιβαλλοντικά η ενεργειακή συμπεριφορά του Κεντρικού κτιρίου των Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με χρήση του αγγλικού λογισμικού iSBEM\_v4.1.a.

Η ενεργειακή μελέτη είναι υποχρεωτική για όλα τα νέα κτίρια σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/91/EC. Η εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την Κοινοτική Οδηγία έγινε με τη ψήφιση του νέου Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.), νόμος Ν. 3661/2008, ΦΕΚ 89/Α 3661-19/5/2008. Ο Κ.ΕΝ.Α.Κ. ψηφίστηκε στις 19 Μαΐου 2008, αλλά τέθηκε σε ισχύ τον Οκτώβριο του 2010. Καθώς δεν υπήρχε διαθέσιμο ελληνικό λογισμικό κατά την έναρξη της διπλωματικής χρησιμοποιήθηκε το αντίστοιχο αγγλικό που διατίθεται δωρεάν στο διαδίκτυο.

Στόχοι της εργασίας είναι η γνωστοποίηση και εξοικείωση με τον νέο Κανονισμό, η εκμάθηση του λογισμικού και η χρήση του στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου του Τμήματος για σκοπούς εκτίμησης των συνολικών καταναλώσεων ενέργειας και των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub>, καθώς επίσης και για έκδοση του σχετικού Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης που υποδεικνύει την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου.

Με βάση τα τελικά αποτελέσματα έγιναν προτάσεις για την ενεργειακή βελτίωση της συμπεριφοράς του κτιρίου. Συνολικά προτάθηκαν 11 σενάρια που περιλάμβαναν αλλαγές στο κέλυφος και τοποθέτηση συστημάτων ΑΠΕ.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πολύ υψηλές καταναλώσεις για τη θέρμανση των χώρων και το κτίριο τοποθετήθηκε στην τελευταία ενεργειακή κατηγορία. Από τα σενάρια που προτάθηκαν αποδοτικότερο ήταν το συνδυαστικό σενάριο που προβλέπει την εφαρμογή των απαιτήσεων του Κ.ΕΝ.Α.Κ. και την παράλληλη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστοιχιών.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια αποτελεί ένα θέμα μείζονος σημασίας και η σύγχρονη Ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική έχει ως βασικό άξονα την εξοικονόμηση ενέργειας. Με τη ψήφιση της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91/EC [2] για τον έλεγχο και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων απαιτείται από όλα τα νέα κτίρια να παρουσιάζουν χαμηλές ενεργειακές ανάγκες, ενώ τα κράτη-μέλη καλούνται να θεσπίσουν μεθοδολογία για την εκτίμηση των καταναλώσεων ενέργειας.

Η παρούσα Μεταπτυχιακή εργασία με τίτλο «Μελέτη και προτάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης κατά EN ISO 13790 του Κεντρικού κτιρίου Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Πεδίο του Άρεως» εκπονήθηκε με στόχο να μελετηθεί η ενεργειακή συμπεριφορά του εν λόγω κτιρίου με βάση τη μεθοδολογία που προτείνεται. Η δομή της εργασίας παρουσιάζεται με τη μορφή δώδεκα κεφαλαίων.

Πιο συγκεκριμένα, στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μία αποτίμηση της παρούσας κατάστασης στην Ευρώπη και την Ελλάδα και παρουσιάζεται η εξέλιξη της ευρωπαϊκής πολιτικής στο θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθεται αναλυτικά η παρουσίαση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας και των σχετικών Προτύπων που χρησιμοποιούνται κατά την εφαρμογή της. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο ελληνικός Κανονισμός για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.) με τις προσαρμογές στα ελληνικά δεδομένα.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μία σύντομη παρουσίαση του λογισμικού iSBEM που χρησιμοποιήθηκε κατά την ενεργειακή μελέτη του κτιρίου, ενώ το τέταρτο κεφάλαιο αποτελεί έναν οδηγό χρήσης του.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται η θέση και οι επιμέρους χώροι του Κεντρικού κτιρίου του Τμήματος και οι αρχικοί παράμετροι προσομοίωσής του. Στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται αναλυτικοί πίνακες υπολογισμού των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών που απαιτούνται για το σύνολο των δομικών στοιχείων και στο έβδομο κεφάλαιο ακολουθούν τα γεωμετρικά δεδομένα που υπολογίστηκαν για τους χώρους του κτιρίου. Στο όγδοο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των Η/Μ συστημάτων και οι παράμετροι μοντελοποίησης των συστημάτων ΘΨΚ, ΖΝΧ, μηχανικού εξαερισμού και φωτισμού.

Στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που εξάγονται από το λογισμικό για τις εκτιμώμενες ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας ανά είδος ενέργειας και συνολικά, τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και την ενεργειακή κατάσταση που προκύπτει με την παράλληλη έκδοση του Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης.

Το δέκατο κεφάλαιο περιλαμβάνει προτάσεις βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, που μελετήθηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού, και τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων και του βαθμού επίδρασης.

Τέλος, παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη καθώς επίσης και προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση.

### 1.1. Στόχοι της εργασίας

Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας και η εξάντληση των φυσικών πόρων αποτελεί ένα μείζον θέμα της εποχής μας και συνεχώς αυξάνονται οι προσπάθειες που γίνονται σε διεθνές επίπεδο για την αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος. Η εφαρμογή περιβαλλοντικής πολιτικής μέσα από νομοθετικές ρυθμίσεις είναι εξαιρετικά σημαντική για την εφαρμογή νέων μέτρων στην παραπάνω κατεύθυνση. Η περιβαλλοντική νομοθεσία προωθεί την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιώσιμη ανάπτυξη (ανάπτυξη που πραγματοποιείται με την παράλληλη και ισότιμη προώθηση της οικονομίας, της κοινωνίας και του περιβάλλοντος) και στοχεύει στην ορθολογική χρήση της ενέργειας.

Η Ευρωπαϊκή κοινότητα αποτελεί πρωτοστάτη πλέον σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και θέτει ολοένα και πιο υψηλούς στόχους στα κράτη - μέλη. Ιδιαίτερως, η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια έχει τεθεί σε υψηλή προτεραιότητα τα τελευταία χρόνια καθώς ο κτιριακός τομέας συμμετέχει σε υψηλό ποσοστό στην κατανάλωση ενέργειας και στην εκπομπή ρύπων ενώ παρέχει μεγάλα περιθώρια βελτίωσης. Οι δύο βασικοί άξονες της πολιτικής που έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η ελαχιστοποίηση των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων. Με μια σειρά σχετικών αποφάσεων και οδηγιών απαιτεί από τα κράτη – μέλη την θέσπιση καταλλήλων νομοθετικών ρυθμίσεων για την εφαρμογή ενεργειακού σχεδιασμού με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων.

Η εναρμόνιση της ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία της Ε.Ε. για τα κτίρια έγινε με την εφαρμογή του νέου Κανονισμού για την **Ενεργειακή Αποδοτικότητα Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.)**. Ο κανονισμός αντικαθιστά τη μελέτη θερμομόνωσης που ίσχυε μέχρι τώρα, θεσμοθετεί τον ενεργειακό σχεδιασμό κτιρίων, και προωθεί την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, ο Κ.ΕΝ.Α.Κ. απαιτεί αυξημένες ενεργειακές επιδόσεις για όλα τα νέα και ανακαινισμένα κτίρια (θέτοντας ελάχιστα επιτρεπτά όρια κατανάλωσης) και τα κατατάσσει σε κατηγορίες αναλόγως με τη χρήση τους. Επιπλέον εισάγει την Ενεργειακή Επιθεώρηση για τα υφιστάμενα κτίρια, όπως επίσης τους όρους και τις προϋποθέσεις, με τις οποίες καθιερώνεται ο θεσμός του Ενεργειακού Επιθεωρητή. Η Ενεργειακή Επιθεώρηση αποτελεί μία διαδικασία εκτίμησης και καταγραφής των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας ενός υφιστάμενου κτιρίου με στόχο τον προσδιορισμό οικονομικά αποδοτικών δυνατοτήτων για εξοικονόμηση ενέργειας. Τα αποτελέσματα κάθε ενεργειακής μελέτης παρουσιάζονται στο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΑΠΕ), η εξαγωγή του οποίου είναι υποχρεωτική. Το

Πιστοποιητικό γνωστοποιεί στους ιδιοκτήτες την ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου (καταναλώσεις) και την επίπτωση στο περιβάλλον (εκπομπές CO<sub>2</sub>) κατατάσσοντάς τα σε μία κλίμακα από το Α–Η. Τα πιο αποδοτικά κτίρια - με τις χαμηλότερες εκπομπές – ανήκουν στην κατηγορία Α.

Στην παρούσα Μεταπτυχιακή εργασία εξετάστηκε το κτίριο των Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και προσδιορίστηκαν η συνολική κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές του σε kWh/m<sup>2</sup> και kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/έτος αντίστοιχα. Στη συνέχεια, έγινε η κατάταξη του κτιρίου σε ενεργειακή κατηγορία με την εξαγωγή του αντίστοιχου Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης. Τέλος, μελετήθηκε η επίδραση πιθανών επεμβάσεων στο κέλυφος και εκτιμήθηκαν τα οικονομικά αποδοτικά μέτρα που θα οδηγήσουν στη μείωση των καταναλώσεων αυτών και στη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου. Η μελέτη της ενεργειακής κατανάλωσης έγινε με χρήση του λογισμικού iSBEM [3, 4], το οποίο είναι το εγκεκριμένο λογισμικό που έχει δημιουργηθεί για την Βρετανική κυβέρνηση και διατίθεται δωρεάν σε κάθε ενδιαφερόμενο. Το ίδιο λογισμικό χρησιμοποιεί και η Κύπρος.

Στόχος της εργασίας είναι η γνωστοποίηση και εξοικείωση με τον νέο Κανονισμό, που αποτελεί τη νέα πραγματικότητα στο σχεδιασμό κτιρίων. Μέσα από τα σενάρια επεμβάσεων που μελετήθηκαν εντοπίζονται τα σημεία που οδηγούν σε υψηλές καταναλώσεις και απώλειες ενέργειας και προσδιορίζονται τα οφέλη από τις προτεινόμενες επεμβάσεις. Βασική επιδίωξη είναι η αξιολόγηση και διάδοση των ενδεδειγμένων λύσεων για την ορθολογική χρήση ενέργειας στα κτίρια με οικονομικό τρόπο.

Απώτερος στόχος της εργασίας είναι η ευαισθητοποίηση των φοιτητών μηχανικών αλλά και του ευρύτερου κοινού επάνω στα θέματα εξοικονόμησης ενέργειας. Η ενημέρωση και η περιβαλλοντική εκπαίδευση αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την καλύτερη διαχείριση της ενέργειας και την ορθή εφαρμογή και επιτυχία του νέου κανονιστικού πλαισίου.

## **1.2. Το ενεργειακό πρόβλημα και η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια**

Η ουσία του ενεργειακού προβλήματος βρίσκεται στην συσχέτιση των ενεργειακών αποθεμάτων (φυσικοί πόροι) που διαρκώς μειώνονται, με τις απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας που διαρκώς αυξάνονται. Η άνοδος των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου δημιουργούν πρόσθετες κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις στο ήδη υπάρχων περιβαλλοντικό πρόβλημα.

Το πλέον σημαντικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα που καλείται να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου προκαλείται κυρίως από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub> που εγκλωβίζεται στην ατμόσφαιρα και αυξάνει τη συνολική θερμοκρασία του



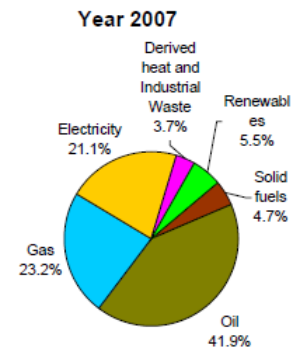
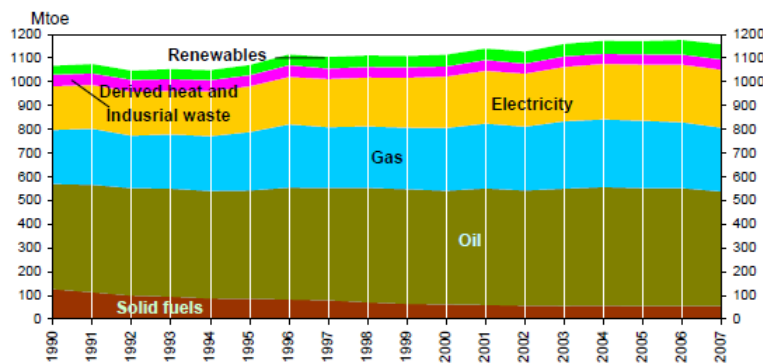
πλανήτη. Οι συνέπειες του φαινομένου μπορεί να είναι άμεσες (εμφάνιση ακραίων θερμοκρασιών, ερημοποίηση «πράσινων» περιοχών) ή μελλοντικές (συνολική αλλαγή του κλίματος, λιώσιμο των πάγων, άνοδος του επιπέδου της θάλασσας, καταποντισμός παράκτιων περιοχών)

Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου έχουν ήδη ανεβάσει τη θερμοκρασία κατά 0.6 βαθμούς παγκοσμίως. Εάν δεν ληφθούν μέτρα, υπολογίζεται ότι θα σημειωθεί αύξηση κατά 1.4 έως 5.8 βαθμούς έως τα τέλη του αιώνα [5].

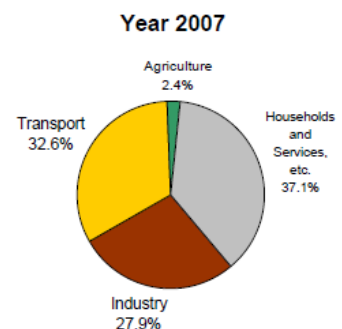
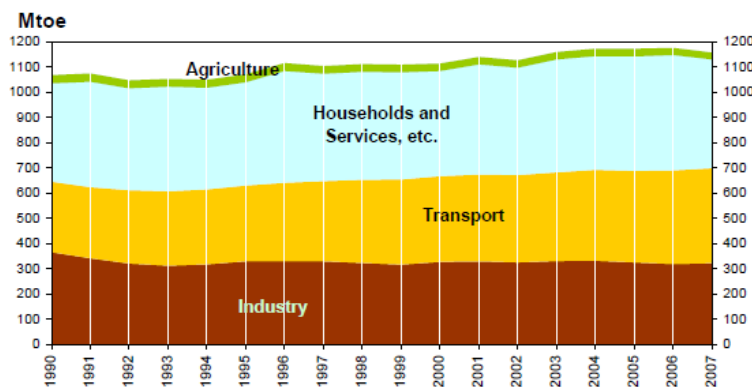
Όσον αφορά την ενεργειακή ζήτηση, οι προβλέψεις για το μέλλον είναι δυσοίωνες καθώς αναμένεται ότι μέχρι το 2030 η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας - και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> - θα αυξηθούν περίπου κατά 60% [5], ενώ η παγκόσμια ζήτηση πετρελαίου θα αυξηθεί κατά 41% σύμφωνα με το International Energy Agency (IEA) [6]. Παράλληλα αυξάνεται ο κίνδυνος εξάντλησης των φυσικών πόρων. Με βάση τα στοιχεία για τα παγκόσμια επίπεδα παραγωγής ενέργειας στο τέλος του 2007, και υποθέτοντας ότι η παραγωγή παγκόσμιου πετρελαίου που καταγράφηκε το 2007 θα συνεχίζεται στο ίδιο επίπεδο στο μέλλον, το πετρέλαιο αναμένεται να διαρκέσει 41.6 έτη, ενώ το φυσικό αέριο και ο άνθρακας θα διαρκέσουν αντίστοιχα 60.3 έτη και 133 έτη [3].

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η ενέργεια ευθύνεται για το 80% του συνόλου των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται κατά περίπου 1,5% ετησίως [6]. Ένα επιπλέον πρόβλημα που αντιμετωπίζει η Ευρώπη είναι η συνεχής εξάρτηση όσων αφορά στον εφοδιασμό σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο από πηγές εκτός των συνόρων της. Πάνω από το 80% των αναγκών της Ε.Ε. σε πετρέλαιο είναι εισαγόμενο, και παρόμοια είναι τα επίπεδα του φυσικού αερίου που εισάγεται, με πάνω από 51% των συνολικών ενεργειακών απαιτήσεων στην Ευρώπη να προέρχονται από το εξωτερικό [7]. Εκτιμάται ότι κατά τα επόμενα 20 έως 30 έτη μεγάλο ποσοστό (~70%) των ενεργειακών απαιτήσεων της Ε.Ε., σε σύγκριση με το σημερινό (50%), θα καλύπτεται από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους [5].

Η ιστορική κατανομή της αρχικής ενέργειας ανά πηγή και η κατανάλωση ενέργειας από κάθε τομέα παρουσιάζονται παρακάτω:



Εικόνα 1. Κατανομή της κατανάλωσης τελικής ενέργειας στην Ε.Ε.-27 ανά κατηγορία καυσίμου[8].



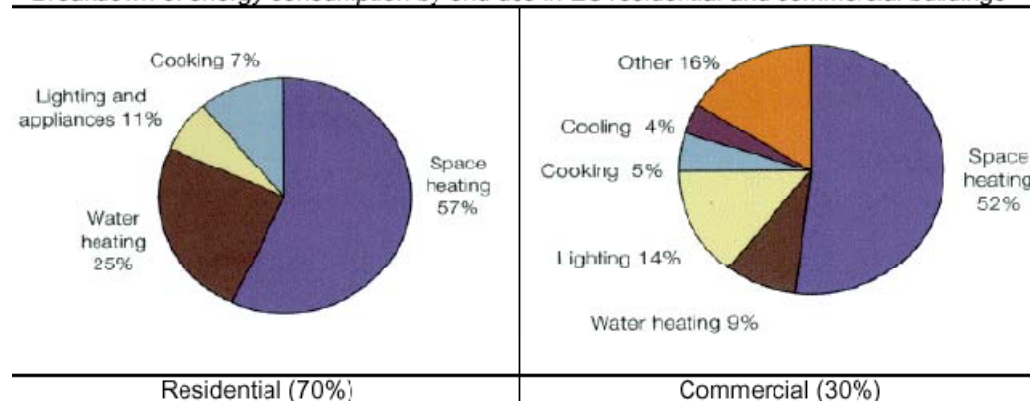
Εικόνα 2. Κατανομή της κατανάλωσης τελικής ενέργειας στην Ε.Ε.-27 ανά τομέα, σε Mtoe, Μάιος 2009 [8]

Το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρώπη των 27 προέρχεται από το πετρέλαιο σε ποσοστό 41.9% για το έτος 2007 σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat και ακολουθεί το φυσικό αέριο και ο ηλεκτρισμός με ποσοστά 23.2% και 21.1% αντίστοιχα.

Ο τομέας της κατοικίας και ο τριτογενής τομέας, το μεγαλύτερο μέρος των οποίων είναι κτίρια, αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή τελικής ενέργειας σε ποσοστό περίπου 37%. Δεύτερος είναι ο τομέας των μεταφορών με ποσοστό 32.6% και τρίτος ο βιομηχανικός τομέας με ποσοστό 27.9%. Επιπλέον, για τα κτίρια της Ε.Ε ισχύουν ότι ευθύνονται για το 45% των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> που προέρχονται από την παραγωγή και την χρήση ενέργειας [9] και για το 35% των δομικών αποβλήτων, ενώ διαθέτουν Η/Μ εγκαταστάσεις χαμηλής απόδοσης. Ο κτιριακός τομέας λοιπόν ενδείκνυται περισσότερο για την εξοικονόμηση ενέργειας.

## Building sector accounts for 40% of total EU energy consumption

### Breakdown of energy consumption by end use in EU residential and commercial buildings



Εικόνα 3. Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια [8]

Από τη συνολική κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα η οικιακή χρήση καλύπτει το 70% και το υπόλοιπο 30% καλύπτεται από την εμπορική χρήση [Εικόνα 3]. Στα νοικοκυριά η ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για τη θέρμανση των χώρων και για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με ποσοστό 57% και 25% αντίστοιχα. Ομοίως, στον τριτογενή τομέα το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης (52%), ενώ τα εν λόγω κτίρια παρουσιάζουν υψηλότερες ανάγκες για ηλεκτρισμό (14%) και ψύξη των χώρων (4%) σε σχέση με τα κτίρια κατοικίας. Σύμφωνα με τη Eurostat η κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη αναμένεται να παρουσιάσει αύξηση μέσα στα επόμενα 30 χρόνια.

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι ο κτιριακός τομέας προσφέρει σημαντικά περιθώρια βελτίωσης, καθώς συμμετέχει με μεγάλο ποσοστό στην κατανάλωση ενέργειας και για αυτό αποτελεί το βασικό στόχο για την ανάληψη δράσεων. Δεδομένου ότι τα κτίρια έχουν έναν μέσο όρο ζωής 50 ετών, η εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας αφορά σε μια μεγάλη χρονική περίοδο, για την οποία οι προβλέψεις ως προς το κόστος και την ζήτηση της ενέργειας δεν είναι θετικές.

Σχετικές έρευνες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής έδειξαν ότι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, μπορεί να επιφέρει μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και του σχετικού κόστους ενέργειας, έως και 42% [10] και εξοικονόμηση πόρων ύψους έως 1,000€ ανά νοικοκυριό κάθε χρόνο [11], ενώ από τα σχετικά προγράμματα εργασιών για την ενεργειακή αναβάθμιση αναμένεται να δημιουργηθούν 2.6 εκατομμύρια νέες θέσεις πλήρους απασχόλησης στην Ε.Ε. έως το 2030 [12].

### 1.3. Η Ευρωπαϊκή πολιτική στο θέμα της ενέργειας - Ιστορικό νομοθετικό πλαίσιο και στόχοι της Ε.Ε.

Τα Ηνωμένα Έθνη, έχοντας υπόψη τις σοβαρές κλιματικές αλλαγές του πλανήτη και τις επιπτώσεις στην υγεία και στην ποιότητα ζωής των ανθρώπων, αλλά και στην οικονομική ανάπτυξη επιδιώκουν μια διεθνή και συντονισμένη αντιμετώπιση των προβλημάτων. Στην πορεία των εξελίξεων, η αρχική περιβαλλοντική προσέγγιση επεκτάθηκε στην επίτευξη μίας παράλληλης οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης που να εξασφαλίζει τη διατήρηση των φυσικών πόρων για τις επόμενες γενεές και την ορθολογική βιωσιμότητά τους, δηλαδή την επίτευξη της «αιεφόρου ανάπτυξης». Οι βασικές διεθνείς αποφάσεις είναι οι παρακάτω [1]:

- Σύνοδος του ΟΗΕ για το Περιβάλλον στη Στοκχόλμη (1972): Ο πρώτος σημαντικός σταθμός για την εδραίωση της σημασίας του περιβάλλοντος σε παγκόσμια κλίμακα.
- Διάσκεψη του Ρίο (1992): Με θέμα 'Περιβάλλον και Ανάπτυξη' για πρώτη φορά συνδέεται η οικονομική ανάπτυξη με το περιβάλλον. Τα αποτελέσματα της διάσκεψης παρουσιάζονται στην «Ατζέντα 21 για την αιεφόρο δόμηση» (1998), όπου αναλύονται εκτενώς οι απαιτούμενες δράσεις στον κατασκευαστικό τομέα για την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης.
- Πρωτόκολλο του Κιότο (1997): Η πρώτη διεθνής διάσκεψη για την κλιματική αλλαγή. Περιλαμβάνει συγκεκριμένα μέτρα και μέσα για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το 1998 ορίστηκαν ποσοστά μείωσης των εν λόγω εκπομπών. Αποτελεί σημείο αναφοράς για τις μετέπειτα εξελίξεις και τέθηκε μερικώς σε ισχύ από το 2005.
- Σύνοδος Κορυφής του Γιοχάνεσμπουργκ (2002): Με θέμα την Βιώσιμη Ανάπτυξη που αποτελεί συνέχεια της διάσκεψης του Ρίο.

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, η περιβαλλοντική πολιτική αρχικά αφορούσε περισσότερο τον ανταγωνισμό παρά το περιβάλλον και κύριος στόχος της ήταν η εναρμόνιση των περιβαλλοντικών νομοθεσιών. Το 1992 με τη Συνθήκη του Maastricht, που συνέπεσε με τη συνδιάσκεψη του Ρίο, ιδρύθηκε η Ευρωπαϊκή Ένωση. Σταδιακά κατά την διάρκεια των επόμενων τριών δεκαετιών διαμορφώθηκε και αναπτύχθηκε μια εκτεταμένη ενεργειακή πολιτική. Η εξέλιξη της Ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής πολιτικής μπορεί να διακριθεί στις ακόλουθες περιόδους [13]:

- Η προϊστορία, από την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας έως την Συνδιάσκεψη της Στοκχόλμης το 1972. Η περίοδος αυτή προετοίμασε το έδαφος για την θέσπιση μιας Κοινοτικής περιβαλλοντικής πολιτικής.
- Η περίοδος που άρχισε με την θέσπιση του 1<sup>ου</sup> Προγράμματος Δράσης για το περιβάλλον το 1973 έως την λήξη του 3<sup>ου</sup> Προγράμματος το 1986. Η περιβαλλοντική πολιτική αποτελούσε εξάρτημα της πολιτικής του ανταγωνισμού.

- Η περίοδος από την Ενιαία Πράξη το 1987, όπου το περιβάλλον απέκτησε αυτοτελή νομική κατοχύρωση με την προσθήκη του νέου τίτλου «Περιβάλλον» στο κείμενο της τροποποιημένης Συνθήκης, έως την Συνθήκη του Maastricht το 1992. Δημοσίευση της έκθεσης Brundtland (1987), όπου εισάγεται η έννοια της αειφορίας.
- Η περίοδος που καλύπτεται από το 5<sup>ο</sup> Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον με τίτλο: «Στόχος η αειφορία» (1993-2002). Το 5<sup>ο</sup> Πρόγραμμα Δράσης αποτελεί συνέχεια των προηγούμενων Προγραμμάτων και ταυτόχρονα τομή σε σχέση με αυτά. Ορόσημα της παρούσας περιόδου είναι οι Συνδιασκέψεις Κορυφής του Cardiff, της Λισαβόνας και του Gothenburg, όπου υιοθετήθηκε μια σαφή Στρατηγική για την Αειφόρο Ανάπτυξη.
- Η περίοδος που καλύπτεται από το 6<sup>ο</sup> Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον (2003-2012). Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από μια έντονη προτίμηση στην χρήση οικονομικών εργαλείων και εθελοντικών συμφωνιών παράλληλα με τον εξορθολογισμό, τον περιορισμό και την μείωση της πολυπλοκότητας και του όγκου των νομοθετικών ρυθμίσεων.

Βασικό πρόβλημα της Κοινότητας αρχικά ήταν η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και η επίτευξη των στόχων που είχαν οριστεί στο πρωτόκολλο του Κιότο. Το επιπλέον θέμα που καλείται να αντιμετωπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η εξάρτησή της από τους εξωτερικούς παραγωγούς ενέργειας (πετρελαίου, φυσικού αερίου, κλπ.) και επακόλουθα από τους κινδύνους ή τις δυσκολίες εφοδιασμού που προκύπτουν από τις απρόβλεπτες γεωπολιτικές εξελίξεις και συνοδεύονται συνήθως από αυξήσεις των τιμών των καυσίμων.

- ⇒ **Το 2000 η Πράσινη Βίβλος** της Ευρωπαϊκής Επιτροπής **για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού** θέτει σε πρώτο πλάνο τους προβληματισμούς για την αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας και την εξάρτηση από τις εισαγωγές και θεμελιώνει τις ενεργειακές πολιτικές που θα οδηγήσουν την ΕΕ στην ενεργειακή αυτάρκεια και ασφάλεια, με παράλληλη μείωση του οικολογικού κόστους. Η Πράσινη Βίβλος, που εγγράφεται μέσα στην προοπτική των ακόλουθων είκοσι έως τριάντα χρόνων, προτείνει μια σαφή στρατηγική με άξονα τον έλεγχο της ζήτησης. Οι δύο βασικές κατευθύνσεις για μείωση της ζήτησης είναι η μεταβολή της στάσης των καταναλωτών μέσα από τους φορολογικούς μηχανισμούς και η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από τα κτίρια και τις μεταφορές που αποτελούν τους μεγαλύτερους καταναλωτές. Όσον αφορά την προσφορά προτείνεται η προώθηση της χρήσης των ΑΠΕ με κατάλληλη χρηματοδότηση.

Στα χρόνια που ακολουθούν η Ευρώπη αποκτά εμπειρία και θέτει υψηλότερους στόχους. Με βάση τις κατευθύνσεις που τέθηκαν στην Πράσινη Βίβλο του 2000, διαμορφώνονται σαφείς πολιτικές και μέσα από πλήθος οδηγιών και σχετικών αποφάσεων προτείνεται διεξοδική δέσμη μέτρων για τη επίτευξη των στόχων. Σταδιακά αναπτύσσει μία ενεργειακή στρατηγική με στόχο την επίτευξη ισορροπίας

μεταξύ αειφόρου ανάπτυξης, ανταγωνιστικότητας και ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού.

Ο μακροπρόθεσμος πολιτικός στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που αφορά την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την εξασφάλιση της βιωσιμότητας, είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ένα επίπεδο που θα περιορίσει την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας στους 2 °C σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα [6].

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, η Επιτροπή θεωρεί σημαντικότερη την εξοικονόμηση ενέργειας, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί στους ακόλουθους τομείς: κατοικίες και εμπορικά κτίρια (τριτογενής τομέας) με δυναμικό μείωσης που εκτιμάται από 27% έως 30%. Ακολουθεί ο τομέας της μεταποιητικής βιομηχανίας, με δυνατότητες εξοικονόμησης περίπου 25%, και ο τομέας των μεταφορών, με δυνατότητες μείωσης που εκτιμώνται στο 26%.

Ειδικότερα για την εξοικονόμηση ενέργειας:

⇒ Στην **Πράσινη Βίβλο του 2006** [5] η Επιτροπή υπογραμμίζει την ανάγκη βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και ότι ποσοστό έως 20% της χρησιμοποιούμενης στην Ε.Ε. ενέργειας θα μπορούσε να εξοικονομηθεί έως το 2020. Ωστόσο, αυτό θα απαιτήσει σημαντικές προσπάθειες τόσο από την άποψη της αλλαγής της συμπεριφοράς όσο και των πρόσθετων επενδύσεων [6]. Ειδικότερα, τονίζεται η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

⇒ «**Σχέδιο δράσης για την ενεργειακή απόδοση: Αξιοποίηση του δυναμικού**» - COM(2006) 545, 19.10.2006. [14]

Το σχέδιο δράσης ενεργειακής απόδοσης, περιέχει περιγράφει τα προγράμματα, δράσεις, μέτρα ενεργειακής απόδοσης που σχεδιάζονται για την επίτευξη του στόχου μείωσης της συνολικής πρωτογενούς χρήσης ενέργειας κατά 20% έως το 2020 και την τήρηση των διατάξεων σχετικά με τον υποδειγματικό ρόλο του δημόσιου τομέα και την παροχή ενημέρωσης, συμβουλών στους τελικούς καταναλωτές ενέργειας. Τα προτεινόμενα μέτρα πρέπει να εφαρμοστούν μέχρι το 2012. Αυτό σημαίνει ότι μέχρι το 2020 η Ε.Ε. θα χρησιμοποιεί περίπου 13% λιγότερη ενέργεια, εξοικονομώντας 100,000,000,000 € και περίπου 780 εκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub> ετησίως.

Τα μέτρα με την πιο σημαντική συμβολή στην επίτευξη των εθνικών στόχων αφορούν τους ακόλουθους τομείς: οικιακό τομέα (περιλαμβάνει μέτρα για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων και για την προώθηση των ΑΠΕ), τη Βιομηχανία και τον τριτογενή τομέα, περιλαμβανομένου του δημόσιου τομέα και του τομέα των μεταφορών. Τέλος, τα λεγόμενα «οριζόντια» μέτρα καλύπτουν όλους τους φορείς και σχετίζονται με την εκπαίδευση, πληροφόρηση, καλλιέργεια ενεργειακής συνείδησης, διαφωτιστικές εκστρατείες, παροχή ενημερωτικού υλικού κ.α).

⇒ Ανακοίνωση της Επιτροπής της 10ης Ιανουαρίου 2007 προς το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο με τίτλο «Ενεργειακή πολιτική για την Ευρώπη» - COM (2007)1 [6]

Η δέσμη μέτρων που προτάθηκε τον Ιανουάριο του 2007 και εγκρίθηκε από το εαρινό Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του 2007 αφορά το κλίμα και την ενέργεια και περιλαμβάνει τους ακόλουθους ποσοτικούς στόχους:

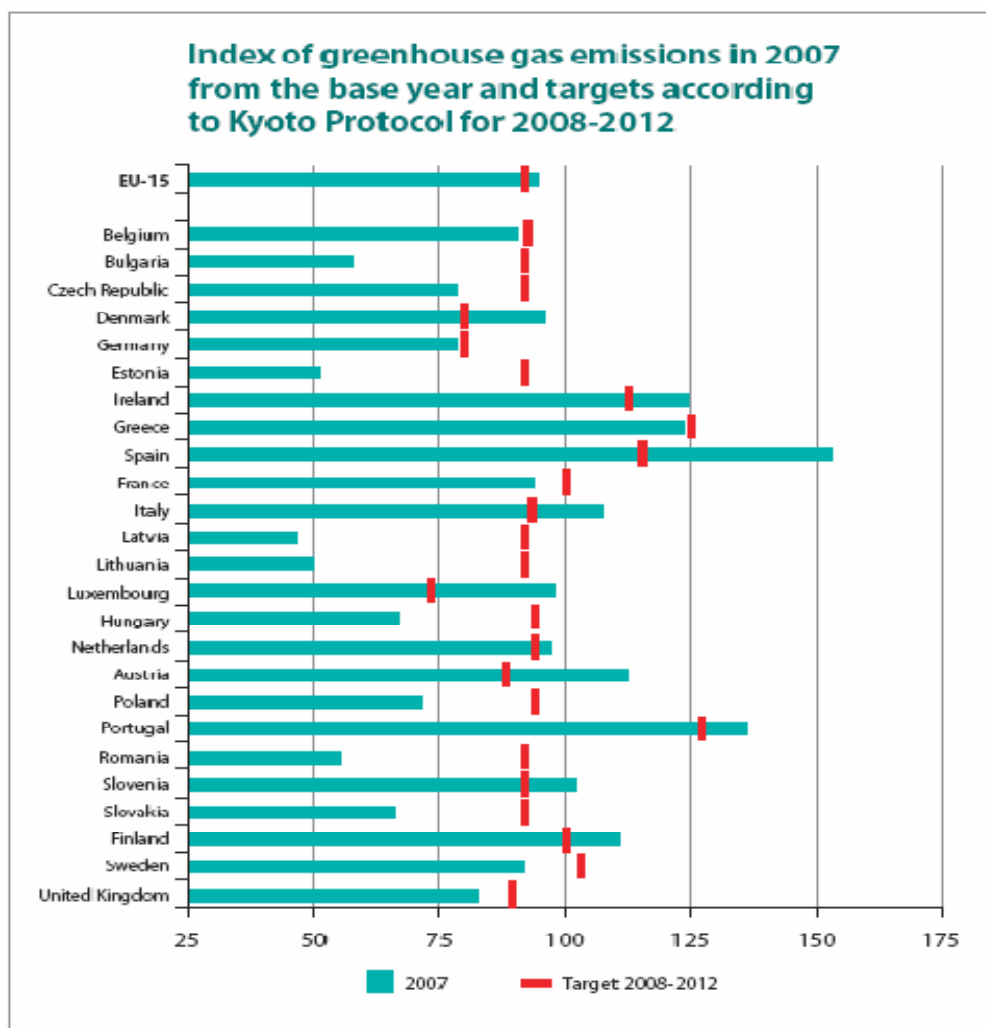
- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, και θα αυξηθεί μέχρι και 30% εάν και άλλες βιομηχανικές χώρες δεσμευτούν σε παρόμοιες μειώσεις
- Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ κατά 20% μέσω της αύξησης της ενεργειακής απόδοσης
- Κάλυψη του 20% των ενεργειακών αναγκών της Ευρώπης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Μείωση κατά 30% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις ανεπτυγμένες χώρες έως το 2020 σε σύγκριση με το 1990. Επιπλέον, το 2050 οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου πρέπει να μειωθούν έως 50% σε σύγκριση με το 1990, που συνεπάγεται μειώσεις στις βιομηχανικές χώρες της τάξεως του /ύψους 60-80% έως το 2050 [6]

Η εξοικονόμηση ενέργειας καλύπτεται από έναν αριθμό Οδηγιών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, όπως είναι:

- η Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την «ενεργειακή απόδοση των κτιρίων»,
- η οδηγία 2002/31 για τη σήμανση της κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών κλιματιστικών,
- η οδηγία 2003/66/ΕΚ που αφορά στη σήμανση της κατανάλωσης ενέργειας για τα οικιακά ηλεκτρικά ψυγεία και τους καταψύκτες,
- η Οδηγία 2004/8/ΕΚ για την προώθηση της «συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας»
- η Οδηγία 2005/32/ΕΚ για την «οικολογική σχεδίαση του εξοπλισμού» και τέλος
- η Οδηγία 2006/32/ΕΚ για την βελτίωση της «Ενεργειακής Απόδοσης κατά την τελική χρήση και τις Ενεργειακές Υπηρεσίες».

#### **1.4. Η κατάσταση στην Ελλάδα και περιθώρια βελτίωσης**

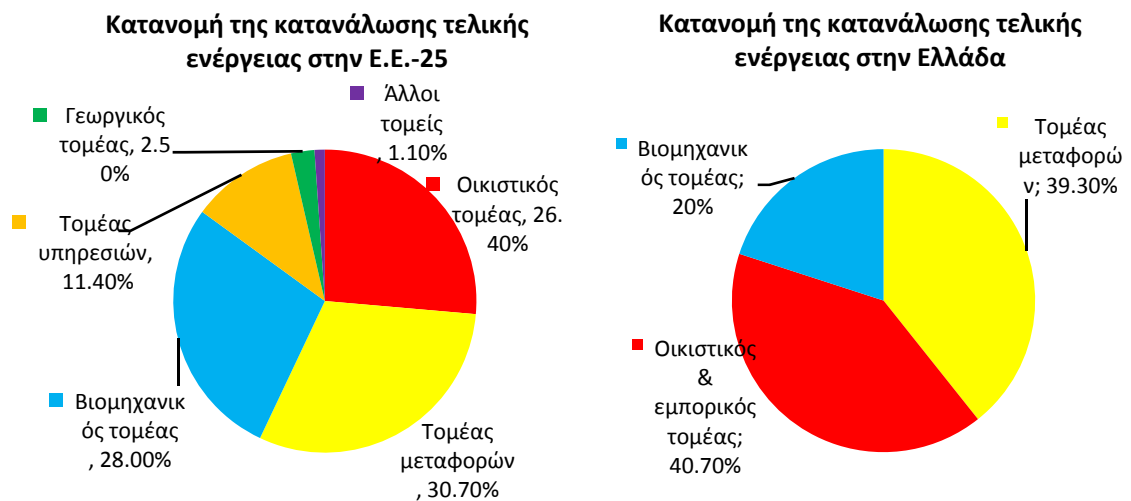
Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> σε 30 χώρες της Ευρώπης. Προκύπτει ότι η Ελλάδα έρχεται 2<sup>η</sup> στην Ευρώπη σε εκπομπές CO<sub>2</sub> μετά την Πορτογαλία, παρόλο που δε διαθέτει βαριά βιομηχανία όπως για παράδειγμα η Γερμανία. Η παραγωγή και χρήση της ενέργειας ευθύνεται για το 94% των εκπομπών CO<sub>2</sub>.



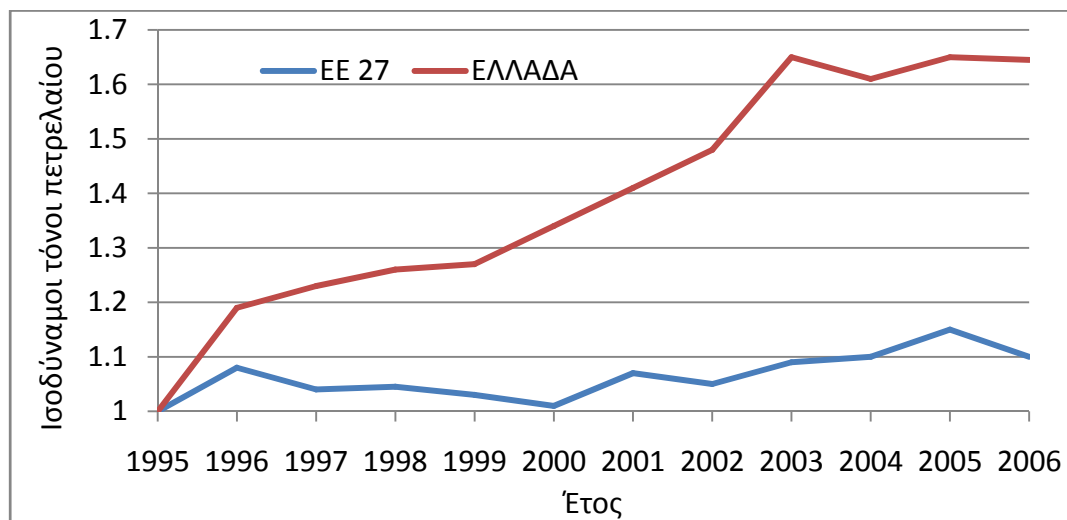
**Εικόνα 4. Εκπομπές CO<sub>2</sub> στην Ε.Ε. [8]**

Η κατανάλωση τελικής ενέργειας στην Ε.Ε. των 25 και στην Ελλάδα παρουσιάζονται στην Εικόνα 5. Ο οικιστικός και εμπορικός τομέας συμμετείχε σε ποσοστό 40.7% στο ενεργειακό ισοζύγιο. Σε σύγκριση με άλλες μεσογειακές χώρες, παρουσιάζουμε ενεργειακή κατανάλωση σχεδόν 30% μεγαλύτερη της Ισπανίας και περίπου 50% μεγαλύτερη της Πορτογαλίας. Επίσης, η ενεργειακή θερμική κατανάλωση είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από βορειότερες χώρες, όπως η Δανία, η Γερμανία και η Βρετανία. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία, η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά ελληνικό νοικοκυριό είναι περίπου 17,000 kWh (ή 1.45 τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου). [9]





**Εικόνα 5. Κατανομή της κατανάλωσης τελικής και ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ-25 και της τελικής ενέργειας στην Ελλάδα ανά τομέα [9]**



**Εικόνα 6. Εξέλιξη της κατανάλωσης τελικής ενέργειας στον οικιακό τομέα στην Ελλάδα και στην ΕΕ-27. [9]**

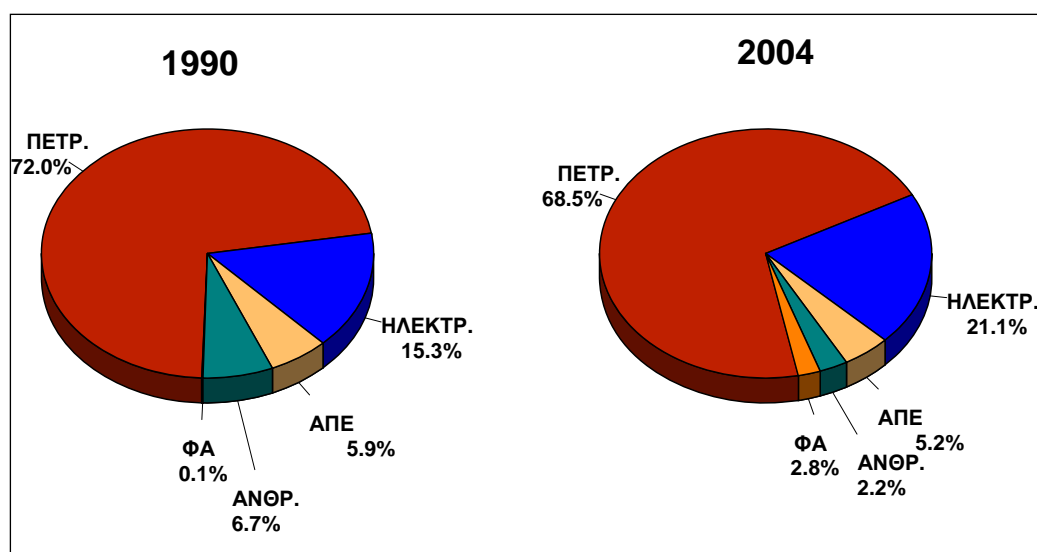
Στην Εικόνα 5 φαίνεται η αλματώδης αύξηση στην κατανάλωση συνολικής ενέργειας του οικιακού τομέα στην Ελλάδα σε σχέση με την ΕΕ των 27 (65% έναντι 8.5%). Το 2005 ο κτιριακός τομέας (οικιακός και τριτογενής) συμμετείχε με ποσοστό 65% στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια το 2005 ήταν 58.7 TWh και 6.5% αυτής της ζήτησης καλύφθηκε από εισαγωγές από τη Βουλγαρία (81%) και την ΠΓΔΜ (14%). Ένα τρίτο αυτής της ζήτησης (17.5 TWh) καλύπτει οικιακές ανάγκες. Η ετήσια αύξηση ζήτησης ηλεκτρισμού είναι 2.4% και αναμένεται να εξομαλυνθεί στο 1.1% μετά το 2010. Η κύρια αύξηση προέρχεται από τον οικιακό και τον τριτογενή τομέα. [15]. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, οι κατοικίες στην Ελλάδα παράγουν περίπου 12 - 13 τόνους CO<sub>2</sub>/ κάτοικο / έτος, τιμή συγκριτικά

μεγαλύτερη από όλες τις άλλες μεσογειακές χώρες, μεγαλύτερη και από πολύ βορειότερες χώρες όπως η Νορβηγία.

Το 2005 ο κτιριακός τομέας (οικιακός και τριτογενής) συμμετείχε με ποσοστό 65% στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Λόγω της υψηλής συμμετοχής των κτιρίων στην κατανάλωση ενέργειας και κυρίως στον ηλεκτρισμό τα κτίρια συμμετέχουν ετησίως στις εκπομπές CO<sub>2</sub> με ποσοστό άνω του 43%. Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια για τη δεκαετία 1995-2005 ανέρχεται σε 5.5%, ενώ ο αντίστοιχος αριθμός αύξησης για το σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι περίπου 3%. Παράλληλα η απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς για την κάλυψη των φορτίων αιχμής κυρίως τους θερινούς μήνες (λόγω ψύξης) αυξάνεται συνεχώς με μέσο ετήσιο ρυθμό τα 400 MW [16].

Μόνο το ένα πέμπτο (21.1%) των συνολικών ενεργειακών αναγκών της χώρας καλύπτονται από ηλεκτρισμό. Δυσανάλογα, η παραγωγή ηλεκτρισμού είναι υπεύθυνη για το 53% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών καλύπτονται από το πετρέλαιο (68.5%). Οι μεταφορές καλύπτονται σε ποσοστό 39% [17]. Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τις συνολικές ενεργειακές ανάγκες της χώρας μας ανά τύπο καυσίμου για τα έτη 1990 και 2004.



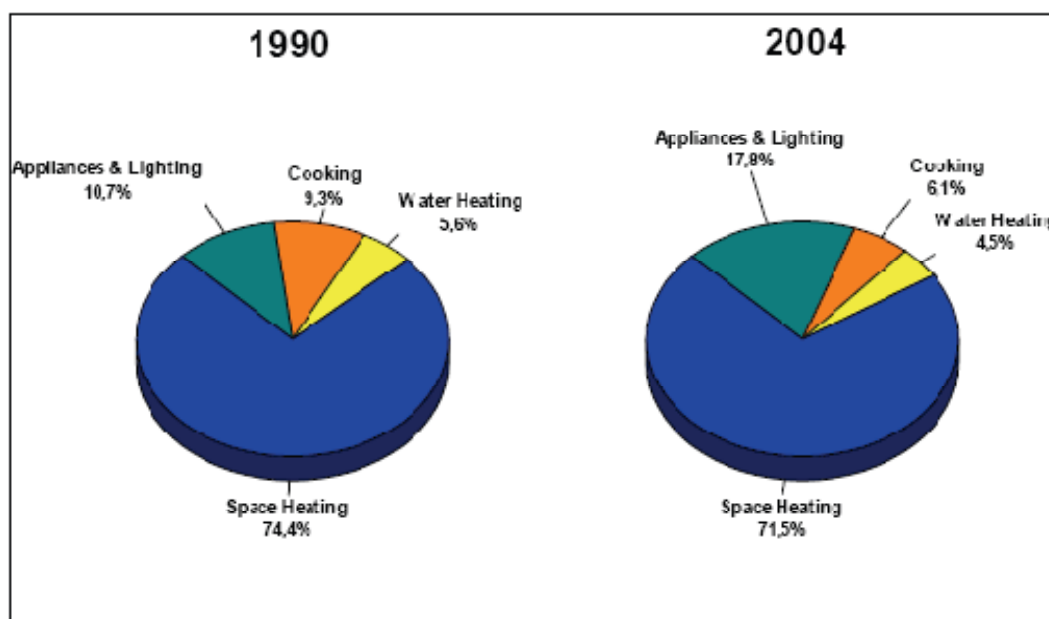
Εικόνα 7. Συνολικό ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας για τα έτη 1990 και 2004 – Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο. [15]

Σύμφωνα με το σχήμα τα προϊόντα πετρελαίου το 2004 αποτέλεσαν τη κύρια πηγή ενέργειας στα νοικοκυριά, αντιπροσωπεύοντας το 55% (ή 3.03 Mtoe) της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ το 1990 το ποσοστό αυτό ήταν 47.6% (ή 1.51 Mtoe). Η ηλεκτρική ενέργεια καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση με ποσοστό 26,3% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας (ή 1.45 Mtoe) για το 2004, και 24.6% (ή 0.78 Mtoe) για το 1990. Είναι λοιπόν φανερό ότι η κατανάλωση πετρελαϊκών προϊόντων και ηλεκτρισμού αυξήθηκε σημαντικά κατά την περίοδο 1990-2004. Συγκεκριμένα η

κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από τα προϊόντα πετρελαίου σχεδόν διπλασιάστηκε ενώ η κατανάλωση ενέργειας προερχόμενη από ηλεκτρισμό αυξήθηκε κατά 85%.

Από το ποσοστό συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των κτιρίων, το 75% αφορά κτίρια κατοικιών. Το 71.5% αυτής της ενέργειας χρησιμοποιείται για τις ανάγκες θέρμανσης.

Η ενέργεια στα ελληνικά νοικοκυριά δαπανάται κυρίως για θερμικές χρήσεις και συγκεκριμένα για θέρμανση των χώρων (περίπου 59% του συνόλου) (Εικόνα 8). Αντίστοιχα υψηλή είναι και η περιβαλλοντική επιβάρυνση σε αέριους ρύπους εκπομπών CO<sub>2</sub>.



**Εικόνα 8. Τελική κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά ανά τελική χρήση για τα έτη 1990 και 2004. [15]**

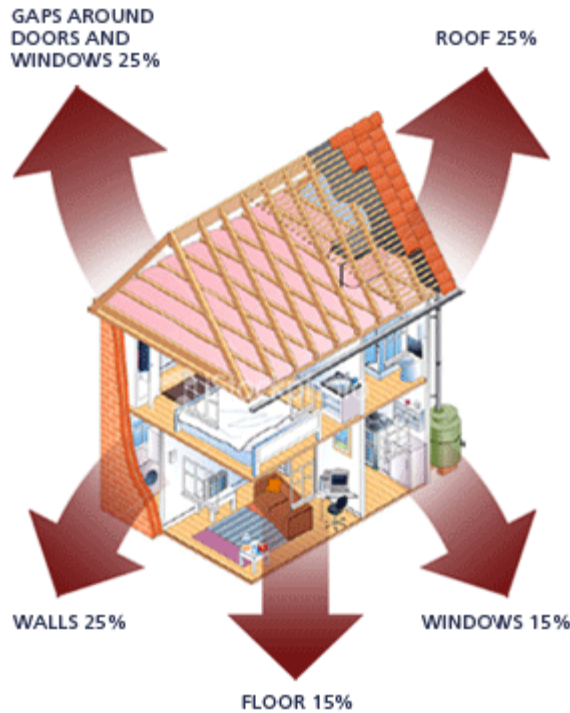
Από τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι ο δείκτης της ενεργειακής αποδοτικότητας για την Ελλάδα βρίσκεται στους τέσσερις χαμηλότερους της Ε.Ε. (δηλαδή 66.1% σε σχέση με 71.35 που είναι ο μέσος όρος αποδοτικότητας της ΕΕ).

Οι θερμικές απώλειες ενός κτιρίου εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες [18]:

- Από τη θέση του: όσο περισσότερο είναι εκτεθειμένο στους ανέμους τόσο μεγαλύτερες είναι οι θερμικές του απώλειες. Μειώνονται όταν εφάπτεται σε γειτονικά κτίρια ή όταν υπάρχουν δέντρα που περιορίζουν τους ανέμους.
- Τον προσανατολισμό του: γενικά, ο νότιος προσανατολισμός είναι ο καλύτερος και ο βόρειος ο δυσμενέστερος.
- Το εμβαδόν των εξωτερικών επιφανειών σε σχέση με τον όγκο του κτιρίου: όσο πιο συμπαγές και συνεκτικό είναι το κτίριο τόσο μικρότερες είναι οι απώλειες.

- Θερμική επίδοση του κτιριακού κελύφους - τιμές θερμοπερατότητας U των τοίχων, της στέγης, του δαπέδου, των ανοιγμάτων.
- Τον αριθμό και το μέγεθος των ανοιγμάτων του.

Κατά μέσο όρο ένα κτίριο παρουσιάζει ενεργειακές απώλειες από την οροφή κατά 25%, από τους τοίχους 30-35%, από τα ανοίγματα 15-25%, από το έδαφος 15% [19] και το υπόλοιπο μοιράζεται σε κουφώματα, χαραμάδες κλπ.



**Εικόνα 9. Μέση κατανομή απωλειών ενέργειας από τα διάφορα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου.**

Σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία εκτιμάται ότι για το έτος 2001 το 10% των κτιρίων διαθέτε πλήρη μόνωση, το 20% ελλιπή μόνωση και το 70% των κτιρίων δε διαθέταν μόνωση.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των ελληνικών κτιρίων (πάνω από το 69% [2]) έχει αμόνωτους εξωτερικούς τοίχους, οροφές, δώματα, pilotis και δάπεδα, ενώ τα ανοίγματα έχουν μονούς υαλοπίνακες. Οι περισσότεροι λέβητες είναι παλαιοί και τα συστήματα θέρμανσης χαμηλής απόδοσης, με αποτέλεσμα την αυξημένη ανάγκη σε θέρμανση και ψύξη των χώρων, καθώς και τις φτωχές συνθήκες θερμικής άνεσης. Παράλληλα δεν έχει δοθεί ιδιαίτερη μέριμνα στο σχεδιασμό του περιβάλλοντα χώρου, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται ιδιαίτερα αυξημένες αστικές θερμοκρασίες τη θερινή περίοδο, με άμεσο αντίκτυπο στο φορτίο ψύξης.

Ο αριθμός των κτιρίων όπου μπορούν να γίνουν επεμβάσεις είναι μέγανος και αφορά σχεδόν όλα τα κτίρια στην Ελλάδα. Το 89% των κτιρίων κατασκευάστηκαν πριν από το 1980, ημερομηνία ισχύος του Κανονισμού Θερμομόνωσης. Αυτό

σημαίνει ότι: Περί τα 3,700,000 κτίρια είναι θερμικά απροστάτευτα, άρα ενεργοβόρα και ότι μόνο με τη θερμομόνωση των παλαιών κτιρίων εξοικονομείται ενέργεια κατά 42%.

#### **Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια**

- 1) από τη θερμομόνωση του κελύφους (δώματος, εξωτερικών τοίχων, pilotis, υπογείου κλπ)
- 2) από βιοκλιματικές πρακτικές (προσανατολισμός του κτιρίου, φυλλοβόλα δέντρα προς το νότο, παθητικά ηλιακά συστήματα, τέντες, πέργκολες κλπ)
- 3) με αυτοματισμούς που εξοικονομούν ενέργεια από τη χρήση κυρίως του κτιρίου (σε ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις κυρίως) – θερμοστάτες αντιστάθμισης / χώρων
- 4) ενεργειακοί λαμπτήρες
- 5) με παραγωγή ενέργειας (φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, ηλιακοί θερμοσίφωνες κ.α.)
- 6) με μη ενεργοβόρες επιλογές για τη θέρμανση ή το δροσισμό του κτιρίου (ενεργειακά τζάκια, pellets, ανεμιστήρες οροφής, εξωτερικός σκιασμός κλπ)
- 7) με επεμβάσεις στους υαλοπίνακες, σε πόρτες και παράθυρα, σε κουφώματα, χαραμάδες και δευτερεύουσες επιμέρους περιπτώσεις θερμικών απωλειών – Αεροστεγάνωση ανοιγμάτων, διπλά τζάμια
- 8) συντήρηση κεντρικών θερμάνσεων
- 9) αντικατάσταση παλαιών λεβήτων με λέβητες Φ.Α.
- 10) αντικατάσταση παλαιών κλιματιστικών

## 2. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία

### 2.1. Γενικά

Η Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων 2002/91 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2002 καλεί κάθε Κράτος Μέλος της Ε.Ε. να προωθήσει την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων θέτοντας όρια, εκτιμώντας την απόδοση πάνω σε ομοιόμορφη βάση, και πιστοποιώντας την πλειοψηφία των κτιρίων [4].

Στις 13 Νοεμβρίου του 2008 εγκρίθηκε η αναδιατύπωση της παραπάνω Οδηγίας, η οποία περιλαμβάνει την αποσαφήνιση και απλοποίηση ορισμένων διατάξεων, την επέκταση του πεδίου εφαρμογής της προηγούμενης Οδηγίας καθώς και την ενίσχυση ορισμένων διατάξεων της ώστε να καταστούν αποτελεσματικότερες. Επιπρόσθετα, επιδιώκεται η απόδοση ηγετικού ρόλου στον δημόσιο τομέα ώστε να καταστεί ευκολότερη η μεταφορά της Οδηγίας στο εθνικό δίκαιο και η εφαρμογή της με σκοπό να αξιοποιηθεί σημαντικό μέρος του εναπομένοντος οικονομικά συμφέροντος δυναμικού του κτιριακού τομέα.

Αντικείμενο της οδηγίας είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και των ενεργειακών επιδόσεων των κτιρίων της Ευρωπαϊκής Κοινότητας λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τοπικές συνθήκες, τις συνθήκες άνεσης των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους-οφέλους. [20]

Η Οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων αποτελεί συνέχεια των μέτρων σχετικά με τους λέβητες (92/42/ΕΟΚ), τα δομικά προϊόντα (89/106/ΕΟΚ) και της Οδηγίας SAVE 93/6/ΕΟΚ διατάξεις για τα κτίρια και θεσπίστηκε στα πλαίσια ικανοποίησης των δεσμεύσεων που εισήχθησαν στη Συνθήκη του Ρίο (1992) και στο Πρωτοκόλλο του Κιότο (1997) για τη Κλιματική Αλλαγή, την Ενέργεια και το Περιβάλλον.

### 2.2. Το περιεχόμενο της Οδηγίας

Τα βασικά σημεία της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91/ΕΚ/16.12.2002 που παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους είναι τα εξής:

- ⇒ Θέσπιση μεθοδολογίας για τον υπολογισμό των ενεργειακών επιδόσεων των κτιρίων, που να εφαρμόζεται σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο. Η μεθοδολογία πρέπει να στηρίζεται σε ένα γενικό πλαίσιο, το οποίο θα καθορίζει τους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον υπολογισμό. (άρθρο 3)
- ⇒ Καθορισμός ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή επίδοση όλων των νέων κτιρίων (συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας μεγαλύτερης των 50 m<sup>2</sup>) καθώς και των υφιστάμενων, τα οποία υποβάλλονται σε μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση. Οι ελάχιστες απαιτήσεις πρέπει να βασίζονται στην προαναφερθείσα μεθοδολογία. (άρθρο 4,6,7)

- ⇒ Ανάπτυξη την ενεργειακής πιστοποίησης νέων και υφιστάμενων κτιρίων (άρθρο 10,11,12). Καθορίζεται η μορφή του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης, καθώς και τα στοιχεία που αυτό θα περιλαμβάνει.
- ⇒ Καθορισμός διαδικασίας επιθεώρησης συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού. (άρθρο 13,14). Συγκεκριμένα, απαιτείται επιθεώρηση για:
  - ✓ Λέβητες ενεργού ωφέλιμης ονομαστικής ισχύος άνω των 20 kW (αξιολόγηση του βαθμού απόδοσης του λέβητα και διαστασιολόγηση του σε σύγκριση με τις θερμαντικές ανάγκες του κτιρίου).
  - ✓ Λέβητες ενεργού ωφέλιμης ονομαστικής ισχύος άνω των 100 kW, τουλάχιστον ανά δύο έτη.
  - ✓ Λέβητες αερίου, τουλάχιστον ανά τέσσερα έτη
  - ✓ Εγκαταστάσεις κλιματισμού ενεργού ονομαστικής ισχύος εξόδου μεγαλύτερης από 12 kW (αξιολόγηση του βαθμού απόδοσης του συστήματος κλιματισμού και διαστασιολόγηση του σε σύγκριση με τις ανάγκες ψύξης του κτιρίου)

Τα κράτη μέλη μπορούν να θεσπίσουν διαφορετική συχνότητα με βασικό κριτήριο την αναλογία μεταξύ κόστους επιθεώρησης και εκτιμώμενης εξοικονόμησης ενέργειας (όφελος) που προκύπτει από την επιθεώρηση.

Νέες προσθήκες στη Οδηγία αποτελούν τα ακόλουθα άρθρα:

- ⇒ Υπολογισμός των βέλτιστων από πλευράς κόστους επιπέδων των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακών επιδόσεων. (Άρθρο 5)

Το νέο άρθρο εισάγει το οικονομικό πλαίσιο στη διαδικασία βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης απαιτώντας ανάλυση κόστους-οφέλους ως προς την ενέργεια στα κτίρια κατά την εφαρμογή των ελάχιστων απαιτήσεων. Σκοπός είναι η μείωση της κατανάλωσης προς όφελος του καταναλωτή και η σφαιρική εξέταση του θέματος του κόστους της ενέργειας σε εθνικό επίπεδο για την κινητοποίηση μέσω χρηματοδότησης.

Προτείνεται η ανάπτυξη μιας συγκριτικής μεθοδολογίας από την Επιτροπή, η οποία θα λαμβάνει υπόψη της τα βέλτιστα από πλευράς κόστους κριτήρια μέσω μεταβλητών. Οι μεταβλητές αφορούν μια σειρά τυπικών προϋποθέσεων όπως το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, η εκτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας και των βασικών τιμών ενέργειας αλλά και των επιτοκίων για τις επενδύσεις που απαιτούνται για να υλοποιηθούν οι συστάσεις.

Τα κράτη μέλη θα χρησιμοποιούν την προαναφερθείσα μεθοδολογία για να υπολογίζουν τις βέλτιστες από πλευράς κόστους απαιτήσεις, χρησιμοποιώντας μεταβλητές που καθορίζουν τα ίδια. Τα αποτελέσματα θα συγκρίνονται με τις πραγματικές απαιτήσεις που έχουν καθορίσει για να καταδειχθεί κατά πόσο συγκλίνουν οι εθνικές απαιτήσεις με τα βέλτιστα επίπεδα κόστους. Όλα τα παραπάνω θα αναφέρονται στην Επιτροπή σε σχετικές εκθέσεις ανά τριετία.

- ⇒ Κατάρτιση εθνικών σχεδίων για αύξηση του αριθμού των κτιρίων των οποίων αμφότερες οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας είναι χαμηλές ή μηδενικές. (Άρθρο 9)

Στα κράτη μέλη επιβάλλεται η υποχρέωση να προωθήσουν ενεργά την υψηλότερη υιοθέτηση, από την αγορά, κτιρίων χαμηλής κατανάλωσης μέσω της κατάρτισης εθνικών σχεδίων με σαφείς ορισμούς και στόχους για την εισαγωγή τους.

Στα πλαίσια των στόχων πρέπει να καθοριστεί το ελάχιστο ποσοστό των εν λόγω κτιρίων το 2020 σε σχέση με τον συνολικό αριθμό των κτιρίων και το ποσοστό που θα αντιπροσωπεύουν σε σχέση με τη συνολική ωφέλιμη επιφάνεια. Οι στόχοι θα διαφοροποιούνται για τις ακόλουθες κατηγορίες:

- α) νέα και ανακαινισμένα κτίρια κατοικίας
- β) νέα και ανακαινισμένα κτίρια πλην κατοικίας
- γ) κτίρια που χρησιμοποιούνται από δημόσιες αρχές

Η νέα απαίτηση θέλει να αναδείξει τον ηγετικό ρόλο του δημόσιου τομέα και για αυτό για τα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες υπηρεσίες απαιτούνται πιο φιλόδοξοι στόχοι.

- ⇒ Εκθέσεις σχετικά με τις επιθεωρήσεις συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού (Άρθρο 15)

Η τακτική επιθεώρηση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού συμβάλλει στη διατήρηση της σωστής τους ρύθμισης σύμφωνα με τα πρότυπα του προϊόντος και διασφαλίζει τη βέλτιστη απόδοση από πλευράς περιβάλλοντος, ασφάλειας και ενέργειας.

Η έκθεση επιθεώρησης συντάσσεται σε τακτά διαστήματα για κάθε επιθεωρούμενο σύστημα και χορηγείται στον ιδιοκτήτη ή τον ενοικιαστή του κτιρίου προκειμένου να ενημερωθούν καταλλήλως σχετικά με τα αποτελέσματα της επιθεώρησης και τις προτεινόμενες επεμβάσεις. Η έκθεση περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- α) σύγκριση των ενεργειακών επιδόσεων του επιθεωρούμενου συστήματος με εκείνες

- i. του βέλτιστου διαθέσιμου εφικτού συστήματος και
  - ii. του συστήματος παρόμοιου τύπου για το οποίο όλα τα συναφή κατασκευαστικά στοιχεία επιτυγχάνουν το επίπεδο ενεργειακών επιδόσεων που απαιτείται από την ισχύουσα νομοθεσία

- β) συστάσεις για την οικονομικώς συμφέρουσα βελτίωση των ενεργειακών επιδόσεων του συστήματος του κτιρίου ή τμημάτων αυτού (πληροφορίες σχετικά με τη σχέση κόστους/οφέλους).

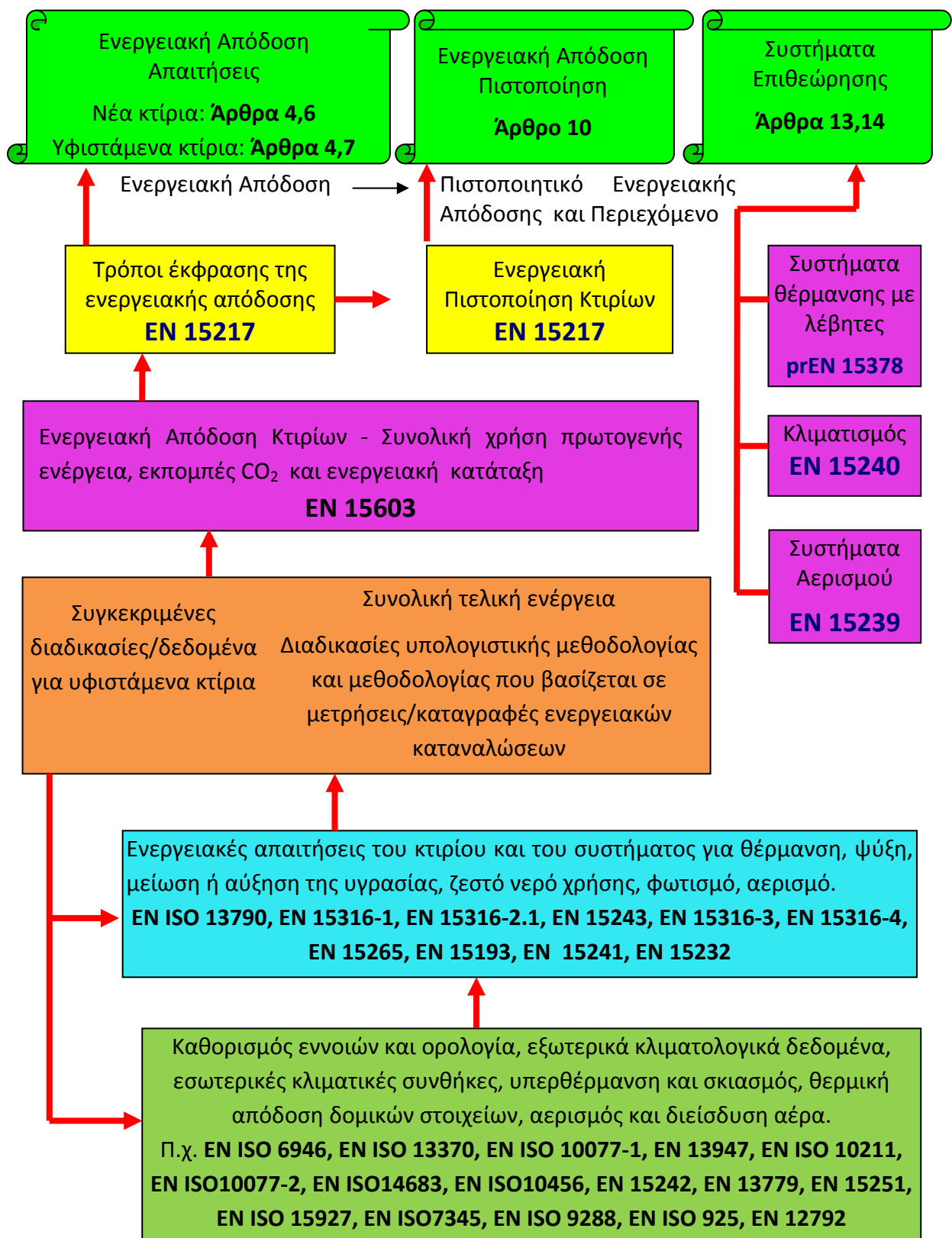
- ⇒ Ανεξάρτητα συστήματα ελέγχου για τα πιστοποιητικά ενεργειακών επιδόσεων και τις εκθέσεις επιθεώρησης.(Άρθρο 17)



Ορίζεται σύστημα παρακολούθησης της εφαρμογής των μέτρων και μέτρηση της απόδοσης από ανεξάρτητους, διαπιστευμένους εμπειρογνώμονες.

Η διαδικασία ελέγχου διασφαλίζει την ποιότητα, συμβάλλει στη δημιουργία ισότιμων όρων και εισάγει διαφάνεια για τους υποψήφιους ιδιοκτήτες ή χρήστες αναφορικά με τις ενεργειακές επιδόσεις στην κοινοτική αγορά ακινήτων.

Η σύνδεση των άρθρων της Κοινοτικής Οδηγίας παρουσιάζεται σχηματικά στην Εικόνα 10 που ακολουθεί.



Εικόνα 10: Σχηματική απεικόνιση Μεθόδου υπολογισμού Ενεργειακής Απόδοσης

## 2.3. Μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακών επιδόσεων κτιρίου και πεδίο εφαρμογής

Η μεθοδολογία πρέπει να εφαρμόζεται σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο. Ο υπολογισμός πρέπει να βασίζεται σε ένα γενικό πλαίσιο που να λαμβάνει υπόψη τουλάχιστον τους εξής παράγοντες (Παράρτημα Ι):

- i. Τα θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων των εσωτερικών χωρισμάτων του:
  - Θερμοχωρητικότητα
  - Μόνωση
  - Παθητική θέρμανση
  - Στοιχεία ψύξης και
  - Θερμικές γέφυρες
- ii. Εγκατάσταση θέρμανσης και παροχής ζεστού νερού συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών των μονώσεων τους
- iii. Εγκαταστάσεις κλιματισμού
- iv. Φυσικό και μηχανικό αερισμό που μπορεί να περιλαμβάνει την αεροστεγανότητα
- v. Ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού (κτίρια του τριτογενούς τομέα)
- vi. Σχεδιασμό, θέση και προσανατολισμό του κτιρίου , περιλαμβανομένων των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών
- vii. Παθητικά ηλιακά συστήματα και ηλιακή προστασία
- viii. Κλιματικές συνθήκες εσωτερικού χώρου στις οποίες περιλαμβάνονται οι επιδιωκόμενες συνθήκες εσωτερικού κλίματος
- ix. Εσωτερικά φορτία

Στον υπολογισμό αυτό συνεκτιμάται, κατά περίπτωση, η θετική επίδραση των ακόλουθων παραγόντων:

- α) τοπικές συνθήκες έκθεσης στον ήλιο, ενεργητικά ηλιακά συστήματα και άλλα συστήματα θέρμανσης και ηλεκτρισμού βασιζόμενα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- β) ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη με συμπαραγωγή
- γ) συστήματα τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου
- δ) φυσικός φωτισμός

Το Άρθρο 3 επιτρέπει τη χρήση των εκπομπών του CO<sub>2</sub> ή της πρωτογενούς ενέργειας ως μέτρο σύγκρισης αντί της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Οι σχετικοί υπολογισμοί εκτελούνται από εγκεκριμένο λογισμικό και πρέπει να γίνονται με διαφάνεια, δηλαδή η λειτουργική μέθοδος του λογισμικού πρέπει να επεξηγείται.

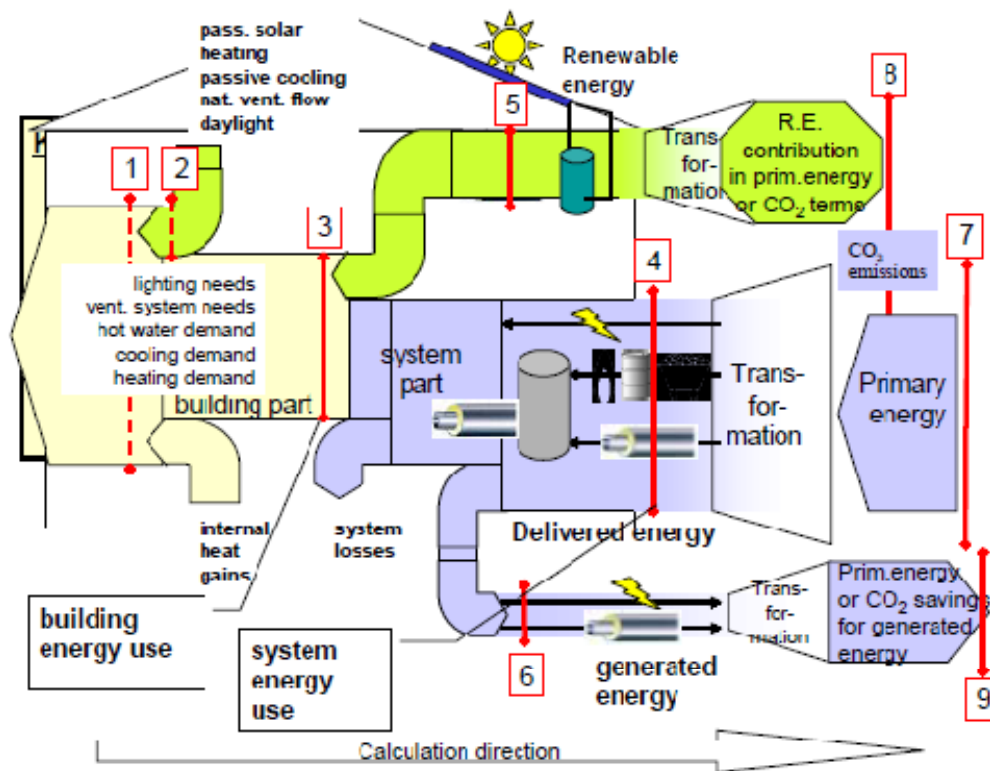
Επιτρέπεται η χρήση των ακόλουθων διαφορετικών μεθοδολογιών:

- Απλοποιημένη ωριαία μέθοδος
- Απλοποιημένη μηνιαίου βήματος
- Λεπτομερής υπολογισμός

Η μεθοδολογία που ακολουθείται και παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία αποτελείται από τα ακόλουθα στάδια [21]:

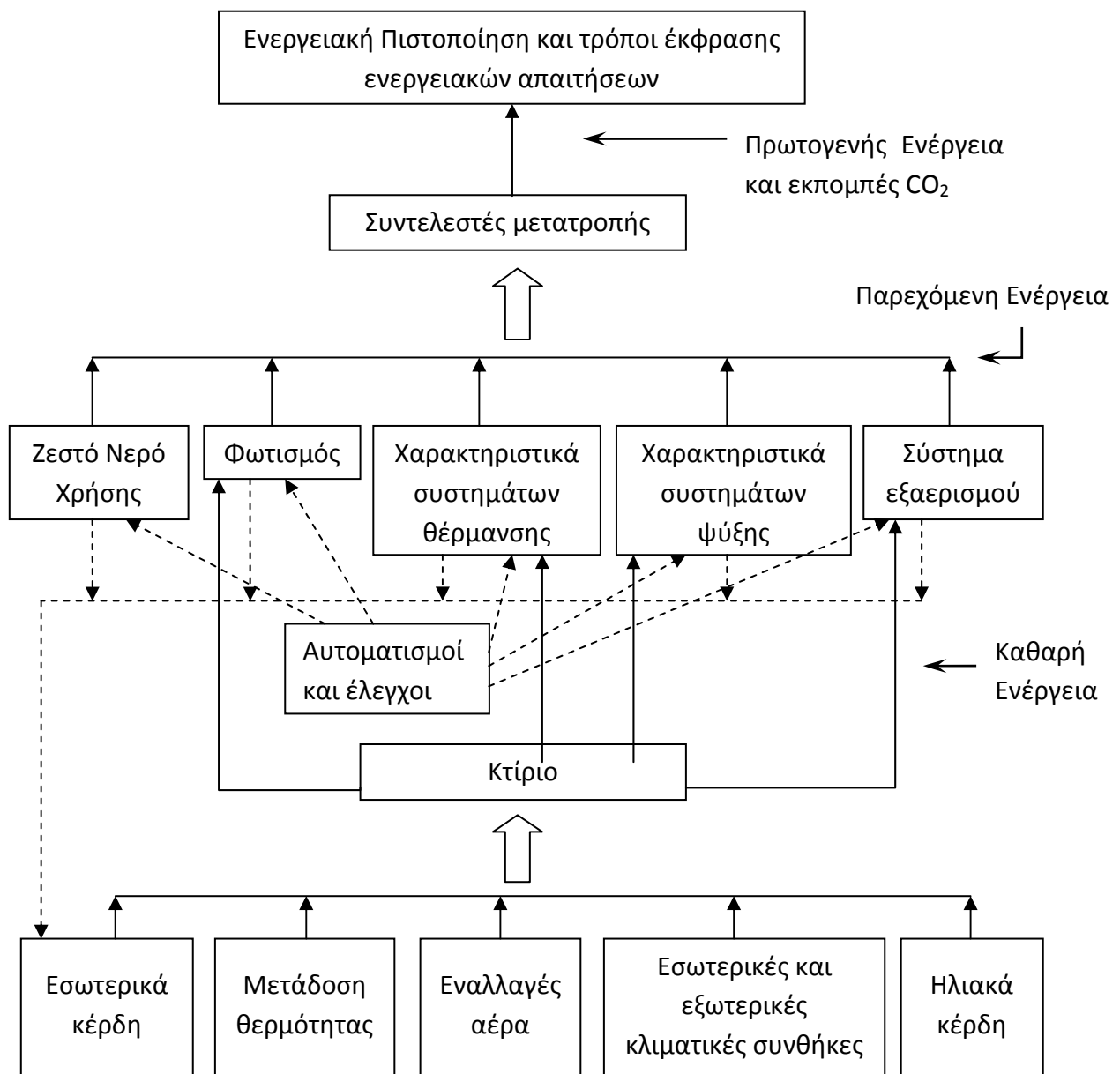
- ✓ Υπολογισμός των ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης και ψύξης (καθαρή ενέργεια), των απαιτήσεων αερισμού, φωτισμού και παροχής ζεστού νερού χρήσης. Κατά τη διαδικασία υπολογισμού λαμβάνονται υπόψη μόνο οι ιδιότητες του κτιρίου και όχι τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης. Απαιτούνται στοιχεία σχετικά με τις εσωτερικές συνθήκες, τα εσωτερικά κέρδη, τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και τις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες.
- ✓ Υπολογισμός της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου. Κατά τη διαδικασία υπολογισμού της κατανάλωσης ενέργειας, λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, ΖΝΧ, των συστημάτων φωτισμού, των ελεγκτών και των αυτοματισμών των κτιρίων. Η ενέργεια που καταναλώνεται καταγράφεται ξεχωριστά, σύμφωνα με το σκοπό και το είδος του καύσιμου που χρησιμοποιείται. Η δευτερεύουσα ενέργεια (auxiliary energy) που απαιτείται για τους ανεμιστήρες, τις αντλίες, κλπ. περιλαμβάνεται στις διαδικασίες υπολογισμού.
- ✓ Υπολογισμός των δεικτών συνολικής ενεργειακής απόδοσης (πρωτογενής ενέργεια, εκπομπές CO<sub>2</sub>, κτλ). Συνδυάζονται τα αποτελέσματα του προηγούμενου υπολογισμού, ώστε να αποδοθεί η συνολική χρήση ενέργειας και συσχετίζονται οι δείκτες απόδοσης.

Οι επιμέρους υπολογισμοί που αναφέρθηκαν και τα στάδια αυτών φαίνονται στην Εικόνα 11 που ακολουθεί. Στην Εικόνα 12 απεικονίζεται η σύνδεση των ροών ενέργειας.



**Εικόνα 11: Μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης που ακολουθείται κατά το στάδιο της δημιουργίας των αντίστοιχων τεχνικών προτύπων [21]**

1. Απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση, φωτισμό, αερισμό, κτλ
2. Τα φυσικά κέρδη ενέργειας (παθητικά ηλιακά, φυσικός αερισμός κτλ)
3. Η καθαρή ενέργεια του κτιρίου που προέρχεται από το 1 και το 2
4. Η παρεχόμενη ενέργεια μαζί με τη δευτερεύουσα που απαιτείται
5. Η ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται από το κτίριο
6. Η παραγόμενη ενέργεια που εξάγεται στην αγορά (μπορεί να περιλαμβάνει μέρος της 5)
7. Η πρωτογενής ενέργεια ή εκπομπές CO<sub>2</sub> του κτιρίου
8. Η πρωτογενής ενέργεια ή εκπομπές CO<sub>2</sub> του κτιρίου που συνδέονται με την on-site (επιτόπου) παραγωγή
9. Η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ή εκπομπών CO<sub>2</sub> που συνδέεται με την ενέργεια που εξάγεται στην αγορά



**Εικόνα 12: Σύνδεση των ρών της ενέργειας [21]**

## 2.4. Εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων

Η βασική αλλαγή κατά την αναδιατύπωση της Οδηγίας στην απαίτηση εφαρμογής ελάχιστων απαιτήσεων είναι ότι οι τελευταίες πρέπει να καθοριστούν με σκοπό να επιτυγχάνεται η βέλτιστη από πλευράς κόστους ισορροπία μεταξύ των συναφών επενδύσεων και των ενεργειακών δαπανών που εξοικονομούνται στη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής του κτιρίου

Οι απαιτήσεις αυτές αναθεωρούνται σε τακτά διαστήματα τα οποία δεν υπερβαίνουν τα πέντε έτη και, εάν χρειαστεί, επικαιροποιούνται προκειμένου να αντικατοπτρίζουν την τεχνική πρόοδο στον κτιριακό τομέα των κατασκευών. Στις απαιτήσεις συνεκτιμώνται οι τοπικές και κλιματολογικές συνθήκες.

- Κατά τον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων επιτρέπεται η διάκριση μεταξύ:
  - νέων κτιρίων
  - υφιστάμενων κτιρίων καθώς και μεταξύ
  - διαφορετικών κατηγοριών κτιρίων
- Εξαιρούνται από την υποχρεωτική εφαρμογή των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακών επιδόσεων οι ακόλουθες κατηγορίες κτιρίων:
  - α) κτίρια επισήμως προστατευόμενα ως μέρος συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ή ιστορικής τους αξίας, εφόσον η συμμόρφωση προς τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακών επιδόσεων θα αλλοίωνε απαράδεκτα το χαρακτήρα ή την εμφάνισή τους,
  - β) κτίρια χρησιμοποιούμενα ως χώροι λατρείας ή για θρησκευτικές δραστηριότητες,
  - γ) προσωρινά κτίρια με προβλεπόμενη εκ σχεδιασμού διάρκεια χρήσης το πολύ δύο ετών, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εργαστήρια, αγροτικά κτίρια πλην κατοικιών με χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις και αγροτικά κτίρια πλην κατοικιών τα οποία χρησιμοποιούνται από τομέα καλυπτόμενο από εθνική τομεακή συμφωνία για τις ενεργειακές επιδόσεις,
  - δ) κτίρια κατοικίας τα οποία προβλέπεται να χρησιμοποιούνται λιγότερο από τέσσερις μήνες το χρόνο,
  - ε) μεμονωμένα κτίρια με συνολική ωφέλιμη επιφάνεια μικρότερη από 50 m<sup>2</sup>.
- Νέα κτίρια

Για τα νέα κτίρια πρέπει επιπλέον να έχει μελετηθεί και ληφθεί υπόψη, πριν από την έναρξη της κατασκευής, η τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εγκατάστασης των ακόλουθων εναλλακτικών συστημάτων:

- α) αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές,
- β) συστήματα συμπαραγωγής,

γ) συστήματα θέρμανσης ή ψύξης σε κλίμακα περιοχής/οικοδομικού τετραγώνου, εάν υπάρχουν,

δ) αντλίες θερμότητας.

➤ Υφιστάμενα κτίρια

Οι απαιτήσεις θεσπίζονται είτε για το ανακαινιζόμενο κτίριο ως σύνολο είτε για τα ανακαινιζόμενα συστήματα ή δομοστοιχεία όταν αυτά αποτελούν μέρος μιας ανακαίνισης που πρέπει να γίνει εντός περιορισμένου χρονικού διαστήματος, με στόχο τη βελτίωση των συνολικών ενεργειακών επιδόσεων του κτιρίου ή τμήματος αυτού.

➤ Τεχνικά συστήματα κτιρίων

Ελάχιστες απαιτήσεις για τα νέα, αντικαθιστάμενα ή μετασκευαζόμενα τεχνικά συστήματα του κτιρίου, κυρίως για τα ακόλουθα κατασκευαστικά στοιχεία:

α) λέβητες ή άλλες μονάδες παραγωγής θερμότητας

β) θερμοσίφωνες σε συστήματα παραγωγής ζεστού νερού

γ) κεντρικές μονάδες κλιματισμού ή μονάδες παραγωγής ψύξης σε συστήματα κλιματισμού

## 2.5. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης

### ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Αρ. Πρωτ.: .....																											
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	<b>ΧΡΗΣΗ:</b> Κτίριο <input type="checkbox"/> Τμήμα κτιρίου <input type="checkbox"/> Αριθμός ιδιοκτησίας (για τμήμα κτιρίου) ..... <b>Κλιματική Ζώνη:</b> Διεύθυνση: ..... Τ.Κ. .... (Φωτογραφία κτιρίου) ..... <b>Πολις:</b> ..... Έτος κατασκευής: ..... Συνολική επιφάνεια (m <sup>2</sup> ): ..... Όνομα ιδιοκτήτη: .....																										
	<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>																										
	<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b> (ως ποσοστό κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς)																										
	<b>ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ</b> <b>A+</b> $A \leq 0,33 \cdot RR$ <b>A</b> $0,33 \cdot RR < A \leq 0,5 \cdot RR$ <b>B+</b> $0,5 \cdot RR < B+ \leq 0,75 \cdot RR$ <b>B</b> $0,75 \cdot RR < B \leq 1,0 \cdot RR$ <b>B-</b> $1,0 \cdot RR < B- \leq 1,25 \cdot RR$ <b>C+</b> $1,25 \cdot RR < C+ \leq 1,5 \cdot RR$ <b>C</b> $1,5 \cdot RR < C \leq 2,0 \cdot RR$ <b>C-</b> $2,0 \cdot RR < C- \leq 2,5 \cdot RR$ <b>D</b> $2,5 \cdot RR \leq D$																										
	<b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΟΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> [kWh/(m <sup>2</sup> ·έτος)] <b>B</b>																										
	<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΣΤΙΚΟ</b> <b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΟΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ</b> [kWh/(m <sup>2</sup> ·έτος)] .....																										
	<b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΟΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> ανά m <sup>2</sup> θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m <sup>2</sup> ·έτος)]: .....																										
	<b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ</b> ανά m <sup>2</sup> θερμαινόμενης επιφάνειας [kgCO <sub>2</sub> /(m <sup>2</sup> ·έτος)]: .....																										
	<b>ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> ανά m <sup>2</sup> θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m <sup>2</sup> ·έτος)]: .....																										
	<b>ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΟΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> ανά m <sup>2</sup> θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m <sup>2</sup> ·έτος)]: με βάση την απόδοση της λειτουργίας .....																										
<b>ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ</b> ανά m <sup>2</sup> θερμαινόμενης επιφάνειας [kgCO <sub>2</sub> /(m <sup>2</sup> ·έτος)]: .....																											
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	<b>ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ</b> με βάση τους υπολογισμούς																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Πηγή ενέργειας</th> <th>Τελική χρήση</th> <th>Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ηλεκτρική</td> <td>Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> Διανομή <input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Φωτισμός <input type="checkbox"/> Συσκεύς <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Ορυκτά καύσιμα</td> <td>Πετρέλαιο</td> <td>Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Φυσικό αέριο</td> <td>Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">ΑΠΕ</td> <td>Άλλο (προσδιορίστε)</td> <td>Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ηλιακή</td> <td>Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> Φωτισμός <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Θιολόζα</td> <td>Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Γεωθερμία</td> <td>Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Σύνολο</td> <td>Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> Συσκεύς <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Πηγή ενέργειας	Τελική χρήση	Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)	Ηλεκτρική	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> Διανομή <input type="checkbox"/>			Φωτισμός <input type="checkbox"/> Συσκεύς <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>		Ορυκτά καύσιμα	Πετρέλαιο	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>	Φυσικό αέριο	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>	ΑΠΕ	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>	Ηλιακή	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> Φωτισμός <input type="checkbox"/>	Θιολόζα	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>	Γεωθερμία	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>	Σύνολο	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> Συσκεύς <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>	
	Πηγή ενέργειας	Τελική χρήση	Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)																								
	Ηλεκτρική	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> Διανομή <input type="checkbox"/>																									
		Φωτισμός <input type="checkbox"/> Συσκεύς <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>																									
	Ορυκτά καύσιμα	Πετρέλαιο	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>																								
		Φυσικό αέριο	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>																								
	ΑΠΕ	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>																								
		Ηλιακή	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> Φωτισμός <input type="checkbox"/>																								
		Θιολόζα	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>																								
Γεωθερμία		Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>																									
Σύνολο	Θέρμανση <input type="checkbox"/> Ψύξη <input type="checkbox"/> Συσκεύς <input type="checkbox"/> ΖΝΧ <input type="checkbox"/>																										
<b>ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΟΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> [kWh/(m <sup>2</sup> ·έτος)] ανά χρήση με βάση τους υπολογισμούς:																											
Θέρμανση Ψύξη Διανομή Φωτισμός Συσκεύς Ζεστό Νερό Χρήσης (ΖΝΧ)																											
<b>ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>																											
1. .... 2. .... 3. ....																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Αριθμός σύστασης</th> <th>Αρχικό εκτιμώμενο κόστος επένδυσης (€)</th> <th>Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας* (kWh/m<sup>2</sup>·έτος)</th> <th>(%)</th> <th>Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [kg/(m<sup>2</sup>·έτος)]</th> <th>Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής (έτη)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Αριθμός σύστασης	Αρχικό εκτιμώμενο κόστος επένδυσης (€)	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας* (kWh/m <sup>2</sup> ·έτος)	(%)	Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [kg/(m <sup>2</sup> ·έτος)]	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής (έτη)	1						2						3								
Αριθμός σύστασης	Αρχικό εκτιμώμενο κόστος επένδυσης (€)	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας* (kWh/m <sup>2</sup> ·έτος)	(%)	Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [kg/(m <sup>2</sup> ·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.																											
<b>Ημερομηνία εκδόσης Πιστοποιητικού:</b> ..... <b>Όνοματεπώνυμο Επιθεωρητή:</b> ..... <b>Α.Μ. Επιθεωρητή:</b> ..... <b>Υπογραφή:</b> ..... <b>Σφραγίδα:</b> .....																											

Εικόνα 13: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων



Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (Εικόνα 13) (ΠΕΑ) απεικονίζει τις ενεργειακές επιδόσεις του κτιρίου και το κατατάσσει σε μία από τις εννέα κατηγορίες από Α+ έως Η.

Η έκδοση του πιστοποιητικού είναι υποχρεωτική:

- ✓ Κατά την πώληση ή τη μίσθωση κτιρίων και διατίθεται από τον ιδιοκτήτη στον αγοραστή ή το μισθωτή αυτών
- ✓ Για όλα τα νέα κτίρια, συνολικής επιφάνειας άνω των 50m<sup>2</sup>
- ✓ Για τα υφιστάμενα κτίρια που υπόκεινται σε ριζική ανακαίνιση
- ✓ Για όλα τα κτίρια του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα

Στο Π.Ε.Α. αναφέρονται, μεταξύ άλλων, τα γενικά στοιχεία του κτιρίου, η υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και του εξεταζόμενου κτιρίου, η ετήσια τελική, ή/και πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση και είδος καυσίμου, η πραγματική ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας, οι υπολογιζόμενες και πραγματικές ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον περιλαμβάνει συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, ώστε οι καταναλωτές να είναι σε θέση να συγκρίνουν και να αξιολογήσουν την πραγματική τους κατανάλωση και τις τυχόν δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης ισχύει, κατά ανώτατο όριο, για δέκα (10) χρόνια. Σε κτίρια συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 250 m<sup>2</sup> τα οποία επισκέπτεται συχνά το κοινό ή χρησιμοποιούνται από δημόσιες υπηρεσίες και φορείς του ευρύτερου δημόσιου τομέα πρέπει να τοποθετείται, σε ευδιάκριτη θέση.

## 2.6. Ευρωπαϊκά πρότυπα CEN

Για την υλοποίηση της Οδηγίας, το Ευρωπαϊκό Κέντρο Τυποποίησης (CEN) [23-26] ανέλαβε να συντάξει μία σειρά τεχνικών προτύπων, στα οποία θα στηρίζονται οι υπολογισμοί για την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων. Η Επιτροπή εξέδωσε 52 τεχνικά πρότυπα τα οποία χωρίζονται σε 5 διακριτές θεματικές ενότητες και καλύπτουν από μεθοδολογίες υπολογισμού, μέτρησης και επιθεώρησης κτιρίων και φτάνουν μέχρι και στο επίπεδο των επί μέρους τμημάτων και συστημάτων αυτών.

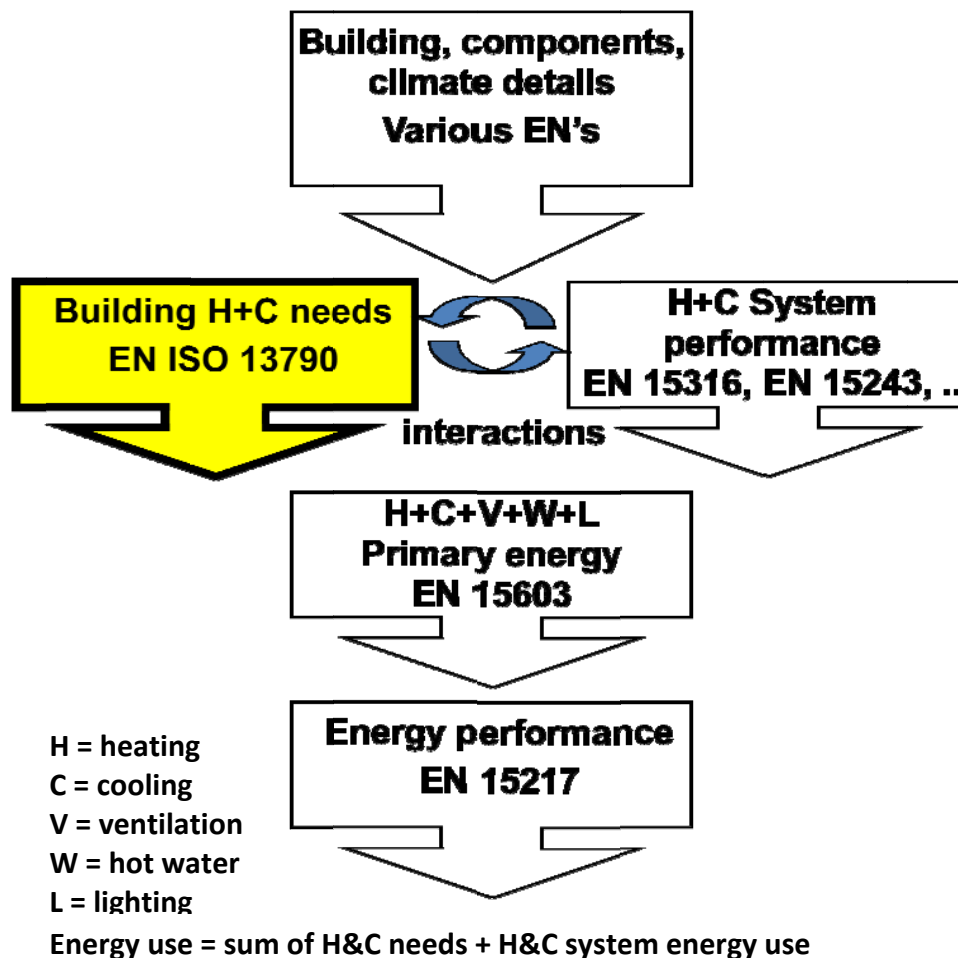
Ομάδα Γενικών Προτύπων - υποστηρίζουν την υλοποίηση των γενικών απαιτήσεων της Οδηγίας [20]

- **Ομάδα 1:** Πρότυπα σχετικά με τον υπολογισμό της συνολικής χρήσης ενέργειας στα κτίρια και της αποδιδόμενης ενέργειας σε αυτά.
- **Ομάδα 2:** Πρότυπα σχετικά με την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Ομάδα Υποστηρικτικών Προτύπων - υποστηρίζουν την εφαρμογή των άρθρων της Οδηγίας που αφορούν στις αναλυτικές υπολογιστικές μεθόδους.

- **Ομάδα 3:** Πρότυπα σχετικά με τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας
- **Ομάδα 4:** Πρότυπο σχετικά με τον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων των κτιρίων σε θερμικά και ψυκτικά φορτία
- **Ομάδα 5:** Υποστηρικτικά Πρότυπα που καλύπτουν τις κατηγορίες της θερμικής συμπεριφοράς δομικών στοιχείων, αερισμού και διείσδυσης αέρα, υπερθέρμανση και σκιασμός, εσωτερικές και κλιματικές συνθήκες.

Στην Εικόνα 14 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα κεντρικά πρότυπα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης. Ακολουθούν αναλυτικά τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ενεργειακής ζήτησης με χρήση της μηνιαίας μεθόδου για θέρμανση και ψύξη (Εικόνα 15) και της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση/ψύξη (Εικόνα 16), ΖΝΧ και φωτισμό (Εικόνα 17). Τέλος, στην Εικόνα 18 παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιεί το πρότυπο EN 15603.



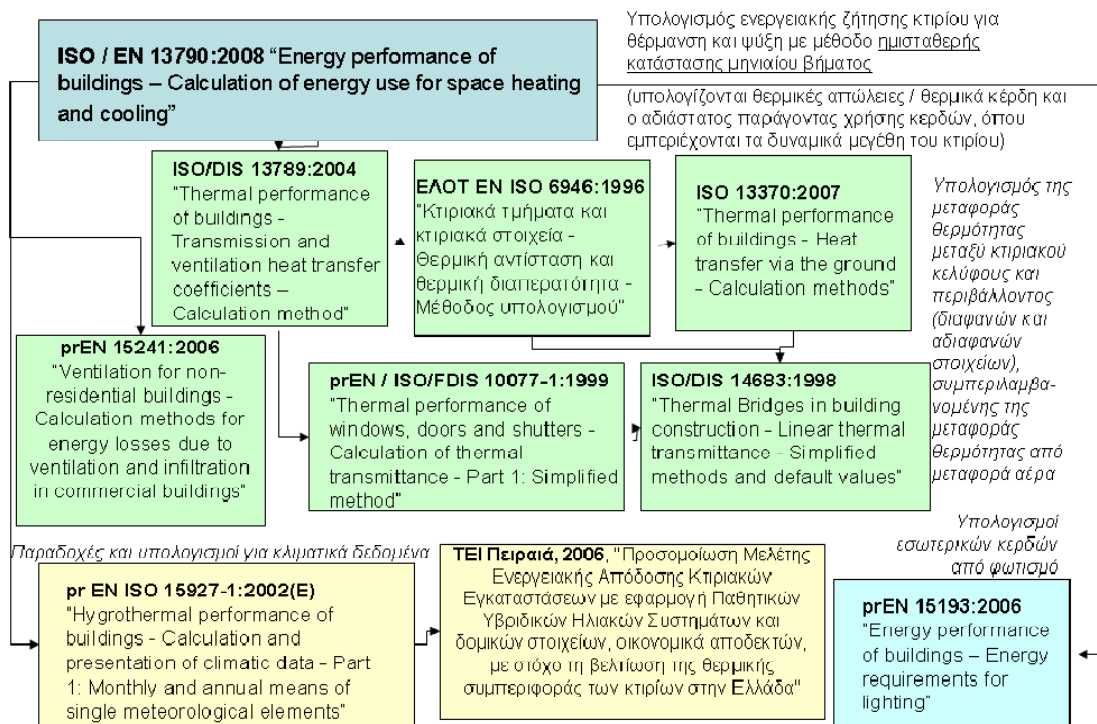
**Εικόνα 14:** Παρουσίαση κεντρικών προτύπων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια [22].

Κεντρικό πρότυπο σε αυτήν την ομάδα είναι το **EN ISO 13790** “Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling”, το οποίο

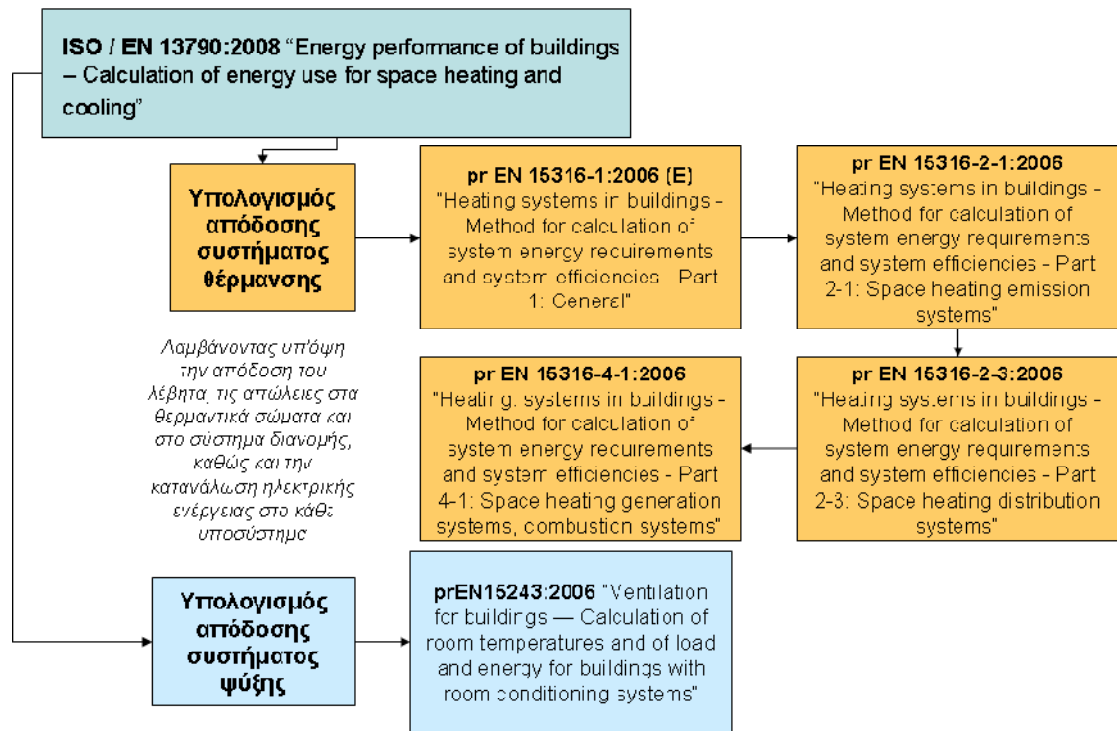
υπολογίζει την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κτιρίων με βάση τη μέθοδο των ενεργειακών ισοζυγίων.

Το πρότυπο 13790 παρέχει, σε συνεργασία με τα πρότυπα υπολογισμών απόδοσης των συστημάτων, τα απαραίτητα δεδομένα εισόδου για το "top level" πρότυπο EN 15603, που συλλέγει τα δεδομένα χρήσης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, εξαερισμό, φωτισμό και ζεστό νερό και τα μετατρέπει σε αντίστοιχα δεδομένα πρωτογενούς ενέργειας (βλ. Εικόνα 18).

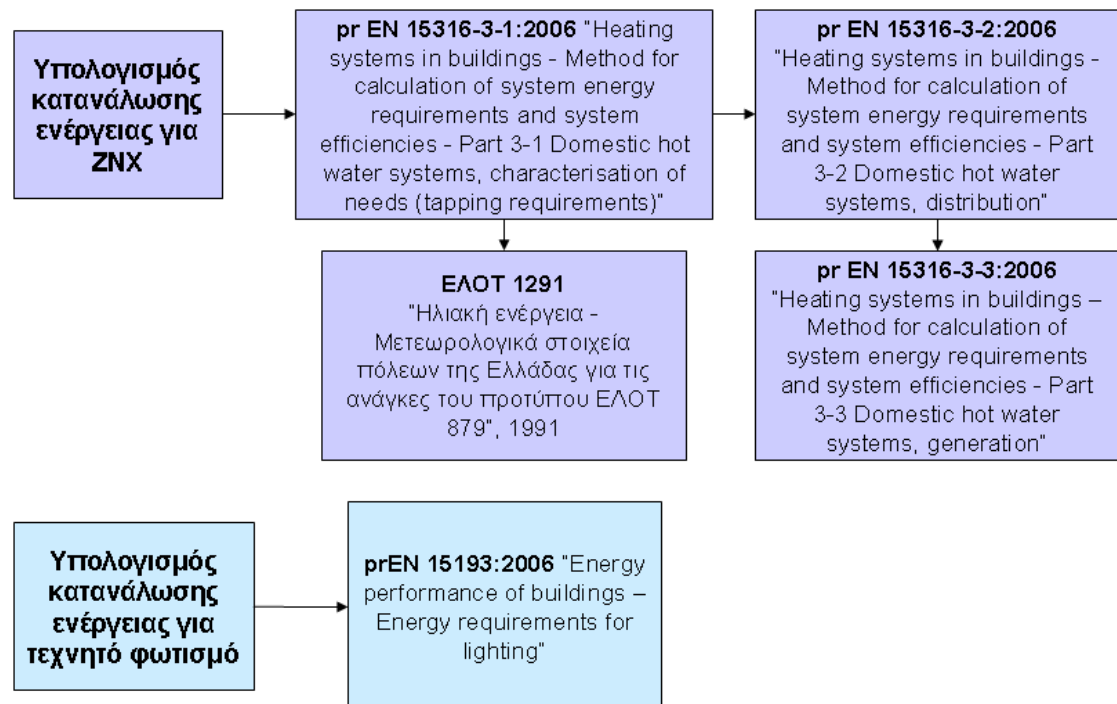
Τα δεδομένα εξόδου από το EN 15603 αξιοποιούνται από το πρότυπο EN 15217 που προδιαγράφει τον ορθό τρόπο έκφρασης της ενεργειακής απόδοσης κάθε κτιρίου (βαθμολογία ενεργειακής απόδοσης και ένταξη σε κλάσεις ενεργειακής απόδοσης) καθώς και πως αυτά μπορούν να παρουσιαστούν σε κατάλληλη μορφή στο πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης [22].



**Εικόνα 15: Υπολογισμός ενεργειακής ζήτησης κτιρίου για θέρμανση & ψύξη – Ενεργειακή Επιθεώρηση (μηνιαία μέθοδος) [23].**



**Εικόνα 16: Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου για θέρμανση & ψύξη – Ενεργειακή Επιθεώρηση (μηνιαία μέθοδος) [23].**



**Εικόνα 17: Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου για Ζεστό Νερό Χρήσης (ΖΝΧ) και Φωτισμό [23].**

**Εικόνα 18: EN 15603 – Κτίριο και παράμετροι συστημάτων (εξοπλισμού) [22].**

## **2.7. Πρότυπο ISO13790**

Στο κεντρικό πρότυπο EN ISO 13790 “Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling”[24], αναπτύσσονται τρεις εναλλακτικές μεθοδολογίες υπολογισμού κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη των κτιρίων, (που είναι και το πιο πολύπλοκο τμήμα των υπολογισμών), με βάση τη μέθοδο των ενεργειακών ισοζυγίων σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας και ακρίβειας:

- μία μηνιαία ή εποχιακή ημι-στατική,
- μία απλοποιημένη ωριαία δυναμική,
- και προγράμματα δυναμική προσομοίωσης.

Για την διασφάλιση αποφυγής διακρίσεων μεταξύ των τριών προτεινόμενων μεθοδολογιών υπολογισμού, τέθηκαν κοινοί κανόνες όσον αφορά τις οριακές συνθήκες του υπολογισμού και των φυσικών δεδομένων εισόδου, οι οποίοι ισχύουν και για τις δυναμικές μεθοδολογίες υπολογισμού (απλού ωριαίου βήματος και λεπτομερούς προσομοίωσης).

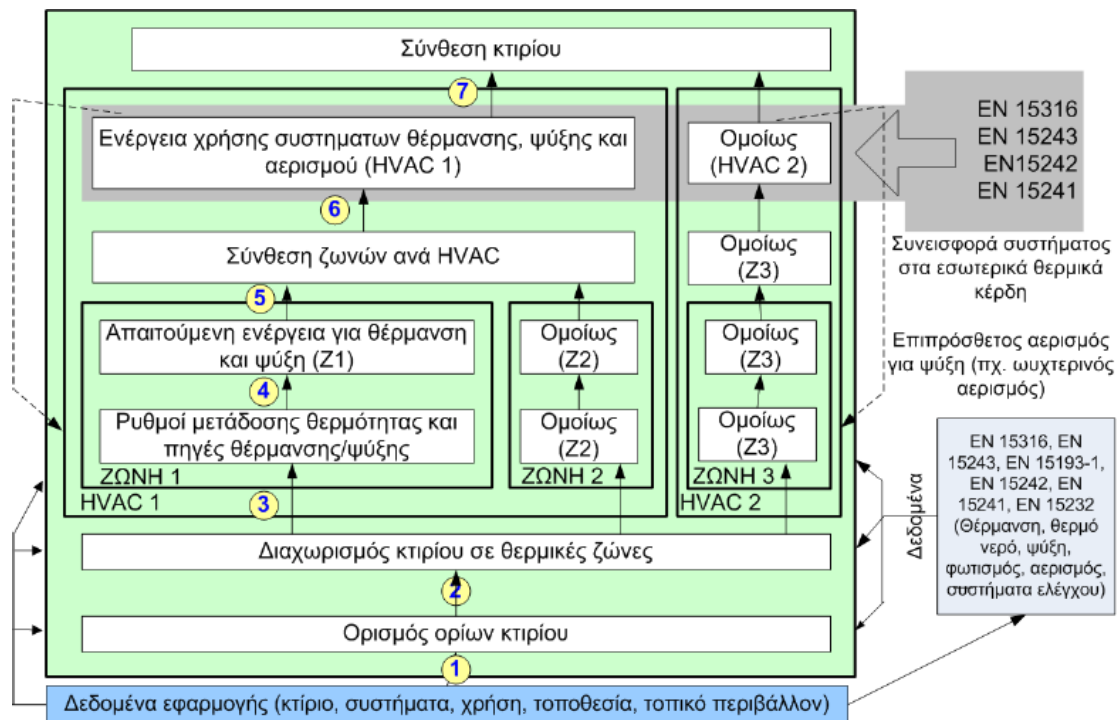
Όσον αφορά στις δύο πρώτες μεθοδολογίες το EN ISO 13790 ορίζει όλα τα απαραίτητα βήματα και εξισώσεις που χρειάζονται για την εφαρμογή τους ή παραπέμπει σε άλλα πρότυπα για τον υπολογισμό των απαιτούμενων δεδομένων.

Όσον αφορά στις δυναμικές μεθόδους προσομοίωσης καθορίζει τα απαραίτητα δεδομένα εισόδου (input data) και συννοριακές συνθήκες για να εξασφαλίζεται συμβατότητα και συνέπεια μεταξύ της εφαρμογής και των αποτελεσμάτων και των τριών μεθόδων.

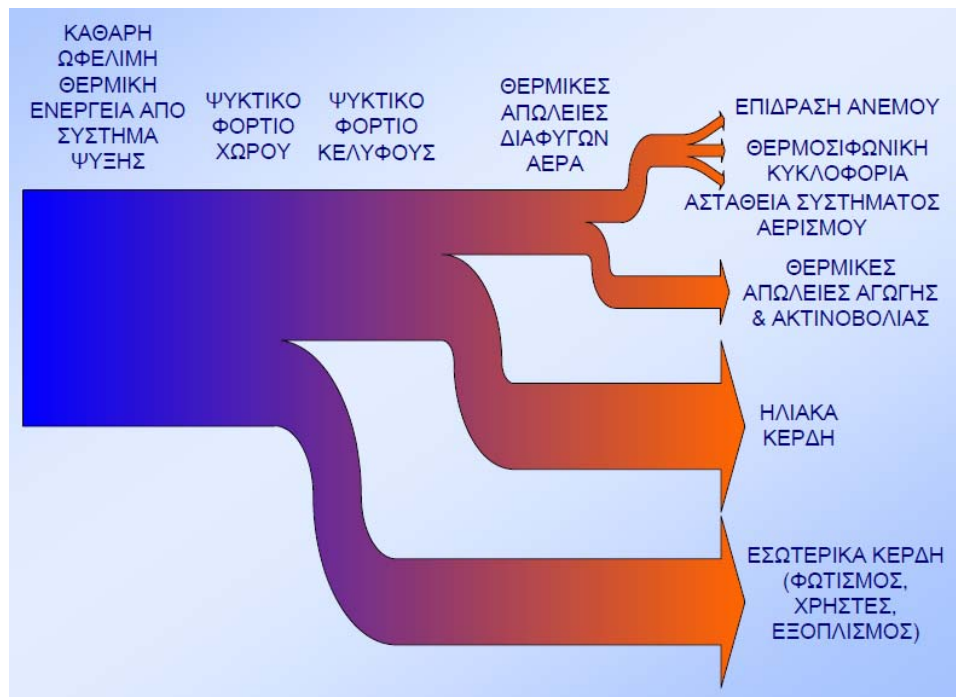
Βασικό χαρακτηριστικό της διαδικασίας υπολογισμού είναι η εν μέρει αποσύζευξη του κτιριακού κελύφους και του συστήματος θέρμανσης-ψύξης-αερισμού. Αρχικά απαιτείται ο υπολογισμός της ενεργειακής ζήτησης του κτιριακού κελύφους κάνοντας θεώρηση ενός ιδανικού Η/Μ συστήματος (επαρκής δυναμικότητα, έλλειψη υστέρησης). Με βάση την ενεργειακή ζήτηση και με χρήση προτύπων σχετικών με την απόδοση των Η/Μ εγκαταστάσεων προκύπτει η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Το ισοζύγιο ενέργειας ζώνης/κτιρίου συμπεριλαμβάνει τους παρακάτω όρους (λαμβάνεται υπόψη μόνο η αισθητή θερμότητα) [22, 23, 25-28]:

- Μετάδοση θερμότητας μέσω του κελύφους και μέσω του συστήματος αερισμού (είτε φυσικού είτε μηχανικού), μεταξύ κλιματιζόμενου χώρου και εξωτερικού περιβάλλοντος, η οποία καθορίζεται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού χώρου – περιβάλλοντος/αέρα εξαερισμού
- Μετάδοση θερμότητας μέσω του κελύφους και μέσω του συστήματος εξαερισμού μεταξύ παρακείμενων ζωνών, που καθορίζεται από τις διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ της κλιματιζόμενης ζώνης και των παρακείμενων χώρων, κλιματιζόμενων ή μη.
- Εσωτερικά θερμικά κέρδη, για παράδειγμα από άτομα, συσκευές, φωτιστικά σώματα και θερμότητα που σκεδάζεται από - ή απορροφάται από - τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού ή εξαερισμού.
- Ηλιακά θερμικά κέρδη, τα οποία μπορεί να είναι είτε απ' ευθείας – μέσω των παραθύρων – είτε έμμεσα – μέσω απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας από αδιαφανή δομικά στοιχεία (τοιχοί, πλάκες οροφής κτλ)
- Αποθήκευση θερμότητας ή έκλυση αποθηκευμένης θερμότητας από τη μάζα του κτιρίου.
- Ενεργειακή ανάγκη για θέρμανση και ψύξη: η θερμότητα που παρέχεται ή απομακρύνεται, από το σύστημα θέρμανσης ή ψύξης για τη διατήρηση των προδιαγεγραμμένων ελάχιστων επιπέδων θερμοκρασίας (set-points) στο κτίριο (το λανθάνον φορτίο δεν συμπεριλαμβάνεται ακόμη).
- Ετήσια κατανάλωση (χρήση) ενέργειας για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου, χρησιμοποιώντας δεδομένα εισόδου από άλλα συναφή πρότυπα για τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου.



Εικόνα 19: Διάγραμμα ροής των βασικών υπολογιστικών βημάτων



Εικόνα 20: Θερμικό ισοζύγιο κτιρίου [23, 25].

## 2.8. Εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την Ευρωπαϊκή Οδηγία

Στις 19 Μαΐου 2008 ψηφίστηκε ο νόμος Ν. 3661/2008 (ΦΕΚ 89/Α 3661-19/5/2008) «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων», ο οποίος

εναρμονίζει την ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ/16.12.2002 [2] «Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων»

Με το νόμο αυτό εγκρίνεται ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.) που σκοπό έχει:

- Να μειώσει την κατανάλωση της συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ) και
- Να διασφαλίσει συνθήκες άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων.

Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών (Η/Μ) εγκαταστάσεων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)

Πιο συγκεκριμένα ο Κ.ΕΝ.Α.Κ. προβλέπει:

- ✓ Ανάπτυξη μεθοδολογίας για τον υπολογισμό της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων για ΘΨΚ, φωτισμό και ΖΝΧ. (άρθρο 3)
- ✓ Καθορισμός ελάχιστων απαιτήσεων (άρθρο 4) για την ενεργειακή απόδοση των νέων και υφισταμένων κτιρίων (άρθρο 2) και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη αυτών
- ✓ Καθορισμός των ελάχιστων προδιαγραφών για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων.
- ✓ Τον τύπο και το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
- ✓ Τη μορφή και το περιεχόμενο του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου. (άρθρο 6)
- ✓ Τη διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων και της επιθεώρησης λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού. (άρθρα 7 και 8)

### 2.8.1. Μελέτη ενεργειακής απόδοσης

Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης εκπονείται βάσει του Κ.ΕΝ.Α.Κ. και τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.) που συντάχθηκαν υποστηρικτικά για την εφαρμογή του Κανονισμού.

Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης:

- Αντικαθιστά τη μελέτη θερμομόνωσης
- Εφαρμόζεται για κάθε νέο κτίριο, καθώς και για κάθε υφιστάμενο άνω των 1000 m<sup>2</sup>, εφόσον θα ανακαινίζεται ριζικά.
- Αποτελεί πρόσθετη μελέτη επί των μελετών: Αρχιτεκτονικής, διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου, Θέρμανσης, Ψύξης, Ζεστού Νερού Χρήσης και Φωτισμού



Στη Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης πρέπει να τεκμηριώνεται ότι το κτίριο ικανοποιεί τις υποχρεωτικές απαιτήσεις (όρια κατανάλωσης ενέργειας), ώστε να κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία Β, όπως ορίζεται στον Κανονισμό.

Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ο υπολογισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας σύμφωνα με την ενδεικνυόμενη μεθοδολογία προκειμένου να προσδιοριστεί η ενεργειακή απόδοση και η κατάταξη του κτιρίου. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται αναλυτικά με σαφή αναφορά των μονάδων μέτρησης των μεγεθών, όπως:

- ⇒ Θερμικές απώλειες κελύφους και αερισμού. Ηλιακά και εσωτερικά κέρδη κλιματιζόμενων χώρων.
- ⇒ Ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση ( $\text{kWh/m}^2$ ), συνολική και ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός), ανά θερμική ζώνη και ανά μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κ.α.)
- ⇒ Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ( $\text{kWh/m}^2$ ) ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός) και αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ).

### 2.8.2. Μεθοδολογία υπολογισμού

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων εφαρμόζεται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος και χρησιμοποιούνται Ευρωπαϊκά Προτύπα με κυρίαρχο το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790. Για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης χρησιμοποιούνται οι μέσες ωριαίες τιμές των κλιματικών δεδομένων της περιοχής.

Ο υπολογισμός γίνεται με χρήση κατάλληλου λογισμικού, ενώ επιτρέπεται και η χρήση λογισμικού ωριαίου βήματος, το οποίο θα παρέχει τον υπολογισμό του φορτίου θέρμανσης-ψύξης του κτιρίου ανά ώρα, εφόσον έχει αξιολογηθεί με διαδικασίες του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA) – «Building Energy Simulation Test - BETEST) και από την Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (ΕΥΕΠΕΝ)

Η μεθοδολογία υπολογισμού προϋποθέτει την ταυτόχρονη:

- α. κάλυψη ελάχιστων προδιαγραφών του κτιρίου όσον αφορά στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του, το κτιριακό κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και
- β. σύγκρισή του με το κτίριο αναφοράς. Ως κτίριο αναφοράς νοείται κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο που πληρεί όμως ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά

Ο ενεργειακός σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους λαμβάνει υπόψη:

- Τη χρήση του κτιρίου, τις επιδιωκόμενες εσωτερικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό χρηστών
- Τις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, σχετική και απόλυτη υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία)
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (σχήμα και μορφή κτιρίου, διαφανείς και μη επιφάνειες, σκίαστρα κ.α.), σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (χωρίσματα κ.α).
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας, διαπερατότητα κ.α.).
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα

Ο ενεργειακός σχεδιασμός των Η/Μ εγκαταστάσεων αφορά τα συστήματα:

- Θέρμανσης
- Ψύξης/Κλιματισμού
- Μηχανικού αερισμού
- Παραγωγής ΖΝΧ
- Τεχνητού φωτισμού για τα κτίρια του τριτογενή τομέα.

Λαμβάνεται υπόψη ο τύπος των συστημάτων, το δίκτυο διανομής, η απόδοση συστημάτων κ.α.

Στη μεθοδολογία υπολογισμού συνεκτιμάται, κατά περίπτωση, η θετική επίδραση των ακόλουθων συστημάτων:

1. Ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και άλλων συστημάτων παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ)
2. Ενέργεια παραγόμενη με τεχνολογίες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)
3. Κεντρικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου (τηλεθέρμανση)
4. Φυσικός φωτισμός

Οι παράμετροι υπολογισμού καθορίζονται από τα στοιχεία:

- της αρχιτεκτονικής μελέτης
- της ηλεκτρομηχανολογικής μελέτης
- τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ)

Για τους σκοπούς της εν λόγω μελέτης, η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Ο Πίνακας 1 περιέχει τους νομούς που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην

ψυχρότερη) ενώ η σχηματική απεικόνιση των παραπάνω ζωνών παρουσιάζεται στον ακόλουθο χάρτη (Εικόνα 21)

**Πίνακας 1: Νομοί ελληνικής επικράτειας ανά κλιματικά ζώνη [26]**

ΚΛΙΚΑΤΙΚΗ 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 Κυθήρων & 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 21: Κλιματικές ζώνες ελληνικής επικράτειας.

### 2.8.3. Ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής αποδοτικότητας

Όλα τα νέα κτίρια και τα υπάρχοντα άνω των 1000 m<sup>2</sup> που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, θα πρέπει να βρίσκονται-κατ' ελάχιστον-εντός του εύρους ενεργειακής κατανάλωσης της κατηγορίας Β.

Το «κτίριο αναφοράς» αποτελεί κομβικό σημείο της μεθοδολογίας. Καθορίζεται να είναι το ίδιο με το υπό μελέτη κτίριο, πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο ως προς το κτιριακό κέλυφος, όσο και

ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις (βλ. 2.8.4. Χαρακτηριστικά κτιρίου αναφοράς)

Η κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς αντιστοιχεί στην προαπαιτούμενη μέγιστη δυνατή κατανάλωση (κατηγορία Β). Κάθε εξεταζόμενο κτίριο συγκρίνεται με το αντίστοιχο κτίριο αναφοράς και αναλόγως με την απόκλιση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης προκύπτει η κατάταξη του εξεταζόμενου κτιρίου.

Άρα κάθε κτίριο πρέπει:

- A) Να πληροί όλες τις ελάχιστες προδιαγραφές και
- B) Είτε η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του να είναι μικρότερη ή ίση από τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργεια του κτιρίου αναφοράς είτε να πληροί τις προδιαγραφές του κτιρίου αναφοράς στο σύνολό τους (ως προς το κτιριακό κέλυφος όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις)

Οι ελάχιστες απαιτήσεις καθορίζονται λεπτομερώς και αφορούν:

- Στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του κτιρίου. Λαμβάνονται υπόψη παράμετροι όπως κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός, διαμόρφωση περιβάλλοντα χώρου, χωροθέτηση ανοιγμάτων και λειτουργιών και ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός Παθητικού Ηλιακού Συστήματος, ένταξη τεχνικών φυσικού αερισμού και δροσισμού.
- Στη θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους
- Στις Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις. Οι βασικές απαιτήσεις περιλαμβάνουν: θερμομόνωση για τα δίκτυα διανομής, συστήματα αντιστάθμισης, ηλιοθερμικά συστήματα για κάλυψη των αναγκών σε ΖΝΧ, μέτρηση και έλεγχος φωτισμού και θέρμανσης, ανάκτηση θερμότητας σε ποσοστό τουλάχιστον 50% για τις κεντρικές κλιματιστικές μονάδα (ΚΚΜ) με παροχή νωπού αέρα  $\geq 60\%$ .

Ειδικά, για τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, τίθενται μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας για τα θερμικά δομικά στοιχεία (Πίνακας 2), ενώ η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) του εξεταζόμενου νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου κτιρίου δεν πρέπει υπερβαίνει τα όρια που δίδονται στον

Πίνακας 3 και στο Διάγραμμα 1:

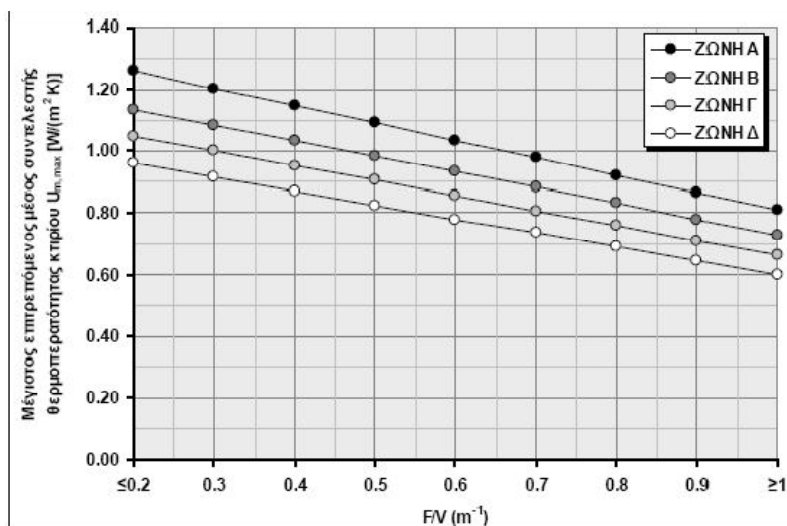
**Πίνακας 2: Μέγιστος επιτρεπόμενος Συντελεστής Θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, κατά κλιματική ζώνη**

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜ-ΒΟΛΟ	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> K)]			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		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	$U_{V\_W}$	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)	$U_{V\_PI}$	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 μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος	$U_{V\_WE}$	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κα)	$U_{V\_F}$	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	$U_{V\_GF}$	2,20	2,00	1,80	1,80

**Πίνακας 3: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) κατά κλιματική ζώνη**

$F/V$ ( $m^{-1}$ )	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής ( $U_m$ ) σε $W/(m^2 K)$			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
$\leq 0,2$	1.26	1.14	1.05	0.96
0,3	1.20	1.09	1.00	0.92
0,4	1.15	1.03	0.95	0.87
0,5	1.09	0.98	0.90	0.83
0,6	1.03	0.93	0.86	0.78
0,7	0.98	0.88	0.81	0.73
0,8	0.92	0.83	0.76	0.69
0,9	0.86	0.78	0.71	0.64
$\geq 1,0$	0.81	0.73	0.66	0.60



**Διάγραμμα 1: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) κατά κλιματική ζώνη**

### 2.8.4. Χαρακτηριστικά κτιρίου αναφοράς

#### 1. Σχεδιασμός κτιρίου

⇒ Ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο, σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις.

#### 2. Κτιριακό κέλυφος

- ⇒ Θερμομονωμένο κέλυφος που πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις.
- ⇒ Εξωτερικές επιφάνειες με συντελεστή απορροφητικότητας 0.40 για τοιχοποιίες, 0.40 για δώματα και 0.60 για επικλινείς στέγες.
- ⇒ Συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ίσος με 0.80.
- ⇒ Επιμέρους συντελεστές σκίασης, για τα εξωτερικά σκίαστρα σύμφωνα με προκαθορισμένες τιμές (για τη θερινή περίοδο τουλάχιστον 0.70 για νότιες όψεις και 0.75 για όψεις με δυτικό και ανατολικό προσανατολισμό). Εσωτερικά σκίαστρα και εξωτερικά παραθυρόφυλλα δε λαμβάνονται υπόψη. Η σκίαση λόγω εξωτερικών εμποδίων ίδια με του εξεταζόμενου κτιρίου.
- ⇒ Συντελεστής διαπερατότητας των υαλοπινάκων  $g = 0.76$ .
- ⇒ Μέσος συντελεστής σκίασης των αδιαφανών κάθετων επιφανειών ίσος με 0.90.
- ⇒ Αερισμός μέσω χαραμάδων ίσος με  $5.5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  κουφώματος.
- ⇒ Τυποποιημένες θυρίδες αερισμού όπως και στο σχεδιαζόμενο κτίριο.
- ⇒ Θερμική μάζα ίση με  $250 \text{ kJ}/(\text{K}\text{m}^2)$ .

#### 3. Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις

##### 3.1. Εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης

⇒ Κεντρικός λέβητας πετρελαίου πιστοποιημένος με βαθμό ενεργειακής απόδοσης τριών αστέρων (\*\*\*) ,ή, εναλλάκτη θερμότητας όπου υπάρχει τηλεθέρμανση.

- ⇒ Διαστασιολόγηση σύμφωνα με τις αντίστοιχες Τεχνικές Οδηγίες του ΤΕΕ.
- ⇒ Σύστημα αντιστάθμισης.
- ⇒ Θερμοστατικός έλεγχος της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου .
- ⇒ Αντλίες θερμότητας με συντελεστή συμπεριφοράς COP=3.2 για κατοικίες.
- ⇒ Αντλίες θερμότητας στον τριτογενή τομέα με COP=3.2 για αερόψυκτα συστήματα και COP=4.3 για υδρόψυκτα.

### 3.2. Εγκατάσταση ψύξης/κλιματισμού

Κατοικίες:

- ⇒ Τοπικά συστήματα ψύξης με βαθμό ενεργειακής απόδοσης EER = 3.0.
- ⇒ Διαστασιολόγηση σύμφωνα με σχετικές TOTEE.
- ⇒ Κάλυψη του 50% της καθαρής συνολικής επιφάνειας της κατοικίας.

Τριτογενής τομέας:

- ⇒ EER = 2.8 για τοπικές ή κεντρικές αερόψυκτες μονάδες και EER = 3.8 για υδρόψυκτες μονάδες.
- ⇒ Διαστασιολόγηση της εγκατάστασης ψύξης σύμφωνα με σχετικές TOTEE.

### 3.3. Τερματικές μονάδες – Δίκτυα διανομής θέρμανσης ψύξης

Τριτογενής τομέας:

- ⇒ ΚΚΜ με ισχύ ανεμιστήρων ίση με  $1.5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ . Όπου απαιτείται διάταξη ειδικών φίλτρων, ή/και υπάρχει σύστημα ύγρανσης, ή/και σύστημα ανάκτησης θερμότητας, η ισχύς των ανεμιστήρων ίση με  $2.5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ .
- ⇒ Σύστημα ανάκτησης θερμότητας, για τις ΚΚΜ με παροχή νωπού αέρα  $\geq 60\%$ , με εναλλάκτη θερμότητας και με συντελεστή ανάκτησης  $\eta_R = 0.5$ .
- ⇒ Σύστημα ύγρανσης αέρα ίδιο με του εξεταζόμενου κτιρίου.
- ⇒ Για fan coils, η ισχύς του ανεμιστήρα ίδια με του εξεταζόμενου κτιρίου.
- ⇒ Θερμομόνωση των αεραγωγών διανομής σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις.
- ⇒ Διάταξη και μήκος σωληνώσεων διανομής θέρμανσης και ψύξης όπως στο εξεταζόμενο κτίριο.
- ⇒ Αντλίες κυκλωμάτων διανομής ρυθμιζόμενων στροφών με αντιστάθμιση φορτίου με σταθερή πτώση πίεσης ( $\Delta p$ ) και υδραυλικά ανεξάρτητες. Η ισχύς των αντλιών ίση με αυτή του εξεταζόμενου κτιρίου.
- ⇒ Θερμομόνωση των δικτύων διανομής σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις.

### 3.4. Σύστημα Εξαερισμού ή Μηχανικού Αερισμού

Στις κατοικίες εφαρμόζεται φυσικός αερισμός σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις

Τριτογενής τομέας:

- ⇒ Προσαγωγή και απαγωγή νωπού αέρα σύμφωνα με σχετικές TOTEE.
- ⇒ Σύστημα μηχανικού αερισμού με συντελεστή ανάκτησης θερμότητας για τον εναλλάκτη  $\eta_R = 0.5$ .

⇒ Ειδική απορρόφηση ισχύος των ανεμιστήρων εξαερισμού ίση με  $1.0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ .

### 3.5. Σύστημα Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX):

- ⇒ Ηλιακό μερίδιο σε ετήσια βάση ίσο με 15% επί των αναγκών για ZNX.
- ⇒ Κεντρικός λέβητας παραγωγής ZNX πιστοποιημένος με βαθμό ενεργειακής απόδοσης τριών αστέρων (\*\*\*)).
- ⇒ Θερμομόνωση δικτύων διανομής ZNX σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις.
- ⇒ Χρήση αποκεντρωμένων συστημάτων, μόνο σε εμπορικά καταστήματα ή παρόμοιες χρήσεις με περιορισμένη κατανάλωση ZNX, με ταχυθερμοσίφωνα αερίου. Εάν δεν διατίθεται φυσικό αέριο επιτρέπεται ηλεκτρικός θερμοσίφωνα, ή ταχυθερμοσίφωνα με συνολικό μήκος αγωγών έως 6m.

### 3.6. Σύστημα φωτισμού κτιρίου αναφοράς τριτογενή τομέα:

- ⇒ Στάθμη και εγκατεστημένη ισχύς όπως ορίζονται στη σχετική TOTEE.
- ⇒ Ενεργειακή απόδοση φωτιστικών ίση με  $55 \text{ lumen}/\text{W}$ . Για επιφάνεια  $> 15\text{m}^2$  ο τεχνητός φωτισμός ελέγχεται με χωριστούς διακόπτες. Σε χώρους με φυσικό φωτισμό δυνατότητα σβέσης τουλάχιστον του 50% των λαμπτήρων που βρίσκονται εντός αυτών.
- ⇒ Γενικός φωτισμός από λαμπτήρες φθορισμού με ηλεκτρονικό στραγγαλιστικό πηνίο με δείκτη ενεργειακής απόδοσης (EEL) κατηγορίας A3 σύμφωνα με κατάταξη της Επιτροπής της Ένωσης Ευρωπαίων Κατασκευαστών Φωτιστικών (CELMA) και την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/55/EE.
- ⇒ Εξαιρούνται χώροι με ειδικές απαιτήσεις λειτουργικού φωτισμού, όπως προσδιορίζονται με σχετική TOTEE, όπου ο φωτισμός λαμβάνεται όπως στο εξεταζόμενο κτίριο.

### 3.7. Διατάξεις ελέγχου εγκαταστάσεων για τριτογενή τομέα:

- ⇒ Σύστημα ελέγχου ηλεκτροδότησης δωματίων ξενοδοχείου μέσω ηλεκτρονικών καρτών.
- ⇒ Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης (BEMS) για επιφάνεια  $> 3.500 \text{ m}^2$ , για τον κεντρικό έλεγχο της λειτουργίας των Η/Μ εγκαταστάσεων.
  - ❖ ΠΗΣ που πιθανώς ενσωματώνονται στο εξεταζόμενο κτίριο, δεν λαμβάνονται υπόψη, εκτός από το σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους.
  - ❖ Όταν το εξεταζόμενο κτίριο δε διαθέτει σύστημα θέρμανσης ή ψύξης/κλιματισμού, θεωρείται ότι θερμαίνεται/κλιματίζεται όπως ακριβώς και το κτίριο αναφοράς.
  - ❖ Κεντρική εγκατάσταση παραγωγής ZNX μέσω κεντρικού λέβητα θέρμανσης ή ξεχωριστού συστήματος λέβητα (πετρελαίου ή τηλεθέρμανσης), με παράλληλη χρήση ηλιακών συλλεκτών και ηλεκτρικής αντίστασης για εφεδρεία. Εξαιρούνται τα κτίρια που έχουν χαμηλή απαίτηση όπως χώροι γραφείων.



### 2.8.5. Ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων και όρια ενεργειακών κατηγοριών Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

Σύμφωνα με το πρότυπο prEN 15217:2006, βάσει της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου, για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης (ZNX) και φωτισμό, εκφρασμένης σε kWh/(m<sup>2</sup>\*έτος), ορίζονται κατηγορίες ενεργειακών ορίων, από το Α έως το Η, συναρτήσει:

α) του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος ( $R_s$ ), οποίος αντιστοιχεί στην ενεργειακή κατανάλωση του 50% του κτιριακού αποθέματος,

β) του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου 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 ζεστό νερό χρήσης). Και οι δύο δείκτες είναι εκφρασμένοι σε kWh/(m<sup>2</sup>\*έτος).

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 τη βάση για τον καθορισμό των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης

Η κλίμακα ενεργειακής βαθμολόγησης του κτιρίου δίνεται σε πίνακες ανάλογα με την ενεργειακή του κατανάλωση, την κατηγορία χρήσης κτιρίου και την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει. Όλα τα νέα κτίρια, καθώς και τα υφιστάμενα άνω των 1000 τ.μ. που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, θα πρέπει να βρίσκονται -κατ' ελάχιστον- εντός του εύρους ενεργειακής κατανάλωσης της κατηγορίας Β.

**Πίνακας 4: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων**

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	$2.73R_R < EP$	$2.73 < T$

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, για 12 χρήσεις κτιρίων στις 4 κλιματικές ζώνες. Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού  $R_R$  λήφθηκε ως το 75% του  $R_S$ .

Οι 12 κατηγορίες χρήσης κτιρίων είναι τυποποιημένες βάση του Νόμου 3661 και είναι οι εξής:

1. Γραφεία
2. Εκπαιδευτικά κτίρια πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης
3. Εκπαιδευτικά τριτοβάθμιας εκπαίδευσης
4. Νοσοκομεία / κλινικές
5. Διαγνωστικά κέντρα / ιατρεία
6. Ξενοδοχεία
7. Εμπορικά καταστήματα
8. Αθλητικές εγκαταστάσεις: κλειστά γυμναστήρια
9. Αθλητικές εγκαταστάσεις: κλειστά κολυμβητήρια
10. Μονοκατοικίες
11. Πολυκατοικίες
12. Αεροδρόμια

Κατηγορίες κτιρίων για τις οποίες δεν απαιτείται μελέτη και πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ.:

- Αποθήκες
- Χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων και πρατήρια καυσίμων
- Βιομηχανίες – Βιοτεχνίες – Εργαστήρια
- Αυτοτελή κτίρια με συνολική επιφάνεια κάτω των πενήντα (50)  $m^2$ , (όπως αυτά προσμετρούνται στο συντελεστή δόμησης)
- Κτίρια και μνημεία που προστατεύονται από το νόμο (συμπεριλαμβάνονται και τα διατηρητέα).

### 3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ iSBEM

#### 3.1. Θέσπιση Μεθοδολογίας Υπολογισμού και κατάλληλου λογισμικού

Το Άρθρο 3 της Ευρωπαϊκής οδηγίας 2002/91 ΕΚ για την Ενεργειακή απόδοση Κτιρίων (EPBD - Energy Performance of Buildings Directive) απαιτεί από τα κράτη μέλη τη θέσπιση μεθοδολογίας υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης, σε τοπικό ή εθνικό επίπεδο η οποία πρέπει να περιλαμβάνει τους παράγοντες που αναφέρονται στο παράρτημα της Οδηγίας 2002/91 ΕΚ. Στα πλαίσια εναρμόνισης με την Ευρωπαϊκή οδηγία, η Κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου (DCLG - Department for Communities and Local Government) ανέπτυξε την Εθνική μεθοδολογία **NCM** (**N**ational **C**alculation **M**ethod), η οποία υπολογίζει την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου και τη συγκρίνει με την αντίστοιχη κατανάλωση ενός τυποποιημένου κτιρίου με την ίδια χρήση, το «κτίριο αναφοράς».

Το υπολογιστικό εργαλείο που αναπτύχθηκε στη βάση της μεθοδολογίας NCM για την ενεργειακή κατηγοριοποίηση των κτιρίων (ενεργειακή μελέτη) και την έκδοση Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης είναι το **SBEM** - **S**implified **B**uilding **E**nergy **M**odel. Το SBEM δημιουργήθηκε από την Infotrend Innovations/ BRE και διατίθεται δωρεάν στους χρήστες. Η χρήση του λογισμικού, αν και προτείνεται, δεν αποτελεί δεσμευτική επιλογή καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά οποιοδήποτε εγκεκριμένο μοντέλο προσομοίωσης που καλύπτει τα πρότυπα υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης του Ευρωπαϊκού Κέντρου Τυποποίησης (CEN).

Ο υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης από το SBEM [27], το λογισμικό εργαλείο εφαρμογής της NCM, στηρίζεται στον υπολογισμό της μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου και στις αντίστοιχες εκπομπές CO<sub>2</sub>, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία του κτιρίου, τον τρόπο κατασκευής του, τη λειτουργία του και τα συστήματα θέρμανσης, κλιματισμού, αερισμού και φωτισμού. Η ανάπτυξη της μεθοδολογίας αυτής αρχικά βασίστηκε στην ολλανδική μεθοδολογία NEN 2916:1998 (Energy Performance of Non-Residential Buildings) και στην πορεία τροποποιήθηκε κατάλληλα, ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις του άρθρου 3 της Οδηγίας 2002/91 ΕΚ και τα τρέχοντα πρότυπα CEN [24, 28-30].

Το SBEM αποτελεί την κύρια μηχανή υπολογισμού (απλουστευμένο ενεργειακό μοντέλο κτιρίου) και συνοδεύεται από τη διεπαφή iSBEM στην οποία έχει πρόσβαση ο χρήστης. Η διεπαφή iSBEM λειτουργεί στο υπολογιστικό περιβάλλον της Microsoft Access και συνδέεται με τυποποιημένες βάσεις δεδομένων και με αρχεία που παρέχουν τυποποιημένες μορφές εκθέσεων των παραγόμενων αποτελεσμάτων. Επιπλέον, στο λογισμικό ενσωματώνονται έλεγχοι συμμόρφωσης με τους κτιριακούς κανονισμούς, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των Άρθρων 5 και 6 της οδηγίας 2002/91 ΕΚ.

Πρέπει να τονιστεί ότι το SBEM και το iSBEM αποτελούν πρωτίστως διαδικασία ελέγχου συμμόρφωσης με τους κτιριακούς κανονισμούς και όχι εργαλεία σχεδιασμού. Σκοπός τους είναι η αξιόπιστη αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης του εξεταζόμενου κτιρίου και η έκδοση του αντίστοιχου Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης. Παρόλο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τον σχεδιασμό, σε καμία περίπτωση δε συνιστάται η χρήση τους για τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων, όπως για παράδειγμα στη διαστασιολόγηση συστημάτων, καθώς δεν υπολογίζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες των χώρων. Για αυτούς τους σκοπούς πρέπει να επιλέγονται κατάλληλα εξειδικευμένα σχεδιαστικά εργαλεία [3, 4].

### 3.2. Ευρωπαϊκά Πρότυπα CEN υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης

Τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα CEN που χρησιμοποιούνται από το λογισμικό iSBEM συνοψίζονται στον Πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 5: Ευρωπαϊκά Πρότυπα CEN που χρησιμοποιούνται από το λογισμικό iSBEM για τον υπολογισμό τη ενεργειακής απόδοσης**

PG-N37	Standards supporting the Energy Performance of Buildings Directive
EN 15193	1 Energy requirements for lighting – Part 1: Lighting energy estimation
EN 15217	Methods of expressing energy performance and for energy certification of buildings
EN 15243	Ventilation for buildings – Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems
EN ISO 13786	“2005 Review of standards dealing with calculation of heat transmission in buildings – Thermal performance of building components – Dynamic thermal characteristics – Calculation methods
EN ISO 13789	Review of standards dealing with calculation of heat transmission in buildings – Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation methods
EN ISO 13790	Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling
EN 15316-3	Heating systems in buildings – Methods for calculation of system energy requirements and system efficiencies – part 3 Domestic hot water systems
EN 15316-4-3-2007	Heating systems in buildings. Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies Part 4-3: Heat generation systems, thermal solar systems

### 3.3. Σύγκριση έναντι απόλυτου υπολογισμού

Η ουσία της μεθοδολογίας NCM είναι η διαδικασία υπολογισμού [27] που συγκρίνει την πρωτογενή ενέργεια (εκπομπές CO<sub>2</sub>) του προτεινόμενου κτιρίου με εκείνη του «κτιρίου αναφοράς». Το Άρθρο 3 της Οδηγίας επιτρέπει τη χρήση των εκπομπών του CO<sub>2</sub> ή της πρωτογενούς ενέργειας ως μέσο σύγκρισης αντί της καταναλισκόμενης ενέργειας από την τυπική μεθοδολογία.

Το «κτίριο αναφοράς» ισοδυναμεί με ένα ίδιο κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε σύμφωνα με τα πρότυπα κανονισμών κτιρίων του 2002.

Ο TER (Target emissions rate) αντιστοιχεί στις εκπομπές CO<sub>2</sub> του κτιρίου αναφοράς και υπολογίζεται από τρεις συνιστώσες [31]:

1. τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του πλασματικού κτιρίου (notional)
2. έναν παράγοντα βελτίωσης μεταξύ των προτύπων που εφαρμόστηκαν στον Κανονισμό του 2002 και σε αυτά που αναμένονται στους τρέχοντες Κανονισμούς. Αυτός ο παράγοντας βελτίωσης εξαρτάται από τον τύπο του συστήματος: η μεγαλύτερη βελτίωση αναμένεται σε κτίρια με μηχανικό εξαερισμό και/ή κλιματισμό από ότι σε αυτά με φυσικό αερισμό και χωρίς μηχανικό σύστημα ψύξης. Αυτό έχει ως στόχο να ενθαρρύνει τους σχεδιαστές και κατασκευαστές κτιρίων προς την κατεύθυνση περισσότερο παθητικών λύσεων για την παροχή/εξσφάλιση συνθηκών άνεσης.
3. Οι χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, η οποία αποσκοπεί στο να ενθαρρύνει την εφαρμογή των τεχνολογιών που αναφέρονται στο άρθρο 5 της Οδηγίας .

Ο TER προκύπτει από την ακόλουθη σχέση:

$$\Rightarrow \text{TER} = (C_{\text{notional}}) \times (1 - \text{παράγοντας βελτίωσης}) \times (1 - \text{LZC παράγοντας αναφοράς})$$

Ο έλεγχος συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις εκπομπών CO<sub>2</sub> είναι

$$\Rightarrow \text{BER} \leq \text{TER}$$

**Πίνακας 6: Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων [26]**

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Φυσικό αέριο	1.05	0.196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1.10	0.264
Ηλεκτρική ενέργεια	2.90	0.989
Υγραέριο	1.05	0.238
Βιομάζα	1.00	-
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0.70	0.347

### 3.4. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα που δε μπορούν αυτή την περίοδο να αντιπροσωπευθούν στο iSBEM

- Στρατηγική εξαερισμού νύχτας
- Εξαερισμός με την ενισχυμένη θερμική σύζευξη στη δομή
- Απαιτούμενος – ελεγχόμενος εξαερισμός
- Αυτόματος έλεγχος εσωτερικής ηλιοπροστασίας
- Μεταφορά φωτός ανάμεσα σε εσωτερικούς χώρους με μεγάλη επιφάνεια υαλοπινάκων όπως είναι τα αίθρια ή οι πηγές εσωτερικού φωτός

### 3.5. Βάσεις δεδομένων

Ο καθορισμός της «ενεργειακής απόδοσης» στο άρθρο 2 της Οδηγίας 2002/91/EK αναφέρεται στην εκτιμούμενη ενέργεια για την «τυποποιημένη χρήση» ενός κτιρίου. Προκειμένου να υπάρχει συνέπεια στις συγκρίσεις μεταξύ όμοιων κτιρίων που μπορούν στην πραγματικότητα να διαφοροποιούνται ως προς τον τρόπο λειτουργία τους, ένας αριθμός παραμέτρων δεν αφήνονται στην κρίση του χρήστη. Αυτές οι παράμετροι είναι:

- Κλιματολογικές συνθήκες
- Αποδόσεις συστημάτων
- Δραστηριότητες
- Κατασκευές

#### Προσβάσιμες βάσεις δεδομένων

Με την αλληλεπίδραση στη διεπαφή του λογισμικού, ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στις βάσεις δεδομένων για συνήθεις κατασκευαστικές λεπτομέρειες δομικών στοιχείων και για αποδεκτά δεδομένα απόδοσης για συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού, και κλιματισμού.

Υπό τον όρο ότι τα αποδεικτικά στοιχεία είναι διαθέσιμα, επιτρέπεται στο χρήστη να υπερκαλύψει τις προεπιλεγμένες παραδοχές στις παραμέτρους των υλικών κατασκευής και του κτιριακού εξοπλισμού.

Ως εκ τούτου, ο χρήστης παρέχει στο λογισμικό

- τον συντελεστή θερμοπερατότητας και τη θερμική μάζα για τα στοιχεία του κτιρίου
- τις αποδόσεις συστημάτων HVAC,
- τα δεδομένα φωτισμού και ελέγχου είτε επιλέγοντάς τα από τις εσωτερικές βάσεις δεδομένων, χρησιμοποιώντας “συμπερασματικές” διαδικασίες, είτε με την άμεση εισαγωγή των παραμέτρων

Ο καθορισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας και της θερμικής μάζας ενός κατασκευαστικού στοιχείου μπορεί να γίνει μέσα από τη βιβλιοθήκη του λογισμικού.

Η μεθοδολογία NCM απαιτεί επίσης ότι οι συντελεστές θερμοπερατότητας για συγκεκριμένα κατασκευαστικά στοιχεία τους κελύφους στο προτεινόμενο κτίριο ελέγχονται για τη συμμόρφωσή τους με τις ελάχιστες απαιτήσεις-ελάχιστα πρότυπα επιδόσεων που καθορίζονται στο PART L της Βρετανικής νομοθεσίας [32]

Οι τυποποιημένες βάσεις δεδομένων είναι επίσης διαθέσιμες για:

- ✓ Τις αποδόσεις των γεννητριών θέρμανσης και ψύξης
- ✓ Τις αποδόσεις συστημάτων θέρμανσης και ψύξης
- ✓ Τις παραμέτρους των δομικών στοιχείων που αποτελούν το κτίριο

### **Περιορισμένης πρόσβασης βάσεις δεδομένων**

Το SBEM παίρνει επίσης πληροφορίες από μερικές “κλειδωμένες” βάσεις δεδομένων. Αυτές οι βάσεις δεδομένων είναι “κλειδωμένες” για να μην έχει ο χρήστης την δυνατότητα να τις μεταβάλει έτσι ώστε να υπάρχει δίκαιη και συνετή σύγκριση παρόμοιων κτιρίων.

Χρήση τυποποιημένων βάσεων δεδομένων ή πηγών πληροφοριών για:

- ⇒ Τα κλιματικά δεδομένα. Με την επιλογή της τοποθεσίας ορίζονται οι εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες: (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα αέρα, κ.α.
- ⇒ Συνθήκες άνεσης στον εσωτερικό χώρο και τη μορφή δραστηριότητας/χρήσης για κάθε μέρος του κτιρίου. Με την επιλογή του είδους της δραστηριότητας που διεξάγεται σε κάθε ζώνη καθορίζονται :
  - Θερμοκρασίες χώρου θέρμανσης, κλιματισμού και επίπεδα υγρασίας
  - Επίπεδα φωτισμού
  - Επίπεδα εξαερισμού (απαιτήσεις νωπού αέρα)
  - Συχνότητα χρήσης και σχετικά εσωτερικά κέρδη
  - Κέρδη από τον εξοπλισμό
  - Εσωτερικά κέρδη υγρασίας στην περίπτωση πισινών και κουζινών
  - Διάρκεια χρόνου που διατηρούνται όλα τα πιο πάνω σε σταθερά επίπεδα (ωράριο λειτουργίας)
  - Καθορισμένα επίπεδα όταν τα συστήματα δεν χρησιμοποιούνται
  - Ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης

Τα στοιχεία προέρχονται από αξιόπιστες πηγές όπως οι συστάσεις CIBSE.

### **3.6. Δημιουργία Καθορισμός ζωνών**

Το πρωταρχικό βήμα είναι ο χωρισμός του κτιρίου σε ζώνες, εξετάζοντας το κτίριο ή/και τα σχέδιά του. Ο επιμερισμός του κτιρίου σε ζώνες επηρεάζει την πρόβλεψη της ενεργειακής του απόδοσης. Ως «θερμική ζώνη» ορίζεται ένα σύνολο χώρων μέσα στο κτίριο με όμοιες απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες και χρήση. Κάθε μία θερμική ζώνη διαχωρίζεται από τις παρακείμενες της, όταν διαφέρει σε ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα:

α) Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 °C για τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο

β) Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία. (Τη δραστηριότητα την οποία διεξάγεται σε αυτή)

γ) Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που καλύπτονται με διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών. (Το σύστημα HVAC που την εξυπηρετεί)

δ) Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές εσωτερικών ή/και ηλιακών κερδών ή/και θερμικών απωλειών. Την πρόσβαση φυσικού φωτός (μέσω παραθύρων και φεγγιτών) - Το ενσωματωμένο σύστημα φωτισμού

ε) Υπάρχουν χώροι όπου το σύστημα του μηχανικού αερισμού καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

Το άθροισμα των εμβαδών των δαπέδων του συνόλου των ζωνών πρέπει να είναι ίσο με το άθροισμα των εμβαδών τις εσωτερικές διαστάσεις του

### 3.7. Εισαγωγή δεδομένων

Η εισαγωγική ενότητα iSBEM ενεργεί ως η διεπαφή μεταξύ του χρήστη και του υπολογισμού SBEM. Ο χρήστης καθοδηγείται όσο το δυνατό περισσότερο, στις κατάλληλες βάσεις δεδομένων και μετά οι τιμές εισαγωγής τυποποιούνται, έτσι ώστε τα δεδομένα να παρουσιαστούν σωστά στις ενότητες που ελέγχουν τους υπολογισμούς και τη συμμόρφωση.

Τα βήματα που περιλαμβάνονται στην εισαγωγή δεδομένων είναι τα ακόλουθα:

- 1) εισαγωγή κλιματικών δεδομένων μέσα από την επιλογή της τοποθεσίας του κτιρίου
- 2) καθορισμός των ζωνών στις οποίες έχουν προσδιοριστεί, τυποποιημένες δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα και εισαγωγή των εμβαδών τους.
- 3) Καθορισμός της γεωμετρίας κάθε ζώνης-εισαγωγή των εμβαδών των δομικών στοιχείων της ζώνης και καθορισμό της θέσης τους σχετικά με εξωτερικές συνθήκες (προσανατολισμός)
- 4) Θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους που περιβάλλουν τη ζώνη
- 5) επιλογή των Η/Μ συστημάτων, των συστημάτων φωτισμού και των συστημάτων ελέγχου τους που εξυπηρετούν κάθε ζώνη (ή ομάδες ζωνών)

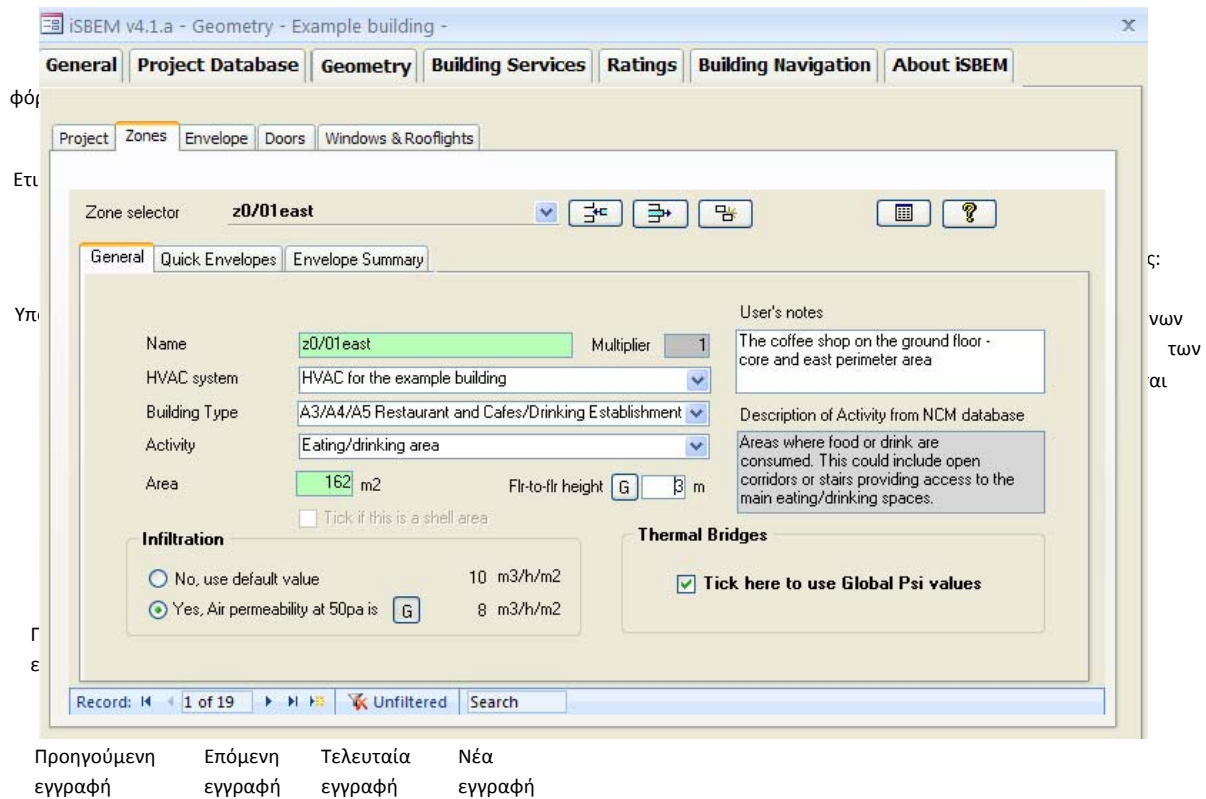


## 4. Οδηγός χρήσης του λογισμικού iSBEM

### 4.1. Πώς το iSBEM συλλέγει τα στοιχεία για το SBEM

Η συλλογή των πληροφοριών είναι τακτοποιημένη σε μια σειρά από φόρμες, ετικέτες και υπο-ετικέτες και έχει δομηθεί ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης συλλέγει και εισάγει πληροφορίες. Περιληπτικά οι φόρμες ασχολούνται με τα ακόλουθα:

- Γενικά
  - Λεπτομέρειες έργου και ειδικού εμπειρογνώμονα
  - Διαχείριση αρχείων
  - Τοποθεσία
- Βάση δεδομένων έργου – δημιουργία των κατασκευαστικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται στο κτίριο
  - Τοίχοι
  - Οροφές
  - Δάπεδα / Ταβάνια
  - Πόρτες
  - Υαλοπίνακες
- Γεωμετρία – Ορισμός κάθε κτιριακού στοιχείου που περιβάλλει κάθε ζώνη ή βρίσκεται μέσα σε αυτή (εσωτερικά χωρίσματα)
  - Μέγεθος
  - Προσανατολισμός
  - Κατασκευή
  - Θερμογέφυρες
  - Δεσμοί μεταξύ των στοιχείων
- Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός – Επιλογή των συστημάτων που χρησιμοποιούνται στο κτίριο
  - Συστήματα HVAC
  - Πηγές παραγωγής ΖΝΧ συμπεριλαμβανομένου ηλιακού θερμοσίφωνα
  - Φωτοβολταϊκά συστήματα
  - Ανεμογεννήτριες
  - Συνδυασμός θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΘΗ)
  - Φωτισμός και έλεγχός του
  - Γενικά θέματα σχετικά με συστήματα εξαερισμού, διόρθωση συντελεστή ισχύος κ.τ.λ.
  - Κατανομή των συστημάτων για κάθε ζώνη
- Κατατάξεις – ασχολούνται με τα αποτελέσματα από την άποψη των κατατάξεων βάσει εκτίμησης για το κτίριο
- Πλοήγηση κτιρίου – χρησιμοποιούνται για την αναθεώρηση των δεδομένων που έχουν εισαχθεί



**Εικόνα 22: Βασικές εντολές και κουμπιά σε τυχαία υποετικέτα**

Όταν ο χρήστης δημιουργήσει τις ζώνες του κτιρίου του στην ετικέτα Ζωνών θα επιλέξει αν θα χρησιμοποιηθούν αυτές οι «γενικές τιμές» για τη συγκεκριμένη ζώνη,

Υπάρχουν δύο επιλογές

- A) Αφήστε το Γενικό κουμπί πατημένο και έπειτα εφαρμόστε το γενικό προεπιλεγμένο παρακείμενο όρο που έχει συσχετιστεί με την επιλεγμένη κατασκευή στην φόρμα βάσης δεδομένων έργου, (δείτε την Ενότητα 7.4.1.: Ορίζοντας τους τύπους κατασκευής) ή
- B) Ελευθερώστε το γενικό κουμπί και επιλέξτε ένα όρο από το μενού επιλογών (Επιλέξτε ανάμεσα σε: Εξωτερικό, Έντονα εξαερισμένοι χώροι, Μη θερμαινόμενος παρακείμενος χώρος ή υπόγειο), ή εισάγετε τη δική σας τιμή

**Πίνακας 7: Επισκόπηση της δομής των στοιχείων του κτιρίου που εισάγονται στο λογισμικό, παράμετροι καθορισμού και τρόπος σύνδεσης των στοιχείων.**

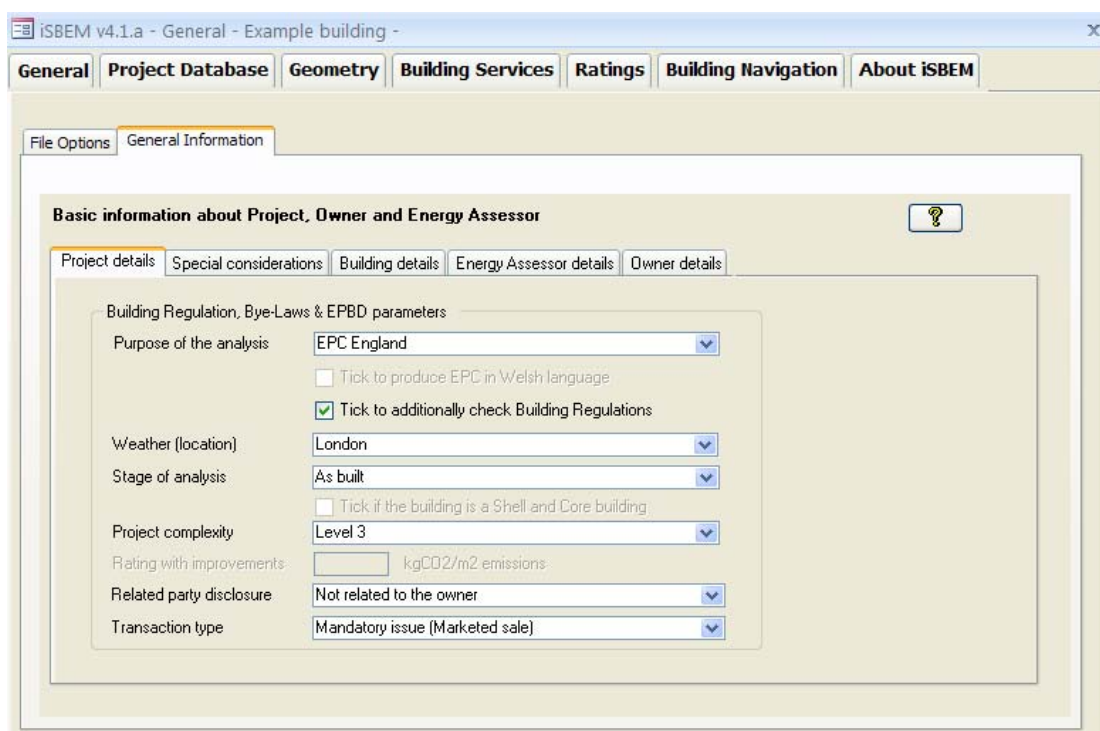
Κτιριακά αντικείμενα	Παράμετροι που απαιτούνται για τον καθορισμό των αντικειμένων	Ιεραρχία κτιριακών αντικειμένων στο SBEM και τρόπος σύνδεσης στοιχείων μεταξύ τους
<b>Ζώνες</b>	Διαστάσεις, είδος δραστηριότητας, λεπτομέρειες φωτισμού, θέρμανσης και τρόπου εξαερισμού	<p>...ομοίως για όλες τις ζώνες με το ίδιο σύστημα ΖΝΧ</p> <p>...ομοίως για τις ζώνες που εξυπηρετούνται από αυτό το σύστημα ΘΨΚ</p> <p>...ομοίως για όλες τις ζώνες με το ίδιο σύστημα ΘΨΚ</p> <p>...ομοίως για όλα τα στοιχεία κελύφους που περιβάλλουν τη ζώνη</p> <p>...ομοίως για όλα τα παράθυρα, φεγγίτες και πόρτες που υπάρχουν στο κέλυφος</p>
<b>Στοιχεία κελύφους</b>	Είδος (τοίχος/πάτωμα/οροφή),εμβαδό, τύπος κατασκευής, θερμογέφυρες, προσανατολισμός, μήκος περιμέτρου & συνθήκες παρακείμενου χώρου	
<b>Παράθυρα</b>	Διαστάσεις, τύπος τζαμιού, θερμογέφυρες, σκιασμός, ποσοστό πλαισίου	
<b>Πόρτες</b>	Εμβαδό, τύπος κατασκευής, θερμογέφυρες, τύπος πόρτας	
<b>ΘΨΚ</b>	Τύπος συστήματος, πηγή θερμότητας, είδος καυσίμου, περαιτέρω λεπτομέρειες για απόδοση, διαρροή αγωγών, SFP και ελέγχων συστήματος.	
<b>ΖΝΧ</b>	Τύπος γεννήτριας, είδος καυσίμου, απόδοση & αν είναι σύστημα αποθήκευσης	
<b>Ηλιακός θερμοσίφων</b>	Διαστάσεις, προσανατολισμός, κλίση, αποθήκευση	
<b>Φ/Β</b>	Διαστάσεις, προσανατολισμός, κλίση, τύπος	
<b>Α/Γ</b>	Terrain type, διαστάσεις, ισχύς	
<b>ΣΗΘ</b>	Είδος καυσίμου, απόδοση, παρεχόμενη ενέργεια για θέρμανση και ΖΝΧ και θερμικές και ηλεκτρικές αποδόσεις.	
<b>TSC</b>	Τύπος, λειτουργία, τύπος ελέγχου, απορροφητικότητα και παροχή αέρα σχεδιασμού	

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πρώτες τέσσερις φόρμες, όπου και γίνεται η εισαγωγή των απαιτούμενων δεδομένων για τον καθορισμό του κτιρίου.

## 4.2. Φόρμα Γενικά - Εισαγωγή γενικών πληροφοριών

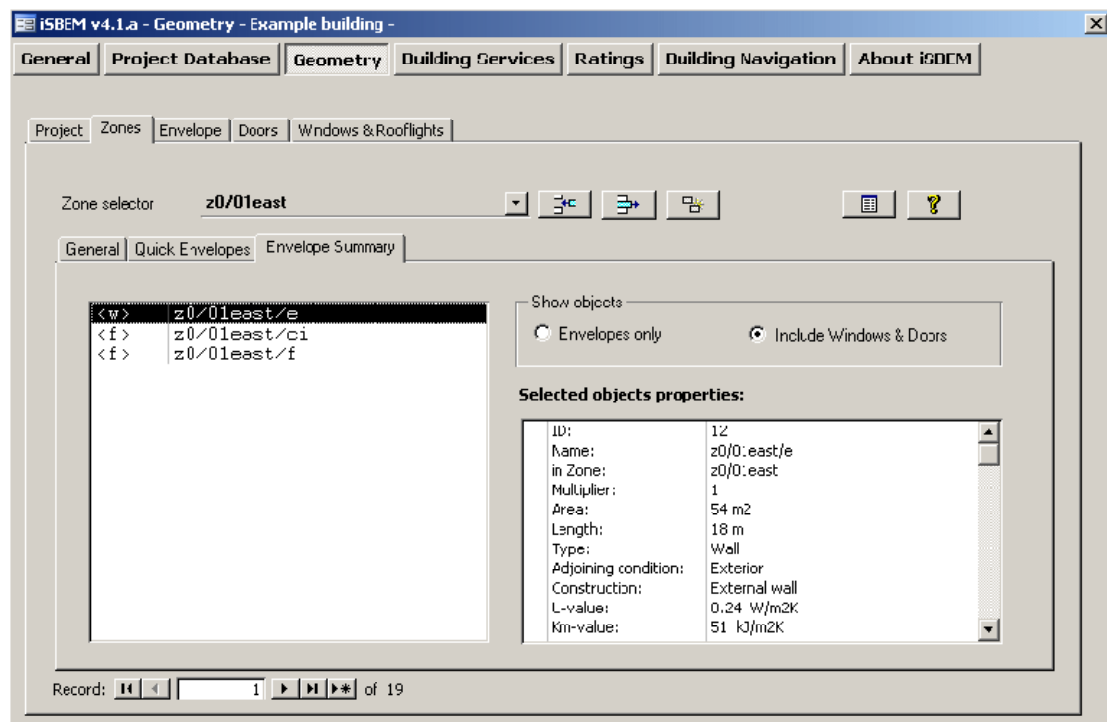
Στη φόρμα «Γενικά» εισάγονται γενικές πληροφορίες που αφορούν το κτίριο, τον ιδιοκτήτη και τον ειδικευμένο εμπειρογνώμονα. Επιπλέον γίνεται εισαγωγή των κατάλληλων κλιματολογικών δεδομένων με την επιλογή της τοποθεσίας του κτιρίου (πόλη). Ο χρήστης καλείται να επιλέξει μέσα από μία τυποποιημένη βάση δεδομένων. Σε περίπτωση που το κτίριο δε βρίσκεται σε κάποια από τις διαθέσιμες, προκαθορισμένες επιλογές επιλέγεται εκείνη που βρίσκεται πιο κοντά γεωγραφικά ή παρουσιάζει τις πιο κοντινές κλιματολογικές συνθήκες.

πλησιέστερη περιοχή στην οποία παρατηρείται παρόμοια μορφολογία εδάφους (ορεινοί όγκοι, κ.α.) και παρόμοιος προσανατολισμός



The screenshot displays the iSBEM v4.1.a software interface. The main window title is "iSBEM v4.1.a - General - Example building". The top navigation bar includes tabs for "General", "Project Database", "Geometry", "Building Services", "Ratings", "Building Navigation", and "About iSBEM". The "General" tab is selected, and within it, the "General Information" sub-tab is active. The "Basic information about Project, Owner and Energy Assessor" section is highlighted, with a sub-tab "Project details" selected. This section contains several input fields and checkboxes:

- Building Regulation, Bye-Laws & EPBD parameters:**
  - Purpose of the analysis: EPC England (dropdown)
  - Tick to produce EPC in Welsh language
  - Tick to additionally check Building Regulations
- Weather (location):** London (dropdown)
- Stage of analysis:** As built (dropdown)
- Tick if the building is a Shell and Core building
- Project complexity:** Level 3 (dropdown)
- Rating with improvements:** [input field] kgCO2/m2 emissions
- Related party disclosure:** Not related to the owner (dropdown)
- Transaction type:** Mandatory issue (Marketed sale) (dropdown)



### 4.3. Φόρμα Βάση Δεδομένων - Δημιουργία βάσης δεδομένων για τα διάφορα κατασκευαστικά (δομικά) μέρη του έργου και τους υαλοπίνακες

Στη συνέχεια ο χρήστης δημιουργεί τη βάση δεδομένων των κατασκευαστικών στοιχείων του έργου. Στα κατασκευαστικά μέρη περιλαμβάνονται τα δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους (διαφανή και αδιαφανή) και τα εσωτερικά δομικά στοιχεία (χωρίσματα). Συγκεκριμένα:

- Οι τοίχοι
- Τα ταβάνια/Οι οροφές
- Τα δάπεδα
- Οι πόρτες και
- Οι υαλοπίνακες

Οι παραπάνω κατηγορίες αποτελούν τις πέντε κύριες ετικέτες της φόρμας. Σε κάθε ετικέτα δηλώνονται όλοι οι διαφορετικοί τύποι των δομικών στοιχείων που συναντώνται στο κτίριο, οι οποίοι κατηγοριοποιούνται αναλόγως με τις θερμοφυσικές τους ιδιότητες. Σε αυτό το σημείο δηλαδή ο χρήστης πρέπει να εισάγει τα θερμικά χαρακτηριστικά όλων των κατασκευαστικών στοιχείων

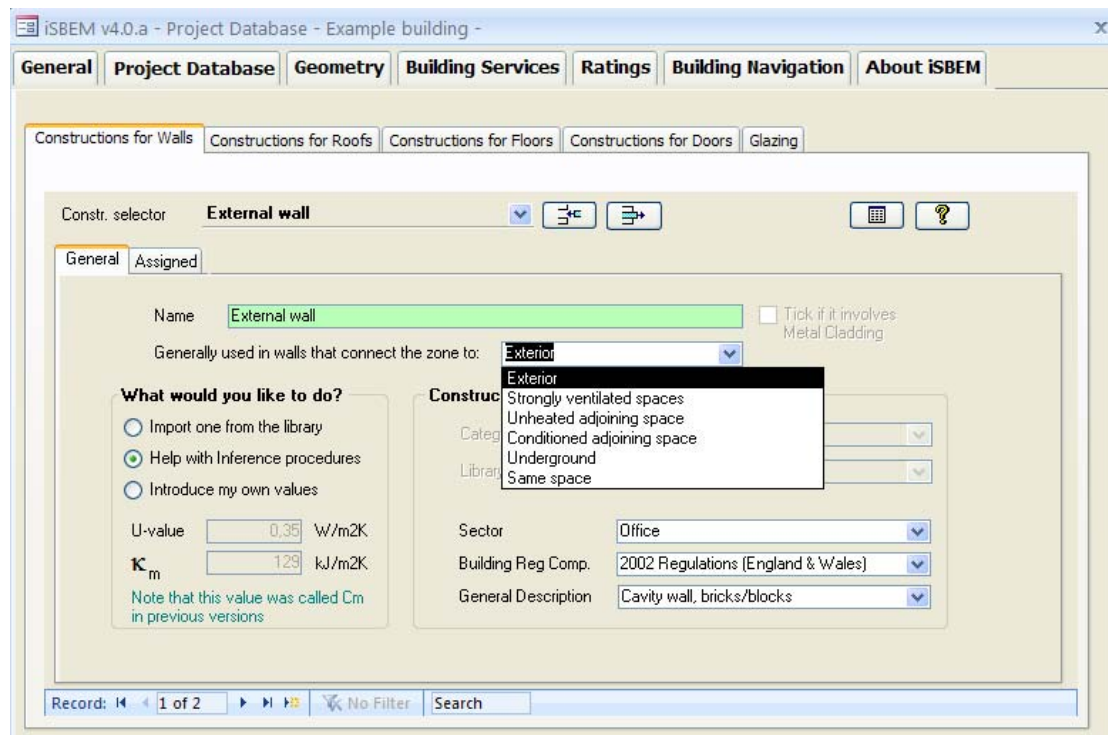
Για κάθε καινούρια κατηγορία δομικού στοιχείου που δημιουργεί ο χρήστης, δηλώνει μοναδικό όνομα και καθορίζει τις συνθήκες του παρακείμενου χώρου. Ορίζει, δηλαδή, αν το κατασκευαστικό στοιχείο διαχωρίζει τη ζώνη με:

- εξωτερικό χώρο,

- χώρο με δυνατό εξαερισμό,
- μη κλιματιζόμενο συνοριακό χώρο,
- κλιματιζόμενο συνοριακό χώρο ή
- υπόγειο
- same space

Η επιλογή “same space” υπάρχει για να δηλωθούν στοιχεία που βρίσκονται στο εσωτερικό της ζώνης (όπως οι εσωτερικοί τοίχοι, χωρίσματα κ.α.). Ο καθορισμός του παρακείμενου χώρου απαιτείται μόνο για τους τοίχους, τις οροφές και τα πατώματα και αποτελεί μία «γενική συνθήκη».

Η «γενική συνθήκη» δηλώνεται με το αγγλικό γράμμα G και εμφανίζεται ως προεπιλογή στα επόμενα βήματα κατά τον όταν ορίζεται ένα δομικό στοιχείο για ένα συγκεκριμένο στοιχείο κελύφους δεν είναι δεσμευτική επιλογή.



**Εικόνα 23: Καθορισμός τοίχου στη φόρμα Βάση δεδομένων → ετικέτα Κατασκευές τοίχων → υπο-ετικέτα Γενικά**

Ο προσδιορισμός των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των κατασκευαστικών στοιχείων πραγματοποιείται μέσα από τον καθορισμό κάποιων παραμέτρων.

Συγκεκριμένα, για τους τοίχους, τις οροφές, τα δάπεδα και τις πόρτες απαιτείται ο καθορισμός

- ✓ του συντελεστή θερμοπερατότητας U - value ( $W/m^2C$ ) και
- ✓ η αποτελεσματική θερμική ικανότητα ενός στοιχείου  $k_m$  value ( $kJ/m^2C$ ).

Για τους υαλοπίνακες οι παράμετροι που θα πρέπει να εισαχθούν είναι

- ✓ ο συντελεστής θερμοπερατότητας U - value (W/m<sup>2</sup>C),
- ✓ ο συντελεστής κέρδους ηλιακής θερμότητας T-Solar και
- ✓ η περατότητα ορατού φωτός L-Solar.

### **Εισαγωγή των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των δομικών στοιχείων του έργου**

Υπάρχουν τρεις τρόποι για την εισαγωγή των απαιτούμενων παραμέτρων:

- Εισαγωγή από τη βιβλιοθήκη. Μέσα από την βιβλιοθήκη επιλέγεται η πλησιέστερη επιλογή που ταιριάζει καλύτερα με το στοιχείο που θέλουμε να ορίσουμε.
- Επιλογή από τη βιβλιοθήκη μετά από συμπερασματικές διαδικασίες. Αυτή η επιλογή προορίζεται για περιπτώσεις πιστοποίησης υφιστάμενων κτιρίων, όταν δεν υπάρχουν σχέδια ή άλλα στοιχεία που να διευκρινίζουν τους τύπους των κατασκευαστικών στοιχείων του κτιρίου. Οι συμπερασματικές διαδικασίες καθορίζουν τον τύπο της κατασκευής βάσει των μη τεχνικών πληροφοριών που διατίθενται. Τέτοιες πληροφορίες είναι, για παράδειγμα, η κατηγορία χρήσης κτιρίου, η νομοθεσία που ήταν σε εφαρμογή κατά τη διάρκεια της κατασκευής και μία γενική περιγραφή του στοιχείου.
- Εισαγωγή τιμών από τον χρήστη. Όταν ο χρήστης γνωρίζει τα υλικά κατασκευής των επιμέρους στρώσεων που συνθέτουν το δομικό στοιχείο, μπορεί να ορίζει μόνος του τις τιμές των παραμέτρων που προκύπτουν από την εφαρμογή της αντίστοιχης μεθοδολογίας υπολογισμού [33]. Σε περίπτωση έλλειψης των απαραίτητων δεδομένων και μόνο τότε (κυρίως σε υφιστάμενες παλιές κτιριακές εγκαταστάσεις) γίνεται χρήση των πινάκων με ενδεικτικές τιμές για κάθε παράμετρο, που παρατίθενται στην τεχνική οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. [21]

Όταν η εισαγωγή των τιμών γίνεται από τη βιβλιοθήκη, οι τιμές εισάγονται αυτόματα από τις βάσεις δεδομένων του iSBEM.

Στην περίπτωση που ο χρήστης εισάγει τις δικές του τιμές υπάρχει μία επιπλέον επιλογή για τους τοίχους και τις οροφές. Πρέπει να δηλωθεί αν περιλαμβάνουν μεταλλική επένδυση ενεργοποιώντας την αντίστοιχη επίλογη. Οι κατασκευές που περιλαμβάνουν μεταλλική επένδυση είναι συστήματα ορόφων ή τοίχων όπου το μέταλλο αποτελεί ένα αναπόσπαστο τμήμα της κατασκευής και χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: (α) ενσωματωμένα συστήματα που περιλαμβάνουν τα συστήματα ραγών και υποστηριγμάτων ή συστήματα z-spacer με μόνωση ανάμεσα στα πάνελ και (β) σύνθετα συστήματα μεταλλικής κατασκευής με τη μόνωση μέσα στο πάνελ. Εάν το μέταλλο χρησιμοποιείται απλά ως εξωτερική ασπίδα ενάντια στις καιρικές συνθήκες, τότε δεν θεωρείται «μεταλλική επένδυση».

#### **4.4. Φόρμα Γεωμετρία - Καθορισμός των κελύφων κάθε ζώνης**

Η φόρμα γεωμετρίας περιλαμβάνει πέντε κύριες ετικέτες:

- Ετικέτα έργου

- Ετικέτα ζωνών
- Ετικέτα κελυφών
- Ετικέτα πορτών
- Ετικέτα παραθύρων και φεγγιτών

Στη φόρμα γεωμετρίας εισάγονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων. Γίνεται η εισαγωγή όλων των κατασκευαστικών στοιχείων που υπάρχουν στο εξεταζόμενο κτίριο. Για να γίνει η εισαγωγή των δεδομένων, σύμφωνα με τον τρόπο που προβλέπει ο λογισμικό εργαλείο, πρέπει πρώτα να χωριστεί το κτίριο σε ζώνες στα σχέδια, σύμφωνα με τους κανόνες δημιουργίας ζωνών (βλ. 3.6. Δημιουργία Καθορισμός ζωνών).

Στη συνέχεια για τον καθορισμό της γεωμετρίας του κτιρίου, ακολουθούνται τα ακόλουθα βήματα:

- 1) Δημιουργία των ζωνών στη διεπαφή. Για τη δημιουργία μιας ζώνης αρχικά επιλέγεται ο τύπος του κτιρίου και το είδος της δραστηριότητας που. Στη συνέχεια εισάγονται οι βασικές διαστάσεις της ζώνης (εμβαδό, ύψος κτλ)
- 2) Καθορισμός των στοιχείων κελύφους κάθε ζώνης. Υπάρχουν δύο τρόποι για τη δημιουργία των στοιχείων κελύφους (τοιχοί, δάπεδο, ταβάνι/οροφή)
  - i) Στην κύρια ετικέτα *κελύφη*
  - ii) Στην υπο-ετικέτα *γρήγορα κελύφη* της ετικέτας ζωνών
- 3) Δημιουργία των παραθύρων. Αυτό γίνεται με δύο τρόπους:
  - i) Στην κύρια ετικέτα παραθύρων
  - ii) Στην υπο-ετικέτα *γρήγορα κελύφη* της ετικέτας ζωνών ταυτόχρονα με τη δημιουργία του στοιχείου κελύφους του οποίου είναι μέρος.
- 4) Δημιουργία των εξωτερικών πορτών στην ετικέτα *πόρτες*.
  - i) Στην κύρια ετικέτα παραθύρων
  - ii) Στην υπο-ετικέτα *γρήγορα κελύφη* της ετικέτας ζωνών ταυτόχρονα με τη δημιουργία του στοιχείου κελύφους του οποίου είναι μέρος.

Όλες οι πληροφορίες για τα στοιχεία της ζώνης μπορούν να εισαχθούν είτε λεπτομερώς στην αντίστοιχη ετικέτα (κελυφών, πορτών, παραθύρων και φεγγιτών) είτε να εισαχθούν τα βασικά δεδομένα παράλληλα με τη δημιουργία της ζώνη χρησιμοποιώντας την υπο-ετικέτα *γρήγορα κελύφη* και να συμπληρωθούν αργότερα οι πληροφορίες που υπολείπονται (π.χ. επιπρόσθετες θερμογέφυρες). Σε κάθε περίπτωση, ο χρήστης μπορεί να εισάγει ή να επεξεργαστεί τις πληροφορίες και σε επόμενη χρονική στιγμή. Το πιο σημαντικό είναι να δημιουργηθεί πρώτα η ζώνη (ή οι ζώνες) στη διεπαφή.

#### 4.4.1. Περιγραφή για το τι συμβαίνει στο iSBEM

Όταν ο χρήστης δημιουργεί μια ζώνη, ένα στοιχείο κελυφών, ή ένα παράθυρο, αυτό το οποίο δημιουργείται αναφέρεται στο iSBEM ως 'αντικείμενο του κτιρίου'. Αυτά

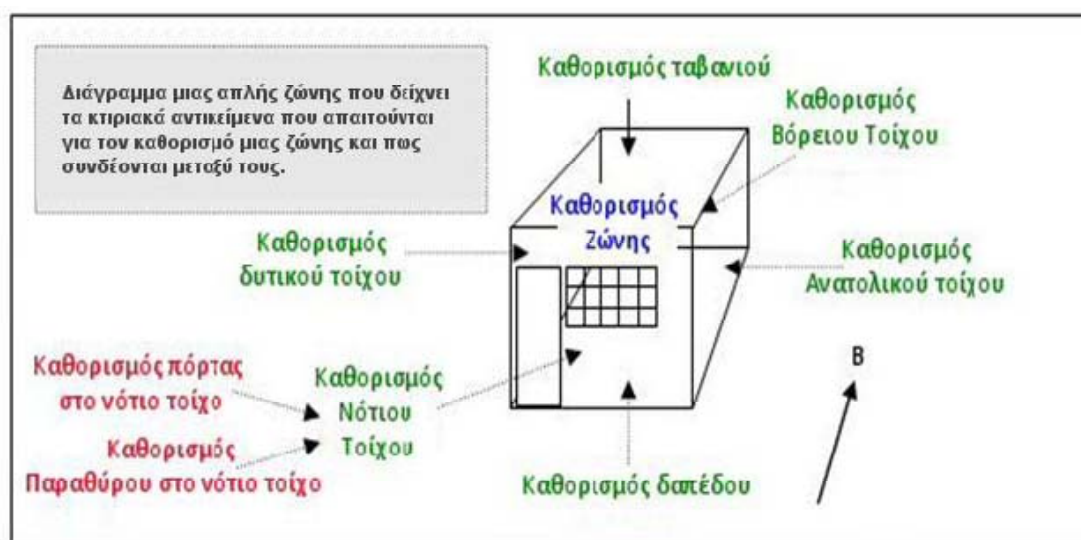


τα αντικείμενα κτιρίου πρέπει να συνδεθούν σωστά προκειμένου να καθοριστεί η γεωμετρία μιας ζώνης. Όταν ο χρήστης καθορίζει ένα κελύφος στην κύρια ετικέτα κελυφών, προτρέπεται να το συνδέσει (ή να το ορίσει σε) με μια ζώνη. Ομοίως, όταν καθορίζει ένα παράθυρο στην βασική ετικέτα των Παραθύρων & Φεγγιτών, προτρέπεται να το συνδέσει με ένα στοιχείο κελύφους.

Εάν ο χρήστης δημιουργεί το στοιχείο κελύφους ή το παράθυρο στην υπό-ετικέτα «Γρήγορη εισαγωγή Κελυφών», οι παραπάνω αντιστοιχίες δημιουργούνται αυτόματα.

Στην ακόλουθη εικόνα δίνεται ένα παράδειγμα μιας απλής ζώνης. Για να καθοριστεί η γεωμετρία αυτής της ζώνης, θα πρέπει ο χρήστης να δημιουργήσει τη ζώνη, 6 στοιχεία κελυφών, ένα παράθυρο και μια πόρτα. Η πόρτα και το παράθυρο που βρίσκονται στο νότο θα πρέπει να συνδεθούν με το νότιο τοίχο, που στη συνέχεια (μαζί με τα άλλα 5 στοιχεία του κελύφους) θα πρέπει να συνδεθεί με τη ζώνη, όπως παρουσιάζεται από τα βέλη στο διάγραμμα πιο κάτω.

Οι διαστάσεις που εισάγονται είναι οι εσωτερικές διαστάσεις των δομικών στοιχείων κάθε ζώνης, έτσι ώστε το εμβαδό στην περιοχή που παρουσιάζεται ροή θερμότητας από μέσα από το κτίριο να συμπίπτει με τις γενικές εσωτερικές διαστάσεις.



Εικόνα 24: Διάγραμμα κτιριακών αντικειμένων που χρειάζονται για να καθοριστεί μια απλή ζώνη [4]

#### 4.4.2. Ονοματολογία στοιχείων γεωμετρίας

Δεν υπάρχει δέσμευση για τον τρόπο που θα δηλωθούν τα κατασκευαστικά στοιχεία του κτιρίου. Ο κάθε χρήστης μπορεί να ακολουθήσει τη δικιά του μεθοδολογία με μοναδική απαίτηση να υπάρχει μοναδικό όνομα για κάθε στοιχείο που ορίζεται. Ωστόσο προτείνεται μια ονοματολογία που βασίζεται στον τρόπο που

συνδέονται τα στοιχεία γεωμετρίας στο λογισμικό iSBEM, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Η προτεινόμενη ονοματολογία παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 8: Προτεινόμενη ονοματολογία κατασκευών στο iSBEM**

Στοιχείο	Προτεινόμενο Όνομα	Επεξήγηση
Ζώνη	z#/#	Το z συμβολίζει τη ζώνη και ο πρώτος αριθμός είναι ο αριθμός του ορόφου (0 για το ισόγειο, 1 για το πρώτο όροφο κ.τ.λ.). Μετά από την κάθετο (/), ο αριθμός αντιπροσωπεύει τον αριθμό της ζώνης σε εκείνο τον όροφο. Η αρίθμηση των ζωνών μπορεί να είναι διαδοχική σε όλο το κτίριο ή να ξαναρχίζει από το 1 σε κάθε όροφο.
Τοίχος	z#/#/ot	Οι πρώτες δύο ομάδες αριθμών προσδιορίζουν, όπως περιγράφεται παραπάνω, σε ποια ζώνη ανήκει ο τοίχος. Το γράμμα o αντιστοιχεί στον προσανατολισμό (n/nw/e/se etc) και το t είναι ο τύπος (i σημαίνει εσωτερικός (internal), το u σημαίνει υπόγειο (underground) και κανένα γράμμα σημαίνει εξωτερικό)
Δάπεδο	z#/#/ft	Όπως και στους τοίχους, οι πρώτες δύο ομάδες αριθμών προσδιορίζουν τη ζώνη. Ακολουθεί το γράμμα f που δηλώνει ότι το στοιχείο είναι πάτωμα (floor) και το t αντιστοιχεί στον τύπο (i για το εσωτερικό πάτωμα (internal floor), e για πάτωμα εξωτερικού χώρου (over external space), και κανένα γράμμα για το ισόγειο.
Ταβάνι/ Οροφή	z#/#/ct	Όπως προηγουμένως, οι πρώτες δύο ομάδες αριθμών προσδιορίζουν τη ζώνη. Ακολουθεί το γράμμα c που δηλώνει ότι το στοιχείο είναι ταβάνι (ceiling) και το t αντιστοιχεί στον τύπο (i για το εσωτερικό ταβάνι (internal) και κανένα γράμμα σημαίνει ότι το ταβάνι δεν έχει κανέναν κατειλημμένο χώρο από επάνω, δηλαδή είναι οροφή)
Παράθυρο	z#/#/ot/g	Οι πρώτες τρεις ομάδες αριθμών προσδιορίζουν σε ποιο στοιχείο κελύφους ανήκει το παράθυρο. Το g δηλώνει ότι το στοιχείο είναι παράθυρο (glass).
Πόρτα	z#/#/ot/d	Οι πρώτες τρεις ομάδες αριθμών προσδιορίζουν σε ποιο στοιχείο κελύφους ανήκει η πόρτα. Το d δηλώνει ότι το στοιχείο είναι πόρτα (door).

Όλα τα παραπάνω στοιχεία	(name).#	Εάν υπάρχουν περισσότερο από ένα στοιχεία που έχουν δηλωθεί με το ίδιο όνομα, σύμφωνα με την παραπάνω ονοματολογία, τότε το λογισμικό προσθέτει αυτόματα την κατάληξη «.1» για το δεύτερο στοιχείο, «.2» για το τρίτο κ.ο.κ. Π.χ. αν υπάρχουν δύο βόρειοι τοίχοι σε μια ζώνη (z0/01), με τον ίδιο προσανατολισμό και τύπο, τότε ο πρώτος θα
--------------------------	----------	---

Σε περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει δική του ονοματολογία είναι καλό να την οργανώσει με αντίστοιχο τρόπο. Να συνδέσει, δηλαδή, τα κατώτερα μέρη της κατασκευής (π.χ. πόρτες και παράθυρα) με το στοιχείο του οποίου αποτελούν μέρος. Επίσης είναι σημαντικό να φαίνονται μέσα από το όνομα σημαντικές διακρίσεις όπως εάν ο τοίχος είναι εσωτερικός ή εξωτερικός και

Χρησιμοποιώντας την επιλογή «*Γρήγορα Κελύφη*» τα ονόματα δημιουργούνται αυτόματα από το λογισμικό και σύμφωνα με την ονοματολογία που παρουσιάστηκε.

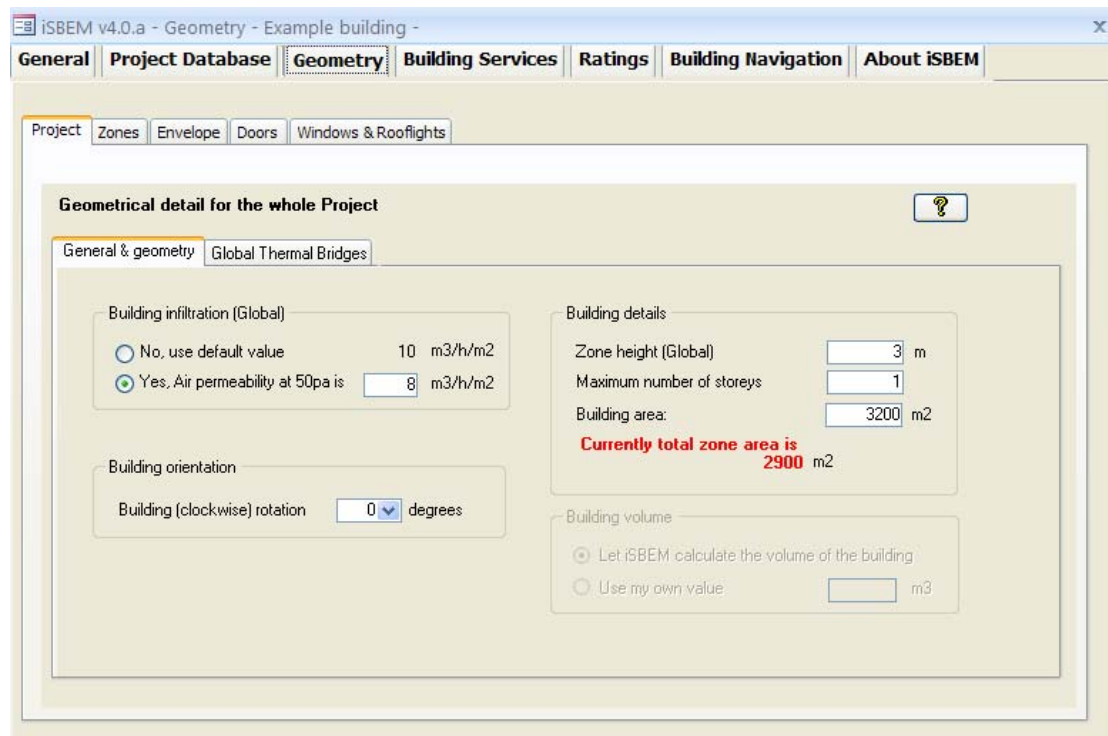
#### 4.4.3. Ετικέτα έργου

##### 4.4.3.1. Υπο-ετικέτα Γενικά και γεωμετρία

Σε αυτό το σημείο εισάγονται οι πρώτες πληροφορίες που αφορούν τη γεωμετρία του κτιρίου. Αυτές περιλαμβάνουν το ολικό εμβαδό του δαπέδου και «γενικές τιμές» που ισχύουν για τις περισσότερες ζώνες όπως ύψος ζώνης (ή μέσο ύψος των ζωνών), εναλλαγές αέρα και οι τιμές  $\Psi$  για τις θερμογέφυρες. Αυτές οι «γενικές τιμές» αποτελούν προκαθορισμένες τιμές για κάποιες παραμέτρους και εμφανίζονται ως προεπιλογή στα επόμενα βήματα, κατά τη δημιουργία των κελυφών όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει είτε να χρησιμοποιήσει την «γενική τιμή» είτε να εισάγει μία νέα τιμή για κάθε ζώνη που ορίζει.

Το ολικό εμβαδό εισάγεται για σκοπούς ελέγχου εισαγωγής δεδομένων. Κάθε φορά που δημιουργείτε μία ζώνη στη διεπαφή το λογισμικό αθροίζει αυτόματα τα εμβαδά των υπαρχόντων ζωνών

Στην παρούσα υπο-ετικέτα υπάρχει επιπλέον η παράμετρος «Περιστροφή κτιρίου» με προκαθορισμένη τιμή  $0^\circ$ . Αυτή η παράμετρος χρησιμοποιείται όταν ο χρήστης θέλει να διαμορφώσει ένα δεύτερο κτίριο όμοιο με εκείνο που έχει ήδη διαμορφώσει μέσα στο λογισμικό, που να έχει, όμως, διαφορετικό προσανατολισμό. Η ονοματολογία των ήδη δημιουργημένων κελυφών δεν θα αλλάξει αυτόματα με την περιστροφή, γι' αυτό η συγκεκριμένη παράμετρος πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή. Επιπλέον, δεν επιτρέπεται να γίνουν τροποποιήσεις στη γεωμετρία του κτιρίου.



**Εικόνα 25:** Η υπο-ετικέτα *Γενικά και γεωμετρία* της ετικέτας Έργου

#### 4.4.3.2. Υπο-ετικέτα *θερμογεφυρών*

Στην υπο-ετικέτα *θερμογεφυρών* ορίζονται οι «γενικές τιμές»  $\Psi$  για τις θερμογέφυρες που πιθανόν εμφανίζονται σε μία ζώνη. Στις επόμενες ετικέτες της φόρμας *Γεωμετρίας* θα έχει τη δυνατότητα να προσθέσει επιπλέον θερμογέφυρες σε κάθε στοιχείο.

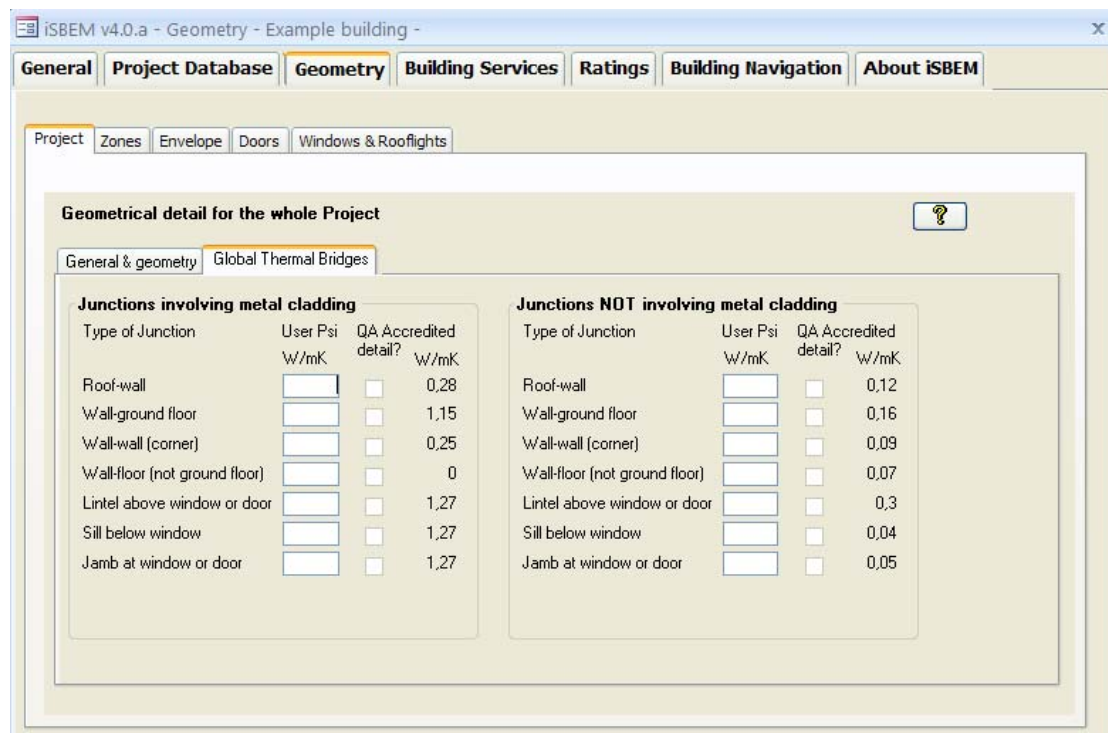
Το iSBEM απαιτεί πληροφορίες μόνο για τις μη επαναλαμβανόμενες θερμογέφυρες που σχετίζονται με τις συνδέσεις μεταξύ των στοιχείων των κελυφών, των παραθύρων και των πορτών, που είναι σε επαφή με το εξωτερικό.

Οι τύποι συνδέσεων εμπίπτουν σε δύο κατηγορίες:

- Συνδέσεις που περιλαμβάνουν μεταλλική επένδυση και
- Συνδέσεις που ΔΕΝ περιλαμβάνουν μεταλλική επένδυση

Για κάθε τύπο σύνδεσης ορίζεται μία τιμή  $\Psi$  (W/mK) διαφορετικά ισχύουν οι προκαθορισμένες τιμές που εμφανίζονται στην οθόνη (Εικόνα 26).

Οι τιμές προεπιλογής  $\Psi$  και τα πρότυπα για τις συνδέσεις που δεν περιλαμβάνουν μεταλλική επένδυση είναι σύμφωνα με τα Accredited Robust Details [34]. Οι αντίστοιχες τιμές για συνδέσεις που περιλαμβάνουν μεταλλική επένδυση είναι ήδη συμβατές με τα πρότυπα του Metal Cladding and Roofing Manufactures Association [35],[3].



Εικόνα 26: η υπο-ετικέτα θερμογέφυρες της ετικέτας Έργου

#### 4.4.4. Ετικέτα ζώνης

Πριν το καθορισμό των στοιχείων κελύφους του έργου, πρέπει πρώτα να οριστεί η ζώνη. Οι ζώνες πρέπει να υπάρχουν για να γίνεται η σύνδεση των υπόλοιπων στοιχείων με αυτήν. Ωστόσο, δεν υπάρχει συγκεκριμένη σειρά για τον τρόπο εισαγωγής των δεδομένων και ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει οποιαδήποτε χρονική στιγμή σε προηγούμενη ή επόμενη θέση και να προσθέσει ή να αλλάξει τις πληροφορίες.

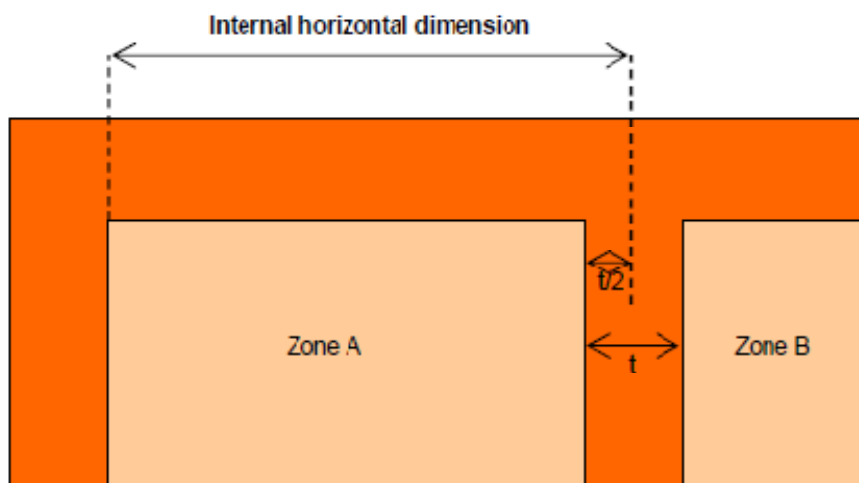
##### 4.4.4.1. Υποετικέτα Γενικά

Για τη δημιουργία μιας ζώνης απαιτούνται τα ακόλουθα στοιχεία:

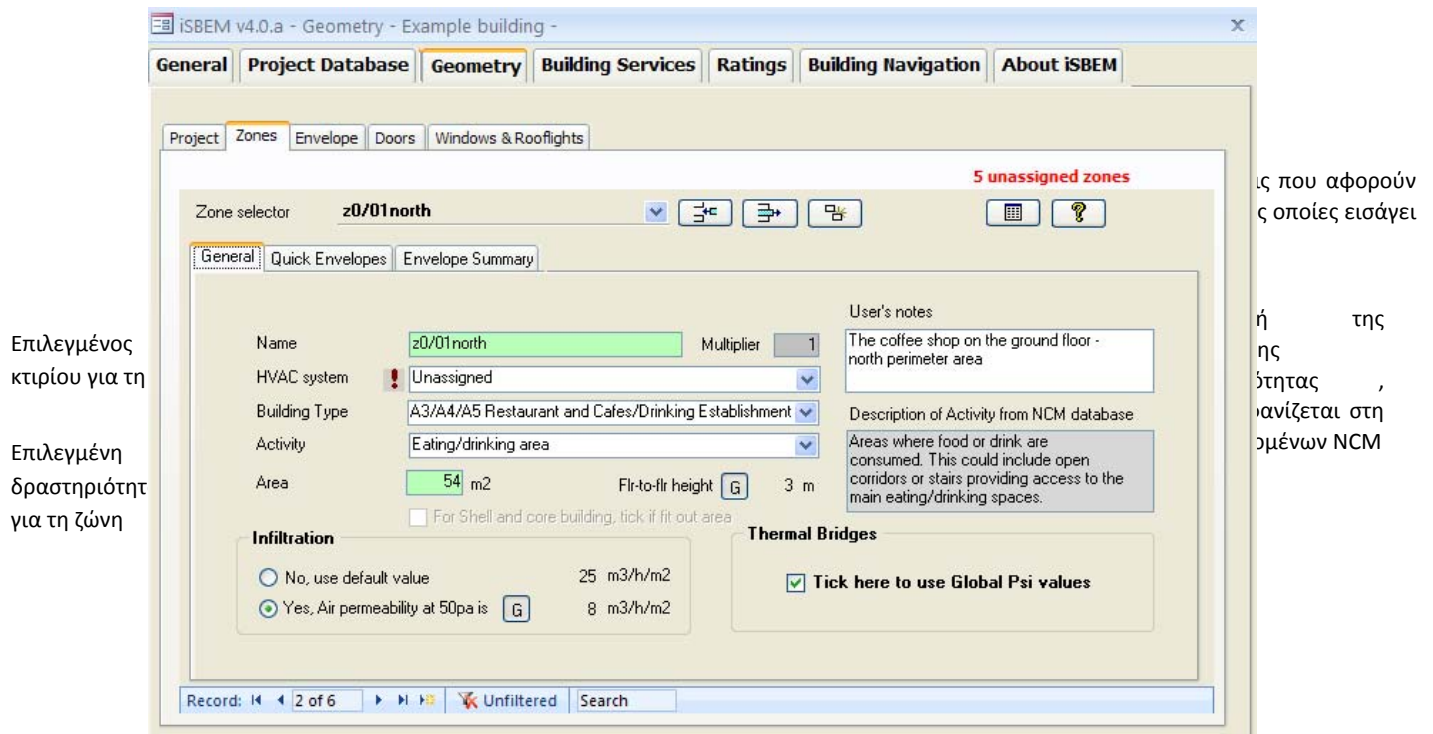
- **Όνομα** – Η μόνη απαίτηση για το όνομα της ζώνης είναι να είναι μοναδικό. Η προτεινόμενη ονοματολογία έχει παρουσιαστεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.
- **Πολλαπλασιαστής** – Ο πολλαπλασιαστής καθορίζει πόσες ζώνες υπάρχουν στο κτίριο που είναι ακριβώς ίδιες με τη ζώνη που δημιουργούμε. Η προεπιλεγμένη τιμή είναι 1.
- **Σύστημα HVAC** – Όταν ο χρήστης έχει καθορίσει τα συστήματα HVAC του κτιρίου, δηλαδή όταν έχει δημιουργήσει το υπάρχον σύστημα στη φόρμα Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις πριν περάσει στη φόρμα Γεωμετρία, τότε μπορεί να επιλέξει το αντίστοιχο σύστημα που εξυπηρετεί τη ζώνη από το μενού. Σε περίπτωση που το σύστημα δεν έχει οριστεί ακόμα τότε μπορεί να αφεθεί ως «μη ορισμένο» σε αυτή τη φάση και να συμπληρωθεί αργότερα. Σε αυτή την περίπτωση

εμφανίζεται μία κόκκινη ειδοποίηση στο πάνω μέρος της οθόνης, που ενημερώνει πόσες ζώνες παραμένουν μη ορισμένες (βλ. Εικόνα 28).

- **Τύπος κτιρίου** – Η προεπιλογή που παρουσιάζεται είναι ο κτιριακός τύπος που έχει δηλωθεί για το κτίριο στη φόρμα Γενικά > Γενικές Πληροφορίες > Λεπτομέρειες κτιρίου.
- **Τύπος δραστηριότητας** – Όταν δεν υπάρχει κατάλληλη δραστηριότητα τότε μπορεί να επιλεγεί άλλος τύπος κτιρίου.  
Η περιγραφή του είδους δραστηριότητας, όπως φαίνεται στη βάση δεδομένων, παρουσιάζεται σε πλαίσιο στο δεξιό τμήμα της οθόνης.
- **Εμβαδό** – Ο τρόπος υπολογισμού του εμβαδού και φαίνεται στην Εικόνα 27.
- **Ύψος ζώνης** – Ορίζεται ως η απόσταση από δάπεδο σε δάπεδο ορόφου για τα εσωτερικούς χώρους και ως η απόσταση από δάπεδο σε εξωτερική επιφάνεια στέγης.
- **Εξαερισμός**
- **Θερμογέφυρες**



Εικόνα 27: Εσωτερικές οριζόντιες διαστάσεις ζώνης



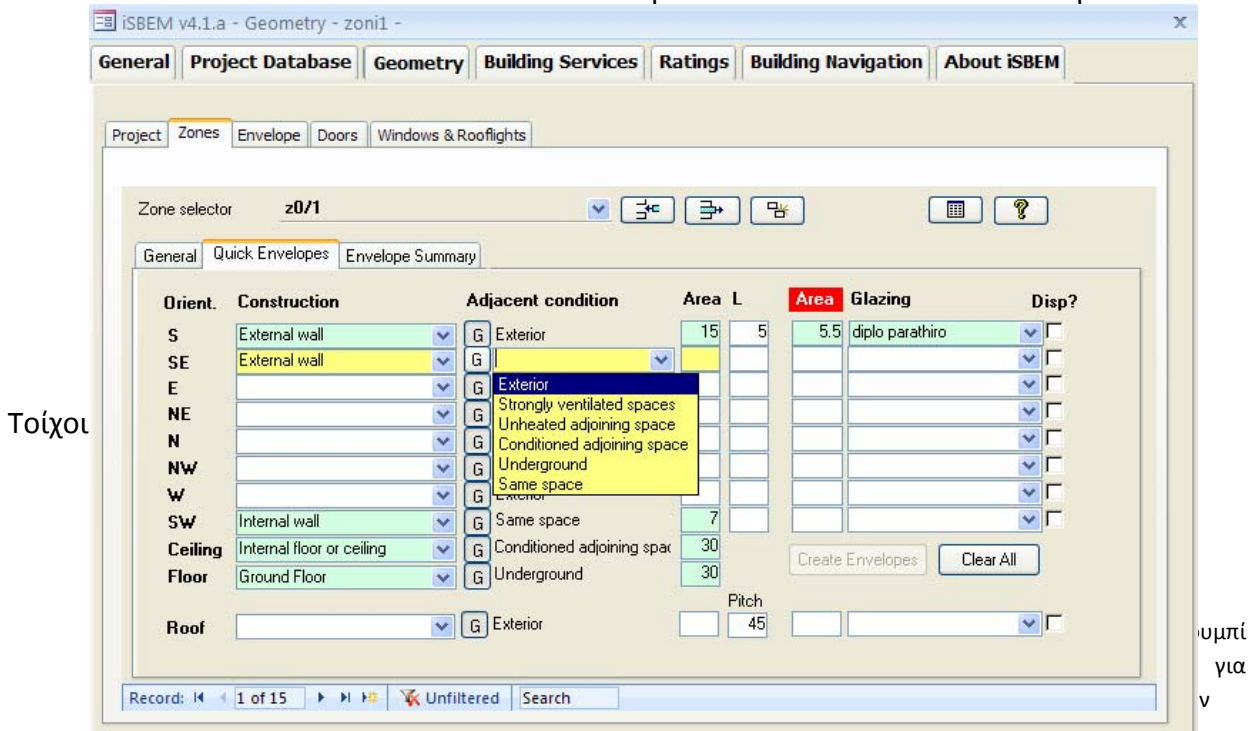
**Εικόνα 28:** Η υπο-ετικέτα *Γενικά* της ετικέτας *Ζώνες*

#### 4.4.4.2. Υπο-ετικέτα *Γρήγορα Κελύφη*

1. **Τύπος κατασκευής**-Επιλογή μεταξύ της κατασκευών προεπιλογής και των κατασκευών που έχουν οριστεί στην φόρμα *Βάσης δεδομένων έργου*.
2. **Παρακείμενος όρος**-Υπάρχουν δύο επιλογές:
3. **Εμβαδό**-Σύμφωνα με τις
4. **Μήκος**

Εάν ένα στοιχείο κελύφους έχει παράθυρα ή περιοχές με υαλοπίνακες, θα πρέπει να συμπληρώσετε τα εναπομείναντα πεδία πιο κάτω:

5. **Εμβαδό**-Το ολικό εμβαδού του τοίχου που περιέχει υαλοπίνακες, συμπεριλαμβανομένου και του εμβαδού των πλαισίων. ΣΗΜ: Τα εσωτερικά παράθυρα και πόρτες δεν πρέπει να εισάγονται στο iSBEM-CY.
6. **Τύπος υαλοπίνακα**-Επιλογή ανάμεσα στον προεπιλεγμένο τύπο υαλοπινάκων και των τύπων που έχουν καθοριστεί στην φόρμα *Βάσης δεδομένων έργου*.
7. **Βιτρίνα**-Δείξτε αν το παράθυρο είναι βιτρίνα ή όχι.
8. Όταν οι πληροφορίες έχουν εισαχθεί και έχουν πρασινίσει όλα τα πεδία εισαγωγής, κάνετε κλικ στο κουμπί «Δημιουργία Κελυφών».



Εικόνα 29: Η υπο-ετικέτα *Γρήγορα Κελύφη* της ετικέτας *Ζώνες*

Οι παράμετροι που δεν καθορίζονται στην υπο-ετικέτα *Γρήγορα Κελύφη* και πρέπει να εισαχθούν στη συνέχεια στις αντίστοιχες ετικέτες (*Κελύφους*, *Πορτών* και *Παραθύρων και φεγγιτών*) είναι:

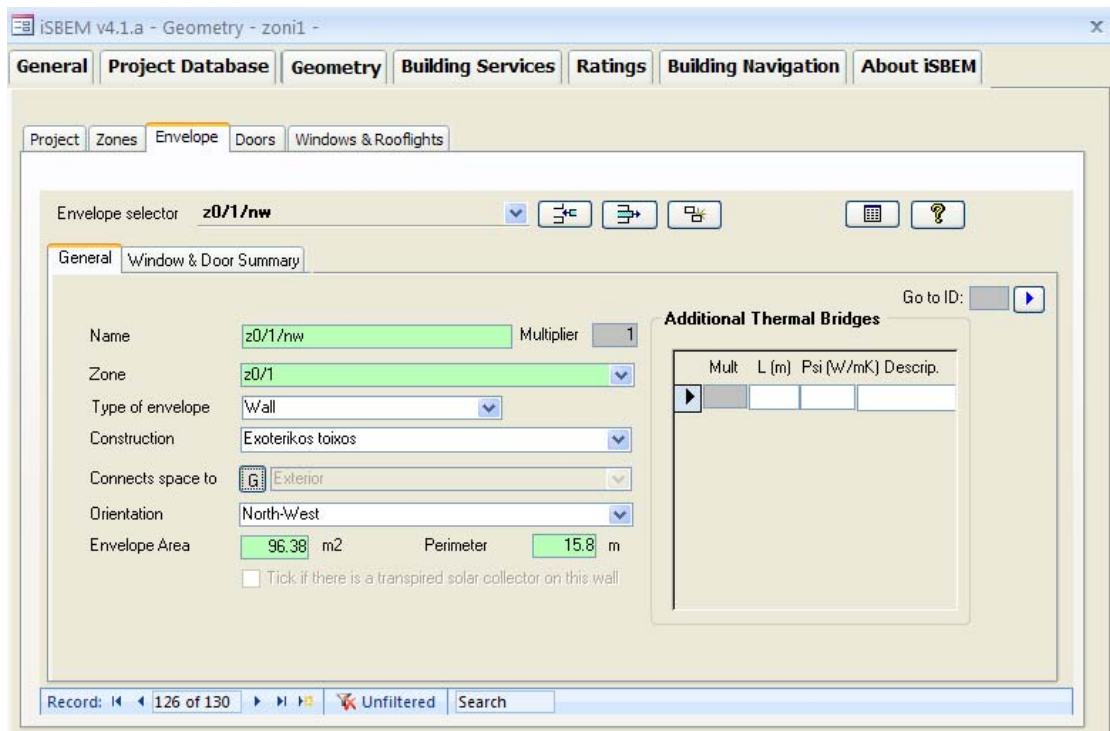
- Θερμογέφυρες για στοιχεία κελύφους ή παράθυρα
- Συστήματα σκίασης και παράγοντες μετάδοσης για τα παράθυρα
- Η αναλογία εμβαδού επιφάνειας

#### 4.4.5. Ετικέτα κέλυφος

Για τη δημιουργία των στοιχείων κελύφους (τοιχοί, δάπεδο, οροφή/ταβάνι) εισάγονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

1. τύπος
2. εμβαδό
3. προσανατολισμός
4. συνθήκες θέρμανσης/κλιματισμού στους παρακείμενους χώρους
5. Δομικό στοιχείο και
6. οποιοσδήποτε πρόσθετες θερμογέφυρες εκτός από τις καθορισμένες.



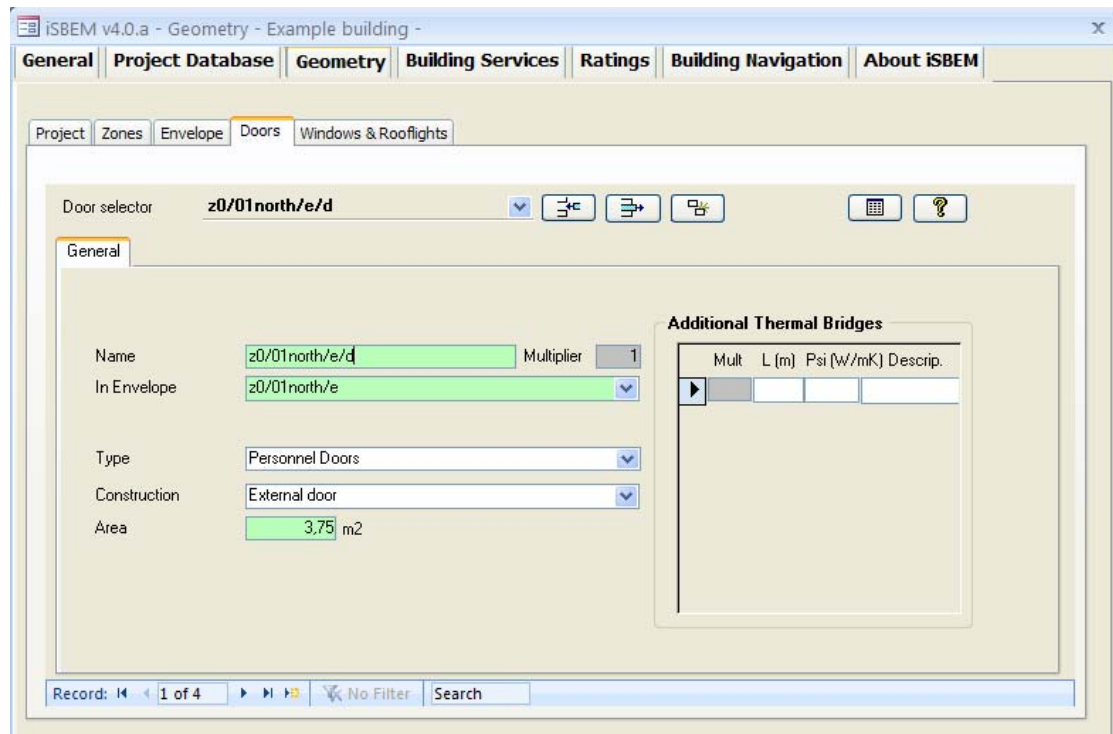


**Εικόνα 30: Η υπο-ετικέτα Γενικά της ετικέτας Κέλυφος**

#### 4.4.6. Καθορισμός πορτών

Οι πληροφορίες που απαιτούνται για τον καθορισμό των παραθύρων και των πορτών μέσα σε κάθε κέλυφος είναι οι ακόλουθες:

1. τα εμβαδά,
2. οι τύποι,
3. τα συστήματα σκίασης,
4. οι και
5. πιθανόν πρόσθετες θερμογέφυρες.

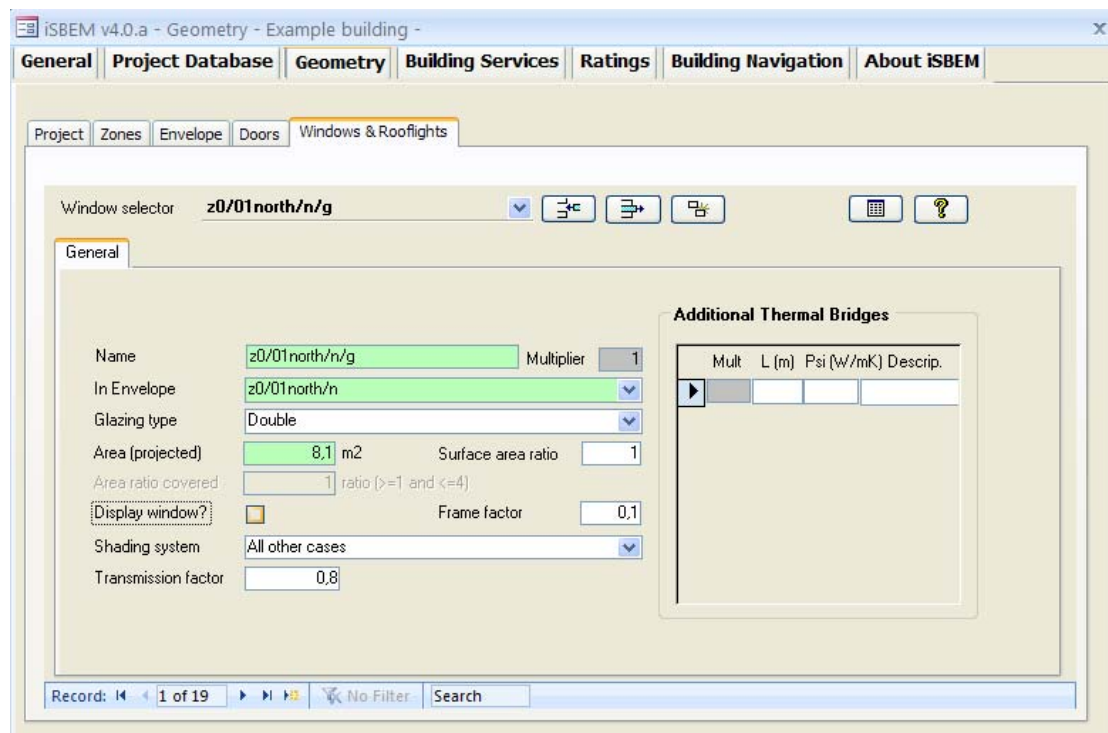


**Εικόνα 31: Καθορισμός πόρτας στη φόρμα Γεωμετρία → ετικέτα παράθυρα και φεγγίτες → υπο-ετικέτα Γενικά**

#### 4.4.7. Καθορισμός υαλοπινάκων

Τα στοιχεία που απαιτούνται για τον καθορισμό των υαλοπινάκων είναι

1. Τα εμβαδά και οι τύποι υαλοπινάκων ή/και πορτών μέσα σε κάθε στοιχείο κελύφους
2. Οι επιπρόσθετες θερμογέφυρες που μπορεί να υπάρξουν στα κελύφη ή τα παράθυρα



**Εικόνα 32:** Καθορισμός υαλοπινάκων στη φόρμα *Γεωμετρία* → ετικέτα *παράθυρα* και *φεγγίτες* → υπο-ετικέτα *Γενικά*

## 4.5. Φόρμα Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός – Επιλογή των συστημάτων που χρησιμοποιούνται στο κτίριο

### 4.5.1. Αλγόριθμος επίλυσης του iSBEM

Ο τύπος συστήματος, μαζί με τις περαιτέρω λεπτομέρειες που εισάγονται στις υπόλοιπες τέσσερις υπο-ετικέτες των HVAC, επιτρέπει στο SBEM να υπολογίσει

- την εποχιακή απόδοση συστημάτων για τη θέρμανση (SSEFF)
- την εποχιακή αναλογία ενεργειακής απόδοσης συστημάτων για την ψύξη (SSEER) και
- τη δευτερογενή ενέργεια.

**SSEFF** - η εποχιακή απόδοση συστημάτων για τη θέρμανση λαμβάνει υπόψη την εποχιακή απόδοση της γεννήτριας θερμότητας, των θερμικών απωλειών και των κερδών από και προς τις σωληνώσεις και τον αγωγό, και τη διαρροή αγωγών. Η συνδυασμένη ανάγκη θέρμανσης όλων των ζωνών που εξυπηρετούνται από ένα ιδιαίτερο σύστημα που διαιρείται με SSEFF δίνει την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος θέρμανσης (π.χ. ένας λέβητας ή λέβητες).

**SSEER** - η εποχιακή αναλογία ενεργειακής απόδοσης συστημάτων για την ψύξη λαμβάνει υπόψη την εποχιακή απόδοση της γεννήτριας ψύξης, των θερμικών απωλειών και κερδών από και προς τις σωληνώσεις και τον αγωγό και τη διαρροή αγωγών. Η συνδυασμένη ανάγκη ψύξης όλων των ζωνών που εξυπηρετούνται από

ένα ιδιαίτερο σύστημα διαιρείται με το SSEER της και δίνει την κατανάλωση ενέργειας του συστήματος ψύξης (π.χ. ένα ψύκτη).

**Δευτερογενή ενέργεια** - Αυτή εφαρμόζεται στο συνολικό εμβαδό δαπέδων που κλιματίζεται από ένα συγκεκριμένο σύστημα. Εξαρτάται από τη διάρκεια κατοχής και της λειτουργίας στις ζώνες που εξυπηρετούνται και καλύπτει την ενέργεια που χρησιμοποιείται από τους ανεμιστήρες, τις αντλίες, και τους ελέγχους.

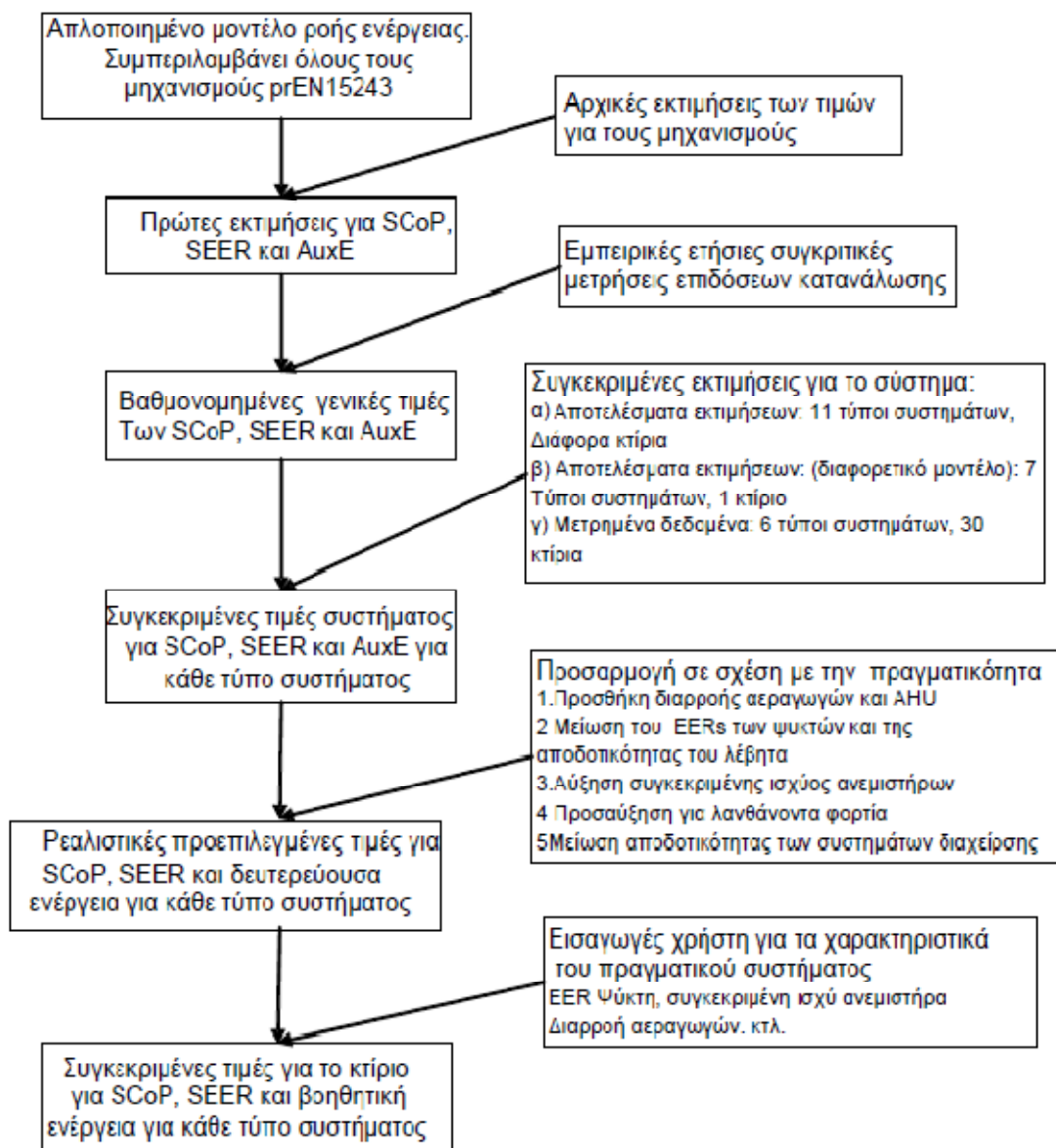
Όταν ο χρήστης δεν έχει αρκετά στοιχεία για περιγράψει το σύστημα HVAC του κτιρίου, τότε μπορεί να επιλέξει κάποια από τις ακόλουθες προεπιλογές που υπάρχουν στο λογισμικό:

- Ζώνη χωρίς σύστημα HVAC – Όταν δεν υπάρχει σύστημα HVAC που να εξυπηρετεί τον χώρο (μη κλιματιζόμενη ζώνη). Για παράδειγμα χώροι εγκαταστάσεων, αποθηκευτικοί χώροι, ανοιχτοί χώροι διακίνησης.
- Μόνο θέρμανση – Ηλεκτρική αντίσταση. Αναφέρεται στην θερμότητα που δημιουργείται αφού περάσει ρεύμα διαμέσου θερμικής αντίστασης. Εδώ ανήκουν ηλεκτρικά συστήματα κεντρικής θέρμανσης με διανομή ζεστού αέρα. Θερμοσυσσωρευτές με ανεμιστήρες και ηλεκτρικά μεταβλητοί ανεμιστήρες θα πρέπει να εισάγονται ορίζοντας ένα HVAC σύστημα στη φόρμα *Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις > HVAC συστήματα > Γενικά*. Όταν δεν είναι γνωστή η μέθοδος θέρμανσης (δηλ. αν το κτίριο χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό ή άλλο σύστημα θέρμανσης με καύσιμο), συνιστάται να χρησιμοποιείται αυτή η επιλογή
- Μόνο θέρμανση – άλλα συστήματα. Η επιλογή αυτή περιλαμβάνει θερμαντικά σώματα νερού με καύσιμο, όπου η θερμότητα δημιουργείται από καύση ή από αντλίες θερμότητας που η λειτουργία τους βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο. Θεωρείται ότι οι αντλίες τροφοδοτούνται από το ηλεκτρικό δίκτυο. Όταν ο τύπος καυσίμου που χρησιμοποιείται από το σύστημα θέρμανση είναι γνωστός, μπορεί να οριστεί στη φόρμα *Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις > Γενικές και Προκαθορισμένες επιλογές > Προεπιλογές συστημάτων HVAC*.
- Θέρμανση και μηχανική ψύξη – Για συστήματα αέρος σταθερού όγκου με αναθέρμανση τερματικού και σταθερού φρέσκου αέρα. Ψύκτες, ανεμιστήρες και αντλίες θεωρούνται ότι τροφοδοτούνται από το δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού. Όταν είναι γνωστός ο τύπος καυσίμου που χρησιμοποιείται από το σύστημα θέρμανση μπορεί να οριστεί στη φόρμα *Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις > Γενικές και Προκαθορισμένες επιλογές > Προεπιλογές συστημάτων HVAC*.
- «Θέρμανση μόνο - Άλλα συστήματα» - Υποτίθεται ότι είναι ένα σύστημα υγρών θερμαντικών σωμάτων, η θερμότητα παράγεται με ανάφλεξη καυσίμων ή αντλίες θερμότητας κύκλων ψύξης. Οι αντλίες υποτίθεται ότι λειτουργούν με ηλεκτρισμό από το δίκτυο. Αν γνωρίζετε τον τύπο των καυσίμων που

χρησιμοποιείται από το σύστημα θέρμανσης μπορείτε να το καθορίσετε σε αυτή την υπο-ετικέτα.

Ο αλγόριθμος υπολογισμού που χρησιμοποιεί το λογισμικό για τον προσδιορισμό των παραμέτρων SSEFF, SEER και της δευτερογενής ενέργειας παρουσιάζεται στην Εικόνα 34.

### ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Εικόνα 33: Διαδικασία ανάπτυξης μοντέλου HVAC

## 4.5.2. Ετικέτα συστήματα HVAC

### 4.5.2.1. Υποετικέτα Γενικά

Η υποετικέτα Γενικά φαίνεται στην Εικόνα 34. Για κάθε σύστημα HVAC στο κτίριο, θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα νέο αρχείο με τις παρακάτω πληροφορίες:

1. **Όνομα** – Για κάθε σύστημα HVAC δίνεται ένα μοναδικό όνομα.
2. **Τύπος Συστήματος** – Γίνεται επιλογή από μία λίστα με 26 τύπους συστημάτων (11 συστήματα θέρμανσης μόνο και 15 συστήματα θέρμανσης και ψύξης) συμπεριλαμβανομένων συστημάτων VAV (μεταβλητού όγκου αέρα), ανεμιστήρες πηνίου, διπλούς αγωγούς και κεντρική θέρμανση με διανομή νερού

#### **Σύστημα Θέρμανσης:**

3. **Πηγή θερμότητας** - Ανάλογα με τον τύπο συστημάτων που επιλέγεται παρέχεται μια επιλογή πηγών θερμότητας. Π.χ. εάν επιλέγεται «ο ενιαίος-αγωγός VAV», πρέπει να επιλέξετε μεταξύ: LTHW λέβητα, MTHW λέβητα, λέβητα HTHW, Απευθείας ή ηλεκτρική θέρμανση αποθήκευσης, αντλία θερμότητας: πηγή αέρα, αντλία θερμότητας: πηγή εδάφους ή νερού και τηλεθέρμανση.
4. **Τύπος καυσίμων** - Ανάλογα με την επιλεγμένη πηγή θερμότητας, θα σας δοθεί μια επιλογή τύπων καυσίμων για να επιλέξετε π.χ., φυσικό αέριο, υγραέριο, πετρέλαιο, ηλεκτρική ενέργεια δικτύου.

#### **Σύστημα Ψύξης:**

5. **Ψυκτικό συγκρότημα** - Αυτό είναι ο εξοπλισμός κλιματισμού προεπιλογής. Είναι η μόνη προεπιλογή στο iSBEM αυτή την περίοδο, η οποία δεν μπορεί να αλλάξει καθώς το πεδίο είναι καθορισμένο.
6. **Τύπος ψυκτικού συγκροτήματος** – Υπάρχει η δυνατότητα να επιλεχτεί ένας πιο ψυχρός τύπος ψυκτικού συγκροτήματος από το Μενού Επιλογών: Αερόψυκτος, νερό που ψύχεται ή απομακρυσμένος συμπυκνωτής.

#### **Εξαερισμός:**

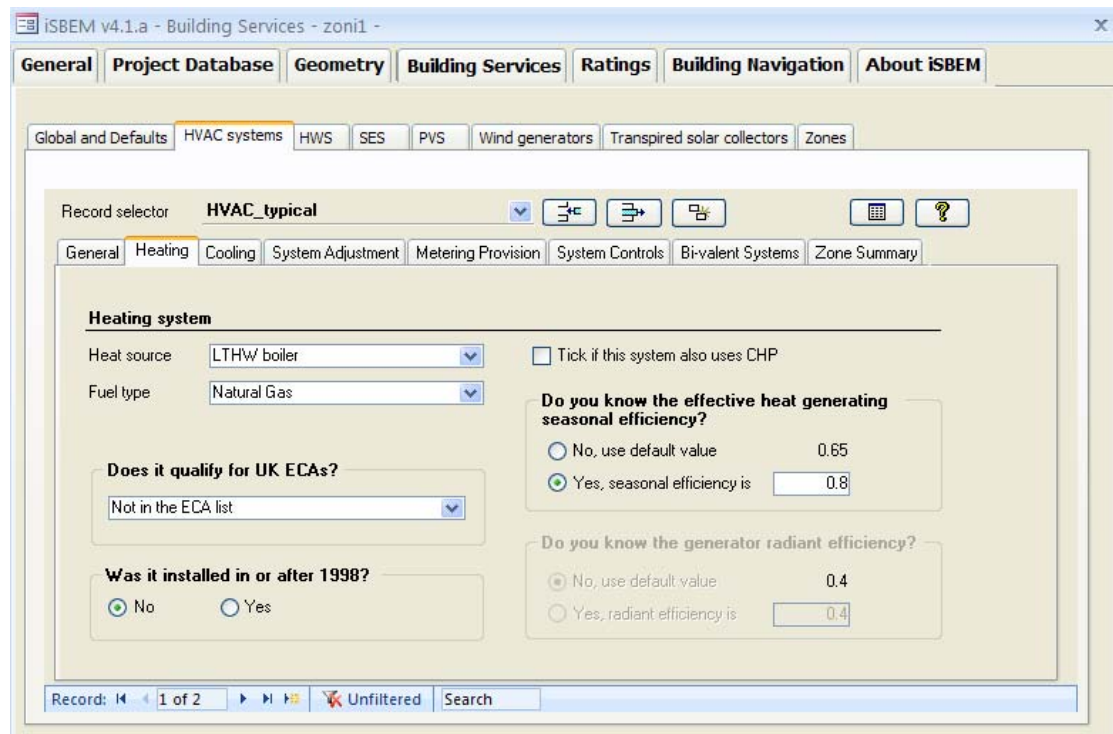
7. **Ανάκτηση θερμότητας** – Οι διαθέσιμες επιλογές είναι: Καμία ανάκτηση θερμότητας, Plate heat exchanger (Recuperator), θερμική ρόδα, και περιστρεφόμενο πηνίο.
8. **Ανάκτηση θερμότητας εποχιακή απόδοση** – Η επιλογή είναι ενεργή εάν έχει επιλεχτεί ένα σύστημα ανάκτησης θερμότητας. Εφόσον είναι γνωστή η απόδοση της ανάκτησης θερμότητας, μπορεί να εισαχθεί με το χέρι στη διεπαφή. Διαφορετικά θα χρησιμοποιηθεί μια προκαθορισμένη αξία από SBEM.

**Σημείωση:** Εάν το SFP υπολογίστηκε ή μετρήθηκε για ένα σύστημα μηχανικού εξαερισμού που περιέλαβε ήδη την ανάκτηση θερμότητας, τότε αυτή είναι η τιμή που πρέπει να εισαχθεί στο iSBEM. Εάν το SFP υπολογίστηκε ή μετρήθηκε προτού να προστεθεί η ανάκτηση θερμότητας, τότε πρέπει να προστεθεί 0.15 στο SFP για ένα θερμικό σύστημα τροχών και 0.3 για οποιοσδήποτε από τις άλλες επιλογές ανάκτησης θερμότητας στο iSBEM, ώστε να ληφθεί υπόψη η πρόσθετη αντίσταση.

The screenshot displays the iSBEM v4.1.a software interface for configuring an HVAC system. The window title is "iSBEM v4.1.a - Building Services - zoni1". The main menu includes "General", "Project Database", "Geometry", "Building Services", "Ratings", "Building Navigation", and "About iSBEM". The "Building Services" menu is open, showing sub-menus like "Global and Defaults", "HVAC systems", "HWS", "SES", "PVS", "Wind generators", "CHP generator", "Transpired solar collectors", and "Zones". The "HVAC systems" sub-menu is selected, and the "Record selector" is set to "HVAC\_typical". The "General" sub-tab is active, showing fields for "Name" (HVAC\_typical) and "Type" (Terminal reheat (constant volume)). The "Heating system" section includes "Heat source" (LTHW boiler), "Fuel type" (Natural Gas), and a checked checkbox for "Tick if this system also uses CHP". The "Cooling system" section includes "Pack Chiller" (Default chiller) and "Generator type" (Air cooled chiller). The "Ventilation" section includes "Heat recovery" (No heat recovery) and a checkbox for "Tick if variable heat recovery efficiency". A section titled "Do you know the Heat Rec. seasonal efficiency?" has radio buttons for "No, use the default" and "Yes, Heat Rec. seasonal eff. is:". The bottom status bar shows "Record: 1 of 2", "Unfiltered", and a search field.

**Εικόνα 34:** Καθορισμός συστήματος HVAC: Υπο-ετικέτα γενικά

#### 4.5.2.2. Υπο-ετικέτα θέρμανσης



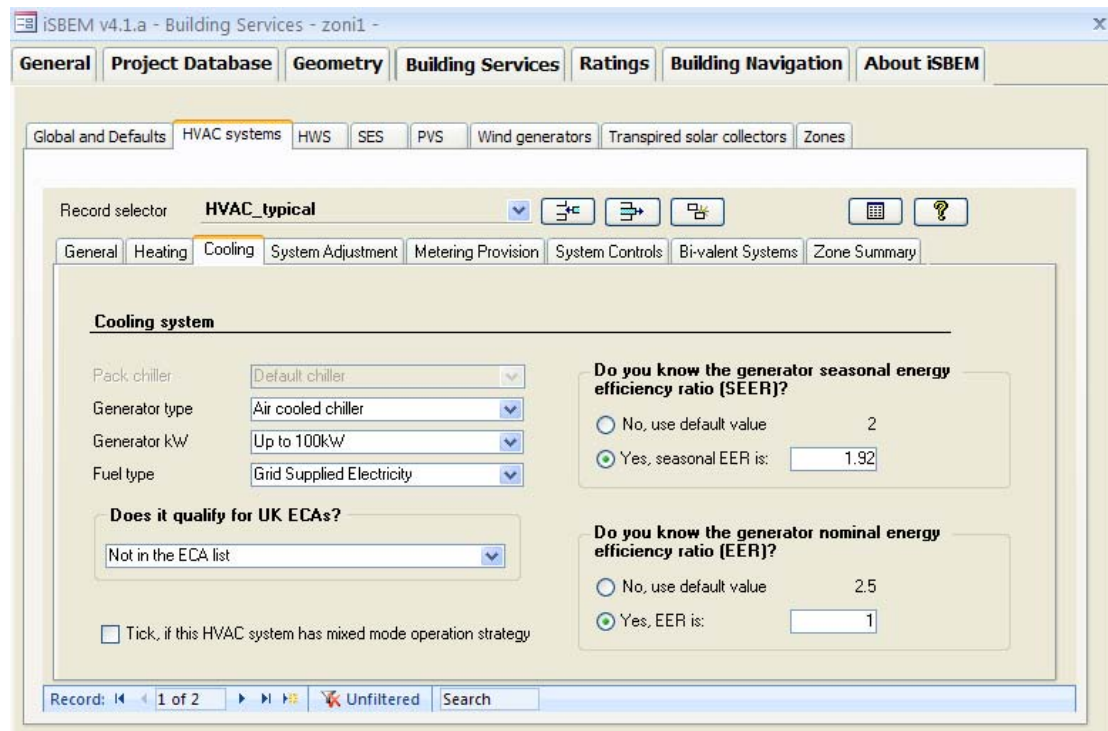
**Εικόνα 35: Καθορισμός συστήματος HVAC: Υπο-ετικέτα θέρμανσης**

#### 4.5.2.3. Υπο-ετικέτα ψύξης

Εκτός από τις πληροφορίες που εισάγονται στην υπο-ετικέτα *Γενικά*, ο χρήστης μπορεί να καθορίσει την εκτίμηση ισχύος και την αποδοτικότητα του συστήματος ψύξης. Εάν αυτά δεν είναι γνωστά, θα χρησιμοποιηθούν οι προκαθορισμένες τιμές από το λογισμικό. Οι πληροφορίες εισάγονται ως εξής:

1. Pack chiller kW - Ονομαστική ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη και πρέπει να επιλεγεί από:
  - Μέχρι 100 kW,
  - 101 έως 500 kW,
  - 501 έως 750 kW, και
  - 751 έως 3.5 MW.
2. Αναλογία εποχιακής ενεργειακής απόδοσης
3. Ονομαστική αναλογία ενεργειακής απόδοσης





**Εικόνα 36: Καθορισμός συστήματος HVAC: Υπο-ετικέτα ψύξης**

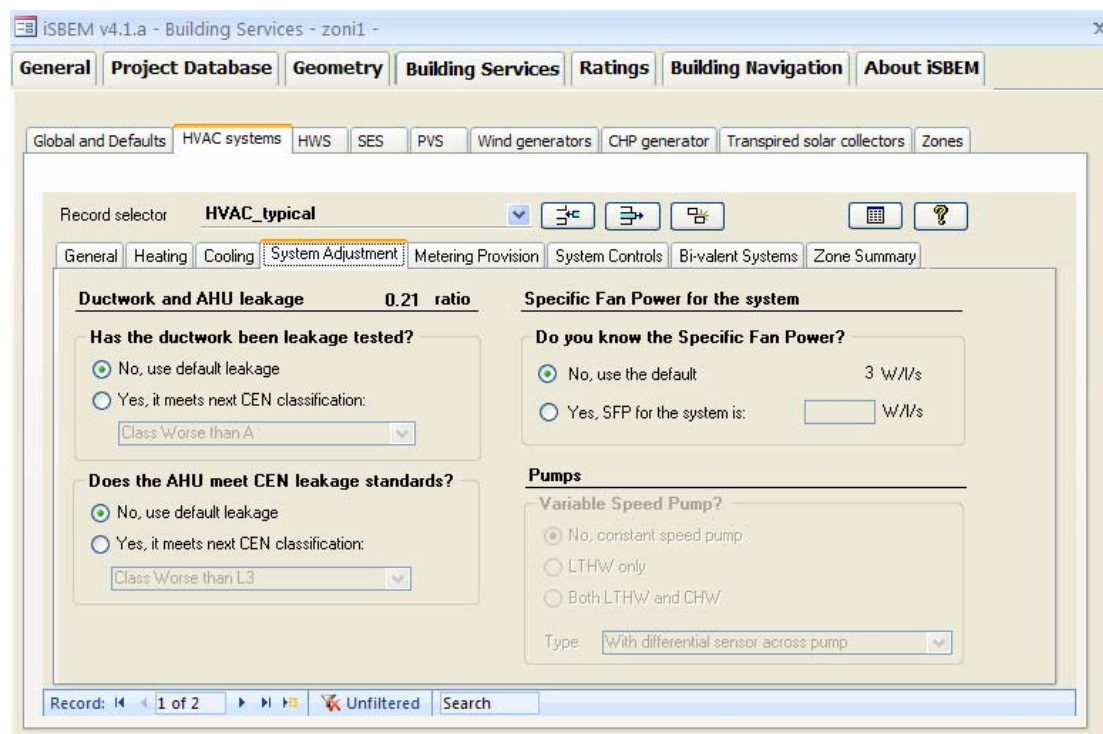
**Σημείωση:** Η αναλογία εποχιακής ενεργειακής απόδοσης γεννητριών ψύξης είναι η τιμή που χρησιμοποιείται μέσα στο SBEM για να υπολογίσει τη ενέργεια ψύξης ενώ η ονομαστική αναλογία ενεργειακής απόδοσης γεννητριών ψύξης είναι η αξία που χρησιμοποιείται για τη συμμόρφωση ελέγχοντας σε με τις περιοριστικές τιμές προτύπων από το HVAC.

#### 4.5.2.4. Υπο-ετικέτα ρυθμίσεων συστημάτων

Σε αυτή την ετικέτα καθορίζονται οι ακόλουθες ιδιότητες συστημάτων:

1. Διαρροή αγωγού - εάν ο αγωγός έχει εξεταστεί ή έχουν τεθεί οι όροι του σχεδίου για το κτίριο, η κατάλληλη ταξινόμηση CEN για τη διαρροή αέρα μπορεί να εισαχθεί ενεργοποιώντας κατάλληλη επιλογή. Οι διαφορετικές κατηγορίες αναφέρονται στη μέγιστη διαρροή αέρα που λαμβάνεται για τον αγωγό του HVAC σε διαφορετικές συνθήκες ελέγχου.
2. Διαρροή διαχειριζόμενης μονάδας αέρα (AHU)- ομοίως, εάν το AHU έχει εξεταστεί ή έχουν τεθεί οι όροι του σχεδίου για το κτίριο, κάντε κλικ στο κατάλληλο ράδιο κουμπί και επιλέξτε από το Μενού Επιλογών μεταξύ: L1, L2, L3, ή χειρότερα από L3.
3. Συγκεκριμένη ισχύς ανεμιστήρων (SFP)
4. Δευτερογενής ενέργεια για τους αερισμένους θερμούς θερμάστρες αέρα - εάν η βοηθητική ενεργειακή αναλογία (δευτερογενούς ενέργεια στην KWH ανά KWH της θέρμανσης της ενέργειας) για το σύστημα είναι γνωστή, μπορεί να εισαχθεί με το χέρι.

Εάν αυτές οι πληροφορίες δεν είναι γνωστές, θα χρησιμοποιηθούν οι προκαθορισμένες τιμές από το λογισμικό.



Εικόνα 37: Καθορισμός συστήματος HVAC: Υπο-ετικέτα ρυθμίσεις συστήματος

#### 4.5.2.5. Υπο-ετικέτα παροχή μετρήσεων

Εξετάζεται η επίδραση των μετρήσεων και των συναγερμών στη λειτουργία των συστημάτων. Υπάρχουν δύο ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν:

1. Το σύστημα έχει παροχή για μετρήσεις; - Αυτό αναφέρεται είτε στην ενεργειακή μέτρηση των εγκαταστάσεων, ή/και τη μέτρηση των ωρών λειτουργίας των εγκαταστάσεων, ή/και τον έλεγχο των εσωτερικών θερμοκρασιών στις ζώνες.

Και αν «ναι» τότε ενεργοποιείται η 2<sup>η</sup> ερώτηση:

2. Μετρήσεις και έλεγχος εξ'αποστάσεως? Αυτό αναφέρεται στον έλεγχο και τη στοχοθέτηση ως μέσο προσδιορισμού των αλλαγών στη λειτουργία ή την αρχή των ελαττωμάτων.

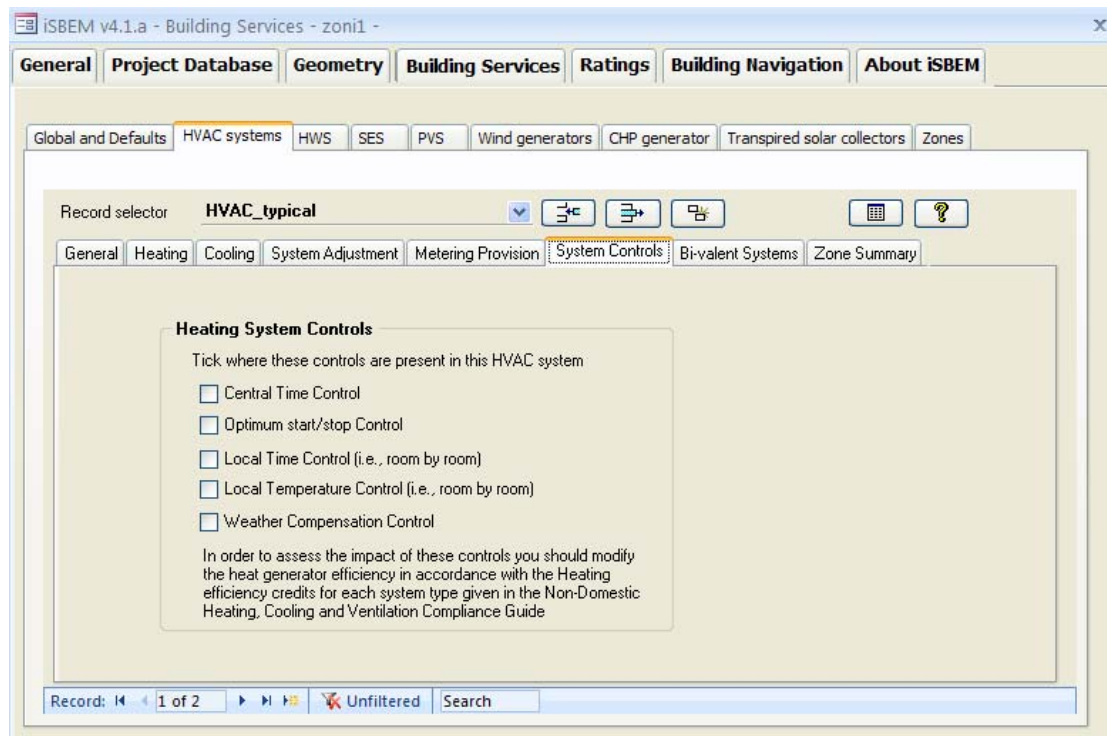
Εάν η απάντηση είναι «ναι» και στις δύο ερωτήσεις, μια διόρθωση ελέγχων 5% εφαρμόζεται στο σύστημα στο οποίο αναφέρεται η ερώτηση.

#### 4.5.2.6. Υπο-ετικέτα συστήματα ελέγχου

Οι επιλογές για τα συστήματα ελέγχου του συστήματος HVAC που ορίζεται περιλαμβάνουν:

1. Κεντρικός έλεγχος ώρας
2. Βέλτιστος έλεγχος ενεργοποίησης/απενεργοποίησης (περιορισμός υστέρησης).

3. Τοπικός έλεγχος ώρας (π.χ. για κάθε δωμάτιο)
4. Τοπικός θερμοστάτης (π.χ. για κάθε δωμάτιο)
5. Έλεγχος εξωτερικής θερμοκρασίας weather compensation control.



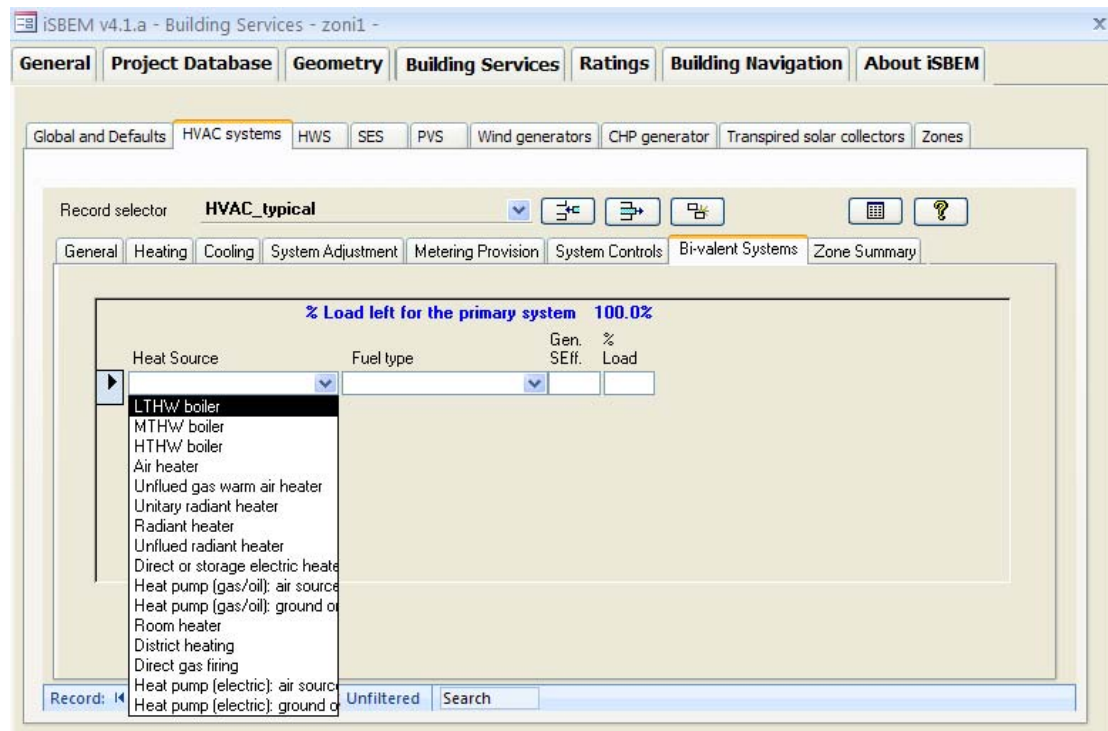
**Εικόνα 38: Καθορισμός συστήματος HVAC: Υπο-ετικέτα συστήματα ελέγχου**

#### 4.5.2.7. Υπο-ετικέτα δισθενές σύστημα

Ένα δισθενές σύστημα θέρμανσης είναι εκείνο στο οποίο η θέρμανση παρέχεται από δύο ή περισσότερους διαφορετικούς τύπους πηγών θερμότητας. Ένα παράδειγμα θα μπορούσε να είναι μια αντλία θερμότητας με λέβητα αερίου ως εφεδρικό σύστημα.

Για κάθε επιπλέον σύστημα θέρμανσης εισάγονται οι εξής παράμετροι:

1. Τύπος πηγής θερμότητας
2. Είδος καυσίμου
3. Εποχιακή απόδοση SEFF του συστήματος
4. Ποσοστό (%) του φορτίου θέρμανσης που καλύπτεται από την εν λόγω πηγή θερμότητας



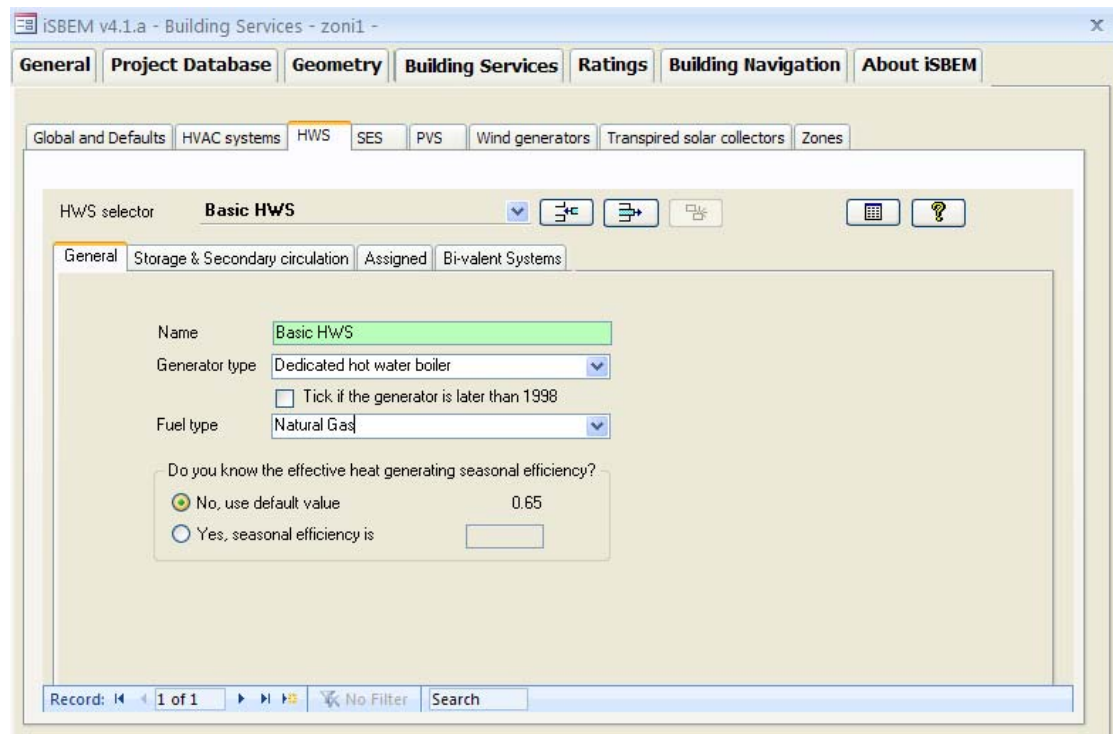
**Εικόνα 39: Καθορισμός συστήματος HVAC: Υπο-ετικέτα δισθενές σύστημα**

### 4.5.3. Ετικέτα ZNX

#### 4.5.3.1. Υπο-ετικέτα γενικά

Στην παρούσα υπο-ετικέτα καθορίζεται το σύστημα ZNX με τις ακόλουθες πληροφορίες:

1. Όνομα – Μοναδικό όνομα για κάθε σύστημα ZNX
2. Τύπος γεννητριών - Διαθέσιμες επιλογές: αποκλειστικός λέβητας ZNX, αυτόνομος θερμοσίφωνας, στιγμιαίο ZNX μόνο, Instantaneous combi, αντλία θερμότητας, ή οποιοδήποτε από τα συστήματα HVAC αυτού του έργου που έχουν οριστεί προηγουμένως στην ετικέτα συστήματος HVAC.
3. Είναι μεταγενέστερο του 1998? – Η παράμετρος αυτή καθορίζει την προεπιλεγμένη τιμή που εισάγει το iSBEM όταν δεν καθορίζεται από τον χρήστη ο συντελεστής εποχιακής αποδοτικότητας SEEF. Η τιμή του SEEF ορίζεται 0.65 για συστήματα boiler που κατασκευάστηκαν πριν το 1998 και 0.85 για εκείνα μετά το 1998.
4. Τύπος καυσίμων - Ανάλογα με τον τύπο γεννητριών που επιλέγεται, υπάρχει διαθέσιμος ένας κατάλογος τύπων καυσίμων.
5. Εποχιακή απόδοση SEFF του συστήματος



**Εικόνα 40: Καθορισμός συστήματος ZNX: Υπο-ετικέτα γενικά**

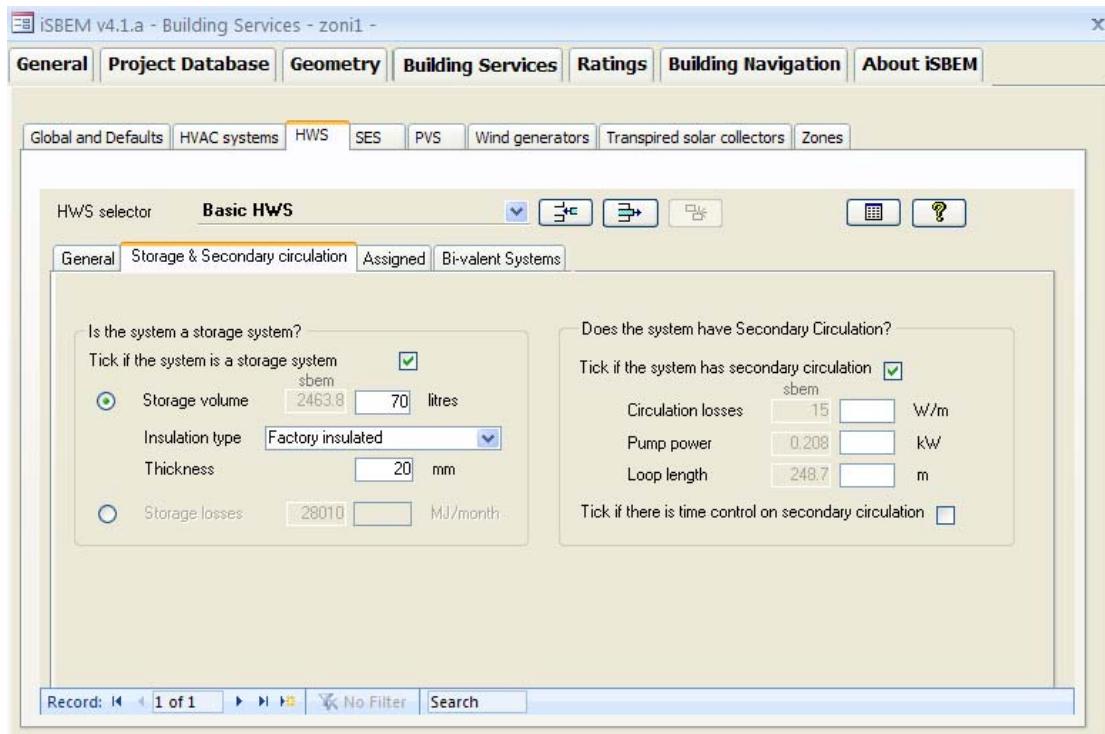
#### **4.5.3.2. Υπο-ετικέτα αποθήκευση και δευτερεύουσα κυκλοφορία**

Εισάγονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

1.
  - a. Όγκος αποθήκευσης – όγκος του δοχείου αποθήκευσης σε lt. Εισάγεται τιμή από τον χρήστη, αλλιώς
  - b. Τύπος μόνωσης – επιλογή μεταξύ: μη μονωμένο, loose jacket και εργοστασιακή μόνωση. Για τις δύο τελευταίες επιλογές (όταν υπάρχει μόνωση) ενεργοποιείται το εξής πεδίο:
  - c. Πάχος μόνωσης σε mm  
ή
  - d. Απώλειες αποθήκευσης σε MJ/μήνα – Υπάρχει προκαθορισμένη τιμή αλλά ο χρήστης μπορεί να εισάγει τη δικιά του εφόσον γνωρίζει.
2. Το σύστημα έχει δευτερεύον κύκλωμα; - Εάν κάνετε tick στο κουτάκι ενεργοποιούνται τα ακόλουθα:
  - a. απώλειες θερμότητας ανά τρεχούμενο μέτρο (W/m)
  - b. ισχύς αντλιών (KW) και
  - c. το δευτεροβάθμιο μήκος σωληνώσεων (m).

Υπάρχουν προκαθορισμένες τιμές για τα παραπάνω αλλά ο χρήστης μπορεί να εισάγει τη δικιά του εφόσον γνωρίζει.

### 3. Κάνετε τικ στο κουτάκι εάν υπάρχει χρονικός έλεγχος για το δευτερεύον



Εικόνα 41: Καθορισμός συστήματος ZNX: Υπο-ετικέτα αποθήκευση και δευτερεύουσα κυκλοφορία

#### 4.5.4. Ετικέτα ζώνης - Καθορισμός συστημάτων φωτισμού και εξαερισμού κάθε ζώνης

Σε αυτή την ετικέτα

##### 4.5.4.1. Υπο - ετικέτα HVAC, ZNX και Συστήματα φωτισμού

Εισάγονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

- Σύστημα HVAC – Επιλογή ανάμεσα στα συστήματα HVAC που έχουν οριστεί στην ετικέτα *Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις* και στα προεπιλεγμένα συστήματα (μόνο θέρμανση – Ηλεκτρική αντίσταση, Μόνο θέρμανση – Άλλα συστήματα , Θέρμανση και μηχανική ψύξη, Ζώνες χωρίς συστήματα HVAC)
  - Υπάρχουν ανεμιστήρες αποστρωματοποίησης στη ζώνη;
  - Σύστημα ZNX -
  - Μήκος σωληνώσεων από την παροχή νερού μέχρι το σημείο που το νερό ζεσταίνεται σε αυτή τη ζώνη - Μήκος της σωλήνας εξαγωγής στην έξοδο του χώρου (χρησιμοποιείται μόνο για ζώνες όπου το νερό αποτραβιέται, όπως οι τουαλέτες και τα δωμάτια παρασκευής τσαγιού).
- ⇒ Οι ανεμιστήρες αποστρωματοποίησης παρέχουν επιπλέον επανακυκλοφορία του αέρα στη ζώνη για να διασφαλίσουν την ίση κατανομή θερμοκρασίας (καθώς αυτό θα βοηθήσει στην μείωση του φορτίου θέρμανσης και θα αυξήσει τα φορτία της βοηθητικής ενέργειας).

#### 4.5.4.2. Υπο – ετικέτα εξαερισμού

Εισάγονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

1. Τύπος εξαερισμού ζώνης- Εδώ μπορεί να προστεθεί ένα σύστημα μηχανικού εξαερισμού ξεχωριστό από τη θέρμανση ή το σύστημα ψύξης (π.χ., ζωνικός εξαερισμός). Εάν το επιλεγμένο σύστημα HVAC δεν περιλαμβάνει ήδη τον εξαερισμό, τα ραδιοκουμπιά της ζώνης εξαερισμού ενεργοποιούνται. Π Φυσική ή μηχανική παροχή και εξαγωγή, ανάλογα με το εάν υπάρχει ένα σύστημα μηχανικού εξαερισμού στη ζώνη για να παρέχει το φρέσκο αέρα.
  2. Η περιοχή δραστηριότητας απαιτεί την επεξεργασία αέρα υψηλής πτώσης; - Αυτή η επιλογή ικανοποιεί τις δραστηριότητες που απαιτούν χρήση της επεξεργασίας αέρα υψηλής πτώσης, συμπεριλαμβανομένης της διήθησης HEPA. Αυτό μπορεί να συμβαίνει στα νοσοκομεία (χειρουργεία, σουίτες εντατικής παρακολούθησης), τους αερολιμένες (για να κρατήσει έξω τους καπνούς), μουσεία και βιβλιοθήκες (με ευαίσθητα εκθέματα), εμπορικές κουζίνες (φίλτρα μυρωδιών, παγίδες λιπών) μερικές βιομηχανικές διαδικασίες κ.α. Εδώ, μπορείτε είτε να αφήσετε το SBEM να χρησιμοποιήσει αυτήν την παράμετρο από τη βάση δεδομένων δραστηριότητας ή να επιλέξετε χειρονακτικά τη σχετική επιλογή κάνοντας τικ στο σχετικό κουτάκι.
- ⇒ Το ποσοστό ροής παροχής και εξαγωγής για όλα τα συστήματα εξαερισμού είναι ρυθμισμένο για να παίρνει την ελάχιστη αξία αναγκών φρέσκου αέρα από τη βάση δεδομένων δραστηριότητας.
- ⇒ Ο ζωνικός εξαερισμός δεν είναι πλέον διαθέσιμος για τις μονάδες ανεμιστήρων πηνίου (fan coils). Ο εξαερισμός για αυτόν τον τύπο HVAC καθορίζεται σε επίπεδο HVAC.

#### 4.5.4.3. Υπο – ετικέτα εξαερισμού (συνέχεια)

Αυτή η υπο-καρτέλα χρησιμοποιείται για να καθορίσει το είδος της ανάκτησης θερμότητας, κατά περίπτωση, το σύστημα εξαερισμού ειδικές για κάθε ζώνη. Είναι επίσης χρησιμοποιείται για να καθορίσει το SFP της μονάδας τερματικού κατά περίπτωση ανάλογα με το σύστημα HVAC που εξυπηρετεί την περιοχή.

- ⇒ Εάν το επιλεγμένο HVAC σύστημα που έχει επιλεγεί είναι «fan coil system» ή «indoor packaged cabinet (VAV)» η εισαγωγή της τιμής SFP στην φόρμα Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις > ετικέτα HVAC systems > υπο-ετικέτα Ρυθμίσεις συστήματος πρέπει να είναι για την κεντρική μονάδα, ενώ η τιμή SFP για τις τερματικές μονάδες μπορεί να εισαχθεί στην παρούσα υπο – ετικέτα για όλες τις ζώνες που εξυπηρετούνται από το σύστημα.

Εισάγονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

1. Συγκεκριμένη ισχύς ανεμιστήρων (SFP) για τις τερματικές μονάδες του συστήματος

2. Υπάρχει σύστημα νυχτερινού δροσισμού;

#### 4.5.4.4. *Υπο – ετικέτα εξάτμισης*

Αυτή η υπο-καρτέλα χρησιμοποιείται για να καθορίσει τα χαρακτηριστικά ενός μηχανικού συστήματος εξάτμισης που πιθανόν να υπάρχει σε μια ζώνη. Ένα παράδειγμα όπου αυτό θα χρησιμοποιείτο είναι σε μια τουαλέτα. Αυτή η επιλογή είναι ενεργή για όλους τους τύπους συστημάτων HVAC που εξυπηρετούν τη ζώνη.

Εισάγονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

1. Υπάρχει μηχανική εξάτμιση στη ζώνη;



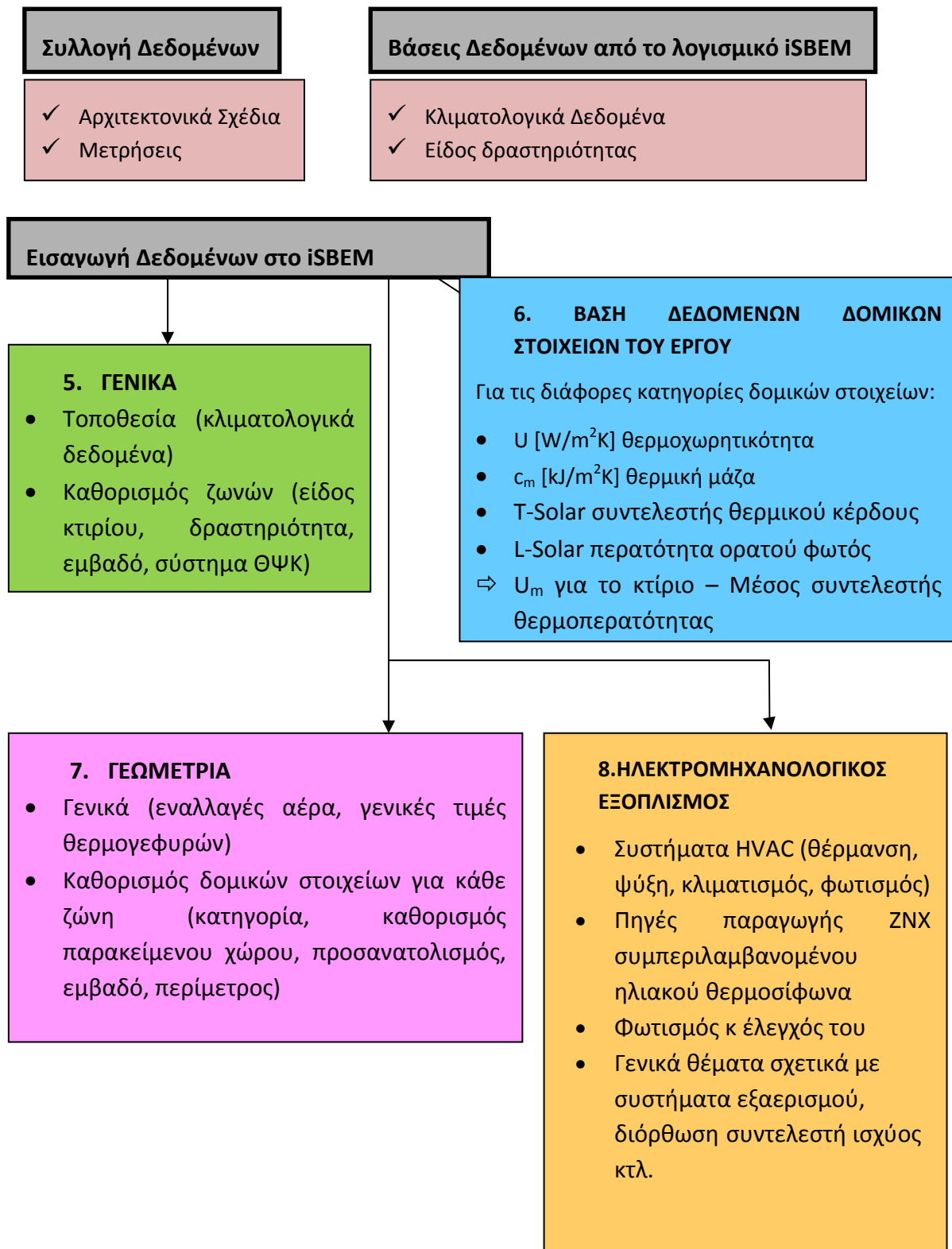
#### 4.6. Μεθοδολογία υπολογισμού

- Υπολογίζει τις ανάγκες ενέργειας για φωτισμό σε τυποποιημένη βάση, λαμβάνοντας υπόψη το εμβαδό των υαλοπινάκων, τη σκίαση, την πηγή φωτός και τα συστήματα ελέγχου φωτισμού.
- Καθιερώνει τα τυποποιημένα κέρδη θερμότητας και υγρασίας σε κάθε περιοχή δραστηριότητας, από τη βάση δεδομένων.
- Υπολογίζει τις ενεργειακές ροές θερμότητας μεταξύ της κάθε περιοχής δραστηριότητας (ζώνης) και του εξωτερικού περιβάλλοντος, όπου συνορεύουν η μια με την άλλη, με τη χρήση των τυποποιημένων αλγορίθμων CEN.
- Εφαρμόζει τις κατάλληλες αποδόσεις συστημάτων HVAC για να καθορίσει τις παρεχόμενη ενέργεια για τη διατήρηση των θερμικών συνθηκών.
- Αθροίζει την παρεχόμενη ενέργεια με βάση την προέλευση, και τη μετατρέπει σε πρωτογενή ενέργεια.
- Καθορίζει, στην ίδια βάση, την Πρωτογενή Ενέργεια του κτιρίου αναφοράς το οποίο έχει την ίδια γεωμετρία, χρήση, κέρδη θερμότητας, θερμοκρασία, φωτισμό και συνθήκες αερισμού και κλιματικές συνθήκες με το προτεινόμενο κτίριο, ενώ τα υλικά κατασκευής των στοιχείων του κτιρίου, τα συστήματα HVAC και τα συστήματα φωτισμού καθορίζονται από τους Βρετανικούς Κτιριακούς Κανονισμούς του 2002
- Με βάση την Πρωτογενή Ενέργεια προσδιορίζονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για το κτίριο που αξιολογείται και για το κτίριο αναφοράς.

Ως εκ τούτου, ο χρήστης αλληλεπιδρά με τη διεπαφή iSBEM και δημιουργεί ένα μοντέλο του κτιρίου με την περιγραφή του μεγέθους του, πώς χρησιμοποιείται, πώς κατασκευάζεται, και πώς συντηρείται.

Για αυτό τον λόγο οι υπολογισμοί πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπών CO<sub>2</sub> δεν πρέπει να θεωρηθούν ως προβλέψεις υπολογισμού για την πραγματική χρήση του κτιρίου όταν αυτό λειτουργήσει στην πραγματικότητα.

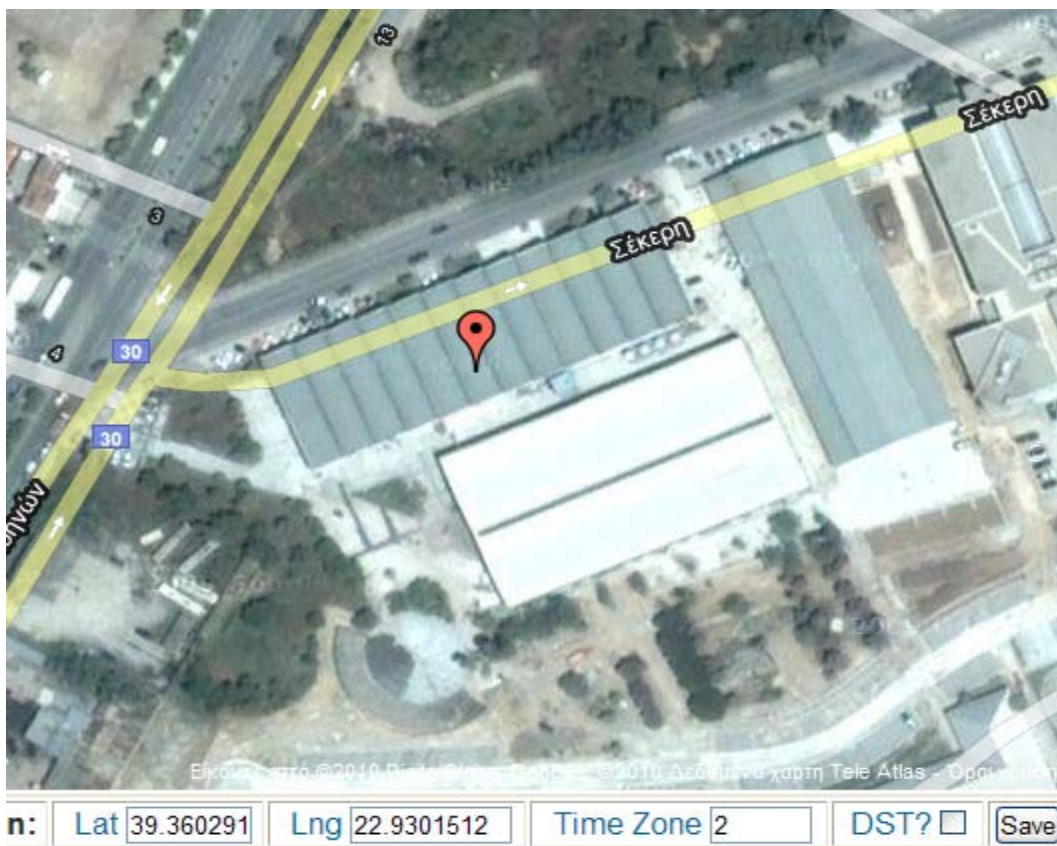
## 5. Εισαγωγή τιμών στο υπό εξέταση κτίριο - Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό iSBEM



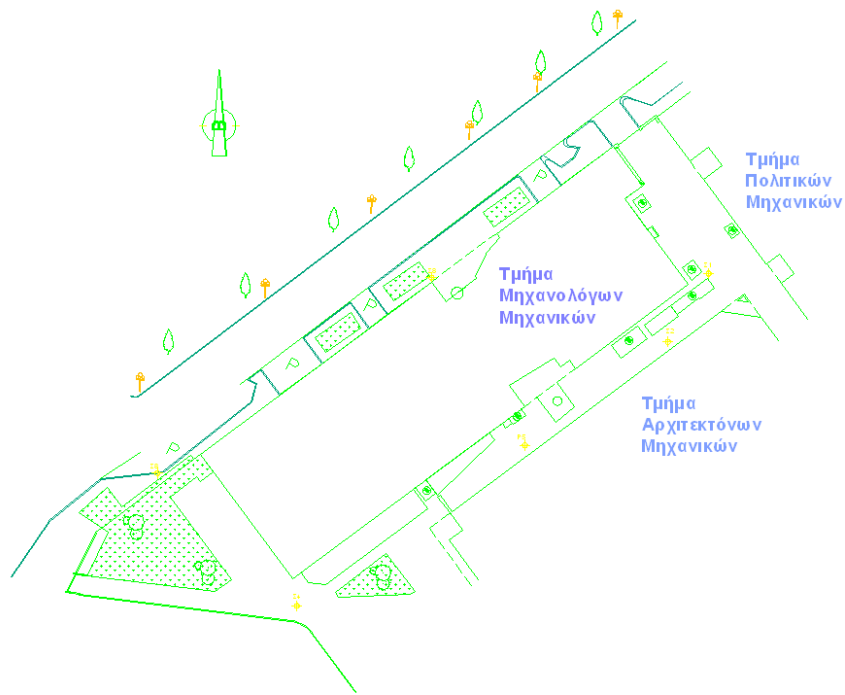
## 5.1. Η θέση και το περιβάλλον του κτιρίου

Το κτίριο που μελετάται είναι το Κεντρικό Κτίριο Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Πεδίο του Άρεως στο Βόλο. Είναι ένα παλιό βιομηχανικό κτίριο (πρώην εργοστάσιο Παπαρρήγα), το οποίο ανακατασκευάστηκε το 1992 και άλλαξε χρήση και διαρρύθμιση, διατηρώντας τον αρχικό σκελετό και τμήματα του κελύφους. Το κτίριο έχει κτιστεί το 1938 και η συνολική του έκταση είναι 2500 m<sup>2</sup> και αποτελείται από το ισόγειο και έναν όροφο. Το ισόγειο περιλαμβάνει τα 10 εργαστήρια της σχολής (βλ. Εικόνα 44: Κάτοψη ισογείου), την γραμματεία, το αμφιθέατρο και αποθηκευτικούς χώρους. Επιπλέον υπάρχει ένας μεγάλος διάδρομος που ενώνει τα εργαστήρια και οι τουαλέτες. Στον πρώτο όροφο στεγάζονται τα γραφεία των καθηγητών, των μεταπτυχιακών φοιτητών και των υποψήφιων διδακτόρων.

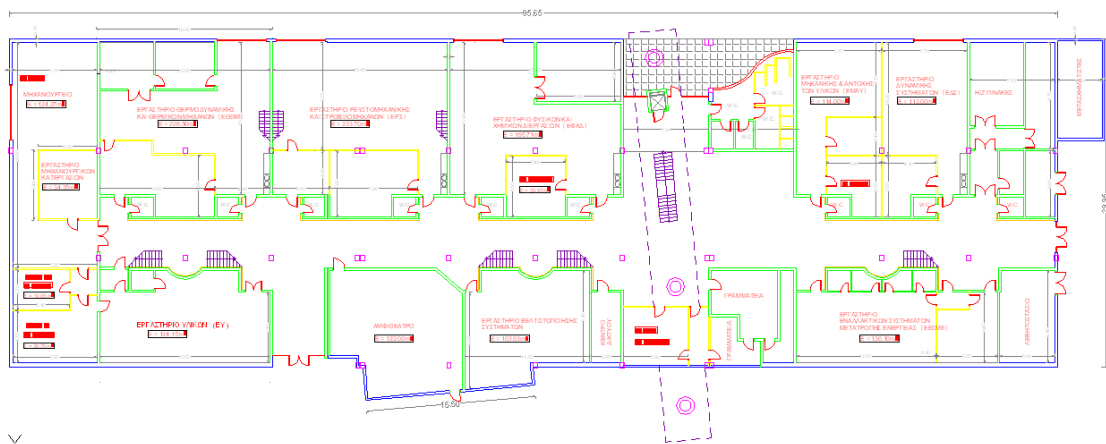
Για τη εισαγωγή των γεωμετρικών στοιχείων της κατασκευής χρησιμοποιήθηκαν τα αρχιτεκτονικά σχέδια τα οποία και παραχωρήθηκαν από την Τεχνική Υπηρεσία του Π.Θ. και έγιναν επιτόπου μετρήσεις όπου χρειάστηκε, για την αποτύπωση των αλλαγών.



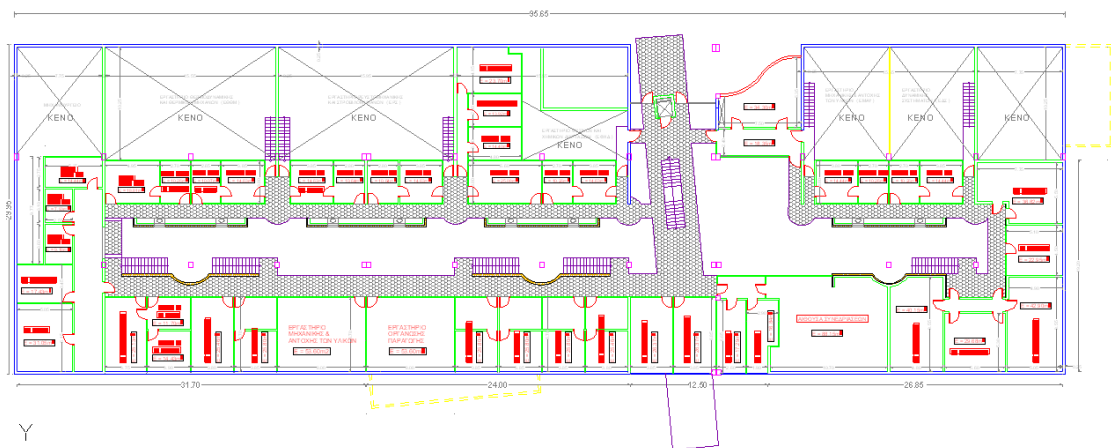
Εικόνα 42: Εικονική αεροφωτογραφία του Πεδίου του Άρεως



**Εικόνα 43: Τοπογραφικό διάγραμμα**



**Εικόνα 44: Κάτοψη ισογείου**



**Εικόνα 45: Κάτοψη ορόφου**

## 5.2. Κλιματικά δεδομένα

Τα ωριαία κλιματικά δεδομένα απαιτούνται για την προετοιμασία των μηνιαίων κλιματολογικών τιμών και των εξαρτώμενων από αυτά συντελεστών. Αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνουν τουλάχιστον:

- Ωριαία εξωτερική θερμοκρασία αέρα, σε °C.
- Ωριαία ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο, W/m<sup>2</sup>
- Τοπική ή μετεωρολογική ταχύτητα αέρα, σε m/s.
- Κατεύθυνση αέρα.

Σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και τα πρότυπα του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (W.M.O.) τα οποία αναφέρονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 15927-5:2005, η μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) για μια περίοδο υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών κάθε έτους της αναγραφόμενης περιόδου. Η μέση μέγιστη/ελάχιστη θερμοκρασία είναι ο μέσος όρος των ημερήσιων μέγιστων/ελάχιστων θερμοκρασιών ολόκληρης της περιόδου.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου χρησιμοποιούνται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες εικοσιτετραώρου της περιοχής όπου βρίσκεται το κτίριο. Οι μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας εικοσιτετραώρου για την πόλη του Βόλου δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 9: Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας αέρα για την πόλη του Βόλου [36]**

ΒΟΛΟΣ	Μήνας	Μέση θερμοκρασία
	Ιανουάριος	7.76
	Φεβρουάριος	9.04
	Μάρτιος	10.97
	Απρίλιος	15.39
	Μάιος	20.12
	Ιούνιος	24.58
	Ιούλιος	26.98
	Αύγουστος	26.61
	Σεπτέμβριος	22.89
	Οκτώβριος	17.69
	Νοέμβριος	13.33
	Δεκέμβριος	9.58

Όπως έχει αναφερθεί στην ενότητα 3.5. Βάσεις δεδομένων η επιλογή της τοποθεσίας αποτελεί μία κλειδωμένη βάση δεδομένων όπου παρέχονται τα απαιτούμενα κλιματολογικά δεδομένα. Ο χρήστης δε μπορεί να επέμβει και να αλλάξει αυτές τις τιμές, οι οποίες χρησιμοποιούνται τόσο στους υπολογισμούς για τα προτεινόμενα κτίρια όσο και για τα κτίρια αναφοράς.

Ο Κ.ΕΝ.Α.Κ. συστήνει, για τις περιοχές για τις οποίες δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας, να χρησιμοποιούνται δεδομένα από την πλησιέστερη περιοχή στην οποία παρατηρείται παρόμοια μορφολογία εδάφους (ορεινοί όγκοι, κ.α.) και παρόμοιος προσανατολισμός [37]

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η πόλη Cardiff ως κλιματική θέση για το εξεταζόμενο κτίριο. Το Cardiff βρίσκεται στο νότιο-δυτικό τμήμα της Αγγλίας (Εικόνα 46), και οι κλιματολογικές του συνθήκες προσεγγίζουν ικανοποιητικά τις αντίστοιχες του Βόλου.

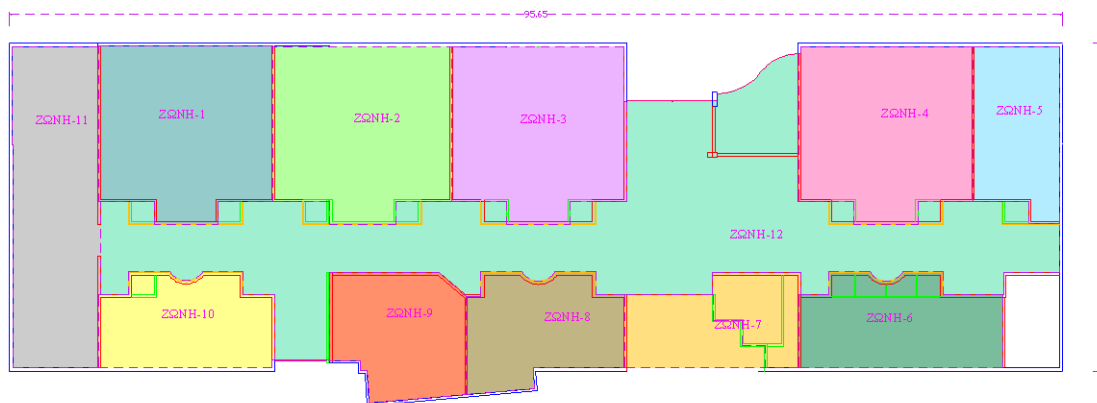
Οι τιμές των παραμέτρων που καθορίζονται από την επιλογή της τοποθεσίας δεν είναι προσβάσιμες και για αυτό και δεν παρουσιάζονται. Σημειώνετε ότι οι τιμές σχετικής και απόλυτης υγρασίας δεν απαιτούνται από το λογισμικό iSBEM καθώς δε λαμβάνονται υπ' όψιν τα λανθάνοντα φορτία στους σχετικούς υπολογισμούς.



**Εικόνα 46: Γεωγραφικός χάρτης του Ηνωμένου Βασιλείου όπου σημειώνεται η πόλη Cardiff που επιλέχθηκε λόγω της γεωγραφικής της θέσης.**

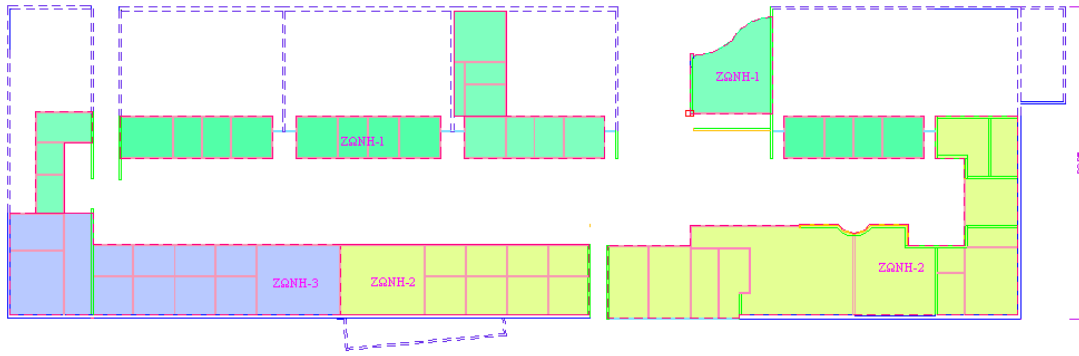
### 5.3. Καθορισμός ζωνών

Το βασικό κριτήριο για το διαχωρισμό του ισογείου σε ενεργειακές ζώνες αποτέλεσε η χρήση/λειτουργία των χώρων και το σύστημα ΘΨΚ που τις εξυπηρετεί. Έτσι, κάθε εργαστήριο αποτελεί και μία διαφορετική ζώνη (με εξαίρεση το Εργαστήριο Δυναμικής Συστημάτων και το Εργαστήριο Μηχανικής & Αντοχής των Υλικών που συστεγάζονται). Τα εργαστήρια που βρίσκονται στη βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου (ζώνες 1-4, 9 και 11) έχουν το καθένα από μία αυτόνομη κλιματιστική μονάδα για την θέρμανση και ψύξη του χώρου, ενώ τα υπόλοιπα εργαστήρια εξυπηρετούνται από fan coils και split-units. Η ζώνη 5 και η ζώνη 12 (διάδρομος) είναι μη θερμαινόμενοι χώροι.



**Εικόνα 47: Διαχωρισμός του κτιρίου σε ζώνες – Ισόγειο**

Ο πάνω όροφος είναι ο χώρος των γραφείων. Το σύστημα θέρμανσης είναι fan coils για τα γραφεία που βρίσκονται στη βορειοδυτική πλευρά και τροφοδοτούνται από τις ζώνες με αυτόνομη κλιματιστική μονάδα (ζώνες 1,2,3,4,9 και 11) και fan coils σε συνεργασία με split units για τα υπόλοιπα. Βασικό κριτήριο για το διαχωρισμό ήταν ο προσανατολισμός και η πρόσβαση του φυσικού φωτός. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι οι κλιματιστικές μονάδες split units του κτιρίου δεν έχουν συμπεριληφθεί στα Η/Μ συστήματα. Έτσι η πρώτη ζώνη του ορόφου αποτελείται από τα γραφεία που βρίσκονται στο εσωτερικό του κτιρίου και δεν έχουν εξωτερικούς τοίχους. Τα γραφεία που συγκαταλέγονται στη δεύτερη ζώνη είναι αυτά που βρίσκονται στο νοτιοανατολικό άκρο του κτιρίου. Τα γραφεία αυτά έχουν εξωτερικούς τοίχους με ανοίγματα, αλλά η πρόσβαση του φυσικού φωτός εμποδίζεται από τα γειτονικά κτίρια των Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 42. Τέλος, τα γραφεία της τρίτης ζώνης βρίσκονται στο νοτιοδυτικό άκρο του κτιρίου όπου το φως φτάνει ανεμπόδιστο, καθώς δεν υπάρχουν γειτονικά κτίρια σε ικανή απόσταση .



**Εικόνα 48: Διαχωρισμός του κτιρίου σε ζώνες – 1ος όροφος**

Στον πίνακα που ακολουθεί γίνεται η αντιστοίχιση των ζωνών με τους χώρους δραστηριότητας. Στην πρώτη στήλη αναγράφονται οι ζώνες σύμφωνα με την αρίθμηση που παρουσιάστηκε παραπάνω (Πίνακας 10). Ο πρώτος αριθμός δηλώνει τον όροφο και ο δεύτερος τον αριθμό της ζώνης. Στην τρίτη και τέταρτη στήλη είναι ο τύπος του κτιρίου και η δραστηριότητα, όπως ορίστηκαν στο λογισμικό μέσα από της διαθέσιμες επιλογές. Στην πέμπτη στήλη αναγράφεται το σύστημα ΘΨΚ που εξυπηρετεί την αντίστοιχη ζώνη και στην τελευταία στήλη φαίνεται το εμβαδό της ζώνης.

Οι μονάδες split units της ζώνης 0/8 (Εργαστήριο Βελτιστοποίησης Συστημάτων) έχουν θεωρηθεί στον υπολογισμό ως fan coils.

**Πίνακας 10: Καθορισμός ζωνών – επιμέρους χρήσεις των χώρων, επιλογή δραστηριότητας, συστήματος HVAC και εμβαδό επιφανειών**

Ζώνη	Χρήση Χώρου	Τύπος κτιρίου	Δραστηριότητα	ΘΨΚ	Εμβαδό [m <sup>2</sup> ]
0/1	Εργαστήριο Θερμοδυναμικής και Θερμικών Μηχανών	Οικοτροφεία – Πανεπιστήμια και κολλέγια	Εργαστήριο	KKM	236.54
0/2	Εργαστήριο Ρευστομηχανικής και Στροβιλομηχανών	Οικοτροφεία – Πανεπιστήμια και κολλέγια	Εργαστήριο	KKM	241.02
0/3	Εργαστήριο Φυσικών και Χημικών Διεργασιών	Οικοτροφεία – Πανεπιστήμια και κολλέγια	Εργαστήριο	KKM	235.93
0/4	Εργαστήριο Δυναμικής Συστημάτων & Εργαστήριο Μηχανικής & Αντοχής των Υλικών	Οικοτροφεία – Πανεπιστήμια και κολλέγια	Εργαστήριο	KKM	234.88
0/5	Η/Ζ πίνακες	Αποθήκευση ή διανομή	Warehouse storage	-	116.74



Ζώνη	Χρήση Χώρου	Τύπος κτιρίου	Δραστηριότητα	ΘΨΚ	Εμβαδό [m <sup>2</sup> ]
0/6	Εργαστήριο Εναλλακτικών Συστημάτων Μετατροπής Ενέργειας	Οικοτροφεία – Πανεπιστήμια και κολλέγια	Εργαστήριο	fan coils	143
0/7	Γραμματεία	Οικοτροφεία – Πανεπιστήμια και κολλέγια	Γραφεία και συμβουλευτικά κέντρα	fan coils	121.07
0/8	Εργαστήριο Βελτιστοποίησης Συστημάτων	Οικοτροφεία - Πανεπιστήμια και κολλέγια	Εργαστήριο	Split units	129,38
0/9	Αμφιθέατρο	Οικοτροφεία - Πανεπιστήμια και κολλέγια	Χωλ, αμφιθέατρο, χώρος συγκέντρωσης	KKM	127,96
0/10	Εργαστήριο Υλικών	Οικοτροφεία - Πανεπιστήμια και κολλέγια	Εργαστήριο	fan coils	125.99
0/11	Εργαστήριο Μηχανουργικών Κατεργασιών	Οικοτροφεία - Πανεπιστήμια και κολλέγια	Εργαστήριο	KKM	229.37
0/12	Διάδρομος	Οικοτροφεία - Πανεπιστήμια και κολλέγια	Χώρος κυκλοφορίας (διάδρομος και σκάλες)	-	768.79
1/1	Γραφεία	Οικοτροφεία - Πανεπιστήμια και κολλέγια	Γραφεία και συμβουλευτικά κέντρα	fan coils	368,18
1/2	Γραφεία	Οικοτροφεία - Πανεπιστήμια και κολλέγια	Γραφεία και συμβουλευτικά κέντρα	split units	545.83
1/3	Γραφεία	Οικοτροφεία - Πανεπιστήμια και κολλέγια	Γραφεία και συμβουλευτικά κέντρα	split units	239,9

#### 5.4. Τιμές παραμέτρων που καθορίζονται από την επιλογή της δραστηριότητας

Προκειμένου να υπάρχει συνέπεια στις συγκρίσεις μεταξύ όμοιων κτιρίων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικές ώρες λειτουργίας, ένας αριθμός παραμέτρων για κάθε χώρο δραστηριότητας και κάθε τύπο κτιρίου είναι σταθερός και δεν αφήνονται στην κρίση του χρήστη. Η ανάγκη είναι να εξασφαλιστεί ότι οι συγκρίσεις με τα κτίρια αναφοράς και με άλλα κτίρια, γίνονται σε τυποποιημένη, συνεπή βάση.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων για τα διαφορετικά είδη δραστηριότητας που ορίστηκαν κατά τον διαχωρισμό των ζωνών. Τα στοιχεία προέρχονται από αξιόπιστες πηγές όπως οι συστάσεις CIBSE και το πρότυπο prEN 13779:2004 (E).

**Πίνακας 11: Τιμές παραμέτρων για τις εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας που καθορίζονται από τον χώρο δραστηριότητας**

	Εργαστήριο	Γραφεία και συμβουλευτικά κέντρα	Χωλ, αμφιθέατρο, χώρος συγκέντρωσης	Χώρος κυκλοφορίας (διάδρομος και σκάλες)
Ανθρώπινη πυκνότητα	0.11	0.07	0.2	0.11
Μεταβολικός ρυθμός	160	140	140	140
Επιθυμητή θερμοκρασία χώρου κατά την ψύξη	23	25	23	23
Επιθυμητή θερμοκρασία χώρου κατά τη θέρμανση	20	23	20	20
Θερμοκρασία σε περίοδο μη λειτουργίας	12	12	12	12
Εναλλαγή αέρα/άτομο	12	10	10	10
Lux φωτισμού	800	500	300	100
Φορτίο εξοπλισμού [W/m <sup>2</sup> ]	10	10	2	2
Απαιτήσεις ZNX	0.33	0.21	0.15	0
DHW_HP_FACTOR	9.25	0.9	9.25	2.55
Μέγιστη υγρασία	100	100	100	100
Ελάχιστη υγρασία	0	0	0	0
Λανθάνων κέρδη από ανθρώπους %	39	39	39	50
Λανθάνων κέρδη από εξοπλισμό %	3	0	0	0

- ⇒ Το ποσοστό του αισθητού θερμικού κέρδους που προέρχεται από τον ανθρώπινο μεταβολισμό σε ένα χώρο λαμβάνεται εξίσου το ίδιο με το λανθάνων θερμικό κέρδος (απελευθερώνεται σε μορφή υγρασίας).
- ⇒ **Απαιτήσεις εξαερισμού** -Για να υπολογίσει την ποσότητα του εξωτερικού αέρα που πρέπει να θερμανθεί ή να ψυχθεί στο απαραίτητο καθορισμένο σημείο θέρμανσης ή ψύξης.
- ⇒ **Απαιτήσεις υγρασίας**—Παρέχονται οι μέγιστες και ελάχιστες απαιτήσεις υγρασίας για κάθε δραστηριότητα. Αυτές οι πληροφορίες είναι για τα δυναμικά μοντέλα προσομοίωσης.
- ⇒ **Απαιτήσεις ζεστού νερού**—Καθορίζεται για όλους τους χώρους χρήσης ακόμα και αν το σύστημα από μόνο του δεν είναι παρόν στο χώρο. Η απαίτηση αυτή

συνδέεται με τους κατειλημμένους χώρους, παρά με τους χώρους όπου υπάρχει πρόσβαση για ΖΝΧ, δηλ., υπάρχει απαίτηση για ΖΝΧ που συνδέεται με ένα γραφείο γενικά παρά ένα δωμάτιο τουαλετών ή ένα δωμάτιο παρασκευής τσαγιού.

## 6. Δημιουργία της βάσης δεδομένων του έργου

### 6.1. Παρουσίαση των δομικών στοιχείων του κτιρίου

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο η βιβλιοθήκη του λογισμικού iSBEM αποτελεί μία προσβάσιμη βάση δεδομένων, όπου ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει τις δικές του κατασκευές εισάγοντας τις απαραίτητες τιμές (θερμοφυσικές ιδιότητες).

Οι θερμοφυσικές ιδιότητες που απαιτούνται για τον προσδιορισμό μιας κατασκευής είναι ο συντελεστής θερμοχωρητικότητας U-value και η θερμική μάζα  $c_m$ . Για τους υαλοπίνακες (παράθυρα) χρειάζεται επιπρόσθετα οι ηλιακές σταθερές-ο συντελεστής κέρδους ηλιακής θερμότητας (T-Solar) και η περατότητα ορατού φωτός (L-Solar). Οι πόρτες με ποσοστό υαλοπινάκων μεγαλύτερο από 50% θεωρούνται παράθυρα και εισάγονται με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά. Οι πόρτες που έχουν λιγότερο από 50% υαλοπίνακες μπορούν να αντιμετωπιστούν ως αδιαφανείς πόρτες και χαρακτηρίζονται από τις τιμές U-value και  $c_m$ .

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα δομικά στοιχεία που συναντώνται στο υπό μελέτη κτίριο. Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των στοιχείων υπολογίζονται στα ακόλουθα κεφάλαια.

**Πίνακας 12: Παρουσίαση των κατασκευαστικών αδιαφανών στοιχείων του κτιρίου**

Κατηγορία	A/A	Όνομα Κατασκευής	Είδος
Εξωτερικός τοίχος	1	Εξωτερικός	Τοίχος
	2	Εξωτερικός μονωμένος	Τοίχος
	3	Εξωτερικός γυψοσανίδα	Τοίχος
	4	Υαλότουβλο	Τοίχος
Εσωτερικός τοίχος	5	Τοιχοποιία (20cm)	Τοίχος
	6	Τοιχοποιία (25cm)	Τοίχος
	7	Ο/Σ (20cm)	Τοίχος
	8	Ο/Σ (25cm)	Τοίχος
	9	Διακοσμητικό τούβλο	Τοίχος
	10	Γυψοσανίδα	Τοίχος
Ταβάνι Οροφή	11	Οροφή Εργαστηρίων ΝΑ πτέρυγας	Οροφή
	12	Μεταλλική οροφή με κλίση	Στέγη
	13	Οροφή εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας	Στέγη
	14	Οροφή γραφείων ορόφου ΝΑ πτέρυγας	Στέγη
Δάπεδο	15	Δάπεδο Ισογείου	Δάπεδο
	16	Δάπεδο ορόφου	Δάπεδο
Πόρτα	17	Γκαραζόπορτα	Πόρτα

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα δομικά στοιχεία του κτιρίου



**Εικόνα 49: Εξωτερικός τοίχος κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα, πάχους 25cm, χωρίς μόνωση**



**Εικόνα 50: Όψη οροφής κτιρίου εσωτερικά (αριστερά) και εξωτερικά (δεξιά)**



**Εικόνα 51: Εσωτερικός τοίχος από οπλισμένο σκυρόδεμα με επένδυση διακοσμητικού τούβλου**



**Εικόνα 52: Εξωτερική όψη ΒΔ τοίχου από υαλότουβλα**



**Εικόνα 53: Εξωτερική όψη ΝΑ τοίχου από γυψοσανίδα με εξωτερική μόνωση υαλοβάμβακα**

## 6.2. Υπολογισμός Συντελεστή Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K) αδιαφανών δομικών στοιχείων

Ο βαθμός θερμομονωτικής προστασίας ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου προσδιορίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U) αυτού και εκφράζει την ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα χρόνου που περνάει μέσα από 1m<sup>2</sup> στοιχείου κατασκευής πάχους d [m] όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών αυτών είναι ίση με 1°C. Όταν το δομικό στοιχείο αποτελείται από διαδοχικές στρώσεις ορίζεται ως το αντίστροφο του αθροίσματος των θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι διαδοχικές στρώσεις στη θεωρούμενη κατά παραδοχή μονοδιάστατη και κάθετη στην επιφάνειά του ροή θερμότητας μέσω αυτού και των αντίστοιχων θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι εκατέρωθεν των όψεων του στρώσεις αέρα.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου η στρώσεων δίνεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{ai} + R_a} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

U [W/(m<sup>2</sup>·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου,

n [-] το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

d [m] το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου,

λ [W/(m·K)] ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης,

R<sub>i</sub>=d<sub>i</sub>/λ<sub>i</sub> [m<sup>2</sup>K/W] η αντίσταση που προβάλλει μία ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας για διαφορά θερμοκρασίας στις δύο πλευρές ίση με 1°C

R<sub>ai</sub> [m<sup>2</sup>·K/W] η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος,

R<sub>i</sub> [m<sup>2</sup>·K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

R<sub>a</sub> [m<sup>2</sup>·K/W] η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ακολουθούν πίνακες με αναλυτικό υπολογισμό [38] του συντελεστή θερμοπερατότητας για όλα τα δομικά στοιχεία του κτιρίου που παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 12.

**Πίνακας 13. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας του εξωτερικού τοίχου.**

Περιγραφή κατασκευής		Εξωτερικός τοίχος (Ο/Σ 25cm)		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.25	2.00	0.13
3	Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.13		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>		<b>2.93</b>		

**Πίνακας 14. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου από Ο/Σ με εσωτερική μόνωση υαλοβάμβακα.**

Περιγραφή κατασκευής		Εξωτερικός τοίχος με εσωτερική μόνωση		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Υαλοβάμβακας	0.02	0.04	0.50
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.25	2.50	0.14
3	Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.13		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>		<b>1.26</b>		

**Πίνακας 15. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου από γυψοσανίδα με εξωτερική μόνωση υαλοβάμβακα.**

Περιγραφή κατασκευής		Γυψοσανίδα με εξωτερική μόνωση		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Γυψοσανίδα	10.00	0.42	23.81
2	Υαλοβάμβακας	0.02	0.04	0.50
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.13		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>		<b>0.04</b>		



**Πίνακας 16. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου από υαλότουβλα.**

Περιγραφή κατασκευής		Υαλότουβλα		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		<b>d</b>	<b>λ</b>	<b>R</b>
		<b>(m)</b>	<b>(W/mK)</b>	<b>(m<sup>2</sup>K/W)</b>
1	Υαλότουβλα	0.2	1.4	0.14
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.13		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>				<b>3.20</b>

**Πίνακας 17. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχου από Οπλισμένο Σκυρόδεμα πάχους 20cm.**

Περιγραφή κατασκευής		Εσωτερικός τοίχος Ο/Σ 20cm		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		<b>d</b>	<b>λ</b>	<b>R</b>
		<b>(m)</b>	<b>(W/mK)</b>	<b>(m<sup>2</sup>K/W)</b>
1	Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.20	2.00	0.10
3	Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.13		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.13		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>				<b>2.46</b>

**Πίνακας 18. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχου από Οπλισμένο Σκυρόδεμα πάχους 25cm.**

Περιγραφή κατασκευής		Εσωτερικός τοίχος Ο/Σ 25cm		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		<b>d</b>	<b>λ</b>	<b>R</b>
		<b>(m)</b>	<b>(W/mK)</b>	<b>(m<sup>2</sup>K/W)</b>
1	Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
2	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.25	2.00	0.13
3	Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.13		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.13		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>				<b>2.32</b>

Πίνακας 19. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοιχοποιίας πάχους 20cm.

Περιγραφή κατασκευής	Τοιχοποιία πάχους 20cm. Εσωτερικός τοίχος και τοίχος περιμετρικά της ζώνης διαχωριστικός με θερμαινόμενο ή μη θερμαινόμενο χώρο		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1 Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
2 Κοινό τούβλο	0.20	0.73	0.28
3 Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
<b>Ροή Θερμότητας</b>	Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>	0.13		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>	0.13		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>1.72</b>		

Πίνακας 20. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοιχοποιίας πάχους 25cm.

Περιγραφή κατασκευής	Τοιχοποιία πάχους 25cm. Εσωτερικός τοίχος - Διαχωριστικός με θερμαινόμενη ή μη θερμιν. ζώνη		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1 Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
2 Κοινό τούβλο	0.25	0.73	0.34
3 Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
<b>Ροή Θερμότητας</b>	Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>	0.13		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>	0.13		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>1.54</b>		

Πίνακας 21. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εσωτερικού διαχωριστικού από γυψοσανίδα.

Περιγραφή κατασκευής	Γυψοσανίδα		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1 Γυψοσανίδα	10.00	0.42	23.81
<b>Ροή Θερμότητας</b>	Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>	0.13		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>	0.13		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>0.042</b>		

**Πίνακας 22. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοίχου από Ο/Σ με διακοσμητικό τούβλο.**

Περιγραφή κατασκευής		Τοίχος από Ο/Σ με διακοσμητικό τούβλο (διαχωριστικός με μη θερμαινόμενη ζώνη)		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Διακοσμητικό τούβλο	0.10	1.33	0.08
2	Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
3	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.20	2.50	0.08
4	Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.13		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.13		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>		<b>2.17</b>		

**Πίνακας 23. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής διαδρόμου (μεταλλική στέγη με κλίση).**

Περιγραφή κατασκευής		Μεταλλική οροφή με κλίση		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Υαλοβάμβακας	0.02	0.04	0.49
2	Λαμαρίνα	0.00	58.00	0.00
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.10		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>		<b>1.59</b>		

**Πίνακας 24. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.**

Περιγραφή κατασκευής		Οροφή εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Ηρακλείτης	0.025	0.070	0.36
2	Υαλοβάμβακας	0.020	0.041	0.49
3	Ακίνητη στρώση αέρα	0.300	1.000	0.30
4	Υαλοβάμβακας	0.020	0.040	0.49
5	Λαμαρίνα	0.002	58.000	0.00
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.10		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>		<b>0.56</b>		

**Πίνακας 25. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής γραφείων ορόφου NA πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.**

Περιγραφή κατασκευής		Οροφή γραφείων ορόφου NA πτέρυγας		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Ηρακλείτης	0.025	0.070	0.36
2	Υαλοβάμβακας	0.020	0.041	0.49
3	Γυψοσανίδα	0.100	0.420	0.24
4	Ακίνητη στρώση αέρα	0.200	1.000	0.20
5	Υαλοβάμβακας	0.020	0.040	0.49
6	Λαμαρίνα	0.002	58.000	0.00
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.10		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>		<b>0.70</b>		

**Πίνακας 26. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής εργαστηρίων NA πτέρυγας στο ισόγειο και δαπέδου στον πρώτο όροφο.**

Περιγραφή κατασκευής		Οροφή εργαστηρίων NA πτέρυγας - Δάπεδο ορόφου (70cm)		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Ηρακλείτης	0.025	0.070	0.36
2	Υαλοβάμβακας	0.020	0.041	0.49
3	Ακίνητη στρώση αέρα	0.300	1.000	0.30
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.150	2.000	0.08
5	Πλαστικό πλακάκι	0.003	0.200	0.02
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.10		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.10		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>		<b>0.70</b>		

**Πίνακας 27. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου στο ισόγειο (βιομηχανικό δάπεδο).**

Περιγραφή κατασκευής		Δάπεδο ισογείου		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.15	2.00	0.08
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.17		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.00		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>		<b>4.08</b>		

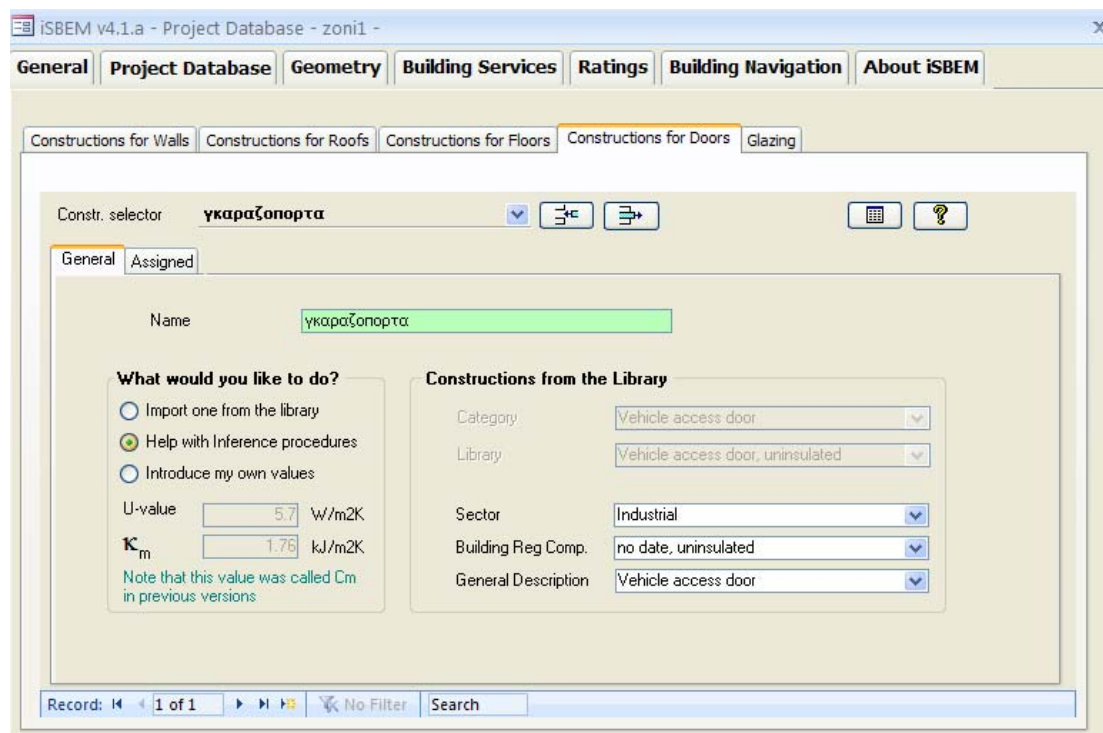
Το δάπεδο των εργαστηρίων (ΒΔ πτέρυγα) είναι βιομηχανικό δάπεδο από Ο/Σ ενώ στα εργαστήρια της ΝΔ πτέρυγας το δάπεδο έχει καλυφθεί από πλαστικό πλακάκι πάχους 5mm. Λόγω της μικρής διαφοράς που προκύπτει στις τιμές θερμοχωρητικότητας (U-value) και θερμικής μάζας ( $c_m$ ) όταν προσθέσουμε το πλαστικό πλακάκι, το τελευταίο αμελείται και θεωρούμε ίδιες τιμές U-value και  $c_m$  για όλες τις ζώνες του ισογείου.

Οι τιμές της πυκνότητας [ $\rho$ ], της θερμικής αγωγιμότητας [ $\lambda$ ] και της αντίστασης στη ροή θερμότητας [R] για τα διάφορα στοιχεία λαμβάνονται από τους σχετικούς πίνακες που βρίσκονται στον Κ.ΕΝ.Α.Κ.[26] και στις Τεχνικές Οδηγίες του Τ.Ε.Ε. [28, 33, 34]

Για την γκαραζόπορτα επιλέχτηκαν τιμές από τη βάση δεδομένων της βιβλιοθήκης μετά από συμπερασματικές διαδικασίες. Οι συμπερασματικές διαδικασίες καθορίζουν τον τύπο της κατασκευής βάσει μη τεχνικών πληροφοριών που περιλαμβάνουν: την κατηγορία χρήσης του κτιρίου, τη σχετική νομοθεσία που ήταν σε εφαρμογή κατά τη διάρκεια της κατασκευής και μία γενική περιγραφή του στοιχείου.

Επιλέχθηκε πόρτα διέλευσης οχημάτων χωρίς μόνωση και για κτίριο βιομηχανικής χρήσης. Οι τιμές που εισήχθησαν από το λογισμικό είναι οι ακόλουθες:

- U – value= 5.7 W/m<sup>2</sup>K
- $c_m$ =1.76 KJ/m<sup>2</sup>K



**Εικόνα 54. Καθορισμός θερμοφυσικών ιδιοτήτων για την γκαραζόπορτα μέσα από την βιβλιοθήκη μετά τον καθορισμό των σχετικών παραμέτρων.**

### 6.3. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας $C_m$ (kJ/m<sup>2</sup>K) κατασκευαστικών στοιχείων

Θερμοχωρητικότητα (kJ/kg·K) ενός σώματος ή στοιχείου κατασκευής καλείται η ικανότητα αυτού να αποθηκεύει ποσότητα θερμότητας κατά τη θέρμανση του. Η ωφέλιμη θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας  $C_m$  (kJ/m<sup>2</sup>·K) ενός δομικού στοιχείου που βρίσκεται σε άμεση επαφή με τον εσωτερικό αέρα της ζώνης προσδιορίζεται από τη θερμοχωρητικότητα των υλικών του δομικού στοιχείου που βρίσκονται μέχρι το «μέγιστο» ενεργό βάθος του στοιχείου, σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$c_m = d \cdot \rho \cdot c_p \text{ [kJ/ (m}^2 \cdot \text{K)]}$$

Όπου:

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]: η πυκνότητα της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου

$c_p$  [kJ/(kg·K)]: ειδική θερμοχωρητικότητα ενός στοιχείου, που είναι η ποσότητα ενέργειας η οποία απαιτείται για την ανύψωση της θερμοκρασίας ενός υλικού μάζας 1 kg κατά 1 K

$d$  [m]: μέγιστο ενεργό βάθος δομικού στοιχείου. Ορίζεται ως η μικρότερη τιμή που προκύπτει προσθέτοντας τις τιμές των στρωμάτων του υλικού, ξεκινώντας από το εσωτερικό μέρος του χώρου, έως ότου ικανοποιηθεί τουλάχιστον μία από τις πιο κάτω προϋποθέσεις:

- το συνολικό πάχος των στρωμάτων των υλικών έχει φτάσει τα 0.1 m
- φτάσουμε στο μέσο του πάχους του δομικού, ή
- έχουμε φτάσει σε θερμομονωτικό υλικό με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda \leq 0.08$  W/mK

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζεται αναλυτικά ο υπολογισμός της ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων του κτιρίου. Τα στοιχεία με το ίδιο ενεργό βάθος παρουσιάζονται μαζί σε ίδιους πίνακες. Η ωφέλιμη θερμοχωρητικότητα του εξωτερικού τοίχου από Ο/Σ με εσωτερική μόνωση υαλοβάμβακα ισούται με 0, καθώς σταματάμε στη μόνωση που αποτελεί την πρώτη στρώση ξεκινώντας από το εσωτερικό.

**Πίνακας 28. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας εξωτερικού τοίχου από υαλότουβλα.**

Περιγραφή κατασκευής	Υαλότουβλα				
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	$d$ (m)	$d$ (m)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/(kgK))	$C_m$ (kJ/m <sup>2</sup> K)
1 Υαλότουβλα	0.20	0.10	2500	0.84	210
Σύνολο	0.20				
<b>Ωφέλιμη Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>				<b><math>c_m</math> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>210</b>

Πίνακας 29. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας τοίχου από οπλισμένο σκυρόδεμα - εξωτερικού ή εσωτερικού, πάχους 20/25cm και τοίχου από Ο/Σ με εξωτερική απένδυση διακοσμητικού τούβλου.

Περιγραφή κατασκευής	Τοίχος από Οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20/25cm – Διακοσμητικό τούβλο				
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	d (m)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/(kgK))	$C_m$ (kJ/m <sup>2</sup> K)
1 Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.02	1800	1	36
2 Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.25	0.08	2400	1	192
3 Ασβεστοκονίαμα	0.02				
Σύνολο	0.29				
<b>Ωφέλιμη Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>				<b><math>C_m</math> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>228</b>

Πίνακας 30. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας εξωτερικού τοίχου από γυψοσανίδα με εσωτερική μόνωση υαλοβάμβακα και εσωτερικού διαχωριστικού από γυψοσανίδα.

Περιγραφή κατασκευής	Γυψοσανίδα				
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	d (m)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/(kgK))	$C_m$ (kJ/m <sup>2</sup> K)
1 Γυψοσανίδα	0.10	0.10	900	1.00	90
2 Μόνωση (Υαλοβαμβακας)	0.02				
Σύνολο	0.29				
<b>Ωφέλιμη Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>				<b><math>C_m</math> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>90</b>

Πίνακας 31. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας τοιχοποιίας πάχους 20cm και 25cm.

Περιγραφή κατασκευής	Τοιχοποιία 20cm/25cm				
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	d (m)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/(kgK))	$C_m$ (kJ/m <sup>2</sup> K)
1 Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.02	1800	1.00	36.000
2 Κοινό τούβλο	0.20	0.08	1922	0.84	129.158
3 Ασβεστοκονίαμα	0.02				
Σύνολο	0.24				
<b>Ωφέλιμη Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>				<b><math>C_m</math> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>165.16</b>

**Πίνακας 32. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας οροφής διαδρόμου (μεταλλική στέγη με κλίση).**

Περιγραφή κατασκευής	Μεταλλική οροφή με κλίση					
	Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	d (m)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/(kgK))	$C_m$ (kJ/m <sup>2</sup> K)
1 Υαλοβάμβακας		0.02	0.02	50.00	1.00	1.00
2 Λαμαρίνα						
Σύνολο		0.02				
<b>Ωφέλιμη Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>					<b><math>C_m</math> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>1.00</b>

**Πίνακας 33. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας οροφής εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.**

Περιγραφή κατασκευής	Οροφή εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας					
	Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	d (m)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/(kgK))	$C_m$ (kJ/m <sup>2</sup> K)
1 Ηρακλείτης		0.03	0.03	250.00	1.70	10.63
2 Υαλοβάμβακας		0.02	0.02	50.00	1.00	1.00
3 Ακίνητη στρώση αέρα		0.30	0.05	1.00	1.01	0.05
4 Υαλοβάμβακας		0.02				
5 Λαμαρίνα		0.00				
Σύνολο		0.37	0.10			
<b>Ωφέλιμη Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>					<b><math>C_m</math> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>11.68</b>

**Πίνακας 34. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας οροφής γραφείων ορόφου ΝΑ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.**

Περιγραφή κατασκευής	Οροφή γραφείων ορόφου Ν/Α πτέρυγας					
	Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	d (m)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/(kgK))	$C_m$ (kJ/m <sup>2</sup> K)
1 Ηρακλείτης		0.03	0.03	250.00	1.70	10.63
2 Υαλοβάμβακας		0.02	0.02	50.00	1.00	1.00
3 Γυψοσανίδα		0.10	0.05	900.00	1.00	45.00
4 Ακίνητη στρώση αέρα		0.20				
5 Υαλοβάμβακας		0.02				
6 Λαμαρίνα		0.00				
Σύνολο		0.37	0.10			
<b>Ωφέλιμη Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>					<b><math>C_m</math> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>56.63</b>



**Πίνακας 35. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας οροφής εργαστηρίων ΝΑ πτέρυγας στο ισόγειο.**

Περιγραφή κατασκευής	Οροφή εργαστηρίων Ν/Α πτέρυγας				
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	d (m)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/(kgK))	$C_m$ (kJ/m <sup>2</sup> K)
1 Ηρακλείτης	0.03	0.03	250.00	1.70	10.63
2 Υαλοβάμβακας	0.02	0.02	50.00	1.00	1.00
3 Ακίνητη στρώση αέρα	0.30	0.05	1.00	1.01	0.05
4 Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.15				
5 Πλαστικό πλακάκι	0.00				
6 Σύνολο	0.50	0.10			
<b>Ωφέλιμη Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>				<b><math>C_m</math> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>11.68</b>

**Πίνακας 36. Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας δαπέδου στο ισόγειο (βιομηχανικό δάπεδο).**

Περιγραφή κατασκευής	Δάπεδο ισογείου (βιομηχανικό δάπεδο)				
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	d (m)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/(kgK))	$C_m$ (kJ/m <sup>2</sup> K)
1 Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.15	0.10	2400	1.00	240
Σύνολο	0.29				
<b>Ωφέλιμη Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>				<b><math>C_m</math> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>240</b>

**Πίνακας 37: Υπολογισμός ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας δαπέδου στον πρώτο όροφο**

Περιγραφή κατασκευής	Δάπεδο ορόφων (70cm)				
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	d (m)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/(kgK))	$C_m$ (kJ/m <sup>2</sup> K)
1 Πλαστικό πλακάκι	0.003	0.003	1000.00	1.00	3.00
2 Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.15	0.10	2400.00	1.00	240.00
3 Ακίνητη στρώση αέρα	0.30				
4 Υαλοβάμβακας	0.02				
5 Ηρακλείτης	0.03				
6 Σύνολο	0.50	0.10			
<b>Ωφέλιμη Θερμοχωρητικότητα Κατασκευής</b>				<b><math>C_m</math> (kJ/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>243</b>

## 6.4. Υπολογισμός Συντελεστή Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K) διαφανών δομικών στοιχείων

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος θα πρέπει να προσδιοριστούν η επιφάνεια και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου και του υαλοπίνακα ανάλογα με τον τύπο τους, καθώς και η γραμμική θερμογέφυρα που σχηματίζεται κατά μήκος της ένωσης της υάλωσης με το πλαίσιο.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μονού κουφώματος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_w}$$

όπου:

$U_w$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κουφώματος

$U_f$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος (Πίνακας 38)

$U_g$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (μονού, διπλού ή περισσότερων φύλλων) (Πίνακας 39)

$A_f$  [m<sup>2</sup>] η επιφάνεια του

$A_g$  [m<sup>2</sup>] η επιφάνεια του υαλοπίνακα

$l_g$  [m] το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος (περίμετρος του υαλοπίνακα)

$\Psi_g$  [W/(m·K)] ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος (Πίνακας 40)

$A_w$  [m<sup>2</sup>] το εμβαδό επιφάνειας του κουφώματος

**Πίνακας 38: Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίου [33]**

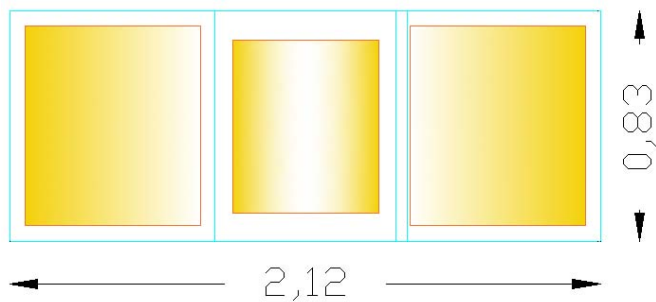
Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου $U_f$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
Μεταλλικό πλαισίο	χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	με θερμοδιακοπή	1,0-3,8
Συνθετικό πλαισίο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC με παραπάνω από τρεις θαλάμους	1,0-2,0
Ξύλινο πλαισίο	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5cm	2,4
	μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5cm	2,0
	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 10cm	1,7
	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 10cm	1,5

**Πίνακας 39: Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας  $[Wm^{-2}K^{-1}]$  υαλοπινάκων με διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο. [33]**

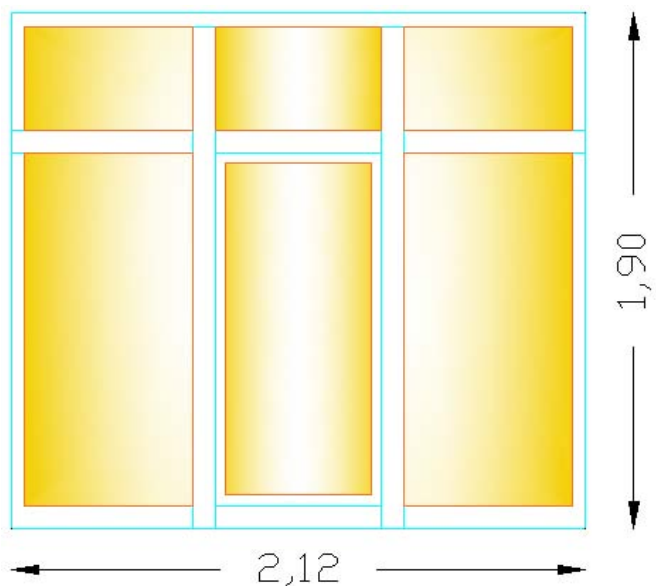
Υάλωση			$U_g [W/(m^2K)]$ για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Αέρας	Αργό	Κρύπτο
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	$\leq 0,1$	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
			4-20-4	1,6	1,4	1,4
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	$\leq 0,05$	4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
			4-12-4	1,7	1,3	1,1
			4-16-4	1,4	1,2	1,2
			4-20-4	1,5	1,2	1,2
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	$\leq 0,1$	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	$\leq 0,05$	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

**Πίνακας 40: Τυπικές τιμές γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου – υαλοπίνακα [33]**

Τύπος πλαισίου	Γραμμική θερμοπερατότητα για διάφορους τύπους υαλοπινάκων $\Psi_g [W/m^2K]$	
	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή	0,02	0,05
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή	0,08	0,11
Συνθετικό πλαίσιο	0,06	0,08
Ξύλινο πλαίσιο	0,06	0,08



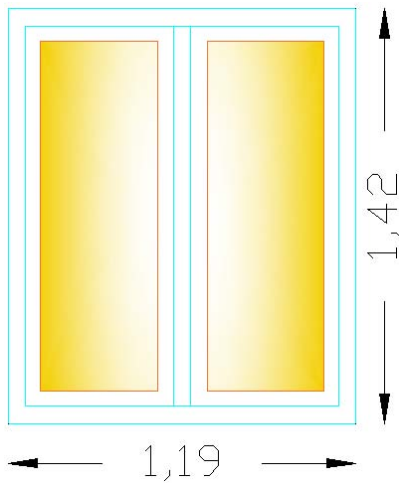
**Εικόνα 55. Παράθυρα – τύπος 1.**



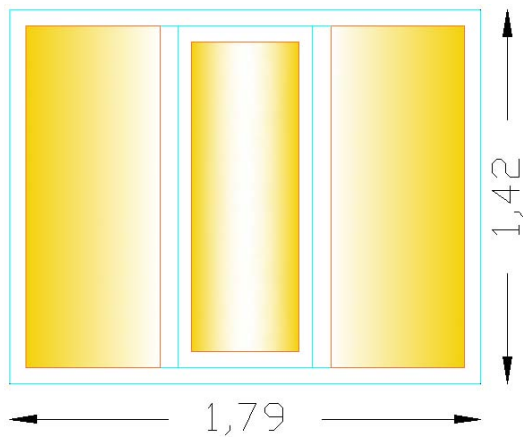
**Εικόνα 56. Παράθυρα – τύπος 2**



**Εικόνα 57: Παράθυρα τύπου 1 και 2 περιμετρικά του κτιρίου**



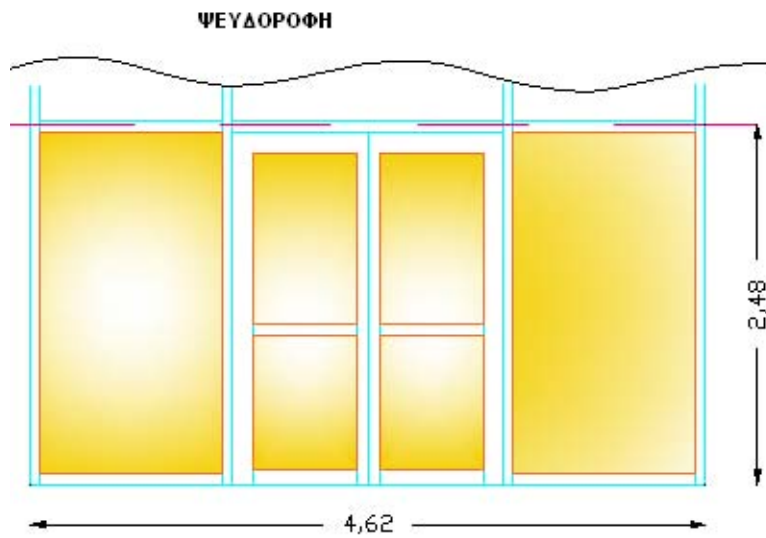
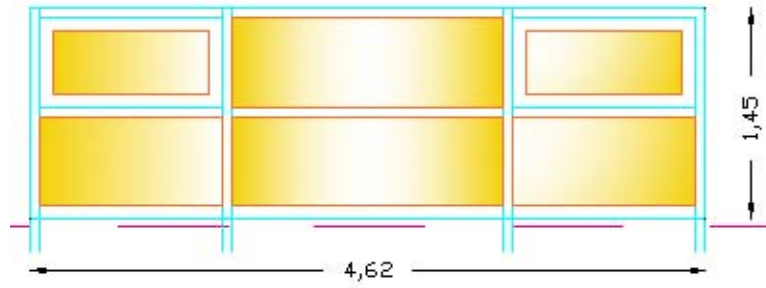
**Εικόνα 58: Παράθυρα – τύπος 3**



**Εικόνα 59: Παράθυρα – τύπος 4**



**Εικόνα 60: Παράθυρα – τύπος 5**

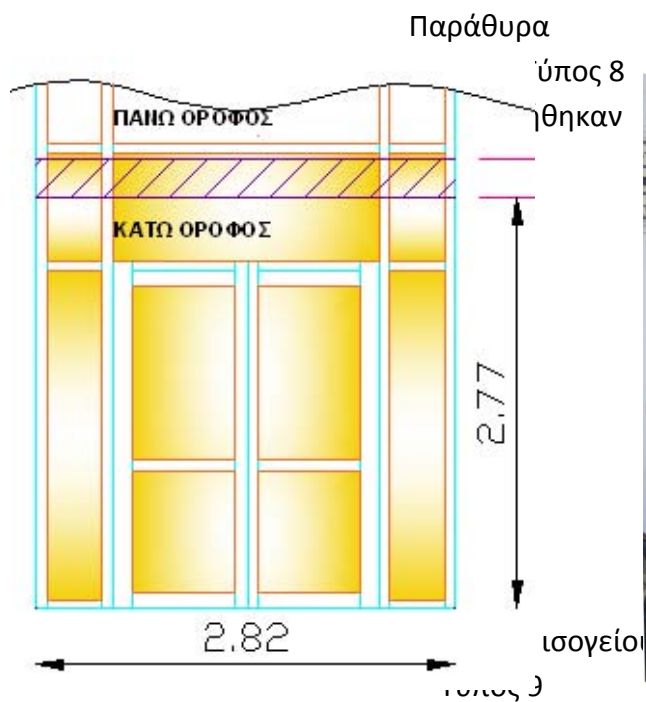


**Εικόνα 61: Παράθυρα – τύπος 6 (επάνω) και πόρτα τύπου 7 (κάτω)**

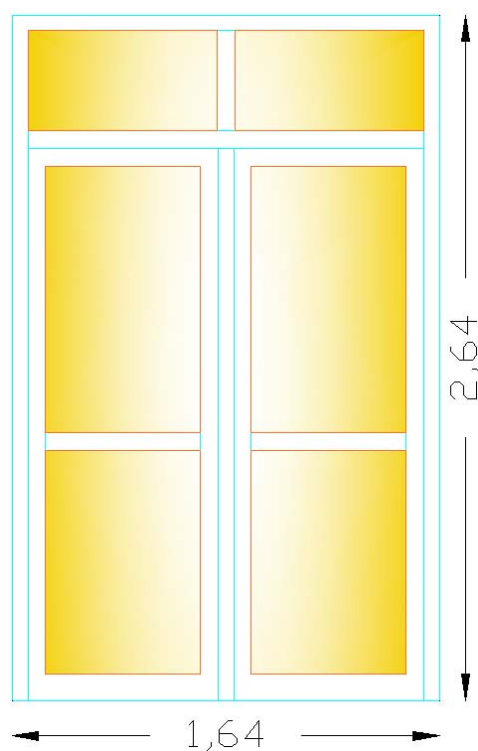


Παράθυρα  
ορόφου  
Τύπος 6

Πόρτα  
ισογείου  
Τύπος 7



Εικόνα 62: Πόρτα τύπου 9



Εικόνα 63: Πόρτα τύπου 10



**Εικόνα 64: Πόρτα τύπου 11**

Οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας πλαισίου ( $U_f$ ), του συντελεστή θερμοπερατότητας υαλοπινάκων ( $U_g$ ) και του συντελεστή γραμμικής θερμοπερατότητας στη συναρμογή πλαισίου-υαλοπίνακα ( $\Psi_g$ ) που χρησιμοποιήθηκαν για τα κουφώματα του κτιρίου έχουν σημειωθεί στους αντίστοιχους πίνακες (38 – 40).

Λόγω δυσκολίας μέτρησης των ακριβών γεωμετρικών στοιχείων των παραθύρων τύπου 5 και 8 και της υαλόπορτας τύπου 11, έγινε εκτίμηση του εμβαδού τους και χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των παραθύρων τύπου 3,6 και 7 αντίστοιχα. Τα γεωμετρικά δεδομένα των κουφωμάτων και οι τιμές U-value για κάθε τύπο παρουσιάζονται στον Πίνακα 42.

**Πίνακας 41. Δεδομένα κουφωμάτων άμεσου κέρδους και τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας.**

	Πλάτος	Ύψος	Εμβαδό κουφωμ. $E_{κουφ.}$	Εμβαδό υαλοπίνακα $E_{υαλοπιν.}$	Εμβαδό πλαisiού $E_{πλαisiού}$	Μήκος $L_g$	U-value
Τύπος 1	2.12	0.83	1.76	1.24	0.52	7.7	4.66
Τύπος 2	2.12	1.90	4.03	2.99	1.04	17.22	4.51
Τύπος 3	1.19	1.42	1.69	0.96	0.73	6.4	5.13
Τύπος 4	1.79	1.42	2.54	1.81	0.73	10.4	4.61
Τύπος 5(=3)			1.69				5.13
Τύπος 6	4.62	1.45	6.7	4.68	2.02	23.25	4.62
Τύπος 7	4.62	2.48	11.46	8.82	2.64	28.42	4.30
Τύπος 8(=6)	2.82	1.40	3.95				4.62
Τύπος 9	2.82	2.77	7.80	5.46	2.34	31.44	4.65
Τύπος 10	1.64	2.64	4.32	2.8	1.52	13.05	4.78
Τύπος 11(=7)			35				4.30



## 6.5. Υπολογισμός συντελεστών διαπερατότητας ηλιακού θερμικού κέρδους (T – Solar)

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του κουφώματος ( $g_w$  σύμφωνα με τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ. και T-Solar σύμφωνα με το λογισμικό) εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του κουφώματος προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό. Η τιμή του εξαρτάται από το είδος του υαλοπίνακα και το ποσοστό του πλαισίου επί του κουφώματος. Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από το πλαίσιο και μεταδίδεται με τη μορφή θερμότητας στο εσωτερικό είναι πολύ μικρή συγκριτικά με αυτήν που διέρχεται από το διαφανές τμήμα του κουφώματος και γι' αυτό αγνοείται. Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους  $g_w$  υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$g_w = g_{gl} * (1 - F_f)$$

όπου:  $F_f$  το ποσοστό πλαισίου στο κούφωμα,

$g_{gl}$  ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα.

Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους του υαλοπίνακα ( $g_{gl}$ ), εκφράζει τη μέση τιμή του λόγου της ηλιακής ακτινοβολίας που περνά από την επιφάνεια του υαλοπίνακα προς την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σ' αυτό και λαμβάνεται ίση με το 90% του συντελεστή ηλιακού κέρδους  $g$  σε κάθετη πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας. Όταν η τιμή  $g$  δεν πιστοποιείται από τον κατασκευαστή του υαλοπίνακα μπορεί να ληφθεί από τον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 42: Τυπικές τιμές της συνολικής διαπερατότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθετη πρόσπτωση για διάφορους τύπους υαλοπίνακα , T – Solar [33]**

Τύπος υαλοπίνακα	$g$	$g_{gl}$
Μονός υαλοπίνακας	0.85	0.77
Διπλός υαλοπίνακας	0.75	0.68
Διπλός υαλοπίνακας με επιλεκτική, χαμηλής ικανότητας εκπομπής επίστρωση	0.67	0.60
Διπλό παράθυρο	0.75	0.68

Τα εξωτερικά παράθυρα του εξεταζόμενου κτιρίου αποτελούνται από διπλούς υαλοπίνακες και ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους των υαλοπινάκων λαμβάνεται ίσος με  $g_{gl}=0.68$  από τον Πίνακα 43.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών για κάθε τύπο παραθύρου παρουσιάζονται στον Πίνακα 44. Το ποσοστό πλαισίου και ο συντελεστής θερμικού κέρδους για τα παράθυρα τύπου 5, 8 και 11 θεωρήθηκαν ίδια με τις τιμές των παραθύρων τύπου 3, 6 και 7 αντίστοιχα λόγω έλλειψης περαιτέρω στοιχείων.

**Πίνακας 43: Συντελεστής θερμικού κέρδους κουφωμάτων άμεσου κέρδους**

	Πλάτος	Ύψος	Εμβαδό υαλοπίνακα E <sub>υαλοπίν.</sub>	Εμβαδό πλαisiού E <sub>πλαisiού</sub>	Ποσοστό πλαisiού F <sub>f</sub>	Συντελ. Θερμικού κέρδους g <sub>w</sub>
Τύπος 1	2.12	0.83	0.52	0.52	0.3	0.48
Τύπος 2	2.12	1.90	1.04	1.04	0.26	0.50
Τύπος 3 και 5	1.19	1.42	0.73	0.73	0.43	0.39
Τύπος 4	1.79	1.42	0.73	0.73	0.29	0.48
Τύπος 5(=3)					0.43	0.39
Τύπος 6	4.62	1.45	2.02	2.02	0.3	0.48
Τύπος 7	4.62	2.48	2.64	2.64	0.23	0.52
Τύπος 8(=6)	2.82	1.40			0.3	0.48
Τύπος 9	2.82	2.77	2.34	2.34	0.3	0.48
Τύπος 10	1.64	2.64	1.52	1.52	0.35	0.44
Τύπος 11(=7)					0.23	0.52

### 6.6. Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου U<sub>m</sub>

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου δεν απαιτείται από το λογισμικό αλλά υπολογίζεται για να γίνει η σύγκριση με τις ελάχιστες απαιτούμενες τιμές που καθορίζει ο Κ.ΕΝ.Α.Κ..

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου (U<sub>m</sub>) προκύπτει από τον συνυπολογισμό των συντελεστών όλων των επιμέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου χώρου του κτιρίου κατά την ποσοστιαία αναλογία των αντίστοιχων εμβαδών τους. Στον υπολογισμό του U<sub>m</sub> θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι γραμμικές θερμογέφυρες που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία, ιδίως στα όρια της περιμέτρου των δομικών στοιχείων.

Στη γενική έκφραση ο υπολογισμός του U<sub>m</sub> προκύπτει από τον τύπο:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j * U_j * b + \sum_{i=1}^k l_i * \Psi_i * b}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

Όπου:

U<sub>m</sub> [W/m<sup>2</sup>K] ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κελύφους όλου του κτιρίου

n [-] το πλήθος των επιμέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου

k [-] το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας F<sub>j</sub> του κελύφους

$A_j$  [m<sup>2</sup>] το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου

$U_j$  [W/m<sup>2</sup>K] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου  $j$  του κελύφους του κτιρίου

$l_j$  [m] το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου

$\Psi_j$  [W/mK] ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας για κάθε τύπο θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου

$b$  [-] μειωτικός συντελεστής

Το ευρισκόμενο πηλίκο συγκρίνεται με αυτό που ορίζεται ως μέγιστο επιτρεπόμενο από το λόγο του Πίνακας 46 για κάθε κλιματική ζώνη

Πρέπει πάντα να ισχύει:

$$U_m \leq U_{max}$$

⇒ Ο μειωτικός συντελεστής  $b$  λαμβάνει τιμές αναλόγως με την περίπτωση:

- Σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα:  $b = 1$
- Σε οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη:  $b = 1$
- Σε επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το έδαφος:  $b = 1$
- Σε επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με κλειστό, μη θερμαινόμενο χώρο, ο μειωτικός συντελεστής  $b_u$  υπολογίζεται από τον τύπο:

$$b_u = \frac{\sum U_{u/a} * A_{u/a} + (n_u * V_u * C_{αέρα})}{\sum (U_{u/a} * A_{u/a}) + \sum (U_{i/u} * A_{i/u})}$$

Όπου:

$U_{u/a}$  [W/(m<sup>2</sup>K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το μη θερμαινόμενο χώρο από το εξωτερικό περιβάλλον

$U_{i/u}$  [W/(m<sup>2</sup>K)] ο συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το θερμαινόμενο χώρο από το μη θερμαινόμενο χώρο

$A_{u/a}$  [m<sup>2</sup>] το εμβαδό επιφάνειας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το μη θερμαινόμενο χώρο από το εξωτερικό περιβάλλον

$A_{i/u}$  [m<sup>2</sup>] το εμβαδό επιφάνειας δομικού στοιχείου που διαχωρίζει το θερμαινόμενο χώρο από το μη θερμαινόμενο χώρο

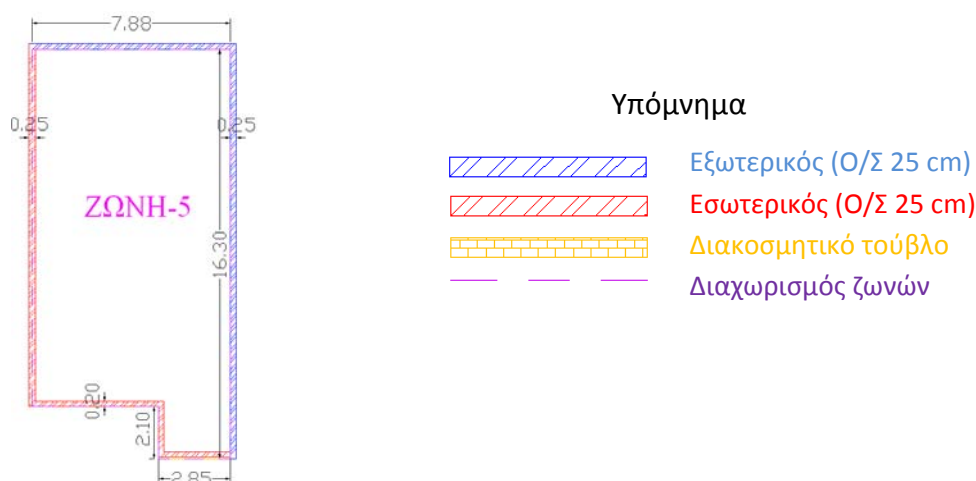
$n_u$  [-] το πλήθος των εναλλαγών αέρα ανά ώρα (Πίνακας 44)

$V_u$  [m<sup>3</sup>] ο όγκος του μη θερμαινόμενου χώρου

$c_{αέρα}$  [W/(m<sup>3</sup>K)] η θερμοχωρητικότητα του αέρα ανά μονάδα όγκου:  $c_{αέρα} = 0,34$  W/(m<sup>3</sup>K).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η τιμή του μειωτικού συντελεστή  $b_u$  είναι ίση με 1 για όλα τα επιμέρους δομικά στοιχεία του περιβλήματος του κτιρίου. Εξαιρέση αποτελούν οι εξωτερικοί τοίχοι της ζώνης 5 που είναι μη θερμαινόμενη.

### Υπολογισμός του μειωτικού συντελεστή $b_u$ για τους εξωτερικούς τοίχους της ζώνης 5



#### **Εικόνα 65: Κάτοψη ζώνης 5. Διακρίνονται**

Τα δομικά στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό του συντελεστή  $b_u$  είναι οι εξωτερικοί τοίχοι και ο τοίχος από οπλισμένο σκυρόδεμα που διαχωρίζει τη ζώνη 5 από τη ζώνη 4 που είναι θερμαινόμενος χώρος (προσημειώνονται στην Εικόνα 66). Οι τοίχοι που διαχωρίζουν τη ζώνη 5 με το διάδρομο (ζώνη 12) δε συμμετέχουν στον υπολογισμό καθώς ο διάδρομος είναι μη θερμαινόμενος χώρος.

Οι τιμές των εμβαδών και του συντελεστή θερμοπερατότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων λαμβάνονται από τον Πίνακα 55 Πίνακας 55. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 5.

Η τιμή του συντελεστή  $n_u$  λαμβάνεται από τον Πίνακα 44 για υψηλή αεροστεγανότητα, χωρίς χρήση ανοιγμάτων για αερισμό και είναι ίση με 0.5.

#### **Πίνακας 44: Εναλλαγές αέρα ανά ώρα ενός μη αεριζόμενου χώρου με το εξωτερικό περιβάλλον βάσει του βαθμού αεροστεγανότητάς του (ISO 13789) [33]**

Α/Α	Βαθμός αεροστεγανότητας	Εναλλαγές αέρα ανά ώρα $n_u$
		[ $h^{-1}$ ]
1	Χωρίς ανοιγματα, υψηλή αεροστεγανότητα, χωρίς αερισμό	0.1
2	Υψηλή αεροστεγανότητα, χωρίς χρήση ανοιγμάτων για αερισμό	0.5
3	Υψηλή αεροστεγανότητα, μικρά ανοιγματα για αερισμό	1
4	Χωρίς αεροστεγανότητα λόγω τοπικών διαμπερών αρμών ή λόγω μόνιμα ανοικτών ανοιγμάτων για αερισμό	3
5	Χωρίς αεροστεγανότητα λόγω μεγάλου πλήθους διαμπερών αρμών ή μεγάλων ή πολλών μόνιμα ανοικτών ανοιγμάτων για αερισμό	10

Προκύπτει ότι:

$$b_u = \frac{2.93 * (48.04 + 98.21) + (0.5 * (3.2 * 116.74) * 0.34)}{2.93 * (48.04 + 98.21) + (1.54 * 74.85)} = 0.90$$

Ειδικότερα:

- Για την εύρεση του F υπεισέρχονται στον υπολογισμό οι εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους στο σύνολό τους και με τις εξωτερικές τους διαστάσεις, παρακολουθώντας απόλυτα τη γεωμετρία του κτιρίου.
- Αντίστοιχα, ο όγκος V είναι ο όγκος του κτιρίου που περικλείεται από όλες αυτές τις επιφάνειες.

**Πίνακας 45: Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας στοιχείων που συνιστούν μέρος του κελύφους**

Δομικό στοιχείο	U [W/m <sup>2</sup> K]	A [m <sup>2</sup> ]	b [-]	U*A*b [W/K]
1 Εξωτερικός κτιρίου (Ο/Σ 25cm)	2.93	1139.43	1	3338.53
2 Εξωτερικός κτιρίου (Ο/Σ 25cm)	2.93	146.25	0.90	385.66
3 Εξωτερικός τοίχος με εσωτερική μόνωση	1.364	137.51	1	187.56
4 Τοιχοποιία 25cm	1.54	74.85	1	115.27
5 Εξωτερικός από γυψοσανίδα	0.041	76.67	1	3.14
6 Υαλότουβλα	3.20	53.38	1	170.81
8 Οροφή εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας	0.56	948.37	1	531.09
9 Οροφή γραφείων ΝΑ πτέρυγας (όροφος)	0.70	545.83	1	382.08
10 Οροφή διαδρόμου – Μεταλλική οροφή με κλίση	1.59	1216.47	1	1934.19
11 Δάπεδο ισογείου	4.08	2710.67	1	11059.53
Σύνολο:		7049.43		18107.87
			U <sub>m</sub> =	2.57

$$F/V=7049.43/16535.09=0.42$$

**Πίνακας 46: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτιρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του[26]**

Λόγος F/V [m <sup>-1</sup> ]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U <sub>m</sub> [W/m <sup>2</sup> K]			
	ΖΩΝΗ Α	ΖΩΝΗ Β	ΖΩΝΗ Γ	ΖΩΝΗ Δ
≤0.2	0.26	1.14	1.05	0.96
0.3	1.20	1.09	1.00	0.92
0.4	1.15	1.03	0.95	0.87
0.5	1.09	0.98	0.90	0.83

0.6	1.03	0.93	0.86	0.78
0.7	0.98	0.88	0.81	0.73
0.8	0.92	0.83	0.76	0.69
0.9	0.86	0.78	0.71	0.64
≥1	0.81	0.73	0.66	0.60

⇒ Για τον υπολογισμό του λόγου F/V λαμβάνονται υπόψη όλες οι εξωτερικές επιφάνειες που διαμορφώνουν το κέλυφος του κτιρίου είτε έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είτε έρχονται σε επαφή με το έδαφος είτε με χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας.

## 6.7. Φόρμα βάσης δεδομένων - Κατασκευαστικά στοιχεία

Επόμενο βήμα είναι η δημιουργία των κατασκευαστικών στοιχείων του έργου στο λογισμικό.

Το λογισμικό απαιτεί

**Πίνακας 47: Συγκεντρωτικά στοιχεία θερμοφυσικών ιδιοτήτων των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου**

Δομικό στοιχείο	U [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	C <sub>m</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> K)]
1 Εξωτερικός κτιρίου (Ο/Σ 25cm)	2.93	0.50	228
2 Εξωτερικός τοίχος με εσωτερική μόνωση	1.26	0.50	0
3 Εσωτερικός τοίχος από Ο/Σ 20cm	2.463	-	228
4 Εσωτερικός τοίχος από Ο/Σ 25cm	2.32	-	228
5 Τοιχοποιία πάχους 20cm	1.721	-	165.16
6 Τοιχοποιία πάχους 25cm	1.539	-	165.16
7 Διακοσμητικό τούβλο	2.169	-	228
8 Εξωτερικός από γυψοσανίδα	0.041	0.50	90
9 Γυψοσανίδα	0.042	-	90
10 Γαλότουβλα	3.20	-	210
11 Οροφή εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας	0.56	-	11.68
12 Ψευδοροφή εργαστηρίων ΝΑ πτέρυγας (ισόγειο)	0.70	-	11.68
13 Οροφή γραφείων ΝΑ πτέρυγας (όροφος)	0,7	-	56,63
14 Οροφή διαδρόμου – Μεταλλική οροφή με κλίση	1.59	0.45	1
15 Δάπεδο ισόγειου	4.08	0.90	240
16 Δάπεδο ορόφων	0.61	Δεν υπάρχει απαίτηση	243
17 Γκαραζόπορτα	5.7	-	1.76

**Πίνακας 48: Θερμοφυσικές ιδιότητες αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου – Δεδομένα εισαγωγής στη φόρμα Βάση Δεδομένων στο λογισμικό ISBEM**

Τύπος στοιχείου	Όνομα	U-value	T-Solar	L-Solar
Παράθυρο	Τύπος_1	4.66	0.48	0.6
	Τύπος_2	4.51	0.50	0.6
	Τύπος_3	5.13	0.39	0.6
	Τύπος_4	4.61	0.48	0.6
	Τύπος_5	5.13	0.39	0.6
	Τύπος_6	4.62	0.48	0.6
	Τύπος_7	4.30	0.52	0.6
	Τύπος_8	4.62	0.48	0.6
	Τύπος_9	4.65	0.48	0.6
	Τύπος_10	4.78	0.44	0.6
	Τύπος_11	4.30	0.52	0.6

## 7. Γεωμετρία

### 7.1. Γενικά

Οι παράμετροι που απαιτούνται για τον καθορισμό της ζώνης είναι το είδος του κτιρίου, η δραστηριότητα, το εμβαδό, το ύψος ζώνης, οι εναλλαγές αέρα και οι γενικές τιμές θερμογεφυρών.

Το είδος του κτιρίου, το είδος της δραστηριότητας και το εμβαδό για κάθε ζώνη παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 10.

#### Διείσδυση του αέρα – Εναλλαγές αέρα

Οι εναλλαγές του αέρα δεν υπολογίστηκαν. Οι προεπιλεγμένη τιμή του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε ορίζει

#### Σκίαση

Η επίδραση της σκίασης από τον ορίζοντα (π.χ το έδαφος, τα δένδρα και άλλα κτίρια) δεν εξετάζεται για τους υπολογισμούς που πραγματοποιούνται από το iSBEM.

Ο εξωτερικός παράγοντας μείωσης από τη σκίαση, **fsh;j**, που είναι στη σειρά του 0 έως 1, αντιπροσωπεύει τη μείωση της συναφούς ηλιακής ακτινοβολίας λόγω της μόνιμης σκίασης της σχετικής επιφάνειας ως αποτέλεσμα των προβόλων και των πτερυγίων.

Ο παράγοντας μετάδοσης για τα παράθυρα μπορεί να υπολογιστεί από (EN 13790)

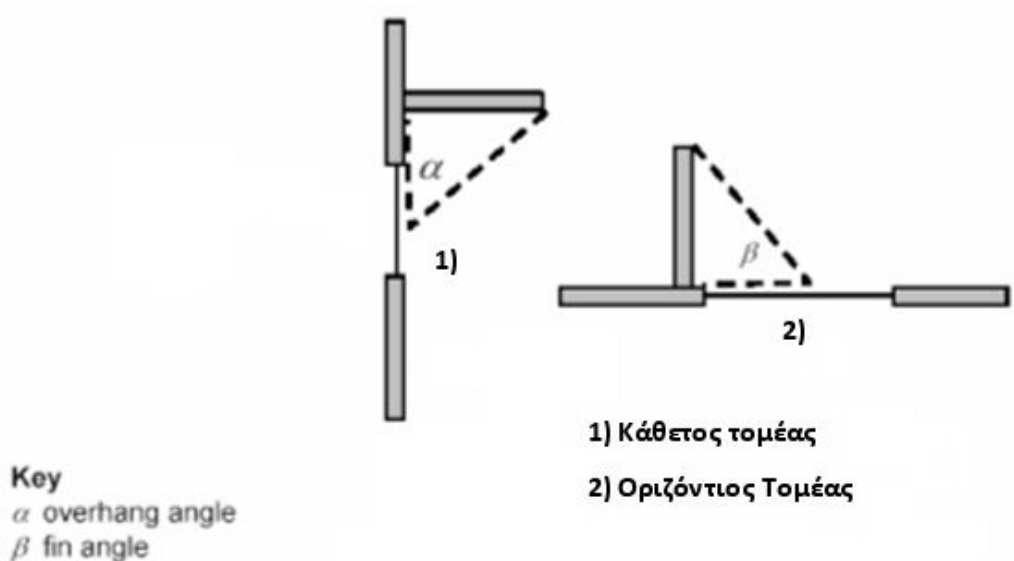
$$T_s = F_o F_f$$

$F_o$  είναι ο μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης για τις προεξοχές και

$F_f$  είναι ο μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης για τα πτερύγια

Ένας παράγοντας 1 αναφέρεται στο 100% του φωτός που μεταδόθηκε δηλ., καμία σκίαση.





**Εικόνα 66: Πρόβολος και πτερύγιο: α) Κάθετο τμήμα β) οριζόντιο τμήμα**

Η σκίαση από τις προεξοχές και τα πτερύγια εξαρτάται από τη γωνία προεξοχών ή πτερυγίων, το γεωγραφικό πλάτος, τον προσανατολισμό και το τοπικό κλίμα. Οι εποχιακοί παράγοντες διορθώσεων σκίασης για τα χαρακτηριστικά κλίματα δίνονται στον Πίνακα ## και στον Πίν. ##.

Overhang angle	45° N lat.			55° N lat.			65° N lat.		
	S	E/W	N	S	E/W	N	S	E/W	N
0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30°	0.90	0.89	0.91	0.93	0.91	0.91	0.95	0.92	0.90
45°	0.74	0.76	0.80	0.80	0.79	0.80	0.85	0.81	0.80
60°	0.50	0.58	0.66	0.60	0.61	0.65	0.66	0.65	0.66

**Πίνακας 49. Μερικός παράγοντας διορθώσεων σκίασης για την προεξοχή,  $F_o$  [3]**

Παράγοντας μετάδοσης=1 για όλα τα παράθυρα **εκτός**

- Το παράθυρο κάτω από το σκίαστρο NA όψη του κτιρίου απέναντι από Αρχιτέκτονες (**Transmission factor= $F_o=0.405$  και  $=0,62$  από γραμμική παρεμβολή για  $39^\circ$  n Lat )**

και

- Την υαλόπορτα στη ΒΔ πλευρά του κτιρίου όπου (**Transmission factor= $F_o=0,405$  – και  $=0,54$  από γραμμική παρεμβολή για  $39^\circ$  n Lat)**

### Θερμογέφυρες

Το κτίριο λόγω της παλαιότητας της κατασκευής του παρουσιάζει ελλιπή θερμομόνωση.

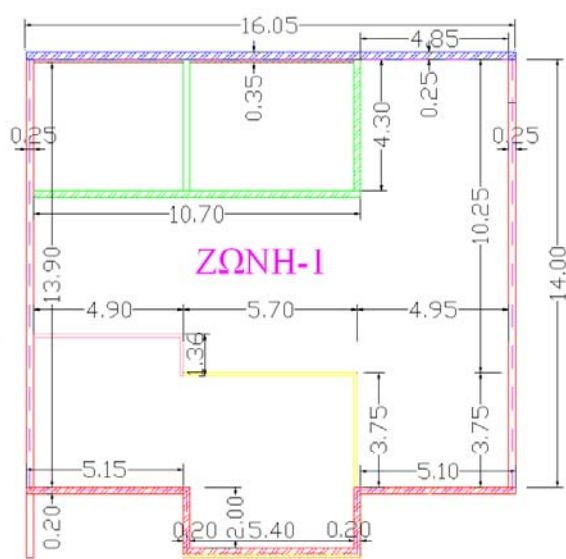
Οι μόνες τιμές προκαθορισμένες τιμές που χρησιμοποιούνται στο iSBEM για τη γραμμική θερμική μετάδοση,  $\Psi$ , των γραμμικών θερμογέφυρων καθορίζονται σύμφωνα με τη μέθοδο του BRE IP 1/06: Assessing the Effects of Thermal Bridging at

Junctions and around Openings. Αυτές είναι οι τιμές που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς

**Πίνακας 50. Προκαθορισμένες τιμές για τις γενικές γραμμικές θερμογέφυρες των γραμμικών δομικών στοιχείων του κτιρίου.**

	Κατασκευή χωρίς μεταλλική επένδυση	Κατασκευή με μεταλλική επένδυση
Τύπος ένωσης	$\Psi$ (W/(mK)) [35]	$\Psi$ (W/(mK)) [36]
Στέγη - τοίχος	0.12	0.28
Τοίχος - Δάπεδο που εδράζεται στο έδαφος	0.16	1.15
τοίχος - τοίχος (γωνία)	0.09	0.25
Τοίχος - Δάπεδο (Που δεν εδράζεται στο έδαφος)	0.07	0
lintel πάνω από παράθυρο	0.3	1.27
Περβάζι κάτω από παράθυρο	0.04	1.27
Jamb σε παράθυρο ή πόρτα	0.05	1.27

## 7.2. Ζώνη 0/1

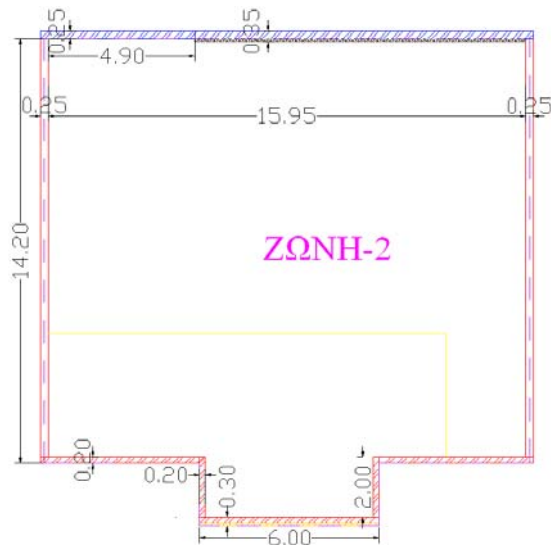


Εικόνα 67. Κάτοψη ζώνης 1 στο ισόγειο.

Πίνακας 51. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 1.

ΖΩΝΗ 1								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				236.54	4.08	240.00		
Οροφή εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας				236.54	0.56	11.68		
Εξωτερικός τοίχος	ΒΔ	15.80	6.10	96.38	2.93	228.00		
Εξωτερικός με μόνωση	ΒΔ	6.45	1.56	10.06	1.36	0.00		
Διαχωρ. με θερμαιν. χώρο (τούβλο 25cm)	-	28.20	5.30	149.69	1.54	165.16		
Διακοσμητικό τούβλο (διαχωριστικός)	-	5.60	3.20	17.92	2.17	228.00		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. χώρο (Ο/Σ 20cm)	-	14.30	3.20	45.76	2.46	228.00		
Εσωτερικός (Ο/Σ 20cm)	-	15.00	3.80	73.34	2.46	228.00		
Εσωτερικός (τούβλο	-	4.30	3.80	16.34	1.72	165.16		
Γυψοσανίδα	-	6.25	2.63	16.44	0.04	90.00		
Παράθυρα τυπος 1	ΒΔ	12.01	0.83	9.97	4.66		0.75	0.60
Παράθυρα τύπος 2	ΒΔ	8.48	1.90	16.11	4.51		0.75	0.60
Γκαραζόπορτα	ΒΔ	4.50	3.80	17.10	5.70	1.76		

### 7.3. Ζώνη 0/2

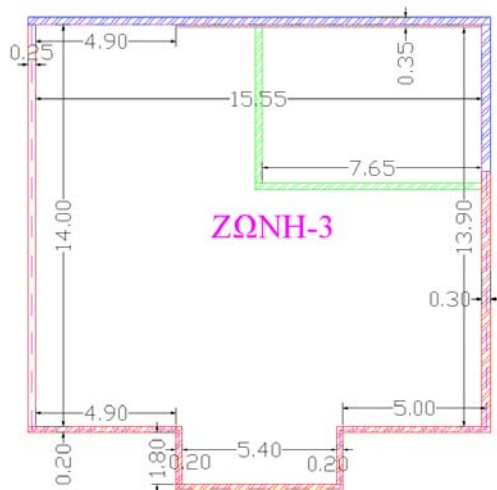


Εικόνα 68. Κάτοψη ζώνης 2 στο ισόγειο.

Πίνακας 52. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 2.

ΖΩΝΗ 2								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				241.02	4.08	240.00		
Οροφή εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας				241.02	0.56	11.68		
Εξωτερικός τοίχος	ΒΔ	16.20	6.10	85.40	2.93	228.00		
Εξωτερικός με μόνωση	ΒΔ	8.60	1.56	13.42	1.36	0.00		
Διαχωρ. με θερμαιν. χώρο (τούβλο 25cm)	-	28.20	5.30	149.69	1.54	165.16		
Διακοσμητικό τούβλο (διαχωριστικός)	-	5.80	3.20	18.56	2.17	228.00		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. Χώρο (Ο/Σ 20cm)	-	14.50	3.20	46.40	2.46	228.00		
Παράθυρα τυπος 1		12.72	0.83	10.56	4.66		0.75	0.60
Παράθυρα τύπος 2	ΒΔ	8.48	1.9	16.11	4.51		0.75	0.60
Γκαραζόπορτα	ΒΔ	4.50	3.80	17.10	5.70	1.76		

## 7.4. Ζώνη 0/3

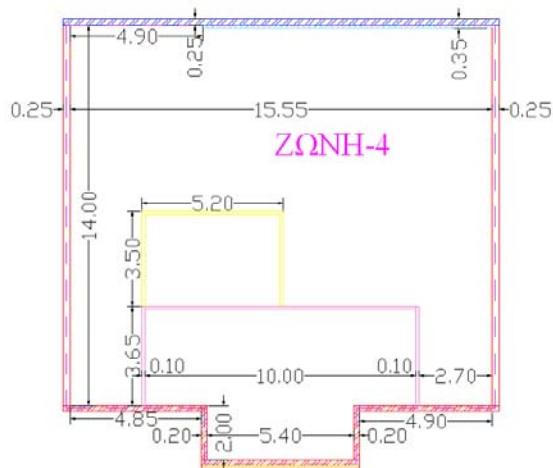


Εικόνα 69. Κάτοψη ζώνης 3 στο ισόγειο.

Πίνακας 53. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 3.

ΖΩΝΗ 3								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				235.93	4.08	240.00		
Οροφή εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας				235.93	0.56	11.68		
Εξωτερικός τοίχος ΒΔ	ΒΔ	15.68	6.10	82.20	2.93	228.00		
Εξωτερικός τοίχος ΒΑ	ΒΑ	5.10	6.10	31.11	2.93	228.00		
Εξωτερικός με μόνωση ΒΔ	ΒΔ	8.60	1.56	13.42	1.36	0.00		
Διαχωρ. με θερμαιν. χώρο (τούβλο 25cm) ΒΑ	ΒΑ	14.10	5.30	74.85	1.54	165.16		
Διακοσμητικό τούβλο (διαχωριστικός) -	-	5.60	3.20	17.92	2.17	228.00		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. Χώρο (Ο/Σ 20cm) -	-	14.30	3.20	45.76	2.46	228.00		
Διαχωριστικός με μη θερμαιν. Χώρο (Ο/Σ 25cm) -	-	9.00	3.10	27.92	2.32	228.00		
Εσωτερικός (Ο/Σ 25cm) -	-	13.30	3.80	50.54	2.32	228.00		
Παράθυρα τυπος 1		10.60	0.83	8.80	4.66		0.75	0.60
Παράθυρα τύπος 2 ΒΔ	ΒΔ	8.48	1.90	16.11	4.51		0.75	0.60
Γκαραζόπορτα ΒΔ	ΒΔ	4.50	3.80	17.10	5.70	1.76		

## 7.5. Ζώνη 0/4

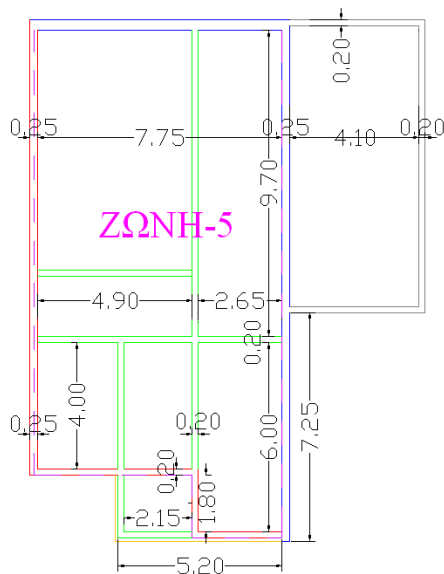


Εικόνα 70. Κάτοψη ζώνης 4 στο ισόγειο.

Πίνακας 54. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 4.

ΖΩΝΗ 4								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				234.88	4.08	240.00		
Οροφή εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας				234.88	0.74	11.68		
Εξωτερικός τοίχος	ΒΔ	15.80	6.1	82.96	2.93	228.00		
Εξωτερικός με μόνωση	ΒΔ	8.60	1.5	13.42	1.36	0.00		
Διαχωρ. με μη θερμιν. χώρο	-	28.20	5.3 0	149.69	1.54	165.16		
Διακοσμητικό τούβλο (διαχωριστικός)	-	5.60	3.2 0	17.92	2.17	228.00		
Διαχωρ. με μη θερμιν. χώρο (Ο/Σ	-	14.30	3.2 0	45.76	2.46	228.00		
Γυψοσανίδα	-	17.30	3.2	55.36	0.04	90.00		
Παράθυρα τύπος 1		12.72	0.8	10.56	4.66		0.75	0.60
Παράθυρα τύπος 2	ΒΔ	8.48	1.9	16.11	4.51		0.75	0.60
Γκαραζόπορτα	ΒΔ	4.50	3.8	17.10	5.70	1.76		

## 7.6. Ζώνη 0/5

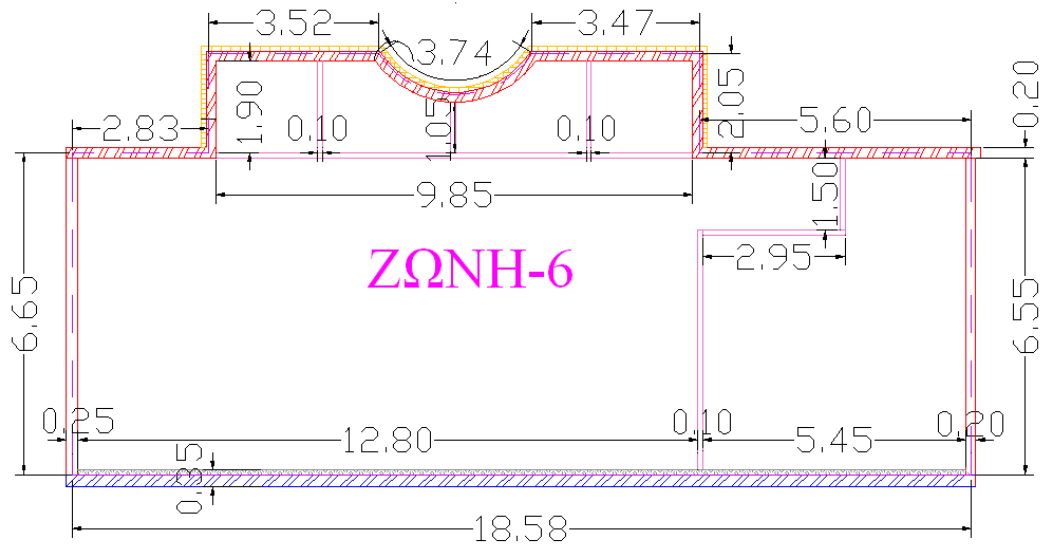


Εικόνα 71. Κάτοψη ζώνης 5 στο ισόγειο.

Πίνακας 55. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 5.

ΖΩΝΗ 5								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				116.74	4.08	240.00		
Οροφή εργαστηρίων NA πτέρυγας (ισόγειο)				116.74	0.70	11.68		
Εξωτερικός τοίχος	ΒΔ	7.88	6.10	48.04	2.93	228.00		
Εξωτερικός τοίχος	ΒΑ	16.10	6.10	98.21	2.93	228.00		
Διαχωρ. με θερμαιν. χώρο (τούβλο 25cm)	-	14.10	3.20	74.85	1.54	165.16		
Διακοσμητικό τούβλο (διαχωριστικός)	-	2.75	3.20	8.80	2.17	228.00		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. χώρο (Ο/Σ	-	7.18	3.20	22.96	2.46	228.00		
Εσωτερικός (20cm	-	30.35	3.20	97.12	2.46	228.00		
Παράθυρα τύπος 1		6.36	0.83	5.28	4.66		0.75	0.60
Παράθυρα τύπος 2	ΒΔ	6.36	1.90	12.08	4.51		0.75	0.60
Παράθυρα τύπος 1	ΒΑ	6.36	0.83	5.28	4.51		0.75	0.60

## 7.7. Ζώνη 0/6



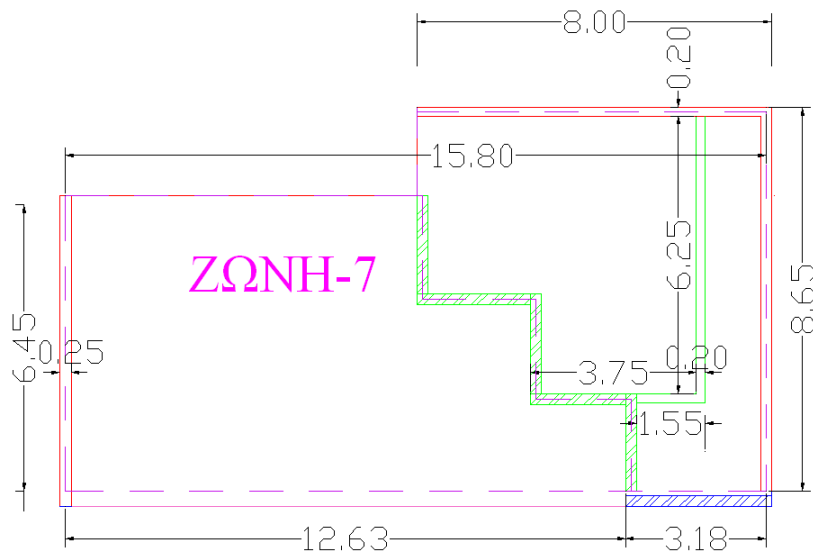
Εικόνα 72. Κάτοψη ζώνης 6 στο ισόγειο.

Πίνακας 56. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 6.

ΖΩΝΗ 6								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				143	4.08	240.00		
Οροφή εργαστηρίων ΝΑ πτέρυγας (ισόγειο)				143	0.70	11.68		
Εξωτερικός τοίχος	NA	18.58	3.20	35.96	2.93	228.00		
Εξωτερικός με μόνωση	NA	15.05	1.56	23.48	1.36	0.00		
Διαχωρ. με θερμαιν. Χώρο (τούβλο 25cm)	-	6.65	3.20	21.28	1.54	165.16		
Διακοσμητικό τούβλο (διαχωριστικός)	-	14.83	3.20	47.46	2.17	228.00		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. Χώρο (Ο/Σ 20cm)	-	8.43	3.20	26.98	2.46	228.00		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. Χώρο (τούβλο 20cm)	-	6.65	3.20	21.28	1.72	165.16		
Γυψοσανίδα	-	24.10	3.20	77.12	0.04	90.00		
Παράθυρα τύπος 2	NA	14.84	1.90	28.20	4.51		0.75	0.60
Παράθυρα τύπος 1	BA	6.36	0.83	5.28	4.51		0.75	0.60



## 7.8. Ζώνη 0/7

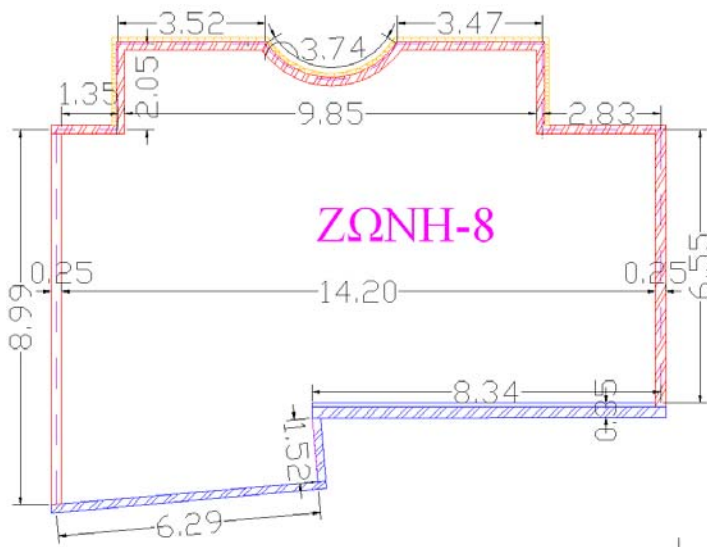


Εικόνα 73. Κάτοψη ζώνης 7 στο ισόγειο.

Πίνακας 57. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 7.

ΖΩΝΗ 7								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				121.07	4.08	240.00		
Οροφή εργαστηρίων NA πτέρυγας (ισόγειο)				121.07	0.70	11.68		
Εξωτερικός τοίχος	NA	3.18	3.20	10.18	2.93	228.00		
Εξωτερικός τοίχος (γυψοσανίδα)	NA	12.6 3	3.20	40.42	1.54	165.16		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. χώρο (τοίχος 25cm)	-	13.3 0	3.20	42.56	2.17	228.00		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. Χώρο (τοίχος 20cm)	-	10.0 0	3.20	32.00	1.72	165.16		
Εσωτερικός (20cm)	-	19.1	3.20	61.38	2.46	228.00		
Παράθυρα τύπου 3	NA	1.19	1.42	1.69	5.13		0.75	0.60
Παράθυρα τύπου 4	NA	3.58	1.42	5.08	4.61		0.75	0.60
Παράθυρα τύπου 2	NA	2.12	1.90	4.03	4.51		0.75	0.60
Παράθυρα τύπου 10	NA	1.64	2.64	4.33	4.78		0.75	0.60

## 7.9. Ζώνη 0/8

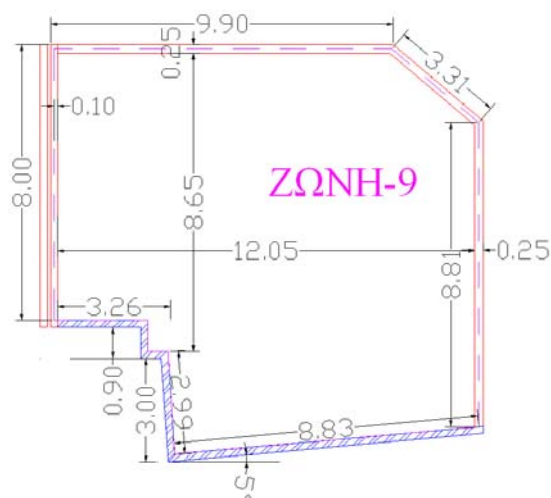


Εικόνα 74. Κάτοψη ζώνης 8 στο ισόγειο.

Πίνακας 58. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 8.

ΖΩΝΗ 8								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				129.38	4.08	240.00		
Οροφή εργαστηρίων NA πτέρυγας (ισόγειο)				129.38	0.70	11.68		
Εξωτερικός τοίχος	NA	14.63	3.20	46.82	2.93	228.00		
Εξωτερικός τοίχος	A	1.52	3.20	4.86	2.93	228.00		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. χώρο (τούβλο 25cm)	-	8.99	3.20	28.77	1.54	165.16		
Διακοσμητικό τούβλο (διαχωριστικός)	-	14.83	3.20	47.46	2.17	228.00		
Διαχωριστικός με μη θερμαιν. Χώρο (Ο/Σ 20cm)	-	4.18	3.20	13.38	2.46	228.00		
Διαχωριστικός με μη θερμαιν. Χώρο (Ο/Σ 25cm)	-	6.65	3.20	21.28	2.32	228.00		
Παράθυρα τύπος 2	NA	6.36	1.90	12.08	4.51		0.75	0.60

## 7.10. Ζώνη 0/9

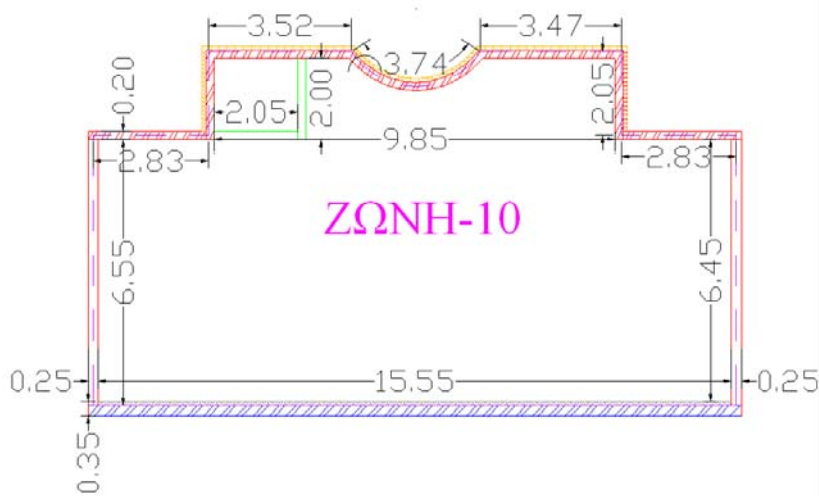


Εικόνα 75. Κάτοψη ζώνης 9 στο ισόγειο.

Πίνακας 59. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 9.

ΖΩΝΗ 9								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				127.96	4.08	240.00		
Οροφή εργαστηρίων NA πτέρυγας (ισόγειο)				127.96	0.70	11.68		
Εξωτερικός τοίχος NA	NA	12.09	3.20	38.69	2.93	228.00		
Εξωτερικός τοίχος A	A	3.89	3.20	12.45	2.93	228.00		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. χώρο (τούβλο 25cm)	-	21.92	3.20	70.14	1.54	165.16		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. Χώρο (τούβλο 20cm)	-	7.90	3.20	25.28	1.72	165.16		
Εσωτερικός ζώνης	-	5.90	2.20	12.98	2.46	228.00		
Γυψοσανίδα	-				0.04	90.00		

## 7.11. Ζώνη 0/10

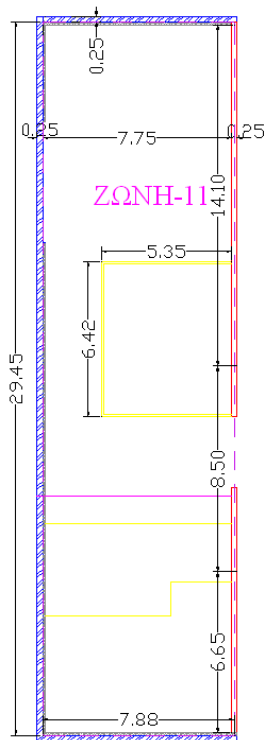


Εικόνα 76. Κάτοψη ζώνης 10 στο ισόγειο.

Πίνακας 60. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 10.

ΖΩΝΗ 10								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				125.99	4.08	240.00		
Οροφή εργαστηρίων NA πτέρυγας (ισόγειο)				125.99	0.70	11.68		
Εξωτερικός τοίχος	NA	15.80	3.20	50.56	2.93	228.00		
Εξωτερικός τοίχος με μόνωση	NA	12.90	1.56	20.12	1.36	0.00		
Διαχωρ. με θερμαιν. χώρο (τούβλο 25cm)	-	6.65	3.20	21.28	1.54	165.16		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. χώρο (τούβλο 25cm)	-	6.65	3.20	21.28	1.54	165.16		
Διακοσμητικό τούβλο (διαχωριστικός)	-	14.83	3.20	47.46	2.17	228.00		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. χώρο (Ο/Σ 20cm)	-	5.66	3.20	18.11	2.46	228.00		
Εσωτερικός τοίχος	-	4.05	3.20	12.96	2.46	228.00		
Παράθυρα τύπου 2	NA	12.72		24.17	4.51		0.75	0.60

## 7.12. Ζώνη 0/11



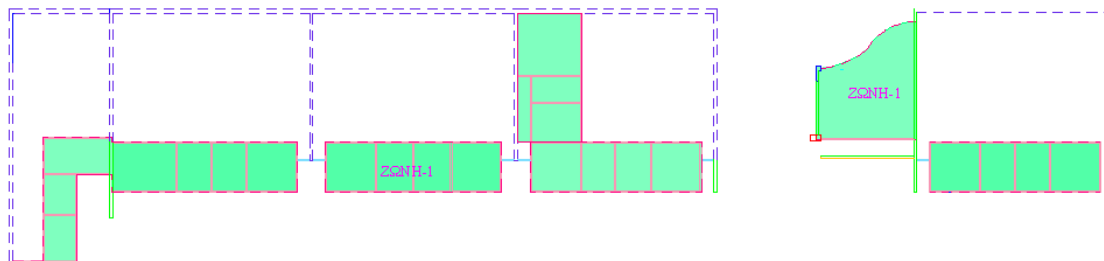
Εικόνα 77. Κάτοψη ζώνης 11 στο ισόγειο.

Πίνακας 61. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 11.

ΖΩΝΗ 11								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				229.37	4.08	240.00		
Οροφή εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας				229.37	0.56	11.68		
Εξωτερικός τοίχος ΒΔ	ΒΔ	7.88	6.10	48.07	2.93	228.00		
Εξωτερικός τοίχος ΝΑ	ΝΑ	7.88	3.20	25.22	2.93	228.00		
Εξωτερικός τοίχος ΝΔ	ΝΔ	29.45	5.11	150.42	2.93	228.00		
Εξωτερικός με μόνωση ΒΔ	ΒΔ	6.45	1.56	10.06	1.36	0.00		
Εξωτερικός με μόνωση ΝΑ	ΝΑ	6.45	1.56	10.06	1.36	0.00		
Εξωτερικός με μόνωση ΝΔ	ΝΔ	15.05	1.56	23.48	1.36	0.00		
Διαχωρ. με θερμαιν. χώρο (τούβλο 25cm)	-	14.10	5.29	74.56	1.54	165.16		
Διαχωρ. με μη θερμαιν. Χώρο (τούβλο 25cm)	-	15.25	3.20	48.80	1.54	165.16		

ΖΩΝΗ 11								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Παράθυρα τυπος 1	ΒΔ	6.36	0.83	5.28	4.66		0.75	0.60
Παράθυρα τύπος 2	ΒΔ	6.36	1.90	12.08	4.51		0.75	0.60
Παράθυρα τύπος 2	ΝΑ	6.36	1.90	12.08	4.51		0.75	0.60
Παράθυρα τυπος 1	ΝΔ	12.72	0.83	10.56	4.66		0.75	0.60
Παράθυρα τύπος 2	ΝΔ	14.84	1.90	28.20	4.51		0.75	0.60
Γκαραζόπορτα	ΝΔ	4.50	3.80	17.10	5.70	1.76		

### 7.13. Ζώνη 0/12

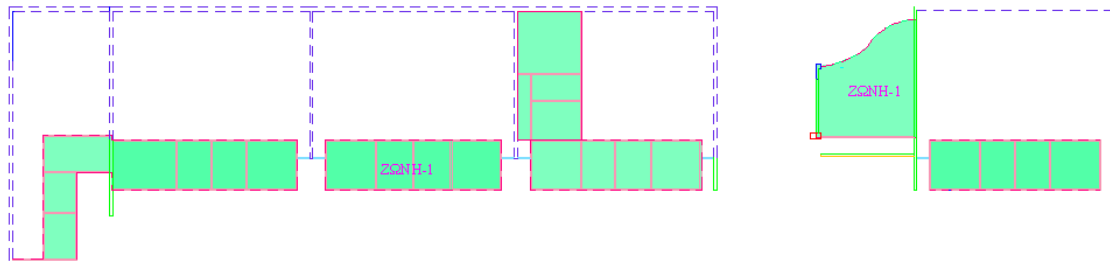


Εικόνα 78. Κάτοψη ζώνης 12 στο ισόγειο.

Πίνακας 62. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 12.

ΖΩΝΗ 12								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο					4.08	240.00		
Οροφή					0.70	11.68		
Εξωτερικός τοίχος	ΝΑ							
Εξωτερικός τοίχος	Α							
Υαλότουβλα εξωτερικός	ΒΔ	8.75	3.20	28	3.20	210		
Παράθυρα τύπος 2	-						0.75	
Παράθυρα τυπος 1	-						0.75	
Παράθυρα τύπος 2							0.75	

## 7.14. Ζώνη 1/1

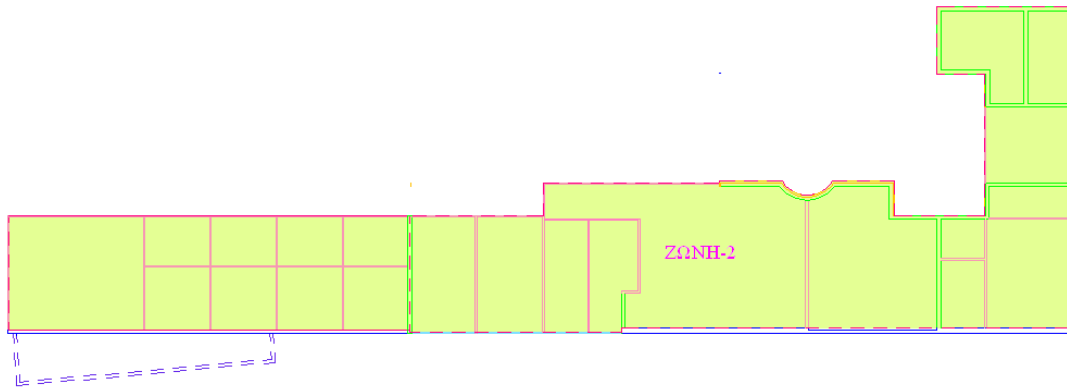


Εικόνα 79. Κάτοψη ζώνης 1 στον όροφο.

Πίνακας 63. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 1/1.

ΖΩΝΗ 1/1								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				368.18	0.66	11.68		
Οροφή γραφείων ΝΑ πτέρυγας (όροφος)				368.18	0.70	56.63		
Εξωτερικός	ΒΔ	5.05	2.90	14.65	2.93	228.00		
Γαλότουβλα εξωτερικός	ΒΔ	8.75	2.90	25.38	3.20	210		
Γυψοσανίδα διαχωρ. με θερμαιν. χώρο		87.52	2.90	253.81	0.04	90.00		
Γυψοσανίδα διαχωρ. με μη θερμαιν. Χώρο (διάδρομος)		89.40	2.90	259.26	0.04	90.00		
Τοιχοποιία 25cm διαχωριστική με θερμαινόμενο χώρο		19.45	2.90	56.41	1.54	165.16		
Τοιχοποιία 25cm διαχωριστική με μη θερμαινόμενο χώρο		6.85	2.90	19.87	1.54	165.16		
Γυψοσανίδα (εσωτερική)		68.48	2.90	198.59	0.04	90.00		
Τοιχοποιία 25cm		2.60	2.90	7.54	1.54	165.16		
Παράθυρα (τύπου 1)	ΒΔ	6.36	0.83	5.28	4.66		0.75	0.60

## 7.15. Ζώνη 1/2



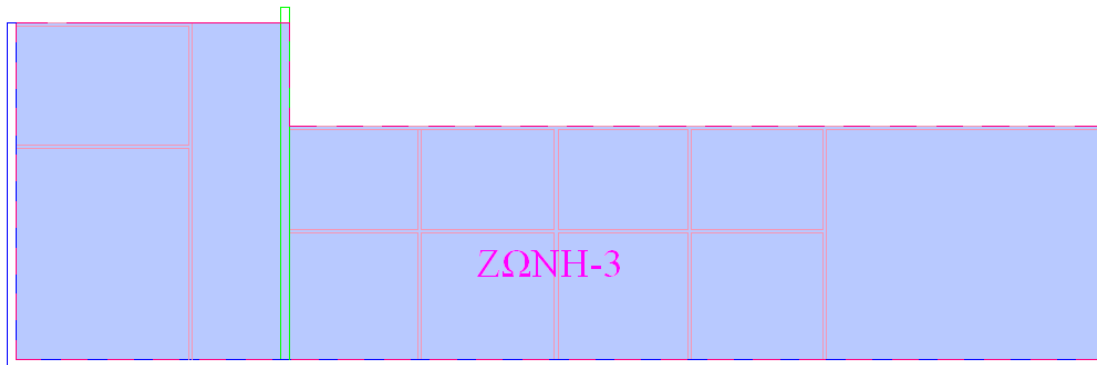
Εικόνα 80. Κάτοψη ζώνης 2 στον όροφο

Πίνακας 64. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης ½.

ΖΩΝΗ 1/2								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				545.83	0.66	11.68		
Οροφή γραφείων ΝΑ πτέρυγας (όροφος)				545.83	0.70	56.63		
Εξωτερικός τοίχος	BA	19.10	2.90	55.39	2.93	228.00		
Εξωτερικός τοίχος	N	50.90	2.90	147.61	2.93	228.00		
Εξωτερική γυψοσανίδα με εσωτερική μόνωση	N A	12.50	2.90	36.25	1.36			
Διακοσμητικό τούβλο διαχωρ. με μη θερμαιν.		17.10	2.90	49.59	2.17			
Τοιχοποιία 25cm διαχωρ. με μη θερμαιν.		14.65	2.90	42.49	1.54	165.16		
Γυψοσανίδα διαχωρ. με θερμαιν. χώρο		6.70	2.90	19.43	0.04	90.00		
Γυψοσανίδα διαχωρ. με μη θερμαιν. Χώρο		58.70	2.90	170.23	0.04	90.00		
Τοιχοποιία 25cm		18.75	2.90	54.38	1.54	165.16		
Τοιχοποιία 20cm		9.70	2.90	28.13		165.16		
Γυψοσανίδα		85.20	2.90	247.08	0.04	90.00		
Παράθυρα τύπου 1	N	27.56	0.83	22.87	4.66		0.75	0.60
Παράθυρα τύπου 5	N			5.07	5.13		0.75	0.60
Παράθυρα τύπου 8	N	2.82	1.40	3.95	4.62		0.75	0.60



## 7.16. Ζώνη 1/3



Εικόνα 81. Κάτοψη ζώνης 3 στον όροφο.

Πίνακας 65. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων της ζώνης 1/3.

ΖΩΝΗ 1/3								
Είδος επιφάνειας	Γεωμετρικά στοιχεία				Συντελεστές			
	Προσ/σμός	Μήκος	Υψος	Εμβαδό	U-value	Cm	T - Solar	L - Solar
		m	m	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> C	kJ/m <sup>2</sup> C		
Δάπεδο				239.90	0.66	11.68		
Οροφή γραφείων ΝΑ πτέρυγας (όροφος)				239.90	0.70	56.63		
Εξωτερικός τοίχος	N	31.7	2.90	92.08	2.93	228.00		
Εξωτερικός τοίχος	ΝΔ	9.80	2.90	28.42	2.93	228.00		
Γυψοσανίδα διαχωριστική με		11.7	2.90	34.08	0.04	90.00		
Γυψοσανίδα διαχωριστική με μη		23.7	2.90	68.88	0.04	90.00		
Τοιχοποιεία 25cm διαχωριστική με μη		3.00		8.70	1.54	165.16		
Τοιχοποιεία 25cm (εσωτερικός)		6.80	2.90	19.72	1.54	165.16		
Γυψοσανίδα		56.9	2.90	165.16	0.04	90.00		
Παράθυρα (τύπου 1)	N	19.0	0.83	15.84	4.66		0.75	0.60
Παράθυρα (τύπου 1)	ΝΔ	6.36	0.83	5.28	4.66		0.75	0.60
Παράθυρα (τύπου 6)	N	4.62	1.45	6.70	4.62		0.75	0.60

## 8. Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός/εγκαταστάσεις

### 8.1. Σύστημα θέρμανσης κτιρίου

Η μονάδα παραγωγής θέρμανσης του κτιρίου περιλαμβάνει λέβητα-καυστήρα φυσικού αερίου, με αντλίες διανομής που καταλήγουν στις ΚΚΜ και σε fan coils. Η ονομαστική ισχύς του λέβητα είναι 1,000,000 kcal/h. Από τις τεχνικές προδιαγραφές λαμβάνουμε βαθμό θερμικής απόδοσης συστήματος λέβητα – καυστήρα: 94%

Ο λέβητας είναι εγκατεστημένος σε εσωτερικό μη θερμαινόμενο χώρο του κτιρίου και τροφοδοτεί συνολικά 7 Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες (ΚΚΜ). Οι 5 από αυτές εξυπηρετούν τα εργαστήρια στη βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου (ζώνες 1,2,3,4,9 και 11). Οι άλλες 2 είναι εξωτερικές και σχεδιάστηκαν για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης – ψύξης του αμφιθεάτρου και του διαδρόμου. Η ΚΚΜ του διαδρόμου βρίσκεται εκτός λειτουργίας.

βρίσκονται τα γραφεία εξυπηρετούνται από split units.



**Εικόνα 82. Στοιχείο θέρμανσης – ψύξης (αριστερά) και συστοιχία φίλτρων καθαρισμού αέρα (δεξιά)**



**Εικόνα 83. ΚΚΜ αμφιθεάτρου**



**Εικόνα 84. Είσοδος αέρα θέρμανσης-ψύξης αμφιθεάτρου (αριστερά) και αισθητήρας ελέγχου θερμοκρασίας νερού (δεξιά)**

Έξοδος αέρ  
κτιρίου



**Εικόνα 85. Εξωτερική ΚΚΜ διαδρόμου – Εκτός λειτουργίας.**



**Εικόνα 86. Αεραγωγοί διανομής κλιματιζόμενου αέρα. στο διάδρομο Ο κίτρινος αεραγωγός είναι προσαγωγής ενώ ο κόκκινος είναι ο αγωγός εξαερισμού.**

## 8.2. Σύστημα ψύξης

Το σύστημα ψύξης του κτιρίου περιλαμβάνει ψύκτη TRANE μοντέλο CGAF 211R φυσικού αερίου, με αντλίες διανομής που καταλήγουν στις ΚΚΜ και σε fan coils.

Ο ψύκτης είναι εγκατεστημένος στη ΒΑ πλευρά του κτιρίου, εξυπηρετεί ποσοστό ψύξης του κτιρίου των Αρχιτεκτόνων Μηχανικών και τροφοδοτεί τις 7 Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες (ΚΚΜ).

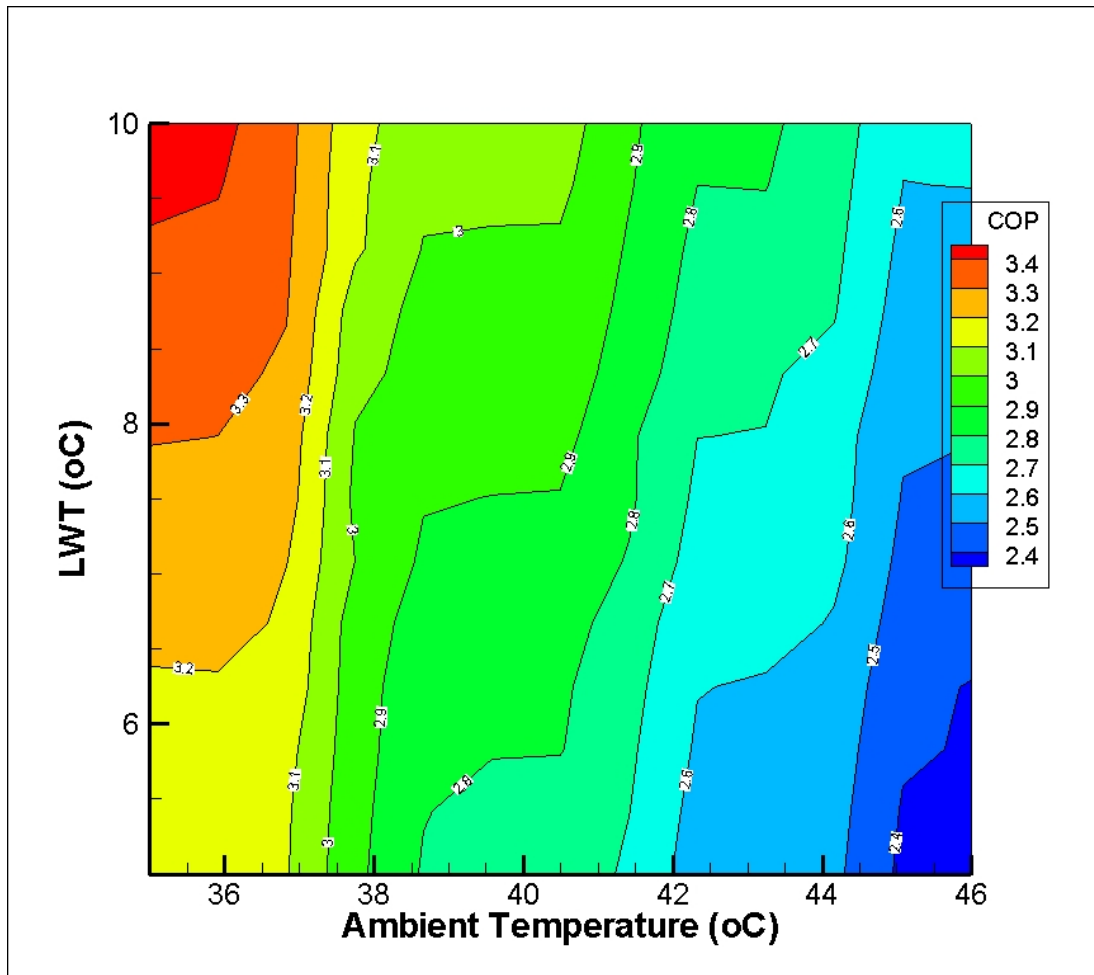


Εικόνα 87. Όψη ψυκτικής μονάδας TRANE CGAF 211R. Διακρίνονται οι δύο συμπιεστές και ο συμπυκνωτής

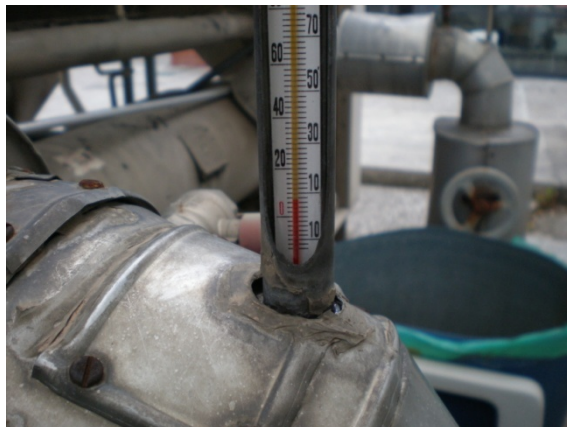


Εικόνα 88. Πλάγια όψη ψυκτικής μονάδας. Διακρίνονται οι ηλεκτρολογικοί πίνακες ελέγχου

Για τον υπολογισμό του ονομαστικού συντελεστή ενεργειακής απόδοσης δημιουργήσαμε το διάγραμμα ισοϋψών COP [39] από τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του ψύκτη. Το νερό ψύχεται στους 5°C – 10°C και οι τιμές του COP κυμαίνονται από 2.34-3.45 αντίστοιχα. Για θερμοκρασία περιβάλλοντος  $T_{\text{ambient}}=40^{\circ}\text{C}$  και θερμοκρασία νερού  $\text{LWT}=9^{\circ}\text{C}$  προκύπτει ονομαστικό  $\text{COP}=3$



Εικόνα 89. Διάγραμμα ισοϋψών COP του ψύκτη συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και του νερού ψύξης



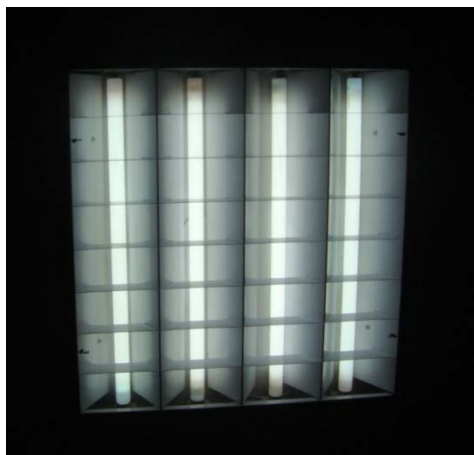
Εικόνα 90. Θερμοκρασία νερού ψύξης 7°C



**Εικόνα 91. Πίσω όψη ψυκτικής μονάδας. Διακρίνονται ο εξατμιστήρας και η είσοδος και έξοδος του νερού ψύξης**

### **8.3. Φωτισμός**

Το σύστημα φωτισμού του κτιρίου που εξετάζεται παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες.



**Εικόνα 92: Φωτιστικό σώμα τύπου 1 – Αποτελείται από 4 λαμπτήρες T8 (4\*18W)**



**Εικόνα 93: Φωτιστικό σώμα τύπου 3– Αποτελείται από 2 λαμπτήρες T8 (2\*36W)**

**Εικόνα 94: Λαμπτήρας τύπου 2 ισχύος 500W**

- ⇒ Στους μη θερμαινόμενους χώρους, δεν λαμβάνεται υπόψη η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό
- ⇒ Η βάση δεδομένων δραστηριότητας περιέχει τα επίπεδα φωτισμού lux που πρέπει να διατηρηθούν σε κάθε χώρο δραστηριότητας για την περίοδο που καθορίζεται από τα προγράμματα φωτισμού. Αυτό το επίπεδο φωτισμού παρέχεται από το σύστημα φωτισμού που επιλέγεται από το χρήστη.

Η εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού προκύπτει από τον αριθμό των λαμπτήρων συνολικά στη ζώνη επί την ισχύ του κάθε λαμπτήρα. Στον Πίνακα 69 παρουσιάζονται ανά ζώνη τα φωτιστικά σώματα και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς.

**Πίνακας 66. Τύπος και αριθμός φωτιστικών σωμάτων ανά ζώνη και συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού.**

Ζώνη	Αριθμός φωτιστικών τύπου 1 (72W)	Αριθμός φωτιστικών τύπου 2 (500W)	Αριθμός φωτιστικών τύπου 3 (72W)	Συνολική Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W)
0/1	17	7	-	4724
0/2	14	12	-	7008
0/3	17	4	-	3224
0/4	17	11	-	6724
0/5	-	-	-	-
0/6	20	-	-	1440
0/7	36	-	-	2592
0/8	20	-	-	1440
0/9	-	-	38	2736
0/10	30	-	-	2160
0/11	-	6	-	3000
0/12	-	-	-	-
1/1	98	-	-	7056
1/2	121	-	-	8712
1/3	64	-	-	4608

#### 8.4. Σύστημα ZNX

Το εξεταζόμενο κτίριο δεν διαθέτει σύστημα ZNX. Οι ανάγκες των εργαστηρίων καλύπτονται από αυτόνομες ηλεκτρικές μονάδες (boilers) χωρητικότητας 5lt και ισχύος 1500W (Εικόνα 95)

Ωστόσο, το λογισμικό εργαλείο iSBEM απαιτεί να ορίζεται σύστημα ZNX για όλες τις ζώνες. Ανάλογα με τη δραστηριότητα και τον τύπο του κτιρίου που έχει επιλεγεί για τη ζώνη, γίνεται μια τυπική ζήτηση ζεστού νερού (Πίνακας 11). Για παράδειγμα, θεωρούμε ότι υπάρχει μια υποτιθέμενη ανάγκη που προκύπτει από τους κατόχους ενός γραφείου για δραστηριότητες όπως το πλύσιμο των χεριών και των



φλιτζανιών. Η απαίτηση αυτή συνδέεται με τους κατειλημμένους χώρους, παρά με τους χώρους όπου υπάρχει πρόσβαση για ΖΝΧ. δηλ., υπάρχει απαίτηση για ΖΝΧ που συνδέεται με ένα γραφείο γενικά παρά ένα δωμάτιο τουαλετών ή ένα δωμάτιο παρασκευής τσαγιού.

Για αυτό το λόγο, η ανάγκη για κάθε χώρο χρειάζεται να προσδιοριστεί για ένα σύστημα ΖΝΧ ακόμα και αν το σύστημα από μόνο του δεν είναι παρόν στο χώρο.

Οι αυτόνομες ηλεκτρικές μονάδες (boilers) των εργαστηρίων δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά τη μοντελοποίηση του κτιρίου. Η υπολογιστική προσέγγιση έγινε με τις υπάρχουσες προεπιλεγμένες τιμές που ορίζει το λογισμικό.



**Εικόνα 95.** Ηλεκτρικός θερμοσίφοντας χωρητικότητας 5lt και ηλεκτρικής ισχύος 1.5 kW.

### **8.5. Καθορισμός παραμέτρων για τα συστήματα ΘΨΚ του κτιρίου - Εισαγωγή τιμών στο λογισμικό**

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τιμές των παραμέτρων των Η/Μ συστημάτων που έχουν εισαχθεί στις αντίστοιχες φόρμες συμπλήρωσης του λογισμικού.

Στον Πίνακα 67 παρατίθενται οι παράμετροι προσδιορισμού του συστήματος ΚΚΜ ορισμένου ως HVAC\_typical στο λογισμικό.

Στον Πίνακα 68 παρατίθενται οι παράμετροι προσδιορισμού των μονάδων fan coils ορισμένου ως HVAC\_orofos στο λογισμικό.

Πίνακας 67. Παράμετροι που εισάγονται στο λογισμικό για τον καθορισμό του συστήματος HVAC typical για τις ζώνες 0/1,0/2,0/3,0/4,0/9 και 0/11.

HVAC typical		
Τύπος συστήματος	Τερματικός μονάδες σταθερού όγκου (ΚΚΜ)	
<b>Σύστημα θέρμανσης</b>		<b>Πηγή</b>
Μονάδα παραγωγής θερμότητας	ΧΒΖΝ λέβητας (LTHW boiler)	
Είδος καυσίμου	Φυσικό αέριο	
Εποχιακός συντελεστής απόδοσης - SSEff	0,8	
Πιστοποιημένο με UK ECAs	Δεν βρίσκεται στη λίστα ECAs	
Εγκαταστάθηκε μετά το 1998	Όχι	
(ΣΗΘ)	Όχι	
<b>Σύστημα ψύξης</b>		<b>Πηγή</b>
Τύπος ψύκτη	Αερόψυκτος ψύκτης	
Απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς	<100kW	
Είδος καυσίμου	Ηλεκτρικό ρεύμα	
Εποχιακός συντελεστής απόδοσης (SEER)	1.92	
Ονομαστικός συντελεστής ενεργειακής απόδοσης (EER)	1	
Πιστοποιημένο με UK ECAs	Δεν βρίσκεται στη λίστα ECAs	
Ψυκτικό συγκρότημα	Default chiller	(κλειδωμένο!!)
<b>Εξαερισμός</b>		<b>Πηγή</b>
Ανάκτηση θερμότητας	Καμία ανάκτηση θερμότητας	
<b>Ρυθμίσεις συστήματος</b>		<b>Πηγή</b>
Ισχύς ανεμιστήρων (SFP)	(2,9 W/l/s)	
<b>Παροχή μετρήσεων (για ελέγχους)</b>		<b>Πηγή</b>
Υπάρχει μετρητής συστήματος HVAC;	Όχι / δεν γνωρίζω	default
<b>Έλεγχος συστήματος ΘΨΚ</b>		
Δεν υπάρχει κανένας έλεγχος για το σύστημα		

Πίνακας 68. Παράμετροι που εισάγονται στο λογισμικό για τον καθορισμό του συστήματος HVAC οροφος για τις ζώνες 0/6,0/7,0/8,0/10,1/1, 1/2 και 1/3.

HVAC οροφος		
Τύπος συστήματος	Σύστημα fan coils	
Σύστημα θέρμανσης		Πηγή
μονάδα παραγωγής θερμότητας	XBZN λέβητας (LTHW boiler)	
Είδος καυσίμου	Φυσικό αέριο	
αποτελεσματικός συντελεστής εποχιακής απόδοσης - SSEff	0,65	default
Πιστοποιημένο με UK ECAs	Δεν βρίσκεται στη λίστα ECAs	
Εγκαταστάθηκε μετά το 1998	Όχι	
(ΣΗΘ)	Όχι	
Σύστημα ψύξης		Πηγή
Τύπος ψύκτη	Αερόψυκτος ψύκτης	
Απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς	<100kW	
Είδος καυσίμου	Ηλεκτρικό ρεύμα	
Εποχιακός συντελεστής απόδοσης (SEER)	1.92	
Ονομαστικός συντελεστής ενεργειακής απόδοσης (EER)	2.5	
Πιστοποιημένο με UK ECAs	Δεν βρίσκεται στη λίστα ECAs	
Ψυκτικό συγκρότημα	Default chiller	(κλειδωμένο!!)
Εξαερισμός		Πηγή
Ανάκτηση θερμότητας	Καμία ανάκτηση θερμότητας	
Ρυθμίσεις συστήματος		Πηγή
Ισχύς ανεμιστήρων (SFP)	(2,9 W/l/s)	default
Παροχή μετρήσεων (για ελέγχους)		Πηγή
Υπάρχει μετρητής συστήματος HVAC;	Όχι / δεν γνωρίζω	default
Έλεγχος συστημάτων		
Δεν υπάρχει κανένας έλεγχος για το σύστημα		

## 8.6. Καθορισμός παραμέτρων ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων σε επίπεδο ζώνης – Εισαγωγή τιμών στο λογισμικό

Στη συνέχεια παρουσιάζονται με τη μορφή πινάκων οι παράμετροι μοντελοποίησης των συστημάτων ΘΨΚ, ΖΝΧ, μηχανικού εξαερισμού και φωτισμού σε επίπεδο ζώνης.

Πίνακας 69. Παράμετροι συστήματος ZNX σε επίπεδο ζώνης.

Σύστημα ZNX		Πηγή
Τύπος γεννήτριας	Αποκλειστικά λέβητας ZNX	
Είδος καυσίμου	Φυσικό αέριο	
Εποχιακός συντελεστής απόδοσης	0.65	default
Είναι σύστημα αποθήκευσης (θερμικής συσσώρευσης);	Ναι	
Απώλειες συστήματος αποθήκευσης	28010 MJ/month	default
Έχει δευτερεύουσα κυκλοφορία?	Ναι	
Απώλειες δευτερεύουσας κυκλοφορίας	15 W/m	default
Ισχύς αντλίας	0.208 kW	default
Loop length	248,7 m	default
Υπάρχει ωριαίος έλεγχος για τη δευτερεύουσα κυκλοφορία;	Όχι	

Πίνακας 70. Παράμετροι συστήματος ΘΨΚ & ZNX, εξαερισμού και μηχανικού εξαερισμού σε επίπεδο ζώνης.

Σύστημα HVAC & ZNX		Πηγή
Υπάρχουν ανεμιστήρες αποστρωματοποίησης στη ζώνη?	Όχι	
Μήκος σωληνώσεων από την παροχή νερού μέχρι το σημείο που νερό ζεσταίνεται σε αυτή τη ζώνη	0	
Εξαερισμός		Πηγή
Ανάκτηση θερμότητας	Καμία ανάκτηση θερμότητας	
Η περιοχή δραστηριότητας απαιτεί την επεξεργασία αέρα υψηλής πτώσης	Βάση δεδομένων δραστηριοτήτων	Default
Υπάρχει σύστημα νυχτερινού δροσισμού?	Όχι	
Μηχανικός εξαερισμός		Πηγή
Υπάρχει μηχανικός εξαερισμός στη ζώνη;	Όχι	

Πίνακας 71. Παράμετροι φωτισμού σε επίπεδο ζώνης.

Φωτισμός		Πηγή
Το σύστημα έχει μετρητή;	Όχι	

Παράγοντας ηλεκτρικής ισχύος	<0.9	
Συνολική Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W)	Βλ.	
Στάθμη φωτισμού σχεδιασμού (Lux)	800	Default
Τύπος λαμπτήρων	T8	
<b>Έλεγχος φωτισμού</b>		<b>Πηγή</b>
Είναι εγκατεστημένες οι συσκευές φωτισμού εξαγωγής αέρα?	Όχι – δεν γνωρίζω	
Έλεγχος φωτισμού	Local manual switching	
Αυτόματος χωρισμός ζωνών βάση του φωτός	Ναι, από το λογισμικό όπου χρειάζεται	
Τύπος αισθητήρων κίνησης	Δεν υπάρχουν	

## 9. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης

Στην Εικόνα 96 παρουσιάζεται η φόρμα Κατατάξεων του λογισμικού iSBEM με τα αποτελέσματα των υπολογισμών. Τα υπολογισμένα αποτελέσματα περιλαμβάνουν:

- Την ενέργεια που χρησιμοποιείται ανά τετραγωνικό μέτρο ( $\text{kWh/m}^2$ ) ετησίως από το εξεταζόμενο κτίριο και τα κτίριο αναφοράς για τη θέρμανση, την ψύξη, τη δευτερογενή ενέργεια (αντλίες, ανεμιστήρες, και έλεγχοι), το φωτισμό, και το ΖΝΧ.
- Τη συνολική ενέργεια που χρησιμοποιείται ανά τετραγωνικό μέτρο ( $\text{kWh/m}^2$ ) ετησίως στο εξεταζόμενο κτίριο και το κτίριο αναφοράς από άποψη ηλεκτρικής ενέργειας και χρήσης καυσίμων
- Τις συνολικές εκπομπές  $\text{CO}_2$  ανά τετραγωνικό μέτρο ( $\text{kgCO}_2/\text{m}^2$ ) ετησίως που προκύπτουν από τις ενεργειακές ανάγκες του πραγματικού κτιρίου και του κτιρίου αναφοράς.
- Την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου

The screenshot displays the 'Ratings' tab in the iSBEM software. The 'Asset Rating' section is active, showing 'EPC England' results. The interface includes a navigation menu with options like 'Building Rating', 'Graphic rating', 'Recommendations', 'EPC Audit', 'Calculation Logs', 'Calculation Errors', 'Messages', and 'Supporting Documents'. The main area contains a table of energy consumption and carbon emissions, along with buttons for 'Calculate EPC Rating', 'Energy Performance Certificate', 'EPC recommendations report', 'Supporting Recommendations', 'SBEM Outputs', and 'Data Reflection - Actual Building'. A status message at the bottom indicates 'Calculation progress: Asset rating completed'.

	Heating	Cooling	Auxiliary	Lighting	Hot Water	Total	
Actual	192.03	20.98	56.38	41.95	55.5	366.82	$\text{kWh/m}^2/\text{yr}$
Notional	14.2	5.1	15.81	24.81	4.13	64.05	$\text{kWh/m}^2/\text{yr}$
Reference	41.78	19.47	1.67	46.32	7.68	116.92	$\text{kWh/m}^2/\text{yr}$

	Part L TER	Typical	SER	BER	EPC Rating
$\text{kgCO}_2/\text{m}^2/\text{yr}$	27.3	72.7	34.2	110.7	162
Band	B	E	B-C	G	

**Εικόνα 96: Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό για το εξεταζόμενο κτίριο στη φόρμα Κατατάξεων**

Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για το εξεταζόμενο κτίριο στη μορφή που παράγεται από το λογισμικό.

# Energy Performance Certificate

Non-Domestic Building



Certificate Reference Number:  
0000-0040-0030-9000-0103

This certificate shows the energy rating of this building. It indicates the energy efficiency of the building fabric and the heating, ventilation, cooling and lighting systems. The rating is compared to two benchmarks for this type of building: one appropriate for new buildings and one appropriate for existing buildings. There is more advice on how to interpret this information on the Government's website [www.communities.gov.uk/epbd](http://www.communities.gov.uk/epbd).

## Energy Performance Asset Rating

More energy efficient



Less energy efficient

## Technical information

Main heating fuel:	Natural Gas
Building environment:	Air Conditioning
Total useful floor area (m <sup>2</sup> ):	3885
Building complexity (NOS level):	3
Building emission rate (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ):	110.89

## Benchmarks

Buildings similar to this one could have ratings as follows:

40	If newly built
106	If typical of the existing stock

### Εικόνα 97. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για το εξεταζόμενο κτίριο.

Με βάση τους υπολογισμούς του λογισμικού iSBEM η συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του υπάρχοντος κτιρίου παρουσιάζει μεγάλη απόκλιση από την αντίστοιχη του κτιρίου αναφοράς. Το μεγαλύτερο ποσοστό (52%) αυτής της ενέργειας δαπανάται για τη θέρμανση των χώρων του κτιρίου. Αυτό ήταν αναμενόμενο, γιατί όπως έχει αναφερθεί το Κεντρικό κτίριο των Μηχανολόγων Μηχανικών που εξετάζεται στην παρούσα εργασία είναι ένα παλιό κτίριο με

ελλιπή θερμομόνωση και μεγάλο πλήθος και επιφάνεια ανοιγμάτων. Η βορινή όψη του κτιρίου είναι εκτεθειμένη στον αέρα και τα δομικά στοιχεία της κατασκευής χαρακτηρίζονται από χαμηλές τιμές θερμοχωρητικότητας (εσωτερικά χωρίσματα από γυψοσανίδα, μεταλλική οροφή).

Τα ποσά ενέργειας που καταναλώνονται για την ψύξη και το φωτισμό του κτιρίου βρίσκονται πολύ κοντά στις αντίστοιχες τιμές του κτιρίου αναφοράς. Μεγάλη απόκλιση παρουσιάζεται στην κατανάλωση δευτερογενούς ενέργειας και στη ενέργεια για ΖΝΧ. Αυτό οφείλεται στην μοντελοποίηση του συστήματος ΖΝΧ, όπου χρησιμοποιήθηκαν οι συνηθισμένες τιμές (προεπιλεγμένες τιμές του λογισμικού) με την επιλογή οι ανάγκες ΖΝΧ να καλύπτονται από ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες. Αντίθετα στο κτίριο αναφοράς, οι ανάγκες για ΖΝΧ ικανοποιούνται σε ποσοστό 15% από ηλιακούς θερμοσίφωνες και από πιστοποιημένο κεντρικό λέβητα παραγωγής ΖΝΧ με υψηλό βαθμό ενεργειακής απόδοσης. Τα ποσά ενέργειας που καταναλώνονται από τα συστήματα βοηθητικής ενέργειας είναι μεγάλα, λόγω της παλαιότητας των συστημάτων αλλά και των υψηλών τιμών SFP που τα χαρακτηρίζει.

Η ενεργειακή εικόνα του κτιρίου είναι η χειρότερη δυνατή, γεγονός που το κατατάσσει στην τελευταία θέση της ενεργειακής κλίμακας (G).

## 10. Προτάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης

Οι παρεμβάσεις που θα γίνουν στο κέλυφος θα είναι σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτούμενες που προδιαγράφονται στον ΚΕΝΑΚ. Οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές που ορίζει ο Κανονισμός για τα στοιχεία του κελύφους ανά κλιματική ζώνη παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 72. Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα [33].**

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> *K)]			
		Κλιματική ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές).	U <sub>V,D</sub>	0.50	0.45	0.40	0.35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	U <sub>V,W</sub>	0.60	0.50	0.45	0.40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή).	U <sub>V,DL</sub>	0.50	0.45	0.40	0.35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	U <sub>V,G</sub>	1.20	0.90	0.75	0.70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους χώρους.	U <sub>V,WE</sub>	1.50	1.00	0.80	0.70
Ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.ά.)	U <sub>V,F</sub>	3.20	3.00	2.80	2.60



Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες.	$U_{V\_GF}$	2.20	2.00	1.80	1.80
--	-------------	------	------	------	------

Τα σενάρια που προτάθηκαν για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα:

**Πίνακας 73. Παρουσίαση των παρεμβάσεων για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.**

Προτεινόμενα σενάρια επέμβασης	Περιγραφή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
1	Προσθήκη θερμοπρόσοψης
2	Μόνωση στέγης με α. Ελαφροσκυρόδεμα παρασκευασμένο από Politerm Blu β. Πλάκα πετροβάμβακα
3	Αντικατάσταση υπαρχουσών υαλοστασίων με: α. διπλά υαλοστάσια που καλύπτουν τις απαιτήσεις του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. β. Χαμηλής εκπεψιμότητας γ. Ενεργειακά υαλοστάσια
4	Ηλιακοί συλλέκτες για ΖΝΧ
5	Κ.Ε.Ν.Α.Κ.
6	Φωτοβολταϊκά
7	Συνδυασμός σεναρίων 5 και 6
8	Συνδυασμός σεναρίων 1 και 2

## 10.1. Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων

Οι εξωτερικοί τοίχοι του εξεταζόμενου κτιρίου των Μηχανολόγων Μηχανικών αποτελούνται από σπλισμένο σκυρόδεμα. Για τη μόνωσή τους υπάρχουν δύο πιθανοί τρόποι:

- Μόνωση εξωτερικής παρειάς και
- Μόνωση εσωτερικής παρειάς

Η εσωτερική θερμομόνωση, αν και είναι πιο οικονομική, τοποθετείται σε κτίρια στα οποία μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος κλιματισμού χωρίς χρονική υστέρηση, και δεν μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία μετά τη διακοπή του κλιματισμού, δηλαδή, παραθεριστικές κατοικίες, σχολεία, κτίρια γραφείων ημερήσιας λειτουργίας, κ.λπ.

Η εξωτερική θερμομόνωση ή αλλιώς "Θερμοπρόσοψη" μπορεί να είναι πολύ πιο δαπανηρή από την εσωτερική και απαιτεί την κατάλληλη προσβασιμότητα που δεν είναι πάντα δεδομένη. Εφαρμόζεται στην εξωτερική πλευρά των κτιρίων σε νέες ή παλαιές κατοικίες. Σε υφιστάμενα κτίρια τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης

αποδεικνύονται ως ο πιο αποτελεσματικός και αξιόπιστος τρόπος μόνωσης. Επίσης αποτελεί και τεχνικά μοναδική εφικτή λύση.

Κύρια πλεονεκτήματα της θερμοπρόσοψης είναι τα ακόλουθα [40]:

- Προστασία των δομικών στοιχείων των κτιρίων των προσόψεων από θερμοκρασιακές μεταβολές σε ακραίες καιρικές συνθήκες.
- Αποτροπή δημιουργίας υγρασίας & μούχλας από συμπύκνωση των υδρατμών στο εσωτερικό μέρος των τοίχων.
- Περιορισμός θερμογεφυρών.
- Εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των τοίχων.
- Κατά τους θερινούς μήνες, δεν συμβάλει στη αύξηση της θερμοκρασίας της πόλης, διότι εμποδίζει την θερμοσυσσώρευση, έχοντας σαν αποτέλεσμα να μην αντανακλά την θερμότητα, πολλαπλασιαζόμενη στο περιβάλλον.
- Παρέχει πρόσθετη στεγανοποίηση.
- Δεν υπάρχει όχληση των χρηστών κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών.
- Δεν αποσπά ζωτικό χώρο από το εσωτερικό του κτιρίου.
- Προσφέρει αισθητική ανανέωση. Ρωγμές, κενά και κάθε είδους ατέλειες δεν αποτελούν πρόβλημα.

Το σύστημα θερμοπρόσοψης αποτελείται από θερμομονωτικό υλικό συνήθως από ινώδη (πετροβάμβακα, υαλοβάμβακα), από διογκωμένη ή εξηλασμένη πολυστερίνη. Τα κύρια μέρη ενός συστήματος θερμοπρόσοψης είναι τρία [40, 41]:

1. Η θερμομόνωση
2. Η ενισχυμένη στρώση βάσης
3. Η τελική διακοσμητική στρώση.

#### 1. Η θερμομόνωση

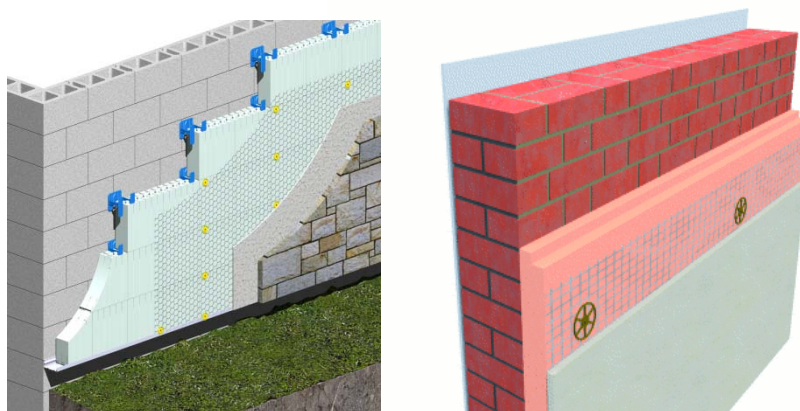
Η θερμομονωτική πλάκα σταθεροποιείται στον τοίχο με τοποθέτηση κατάλληλης κόλλας. Ο τύπος της κόλλας εξαρτάται άμεσα από το υπόστρωμα και μπορεί να συνδυάζεται με μηχανική υποστήριξη με ειδικά βύσματα ή πλαστικά ούπα. Συνήθως η κόλλα είναι τσιμεντοειδής και ενισχυμένη με ρητίνες ή/και ινοπλισμένη, γεγονός που αυξάνεται την ελαστικότητα και την αντοχή στην υγρασία.

#### 2. Ενισχυμένη στρώση βάσης

Η στρώση αυτή έχει σαν ψυχή της το αλκαλίμαχο υαλόπλεγμα θερμοπρόσοψης. Το υαλόπλεγμα εγκιβωτίζεται σε ενισχυτικό σοβά ώστε να προσδίδει μεγαλύτερη αντοχή και ελαστικότητα. Ο ενισχυτικός σοβάς που μπορεί να είναι ανόργανος με βάση το τσιμέντο ή οργανικός με βάση ελαστικές ρητίνες δημιουργεί έναν ισχυρό μανδύα που προστατεύει το σύστημα από πιθανές κρούσεις και ρηγματώσεις και αποτελεί τη βάση για το τελικό επίχρισμα.

#### 3. Η τελική διακοσμητική στρώση

Υπάρχουν πολλές επιλογές κοκκομετρίας, υφής και αποχρώσεων, αλλά η τάση είναι προς τη χρησιμοποίηση έτοιμων σε μορφή πάστας ακρυλικών σοβάδων. Επίσης χρησιμοποιούνται έτοιμα συμβατικά επιχρίσματα βελτιωμένα με πολυμερή, σιλικόνες ή ρητίνες. Στην τελική επίστρωση δεν χρειάζεται επιπλέον βάψιμο.



**Εικόνα 98: Παρουσίαση επιμέρους στρώσεων εξωτερικής θερμοπρόσοψης [42, 43]**

Το θερμομονωτικό που επιλέχτηκε για την εξωτερική μόνωση του κτιρίου είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη, καθώς έχει υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα σε σχέση με την διογκωμένη και καλύτερη συμπεριφορά σε υγρασία, ενώ είναι το μόνο υλικό που καλύπτει όλες τις προδιαγραφές σε όλους τους Ευρωπαϊκούς και Εθνικούς Κανονισμούς - Ευρωπαϊκές οδηγίες, EN 13499, ΠΕΤΕΠ 03060204.

Το πάχος της μόνωσης ορίζεται ίδιο για όλους τους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου επιλέχτηκε τέτοιο ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις του Κ.ΕΝ.Α.Κ. για όλα τα δομικά στοιχεία. Η παράμετρος που αλλάζει σε αυτή την περίπτωση είναι ο συντελεστής θερμοχωρητικότητας  $U$  [ $W/m^2K$ ]. Ο συντελεστής ωφέλιμης θερμοχωρητικότητας,  $c_m$ , παραμένει ίδιος καθώς το μέγιστο ενεργό βάθος δεν επηρεάζεται από την προσθήκη της εξωτερικής μόνωσης. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζεται ο υπολογισμός της παραμέτρου  $U$  [ $W/m^2K$ ] για τα κάθετα δομικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου μετά την προσθήκη της θερμοπρόσοψης.

**Πίνακας 74. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου από Ο/Σ μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης.**

Περιγραφή κατασκευής	Εξωτερικός τοίχος (Ο/Σ 25cm)		
	d (m)	$\lambda$ (W/mK)	R ( $m^2K/W$ )
Ξεκινώντας από το εσωτερικό			
1 Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
2 Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.25	2.00	0.13
3 Διογκωμένη πολυστερίνη	0.07	0.04	2.00
4 Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02

Ροή Θερμότητας	Οριζόντια
Rsi (m <sup>2</sup> K/W)	0.13
Rse (m <sup>2</sup> K/W)	0.04
Συντελεστής Θερμοπερατότητας U [W/m <sup>2</sup> K]	0.43 ≤ 0.45

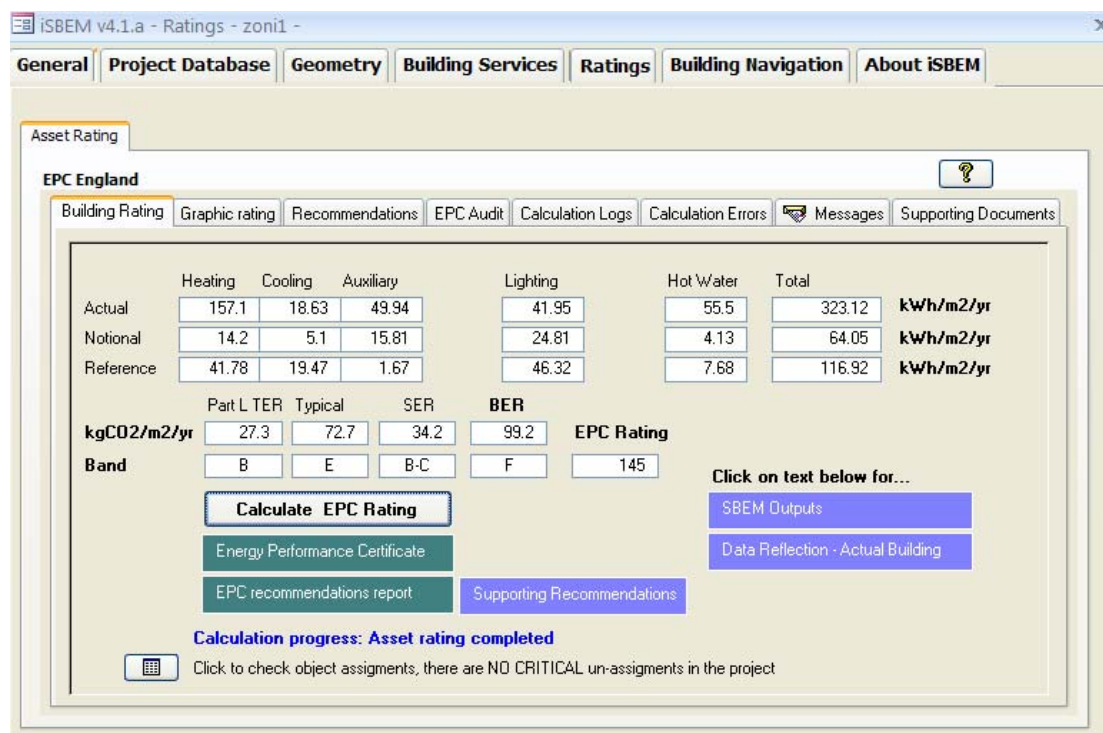
Πίνακας 75. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου από Ο/Σ με εσωτερική μόνωση υαλοβάμβακα μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης.

Περιγραφή κατασκευής	Εξωτερικός τοίχος (Ο/Σ 25cm) με εσωτερική μόνωση		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1 Υαλοβάμβακας	0.02	0.05	0.40
2 Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.25	2.50	0.14
3 Διογκωμένη πολυστερίνη	0.07	0.04	2.00
4 Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
Ροή Θερμότητας	Οριζόντια		
Rsi (m <sup>2</sup> K/W)	0.13		
Rse (m <sup>2</sup> K/W)	0.04		
Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m <sup>2</sup> K)	0.35 ≤ 0.45		

Πίνακας 76. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου από γυψοσανίδα με μόνωση υαλοβάμβακα μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης.

Περιγραφή κατασκευής	Γυψοσανίδα με εξωτερική μόνωση		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1 Γυψοσανίδα	10.00	0.42	23.81
2 Υαλοβάμβακας	0.02	0.05	0.40
3 Διογκωμένη πολυστερίνη	0.07	0.04	2.00
4 Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.02
Ροή Θερμότητας	Οριζόντια		
Rsi (m <sup>2</sup> K/W)	0.13		
Rse (m <sup>2</sup> K/W)	0.04		
Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m <sup>2</sup> K)	0.04 ≤ 0.45		

Η εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος ενέργειας, η εκτιμώμενη συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στην Εικόνα 99 που ακολουθεί. Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης που παράγεται από το λογισμικό για το προτεινόμενο σενάριο (Εικόνα 100).



Εικόνα 99. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης – Σενάριο 1.

**Energy Performance Certificate**  
Non-Domestic Building



**Certificate Reference Number:**  
0000-0040-0030-9000-0103

This certificate shows the energy rating of this building. It indicates the energy efficiency of the building fabric and the heating, ventilation, cooling and lighting systems. The rating is compared to two benchmarks for this type of building: one appropriate for new buildings and one appropriate for existing buildings. There is more advice on how to interpret this information on the Government's website [www.communities.gov.uk/epbd](http://www.communities.gov.uk/epbd).

**Energy Performance Asset Rating**

More energy efficient

**A+**

Net zero CO<sub>2</sub> emissions

**A** 0-25

**B** 26-50

**C** 51-75

**D** 76-100

**E** 101-125

**F** 126-150

**G** Over 150

◀ **145**

This is how energy efficient the building is.

Less energy efficient

**Technical information**

Main heating fuel:	Natural Gas
Building environment:	Air Conditioning
Total useful floor area (m <sup>2</sup> ):	3885
Building complexity (NOS level):	3
Building emission rate (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ):	99.23

**Benchmarks**

Buildings similar to this one could have ratings as follows:

**40** If newly built

**106** If typical of the existing stock

**Εικόνα 100. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης μετά την τοποθέτηση θερμοπρόσοψης – Σενάριο 1.**

Με την τοποθέτηση θερμοπρόσοψης η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μειώθηκε κατά 18.19% και για ψύξη κατά 11.2%. Η αντίστοιχη κατανάλωση βοηθητικής καθώς και η συνολική πρωτογενής ενέργεια μειώνονται περίπου κατά 11.5%. Είναι εμφανές ότι η εξωτερική μόνωση του κελύφους μειώνει σε μεγάλο βαθμό τις απώλειες θερμότητας και κατά συνέπεια τις καταναλώσεις ενέργειας του

κτιρίου. Η κατανάλωση για ΖΝΧ και για ηλεκτρισμό δεν επηρεάζονται από τη παρούσα λύση.

Η προτεινόμενη επέμβαση βελτιώνει σε ικανοποιητικό βαθμό την απόδοση του κτιρίου, το οποίο ανεβαίνει κατά μία βαθμίδα στην ενεργειακή κατάταξη, από κατηγορία G στην κατηγορία F, ενώ οι εκπομπές CO<sub>2</sub> παρουσιάζουν μείωση κατά 10%.

## 10.2. Θερμομόνωση στέγης - οροφής



**Εικόνα 101. Νοτιοανατολική όψη του κτιρίου – Κεκλιμένη μεταλλική στέγη**

Η οροφή (επίπεδη ή κεκλιμένη) και η στέγη ενός κτιρίου, παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες καθώς είναι τα μέρη εκείνα που δέχονται άμεσα όλες τις επιδράσεις των καιρικών συνθηκών.

Οι απαιτήσεις για τις μεταλλικές στέγες είναι να θερμομονώνονται με υλικά που:

- α) είναι διαστατικά σταθερά
- β) έχουν πολύ καλή συμπεριφορά απέναντι στη φωτιά.

Οι θερμομονωτικές πλάκες τοποθετούνται είτε με κόλλα εν ψυχρώ είτε με μηχανική στήριξη. Η εφαρμογή φράγματος υδρατμών δεν είναι αναγκαία γενικά στις μεταλλικές στέγες εκτός εάν στον υποκείμενο χώρο υπάρχει μέτρια ή μεγάλη παραγωγή υδρατμών. Ωστόσο, προβλέπεται στεγανοποίηση, η οποία μπορεί να γίνει με μεμβράνες που είτε στερεώνονται με μηχανικές στηρίξεις (βίδες και ροδέλες) είτε συγκολλώνται απευθείας στη θερμομονωτική στρώση.

Τα συνηθέστερα είδη συνθετικών στεγανωτικών μεμβρανών είναι τα ακόλουθα [41, 44] :

- μεμβράνες από ασφαλτο-πολυπροπυλενίου. συνήθως ενισχυμένες με υαλοπλέγματα, υαλοπιλήματα ή πολυεστερικές ίνες
- μεμβράνες συνθετικού ελαστικού (EPDM)
- μεμβράνες καθαρού PVC
- μεμβράνες εύκαμπτου PVC
- μεμβράνες πολυαιθυλενίου, από πολυαιθυλένιο υψηλής ή χαμηλής πυκνότητας

Για τη θερμοϋγραμόνωση της στέγης επιλέχθηκαν δύο τεχνικές λύσεις

- ελαφροσκυρόδεμα παρασκευασμένο με Politerm Blu και στεγανοποίηση με δύο ασφαλτικές μεμβράνες
- μόνωση με πλάκα πετροβάμβακα και στεγανοποίηση με φύλλο πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας

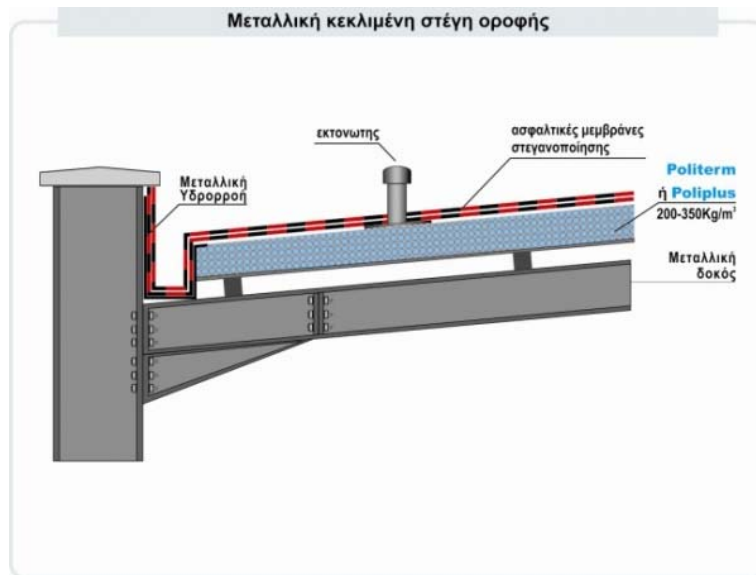
### **10.2.1. 1<sup>η</sup> τεχνική λύση: Θερμοϋγραμόνωση στέγης με ελαφροσκυρόδεμα παρασκευασμένο με Politerm Blu**

Η λύση αυτή προτείνεται από την εταιρία ΤΕΚΤΟ HELLAS για μόνωση επίπεδης ή κεκλιμένης μεταλλικής στέγης από λαμαρίνα/αμιαντολαμαρίνα. Η συγκεκριμένη επιλογή εξασφαλίζει χαμηλότερο φορτίο έναντι άλλων επιλογών. παρέχει ταχύτητα και οικονομία κατά την κατασκευή και προσφέρει υψηλό θερμομονωτικό αποτέλεσμα. [45]

Το Politerm Blu είναι ένα υλικό που αποτελείται από ειδικά επεξεργασμένους κόκκους παρθένας διογκωμένης πολυστερίνης με ομοιόμορφη κοκκομετρική διαβάθμιση ( $\varnothing$  3-6mm). τέλεια σφαιρικούς. ελεγχόμενης πυκνότητας. προ-αναμειγμένοι με ειδικό πρόσθετο Ε.Ι.Α. το οποίο επιτρέπει την ανάμιξη. άντληση και ομοιογένεια του μίγματος για τσιμεντοειδή χαρμάνια υψηλής θερμομονωτικής ικανότητας. Το τελικό μίγμα αποτελείται από Politerm. τσιμέντο και νερό σε πυκνότητες που ποικίλλουν ανάλογα με τα κριτήρια επιλογής από 200 έως 350 Kg/m<sup>3</sup> (Εικόνα 103).

Οι εργασίες περιλαμβάνουν αρχικά τη διάστρωση του Politerm Blu στην εξωτερική επιφάνεια. Μετά τη σκλήρυνσή του ακολουθεί θερμή κόλληση και σημειακή στερέωση της πρώτης ασφαλτικής μεμβράνης χωρίς ψηφίδα. χρησιμοποιώντας κατάλληλα βύσματα στερέωσης και ροδέλες συγκράτησης, με παράλληλη τοποθέτηση εξαερισμών εκτόνωσης υδρατμών. Στη συνέχεια τοποθετείται με θερμή συγκόλληση η δεύτερη ασφαλτική μεμβράνη στεγανοποίησης με ψηφίδα. καλύπτοντας όλα τα σημεία μηχανικής στερέωσης και τη μεταλλική μετώπη των απολήξεων (Εικόνα 102).





Εικόνα 102. Θερμομονωμένη μεταλλική στέγη με Politerm Blu [45]

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ "R" ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ "K" - Windows Internet Explorer

Τσιμέντο (*) kg	Θερμική αγωγιμότητα λ W/mK	συντελεστής	πάχος εφαρμογής cm									
			4	5	6	7	8	9	10	15	20	
200	0,065	R /W = (πάχος/λ)	0,61	0,77	0,92	1,08	1,23	1,38	1,54	2,31	3,08	
250	0,067		0,60	0,75	0,90	1,04	1,19	1,34	1,49	2,24	2,99	
300	0,080		0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	1,88	2,50	
350	0,103		0,39	0,49	0,58	0,68	0,78	0,87	0,97	1,46	1,94	
200	0,065	K W/ m2K = 1/R	1,64	1,30	1,09	0,93	0,81	0,72	0,65	0,43	0,32	
250	0,067		1,67	1,33	1,11	0,96	0,84	0,75	0,67	0,45	0,33	
300	0,080		2,00	1,59	1,33	1,14	1,00	0,88	0,80	0,53	0,40	
350	0,103		2,56	2,04	1,72	1,47	1,28	1,15	1,03	0,68	0,52	

Εικόνα 103. Θερμική αντίσταση στρώσης θερμομονωτικού από Politerm Blu σε συνάρτηση με την ποσότητα τσιμέντου του μίγματος και το πάχος της στρώσης [45]

Για τη μόνωση της στέγης επιλέχθηκε Politerm Blu παρασκευασμένο από τσιμέντο πυκνότητας  $200 \text{ kg/m}^3$  για μείωση του φορτίου της οροφής. Τα στεγανοποιητικά ασφαλτόπανα έχουν πυκνότητα  $1200 \text{ kg/m}^3$ . Η τιμή που παίρνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας U [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ] για τα διάφορα κατασκευαστικά στοιχεία της οροφής υπολογίζεται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 77. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής γραφείων ορόφου NA πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για μόνωση με ελαφροσκυρόδεμα από Politerm Blu.

Περιγραφή κατασκευής	Οροφή εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό	d	λ	R
	(m)	(W/mK)	( $\text{m}^2\text{K/W}$ )

1	Ηρακλείτης	0.025	0.07	0.36
2	Υαλοβάμβακας	0.020	0.04	0.49
3	Ακίνητη στρώση αέρα	0.300	1.00	0.30
4	Υαλοβάμβακας	0.020	0.04	0.49
5	Λαμαρίνα	0.002	58.00	0.00
6	Politerm Blu	0.100	0.07	1.54
7	1 <sup>ο</sup> απλό ασφαλτόπανο	0.004	0.27	0.01
8	2 <sup>ο</sup> απλό ασφαλτόπανο με ψηφίδα	0.005	0.27	0.02
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.10		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U W/m<sup>2</sup>K)</b>		<b>0.30 ≤ 0.45</b>		

**Πίνακας 78.** Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για μόνωση με ελαφροσκυρόδεμα από Politerm Blu.

Περιγραφή κατασκευής		Οροφή γραφείων ορόφου ΝΑ πτέρυγας		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Ηρακλείτης	0.025	0.07	0.36
2	Υαλοβάμβακας	0.020	0.04	0.49
3	Γυψοσανίδα	0.100	0.42	0.24
4	Ακίνητη στρώση αέρα	0.200	1.00	0.20
5	Υαλοβάμβακας	0.020	0.04	0.49
6	Λαμαρίνα	0.002	58.00	0.00
7	Politerm Blu	0.100	0.07	1.54
8	1 <sup>ο</sup> απλό ασφαλτόπανο	0.004	0.27	0.01
9	2 <sup>ο</sup> απλό ασφαλτόπανο με ψηφίδα	0.005	0.27	0.02
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.10		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U W/m<sup>2</sup>K)</b>		<b>0.29 ≤ 0.45</b>		

**Πίνακας 79.** Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής διαδρόμου (μεταλλική στέγη με κλίση) για μόνωση με ελαφροσκυρόδεμα από Politerm Blu.

Περιγραφή κατασκευής		Μεταλλική οροφή με κλίση		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Υαλοβάμβακας	0.020	0.04	0.49
2	Λαμαρίνα	0.002	58.00	0.00
3	Politerm Blu	0.100	0.07	1.54
4	1 <sup>ο</sup> απλό ασφαλτόπανο	0.004	0.27	0.01

5	2 <sup>ο</sup> απλό ασφαλτόπανο με ψηφίδα	0.005	0.27	0.02
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.10		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U W/m<sup>2</sup>K)</b>				<b>0.45 ≤ 0.45</b>

Η εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος ενέργειας, η εκτιμώμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στην Εικόνα 104 που ακολουθεί. Στην Εικόνα 105 παρουσιάζεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης που παράγεται από το λογισμικό για το προτεινόμενο σενάριο.

The screenshot shows the 'iSBEM v4.1.a - Ratings - zoni1' window. The 'Ratings' tab is active, displaying 'EPC England' results. The data is organized into several sections:

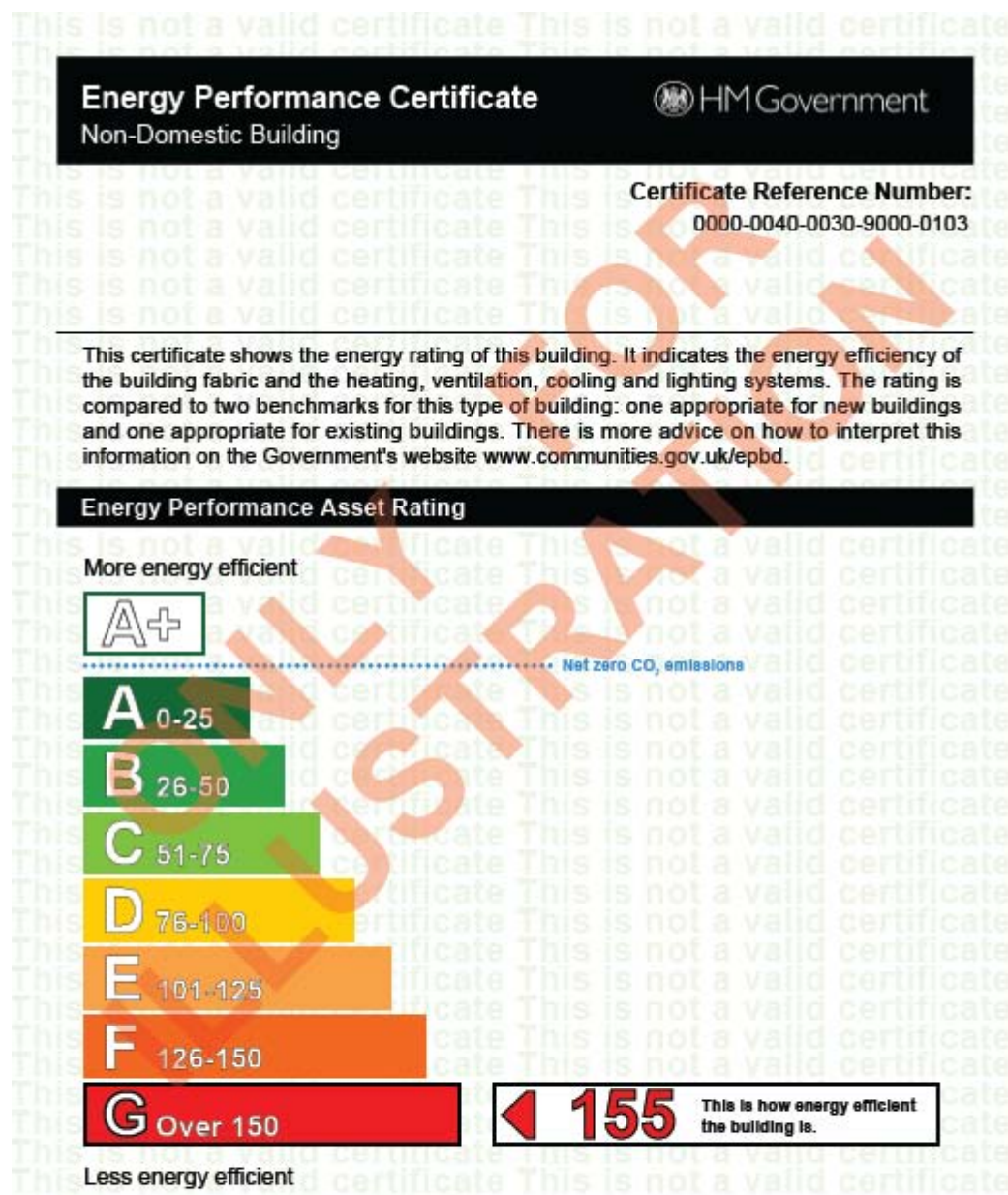
	Heating	Cooling	Auxiliary	Lighting	Hot Water	Total	Unit
Actual	181.34	19	53.88	41.95	55.5	351.66	kWh/m2/yr
Notional	14.2	5.1	15.81	24.81	4.13	64.05	kWh/m2/yr
Reference	41.78	19.47	1.67	46.32	7.68	116.92	kWh/m2/yr

	Part L TER	Typical	SER	BER	EPC Rating
kgCO2/m2/yr	27.3	72.7	34.2	106.3	
Band	B	E	B-C	G	155

Buttons and links include: 'Calculate EPC Rating', 'Energy Performance Certificate', 'EPC recommendations report', 'Supporting Recommendations', 'SBEM Outputs', and 'Data Reflection - Actual Building'. A status message reads: 'Calculation progress: Asset rating completed'. A note at the bottom says: 'Click to check object assignments, there are NO CRITICAL un-assignments in the project'.

**Εικόνα 104.** Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων μετά την μόνωση στέγης με Politerm Blu – Σενάριο 2.α.



Εικόνα 105. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης μετά την μόνωση στέγης με Politerm Blu – Σενάριο 2.α.

Παρατηρείται μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων για θέρμανση και βοηθητική ενέργεια (5.57% και 9.44% αντίστοιχα). Τα αποτελέσματα είναι ακόμα καλύτερα για την ψύξη, όπου προκύπτει μείωση κατά 9.44%.

Σε σύγκριση με το προηγούμενο σενάριο της εξωτερικής θερμοπρόσοψης παρατηρείται σημαντική μείωση των ψυκτικών φορτίων του κτιρίου με τοποθέτηση

μόνωσης στέγης. Η απώλεια ενέργεια από την οροφή κατά τους χειμερινούς μήνες δεν επιβαρύνει το κτίριο μας. Η αρχική υπάρχουσα κατασκευή διαθέτει ένα στρώμα μόνωσης.

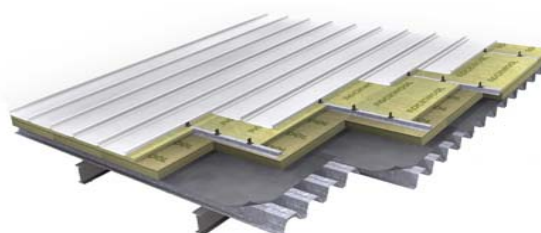
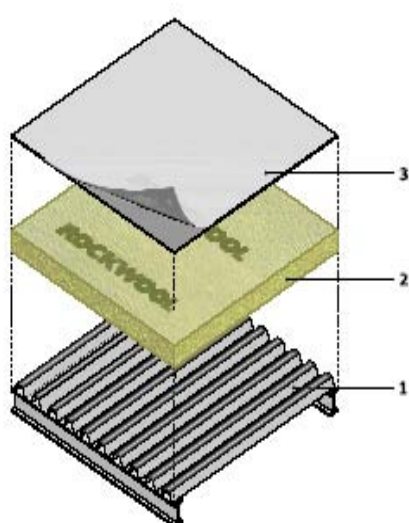
Ωστόσο, η μόνωση της στέγης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες «θωρακίζει» το κτίριο, εμποδίζοντας τη μεταφορά θερμότητας από το εξωτερικό και διατηρώντας την ψύξη που παρέχεται από τα συστήματα. Οι αυξημένες απαιτήσεις ψύξης οφείλονται στο είδος των υλικών στέγης (λαμαρίνα) και στον προσανατολισμό της, ο οποίος έχει αποκλειστικά νότια κλίση.

Η μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO<sub>2</sub> είναι της τάξεως του 4 %. ενώ η εν λόγω επέμβαση δεν επιφέρει αλλαγή στη ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου.

### 10.2.2. 2<sup>η</sup> τεχνική λύση: Θερμοϋγραμόνωση στέγης με πλάκα πετροβάμβακα

Η δεύτερη προτεινόμενη λύση περιλαμβάνει θερμική μόνωση της στέγης με πλάκα πετροβάμβακα τοποθετημένη πάνω από την πλάκα οροφής και στερεωμένη σε αυτήν. Ο πετροβάμβακας είναι η πλέον ενδεδειγμένη λύση για εξωτερική εφαρμογή σε μεταλλικές στέγες. Προσφέρει πολύ καλή ηχομόνωση. Θερμομόνωση και συμπεριφορά σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Στην προτεινόμενη λύση (που απεικονίζεται στην Εικόνα 106). η πλάκα στερεώνεται απευθείας στην κυματοειδή λαμαρίνα με κόλλα ασφατικής βάσης. Στην περίπτωση αυτή είναι σημαντικό να χρησιμοποιούνται μονωτικές πλάκες ενιαίου στρώματος. καθώς, λόγω έλλειψης μηχανικής στερέωσης, η πλάκα λειτουργεί και ως σύνδεσμος μεταξύ σταθεροποιητικής μεμβράνης και κυματοειδούς λαμαρίνας. Εναλλακτικά, μπορεί να γίνει μηχανική στερέωση των μονωτικών πλάκων με ειδικές για το σκοπό αυτό βίδες .



1. φέρον στοιχείο, κυματοειδής λαμαρίνα
2. θερμομονωτικό στοιχείο, πλάκα πετροβάμβακα
3. στοιχείο στεγανότητας, πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας

στοιχείων θερμομόνωσης στέγης [1]

Η στεγανοποιητική μεμβράνη τοποθετείται με ασφαλική κόλλα. στερεώνεται στην πλάκα με συγκόλληση. μετά από εφαρμογή στρωμάτων ασταρώματος απευθείας στο θερμομονωτικό στοιχείο

Πάνω στην έτοιμη, ασφατωμένη και καλά φιξαρισμένη επιφάνεια του πετροβάμβακα επικολλώνται με τη βοήθεια φλογίστρου και χωρίς τη χρήση συγκολλητικού ασταριού μία ή δύο ελαστομερείς ασφαλικές μεμβράνες SBS. Η τελευταία μεμβράνη φέρει ψηφίδα αυτοπροστασίας. Οι μεμβράνες αυτές πρέπει επίσης να έχουν συγκεκριμένη συμπεριφορά σε περίπτωση φωτιάς.

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  [ $W/m^2K$ ] για τα διάφορα κατασκευαστικά στοιχεία της οροφής υπολογίζεται στους πίνακες που ακολουθούν.

**Πίνακας 80. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής διαδρόμου (μεταλλική στέγη με κλίση).**

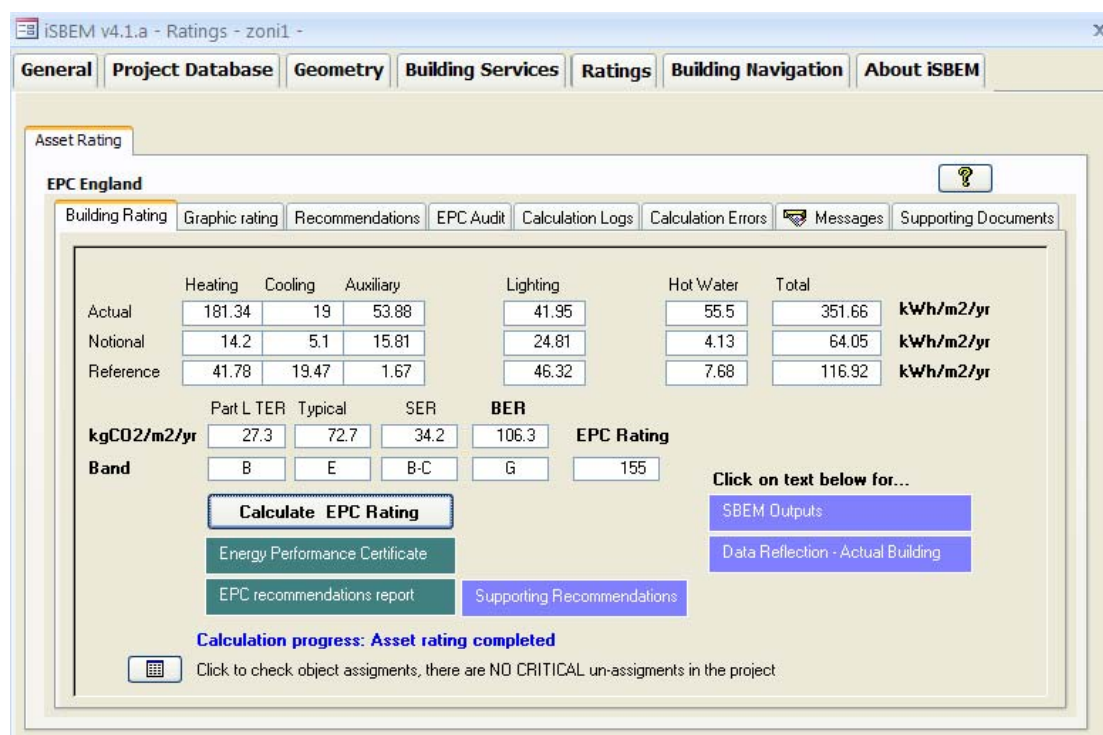
Περιγραφή κατασκευής	Μεταλλική οροφή με κλίση		
	d (m)	$\lambda$ (W/mK)	R ( $m^2K/W$ )
Ξεκινώντας από το εσωτερικό			
1 Υαλοβάμβακας	0.020	0.04	0.49
2 Λαμαρίνα	0.002	58.00	0.00
3 Πετροβάμβακας	0.070	0.04	1.75
4 Φύλλο πολυαιθυλενίου (υψηλής πυκνότητας)	0.004	0.27	0.01
<b>Ροή Θερμότητας</b>	Οριζόντια		
<b>Rsi (<math>m^2K/W</math>)</b>	0.10		
<b>Rse (<math>m^2K/W</math>)</b>	0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (<math>W/m^2K</math>)</b>	<b>0.42 ≤ 0.45</b>		

**Πίνακας 81. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.**

Περιγραφή κατασκευής	Οροφή εργαστηρίων ΒΔ πτέρυγας		
	d (m)	$\lambda$ (W/mK)	R ( $m^2K/W$ )
Ξεκινώντας από το εσωτερικό			
1 Ηρακλείτης	0.025	0.07	0.36
2 Υαλοβάμβακας	0.020	0.04	0.49
3 Ακίνητη στρώση αέρα	0.300	1.00	0.30
4 Υαλοβάμβακας	0.020	0.04	0.49
5 Λαμαρίνα	0.002	58.00	0.00
6 Πετροβάμβακας	0.070	0.04	1.75
7 Φύλλο πολυαιθυλενίου (υψηλής πυκνότητας)	0.004	0.27	0.01
<b>Ροή Θερμότητας</b>	Οριζόντια		
<b>Rsi (<math>m^2K/W</math>)</b>	0.10		
<b>Rse (<math>m^2K/W</math>)</b>	0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (<math>W/m^2K</math>)</b>	<b>0.28 ≤ 0.45</b>		

**Πίνακας 82. Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής γραφείων ορόφου NA πτέρυγας σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.**

Περιγραφή κατασκευής		Οροφή γραφείων ορόφου NA πτέρυγας		
Ξεκινώντας από το εσωτερικό		d (m)	λ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Ηρακλείτης	0.025	0.07	0.36
2	Υαλοβάμβακας	0.020	0.04	0.49
3	Γυψοσανίδα	0.100	0.42	0.24
4	Ακίνητη στρώση αέρα	0.200	1.00	0.20
5	Υαλοβάμβακας	0.020	0.04	0.49
6	Λαμαρίνα	0.002	58.00	0.00
7	Πετροβάμβακας	0.070	0.04	1.75
8	Φύλλο πολυαιθυλενίου (υψηλής πυκνότητας)	0.004	0.27	0.01
<b>Ροή Θερμότητας</b>		Οριζόντια		
<b>Rsi (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.10		
<b>Rse (m<sup>2</sup>K/W)</b>		0.04		
<b>Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>		<b>0.27 ≤ 0.45</b>		



**Εικόνα 107. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων μετά την μόνωση στέγης με πετροβάμβακα – Σενάριο 2.β.**

Η εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος ενέργειας, η εκτιμώμενη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στην Εικόνα 107. Στην Εικόνα 108 παρουσιάζεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης που παράγεται από το λογισμικό για το προτεινόμενο σενάριο.

**Energy Performance Certificate** HM Government  
Non-Domestic Building

Certificate Reference Number:  
0000-0040-0030-9000-0103

This certificate shows the energy rating of this building. It indicates the energy efficiency of the building fabric and the heating, ventilation, cooling and lighting systems. The rating is compared to two benchmarks for this type of building: one appropriate for new buildings and one appropriate for existing buildings. There is more advice on how to interpret this information on the Government's website [www.communities.gov.uk/epbd](http://www.communities.gov.uk/epbd).

**Energy Performance Asset Rating**

More energy efficient

A+

Net zero CO<sub>2</sub> emissions

A 0-25

B 26-50

C 51-75

D 76-100

E 101-125

F 126-150

G Over 150

◀ 158

This is how energy efficient the building is.

Less energy efficient

**Technical information**

Main heating fuel:	Natural Gas
Building environment:	Air Conditioning
Total useful floor area (m <sup>2</sup> ):	3885
Building complexity (NOS level):	3
Building emission rate (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ):	107.87

**Benchmarks**

Buildings similar to this one could have ratings as follows:

40 If newly built

106 If typical of the existing stock

**Εικόνα 108: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης μετά την μόνωση στέγης με πετροβάμβακα – Σενάριο 2.β.**

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη δεύτερη λύση που προτείνεται συμπίπτουν με αυτά της προηγούμενης λύσης που εξετάστηκε. Η μόνωση της στέγης προσφέρει μία βελτίωση στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Η μείωση ανά είδος ενέργειας, αλλά και συνολικά και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι της τάξεως του 4-5 %. Η ενεργειακή κλάση του κτιρίου δε βελτιώνεται από την εν λόγω επέμβαση.



### 10.3. Αντικατάσταση υφιστάμενων ανοιγμάτων (πλαίσια υαλοπίνακες) με νέα βελτιωμένων θερμικών και οπτικών ιδιοτήτων

Οι απώλειες θερμότητας από ένα κούφωμα κατά τη χειμερινή περίοδο δεν πραγματοποιούνται μόνο με θερμική αγωγιμότητα από τον υαλοπίνακα. αλλά περιλαμβάνουν και απώλειες θερμότητας με μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία. όπως και απώλειες θερμότητας με διαφυγές θερμού αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου στην ατμόσφαιρα. Όσο μεγαλύτερη η

Γενικά, η διαφυγή θερμότητας μέσω των παραθύρων γίνεται σε τρία στάδια:

- Με θερμική αγωγιμότητα μέσα από τον υαλοπίνακα του κουφώματος. αλλά και μέσω του πλαισίου του κουφώματος.
- Με μεταφορά μέσω του αέρα που διαφεύγει ή εισέρχεται στο κτίριο από τους αρμούς μεταξύ υαλοπίνακα και πλαισίου κουφώματος. ή μέσω των αρμών του κουφώματος και της τοιχοποιίας.
- Ακτινοβολία μέσω του υαλοπίνακα.

Ένα ενεργειακά αποδοτικό κούφωμα. είναι αυτό το οποίο επιτυγχάνει να ελαχιστοποιήσει και τους τρεις τρόπους μετάδοσης θερμότητας.

Τα υπάρχοντα κουφώματα αποτελούνται από πλαίσια αλουμινίου με διπλό υαλοπίνακα. τα σενάρια που θα μελετηθούν περιλαμβάνουν αντικατάσταση των υφιστάμενων ανοιγμάτων με άλλα διαφορετικών χαρακτηριστικών. Οι παράμετροι που θα αλλάξουν κατά τη μοντελοποίηση είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας των κουφωμάτων U-value και ο συντελεστής διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία T-Solar. Όπως έχει αναφερθεί. ο συντελεστής ηλιακής ενέργειας T-Solar είναι ο λόγος της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας προς την ενέργεια που μεταδίδεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Χαμηλές τιμές του εξασφαλίζουν μείωση των ηλιακών κερδών

Θα εξετάσουμε τις εξής τρεις παραλλαγές:

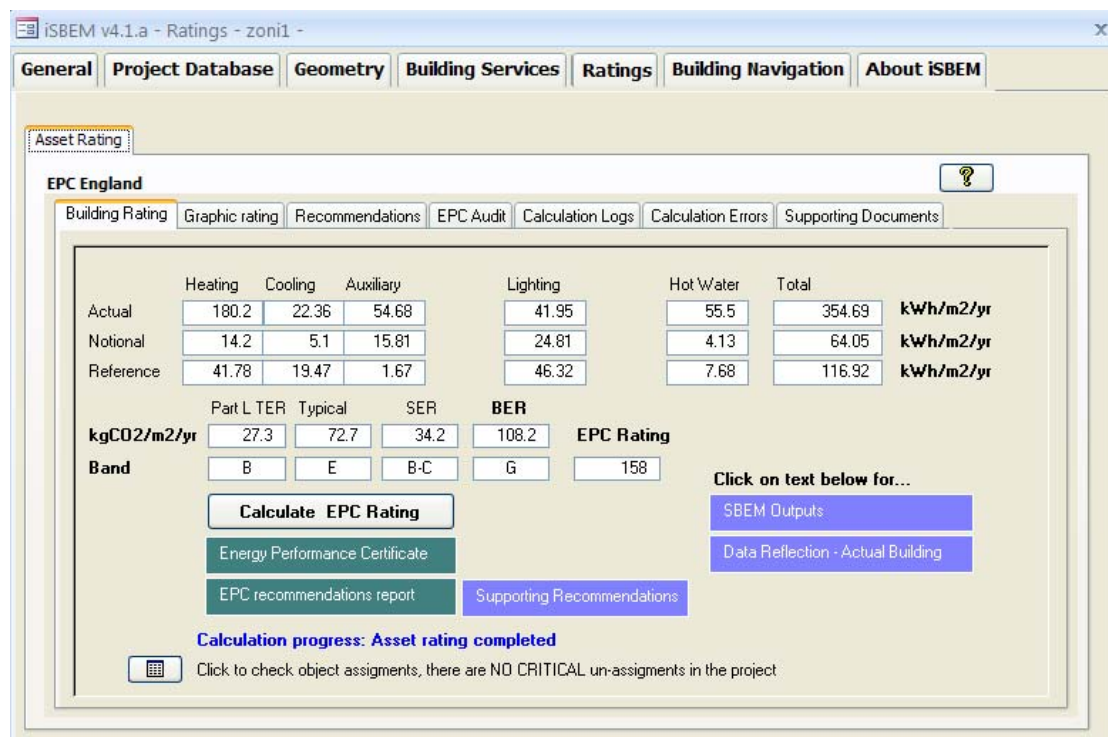
1. Σύμφωνα με τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ. :  
U<sub>g</sub>=3 για τα ανοίγματα. U<sub>g</sub>=2 για τις γυάλινες μερικώς ανοιγόμενες προσόψεις και T-Solar=0.75
2. Διπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής (υψηλής διαπερατότητας):  
U<sub>g</sub>=3 για τα ανοίγματα. U<sub>g</sub>=2 για τις γυάλινες μερικώς ανοιγόμενες προσόψεις και T-Solar=0.34
3. Διπλός υαλοπίνακας με επίστρωση χαμηλής εκπομπής:  
U=1.7 για όλα τα ανοίγματα και T-Solar=0.34.

### 10.3.1. 1<sup>η</sup> παραλλαγή: Σύμφωνα με το Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις που προβλέπει ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ. είναι οι εξής:

- **U<sub>g</sub>=3** Για όλα τα ανοίγματα
- **U<sub>g</sub>=2** Για τις πόρτες εισόδου του κτιρίου (διάδρομος – ζώνη 12. τύπος 7.9.11)
- **T-Solar (g) = 0.75**
- **L-Solar=0.6**

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το λογισμικό εργαλείο iSBEM για την εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος ενέργειας, την εκτιμώμενη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στην Εικόνα 110. Στην εικόνα 111 παρουσιάζεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης που προκύπτει για το προτεινόμενο σενάριο.



**Εικόνα 109. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων για αντικατάσταση κουφωμάτων – Σενάριο 3.α.**

Με τη βελτίωση του συντελεστή θερμοπερατότητας έχουμε λιγότερες απώλειες θερμότητας από τα ανοίγματα και μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται για θέρμανση κατά 6%. Ωστόσο, η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη αυξάνεται 6%. Η μείωση του U<sub>g</sub> επιφέρει μείωση της συνολικής ετήσιας πρωτογενούς ενέργειας κατά 3.3% και αντίστοιχη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 2.3%. Η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου δε μεταβάλλεται.

**Energy Performance Certificate**  
Non-Domestic Building



**Certificate Reference Number:**  
0000-0040-0030-9000-0103

This certificate shows the energy rating of this building. It indicates the energy efficiency of the building fabric and the heating, ventilation, cooling and lighting systems. The rating is compared to two benchmarks for this type of building: one appropriate for new buildings and one appropriate for existing buildings. There is more advice on how to interpret this information on the Government's website [www.communities.gov.uk/epbd](http://www.communities.gov.uk/epbd).

**Energy Performance Asset Rating**

More energy efficient



Less energy efficient

**Technical information**

Main heating fuel:	Natural Gas
Building environment:	Air Conditioning
Total useful floor area (m <sup>2</sup> ):	3885
Building complexity (NOS level):	3
Building emission rate (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ):	108.19

**Benchmarks**

Buildings similar to this one could have ratings as follows:

40	If newly built
106	If typical of the existing stock

**Εικόνα 110. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για αντικατάσταση κουφωμάτων – Σενάριο 3.α.**

**10.3.2. 2<sup>η</sup> παραλλαγή: Τοποθέτηση υαλοστασίων υψηλής διαπερατότητας, T-Solar=0.34**

Με τη δεύτερη παραλλαγή θέλουμε να εξετάσουμε την επίδραση του συντελεστή διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία T-Solar και πώς επηρεάζει η μείωση των ηλιακών κερδών τις καταναλώσεις ενέργειας. Για αυτό η μόνη παράμετρος που

αλλάζει σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση που εξετάστηκε είναι η τιμή του συντελεστή T-Solar.

Έχουμε λοιπόν:

- $U_g=3$  Για όλα τα ανοίγματα – Κ.Ε.Ν.Α.Κ.
- $U_g=2$  Για τις πόρτες εισόδου του κτιρίου (διάδρομος: ζώνη 12. τύπος 7.9 .11) – Κ.Ε.Ν.Α.Κ.
- T-Solar (g) = 0.34
- L-Solar=0.6

Η εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος ενέργειας, η εκτιμώμενη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> που προκύπτουν φαίνονται στην Εικόνα 112 που ακολουθεί. Στην Εικόνα 113 παρουσιάζεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης που παράγεται από το λογισμικό για το προτεινόμενο σενάριο.

The screenshot shows the 'Asset Rating' window in the iSBEM v4.1.a software. The window title is 'iSBEM v4.1.a - Ratings - zoni1'. The main menu includes 'General', 'Project Database', 'Geometry', 'Building Services', 'Ratings', 'Building Navigation', and 'About iSBEM'. The 'Asset Rating' section is active, showing 'EPC England' results. The 'Building Rating' sub-tab is selected, displaying a table of energy consumption data and EPC rating details.

	Heating	Cooling	Auxiliary	Lighting	Hot Water	Total	
Actual	188.57	17.53	54.09	41.95	55.5	357.63	kWh/m2/yr
Notional	14.2	5.1	15.81	24.81	4.13	64.05	kWh/m2/yr
Reference	41.78	19.47	1.67	46.32	7.68	116.92	kWh/m2/yr

	Part L TER	Typical	SER	BER	EPC Rating
kgCO2/m2/yr	27.3	72.7	34.2	107	157
Band	B	E	B-C	G	157

Buttons: Calculate EPC Rating, Energy Performance Certificate, EPC recommendations report, Supporting Recommendations, SBEM Outputs, Data Reflection - Actual Building.

Calculation progress: Asset rating completed

Click to check object assignments, there are NO CRITICAL un-assignments in the project

Εικόνα 111. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων για αντικατάσταση κουφωμάτων – Σενάριο 3.β.

**Energy Performance Certificate**  
Non-Domestic Building



Certificate Reference Number:  
0000-0040-0030-9000-0103

This certificate shows the energy rating of this building. It indicates the energy efficiency of the building fabric and the heating, ventilation, cooling and lighting systems. The rating is compared to two benchmarks for this type of building: one appropriate for new buildings and one appropriate for existing buildings. There is more advice on how to interpret this information on the Government's website [www.communities.gov.uk/epbd](http://www.communities.gov.uk/epbd).

**Energy Performance Asset Rating**

More energy efficient

**A+**

Net zero CO<sub>2</sub> emissions

**A** 0-25

**B** 26-50

**C** 51-75

**D** 76-100

**E** 101-125

**F** 126-150

**G** Over 150

**157**

This is how energy efficient the building is.

Less energy efficient

**Technical information**

Main heating fuel:	Natural Gas
Building environment:	Air Conditioning
Total useful floor area (m <sup>2</sup> ):	3885
Building complexity (NOS level):	3
Building emission rate (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ):	107.04

**Benchmarks**

Buildings similar to this one could have ratings as follows:

**40** If newly built

**106** If typical of the existing stock

**Εικόνα 112. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για αντικατάσταση κουφωμάτων – Σενάριο 3.β.**

Αξίζει να προσέξουμε ότι βελτιώνονται πολύ οι καταναλώσεις ενέργειας για ψύξη (μείωση κατά 16.44 %), αλλά σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο η βελτίωση στις καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση είναι μικρότερη (1.8% συγκριτικά με 6%). Καθώς οι ανάγκες του κτιρίου για θέρμανση υπερτερούν αυτές της ψύξης, τα αποτελέσματα της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας μειώνονται σε μικρότερο βαθμό (από 3.3% σε 2.5%)

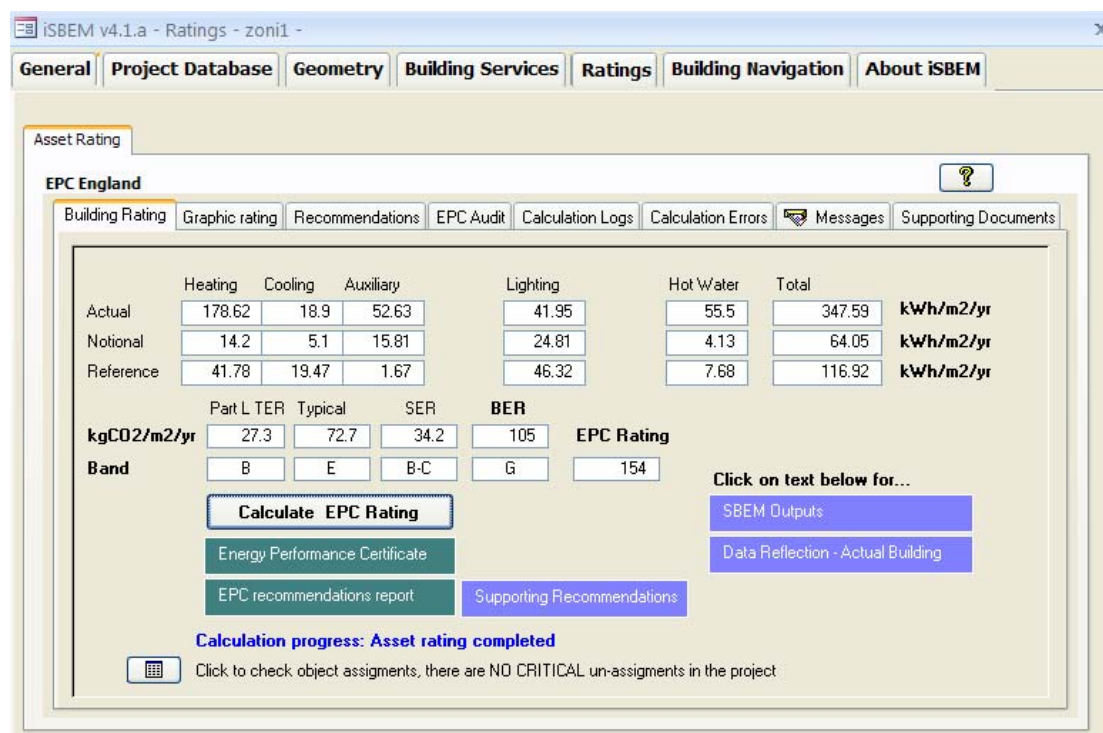
Με την αλλαγή της εν λόγω παραμέτρου, προκύπτει αύξηση των ηλιακών κερδών και επακόλουθα της καταναλώσεων από τα συστήματα ψύξης. Παρόλα αυτά η συνολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου μειώνεται γιατί εξισορροπείται από τα κέρδη θέρμανσης που είναι μεγαλύτερα.

Η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> ανέρχεται σε 3.1% διατηρώντας το κτίριο στην κατηγορία G.

### 10.3.3. 3η παραλλαγή: Τοποθέτηση ενεργειακών υαλοστασίων

- **U<sub>g</sub>=1.7** Για όλα τα ανοίγματα και τις πόρτες του κτιρίου
- **T-Solar (g) = 0.34**
- **L-Solar=0.6**

Η εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος ενέργειας, η εκτιμώμενη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στην Εικόνα 113 που ακολουθεί. Ακολουθως, παρουσιάζεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης που παράγεται από το λογισμικό για το προτεινόμενο σενάριο (Εικόνα 114).



Εικόνα 113. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων για αντικατάσταση κουφωμάτων – Σενάριο 3.γ.

## Energy Performance Certificate Non-Domestic Building

HM Government

Certificate Reference Number:  
0000-0040-0030-9000-0103

This certificate shows the energy rating of this building. It indicates the energy efficiency of the building fabric and the heating, ventilation, cooling and lighting systems. The rating is compared to two benchmarks for this type of building: one appropriate for new buildings and one appropriate for existing buildings. There is more advice on how to interpret this information on the Government's website [www.communities.gov.uk/epbd](http://www.communities.gov.uk/epbd).

### Energy Performance Asset Rating

More energy efficient

A+

Net zero CO<sub>2</sub> emissions

A 0-25

B 26-50

C 51-75

D 76-100

E 101-125

F 126-150

G Over 150

Less energy efficient

◀ 143 This is how energy efficient the building is.

### Technical information

Main heating fuel:	Natural Gas
Building environment:	Air Conditioning
Total useful floor area (m <sup>2</sup> ):	3885
Building complexity (NOS level):	3
Building emission rate (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ):	98.07

### Benchmarks

Buildings similar to this one could have ratings as follows:

40	If newly built
106	If typical of the existing stock

Εικόνα 114: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για αντικατάσταση κουφωμάτων – Σενάριο 3.γ.

Το παρών σενάριο βελτιώνει σε μεγάλο βαθμό τη συμπεριφορά του κτιρίου, το οποίο ανεβαίνει κατά μία βαθμίδα στην ενεργειακή κλίμακα (κατηγορία F). Οι επιμέρους καταναλώσεις για θέρμανση, ψύξη και βοηθητική ενέργεια μειώνονται σε ποσοστό 23.37% , 16.44% και 6.81% αντίστοιχα. Σε σύγκριση με τα προηγούμενα σενάρια παρουσιάζει τα καλύτερα αποτελέσματα και τα μεγαλύτερα ποσοστά

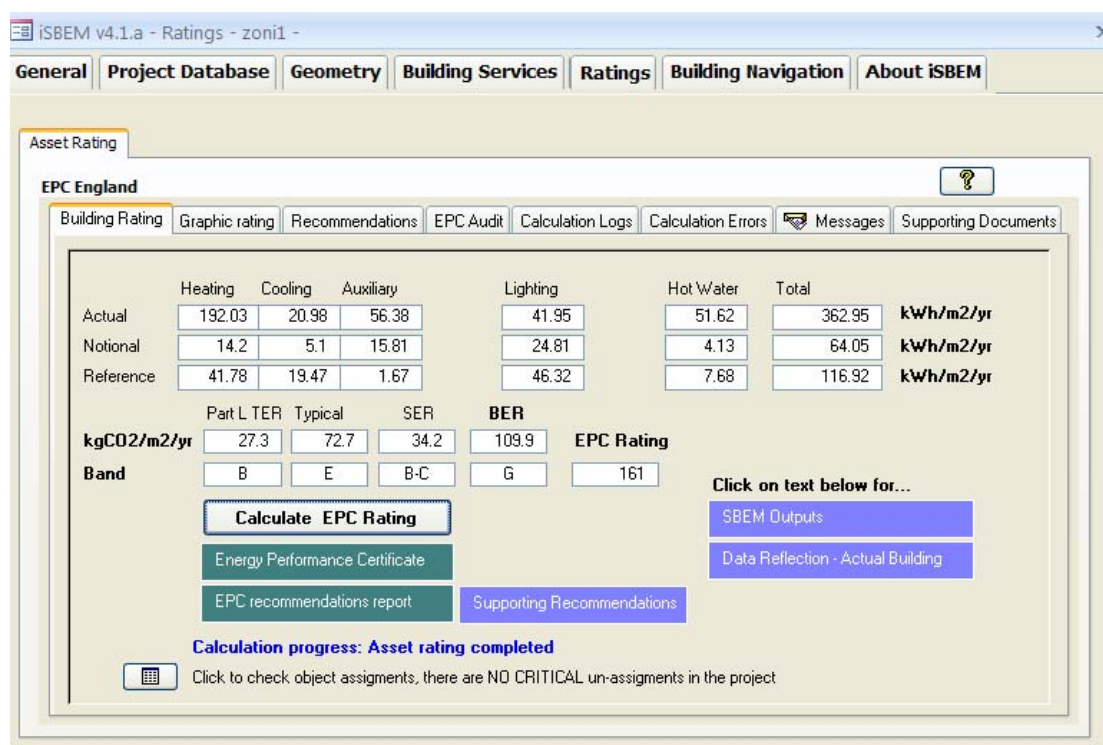
μείωση στη συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και στις εκπομπές CO<sub>2</sub> (14.20% και 11.73% αντίστοιχα).

#### 10.4. Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή ΖΝΧ

Οι ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση ΖΝΧ καθώς και για τη θέρμανση των χώρων και συγκαταλέγονται στα συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Για ΖΝΧ απαιτείται 1.2 ÷ 2.0 τ.μ. Η.Σ. ανά άτομο ανάλογα την κλιματική ζώνη. Για θέρμανση χώρων, το ένα τ.μ. επίπεδου Η.Σ. καλύπτει φορτίο 400 ÷ 650 [kcal/h] ανάλογα την κλιματική ζώνη.

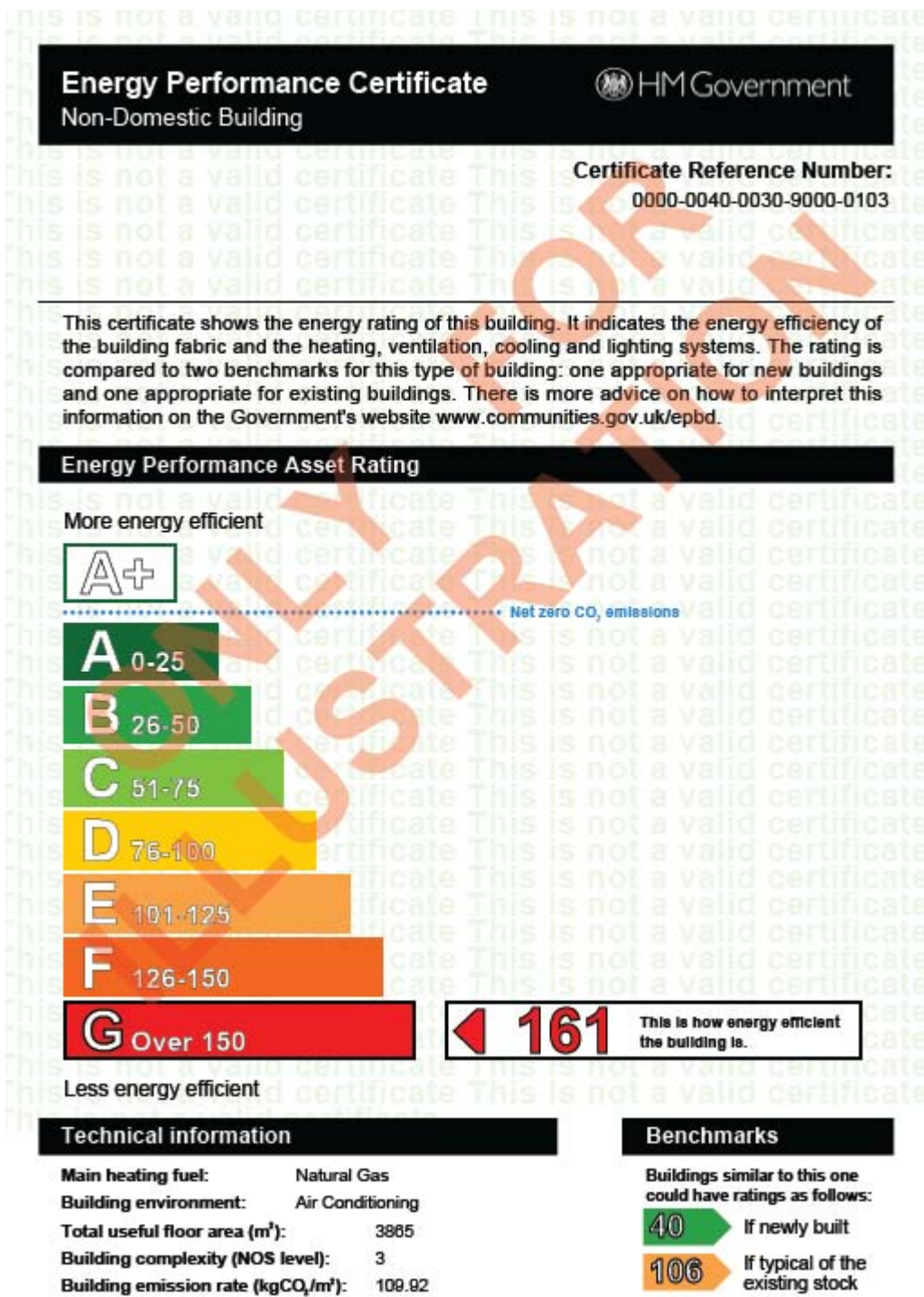
Επιλέχθηκε συνολική επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών 200τ.μ. που συνδέθηκε με το σύστημα παραγωγής ΖΝΧ.

Η εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος ενέργειας, η εκτιμώμενη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στην Εικόνα 116 που ακολουθεί. Στην εικόνα 117 παρουσιάζεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης που παράγεται από το λογισμικό για το προτεινόμενο σενάριο.



Εικόνα 115. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων μετά την τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών – Σενάριο 4.





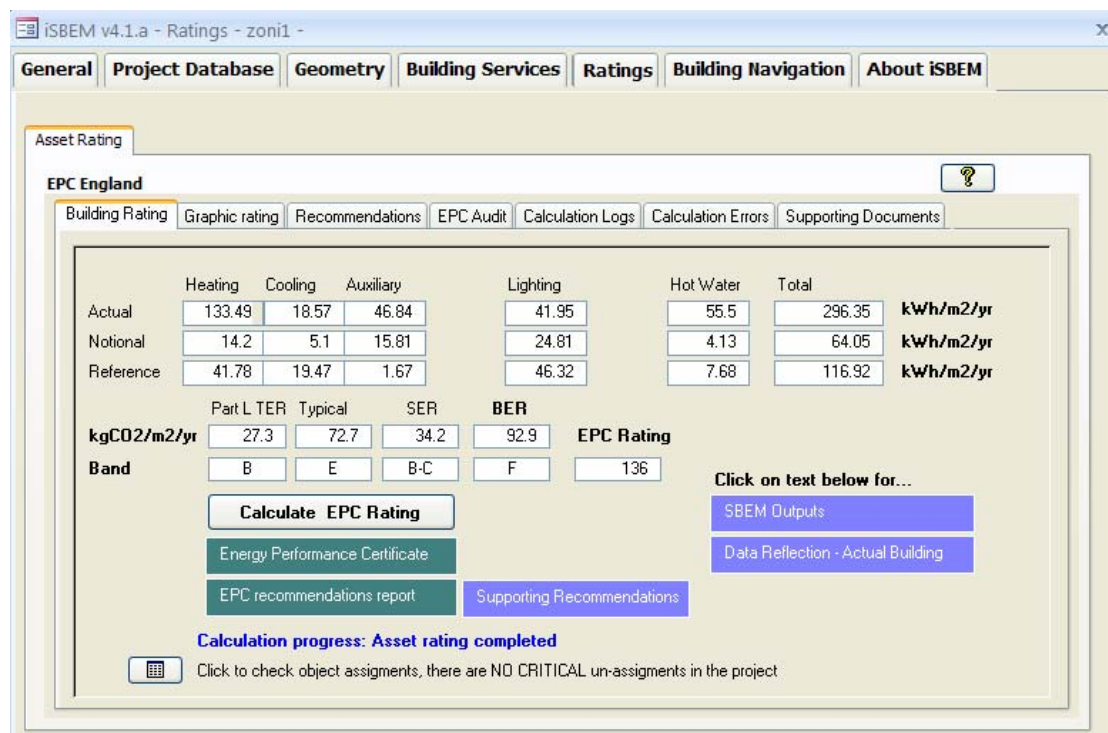
**Εικόνα 116. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης μετά την τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών – Σενάριο 4.**

Το παρόν σενάριο επιφέρει αλλαγή μόνο στην κατανάλωση ενέργειας για παραγωγή ΖΝΧ. Η αλλαγή αυτή μειώνει τη συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατά 0.4%. Οι προεπιλεγμένες απαιτήσεις για ΖΝΧ που ορίζονται από το λογισμικό για όλους τους χώρους δραστηριοτήτων είναι πολύ μεγάλες.

## 10.5. Μόνωση δομικών στοιχείων σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

Αφού εξετάστηκε μεμονωμένα η συνεισφορά κάθε παρέμβασης στις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου και προσδιορίστηκε ο βαθμός επίδρασης τους στη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου ακολουθεί το συνδυαστικό σενάριο με τις τιμές που ορίζει ο Κ.Ε.Ν.Α.Κ.

Η εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος ενέργειας η εκτιμώμενη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στην Εικόνα 117 που ακολουθεί. Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης που παράγεται από το λογισμικό για το προτεινόμενο σενάριο (Εικόνα 118).



Εικόνα 117. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων για θερμομόνωση δομικών στοιχείων σύμφωνα με τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ. – Σενάριο 5.

Το παρών συνδυαστικό σενάριο παρουσιάζει πολύ καλά αποτελέσματα, όπως αναμενόταν. Οι καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και η βοηθητική ενέργεια μειώνονται κατά 30.48%, 11.49% και 16.92% αντίστοιχα. Η συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειώνεται κατά 19.2% και οι αντίστοιχες εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά 16%. Το κτίριο ανεβαίνει κατά μία βαθμίδα στην ενεργειακή κατάταξη, από την κατηγορία G στην κατηγορία F.

**Energy Performance Certificate**  
Non-Domestic Building



Certificate Reference Number:  
0000-0040-0030-9000-0103

This certificate shows the energy rating of this building. It indicates the energy efficiency of the building fabric and the heating, ventilation, cooling and lighting systems. The rating is compared to two benchmarks for this type of building: one appropriate for new buildings and one appropriate for existing buildings. There is more advice on how to interpret this information on the Government's website [www.communities.gov.uk/epbd](http://www.communities.gov.uk/epbd).

**Energy Performance Asset Rating**

More energy efficient



Less energy efficient

**Technical information**

Main heating fuel:	Natural Gas
Building environment:	Air Conditioning
Total useful floor area (m <sup>2</sup> ):	3885
Building complexity (NOS level):	3
Building emission rate (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ):	92.93

**Benchmarks**

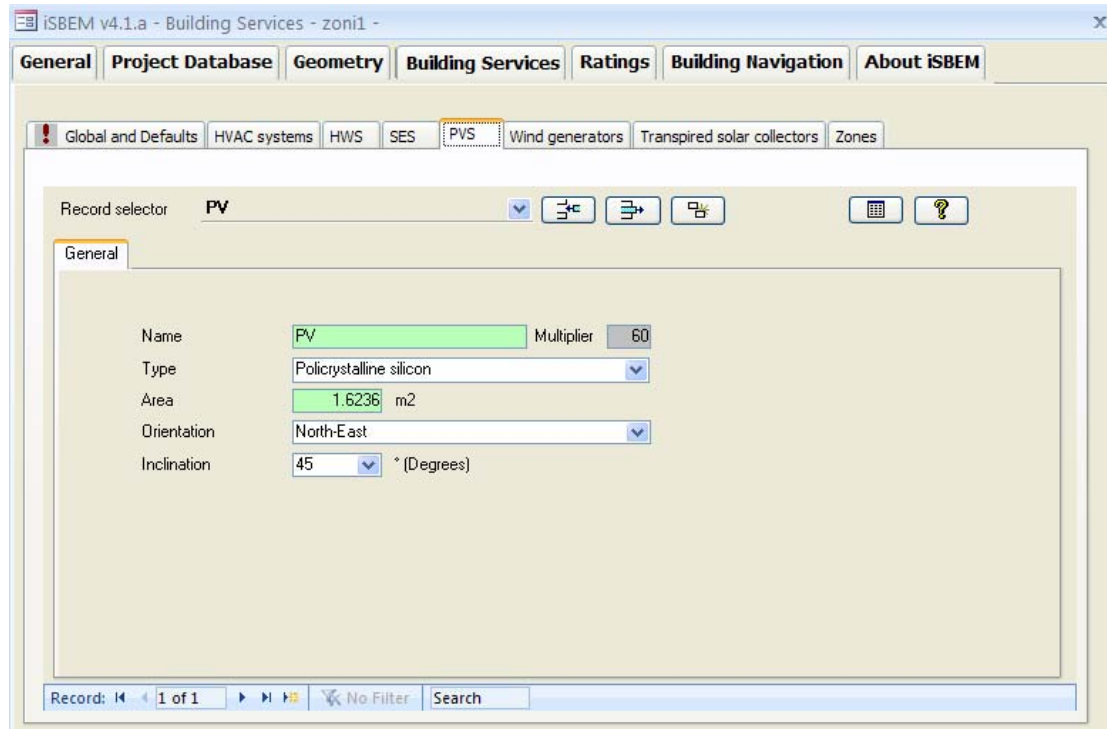
Buildings similar to this one could have ratings as follows:

<b>40</b>	If newly built
<b>106</b>	If typical of the existing stock

Εικόνα 118. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για θερμομόνωση δομικών στοιχείων σύμφωνα με τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ. – Σενάριο 5.α.

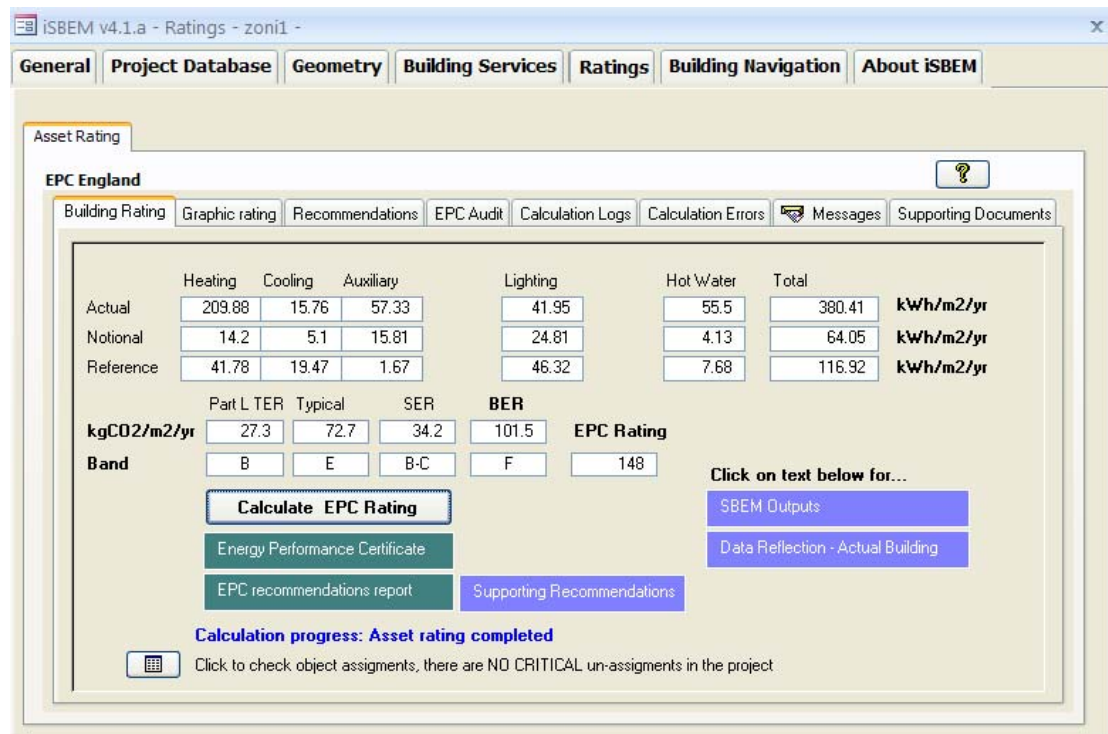
## 10.6. Εγκατάσταση Φ/Β για ηλεκτροπαραγωγή

Σύμφωνα με τη Μεταπτυχιακή εργασία της Τζορμπατζόγλου [46] τοποθετήθηκαν στη στέγη του κτιρίου 60 Φ/Β πάνελς διαστάσεων 0.99\*1.64 το καθένα. Η συνολική επιφάνεια των Φ/Β συστοιχιών ανέρχεται σε 97.4m<sup>2</sup>, ο προσανατολισμός τους είναι νότιο-δυτικός και η κλίση 45° (Εικόνα 119).



**Εικόνα 119.** Εισαγωγή Φ/Β πάνελς στη αντίστοιχη ετικέτα του λογισμικού της φόρμας Ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων.

Η εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος ενέργειας, η εκτιμώμενη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στην Εικόνα 120 που ακολουθεί. Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης που παράγεται από το λογισμικό για το προτεινόμενο σενάριο (Εικόνα 121).



**Εικόνα 120. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων μετά την εγκατάσταση Φ/Β – Σενάριο 6.**

Η προσθήκη Φ/Β δεν επιφέρει αλλαγές στις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου, καθώς δε μεταβάλλονται οι ανάγκες του κτιρίου. Ωστόσο, τα φωτοβολταϊκά καλύπτουν ένα μέρος των φορτίων αυτών, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα να βελτιώνονται οι εκπομπές CO<sub>2</sub>, καθώς τα Φ/Β ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με εκπομπές ρύπων.

Το κτίριο ανεβαίνει μία βαθμίδα στην ενεργειακή κατάταξη και μεταπηδά από την κατηγορία G στην κατηγορία F ενώ οι εκπομπές ρύπων μειώνονται σε ποσοστό 10%.

# Energy Performance Certificate

Non-Domestic Building



Certificate Reference Number:  
0000-0040-0030-9000-0103

This certificate shows the energy rating of this building. It indicates the energy efficiency of the building fabric and the heating, ventilation, cooling and lighting systems. The rating is compared to two benchmarks for this type of building: one appropriate for new buildings and one appropriate for existing buildings. There is more advice on how to interpret this information on the Government's website [www.communities.gov.uk/epbd](http://www.communities.gov.uk/epbd).

## Energy Performance Asset Rating

More energy efficient



Less energy efficient

## Technical information

Main heating fuel:	Natural Gas
Building environment:	Air Conditioning
Total useful floor area (m <sup>2</sup> ):	3885
Building complexity (NOS level):	3
Building emission rate (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ):	100.12

## Benchmarks

Buildings similar to this one could have ratings as follows:

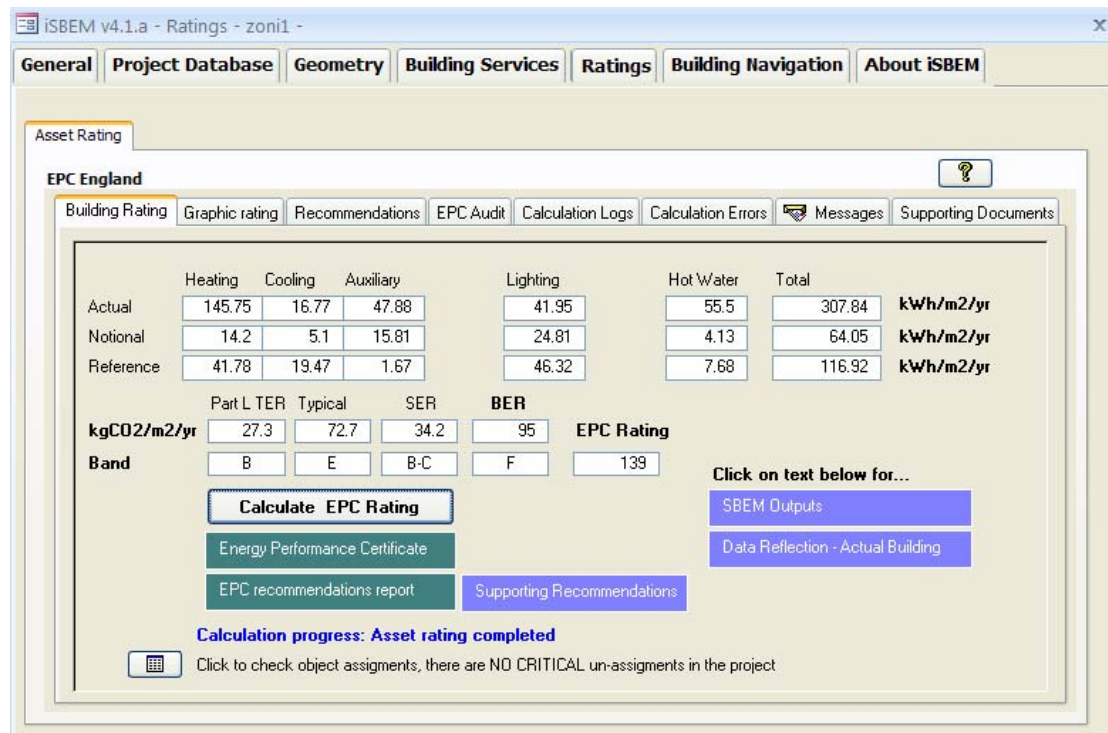
40	If newly built
106	If typical of the existing stock

Εικόνα 121. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για την εγκατάσταση Φ/Β – Σενάριο 6.

## 10.7. Μόνωση εξωτερικών τοίχων και μόνωση στέγης

Στο παρών σενάριο εξετάζεται η συνδυασμένη επίδραση από την παράλληλη τοποθέτηση θερμοπρόσοψης και μόνωση στέγης.

Η εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος ενέργειας, η εκτιμώμενη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στην Εικόνα 122 που ακολουθεί. Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης που παράγεται από το λογισμικό για το προτεινόμενο σενάριο (Εικόνα 123).



**Εικόνα 122. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων για μόνωση εξωτερικών τοίχων και στέγης – Σενάριο 7.**

Οι καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και η βοηθητική ενέργεια μειώνονται κατά 24.10%, 20% και 15% αντίστοιχα. Η συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειώνεται κατά 16% και οι αντίστοιχες εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά 14.2%. Το κτίριο ανεβαίνει κατά μία βαθμίδα στην ενεργειακή κατάταξη, από την κατηγορία G στην κατηγορία F.

# Energy Performance Certificate

Non-Domestic Building



Certificate Reference Number:  
0000-0040-0030-9000-0103

This certificate shows the energy rating of this building. It indicates the energy efficiency of the building fabric and the heating, ventilation, cooling and lighting systems. The rating is compared to two benchmarks for this type of building: one appropriate for new buildings and one appropriate for existing buildings. There is more advice on how to interpret this information on the Government's website [www.communities.gov.uk/epbd](http://www.communities.gov.uk/epbd).

## Energy Performance Asset Rating

More energy efficient

A+

Net zero CO<sub>2</sub> emissions

A 0-25

B 26-50

C 51-75

D 76-100

E 101-125

F 126-150

G Over 150

◀ 139

This is how energy efficient the building is.

Less energy efficient

## Technical information

Main heating fuel:	Natural Gas
Building environment:	Air Conditioning
Total useful floor area (m <sup>2</sup> ):	3885
Building complexity (NOS level):	3
Building emission rate (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ):	94.98

## Benchmarks

Buildings similar to this one could have ratings as follows:

40 If newly built

106 If typical of the existing stock

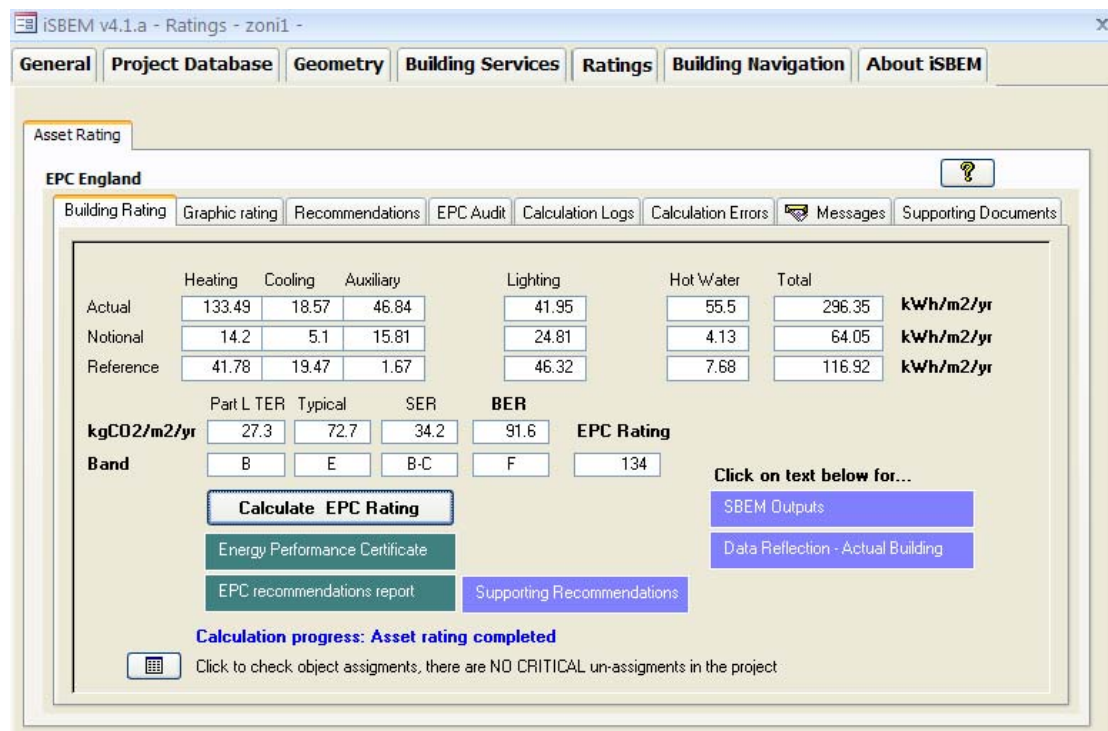
Εικόνα 123: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για μόνωση εξωτερικών τοίχων και στέγης – Σενάριο 7



## 10.8. Κ.ΕΝ.Α.Κ. και εγκατάσταση Φ/Β

Στο παρών σενάριο εξετάζεται η συνδυασμένη επίδραση από την εφαρμογή του Κ.ΕΝ.Α.Κ. και την παράλληλη τοποθέτηση Φ/Β συστοιχίων.

Η εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ανά είδος ενέργειας, η εκτιμώμενη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> φαίνονται στην Εικόνα 124 που ακολουθεί. Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης που παράγεται από το λογισμικό για το προτεινόμενο σενάριο (Εικόνα 125).



**Εικόνα 124. Αποτελέσματα υπολογισμού που παράγονται από το λογισμικό στη φόρμα Κατατάξεων για θερμομόνωση δομικών στοιχείων σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. και τοποθέτηση Φ/Β – Σενάριο 8.**

Το αποτέλεσμα των επιμέρους ενεργειακών καταναλώσεων προκύπτουν ίδια με τα αντίστοιχα του σεναρίου 5 όπου εφαρμόστηκε ο Κ.ΕΝ.Α.Κ., όπως αναμενόταν. Η μείωση των καταναλώσεων ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και η βοηθητική ενέργεια ανέρχονται σε 30.48%, 11.49% και 16.92% αντίστοιχα, ενώ η συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μειώνεται κατά 19.2%. Ωστόσο, η μείωση στις εκπομπές CO<sub>2</sub> ανέρχεται σε 17.28% και είναι η μεγαλύτερη που σημειώνεται. Το κτίριο ανεβαίνει κατά μία βαθμίδα στην ενεργειακή κατάταξη, από την κατηγορία G στην κατηγορία F.

## Energy Performance Certificate Non-Domestic Building

HM Government

Certificate Reference Number:  
0000-0040-0030-9000-0103

This certificate shows the energy rating of this building. It indicates the energy efficiency of the building fabric and the heating, ventilation, cooling and lighting systems. The rating is compared to two benchmarks for this type of building: one appropriate for new buildings and one appropriate for existing buildings. There is more advice on how to interpret this information on the Government's website [www.communities.gov.uk/epbd](http://www.communities.gov.uk/epbd).

### Energy Performance Asset Rating

More energy efficient



Less energy efficient

### Technical information

Main heating fuel:	Natural Gas
Building environment:	Air Conditioning
Total useful floor area (m <sup>2</sup> ):	3865
Building complexity (NOS level):	3
Building emission rate (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ):	91.6

### Benchmarks

Buildings similar to this one could have ratings as follows:

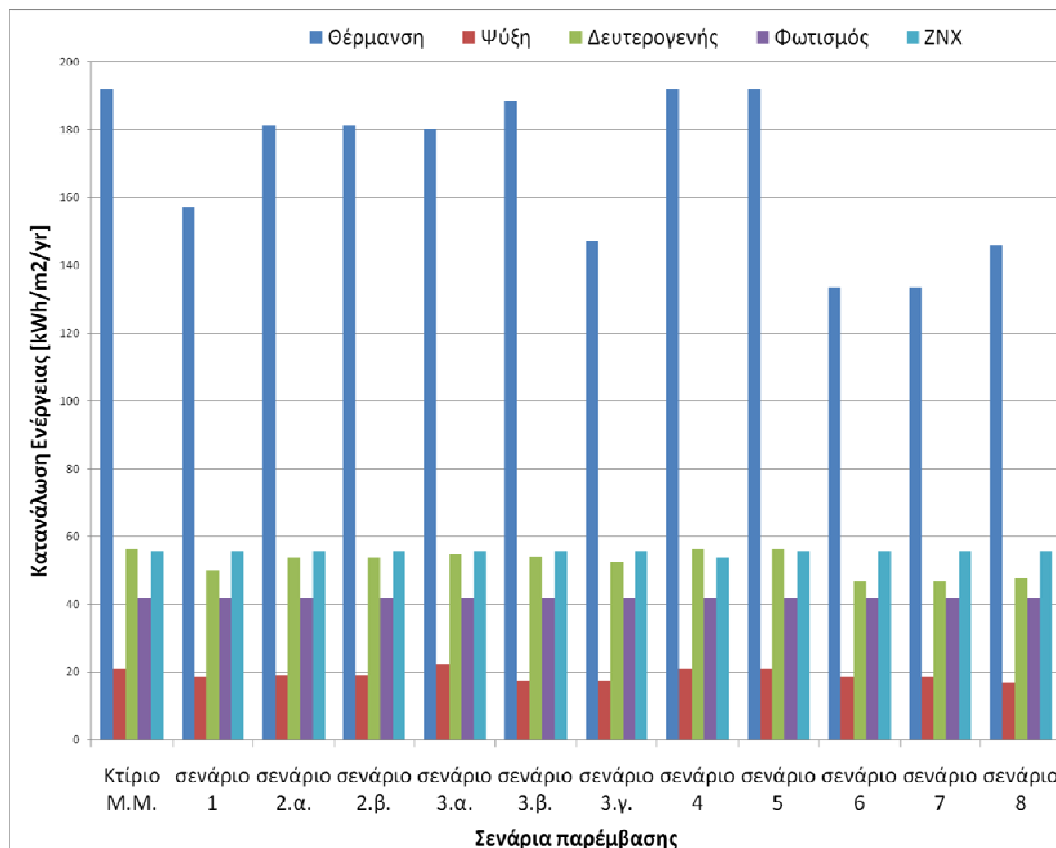
40	If newly built
106	If typical of the existing stock

Εικόνα 125. Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης για θερμομόνωση δομικών στοιχείων σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. και τοποθέτηση Φ/Β – Σενάριο 8.

## 10.9. Σύγκριση και σχολιασμός αποτελεσμάτων

Πίνακας 83. Συγκεντρωτικά στοιχεία ενεργειακών καταναλώσεων ανά είδος ενέργειας για τα εξεταζόμενα σενάρια βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

	Θέρμανση	Ψύξη	Δευτερογενής	Φωτισμός	ZNX	Σύνολο	CO <sub>2</sub>
Κτίριο αναφοράς	41.78	19.47	1.67	46.32	7.68	116.92	102.7
Κτίριο M.M.	192.03	20.98	56.38	41.95	55.5	366.82	162
σενάριο 1	157.1	18.63	49.94	41.95	55.5	323.12	145
σενάριο 2.α.	181.34	19.00	53.88	41.95	55.5	351.66	155
σενάριο 2.β.	181.34	19.00	53.88	41.95	55.5	351.66	155
σενάριο 3.α.	180.2	22.36	54.68	41.95	55.5	354.69	158
σενάριο 3.β.	188.57	17.53	54.09	41.95	55.5	357.63	157
σενάριο 3.γ.	147.16	17.59	52.54	41.95	55.5	314.73	143
σενάριο 4	192.03	20.98	56.38	41.95	53.99	365.32	162
σενάριο 5	192.03	20.98	56.38	41.95	55.5	366.82	146
σενάριο 6	133.49	18.57	46.84	41.95	55.5	296.35	136
σενάριο 7	133.49	18.57	46.84	41.95	55.5	296.35	134
σενάριο 8	145.75	16.77	47.88	41.95	55.5	307.84	139



Εικόνα 126. Συγκριτική παρουσίαση αποτελεσμάτων 11 σεναίων βελτίωσης.

**Πίνακας 84. Παρουσίαση των παρεμβάσεων για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.**

Προτεινόμενα σενάρια επέμβασης	Περιγραφή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
1	Προσθήκη θερμοπρόσοψης
2	Μόνωση στέγης με α. Ελαφροσκυρόδεμα παρασκευασμένο από Politerm Blu β. Πλάκα πετροβάμβακα
3	Αντικατάσταση υπαρχουσών υαλοστασίων με: α. διπλά υαλοστάσια που καλύπτουν τις απαιτήσεις του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. β. Χαμηλής εκπεψιμότητας γ. Ενεργειακά υαλοστάσια
4	Ηλιακοί συλλέκτες για ΖΝΧ
5	Κ.Ε.Ν.Α.Κ.
6	Φωτοβολταϊκά
7	Συνδυασμός σεναρίων 5 και 6
8	Συνδυασμός σεναρίων 1 και 2

## 11. Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας συνοψίζονται παρακάτω:

- Πραγματοποιήθηκε ενεργειακή μελέτη του Κεντρικού κτιρίου Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
- Στόχος της εργασίας είναι η γνωστοποίηση και εξοικείωση με τον νέο Κανονισμό, που αποτελεί τη νέα πραγματικότητα στο σχεδιασμό κτιρίων. Βασική επιδίωξη είναι η αξιολόγηση και διάδοση των ενδεδειγμένων λύσεων για την ορθολογική χρήση ενέργειας στα κτίρια με οικονομικό τρόπο.
- Παρουσιάστηκε η Κοινοτική Οδηγία 2002/91/EC και η ελληνική νομοθεσία Κ.ΕΝ.Α.Κ.
- Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το iSBEM, εγκεκριμένο λογισμικό της Βρετανικής κυβέρνησης το οποίο διατίθεται δωρεάν σε κάθε ενδιαφερόμενο.
- Το λογισμικό υπολογίζει τις καταναλώσεις ενέργειας του κτιρίου λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Η/Μ συστημάτων.
- Τα αποτελέσματα για το Κεντρικό κτίριο των Μηχανολόγων έδειξαν υψηλές καταναλώσεις για τη θέρμανση των χώρων.
- Μελετήθηκαν συνολικά οχτώ σενάρια βελτίωσης της ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου με τα ακόλουθα αποτελέσματα:
  - Σενάριο 1 – προσθήκη θερμοπρόσοψης (μείωση κατά 11.91%)
  - Σενάριο 2 – μόνωση στέγης (μείωση κατά 4.13%)
  - Σενάριο 3.α. – αντικατάσταση υπάρχουσών υαλοστασίων με υαλοστάσια που καλύπτουν τις απαιτήσεις του Κ.ΕΝ.Α.Κ. (μείωση κατά 3.31%)
  - Σενάριο 3.β. – αντικατάσταση υπάρχουσών υαλοστασίων με υαλοστάσια χαμηλής εκπεμφιμότητας (μείωση κατά 2.51%)
  - Σενάριο 3.γ. – αντικατάσταση υπάρχουσών υαλοστασίων με ενεργειακά υαλοστάσια (μείωση κατά 14.20%)
  - Σενάριο 4 – Ηλιακοί συλλέκτες για ΖΝΧ (μείωση κατά 0.41%)
  - Σενάριο 5 – Κ.ΕΝ.Α.Κ. (μείωση κατά 19.21%)
  - Σενάριο 6 – προσθήκη φωτοβολταϊκών (μείωση κατά 0%)
  - Σενάριο 7 – συνδυασμός σεναρίων 5 και 6 (μείωση κατά 19.21%)
  - Σενάριο 8 – συνδυασμός σεναρίων 1 και 2 (μείωση κατά 16.08%)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Rockwool. *Συνεχής επίπεδη μονωμένη και μη αεριζόμενη στέγη*. Available from: <http://www.rockwool.gr/products+range/general+building/roofs> r.
2. NN, *Directive 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings*. 2002.
3. Infotrend Innovations Co. Ltd, B., *ΟΔΗΓΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ iSBEM-CY*. ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2008, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού Κύπρου
4. Infotrend Innovations Co. Ltd, B., *Methodology for Assessing the Energy Performance of Buildings*.
5. ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ, Ε.Τ.Ε., *ΠΡΑΣΙΝΗ ΒΙΒΛΟΣ Ευρωπαϊκή στρατηγική για αειφόρο, ανταγωνιστική και ασφαλή ενέργεια*. Βρυξέλλες, 8.3.2006.
6. COMMUNITIES, C.O.T.E., *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT - AN ENERGY POLICY FOR EUROPE - COM (2007) 1 final*. Brussels, 10.1.2007.
7. Janssen, R., *Towards Energy Efficient Buildings in Europe, Final Report*. June 2004: London, UK.
8. Commission, E. *Eurostat, statistics*. Available from: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/themes>.
9. Κουτρούλης, Χ. *Ενεργειακή απόδοση κτιρίων και δημόσιες πολιτικές*.
10. *Ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Συμβούλιο, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών, «Προς μια θεματική στρατηγική για το αστικό περιβάλλον», COM (2004), 60 τελικό*.
11. final, C., *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Energy Efficiency Plan 2011*. Brussels, 8.3.2011.
12. *Μελέτη της Ευρωπαϊκής Συνομοσπονδίας Συνδικάτων που δημοσιεύθηκε το 2007, Climate Change and Employment*. 2007, ETUC, Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, Social Development Agency, Syndex, Wuppertal Institut.
13. Χατζημπίρος, Δ.Τ.κ.Κ. *Η Περιβαλλοντική Πολιτική*.
14. COMMUNITIES, C.O.T.E., *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential - COM(2006)545 final*. 19.10.2006.
15. Ανάπτυξης, Υ., *1<sup>η</sup> Έκθεση Για Το Μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό Της Ελλάδας 2008-2020 - Μέρος Ι*. Αύγουστος 2007.

16. ΦΩΤΙΑΔΟΥ, Σ.Β., *ΕΙΣΗΓΗΣΗ Μόνιμης Επιτροπής Ενέργειας του Τ.Ε.Ε. για την 9η Συνεδρία: Εξοικονόμηση και Διαχείριση Ενέργειας στα Κτίρια*. 8-10 ΜΑΡΤΙΟΥ 2010, Τ.Ε.Ε.: Αθήνα, Ξενοδοχείο CARAVEL.
17. *Ποιες είναι οι αιτιάσεις της κυβέρνησης για την εισαγωγή λιθάνθρακα στο ενεργειακό μείγμα της χώρας και ποιές είναι οι θέσεις μας;* . Available from: <http://kireas.org/aitiaseis.htm>.
18. EUROPE, T.-T.A.B.O. *Το κτίριο κατά τη χρήση του - Περιβαλλοντικές απόψεις* Available from: <http://www.tiles-bricks.eu/gr/page/42.html>.
19. kozanh-energy. Available from: <http://www.kozanh-energy.gr>.
20. ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ, Ε.Τ.Ε., *COM(2008) 780 τελικό, Πρόταση ΟΔΗΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ για την ενεργειακή απόδοση τις ενεργειακές επιδόσεις των κτηρίων (αναδιατύπωση)*. Βρυξέλλες, 13.11.2008.
21. *Explanation of the general relationship between various CEN standards and the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) - ("Umbrella document")*. Version 3a, 25 October 2004.
22. Τζιουρτζιούμης, Δ. *Μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων Σεμινάρια ΤΕΕ: Ενεργειακοί Επιθεωρητές Κτιρίων 2010*.
23. Ζώγου, Ο., *Μεθοδολογίες υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων - Μέτρα βελτίωσης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, Σεμινάρια ΤΕΕ: Ενεργειακοί Επιθεωρητές*. 2009-2010.
24. CEN. *EN ISO 13790, Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling* 2008.
25. Ζώγου, Ο. and Τ. Σταματέλλος, *Στοιχεία Η/Μ Εγκαταστάσεων Θέρμανσης - Κλιματισμού, Υπολογισμοί Ενεργειακής Απόδοσης Συστημάτων Κλιματισμού, Διαδικασία Ενεργειακής Επιθεώρησης Συστημάτων Κλιματισμού, Σεμινάρια ΤΕΕ: Ενεργειακοί Επιθεωρητές 2009-2010*.
26. Κ.Ε.Ν.Α.Κ. *Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων*, Ε.Κ.Κ.Α. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Editor. 9 Απριλίου 2010.
27. ASHRAE HANDBOOK. *Fundamentals: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers* 2009.
28. *PrEN 15193: Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting*, 2006.
29. CEN/TC 228 N556 CEN/TC, *Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 3-1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements)*.
30. CEN/TC 228 N526, *Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 1: General*.
31. Government, H., *L2A Conservation of fuel and power in new buildings other than dwellings*. 2010.

32. Government, H., *L2B Conservation of fuel and power in existing buildings other than dwellings*. 2010.
33. Τ.Ε.Ε., *ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων*. ΙΟΥΝΙΟΣ 2010: ΑΘΗΝΑ.
34. *Accredited Construction Details for limiting thermal bridging and air leakage*  
Available from: <<http://www.communities.gov.uk>>
35. *Design of metal roofing and cladding systems: Guidance to complement Approved Documents L2A and L2B.MCRMA Technical paper no. 17*. 2006, joint publication by MCRMA and EPIC.
36. Zogou O, S., *Optimization of thermal performance of a building with ground source heat pump system*. . Energy Conversion and Management. , 2007. **48:2853-63**.
37. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., *Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών*. Ιούνιος 2010.
38. Ζώγου, Ο., *Στοιχεία δομικής φυσικής, Σεμινάρια ΤΕΕ: Ενεργειακοί Επιθεωρητές 2009-2010*.
39. Σταματέλλος, Τ. *Στοιχεία Η/Μ Εγκαταστάσεων (ζεστό νερό - τεχνητός φωτισμός) Σεμινάρια ΤΕΕ: Ενεργειακοί Επιθεωρητές*. 2009-2010.
40. MACON. *Προβλήματα στεγανοποίησης*. Available from: <http://monosimacon.blogspot.com>
41. buildnet.gr. *Μόνωση / Στεγάνωση*. Available from: <<http://www.buildnet.gr>>
42. *QUAD-LOCK Concrete Building Solutions*. [cited 2011; Available from: [http://www.quadlock.com/retrofit\\_insulation/images/Retrofit\\_Insulation\\_on\\_CMU\\_wall.png](http://www.quadlock.com/retrofit_insulation/images/Retrofit_Insulation_on_CMU_wall.png)
43. Econstruction. *Θερμοπρόσοψη*.
44. Διακογεωργίου. *Μόνωση ταράτσας*. Available from: <http://www.diakogeorgiou.gr/articles.php?aid=26>.
45. HELLAS, Τ. *Θερμομονωτικά κονιάματα και & δομικά χημικά* Available from: [http://www.tekto.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=482&Itemid=305](http://www.tekto.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=482&Itemid=305)
46. Τζορμπατζόγλου, Φ., *"Μελέτη για εγκατάσταση διασυνδεδεμένου Φ/Β/συστήματος στο κτίριο των Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας"*, in *Μηχανολόγοι Μηχανικοί 2011*, Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



---

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**  
**ΚΑΤΟΨΕΙΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ ΚΑΙ ΟΡΟΦΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ**





