

**Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*Συγκριτική αξιολόγηση ενεργειακής αναβάθμισης κατοικιών σε δύο διαφορετικές περιοχές της ίδιας Κλιματικής Ζώνης στην Ελλάδα*

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:  
ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
Δρ Κ.Α. ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ**

**ΑΙΓΑΛΕΩ  
ΙΟΥΛΙΟΣ 2018**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ</b> .....	<b>4</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....	<b>5</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	<b>6</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>7</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>10</b>
<b>1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ</b> .....	<b>11</b>
1.1. Το Ενεργειακό Πρόβλημα.....	11
1.2. Πρόσφατες νομοθετικές παρεμβάσεις στην Ελλάδα και στην Ε.Ε. ....	13
1.3. Ιστορική Αναδρομή.....	14
1.4. Λογισμικά για ενεργειακές μελέτες.....	15
<b>2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b> .....	<b>17</b>
2.1. Οι δύο διαφορετικές προσεγγίσεις .....	17
2.1.1. Προσέγγιση EnergyPlus .....	17
2.1.2. Προσέγγιση Τ.Ε.Ε Κ.Εν.Α.Κ .....	19
2.2. Κτήρια Μελέτης.....	21
2.2.1. Κτήριο Α (Αθήνα).....	21
2.2.2. Κτήριο Β (Κέρκυρα) .....	23
2.3. Εισαγωγή δεδομένων στα λογισμικά ενεργειακών προσομοιώσεων .....	25
2.3.1. Εισαγωγή Κτηρίων στο πρόγραμμα EnergyPlus.....	25
2.3.2. Περιγραφή των κτηρίων για τις ενεργειακές μελέτες του προγράμματος Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ35	
<b>3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ</b> .....	<b>38</b>
3.1. Επεξεργασία αρχείων TME για τις προσομοιώσεις τουEnergyPlus. ....	38
3.1.1. Σύγκριση του κλίματος στις περιοχές Κέρκυρα και Santa Maria di Leuca.....	38
3.2. Επεξεργασία αρχείων TME.....	39
3.2.1. Συμπλήρωση ελλειπουσών τιμών.....	39
3.2.2. Δημιουργία νέων αρχείων TME.....	42
3.3. Εκτέλεση Προσομοιώσεων .....	43
3.3.1. TME για τις προσομοιώσεις στο EnergyPlus .....	43
3.3.2. Επεμβάσεις στα κτήρια .....	44
3.4. Αποτελέσματα προσομοιώσεων .....	48
3.4.1. Αποτελέσματα από το EnergyPlus .....	48
<b>4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</b> .....	<b>52</b>

4.1.	Σύγκριση αποτελεσμάτων μετεωρολογικών τιμών EnergyPlus και TME για την περιοχή της Αθήνας.....	52
4.2.	Σύγκριση διαφορετικών τιμών ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή της Αθήνας..	53
4.3.	Ενεργειακές προσομοιώσεις κτηρίου κατοικίας στην Αθήνα με πραγματικές χρονοσειρές μετεωρολογικών δεδομένων .....	55
4.4.	Σύγκριση του Κτηρίου Α για διαφορετικούς κανονισμούς θερμομόνωσης.....	58
4.5.	Σύγκριση των αποτελεσμάτων της χρονοσειράς του μέσου έτους της 15ετίας και του Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ για το κτήριο Α στην περιοχή της Αθήνας .....	60
4.6.	Σύγκριση των αποτελεσμάτων από τα δύο διαφορετικά λογισμικά για το Κτήριο Α δομημένο κατά τον Κ.Εν.Α.Κ. ....	61
4.7.	Σύγκριση των τριών διαφορετικών κανονισμών θερμομόνωσης του κτηρίου Α στο λογισμικό Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ.....	62
4.8.	Σύγκριση των δύο κτηρίων Α και Β και των δύο περιοχών .....	63
4.9.	Σύγκριση διαφόρων προσανατολισμών στο Κτήριο Β .....	65
4.10.	Σύγκριση χρονοσειρών διαφορετικών ετών για την περιοχή της Κέρκυρας στο Κτήριο Β	66
4.11.	Σύγκριση των αποτελεσμάτων από τις προσομοιώσεις των δύο λογισμικών στην περιοχή της Κέρκυρας για το κτήριο Β δομημένο σύμφωνα με διαφορετικούς κανονισμούς θερμομόνωσης.....	68
<b>5.</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>70</b>
<b>6.</b>	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....</b>	<b>72</b>
6.1.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ.....	72
6.2.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ.....	83
6.3.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ. ΓΙΑ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ Α.....	95
6.4.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ. ΓΙΑ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ Β.....	98
	<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>100</b>

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΜΤΠΠ	Μέγα-τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου
H/M	Ηλεκτρομηχανικά
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
E.E	Ευρωπαϊκή Επιτροπή
ΕΣΔΕΑ	Εθνικά Σχέδια Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΚΘΚ	Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων
EK	Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο
ΚΕνΑΚ	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων
ΘΨΚ	Θέρμανση, Ψύξη, Κλιματισμός
ZNX	Ζεστό Νερό Χρήσης
ΤΕΕ	Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος
TOTEE	Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος
ΙΕΠΒΑ	Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης
ΕΑΑ	Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
ΠΕΑ	Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης
ΔΟΕ	Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας
TME	Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος
ΕΛΟΤ	Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης
EMY	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
OAPEC	Organization of Arab Petroleum Exporting
BLAST	Building Loads Analysis and System Thermodynamics
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning
ANSI	American National Standards Institute
GUI	Graphical User Interface
kWh	kilowatt hour
Mbtu	Mega British thermal unit
TMY	Typical Meteorological Year
TRY	Test Reference Year
DRY	Design Reference Year
WEYC	Weather Year for Energy Calculations
NCDC	National Climatic Data Center
EPW	EnergyPlus Weather File
IWEC	International Weather for Energy Calculations
IGDG	Italian Climatic Data collection of Gianni De Giorgio
CUHK	City University of Hong Kong
SWEC	Spanish Weather for Energy Calculations
ISO	International Organization for Standardization
WMO	Worldwide Meteorological Organization

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1: Περιγραφή τρόπου λειτουργίας προγράμματος EnergyPlus .....	17
Εικόνα 2-2: Θερμικές απώλειες κτηρίου (13) .....	19
Εικόνα 2-3: Θερμικά Κέρδη κτηρίου (13) .....	20
Εικόνα 2-4: Τυπική ροή ενέργειας σε ένα κτήριο (13). .....	20
Εικόνα 2-5: Κλιματικές Ζώνες της Ελλάδας. (15) .....	21
Εικόνα 2-6: Γεωγραφική θέση του κτηρίου Α .....	22
Εικόνα 2-7: Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτηρίου Α.....	23
Εικόνα 2-8: Γεωγραφική Θέση του υπό μελέτη Κτηρίου Β.....	24
Εικόνα 2-9: Τρισδιάστατη απεικόνιση Κτηρίου Β.....	24
Εικόνα 2-10: Κάτοψη Κτηρίου Α πάνω στη γεωγραφική του θέση .....	25
Εικόνα 2-11: Πλάγια όψη του Κτηρίου Α στην γεωγραφική του θέση .....	26
Εικόνα 2-12: Κάτοψη Κτηρίου Α με σκιάσεις.....	26
Εικόνα 2-13: Πλάγια όψη κτηρίου Α με σκιάσεις.....	27
Εικόνα 2-14: Δομή εξωτερικής τοιχοποιίας στο πρόγραμμα DesignBuilder.....	29
Εικόνα 2-15: Υπολογισμός εξ. τοιχοποιίας από το πρόγραμμα DesignBuilder.....	30
Εικόνα 2-16: Επιλογή τύπου υαλοπινάκων στο πρόγραμμα DesignBuilder.....	31
Εικόνα 2-17: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων.....	31
Εικόνα 2-18: Πρόγραμμα δραστηριότητας κατοίκων στο κτήριο.....	32
Εικόνα 2-19: Απεικόνιση Κτηρίου Α με τα γύρω κτήρια .....	34
Εικόνα 2-20: Απεικόνιση Κτηρίου Β με ηλιόγραμμα .....	35
Εικόνα 2-21: Αδιαφανή στοιχεία του Κτηρίου Α από ΤΕΕ ΚΕνΑΚ .....	36
Εικόνα 2-22: Διαφανή στοιχεία Κτηρίου Α στο ΤΕΕ ΚΕνΑΚ .....	36
Εικόνα 2-23: Περιγραφή Η/Μ συστημάτων στο ΤΕΕ ΚΕνΑΚ.....	37
Εικόνα 3-1: Τοποθεσία (κόκκινη κουκίδα) της περιοχής SantaMariadeLeuca (19) .....	38
Εικόνα 3-2: Δομή αρχείου EPW .....	43
Εικόνα 3-3: Εξωτερικοί τοίχοι με εξωτερική θερμομόνωση.....	46
Εικόνα 3-4: Συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων με εξωτερική θερμομόνωση .....	46
Εικόνα 3-5: Εξωτερικοί τοίχοι προ του 1979.....	47
Εικόνα 3-6: Συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων κατασκευής προ του 1979 .....	47
Εικόνα 3-7: Ενεργειακές Κατατάξεις κατά ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ.....	51
Εικόνα 6-1: Μελέτη με Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ. κτηρίου Α με θερμομόνωση σύμφωνα με το ΚΘΚ .....	95
Εικόνα 6-2:Μελέτη κτηρίου Α με εξωτερική θερμομόνωση τοίχων σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ. .....	96
Εικόνα 6-3: Μελέτη κτηρίου Α χωρίς θερμομόνωση τοιχοποιίας .....	97
Εικόνα 6-4:Μελέτη κτηρίου Β με θερμομόνωση τοίχων σύμφωνα με το ΚΘΚ.....	98
Εικόνα 6-5:Μελέτη κτηρίου Β με εξ. θερμομόνωση τοίχων σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ .....	99

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1-1: Σωρευτικοί Στόχοι Εξοικονόμησης Ενέργειας.....	14
Πίνακας 2-1: Γεωγραφικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά Κτηρίου Α .....	22
Πίνακας 2-2: Γεωγραφικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά Κτηρίου Β. ....	23
Πίνακας 2-3: Όρια θερμικών απωλειών κατά Κ.Θ.Κ.....	28
Πίνακας 2-4: Δομή οροφής κτηρίων. ....	28
Πίνακας 2-5: Δομή Δαπέδου κείμενου επί εδάφους. ....	28
Πίνακας 2-6: Δομή εξωτερικής τοιχοποιίας (σε επαφή με περιβάλλον).....	29
Πίνακας 2-7: Εκλυόμενη θερμότητα χρηστών (18) .....	32
Πίνακας 2-8: Πίνακας εσωτερικών θερμοκρασιών (18) .....	33
Πίνακας 2-9: Απαιτούμενος νωπός αέρας στα κτήρια (18) .....	33
Πίνακας 3-1: Πίνακας παραμέτρων της εκπαίδευσης του ΤΝΔ για τη συμπλήρωση τιμών θερμοκρασίας .....	41
Πίνακας 3-2: Παραδοχές και ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας για τα διάφορα Μ.Ε.Ε στα ελληνικά κτήρια κατοικιών (21).....	44
Πίνακας 3-3: Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας από το Τ.Ε.Ε Κ.Εν.Α.Κ για το Κτήριο Α	50
Πίνακας 3-4: Ενεργειακές απαιτήσεις Κτηρίου Α από το Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ.....	50
Πίνακας 3-5 Καταναλώσεις Κτηρίου Α από Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ.....	51
Πίνακας 4-1: Συνολικές καταναλώσεις χειμερινής περιόδου των προσομοιώσεων και γενικά χαρακτηριστικά κτηρίου.....	52
Πίνακας 4-2: Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων για τις χρονοσειρές 15-ετίας, με διαφορετικές τιμές ταχύτητας ανέμου.....	54
Πίνακας 4-3: Αποτελέσματα ενεργειακών προσομοιώσεων κατοικίας στην Αθήνα για την περίοδο 1985-1990.....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
Πίνακας 4-4: Αποτελέσματα ενεργειακών προσομοιώσεων κατοικίας στην Αθήνα για την περίοδο 1991-1996.....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
Πίνακας 4-5: Αποτελέσματα ενεργειακών προσομοιώσεων κατοικίας στην Αθήνα για την περίοδο 1997-1999.....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
Πίνακας 4-6: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τις επεμβάσεις στο Κτήριο Α .....	59
Πίνακας 4-7: Σύγκριση απόδοσης απαιτούμενης ενέργειας κτηρίου Α 3 περιπτώσεων.....	62

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1-1: Ενεργειακό ισοζύγιο στην Ελλάδα (TABULA 2013).....	11
Γράφημα 1-2: Κατανομή κατοικιών κατά περίοδο κατασκευής (ΕΛΣΤΑΤ 2013).....	12
Γράφημα 1-3: Κατανομή κατοικιών κατά περίοδο κατασκευής (ΕΛΣΤΑΤ 2013).....	12
Γράφημα 1-4: Ανάλυση θερμομόνωσης στα κτήρια (ΕΛΣΤΑΤ 2014).....	13
Γράφημα 3-1: Σύγκριση θερμοκρασιών των περιοχών Κέρκυρας και SantaMariaDiLeuca (20).....	39
Γράφημα 3-2: Γραμμικές αποκλίσεις των πραγματικών με των προβλεπόμενων τιμών στην εκπαίδευση του προγράμματος .....	40
Γράφημα 3-3: Γραμμικές αποκλίσεις των πραγματικών με των προβλεπόμενων τιμών κατά την δοκιμή .....	41
Γράφημα 3-4: Συμπληρωμένες τιμές θερμοκρασίας ξηρού βολβού του έτους 1993.....	42
Γράφημα 3-5: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανά κλιματική ζώνη, για τα σημαντικότερα Μ.Ε.Ε. στα κτήρια του οικιακού τομέα για το 2010 (21) .....	45
Γράφημα 3-6: Παρουσίαση αποτελεσμάτων από το EnergyPlus για το Κτήριο Α.....	49
Γράφημα 3-7: Παρουσίαση αποτελεσμάτων από το EnergyPlus για κτήριο Β .....	49
Γράφημα 4-1: Αθροιστικά αποτελέσματα του ΤΜΕ της EnergyPlus και του ΤΜΕ από την 15-ετία για την περιοχή της Αθήνας.....	53
Γράφημα 4-2: Συγκριτικό γράφημα αποτελεσμάτων διαφορετικών τιμών ταχύτητας ανέμου για την περιοχή της Αθήνας .....	54
Γράφημα 4-3: Αποτελέσματα χρονοσειρών για 15 έτη (1985-1999) για την περιοχή της Αθήνας.....	56
Γράφημα 4-4: Σύγκριση χρονοσειράς ΤΜΕ, ΤΜΕ του EnergyPlus και του Μέσου Έτους των ετών 1985-1999 .....	58
Γράφημα 4-5: Συγκριτικό γράφημα αποτελεσμάτων για απαιτούμενη θερμική ενέργεια του κτηρίου Α με διαφορετικές θερμομονώσεις.....	59
Γράφημα 4-6: Συγκριτικό γράφημα αποτελεσμάτων για απαιτούμενη θερμική ενέργεια του κτηρίου Α .....	60
Γράφημα 4-7: Συγκριτικό γράφημα ΚΕΝΑΚ - EnergyPlus για το Κτήριο Α κατά Κ.Εν.Α.Κ. ....	61
Γράφημα 4-8: Σύγκριση τριών περιπτώσεων δομής του κτηρίου Α κατά ΤΕΕ ΚενΑΚ.....	62
Γράφημα 4-9: Σύγκριση αποτελεσμάτων του EnergyPlus για τα κτήρια Α και Β.....	63
Γράφημα 4-10: Σύγκριση των ανοιγμένων αποτελεσμάτων του EnergyPlus για τα κτήρια Α και Β .....	64
Γράφημα 4-11: Σύγκριση Κτηρίου Β σε διαφορετικούς προσανατολισμούς .....	65
Γράφημα 4-12: Δεκαπενταετία προσομοιώσεων για την περιοχή της Κέρκυρας.....	66
Γράφημα 4-13: Σύγκριση των διαφόρων χρονοσειρών για την περιοχή της Κέρκυρας .....	68
Γράφημα 4-14: Σύγκριση ανοιγμένης απαιτούμενης θερμικής ενέργειας για το κτήριο Β ....	69
Γράφημα 6-1 ΤΜΕ της EnergyPlus για την περιοχή της Αθήνας στο κτήριο Α.....	72
Γράφημα 6-2: ΤΜΕ για την περιοχή της Αθήνας στο κτήριο Α .....	73
Γράφημα 6-3: Αποτελέσματα χρονοσειράς για μηδενική τιμή ανέμου για την περιοχή της Αθήνας.....	73
Γράφημα 6-4: Αποτελέσματα ΤΜΕ για την περιοχή της Αθήνας με τιμή ανέμου 2,5 m/s.....	74
Γράφημα 6-5: Αποτελέσματα ΤΜΕ για την περιοχή της Αθήνας για το κτήριο Α χωρίς θερμομόνωση .....	74
Γράφημα 6-6: Αποτελέσματα ΤΜΕ για την περιοχή της Αθήνας στο κτήριο Α με θερμομόνωση κατά ΚΕΝΑΚ.....	75

Γράφημα 6-7:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1985 για την περιοχή της Αθήνας.....	75
Γράφημα 6-8:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1986 για την περιοχή της Αθήνας.....	76
Γράφημα 6-9: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1987 για την περιοχή της Αθήνας.....	76
Γράφημα 6-10:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1988 για την περιοχή της Αθήνας.....	77
Γράφημα 6-11: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1989 για την περιοχή της Αθήνας....	77
Γράφημα 6-12: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1990 για την περιοχή της Αθήνας....	78
Γράφημα 6-13:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1991 για την περιοχή της Αθήνας.....	78
Γράφημα 6-14:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1992 για την περιοχή της Αθήνας.....	79
Γράφημα 6-15:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1993 για την περιοχή της Αθήνας.....	79
Γράφημα 6-16:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1994 για την περιοχή της Αθήνας.....	80
Γράφημα 6-17:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1995 για την περιοχή της Αθήνας.....	80
Γράφημα 6-18:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1996 για την περιοχή της Αθήνας.....	81
Γράφημα 6-19:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1997 για την περιοχή της Αθήνας.....	81
Γράφημα 6-20:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1998 για την περιοχή της Αθήνας....	82
Γράφημα 6-21:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1999 για την περιοχή της Αθήνας.....	82
Γράφημα 6-22:Αποτελέσματα TME της EnergyPlus για την περιοχή της Αθήνας με το κτήριο B .....	83
Γράφημα 6-23:Αποτελέσματα TME για την περιοχή της Κέρκυρας.....	83
Γράφημα 6-24:Αποτελέσματα χρονοσειράς TME για την περιοχή της Αθήνας με τιμή ταχύτητας ανέμου 0 m/s .....	84
Γράφημα 6-25:Αποτελέσματα κτηρίου B με προσανατολισμό 0 μοίρες προς τον Βορρά στην περιοχή της Κέρκυρας.....	84
Γράφημα 6-26:Αποτελέσματα κτηρίου B με προσανατολισμό 90 μοίρες προς τον Βορρά στην περιοχή της Κέρκυρας.....	85
Γράφημα 6-27: Αποτελέσματα κτηρίου B με προσανατολισμό 180 μοίρες προς τον Βορρά στην περιοχή της Κέρκυρας .....	85
Γράφημα 6-28: Αποτελέσματα κτηρίου B με προσανατολισμό 350 μοίρες προς τον Βορρά στην περιοχή της Κέρκυρας .....	86
Γράφημα 6-29:Αποτελέσματα του TME της EnergyPlus για την περιοχή της Ιταλίας SantaMariadeLeuca.....	86
Γράφημα 6-30:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1985 για την περιοχή της Κέρκυρας.	87
Γράφημα 6-31:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1986 για την περιοχή της Κέρκυρας.	87
Γράφημα 6-32:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1987 για την περιοχή της Κέρκυρας.	88
Γράφημα 6-33:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1988 για την περιοχή της Κέρκυρας.	88
Γράφημα 6-34:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1989 για την περιοχή της Κέρκυρας.	89
Γράφημα 6-35:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1990 για την περιοχή της Κέρκυρας.	89
Γράφημα 6-36: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1991 για την περιοχή της Κέρκυρας	90
Γράφημα 6-37:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1992 για την περιοχή της Κέρκυρας.	90
Γράφημα 6-38: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1993 για την περιοχή της Κέρκυρας	91
Γράφημα 6-39: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1994 για την περιοχή της Κέρκυρας	91
Γράφημα 6-40: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1995 για την περιοχή της Κέρκυρας	92
Γράφημα 6-41: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1996 για την περιοχή της Κέρκυρας	92
Γράφημα 6-42: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1997 για την περιοχή της Κέρκυρας	93
Γράφημα 6-43: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1998 για την περιοχή της Κέρκυρας	93
Γράφημα 6-44: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1999 για την περιοχή της Κέρκυρας	94
Γράφημα 6-45:Αποτελέσματα του κτηρίου B με θρμομόνωση σύμφωνα με τον κανόνα του Κ.Εν.Α.Κ.....	94



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή με τίτλο «*Συγκριτική αξιολόγηση ενεργειακής αναβάθμισης κατοικιών σε δύο διαφορετικές περιοχές της ίδιας Κλιματικής Ζώνης στην Ελλάδα*» αφορά τον υπολογισμό της ενεργειακής συμπεριφοράς δύο κατοικιών σε δύο διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας, μέσα από δύο ξεχωριστά λογισμικά ενεργειακών προσομοιώσεων. Τελικός στόχος, μέσα από τις διάφορες στοχευμένες προσομοιώσεις, είναι η διερεύνηση των διαφορών αυτών των λογισμικών αλλά παράλληλα και η σύγκριση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων επεμβαίνοντας σε διάφορες παραμέτρους τους, όπως για παράδειγμα η θερμομόνωση των τοίχων, ο προσανατολισμός κ.α. Τα δύο υπολογιστικά λογισμικά που χρησιμοποιούνται είναι το EnergyPlus και το ελληνικό λογισμικό T.E.E. K.EnA.K.

Η εργασία αυτή αποτελείται από 5 κεφάλαια, ξεκινώντας με το κεφάλαιο της ενεργειακής κατανάλωσης κατοικιών όπου περιγράφεται το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα και κατ'επέκταση τί προβλέπουν οι ισχύοντες νόμοι για τις ενεργειακές καταναλώσεις στις κατοικίες σήμερα. Ακολουθεί το κεφάλαιο με τη μεθοδολογία των δύο διαφορετικών προσεγγίσεων από τα λογισμικά, η σύντομη περιγραφή της λειτουργίας τους, η παρουσίαση των κτηρίων και τέλος ο τρόπος εισαγωγής των κατοικιών στα λογισμικά αυτά. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και τέλος τα αποτελέσματά τους. Τα δύο τελευταία κεφάλαια περιλαμβάνουν τη σύγκριση των αποτελεσμάτων και τα συμπεράσματα της εργασίας.

## **ABSTRACT**

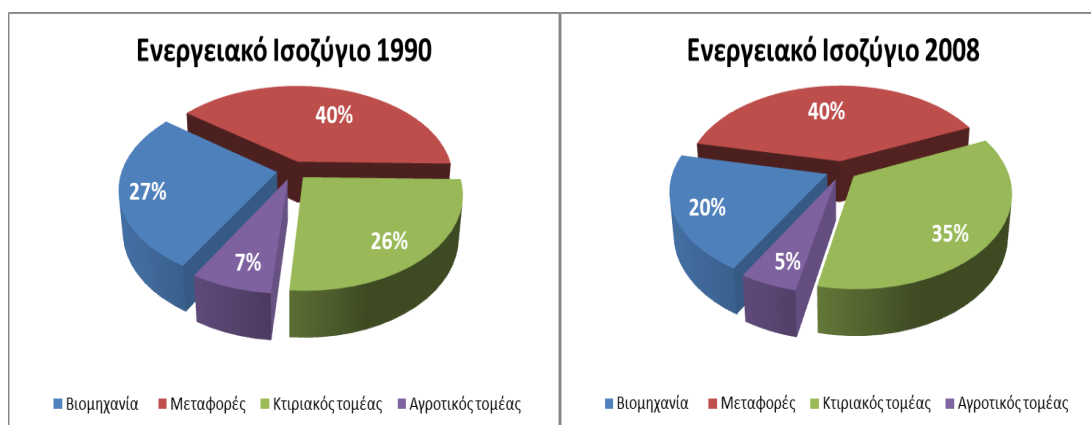
The specific thesis entitled «Comparison analysis of two domestic buildings situated at different locations in the same Climatic Zones in Greece», discusses the calculations of energy consumption of two different residences located in two different areas of Greece, by two different software for energy simulations. In an effort of better understanding and taking ownership of the concept, it analyzed the differences between these 2 different programs and at the same time the comparison of the energy behavior of the buildings before and after changing some of their characteristics such as insulation of the external walls, orientation etc. These two programs used are the Energy Plus and the Greek TEE KEnAK.

This thesis consists of five chapters, starting with the chapter in which the energy consumption of the building sector is presented. For a more comprehensive view, the energy problem in Greece is emphasized and furthermore the established laws regarding the energy consumption in domestic houses are presented. In the next chapter of the thesis the methodology used by the two programs is presented along with the description of their functions. Additionally, in the same chapter the buildings and the definition of their distinguishing features in each software are presented. The next two chapters present the methodology that was used and the results of the work. Finally, the last chapter presents a final comparison and conclusions, based on the results of this thesis.

# 1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ

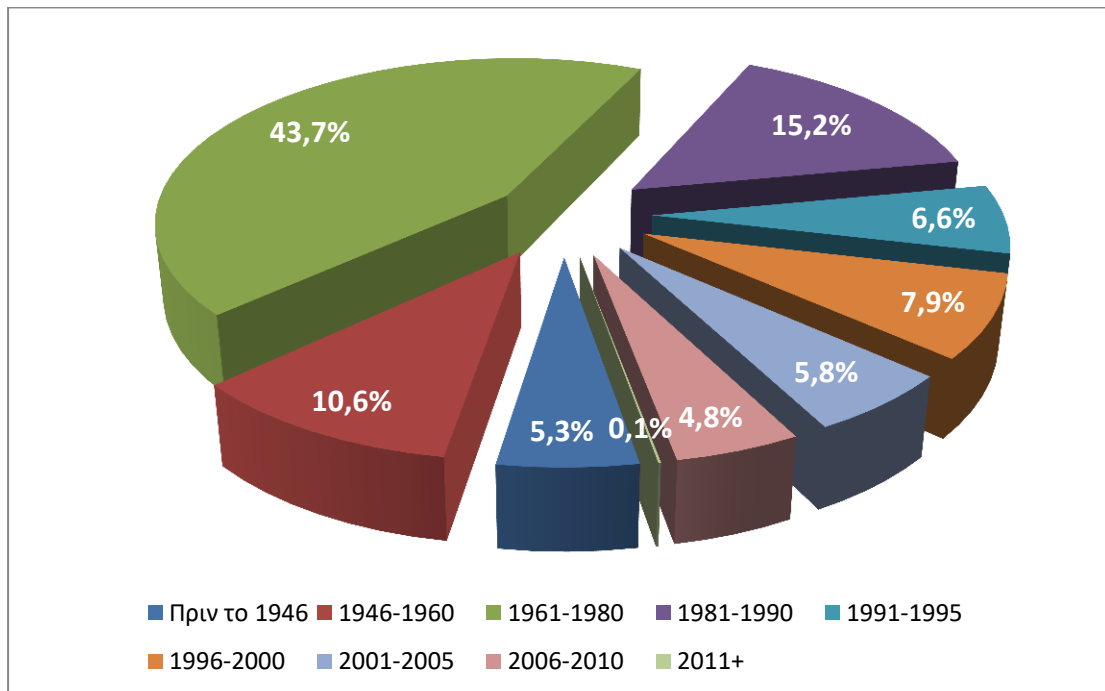
## 1.1. Το Ενεργειακό Πρόβλημα

Με την αύξηση των αναγκών διαβίωσης του σύγχρονου ανθρώπου, αυξήθηκαν ταυτόχρονα και οι ενεργειακές του απαιτήσεις. Ειδικότερα στην εποχή αυτή που ζούμε, υπάρχουν ταχύτατοι ρυθμοί ανάπτυξης, τόσο της τεχνολογίας όσο και της επιστήμης, οι οποίοι δίνουν στον άνθρωπο καλές προοπτικές για την άνετη διαβίωσή του, που όμως αναπτύσσονται εις βάρος των φυσικών και περιβαλλοντολογικών ισορροπιών του πλανήτη. Σύμφωνα με μελέτες, ένας σύγχρονος άνθρωπος καταναλώνει 150 φορές περισσότερη ενέργεια από αυτήν ενός πρωτόγονου ανθρώπου, με κυριότερες συνέπειες την εξάλειψη ειδών, ζώων και φυτών, τη μόλυνση των υδάτων και της ατμόσφαιρας, η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα, την εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου, η υπερθέρμανση του πλανήτη κ.α. Μία από τις κυριότερες αιτίες των παραπάνω είναι τα ποσά του διοξειδίου του άνθρακα που εκλύονται στην ατμόσφαιρα και τα οποία προέρχονται από την καύση ορυκτών για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης, κίνησης οχημάτων και ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Ευρώπη το 40% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας καταναλώνεται από τα κτήρια, ενώ στην Ελλάδα το 35%, όπως φαίνεται στο Γράφημα 1.1(σύμφωνα με καταγραφές για το έτος 2013 από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα EPISCOPE και TABULA (1)). Η τελική κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτήρια είναι περίπου 5,6 μέγα-τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (ΜΤΠΠ).



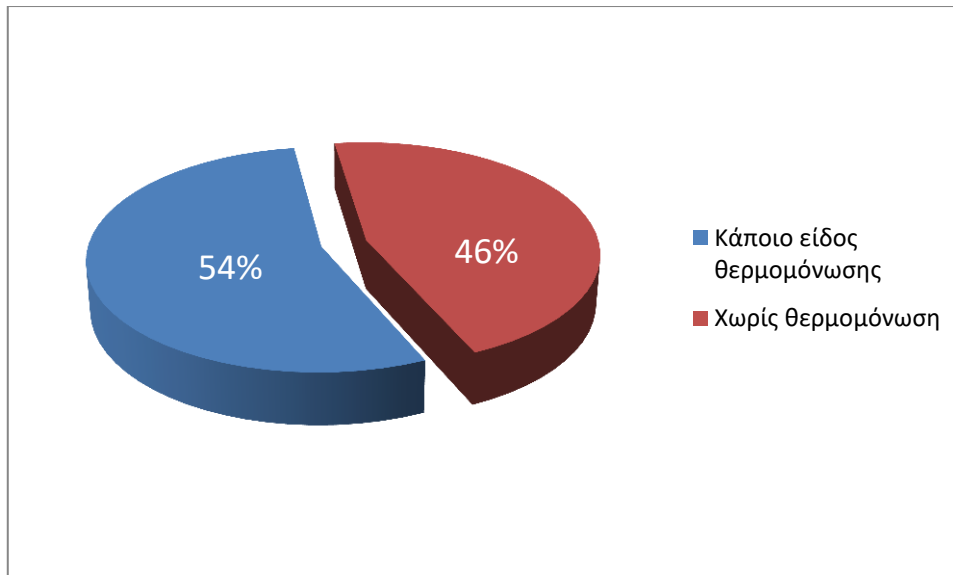
Γράφημα 1-1: Ενεργειακό ισοζύγιο στην Ελλάδα (TABULA 2013)

Το κτηριακό απόθεμα περιλαμβάνει 4,1 εκατομμύρια κτήρια εκ των οποίων το 79% αποτελούν κτήρια κατοικίας. Ο οικιακός τομέας συμβάλλει κατά 68% στην τελική ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων καθώς και το 45% στις αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Από τα ελληνικά κτήρια, σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία έρευνας που ανακοινώθηκαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή για το 2013 (Γράφημα 1.2), περίπου το 60% κατασκευάστηκαν πριν από το 1980, δεν διαθέτουν θερμομόνωση και παρουσιάζουν χαμηλή ενεργειακή απόδοση, ενώ παράλληλα στην πλειοψηφία τους διαθέτουν παλιές Η/Μ εγκαταστάσεις.



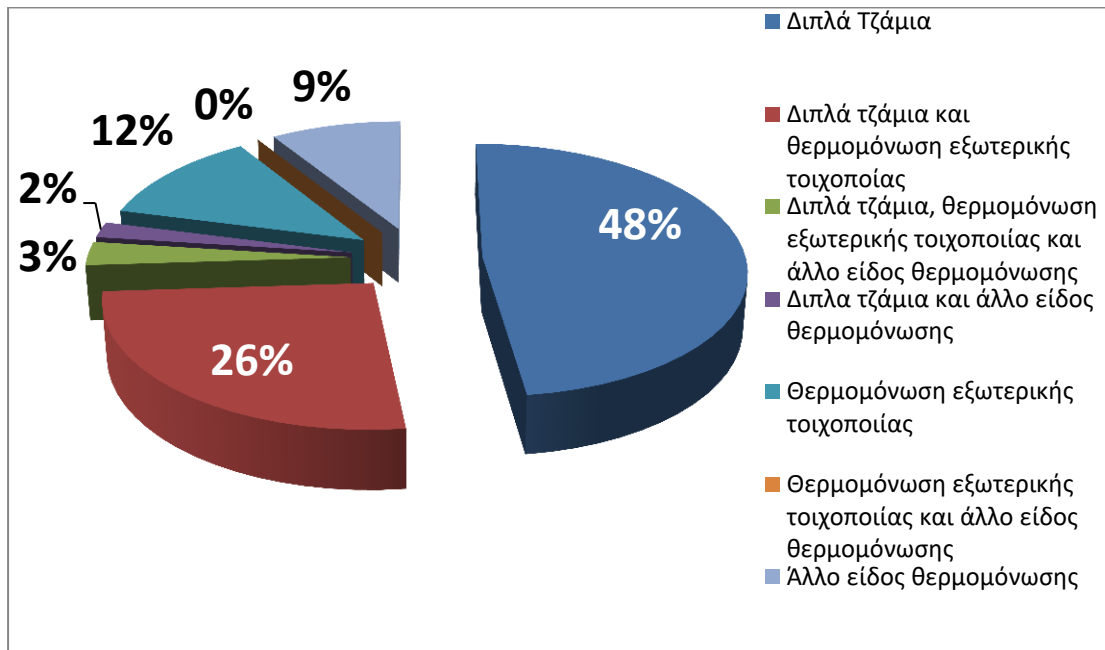
**Γράφημα 1-2: Κατανομή κατοικιών κατά περίοδο κατασκευής (ΕΛΣΤΑΤ 2013)**

Τα κτήρια κατοικιών μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας στον Ελληνικό χώρο, καθώς τα στατιστικά που δημοσιοποιήθηκαν το 2014 από την ΕΛΣΤΑΤ δείχνουν πως το 45,6% δεν διαθέτει κανένα είδος θερμομόνωσης (Γράφημα 1.3), ενώ το υπόλοιπο 54,4% διαθέτει κάποιο είδος θερμομόνωσης το οποίο αναλύεται στο Γράφημα 1.4.



**Γράφημα 1-3: Κατανομή κατοικιών κατά περίοδο κατασκευής (ΕΛΣΤΑΤ 2013)**

Το 54,4% με την παρουσία θερμομόνωσης αναλύεται στο Γράφημα 1.4.



Γράφημα 1-4: Ανάλυση θερμομόνωσης στα κτήρια (ΕΛΣΤΑΤ 2014)

## 1.2. Πρόσφατες νομοθετικές παρεμβάσεις στην Ελλάδα και στην Ε.Ε.

Τις τελευταίες δεκαετίες, τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα οι καταναλώσεις της τελικής ενέργειας παρουσιάζουν ανοδική πορεία με σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομία αλλά και στο περιβάλλον.

Για την πρόληψη και αποκατάσταση των επιπτώσεων αυτών δημιουργήθηκε η «Ευρώπη 2020», μια στρατηγική με σκοπό την έξυπνη, βιώσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη και ταυτόχρονα την εξασφάλιση θέσεων εργασίας. Με αυτό το κίνητρο, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (ΕΕ) εξέδωσε πρόσφατη οδηγία τον Οκτώβριο του 2012 (2) για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων με στόχο τη μείωση της πρωτογενούς ενέργειας κατά 20% μέχρι το 2020. Η Οδηγία αυτή προήλθε ως αποτέλεσμα της αποτυχίας επίτευξης του προηγούμενου στόχου ενεργειακής δράσης για εξοικονόμηση ενέργειας που περιείχε η Οδηγία 2006/32/ΕΕ. Η Οδηγία του 2012 κατήργησε τις Οδηγίες 2004/8/ΕΚ(3) για την προώθηση της συμπαραγωγής και την 2006/32/ΕΚ (4) για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες, ενώ έκανε τροποποιήσεις στις ενεργές Οδηγίες 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ. Στα πλαίσια αυτά, «για την υλοποίηση του εν λόγω στόχου σε εθνικό επίπεδο, τα κράτη μέλη οφείλουν να καθορίσουν εθνικούς στόχους σε στενή συνεργασία με την Επιτροπή και να αναφέρουν, στα εθνικά τους προγράμματα το πώς σκοπεύουν να τα επιτύχουν», όπως αναφέρει η Οδηγία 2012 (5). Τα εθνικά αυτά προγράμματα δημοσιοποιούνται με την μορφή των Εθνικών Σχεδίων Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΣΔΕΑ) στην Ε.Ε. Κάθε ΕΣΔΕΑ περιλαμβάνει μέτρα που έχουν τεθεί σε εφαρμογή ή που πρόκειται να εκτελεστούν. Το πρώτο ΣΔΕΑ υποβλήθηκε στα μέσα του 2008 στην Ε.Ε ενώ ακολούθηθηκε από το ΣΔΕΑ του 2011 και στην συνέχεια του 2014. Τα οποία αναφέρονται στο άρθρο 6 «Σχέδια Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης- Κίνητρα και άλλα μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης» του Νόμου 3855/2010 (6) που δημοσιεύτηκαν στο ΦΕΚ του 2010 «Μέτρα για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις».

Το 2016 έκλεισε ο χρονικός θεσμός του ΣΔΕΑ 2014 και τέθηκε σε ισχύ μέσω της Υπουργικής Απόφασης Αριθ. Οικ.174063/2017, «Κανονισμός Λειτουργίας Καθεστώτος

Υποχρέωσης Ενεργειακής Απόδοσης» που δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 1242/Β/11-4-2017. Στο οποίο αναφέρεται ο συνολικός σωρευτικός στόχος μείωσης του πετρελαίου για κάθε έτος μέχρι το 2020, σύμφωνα με τον Πίνακα 1.1:

**Πίνακας 1-1: Σωρευτικοί Στόχοι Εξοικονόμησης Ενέργειας**

ΕΤΟΣ	ktoe (χιλιότονοι ισοδύναμου πετρελαίου)
2017	100
2018	133
2019	67
2020	33

### 1.3. Ιστορική Αναδρομή

Τον Οκτώβριο του 1973 ξεκίνησε μια παγκόσμια πετρελαϊκή κρίση όταν τα μέλη του Οργανισμού Αραβικών Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών (ΟΑΡΕC), διακήρυξαν εμπάργκο πετρελαίου με συνέπεια την απότομη αύξηση της τιμής του πετρελαίου. Το γεγονός αυτό, εκτός των οικονομικών/ μακροοικονομικών αλλαγών σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά και των επιπτώσεων στις διεθνείς σχέσεις των κρατών, είχε και ως αποτέλεσμα την ευαισθητοποίηση των χωρών και την αύξηση του ενδιαφέροντος για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) δίνοντας σημαντική ώθηση στη διεξαγωγή ερευνών στον τομέα της ηλιακής και αιολικής ενέργειας.

Ακολούθως, στον πολιτικό κόσμο, δημιουργήθηκε μία προσπάθεια θέσπισης κανονιστικών ρυθμίσεων με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για τη θέρμανση των κτηρίων. Η προσπάθεια αυτή σηματοδότησε την έναρξη της θερμικής προστασίας του κτιριακού κελύφους για τη μείωση των απωλειών. Αξίζει να επισημανθεί πως λόγω της απουσίας της ώριμης έρευνας και μελέτης στον τομέα αυτόν, τα αποτελέσματα της εφαρμογής των κανόνων δεν έφεραν μεγάλες αλλαγές. Παράλληλα, στις παγκόσμιες αλλαγές εντάχθηκε και η Ελλάδα με πρώτη δημοσίευση στο ΦΕΚ της 13 Μαΐου 1975 Α.Φ 90/ Ν.40 : ‘περί λήψεως μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας’, το οποίο υποχρέωσε την εφαρμογή μέτρων για την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και της κατανάλωσης υγρών καυσίμων, χωρίς όμως να γίνεται αναφορά σε αριθμητικά, ποσοτικά ή ποσοστιαία ποσά μείωσης της αρχικά δαπανώμενης ενέργειας. Λίγα χρόνια αργότερα, δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 362 Δ’ στις 4 Ιουλίου του 1979 ο νόμος «Περί εγκρίσεως κανονισμού δια τη θερμομόνωση των κτηρίων». Με την υπουργική αυτή απόφαση δημιουργήθηκε ο γνωστός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων (Κ.Θ.Κ), ο οποίος αποτελεί μία πλέον συνειδητή και αξιόλογη προσπάθεια για τη λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και εγκατάστασης θερμομόνωσης στα κτήρια. Ο κανονισμός αυτός εισήγαγε τον όρο της μελέτης θερμικών απωλειών και του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ( U-value) του κτηρίου. Στο νόμο αυτό εμπεριέχεται ο τρόπος υπολογισμού των θερμικών απωλειών λαμβάνοντας υπόψη τιμές θερμικής αγωγιμότητας των δομικών υλικών, τις αντιστάσεις θερμοδιαφυγής στρωμάτων αέρα, εξωτερικών θερμοκρασιών στις διάφορες περιοχές και πόλεις, καθώς και επιθυμητές θερμοκρασίες εσωτερικών χώρων. Επίσης η Ελλάδα χωρίστηκε σε 3 κλιματικές ζώνες με κριτήρια τη θερμομονωτική απαίτηση των κτηρίων, την θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα αλλά και την διάρκεια της περιόδου θέρμανσης.

Στα χρόνια που ακολούθησαν, η ένταξη της Ελλάδας στην Ευρωπαϊκή Ένωση εδραιώθηκε και πλέον τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας λαμβάνονται συνολικά για όλη την Ευρώπη ως εργαλείο που επιτρέπει στην Κοινότητα να επηρεάζει την παγκόσμια αγορά ενέργειας. Έτσι το έτος 2002 εκδόθηκε η οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Η οδηγία αυτή είχε ως στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων εντός της

Κοινότητας, λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες, καθώς και τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους/οφέλους. Στα πλαίσια αυτά, μερικά από τα νέα εφαρμοζόμενα μέτρα που η Ελλάδα πλέον έπρεπε να θεσμοθετήσει, ήταν ο καθορισμός της μεθοδολογίας υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, ο ορισμός ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης, η εξασφάλιση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, η επιθεώρηση λεβήτων, η ανακαίνιση των παλιών κτηρίων, η επιθεώρηση συστημάτων κλιματισμού κ.α.

Πρώτη προσπάθεια για τη συμμόρφωση της Ελλάδας με την Ευρωπαϊκή οδηγία, αποτέλεσε η αλλαγή της ελληνικής νομοθεσίας με τον Νόμο 3661 που δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ το Μάιο του 2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις» και το 2010 ακολούθησε η έκδοση της απόφαση της Κυβέρνησης στο ΦΕΚ της 9<sup>ης</sup> Απριλίου 2010( Περί Έγκρισης Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων γνωστή ως Κ.Εν.ΑΚ). Η απόφαση αυτή έχει ως σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ). Για τους σκοπούς αυτούς, ορίστηκε η προδιαγραφόμενη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων για την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτηρίων για ΘΨΚ, φωτισμό και ΖΝΧ. Καθορίστηκαν επίσης οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση, το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, η μορφή του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου κ.α. Για την εφαρμογή της παρούσας απόφασης, η ελληνική επικράτεια διαιρέθηκε σε 4 νέες κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Για τους υπολογισμούς της νέας μεθοδολογίας γίνεται παραπομπή στα σχετικά ΕΛΟΤ ΕΝ. Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) συνέβαλε καθοριστικά στην σύνταξη του Κ.Εν.Α.Κ και των Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ) και τον Νοέμβριο 2014 εγκρίθηκε η υποχρεωτική εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών με τίτλο : ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010 Γ' ΕΚΔΟΣΗ). Κατόπιν της έγκρισης αυτής οι υπολογισμοί πλέον γίνονται με βάση τις παραπάνω Τεχνικές Οδηγίες. Τέλος, στις 19/2/2013 τέθηκε σε ισχύ ο Νόμος 4122 «Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις» και δημοσιοποιήθηκε στην ΦΕΚ Α' 42.

#### **1.4. Λογισμικά για ενεργειακές μελέτες**

Για τις ενεργειακές μελέτες των κτηρίων έπρεπε να δημιουργηθούν λογισμικά τα οποία να κάνουν ευκολότερους και ταχύτερους τους ενεργειακούς υπολογισμούς. Στα πλαίσια αυτά έγιναν διάφορες προσπάθειες για την ανάπτυξη τέτοιων λογισμικών τα οποία θα λάμβαναν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για το κτήριο και για τις συνθήκες του περιβάλλοντός τους και θα προσομοίωναν την ενεργειακή συμπεριφορά του.

Ένα από δημοφιλέστερα στις μέρες μας λογισμικό είναι το EnergyPlus το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στην Αμερική αλλά και σε όλο τον κόσμο. Το EnergyPlus είναι μία μηχανή προσομοίωσης που δημιουργήθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών, προέρχεται από την ένωση δύο ισχυρών προγραμμάτων ενεργειακής προσομοίωσης κτηρίων. Τα δύο αυτά προγράμματα είναι το BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) και το DOE-2 τα οποία αναπτύχθηκαν στα τέλη του 1970 και αρχές του 1980 όταν το Υπουργείο Άμυνας της Αμερικής ξεκίνησε να χρηματοδοτεί το πρόγραμμα που στην συνέχεια έγινε το BLAST και το Υπουργείο Ενέργειας άρχισε να χρηματοδοτεί την ανάπτυξη του προγράμματος DOE-2. Ευαισθητοποιημένοι από την ενεργειακή κρίση στις αρχές του 1970 και αντιλαμβάνοντας ότι η ενεργειακή απαίτηση των

κτηρίων είναι από τους μεγαλύτερους παράγοντες στην ενεργειακή κατανάλωση της Αμερικής, δημιούργησαν αυτά τα προγράμματα με σκοπό να βοηθήσουν μηχανικούς και αρχιτέκτονες να διαστασιολογήσουν το κατάλληλο σύστημα Θέρμανσης-Ψύξης-Κλιματισμού (HVAC), να διεξάγουν μελέτες για την ενεργειακή συμπεριφορά των κτηρίων κ.α. Πάνω σε αυτήν την προσπάθεια γεννήθηκε το Energy-plus. Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιείτε η 7<sup>η</sup> έκδοση του EnergyPlus η οποία έχει ελεγχθεί από την συγκριτική μέθοδο Building Energy Simulation Test (BESTEST) της ANSI/ASHRAE Standard 140-2007 (7).

Στην Ελλάδα κατόπιν της συμμόρφωσης με την Ευρωπαϊκή οδηγία του 2002 αναπτύχθηκε το λογισμικό ΤΕΕ ΚΕνΑΚ. Το ειδικό αυτό πρόγραμμα αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ). Το λογισμικό αυτό αποτελεί πλέον το κοινό σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα και χρησιμοποιείται για την διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης με σκοπό την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ)(8) . Το πρόγραμμα αυτό έχει αξιολογηθεί σύμφωνα με τις διαδικασίες του προγράμματος BESTEST του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (ΔΟΕ).

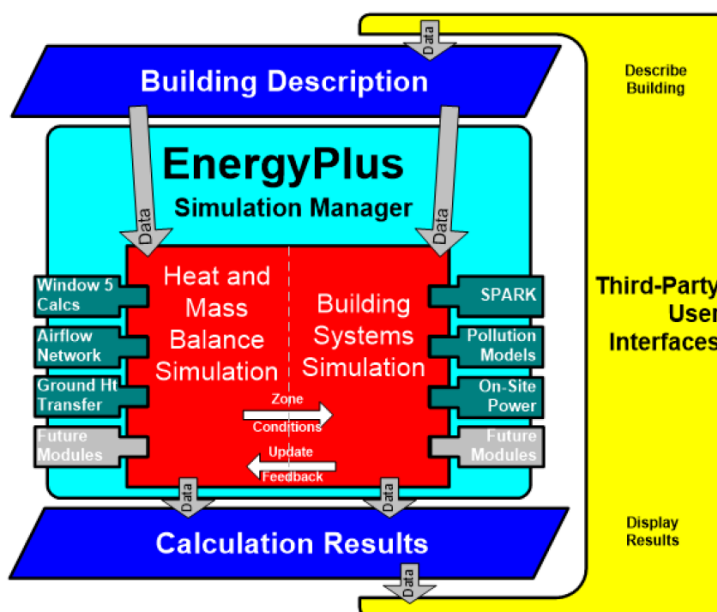


## 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 2.1. Οι δύο διαφορετικές προσεγγίσεις

#### 2.1.1. Προσέγγιση EnergyPlus

Το πρόγραμμα EnergyPlus αποτελείται από πολλές υπολογιστικές ενότητες που συνδυάζονται για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη και θέρμανση ενός κτηρίου, χρησιμοποιώντας διάφορα συστήματα και πηγές ενέργειας. Οι υπολογισμοί βασίζονται στις βασικές αρχές μετάδοσης θερμότητας. Το κτήριο σχεδιάζεται τρισδιάστατο στο προσαρμοσμένο σε αυτό πρόγραμμα γραφικής απεικόνισης Graphical User Interface ή GUI. Το πρόγραμμα αυτό είναι το Design Builder το οποίο διαθέτει αυτήν και πολλές άλλες δυνατότητες για την λεπτομερή περιγραφή του κτηρίου. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα έρευνα είναι η 2.5. Επίσης στο περιβάλλον του GUI προγράμματος διαχωρίζεται το κτήριο σε θερμικές ζώνες ανάλογα με την χρήση του κάθε χώρου και γίνεται η περιγραφή των επιμέρους στοιχείων του. Αυτά είναι η δομή των εξωτερικών/εσωτερικών τοίχων, της στέγης, των πυλωτών, των δαπέδων και οροφών καθώς και των ανοιγμάτων (κουφωμάτων). Επιλέγονται επίσης τα συστήματα που διαθέτει το κτήριο για ΘΨΚ και ΖΝΧ καθώς και τις ώρες και το ποσοστό λειτουργίας του κτηρίου την ημέρα αλλά και τον αριθμό των κατοίκων. Στην Εικόνα 2.1 περιγράφονται το πως εισάγονται στο πρόγραμμα τα δεδομένα και τελικά υπολογίζονται τα αποτελέσματα.



Εικόνα 2-1: Περιγραφή τρόπου λειτουργίας προγράμματος EnergyPlus

Το πρόγραμμα αυτό υπολογίζει την αλληλεπίδραση μεταξύ του κτιριακού κελύφους, του περιβάλλοντος και των συστημάτων ΘΨΚ (HVAC) με βηματικό υπολογισμό που ορίζει ο χρήστης. Μπορεί να εκτελέσει βηματικούς υπολογισμούς ανά 15 λεπτά, ανά ώρα ή ανά μήνα για μία δεδομένη χρονική περίοδο που επιλέγει ο χρήστης, όπως για χρόνια, χρόνο ή μήνες. Για παράδειγμα, δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να κάνει υπολογισμούς ανά ώρα για 1 χρόνο σε ένα κτήριο ή ακόμα να κάνει υπολογισμούς ανά 15 λεπτά για 7 μήνες του έτους. Επίσης ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την περίοδο εμφάνισης των αποτελεσμάτων είτε αυτή

είναι ωριαία είτε μηνιαία ή ενός έτους (9). Τα αποτελέσματα επίσης μπορούν να εμφανιστούν σε kWh ή Mbtu καταναλισκόμενης ή πρωτογενούς ενέργειας. Για τη διεκπεραίωση των προσομοιώσεων από το πρόγραμμα, πέρα από τον λεπτομερή σχεδιασμό των κτηρίων γίνεται η χρήση κάποιων ειδικά διαμορφωμένων αρχείων τα οποία περιέχουν τις πληροφορίες των τοπικών κλιματολογικών συνθηκών για τα διαφορετικά μέρη στον κόσμο. Οι πληροφορίες που εμπεριέχουν είναι για παράδειγμα η θερμοκρασία ξηρού και υγρού βολβού, η σχετική υγρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, η άμεση, διάχυτη και ολική ακτινοβολία κ.α. Τα αρχεία αυτά είναι Τυπικά Μετεωρολογικά Έτη (TME) και χρησιμοποιούνται συχνά από αυτού του είδους τα προγράμματα ενεργειακών προσομοιώσεων.

Τα αρχεία αυτά απλής μορφής, εμπεριέχουν ωριαίες τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας αέρα, ατμοσφαιρικής πίεσης και ηλιακής ακτινοβολίας ή κάλυψης του ουρανού από σύννεφα. Αυτά τα δεδομένα είναι συνήθως τυπικές τιμές από ωριαίες μετρήσεις σε ένα συγκεκριμένο τόπο.

Οι πηγές των κλιματολογικών δεδομένων για τα προγράμματα ενεργειακών προσομοιώσεων χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες : τα “ιστορικά δεδομένα” και τα “τυπικά μετεωρολογικά έτη” (TME). Τα ιστορικά είναι απλά ρεαλιστικά δεδομένα που συνήθως μετριοούνται (μερικές φορές υπολογίζονται), σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία για μία χρονική περίοδο. Τα τυπικά έτη διαμορφώνονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να αντιπροσωπεύουν τις κλιματικές συνθήκες που θεωρούνται χαρακτηριστικές κατά τη διάρκεια μιας μακρόχρονης περιόδου. Ως εκ τούτου, τα δεδομένα που συνιστούν το TME δεν αποτελούν δείκτη των καιρικών συνθηκών, που θα επικρατήσουν κατά την διάρκεια του επόμενου έτους ή των επόμενων 5 ετών, αλλά αντιπροσωπεύουν συνθήκες που εκτιμώνται να είναι ρεαλιστικές κατά τη διάρκεια μιας μακράς χρονικής περιόδου 15, 20 ή 30 ετών. Το γεγονός ότι το TME αφορά τυπικές και όχι ακραίες συνθήκες, το καθιστά ακατάλληλο για τη μελέτη συστημάτων τα οποία σχεδιάζονται για να αντέχουν σε ακραίες συνθήκες στην περιοχή ενδιαφέροντος. Στη βιβλιογραφία, η αντιπροσωπευτική ωριαία χρονοσειρά είναι γνωστή και ως Δοκιμαστικό Έτος Αναφοράς (Test Reference Year, TRY), Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος (Typical Meteorological Year, TMY), Πρότυπο Έτος Αναφοράς (Design Reference Year, DRY), ή Έτος Καιρού για Ενεργειακούς Υπολογισμούς (Weather Year for Energy Calculations, WEYC). Οι παραπάνω διαφορετικοί όροι δεν συνιστούν μόνο διαφορετικό τρόπο απόδοσης της ονομασίας του τυπικού έτους, αλλά και διαφορετική μεθοδολογία, σύμφωνα με την οποία προκύπτει. (10)

Η βασική πηγή για τα ιστορικά δεδομένα είναι το U.S. National Climatic Data Center (NCDC) στο Άσβιλ, NC(11). Το NCDC παρέχει ωριαία ιστορικά δεδομένα για εκατοντάδες περιοχές στον κόσμο. Παρακάτω περιγράφονται μερικοί από τους τύπους αυτών των αρχείων:

- Energy Plus Weather File (EPW).

Τα αρχεία (EPW) τα χρησιμοποιεί το Energy Plus και είναι απλής μορφής ASCII (American Standard Code for Information Interchange). Αποτελούνται από 8760 ωριαίες τιμές ενός έτους για τα διάφορα κλιματικά δεδομένα. Τα αρχεία αυτά έχουν δημιουργηθεί από διαφορετικές βάσεις δεδομένων και αρχεία από όλο τον κόσμο.

- International Weather for Energy Calculations (IWEC)

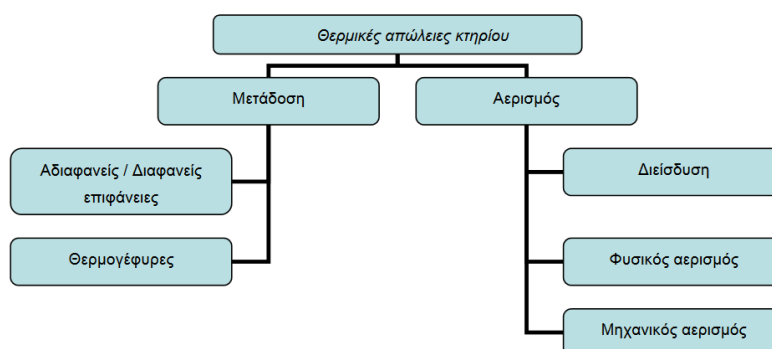
Τα IWEC είναι αποτέλεσμα του ερευνητικού έργου από την ASHRAE 1015 που διεξήχθη για την τεχνική υπηρεσία της ASHRAE. Τα αρχεία αυτά είναι τυπικά μετεωρολογικά έτη (TME) κατάλληλα για την χρήση ενεργειακών προσομοιώσεων στα κτήρια διαθέσιμα για 227 περιοχές εκτός της Αμερικής και του Καναδά. Τα αρχεία αυτά αποτελούνται πάνω από 18 χρόνια αρχεία ωριαίων τιμών DATSAV3 που αρχικά αρχειοθετούνταν στο US National Climatic Data Center. Τα κλιματικά

δεδομένα συμπληρώνονται από εκτιμήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας σε ωριαία βάση από την θέση ήλιου-γης και από τους υπολογισμούς της ποσότητας των σύννεφων. Το Υπουργείο Ενέργειας Αμερικής έχει πάρει άδεια για τα αρχεία αυτά από την ASHRAE. Η άδεια αυτή επιτρέπει στην EnergyPlus να μετατρέψει αυτά τα δεδομένα σε αρχεία EPW, χωρίς κόστος.

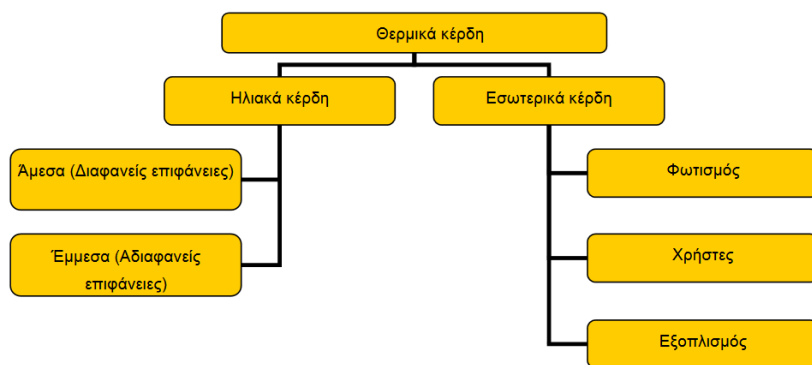
- Italian Climatic data collection “Gianni De Giorgio” (IGDG)  
Δημιουργήθηκαν για προσομοιώσεις σε τεχνολογίες A.Π.Ε. και αποτελούν ένα σύνολο 66 κλιματολογικών αρχείων βασισμένο σε περίοδο καταγραφών από το 1951-1970. Τα αρχεία δημιουργήθηκαν από τον Καθηγητή Livio Mazzarella, Politecnico di Milano, και ονομάστηκαν έτσι προς τιμή του Gianni de Giorgio (12).  
Υπάρχουν και άλλα πολλά αρχεία δεδομένων τα οποία έχουν δημιουργηθεί για συγκεκριμένα μέρη στον κόσμο. Μερικά από αυτά είναι : ISHRAE (India Weather Data Files), CUHK (City University of Hong Kong), SWEC (Spanish Weather for Energy Calculation) κ.α.

### 2.1.2. Προσέγγιση Τ.Ε.Ε Κ.Εν.Α.Κ

Στο άρθρο 11 του ΚΕνΑΚ αναγράφονται τα περιεχόμενα της μελέτης με το λογισμικό του Τ.Ε.Ε Κ.Εν.Α.Κ. Πιο συγκεκριμένα, στο λογισμικό αυτό εισάγονται γενικά στοιχεία του κτηρίου όπως η τοποθεσία, χρήση κτηρίου (κατοικία, γραφεία κ.α.), πρόγραμμα λειτουργίας (ωράριο), αριθμός χρηστών (συνολικός και ανά βάρδια για κτήρια με 24ωρη λειτουργία). Επίσης εισάγονται οι επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος, καθώς το πρόγραμμα λαμβάνει αυτόματα τα κλιματολογικά δεδομένα από ενσωματωμένη βάση δεδομένων. Επιπρόσθετα, περιγράφονται ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτηρίου (κάτοψη, όγκος, επιφάνεια προσανατολισμός συντελεστές σκίασης κ.α.) για την περιγραφή του κτιριακού κελύφους και των ανοιγμάτων εισάγονται οι διαστάσεις των επιμέρους τοίχων/κουφωμάτων καθώς και τα θερμοφυσικά τους χαρακτηριστικά. Τέλος, περιγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά και οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων (13). Το λογισμικό αυτό εφαρμόζει τους απαραίτητους αλγόριθμους για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα, βασιζόμενο στην μεθοδολογία Ευρωπαϊκών προτύπων (ΕΛΟΤ EN ISO 13790, κ.α.) καθώς και στα σχετικά εθνικά πρότυπα και στις αντίστοιχες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Σύμφωνα με το άρθρο 5 του ΚΕνΑΚ, οι υπολογισμοί αυτοί γίνονται με μέθοδο μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790.(8). Με τη μηνιαία μέθοδο του προγράμματος υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες και τα θερμικά κέρδη και μέσω του ενεργειακού ισοζυγίου εξισώνονται (προσθαιρούνται) και έτσι υπολογίζονται οι απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη στο κτήριο. Στις Εικόνες 2.2 και 2.3 περιγράφονται εικονικά οι θερμικές απώλειες και κέρδη και από που προέρχονται.

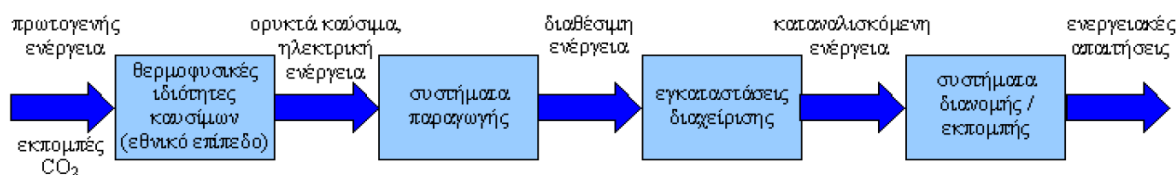


Εικόνα 2-2: Θερμικές απώλειες κτηρίου (13)



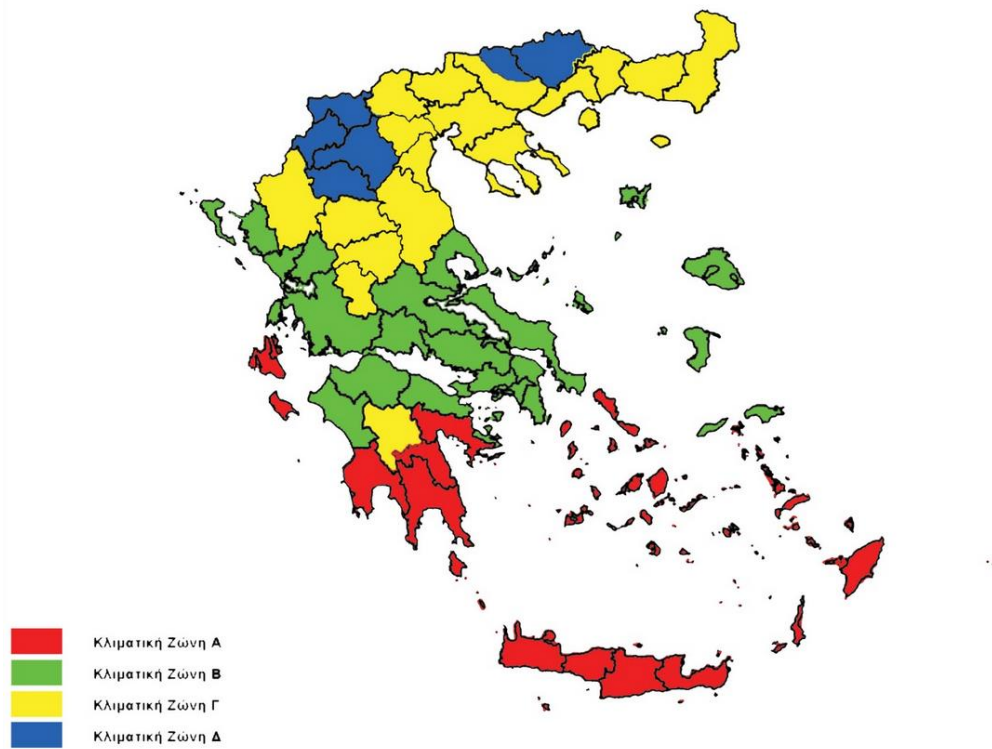
Εικόνα 2-3: Θερμικά Κέρδη κτηρίου (13)

Αρχικά υπολογίζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις τελικής χρήσης και ακολουθώντας τη ροή ενέργειας του κάθε συστήματος υπολογίζεται η πρωτογενής ενέργεια η οποία αθροίζεται από τα επιμέρους συστήματα και υπολογίζεται συνολικά η πρωτογενής ενέργεια για το κτήριο. Επίσης υπολογίζονται και οι αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4.



Εικόνα 2-4: Τυπική ροή ενέργειας σε ένα κτήριο (13).

Σύμφωνα με τον ΚΕνΑΚ η ελληνική επικράτεια έχει διαιρεθεί σε τέσσερις κλιματικές ζώνες βάση των βαθμοημέρων θέρμανσης. Από την Α (ψυχρότερη) μέχρι την Δ (θερμότερη), καταργώντας τις τρεις κλιματικές ζώνες που χωρίζονταν παλαιότερα με τον Νόμο του 1979(14). Στη εικόνα 2.5 παρουσιάζονται οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδας. (Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. εάν το υψόμετρο υπερβαίνει τα 500 μέτρα τότε η κλιματική ζώνη του κτηρίου μεταβαίνει στην επόμενη, ψυχρότερη ζώνη).



Εικόνα 2-5: Κλιματικές Ζώνες της Ελλάδας. (15)

Τα κλιματολογικά δεδομένα που διαθέτει το πρόγραμμα, δηλαδή οι μέσες μηνιαίες τιμές των διαφόρων περιοχών της Ελλάδας, προέρχονται από καταγραφές της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ), τα οποία καταχωρήθηκαν στο Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας και έχουν δημοσιευτεί στις Τεχνικές Οδηγίες του. Οι τιμές αυτές έχουν υπολογιστεί βάση των προτύπων του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (W.M.O), τα οποία αναφέρονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 15927-5:2005 (16).

## 2.2. Κτήρια Μελέτης

Όπως προαναφέρθηκε το αντικείμενο της έρευνας είναι δύο κτήρια. Τα δύο αυτά κτήρια επιλέχθηκαν ώστε τα συμπεράσματα που θα αποκτηθούν στο πέρας αυτής να είναι ουσιαώδη, βάσιμα και συγκρίσιμα.

### 2.2.1. Κτήριο Α (Αθήνα)

Το πρώτο κτήριο που τέθηκε υπό μελέτη είναι ένα διαμέρισμα στην Αττική. Το διαμέρισμα αυτό βρίσκεται στον ενδιάμεσο όροφο τριώροφης πολυκατοικίας και χρησιμοποιείται για κατοικία μιας τετραμελούς οικογένειας. Ο εσωτερικός χώρος της κατοικίας είναι 80,28m<sup>2</sup> τα οποία έχουν κοινά η/μ συστήματα και κλιματίζονται. Η περίοδος κατασκευής του κτηρίου είναι μετά το 1980 και πριν το 2010, το οποίο σημαίνει πως το κτήριο είναι κατασκευασμένο σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτηρίων του 1979. Το διαμέρισμα έχει 117,96 m<sup>2</sup> εξωτερικής τοιχοποιίας και 14,75 m<sup>2</sup> ανοιγμάτων. Το κτήριο αυτό περιβάλλεται από άλλα κτήρια ίσου και μεγαλύτερου ύψους από αυτό με αποτέλεσμα το κτήριο να σκιάζεται από αυτά κατά διαστήματα στη διάρκεια της ημέρας. Η κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει είναι η Β και παραμένει σε αυτήν καθώς το υψόμετρο της περιοχής αυτής είναι κάτω των 500 μέτρων.

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται τα κυριότερα γεωγραφικά και γεωμετρικά στοιχεία του και στην εικόνα 2.6 φαίνεται το κτήριο στην τοποθεσία του.

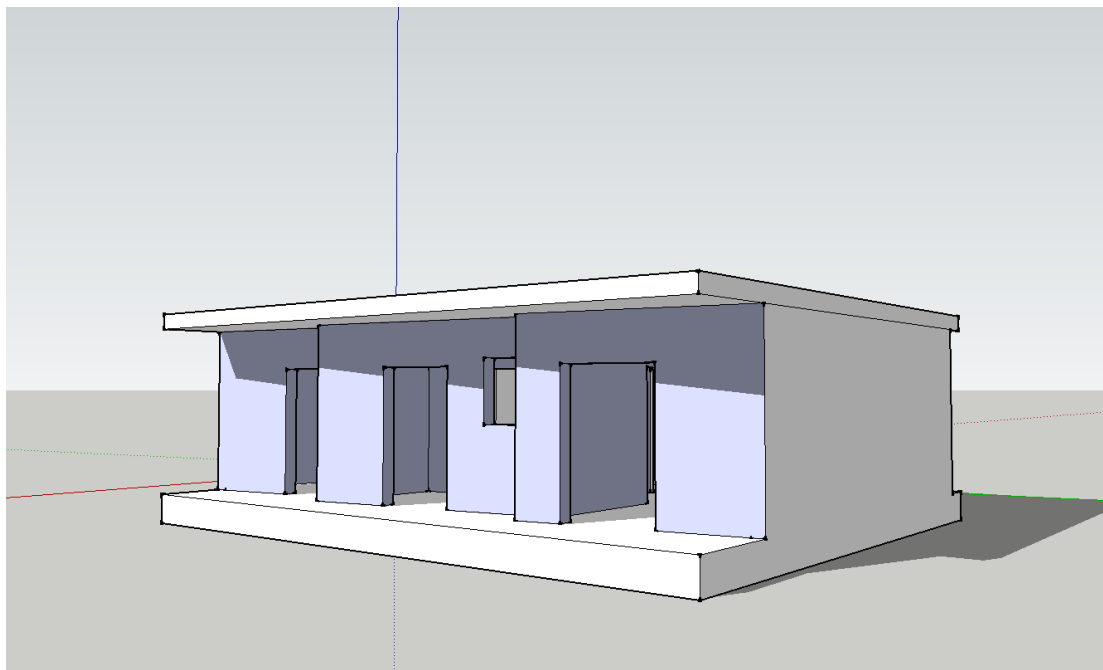
**Πίνακας 2-1: Γεωγραφικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά Κτηρίου Α**

Τοποθεσία	Βόρεια Αττική
Χρήση Κτηρίου	Κατοικία
Κλιματική Ζώνη κατά Κ.Εν.Α.Κ.	B
Επιφάνεια εσωτερικού χώρου (m <sup>2</sup> )	80,28
Επιφάνεια που κλιματίζονται (m <sup>2</sup> )	80,28
Επιφάνεια εξωτερικής τοιχοποιίας (m <sup>2</sup> )	117,96
Επιφάνεια ανοιγμάτων (m <sup>2</sup> )	14,75
Επιφάνεια στέγης (m <sup>2</sup> )	0
Επιφάνεια δαπέδου (m <sup>2</sup> )	80,28
Επιφάνεια οροφής (m <sup>2</sup> )	80,28
Αναλογία ανοιγμάτων/εξ. Τοίχων (Window/wallratio[%] )	12,50
Χρονική περίοδος κατασκευής	1980-2010
Νόμος κατά την κατασκευή	Κ.Θ.Κ
Υψόμετρο (m)	< 500



**Εικόνα 2-6: Γεωγραφική θέση του κτηρίου Α**

Στην Εικόνα 2.7 παρουσιάζεται μία τρισδιάστατη απεικόνιση του κτηρίου για την κατανόηση της γεωμετρίας του.



Εικόνα 2-7: Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτηρίου Α

### 2.2.2. Κτήριο Β (Κέρκυρα)

Το δεύτερο κτήριο που μελετάται είναι ένα διώροφο κτήριο σε νησιώτικη περιοχή στην ίδια κλιματική ζώνη με το κτήριο Α, συγκεκριμένα στην Κέρκυρα. Η χρήση του, όπως και του κτηρίου Α, είναι για κατοικία μιας τετραμελούς οικογένειας. Το ισόγειο του κτηρίου διαστασιολογείται  $111,34 \text{ m}^2$  και το δάπεδο του έρχεται σε επαφή με το έδαφος. Ο πρώτος όροφος έχει επιφάνεια  $95,19 \text{ m}^2$  και πάνω από αυτόν βρίσκεται η στέγη του σπιτιού. Ο χώρος που δημιουργείται ανάμεσα από τον πρώτο όροφο και τη στέγη, είναι ένας χώρος μη θερμαινόμενος. Το κτήριο έχει συνολικά  $252,02 \text{ m}^2$  εξωτερικής τοιχοποιίας και  $30,95 \text{ m}^2$  ανοιγμάτων. Ομοίως με το κτήριο Α, η περίοδος κατασκευής του Κτηρίου Β, είναι μεταξύ 1980 και 2010 και είναι κατασκευασμένο και αυτό σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ. Σε αντίθεση με το κτήριο της Αθήνας, το κτήριο της Κέρκυρας δεν σκιαζεται από κτήρια κ.α. που βρίσκονται τριγύρω. Το υψόμετρο της περιοχής του είναι κάτω από 500 μέτρα και το κτήριο Β ανήκει στην Κλιματική Ζώνη Β. Στον πίνακα 2.3 παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του κτηρίου, στην Εικόνα 2.8 η γεωγραφική του θέση και στην εικόνα 2.9 η τρισδιάστατη απεικόνισή του.

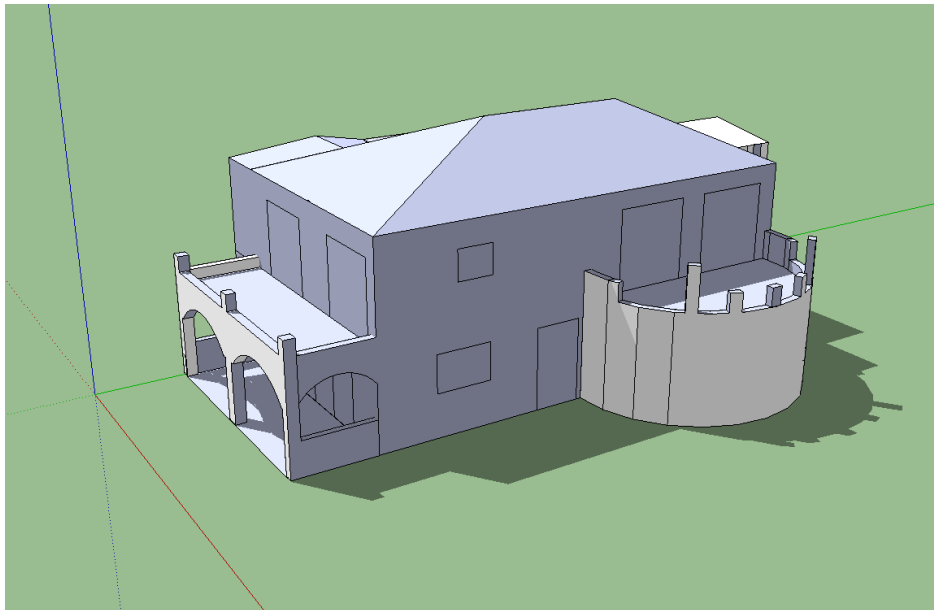
Πίνακας 2-2: Γεωγραφικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά Κτηρίου Β.

Τοποθεσία	Κέρκυρα (Ιόνια Νησιά)
Χρήση Κτηρίου	Κατοικία
Κλιματική Ζώνη	Β
Επιφάνεια εσωτερικού χώρου ( $\text{m}^2$ )	300,35
Επιφάνεια που κλιματίζονται ( $\text{m}^2$ )	206,53
Επιφάνεια εξωτερικής τοιχοποιίας ( $\text{m}^2$ )	252,02
Επιφάνεια ανοιγμάτων ( $\text{m}^2$ )	30,95
Επιφάνεια στέγης ( $\text{m}^2$ )	127,59
Επιφάνεια δαπέδου ( $\text{m}^2$ )	111,34
Επιφάνεια οροφής ( $\text{m}^2$ )	95,19
Αναλογία ανοιγμάτων/εξ. Τοίχων (Window/wall ratio)	12,28
Χρονική περίοδος κατασκευής	1980-2010
Νόμος κατά την κατασκευή	Κ.Θ.Κ





**Εικόνα 2-8: Γεωγραφική Θέση του υπό μελέτη Κτηρίου Β**



**Εικόνα 2-9: Τρισδιάστατη απεικόνιση Κτηρίου Β**

Τα δύο αυτά κτήρια, παρόλες τις διαφορές τους ως προς την τοποθεσία, την επιφάνεια και το κλίμα, επιλέχθηκαν διότι σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., οι δύο αυτές περιοχές (Αθήνα και Κέρκυρα) ανήκουν στην ίδια κλιματική ζώνη (B) και έχουν παρόμοιες αναλογίες ανοιγμάτων/ εξ. τοιχοποιίας.



### 2.3. Εισαγωγή δεδομένων στα λογισμικά ενεργειακών προσομοιώσεων

Τα λογισμικά τα οποία αναφέρθηκαν στο παραπάνω κεφάλαιο είναι δύο, το EnergyPlus και το ελληνικό λογισμικό Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ. Στην ενότητα αυτή φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο τα κτήρια δημιουργήθηκαν και για τις δύο περιπτώσεις και από πού αντλήθηκαν οι τιμές κάθε παραμέτρου που αποτυπώνονται για τη δημιουργία τους.

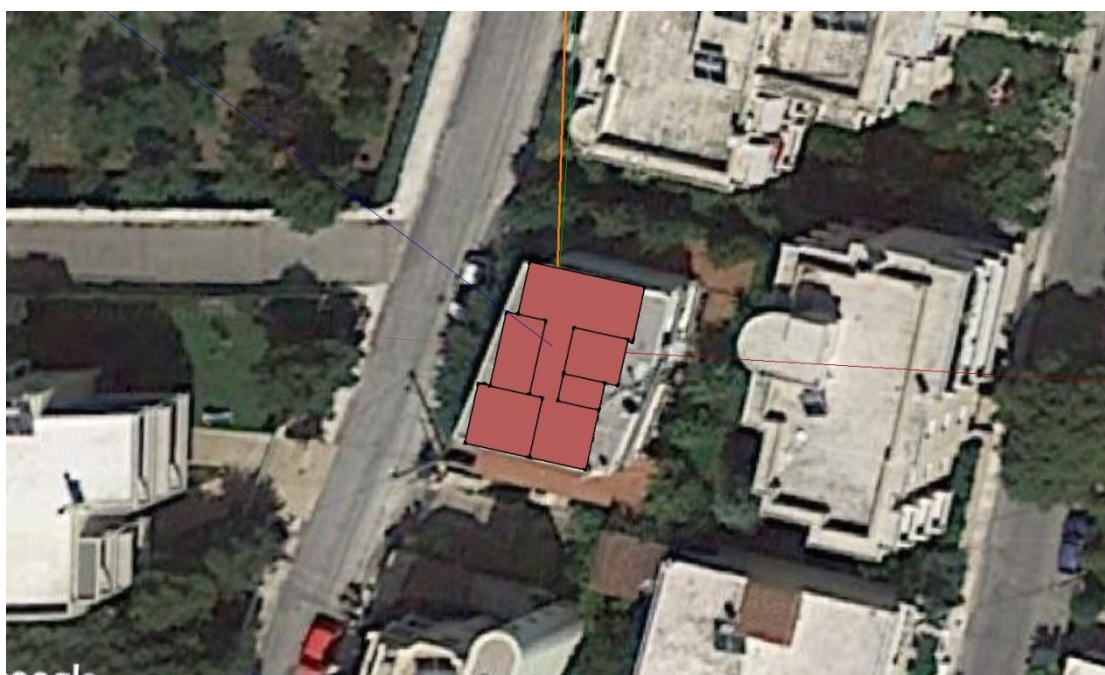
#### 2.3.1. Εισαγωγή Κτηρίων στο πρόγραμμα EnergyPlus

Η διαμόρφωση των κτηρίων στο πρόγραμμα EnergyPlus, όπως προαναφέρθηκε αποτελείται από διάφορες παραμέτρους που δεν επικεντρώνονται μόνο στο κτηριακό κέλυφος αλλά και σε άλλα στοιχεία όπως είναι η δραστηριότητα του κτηρίου, ο υφιστάμενος εξοπλισμός ΘΨΚ και άλλες παράμετροι οι οποίες αναλύονται παρακάτω στο κεφάλαιο αυτό. Δίνεται έμφαση στις παραμέτρους που αφορούν τον υπολογισμό της ενέργειας που καταναλώνεται για θέρμανση και όχι στις παραμέτρους που αφορούν άλλα φορτία του κτηρίου, όπως για παράδειγμα ο φωτισμός, ο ηλεκτρικός εξοπλισμός του και η ενέργεια για την ψύξη του.

##### 2.3.1.1. Κτηριακό Κέλυφος

Πρώτο μέρος για τη δημιουργία του κελύφους είναι η εισαγωγή των διαστάσεων του κάθε τοίχου και των ανοιγμάτων, σύμφωνα με τον προσανατολισμό του και στη συνέχεια η δημιουργία των θερμικών ζωνών του κτηρίου.

Οι διαστάσεις του κάθε κτηρίου αποκτώνται από τα αρχιτεκτονικά σχέδιά τους (κατόψεις και προσόψεις) και μεταφέρονται στην τρισδιάστατη πλατφόρμα σχεδίασης του ελεύθερου λογισμικού Openstudio. Για το σωστό προσανατολισμό του κτηρίου εισάγεται η γεωγραφική θέση του σε αυτήν την πλατφόρμα και σχεδιάζεται το κτήριο επάνω της, όπως φαίνεται στις Εικόνες 2.10 και 2.11 παρακάτω (του Κτηρίου Α).



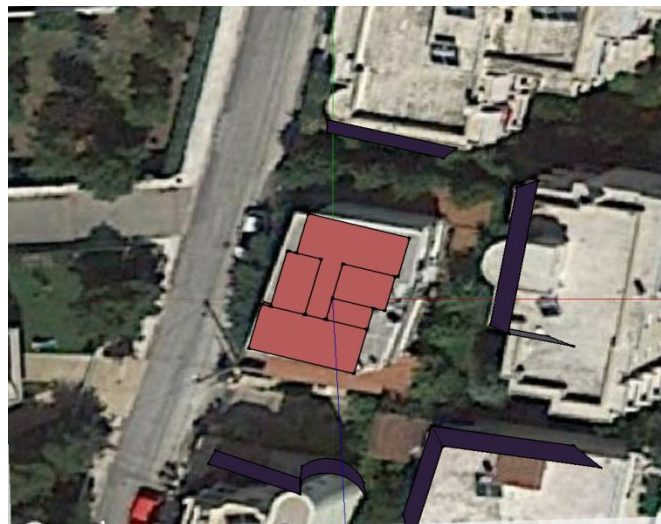
Εικόνα 2-10: Κάτοψη Κτηρίου Α πάνω στη γεωγραφική του θέση



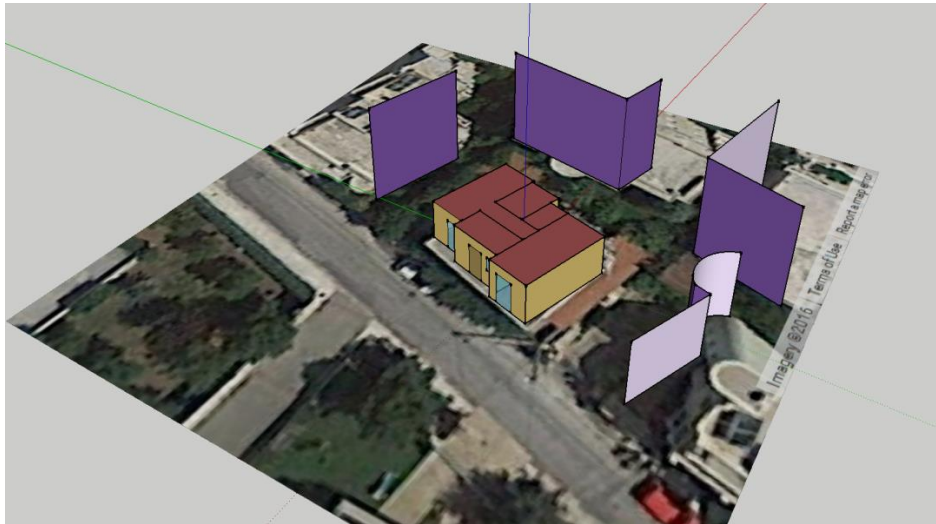
**Εικόνα 2-11: Πλάγια όψη του Κτηρίου Α στην γεωγραφική του θέση**

Η εισαγωγή του κτηρίου στη πλατφόρμα ελεύθερου λογισμικού Openstudio γίνεται για την δυνατότητα του σχεδιασμού του κτηρίου πάνω στην γεωγραφική του θέση που έχει ως μεγάλο πλεονέκτημα όχι μόνο την ένδειξη του σωστού προσανατολισμού του αλλά και την απεικόνιση των γειτονικών κτηρίων που το σκιάζουν.

Η σκίαση του κτηρίου από φυσικά και τεχνικά εμπόδια αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ενεργειακή προσομοίωσή του και εισάγεται επίσης στο πρόγραμμα. Τα κτήρια που σκιάζουν το κτήριο Α δεν απεικονίζονται με τον ίδιο τρόπο αλλά σχεδιάζονται σαν επιφάνειες γύρω του, όπως φαίνεται στις Εικόνες 2.12 και 2.13 (μωβ επιφάνειες).



**Εικόνα 2-12: Κάτοψη Κτηρίου Α με σκιάσεις**



Εικόνα 2-13: Πλάγια όψη κτηρίου Α με σκιάσεις

### 2.3.1.2. Προσδιορισμός Θερμικών Ζωνών του Κτηρίου

Για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης το κάθε κτήριο χωρίζεται σε «θερμικές ζώνες», δηλαδή σε χώρους με παρόμοια χρήση, ίδιες εσωτερικές θερμοκρασίες, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή και κοινά Η/Μ συστήματα. Ο καθορισμός των θερμικών ζωνών των κτηρίων Α και Β έγιναν σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ(17) όπως αναφέρονται στις Τεχνικές Οδηγίες 20701-1 (18). Το κτήριο Α αποτελεί μία ενιαία θερμική ζώνη, ενώ το κτήριο Β αποτελεί δύο θερμικές ζώνες, η πρώτη περιλαμβάνει τους δύο ορόφους (ισόγειο και πρώτος) ενώ η δεύτερη είναι ο χώρος που καταλαμβάνει η σκεπή, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.9 της προηγούμενης ενότητας του κεφαλαίου για το κτήριο Β. Ο χώρος της σκεπής αποτελεί μη θερμαινόμενο χώρο.

### 2.3.1.3. Καθορισμός της δομής τοιχοποιίας του κελύφους

Επόμενο βήμα της διαδικασίας είναι η περιγραφή της δομής των τοίχων, δαπέδων, οροφών, στεγών και ανοιγμάτων.

Όπως προαναφέρθηκε στην παραπάνω ενότητα του κεφαλαίου, τα κτήρια είναι κατασκευασμένα σύμφωνα με τον Κανόνα Θερμομόνωσης Κτηρίων, οπότε πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές του Νόμου αυτού για την δομή των τοίχων και τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας. Στους Πίνακες 2.4-2.7 παρουσιάζονται τα όρια των θερμικών απωλειών των επιμέρους στοιχείων κατασκευής όπως έχουν καθοριστεί στον Κ.Θ.Κ. (14).

**Πίνακας 2-3: Όρια θερμικών απωλειών κατά Κ.Θ.Κ.**

α/α	Περιγραφή	Συντελεστής θερμοπερατότηταςk(kcal/m <sup>2</sup> h°C)	Συντελεστής θερμοπερατότηταςU (W/ m <sup>2</sup> K)
1.	Γενικός οι εξωτερικοί τοίχοι, συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων εκ σκυροδέματος.	≥ 0,6	≥0,7
2.	Οριζόντιες επιφάνειες και οροφή, η οποία αποχωρίζει τον θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα.	≥ 0,4	≥ 0,5
3.	Δάπεδα κείμενα επί εδάφους ή δάπεδα υπερκείμενα κλειστού μη θερμαινόμενου χώρου (Ζώνη Β)	≥ 1,6	≥ 1,9
4.	Διαχωριστικοί τοίχοι προς μη θερμαινόμενους κλειστούς χώρους (Ζώνη Β)	≥ 1,6	≥ 1,9

Στους πίνακες 2-4, 2-5, 2-6 φαίνονται για κάθε είδος τοίχου τα πραγματικά χαρακτηριστικά<sup>1</sup> δομής τους και οι συντελεστές θερμοπερατότητας, που υπακούουν στις καθορισμένες τιμές του άρθρου 7 του ΦΕΚ (14), για την κλιματική Ζώνη Β<sup>2</sup>.

**Πίνακας 2-4: Δομή οροφής κτηρίων.**

<b>ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΟΡΟΦΗΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (διαχωρισμός από ελεύθερο αέρα)</b>					
α/α	Στρώσεις του στοιχείου	d (m)	λ (kcal/mh°C)	λ (W/mK)	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )
2.	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,75	0,872	---
3.	Κισσηρόδεμα	0,20	0,30	0,349	1000
4.	Μονωτικό υλικό	0,06	0,035	0,041	---
5.	Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος	0,16	1,75	2,035	---
6.	Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,75	0,872	---
	Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας-U (W/m <sup>2</sup> K)	0,5			

**Πίνακας 2-5: Δομή Δαπέδου κείμενου επί εδάφους.**

<b>ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΔΑΠΕΔΟΥ ΚΕΙΜΕΝΑ ΕΠΙ ΕΛΑΦΟΥΣ (ΖΩΝΗ Β)</b>					
α/α	Στρώσεις του στοιχείου	d (m)	λ (kcal/mh°C)	λ (W/mK)	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )
1.	Πλακίδια επιστρώσεως	0,003	0,9	1,05	---
2.	Τσιμεντοκονίαμα	0,015	1,20	1,39	---
3.	Μονωτικό υλικό	0,07	0,035	0,349	1000
4.	Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος	0,18	1,75	0,041	2000
	Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας-U (W/m <sup>2</sup> K)	1,9			

<sup>1</sup>Τα χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας αποτελούν κοινό σημείο και για τα δύο κτήρια.

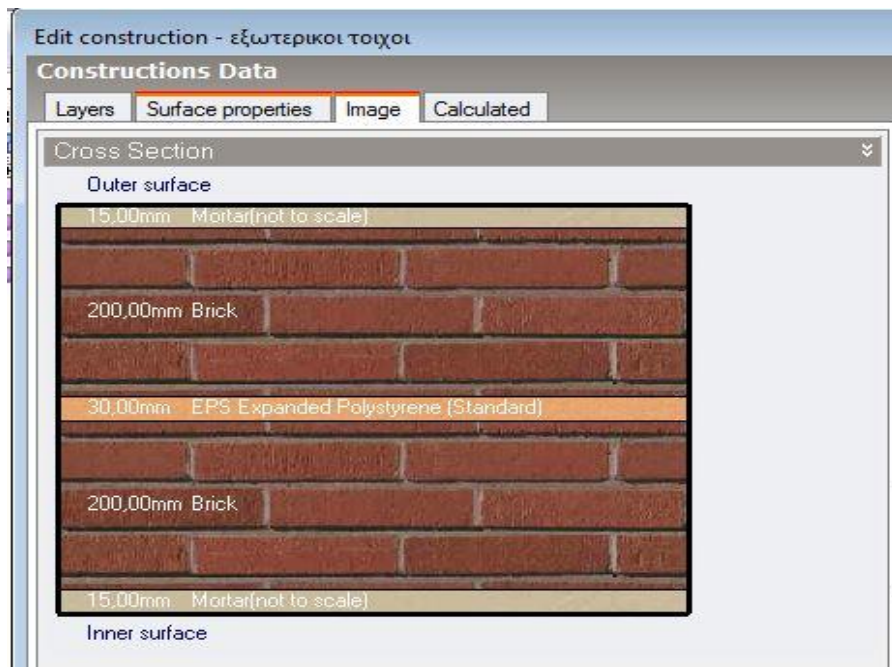
<sup>2</sup>Στην κλιματική Ζώνη Β ανήκει η περιοχή της Αθήνας αλλά και της Κέρκυρας. (14)



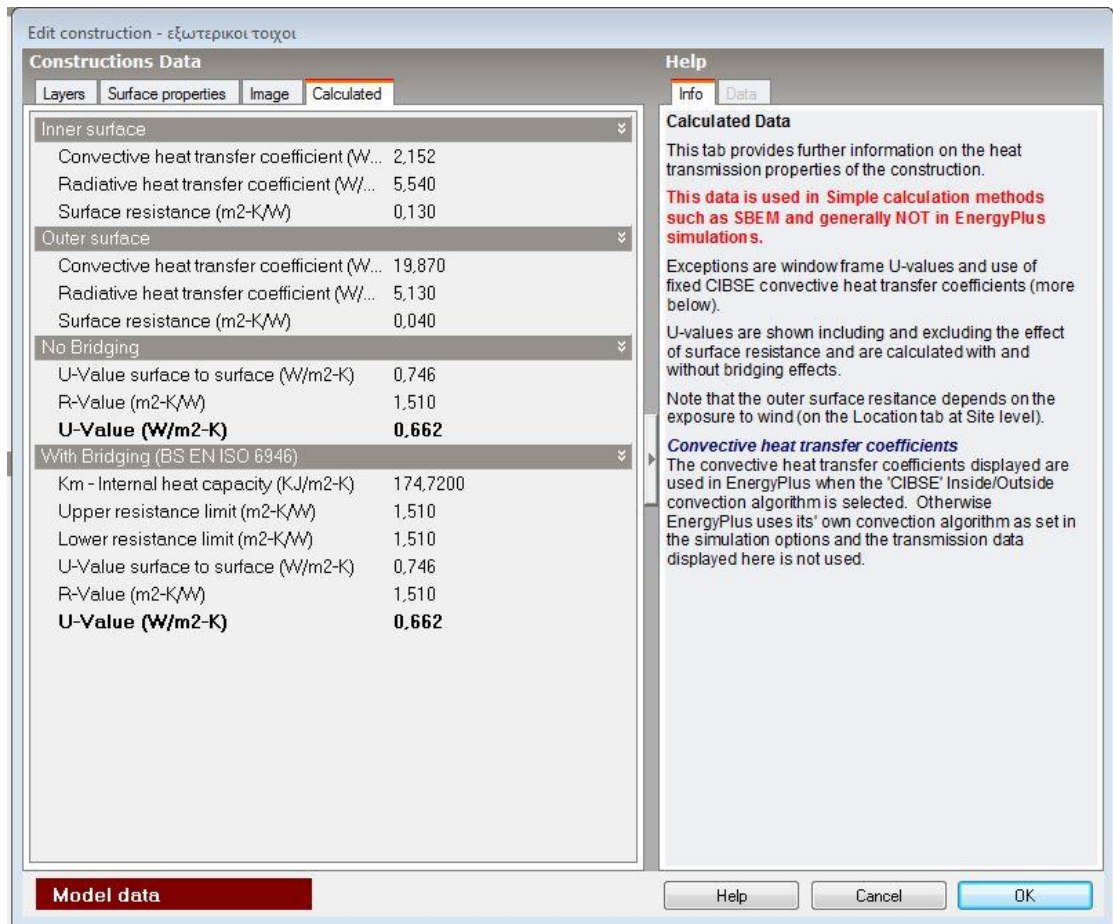
Πίνακας 2-6: Δομή εξωτερικής τοιχοποιίας (σε επαφή με περιβάλλον)

ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ					
α/α	Στρώσεις του στοιχείου	d (m)	λ (kcal/mh°C)	λ (W/mK)	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )
1.	Ασβεστοκονίαμα	0,015	0,75	0,872	---
2.	Οπτόπλινθοι διάτρητοι	0,12	0,45	0,523	1200
3.	Μονωτικό υλικό	0,03	0,30	0,349	1000
4.	Οπτόπλινθοι διάτρητοι	0,12	0,45	0,523	1200
5.	Ασβεστοκονίαμα	0,015	0,75	0,872	---
	Συνολικός Συντελεστής Θερμοπερατότητας-U (W/m <sup>2</sup> K)	0,66			

Στις Εικόνες 2.12 και 2.13 παρακάτω φαίνεται παραδειγματικά η εισαγωγή της εξωτερικής τοιχοποιίας στο πρόγραμμα και ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητάς της, όπως έχει υπολογιστεί από το πρόγραμμα DesignBuilder.



Εικόνα 2-14: Δομή εξωτερικής τοιχοποιίας στο πρόγραμμα DesignBuilder



Εικόνα 2-15: Υπολογισμός εξ. τοιχοποιίας από το πρόγραμμα DesignBuilder

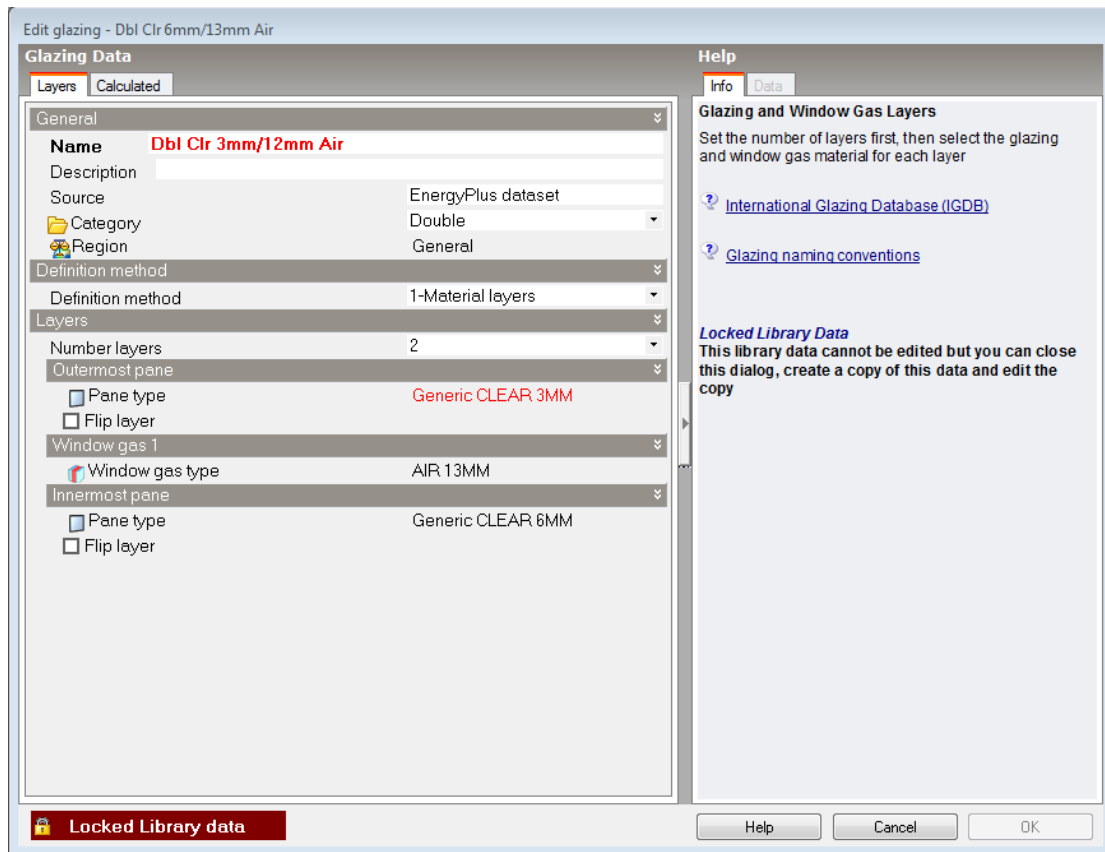
Για την τελειοποίηση των κτηριακών κελυφών πρέπει να ληφθεί υπόψη πως δεν έρχονται σε επαφή όλα τα αδιαφανή δομικά στοιχεία με το εξωτερικό περιβάλλον. Για παράδειγμα το διαμέρισμα που εξετάζεται (Κτήριο Α) είναι ενδιάμεσο διαμέρισμα, που σημαίνει πως το δάπεδό του και η οροφή είναι οριζόντιες επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με άλλη θερμική ζώνη. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. «Τα δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν θερμικές ζώνες λαμβάνονται ως αδιαβατικά» και δεν ανταλλάσσουν θερμότητα (18).

Συνεπώς, στο κτήριο Α συναντάμε αυτές τις 2 οριζόντιες αδιαβατικές αδιαφανείς επιφάνειες και στο κτήριο Β, ως αδιαβατική επιφάνεια θεωρείται το δάπεδο/οροφή που χωρίζει τους δύο ορόφους.

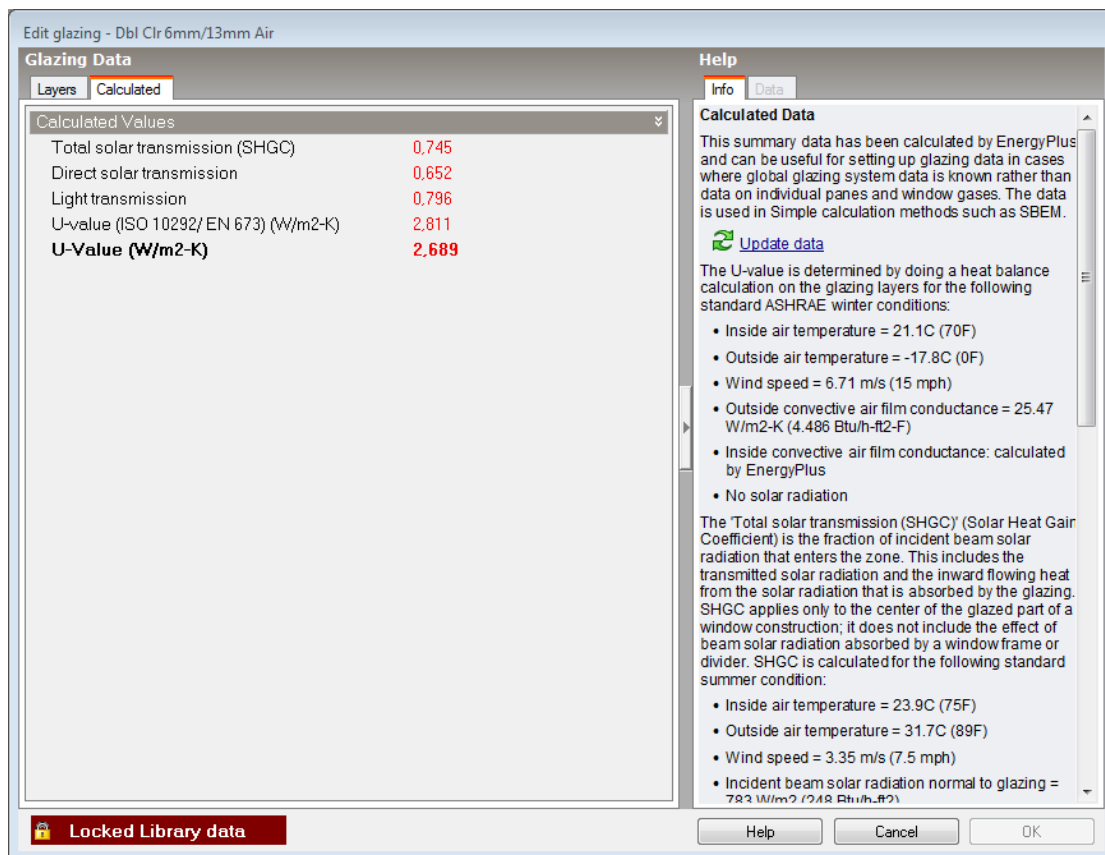
#### 2.3.1.4. Καθορισμός ανοιγμάτων των κτηρίων

Για τα ανοίγματα των κτηρίων δεν υπάρχουν καθορισμένες τιμές της θερμοπερατότητάς τους από τον Κ.Θ.Κ. Εκτός του λόγου αυτού, τα κτήρια διαθέτουν ανακαινισμένα ανοίγματα, τα οποία σίγουρα υπερβαίνουν τις απαιτήσεις του Κανονισμού. Συνεπώς, τα χαρακτηριστικά τους εισάγονται στο πρόγραμμα χωρίς περαιτέρω έρευνα.

Τα βασικότερα χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων είναι, πέρα από τις διαστάσεις τους, το είδος των υαλοπινάκων και των κουφωμάτων. Τα κτήρια διαθέτουν διπλούς υαλοπίνακες 3 χιλιοστών τζάμι και ενδιάμεσο στρώμα αέρος 13 χιλιοστών. Τα κουφώματα είναι αλουμινένια και στο πρόγραμμα εισάγεται το ποσοστό των πλαισίων σε κάθε άνοιγμα ξεχωριστά. Στις Εικόνες 2.16 και 2.17 φαίνεται η επιλογή υαλοπίνακα και ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας, από το πρόγραμμα DesignBuilder.



Εικόνα 2-16: Επιλογή τύπου υαλοπινάκων στο πρόγραμμα DesignBuilder

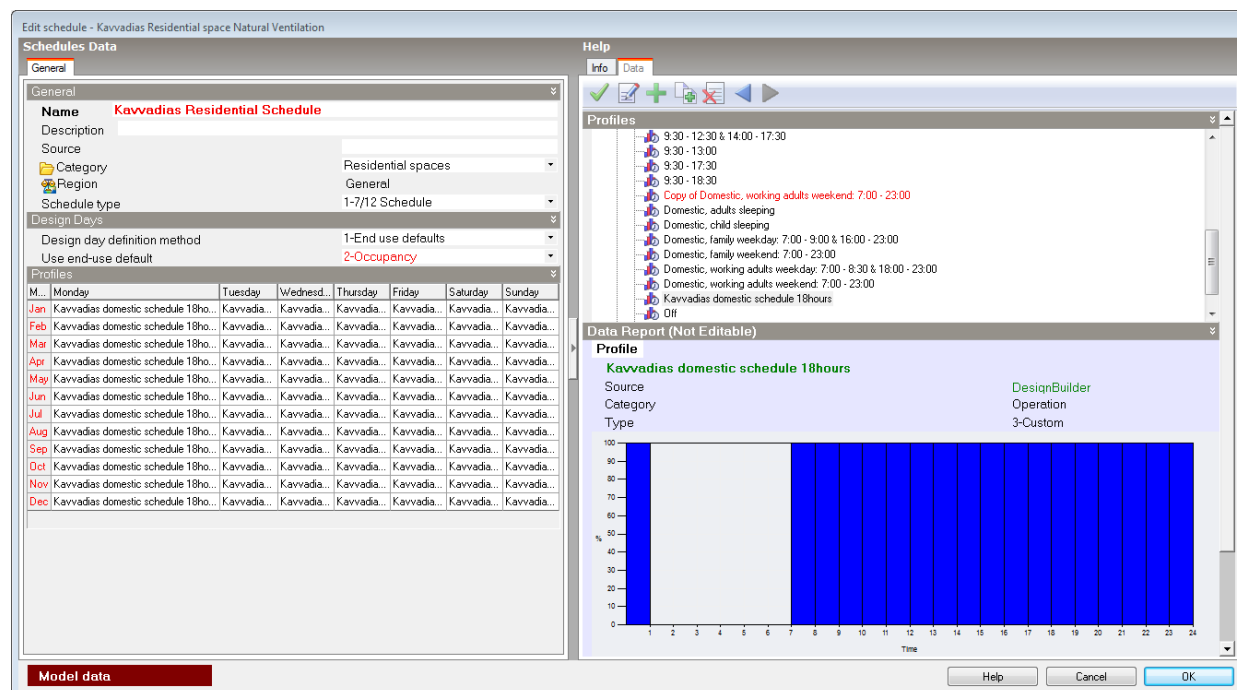


Εικόνα 2-17: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας των υαλοπινάκων

### 2.3.1.5. Καθορισμός της ώρας χρήσης δραστηριότητας και άλλων παραμέτρων

Το ωρολόγιο πρόγραμμα της δραστηριότητας των ανθρώπων μέσα στο κτήριο είναι σημαντική παράμετρος για την ενέργεια που καταναλώνεται μέσα στην ημέρα και καθορίζει τα θερμικά κέρδη από τους ανθρώπους που κατοικούν σε αυτό.

Οι ώρες που επιλέγονται είναι οι ώρες που δραστηριοποιούνται οι κάτοικοι μέσα στο κτήριο και επιλέγονται από τον Πίνακα 2.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε (18). Για κατοικία οι ώρες λειτουργίας του κτηρίου είναι 18h/ημέρα, 7 ημέρες την εβδομάδα για 12 μήνες. Στην Εικόνα 2.18 φαίνεται η δημιουργία του προφίλ λειτουργίας της κατοικίας για μία εργαζόμενη οικογένεια.



Εικόνα 2-18: Πρόγραμμα δραστηριότητας κατοίκων στο κτήριο

Η πληροφορία που μένει να εισαχθεί είναι οι μέσες τυπικές τιμές θερμότητας που εκπέμπει ανά άτομο καθώς και ο συντελεστής παρουσίας των ατόμων. Οι τιμές δίνονται από τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 201701-1, Πίνακας 2.8.

Πίνακας 2-7: Εκλύομενη θερμότητα χρηστών (18)

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμική ισχύς ανά άτομο [W/άτομο]	Θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημ. Επιφάνειας [W/m <sup>2</sup> ]	Μέσος συντελεστής παρουσίας
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	80	4	0,75

### 2.3.1.6. Περιγραφή Η/Μ συστημάτων θέρμανσης

Τελικό στάδιο της περιγραφής του κτηρίου στην πλατφόρμα Design Builder, είναι η περιγραφή των ηλεκτρομηχανικών του συστημάτων. Λόγω του ότι η μελέτη επικεντρώνεται στην μελέτη κυρίως της ενέργειας του κτηρίου για θέρμανση, δεν προσδιορίζονται συστήματα για ψύξη ή για ζεστό νερό χρήσης και φωτισμό.

Πρώτο βήμα για την περιγραφή αυτή είναι η εισαγωγή των επιθυμητών θερμοκρασιών του σπιτιού για τις περιόδους του χειμώνα και του καλοκαιριού για την



επίτευξη θερμικής άνεσης στους χώρους διαμονής. Οι θερμοκρασίες αυτές λαμβάνονται από τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε Πίνακας 2.2 (18) και παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.9.

**Πίνακας 2-8: Πίνακας εσωτερικών θερμοκρασιών (18)**

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμοκρασία [°C]	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	20	26

Επόμενος βασικός παράγοντας για τον υπολογισμό της ενέργειας του κτηρίου είναι ο απαιτούμενος νωπός αέρας που εισέρχεται στο κτήριο (αερισμός κτηρίου). Όπως γίνεται κατανοητό, ο εξωτερικός αέρας που εισέρχεται μέσα στο κτήριο είναι ο όγκος του αέρα που θερμαίνεται, καθώς μεταφέρεται η θερμότητα στο εξωτερικό περιβάλλον.

Ο αερισμός του κτηρίου μπορεί να γίνεται ή μηχανικά (mechanical ventilation) ή με φυσικό αερισμό (natural ventilation). Τα κτήρια Α και Β διαθέτουν φυσικό αερισμό και όπως είναι λογικό στο κάθε κτήριο εισάγεται αέρας ανάλογος των διαστάσεών του. Οι τιμές ανά τετραγωνικά παρουσιάζονται παρακάτω στον πίνακα 10 σύμφωνα με τον ΚΕνΑΚ που αναγράφονται στις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 201701-1(Πίνακας 2.3)

**Πίνακας 2-9: Απαιτούμενος νωπός αέρας στα κτήρια (18)**

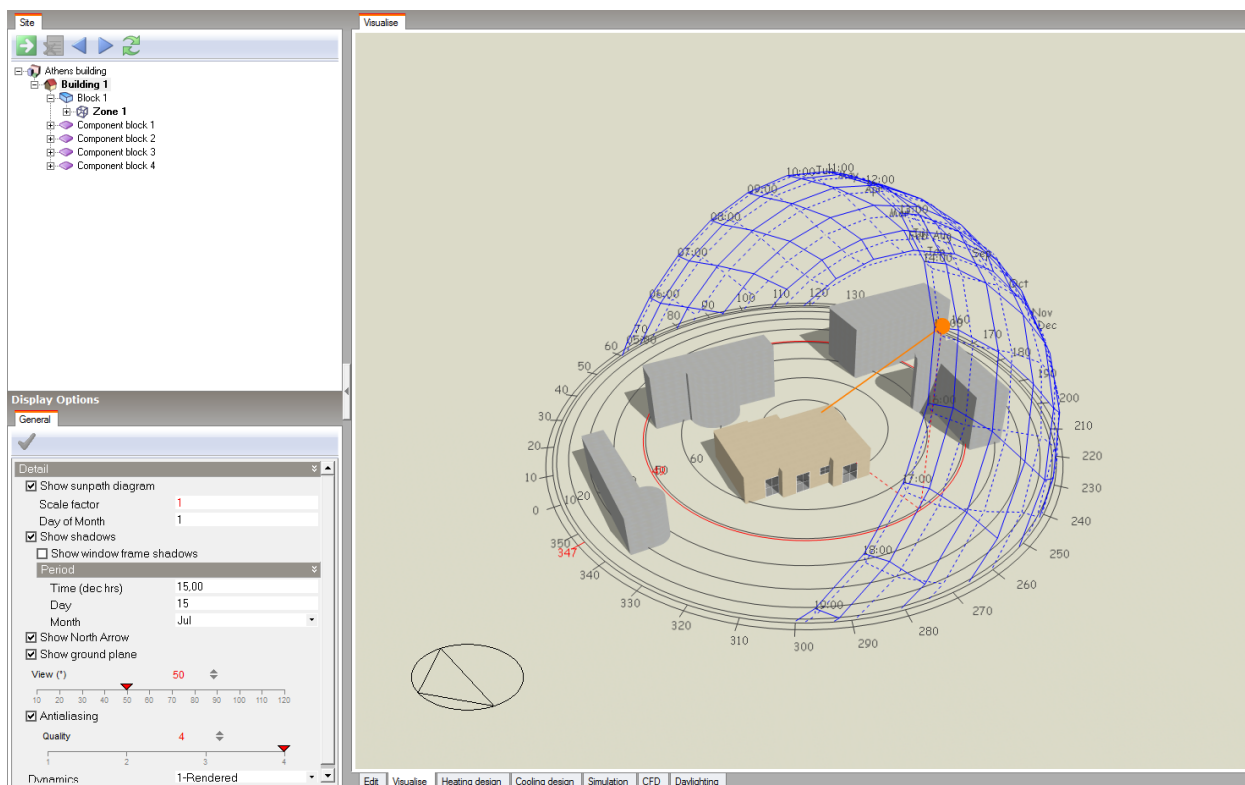
Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Νωπός αέρας [m <sup>3</sup> /h/άτομο]	Νωπός αέρας [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	15	0,75

Για την επιλογή των ηλεκτρομηχανικών συστημάτων, το Design Builder διαθέτει μεγάλο αριθμό προτύπων για τα συστήματα (HVAC Templates), χωρίς να απαιτείται ο λεπτομερής σχεδιασμός τους. Ένα από αυτά είναι το πρότυπο με θερμαντικά σώματα (ακτινοβόλα) ζεστού νερού για θέρμανση και φυσικό αερισμό, το οποίο επιλέγεται. Το πρότυπο αυτό περιγράφει την εγκατάσταση καυστήρα (boiler) και τις τερματικές μονάδες εντός του κτηρίου, τα καλοριφέρ. Οι συντελεστές των βαθμών απόδοσης του κάθε υποσυστήματος ρυθμίζεται με τις ρεαλιστικές τιμές όπως για παράδειγμα, ο βαθμός απόδοσης του λέβητα στο 85%. Επίσης επιλέγεται το καύσιμο το οποίο καταναλώνεται για την παραγωγή ζεστού νερού.

Το πρόγραμμα κατά την έναρξη των προσομοιώσεων υπολογίζει αυτόματα τις διαστάσεις του συστήματος, δηλαδή τα kW του καυστήρα και στην συνέχεια “τρέχει” τις προσομοιώσεις.

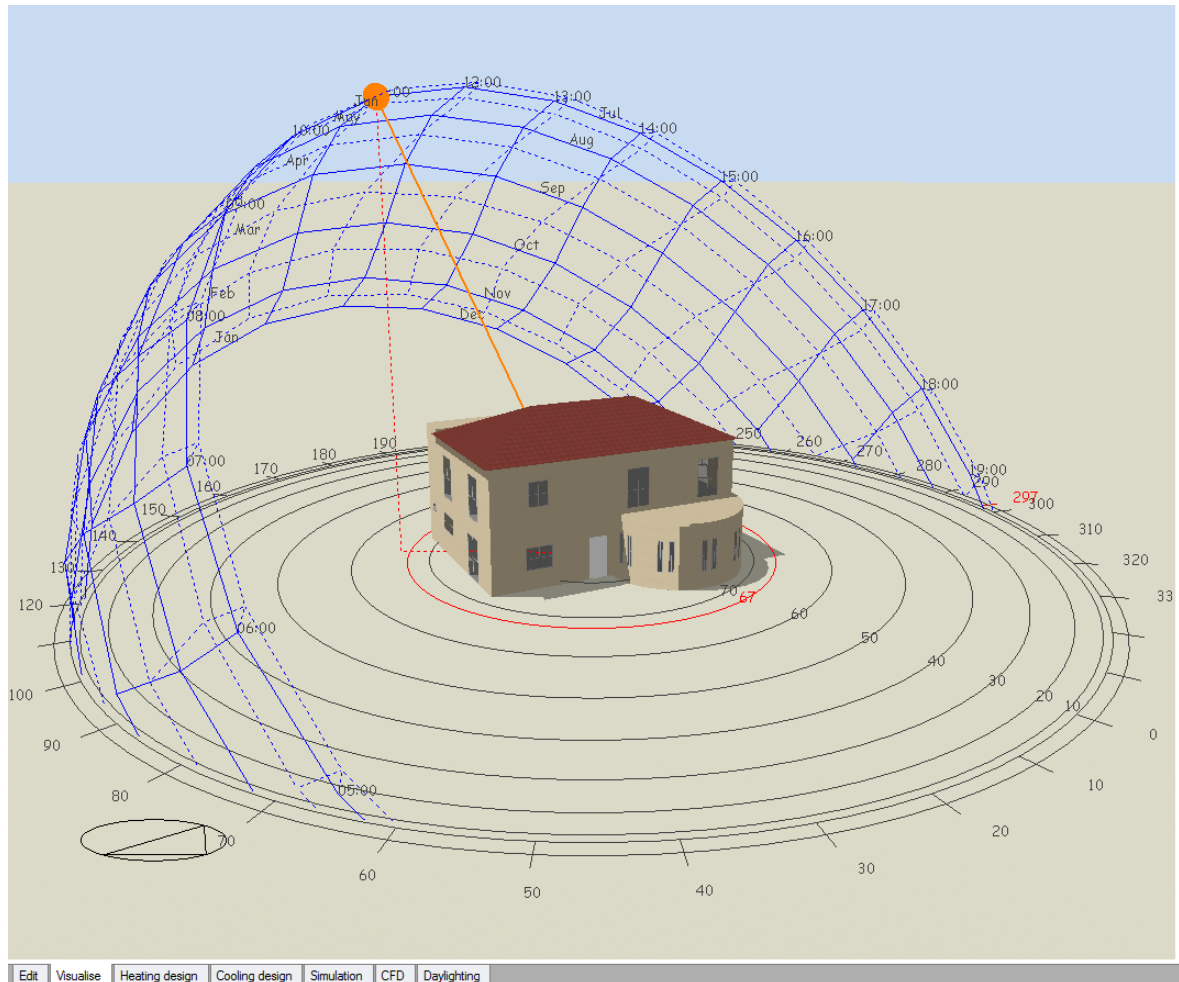
### 2.3.1.7. Απεικόνιση των κτηρίων μέσω της πλατφόρμας

Κλείνοντας με τις περιγραφές του κτηρίου και τον προσδιορισμό των απαιτούμενων παραμέτρων, δίνεται η δυνατότητα από το DesignBuilder να απεικονίσει τα κτήρια ρεαλιστικά και με τις σκιάσεις τους. Στις Εικόνες 2.19 και 2.20 παρουσιάζεται το ηλιόγραμμα στα δύο κτήρια σύμφωνα με τον προσανατολισμό τους<sup>3</sup>, όπως φαίνεται στις Εικόνες 2.19 και 2.20.



Εικόνα 2-19: Απεικόνιση Κτηρίου Α με τα γύρω κτήρια

<sup>3</sup> Το βέλος στον κύκλο στις απεικονίσεις φανερώνει την κατεύθυνση του βορρά, επίσης φαίνεται και από τις μοίρες γύρω από το κάθε κτήριο.



Εικόνα 2-20:Απεικόνιση Κτηρίου Β με ηλιόγραμμα

### 2.3.2. Περιγραφή των κτηρίων για τις ενεργειακές μελέτες του προγράμματος Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ

Η διαδικασία που ακολουθείται για τη περιγραφή των κτηρίων στο λογισμικό Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ. είναι απλούστερη σε σχέση με την αντίστοιχη του λογισμικού DesignBuilder, καθώς πολλές παράμετροί της έχουν τυποποιηθεί, αφού το πρόγραμμα είναι σχεδιασμένο για τα δεδομένα της Ελλάδας.

Αρχικά επιλέγονται οι γενικές πληροφορίες του κτηρίου, όπως είναι η χρήση του, η τοποθεσία, συνολική επιφάνεια ( $m^2$ ), ο θερμαινόμενος όγκος και ο αριθμός θερμικών ζωνών. Η μέση κατανάλωση ΖΝΧ υπολογίζεται με βάση τα υπνοδωμάτια της κατοικίας ( $27,38 m^3/υπνοδωμάτιο$  το έτος), σύμφωνα με τις οδηγίες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 Πίνακας 2.5 (14).

Στη συνέχεια, περιγράφεται το κέλυφος του κάθε κτηρίου, τα αδιαφανή και τα διαφανή δομικά στοιχεία του.

#### 2.3.2.1. Εισαγωγή των στοιχείων του κελύφους

Σε αντίθεση με την πλατφόρμα του EnergyPlus, τα στοιχεία του κελύφους περιγράφονται σε πίνακα στον οποίο καταγράφουν και ο προσανατολισμός τους, η κλίση τους, ο συντελεστής θερμοπερατότητας καθώς επίσης και οι συντελεστές σκίασης. Οι

πληροφορίες για τον προσανατολισμό και η επιφάνεια του κάθε στοιχείου, καθώς και ο συντελεστής θερμοπερατότητας τους παρέμειναν ίδιοι από τους υπολογισμούς του προγράμματος EnergyPlus. Στα κίτρινα κελιά έγινε αυτόματα η εισαγωγή των συντελεστών από το πρόγραμμα με βάση την τυποποίηση του ΚΕνΑΚ. Στις Εικόνες 2.21 και 2.22 φαίνεται παραδειγματικά η μελέτη του Κτηρίου Α για τα αδιαφανή και τα διαφανή στοιχεία.

Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m²)	U (W/m²K)	a* (-)	e* (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
1	Τοίχος	2	90	20.94	0.66	0.40	0.80	0.99	0.86	1	1	1	1
2	Τοίχος	2	90	2.1	0.66	0.40	0.80	1	1	0.85	1	1	0.81
3	Τοίχος	272	90	10.05	0.66	0.40	0.80	0.99	0.86	0.63	1	1	0.54
4	Τοίχος	2	90	2.1	0.66	0.40	0.80	1	1	0.93	1	1	0.92
5	Τοίχος	272	90	7.73	0.66	0.40	0.80	1	1	0.64	1	1	0.55
6	Τοίχος	182	90	21.84	0.66	0.40	0.80	0.6	0.97	1	1	1	1
7	Τοίχος	92	90	12.6	0.66	0.40	0.80	0.53	0.62	0.58	1	1	0.49
8	Τοίχος	182	90	2.4	0.66	0.40	0.80	1	1	1	1	1	1
9	Τοίχος	92	90	8.4	0.66	0.40	0.80	0.53	0.62	1	1	1	1
10	Τοίχος	182	90	0.9	0.66	0.40	0.80	1	1	1	1	1	1
11	Τοίχος	92	90	7.08	0.66	0.40	0.80	0.53	0.62	0.4	1	1	0.34
12	Τοίχος	272	90	7.01	0.66	0.40	0.80	0.99	0.86	0.63	1	1	0.54
13	Οροφή												
* 14													

Εικόνα 2-21: Αδιαφανή στοιχεία του Κτηρίου Α από ΤΕΕ ΚΕνΑΚ<sup>4</sup>

Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m²)	Τύπος ανοίγματος*	U (W/m²K)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)	
1	Ανοιγμένο κουφώμα	1	272	90	2.59	Μεταλλικό με 9.5.12mm 20% Διάκωμο με διάκενο αέρα 6mm	2.7	0.54	1	1	0.79	0.73	1	1
2	Ανοιγμένο κουφώμα	2	272	90	0.85	Μεταλλικό με 9.5.12mm 30% Διάκωμο με διάκενο αέρα 6mm	3	0.48	1	1	0.59	0.57	1	1
3	Ανοιγμένο κουφώμα	2	272	90	2.59	Μεταλλικό με 9.5.12mm 80% Διάκωμο γήραμος με διάκενο αέρα 6mm	2	0.41	1	1	0.82	0.77	1	1
4	Ανοιγμένο κουφώμα	3	272	90	2.99	Μεταλλικό με 9.5.12mm 20% Διάκωμο με διάκενο αέρα 6mm	2.7	0.54	1	1	0.79	0.79	1	1
5	Ανοιγμένο κουφώμα	4	92	90	2.58	Μεταλλικό με 9.5.12mm 20% Διάκωμο με διάκενο αέρα 6mm	2.7	0.54	0.53	0.62	0.81	0.79	1	1
6	Ανοιγμένο κουφώμα	4	92	90	0.56	Μεταλλικό με 9.5.12mm 30% Διάκωμο με διάκενο αέρα 6mm	2.7	0.48	0.53	0.62	0.645	0.555	1	1
7	Ανοιγμένο κουφώμα	5	92	90	2.60	Μεταλλικό με 9.5.12mm 20% Διάκωμο με διάκενο αέρα 6mm	2.7	0.54	0.53	0.62	0.91	0.89	1	1
* 8														

Εικόνα 2-22: Διαφανή στοιχεία Κτηρίου Α στο ΤΕΕ ΚΕνΑΚ

Στα αδιαφανή στοιχεία, εισάγεται αυτόματα για κτήρια κατασκευής από 1979-2010 από το πρόγραμμα οι θερμογέφυρες οι οποίες υπολογίζονται ως 0,10 W/m<sup>2</sup>/K, σύμφωνα με τα ορισμένα στην Τ.Ο..Τ.Ε.Ε. 201701-1/2010.

### 2.3.2.2. Εισαγωγή πληροφοριών των Η/Μ συστημάτων στο Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ

Κατά τον ίδιο τρόπο, περιγράφηκαν τα ηλεκτρομηχανικά συστήματα στο πρόγραμμα όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.23.

<sup>4</sup>Όλα τα παραπάνω δεδομένα συμπληρώθηκαν με βάση τις Τεχνικές Οδηγίες του Τ.Ε.Ε.

Ενεργειακή Μλέτη Κτιρίων - [ C:\Users\SIMOS\Desktop\Κτήριο Αθήνας Μλέτη ΚΕνΑΚ.xml ] - [ Συστήματα ζώνης ]

Μλέτη Εκτέλεση Αποτελέσματα Εκθεση Προβολή Βοήθεια

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης:  Υγραση  Μηχανικός αερισμός  Ηλιακός συλλέκτης  Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη ΖΗΧ Ηλιακός συλλέκτης

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	Β. Απ. (°)	COP (°)	Ιαν (°)	Φεβ (°)	Μαρ (°)	Απρ (°)	Μαι (°)	Ιουν (°)	Ιουλ (°)	Αυγ (°)	Σεπ (°)	Οκτ (°)	Νοε (°)	Δεκ (°)
▶ 1	Λέβητας	Πετρέλαιο	17	0.85	1.0	1	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0	1	1
* 2				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρας διέλευσης	Β. Απ. (°)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου			1.0	<input type="checkbox"/>
2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	Β. Απ. (°)
▶ 1	καλοριφέρ	1

Βοηθητικές μονάδες

* 1	Τύπος	Αρ. (°)	Ισχύς (kW)
		1	0

**Εικόνα 2-23: Περιγραφή Η/Μ συστημάτων στο ΤΕΕ ΚΕνΑΚ**

### 3. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ

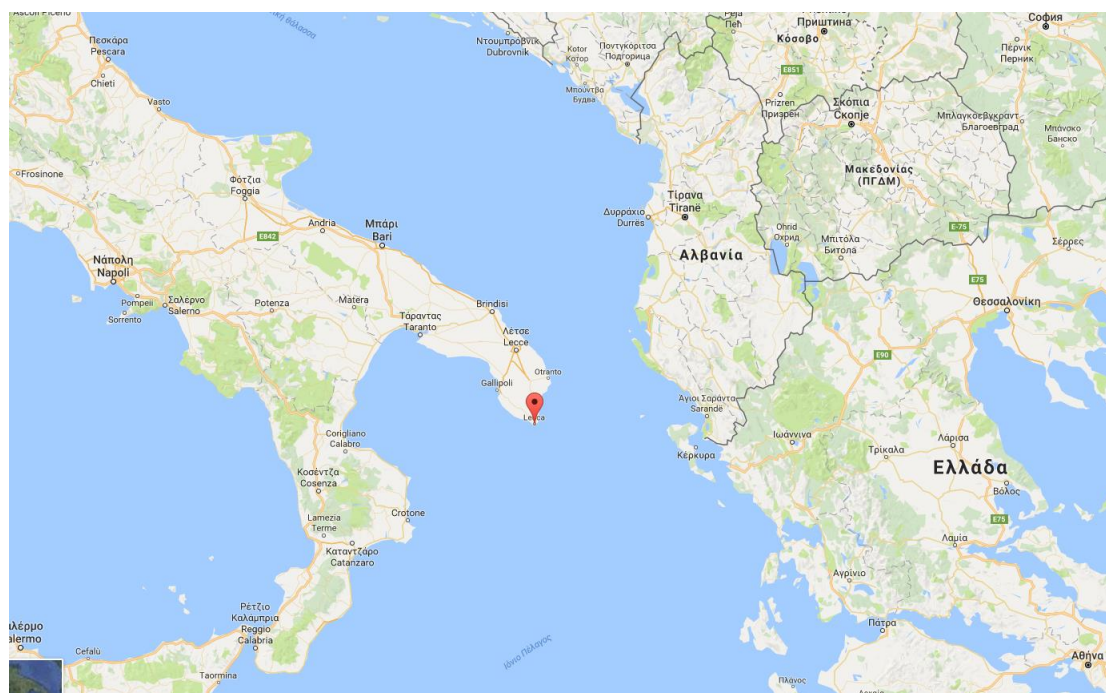
Στο κεφάλαιο αυτό ακολουθεί η εκτέλεση των προσομοιώσεων των κτηρίων για τον υπολογισμό της ενεργειακής τους κατανάλωσης για θέρμανση. Αρχικά παρουσιάζεται η διαδικασία εκτέλεσης των προσομοιώσεων με το πρόγραμμα EnergyPlus, ο τρόπος δημιουργίας των απαιτούμενων σε αυτό αρχείων TME. Στη συνέχεια θα δειχθούν οι προσομοιώσεις που διεξήχθησαν και τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και από τα δύο προγράμματα της μελέτης αυτής.

#### 3.1. Επεξεργασία αρχείων TME για τις προσομοιώσεις του EnergyPlus.

Για την Ελλάδα, η EnergyPlus διαθέτει αρχεία από την IWEC, που έχουν μετατραπεί σε μορφή EPW. Συγκεκριμένα, η IWEC προσφέρει δεδομένα για τρεις περιοχές της Ελλάδας, την Αθήνα, την Πάτρα και την Θεσσαλονίκη. Για τις προσομοιώσεις του κτηρίου στην Κέρκυρα πάρθηκαν αρχεία GDG σε μορφή EPW από την πλησιέστερη σε απόσταση αλλά και κλιματολογικές συνθήκες περιοχή της Ιταλίας την Santa Maria di Leuca.

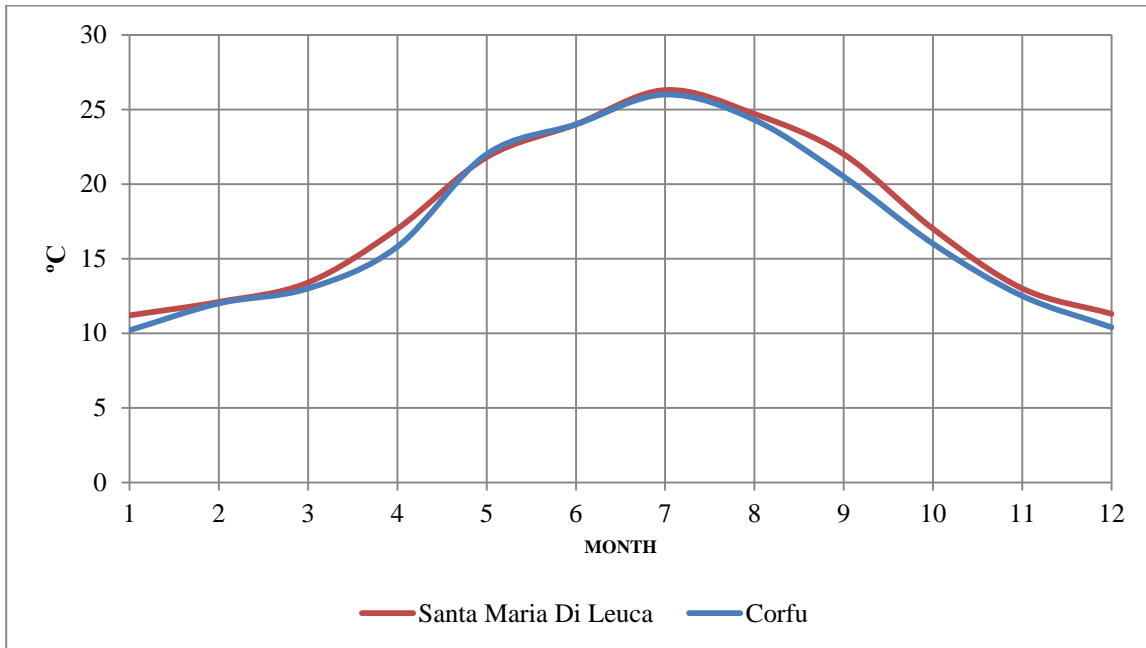
##### 3.1.1. Σύγκριση του κλίματος στις περιοχές Κέρκυρα και Santa Maria di Leuca.

Η περιοχή της Santa Maria di Leuca είναι σε μία παραθαλάσσια τοποθεσία της Ιταλίας σχεδόν απέναντι από την Κέρκυρα, όπως φαίνεται στο χάρτη της Εικόνας 3.1.



Εικόνα 3-1: Τοποθεσία (κόκκινη κουκίδα) της περιοχής Santa Maria de Leuca (19)

Εκτός από την τοποθεσία, τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής αυτής επιλέχθηκαν κατόπιν έρευνας για το μικροκλίμα της. Η περιοχή αυτή της Ιταλίας είναι παραθαλάσσια και ταιριάζει με το κλίμα του νησιού της Κέρκυρας. Παρακάτω φαίνονται στο Γράφημα 3.1η μεταβολή της μέσης ενδοετήσιας θερμοκρασίας για τις δύο αυτές περιοχές.



Γράφημα 3-1: Σύγκριση θερμοκρασιών των περιοχών Κέρκυρας και Santa Maria Di Leuca (20)

### 3.2. Επεξεργασία αρχείων TME

Η πληθώρα των προσομοιώσεων της μελέτης αυτής δεν γίνεται μόνο με τα TME τα οποία ήδη διαθέτει για τις περιοχές των κτηρίων η EnergyPlus. Αντιθέτως, για τις προσομοιώσεις γίνεται η δημιουργία νέων χρονοσειρών από καταγεγραμμένα πραγματικά δεδομένα διαφορετικών χρονολογιών για τις περιοχές της Αθήνας και της Κέρκυρας. Πιο συγκεκριμένα, έχουν παρθεί μετρήσεις της Ε.Μ.Υ για μια 15ετία οι οποίες έχουν επεξεργαστεί από τον Κ. Α. Καββαδία, στα πλαίσια του διδακτορικού (10) και έτσι έχει δημιουργηθεί νέο TME για τις δυο αυτές περιοχές. Οι καταγραφές αυτές είναι ωριαίες τιμές για όλο τον χρόνο και περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία ξηρού βολβού, την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη), την υγρασία και την ατμοσφαιρική πίεση. Επίσης, για τις ίδιες περιοχές υπάρχουν δεδομένα για 15 έτη από το 1985 έως το 1999. Οι χρονοσειρές αυτές χρησιμοποιούνται στις προσομοιώσεις με σκοπό να εξεταστεί αναλυτικότερα η ενεργειακή συμπεριφορά των δύο κτηρίων. Τα κενά τα οποία παρουσίαζαν οι χρονοσειρές 15-ετίας συμπληρώθηκαν όπως περιγράφεται στη συνέχεια του κεφαλαίου.

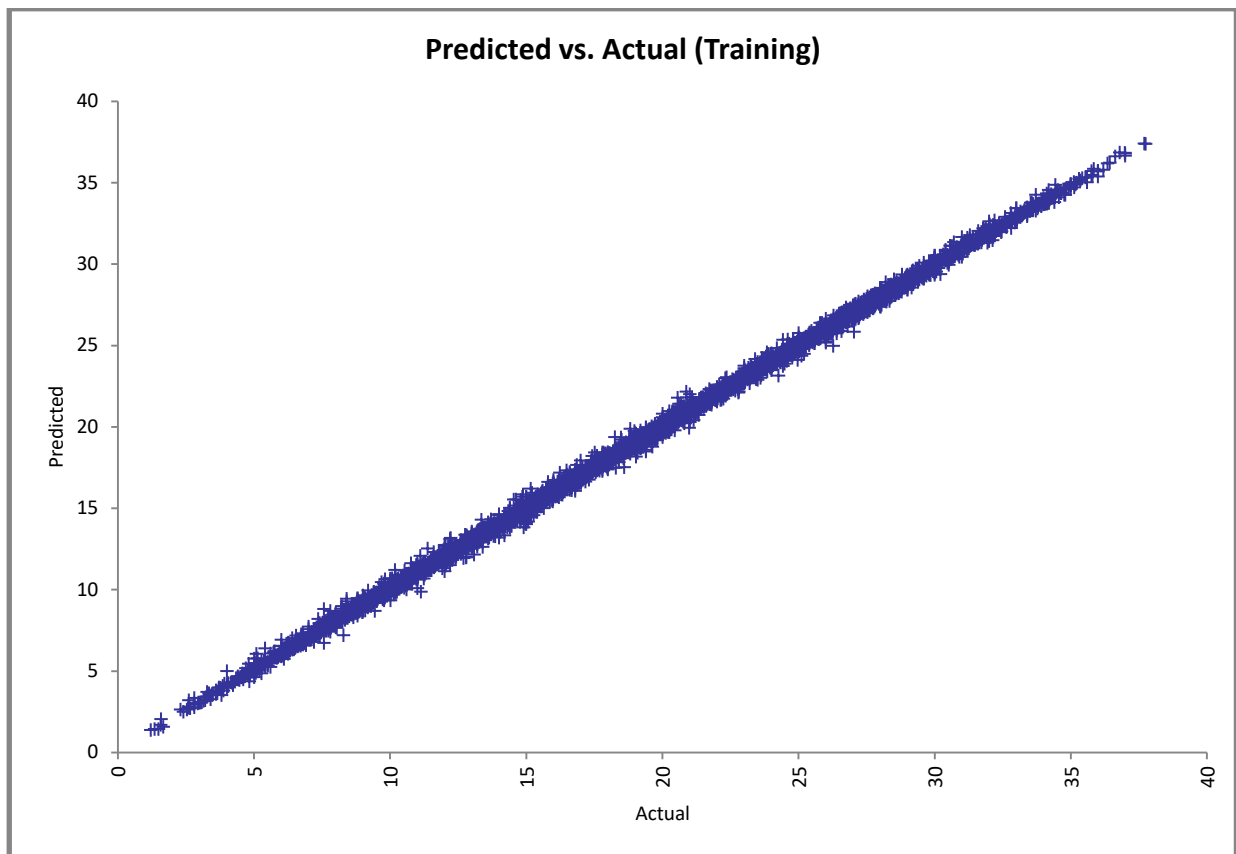
#### 3.2.1. Συμπλήρωση ελλειπουσών τιμών

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τη συμπλήρωση των ελλειπουσών τιμών, όπως για παράδειγμα η γραμμική παρεμβολή, ο μέσος όρος από τις υπόλοιπες χρονολογικές σειρές κ.α. Στη συγκεκριμένη εργασία, καθώς τα δεδομένα υπάρχουν και σε ωριαίες τιμές, επιλέχθηκε για τη συμπλήρωση των χρονοσειρών η μέθοδος Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων (ΤΝΔ, Artificial Neural Network).

Εισάγεται αρχικά μία ολοκληρωμένη σειρά δεδομένων με σκοπό την εκπαίδευση του ΤΝΔ. Στη συνέχεια, το ΤΝΔ που δημιουργείται «προβλέπει» τιμές για τη συμπλήρωση των ελλειπουσών τιμών. Κατά την εκπαίδευση του ΤΝΔ, δημιουργείται μοντέλο σύμφωνα με τις μεταβολές των τιμών στο διάστημα εισαγωγής. Δηλαδή, τις συναρτήσεις που συνδέουν τις τιμές που εισάγονται με τις τιμές στόχο. Όταν το ΤΝΔ εκπαιδευτεί ακολουθεί μία σειρά από δοκιμαστικούς ελέγχους υπολογισμών σε ήδη υπάρχουσες τιμές και υπολογίζονται οι αποκλίσεις του από τις πραγματικές. Στα Γραφήματα 3.2 και 3.3 συγκρίνονται οι

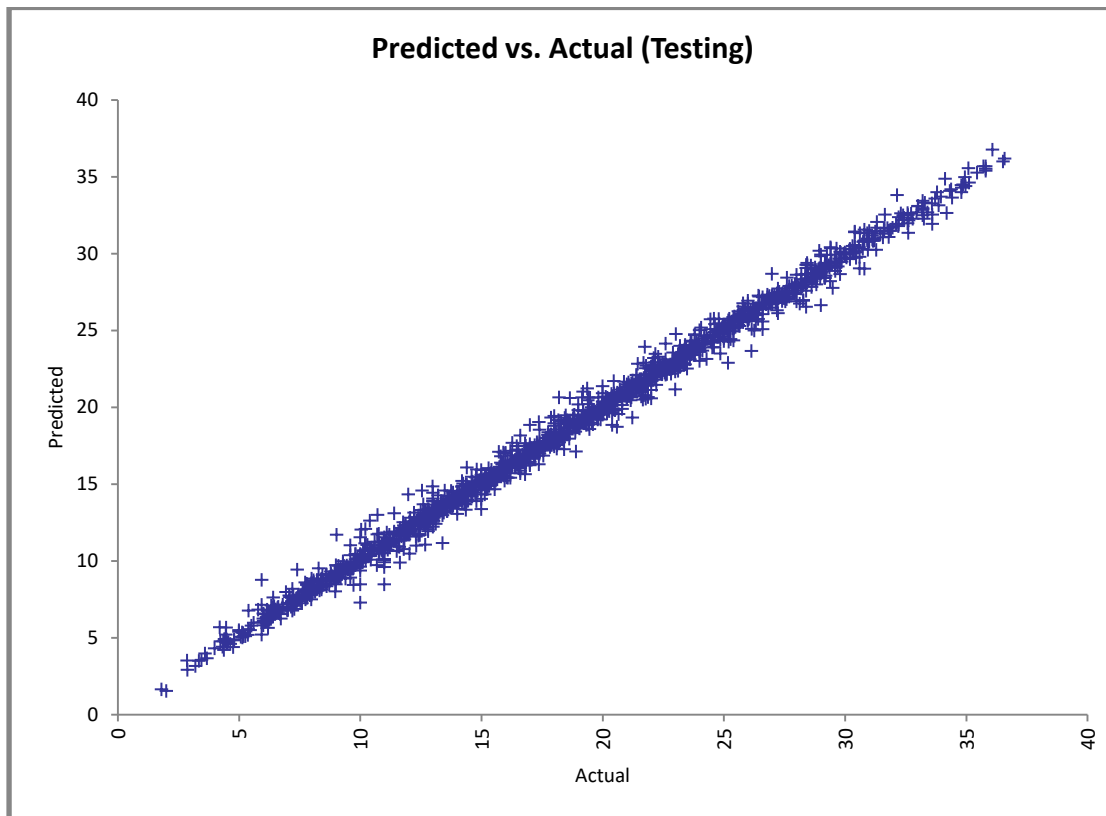


πραγματικές τιμές από τις παραγόμενες κατά την εκπαίδευση του προγράμματος για τη θερμοκρασία ενός έτους.



**Γράφημα 3-2: Γραμμικές αποκλίσεις των πραγματικών με των προβλεπόμενων τιμών στην εκπαίδευση του προγράμματος**





**Γράφημα 3-3: Γραμμικές αποκλίσεις των πραγματικών με των προβλεπόμενων τιμών κατά την δοκιμή**

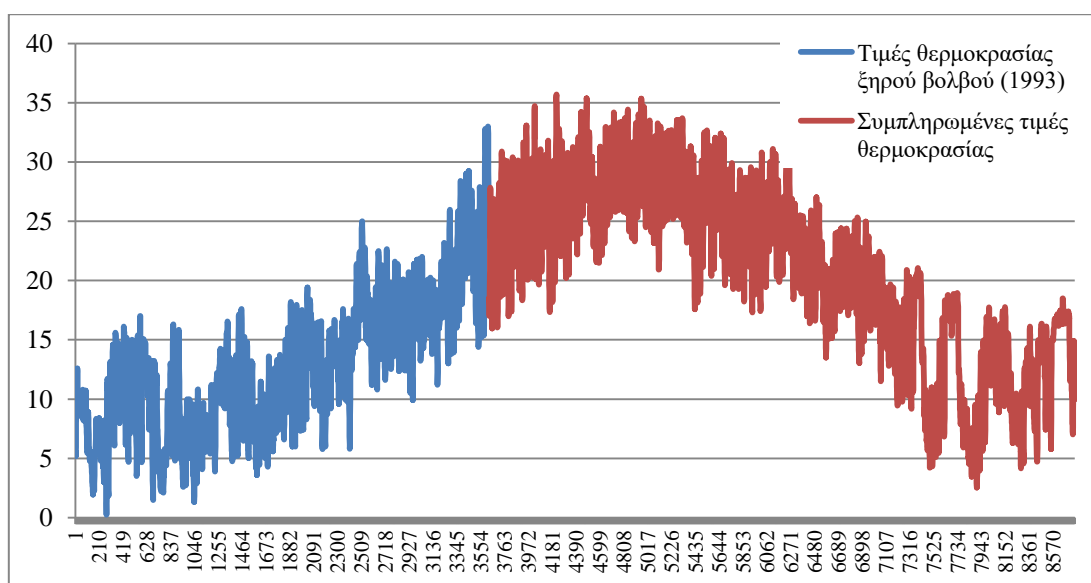
Όπως φαίνεται στα γραφήματα οι αποκλίσεις των προβλεπόμενων από τις πραγματικές τιμές είναι πολύ μικρές. Αυτό σημαίνει πως υπάρχει μικρό σφάλμα στις προβλεπόμενες τιμές. Κατά την διάρκεια της διαδικασίας της πρόβλεψης, το πρόγραμμα ορίζει ως σφάλμα μία τιμή η οποία έχει απόκλιση από την πραγματική 30% και άνω. Το σφάλμα των προβλέψεων φαίνεται στον Πίνακα 3.1 σε ποσοστό %.

**Πίνακας 3-1: Πίνακας παραμέτρων της εκπαίδευσης του TNA για τη συμπλήρωση τιμών θερμοκρασίας**

<b>Summary</b>	
<i>Net Information</i>	
<b>Name</b>	Net Trained on Temp Training 1990
<b>Configuration</b>	GRNN Numeric Predictor
<b>Location</b>	ThisWorkbook
<b>IndependentCategoryVariables</b>	0
<b>IndependentNumericVariables</b>	3 (MONTH, DAY, HOUR)
<b>DependentVariable</b>	NumericVar. (TEMP (oC))
<i>Training</i>	
<b>NumberOfCases</b>	7008
<b>TrainingTime</b>	0:10:17
<b>NumberOfTrials</b>	70
<b>ReasonStopped</b>	Auto-Stopped
<b>% BadPredictions (30% Tolerance)</b>	0,0000%
<b>RootMeanSquareError</b>	0,2315
<b>MeanAbsoluteError</b>	0,1654
<b>Std. Deviation of Abs. Error</b>	0,1619
<i>Testing</i>	

<b>NumberOfCases</b>	1752
<b>% BadPredictions (30% Tolerance)</b>	0,1142%
<b>RootMeanSquareError</b>	0,5373
<b>MeanAbsoluteError</b>	0,3631
<b>Std. Deviation of Abs. Error</b>	0,3961
<b>DataSet</b>	
<b>Name</b>	TempTraining 1990
<b>NumberOfRows</b>	8760
<b>ManualCaseTags</b>	NO

Μετά από την εκπαίδευση, συμπληρώνονται οι ελλείπουσες τιμές ενός έτους, για παράδειγμα η θερμοκρασία εξωτερικού βολβού. Στο Γράφημα 3.4 φαίνεται το έτος 1993 πριν και μετά την συμπλήρωση των ελλειπουσών τιμών θερμοκρασίας από το πρόγραμμα.



Γράφημα 3-4: Συμπληρωμένες τιμές θερμοκρασίας ξηρού βολβού του έτους 1993

### 3.2.2. Δημιουργία νέων αρχείων TME

Για τη δημιουργία της δομής των αρχείων που περιέχουν τις νέες χρονοσειρές (μορφής EPW), γίνεται χρήση επιπρόσθετων λογισμικών για την επεξεργασία και μετατροπή των αρχείων αυτών. Λογισμικά για τη διαδικασία αυτή υπάρχουν αρκετά. Επιλέχθηκε το ελεύθερο λογισμικό Elements, το οποίο δίνει τη δυνατότητα να κοιτάξουμε μέσα στα αρχεία μορφής EPW που έχουν αποκτηθεί από τη βάση δεδομένων της EnergyPlus. Στην Εικόνα 3.2 φαίνεται η δομή και τα δεδομένα που περιέχει ένα αρχείο αυτής της μορφής.

USA\_CO\_Denver.Intl.AP.725650\_TMY3.epw - Elements

File Edit Tools View Window Help

Site Name: Denver Intl Ap  
 Latitude [degrees]: 39.83 Longitude [degrees]: -104.65  
 Time Zone: -7 Elevation [ft]: 5413.39

Tools:     Variables to Hold Constant:

Date/Time	Dry Bulb Temperature [F]	Wet Bulb Temperature [F]	Atmospheric Pressure [atm]	Relative Humidity %	Dew Point Temperature [F]	Global Solar [BTU/ft2]	Normal Solar [BTU/ft2]	Diffuse Solar [BTU/ft2]	Wind Speed [mph]
1995/01/01 @ 00:00:00	-0.4	-0.97	0.83	85	-3.44	0	0	0	0
1995/01/01 @ 01:00:00	2.12	1.4	0.82	83	-1.42	0	0	0	0
1995/01/01 @ 02:00:00	4.46	3.76	0.82	85	1.33	0	0	0	0
1995/01/01 @ 03:00:00	6.08	5.58	0.82	90	4.03	0	0	0	0
1995/01/01 @ 04:00:00	8.6	7.83	0.82	86	5.63	0	0	0	0
1995/01/01 @ 05:00:00	12.02	11.27	0.82	88	9.47	0	0	0	0
1995/01/01 @ 06:00:00	14.54	13.45	0.82	84	11.02	0	0	0	0
1995/01/01 @ 07:00:00	18.14	16.75	0.82	82	14.08	2.69	5.39	2.54	3.13
1995/01/01 @ 08:00:00	21.38	19.66	0.82	80	16.76	28.43	23.14	24.41	2.91
1995/01/01 @ 09:00:00	28.04	24.44	0.82	66	19.27	84.2	156.6	36.45	3.8
1995/01/01 @ 10:00:00	34.52	28.4	0.81	50	19.4	112.77	172.45	44.06	3.8
1995/01/01 @ 11:00:00	37.04	29.32	0.81	42	17.86	135.92	171.18	59.28	10.29
1995/01/01 @ 12:00:00	39.92	30.33	0.81	34	15.84	114.63	121.73	59.91	16.11

Columns:     Units:  SI  IP

Εικόνα 3-2: Δομή αρχείου EPW

Όπως αναφέρεται και στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, το αρχείο περιέχει στήλες από ωριαία δεδομένα για τις θερμοκρασίες (υγρού, ξηρού βολβού και δρόσου), την ατμοσφαιρική πίεση, την σχετική υγρασία, την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη), καθώς και την ταχύτητα του ανέμου. Εκτός από τα εμφανή δεδομένα που περιέχονται σε αυτά τα αρχεία, υπάρχουν και άλλες πληροφορίες σε αυτά, οι οποίες χρησιμοποιούνται στους υπολογιστικούς αλγόριθμους του EnergyPlus. Αυτές οι πληροφορίες περιλαμβάνουν τη κάλυψη του ουρανού από σύννεφα (σε δέκατα), το συνημίτονο της ζενιθιακής γωνίας του ηλίου, την ενθαλπία, τη αζιμούθια γωνία ως προς τον Νότο και τον Βορρά κ.α. Οι πληροφορίες αυτές είναι αμετάβλητες από το λογισμικό Elements. Μέσω του προγράμματος αυτού, δίνεται η δυνατότητα να περαστούν στις στήλες οι πραγματικές τιμές. Οι καταγραφές αυτές, όπως αναφέρεται στην εισαγωγή του κεφαλαίου, δεν έχουν γίνει για όλες τις στήλες των δεδομένων. Για παράδειγμα υπάρχουν καταγεγραμμένη η θερμοκρασία ξηρού βολβού και η σχετική υγρασία, όχι όμως η θερμοκρασία υγρού βολβού και δρόσου. Το πρόγραμμα, χρησιμοποιεί εξισώσεις της ψυχρομετρίας για τον υπολογισμό των υπόλοιπων θερμοκρασιών. (9). Ακολουθώντας την διαδικασία αυτή δημιουργήθηκε το TME για τις προσομοιώσεις που θα περιγραφούν αναλυτικά στην επόμενη ενότητα του κεφαλαίου.

### 3.3. Εκτέλεση Προσομοιώσεων

Στην ενότητα αυτή, περιγράφονται οι προσομοιώσεις του T.E.E. Κ.Εν.Α.Κ. και του EnergyPlus. Για τις προσομοιώσεις του T.E.E. Κ.Εν.Α.Κ. δεν μπορούν να γίνουν αλλαγές στα TME που χρησιμοποιεί. Παρόλ' αυτά, οι διαφορετικές προσομοιώσεις στα κτήρια δεν αφορούν μόνο στη χρήση των διαφορετικών χρονοσειρών αλλά και στις μετέπειτα επεμβάσεις στα κτήρια που θα γίνουν με σκοπό την ενεργειακή τους βελτίωση και αναβάθμιση. Αρχικά στην ενότητα αυτή αναφέρονται οι διάφορες χρονοσειρές οι οποίες δημιουργήθηκαν για τις προσομοιώσεις του EnergyPlus και στη συνέχεια γίνεται λόγος για τις επεμβάσεις στα κτήρια για την αλλαγή της ενεργειακής τους συμπεριφοράς.

#### 3.3.1. TME για τις προσομοιώσεις στο EnergyPlus

Αρχικά, η προσομοίωση του Κτηρίου Α, γίνεται με τη χρήση του TME της EnergyPlus. Στην συνέχεια, χρησιμοποιείται το TME για την περιοχή της Αθήνας που έχει προκύψει από τα δεδομένα 15-ετίας της Ε.Μ.Υ. Όπως αναφέρεται αναλυτικά στην παραπάνω

ενότητα, τα αρχεία TME περιέχουν και πληροφορίες της ταχύτητας του ανέμου. Για τη διερεύνηση της επίδρασης του ανέμου στα κτήρια δημιουργούνται δύο νέες χρονοσειρές βασισμένες στο TME αλλάζοντας την στήλη του ανέμου με μηδενικές τιμές για όλες τις ώρες του έτους. Στη συνέχεια, από τις τιμές της ταχύτητας του ανέμου από το TME της EnergyPlus, υπολογίζεται ο μέσος όρος τιμών που προκύπτει ίσος με 2,5 m/s. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται νέα χρονοσειρά βασισμένη στο TME με ταχύτητα ανέμου ίση με 2,5 m/s για όλες τις ώρες του έτους. Τέλος, για την περιοχή της Αθήνας πραγματοποιούνται προσομοιώσεις με τις ετήσιες χρονοσειρές των 15 ετών(1985 έως 1999).

Για το Κτήριο Β, γίνεται αρχικά η προσομοίωση του κτηρίου με το TME της EnergyPlus για την περιοχή της Αθήνας. Αυτό γίνεται για τη σύγκριση της ενεργειακής συμπεριφοράς των δύο κτηρίων κάτω από ίδιες μετεωρολογικές συνθήκες. Εν συνεχεία, πραγματοποιείται προσομοίωση του Κτηρίου Β κάνοντας χρήση του TME της περιοχής Santa Maria Di Leuca της Ιταλίας. Ακολουθεί η δημιουργία νέου TME βασισμένου στα δεδομένα μιας 15-ετίας, όπως πραγματοποιήθηκε για το Κτήριο Α. Κατόπιν του νέου αυτού TME, γίνεται η αλλαγή της ταχύτητας του ανέμου σε μηδενική. Στις επόμενες προσομοιώσεις μεταβάλλεται ο προσανατολισμός του Κτηρίου Β για την κατανόηση της επίδρασης του προσανατολισμού στην ενεργειακή συμπεριφορά του. Πραγματοποιούνται τέσσερις προσομοιώσεις με προσανατολισμό από 0° και μέχρι τις 350° με βήμα 90°. Σε αυτές τις προσομοιώσεις χρησιμοποιείται το TME της περιοχής της Κέρκυρας. Τέλος, πραγματοποιούνται προσομοιώσεις με τις ετήσιες χρονοσειρές των 15 ετών από το 1985 έως το 1999.

### 3.3.2. Επεμβάσεις στα κτήρια

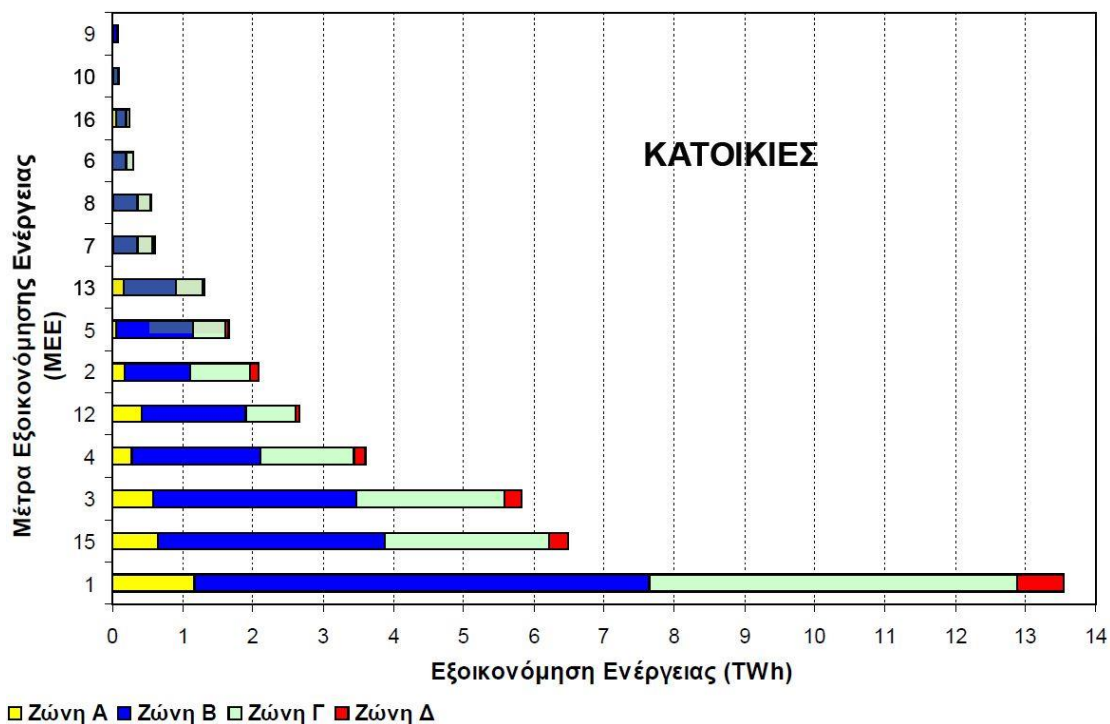
Οι επεμβάσεις στα κτήρια στοχεύουν την αλλαγή της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων για εξοικονόμηση ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, η προσπάθεια γίνεται με σκοπό τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια πριν και μετά από τις επεμβάσεις αυτές. Στόχος είναι η μείωση της θερμικής ενέργειας που καταναλώνεται στα κτήρια Α και Β κατά την περίοδο του χειμώνα.

Για την εκτίμηση του δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας στον οικιακό τομέα, ερευνήθηκε η εφαρμογή διαφόρων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας (Μ.Ε.Ε.) στα πλαίσια μελέτης που εκπονήθηκε για λογαριασμό του ΥΠΕΧΩΔΕ. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής παρουσιάζονται στο Γράφημα 3.5 και στον Πίνακα 3.2.

**Πίνακας 3-2: Παραδοχές και ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας για τα διάφορα Μ.Ε.Ε στα ελληνικά κτήρια κατοικιών (21)**

Μ.Ε.Ε	Παραδοχές εφαρμογής μέτρων	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
#1: Θερμομόνωση εξ. τοίχων	Σε όλα τα αμόνωτα κτήρια προ-1980 και στο 10% των κτηρίων της περιόδου 1980-2001	33-60% της Θ.Ε.
#2: Θερμομόνωση οροφής	Στο 70% των αμόνωτων κτηρίων προ-1980 και στο 10% των κτηρίων της περιόδου 1980-2001	2-14% της Θ.Ε.
#3: Διπλά υαλοστάσια	Σε όλα τα κτήρια προ-1985 και στο 10% των κτηρίων της περιόδου 1985-2001	14-20% της Θ.Ε.
#4: Συντήρηση κεντρικών θερμάνσεων	Σε όλα τα υφιστάμενα κτήρια, που χρειάζονται σύμφωνα με τους εθνικούς κανονισμούς, ετήσια συντήρηση.	10-12% της Θ.Ε.
#5: Νέες κεντρικές θερμάνσεις	Εφαρμογή σε όλα τα κτήρια με παλιό σύστημα κεντρικής θέρμανσης.	15-17% της Θ.Ε. για θέρμανση χώρων.

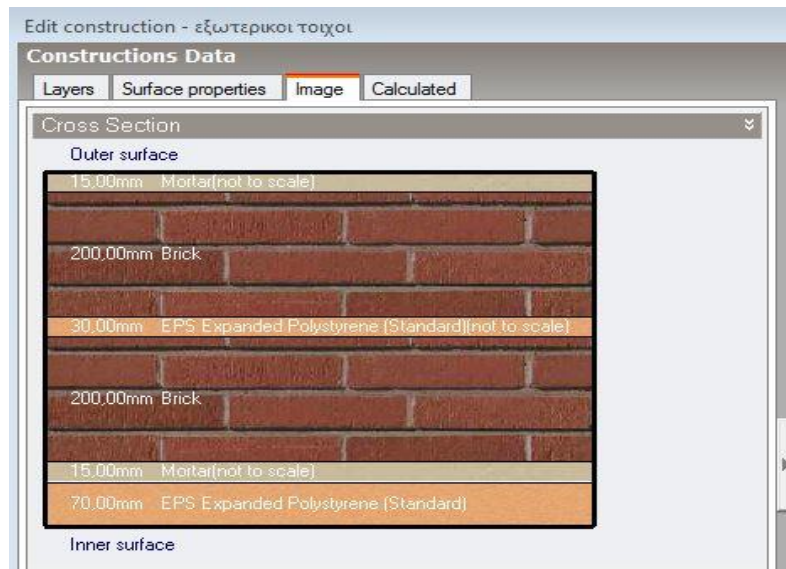
#6:Κεντρική θέρμανση Φ.Α	Εφαρμογή σε 15% των κτηρίων με παλιά συστήματα κεντρικής θέρμανσης, στις κλιματικές ζώνες Β και Γ, όπου το Φ.Α είναι διαθέσιμο.	19-21% της Θ.Ε. για θέρμανση χώρων.
#7:Θερμοστάτες αντιστάθμισης	Εφαρμογή σε όλα τα κτήρια με κεντρική θέρμανση που δεν έχουν θερμοστάτες αντιστάθμισης, σύμφωνα με τους εθνικούς κανονισμούς.	2-3%της Θ.Ε. για θέρμανση χώρων.
#8:Θερμοστάτες χώρων	Εφαρμογή σε όλα τα κτήρια με κεντρική θέρμανση και δυνατότητα θερμοστάτη χώρου.	2-3%της Θ.Ε. για θέρμανση χώρων.
#9:Εξωτερική σκίαση	Στο 50% των κλιματιζόμενων κτηρίων, θεωρώντας ότι κλιματίζετε μόνο το 20% των χώρων τους.	10-20% της Η.Ε. για ψύξη.
#10:Ανεμιστήρες οροφής	Εφαρμογή σε όλα τα κλιματιζόμενα κτήρια με κάλυψη του 20% της επιφάνειάς τους.	60% της Η.Ε για ψύξη.
#11:Νυχτερινός αερισμός	---	---
#12:Ηλιακοί συλλέκτες για ΖΝΧ	Σε όλα τα κτήρια που δεν έχουν ηλιακούς συλλέκτες.	50-80% της Η.Ε. για ΖΝΧ.
#13:Λαμπτήρες υψηλής απόδοσης	Σε όλα τα κτήρια που δεν διαθέτουν.	60% της Η.Ε για φωτισμό.
#14: BMS	---	---
#15:Αεροστεγάνωση	Σε όλα τα αμόνωτα κτήρια προ-1990 και στο 10% των κτηρίων της δεκαετίας του 90.	16-21% της Θ.Ε. για την θέρμανση χώρων.
#16:Κλιματιστικά υψηλής απόδοσης.	Εφαρμογή στο 50% των κλιματιζόμενων κτηρίων που εκτιμήθηκε ότι έχουν παλιά συστήματα κλιματισμού. Αντικατάσταση με νέα υψηλής απόδοσης.	65-75% της Η.Ε. για ψύξη.



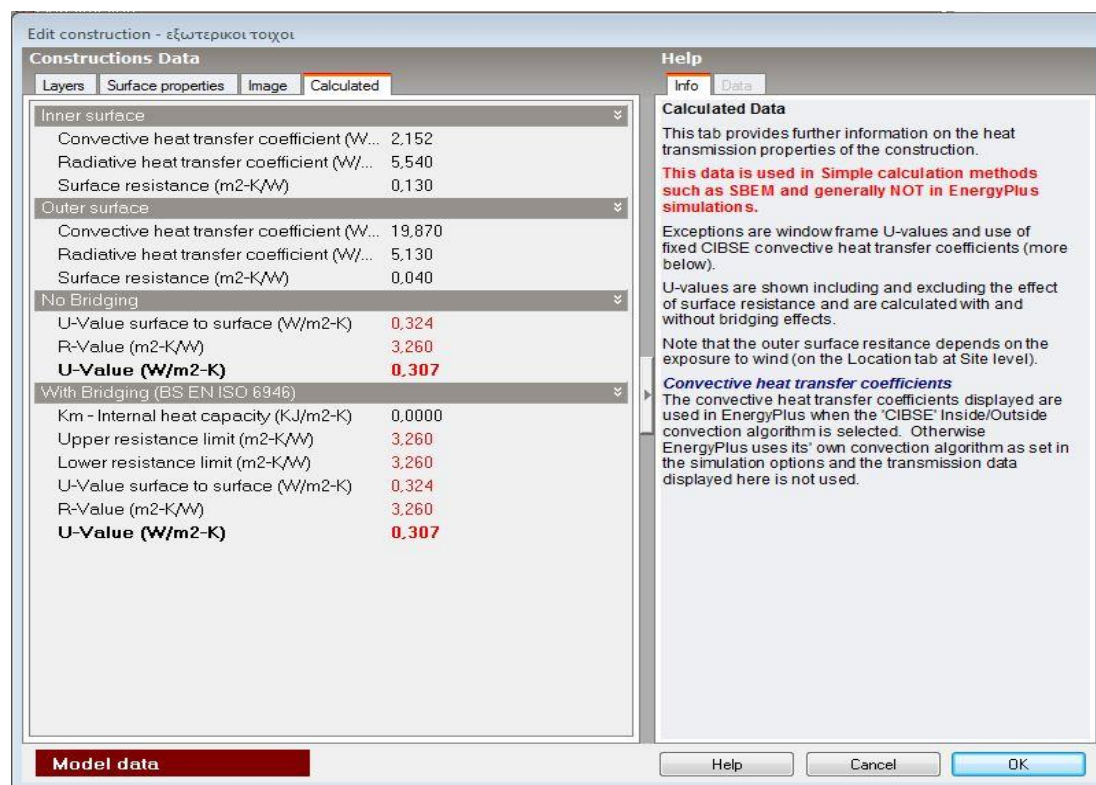
Γράφημα 3-5: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανά κλιματική ζώνη, για τα σημαντικότερα Μ.Ε.Ε. στα κτήρια του οικιακού τομέα για το 2010 (21)

Τα συμπεράσματα της μελέτης αυτής είναι ότι για τις κατοικίες, τα πιο αποδοτικά μέτρα, κατά σειρά προτεραιότητας, είναι η θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων, η αεροστεγάνωση των ανοιγμάτων, η τοποθέτηση διπλών υαλοστασίων και η συστηματική συντήρηση του συστήματος θέρμανσης.

Για τα υπό μελέτη κτήρια, τα μέτρα εξοικονόμησης που θα εφαρμοστούν είναι η εξωτερική θερμομόνωση 7 cm διογκωμένης πολυστερίνης. Στις Εικόνες 3.3 και 3.4 παρουσιάζονται οι εξωτερικοί τοίχοι, οι στρώσεις τους και ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας.



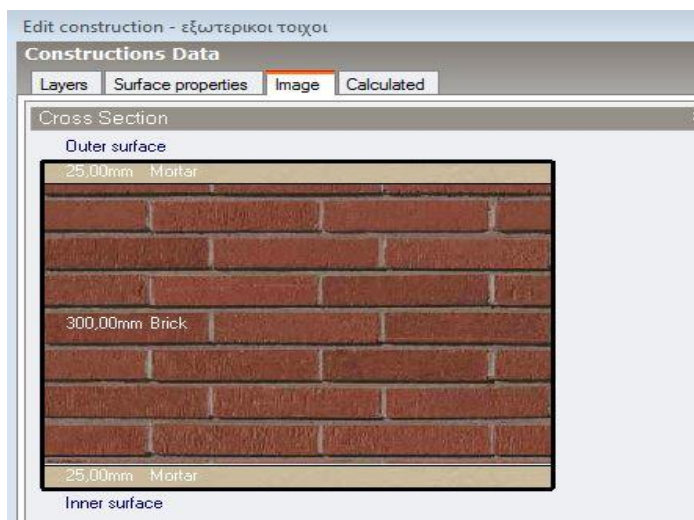
Εικόνα 3-3: Εξωτερικοί τοίχοι με εξωτερική θερμομόνωση



Εικόνα 3-4: Συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων με εξωτερική θερμομόνωση



Τέλος, στο Κτήριο Α θα γίνει μετατροπή έτσι ώστε να πληροί τα κριτήρια κατασκευής των κτηρίων πριν το 1979. Αυτό σημαίνει πως θα αφαιρεθεί η μόνωση στους εξωτερικούς τοίχους και αντί για διπλούς υαλοπίνακες θα μπουν μονά τζάμια και κουφώματα μη ενεργειακά. Οι διαστάσεις και τα υπόλοιπα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτηρίου παραμένουν τα ίδια, καθώς και τα Η/Μ του συστήματα για θέρμανση. Στις Εικόνες 3.5 και 3.6 φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εξωτερικών τοίχων κατασκευής προ του 1979.



Εικόνα 3-5: Εξωτερικοί τοίχοι προ του 1979

Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> ·K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> ·K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,130
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> ·K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> ·K)	5,130
Surface resistance (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> ·K)	2,112
R-Value (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,643
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>·K)</b>	<b>1,554</b>
With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Km - Internal heat capacity (KJ/m <sup>2</sup> ·K)	183,6800
Upper resistance limit (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,643
Lower resistance limit (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,643
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> ·K)	2,112
R-Value (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,643
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>·K)</b>	<b>1,554</b>

**Help**  
Info Data  
**Calculated Data**  
This tab provides further information on the heat transmission properties of the construction.  
**This data is used in Simple calculation methods such as SBEM and generally NOT in EnergyPlus simulations.**  
Exceptions are window frame U-values and use of fixed CIBSE convective heat transfer coefficients (more below).  
U-values are shown including and excluding the effect of surface resistance and are calculated with and without bridging effects.  
Note that the outer surface resistance depends on the exposure to wind (on the Location tab at Site level).  
**Convective heat transfer coefficients**  
The convective heat transfer coefficients displayed are used in EnergyPlus when the 'CIBSE' Inside/Outside convection algorithm is selected. Otherwise EnergyPlus uses its' own convection algorithm as set in the simulation options and the transmission-data displayed here is not used.

Εικόνα 3-6: Συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων κατασκευής προ του 1979

### **3.4. Αποτελέσματα προσομοιώσεων**

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων παρουσιάζονται σε μορφή γραφημάτων στα Παραρτήματα. Στα γραφήματα, ξεκινώντας από την αρχή του χρόνου, φαίνονται για κάθε μήνα συνολικά οι θερμικές απώλειες και τα κέρδη από τον κάθε παράγοντα που επιδρά στο κτήριο καθώς και σε δευτερεύοντα άξονα φαίνεται η μέση θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος. Για τους μήνες με χαμηλή εξωτερική θερμοκρασία, η μετάδοση θερμότητας γίνεται από τον εσωτερικό χώρο του κτηρίου προς το περιβάλλον και δημιουργούνται απώλειες θερμότητας κυρίως από τους εξωτερικούς τοίχους και τα ανοίγματα του. Παράλληλα, ο φυσικός αερισμός του κτηρίου, επιτρέπει στον εξωτερικό αέρα να εισέρχεται μέσα στο κτήριο με αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας μέσα στο χώρο.

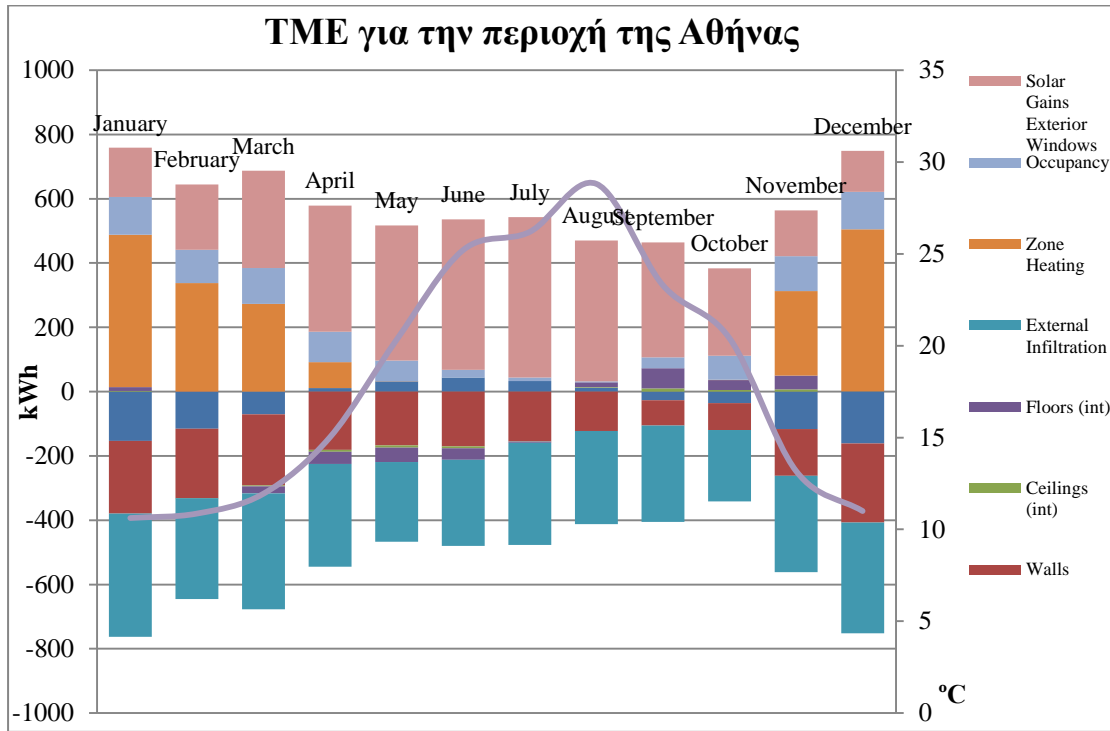
#### **3.4.1. Αποτελέσματα από το EnergyPlus**

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στα Γραφήματα 3.6 και 3.7 είναι αρχικά οι συνολικές κιλοβατώρες (kWh) θερμικής ενέργειας για θέρμανση (για το έτος) και αναλυτικά για κάθε μήνα ενός έτους οι θερμικές απώλειες και κέρδη του κτηρίου από τους διάφορους παράγοντες που επιδρούν σε αυτό σε μορφή γραφημάτων. Επίσης, για το Κτήριο Β, πρόσθετες απώλειες θερμότητας κατά τη χειμερινή περίοδο, δημιουργούνται από το δάπεδό του που έρχεται σε επαφή με το έδαφος καθώς και από την οροφή κάτω από το χώρο της στέγης, όπως φαίνεται στο Γράφημα 3.7. Αντίθετα, στο Κτήριο Α υπάρχουν ελάχιστες θερμικές συναλλαγές από το δάπεδό του και την οροφή καθώς αυτές θεωρούνται αδιαβατικές επιφάνειες, όπως παρουσιάζονται στο Γράφημα 3.6. Οι θερμικές απώλειες των χειμερινών μηνών έρχεται να καλύπτονται από το σύστημα της θέρμανσης του κτηρίου έτσι ώστε να διατηρείται η επιθυμητή θερμοκρασία στους εσωτερικούς χώρους. Επίσης στην κάλυψη των θερμικών φορτίων συμβάλουν οι κάτοικοι του κάθε κτηρίου με την εκπομπή θερμότητας του σώματος. Για την ακτινοβολία αυτή μεγάλο ρόλο παίζουν το είδος του ρουχισμού (χειμερινό ή καλοκαιρινό) και η δραστηριότητα των ανθρώπων μέσα στο κτήριο. Στους μήνες της άνοιξης και του καλοκαιριού, καθώς αυξάνει η εξωτερική θερμοκρασία, μειώνονται οι θερμικές απώλειες του κτηρίου και αυξάνονται τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται από τα ανοίγματα του. Ως αποτέλεσμα, σταματά πλέον η συναλλαγή θερμότητας προς το περιβάλλον κατά τις πρωινές ώρες έχοντας απώλειες την νύχτα που πέφτει και πάλι η θερμοκρασία.

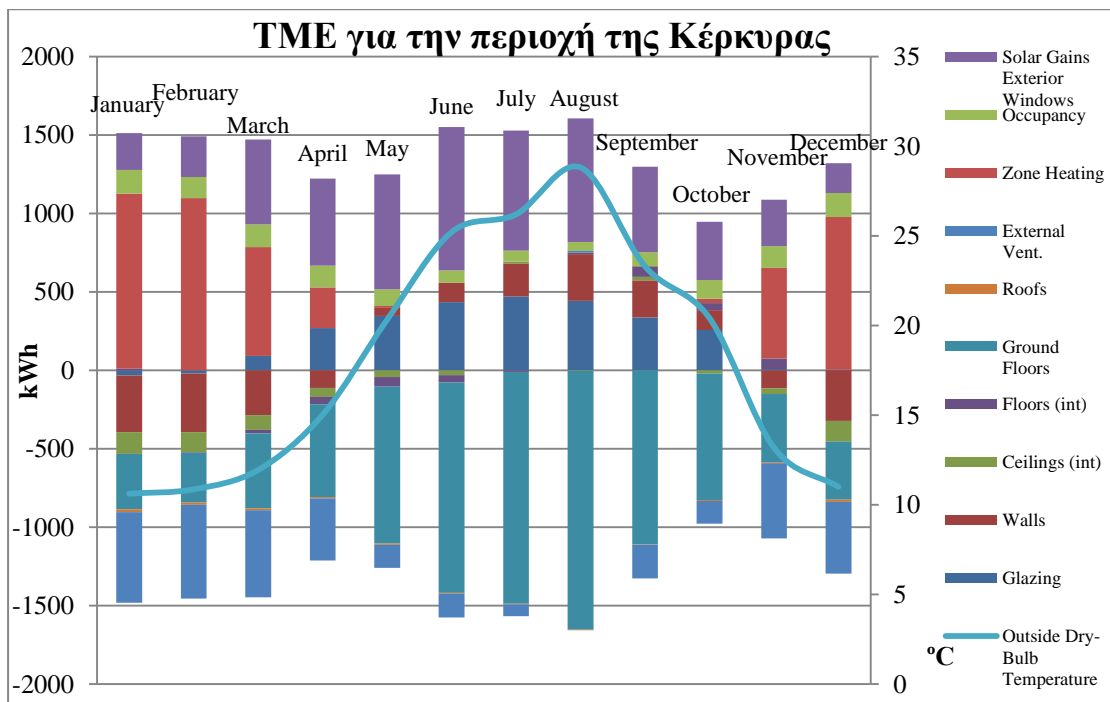
Στο πέρας των καλοκαιρινών μηνών και αρχές του φθινοπώρου, η θερμοκρασία μετά την κορύφωσή της, ξεκινά και πέφτει. Οι απώλειες του κτηρίου αυξάνονται όπως και οι απαιτήσεις για θερμική ενέργεια. Έτσι κλείνει ο κύκλος ενός έτους.

Τα αποτελέσματα από τις λοιπές προσομοιώσεις για το κτήριο Α παρουσιάζονται στο Παράρτημα 1 του 6<sup>ου</sup> κεφαλαίου και για το Κτήριο Β στο Παράρτημα 2.





Γράφημα 3-6: Παρουσίαση αποτελεσμάτων από το EnergyPlus για το Κτήριο Α



Γράφημα 3-7: Παρουσίαση αποτελεσμάτων από το EnergyPlus για κτήριο Β

#### Αποτελέσματα από T.E.E. Κ.Εν.Α.Κ

Τα αποτελέσματα από το λογισμικό T.E.E. Κ.Εν.Α.Κ., σε αντίθεση με το EnergyPlus παρουσιάζονται με διαφορετικό τρόπο. Τα αποτελέσματα είναι πιο συνοπτικά και στοχευόμενα. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται για το κτήριο είναι τριών ειδών καταναλώσεις ενέργειας και η ενεργειακή κατάσταση του κτηρίου. Οι καταναλώσεις αυτές υπολογίζονται πρώτα για το κτήριο αναφοράς και κατά δεύτερον για το υπάρχον κτήριο. Τα

αποτελέσματα που φαίνονται στα Παραρτήματα 3 και 4 του 6<sup>ου</sup> κεφαλαίου, είναι για το εκάστοτε κτήριο. Οι θερμικές ενέργειες που υπολογίζει το λογισμικό είναι η πρωτογενής ενέργεια, οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου και τέλος οι καταναλώσεις του. Στους Πίνακες 3.3-3.5 φαίνονται οι υπολογισμοί όπως παρουσιάζονται από το πρόγραμμα.

**Πίνακας 3-3: Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας από το Τ.Ε.Ε Κ.Εν.Α.Κ για το Κτήριο Α**

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ						
		ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	
(kWh/m <sup>2</sup> )						
ΙΑΝ		20.8	0.0	0.0	0.0	
ΦΕΒ		16.3	0.0	0.0	0.0	
ΜΑΡ		11.3	0.0	0.0	0.0	
ΑΠΡ		0.8	0.0	0.0	0.0	
ΜΑΙ		0.0	1.0	0.0	0.0	
ΙΟΥΝ		0.0	6.6	0.0	0.0	
ΙΟΥΛ		0.0	9.8	0.0	0.0	
ΑΥΓ		0.0	8.9	0.0	0.0	
ΣΕΠ		0.0	1.6	0.0	0.0	
ΟΚΤ		0.0	0.0	0.0	0.0	
ΝΟΕ		6.6	0.0	0.0	0.0	
ΔΕΚ		16.8	0.0	0.0	0.0	
ΣΥΝ		72.5	27.9	0.0	0.0	

**Πίνακας 3-4: Ενεργειακές απαιτήσεις ΚτηρίουΑ από το Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ**

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΗΡΙΟΥ						
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ		
(kWh/m <sup>2</sup> )						
	14.6	0.0	2.3	0.0		
	11.4	0.0	2.1	0.0		
	7.9	0.0	2.2	0.0		
	0.8	0.0	2.0	0.0		
	0.0	1.7	1.7	0.0		
	0.0	11.6	1.4	0.0		
	0.0	17.1	1.3	0.0		
	0.0	15.5	1.3	0.0		
	0.0	2.8	1.4	0.0		
	0.0	0.0	1.7	0.0		
	4.6	0.0	1.9	0.0		
	11.8	0.0	2.2	0.0		
	51.2	48.8	21.5	0.0		

Πίνακας 3-5 Καταναλώσεις Κτηρίου Α από Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΗΡΙΟΥ						
		ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	
(kWh/m <sup>2</sup> )						
ΙΑΝ		18.9	0.0	0.0		0.0
ΦΕΒ		14.8	0.0	0.0		0.0
ΜΑΡ		10.3	0.0	0.0		0.0
ΑΠΡ		0.8	0.0	0.0		0.0
ΜΑΙ		0.0	0.3	0.0		0.0
ΙΟΥΝ		0.0	2.3	0.0		0.0
ΙΟΥΛ		0.0	3.4	0.0		0.0
ΑΥΓ		0.0	3.1	0.0		0.0
ΣΕΠ		0.0	0.5	0.0		0.0
ΟΚΤ		0.0	0.0	0.0		0.0
ΝΟΕ		6.0	0.0	0.0		0.0
ΔΕΚ		15.2	0.0	0.0		0.0
ΣΥΝ		65.9	9.6	0.0		0.0

Η διαφορά μεταξύ αυτών των τριών υπολογισμών είναι πως η πρωτογενής ενέργεια είναι η καταναλισκόμενη ενέργεια του κτηρίου όπου έχει μετατραπεί σε πρωτογενή, ενώ η απαιτούμενη ενέργεια είναι η καθαρή ενέργεια η οποία εισάγεται στο κτήριο είτε για θέρμανση των χώρων είτε για ψύξη, ΖΝΧ και φωτισμό. Επίσης, φαίνεται σε κάθε φύλλο αποτελεσμάτων η ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου κατά τον Κ.Εν.Α.Κ. όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.7. Τα αποτελέσματα των δύο κτηρίων βρίσκονται συγκεντρωτικά στα παραρτήματα. Για το Κτήριο Α οι προσομοιώσεις του Κ.Εν.Α.Κ. είναι στο Παράρτημα 3, ενώ για το Κτήριο Β στο Παράρτημα 4.

A+	E.A. < 0.33
A	0.33 Κ.Α. < E.A. <
B+	0.50 Κ.Α. < E.A. < 0.75
B	0.75 Κ.Α. < E.A. < 1.00
Γ	1.00 Κ.Α. < E.A. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < E.A. < 1.82 Κ.Α.
Ε	1.82 Κ.Α. < E.A. < 2.27 Κ.Α.
Ζ	2.27 Κ.Α. < E.A. < 2.73 Κ.Α.
Η	2.73 Κ.Α. < E.A.

Εικόνα 3-7: Ενεργειακές Κατατάξεις κατά ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ

## 4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Σε κάθε υποενότητα του κεφαλαίου αυτού επιλέγονται προσομοιώσεις και συγκρίνονται μεταξύ τους, παρουσιάζοντας τα συνολικά δεδομένα των αποτελεσμάτων για τις χρονοσειρές και τα κτήρια που προσομοιώθηκαν. Εξετάζονται κυρίως οι θερμικές απώλειες και η ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων για θέρμανση των χώρων κατά την περίοδο του χειμώνα. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ, η περίοδος του χειμώνα είναι οι μήνες: Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, οι 15 πρώτες μέρες του Απρίλη και από τον Οκτώβρη μέχρι τέλος του χρόνου.

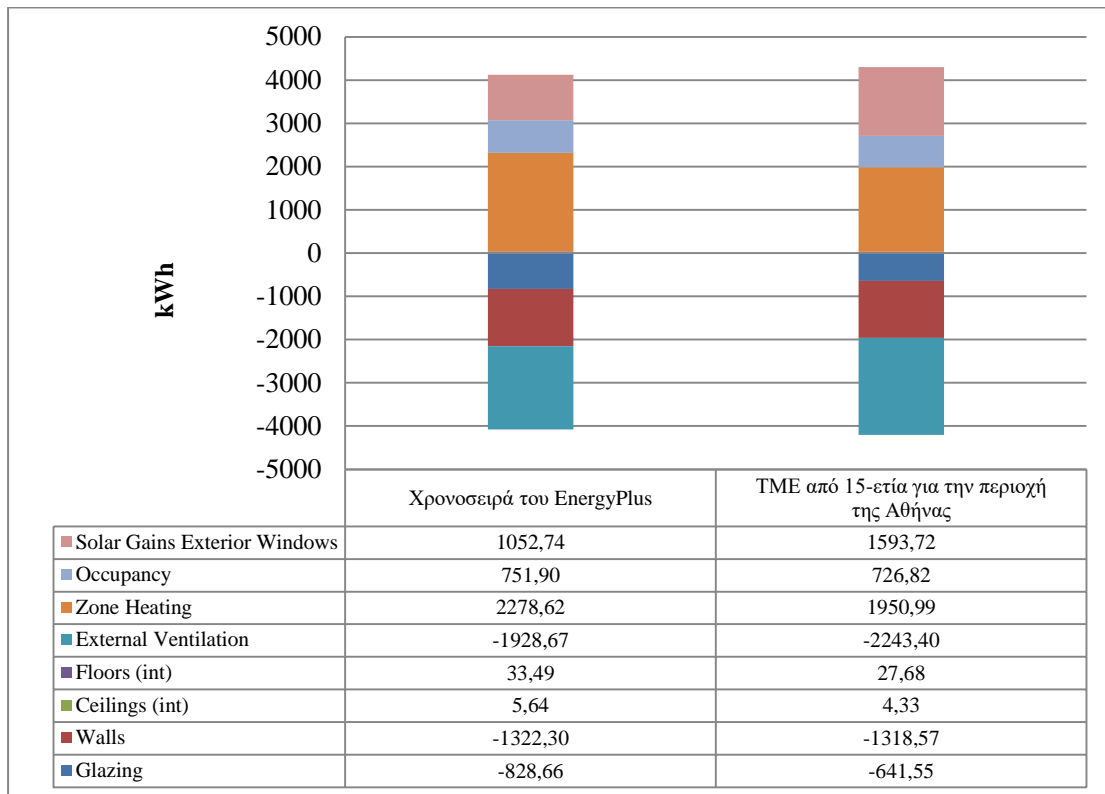
Για τους μήνες αυτούς αθροίζονται και παρουσιάζονται οι απώλειες από τους τοίχους οροφές και ανοίγματα, τα θερμικά κέρδη από τους ανθρώπους, από τον ήλιο καθώς και την απαιτούμενη ποσότητα θερμότητας για την θέρμανση.

### 4.1. Σύγκριση αποτελεσμάτων μετεωρολογικών τιμών EnergyPlus και TME για την περιοχή της Αθήνας

Σε αυτήν την υποενότητα εξετάζονται συγκριτικά τα αποτελέσματα των δύο αυτών διαφορετικών TME, του ενός που προσφέρει η EnergyPlus για την τοποθεσία της Αθήνας και του TME που δημιουργήθηκε με πραγματικά μετεωρολογικά δεδομένα της Αθήνας από την EMY μετά από στατιστική επεξεργασία των τιμών. Οι προσομοιώσεις έγιναν στο κτήριο Α με τα χαρακτηριστικά που είναι σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ. Στον Πίνακα 4.1 φαίνονται τα αποτελέσματα αριθμητικά ενώ στο Γράφημα 4.1 γραφικά.

Πίνακας 4-1: Συνολικές καταναλώσεις χειμερινής περιόδου των προσομοιώσεων

Κτήριο Προσομοίωσης	A	A
Χρονοσειρά δεδομένων	TME του Energy Plus	TME
Συνολική Θερμική Ενέργεια [kWh]	2278,62	1950,99
Ανηγγεμένη Ενέργεια στην συνολική επιφάνεια του κτηρίου [kWh/m <sup>2</sup> ]	28,38	24,30



**Γράφημα 4-1: Αθροιστικά αποτελέσματα του TME του EnergyPlus και του TME από την 15-ετία για την περιοχή της Αθήνας**

Όπως φαίνεται στο Γράφημα 4.1, οι απώλειες του Κτηρίου Α οφείλονται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό στον φυσικό αερισμό του. Περίπου 2000 kWh θερμικής ενέργειας τον χειμώνα χάνεται κατά την εισαγωγή νωπού αέρα στο κτήριο, άλλες περίπου 2000 kWh είναι απώλειες του κελύφους που μοιράζονται στους τοίχους κατά το 60% και τα ανοίγματα στο υπόλοιπο ποσοστό 40%. Επίσης από το δάπεδο και την οροφή έχουμε πολύ μικρές συναλλαγές θερμότητας καθώς θεωρούνται αδιαβατικές επιφάνειες εφόσον υπάρχουν άλλες θερμαινόμενες ζώνες στο κτήριο από πάνω και από κάτω.

Από την άλλη, τα θερμικά κέρδη προέρχονται από τρεις διαφορετικούς παράγοντες. Ο πρώτος είναι η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο κτήριο από τα ανοίγματα και προσδίδει ενέργεια, ο δεύτερος είναι η θερμική ακτινοβολία των ανθρώπων μέσα στο κτήριο και ο τρίτος, η θερμότητα που ακτινοβολούν τα θερμοκρασιακά σώματα μέσα στους χώρους.

Συγκρίνοντας τις δύο προσομοιώσεις με μια πρώτη ματιά, τα αποτελέσματα φαίνονται αρκετά όμοια. Μεγαλύτερη διαφορά υπάρχει ανάμεσα στα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία του TME μέσω των ανοιγμάτων με διαφορά 500 kWh, περίπου δηλαδή 50% παραπάνω από το TME του EnergyPlus. Επίσης, στις απώλειες από τα ανοίγματα, τα αποτελέσματα του TME του EnergyPlus ξεπερνούν τα αποτελέσματα του TME με διαφορά που φτάνει το 30%. Τέλος, εξαιτίας των διαφορών αυτών, τα αποτελέσματα της θερμικής ενέργειας του κτηρίου αποκλίνουν μεταξύ τους. Φαίνεται πως η θερμική ενέργεια που δαπανήθηκε για την θέρμανση του κτηρίου σύμφωνα με την προσομοίωση του TME από το EnergyPlus είναι μεγαλύτερη από αυτήν του TME σε ποσοστό 17%.

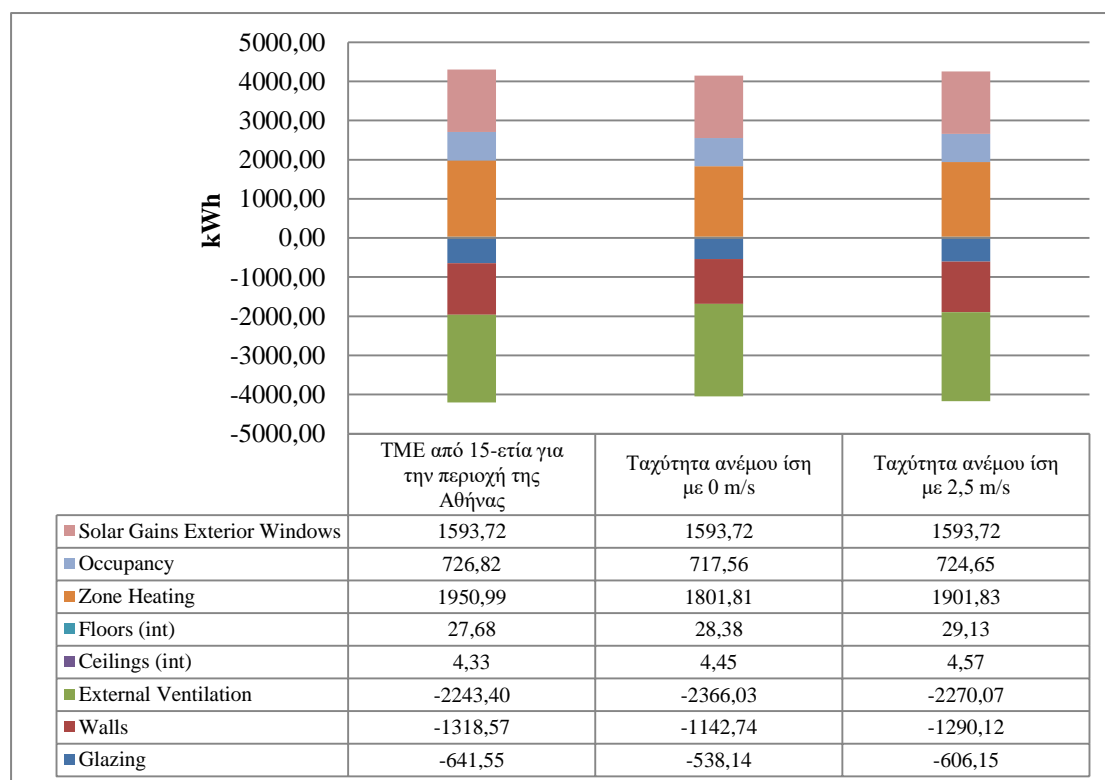
#### **4.2. Σύγκριση διαφορετικών τιμών ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή της Αθήνας**

Στην ενότητα αυτή γίνονται οι προσομοιώσεις με την χρονοσειρά του TME, μεταβάλλοντας τις τιμές της ταχύτητας του ανέμου. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι

διαθέσιμες χρονοσειρές δεν περιείχαν μετρήσεις αιολικού δυναμικού, οπότε χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές από τη χρονοσειρά του TME του EnergyPlus. Θέμα προς εξέταση αποτέλεσε και η επίδραση του ανέμου στις ενεργειακές προσομοιώσεις και αν η απουσία των δεδομένων αυτών επηρεάζει τα αποτελέσματά τους. Για το σκοπό αυτό οι τιμές της ταχύτητας του ανέμου θεωρούνται αρχικά με μηδενικές, δηλαδή για όλες τις ώρες του έτους μπαίνει η τιμή 0 m/s και στη συνέχεια, αφού υπολογίζεται η μέση ετήσια τιμή της ταχύτητας του ανέμου (2,5 m/s), αλλάζονται όλες οι ωριαίες τιμές με τη μέση αυτή τιμή.

**Πίνακας 4-2: Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων για το TME από τη 15-ετία, με διαφορετικές τιμές ταχύτητας ανέμου**

Κτήριο Προσομοίωσης	A	A	A
Χρονοσειρά δεδομένων	Χρονοσειρά με ταχύτητα ανέμου από το TME του EnergyPlus	Ταχύτητα ανέμου ίση με 0 m/s	Ταχύτητα ανέμου ίση με 2,5 m/s
Συνολική Θερμική Ενέργεια[kWh]	<b>1950,99</b>	<b>1819,49</b>	<b>1920,71</b>
Ανηγμένη Ενέργεια στην συνολική επιφάνεια του κτηρίου [kWh/m <sup>2</sup> ]	<b>24,30</b>	<b>22,66</b>	<b>23,92</b>



**Γράφημα 4-2: Συγκριτικό γράφημα αποτελεσμάτων διαφορετικών τιμών ταχύτητας ανέμου για την περιοχή της Αθήνας**

Αυτό που παρατηρείται από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων με τη χρήση διαφορετικών τιμών ταχύτητας του ανέμου, είναι ότι δεν προκύπτουν σημαντικές διαφορές στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου. Ειδικότερα, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με τη χρήση της χρονοσειράς ταχυτήτων ανέμου του EnergyPlus με τα αποτελέσματα της χρονοσειράς των μηδενικών τιμών της ταχύτητας του ανέμου, φαίνεται πως οι απώλειες από τους τοίχους και τα ανοίγματα είναι χαμηλότερες (περίπου 200 kWh στο καθένα), δηλαδή περίπου 17%. Τελικά, η καταναλισκόμενη θερμική ενέργεια του κτηρίου μειώνεται κατά 8% με μηδενική ταχύτητα του ανέμου. Όπως προκύπτει, το αιολικό δυναμικό επηρεάζει τα αποτελέσματα της ενεργειακής κατανάλωσης του Κτηρίου Α παρ'όλο που οι

ταχύτητες του ανέμου είναι σχετικά χαμηλές καθώς σε μία περιοχή περισσότερο ανεμογενή - για παράδειγμα το Αιγαίο- η επίδραση του ανέμου αναμένεται να είναι μεγαλύτερη.

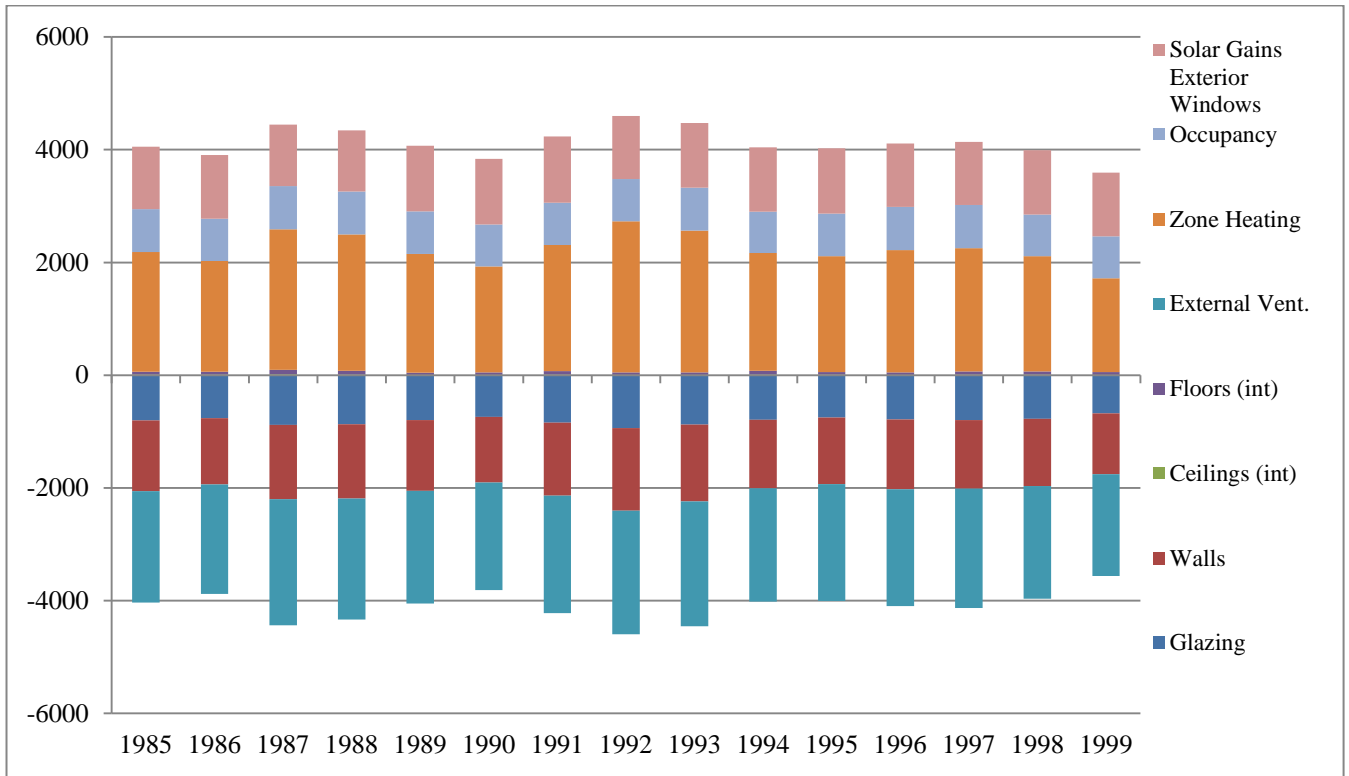
#### **4.3. Ενεργειακές προσομοιώσεις κτηρίου κατοικίας στην Αθήνα με πραγματικές χρονοσειρές μετεωρολογικών δεδομένων**

Αντίστοιχα, έγιναν προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας τις χρονοσειρές μετεωρολογικών ετών όπως αυτές έχουν καταγραφεί από μετρητικά όργανα για τις τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας ξηρού βολβού για κάθε ώρα του έτους. Σκοπός των προσομοιώσεων αυτών είναι να εξεταστεί η ενεργειακή συμπεριφορά του Κτηρίου Α για μια περίοδο δεκαπέντε ετών στην περιοχή της Αθήνας. Τα αποτελέσματα φαίνονται αριθμητικά στον Πίνακα 4.3 για την συνολική θερμική ενέργεια κάθε χρονιάς.

**Πίνακας 4-3: Αποτελέσματα ενεργειακών προσομοιώσεων κατοικίας στην Αθήνα για την περίοδο 1985-1999**

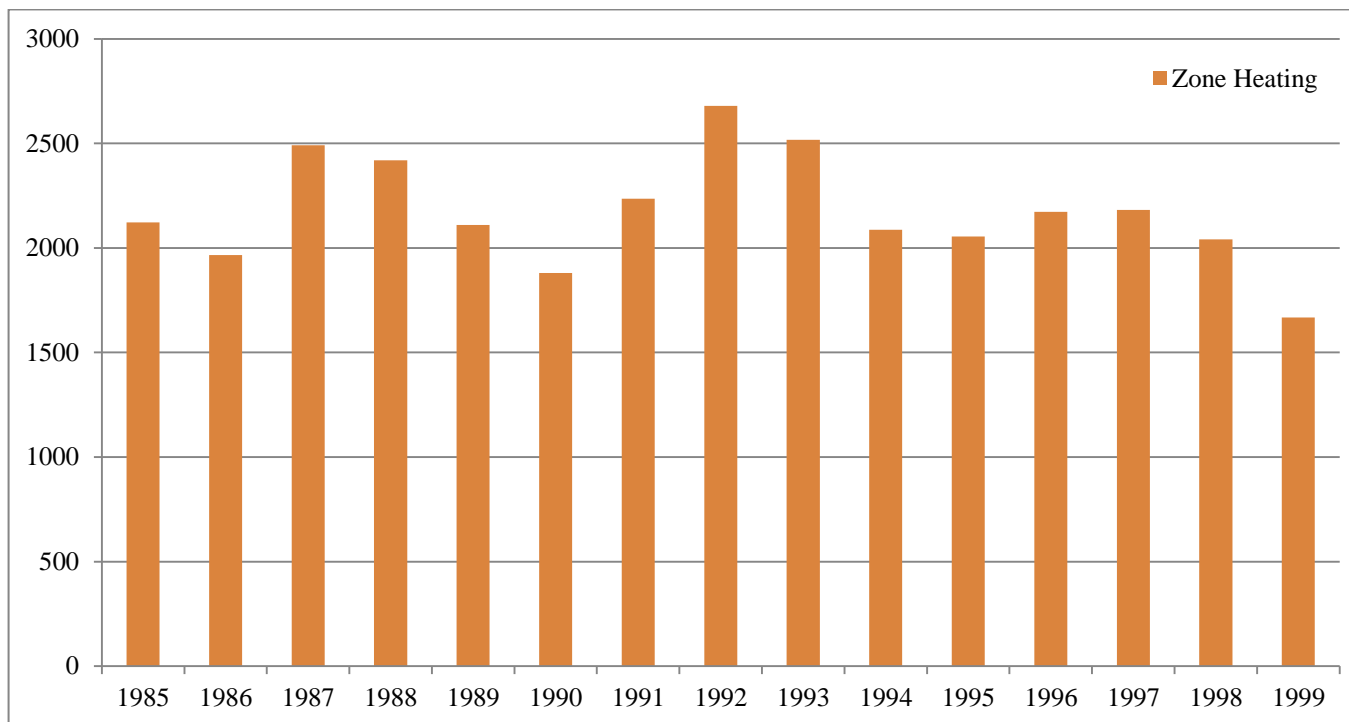
<i>Χρονοσειρά έτους</i>	<i>Συνολική Θερμική Ενέργεια kWh</i>	<i>Θερμική Ενέργεια/Επιφάνεια kWh/m<sup>2</sup></i>
<b>1985</b>	2143,71	26,70
<b>1986</b>	1988,61	24,77
<b>1987</b>	2540,04	31,64
<b>1988</b>	2445,63	30,46
<b>1989</b>	2135,80	26,60
<b>1990</b>	1906,41	23,75
<b>1991</b>	2264,19	28,20
<b>1992</b>	2709,16	33,75
<b>1993</b>	2549,00	31,75
<b>1994</b>	2121,48	26,43
<b>1995</b>	2080,59	25,92
<b>1996</b>	2194,18	27,33
<b>1997</b>	2212,73	27,56
<b>1998</b>	2062,22	25,69
<b>1999</b>	1686,10	21,00





Γράφημα 4-3: Αποτελέσματα χρονοσειρών για 15 έτη (1985-1999) για την περιοχή της Αθήνας

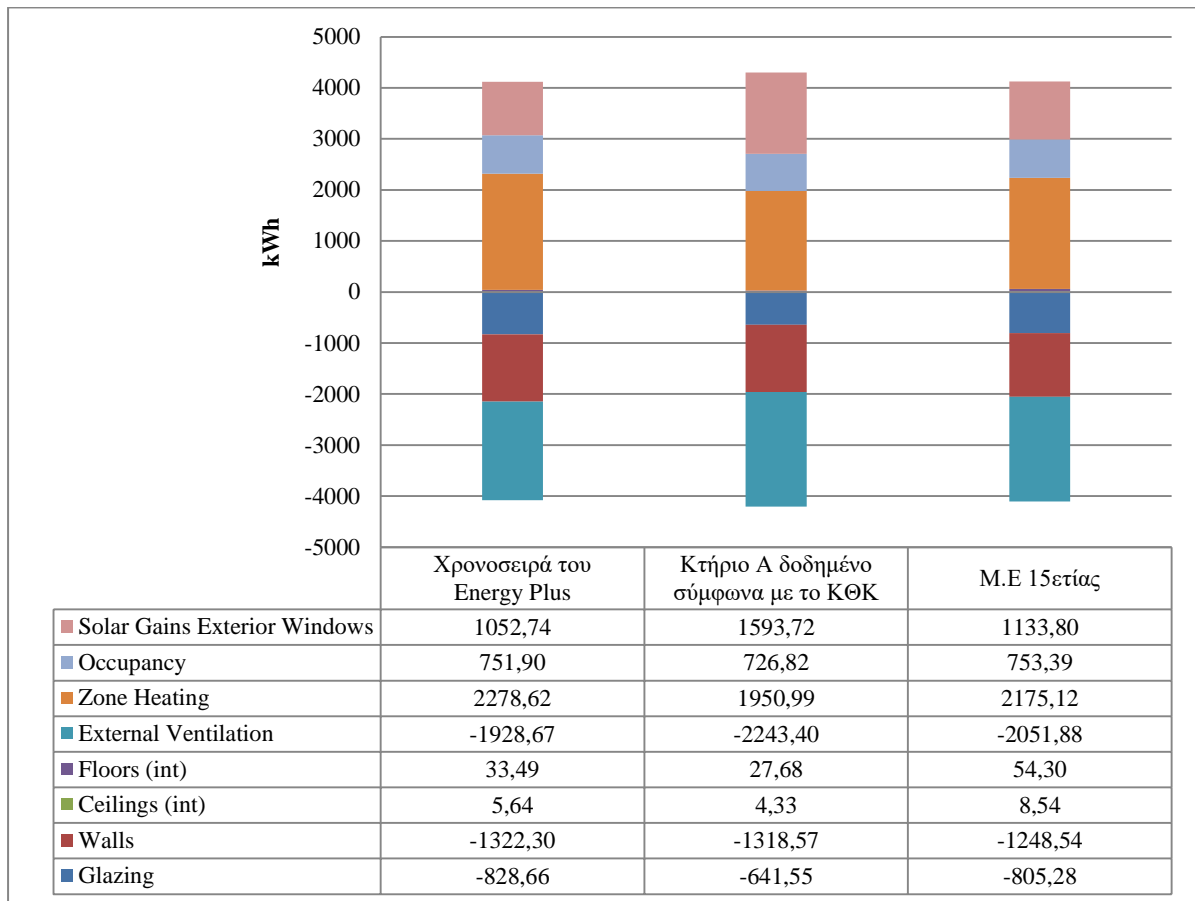
Στο Γράφημα 4.3 φαίνεται πώς οι τιμές των αποτελεσμάτων της ενεργειακής κατανάλωσης μέσα στη 15-ετία μεταβάλλονται στα διάφορα έτη. Βλέπουμε ότι σε ορισμένες χρονιές, όπως για παράδειγμα στο 1992 και 1993, υπάρχουν μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας από τους τοίχους σε επαφή με το περιβάλλον και από τον αερισμό του κτηρίου. Από αυτό συμπεραίνουμε πως η μείωση της θερμοκρασίας στις χρονιές αυτές έχει αντίκτυπο στην ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου, καθώς τα κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία και τους κατοίκους έχουν πολύ μικρότερες διαφορές μεταξύ τους, όπως είναι λογικό. Στο Γράφημα 4.4 φαίνονται τα αποτελέσματα της θερμικής ενέργειας για κάθε έτος.



**Γράφημα 4-4: Αποτελέσματα της θερμικής ενέργειας για τις χρονιές 1985-1999 για την περιοχή της Αθήνας**

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του Γραφήματος 4.4, φαίνεται πιο ξεκάθαρα η διαφορά της ενεργειακής συμπεριφοράς του Κτηρίου Α στα έτη αυτά. Την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας φαίνεται να υπάρχει το έτος 1992, ενώ η μικρότερη το 1999. Η διαφορά τους φτάνει τις 1000 kWh, δηλαδή το έτος 1992 έχει κατά 60% μεγαλύτερη κατανάλωση θερμικής ενέργειας απ'ότι το έτος 1999.

Τα αποτελέσματα των 15ετών μπορούν να συγκριθούν έτσι ώστε να βγει συμπερασματικά εάν η χρονοσειρά του ΤΜΕ του EnergyPlus είναι αντιπροσωπευτική για κάθε χρονιά ή όχι και κατ'επέκταση εάν η χρονοσειρά της 15ετίας του ΤΜΕ ταιριάζει με τα αυτές των ετών 1985-1999. Για τη σύγκριση αυτή, από όλα τα έτη πάρθηκε η μέση τιμή των ωριαίων τιμών και δημιουργήθηκε μία χρονοσειρά με τις τιμές αυτές ως μέσο έτος της 15-ετίας 1985-1999. Στο Γράφημα 4.5 φαίνεται η σύγκριση αυτών των τριών χρονοσειρών.



**Γράφημα 4-5: Σύγκριση χρονοσειράς TME, TME του EnergyPlus και του Μέσου Έτους των ετών 1985-1999**

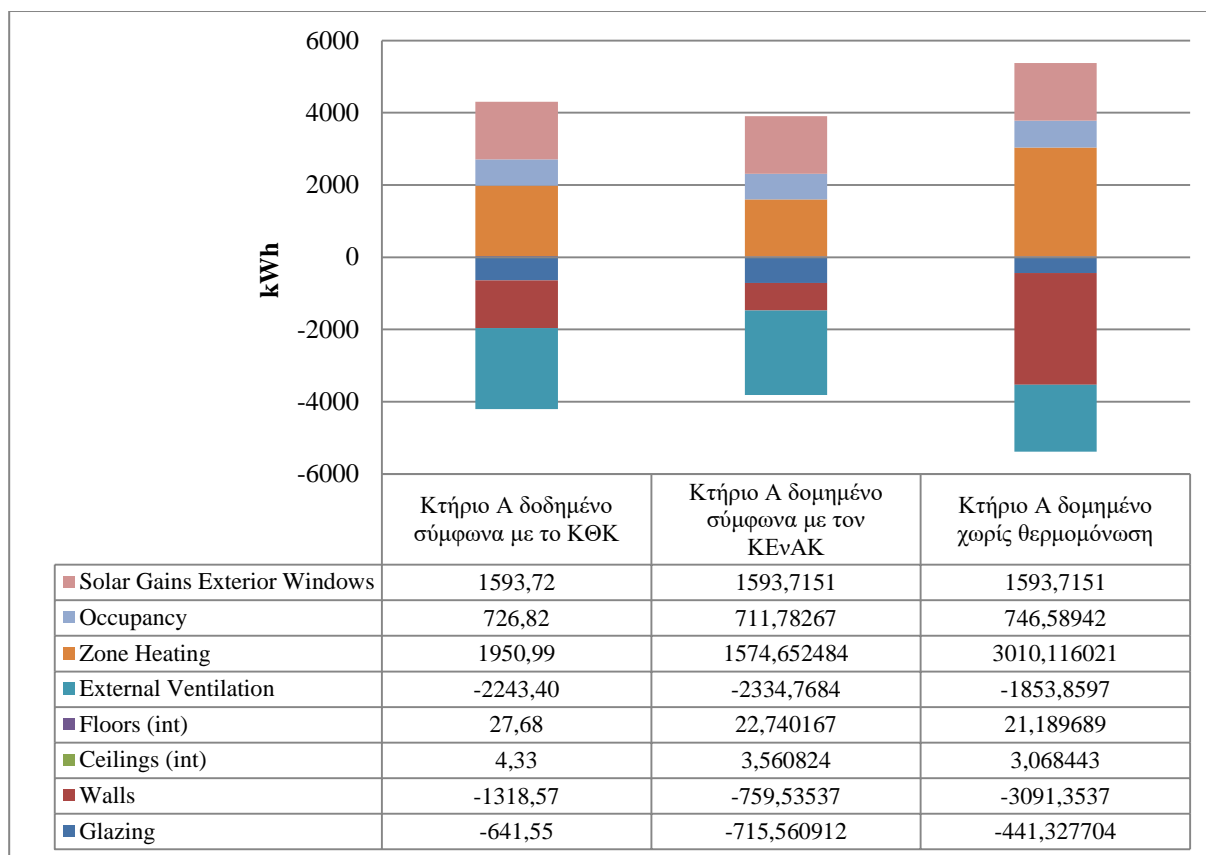
Συγκρίνοντας τις τιμές των αποτελεσμάτων, φαίνεται πως τα αποτελέσματα είναι πολύ κοντά. Φαίνεται πως τα αποτελέσματα του TME του EnergyPlus είναι παρόμοια με αυτά του TME που έχει προκύψει από τις χρονοσειρές της 15-ετίας. Ομοίως φαίνεται πως και το μέσο έτος αποδίδει τα ίδια αποτελέσματα με ελάχιστα μικρότερες τιμές θερμικής ενέργειας του κτηρίου, εξαιτίας των μεγαλύτερων τιμών ηλιακών κερδών που εμφανίζει.

#### **4.4. Σύγκριση του Κτηρίου Α για διαφορετικούς κανονισμούς θερμομόνωσης**

Στην υποενότητα αυτή γίνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων από τις προσομοιώσεις του Κτηρίου Α, στο οποίο αλλάζονται τα χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του σύμφωνα με διαφορετικούς κανονισμούς θερμομόνωσης. Πιο συγκεκριμένα, μεταβάλλεται η θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας και τα ανοίγματα του κτηρίου έτσι ώστε ο συντελεστής θερμοπερατότητας τους να είναι σύμφωνος με τον κάθε κανόνα. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις του κτηρίου Α, η πρώτη περιγράφει το Κ.Θ.Κ του 1979, η δεύτερη περιγράφει το κτήριο χωρίς θερμομόνωση και με παλαιού τύπου ανοίγματα και η τρίτη περιγράφει σύμφωνα με το ΚΕνΑΚ.

**Πίνακας 4-4: Αποτελέσματα προσομοιώσεων για τις επεμβάσεις στο Κτήριο Α**

Κτήριο Προσομοίωσης	A	A	A
Κανονισμός Θερμομόνωσης	Κ.Θ.Κ	Χωρίς θερμομόνωση	ΚΕνΑΚ
Συνολική Θερμική Ενέργεια [kWh]	<b>1950,99</b>	<b>3010,11</b>	<b>1592,08</b>
Ανηγγεμένη Ενέργεια στην συνολική επιφάνεια του κτηρίου [kWh/m <sup>2</sup> ]	<b>24,30</b>	<b>37,86</b>	<b>19,83</b>



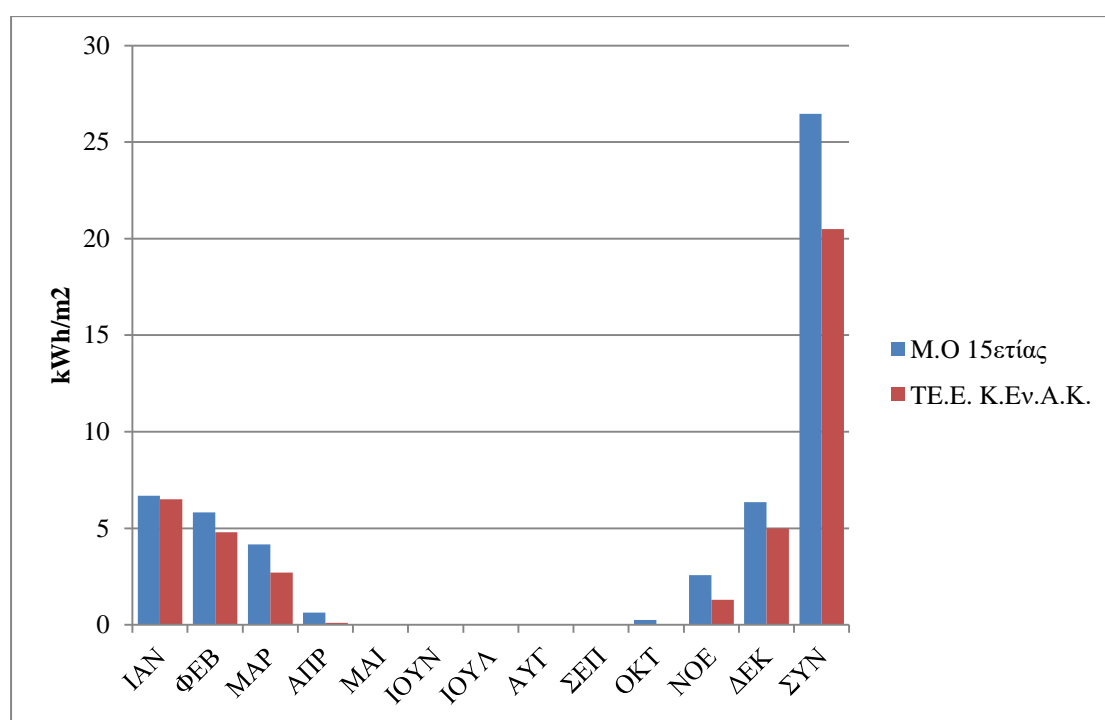
**Γράφημα 4-6: Συγκριτικό γράφημα αποτελεσμάτων για απαιτούμενη θερμική ενέργεια του κτηρίου Α με διαφορετικές θερμομονώσεις**

Τα αποτελέσματα του EnergyPlus δείχνουν καταρχάς πως τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία των ανοιγμάτων είναι η ίδια και για τις τρεις περιπτώσεις, πράγμα το οποίο είναι αναμενόμενο καθώς η ηλιακή ακτινοβολία και στις τρεις περιπτώσεις προέρχεται από το ίδιο TME για την περιοχή της Αθήνας. Επίσης και τα θερμικά κέρδη από τους ανθρώπους είναι τα ίδια καθώς το πρόγραμμα δραστηριότητάς τους και ο αριθμός είναι τα ίδια. Αντιθέτως, διαφορές υπάρχουν στις θερμικές απώλειες των τοίχων και των ανοιγμάτων. Στους τοίχους, όπως ήταν αναμενόμενο από τις τρεις περιπτώσεις το μικρότερο ποσό συναλλαγής θερμότητας το είχαν οι τοίχοι οι βελτιωμένοι με εξωτερικού τύπου θερμομόνωση 7 cm σύμφωνα με το κανόνα ΚΕνΑΚ. Το ποσό της εξοικονόμησης ενέργειας συγκρίνοντας το κτήριο σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ και το κτήριο μετά τις επεμβάσεις, είναι περίπου 42%. Παράλληλα, συγκρίνοντας το κτήριο προ του 1979 με το κτήριο κατά Κ.Θ.Κ, ουσιαστικά δηλαδή προσθέτοντας 3 cm θερμομόνωσης παρατηρούμε πως η εξοικονόμηση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση των χώρων είναι 57%. Από την άλλη, στις απώλειες των ανοιγμάτων φαίνεται παραδόξως πως το κτήριο κατά Κ.Θ.Κ. το οποίο έχει διπλά τζάμια και διάκενο αέρα 12 mm σε σύγκριση με το κτήριο προ του 1979, να έχει μεγαλύτερες απώλειες. Αυτό συμβαίνει γιατί το πρόγραμμα παρουσιάζει αθροιστικά τις

συναλλαγές θερμότητας με το εξωτερικό περιβάλλον. Όπως είναι λογικό, τα μονά τζάμια έχουν μεγαλύτερες συναλλαγές θερμότητας προς αλλά και από το εξωτερικό περιβάλλον και αυτό φαίνεται σε αυτά τα αποτελέσματα. Δεν σημαίνει πως είναι πιο συμφέρουσα η επιλογή των μονών τζαμιών από τα διπλά αλλά αθροιστικά φαίνεται πως τα διπλά τζάμια δεν επιτρέπουν την μεγάλη διέξοδο της θερμότητας προς το περιβάλλον και ομοίως δύσκολα επιτρέπουν την εισαγωγή της θερμότητας από το περιβάλλον στον χώρο του σπιτιού.

#### 4.5. Σύγκριση των αποτελεσμάτων της χρονοσειράς του μέσου έτους της 15ετίας και του Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ για το κτήριο Α στην περιοχή της Αθήνας

Για τη σύγκριση αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της θερμικής ενέργειας του μέσου έτους της 15ετίας ανηγμένα ανά τετραγωνικό του κτηρίου στο Γράφημα 4.7 και συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του Κ.Εν.Α.Κ.

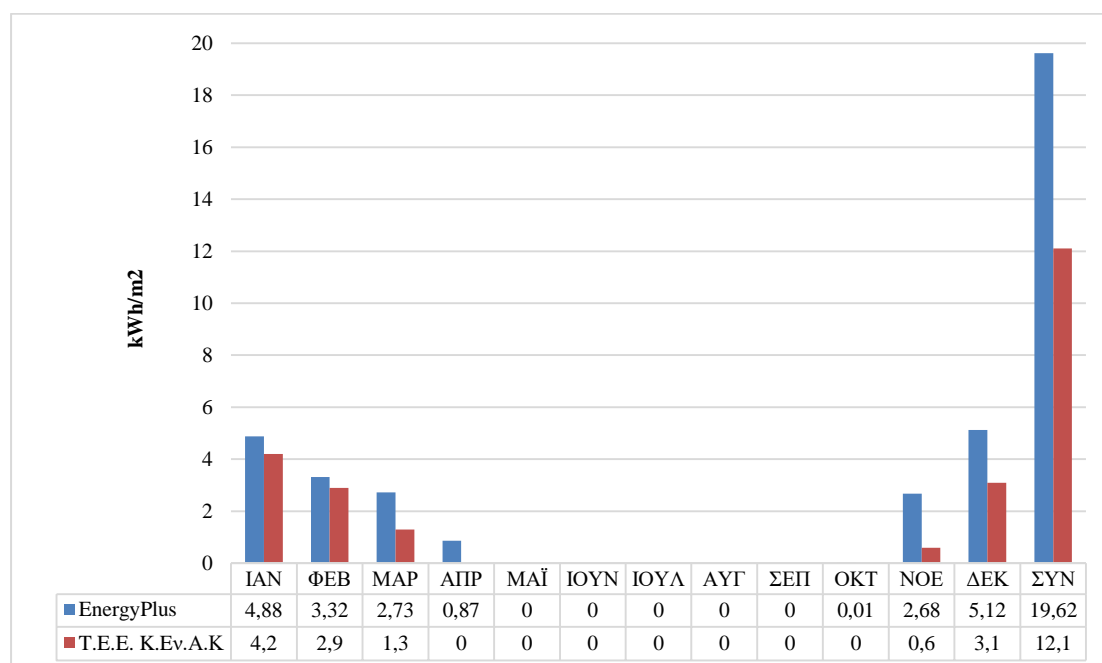


Γράφημα 4-7: Συγκριτικό γράφημα αποτελεσμάτων για απαιτούμενη θερμική ενέργεια του κτηρίου Α

Η εξέταση των αποτελεσμάτων δείχνει πως τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο η απαιτούμενη θερμότητα του Κτηρίου Α και από τα δύο προγράμματα είναι σχεδόν ίση. Μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στους μήνες Νοέμβρη και Δεκέμβρη. Η συνολική διαφορά τους ξεπερνάει τις 5 kWh/ m<sup>2</sup>.

#### 4.6. Σύγκριση των αποτελεσμάτων από τα δύο διαφορετικά λογισμικά για το Κτήριο Α δομημένο κατά τον Κ.Εν.Α.Κ.

Στην ενότητα αυτή γίνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων από τα δύο λογισμικά για το Κτήριο Α σύμφωνα με το ΚΕνΑΚ. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Γράφημα 4.8 και είναι θερμική ενέργεια του κτηρίου ανοιγμένη στα τετραγωνικά του για κάθε μήνα του έτους.

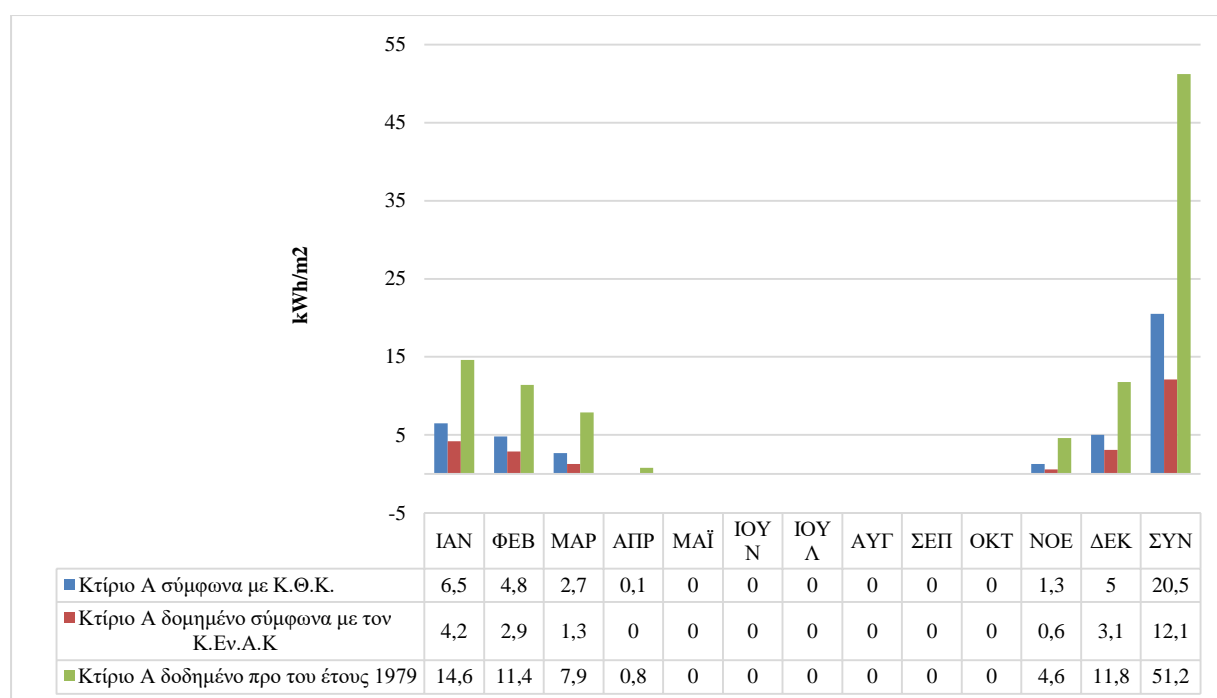


Γράφημα 4-8: Συγκριτικό γράφημα ΚΕΝΑΚ - EnergyPlus για το Κτήριο Α κατά Κ.Εν.Α.Κ.

Από την σύγκριση των αποτελεσμάτων, φαίνεται πως τους μήνες Ιανουάριο και Φλεβάρη η διαφορά της θερμικής ενέργειας είναι σε ποσοστό περίπου 15%, με τα αποτελέσματα του EnergyPlus να είναι μεγαλύτερα. Τους επόμενους δύο μήνες Μάρτη και Απρίλη, η διαφορά των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων αυξάνει. Ειδικότερα, τον μήνα Απρίλη, δεν έχουμε κατανάλωση ενέργειας για την κάλυψη θέρμανσης του κτηρίου σύμφωνα με το ΤΕΕ ΚΕνΑΚ. Σε αντίθεση, το EnergyPlus παρουσιάζει κατανάλωση θερμικής ενέργειας για τον μήνα αυτόν. Εν συνεχεία, τους μήνες του καλοκαιριού δεν υπάρχει και από τα δύο προγράμματα καμία απαίτηση για θερμική ενέργεια, καθώς η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνει. Στους δύο τελευταίους μήνες του χρόνου Νοέμβρη και Δεκέμβρη εμφανίζονται ξανά καταναλώσεις θερμικής ενέργειας και σημαντική διαφορά υπάρχει στον μήνα Νοέμβρη που όπου τα αποτελέσματα του EnergyPlus είναι κοντά 3,5 φορές μεγαλύτερα από του ΤΕΕ ΚΕνΑΚ. Τον Δεκέμβρη η διαφορά των δύο λογισμικών μειώνεται αλλά τα αποτελέσματα του EnergyPlus δείχνουν κατά ποσοστό 67% μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για το Κτήριο Α.

#### 4.7. Σύγκριση των τριών διαφορετικών κανονισμών θερμομόνωσης του κτηρίου Α στο λογισμικό Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ.

Στην ενότητα αυτή γίνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων από τις προσομοιώσεις του λογισμικού ΤΕΕ ΚΕνΑΚ για τις τρεις διαφορετικές περιπτώσεις θερμομόνωσης του Κτηρίου Α, με σκοπό να γίνουν κατανοητές οι διαφορές της ενεργειακής συμπεριφοράς του. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Γράφημα 4.9.



Γράφημα 4-9: Σύγκριση τριών περιπτώσεων δομής του κτηρίου Α κατά ΤΕΕ ΚΕνΑΚ

Τα αποτελέσματα συμφωνούν με το αναμενόμενο, δηλαδή το κτήριο προ του 1979 να έχει την μεγαλύτερη κατανάλωση από τα τρία, ακολουθώντας το κτήριο σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ. και τελειώνοντας με το αναβαθμισμένο κτήριο με την μικρότερη κατανάλωση. Στον Πίνακα 4.5 φαίνονται οι ενεργειακές κατατάξεις των περιπτώσεων αυτών και η συνολική τους απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση τον χρόνο.

Πίνακας 4-5: Σύγκριση απόδοσης απαιτούμενης ενέργειας κτηρίου Α τριών περιπτώσεων

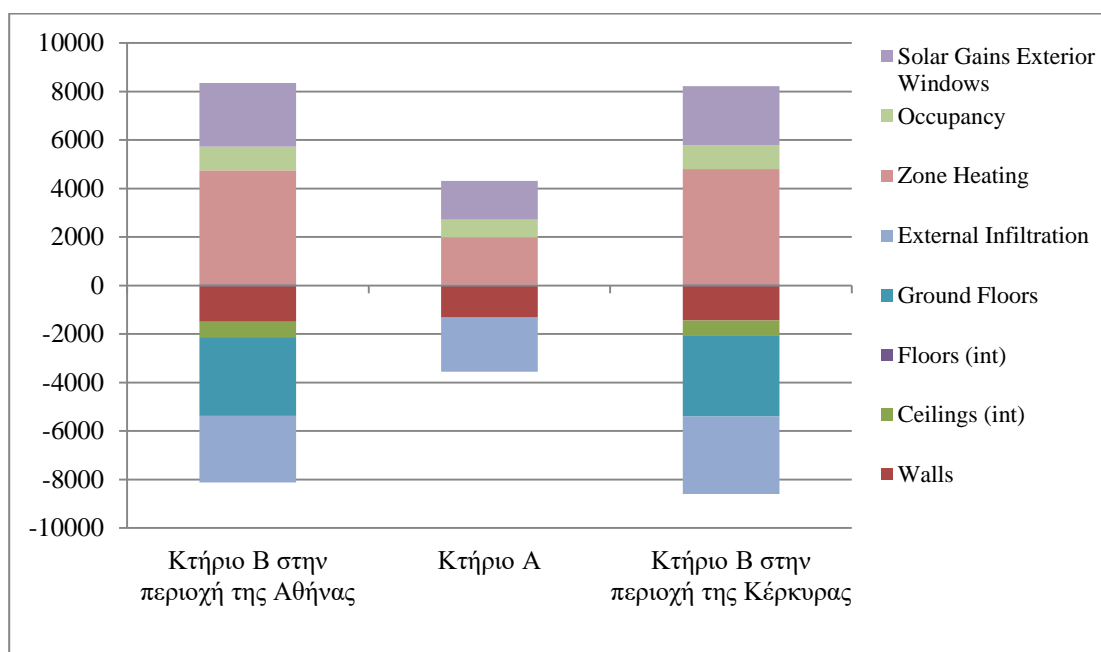
Κτήριο Α	Συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων (W/m <sup>2</sup> K)	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ	ΑΠΟΔΟΣΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ (kWh/m <sup>2</sup> )
Πρό 1979	1,55	Δ	1,8	51,2
Κατά Κ.Θ.Κ.	0,66	B	1	20,5
Αναβαθμισμένο κατά ΚΕνΑΚ	0,3	B	0,8	12,1



Μεταβαίνοντας από την πιο ενεργοβόρα περίπτωση προς την πιο οικονομική φαίνεται πως από το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας από την περίπτωση προ 1979 σε σχέση με την Κ.Θ.Κ. είναι περίπου 60% και αντίστοιχα από την Κ.Θ.Κ. περίπτωση σε σύγκριση με την αναβαθμισμένη η εξοικονόμηση ενέργειας είναι σε ποσοστό 40%. Τα ποσοστά αυτά εξοικονόμησης ενέργειας πέφτουν πολύ κοντά με τα ποσοστά που υπολογίστηκαν στην ενότητα σύγκρισης των περιπτώσεων αυτών με το EnergyPlus. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι πως η διαφορά της θερμομόνωσης προ του 1979 και του Κ.Θ.Κ. είναι 3 εκατοστά διογκωμένης πολυουρεθάνης (μονώσεως) και επιτυγχάνεται μία πολύ μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας και αλλαγή κατηγορίας του κτηρίου από Δ σε Β. Παρομοίως φαίνεται πως με την επιπρόσθετη μόνωση των εξ. τοίχων κατά 7 εκατοστά επιτυγχάνεται μεγάλη εξοικονόμηση, όχι όμως της τάξεως αυτής της πρώτης σύγκρισης. Η κατηγορία δεν αλλάζει στην αναβάθμιση αν και είναι στο όριο της επόμενης καλύτερης κατηγορίας B+ .

#### 4.8. Σύγκριση των δύο κτηρίων Α και Β και των δύο περιοχών

Σε αυτήν την υποενότητα, γίνονται προσομοιώσεις για την σύγκριση της ενεργειακής συμπεριφοράς των δύο κτηρίων μεταξύ τους αλλά και για την σύγκριση των κλιμάτων των δύο αυτών περιοχών.

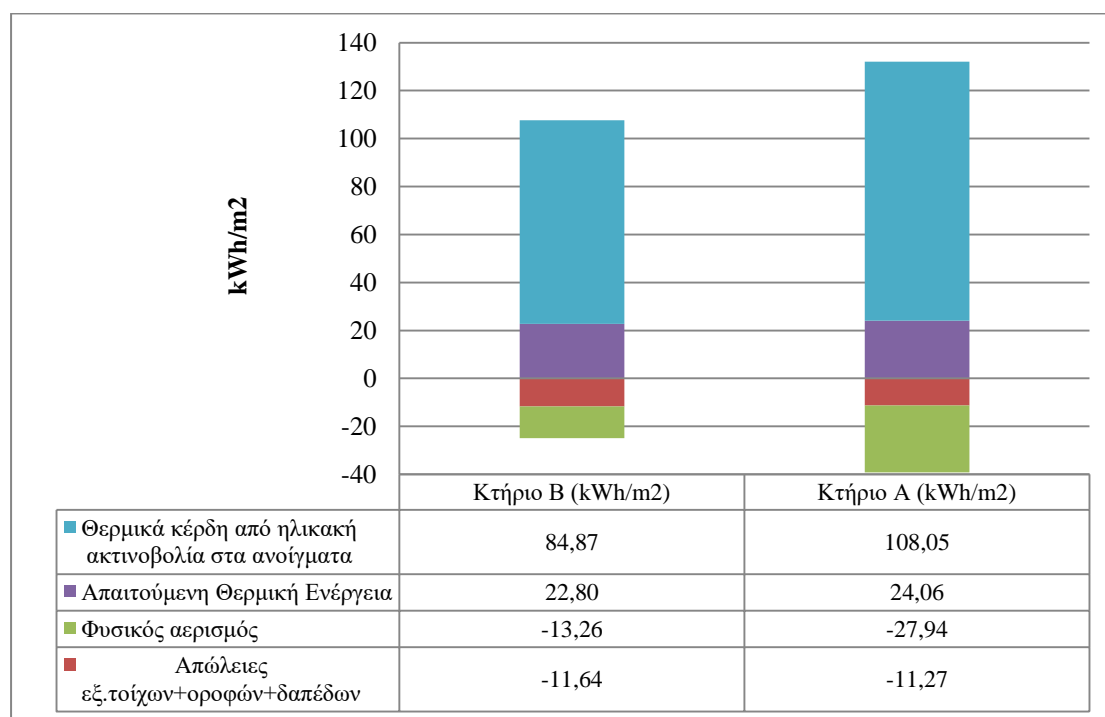


Γράφημα 4-10: Σύγκριση αποτελεσμάτων του EnergyPlus για τα κτήρια Α και Β και για τις δύο περιοχές

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων δείχνουν αρκετές διαφορές μεταξύ τους. Καταρχάς, φαίνεται πως τα εσωτερικά κέρδη από την ακτινοβολία του ηλίου στα ανοίγματα είναι πάνω από τα διπλάσια στο κτήριο Β, καθώς και η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης των χώρων. Τα αίτια κατανοούνται εστιάζοντας και παρατηρώντας τις απώλειες του κάθε κτηρίου. Οι απώλειες των εξωτερικών τοιχωμάτων μοιάζουν να είναι σχεδόν οι ίδιες και στα δύο κτήρια, πράγμα το οποίο φαίνεται παράδοξο αλλά, μπορεί να αποδοθεί στους συντελεστές σκίασης των δύο κτηρίων, καθώς είναι γνωστό πως το κτήριο Α περιβάλλεται από άλλα κτήρια τα οποία σκιάζουν επάνω του, ενώ σε αντίθεση το κτήριο Β δεν σκιάζεται από άλλες επιφάνειες. Παράλληλα, υπάρχει μεγάλη διαφορά στις απώλειες των ανοιγμάτων που φαίνεται πως το κτήριο Β δεν έχει. Αυτό όπως προαναφέρθηκε και στην ενότητα που

συγκρίνονται οι τρεις περιπτώσεις του κτηρίου A, η συναλλαγή θερμότητας των ανοιγμάτων παρουσιάζονται συνολικά και δεν παρουσιάζονται μόνο οι απώλειες ή τα κέρδη. Γι αυτό μπορεί να θεωρηθεί πως τα ανοίγματα, λόγω της πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας θερμαίνονται, με αποτέλεσμα να προσδίδουν θερμότητα μέσα στο κτήριο μεγαλύτερη απ'ό,τι αφαιρείται λόγω χαμηλότερης θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και εξαιτίας του ότι το Κτήριο B δεν σκιάζεται και απορροφά μεγαλύτερη ποσότητα ακτινοβολίας, τότε φαίνεται σαν να μην υπάρχουν απώλειες από αυτά. Επίσης το κτήριο B έχει απώλειες από δύο παράγοντες που δεν υπάρχουν στο κτήριο A. Αυτές είναι η οροφή, δηλαδή η διαχωριστική οριζόντια επιφάνεια που χωρίζει τον πρώτο όροφο από την σκεπή, καθώς επίσης και το δάπεδο του κτηρίου σε επαφή με το έδαφος. Βλέπουμε πως οι δύο αυτοί παράγοντες αυξάνουν πολύ τις απώλειες του κελύφους B και πως το κτήριο A υστερεί από δύο επιφάνειες απωλειών καθώς η οροφή και το δάπεδο είναι επιφάνειες αδιαβατικές. Τέλος φαίνονται πως οι απώλειες από τον αερισμό των κτηρίων συγκριτικά με το κτήριο B είναι μεγαλύτερες καθώς σε αυτό εισέρχεται μεγαλύτερος όγκος νωπού αέρα εξαιτίας των μεγαλύτερων διαστάσεών του.

Παράλληλα, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του Κτηρίου B στις δύο περιοχές, φαίνεται πως δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές. Τα κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία είναι κατά 8% μεγαλύτερα στην περιοχή της Αθήνας, ενώ παράλληλα οι απώλειες του κτηρίου από τους τοίχους είναι κατά 3% μεγαλύτερες από αυτές στην περιοχή της Κέρκυρας. Αρκετή διαφορά από την άλλη παρουσιάζονται στις απώλειες θερμότητας από τον νωπό αέρα που φτάνει κατά 15% αύξηση το κτήριο στην περιοχή της Κέρκυρας. Τέλος, η καταναλισκόμενη ενέργεια του Κτηρίου B είναι σχεδόν ίση και στις δύο περιοχές με μία ελάχιστη διαφορά που είναι μόλις 0,8%. Για την πιο αντικειμενική σύγκριση των δύο κτηρίων, τα αποτελέσματα ανάγονται σε kWh/m<sup>2</sup>, όπως φαίνεται στο Γράφημα 4.11.



**Γράφημα 4-11: Σύγκριση των ανηγμένων αποτελεσμάτων του EnergyPlus για τα κτήρια A και B**

Τα μεγέθη ανηγμένα προς τις επιφάνειες αποκαλύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Αρχικά, οι απώλειες των ανοιγμάτων για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω μπορούν να αγνοηθούν, εστιάζοντας έτσι στις απώλειες των τοίχων όπου για κάθε κτήριο δεν έγινε αναγωγή των απωλειών μόνο προς τους εξωτερικούς τοίχους τους αλλά και

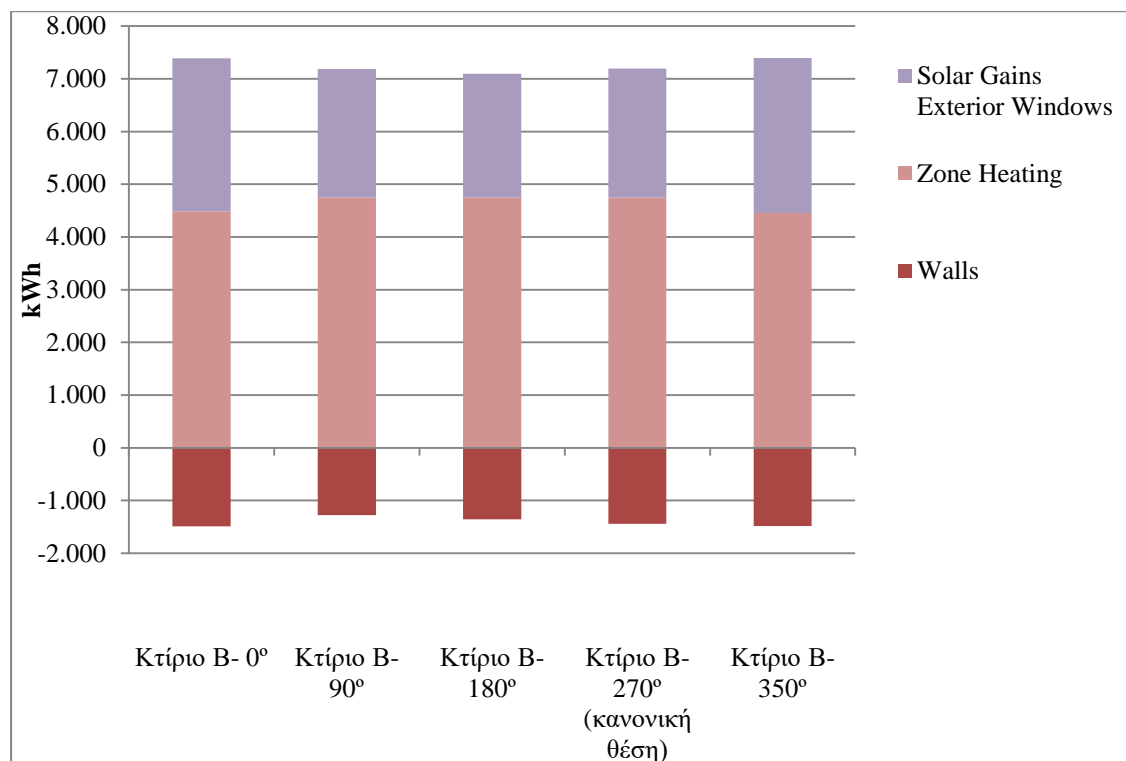
για κάθε επιφάνεια (αδιαφανή) η οποία συναλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον ή με το έδαφος. Έτσι φαίνεται πως υπάρχει μία ίση αναλογία των απωλειών μεταξύ των δύο κτηρίων Α και Β. Το συμπέρασμα αυτό δεν είναι όμως καθαρό καθώς στο κτήριο Β υπάρχουν δύο ειδών επιφάνειες οι οποίες συναλλάσσουν θερμότητα με το περιβάλλον και μία (το δάπεδο) που συναλλάσσει θερμότητα με το έδαφος. Το κάθε είδος έχει διαφορετικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας.

Σε αντίθεση, οι απώλειες θερμότητας του νωπού αέρα έχουν μεγάλη διαφορά. Στο Κτήριο Α είναι κατά 44% μεγαλύτερες απ'ότι στο Κτήριο Β. Επίσης και τα θερμικά κέρδη από την ακτινοβολία μέσω των ανοιγμάτων είναι μεγαλύτερα στο Κτήριο Β, παρόλο που έχει μικρότερο ποσοστό αναλογίας ανοιγμάτων-τοιχών. Αυτό οφείλεται κατά μέρος στην σκίαση του κτηρίου Α και στην διαφορά του προσανατολισμού των ανοιγμάτων. Για παράδειγμα εάν το ένα κτήριο έχει μεγαλύτερες επιφάνειες ανοιγμάτων προς τον Νότο είναι φυσικό πως θα έχει μεγαλύτερα κέρδη από τις ηλιακές ακτινοβολίες του ηλίου.

Όλα αυτά καταλήγουν στην απαιτούμενη θερμική ενέργεια σε κάθε κτήριο και παραδόξως δείχνουν ότι εάν τοποθετούσαμε τα δύο κτήρια στην ίδια τοποθεσία, το Κτήριο Β θα είχε μικρότερες ανάγκες θέρμανσης κατά 8% αναλογικά με τα τετραγωνικά του σε σχέση με το Κτήριο Α. διαφοροποιούνται όμως ως προς την σκίασή τους και τον προσανατολισμό, ο οποίος εξετάζεται στην επόμενη ενότητα.

#### 4.9. Σύγκριση διαφόρων προσανατολισμών στο Κτήριο Β

Οι προσομοιώσεις γίνονται με το TME για την περιοχή της Κέρκυρας για διαφορετικούς προσανατολισμούς του κτηρίου. Ο ήδη υπάρχων προσανατολισμός του Κτηρίου Β είναι 270° (με 0° ο προσανατολισμός του Βορρά). Ξεκινώντας από τις 0 ° και φτάνοντας ως τις 350°, γίνονται οι προσομοιώσεις και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Γράφημα 4.12.

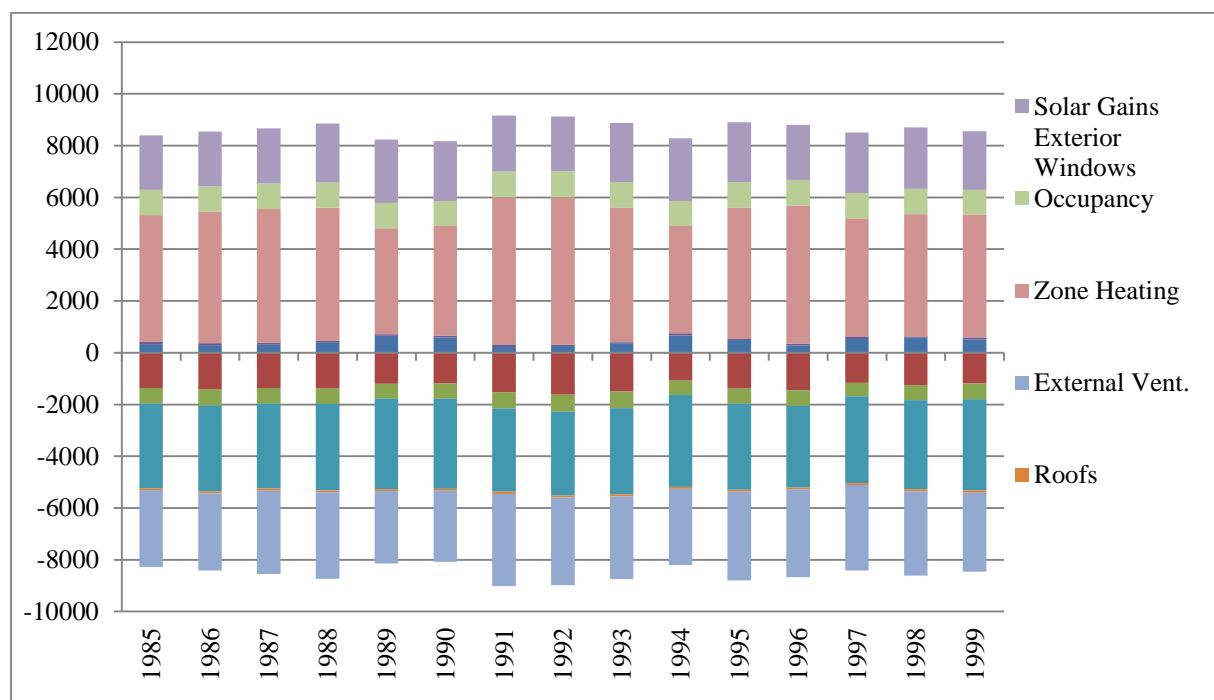


Γράφημα 4-12: Σύγκριση Κτηρίου Β σε διαφορετικούς προσανατολισμούς

Συγκρίνοντας τις πέντε περιπτώσεις αυτές, καταλαβαίνουμε πως η αλλαγή του προσανατολισμού του κτηρίου δεν αλλάζει σημαντικά τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων. Ελάχιστες διαφορές φαίνονται στις απώλειες των ανοιγμάτων και στις απώλειες από τον νωπό αέρα. Τα αποτελέσματα αυτά βέβαια δεν αποκαλύπτουν πως η διαφορά του προσανατολισμού ενός κτηρίου δεν είναι παράγοντας που μπορεί να βελτιώσει ή να μειώσει την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου. Το συμπέρασμα που μπορεί να βγει από αυτήν την σειρά των προσομοιώσεων είναι πως το Κτήριο Β έχει σχεδόν τα ίδια χαρακτηριστικά και στις 4 πλευρές του, ίδιες διαστάσεις ανοιγμάτων και τοίχων και στις 4 πλευρές του και γι' αυτό τον λόγο δεν επηρεάζεται από την αλλαγή του προσανατολισμού του.

#### 4.10. Σύγκριση χρονοσειρών διαφορετικών ετών για την περιοχή της Κέρκυρας στο Κτήριο Β

Αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στο Γράφημα 4.13 των δεκαπέντε ετήσιων χρονοσειρών μέσω δεκαπέντε προσομοιώσεων για κάθε χρονιά ξεκινώντας από το 1985 και φτάνοντας ως το 1999. Σκοπός είναι να εξεταστούν οι διαφορές της ενεργειακής συμπεριφοράς του Κτηρίου Β για τα έτη αυτά.

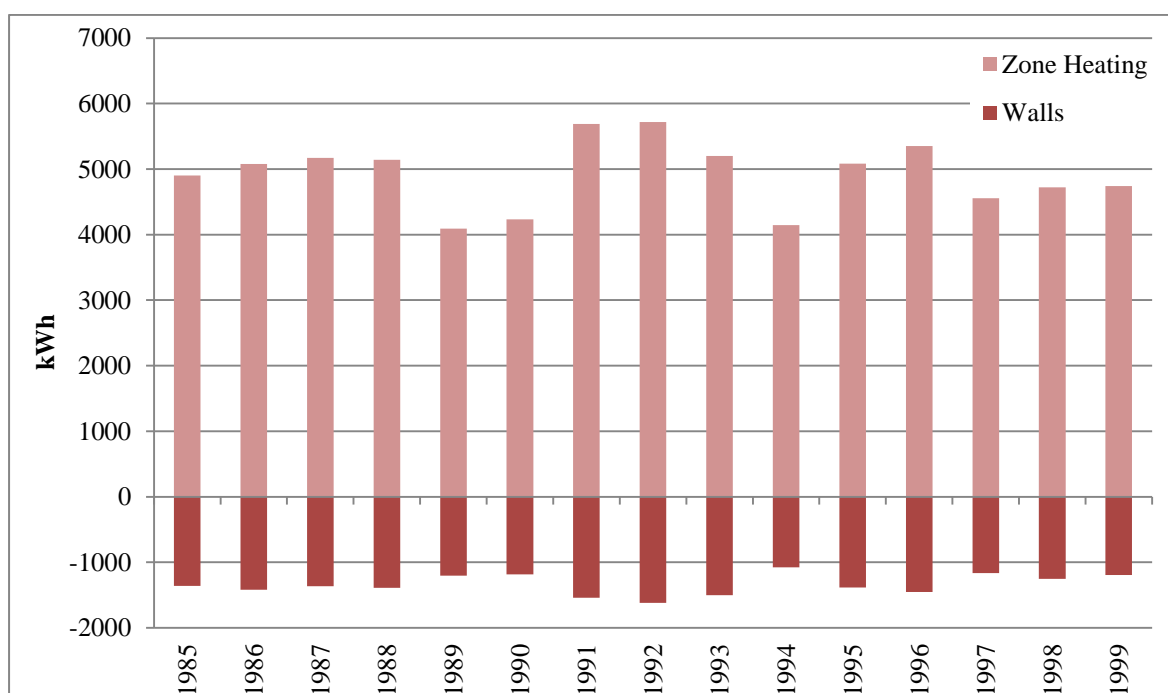


Γράφημα 4-13: 15-ετία προσομοιώσεων για την περιοχή της Κέρκυρας

Όπως έδειξαν και τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της 15ετίας για την περιοχή της Αθήνας, έτσι και εδώ φαίνονται οι διακυμάνσεις στα αποτελέσματα των διαφόρων χρονολογιών. Οι διακυμάνσεις αυτές αφορούν κυρίως τις απώλειες από τους τοίχους και τα ανοίγματα και συνεπώς της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας. Ενώ στα υπόλοιπα μεγέθη φαίνονται τα αποτελέσματα σταθερά με ελάχιστες αποκλίσεις. Τα μεγέθη αυτά που διαφοροποιούνται φαίνονται αναλυτικότερα στο Γράφημα 4.14.

**Πίνακας 4-6: Αποτελέσματα συνολικής θερμικής ενέργειας και απωλειών από τις οριζόντιες αδιαφανείς επιφάνειες για το Κτήριο Β της 15-ετίας 1985-1999**

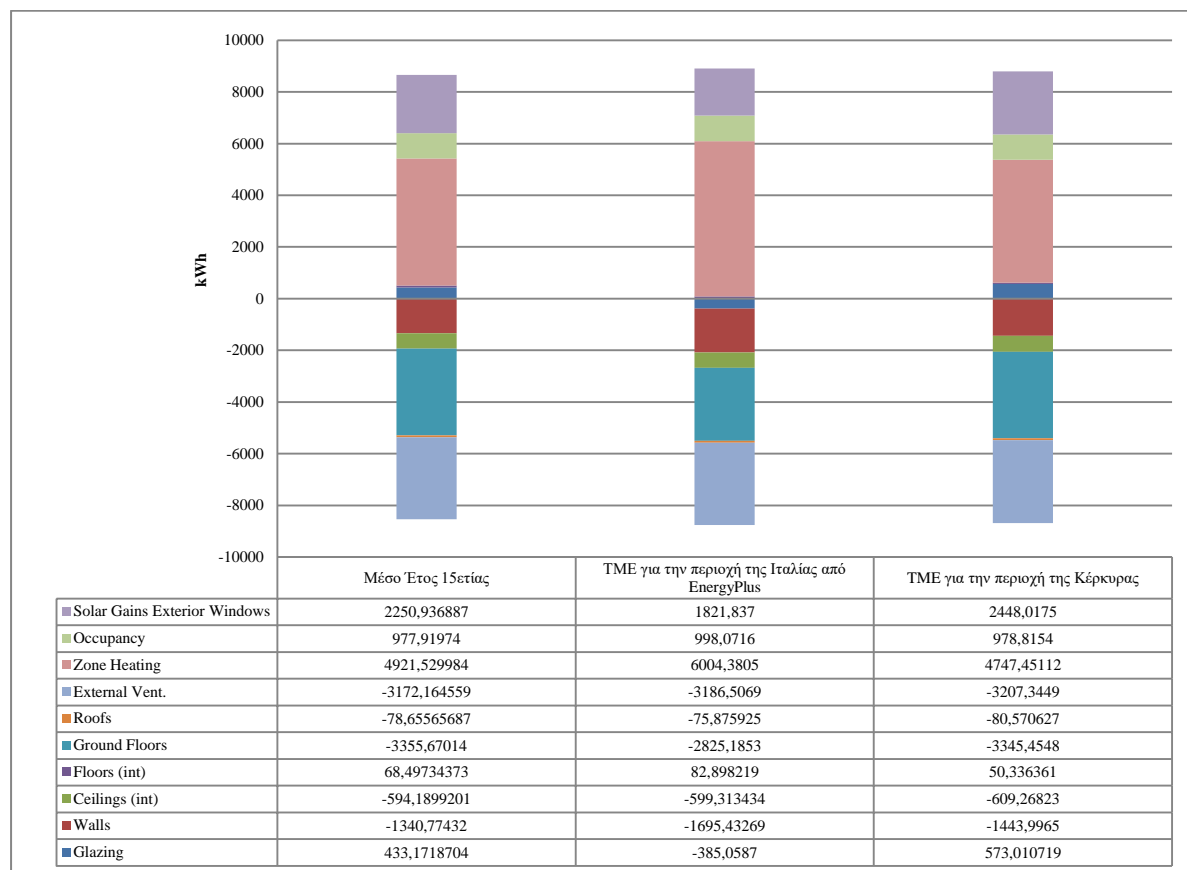
<i>Χρονοσειρά έτους</i>	<i>Συνολική Θερμική Ενέργεια [kWh]</i>	<i>Απώλειες Ενέργειας από τις οριζόντιες αδιαφανείς επιφάνειες [kWh]</i>
<b>1985</b>	4903,87	1359,97
<b>1986</b>	5079,31	1420,10
<b>1987</b>	5170,56	1364,09
<b>1988</b>	5142,17	1390,34
<b>1989</b>	4093,26	1202,24
<b>1990</b>	4232,39	1186,17
<b>1991</b>	5687,26	1540,80
<b>1992</b>	5716,21	1618,68
<b>1993</b>	5198,92	1502,92
<b>1994</b>	4143,14	1076,59
<b>1995</b>	5083,79	1385,05
<b>1996</b>	5349,89	1450,08
<b>1997</b>	4558,18	1165,42
<b>1998</b>	4720,34	1253,39
<b>1999</b>	4747,45	1195,71



**Γράφημα 4-14: Αποτελέσματα της θερμικής ενέργειας για τις χρονιές 1985-1999 για την περιοχή της Κέρκυρας**

Παρατηρώντας το Γράφημα 4.14, φαίνεται πως τα αποτελέσματα των απωλειών από τους τοίχους με την θερμική ενέργεια του κτηρίου είναι ανάλογα. Δηλαδή όταν εμφανίζεται αύξηση των απωλειών, εμφανίζεται και αύξηση της θερμικής ενέργειας στον κτήριο. Αναλυτικότερα, παρατηρείται πως την χρονιά του 1989 εμφανίζονται οι μικρότερες απώλειες από τους τοίχους και παράλληλα υπάρχει η μικρότερη κατανάλωση θερμικής ενέργειας στο κτήριο. Αντιθέτως, στην χρονιά 1992, παρατηρείται η μεγαλύτερη κατανάλωση θερμικής ενέργειας και συνοδεύεται από τις μεγαλύτερες απώλειες από τους τοίχους. Επόμενο βήμα

είναι η σύγκριση του μέσου έτους της δεκαπενταετίας αυτής με το TME για την περιοχή της Κέρκυρας και του TME από την περιοχή της Ιταλίας, όπως φαίνεται στο Γράφημα 4.15.

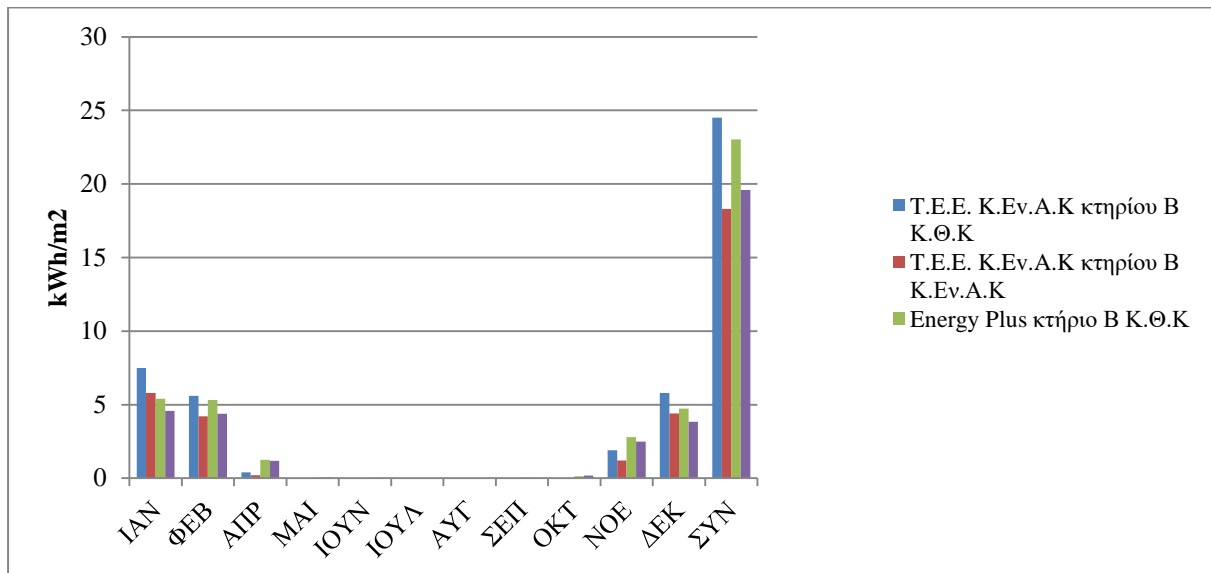


**Γράφημα 4-15: Σύγκριση των διαφόρων χρονοσειρών για την περιοχή της Κέρκυρας**

Φαίνεται συμπερασματικά πως τα αποτελέσματα του μέσου έτους και του TME είναι πολύ όμοια. Η ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου δεν έχει σημαντικές διαφορές μεταξύ αυτών των δύο. Τα εσωτερικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, οι απώλειες από τον αερισμό και από τους τοίχους είναι ίδια. Παράλληλα, η θερμική ενέργεια του κτηρίου είναι ίση και στις δύο περιπτώσεις. Από την άλλη, το TME από την περιοχή της Ιταλίας έχει διαφορετικά αποτελέσματα σε σύγκριση με τις άλλες δυο περιπτώσεις. Αρχικά, έχει μικρότερα κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία από τα ανοίγματα. Έχει επίσης μεγαλύτερες απώλειες από το ταβάνι και από τους τοίχους και σε αυτό οφείλεται η διαφορά της θερμικής ενέργειας, η οποία είναι εξίσου μεγαλύτερη.

#### **4.11. Σύγκριση των αποτελεσμάτων από τις προσομοιώσεις των δύο λογισμικών στην περιοχή της Κέρκυρας για το κτήριο B δομημένο σύμφωνα με διαφορετικούς κανονισμούς θερμομόνωσης**

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα από τα δύο διαφορετικά προγράμματα για το κτήριο B κατασκευασμένο σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ. και σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. Σκοπός είναι να βρεθούν οι διαφορές των αποτελεσμάτων τόσο των δύο λογισμικών, όσο και των διαφορών που έχει στην ενεργειακή του συμπεριφορά το κτήριο B των δύο διαφορετικών κανονισμών θερμομόνωσης. Στο Γράφημα 4.16 φαίνονται συγκεντρωμένα τα αποτελέσματα αυτά.



**Γράφημα 4-16: Σύγκριση ανηγμένης απαιτούμενης θερμικής ενέργειας για το Κτήριο Β**

Στο συγκριτικό γράφημα αυτό φαίνονται οι απαιτήσεις της θερμικής ενέργειας του κτηρίου Β για ένα ολόκληρο έτος όπως υπολογίστηκαν από τα δύο προγράμματα για τις δύο διαφορετικές περιπτώσεις πριν και μετά την εξωτερική θερμομόνωση του κτηρίου. Αρχικά βλέποντας τα αποτελέσματα από το T.E.E. K.Ev.A.K για τις δύο αυτές περιπτώσεις, φαίνεται η εξοικονόμηση της ενέργειας για κάθε μήνα αλλά και συνολικά. Το κτήριο Β που χτίστηκε σύμφωνα με τον Κ.Θ.Κ. έχει απαίτηση  $24,3 \text{ kWh/m}^2$  για να καλύψει τις ανάγκες για θέρμανση, ενώ το αναβαθμιζόμενο κτήριο έχει  $18,3 \text{ kWh/m}^2$ . Η εξοικονόμηση οπότε σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. ανέρχεται στις  $6 \text{ kWh/m}^2$ , δηλαδή σε ποσοστό 25%. Όπως φαίνεται το ποσοστό εξοικονόμησης για το κτήριο Β είναι μικρότερο του κτηρίου Α. Αυτό συμβαίνει γιατί για το κτήριο Β έχει απώλειες που δεν είναι μόνο από τους εξωτερικούς τοίχους και τα ανοίγματα, όπως το κτήριο Α. Το κτήριο Β όπως φαίνεται στις παραπάνω ενότητες του κεφαλαίου, έχει μεγάλες απώλειες από το δάπεδο που έρχεται σε επαφή με το έδαφος καθώς και η οροφή που έρχεται σε επαφή με την στέγη (χώρος μη θερμαινόμενος). Αυτές οι επιφάνειες δεν έχουν υποστεί επέμβαση οπότε δεν αλλάζει και ο συντελεστής θερμοπερατότητας τους και οι απώλειες παραμένουν ίδιες σε αυτές. Παράλληλα, παρατηρώντας τα αποτελέσματα του EnergyPlus φαίνεται πως είναι σε γενικές γραμμές μικρότερα νούμερα από το Κ.Εν.Α.Κ. Συγκεκριμένα, η συνολική υπολογιζόμενη απαιτούμενη ενέργεια για την θέρμανση του κτηρίου Β είναι  $23 \text{ kWh/m}^2$  και αυτή μετά των επεμβάσεων είναι  $19,6 \text{ kWh/m}^2$ . Η διαφορά τους σε σύγκριση με του ελληνικού προγράμματος είναι πολύ μικρή περίπου  $1 \text{ kWh/m}^2$ . Παρόλα αυτά φαίνεται πως η εξοικονόμηση ενέργειας του Κτηρίου Β όπως υπολογίστηκε και από το πρόγραμμα EnergyPlus είναι περίπου η ίδια.

Αντίθετα με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της Αθήνας, που φαίνεται πως το EnergyPlus έχει μεγαλύτερες απαιτούμενες καταναλώσεις, στις προσομοιώσεις της Κέρκυρας τα αποτελέσματα είναι ελάχιστα μικρότερα. Αυτό το γεγονός μπορεί να συμβαίνει για κάποιους λόγους. Ένας από αυτούς είναι η σύσταση του εδάφους και ο συντελεστής θερμοπερατότητας που χρησιμοποιούν τα δύο διαφορετικά προγράμματα. Άλλοι παράγοντες για τους οποίους υπολογίζονται διαφορετικά αποτελέσματα, είναι τα κλιματολογικά δεδομένα των TME σε σχέση με αυτά που χρησιμοποιεί το T.E.E. K.Ev.A.K.



## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας λοιπόν, από τις προσομοιώσεις που έγιναν παρατηρήθηκαν τα εξής. Αρχικά, τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζουν αρκετές διαφορές τόσο στην μεθοδολογία που ακολουθούν, όσο και στα αποτελέσματα τους. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να τονιστεί πως το λογισμικό EnergyPlus είναι λογισμικό με εμπειρία στον χρόνο καθώς αναπτύσσεται για αρκετά χρόνια και χρησιμοποιείται σε παγκόσμιο επίπεδο για προσομοιώσεις πολλών περιοχών. Από την άλλη, το λογισμικό TEE KEvAK είναι ένα εργαλείο προσομοίωσης για τα κτήρια που περιορίζονται στον Ελληνικό χώρο και έχει αναπτυχθεί πρόσφατα. Το λογισμικό EnergyPlus επιτρέπει στον χρήστη να κάνει μία πιο λεπτομερή περιγραφή του κτηρίου καθώς μπορούν να ρυθμιστούν σε αυτό αρκετοί παραπάνω παράμετροι απ'ότι στο λογισμικό του TEE KEvAK. Για παράδειγμα μπορείς να τροποποιήσεις τα κλιματολογικά δεδομένα που χρησιμοποιεί το λογισμικό. Παράλληλα, διαφέρει η κεντρική μεθοδολογία υπολογισμού της ενέργειας στα δύο λογισμικά καθώς το EnergyPlus κάνει τις προσομοιώσεις με ωριαίο βήμα, υπολογίζοντας τις απώλειες από την μετάδοση της θερμότητας εντός και εκτός του κτηρίου. Σε αντίθεση, το TEE KEvAK κάνει υπολογισμούς με μηνιαίο βήμα και χρησιμοποιεί μέσες τιμές κλιματολογικών δεδομένων, βασιζόμενο όμως και αυτό στην μετάδοση της θερμότητας. Επίσης για τις προσομοιώσεις του TEE KEvAK, γίνεται η επιλογή της κλιματικής ζώνης που ανήκει το κτήριο και από αυτό καθορίζονται οι βαθμομέρες θέρμανσης στους υπολογισμούς του. Εστιάζοντας στην μεθοδολογία υπολογισμών του EnergyPlus και τα TME που χρησιμοποιεί για τα κλιματολογικά δεδομένα μιας περιοχής, συμπεραίνεται ότι τα τυπικά μετεωρολογικά έτη είναι χρονοσειρές που προσεγγίζουν με αρκετή ακρίβεια τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής. Παρόλα αυτά όμως, τα TME δεν μπορούν να υπολογίζουν πιθανές ακραίες συνθήκες που πιθανώς θα παρουσιαστούν σε μια περιοχή. Το ίδιο ισχύει και για το ελληνικό λογισμικό καθώς για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου χρησιμοποιεί τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες εικοσιτετραώρου της περιοχής όπου βρίσκεται το κτήριο.

Συμπερασματικά φαίνεται ότι υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επιδρούν στην κατανάλωση θερμικής ενέργειας στο κτήριο. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι βέβαια οι κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής όσο αφορά το περιβάλλον, δηλαδή τα κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία στο κτήριο και οι απώλειες θερμότητας από τους τοίχους/ανοίγματα όπως επίσης και οι απώλειες που οφείλονται στην εισαγωγή νωπού αέρα στο κτήριο. Παράλληλα η ταχύτητα του αέρα, η σκίαση του κτηρίου, ο προσανατολισμός του είναι παράγοντες που καθορίζουν επίσης την ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου. Παρατηρήθηκε λοιπόν, πως η δομή των αδιαφανών επιφανειών του κτηρίου έχει σημαντικό αντίκτυπο στις καταναλώσεις της θερμικής ενέργειας του κτηρίου. Πιο συγκεκριμένα, συγκρίνοντας τα κτήρια με διαφορετικούς κανονισμούς θερμομόνωσης φαίνεται πως τα πιο ενεργοβόρα κτήρια είναι αυτά χωρίς την ύπαρξη θερμομόνωσης στους τοίχους. Συγκρίνοντας λοιπόν ένα κτήριο χωρίς θερμομόνωση με το ίδιο κτήριο με την προσθήκη θερμομόνωσης έτσι ώστε να πληρεί τις απαιτήσεις του ΚΘΚ, φαίνεται πως η κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου κάτω από τις ίδιες συνθήκες και για την ίδια περίοδο θέρμανσης, πέφτει κατά 30% με την παρουσία της θερμομόνωσης,. Παράλληλα, εάν το ίδιο κτήριο που είναι δομημένο σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΚΘΚ, αναβαθμιστεί έτσι ώστε να πληρεί τα κριτήρια του KEvAK, προσθέτοντας εξωτερική θερμομόνωση στους τοίχους, παρατηρείται ότι εξοικονομείται ενέργεια κοντά στα 20 %.

Επί πρόσθετα, από τις συγκρίσεις των αποτελεσμάτων από τις προσομοιώσεις των δύο κτηρίων στην ίδια περιοχή στο λογισμικό EnergyPlus, συμπεραίνεται πως υπάρχουν

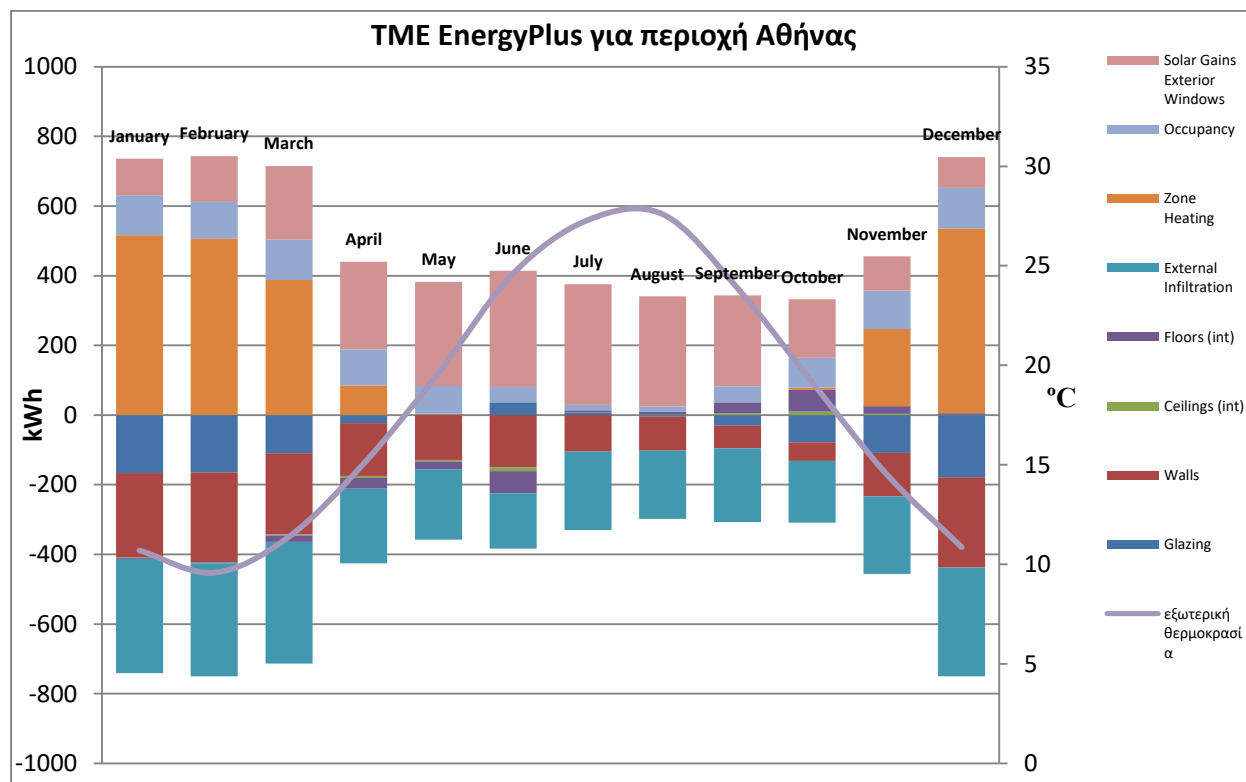
σημαντικές διαφορές. Καταρχάς, το Κτήριο Α έχει μεγαλύτερα θερμικά κέρδη από την εισερχόμενη ακτινοβολία μέσω των ανοιγμάτων του αλλά και μεγαλύτερες απώλειες από τον νωπό αέρα που εισέρχεται σε αυτό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το Κτήριο Α να έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις για θέρμανση κατά την περίοδο του χειμώνα απ'ότι το Κτήριο Β. Από αυτά φαίνεται πως το Κτήριο Α είναι αναλογικά για τα τετραγωνικά του πιο ενεργοβόρο από το Κτήριο Β. Αυτό οφείλεται στην διαφορά των κτηρίων ως προς την σκίαση τους, τον προσανατολισμό καθώς και στις διαφορετικές γεωμετρίες τους.

Παράλληλα τα αποτελέσματα έδειξαν πως ένα κτήριο έχει πολύ όμοια ενεργειακή συμπεριφορά στις δύο περιοχές που κρίθηκαν προς εξέταση. Αυτό μπορεί να δικαιολογήσει την ύπαρξη των δύο αυτών περιοχών στην ίδια κλιματική ζώνη και κατ'επέκταση να δικαιολογηθεί η διαίρεση των περιοχών της Ελλάδας σε τέσσερις κλιματικές ζώνες.

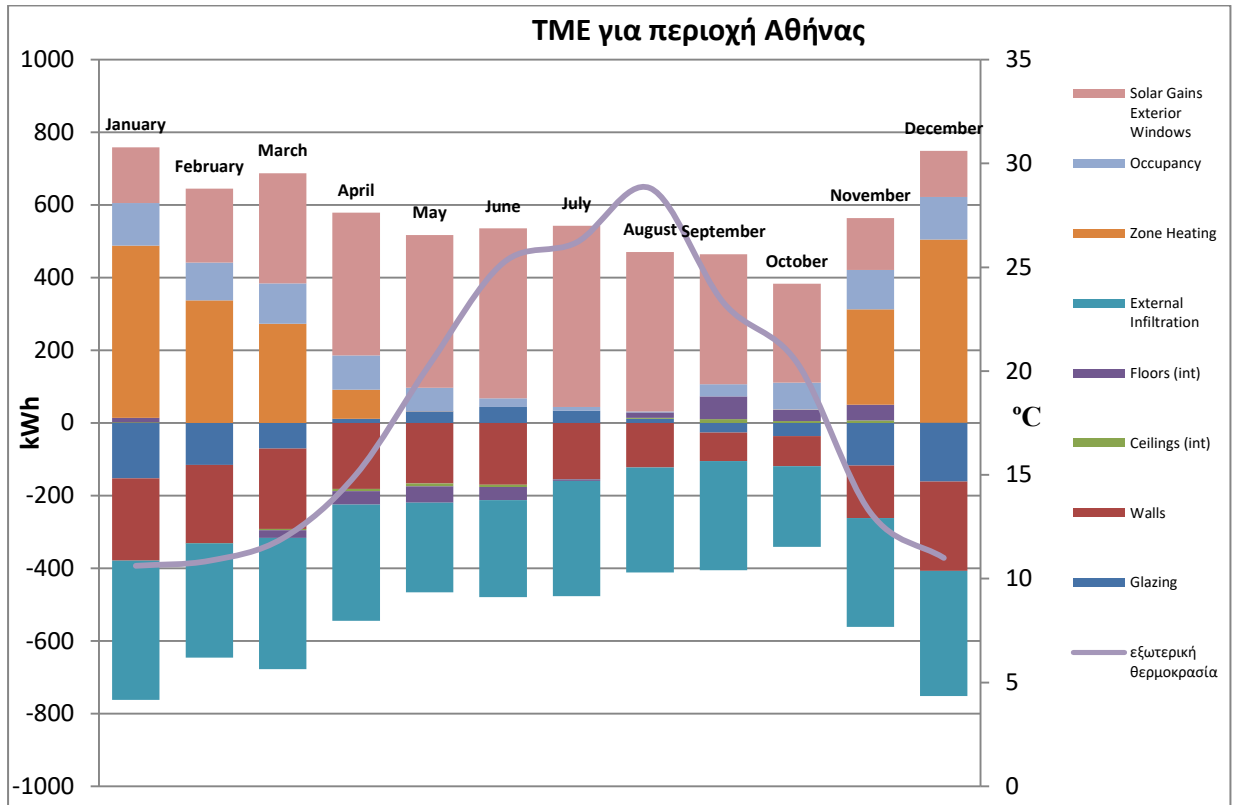
Τέλος, φαίνεται πως τα δύο λογισμικά μπορεί να μην φέρουν τα ίδια αποτελέσματα στις προσομοιώσεις τους για ένα ίδιο κτήριο στην ίδια περιοχή, κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Αυτό δεν σημαίνει πως προτιμάται η χρήση κάποιου λογισμικού περισσότερο από κάποιο άλλο αλλά αντιθέτως, μέσω των λογισμικών αυτών δίνεται η ευκαιρία να μελετηθεί ένα κτήριο έτσι ώστε να γίνει λιγότερο ενεργοβόρο με τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας ή ακόμη και για ένα κτήριο να μελετηθεί πριν την κατασκευή του για να δομηθεί με τον πιο ενεργειακά αποδοτικό τρόπο.

## 6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

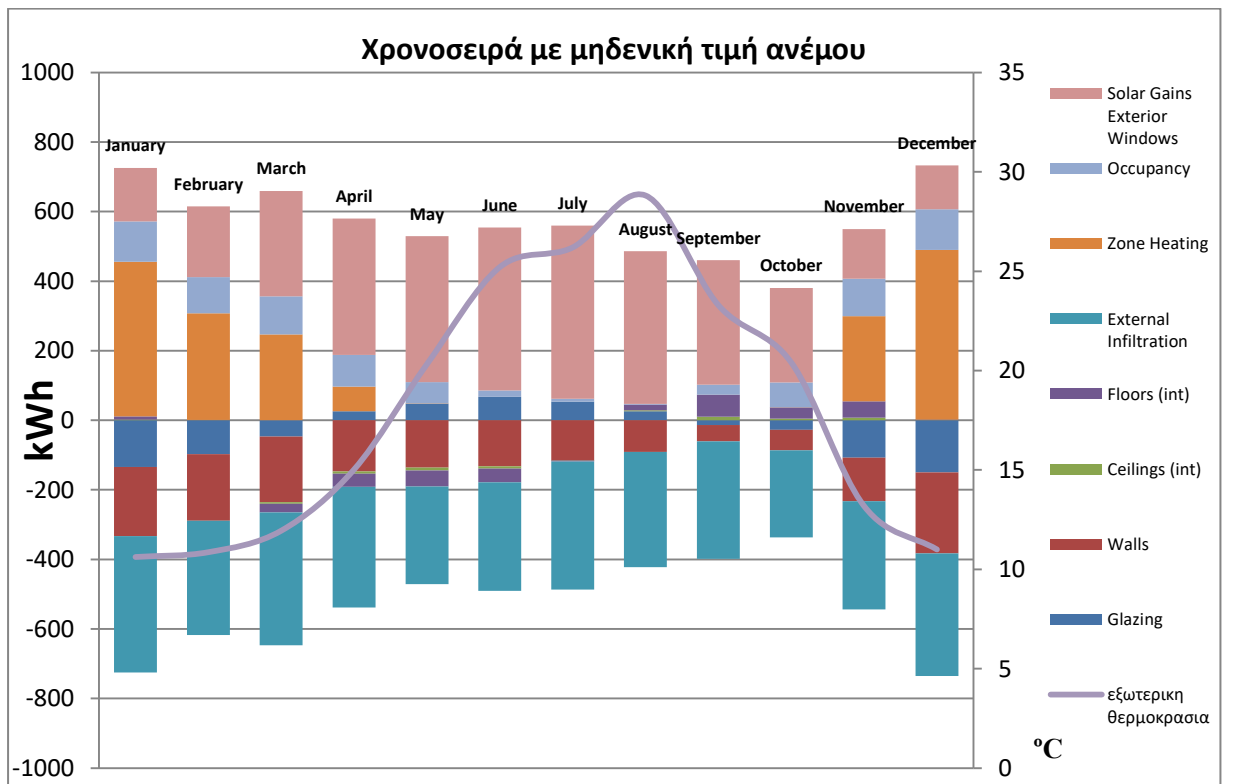
### 6.1. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ



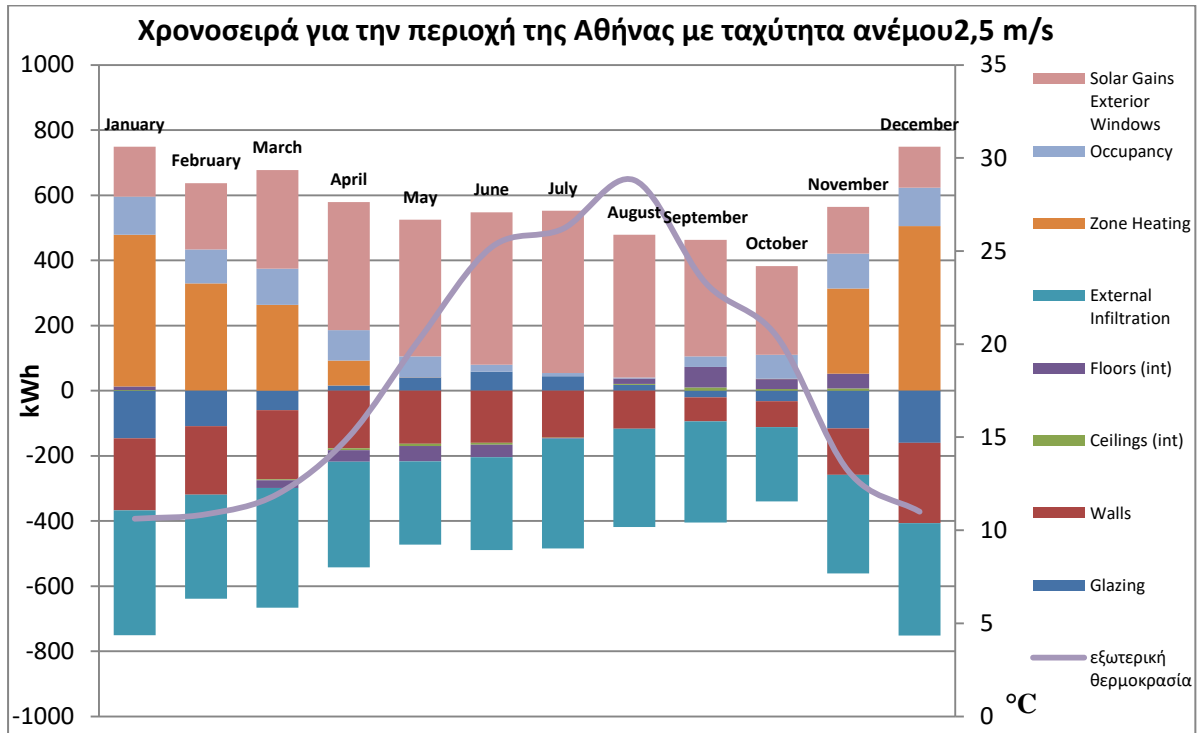
Γράφημα 6-1: TME του EnergyPlus για την περιοχή της Αθήνας στο κτήριο Α



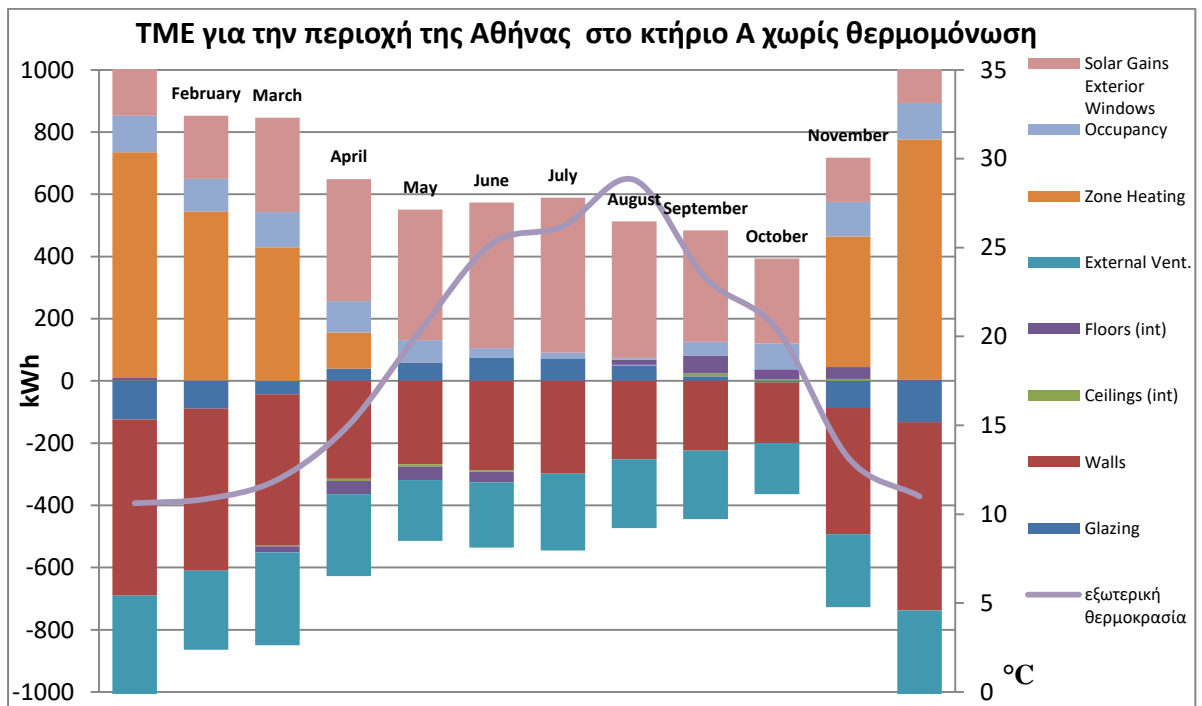
Γράφημα 6-2: TME για την περιοχή της Αθήνας στο κτήριο Α



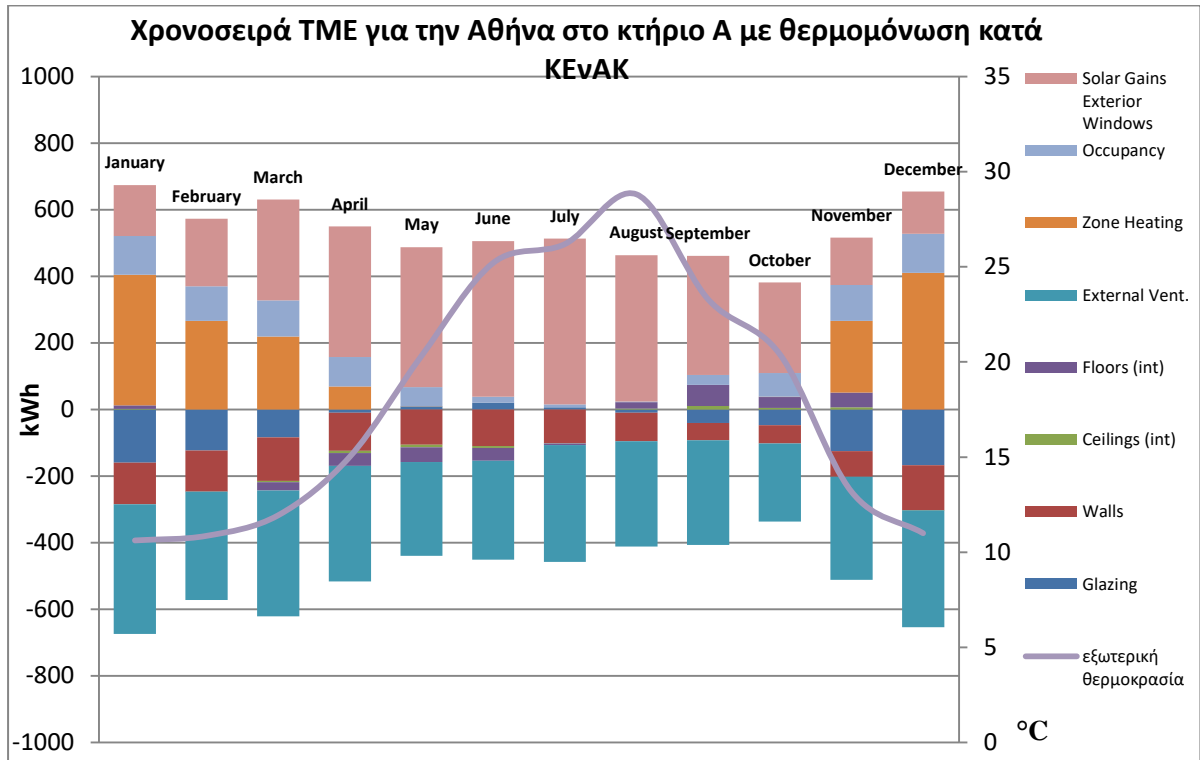
Γράφημα 6-3: Αποτελέσματα χρονοσειράς για μηδενική τιμή ανέμου για την περιοχή της Αθήνας



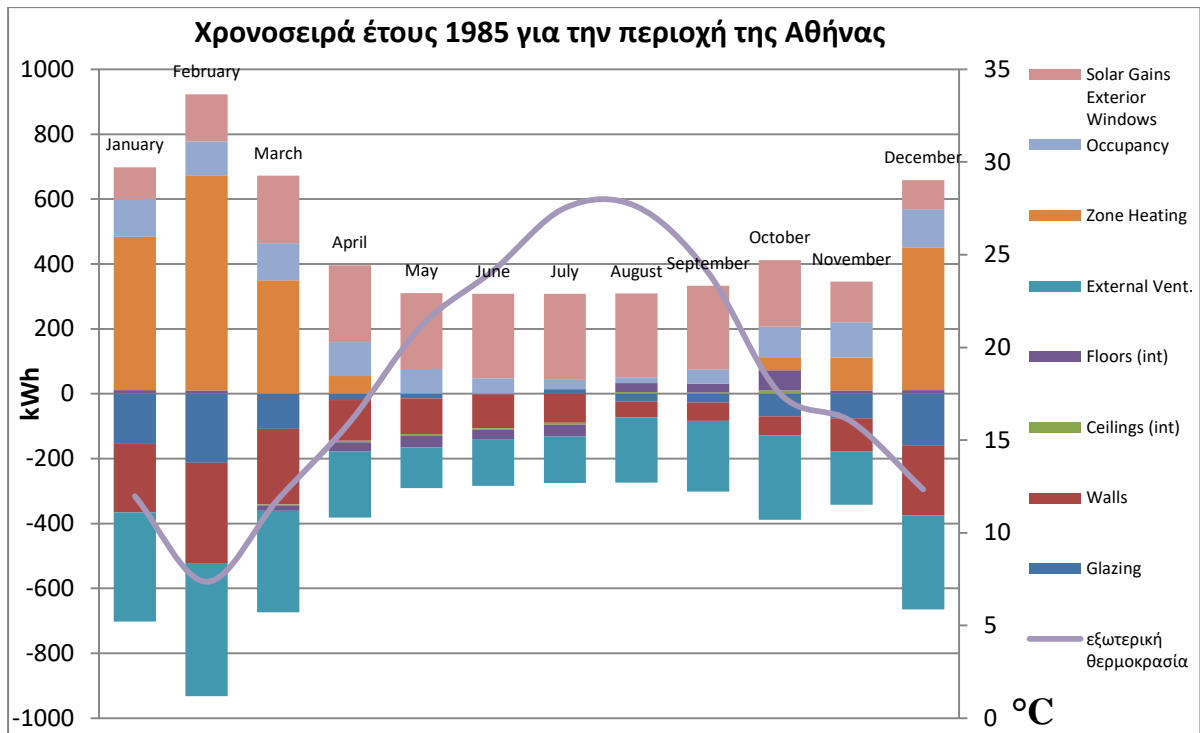
Γράφημα 6-4: Αποτελέσματα TME για την περιοχή της Αθήνας με τιμή ανέμου 2,5 m/s



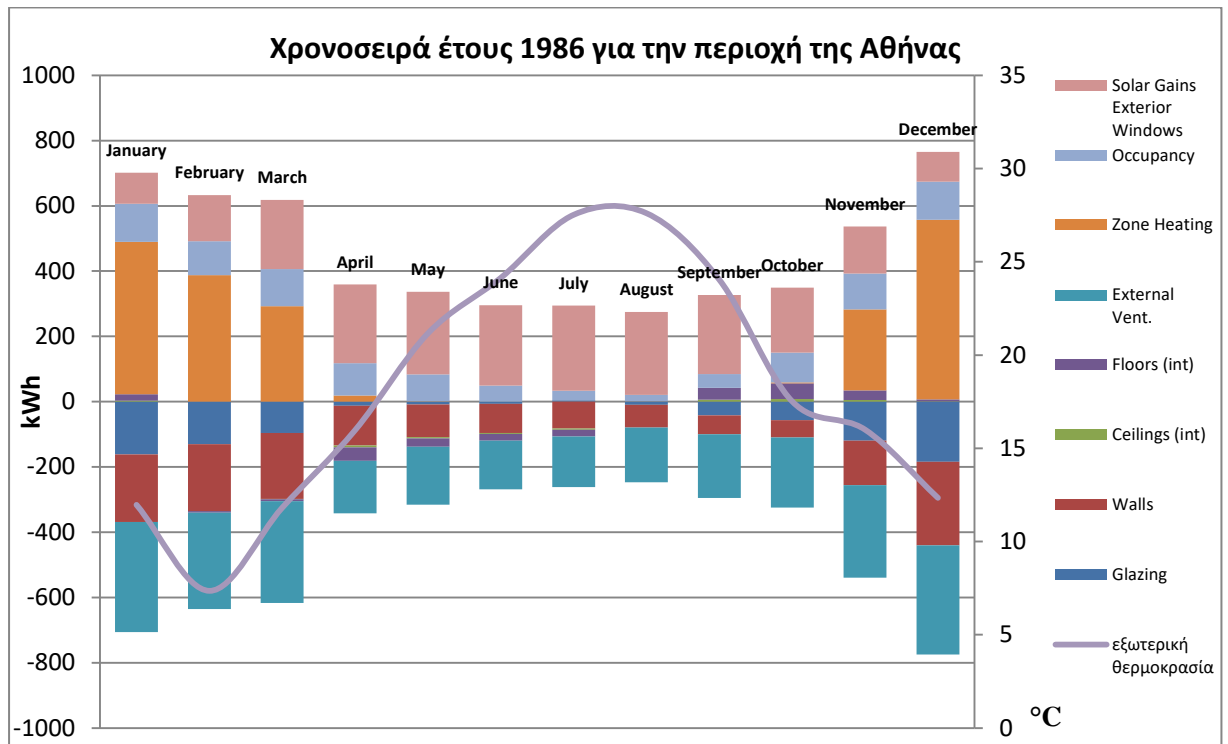
Γράφημα 6-5: Αποτελέσματα TME για την περιοχή της Αθήνας για το κτήριο Α χωρίς θερμομόνωση



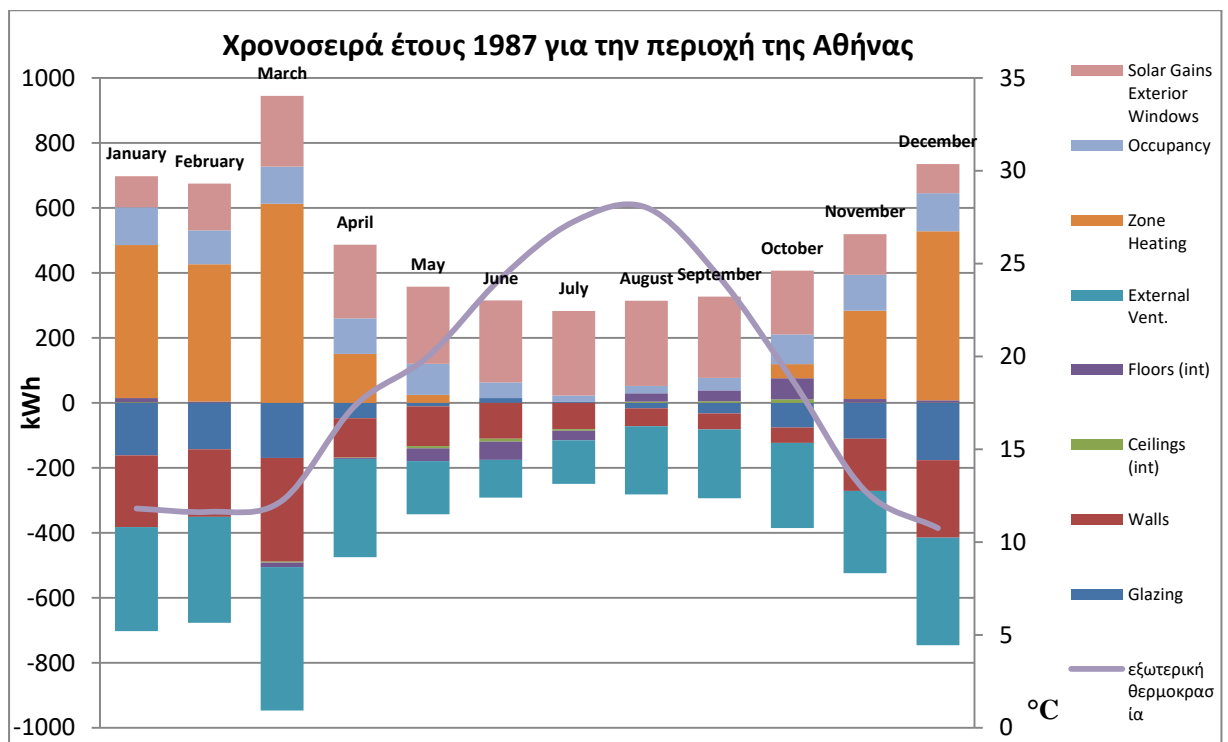
Γράφημα 6-6: Αποτελέσματα TME για την περιοχή της Αθήνας στο κτήριο Α με θερμομόνωση κατά ΚΕνΑΚ



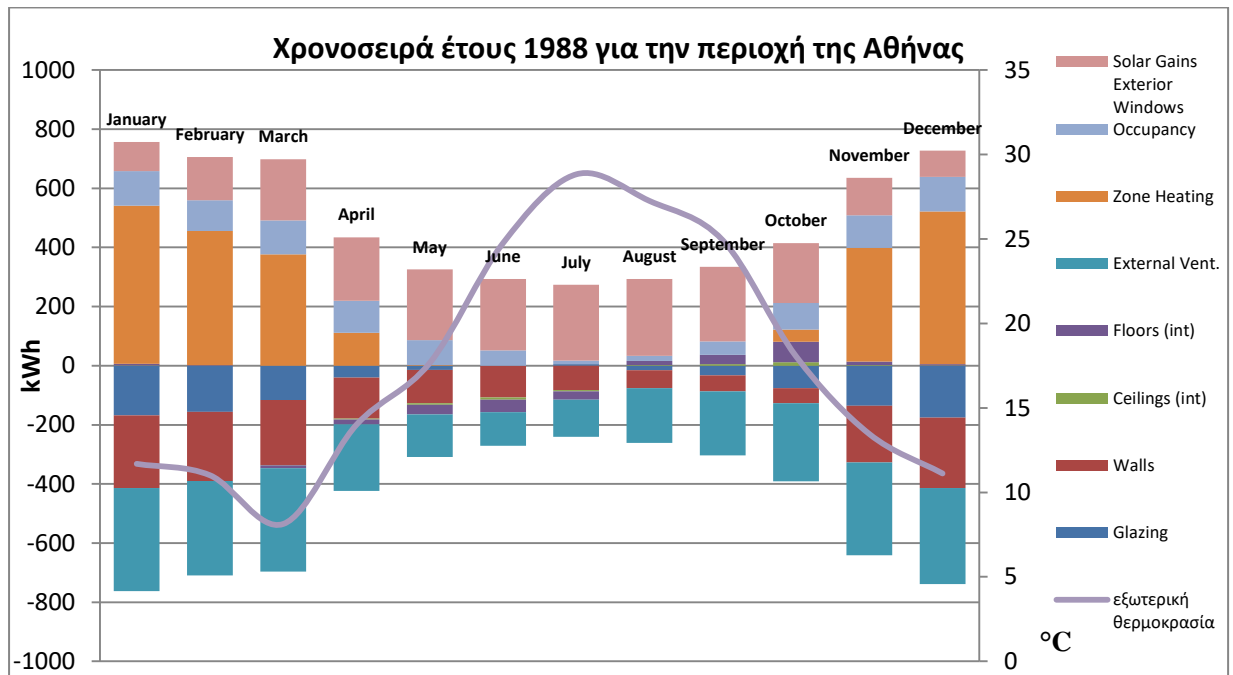
Γράφημα 6-7: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1985 για την περιοχή της Αθήνας



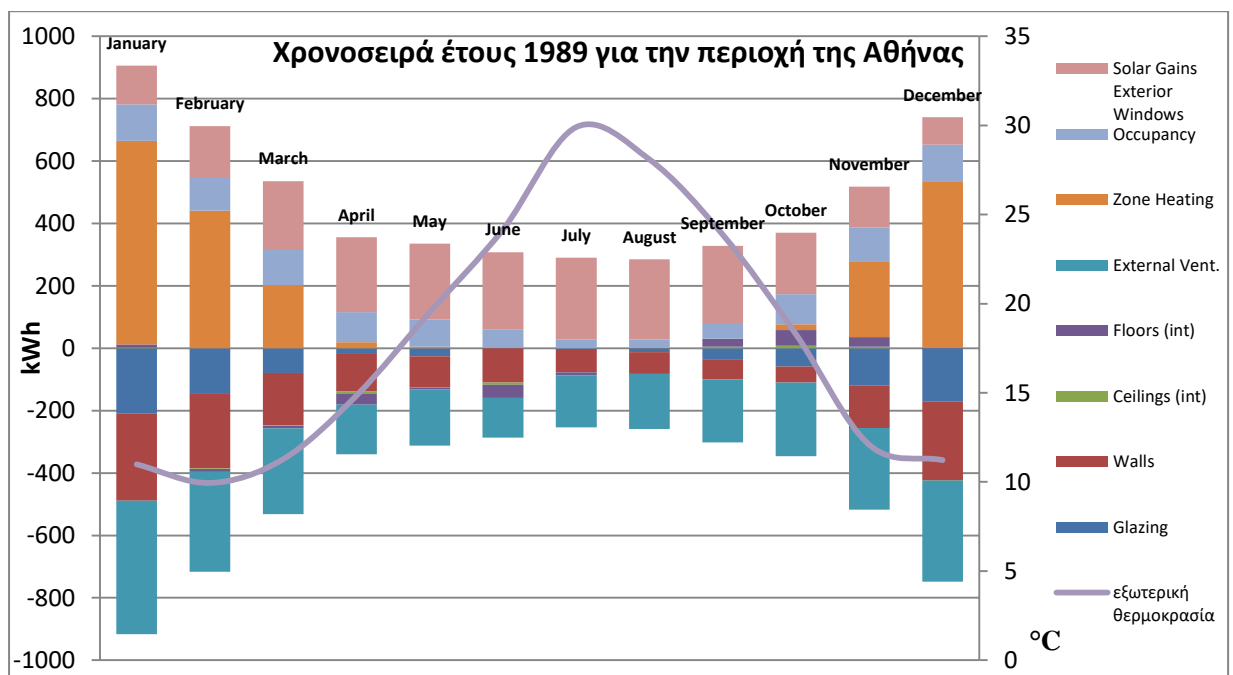
Γράφημα 6-8: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1986 για την περιοχή της Αθήνας



Γράφημα 6-9: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1987 για την περιοχή της Αθήνας

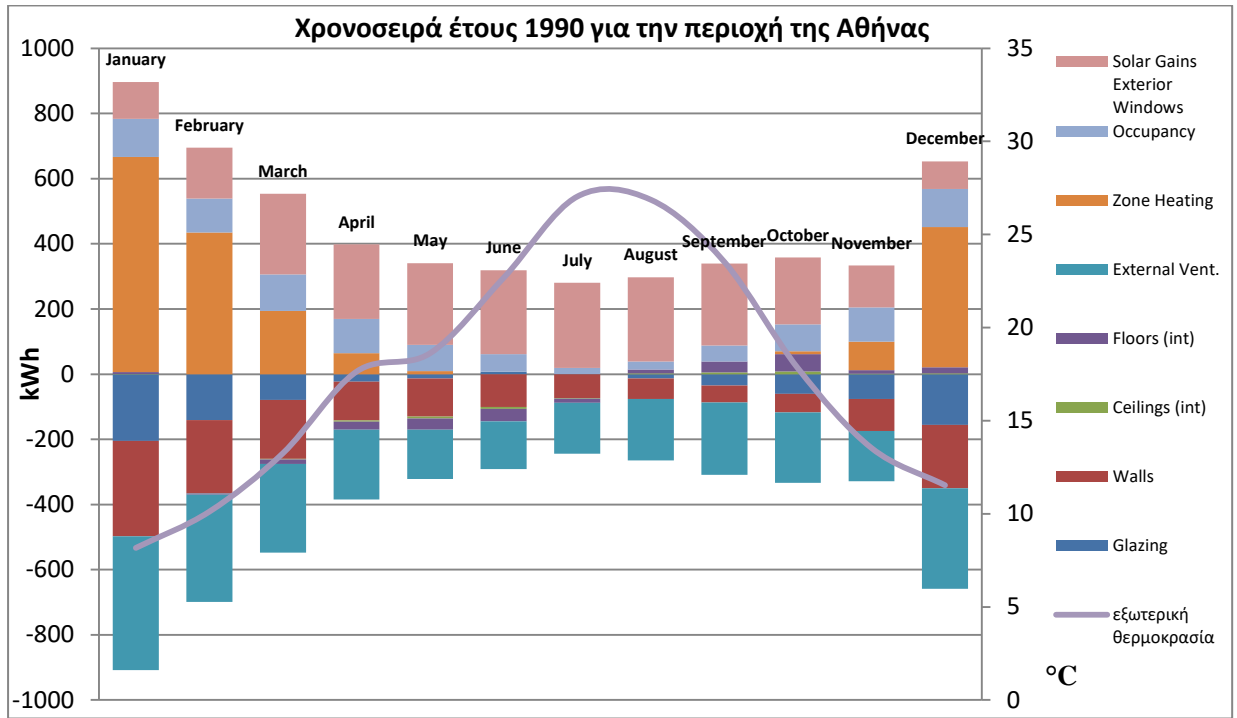


Γράφημα 6-10: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1988 για την περιοχή της Αθήνας

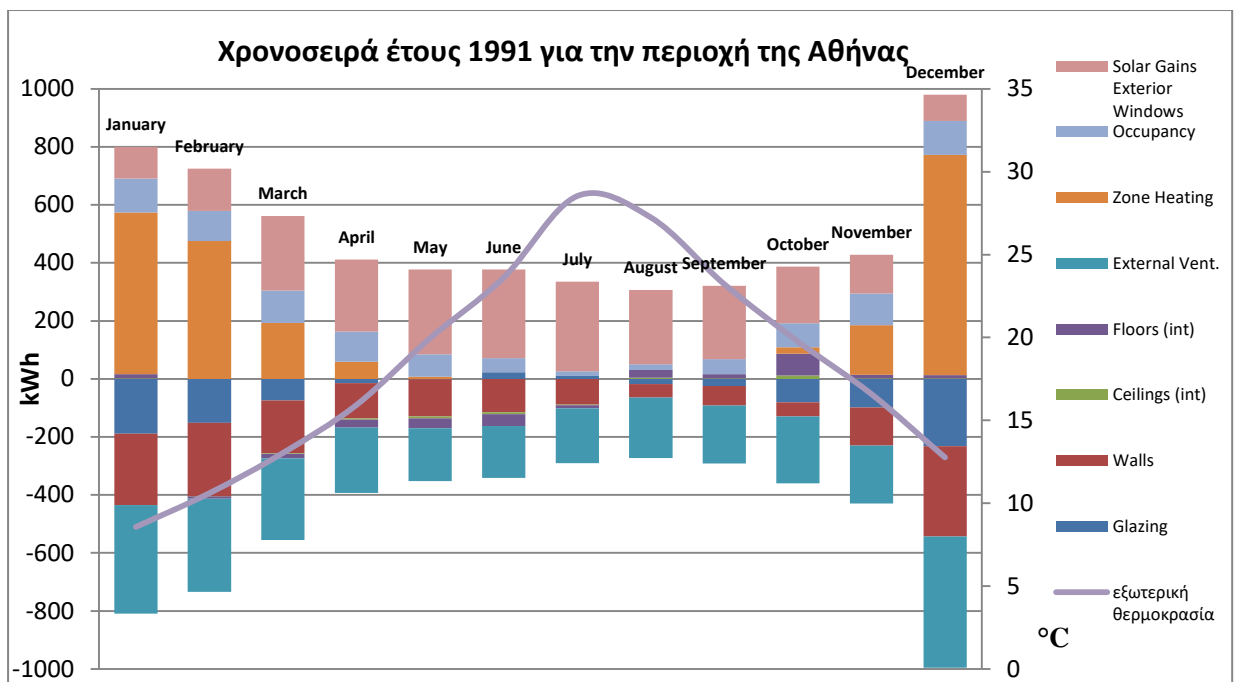


Γράφημα 6-11: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1989 για την περιοχή της Αθήνας

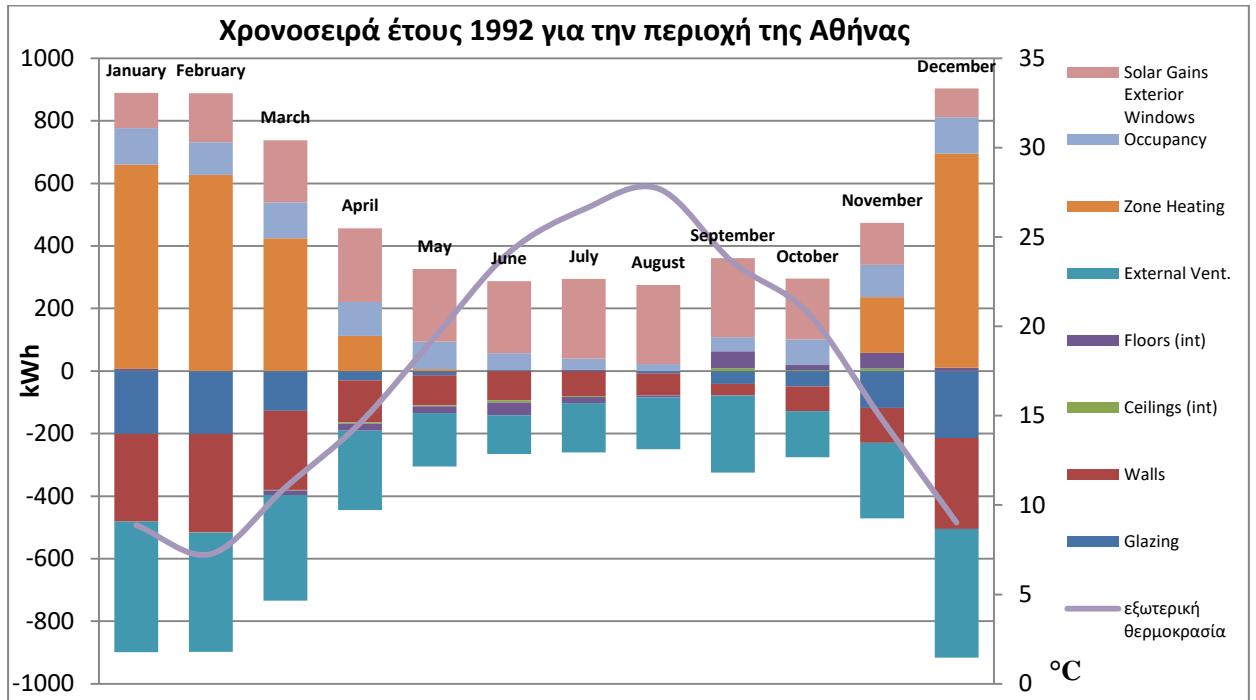




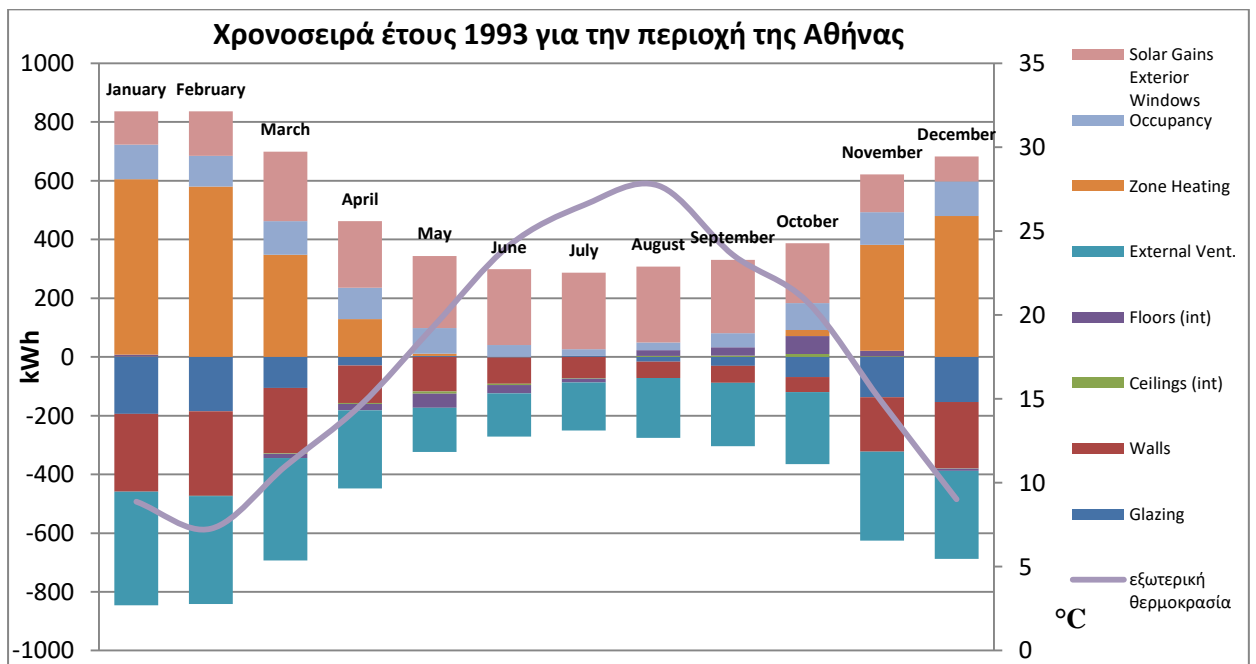
Γράφημα 6-12: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1990 για την περιοχή της Αθήνας



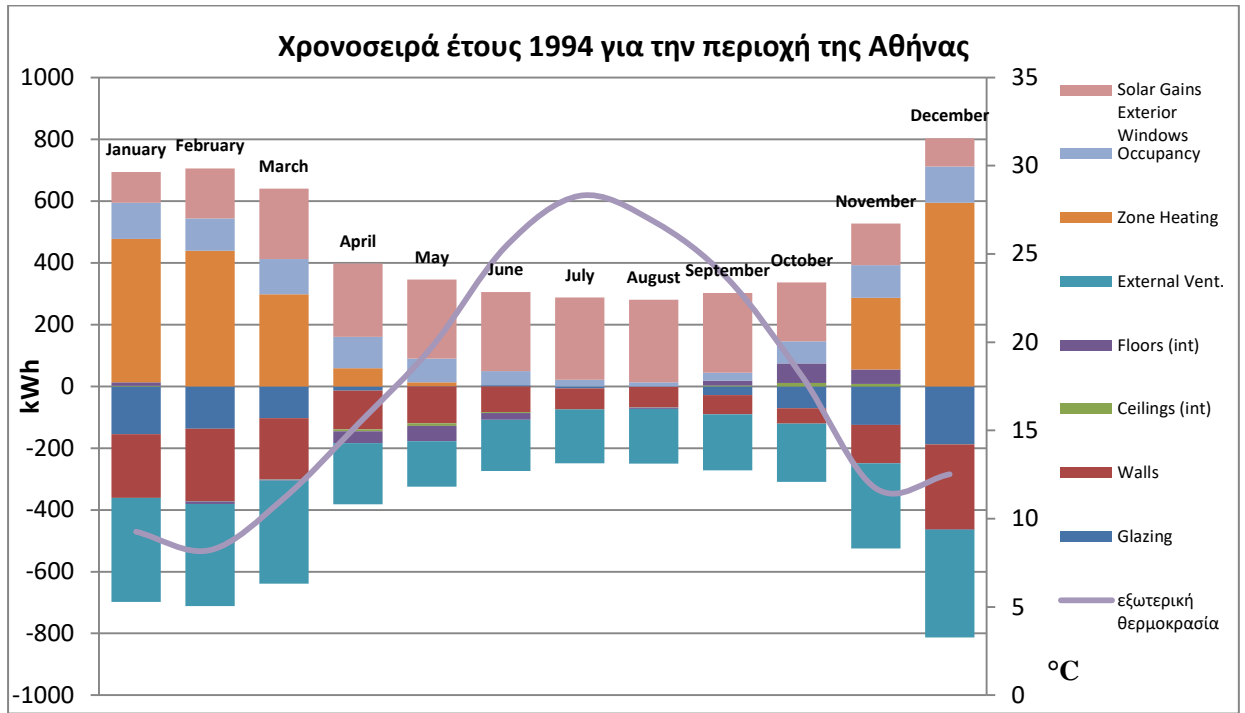
Γράφημα 6-13: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1991 για την περιοχή της Αθήνας



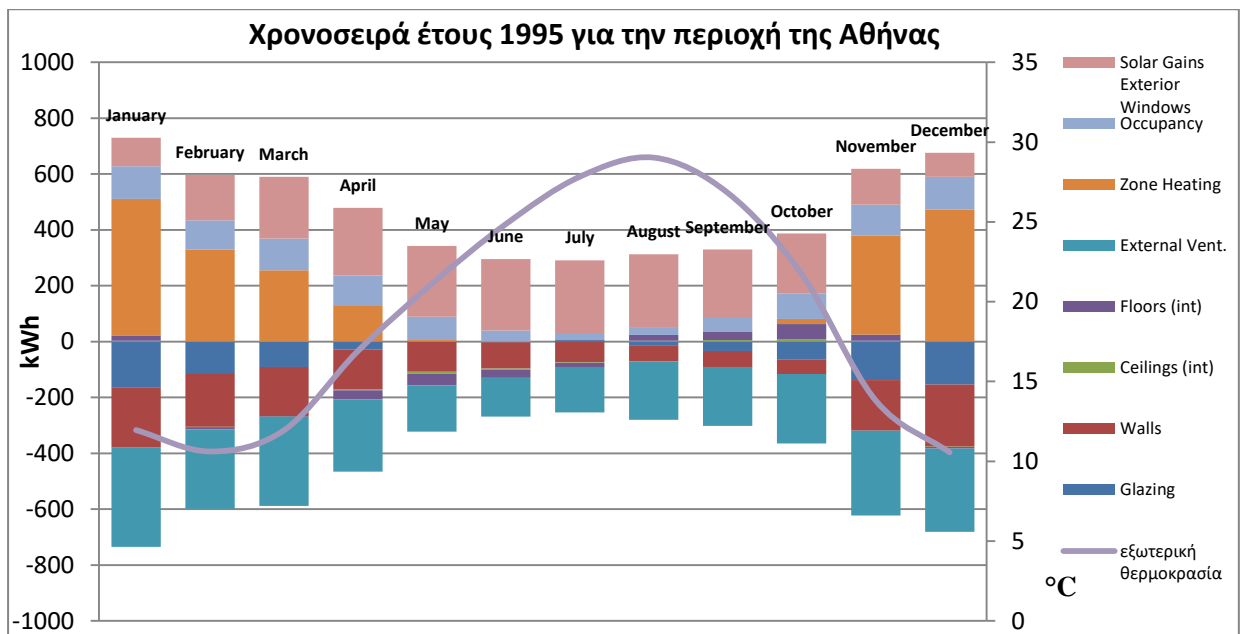
Γράφημα 6-14: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1992 για την περιοχή της Αθήνας



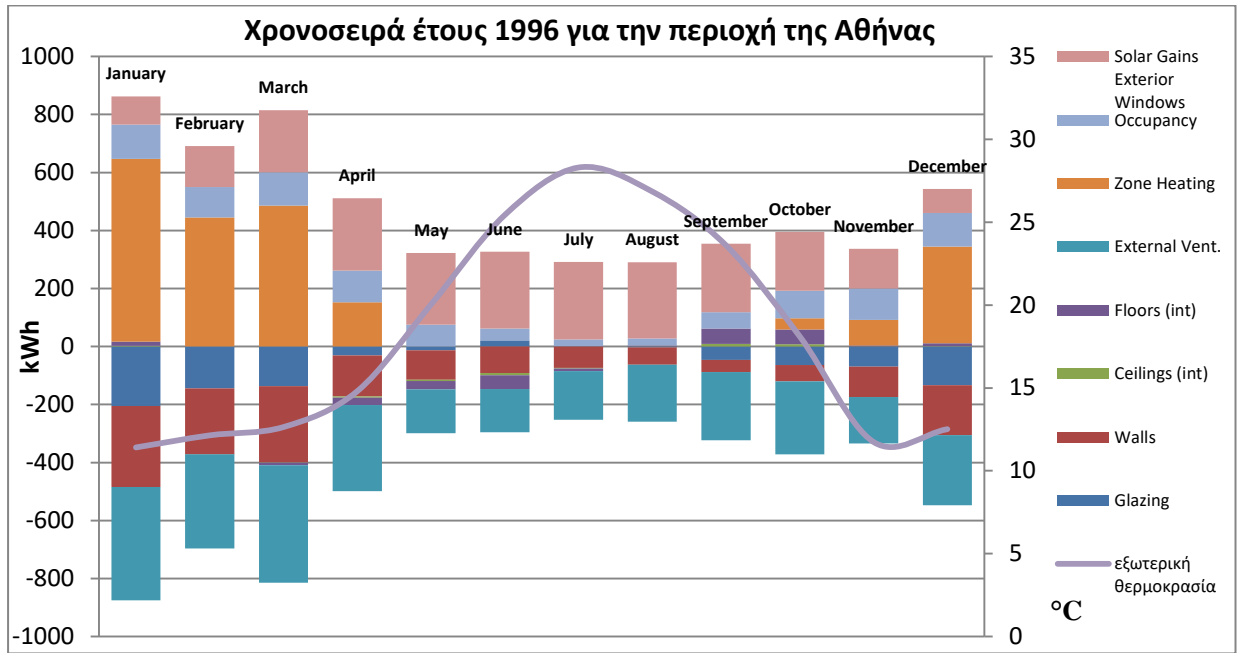
Γράφημα 6-15: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1993 για την περιοχή της Αθήνας



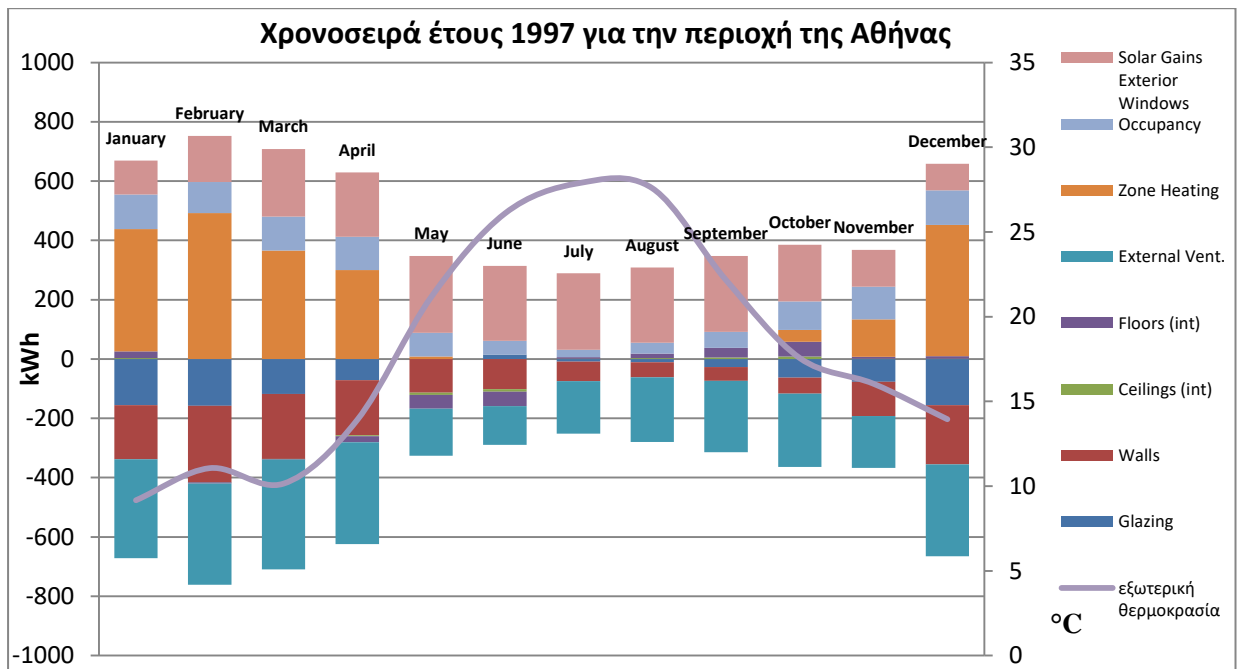
Γράφημα 6-16: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1994 για την περιοχή της Αθήνας



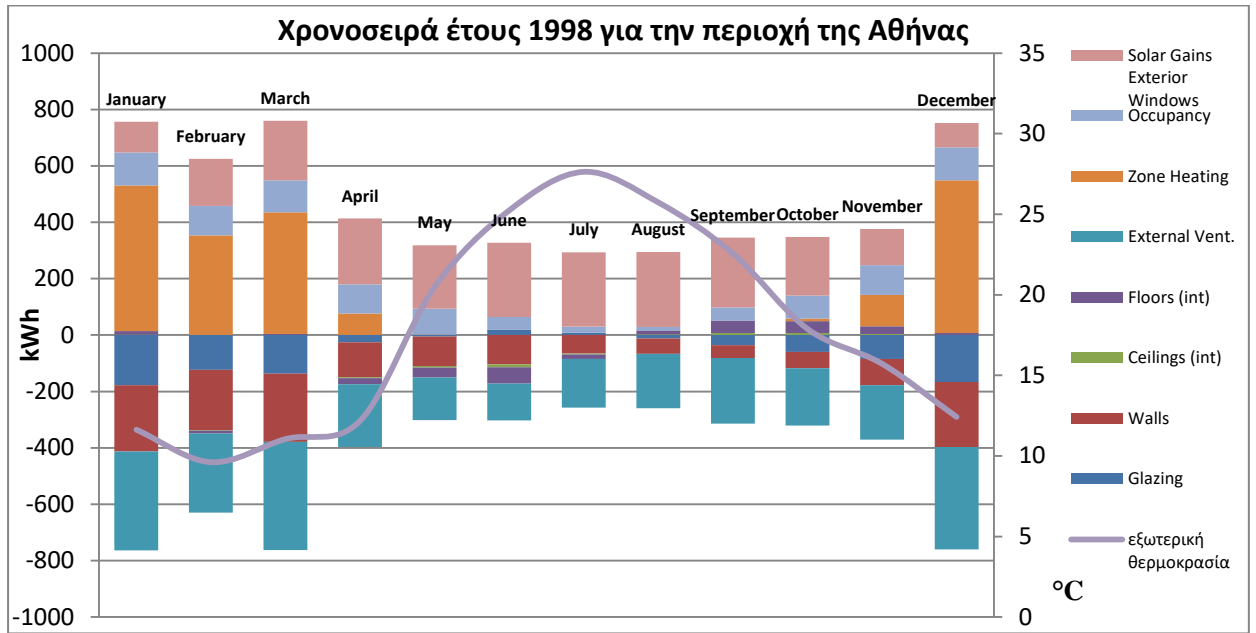
Γράφημα 6-17: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1995 για την περιοχή της Αθήνας



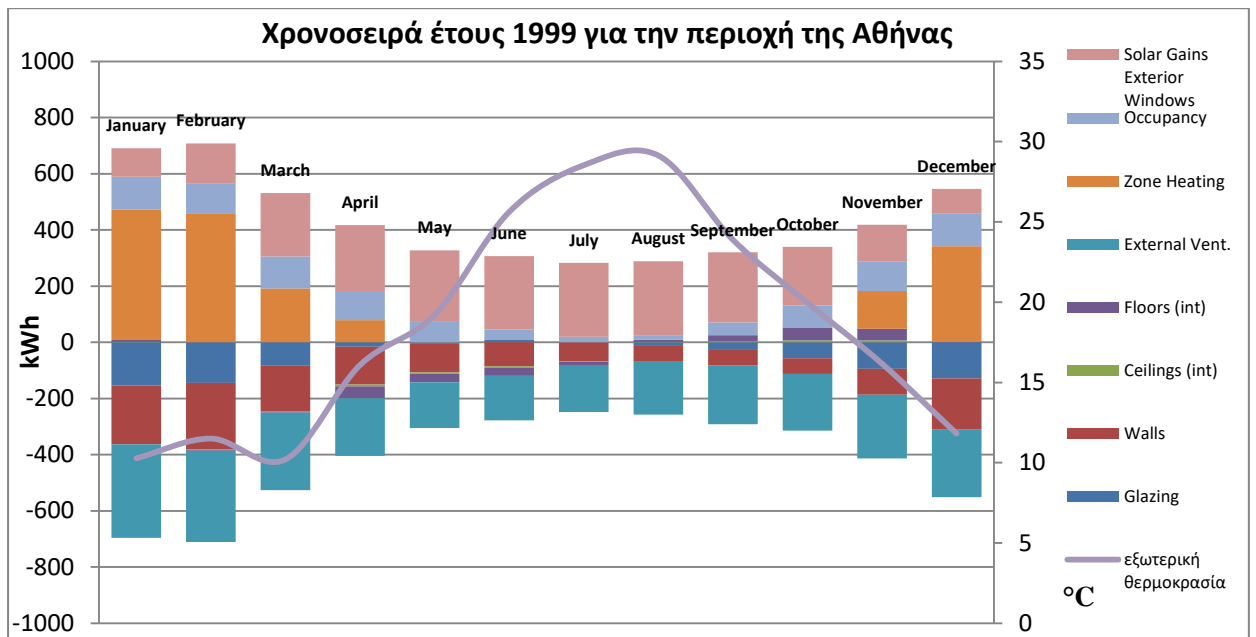
Γράφημα 6-18: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1996 για την περιοχή της Αθήνας



Γράφημα 6-19: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1997 για την περιοχή της Αθήνας

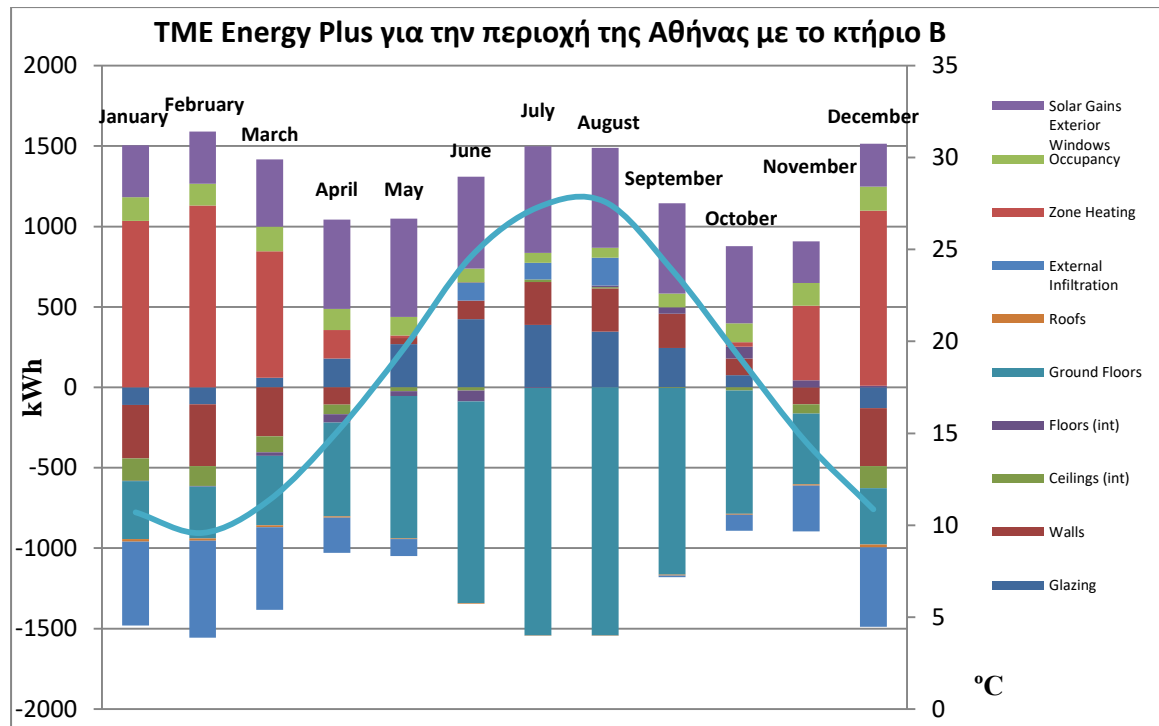


Γράφημα 6-20: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1998 για την περιοχή της Αθήνας

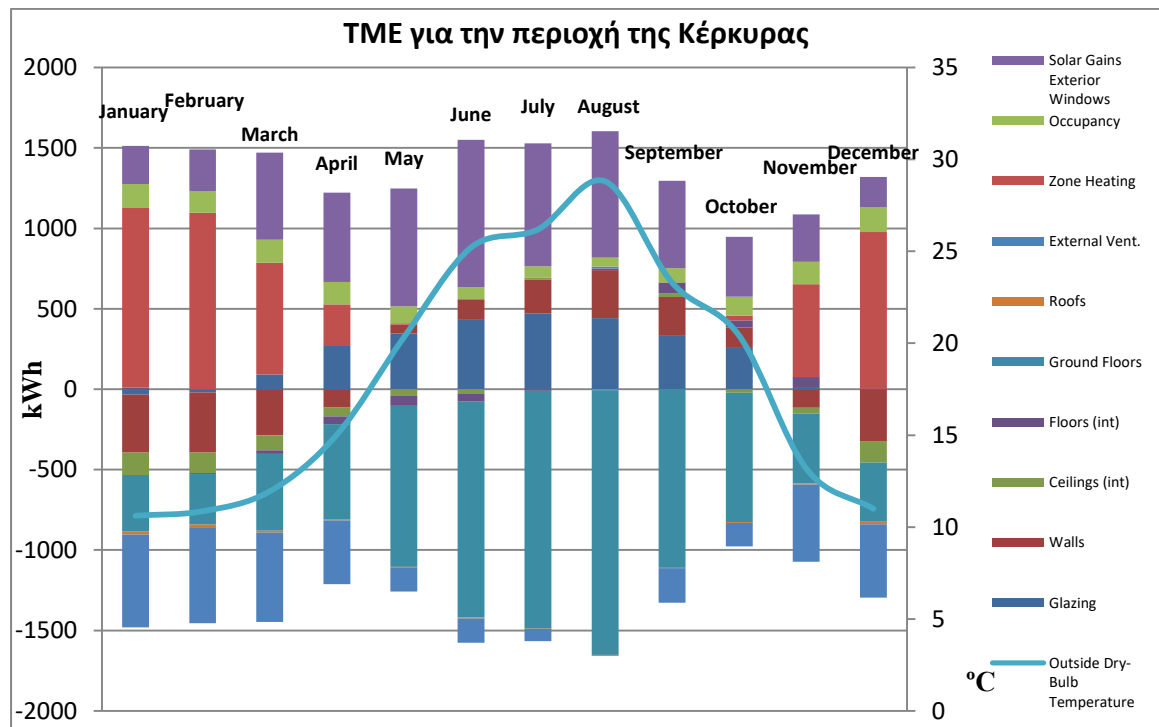


Γράφημα 6-21: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1999 για την περιοχή της Αθήνας

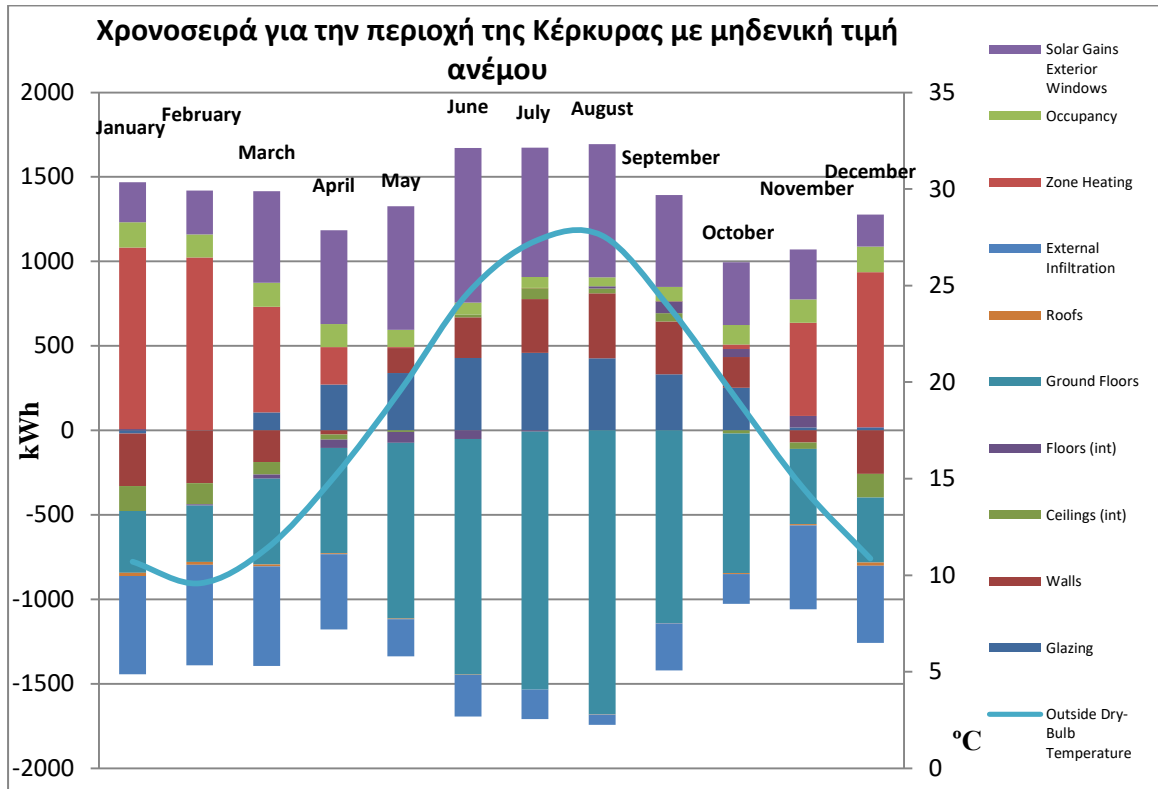
## 6.2. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ



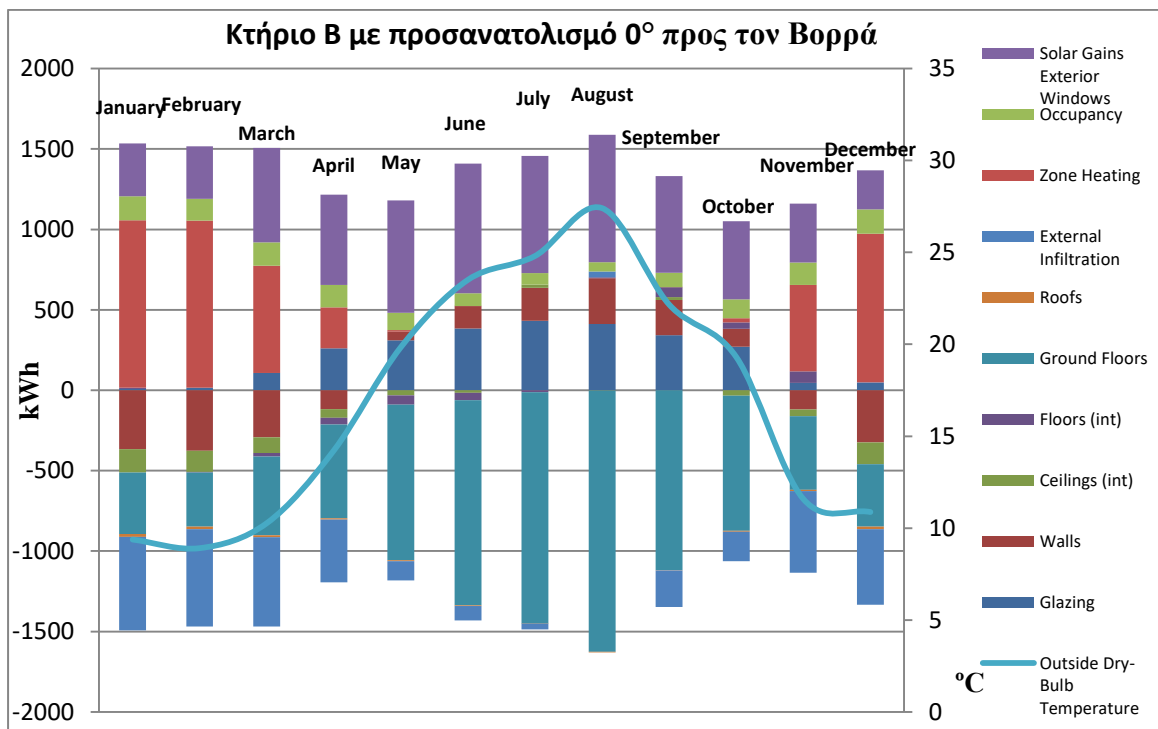
Γράφημα 6-22: Αποτελέσματα TME της EnergyPlus για την περιοχή της Αθήνας με το κτήριο Β



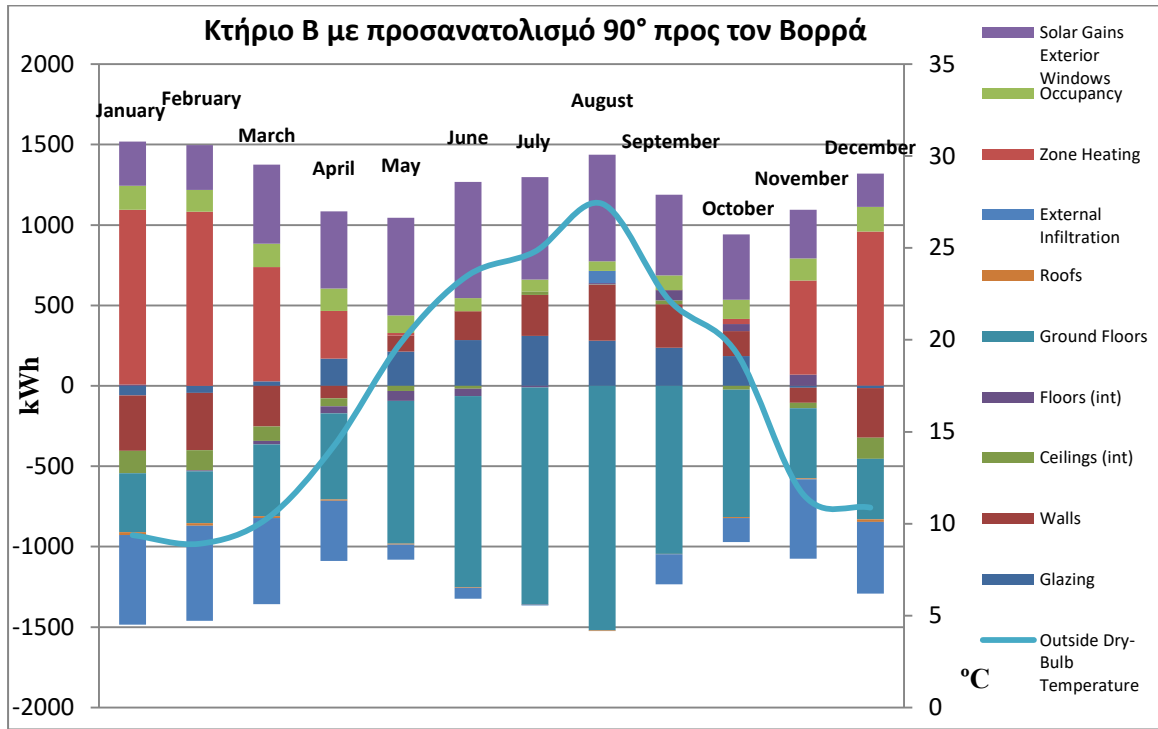
Γράφημα 6-23: Αποτελέσματα TME για την περιοχή της Κέρκυρας



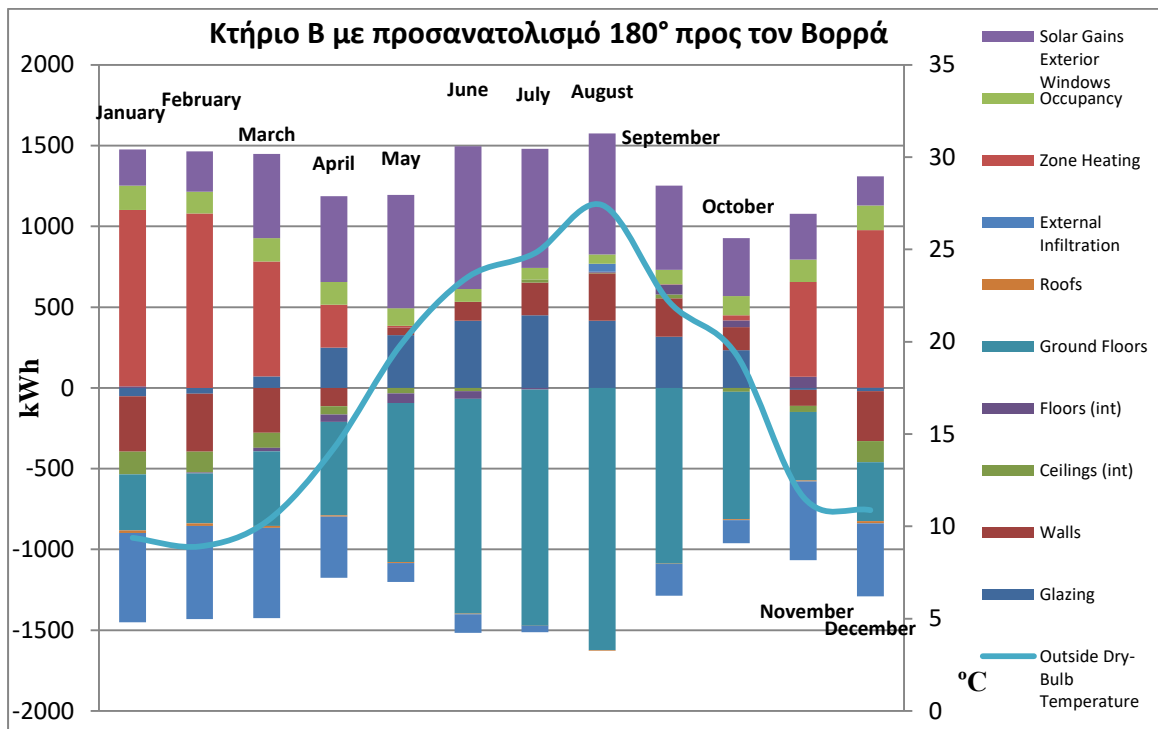
Γράφημα 6-24: Αποτελέσματα χρονοσειράς TME για την περιοχή της Αθήνας με τιμή ταχύτητας ανέμου 0 m/s



Γράφημα 6-25: Αποτελέσματα κτηρίου Β με προσανατολισμό 0 μοίρες προς τον Βορρά στην περιοχή της Κέρκυρας

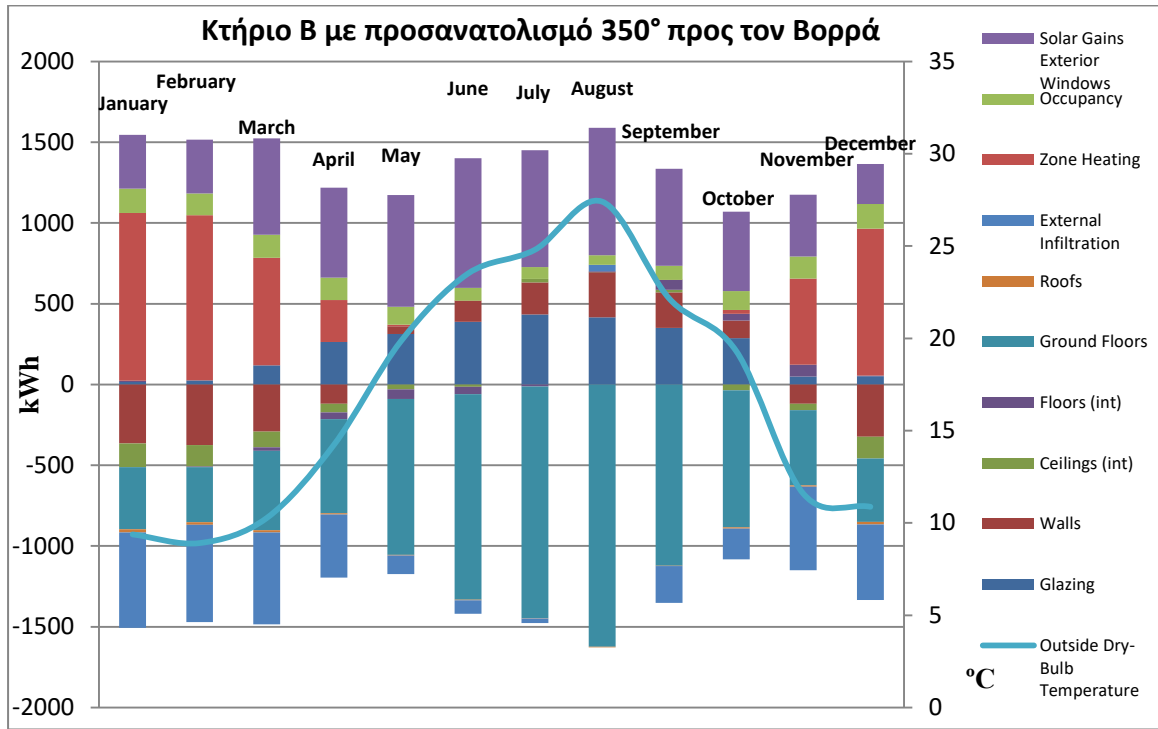


Γράφημα 6-26: Αποτελέσματα κτηρίου Β με προσανατολισμό 90 μοίρες προς τον Βορρά στην περιοχή της Κέρκυρας

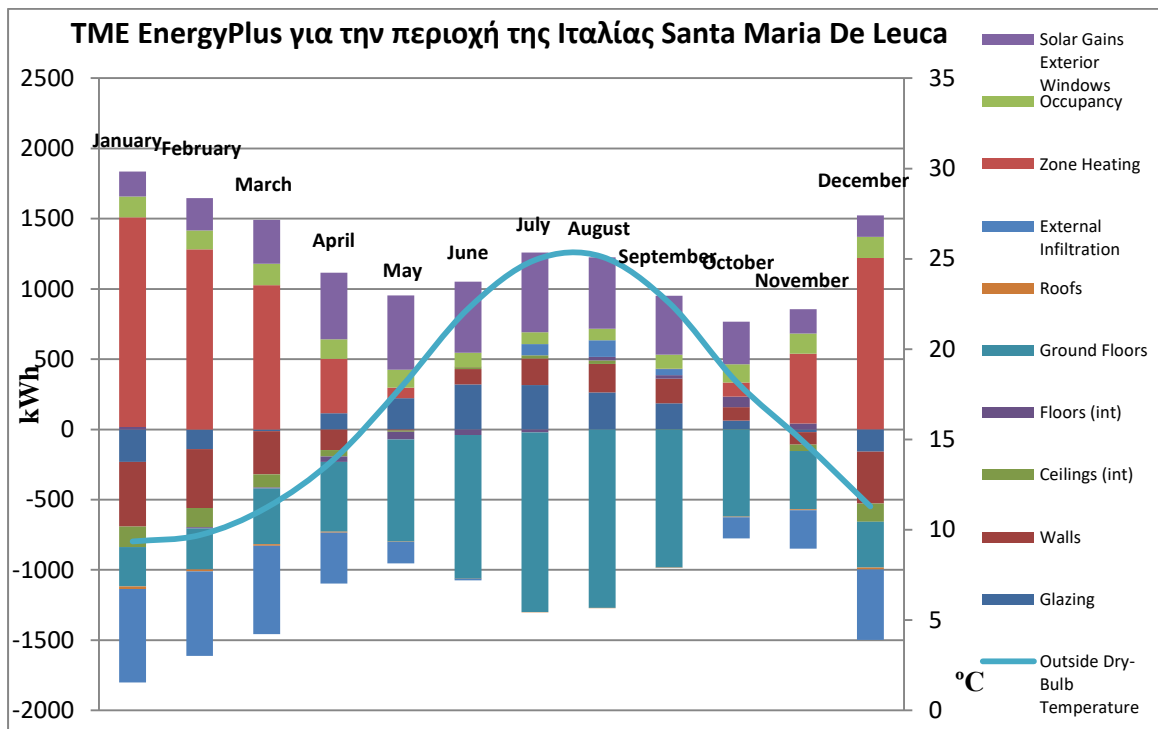


Γράφημα 6-27: Αποτελέσματα κτηρίου Β με προσανατολισμό 180 μοίρες προς τον Βορρά στην περιοχή της Κέρκυρας

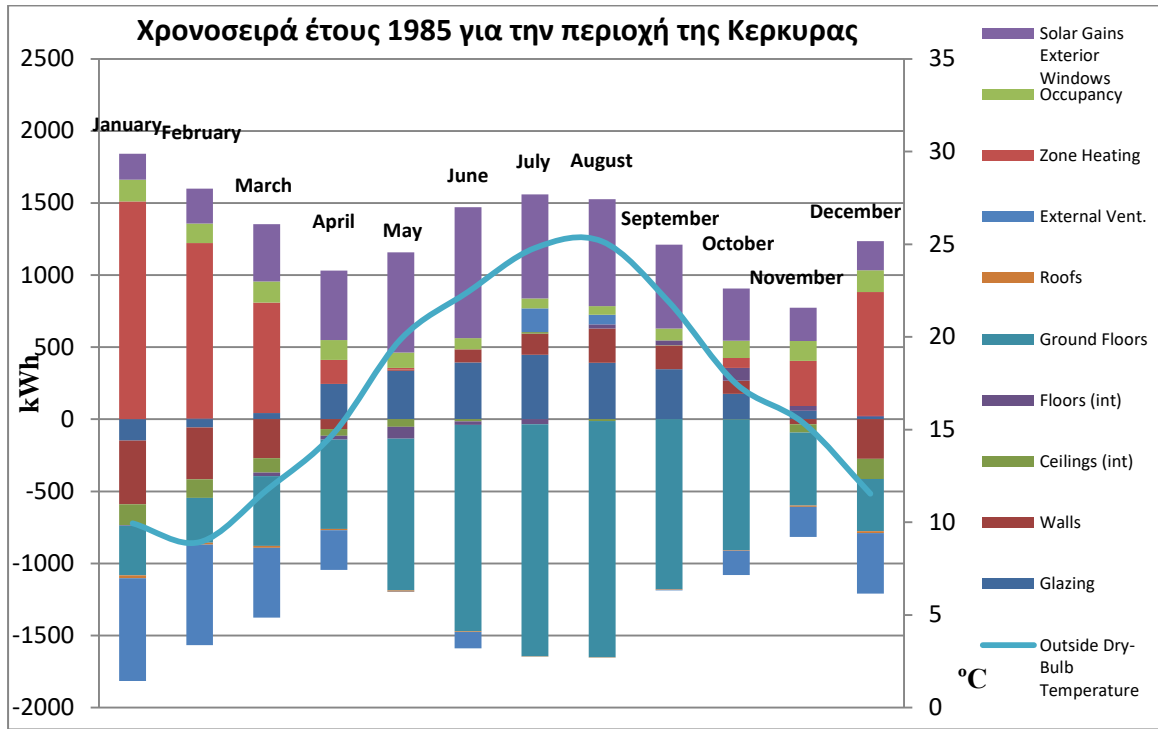




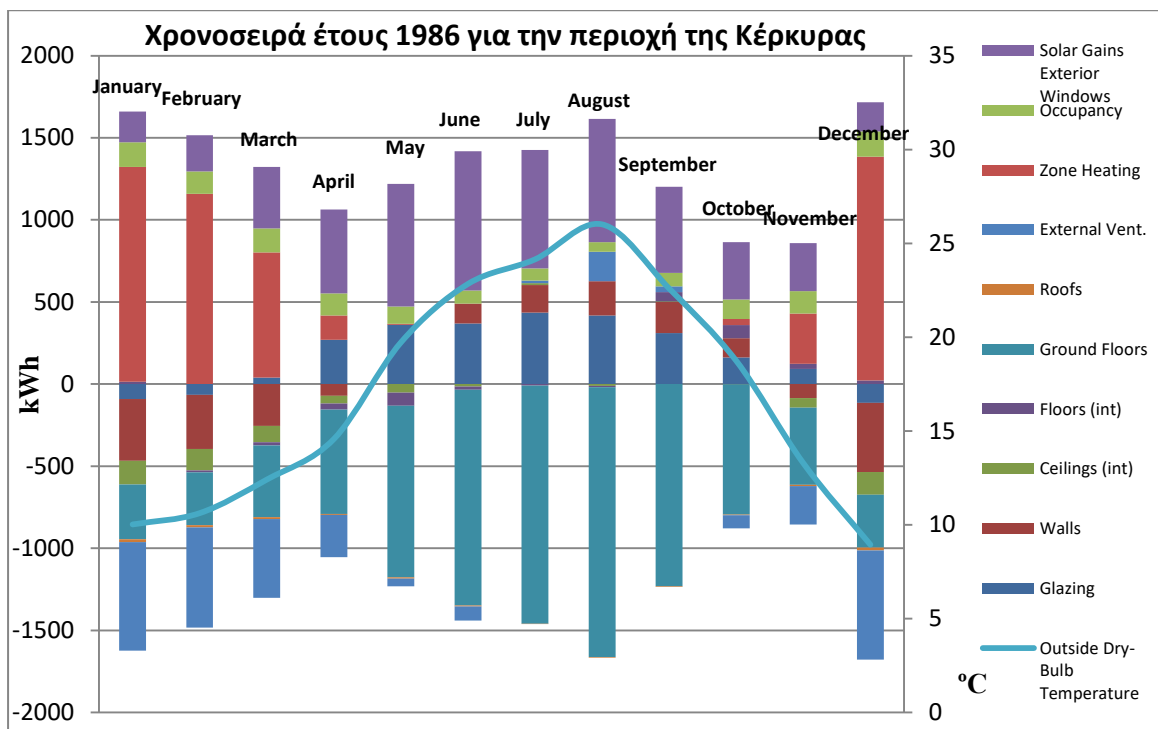
Γράφημα 6-28: Αποτελέσματα κτηρίου Β με προσανατολισμό 350 μοίρες προς τον Βορρά στην περιοχή της Κέρκυρας



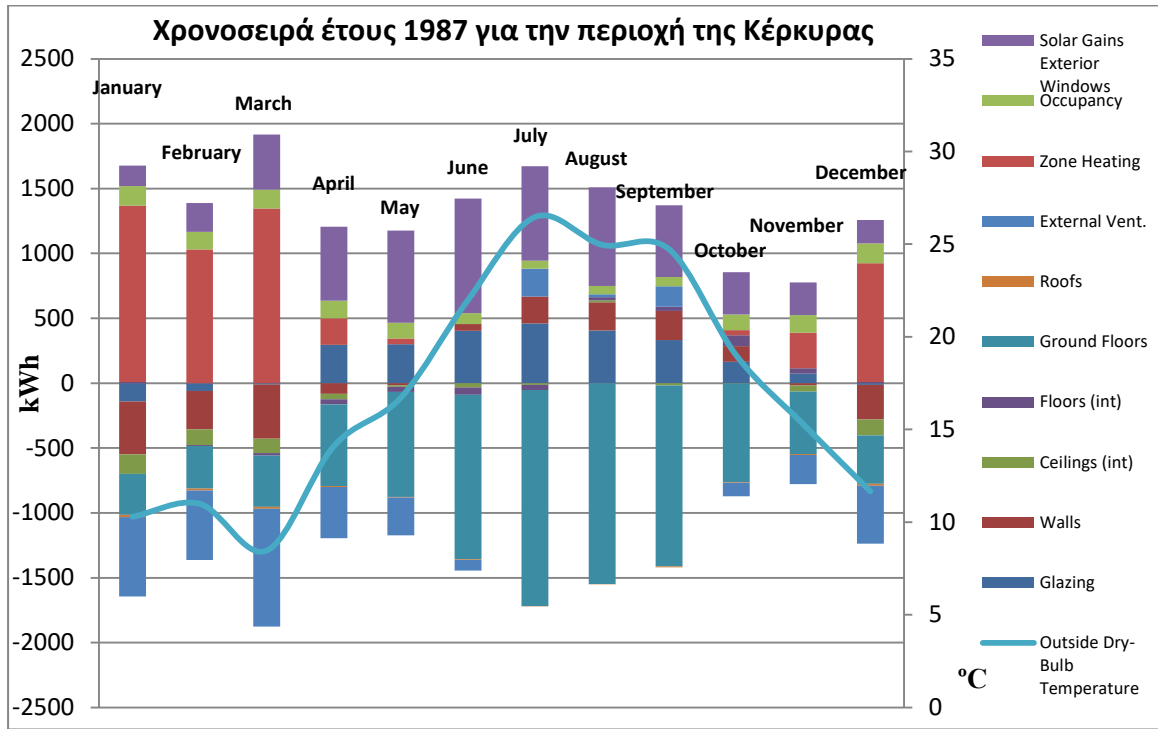
Γράφημα 6-29: Αποτελέσματα του TME της EnergyPlus για την περιοχή της Ιταλίας Santa Maria de Leuca



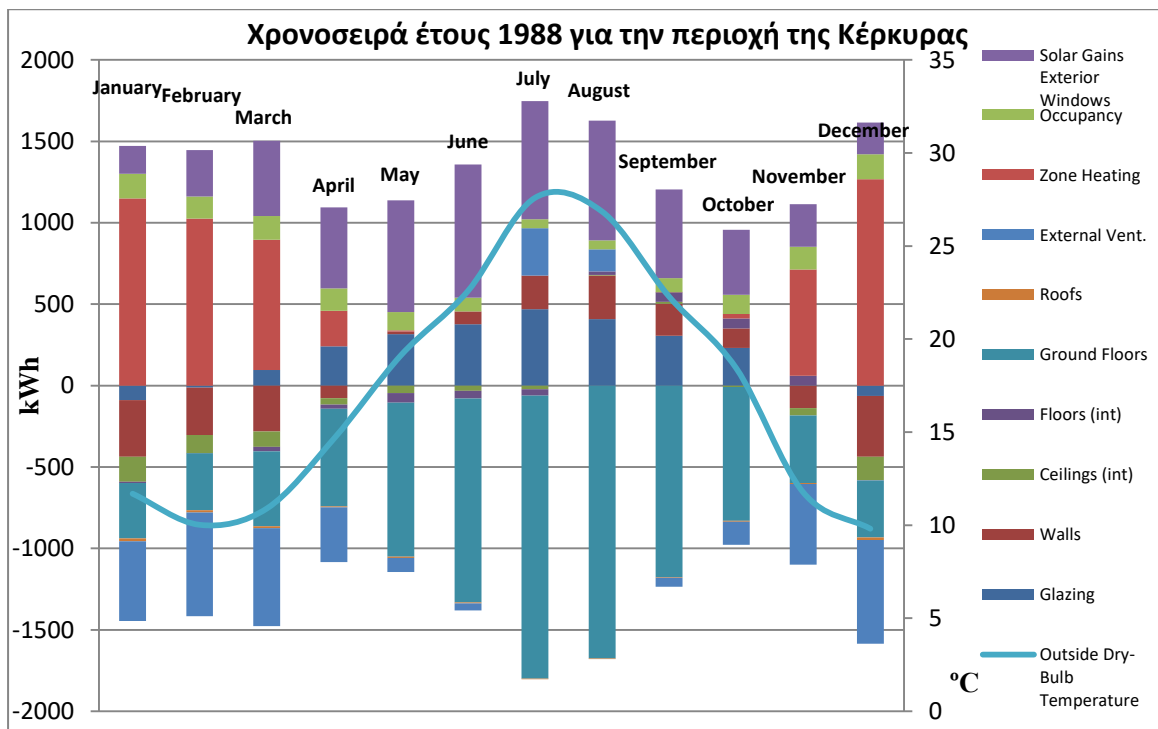
Γράφημα 6-30:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1985 για την περιοχή της Κέρκυρας



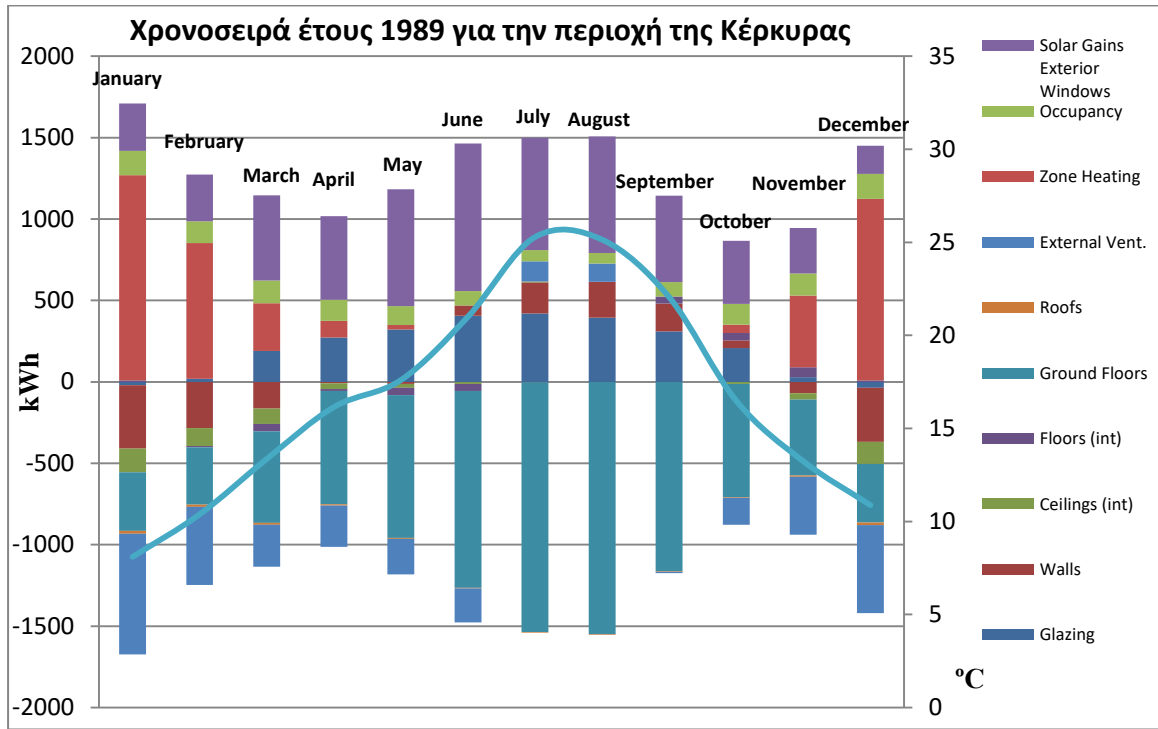
Γράφημα 6-31:Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1986 για την περιοχή της Κέρκυρας



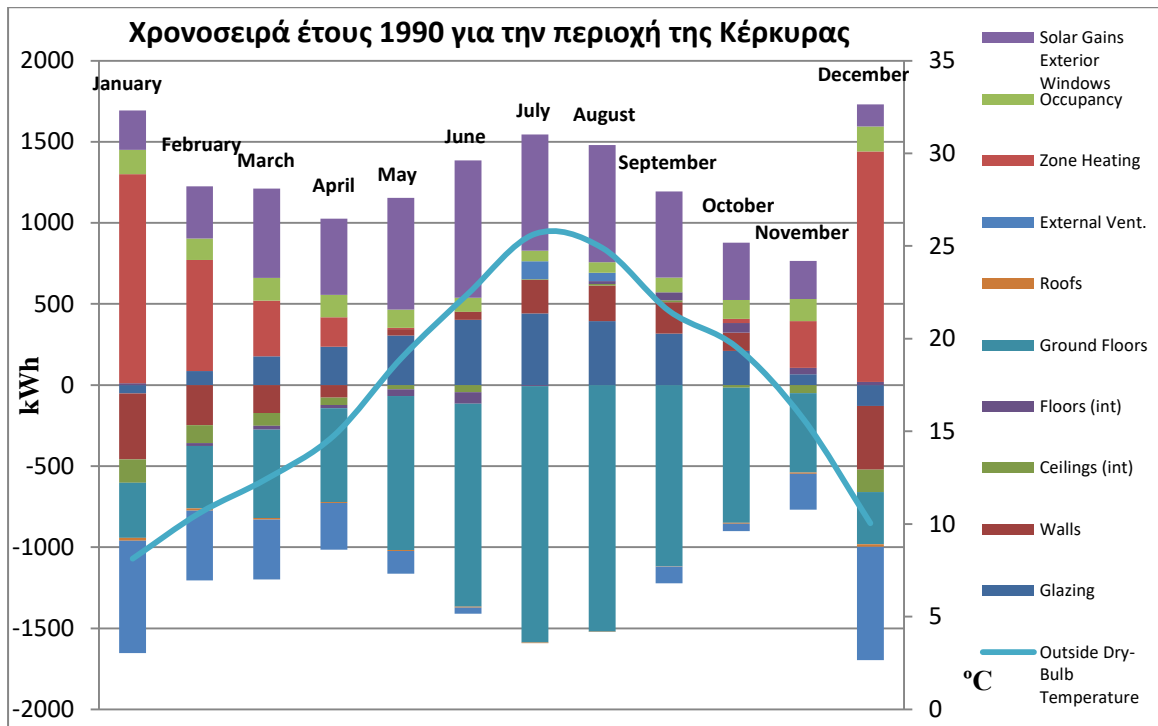
Γράφημα 6-32: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1987 για την περιοχή της Κέρκυρας



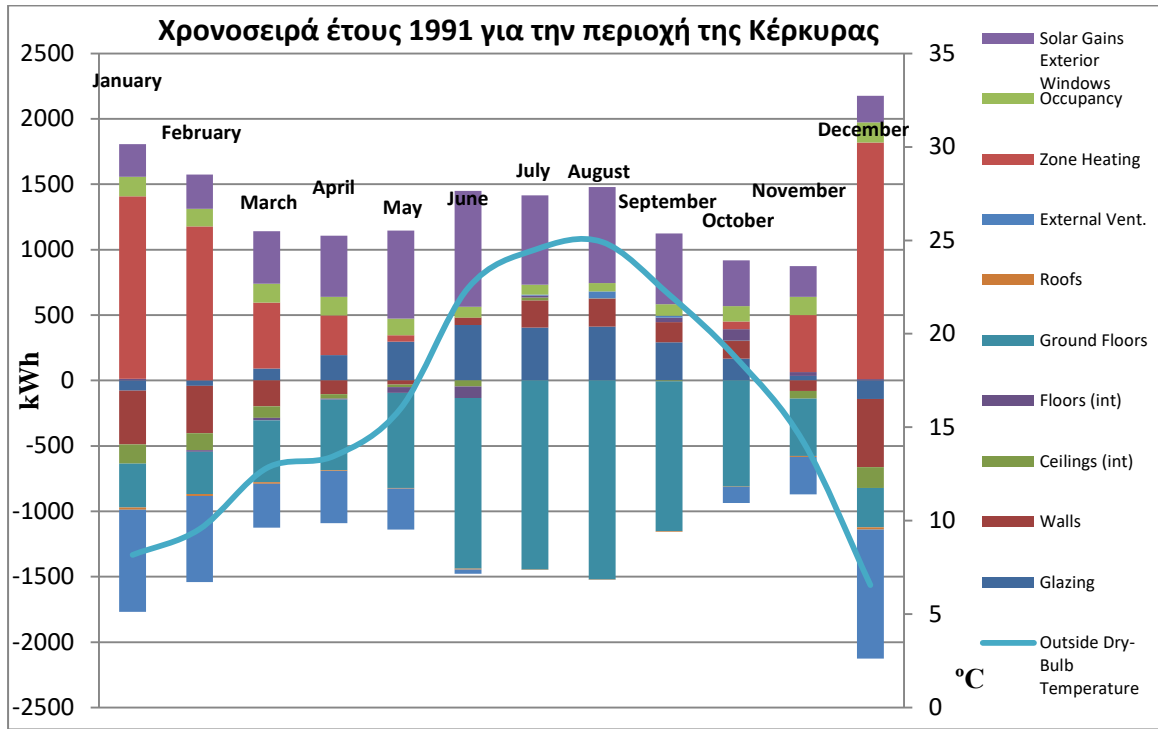
Γράφημα 6-33: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1988 για την περιοχή της Κέρκυρας



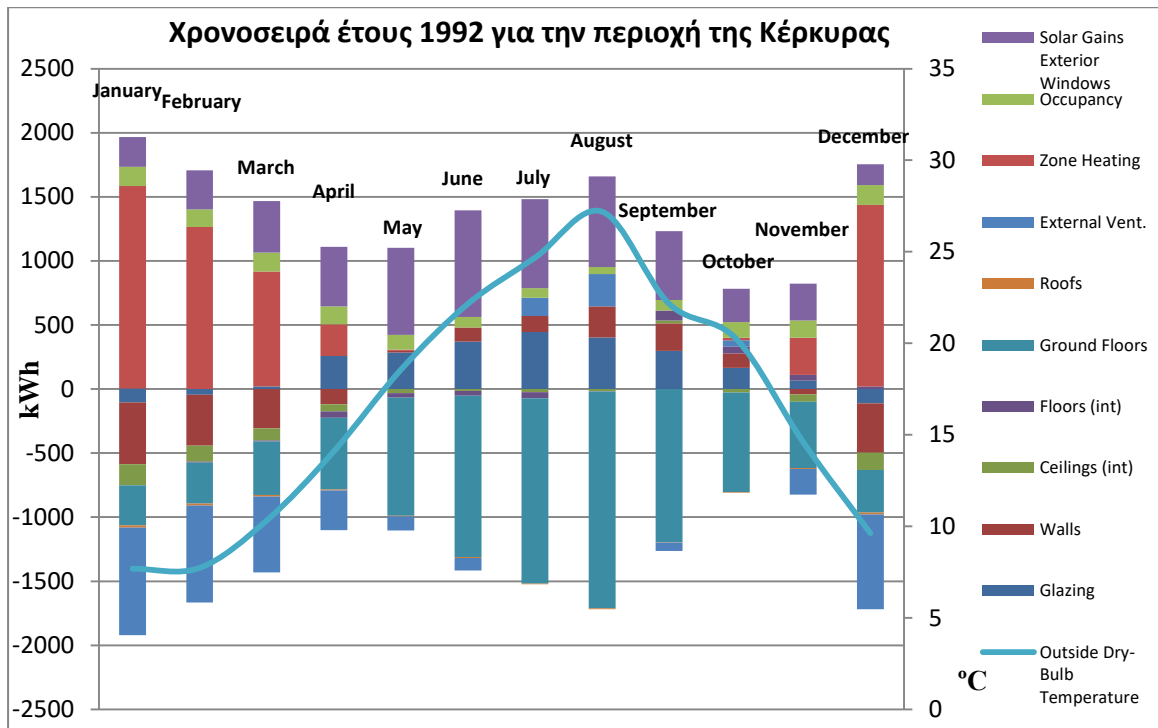
Γράφημα 6-34: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1989 για την περιοχή της Κέρκυρας



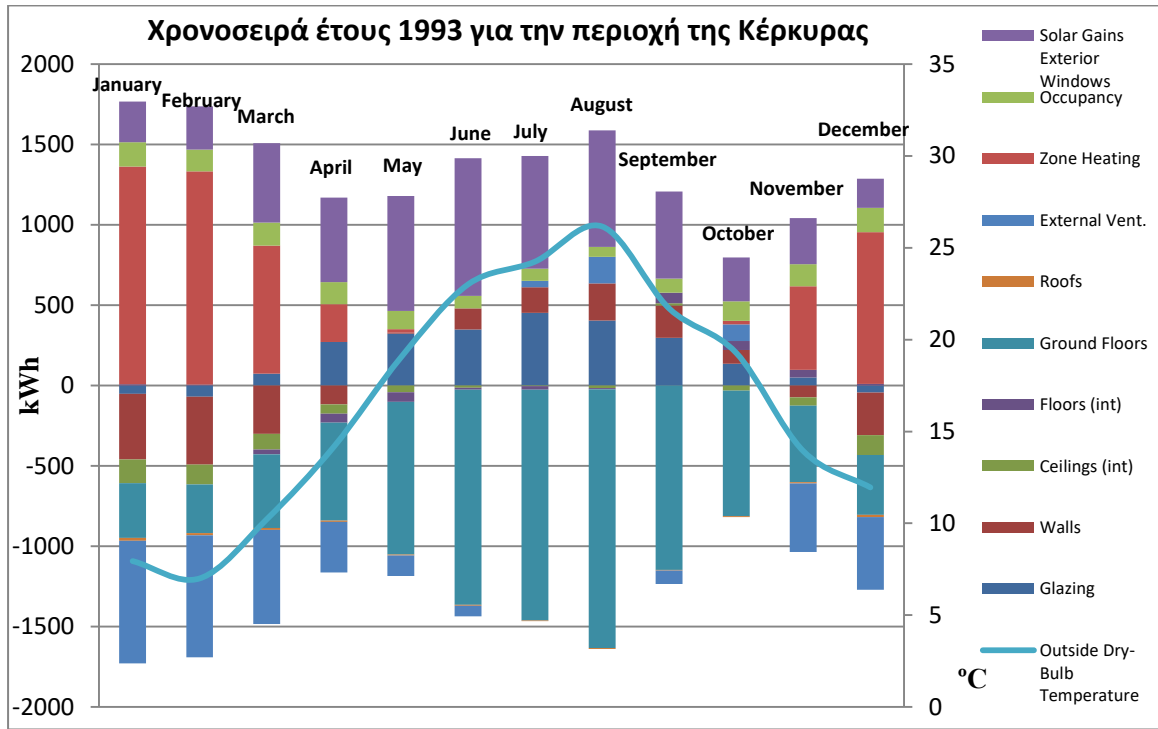
Γράφημα 6-35: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1990 για την περιοχή της Κέρκυρας



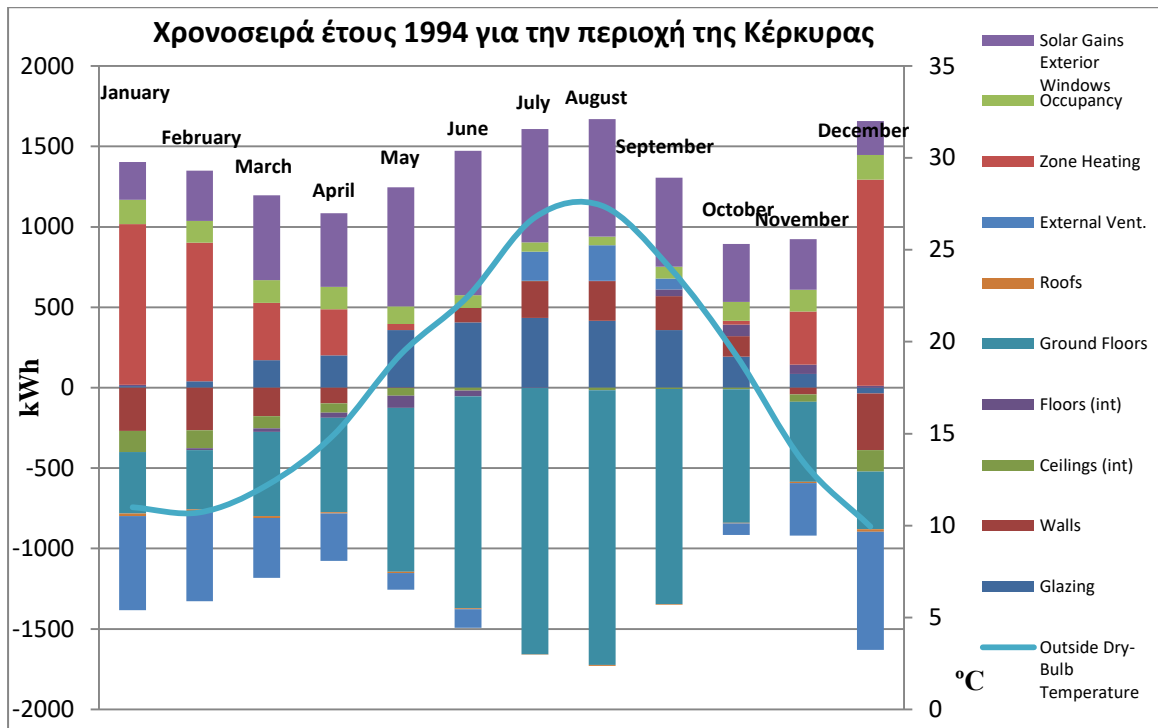
Γράφημα 6-36: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1991 για την περιοχή της Κέρκυρας



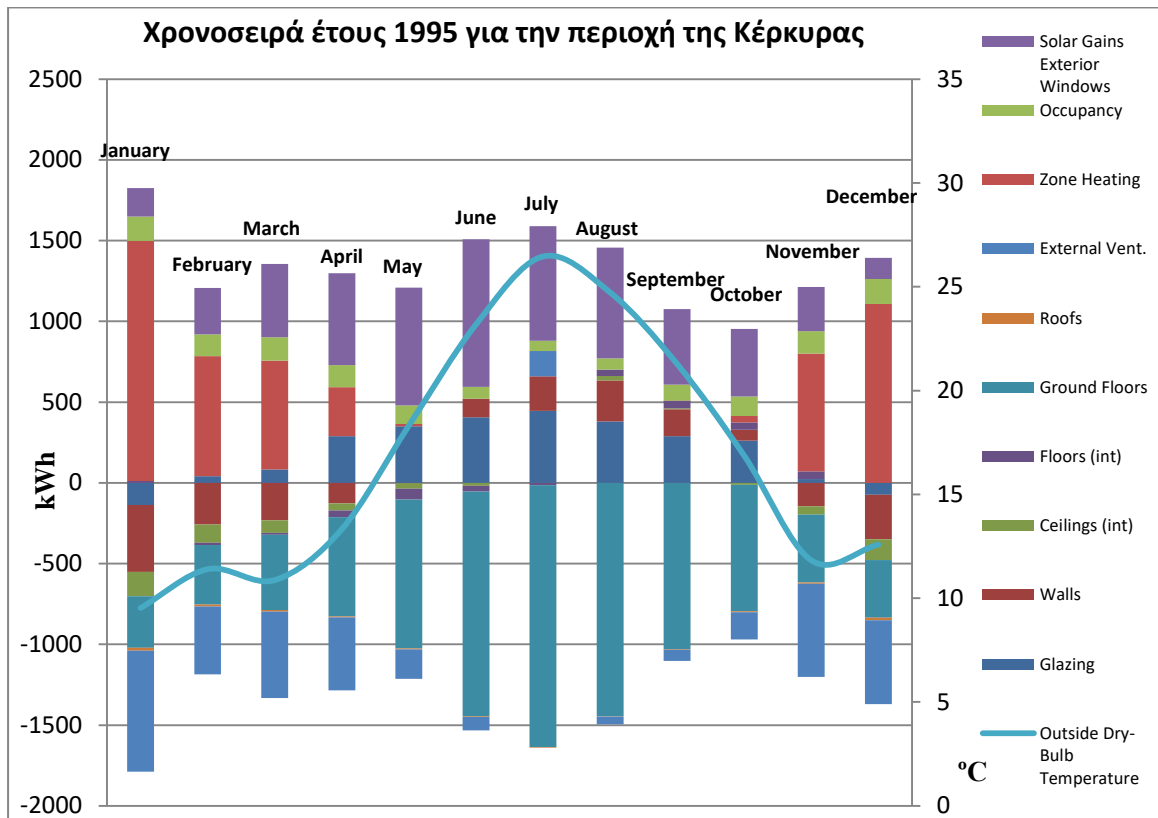
Γράφημα 6-37: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1992 για την περιοχή της Κέρκυρας



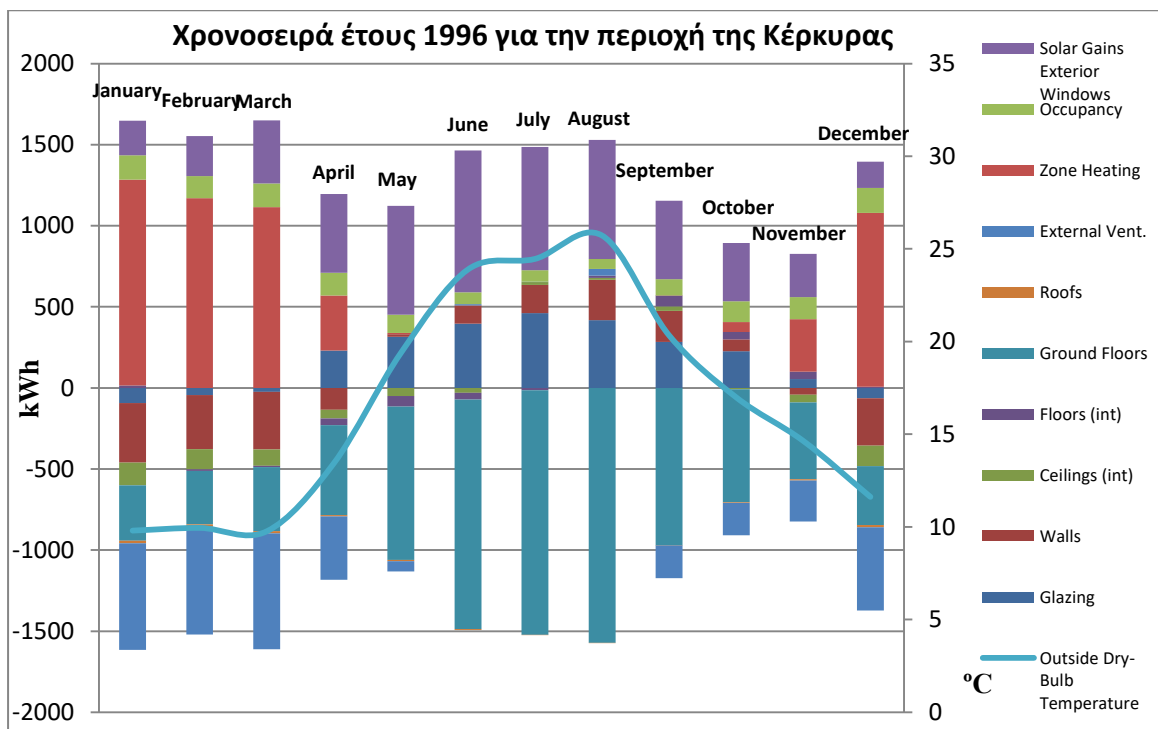
Γράφημα 6-38: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1993 για την περιοχή της Κέρκυρας



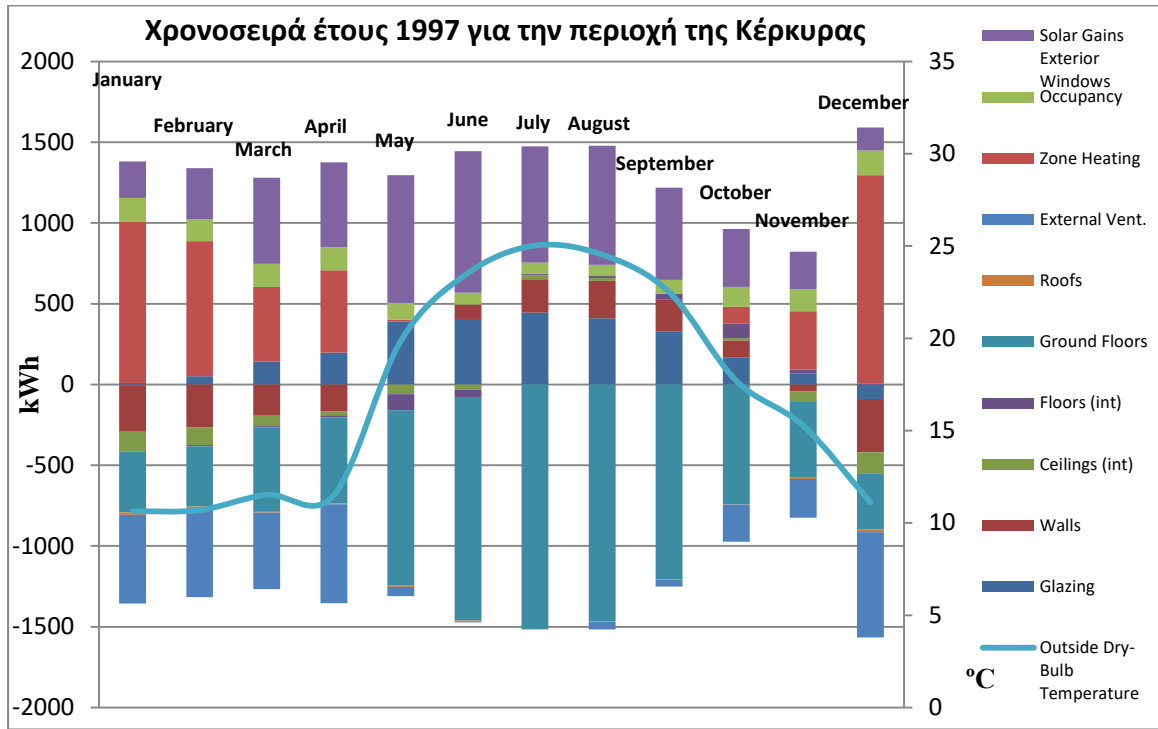
Γράφημα 6-39: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1994 για την περιοχή της Κέρκυρας



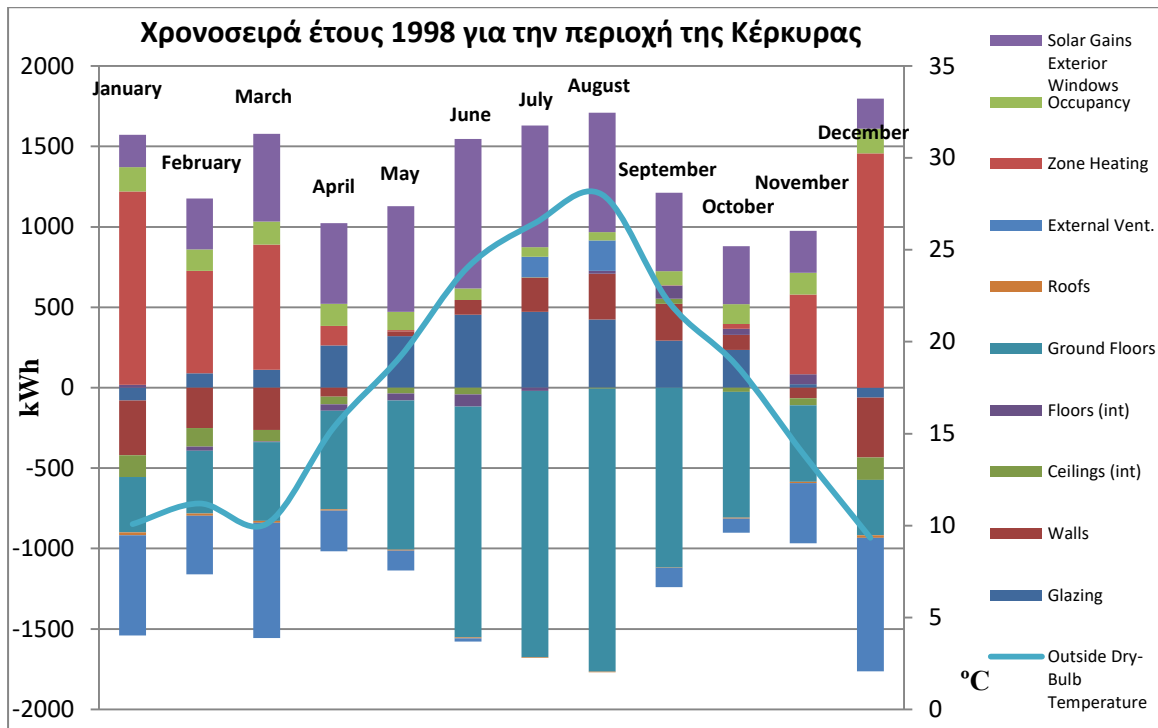
Γράφημα 6-40: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1995 για την περιοχή της Κέρκυρας



Γράφημα 6-41: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1996 για την περιοχή της Κέρκυρας

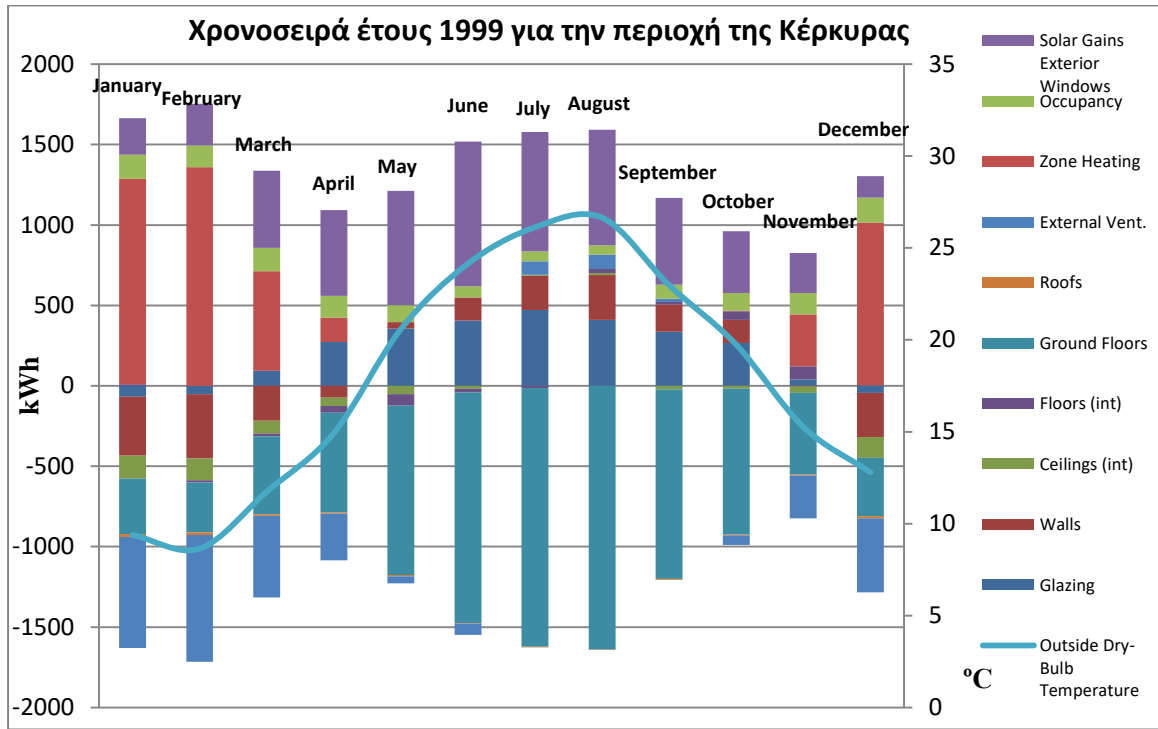


Γράφημα 6-42: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1997 για την περιοχή της Κέρκυρας

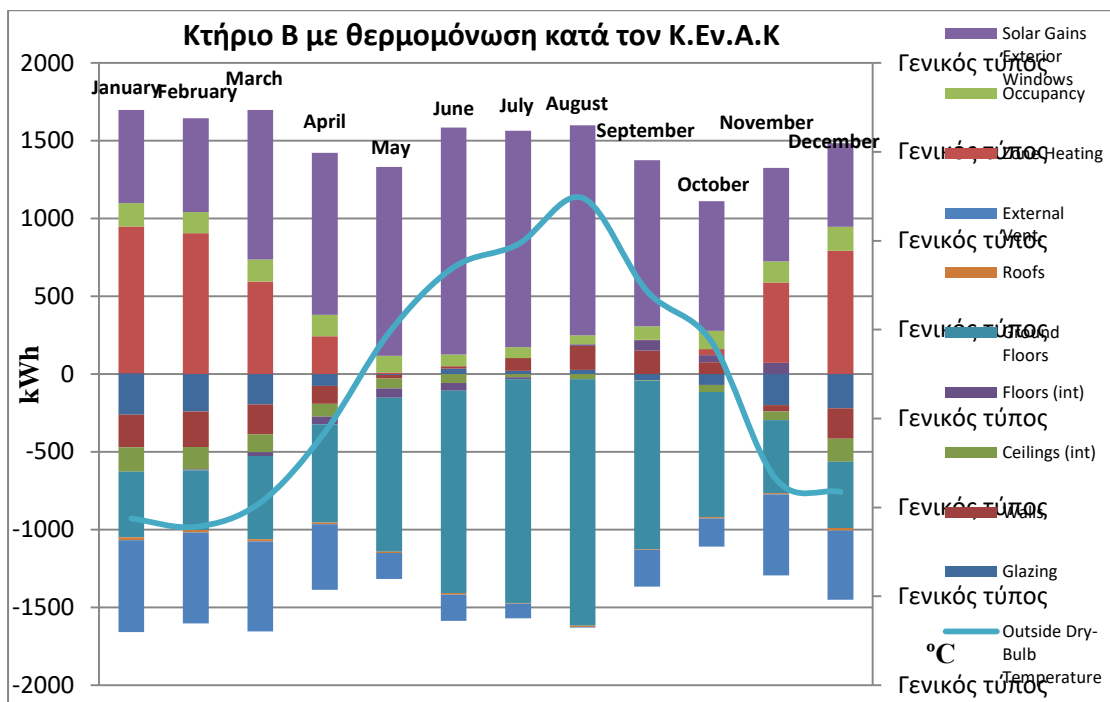


Γράφημα 6-43: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1998 για την περιοχή της Κέρκυρας



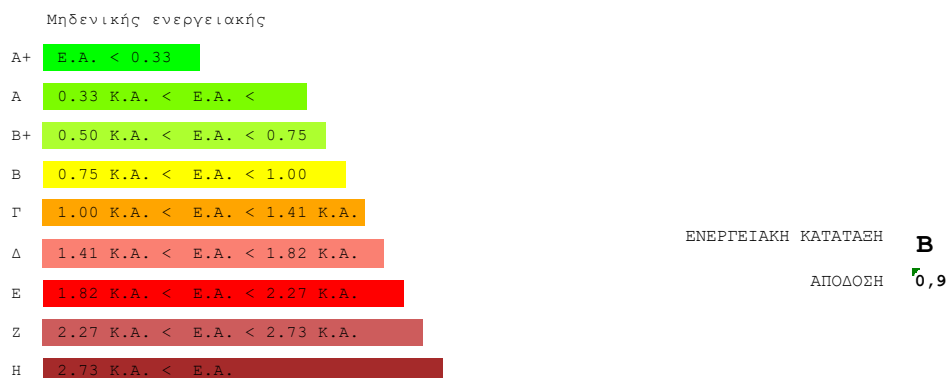


Γράφημα 6-44: Αποτελέσματα χρονοσειράς του έτους 1999 για την περιοχή της Κέρκυρας



Γράφημα 6-45: Αποτελέσματα του κτηρίου Β με θερμομόνωση σύμφωνα με τον κανόνα του Κ.Εν.Α.Κ

### 6.3. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ. ΓΙΑ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ Α



Ενεργειακά μη αποδοτικό

	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ				ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	9.3	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	2.3	0.0
ΦΕΒ	6.8	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	2.1	0.0
ΜΑΡ	3.8	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	2.2	0.0
ΑΠΡ	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	2.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	2.4	1.7	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	11.0	1.4	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	14.4	1.3	0.0
ΑΥΓ	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	13.4	1.3	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	3.3	1.4	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0
ΝΟΕ	1.9	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	1.9	0.0
ΔΕΚ	7.1	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	2.2	0.0
ΣΥΝ	29.1	25.5	0.0	0.0	20.5	44.5	21.5	0.0

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	8.5	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	6.2	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	3.5	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.1	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.5	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	2.2	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	2.8	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	2.6	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.6	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	1.7	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	6.5	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	26.5	8.8	0.0	0.0

Εικόνα 6-1: Μελέτη με Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ. κτηρίου Α με θερμομόνωση σύμφωνα με το ΚΘΚ

Μηδενικής ενεργειακής

A+	E.A. < 0.33
A	0.33 Κ.Α. < E.A. <
B+	0.50 Κ.Α. < E.A. < 0.75
B	0.75 Κ.Α. < E.A. < 1.00
Γ	1.00 Κ.Α. < E.A. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < E.A. < 1.82 Κ.Α.
E	1.82 Κ.Α. < E.A. < 2.27 Κ.Α.
Ζ	2.27 Κ.Α. < E.A. < 2.73 Κ.Α.
Η	2.73 Κ.Α. < E.A.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **B**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **0,7**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

**ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**      **ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	6.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	2.3	0.0
ΦΕΒ	4.1	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	2.1	0.0
ΜΑΡ	1.9	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	2.2	0.0
ΑΠΡ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	2.8	1.7	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	10.8	1.4	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	13.7	1.3	0.0
ΑΥΓ	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	12.7	1.3	0.0
ΣΕΠ	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	3.5	1.4	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0
ΝΟΕ	0.8	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	1.9	0.0
ΔΕΚ	4.4	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	2.2	0.0
ΣΥΝ	17.2	24.9	0.0	0.0	12.1	43.5	21.5	0.0

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	5.4	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	3.8	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	1.7	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.6	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	2.1	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	2.7	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	2.5	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.7	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	0.8	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	4.0	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	15.7	8.6	0.0	0.0

**Εικόνα 6-2:Μελέτη κτηρίου Α με εξωτερική θερμομόνωση τοίχων σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ.**

Μηδενικής ενεργειακής

A+	E.A. < 0.33
A	0.33 Κ.Α. < E.A. <
B+	0.50 Κ.Α. < E.A. < 0.75
B	0.75 Κ.Α. < E.A. < 1.00
Γ	1.00 Κ.Α. < E.A. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < E.A. < 1.82 Κ.Α.
E	1.82 Κ.Α. < E.A. < 2.27 Κ.Α.
Ζ	2.27 Κ.Α. < E.A. < 2.73 Κ.Α.
Η	2.73 Κ.Α. < E.A.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Δ**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **1,8**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

**ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	20.8	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	16.3	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	11.3	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.8	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	1.0	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	6.6	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	9.8	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	8.9	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.6	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	6.6	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	16.8	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	72.5	27.9	0.0	0.0

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	14.6	0.0	2.3	0.0
ΦΕΒ	11.4	0.0	2.1	0.0
ΜΑΡ	7.9	0.0	2.2	0.0
ΑΠΡ	0.8	0.0	2.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	1.7	1.7	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	11.6	1.4	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	17.1	1.3	0.0
ΑΥΓ	0.0	15.5	1.3	0.0
ΣΕΠ	0.0	2.8	1.4	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	1.7	0.0
ΝΟΕ	4.6	0.0	1.9	0.0
ΔΕΚ	11.8	0.0	2.2	0.0
ΣΥΝ	51.2	48.8	21.5	0.0

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	18.9	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	14.8	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	10.3	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.8	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.3	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	2.3	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	3.4	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	3.1	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.5	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	6.0	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	15.2	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	65.9	9.6	0.0	0.0

**Εικόνα 6-3: Μελέτη κτηρίου Α χωρίς θερμομόνωση τοιχοποιίας**

## 6.4. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Τ.Ε.Ε. Κ.Εν.Α.Κ. ΓΙΑ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ Β

Μηδενικής ενεργειακής

A+	E.A. < 0.33
A	0.33 Κ.Α. < E.A. <
B+	0.50 Κ.Α. < E.A. < 0.75
B	0.75 Κ.Α. < E.A. < 1.00
Γ	1.00 Κ.Α. < E.A. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < E.A. < 1.82 Κ.Α.
E	1.82 Κ.Α. < E.A. < 2.27 Κ.Α.
Z	2.27 Κ.Α. < E.A. < 2.73 Κ.Α.
H	2.73 Κ.Α. < E.A.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **B**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **0,9**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

### ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	9.1	0.0	2.6	0.0
ΦΕΒ	6.7	0.0	2.4	0.0
ΜΑΡ	4.1	0.0	2.5	0.0
ΑΠΡ	0.2	0.0	1.8	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	1.4	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	3.8	0.3	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	6.4	0.3	0.0
ΑΥΓ	0.0	6.1	0.1	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.0	0.6	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	1.5	0.0
ΝΟΕ	2.2	0.0	2.2	0.0
ΔΕΚ	7.1	0.0	2.5	0.0
ΣΥΝ	29.3	16.3	18.3	0.0

### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
	7.5	0.0	1.8	0.0
	5.6	0.0	1.6	0.0
	3.4	0.0	1.7	0.0
	0.4	0.0	1.5	0.0
	0.0	1.9	1.4	0.0
	0.0	8.9	1.1	0.0
	0.0	13.0	1.0	0.0
	0.0	12.4	1.0	0.0
	0.0	2.7	1.1	0.0
	0.0	0.0	1.3	0.0
	1.9	0.0	1.5	0.0
	5.8	0.0	1.7	0.0
	24.5	38.8	16.8	0.0

### ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	8.2	0.0	0.9	0.0
ΦΕΒ	6.1	0.0	0.8	0.0
ΜΑΡ	3.7	0.0	0.9	0.0
ΑΠΡ	0.2	0.0	0.6	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	0.5	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	1.3	0.1	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	2.2	0.1	0.0
ΑΥΓ	0.0	2.1	0.1	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.0	0.2	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.5	0.0
ΝΟΕ	2.0	0.0	0.7	0.0
ΔΕΚ	6.4	0.0	0.9	0.0
ΣΥΝ	26.7	5.6	6.3	0.0

Εικόνα 6-4:Μελέτη κτηρίου Β με θερμομόνωση τοίχων σύμφωνα με το ΚΘΚ

Μηδενικής ενεργειακής

A+	E.A. < 0.33
A	0.33 Κ.Α. < E.A. <
B+	0.50 Κ.Α. < E.A. < 0.75
B	0.75 Κ.Α. < E.A. < 1.00
Γ	1.00 Κ.Α. < E.A. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < E.A. < 1.82 Κ.Α.
E	1.82 Κ.Α. < E.A. < 2.27 Κ.Α.
Ζ	2.27 Κ.Α. < E.A. < 2.73 Κ.Α.
Η	2.73 Κ.Α. < E.A.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **B**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **0,8**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

#### ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	7.0	0.0	2.6	0.0
ΦΕΒ	5.1	0.0	2.4	0.0
ΜΑΡ	2.9	0.0	2.5	0.0
ΑΠΡ	0.1	0.0	1.8	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	1.4	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	3.7	0.3	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	6.1	0.3	0.0
ΑΥΓ	0.0	5.8	0.1	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.0	0.6	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	1.5	0.0
ΝΟΕ	1.5	0.0	2.2	0.0
ΔΕΚ	5.4	0.0	2.5	0.0
ΣΥΝ	22.0	15.6	18.3	0.0

#### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	5.8	0.0	1.8	0.0
ΦΕΒ	4.2	0.0	1.6	0.0
ΜΑΡ	2.4	0.0	1.7	0.0
ΑΠΡ	0.2	0.0	1.5	0.0
ΜΑΙ	0.0	2.0	1.4	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	8.8	1.1	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	12.3	1.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	11.8	1.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	2.7	1.1	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	1.3	0.0
ΝΟΕ	1.2	0.0	1.5	0.0
ΔΕΚ	4.4	0.0	1.7	0.0
ΣΥΝ	18.3	37.6	16.8	0.0

#### ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	6.4	0.0	0.9	0.0
ΦΕΒ	4.7	0.0	0.8	0.0
ΜΑΡ	2.6	0.0	0.9	0.0
ΑΠΡ	0.1	0.0	0.6	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	0.5	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	1.3	0.1	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	2.1	0.1	0.0
ΑΥΓ	0.0	2.0	0.1	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.0	0.2	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.5	0.0
ΝΟΕ	1.4	0.0	0.7	0.0
ΔΕΚ	4.9	0.0	0.9	0.0
ΣΥΝ	20.0	5.4	6.3	0.0

Εικόνα 6-5: Μελέτη κτηρίου B με εξ. θερμομόνωση τοίγων σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ

## Βιβλιογραφία

1. **EPISCOPE**. [http://www.energycon.org/Episcope\\_Brochure.pdf](http://www.energycon.org/Episcope_Brochure.pdf).  
[http://www.energycon.org/Episcope\\_Brochure.pdf](http://www.energycon.org/Episcope_Brochure.pdf). [Ηλεκτρονικό] [Παραπομπή: 22 4 2017.]  
[http://www.energycon.org/Episcope\\_Brochure.pdf](http://www.energycon.org/Episcope_Brochure.pdf).
2. **ΟΔΗΓΙΑ 2012/27/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ 25ης Οκτωβρίου 2012 για για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των οδηγιών 2009/125/ΕΚ και 2010/30/ΕΕ και την κατάργηση των οδηγιών 2004/8/ΕΚ και 2006/32/ΕΚ. Οκτωβρίου, Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο της 25ης.** 2012, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σ. 315.
3. **ΟΔΗΓΙΑ 2004/8/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 11ης Φεβρουαρίου 2004 για την προώθηση της συμπαραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά ενέργειας και για την τροποποίηση της οδηγίας 92/42/ΕΟΚ. 2004, Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο της 11ης Φεβρουαρίου.** 2004, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
4. **ΟΔΗΓΙΑ 2006/32/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 5ης Απριλίου 2006 για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες και για την κατάργηση της Οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου. 2006, Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο της 5ης Απριλίου.** 2006, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
5. **Οδηγία 2012/27/ΕΕ. Ευρωπαϊκή Επιτροπή.** 2012.
6. **ΝΟΜΟΣ ΥΠΑΡΙΘ. 3855 "Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις". Α,** 2010, Εφημερις της Κυβερνησεως της Ελληνικής Δημοκρατίας.
7. **ASHRAE Standard 140. Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs.** s.l. : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2004.
8. **ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ. ΤΕΕ . Το λογισμικό ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ.** [Ηλεκτρονικό] [Παραπομπή: 25 4 2017.]  
[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak/tee\\_kenak](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/tee_kenak).
9. **Documentation, Energy Plus. Engineering Reference / The Reference to Energy Plus Calculations.** 1996-2015.
10. **Καβαδίας, Κοσμάς Α. Σύγχρονοι Ηλιακός Χάρτης της Ελλάδας.** Αθήνα : s.n., 2016.
11. **NOAA. National Centers for Environmental Information. National Centers for Environmental Information.** [Ηλεκτρονικό] [Παραπομπή: 25 4 2017.]  
<http://www.ncdc.noaa.gov/>.
12. **Energy Plus Documentation. Auxiliary EnergyPlus Programs -Extra programs for Energy Plus.**
13. **Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ : ΔΚ1- ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ, ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ. ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΩΝ-ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ.** Αθήνα : ΤΕΕ, 2011, σ. 43.

14. **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ.** Περί εγρίσεως κανονισμού δια την θερμομόνωση των κτηρίων. Α.Φ 362. *ΦΕΚ*. ΑΘΗΝΑ : s.n., 1979.
15. **Δημήτρης, Ρίζος.** Κ.Ε.Ν.Α.Κ - ΟΙ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ. *Κ.Ε.Ν.Α.Κ - ΟΙ 4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ*. [Ηλεκτρονικό] 29 1 2012. [Παραπομπή: 26 4 2017.] <https://rizosdimitris.blogspot.gr/2012/01/4.html>.
16. **Υ.Π.Ε.Κ.Α.ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ.** ΑΘΗΝΑ : ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ/ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/ Β' ΕΚΔΟΣΗ, 2012.
17. *Φ.Ε.Κ. 407/9/4.* ΑΘΗΝΑ : s.n., 2010.
18. **Υ.Π.Ε.Κ.Α-ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ.Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1.** *ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (Β' ΕΚΔΟΣΗ).* ΑΘΗΝΑ : ΤΕΕ, 2010, σ. 150.
19. **google.** google maps. [Ηλεκτρονικό] [Παραπομπή: 3 5 2017.] <https://www.google.gr/maps/place/73040+Leuca+%CE%9B%CE%AD%CF%84%CF%83%CE%B5,+%CE%99%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%AF%CE%B1/@40.3524505,17.2990058,7.5z/data=!4m5!3m4!1s0x1343f5f155842c67:0x1ab00f76f9460054!8m2!3d39.7994998!4d18.3549139>.
20. CLIMATE-DATA.ORG. [Ηλεκτρονικό] [Παραπομπή: 3 5 2017.] <https://en.climate-data.org/location/440793/>.
21. **Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.** ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ. *ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ : ΔΕΙ-ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.* ΑΘΗΝΑ : s.n., 2011.
22. **Ελληνική Στατιστική Αρχή.** Έρευνα Κατανάλωσης στα Νοικοκυριά 2011-2012. *Έρευνα Κατανάλωσης στα Νοικοκυριά 2011-2012.* 29 10 2013, σ. 14.
23. **Energy Plus Documentation.** *Getting Started with Energy Plus/ Basic Concepts Manual- Essential Information You Need about Running Energy Plus.* s.l. : Energy Plus , 2015.
24. ΤΕΕ Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. [Ηλεκτρονικό] [Παραπομπή: 2 5 2017.] [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak/TEEKENAK\\_FAQ/Tab2](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/TEEKENAK_FAQ/Tab2).
25. **Solar Energy Laboratory.** *TRNSYS 16 a TRaNsient SYstem Simulation program (Volume 9-Weather Data).* 2006.